

**Analiza kosztów
i korzyści związanych
z wykorzystaniem autobusów
zeroemisyjnych przy
świadczeniu usług
w komunikacji miejskiej
organizowanej przez Miasto
Bydgoszcz**

Bydgoszcz, 2021



BYDGOSZCZ

Autorami analizy kosztów i korzyści dla Miasta Bydgoszcz są członkowie zespołu specjalistów ds. transportu zbiorowego spółki REFUNDA z Wrocławia.



www.refunda.pl



Spis treści

Spis treści.....	3	3.2.2. „Wariant 1”.....	55
Użyte pojęcia, skróty i akronimy	4	3.2.3. „Wariant 2”.....	58
1. Podstawy przeprowadzenia analizy.....	6	3.3. Porównanie alternatywnych wariantów inwestycyjnych – analiza korzyści dla użytkownika.....	61
1.1. Uwarunkowania techniczne i prawne.....	6	4. Wyniki.....	63
1.1.1. Uwarunkowania prawne	6	4.1. Analiza finansowo-ekonomiczna.....	63
1.1.2. Uwarunkowania techniczne	10	4.2. Oszacowanie efektów środowiskowych 73	
1.2. Konsultacje społeczne	12	4.3. Analiza ekonomiczno-społeczna	76
1.3. Cel opracowania.....	13	4.3.1. Koszty społeczne emisji gazów cieplarnianych (CO2).....	76
1.4. Skrócona charakterystyka obszaru funkcjonowania systemu komunikacji.....	14	4.3.2. Koszty zmiany klimatu	78
1.4.1. Przedmiot opracowania	14	4.3.3. Koszty społeczne emisji hałasu..	79
1.4.2. Podmiot opracowania	14	4.3.4. Zgeneralizowane koszty transportu na jednostkę pracy przewozowej	81
1.4.3. Wymogi wynikające z zawartych umów	15	4.3.5. Koszty czasu podróży	81
1.4.4. Istniejąca sieć komunikacyjna	16	4.3.6. Koszty eksploatacji pojazdów.....	81
1.4.5. Charakterystyka floty operatorów	17	4.4. Efektywność ekonomiczno-społeczna Inwestycji – wariantowa analiza korzyści	83
1.4.6. Charakterystyka parametrów sieci linii autobusowych komunikacji miejskiej....	24	5. Analiza wrażliwości - wartości progowe zmiennych krytycznych.....	96
2. Metodyka analizy.....	32	6. Analiza ryzyka.....	98
2.1. Dane	32	6.1. Czynniki ryzyka w projekcie.....	98
2.2. Zastosowane metody.....	32	6.2. Matryca ryzyka.....	101
2.2.1. Analiza finansowa	33	7. Wnioski i rekomendacje.....	102
2.2.2. Analiza społeczno-ekonomiczna	35	Spis tabel	104
2.2.3. Analiza wrażliwości.....	36	Spis wykresów	105
2.2.4. Analizy ryzyka.....	37	Spis rysunków.....	106
2.3. Procedura analizy	39		
3. Analiza strategicznych wariantów eksploatacji pojazdów z różnymi napędami....	40		
3.1. Wyznaczenie linii komunikacji miejskiej przeznaczonych do obsługi przez autobusy zeroemisyjne	40		
3.2. Analiza opcji inwestycyjnych.....	52		
3.2.1. „Wariant 0”	53		



Użyte pojęcia, skróty i akronimy

Plan Rozwoju Elektromobilności – plan przyjęty przez polski rząd w celu stworzenia dogodnych warunków do rozwoju elektromobilności w 2017 roku.

Tabor – pojazdy wykorzystywane do przewozu pasażerów na liniach komunikacyjnych.

Inwestycja - zakup taboru zeroemisyjnego.

Ustawa/UoEiPA – ustawa z dnia 11 stycznia o 2018 roku o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz.U.2021 poz. 110 t.j.).

AKK/Analiza– Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług w komunikacji miejskiej organizowanej przez Miasto Bydgoszcz.

Sieć komunikacyjna - układ linii komunikacyjnych obejmujących obszar działania organizatora publicznego transportu zbiorowego lub część tego obszaru.

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.

Prędkość eksploatacyjna – przeciętna prędkość z uwzględnieniem czasu postoju na przystankach pośrednich i długości przerw międzykursowych.

Prędkość komunikacyjna – przeciętna prędkość z uwzględnieniem czasu postoju na przystankach pośrednich.

MIDI - autobus jednoczłonowy o długości do 10,5 metrów.

MAXI – autobus jednoczłonowy o długości ok. 12 metrów.

MEGA - autobus wieloosiowy, o długości od 15 do 24 metrów.

PTZ – publiczny transport zbiorowy.

Operator – MZK Bydgoszcz sp. z o.o.

Operator zewnętrzny – IREX-Trans sp. z o.o.

MZK – Miejskie Zakłady Komunikacyjne sp. z o.o. z siedzibą w Bydgoszczy (Operator wewnętrzny).

IREX-Trans – IREX-TRANS sp. z o.o. z siedzibą w Bydgoszczy (Operator zewnętrzny - na dzień opracowania Analizy). Dotyczy również Operatora który będzie wykonywać zadania przewozowe po 1 stycznia 2023, zgodnie z wynikiem postępowania przetargowego. W obecnej analizie uwzględniono dla nowego Operatora taki sam stan ilościowy taboru oraz prace eksploatacyjną jak w przypadku obecnego Operatora zewnętrznego IREX-Trans.

Organizator, Zamawiający – Miasto Bydgoszcz.

ZDMiKP – Zarząd Dróg Miejskich i Komunikacji Publicznej w Bydgoszczy.

Wzk – wozokilometr.

NPV – ang. Net Present Value – wartość bieżąca netto.

IRR - ang. Internal Rate of Return – wewnętrzna stopa zwrotu.

FCF – przepływy gotówkowe w okresie.

WACC - średni ważony koszt kapitału.

ENPV – ang. Economic Net Present Value – ekonomiczna wartość bieżąca netto.

ERR – ang. Economic Rate of Return – ekonomiczna stopa zwrotu.

BEV – elektryczne pojazdy bateryjne.

FCEV – elektryczne samochody wodorowe.

ON – Olej napędowy.



WWA – wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne.

Pojazd elektryczny - pojazd samochodowy w rozumieniu art. 2 pkt 33 Prawa o ruchu drogowym, wykorzystujący do napędu wyłącznie energię elektryczną akumulowaną przez podłączenie do zewnętrznego źródła zasilania; w opracowaniu nazywany także autobusem elektrycznym.

Pojazd napędzany wodorem - pojazd samochodowy w rozumieniu art. 2 pkt 33 Prawa o ruchu drogowym, wykorzystujący do napędu energię elektryczną wytworzoną z wodoru w zainstalowanych w nim ogniwach paliwowych. W opracowaniu nazywany także autobusem wyposażonym w ogniwa paliwowe lub autobusem wodorowym.

Napęd konwencjonalny – napęd pojazdu zasilany olejem napędowym.

Plan transportowy – plan zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego opracowany przez organizatora PTZ i ogłoszony zgodnie z ustawą z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (Dz.U.2020 poz. 1944 t.j.), tu: Plan zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego dla miasta Bydgoszczy (Plan Transportowy)

Podmiot wewnętrzny – odrębna prawnie jednostka podlegająca kontroli właściwego organu lokalnego a w przypadku grupy organów przynajmniej jednego właściwego organu lokalnego, analogicznej do kontroli, jaką sprawują one nad własnymi służbami.



1. Podstawy przeprowadzenia analizy

1.1. Uwarunkowania techniczne i prawne

1.1.1. Uwarunkowania prawne

Elektromobilność od wielu lat jest tematem który dotyka wiele samorządów w Polsce. Zarówno polski jak i europejski prawodawca reguluje kwestie elektromobilności poprzez ustawy oraz rozporządzenia. Podyktowane jest to coraz większą świadomością zarówno wśród osób rządzących jak i społeczeństwa, że należy wkładać coraz to większy wysiłek oraz skupiać się bardziej na technologiach, które w minimalnym stopniu będą wpływać na środowisko naturalne podczas swojej eksploatacji.

W roku 2017 polski rząd przyjął Plan Rozwoju Elektromobilności w celu stworzenia dogodnych warunków do rozwoju elektromobilności między innymi w przedsiębiorstwach komunikacji miejskiej. Cele, jakie zostały określone w Krajowych ramach polityki rozwoju, jak i w Planie Rozwoju Elektromobilności do poprawnej realizacji wymagały interwencji ustawodawcy w postaci uchwalenia ustawy o elektromobilności¹, która stanowi również transpozycję Dyrektywy 2014/94/UE.

UoEiPA, która weszła w życie w 2018 roku, nałożyła obowiązek na jednostki samorządu terytorialnego, aby podmioty publiczne posiadały odpowiednią liczbę pojazdów o napędzie zeroemisyjnym. Pierwsza Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych dla publicznego transportu zbiorowego organizowanego przez Miasto Bydgoszcz została wykonana zgodnie z UoEiPA w 2018 roku.

Ww. Ustawa zobowiązała również jednostki samorządu terytorialnego, o których mowa w art. 36 UoEiPA, do sporządzenia co 36 miesięcy przedmiotowej AKK oraz zapewnienia możliwości udziału społeczeństwa w jej opracowaniu.

Tym samym UoEiPA nałożyła na jednostki samorządu terytorialnego, z wyłączeniem gmin i powiatów, których liczba mieszkańców nie przekracza 50 000, obowiązek udziału autobusów zeroemisyjnych we flocie pojazdów użytkowanych w celu świadczenia usługi komunikacji miejskiej na poziomie 30% od 1 stycznia 2028 r. Decyzja o opłacalności wprowadzenia pojazdów zeroemisyjnych do floty użytkowanych pojazdów w komunikacji miejskiej, a także zakres wymaganych inwestycji, mają wynikać z analizy kosztów i korzyści, o której mowa w art. 37 UoEiPA.

Miasto Bydgoszcz z liczbą mieszkańców 344 091², pełniące funkcję Organizatora przewozów o charakterze komunikacji miejskiej, jest zatem jednostką samorządu terytorialnego ustawowo zobowiązaną do sporządzenia analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych.

Dla ułatwienia spełnienia w 2028 r. ww. progu UoEiPA przewidziała cele pośrednie do zrealizowania w następujących terminach:

01/01/2021		5%
01/01/2023		10%
01/01/2025		20%
01/01/2028		30%

¹ Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz.U.2021.110 t.j.).

² Źródło: Główny Urząd Statystyczny, stan na 31 grudnia 2020 r.



W przypadku, gdy wyniki AKK wskazują na brak korzyści z wykorzystania autobusów zeroemisyjnych, JST, o której mowa w art. 36, może nie realizować obowiązku osiągnięcia poziomu udziału autobusów zeroemisyjnych, przy czym ma obowiązek przeprowadzić nową analizę po kolejnych 36 miesiącach.

Sektor transportu jest jednym z ważniejszych obszarów podlegających regulacjom unijnym, ze względu na swój powszechny charakter oraz istotny wpływ na inne dziedziny gospodarki i społeczeństwo. Obecnie obowiązującymi dokumentami, które są podstawą prowadzonej polityki transportowej są:

- **Zielona Księga „W kierunku nowej kultury mobilności w mieście”³**, która stanowi syntetyczną prezentację problemów transportu w miastach. W dokumencie poruszono zagadnienia związane z mobilnością miejską, która powinna wspierać rozwój gospodarczy, zapewniać odpowiedni poziom życia mieszkańców oraz chronić środowisko naturalne. Wśród wyzwań stojących przed europejskimi miastami wskazano na: redukcję zatorów w miastach, redukcję emisji CO₂ i obniżanie poziomu hałasu, niwelowanie ograniczeń w zakresie rozwoju infrastruktury transportowej, eliminowanie ograniczeń dostępności transportu miejskiego dla osób o ograniczonej sprawności ruchowej (w tym osób niepełnosprawnych, osób starszych, rodzin z małymi dziećmi) oraz zwiększanie poziomu bezpieczeństwa osób uczestniczących w ruchu.
- **Komunikat „Ekologiczny transport”⁴**, w którym Komisja Europejska zaproponowała wprowadzenie wspólnych ram szacowania zewnętrznych kosztów transportu oraz realizację działań w zakresie ograniczania hałasu kolejowego. W dokumencie

pojawiają się również wnioski dotyczące zmiany dyrektywy w sprawie pobierania opłat za pojazdy ciężarowe.

- **Biała Księga „Plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu – dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu”⁵**, w której podkreśla się konieczność zapewnienia wzrostu sektora transportu i wspierania mobilności przy jednoczesnym ograniczaniu emisji, o co najmniej 60% w 2050 r. w stosunku do poziomów z 1990 r. Wskazuje się na konieczność ujednoczenia systemu transportowego oraz powszechne wykorzystywanie nowoczesnych technologii, zarówno w zakresie wykorzystywanego taboru, jak i inteligentnego zarządzania ruchem.
- **Komunikat „Europejska strategia na rzecz mobilności niskoemisyjnej”⁶** w której wskazuje się, że potencjał sektora transportu w zakresie możliwości obniżenia jego emisyjności staje się coraz większy, a proces przechodzenia na mobilność niskoemisyjną trwa. Kluczowymi czynnikami rozwoju będzie wkład w inwestycje zmierzające do:
 - budowy bardziej efektywnego systemu transportowego, m.in. poprzez wdrażanie inteligentnych systemów transportowych oraz propagowanie multimodalności;
 - szerszego wykorzystania niskoemisyjnych alternatywnych źródeł energii na potrzeby transportu, uwzględniającego potrzebę tworzenia infrastruktury zasilania pojazdów;
 - szerszego wykorzystania pojazdów niskoemisyjnych i bezemisyjnych, poprzez uruchomienie interwencji zmierzającej do

³ Komisja Wspólnot Europejskich, Zielona Księga „W kierunku nowej kultury mobilności w mieście”, Bruksela 2007 r., SEK (2007) 1209.

⁴ Komisja Wspólnot Europejskich, Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego i Rady „Ekologiczny transport”, Bruksela 2008 r., SEK (2008) 2206.

⁵ Komisja Europejska, Biała Księga „Plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu – dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu”, Bruksela 2011 r., SEK (2011) 391 wersja ostateczna.

⁶ Komisja Europejska, Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów „Europejska strategia na rzecz mobilności niskoemisyjnej”, Bruksela 2016 r., SWD (2016) 244 final.



wsparcia producentów i użytkowników tego typu pojazdów.

W dokumencie tym wskazuje się, że sukces strategii niskoemisyjnej w dużym stopniu uzależniony jest od działań podejmowanych przez władze lokalne, głównie w obszarze transportu publicznego.



Polityka Unii Europejskiej znajduje swoje potwierdzenie w krajowych dokumentach strategicznych takich jak:

- **Strategia na Rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju⁷**; została przyjęta przez Radę Ministrów 14 lutego 2017 r. i stanowi aktualizację średniookresowej strategii rozwoju kraju, tj. Strategii Rozwoju Kraju 2020. Dokument ten stanowi rozwinięcie i operacjonalizację tzw. Planu Morawieckiego, w którym została sformułowana nowa wizja i model rozwoju kraju będące odpowiedzią na wyzwania stojące przed polską gospodarką. W rozdziale 3.2. przedmiotowego dokumentu pn. Pełniejsze wykorzystanie potencjału największych polskich aglomeracji wskazane jest, że „(...)polityka miejska wobec obszarów metropolitalnych koncentrować się będzie na: wsparciu realizacji miejskich strategii niskoemisyjnych oraz strategii ZIT, które mają podstawowe znaczenie dla celów określonych w SOR w zakresie reindustrializacji, elektromobilności, ochrony środowiska i tworzenia warunków dla przyciągania zaawansowanych produktowo inwestycji (zeroemisyjny transport publiczny, efektywność energetyczna itp.)”.
- **Strategia Zrównoważonego Rozwoju Transportu do 2030 roku⁸**; została przyjęta 24 września 2019 roku. Jej głównym celem jest zwiększenie dostępności transportowej kraju oraz poprawa bezpieczeństwa uczestników ruchu i efektywności sektora transportowego przez utworzenie spójnego, zrównoważonego, innowacyjnego i przyjaznego użytkownikom systemu transportowego na poziomie krajowym, europejskim i globalnym. Realizacja tego celu wymaga wielu skoordynowanych działań, m.in. ograniczania negatywnego wpływu transportu na

środowisko, co jest możliwe dzięki rozwojowi elektromobilności przez poszczególne jednostki samorządu terytorialnego.

- **Plan Rozwoju Elektromobilności w Polsce „Energia do przyszłości”⁹**;

Plan Rozwoju Elektromobilności w Polsce zakłada trzy główne cele, tj.

- stworzenie warunków dla rozwoju elektromobilności Polaków,
- rozwój przemysłu elektromobilności,
- stabilizację sieci elektroenergetycznej.

Etap II Plan Rozwoju Elektromobilności w Polsce „Energia do przyszłości”, przewidziany na lata 2021-2025 zakłada wzrost popularności pojazdów elektrycznych, zarówno indywidualnych jak i wykorzystywanych w transporcie zbiorowym. Sieć infrastruktury dla pojazdów elektrycznych w całej Polsce ma być przygotowana na obsługę pojazdów elektrycznych i dostosowana do wykorzystania tych pojazdów jako stabilizatorów energetycznych. Dodatkowo zakłada się, że pojazdy elektryczne będą wykorzystywane przez administrację publiczną w celu popularyzacji elektromobilności.

Krajowe ramy polityki rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych¹⁰; wyznaczają wraz z Planem Rozwoju Elektromobilności w Polsce cele dla rozwoju elektromobilności, jakie planowane są do osiągnięcia do końca 2025 r.

⁷ Dokument przyjęty uchwałą Rady Ministrów w dniu 14 lutego 2017 r., „Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju do roku 2020 (z perspektywą do 2030 r.)”, Warszawa 2017 r.

⁸ Dokument przyjęty uchwałą nr 105/2009 Rady Ministrów z dnia 24 września 2019 r. Ministerstwo Infrastruktury, „Strategia Zrównoważonego Rozwoju

⁹ Ministerstwo Energii, Plan Rozwoju Elektromobilności w Polsce „Energia do przyszłości”, Warszawa 2017 r.

¹⁰ Ministerstwo Energii, „Krajowe ramy polityki rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych”, Warszawa 2017 r.



1.1.2. Uwarunkowania techniczne

Poniżej przedstawiono różne uwarunkowania techniczne jakie mogą dotyczyć autobusów zeroemisyjnych zarówno autobusów napędzanych energią elektryczną pochodzącą z zewnętrznego źródła jak i energią elektryczną pochodzącą z ogniw paliwowych zainstalowanych w pojeździe.

Autobus elektryczny

Autobusy elektryczne są to pojazdy, które napędzane są energią elektryczną pochodzącą z akumulatora lub zespołu akumulatorów zainstalowanych na pokładzie pojazdu. Energia elektryczna jest przekazywana do silnika bądź silników, silniki mogą być asynchroniczne lub synchroniczne. Co istotne, silnik może być jeden tzw. jednostka centralna, może być to również zespół silników umieszczonych w piastach pojazdu, najczęściej dwa silniki na tylnej osi. Możliwym jest również wyposażenie pojazdów w system rekuperacji energii, co oznacza, że podczas hamowania pojazdu odzyskiwana jest energia elektryczna, polega to na zmianie energii kinetycznej w energię elektryczną podczas hamowania. Zwykle podczas hamowania wytwarzana jest energia cieplna, w tym przypadku generowana jest energia elektryczna.

Akumulatory znajdujące się na pokładzie pojazdu mogą być ładowane na kilka różnych sposobów:

- **Ładowanie poprzez ładowarkę za pomocą przewodu ładującego (najczęściej na zajezdni);**
 - wolne ładowanie poprzez ładowarki o mocy 30-80 kW (często ładowanie nocne);
 - poprzez ładowarki o mocy 100 – 200 kW;
 - szybkie ładowanie poprzez ładowarki o mocy 300 – 600 kW (często doładowywanie pomiędzy kursami na terenie zajezdni).
- **Ładowanie poprzez odbierak prądu (najczęściej na pętłach końcowych);**
 - odbierak prądu umieszczony na pojeździe, kierowca umieszcza pojazd w taki sposób pod

ładówką aby połączyć odbierak umieszczony na dachu pojazdu wraz z elementami ładowarki;

- odbierak prądu umieszczony w ładowarce opuszczany na autobus w trakcie ładowania jest to tzw. odbierak odwrócony.
- **Ładowanie indukcyjne za pomocą elementów umieszczonych w jezdni bądź w zatokach przystankowych.** Pojazd ma zainstalowane specjalne elementy w podwoziu które pozwalają na indukcyjne ładowanie pomiędzy pojazdem, a infrastrukturą.

Możliwym jest również szybkie wymienianie baterii w pojazdach. Dzięki takiemu działaniu można szybko podmieniać baterię bez względu na eksploatację pojazdu i ładować ją niezależnie.

Należy mieć na uwadze, że autobusy mogą być wyposażone w różne baterie, w zależności od potrzeb eksploatacyjnych, baterie mogą być przystosowane do szybkiego oraz wolnego ładowania. Najczęściej wykorzystywane są baterie LTO (Lithium-titanite-oxide), LFP (Lithium-iron-phosphate) oraz NMC (Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide).

Najczęściej baterie typu LTO stosowane są w autobusach elektrycznych, w sytuacji, kiedy istnieje możliwość szybkiego i dodatkowego doładowania na trasie, np. na pętli autobusowej. Natomiast baterie typu LFP lub NMC są wykorzystywane w pojazdach, które nie mają możliwości dodatkowego, kilkunastominutowego doładowania na trasie przejazdu.

Zasięg autobusu elektrycznego jest zróżnicowany w zależności od zastosowanej baterii. Baterie mają różne pojemności i gwarantują zasięg pomiędzy 40 km do nawet 350 km, należy mieć jednak na uwadze, że im większy zasięg pojazdu elektrycznego tym większa oraz cięższa bateria co wpływa bezpośrednio na pojemność autobusu.



Autobus elektryczny z ogniwem paliwowym

Autobus elektryczny z ogniwem paliwowym podobnie jak autobus elektryczny wykorzystuje energię elektryczną do poruszania się. Zasadniczą różnicą pomiędzy autobusem z ogniwem paliwowym oraz bez ogniwa jest zasięg. Pojazdy wyposażone w ogniwo paliwowe mają większe zasięgi w codziennej pracy eksploatacyjnej niż autobus wyposażone tylko w baterie.

Ogniwo paliwowe zasilane jest wodorem H₂ w postaci gazowej. Ogromną zaletą procesów chemicznych zachodzących w ogniwie jest fakt, że w procesie wytwarzania energii elektrycznej przez ogniwo powstaje ciepło oraz para wodna, co czyni ten proces bardzo ekologicznym. Wodór magazynowany jest w zbiornikach umieszczonych na dachu pojazdu o pojemności około 1560 l¹¹ dla pojazdu o długości 12m (5 zbiorników po 312 l - 6,96 kg wodoru na zbiornik).

Producenci pojazdów wodorowych proponują dwa różne rozwiązania techniczne dla takich autobusów;

- ciągłe doładowywanie akumulatorów zainstalowanych na pokładzie pojazdu;
- przekazywanie energii elektrycznej bezpośrednio do silników asynchronicznych zainstalowanych w osiach napędowych lub jednostki centralnej. W tym przypadku akumulator służy jedynie do wspomaganie napędu w trudnych warunkach drogowych.

W pojeździe klasy MAXI magazynowane jest, w formie sprężonej w odpowiednio przystosowanych zbiornikach umieszczonych na dachu autobusu, ok. 34,8 kg wodoru, a zainstalowane ogniwo paliwowe ma moc około 70 kW¹².

Zgodnie z zapewnieniami jednego z wiodących producentów pojazd wyposażony w ogniwo paliwowe może mieć zasięg do 350 km, co istotne przy tak dużym zasięgu utrzymuje się wysoką pojemność autobusu ponieważ nie ma potrzeby instalowania ciężkich oraz dużych gabarytowo baterii. Dzięki zainstalowaniu

ogniwa wodorowego uzyskuje się podobny zasięg jak w przypadku pojazdów z silnikiem ON, który również szacuje się na 350-400 km.

¹¹ Solaris - Napędy Zeroemisyjne Katalog produktowy 2020/2021

¹² Solaris - Napędy Zeroemisyjne Katalog produktowy 2020/2021



1.2. Konsultacje społeczne

Niniejsza AKK dla Miasta Bydgoszcz, poddana została konsultacjom społecznym, które trwały 21 dni zgodnie z zasadami określonymi w dziale III w rozdziale 1 i 3 ustawy z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz.U.2021 poz. 247 t.j.).

Informacje o konsultacjach społecznych zostały ogłoszone na stronie:

- www.bydgoskiekonsultacje.pl

Z projektem dokumentu można było zapoznać się w terminie od dnia 10.11.2021 do dnia 30.11.2021.

Celem konsultacji społecznych było poinformowanie społeczności Miasta o działaniach przewidzianych do realizacji w ramach AKK oraz stworzenie wszystkim zainteresowanym możliwości zgłaszania uwag i wskazania rozwiązań preferowanych.



1.3. Cel opracowania

Głównym celem opracowania jest ocena efektywności finansowej i społeczno-ekonomicznej Inwestycji polegającej na zakupie taboru zeroemisyjnego – poprzez przeprowadzenie analizy kosztów i korzyści.



Cel zostanie osiągnięty poprzez realizację celów szczegółowych, w tym:

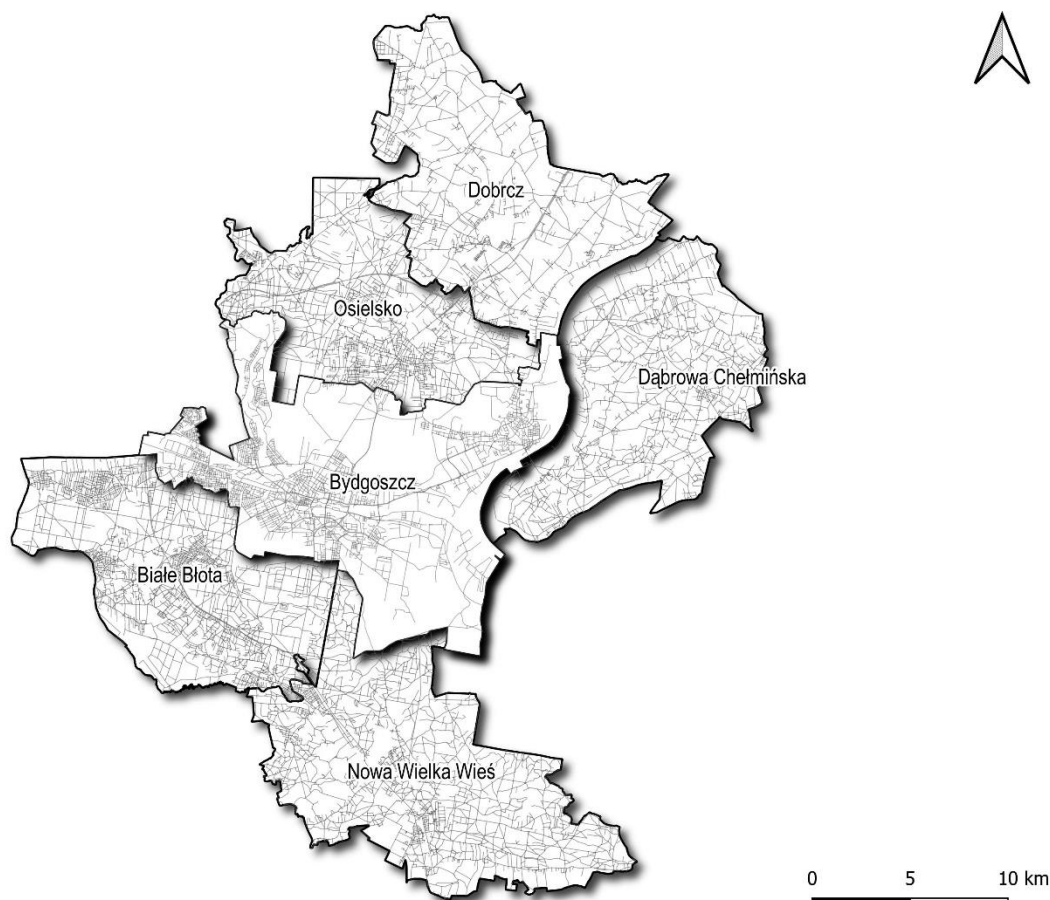
- wytypowanie oraz kwantyfikację kosztów finansowych i społeczno-ekonomicznych taboru istniejącego oraz będącego przedmiotem Inwestycji;
- wskazanie i wycenę korzyści finansowych i społeczno-ekonomicznych płynących z zastosowania taboru zeroemisyjnego.



1.4.3. Wymogi wynikające z zawartych umów

Ustawa o publicznym transporcie zbiorowym zdefiniowała pojęcie organizatora PTZ jako właściwą jednostkę samorządu terytorialnego, albo ministra właściwego do spraw transportu zapewniającego funkcjonowanie PTZ na danym obszarze. Miasto Bydgoszcz jako organizator PTZ na sieci komunikacyjnej w przewozach pasażerskich, obejmuje linie komunikacyjne na terenie Miasta Bydgoszcz oraz

poszczególne linie na obszarze gmin, z którymi zawarte zostały stosowne porozumienia międzygminne. Na dzień zawarcia umowy Miasto Bydgoszcz pozostaje stroną porozumień międzygminnych zawartych z: Gminą Białe Błota, Gminą Dąbrowa Chełmińska, Gminą Osielsko, Gminą Dobrcz, oraz Gminą Nowa Wieś Wielka. Do zadań organizatora należy między innymi planowanie, organizowanie i zarządzanie PTZ.



Rysunek 2 Gminy z którymi podpisano porozumienia międzygminne
Źródło: opracowanie własne

Pomiędzy Miastem Bydgoszcz, a dwoma podmiotami zostały podpisane umowy dotyczące świadczenia usług przewozowych na wskazanych liniach autobusowych. Umowa pomiędzy Gminą Miastem Bydgoszcz a Miejskimi Zakładami Komunikacyjnymi dotyczy obsługi linii komunikacyjnych nr 52, 54, 57, 59, 60, 61, 64, 65, 68, 71, 74, 77, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 89, 40, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 31N, 32N, 33N, 34N, 35N, 36N tym samym

spółka MZK jest Operatorem wewnętrznym. Dwie kolejne umowy (zawarte w procedurze przetargowej) dotyczą świadczenia usług przewozowych zostały zawarte z firmą IREX-TRANS sp. z o.o. z siedzibą w Bydgoszczy, firma ta świadczy usługi na liniach 51, 53, 55, 56, 58, 62, 67, 69, 73, 76 oraz 85.



1.4.4. Istniejąca sieć komunikacyjna

Sieć komunikacyjna zgodnie z ustawą o PTZ, jest układem linii komunikacyjnych obejmujących obszar działania organizatora PTZ lub część tego obszaru. Obecnie w mieście Bydgoszcz, w ramach PTZ funkcjonują dwie trakcje: tramwajowa i autobusowa.

Komunikacja tramwajowa obsługiwana przez dwóch operatorów (w ramach umów powierzenia): MZK sp. z o.o. oraz Tramwaj Fordon sp. z o.o. i bazuje na 11 liniach komunikacyjnych funkcjonujących w układzie linii opartym na modułowym cyklu kursowania. Oznacza to, że linie tramwajowe kursują według rozkładów jazdy opartych na zasadzie ruchu cyklicznego w stałych interwałach czasowych.

Komunikacja autobusowa w Bydgoszczy aktualnie jest obsługiwana przez dwóch operatorów działających w ramach zawartych umów na świadczenie usług przewozowych: MZK sp. z o.o. oraz IREX-Trans sp. z o.o..

MZK obsługuje 19 linii miejskich dziennych, 10 linii dziennych międzygminnych całorocznych, 6 linii nocnych oraz jedną linię międzygminną sezonową. MZK świadczy usługi na terenie Miasta Bydgoszcz,

Gminy Białe Błota, Gminy Dąbrowa Chełmińska, Gminy Osielesko, Gminy Dobrcz oraz Gminy Nowa Wieś Wielka. Jednostki te podpisały porozumienia międzygminne na wykonywanie przez miasto zadań publicznych na podstawie ustawy z dnia 8 marca 1990 r. o samorządzie gminnym. „Gminy mogą zawierać porozumienia międzygminne w sprawie powierzenia jednej z nich określonych przez nie zadań publicznych”. Na mocy tych porozumień gminy, z którymi zostały one podpisane powierzają Miastu Bydgoszcz prowadzenie zadania publicznego, polegającego na świadczeniu usług lokalnego transportu zbiorowego na ich terenie, a także zobowiązują się do częściowego ponoszenia kosztów realizacji powierzonego miastu zadania.

IREX-Trans obsługuje 11 linii autobusowych dziennych w ramach dwóch umów podpisanych w postępowaniach przetargowych. Poniżej w tabeli zaprezentowano przebieg wszystkich linii komunikacyjnych obsługiwanych przez wszystkich operatorów, tj. MZK oraz IREX-Trans. Linie te tworzą aktualną sieć komunikacyjną obsługiwaną przez transport autobusowy na terenie Organizatora.

Tabela 1 Podstawowe przebiegi linii komunikacyjnych realizowanych w ramach pomiędzy Organizatorem oraz Operatorami

Nr linii	PRZEBIEG	Charakter linii
51	PLAC KOŚCIELECKICH - CZYŻKÓWKO	Linia dzienna
52	BŁONIE - DWORZEC LEŚNE	Linia dzienna
53	ŁUKASIEWICZA - DWORZEC BŁONIE	Linia dzienna
54	BŁONIE - PIASKI	Linia dzienna
55	MORSKA - SKORUPKI	Linia dzienna
56	GLINKI BFM - BELMA	Linia dzienna
57	BŁONIE - DWORZEC GŁÓWNY	Linia dzienna
58	PLAC KOŚCIELECKICH - SMUKAŁA	Linia dzienna
59	BŁONIE - KAPUŚCISKA BŁONIE - ŁĘGNOWO	Linia dzienna
60	BŁONIE - MORSKA	Linia dzienna
61	PLAC KOŚCIELECKICH - REKINOWA	Linia dzienna
62	GARBARY - BELMA	Linia dzienna
64	BARWNA - PRZEMYSŁOWA	Linia dzienna
65	NAD WISŁĄ - DWORZEC LEŚNE	Linia dzienna



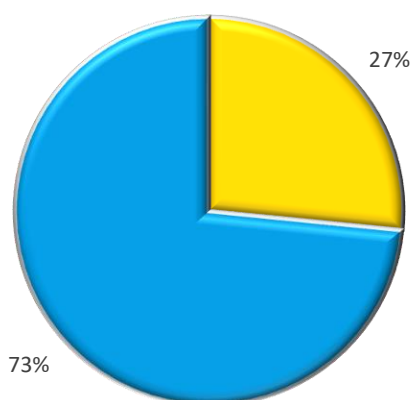
67	RYCERSKA - SKŁODOWSKIEJ-CURIE / ŁĘCZYCKA	Linia dzienna
68	DWORZEC LEŚNE - GLINKI	Linia dzienna
69	TATRZAŃSKIE - BŁONIE	Linia dzienna
71	MORSKA - REKINOWA	Linia dzienna
73	KAPUŚCISKA - ESKULAPA	Linia dzienna
74	TATRZAŃSKIE - WYŚCIGOWA	Linia dzienna
76	RONDO TORUŃSKIE - ŁĘGNOWO RONDO TORUŃSKIE - NOWOTORUŃSKA / PLAŃTNOWSKA	Linia dzienna
77	MORSKA - NIKŁOWA	Linia dzienna
79	RYCERSKA - GLINKI	Linia dzienna
80	PORT LOTNICZY - DWORZEC GŁÓWNY	Linia dzienna
81	TATRZAŃSKIE - SKANDYNAWSKA / IKEA	Linia dzienna
82	TATRZAŃSKIE - ZAMCZYSKO	Linia dzienna
83	CZYŻKÓWKO - TATRZAŃSKIE	Linia dzienna
84	KAPUŚCISKA - GLINKI	Linia dzienna
85	KAPUŚCISKA - ŁĘGNOWO	Linia dzienna
89	TATRZAŃSKIE - BŁONIE	Linia dzienna
40	PRZYLESIE - OSTROMECKO	Linia międzygminna sezonowa
90	GARBARY - ŁOCHOWICE/NAKIELSKA/ZAJĘCZA	Linia międzygminna
91	BŁONIE - PRZYŁĘKI	Linia międzygminna
92	BŁONIE - DRZEWCE	Linia międzygminna
93	DWORZEC LEŚNE - NIWY	Linia międzygminna
94	DWORZEC LEŚNE - ŻOŁĘDOWO / AUGUSTOWSKA	Linia międzygminna
95	TATRZAŃSKIE -STRZELCE GÓRNE - TATRZAŃSKIE	Linia międzygminna
96	BŁONIE - PRZYŁĘKI	Linia międzygminna
97	TATRZAŃSKIE - KOZIELEC	Linia międzygminna
98	PRZYLESIE - BOŻENKOWO / HARCERSKA - PRZYLESIE	Linia międzygminna
99	PLAC KOŚCIELECKICH - NOWA WIEŚ WIELKA	Linia międzygminna
31N	ŁOSKOŃ - DWORZEC LEŚNE	Linia nocna
32N	DWORZEC BŁONIE - TATRZAŃSKIE	Linia nocna
33N	PIASKI - TATRZAŃSKIE	Linia nocna
34N	PLAC KOŚCIELECKICH - SMUKAŁA	Linia nocna
35N	PLAC KOŚCIELECKICH - REKINOWA	Linia nocna
36N	NAKIELSKA / LISIA - ŁĘGNOWO	Linia nocna

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych od ZDMiKP

1.4.5. Charakterystyka floty operatorów

Według stanu z września 2021 roku MZK sp. z o.o. dysponuje 152 sztukami pojazdów, IREX-Trans sp. z o.o. eksploatuje 55 sztuk autobusów. Łącznie do obsługi linii komunikacyjnych przeznaczony jest 207

autobusów. 100 % pojazdów posiada napęd konwencjonalny zasilany olejem napędowym oraz wszystkie pojazdy są pojazdami niskopodłogowymi.



Wykres 1 Procentowy udział autobusów w zależności od Operatora
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych od Operatorów

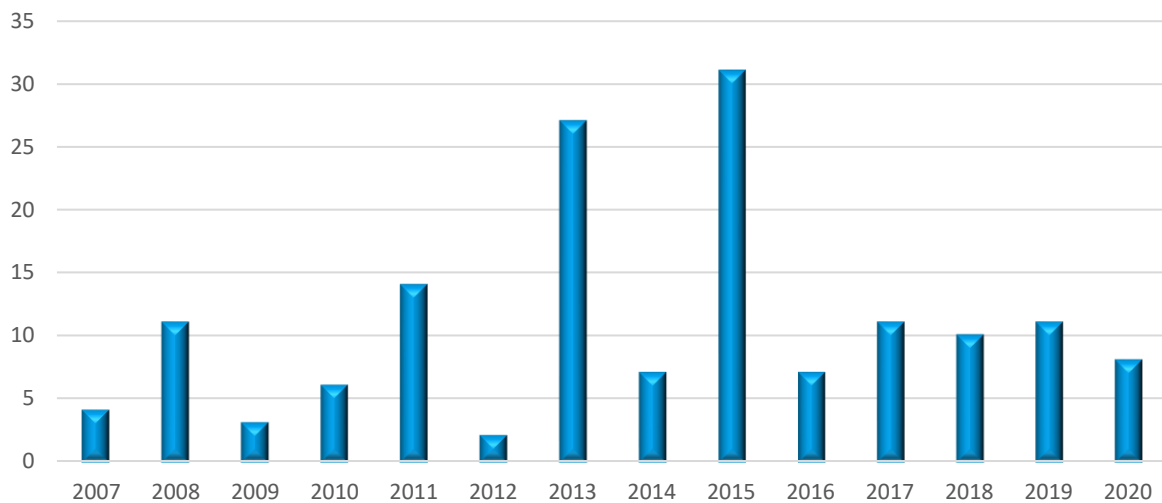
Jak wynika z powyższego wykresu MZK ma zdecydowanie większy udział w codziennych zadaniach przewozowych niż IREX-Trans. Należy mieć na uwadze, że w momencie tworzenia niniejszego opracowania trwa procedura zamówienia publicznego na wykonywanie zadań przewozowych aktualnie obsługiwanych przez firmę IREX-Trans, umowa z

przedsiębiorcą kończy się 31.12.2022r. Nowo wybrany podmiot będzie zobowiązany do świadczenia usług 46 pojazdami (plus pojazdy rezerwowe) wyprodukowanymi w 2022r., co oznacza, że wszystkie pojazdy będą spełniać normę spalin EURO 6. Nowa umowa ma obowiązywać od 2023 r. do 2031 r..

Tabela 2 Struktura wiekowa pojazdów MZK oraz IREX-Trans

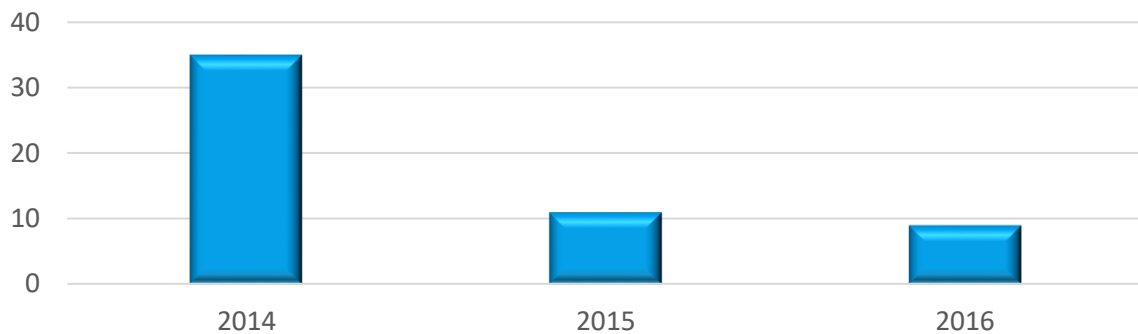
Rok produkcji	Ilość taboru MZK	Ilość taboru IREX-Trans	Łącznie
2007	4	0	4
2008	11	0	11
2009	3	0	3
2010	6	0	6
2011	14	0	14
2012	2	0	2
2013	27	0	27
2014	7	35	42
2015	31	11	42
2016	7	9	16
2017	11	0	11
2018	10	0	10
2019	11	0	11
2020	8	0	8
Suma	152	55	207

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Operatorów



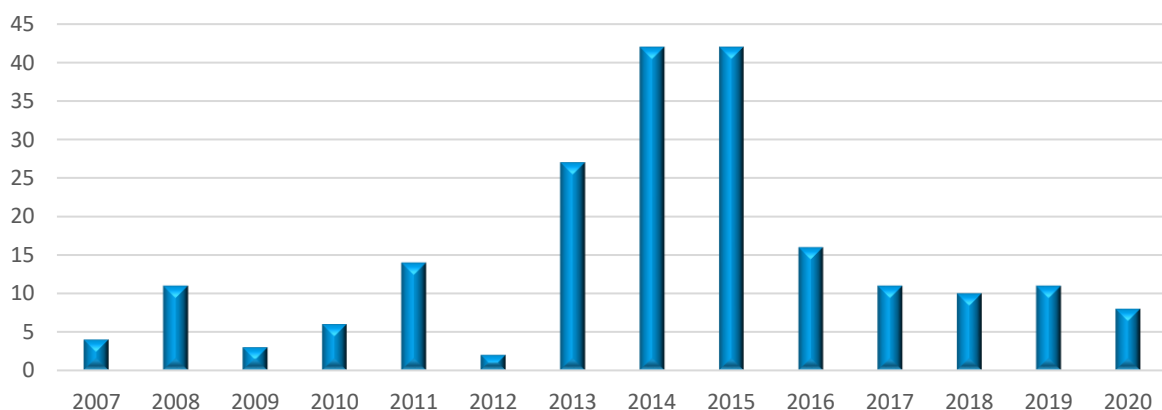
Wykres 2 Struktura wiekowa taboru MZK

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych od MZK



Wykres 3 Struktura wiekowa taboru IREX-Trans

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych IREX-Trans



Wykres 4 Struktura wiekowa dla Operatorów łącznie

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MZK oraz IREX-Trans

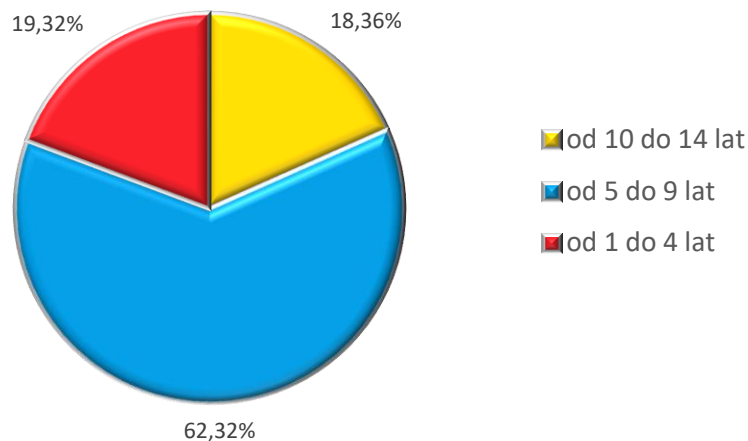
Zgodnie z powyższą tabelą oraz wykresami średnia wieku taboru dla Operatora MZK wynosi 6,9 lat. Najstarsze pojazdy mają 14 lat, natomiast najmłodsze pojazdy mają 1 rok. Największą grupę stanowią pojazdy

z 2015 roku jest ich 31 sztuk. Operator IREX-Trans dysponuje 55 pojazdami. Największą grupę pojazdów stanowią pojazdy z 2014 roku czyli 7 letnie, jest ich 35 sztuk, następnie pojazdy mające 6 lat 11 sztuk oraz



pojazdy 5 letnie 9 sztuk. Średnia wieku dla Operatora IREX-Tras wynosi 5,5 roku. Średnia wieku dla wszystkich autobusów wykonujących regularne przewozy mieszkańców na terenie Bydgoszczy oraz

gmin z którymi zostały podpisane stosowne porozumienia międzygminne wynosi około 6,5 roku. Na poniższym wykresie przedstawiono łączną strukturę wiekową pojazdów.



Wykres 5 Wiek pojazdów eksploatowanych przez Operatorów
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MZK oraz IREX-Trans

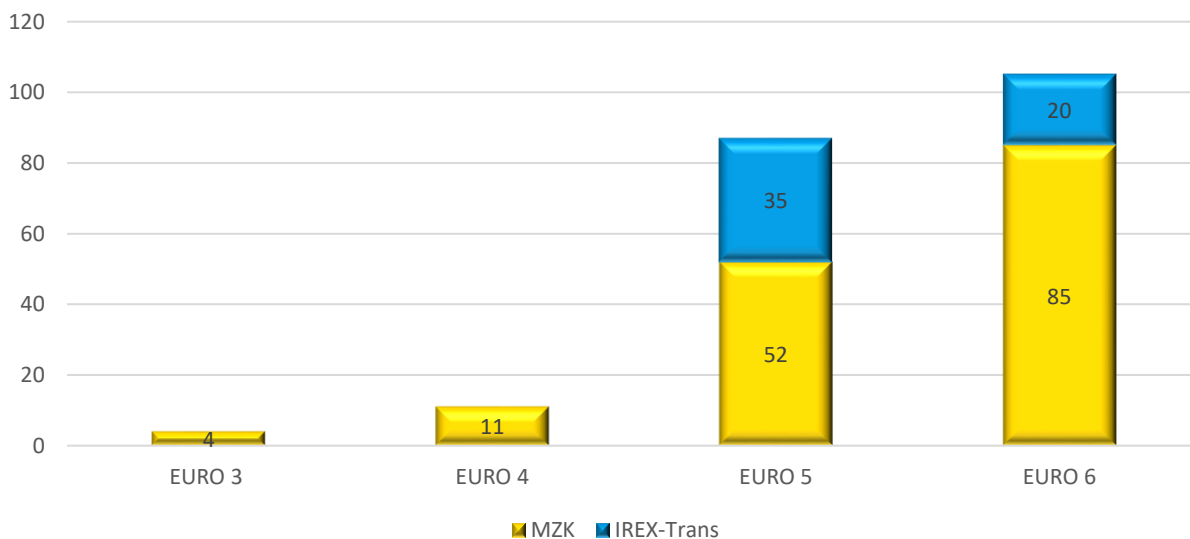
Zgodnie z powyższym wykresem łącznie dla operatora MZK oraz IREX-Trans najwięcej pojazdów czyli 129 sztuk jest w przedziale wiekowym 5 do 9 lat, kolejna

grupa wiekowa to od 1 do 4 lat czyli 40 sztuk oraz ostatnia grupa od 10 do 14 lat 38 pojazdów.



Bardzo istotnym aspektem przy analizowaniu stanu oraz ilości taboru przeznaczanego do zadań przewozowych na terenie Bydgoszczy jest norma emisji spalin, którą spełniają autobusy. Europejski standard emisji spalin jest normą dopuszczalnych emisji spalin w nowych pojazdach sprzedawanych na terenie Unii Europejskiej oraz Europejskim Obszarze

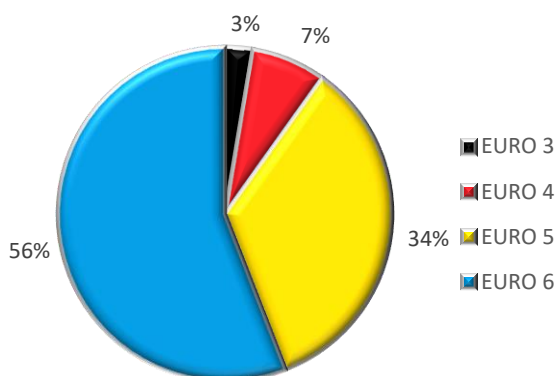
Gospodarczym. Standardy te zostały opracowane w serii Dyrektyw Europejskich, które sukcesywnie zwiększały swoją restrykcyjność. Aktualnie najbardziej ekologiczną oraz najbardziej restrykcyjną jest norma emisji spalin EURO 6. Na poniższym wykresie przedstawiono dane dotyczące norm EURO dla pojazdów MZK oraz IREX-Trans.



Wykres 6 Ilostan pojazdów spełniających poszczególne normy emisji spalin
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MZK i IREX-Trans

Zgodnie z powyższym wykresem MZK posiada jeszcze pojazdy które spełniają najniższe normy emisji spalin tj. EURO 3 i EURO 4 są to pojazdy wyprodukowane w latach 2007 – 2008 roku co oznacza, że jednocześnie są to najstarsze pojazdy. Należy dążyć do szybkiej

wymiany taboru który spełnia najniższe normy spalania EURO. Na poniższych diagramach przedstawiono podział ze względu na normę emisji spalin dla poszczególnych operatorów.

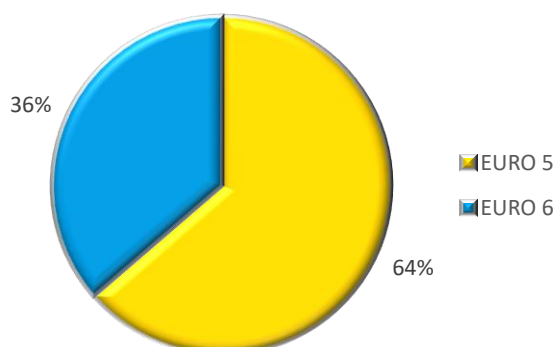


Wykres 7 Procentowy udział pojazdów spełniających poszczególne normy emisji spalin taboru eksploatowanego przez MZK
Źródło: opracowanie własne

Jak wskazują powyższe diagramy największy udział dla Operatora MZK wśród pojazdów ma norma EURO 6, co jest bardzo pozytywnym aspektem z uwagi na ochronę środowiska. Drugą grupą dla pojazdów MZK stanowią pojazdy spełniające normę EURO 5 jest to 34% pojazdów, następnie pojazdy z normą EURO 4-7% oraz pojazdy spełniające najniższą normę emisji spalin EURO 3 – 3%. Pojazdy spełniające normę EURO 4 oraz EURO 3 w miarę możliwości finansowych powinny być wymienione na nowoczesne, ekologiczne pojazdy

Tabor autobusowy jest zróżnicowany pod względem swojej długości. W zależności od linii oraz od jej charakteru dobiera się tabor o odpowiedniej długości do jej obsługi. Tabor można podzielić na następujące kategorie:

- Klasa midi - średniej wielkości autobus, o długości do 10,5 metrów
- Klasa maxi - duży autobus, o długości do 12 m

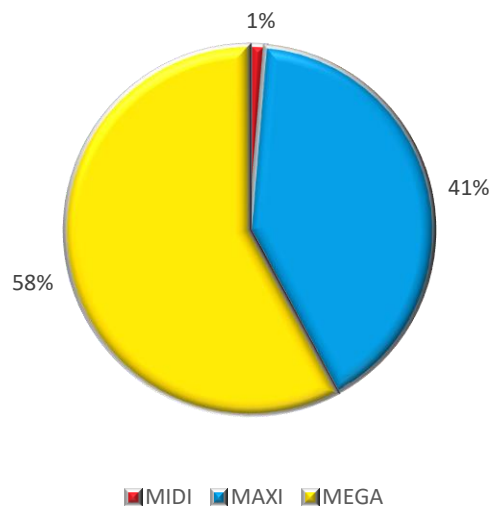


Wykres 8 Procentowy udział pojazdów spełniających poszczególne normy emisji spalin taboru eksploatowanego przez IREX-Trans
Źródło: opracowanie własne

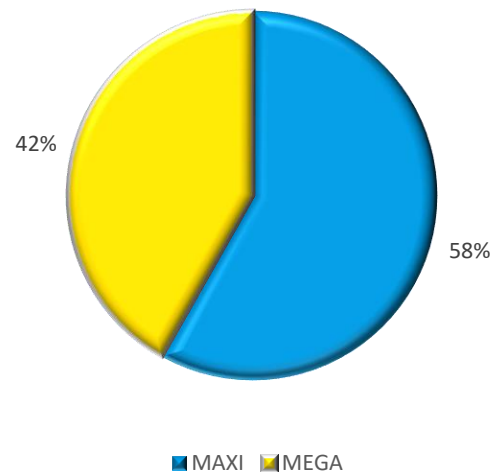
spełniające najwyższą normę emisji spalin EURO 6. W przypadku Operatora IREX-Trans 64% pojazdów spełnia normę EURO 5 oraz 36% spełnia normę EURO 6. Jak już wyżej wspomniano umowa na obsługę linii komunikacyjnych aktualnie obsługiwanych przez Operatora IREX-Trans kończy się z końcem roku 2022, wszystkie nowe pojazdy podmiotu który wygra postępowanie będą musiały spełniać normę emisji spalin EURO 6.

- Klasa mega - autobus wieloosiowy, o długości od 15 do 24 metrów

Do przewozów mieszkańców na terenie Bydgoszczy oraz gmin z którymi zostały podpisane porozumienia międzygminne wykorzystuje się autobusy klasy MIDI, MAXI oraz MEGA. Na poniższym diagramie zaprezentowano udział poszczególnych klas autobusów dla każdego Operatora.



Wykres 9 Procentowy udział pojazdów obsługiwanych przez MZK ze względu na klasę
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MZK



Wykres 10 Procentowy udział pojazdów obsługiwanych przez IREX-Trans ze względu na klasę
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych IREX-Trans

Powyższe diagramy wskazują, że w przypadku Operatora MZK sp. z o.o. większość stanowią pojazdy MEGA jest to 58% czyli 88 sztuk, następnie pojazdy MAXI 41% czyli 62 sztuki oraz 1% stanowią pojazdy MIDI czyli 2 sztuki. W przypadku Operatora IREX-Trans podział następuje na dwie kategorie MAXI oraz MEGA. 42% całości taboru są to autobusy klasy MEGA czyli 23 sztuki, 58% stanowią autobusy klasy MAXI czyli 32 sztuki.



1.4.6. Charakterystyka parametrów sieci linii autobusowych komunikacji miejskiej

Sieć linii autobusowych w Bydgoszczy oraz gminach, które podpisały porozumienia międzygminne składa się z 47 linii komunikacyjnych w tym, 30 linii miejskich dziennych, 10 linii międzygminnych całorocznych, 1 linii międzygminnej sezonowej oraz 6 linii nocnych. W 2019 roku wykonano pracę przewozową równą 15 400 700,98 wzkm, w roku 2020 wykonano prace przewozową równą 15 213 650,60 wzkm. Spadek pracy przewozowej w 2020 względem 2019 związany jest z ogólnościową pandemią COVID-19, która

bezpośrednio wpłynęła na mniejszą mobilność mieszkańców. W roku 2021 planowana jest praca przewozowa na poziomie 14 797 440,70 wzkm, co wynika ze zmian w komunikacji autobusowej wprowadzonej po oddaniu do użytkowania trasy tramwajowej wzdłuż ul. Kujawskiej. Praca przewozowa dzieli się pomiędzy dwóch Operatorów, w poniższej tabeli przedstawiono wykaz wykonanej w 2019r., 2020 r. oraz planowanej w 2021 r. pracy przewozowej.

Tabela 3 Liczba wozokilometrów wykonanych w 2019r., 2020r. oraz planowana w 2021r.

Nr linii	Wzkm. w 2019r.	Wzkm. w 2020r.	Wzkm. w 2021r.
Linie obsługiwane przez IREX-Trans			
51	283 066,80	276 865,60	279 736,70
53	349 965,10	341 759,90	305 707,80
55	313 482,82	312 018,80	307 902,50
56	629 773,74	625 191,30	582 785,50
58	497 835,60	487 673,20	500 512,20
62	150 218,80	146 073,30	147 514,90
67	214 589,80	211 980,90	211 080,40
69	970 553,32	910 251,30	902 635,30
73	304 465,30	263 051,20	258 990,90
76	97 020,70	103 957,50	107 290,40
85	X	2 571,60	39 360,90
Linie obsługiwane przez MZK			
52	476 543,00	463 674,00	464 979,80
54	680 955,00	675 216,00	675 931,00
57	408 230,00	407 607,00	407 235,60
59	289 861,00	296 229,00	293 512,20
60	141 559,00	144 685,00	143 973,40
61	638 528,00	627 464,00	496 916,60
64	806 487,00	756 112,00	715 574,00
65	853 084,00	825 500,00	834 622,80
66	133 622,00	68 478,00	X
68	524 160,00	518 515,00	403 208,80
71	558 278,00	549 739,00	548 270,40
74	615 370,00	523 752,00	501 951,00
75	8 360,00	X	X
77	589 504,00	585 935,00	573 918,00
79	409 623,00	396 396,00	331 131,80

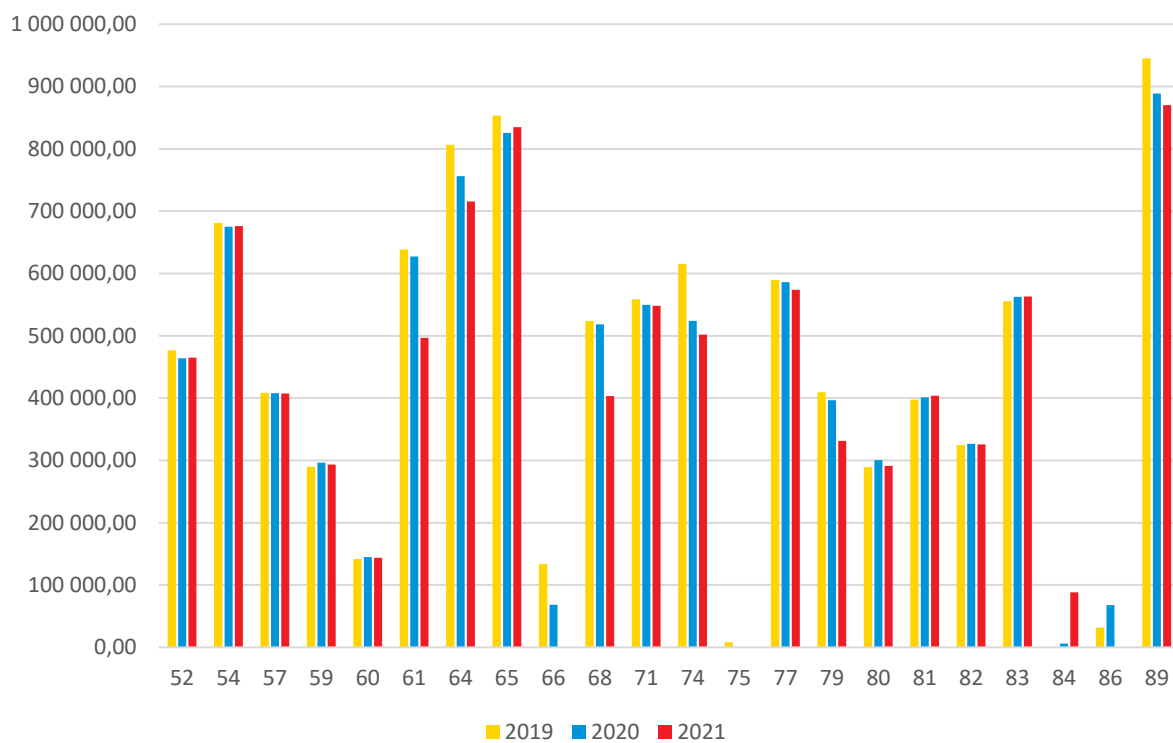


80	289 345,00	300 393,00	291 478,40
81	397 593,00	401 065,00	403 932,20
82	324 669,00	326 674,00	325 866,80
83	555 170,00	562 586,00	562 785,20
84	X	6 328,00	88 553,40
86	31 682,00	67 827,00	X
89	945 247,00	888 703,00	870 295,40
40	X	8 786,00	14 137,60
90	X	84 914,00	100 339,60
91	192 459,00	234 446,00	233 578,80
92	245 621,00	257 605,00	256 911,20
93	144 245,00	150 492,00	171 346,40
94	212 795,00	217 232,00	243 162,60
95	57 464,00	52 834,00	66 195,40
96	52 918,00	58 617,00	58 373,40
97	90 451,00	70 683,00	70 226,60
98	93 940,00	129 253,00	135 804,20
99	164 647,00	223 713,00	212 908,20
31N	171 438,00	170 045,00	170 473,20
32N	120 698,00	120 295,00	119 253,60
33N	138 454,00	138 548,00	145 296,20
34N	59 464,00	59 171,00	61 882,60
35N	52 408,00	51 997,00	50 488,20
36N	112 376,00	110 747,00	109 408,60
37N	2 481,00	X	X

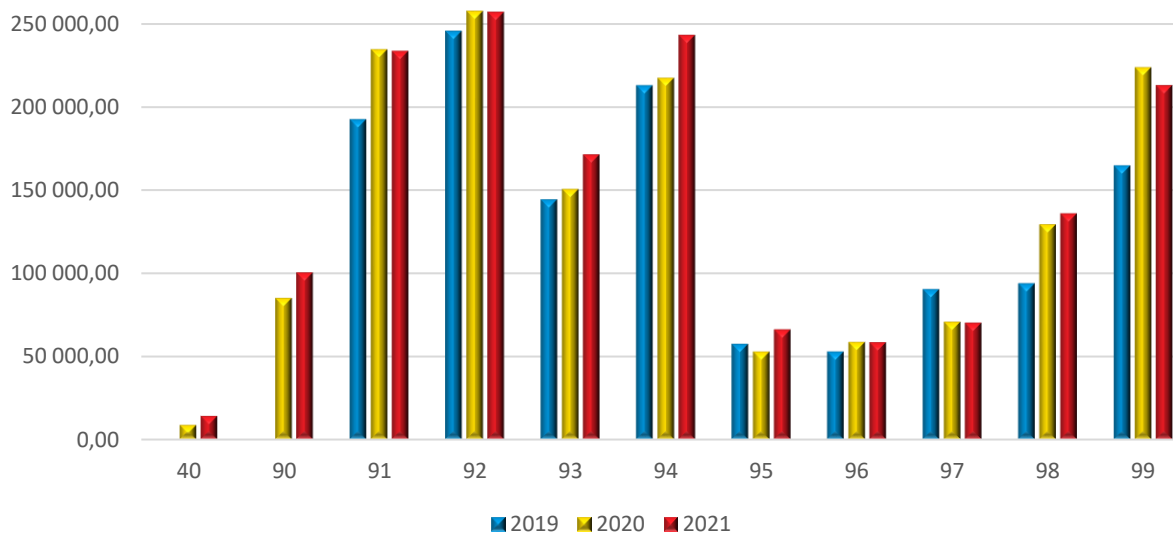
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ZDMiKP

W powyższej tabeli wyszczególniono dokładną liczbę wozokilometrów dla poszczególnych linii w latach 2019, 2020 i planowane w roku 2021.. Znak X w

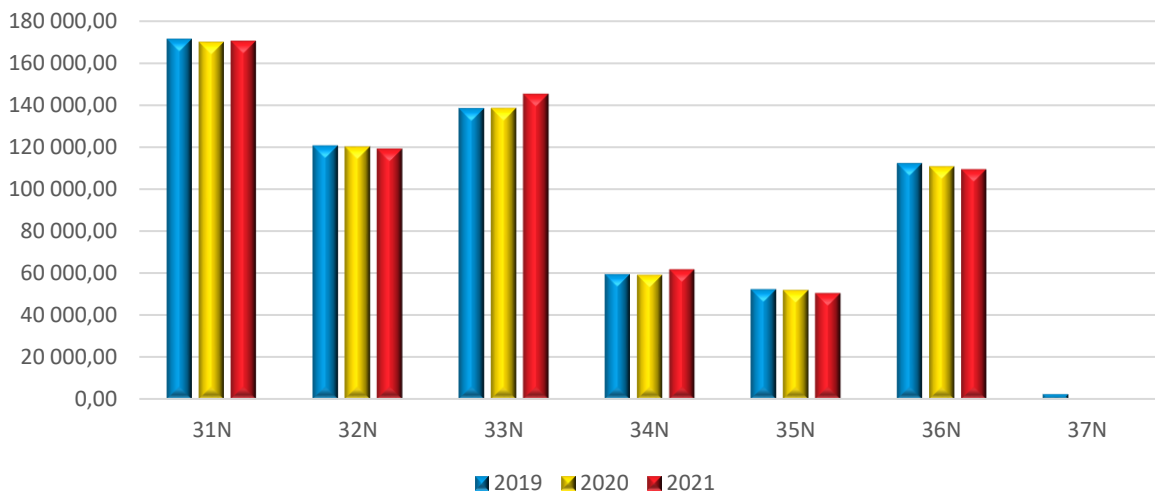
poszczególnych komórkach oznacza, że linia została zlikwidowana bądź nie funkcjonowała w poprzednich latach.



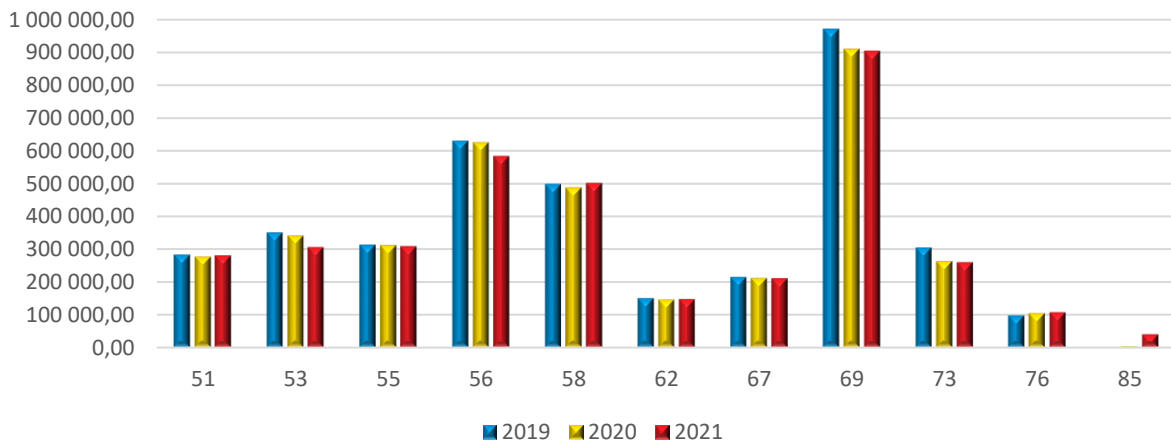
Wykres 11 Praca przewozowa dla linii dziennych obsługiwanych przez MZK
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ZDMiKP



Wykres 12 Praca przewozowa dla linii międzygminnych obsługiwanych przez MZK
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ZDMiKP



Wykres 13 Praca przewozowa dla linii nocnych obsługiwanych przez MZK
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ZDMiKP



Wykres 14 Praca przewozowa dla linii dziennych obsługiwanych przez IREX-Trans
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ZDMiKP



Analizując powyższe należy mieć na uwadze, że w grudniu 2020 roku w Bydgoszczy uruchomiono nową trasę tramwajową wzdłuż ul. Kujawskiej. W związku z tą

inwestycją zlikwidowano linie nr 86 oraz 66, uruchomiono nowe linie nr 84 oraz 85, zmianie uległy trasy linii nr 56, 61, 68, 73, 79.

Linie komunikacyjne charakteryzują się różnymi prędkościami z uwagi na rejon obsługi oraz czas wykonywania zadań przewozowych. Prędkość można podzielić na prędkość komunikacyjną oraz prędkość eksploatacyjną. Prędkość eksploatacyjna jest to stosunek przebytej drogi do czasu pracy pojazdu z uwzględnieniem czasów postoju na przystankach pośrednich i przystankach krańcowych, prędkość

komunikacyjna jest to stosunek przebytej drogi do czasu pracy pojazdu z uwzględnieniem czasów postoju na przystankach pośrednich. Przyjmuje się, że im większa jest prędkość komunikacyjna tym system transportu publicznego jest bardziej wydajny i atrakcyjny dla mieszkańców. W poniższej tabeli przedstawiono zestawienie w/w prędkości dla linii komunikacyjnych obsługiwanych przez Operatorów.

Tabela 4 Prędkość komunikacyjna oraz eksploatacyjna dla linii komunikacyjnych

Linia	Prędkość komunikacyjna [km/h]	Prędkość eksploatacyjna [km/h]
51	20,4	13,8
52	20,4	14,9
53	19,2	13,3
54	21,6	16,7
55	18,6	14,3
56	20,9	15,6
57	19,7	14,1
58	23,0	18,0
59	19,9	15,1
60	18,6	12,0
61	19,3	14,4
62	20,0	11,2
64	19,7	15,4
65	23,7	17,8
67	18,0	13,3
68	20,7	13,8
69	21,9	17,9
71	20,4	15,6
73	28,4	19,9
74	24,6	17,8
76	24,5	13,2
77	20,6	15,5
79	18,6	13,7
80	19,9	12,1
81	23,1	17,3
82	23,5	17,0
83	24,6	18,8



84	26,2	17,4
85	22,3	12,4
89	21,9	18,3
40	27,7	19,8
90	26,0	17,6
91	33,8	21,5
92	31,7	21,2
93	26,7	17,8
94	31,1	21,2
95	31,3	13,1
96	40,0	20,2
97	35,5	21,2
98	30,2	23,0
99	38,9	27,8
31N	30,0	23,4
32N	29,5	18,1
33N	28,6	21,2
34N	32,8	27,6
35N	33,2	23,1
36N	32,0	23,4

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ZDMiKP

Średnia prędkość eksploatacyjna dla wszystkich linii wynosi 17,5 km/h



Średnia prędkość komunikacyjna dla wszystkich linii wynosi 25,2 km/h



Średnia prędkość komunikacyjna dla wszystkich linii wynosi 25,2 km/h, dla linii dziennych miejskich 21,5 km/h, dla linii pozamiejskich 32,1 km/h natomiast dla linii nocnych 31 km/h. Największą prędkością komunikacyjną charakteryzują się linie nr 96 – 40 km/h oraz 99 - 38,9 km/h są to linie pozamiejskie, z linii miejskich największą prędkością komunikacyjną osiągają linie nr 73 -28,4 km/h i 84 – 26,2 km/h. Największą prędkością komunikacyjną dla linii nocnych charakteryzuje się linia nr 35N – 33,2 km/h oraz linia nr 34N – 32,8 km/h. Najniższymi prędkościami komunikacyjnymi odznaczają się linie nr 67 – 18 km/h oraz linie nr 55, 60, 79– 18,6 km/h są to linie miejskie, z linii pozamiejskich najniższe wyniki osiągają linie nr 90

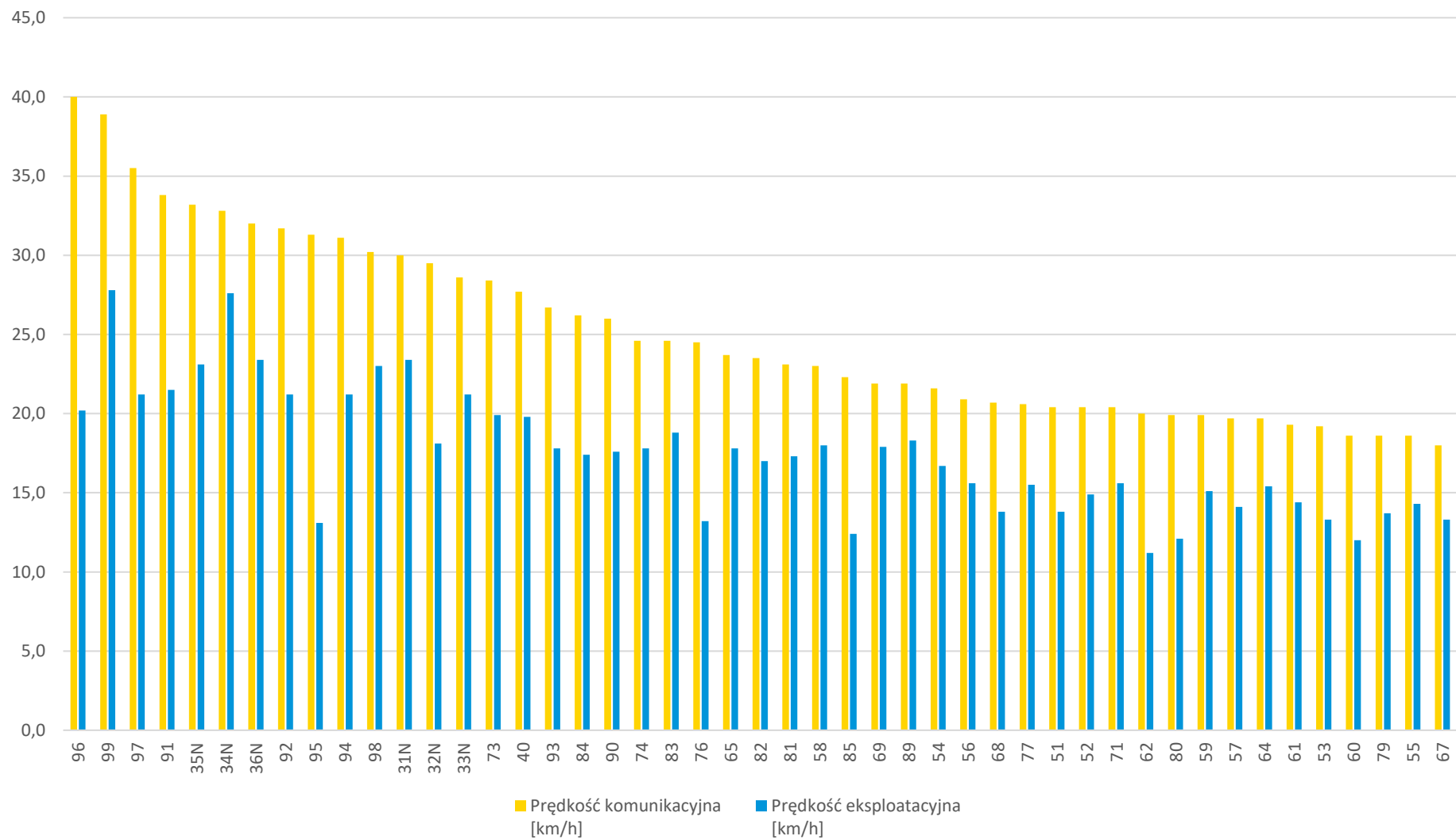
– 26 km/h oraz linia nr 93 -26,7 km/h. Na liniach nocnych najniższą prędkością odznaczają się linie nr 33N – 28,6 km/h oraz 32N – 29,5 km/h.

Średnia prędkość eksploatacyjna dla wszystkich linii wynosi 17,5 km/h, średnia dla linii miejskich to 15,4 km/h, dla linii pozamiejskich to 20,4 km/h oraz dla nocnych 22,8. Najwyższe prędkości eksploatacyjne dla linii miejskich osiągane są na liniach nr 73 – 19,9 km/h, 83 – 18,8 km/h, dla linii pozamiejskich linia nr 99 – 27,8 km/h oraz dla linii 98 – 23 km/h. Dla linii nocnych najwyższe prędkości eksploatacyjne osiągane są dla linii nr 34N – 27,6 km/h oraz dla linii nr 31N i 36N– 23,4. Najniższe prędkości eksploatacyjne dotyczą linii nr 62 – 11,2 km/h oraz linii nr 60 – 12 km/h są to linie miejskie,



z linii pozamiejskich najniższe wartości osiągane są dla linii nr 95 - 13,1 km/h oraz 90 - 17,6 km/h. Dla linii nocnych najniższe prędkości eksploatacyjne dotyczą linii nr 32N – 18,1 km/h oraz 33N – 21,2 km/h.

Zgodnie z powyższym widać, że największą prędkość zarówno eksploatacyjną jak i komunikacyjną osiągają linie nocne oraz pozamiejskie, wynika to z faktu, że dla linii pozamiejskich gęstość przystanków jest znacznie mniejsza niż w przypadku linii miejskich oraz w rejonach pozamiejskich jest znacznie mniejsze zatłoczenie dróg. Dla linii nocnych wynika to z faktu, że zatłoczenie na drogach w nocy jest znacznie mniejsze niż w ciągu dnia. Na poniższym wykresie przedstawiono prędkości eksploatacyjne oraz komunikacyjne dla każdej linii komunikacyjnej.



Wykres 15 Prędkości eksploatacyjne oraz komunikacyjne dla linii komunikacyjnych
 Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ZDMiKP



2. Metodyka analizy

Zastosowana w niniejszym opracowaniu analiza kosztów i korzyści stanowi system oceny efektywności Inwestycji. Analiza kosztów i korzyści swój początek powzięła z ekonomii dobrobytu – nurtu teorii ekonomii, która powstała na początku XX wieku. Celowość analizy oparto na zmodyfikowanej zasadzie optimum Pareto – kryterium efektywności Kaldora-Hicksa.

Według przytoczonego kryterium projekt otrzyma rekomendację wdrożenia w przypadku, gdy możliwe będzie, aby jednostki gospodarcze, które zyskują na realizacji Inwestycji, wypłaciły pełną rekompensatę pozostałym podmiotom, które ponoszą koszty. Konkluzją analizy kosztów i korzyści jest zależność, która stanowi, że poprzez projekty generujące korzyści netto (nadwyżkę korzyści nad kosztami) możliwa jest maksymalizacja dobrobytu społecznego¹³

2.1. Dane

Dane do Analizy pozyskano od Organizatora i Operatorów w zakresie:

- kosztów bieżącego serwisu i utrzymania (naprawy, przeglądy, konserwacje itp.) autobusów z podziałem na rodzaj taboru;
- szczegółowych informacji na temat taboru autobusowego (m.in. rok produkcji, rodzaj napędu, norma emisji spalin, liczba miejsc, długość autobusu, dodatkowe wyposażenie, zużycie paliwa [l/100km], ilość wykonanych wzmk przez poszczególne pojazdy);
- charakterystyki obecnej sieci publicznej komunikacji zbiorowej (wykaz linii komunikacyjnych, rozkłady jazdy, liczba wykonywanych wozokilometrów na poszczególnych liniach, długość linii autobusowych, czas przejazdu danej trasy, średnia prędkość na poszczególnych liniach, liczba przystanków na trasie, odległość od przystanków na trasie, liczba zatrzymań na trasie);

- zasad organizacji rynku przewozów (obowiązujące porozumienia międzygminne oraz zasady rozliczania się z Gminami, umowa zawarta z Operatorem);
- realizowanych w 2021 roku i planowanych inwestycjach zakupów taborowych oraz modernizacji infrastruktury technicznej w perspektywie do 2028 roku;
- struktury popytu (przychody całkowite z biletów z podziałem na poszczególne linie, rodzaje biletów, cennik biletowy, istniejące rozwiązanie integracji biletów);
- kosztów zużycia paliwa, z podziałem na rodzaj taboru;
- szczegółowych informacji na temat infrastruktury przystankowej.

2.2. Zastosowane metody

W ramach AKK projekt Inwestycji w tabor o napędzie zeroemisyjnym zostanie zweryfikowany pod względem:

- finansowym (analiza finansowa);
- ekonomiczno-społecznym (analiza ekonomiczno - społeczna);
- wrażliwości i ryzyka otrzymanych parametrów oceny.

¹³ Ligus M., Efektywność inwestycji w odnawialne źródła energii. Analiza kosztów i korzyści, CeDeWu Sp. z o.o., Warszawa 2010.



2.2.1. Analiza finansowa

Głównym założeniem analizy finansowej przeprowadzonej w niniejszym opracowaniu jest ocena efektywności ekonomicznej Inwestycji. Rachunek opłacalności Inwestycji obejmować będzie planowane wpływy i wydatki związane bezpośrednio z realizacją Inwestycji, a zatem nie będzie on uwzględniał wpływu Inwestycji na wynik finansowy przedsiębiorstwa inwestującego i inne uwarunkowania jego działalności.

Do oceny opłacalności inwestycji wykorzystano:

- Metodę wartości bieżącej netto (NPV);
- Metodę wewnętrznej stopy zwrotu (IRR).

Obliczenia będą odnosiły się do wpływów osiąganych dzięki Inwestycjom i wydatkom z nią związanych (nakłady inwestycyjne, koszty eksploatacji i odtworzenia). Analiza nie uwzględnia ewentualnych negatywnych skutków, jakie mogą wystąpić w związku z Inwestycją w dotychczasowej działalności przedsiębiorstwa (np. podwyższenie poziomu ryzyka, negatywne zmiany w strukturze kosztów, itp.).

Wartość bieżąca netto (wartość zaktualizowana netto) NPV (ang. net present value), opiera się na zdyskontowanych przepływach gotówkowych netto (ang. net cash flow) w prognozowanych latach. Miernik NPV bazuje na różnicach między przewidywanymi wpływami pieniężnymi i wydatkami pieniężnymi poniesionymi w związku z realizacją Inwestycji (w tym nakłady inwestycyjne).

Strumienie pieniężne netto w poszczególnych okresach można obliczyć jako różnicę dodatnich i ujemnych przepływów pieniężnych.

Do dodatnich przepływów zalicza się, np.: zysk netto, amortyzację, nakłady na kapitał obrotowy.

W ramach ujemnych przepływów pieniężnych zalicza się: nakłady inwestycyjne finansowane kapitałem własnym, nakłady na kapitał obrotowy finansowane kapitałami własnymi podczas realizacji Inwestycji, a także koszty z eksploatacji Inwestycji i inne o podobnym charakterze.

Miernik NPV przedstawia się wówczas za pomocą wzoru:

Bieżąca wartość netto (NPV)

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{FCF_t}{(1+r)^t} - I_0$$

gdzie:

NPV – wartość bieżąca netto;

FCF_t – przepływy gotówkowe w okresie t;

r – stopa dyskontowa

I₀ – nakłady początkowe;

t – kolejne okresy (najczęściej lata) eksploatacji Inwestycji.

Składniki NPV – FCF (free cash flow)

$$FCF = EBIT * (1-T) + A - CAPEX - \Delta NWC$$

gdzie:

FCF – wolne przepływy pieniężne;

EBIT – zysk operacyjny;

T – stopa opodatkowana;

A – amortyzacja;

CAPEX – nakłady odtworzeniowe;

ΔNWC – wydatki na sfinansowanie wzrostu zapotrzebowania na kapitał obrotowy netto (KON).

Składniki NPV – WACC

$$WACC = we * ke + wd * kd (1-T)$$

gdzie:

WACC – średni ważony koszt kapitału;

we – udział kapitału własnego;

ke – koszt kapitału własnego;

wd – udział kapitału obcego;

kd – koszt kapitału obcego;

T – stopa opodatkowana.

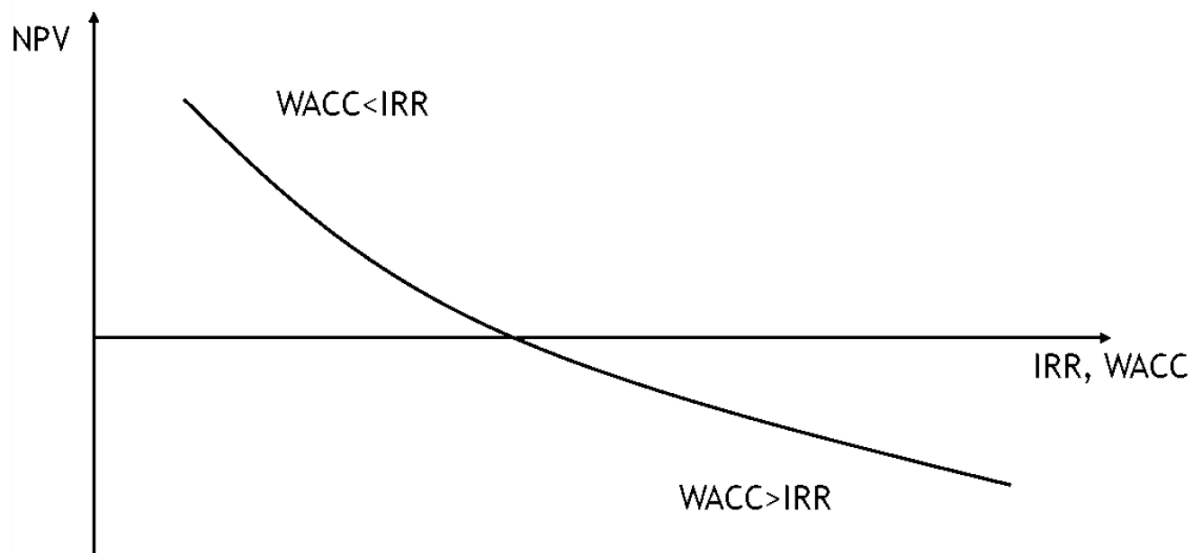


NPV jako kryterium opłacalności Inwestycji może przybierać wartości:

- **NPV < 0** – Inwestycja jest nieopłacalna z punktu widzenia wartości firmy;
- **NPV = 0** – Inwestycja znajduje się na granicy opłacalności,
- **NPV > 0** – Inwestycja jest opłacalna, tym bardziej im większa jest wartość współczynnika.

Inwestycja jest więc opłacalna, gdy $NPV \geq 0$, co oznacza, iż stopa rentowności Inwestycji jest wyższa od stopy granicznej, określonej przez przyjętą do rachunku stopę dyskontową. Każda Inwestycja o NPV większym od zera może być zrealizowana, ponieważ przyniesie przedsiębiorstwu wyższe korzyści finansowe niż wymagane przez inwestora, a tym samym podniesie wartość firmy. Natomiast ujemna wartość NPV świadczy o niższej od granicznej stopie rentowności przedsięwzięcia. Z punktu widzenia wartości firmy realizacja takiego przedsięwzięcia będzie nieopłacalna.

Wartość NPV zależy, z jednej strony, od wartości i rozłożenia w czasie przepływów pieniężnych netto, z drugiej zaś od przyjętej do obliczeń stopy dyskontowej. Podniesienie poziomu stopy dyskontowej prowadzi do obniżenia zdyskontowanej wartości przepływów pieniężnych netto w kolejnych latach okresu obliczeniowego. Zależność między stopą dyskontową, a wartością NPV przedstawiono na wykresie.



Wykres 16 Zależność między stopą dyskontową, a wartością NPV
Źródło: opracowanie własne



Drugą metodą zastosowaną do oceny efektywności Inwestycji jest **wewnętrzna stopa zwrotu (IRR)**.

IRR jest miarą rzeczywistej efektywności przedsięwzięcia inwestycyjnego, rentowności dla danego przedsięwzięcia. IRR jest taką stopą dyskontową, przy której $NPV=0$ (wartość zaktualizowana wpływów pieniężnych równa się wartości zaktualizowanej wydatków pieniężnych). Oplacalny będzie ten projekt, dla którego wewnętrzna stopa zwrotu jest nie mniejsza niż stopa dyskontowa przyjęta do obliczania NPV projektu inwestycyjnego.

W przypadku wyboru spośród kilku alternatywnych projektów za najlepszy uważa się ten, dla którego IRR ma najwyższą wartość.

Poziomą wewnętrzną stopę zwrotu badanej Inwestycji wykorzystując formułę interpolacji liniowej przyjmuje postać:

$$\sum_{t=0}^n \frac{FCF_t}{(1+r)^t} - I_0 = 0$$

gdzie:

NPV - wartość bieżąca netto;

FCF_t - przepływy gotówkowe w okresie t;

r - stopa dyskonta;

I₀ - nakłady początkowe;

t - kolejne okresy (najczęściej lata) eksploatacji Inwestycji.

Analiza finansowa obejmuje czas ekonomicznej użyteczności taboru - cały okres funkcjonowania Inwestycji, tj. okres jej realizacji, jak i pełny przewidywany okres eksploatacji Inwestycji.

Analiza została przeprowadzona w cenach stałych oraz z pominięciem podatku od towarów i usług VAT (netto)

2.2.2. Analiza społeczno-ekonomiczna

Założenie analizy społeczno-ekonomicznej:

- analiza koncentruje się na efektach Inwestycji z perspektywy dobrobytu społecznego;
- analiza efektów ekologicznych;
- analiza obejmuje tylko efekty bezpośrednio wynikające z projektu;
- analiza koncentruje się na:
 - zgeneralizowanych kosztach transportu;
 - dających się zmonetyzować kosztach zewnętrznych transportu.

Zgeneralizowane koszty transportu oznaczają wartości, które można zdefiniować jako:

- **koszty czasu (straty czasu)** - różnicowe koszty czasu podróży pasażerów, którzy zrezygnowali z podróży samochodami na rzecz transportu publicznego;
- **różnicowe koszty podróży** - oszczędności na kosztach eksploatacji pojazdów (pomniejszone o koszt zakupu biletów).

Zmonetyzowane efekty zewnętrzne stanowią:

- **koszty wypadków** - niższe koszty wypadków na drogach dzięki zmniejszeniu ruchu drogowego;
- **koszty społeczne emisji gazów cieplarnianych (CO₂)** - różnicowe koszty zmian klimatycznych (emisja CO₂);
- **koszty społeczne emisji gazów innych niż cieplarniane** (tj. lokalnych skutków zanieczyszczenia powietrza) - niższe koszty zanieczyszczenia środowiska, dzięki zmniejszeniu ruchu drogowego;
- **koszty społeczne emisji hałasu** - różnicowe koszty hałasu.

Rezultatami analizy ekonomiczno-społecznej są miary:

- **ENPV** - (koszty społeczne emisji hałasu - różnicowe koszty hałasu).
- **ERR** - koszty społeczne emisji hałasu - różnicowe koszty hałasu.



• ENPV Ekonomiczna bieżąca wartość netto

$$ENPV = \sum_{t=0}^n \frac{S_t}{(1+r)^t} - I_0$$

gdzie:

S_t – salda strumieni ekonomicznych kosztów i korzyści generowanych przez projekt w poszczególnych latach przyjętego okresu odniesienia analizy;

I_0 - nakłady początkowe;

r - stopa dyskonta;

t - kolejne okresy (najczęściej lata) eksploatacji Inwestycji.

2.2.3. Analiza wrażliwości

Analiza wrażliwości polega na badaniu wpływu przyszłych zmian w kształtowaniu się podstawowych zmiennych Inwestycji na poziom jej opłacalności, tj. mierniki NPV, IRR, ENPV i ERR. Technika ta służy do określenia zmienności wyników oceny opłacalności na wahań wartości różnych zmiennych. Analiza polega na określeniu wpływu zmiany pojedynczych zmiennych krytycznych o określoną procentowo wartość, na poziom finansowych i ekonomicznych wskaźników efektywności projektu. Modyfikacji poddaje się tylko jedną zmienną, podczas gdy inne parametry powinny pozostać niezmienione.

W opracowaniu bada się wpływ zmian wartości takich zmiennych jak: wysokość wpływów pieniężnych będących efektem Inwestycji, wysokość wydatków pieniężnych o charakterze bieżącym (eksploatacyjnym), a także wysokość nakładów inwestycyjnych oraz stopy dyskontowej, na zmiany w wysokości miar NPV, IRR, ENPV i ERR.

Dokonano symulacji parametrów analizy wrażliwości związanych bezpośrednio z projektem (zmienne kluczowe), w tym:

- nakłady inwestycyjne;
- koszty operacyjne;
- praca przewozowa oraz wynikające z niej wartości jednostkowe monetyzowanych efektów.

ERR ekonomiczna stopa zwrotu

$$\sum_{t=0}^n \frac{S_t}{(1+r)^t} - I_0 = 0$$

gdzie:

S_t – salda strumieni ekonomicznych kosztów i korzyści generowanych przez projekt w poszczególnych latach przyjętego okresu odniesienia analizy;

I_0 - nakłady początkowe;

r - stopa dyskonta;

t - kolejne okresy (najczęściej lata) eksploatacji Inwestycji.

Rezultaty analizy wrażliwości:

- wyłonienie kluczowych zmiennych AKK jako krytycznych dla Analizy. Za zmienną krytyczną uważa się tę zmienną, której zmiana o ± 1 pp. wywołuje zmianę NPV o co najmniej 1pp.;
- wartości progowe (switching values) kluczowych założeń, w tym przede wszystkim zmiennych krytycznych. Zmienna przyjmuje wartość progową, kiedy jej zmiana powoduje osiągnięcie NPV=0.



2.2.4. Analizy ryzyka

Analiza ryzyka została przeprowadzona zgodnie z zaleceniami zawartymi w „Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach”.

W pierwszej kolejności zidentyfikowano potencjalne ryzyka, a następnie określono ich „aktywność”¹⁴. W przypadku każdego ze zidentyfikowanych, aktywnych ryzyk przeanalizowano następujące aspekty:

- wpływ zidentyfikowanego ryzyka na realizację projektu;
- możliwą strategię przeciwdziałania (sposób ograniczenia ryzyka);
- przyczynę, czyli co powoduje, że dane ryzyko występuje;
- prawdopodobieństwo wystąpienia w skali od A do E (Tabela 9);
- siłę oddziaływania w skali od I do V

Tabela 5 Analiza jakościowa ryzyka - skala prawdopodobieństwa

Skala prawdopodobieństwa	Zakres wartości prawdopodobieństwa	Wartość punktowa
Bardzo niskie	0% - 10%	A
Niskie	<10% - 33%	B
Średnie	<33% - 66%	C
Wysokie	<66% - 90%	D
Bardzo wysokie	<90%-100%	E

Źródło: opracowanie własne na podstawie „Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach”; Nowa edycja, opracowanie JASPERS, sierpień 2015 r.

Tabela 6 Analiza jakościowa ryzyka – siła oddziaływania

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

Źródło: opracowanie własne na podstawie „Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach”; Nowa edycja, opracowanie JASPERS, sierpień 2015

¹⁴ Ryzyko uważane jest za „aktywne” jeśli jest identyfikowalne i istotne dla projektu na obecnym etapie AKK.



Tabela 7 Matryca ryzyka – klasyfikacja poziomu ryzyka

Prawdopodobieństwo	Stopień zagrożenia				
	I	II	III	IV	V
A	Bardzo niskie	Bardzo niskie	Niskie	Niskie	Umiarkowane
B	Bardzo niskie	Niskie	Umiarkowane	Umiarkowane	Wysokie
C	Niskie	Umiarkowane	Umiarkowane	Wysokie	Bardzo wysokie
D	Niskie	Umiarkowane	Wysokie	Bardzo wysokie	Bardzo wysokie
E	Umiarkowane	Wysokie	Bardzo wysokie	Bardzo wysokie	Bardzo wysokie

Źródło: opracowanie własne

Tabela 8 Matryca ryzyka - sposób działania

Prawdopodobieństwo	Stopień zagrożenia				
	I	II	III	IV	V
A	ZAPOBIEGANIE LUB ŁAGODZENIE		ŁAGODZENIE		
B					
C					
D	ZAPOBIEGANIE		ZAPOBIEGANIE I ŁAGODZENIE		
E					

Źródło: opracowanie własne

Następnie, w kolejnej części analizy ryzyka, określone zostały rodzaje strategii reagowania na poszczególne ryzyka. Zgodnie z metodyką analizy ryzyka zawartą w Niebieskiej Księdze można wyodrębnić cztery główne strategie reagowania na ryzyka (w tym działania zaradcze), których zastosowanie zależy od poziomu ryzyka stanowiącego kombinację wartości prawdopodobieństwa wystąpienia i siły oddziaływania. Należą do nich:

- zapobieganie ryzyku: oznacza zmianę planu przedsięwzięcia w celu wyeliminowania zagrożenia lub wyeliminowania wpływu ryzyka na projekt;
- ograniczanie ryzyka: oznacza redukcję prawdopodobieństwa wystąpienia ryzyka lub jego skutków poprzez wprowadzenie zmian do przedsięwzięcia;
- przeniesienie ryzyka: oznacza przeniesienie odpowiedzialności za ryzyko na stronę trzecią (inny podmiot) za określoną cenę (firmy ubezpieczeniowe są najbardziej oczywistym przykładem takiej strony trzeciej). Przeniesienie ryzyka ma sens tylko wtedy, jeśli strona przejmująca ryzyko jest w stanie

(lepiej) kontrolować dane ryzyko, a także posiada środki na pokrycie skutków oddziaływania danego ryzyka, w przypadku, gdy ryzyko się zmaterializuje;

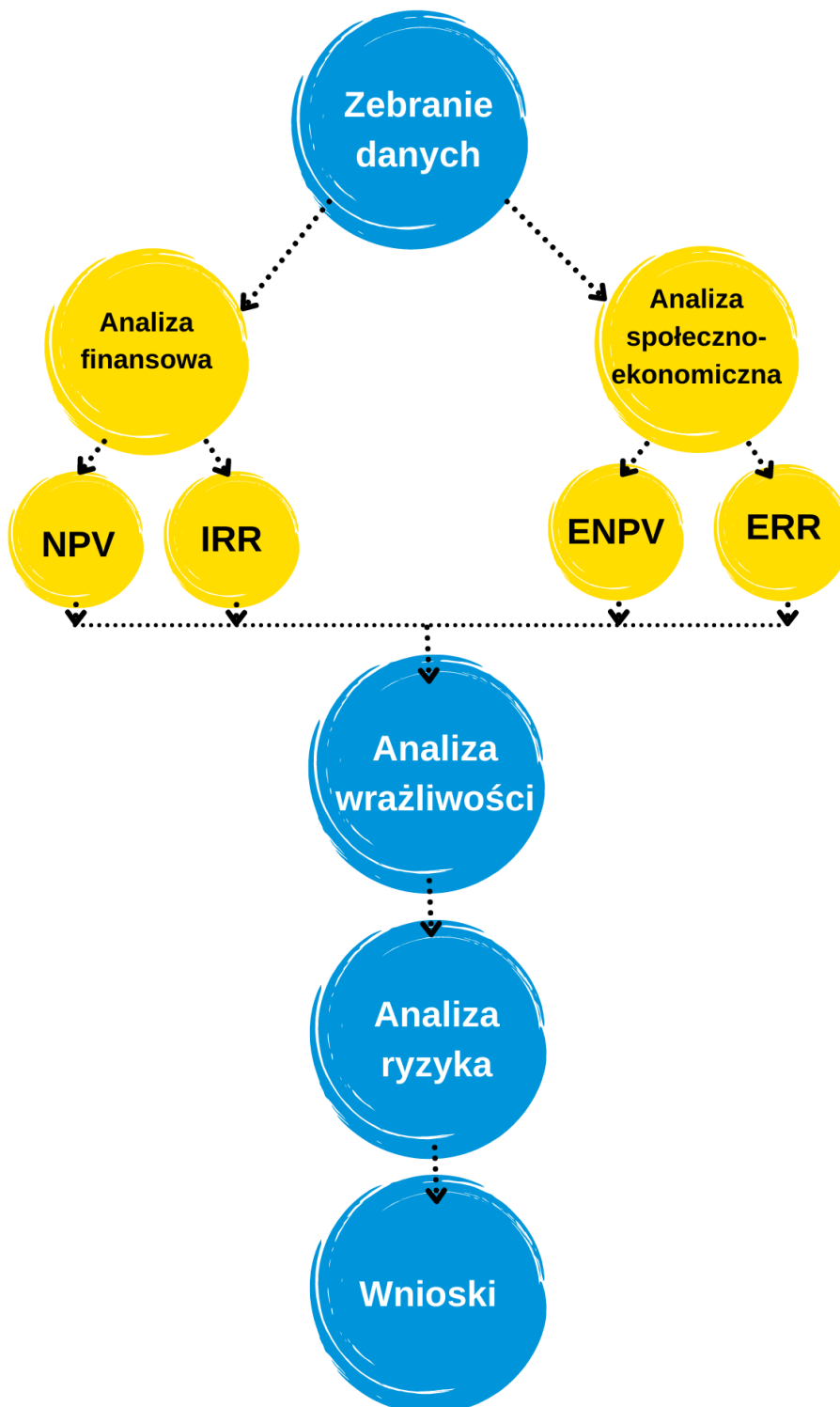
- tolerowanie ryzyka: jest strategią przyjmowaną w sytuacjach, w których nie można zapobiec ryzyku, ograniczyć go lub (ekonomicznie) przenieść. Jednakże to podejście wymaga opracowania planu awaryjnego na wypadek wystąpienia negatywnego zdarzenia, lecz nie wymaga wcześniejszych działań.

Ostatnim elementem analizy ryzyka było **określenie zasad monitorowania** każdego aktywnego ryzyka, aby w przyszłości możliwa była ocena prawidłowości przeprowadzonej oceny ryzyka i skuteczności podjętych działań zaradczych.



2.3. Procedura analizy

Na schemacie przedstawiono procedurę przeprowadzenia analizy kosztów i korzyści dla Inwestycji.





3. Analiza strategicznych wariantów eksploatacji pojazdów z różnymi napędami

3.1. Wyznaczenie linii komunikacji miejskiej przeznaczonych do obsługi przez autobusy zeroemisyjne

Aby wskazać konkretne linie komunikacji miejskiej na których mają kursować autobusy zeroemisyjne należy dokonać szczegółowej analizy parametrów technicznych danej trasy, tj. **przebieg, zakres przestrzenny obsługi obszaru miejskiego oraz uwarunkowania geograficzne i topograficzne.**

Na podstawie powyższych analiz można wskazać potrzeby dotyczące infrastruktury ładowania jakie powinny znaleźć się na trasach przejazdu lub na bazie Operatora.

Zgodnie z rekomendacjami Polskiego Stowarzyszenia Paliw Alternatywnych¹⁵ postuluje się, aby pojazdy zeroemisyjne w pierwszej kolejności przeznaczane były na linie, które:



obsługują obszary miejskie charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną, dzięki czemu zeroemisyjne pojazdy, które nie emitują wysokich dźwięków ograniczą negatywny wpływ transportu na życie mieszkańców gęstej zabudowy;



charakteryzują się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru;



obsługują obszar Miasta charakteryzujący się dużą gęstością przystanków autobusowych;



obsługują obszar Miasta o jak najmniejszych różnicach poziomów terenu;



stanowią element skoordynowanego systemu obsługi terenu śródmieścia wieloma liniami;



podatne są na kongestię drogową (trasa powinna charakteryzować się dużą liczbą zatrzymań na przystankach komunikacyjnych oraz pomiędzy nimi, a także niewielką prędkością jazdy);



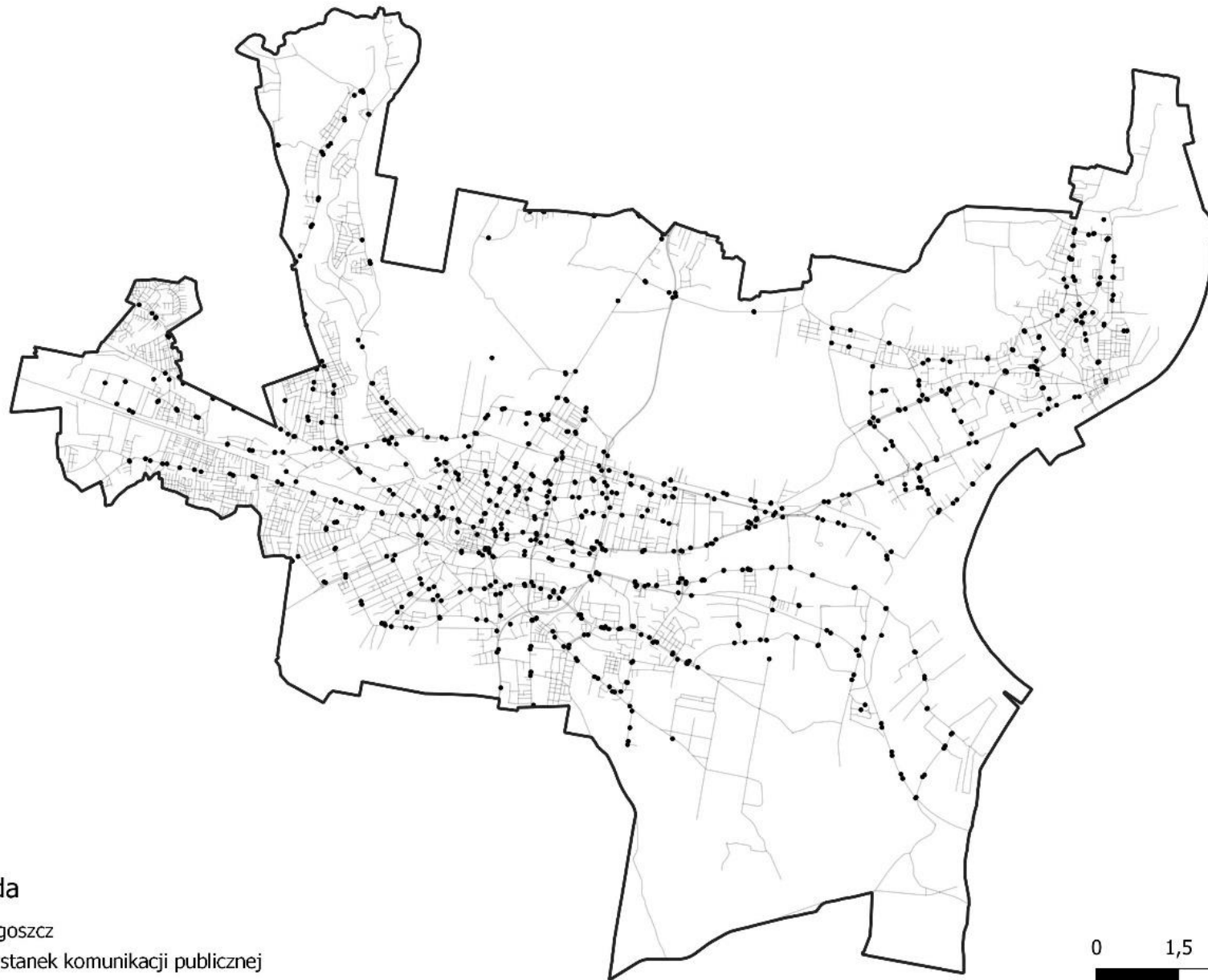
przebiegają przez obecne lub planowane strefy ograniczonego ruchu/ strefy ekologiczne/ strefy czystego powietrza lub przebiega przez historyczny obszar Miasta lub obszar turystyczno-rekreacyjny.

¹⁵ Rekomendacje zgodne z Przewodnikiem dla Jednostek Samorządu Terytorialnego, Przedsiębiorstw Użyteczności Publicznej i Prywatnych Przewoźników „Elektromobilność w transporcie publicznym. Praktyczne aspekty wdrażania”, Polskie Stowarzyszenie Paliw Alternatywnych, Warszawa 2018.



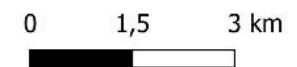
Zgodnie z powyższym w przypadku Miasta Bydgoszcz rekomenduje się wybór linii zgodnie z następującymi kryteriami:

- linia powinna obsługiwać obszar Miasta o największej gęstości zaludnienia obsługując tym samym największe potoki pasażerskie;
- linia powinna stanowić łącznik pomiędzy centrum Miasta (i/lub Zintegrowanym Centrum Przesiadkowym) a najbardziej zaludnionymi osiedlami mieszkaniowymi;
- linia powinna charakteryzować się dużą częstotliwością kursowania i przebiegać wzdłuż najbardziej zatłoczonych ulic.

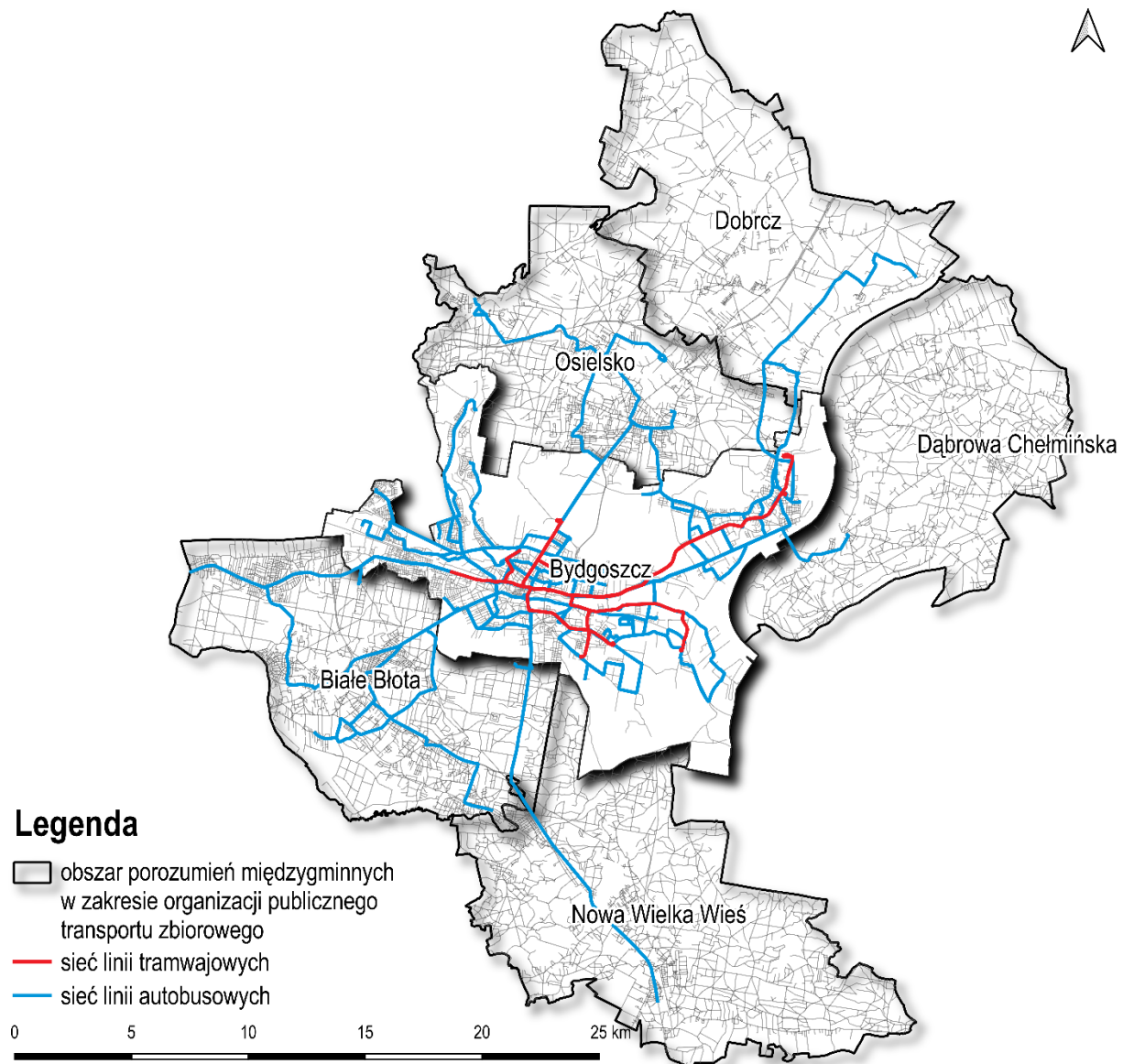


Legenda

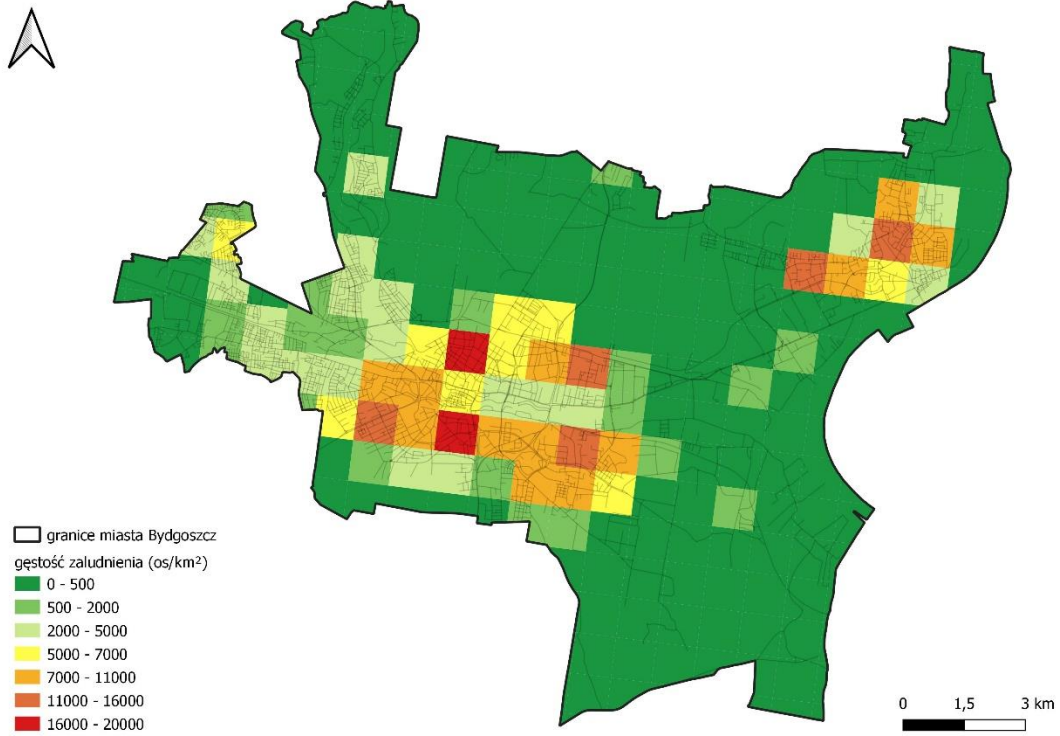
-  Bydgoszcz
-  przystanek komunikacji publicznej



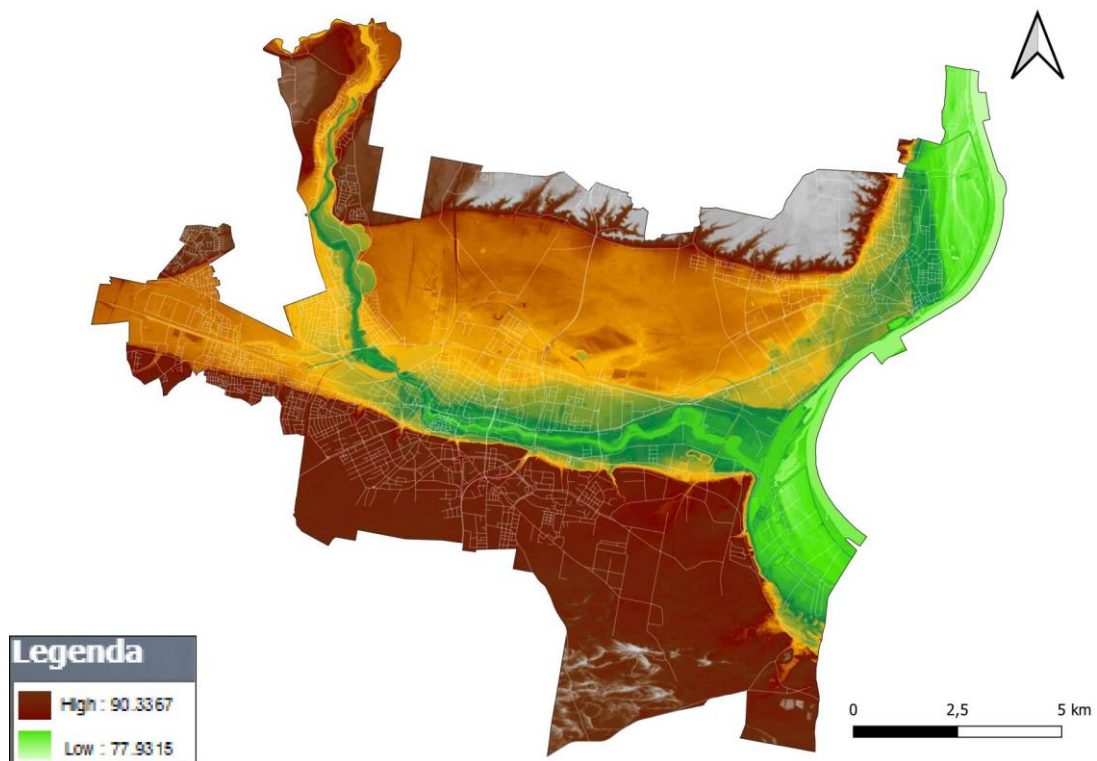
Rysunek 3 Rozmieszczenie przystanków komunikacyjnych na terenie miasta Bydgoszcz
Źródło: opracowanie własne



Rysunek 4 Mapa obecnej sieci komunikacyjnej obsługiwanej przez ZDMiKP
 Źródło: opracowanie własne



Rysunek 5 Gęstość zaludnienia w granicach miasta Bydgoszcz
Źródło: opracowanie własne



Rysunek 6 Model różnic terenu dla miasta Bydgoszcz
Źródło: opracowanie własne



Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych	Linia nr 52
Obsługuje obszary miejskie charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną	Linia 52 przebiega przez ściśle centrum miasta. Łączy takie osiedla jak Błonie, Górzyskowo, Śródmieście, Bielawy oraz Osiedle Leśne.
Charakteryzuje się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru	464 979,80 wzkm planowane w 2021 roku.
Charakteryzuje się dużą gęstością przystanków autobusowych	Linia nr 52 przebiega przez obszar gęstej sieci przystanków autobusowych.
Obsługuje obszar miasta o jak najmniejszych różnicach poziomów terenu;	Linia nr 52 przebiega przez obszar o niewielkich różnicach terenu (Rysunek 6 Model różnic terenu dla miasta Bydgoszcz).
Stanowi element skoordynowanego systemu obsługi terenu śródmieścia wieloma liniami.	Trasa stanowi element skoordynowanego systemu obsługi miasta – przebiega przez obszar Śródmieścia.
Podatna jest na kongestię drogową	Tak. W godzinach szczytu powstają zatory drogowe na ul. Szubińskiej, ul. Wały Jagiellońskie, ul. Bernardyńskiej oraz ul. Józefa Sułkowskiego.
Średnia prędkość komunikacyjna autobusów.	20,4 km/h
Średnia prędkość eksploatacyjna autobusów	14,9 km/h
Średni czas przejazdu.	25 minut
Średnia długość kursu	7,4 km
Liczba brygad	6
Przebieg trasy obejmuje obecne lub planowane strefy ograniczonego ruchu/ strefy ekologiczne/ strefy czystego powietrza lub przebiega przez historyczny obszar Miasta.	Tak. Linia nr 52 przebiega przez centrum miasta.
Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych	Linia nr 54
Obsługuje obszary miejskie charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną	Linia 54 przebiega przez ściśle centrum miasta. Łączy takie osiedla jak Błonie, Okole, Śródmieście, Jachcice oraz Piaski. .
Charakteryzuje się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru	675 931,00 wzkm planowane w 2021 roku
Charakteryzuje się dużą gęstością przystanków autobusowych	Linia nr 54 przebiega przez obszar gęstej sieci przystanków autobusowych.
Obsługuje obszar miasta o jak najmniejszych różnicach poziomów terenu;	Linia nr 52 przebiega przez obszar o niewielkich różnicach terenu (Rysunek 6 Model różnic terenu dla miasta Bydgoszcz).
Stanowi element skoordynowanego systemu obsługi terenu śródmieścia wieloma liniami.	Trasa stanowi element skoordynowanego systemu obsługi miasta – przebiega przez obszar Śródmieścia.
Podatna jest na kongestię drogową	Tak. W godzinach szczytu powstają zatory drogowe na ul. Szubińskiej, ul. Królowej Jadwigi oraz ul. Smukalskiej.
Średnia prędkość komunikacyjna autobusów.	21,6 km/h
Średnia prędkość eksploatacyjna autobusów	16,7 km/h
Średni czas przejazdu.	30 minut
Średnia długość kursu	10,3 km
Liczba brygad	9



Przebieg trasy obejmuje obecne lub planowane strefy ograniczonego ruchu/ strefy ekologiczne/ strefy czystego powietrza lub przebiega przez historyczny obszar Miasta.

Tak. Linia nr 54 przebiega przez centrum miasta.

Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych	Linia nr 57
Obsługuje obszary miejskie charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną	Linia nr 57 przebiega przez centrum miasta. Łączy takie osiedla jak Bocianowo, Bielawy, Śródmieście, Górzyskowo, Błonie.
Charakteryzuje się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru	407 235,60 wzkm planowane w 2021 roku.
Charakteryzuje się dużą gęstością przystanków autobusowych	Linia nr 57 przebiega przez obszar gęstej sieci przystanków autobusowych.
Obsługuje obszar miasta o jak najmniejszych różnicach poziomów terenu;	Linia nr 57 przebiega przez obszar o niewielkich różnicach terenu (Rysunek 6 Model różnic terenu dla miasta Bydgoszcz).
Stanowi element skoordynowanego systemu obsługi terenu śródmieścia wieloma liniami.	Trasa stanowi element skoordynowanego systemu obsługi miasta – przebiega przez obszar Śródmieścia.
Podatna jest na kongestię drogową	Tak. W godzinach szczytu powstają zatory drogowe na ul. Powstańców Warszawy, ul. Józefa Sułkowskiego, ul. Wojska Polskiego, ul. Pięknej.
Średnia prędkość komunikacyjna autobusów.	19,7 km/h
Średnia prędkość eksploatacyjna autobusów	14,1 km/h
Średni czas przejazdu.	37 minut
Średnia długość kursu	12 km
Liczba brygad	5

Przebieg trasy obejmuje obecne lub planowane strefy ograniczonego ruchu/ strefy ekologiczne/ strefy czystego powietrza lub przebiega przez historyczny obszar Miasta.

Tak. Linia nr 57 przebiega przez centrum miasta.

Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych	Linia nr 59
Obsługuje obszary miejskie charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną	Tak, linia przebiega przez ścisłe centrum miasta. Łączy takie osiedla jak Błonie, Śródmieście, Bielawy, Bartodzieje, Kapuściska.
Charakteryzuje się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru	293 512,20 wzkm planowane w 2021 roku.
Charakteryzuje się dużą gęstością przystanków autobusowych	Linia nr 59 przebiega przez obszar gęstej sieci przystanków autobusowych.
Obsługuje obszar miasta o jak najmniejszych różnicach poziomów terenu;	Linia nr 59 przebiega przez obszar o niewielkich różnicach terenu (Rysunek 6 Model różnic terenu dla miasta Bydgoszcz).
Stanowi element skoordynowanego systemu obsługi terenu śródmieścia wieloma liniami.	Trasa stanowi element skoordynowanego systemu obsługi miasta – przebiega przez obszar Śródmieścia.
Podatna jest na kongestię drogową	Tak. W godzinach szczytu powstają zatory drogowe na ul. Szubińskiej, ul. Wały Jagiellońskie, ul. Bernardyńskiej, ul. Marii



	Skłódowskiej Curie, Kazimierza Wielkiego oraz Prezydenta Lecha Kaczyńskiego.
Średnia prędkość komunikacyjna autobusów.	19,9 km/h
Średnia prędkość eksploatacyjna autobusów	15,1 km/h
Średni czas przejazdu.	34 minuty.
Średnia długość kursu	11,1 km
Liczba brygad	4
Przebieg trasy obejmuje obecne lub planowane strefy ograniczonego ruchu/ strefy ekologiczne/ strefy czystego powietrza lub przebiega przez historyczny obszar Miasta.	Tak. Linia nr 59 przebiega przez centrum miasta.

Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych	Linia nr 60
Obsługuje obszary miejskie charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną	Tak, linia przebiega przez ściśle centrum miasta. Łączy takie osiedla jak Błonie, Śródmieście, Bielawy, Bartodzieje.
Charakteryzuje się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru	143 973,40 wzkm planowane w 2021 roku.
Charakteryzuje się dużą gęstością przystanków autobusowych	Linia nr 60 przebiega przez obszar gęstej sieci przystanków autobusowych .
Obsługuje obszar miasta o jak najmniejszych różnicach poziomów terenu;	Linia nr 60 przebiega przez obszar o niewielkich różnicach terenu (Rysunek 6 Model różnic terenu dla miasta Bydgoszcz).
Stanowi element skoordynowanego systemu obsługi terenu śródmieścia wieloma liniami.	Trasa stanowi element skoordynowanego systemu obsługi miasta – przebiega przez obszar Śródmieścia.
Podatna jest na kongestię drogową	Tak. W godzinach szczytu powstają zatory drogowe na ul. Szubińskiej, ul. Wały Jagiellońskie, ul. Bernardyńskiej, ul. Marii Skłodowskiej Curie.
Średnia prędkość komunikacyjna autobusów.	18,6 km/k
Średnia prędkość eksploatacyjna autobusów	12 km/h
Średni czas przejazdu.	27 minut.
Średnia długość kursu	8 km
Liczba brygad	3
Przebieg trasy obejmuje obecne lub planowane strefy ograniczonego ruchu/ strefy ekologiczne/ strefy czystego powietrza lub przebiega przez historyczny obszar Miasta.	Tak. Linia nr 60 przebiega przez centrum miasta.

Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych	Linia nr 61
Obsługuje obszary miejskie charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną	Tak, linia przebiega przez ściśle centrum miasta. Łączy takie osiedla jak Szwederowo, Śródmieście, Okole, Osowa Góra.
Charakteryzuje się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru	496 916,60 wzkm planowane w 2021 roku.
Charakteryzuje się dużą gęstością przystanków autobusowych	Linia nr 61 przebiega przez obszar gęstej sieci przystanków autobusowych
Obsługuje obszar miasta o jak najmniejszych różnicach poziomów terenu;	Linia nr 61 przebiega przez obszar o niewielkich różnicach terenu (Rysunek 6 Model różnic terenu dla miasta Bydgoszcz).



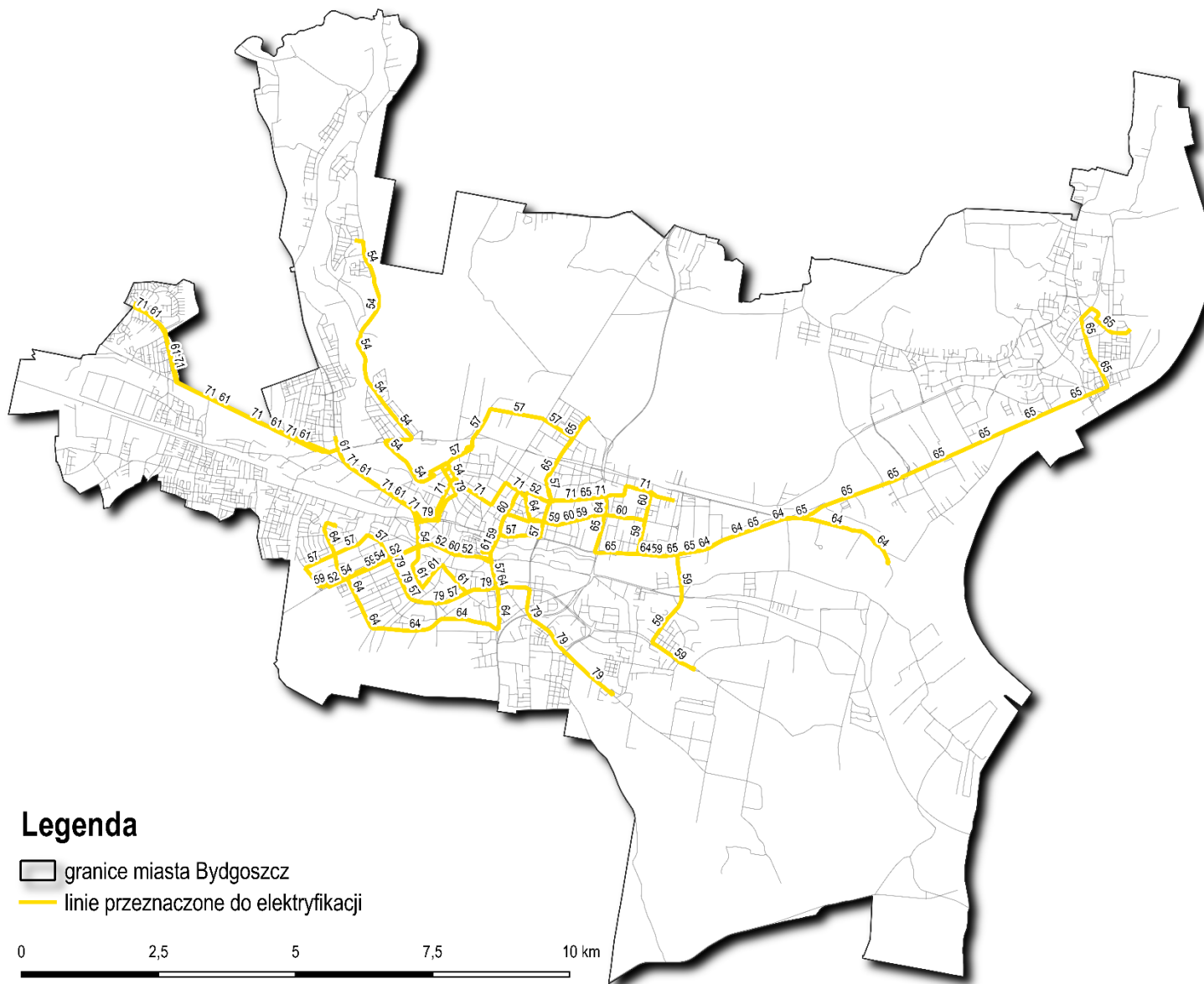
Stanowi element skoordynowanego systemu obsługi terenu śródmieścia wieloma liniami.	Trasa stanowi element skoordynowanego systemu obsługi miasta – przebiega przez obszar Śródmieścia.
Podatna jest na kongestię drogową	Tak. W godzinach szczytu powstają zatory drogowe na ul. Bernardyńskiej, ul. Ludwika Solskiego, ul. Grunwaldzkiej.
Średnia prędkość komunikacyjna autobusów.	19,3 km/h
Średnia prędkość eksploatacyjna autobusów	14,4 km/h
Średni czas przejazdu.	38 minut.
Średnia długość kursu	12 km
Liczba brygad	7
Przebieg trasy obejmuje obecne lub planowane strefy ograniczonego ruchu/ strefy ekologiczne/ strefy czystego powietrza lub przebiega przez historyczny obszar Miasta.	Tak. Linia nr 61 przebiega przez centrum miasta.
Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych	
Linia nr 64	
Obsługuje obszary miejskie charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną	Tak, linia przebiega przez ściśle centrum miasta. Łączy takie osiedla jak Jary-Błonie, Górzyskowo, Wzgórze Wolności, Śródmieście, Bielawy, Bartodzieje, Siemieczek.
Charakteryzuje się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru	715 574,00 planowane w 2021 roku.
Charakteryzuje się dużą gęstością przystanków autobusowych	Linia nr 64 przebiega przez obszar gęstej sieci przystanków autobusowych
Obsługuje obszar miasta o jak najmniejszych różnicach poziomów terenu;	Linia nr 64 przebiega przez obszar o niewielkich różnicach terenu (Rysunek 6 Model różnic terenu dla miasta Bydgoszcz).
Stanowi element skoordynowanego systemu obsługi terenu śródmieścia wieloma liniami.	Trasa stanowi element skoordynowanego systemu obsługi miasta – przebiega przez obszar Śródmieścia.
Podatna jest na kongestię drogową	Tak. W godzinach szczytu powstają zatory drogowe na ul. Szubińskiej, ul. Żwirki i Wigury, ul. Brzozowej, ul. Kujawskiej, al. Powstańców Wielkopolskich, ul. Fordońskiej.
Średnia prędkość komunikacyjna autobusów.	19,7 km/h
Średnia prędkość eksploatacyjna autobusów	15,4 km/h
Średni czas przejazdu.	49 minut.
Średnia długość kursu	15,9 km
Liczba brygad	9
Przebieg trasy obejmuje obecne lub planowane strefy ograniczonego ruchu/ strefy ekologiczne/ strefy czystego powietrza lub przebiega przez historyczny obszar Miasta.	Tak. Linia nr 64 przebiega przez centrum miasta.
Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych	
Linia nr 65	
Obsługuje obszary miejskie charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną	Tak, linia przebiega przez centrum miasta. Łączy takie osiedla jak Leśne, Bielawy, Bartodzieje oraz Stary Fordon.
Charakteryzuje się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru	834 622,80 wzkkm planowane w 2021 roku.



Charakteryzuje się dużą gęstością przystanków autobusowych	Linia nr 65 przebiega przez obszar gęstej sieci przystanków autobusowych
Obsługuje obszar miasta o jak najmniejszych różnicach poziomów terenu;	Linia nr 64 przebiega przez obszar o niewielkich różnicach terenu (Rysunek 6 Model różnic terenu dla miasta Bydgoszcz).
Stanowi element skoordynowanego systemu obsługi terenu śródmieścia wieloma liniami.	Trasa stanowi element skoordynowanego systemu obsługi miasta – przebiega przez obszar Śródmieścia.
Podatna jest na kongestię drogową	Tak. W godzinach szczytu powstają zatory drogowe na ul. Józefa Sułkowskiego, Al. Powstańców Wlkp., ul. Fordońskiej,
Średnia prędkość komunikacyjna autobusów.	23,7 km/h
Średnia prędkość eksploatacyjna autobusów	17,8 km/h
Średni czas przejazdu.	44 minuty
Średnia długość kursu	16,9 km
Liczba brygad	10
Przebieg trasy obejmuje obecne lub planowane strefy ograniczonego ruchu/ strefy ekologiczne/ strefy czystego powietrza lub przebiega przez historyczny obszar Miasta.	Tak. Linia nr 65 przebiega przez centrum miasta.
Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych	
Linia nr 71	
Obsługuje obszary miejskie charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną	Tak, linia 71 przebiega przez centrum miasta. Łączy takie osiedla jak Bartodzieje, Bielawy, Śródmieście, Okole oraz Osowa Góra.
Charakteryzuje się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru	548 270,40 wzkm planowane w 2021 roku.
Charakteryzuje się dużą gęstością przystanków autobusowych	Linia nr 71 przebiega przez obszar gęstej sieci przystanków autobusowych
Obsługuje obszar miasta o jak najmniejszych różnicach poziomów terenu;	Linia nr 71 przebiega przez obszar o niewielkich różnicach terenu (Rysunek 6 Model różnic terenu dla miasta Bydgoszcz).
Stanowi element skoordynowanego systemu obsługi terenu śródmieścia wieloma liniami.	Trasa stanowi element skoordynowanego systemu obsługi miasta – przebiega przez obszar Śródmieścia.
Podatna jest na kongestię drogową	Tak. W godzinach szczytu powstają zatory drogowe na Al. Powstańców Wlkp., ul. Gdańskiej, ul. Królowej Jadwigi, ul. Grunwaldzkiej.
Średnia prędkość komunikacyjna autobusów.	20,4 km/h
Średnia prędkość eksploatacyjna autobusów	15,6 km/h
Średni czas przejazdu.	39 minut
Średnia długość kursu	13,1 km
Liczba brygad	7
Przebieg trasy obejmuje obecne lub planowane strefy ograniczonego ruchu/ strefy ekologiczne/ strefy czystego powietrza lub przebiega przez historyczny obszar Miasta.	Tak. Linia nr 71 przebiega przez centrum miasta.



Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych	Linia nr 79
Obsługuje obszary miejskie charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną	Tak, linie przebiega przez centrum miasta. Łączy takie osiedla jak Bocianowo, Śródmieście, Wilczak, Górzyskowo, Wzgórze Wolności, Wyżyny. Linia łączy również stację kolejową Bydgoszcz Główna ze Śródmieściem oraz osiedlami mieszkaniowymi.
Charakteryzuje się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru	331 131,80 wzkm planowane w 2021 roku.
Charakteryzuje się dużą gęstością przystanków autobusowych	Linia nr 79 przebiega przez obszar gęstej sieci przystanków autobusowych
Obsługuje obszar miasta o jak najmniejszych różnicach poziomów terenu;	Linia nr 79 przebiega przez obszar o niewielkich różnicach terenu (Rysunek 6 Model różnic terenu dla miasta Bydgoszcz).
Stanowi element skoordynowanego systemu obsługi terenu śródmieścia wieloma liniami.	Trasa stanowi element skoordynowanego systemu obsługi miasta – przebiega przez obszar Śródmieścia.
Podatna jest na kongestię drogową	Tak. W godzinach szczytu pojawiają się zatory drogowe na ul. Królowej Jadwigi, ul. Pięknej, ul. Ludwika Solskiego, ul. Glinki.
Średnia prędkość komunikacyjna autobusów.	18,6 km/h
Średnia prędkość eksploatacyjna autobusów	13,7 km/h
Średni czas przejazdu.	29 minut.
Średnia długość kursu	8,7 km
Liczba brygad	4
Przebieg trasy obejmuje obecne lub planowane strefy ograniczonego ruchu/ strefy ekologiczne/ strefy czystego powietrza lub przebiega przez historyczny obszar Miasta.	Tak. Linia nr 79 przebiega przez centrum miasta.



Rysunek 7 Linie przeznaczone do elektryfikacji
Źródło: opracowanie własne



3.2. Analiza opcji inwestycyjnych

Alternatywne warianty realizacji Inwestycji:

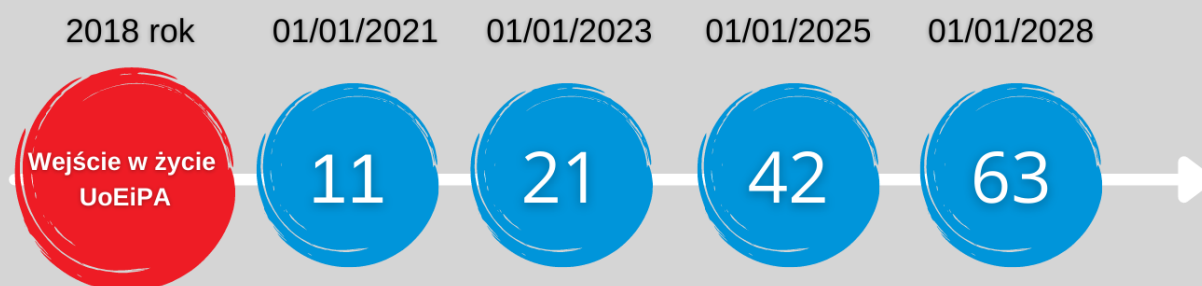
- I. „**Wariant 0**” – wymiana taboru na pojazdy o napędzie konwencjonalnym, spełniające najwyższe normy emisji spalin
- II. „**Wariant 1**”- wprowadzenie do eksploatacji pojazdów o napędzie zeroemisyjnym elektrycznym
 - „**Wariant 1a**” – autobusy elektryczne akumulatorowe w modelu opartym o ładowanie metodą plug-in
 - „**Wariant 1b**” - autobusy elektryczne akumulatorowe w modelu opartym o ładowanie metodą plug-in oraz metodą pantografową
- III. „**Wariant 2**” – wprowadzenie do eksploatacji pojazdów o napędzie zeroemisyjnym wodorowym – autobusy elektryczne z wodorowym ogniwem paliwowym.

Zgodnie z zapisami UoEiPA do 2028 roku podmiot świadczący usługi publicznego transportu zbiorowego będzie posiadał co najmniej 30% autobusów o napędzie zeroemisyjnym w całym eksploatowanym taborze na rzecz danej jednostki samorządu terytorialnego.

W związku z powyższym w mieście Bydgoszcz, zakładając obecny stan taboru który wykorzystywany jest do obsługi linii komunikacyjnych, czyli 207 pojazdów, do 2028 wymagana liczba pojazdów wynosi 63 sztuki.

Obecnie, żaden z operatorów nie wykorzystuje autobusów zeroemisyjnych do obsługi linii komunikacyjnych.

Wymagana liczba pojazdów o napędzie zeroemisyjnym





3.2.1. „Wariant 0”

Tabela 9 Stan taboru dla „Wariant 0” w perspektywie lat 2021 – 2028 dla Miasta Bydgoszcz

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
EURO I	0	0	0	0	0	0	0	0
EURO II	0	0	0	0	0	0	0	0
EURO III	4	0	0	0	0	0	0	0
EURO IV	11	0	0	0	0	0	0	0
EURO V	87	81	46	25	25	25	4	4
EURO VI	105	126	161	182	182	182	203	203
BEV	0	0	0	0	0	0	0	0
FCEV	0	0	0	0	0	0	0	0

Źródło: opracowanie własne

„Wariant 0” jest to tzw. wariant bazowy, który ma charakter wyłącznie porównawczy, stanowiący punkt odniesienia dla wariantów inwestycyjnych. W tym wariantcie zakłada się, że do 2028 roku zostanie przeprowadzona kompleksowa wymiana obecnie używanych autobusów na nowe pojazdy o napędzie konwencjonalnym (silnik zasilany ON).

Na potrzeby niniejszej analizy przyjęto średnią cenę zakupu nowego taboru na poziomie: 1.400.000 PLN (netto) dla autobusu klasy MEGA oraz 1.100.000 PLN (netto) dla autobusu klasy MAXI.

Od 1 stycznia 2023 roku ma zacząć obowiązywać nowa umowa pomiędzy Organizatorem, a Operatorem, której zakres aktualnie realizuje Operator IREX-Trans. We flocie nowego Operatora ma pojawić się 46 pojazdów (plus pojazdy rezerwowe – dla celów obliczeń przyjmuje się w sumie 55 autobusów) spełniających normę emisji spalin EURO 6. Umowa ma obowiązywać do 2031 roku. W związku z tym niniejsza AKK dotyczy wymiany taboru eksploatowanego tylko przez MZK. Zakłada się, że w pierwszej kolejności zostaną wymienione pojazdy, które spełniają niższą normę emisji spalin niż EURO 6 oraz autobusy klasy MEGA z uwagi na większą ilość generowanych produktów ubocznych spalania ON. W 2022 roku należy wymienić 21 autobusów na pojazdy spełniające normę emisji spalin EURO VI. Wymieniane autobusy spełniają normę emisji spalin EURO III, EURO IV oraz EURO V. W 2023 roku we flocie autobusów kursujących w Bydgoszczy pojawi się 35 nowych pojazdów spełniających normę emisji spalin EURO 6, w związku z rozpoczęciem świadczenia usług

przez nowego Operatora zewnętrznego. W 2024 roku należy wymienić 21 pojazdów spełniających normę emisji spalin EURO V. Ostatnim etapem w „Wariant 0” będzie wymiana pojazdów w 2027 roku. Zgodnie z powyższą tabelą, w tym roku zostanie poddane wymianie również 21 sztuk pojazdów. **Zgodnie z powyższym w 2027 roku po ostatniej wymianie pojazdów we flocie powinny być 4 pojazdy spełniające normę emisji spalin EURO 5 oraz 203 pojazdy spełniające EURO 6.** Istotnym jest fakt, że powyższa analiza zachowuje stały poziom liczby pojazdów, czyli 207 sztuk.



Zaletą wdrożenia Wariantu „0” jest ograniczenie kosztów inwestycyjnych, z uwagi na fakt, że zakup autobusu z napędem elektrycznym jest 1,8 do 2 razy wyższy niż zakup autobusu o napędzie konwencjonalnym, a zakup autobusu wodorowego jest ponad 3 razy wyższy niż zakup autobusu spalinowego. Wariant „0” pozwala również uniknąć kosztów zakupu infrastruktury do ładowania/ tankowania pojazdów zeroemisyjnych. Dodatkową zaletą jest fakt, iż w zakresie zaopatrzenia pojazdów w olej napędowy nowo zakupione pojazdy wykorzystywałyby istniejącą infrastrukturę.



Negatywnymi aspektami wyboru Wariantu „0” są przede wszystkim szkody w środowisku naturalnym w postaci zanieczyszczenia powietrza tzn. emisji produktów spalania oleju napędowego, czyli głównie tlenku węgla, węglowodorów, tlenków azotu oraz cząstek stałych PM. Zaniechanie planów inwestycyjnych polegających na realizacji zakupów pojazdów zeroemisyjnych spowoduje spadek jakości życia mieszkańców ulic na których poruszają się pojazdy z napędem konwencjonalnym, z uwagi na zwiększony hałas i drgania emitowane przez silnik spalinowy oraz zanieczyszczenie powietrza. Należy wziąć pod uwagę, że wymiana pojazdów na pojazdy spełniające wyższe normy emisji spalin zgodnie z Wariantem „0” jedynie zmniejszy szkodliwą emisję, lecz jej całkowicie nie wyeliminuje.



3.2.2. „Wariant 1”

Tabela 10 Stan taboru dla „Wariant 1” w perspektywie lat 2021 – 2028 dla Miasta Bydgoszcz

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
EURO I	0	0	0	0	0	0	0	0
EURO II	0	0	0	0	0	0	0	0
EURO III	4	0	0	0	0	0	0	0
EURO IV	11	0	0	0	0	0	0	0
EURO V	87	81	46	25	25	25	4	4
EURO VI	105	105	140	140	140	140	140	140
BEV	0	21	21	42	42	42	63	63
FCEV	0	0	0	0	0	0	0	0

Źródło: opracowanie własne

„Wariant 1” zakłada inwestycje w pojazdy zeroemisyjne – bateryjne pojazdy elektryczne. Zgodnie z zapisami w UoEiPA, uwzględniając stały poziom taboru wynoszący 207 pojazdów, ilość autobusów elektrycznych od 1 stycznia 2028 roku powinna wynosić 63 sztuki.

Na potrzeby niniejszej analizy przyjęto średnią cenę zakupu nowego taboru na poziomie: 2.500.000 PLN (netto) dla autobusu klasy MEGA oraz 2.200.000 PLN (netto) dla autobusu klasy MAXI.

Wariant „1” obejmuje zakup oraz eksploatację autobusów zeroemisyjnych napędzanych energią elektryczną wraz z infrastrukturą do ładowania pojazdów. Na rynku oferowane są autobusy klasy MINI, MAXI oraz MEGA, z różnymi pojemnościami baterii w zależności od potrzeb zamawiającego.

Od 1 stycznia 2023 roku ma zacząć obowiązywać nowa umowa pomiędzy Organizatorem, a Operatorem, której zakres aktualnie realizuje Operator IREX-Trans. We flocie nowego Operatora ma pojawić się 46 pojazdów (plus pojazdy rezerwowe dla celów obliczeń przyjmuje się w sumie 55 pojazdów) spełniające normę emisji spalin EURO 6. Umowa ma obowiązywać do 2031 roku. W związku z tym niniejsza AKK dotyczy taboru eksploatowanego tylko przez MZK. Zakłada się, że w pierwszej kolejności zostaną wymienione pojazdy, które spełniają niższą normę emisji spalin niż EURO 6 oraz autobusy klasy MEGA z uwagi na większą ilość generowanych produktów ubocznych spalania ON. W 2022 roku należy wymienić 21 autobusów z napędem konwencjonalnym na autobusy z napędem

elektrycznym. Wymieniane autobusy spełniają normę emisji spalin EURO III, EURO IV oraz EURO V. W związku z rozpoczęciem świadczenia usług przez nowego Operatora zewnętrznego w 2023 roku pojawi się 35 nowych pojazdów spełniających normę EURO 6. W 2024 roku należy wymienić 21 pojazdów i w ich miejsce zakupić pojazdy z napędem elektrycznym. Ostatnim etapem w „Wariant 1” będzie wymiana pojazdów w 2027 roku. Zgodnie z powyższą tabelą, w tym roku zostanie poddane wymianie również 21 sztuk pojazdów.

„Wariant 1a” zakłada zakup i montaż 32 stacjonarnych ładowarek dwustanowiskowych typu plug-in na terenie zajezdni Operatora. Ładowarki powinny posiadać złącze Combo-2 oraz zdolność ładowania mocą 100-120 kW (2x50/60kW). Wariant ten zakłada ładowanie pojazdów jedynie na zajezdni do 90% pojemności baterii. Czas ładowania baterii trakcyjnych autobusów elektrycznych prądem o mocy ładowania 50 kW wynosić będzie nie więcej niż 4 godz., natomiast czas ładowania baterii trakcyjnych autobusów elektrycznych prądem o mocy ładowania 100 kW wynosić będzie niespełna 2 godz.

Koszt zaplanowanej infrastruktury to około 240 000 PLN za jedną dwustanowiskową ładowarkę o mocy 100/120 kW.

„Wariant 1b” zakłada zakup oraz montaż zarówno ładowarek typu plug-in oraz pantografowych zlokalizowanych na wybranych pętlach autobusowych.



Do elektryfikacji wyznaczono linie nr, 52, 54, 57, 59, 60, 61, 64, 65, 71 oraz 79. Dla wyżej wymienionych linii proponuje się następujące lokalizacje ładowarek:



dla linii nr **54, 57, 59** sugeruje się budowę **3 ładowarek** pantografowych na pętli **Błonie**;



dla linii nr **61** sugeruje się budowę **1 ładowarki** pantografowej na **Placu Kościelskich**;



dla linii nr **64** sugeruje się budowę **1 ładowarki pantografowej** na pętli **Przemysłowa**;



dla linii nr **57, 79** sugeruje się budowę **2 ładowarek pantografowych** na pętli **Rycerska**. Dla linii nr 57 zaplanowano również ładowarkę na pętli Błonie, jednak nie stoi to na przeszkodzie aby autobusy obsługujące brygady linii ładowały akumulatory na różnych pętlach, tym bardziej, że na pętli Błonie ładować będą się autobusy 4 linii, łącznie zaplanowano 18 brygad dla tych linii;



dla linii nr **60 i 71** sugeruje się budowę **2 ładowarek** pantografowych na pętli **Morska**.



dla linii nr **52 i 65** sugeruje się budowę **2 ładowarek** pantografowych na pętli **Dworzec Leśne**.

W wyżej wymienionych lokalizacjach powinny być zainstalowane ładowarki o mocy **wyjściowej 400 kW**, gwarantuje to szybkie ładowanie pomiędzy kursami.

Koszt ładowarki pantografowej 400 kW to około 750 000 PLN netto.

Dodatkowo należy wyposażyć zajezdnię autobusową w ładowarki typu plug-in, ze względu na montaż urządzeń na pętlach o wysokiej mocy ładowania, w zajezdni nie ma potrzeby instalowania jednej ładowarki dla jednego pojazdu. Zakłada się, że 11 pojazdów będzie mogło nie ładować się poprzez gniazdo plug-in z uwagi na fakt, że zawsze będzie dostępne ładowanie na pętlach autobusowych pomiędzy kursami lub po zakończeniu kursów. W związku z powyższym na terenie zajezdni proponuje się instalacje 26 ładowarek

dwustanowiskowych (posiadających złącze Combo-2 oraz zdolność ładowania mocą 100-120 kW (2x50/60kW). **Koszt zaplanowanej infrastruktury to około 240 000 PLN za jedną dwustanowiskową ładowarkę o mocy 100 kW.**

Należy mieć na uwadze, że wprowadzenie do eksploatacji autobusów elektrycznych może wpłynąć na rozkład jazdy dla danej linii. W związku z możliwym wydłużeniem postoju na pętlach potrzebnych do ładowania akumulatorów koniecznym może być zwiększenie liczby brygad dla danej linii aby utrzymać obecną częstotliwość. W poniższej tabeli przedstawiono liczbę taboru zeroemisyjnego przy uwzględnieniu stosunku 1:1,25 (interoperacyjności) co oznacza, że aktualna liczba autobusów z napędem konwencjonalnym, niezbędna do obsługi linii komunikacyjnych musi być większa o 0,25. Przyjmuje się, że stosunek 1:1,25 to realne zapotrzebowanie na tabor żeby obsłużyć obecne linie komunikacyjne w Bydgoszczy oraz utrzymać obecny takt rozkładu jazdy.

Tabela 11 Minimalna liczba pojazdów zeroemisyjnych przy uwzględnieniu stosunku 1:1,25 (interoperacyjności)

Lata	Liczba taboru uwzględniająca interoperacyjność	Liczba taboru zgodna z UoEiPA
2023	27	21
2025	53	42
2028	79	63

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych ZDMiKP



Podstawową zaletą wyboru Wariantu „1” jest znaczne ograniczenie wpływu funkcjonowania transportu publicznego na środowisko. Brak emisji lokalnej w miejscu eksploatacji oraz zmniejszenie poziomu hałasu i drgań wpływa bezpośrednio na jakość życia mieszkańców w miejscu użytkowania pojazdów. Należy też wziąć pod uwagę trend zwiększenia udziału w miksie energetycznym Odnawialnych Źródeł Energii. Zgodnie z „Krajowym planem na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030” udział OZE w miksie energetycznym ma się zwiększać, zgodnie z poniższą listą:

- 2022 r.: 16,4%;
- 2025 r.: 18,4%;
- 2027 r.: 20,2%.

Dzięki tym działaniom inwestowanie w autobusy elektryczne staje się jeszcze bardziej zasadne z uwagi na redukcję zanieczyszczeń nie tylko lokalnie, ale także globalnie. Wspomnieć należy również o licznych konkursach na dofinansowanie zakupu pojazdów zeroemisyjnych organizowanych przez różne jednostki z których mogą korzystać samorzady. Dzięki takim działaniom cena za pojazd elektryczny może być wkrótce mniejsza niż zakup pojazdu z silnikiem spalinowym.



Główną wadą dla Wariantu „1” jest ograniczony zasięg autobusu elektrycznego, który jest zależny od wielu czynników, takich jak: warunki atmosferyczne, pochylenie terenu, ilość pasażerów czy stopień zużycia baterii. Dodatkowo cena autobusu elektrycznego jest ok. 1,8 razy większa dla pojazdu MEGA oraz 2 razy większa dla pojazdu MAXI względem zakupu pojazdu z napędem konwencjonalnym. Ponadto w przypadku realizacji Wariantu „1” konieczne jest poniesienie zdecydowanie wyższych kosztów inwestycyjnych w infrastrukturę ładującą, w porównaniu do Wariantu „0”.



3.2.3. „Wariant 2”

Tabela 12 Stan taboru dla „Wariant 2” w perspektywie lat 2021 – 2028 dla Miasta Bydgoszcz

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
EURO I	0	0	0	0	0	0	0	0
EURO II	0	0	0	0	0	0	0	0
EURO III	4	0	0	0	0	0	0	0
EURO IV	11	0	0	0	0	0	0	0
EURO V	87	81	46	25	25	25	4	4
EURO VI	105	105	140	140	140	140	140	140
BEV	0	0	0	0	0	0	0	0
FCEV	0	21	21	42	42	42	63	63

Źródło: opracowanie własne

Wariant „2” zakłada zakup pojazdów napędzanych energią elektryczną pochodzącą z ogniwa paliwowego. Ogniwo paliwowe, zasilane wodorem (H₂), produkuje energię elektryczną wytwarzaną podczas jazdy. Autobusy wodorowe, podobnie jak pojazdy BEV, wyposażone są w baterie, jednak znacznie mniejsze oraz lżejsze z uwagi na fakt, że nie ma potrzeby gromadzenia energii elektrycznej na pokładzie pojazdu z uwagi na ogniwo paliwowe wytwarzające energię.

Na potrzeby niniejszej analizy przyjęto średnią cenę zakupu taboru na poziomie: 4.100.000 PLN (netto) dla autobusu klasy MEGA oraz 3.200.000 PLN (netto) dla autobusu klasy MAXI.

Od 1 stycznia 2023 roku ma zacząć obowiązywać nowa umowa pomiędzy Organizatorem, a Operatorem, której zakres aktualnie realizuje Operator IREX-Trans. We flocie nowego Operatora ma pojawić się 46 pojazdów (plus pojazdy rezerwowe dla celów obliczeń przyjmuje się w sumie 55 autobusów) spełniające normę emisji spalin EURO 6. Umowa ma obowiązywać do 2031 roku. W związku z tym niniejsza AKK dotyczy wymiany taboru eksploatowanego tylko przez MZK. Zakłada się, że w pierwszej kolejności zostaną wymienione pojazdy, które spełniają niższą normę emisji spalin niż EURO 6 oraz autobusy klasy MEGA z uwagi na większą ilość generowanych produktów ubocznych spalania ON. W 2022 roku należy wymienić 21 autobusów z napędem konwencjonalnym na autobusy z ogniwem paliwowym.

Wymieniane autobusy spełniają normę emisji spalin EURO III, EURO IV oraz EURO V. W związku z rozpoczęciem świadczenia usług przez nowego Operatora zewnętrznego w 2023 roku pojawi się 35 nowych pojazdów spełniających normę EURO 6. W 2024 roku należy wymienić 21 pojazdów i w ich miejsce zakupić pojazdy z ogniwem paliwowym. Ostatnim etapem w „Wariant 2” będzie wymiana pojazdów w 2027 roku. Zgodnie z powyższą tabelą, w tym roku zostanie poddane wymianie również 21 sztuk pojazdów.



Zaletą Wariantu „2” jest przede wszystkim podobny zasięg pojazdów wodorowych do zasięgu pojazdów z napędem konwencjonalny – na jednym pełnym zatankowaniu trwającym niespełna 10 minut, autobusy wodorowe, przy zachowaniu walorów ekologicznych, są w stanie pokonać do 400 km¹⁶. Zgodnie z danymi przekazanymi przez przewoźników eksploatujących pojazdy z ogniwem paliwowym na 100 km zużywane jest około 8 kg wodoru. Przy uwzględnieniu, że pojemność butli z wodorem wynosi 34 kg oznacza to, że pojazd może przejechać nawet 400 km na jednym tankowaniu¹⁷. Cena za jeden

¹⁶ Przebieg autobusów wodorowych zależy od natężenia ruchu na trasie przejazdu.

¹⁷ <http://gashd.eu/2020/10/02/ile-wodoru-na-100-kilometrow-potrzuje-autobus-w-wuppertal/> [dostęp 17.09.2021 r.].



kilogram wodoru to około 3,80 EUR (17,17 PLN)¹⁸, co oznacza, że przejechanie 100 km autobusem z napędem wodorowym kosztuje ok. 135 PLN, gdzie przejechanie tego samego odcinka drogi autobusem o napędzie konwencjonalnym to koszt około 170 PLN¹⁹. Jednakże należy mieć na uwadze, iż koszt zakupu samego autobusu wodorowego to kwota około 4,15 mln PLN. Istotnie ważny jest również fakt, że autobusy wodorowe mają nieznaczny lokalny wpływ na środowisko, co w kontekście taboru i usług komunikacji miejskiej ma ogromne znaczenie - w cyklu eksploatacji, szacowanej na około 12 lat, zastąpienie jednego autobusu miejskiego z silnikiem Diesla na pojazd z napędem wodorowym, może zapobiec emisji 800 ton dwutlenku węgla do atmosfery. Emisja NOx również jest znikoma²⁰. Ponadto, silniki autobusów na wodór są cichsze od tradycyjnych napędów (autobus wodorowy w ruchu emituje hałas 69 dB., natomiast autobus spalinowy 77db)²¹. Uważa się, że autobusy elektryczne z ogniwami paliwowymi są jedynym bezpośrednim, bez emisyjnym zamiennikiem autobusów z silnikiem Diesla i CNG w stosunku 1:1.

stacji tankowania wodoru szacują się na poziomie 10 mln zł.



Podstawową wadą Wariantu „2” jest bez wątpienia cena autobusu z napędem wodorowym, która może być nawet 3 razy większa niż cena autobusu z napędem konwencjonalnym. Bez pozyskania środków zewnętrznych, w postaci dofinansowania do pojazdów, zakup takich autobusów może okazać się nieosiągalny. Dodatkową wadą tej technologii jest również brak stacji ładowania wodoru w Polsce i konieczność budowy niezwykle kosztownej²² scentralizowanej stacji tankowania wodoru (HRS), która umiejscowiona mogłaby być na przykład na terenie zajezdni autobusowej Operatora. Wartość nakładów na budowę

¹⁸ <http://gashd.eu/wodor-h2/> [dostęp 17.09.2021 r.].

¹⁹ Powyższe dane przedstawione są dla autobusu klasy MAXI.

²⁰ TOR Zespół Doradców Gospodarczych, Transport kluczem do rozwoju technologii wodorowych w Polsce.

²¹ Obserwatorium Rynku Paliw Alternatywnych, PKN Orlen wybuduje gub wodorowy we Włocławku, www.orpa.pl, TOR Zespół Doradców Gospodarczych, Transport kluczem do rozwoju technologii wodorowych w Polsce

²² Łotewska Ryga za budowę dużej stacji tankowania, mogącej obsługiwać 20 pojazdową flotę autobusów i pojazdy prywatne, zapłaciła 4,5 mln euro (źródło: <https://skaties.lv/zinas/latvija/rigas-satiksme-teres-18-miljonus-lai-nopirkto-jaunus-udenraza-autobusus-un-trolejbusus>).



Tabela 13 Podział planowanych do zakupu autobusów ze względu na klasę pojazdu dla Operatora MZK

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
MAXI	0	0	0	2	0	0	18	0
MEGA	0	21	0	19	0	0	3	0

Źródło: opracowanie własne

Powyższa tabela przedstawia ilość koniecznych do zakupu autobusów z podziałem na klasę w kolejnych latach. Tabela dotyczy „Wariantu 0”, „Wariantu 1” oraz „Wariantu 2” niezależnie od wyniku analizy i decyzji, który wariant zostanie realizowany, liczba kupowanych autobusów będzie taka sama. **Należy mieć na uwadze, że powyższe rozważania dotyczą minimalnej wymaganej liczby pojazdów zeroemisyjnych zgodnie z UoEiPA.** Możliwym jest, że w celu utrzymania

obecnego rozkładu jazdy oraz częstotliwości linii autobusowych wymagana będzie większa liczba pojazdów do obsługi linii komunikacyjnych. W poniższej tabeli przedstawiono plan zakupowy MZK na nadchodzące lata, który przewiduje zakup pojazdów zeroemisyjnych w latach 2023-2025 pod warunkiem uzyskania zewnętrznego dofinansowania .

Tabela 14 Planowane zakupy nowych autobusów przez MZK

	MEGA	MAXI	MIDI	Razem
2021	-	-	-	-
2022	12	-	-	12
2023	11	-	-	11
2024	10	2	-	12
2025	4	8	-	12
2026	6	6	-	12
2027	8	2	2	12

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych od MZK



3.3. Porównanie alternatywnych wariantów inwestycyjnych – analiza korzyści dla użytkownika

Wariant „1” oraz Wariant „2” zakładają zakup oraz eksploatację nowego taboru zeroemisyjnego z napędem elektrycznym zasilanym z baterii lub z ogniwa paliwowego, który zastąpi pojazdy z napędem konwencjonalnym. Pojazdy konwencjonalne, aktualnie użytkowane przez Operatora z czasem będą wymagać coraz to większych nakładów finansowych na utrzymanie oraz naprawy, a gotowość pojazdów do

wykonywania zadań przewozowych również rokrocznie będzie się zmniejszać. Zamiana pojazdów z napędem konwencjonalnym na pojazdy zeroemisyjne przyczyni się w dużej mierze do poprawy czynników ekologicznych.

Czynniki ekologiczne, które ulegną znacznemu polepszeniu po zakupie pojazdów zeroemisyjnych to:



lepsza jakość powietrza



poprawa zdrowia mieszkańców



redukcję negatywnego wpływu komunikacji autobusowej na zmiany klimatyczne



zmniejszenie poziomu hałasu

Powyższe korzyści z pewnością mogą wpłynąć na jakość życia mieszkańców. Trzeba mieć jednak na uwadze, że są to bardzo kosztowne inwestycje zarówno w przypadku inwestycji w bateryjne pojazdy elektryczne jak i w autobusy z ogniwem paliwowym. Dodatkowym wydatkiem inwestycyjnym będzie zakup odpowiedniej infrastruktury, zarówno ładowarek do pojazdów elektrycznych jak i stacji tankowania wodoru.

Wariant „0” zakłada systematyczną wymianę pojazdów na autobusy z silnikiem spalinowym napędzanym ON, spełniającym rygorystyczną normę emisji spalin EURO 6. Ten wariant jest zdecydowanie najtańszym rozwiązaniem w związku ze stosunkowo niską ceną jednostkową autobusu. W stosunku do pojazdów zeroemisyjnych, nie wymaga on również inwestycji w infrastrukturę. Jednakże Wariant „0” w stosunku do wariantu „1” oraz „2” niesie ze sobą ryzyko pogarszania się jakości powietrza w Mieście w związku z emisją spalin pochodzącą ze spalania ON w silnikach autobusowych. Koszt eksploatacji autobusów z Wariantu „0” będzie również większy z uwagi na bardziej skomplikowaną budowę silnika spalinowego względem elektrycznego, co może przyczynić się do większej

ilości awarii. Nie bez znaczenia pozostaje również fakt, że autobusy zeroemisyjne nie wymagają tak dużej obsługi w stosunku do pojazdów napędzanych ON, m. in. ze względu na brak wykorzystania olejów smarujących w silniku lub mniejszą ilość stosowanych substancji smarujących w pojeździe.

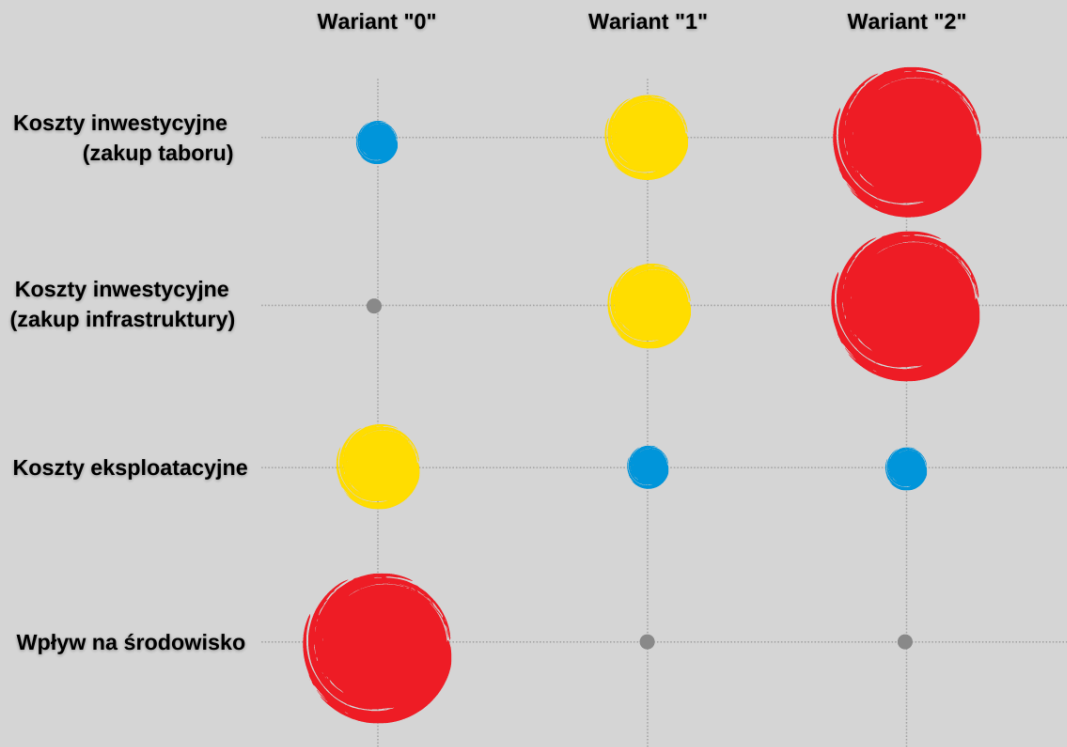
Porównując wszystkie zaprezentowane warianty ze sobą można zauważyć, że wprowadzenie Wariantu „1” lub Wariantu „2” pozytywnie wpłynie na środowisko naturalne, a zaniechanie wdrożenia Wariantu „1” lub Wariantu „2” będzie skutkowało corocznym pogarszaniem się stanu powietrza.

Rozważając wdrożenie Wariantu „1” lub Wariantu „2” należy stwierdzić, że autobusy zasilane energią elektryczną, wytwarzaną podczas jazdy w ogniwie paliwowym zasilanym wodorem (H₂), mają przewagę nad baterijnymi pojazdami elektrycznymi ze względu na zdecydowanie większy zasięg i krótki czas ładowania, porównywalny do czasu tankowania pojazdów o napędzie konwencjonalnym. Jednakże obecnie koszty produkcji i zakupu pojazdów wodorowych są zbyt wysokie i bez odpowiedniego dofinansowania ich zakup dla wielu jednostek



samorządowych jest niemożliwy. Podobnie kwestia wygląda z infrastrukturą, gdzie koszt budowy stacji tankowania wodoru kilkukrotnie przewyższa koszt budowy stacji paliw lub koszt zakupu ładowarek dla BEV. Można spodziewać się, iż wraz z rozwojem rynku motoryzacyjnego koszty stacji tankowania wodoru będą maleć, a zatem autobusy wodorowe będą stanowiły z czasem realną konkurencję dla bateryjnych autobusów elektrycznych, zważywszy również na fakt, iż sieć

energetyczna w Polsce jest coraz bardziej obciążona, a zatem koszty infrastruktury pojazdów elektrycznych mogą z czasem wzrastać. Dodatkowym i kosztownym aspektem w przypadku pojazdów napędzanych wodorem jest konieczność zapewnienia odpowiedniego szkolenia dla kierowców, zarówno w zakresie działania pojazdów, jak i w zakresie obsługi technicznej i zapewnienia bezpieczeństwa.



Rysunek 8 Porównanie wariantów inwestycyjnych
Źródło: opracowanie własne

Odnosząc się do powyższego rysunku można zauważyć, że aspekty środowiskowe zdecydowanie przeważają na korzyść Wariantu „1” oraz Wariantu „2”, a co za tym idzie Inwestycja w pojazdy zeroemisyjne zdecydowanie pozytywnie wpłynie na jakość powietrza.

Koszty eksploatacyjne również w przypadku ww. wariantów są niższe niż w przypadku Wariantu „0” jednak w porównaniu do kosztów inwestycyjnych, dotyczących zarówno taboru jak i infrastruktury, sytuacja ulega zmianie. Wariant „0” jest wariantem najbardziej opłacalnym biorąc pod uwagę powyższe koszty. Wariant „2” generuje największe koszty inwestycyjne z uwagi na wykorzystanie technologii wodorowej, która jest dopiero rozwijana.

Najkorzystniejszym wariantem wydaje się zatem Wariant „1”, który przy średnich kosztach zakupu pojazdów oraz infrastruktury potrzebnej do ich obsługi pozwoli na uzyskanie bardzo dobrych efektów ekologicznych oraz względnie niskich kosztów eksploatacyjnych.



4. Wyniki

4.1. Analiza finansowo-ekonomiczna

Analizę przedstawiono w modelu różnicowym, tj. zakładającym zmiany poszczególnych parametrów Inwestycji (wartości nakładów inwestycyjnych, kosztów bieżącego funkcjonowania taboru) wskazując efekty przyrostowe danych wariantów w perspektywie 10 lat rozumianego jako ekonomiczny cykl życia projektu (Inwestycji).

Analiza kosztów i korzyści została opracowana w odniesieniu do floty pojazdów wykorzystywanych do realizacji zadań publicznego transportu zbiorowego przez Operatorów na obszarze, gdzie organizatorem jest Miasto Bydgoszcz.

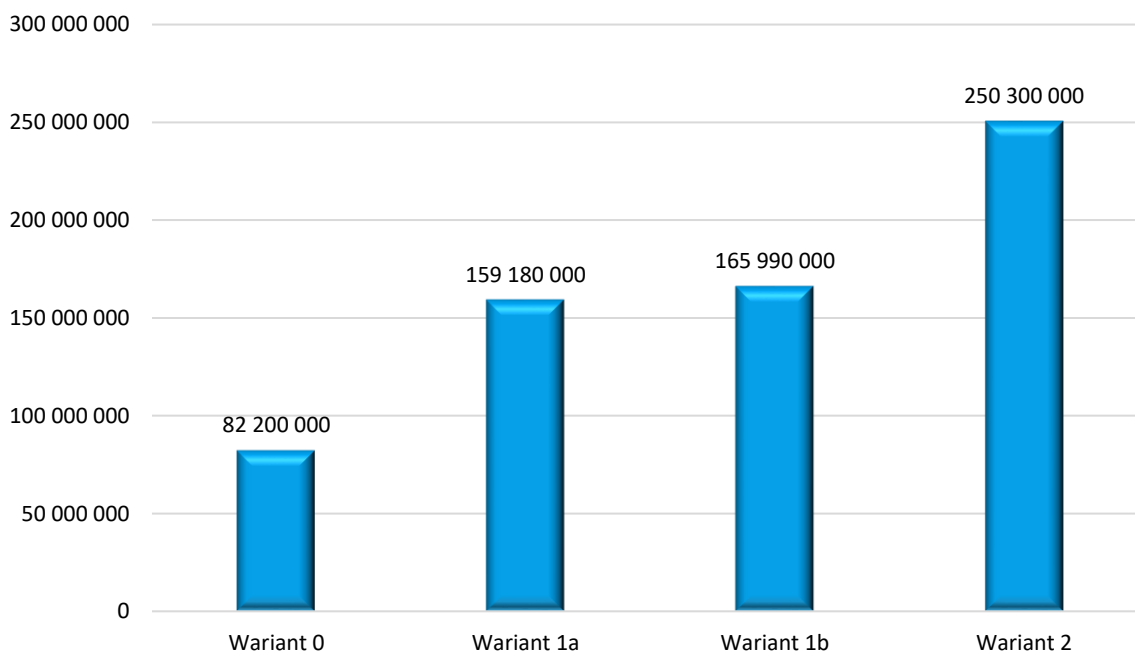
W ramach przedmiotowej analizy rozważane są trzy rodzaje Inwestycji, z tego:

- **Wariant „0”**: wymiana taboru na nowy o napędzie konwencjonalnym.
- **Wariant „1a”**: wymiana taboru na nowy o napędzie elektrycznym wraz ze stacją ładowania typu plug – in.

- **Wariant „1b”**: wymiana taboru na nowy o napędzie elektrycznym wraz ze stacją ładowania typu plug-in oraz pantografem.
- **Wariant „2”**: wymiana taboru na nowy o napędzie wodorowym wraz ze stacją tankowania.

Założenia ekonomiczno-finansowe wykorzystane w Analizie pozyskano ze źródeł ogólnodostępnych oraz danych udostępnionych przez Operatorów.

Analiza została przeprowadzona w cenach stałych z pominięciem podatku od towarów i usług VAT (netto), a wszystkie wartości wynikowe wskazano w pełnych złotych (PLN). Wartość nakładów inwestycyjnych dot. zakupu taboru autobusowego ze względu na przedmiot poszczególnych wariantów poddanym ocenie, kształtują się następująco, tj.:



Wykres 17 Wartość nakładów inwestycyjnych dla Wariantu „0”, „1a”, „1b” i „2” [PLN]
Źródło: opracowanie własne.



Wariantowość realizacji Inwestycji ze względu na odmienny rodzaj taboru niesie za sobą różnicowane wydatki dotyczące bieżącego utrzymania i eksploatacji pojazdów, do których zaliczono: koszty paliwa, energii elektrycznej, bieżących napraw i przeglądów technicznych, jak również koszt wymiany baterii dla taboru o napędzie elektrycznym.

W celu oszacowania wymiernych kosztów i korzyści realizacji poszczególnych wariantów Inwestycji poddano analizie koszty eksploatacyjne taboru ze względu na rodzaj napędu oraz wielkość pojazdów.

Poniżej zaprezentowano zestawienie kosztów operacyjnych związanych z utrzymaniem i eksploatacją danego rodzaju taboru w ujęciu średniorocznym realizacji Inwestycji w przeliczeniu na 1 autobus, tj.:

Tabela 15 Zestawienie średniorocznych kosztów utrzymania taboru PLN]

Wyszczególnienie	ON	EV	FCEV
Autobus - MEGA	431 245	506 174	732 839
Amortyzacja	280 000	350 000	574 000
Zużycie paliwa/energii	145 218	89 792	153 425
Naprawy i przeglądy	6 027	3 882	5 414
Pozostałe (koszt wymiany baterii*)	0	62 500	0
Autobus - MAXI	328 881	424 267	551 094
Amortyzacja	220 000	308 000	448 000
Zużycie paliwa/energii	103 424	57 467	98 192
Naprawy i przeglądy	5 457	3 800	4 902
Pozostałe (koszt wymiany baterii*)	0	55 000	0

* przyjęto 1/8 kosztu wymiany baterii

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MZK

Z uwagi na wariantowość realizacji Inwestycji w tabor zeroemisyjny o napędzie elektrycznym (Wariant „1a” i „1b”) za jedyną zmienną uznano wydatki inwestycyjne, obejmujące dodatkowe wyposażenie systemu ładowania pojazdów poprzez pantografy, natomiast pozostałe wydatki, koszty oraz korzyści przyjęto na analogicznym poziomie w obu podwariantach.

Należy przy tym wskazać, że przyjęte w Analizie wydatki eksploatacyjne uwzględniają w odpowiedniej proporcji zmiany wynikające z realizacji pracy przewozowej wyrażonej w wozokilometrach dla taboru zeroemisyjnego poszczególnych wariantów, w wymiarze odpowiadającym ich wymianę w związku z realizacją Inwestycji.

W wyniku przeprowadzonego szacowania ilość wozokilometrów dla floty pojazdów obsługujących publiczny transport zbiorowy na terenie m. Bydgoszcz, przy wymianie 63 szt. autobusów w ramach etapowej realizacji Inwestycji wynosi łącznie 4.503.569 wzkm rocznie.

Poziom planowanych wydatków eksploatacyjnych w poszczególnych latach objętych przedmiotową Analizą w podziale na poszczególne warianty realizacji Inwestycji, kształtują się następująco, tj.:



Tabela 16 Wartość wydatków eksploatacyjnych Inwestycji dla Wariantu „0”, „1”, i 2” w latach 2022-2025 [PLN]

Wyszczególnienie	2022	2023	2024	2025
Wydatki eksploatacyjne				
Wariant 0	2 802 878	2 802 878	5 605 756	5 605 756
Paliwo	2 678 978	2 678 978	5 357 956	5 357 956
Liczba wzkm	1 501 190	1 501 190	3 002 379	3 002 379
Koszt paliwa na wzkm	1,78	1,78	1,78	1,78
Naprawy i konserwacje	123 900	123 900	247 800	247 800
Liczba autobusów	21	21	42	42
Koszty napraw i konserwacji na autobus	5 900	5 900	5 900	5 900
Wariant 1	1 746 120	1 746 120	3 492 241	3 492 241
Koszt energii	1 666 320	1 666 320	3 332 641	3 332 641
Liczba wzkm	1 501 190	1 501 190	3 002 379	3 002 379
Koszt energii elektr. na wzkm	1,11	1,11	1,11	1,11
Naprawy i konserwacje	79 800	79 800	159 600	159 600
Liczba autobusów	21	21	42	42
Koszty napraw i konserwacji na autobus	3 800	3 800	3 800	3 800
Baterie	0	0	0	0
Liczba autobusów	0	0	0	0
Cena jednostkowa (MEGA)	500 000	500 000	500 000	500 000
Cena jednostkowa (MAXI)	440 000	440 000	440 000	440 000
Wariant 2	2 963 560	2 963 560	5 927 121	5 927 121
Koszt energii	2 852 260	2 852 260	5 704 521	5 704 521
Liczba wzkm	1 501 190	1 501 190	3 002 379	3 002 379
Koszt paliwa na wzkm	1,90	1,90	1,90	1,90
Naprawy i konserwacje	111 300	111 300	222 600	222 600
Liczba autobusów	21	21	42	42
Koszty napraw i konserwacji na autobus	5 300	5 300	5 300	5 300

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MZK



Tabela 17 Wartość wydatków eksploatacyjnych Inwestycji dla Wariantu „0”, „1”, i 2” w latach 2026-2029 [PLN]

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029
Wydatki eksploatacyjne				
Wariant 0	5 605 756	8 408 634	8 408 634	8 408 634
Paliwo	5 357 956	8 036 934	8 036 934	8 036 934
Liczba wzkm	3 002 379	4 503 569	4 503 569	4 503 569
Koszt paliwa na wzkm	1,78	1,78	1,78	1,78
Naprawy i konserwacje	247 800	371 700	371 700	371 700
Liczba autobusów	42	63	63	63
Koszty napraw i konserwacji na autobus	5 900	5 900	5 900	5 900
Wariant 1	3 492 241	5 238 361	5 238 361	5 238 361
Koszt energii	3 332 641	4 998 961	4 998 961	4 998 961
Liczba wzkm	3 002 379	4 503 569	4 503 569	4 503 569
Koszt energii elektr. na wzkm	1,11	1,11	1,11	1,11
Naprawy i konserwacje	159 600	239 400	239 400	239 400
Liczba autobusów	42	63	63	63
Koszty napraw i konserwacji na autobus	3 800	3 800	3 800	3 800
Baterie	0	0	0	0
Liczba autobusów	0	0	0	0
Cena jednostkowa (MEGA)	500 000	500 000	500 000	500 000
Cena jednostkowa (MAXI)	440 000	440 000	440 000	440 000
Wariant 2	5 927 121	8 890 681	8 890 681	8 890 681
Koszt energii	5 704 521	8 556 781	8 556 781	8 556 781
Liczba wzkm	3 002 379	4 503 569	4 503 569	4 503 569
Koszt paliwa na wzkm	1,90	1,90	1,90	1,90
Naprawy i konserwacje	222 600	333 900	333 900	333 900
Liczba autobusów	42	63	63	63
Koszty napraw i konserwacji na autobus	5 300	5 300	5 300	5 300

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MZK



Tabela 18 Wartość wydatków eksploatacyjnych Inwestycji dla Wariantu „0”, „1”, i 2” w latach 2030-2033 [PLN]

Wyszczególnienie	2030	2031	2032	2033
Wydatki eksploatacyjne				
Wariant 0	8 408 634	8 408 634	8 408 634	8 408 634
Paliwo	8 036 934	8 036 934	8 036 934	8 036 934
Liczba wzkm	4 503 569	4 503 569	4 503 569	4 503 569
Koszt paliwa na wzkm	1,78	1,78	1,78	1,78
Naprawy i konserwacje	371 700	371 700	371 700	371 700
Liczba autobusów	63	63	63	63
Koszty napraw i konserwacji na autobus	5 900	5 900	5 900	5 900
Wariant 1	15 738 361	5 238 361	15 618 361	5 238 361
Koszt energii	4 998 961	4 998 961	4 998 961	4 998 961
Liczba wzkm	4 503 569	4 503 569	4 503 569	4 503 569
Koszt energii elektr. na wzkm	1,11	1,11	1,11	1,11
Naprawy i konserwacje	239 400	239 400	239 400	239 400
Liczba autobusów	63	63	63	63
Koszty napraw i konserwacji na autobus	3 800	3 800	3 800	3 800
Baterie	10 500 000	0	10 380 000	0
Liczba autobusów	21	0	21	0
Cena jednostkowa (MEGA)	500 000	500 000	500 000	500 000
Cena jednostkowa (MAXI)	440 000	440 000	440 000	440 000
Wariant 2	8 890 681	8 890 681	8 890 681	8 890 681
Koszt energii	8 556 781	8 556 781	8 556 781	8 556 781
Liczba wzkm	4 503 569	4 503 569	4 503 569	4 503 569
Koszt paliwa na wzkm	1,90	1,90	1,90	1,90
Naprawy i konserwacje	333 900	333 900	333 900	333 900
Liczba autobusów	63	63	63	63
Koszty napraw i konserwacji na autobus	5 300	5 300	5 300	5 300

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MZK



Tabela 19 Wartość wydatków eksploatacyjnych Inwestycji dla Wariantu „0”, „1”, i 2” w latach 2034-2037 [PLN]

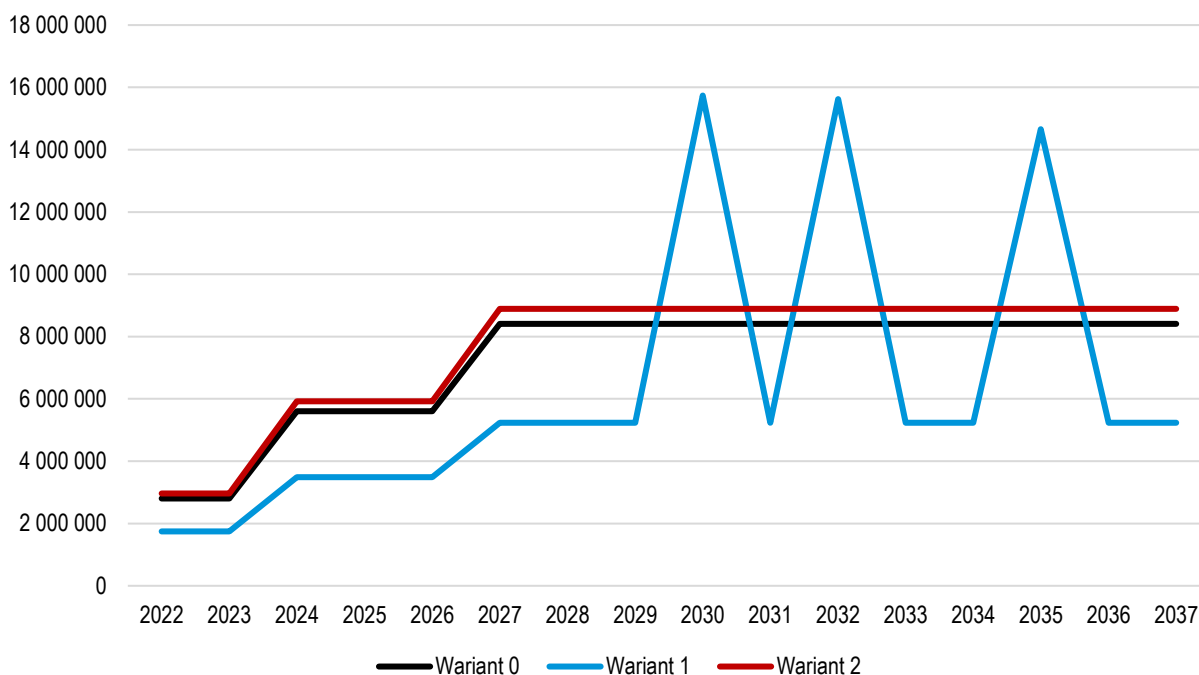
Wyszczególnienie	2034	2035	2036	2037
Wydatki eksploatacyjne				
Wariant 0	8 408 634	8 408 634	8 408 634	8 408 634
Paliwo	8 036 934	8 036 934	8 036 934	8 036 934
Liczba wzkm	4 503 569	4 503 569	4 503 569	4 503 569
Koszt paliwa na wzkm	1,78	1,78	1,78	1,78
Naprawy i konserwacje	371 700	371 700	371 700	371 700
Liczba autobusów	63	63	63	63
Koszty napraw i konserwacji na autobus	5 900	5 900	5 900	5 900
Wariant 1	5 238 361	14 658 361	5 238 361	5 238 361
Koszt energii	4 998 961	4 998 961	4 998 961	4 998 961
Liczba wzkm	4 503 569	4 503 569	4 503 569	4 503 569
Koszt energii elektr. na wzkm	1,11	1,11	1,11	1,11
Naprawy i konserwacje	239 400	239 400	239 400	239 400
Liczba autobusów	63	63	63	63
Koszty napraw i konserwacji na autobus	3 800	3 800	3 800	3 800
Baterie	0	9 420 000	0	0
Liczba autobusów	0	21	0	0
Cena jednostkowa (MEGA)	500 000	500 000	500 000	500 000
Cena jednostkowa (MAXI)	440 000	440 000	440 000	440 000
Wariant 2	8 890 681	8 890 681	8 890 681	8 890 681
Koszt energii	8 556 781	8 556 781	8 556 781	8 556 781
Liczba wzkm	4 503 569	4 503 569	4 503 569	4 503 569
Koszt paliwa na wzkm	1,90	1,90	1,90	1,90
Naprawy i konserwacje	333 900	333 900	333 900	333 900
Liczba autobusów	63	63	63	63
Koszty napraw i konserwacji na autobus	5 300	5 300	5 300	5 300

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MZK



W związku z okresem użyteczności technicznej baterii dla taboru zeroemisyjnego o napędzie elektrycznym oszacowanym w oparciu o przewidywaną liczbę cykli ładowania na 8 lat, wartość wydatków eksploatacyjnych planowanych w latach 2030, 2032 i 2035 w Wariancie „1” uwzględnia koszty zakupu i wymiany przedmiotowego magazynu energii, wraz z ewentualnym kosztem utylizacji zużytych baterii poddanych wymianie.

Pozostałe kategorie wydatków eksploatacyjnych zgodnie z głównym założeniem modelu (ceny stałe) oraz niezmiennością zleconej pracy przewozowej publicznego transportu zbiorowego realizowanego przez Operatorów wykazują stały trend, co zaprezentowano na poniższym wykresie, tj.:



Wykres 18 Wartość wydatków eksploatacyjnych realizacji Inwestycji w latach 2022-2037 dla Wariantu „0”, „1” i „2” [PLN]
Źródło: opracowanie własne.

Na podstawie szacowanych nakładów inwestycyjnych oraz wydatków eksploatacyjnych związanych z realizacją Inwestycji, w ramach poszczególnych wariantów, oszacowano alternatywne korzyści oraz skutki finansowe wynikające z wymiany taboru o napędzie konwencjonalnym.

W tym celu przedstawiono różnice wynikające z planowanych wartości nakładów inwestycyjnych i wydatków eksploatacyjnych, w postaci przepływów pieniężnych dla Wariantu „1a”, „1b” i „2” względem Wariantu „0”, w rezultacie czego otrzymano następujące wyniki, tj.:



Tabela 20 Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla Wariantu „1a”, „1b” i „2” (model różnicowy) w latach 2022-2025 [PLN]

Wyszczególnienie	2022	2023	2024	2025
Analiza finansowa - model różnicowy				
Wydatki inwestycyjne				
Wariant 1a	25 740 000	0	25 500 000	0
Wariant 1b	33 750 000	0	23 100 000	0
Wariant 2	66 700 000	0	55 500 000	0
Wydatki eksploatacyjne				
Wariant 1	-1 056 757	-1 056 757	-2 113 515	-2 113 515
Wariant 2	160 682	160 682	321 365	321 365
Przepływy pieniężne				
Wariant 1a	-24 683 243	1 056 757	-23 386 485	2 113 515
Wariant 1b	-32 693 243	1 056 757	-20 986 485	2 113 515
Wariant 2	-66 860 682	-160 682	-55 821 365	-321 365

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 21 Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla Wariantu „1a”, „1b” i „2” (model różnicowy) w latach 2026-2029 [PLN]

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029
Analiza finansowa - model różnicowy				
Wydatki inwestycyjne				
Wariant 1a	0	25 740 000	0	0
Wariant 1b	0	23 100 000	0	0
Wariant 2	0	45 900 000	0	0
Wydatki eksploatacyjne				
Wariant 1	-2 113 515	-3 170 272	-3 170 272	-3 170 272
Wariant 2	321 365	482 047	482 047	482 047
Przepływy pieniężne				
Wariant 1a	2 113 515	-22 569 728	3 170 272	3 170 272
Wariant 1b	2 113 515	-19 929 728	3 170 272	3 170 272
Wariant 2	-321 365	-46 382 047	-482 047	-482 047

Źródło: opracowanie własne.



Tabela 22 Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla Wariantu „1a”, „1b” i „2” (model różnicowy) w latach 2030-2033 [PLN]

Wyszczególnienie	2030	2031	2032	2033
Analiza finansowa - model różnicowy				
Wydatki inwestycyjne				
Wariant 1a	0	0	0	0
Wariant 1b	0	0	0	0
Wariant 2	0	0	0	0
Wydatki eksploatacyjne				
Wariant 1	7 329 728	-3 170 272	7 209 728	-3 170 272
Wariant 2	482 047	482 047	482 047	482 047
Przepływy pieniężne				
Wariant 1a	-7 329 728	3 170 272	-7 209 728	3 170 272
Wariant 1b	-7 329 728	3 170 272	-7 209 728	3 170 272
Wariant 2	-482 047	-482 047	-482 047	-482 047

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 23 Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla Wariantu „1a”, „1b” i „2” (model różnicowy) w latach 2034-2037 [PLN]

Wyszczególnienie	2034	2035	2036	2037
Analiza finansowa - model różnicowy				
Wydatki inwestycyjne				
Wariant 1a	0	0	0	0
Wariant 1b	0	0	0	0
Wariant 2	0	0	0	0
Wydatki eksploatacyjne				
Wariant 1	-3 170 272	6 249 728	-3 170 272	-3 170 272
Wariant 2	482 047	482 047	482 047	482 047
Przepływy pieniężne				
Wariant 1a	3 170 272	-6 249 728	3 170 272	3 170 272
Wariant 1b	3 170 272	-6 249 728	3 170 272	3 170 272
Wariant 2	-482 047	-482 047	-482 047	-482 047

Źródło: opracowanie własne.



W oparciu o otrzymane wyniki różnicowych przepływów finansowych w ramach realizacji Inwestycji, obejmujące różnicowe rezultaty pieniężne alternatywnych Wariantów „1a”, „1b” i „2”, względem założeń dla taboru konwencjonalnego należy wskazać, że pomimo planowanych niższych wydatków eksploatacyjnych dla Wariantu „1” (korzyści finansowe), różnicowe przepływy finansowe są wyższe względem Wariantu „0”, w łącznej wysokości za okres objęty Analizą, tj.:

- **Wariant „1a”**: -63.952.943 PLN;
- **Wariant „1b”**: -66.922.943 PLN;
- **Wariant „2”**: -174.687.976 PLN.

Powyższy stan wynika z utrzymujących się wysokich cen zakupu taboru zeroemisyjnego zasilanych paliwem alternatywnym, względem konwencjonalnych z normą emisji spalin EURO 6.

Niezależnie od osiągniętego wyniku różnicowych przepływów finansowych w okresie realizacji projektu, poniżej zaprezentowano ocenę efektywności ekonomicznej Inwestycji wyrażonej w postaci mierników NPV i IRR, co do których zgodnie z treścią Rozporządzenia 480/2014 (KE) z dnia 03 marca 2014 roku zastosowano realną stopę dyskontową na poziomie 4%, a wyniki Analizy kształtują się następująco, tj.:

Tabela 24 Ocena efektywności Inwestycji [PLN]

Wyszczególnienie	Wartość
NPV	
Wariant „1a”	-57 078 419
Wariant „1b”	-60 560 320
Wariant „2”	-154 347 913
IRR	
Wariant „1a”	Nieemożliwe do obliczenia
Wariant „1b”	Nieemożliwe do obliczenia
Wariant „2”	Nieemożliwe do obliczenia

**/ wynik niemożliwy do określenia z uwagi na brak spłaty w zakładanym okresie.*

Źródło: opracowanie własne.

Dla Wariantu „1a” zdyskontowana wartość bieżąca NPV wyniosła - 57.078.419 PLN, dla Wariantu „1b”: - 60.560.320 PLN, dla Wariantu „2”: - 154.347.913 PLN, natomiast wewnętrzne stopy zwrotu IRR okazały się niemożliwe do obliczenia we wszystkich wariantach.

**Z PUNKTU WIDZENIA OCENY FINANSOWEJ PROJEKTU
INWESTYCJA W KAŻDYM Z WARIANTÓW JEST NIEOPŁACALNA (NPV<0).**



4.2. Oszacowanie efektów środowiskowych

Pojazdy o napędzie konwencjonalnym negatywnie wpływają na środowisko naturalne. Najistotniejszym negatywnym skutkiem użytkowania tego rodzaju pojazdów jest emisja szkodliwych substancji dla zdrowia ludzi i środowiska oraz emisja hałasu (powodowanie drgań).

Emisja szkodliwych substancji w pojazdach spalinowych, w porównaniu do pojazdów elektrycznych bateryjnych, jest wyższa ze względu na wykorzystywanie większej ilości płynów eksploatacyjnych, jak i elementów mechanicznych.

Głównym efektem spalania paliw w autobusach o napędzie konwencjonalnym są mieszaniny substancji – przede wszystkim gazowe, frakcje ciekłe i stałe oraz zwiększona emisja cząstek stałych i tlenków azotu. Podkreślić należy, iż pojazdy o napędzie spalinowym są głównymi źródłami emisji cząstek stałych oraz tlenków azotu wytwarzanych w centrach miast.

Pojazdy o napędzie elektrycznym charakteryzują się zdecydowanie niższą emisją szkodliwych substancji, głównie dzięki wyeliminowaniu procesu spalania paliwa (brak silnika spalinowego). Silniki elektryczne najczęściej chłodzone są powietrzem, w związku z czym wyeliminowany został obieg oleju i wykorzystuje się znacznie mniejsze ilości płynów i elementów mechanicznych. Dodatkowo sprawność tego rodzaju pojazdów poprawiana jest dzięki systemom odzysku energii podczas hamowania (dłuższa żywotność elementów ciernych w układzie hamulcowym, mniejsze zużycie energii).

Według stanu na dzień opracowania niniejszej Analizy (2021 rok), w Bydgoszczy eksploatowane jest 207 pojazdów przeznaczonych do wykonywania zadań na liniach komunikacyjnych. Poniższa tabela przedstawia strukturę emisji CO₂, NMHC/NM VOC, NO_x oraz PM, które emitowane są przez pojazdy.



Tabela 25 Aktualna emisja spalin w dolnej warstwie atmosfery dla pojazdów eksploatowanych na terenie Bydgoszczy

Marka oraz typ pojazdu	Klasa	Liczba pojazdów	Norma emisji spalin	Średnie spalanie na 100 km	Wskaźnik	Emisja dla 1 pojazdu		
					cieplarniany dla 1 pojazdu	CO2 g/km	NMHC/NMVOC [g/km]	NOx [g/km]
Solaris Urbino 8,6	MIDI	2	5	32	857,6	1,472	6,4	0,064
Mercedes-Benz 628 Conecto LF	MAXI	2	5	42	1125,6	1,932	8,4	0,084
Solaris Urbino 12	MAXI	16	5	42	1125,6	1,932	8,4	0,084
Solaris Urbino 12	MAXI	31	6	42	1125,6	0,546	1,68	0,042
Solaris Urbino 12 / IV	MAXI	3	6	42	1125,6	0,546	1,68	0,042
Mercedes-Benz 628 Conecto	MAXI	10	6	42	1125,6	0,546	1,68	0,042
Mercedes-Benz 628 O 530 G Citaro	MEGA	15	3	60	1608	3,96	30	0,6
Mercedes-Benz 628 Conecto G	MEGA	21	5	60	1608	2,76	12	0,12
Mercedes-Benz 628 Conecto G	MEGA	22	6	60	1608	0,78	2,4	0,06
Solaris Urbino 18	MEGA	11	5	60	1608	2,76	12	0,12
Solaris Urbino 18	MEGA	14	6	60	1608	0,78	2,4	0,06
Solaris Urbino 18 / IV	MEGA	5	6	60	1608	0,78	2,4	0,06
Solbus SM12	MAXI	12	5	50	1340	2,3	10	0,1
Solbus SM12	MAXI	15	6	45	1206	0,585	1,8	0,045
Solbus SM18	MEGA	23	6	60	1608	0,78	2,4	0,06
Solaris U12	MAXI	5	6	45	1206	0,585	1,8	0,045

Źródło: opracowanie własne zgodnie z wartościami opublikowanymi przez Centrum Unijnych Projektów Transportowych w kalkulatorze emisji zanieczyszczeń oraz danych przekazanych przez Operatorów.



W poniższej tabeli przedstawiono szacowaną roczną emisję spalin dla taboru autobusowego eksploatowanego na terenie Bydgoszczy. Do obliczeń przyjęto średni przebieg każdego autobusu na poziomie 71 485,22 km, przebieg ten oszacowano na podstawie planowanej liczby wzm w 2021 roku która wynosi 14 797 440,7 wzm. oraz liczbie pojazdów wynoszącej 207 sztuk autobusów.

Tabela 26 Szacowana roczna emisja spalin emitowana przez tabor autobusowy

Marka oraz typ pojazdu	Liczba pojazdów	Wskaźnik cieplarniany CO2 [kg]	Emisja		
			NMHC/NMVOC [kg]	NOx [kg/]	PM [kg]
Solaris Urbino 8,6	2	122 611,45	210,45	915,01	9,15
Mercedes-Benz 628 Conecto LF	2	160 927,53	276,22	1 200,95	12,01
Solaris Urbino 12	16	1 287 420,23	2 209,75	9 607,61	96,08
Solaris Urbino 12	31	2 494 376,70	1 209,96	3 722,95	93,07
Solaris Urbino 12 / IV	3	241 391,29	117,09	360,29	9,01
Mercedes-Benz 628 Conecto	10	804 637,65	390,31	1 200,95	30,02
Mercedes-Benz 628 O 530 G Citaro	15	1 724 223,53	4 246,22	32 168,35	643,37
Mercedes-Benz 628 Conecto G	21	2 413 912,94	4 143,28	18 014,28	180,14
Mercedes-Benz 628 Conecto G	22	2 528 861,17	1 226,69	3 774,42	94,36
Solaris Urbino 18	11	1 264 430,59	2 170,29	9 436,05	94,36
Solaris Urbino 18	14	1 609 275,29	780,62	2 401,90	60,05
Solaris Urbino 18 / IV	5	574 741,18	278,79	857,82	21,45
Solbus SM12	12	1 149 482,35	1 972,99	8 578,23	85,78
Solbus SM12	15	1 293 167,64	627,28	1 930,10	48,25
Solbus SM18	23	2 643 809,41	1 282,44	3 945,98	98,65
Solaris U12	5	431 055,88	209,09	643,37	16,08
		20 744 324,81	21 351,49	98 758,26	1 591,83

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych od ZDMiKP

Z powyższych tabeli należy wywnioskować, iż w wyniku realizacji Inwestycji redukcja emisji dotknie metanowe lotne związki organiczne NHMC/NMVOC, a także tlenki azotu NOx. Należy spodziewać się również spadku emisji dwutlenku węgla, lecz ta wielkość uzależniona jest w dużej mierze od rozwoju sektora energetyki w Polsce. W sytuacji, gdy sektor energetyki oparty będzie w dalszym ciągu na spalaniu węgla należy spodziewać się niekorzystnych wskaźników emisyjności dla pojazdów napędzanych energią elektryczną. Widoczny jest również wyraźny wzrost emisji dwutlenku siarki w wariantcie inwestycyjnym, gdyż substancja ta emitowana jest podczas produkcji energii elektrycznej. Jednakże należy zaznaczyć, że udział odnawialnych źródeł energii stale wzrasta, co warunkuje przede wszystkim Dyrektywa w sprawie odnawialnych źródeł

energii (2009/28/WE). Dlatego też przewiduje się, iż wskaźniki emisyjności dla pojazdów elektrycznych bateryjnych w najbliższych latach ulegną poprawie.



4.3. Analiza ekonomiczno-społeczna

4.3.1. Koszty społeczne emisji gazów cieplarnianych (CO2)

Obecnie zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego stanowi jeden z największych problemów środowiskowych.

Zgodnie z danymi zawartymi w raporcie pt. „Roczna ocena jakości powietrza w województwie Kujawsko-Pomorskim raport wojewódzki za rok 2020” w strefach województwa kujawsko-pomorskiego na stacjach pomiarowych w 2020 roku odnotowano przekroczenie wartości stężeń benzo(a)pirenu (związki rakotwórcze) w pyłe PM10. W Bydgoszczy dopuszczalne poziomy przekroczone na stacji pomiarowej przy ul. Poznańskiej.

Zanieczyszczone powietrze wpływa bezpośrednio na bioróżnorodność i zdrowie ludzkie, w tym na:



ekosystem;



problemy z oddychaniem;



problemy z pamięcią i koncentracją;



raka płuc;



zawał serca;



nadciśnienie tętnicze;

i wiele innych chorób.

Ocena zanieczyszczenia powietrza umożliwia określenie wartości ekonomicznej oddziaływań wynikających z wymiany taboru na pojazdy o napędzie zeroemisyjnym (zanieczyszczenia pyłowe powietrza wynikające przede wszystkim z tzw. niskiej emisji).

Pył zawieszony PM10 jest zanieczyszczeniem powietrza składającym się z mieszaniny cząstek stałych, ciekłych lub obu naraz, zawieszonych w powietrzu i będących mieszaniną substancji organicznych i nieorganicznych. Pył zawieszony może zawierać substancje toksyczne takie jak wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (m.in. benzo(a)piren), metale ciężkie oraz dioksyne i furany. Cząstki te różnią się wielkością, składem i pochodzeniem. PM10 to pyły o średnicy aerodynamicznej do 10 pm, które mogą docierać do górnych dróg oddechowych i płuc. Benzo(a)piren natomiast jest przedstawicielem wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA). Benzo(a)piren wykazuje małą toksyczność ostrą, zaś dużą toksyczność przewlekłą, co związane jest z jego zdolnością kumulacji w organizmie. Jak inne WWA, jest kancerogenem chemicznym, a mechanizm jego działania jest genotoksyczny, co oznacza, że reaguje z DNA, przy czym działa po aktywacji metabolicznej.

Duży udział w negatywnym oddziaływaniu na środowisko ma spalanie paliw w silnikach spalinowych napędzających pojazdy mechaniczne. Oprócz dwutlenku węgla pojazdy silnikowe emitują także inne szkodliwe substancje jak dwutlenek siarki, pyły i benzo(a)piren.

Należy przy tym podkreślić, że znaczna część emisji pyłu z transportu drogowego pochodzi z procesów innych niż spalanie paliw, do których zaliczyć można np. ścieranie opon i hamulców oraz ścieranie nawierzchni dróg. W zależności od rodzaju środka transportu drogowego koszty ekonomiczne zależą od prędkości i kategorii pojazdów (autobusy o napędzie konwencjonalnym, alternatywnym lub zeroemisyjnym),



jak również od ukształtowania terenu, lokalizacji (teren miejski lub zamiejski), stanu technicznego drogi.

Na złą jakość powietrza w Mieście, jak również na terenie całego województwa kujawsko-pomorskiego,

wpływ ma w dużym stopniu emisja zanieczyszczeń ze źródeł komunikacyjnych spowodowana wzrostem natężenia ruchu samochodowego, P&R oraz niezadawalający stan techniczny wykorzystywanych pojazdów.

Koszty jednostkowe emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym

Poniżej przedstawione zostały koszty jednostkowe emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej.

Tabela 27 Koszty jednostkowe emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej²³

	NOx [EUR]	NMVOC [EUR]	SO2 [EUR]	PM2,5 [EUR]	
				Obszar miejski	Obszar podmiejski
2010	53 664,80	6 703,11	57 663,49	884 646,29	189 712,30
2021	78 142,60	9 760,55	83 965,20	1 288 154,69	276 244,63
2028	93 968,74	11 737,35	100 970,58	1 549 043,31	332 192,17

Źródło: Ricardo AEA, tabela 15, str. 37.

²³ Centrum Unijnych Projektów Transportowych (CUPT), Tablice kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści, wersja aktualna (aktualizacja 28.08.2020 – ceny na koniec 2019 r., prognozy makroekonomiczne z 07.2020), <https://www.cupt.gov.pl/wdrazanie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysci/narzedzia/tablice-kosztow-jednostkowych-do-wykorzystania-w-analizach-kosztow-i-korzysci>.



4.3.2. Koszty zmiany klimatu

Negatywne skutki środowiskowe wykorzystywania produktów ropopochodnych w transporcie związane są przede wszystkim z emisją gazów cieplarnianych. W Unii Europejskiej podjęte zostały działania zmierzające do ograniczenia ich emisji. Dzięki innowacyjnym rozwiązaniom mającym znaczenie dla osiągnięcia wizji europejskiego systemu transportowego określonego w Białej Księdze istnieją sposoby na poradzenie sobie z najważniejszymi wyzwaniami takimi jak zmiana klimatu. Sektor transportu drogowego odpowiada za 30% cząstek PM w europejskich miastach. Szkodliwe emisje, za które odpowiada sektor transportu pochodzą głównie z:



Spalania paliw



Kurzu



Ścierania układu hamulcowego



Ścierania opon

Natomiast w przypadku wprowadzenia pojazdów elektrycznych redukcja emisji CO₂ oraz ograniczenie wpływu transportu zbiorowego na zmiany klimatyczne może nastąpić dzięki:



Braku rury wydechowej, braku wycieku oleju i innych płynów eksploatacyjnych



Redukcji pyłów ze ścieranych tarcz i klocków hamulcowych dzięki hamowaniu odzyskownemu



Lokalne zeroemisyjności (braku spalin CO₂, PM, NO_x, SO_x)

W przypadku wykorzystywania energii elektrycznej pochodzącej ze źródeł o niskiej emisji lub z odnawialnych źródeł energii, emisja dwutlenku węgla przez pojazdy elektryczne może być równa zero. Takie samochody to nie tylko zmniejszenie emisji szkodliwych zanieczyszczeń i dwutlenku węgla, ale również znaczące obniżenie kosztów eksploatacji.

Koszty jednostkowe zmian klimatycznych wywołanych przez sektor transportu

Poniżej przedstawione zostały wartości emisji gazów cieplarnianych według Europejskiego Banku Inwestycyjnego [EUR/ t CO₂].

Scenariusz	Wartość podstawowa (2010 r.)	Co roku
High	40	2,00
Medium	25	1,00
Low	10	0,50

Źródło: *The Economic Appraisal of Investment Projects at the EIB*, Europejski Bank Inwestycyjny marzec 2013, tabela 4.1, str. 25.

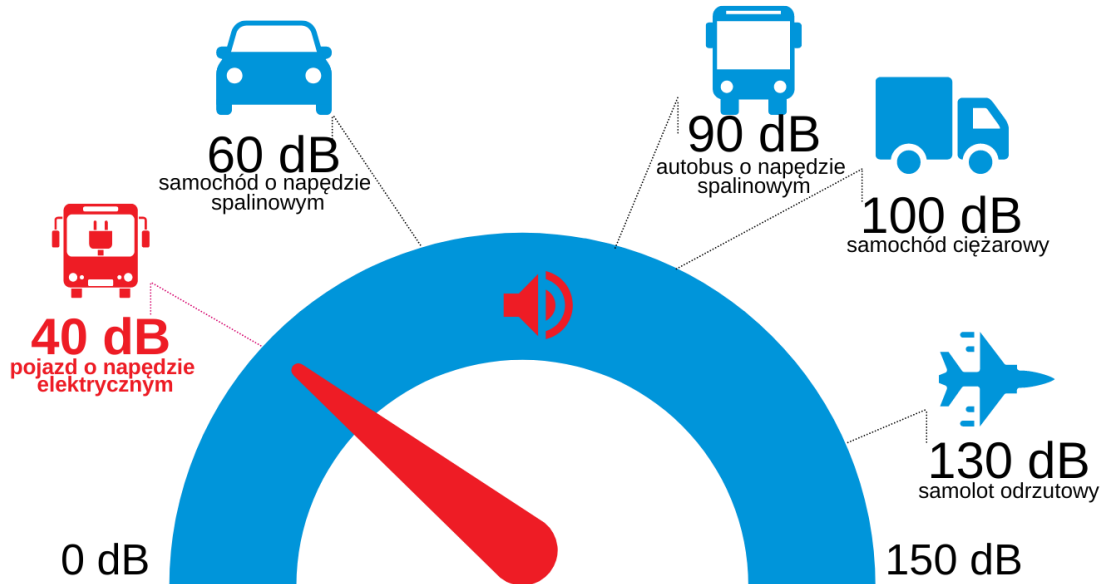
Zagregowane koszty zmian klimatycznych (CO₂) w gałęzi transportu przedstawiają się następująco²⁴:

187,09 [PLN/ t CO ₂]	223,46 [PLN/ t CO ₂]
w 2021 roku	w 2028 roku

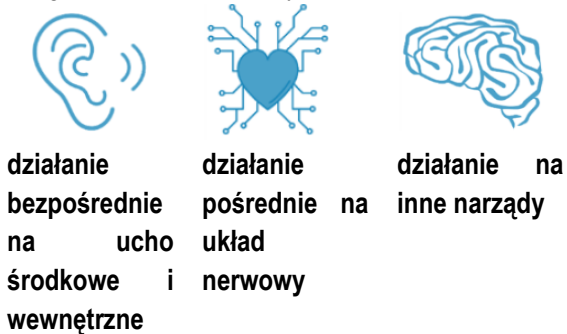
²⁴ Centrum Unijnych Projektów Transportowych (CUPT), Tablice kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści, wersja aktualna (aktualizacja 28.08.2020 – ceny na koniec 2019 r., prognozy makroekonomiczne z 07.2020), <https://www.cupt.gov.pl/wdrazanie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysci/narzedzia/tablice-kosztow-jednostkowych-do-wykorzystania-w-analizach-kosztow-i-korzysci>



4.3.3. Koszty społeczne emisji hałasu



Negatywny wpływ hałasu komunikacyjnego obejmuje coraz większą liczbę mieszkańców miast. Jest to zjawisko niepożądane, powodujące rozdrażnienie, uczucie znużenia i zmęczenia całego organizmu, szczególnie narządu słuchu. Hałas ma negatywne działanie na zdrowie i kondycję człowieka. Jego wpływ na organizm można rozpatrywać na trzech poziomach:



Koszty zewnętrzne hałasu wynikają przede wszystkim ze strat społecznych, tzn.:





Hałas wywiera negatywny wpływ na zdrowie fizyczne (np. uszkodzenia słuchu) i psychiczne (nadpobudliwość, nerwowość) człowieka. Ostatnie badania wskazują hałas jako jedną z przyczyn powodujących zawały serca.





Napęd elektryczny pomaga w głównej mierze zredukować poziom hałasu w centrach miast, co łącznie z brakiem emisji szkodliwych zanieczyszczeń może znacząco podnieść komfort życia mieszkańców. Pojazdy o napędzie elektrycznym są niezwykle ciche, co ma duże znaczenie zarówno dla samych pasażerów takiego autobusu jak i dla zewnętrznego otoczenia (poziom hałasu autobusu elektrycznego wynosi około

40-50 dB, a dla porównania jest to poziom dźwięku darcia papieru z odległości 1 m lub spokojnej rozmowy). W celu zwiększenia bezpieczeństwa pieszych wszystkie pojazdy o napędzie elektrycznym, wprowadzane na rynek motoryzacyjny od 1 lipca 2019 r. muszą posiadać system AVAS (Acoustic Vehicle Alerting System), który jest odpowiedzialny za generowanie ostrzegawczych sygnałów przy prędkości pojazdu do 20 km/h.

Jednostkowe koszty hałasu na obszarze podmiejskim²⁵:

	LV – samochody lekkie	HGV - samochody ciężarowe i autobusy
	0,044 [PLN/pojkm]	0,270 [PLN/pojkm]
	0,079 [PLN/pojkm]	0,492 [PLN/pojkm]

Jednostkowe koszty hałasu na obszarze podmiejskim²⁶:

	0,0005 [PLN/pojkm]	0,0020 [PLN/pojkm]
	0,0007 [PLN/pojkm]	0,0038 [PLN/pojkm]

Zagregowane koszty hałasu w transporcie lądowym przedstawiają się następująco:

0,0603 [PLN/ pojkm] W 2021 roku	0,0726 [PLN/ pojkm] W 2028 roku
---	---

²⁵ Centrum Unijnych Projektów Transportowych (CUPT), Tablice kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści, wersja aktualna (aktualizacja 28.08.2020 – ceny na koniec 2019 r., prognozy makroekonomiczne z 07.2020), <https://www.cupt.gov.pl/wdrazanie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysci/narzedzia/tablice-kosztow-jednostkowych-do-wykorzystania-w-analizach-kosztow-i-korzysci>

²⁶ J.w.



4.3.4. Zgeneralizowane koszty transportu na jednostkę pracy przewozowej

Tabela 28 Koszty jednostkowe efektów zewnętrznych transportu

Rodzaj efektu zewnętrznego	Transport drogowy	
	Autobusowy [PLN/ 1000 paskm]	Drogowy razem [PLN/ 1000 paskm]
Wypadki	39,16	106,97
Zanieczyszczenie dolnych warstw atmosfery	19,10	18,15
Zamiana klimatu	14,08	24,64
Hałas	5,09	6,37
Kongestia (koszty opóźnień)	27,73	60,55

Źródło: opracowanie własne na podstawie Centrum Unijnych Projektów Transportowych (CUPT), *Tablice kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści, wersja aktualna (aktualizacja 28.08.2020 r. – ceny na koniec 2019 r., prognozy makroekonomiczne z 07.2020 r.)*; <https://www.cupt.gov.pl/wdrazanie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysci/narzedzia/tablice-kosztow-jednostkowych-do-wykorzystania-w-analizach-kosztow-i-korzysci>

4.3.5. Koszty czasu podróży

W ramach analizy ekonomiczno-społecznej projektów transportowych poddawane są ocenie skutki oddziaływania na dobro społeczne w postaci zmienności czasu dla podróżnych i innych użytkowników dróg, wynikające z wdrożenia przedmiotowego projektu.

Uwzględnienie w analizie ekonomiczno-społecznej kosztów czasu podróży jest konieczne wyłącznie dla projektów, których przedmiotem jest wprowadzenie zmian w komunikacji publicznej w zakresie planu transportowego wywołanego w głównej mierze ze zmian środków transportu (np. na szynowy, kolejowy i inny aniżeli autobusowy), w konsekwencji których poszczególne trasy przejazdu, połączenia komunikacyjne czy środki transportu uległy istotnym zmianom i/lub stanowiłyby odciążenie transportu drogowego.

Z uwagi na wariantowość realizacji Inwestycji będącej przedmiotem i celem niniejszej analizy kosztów i korzyści przygotowywanej na potrzeby UoEiPA, obejmującej wymianę taboru autobusowego wyłącznie ze względu na rodzaj ich napędu i emisyjność zanieczyszczenia powietrza, koszty czasu podróży pozostają neutralne dla jej wyniku.

4.3.6. Koszty eksploatacji pojazdów

Przez koszty eksploatacji pojazdów należy rozumieć koszty ponoszone przez właścicieli pojazdów związane z ich utrzymaniem w stanie umożliwiającym bieżące użytkowanie. Wysokość kosztów eksploatacji pojazdu jest uzależniona od rodzaju i typu pojazdu, ale również samą eksploatacją, tj.: ilość przejeżdżanych kilometrów, średnia prędkość itp.).

Do głównych kosztów eksploatacji pojazdów zalicza się zużycie paliwa, oleju, ogumienia, napraw i konserwacji bieżących, ubezpieczenia czy przeglądy okresowe.



W odniesieniu do przedmiotowej Analizy jako koszty eksploatacji taboru zaliczono te kategorie, które wykazują zmienny poziom kosztów dla poszczególnego rodzaju taboru wg klasyfikacji rodzaju napędu, tj. zużycie paliwa/energii, naprawy i konserwacje oraz niezbędne wymiany baterii przy taborze z napędem elektrycznym. Poniżej zaprezentowano zestawienie kosztów jednostkowych eksploatacji pojazdów w podziale na rodzaj napędu oraz wielkość taboru, tj.:

Tabela 29 Jednostkowe koszty eksploatacji pojazdów [PLN]

Wyszczególnienie	ON	EV	FCEV
średni koszt zużycia paliwa (ON)	1,78		
MEGA	2,03		
MAXI	1,45		
średni koszt zużycia energii elektrycznej		1,11	
MEGA		1,26	
MAXI		0,80	
średni koszt zużycia wodoru			1,90
MEGA			2,15
MAXI			1,37
średnioroczny koszt napraw i konserwacji	5 900	3 800	5 300
MEGA	6 027	3 882	5 414
MAXI	5 457	3 800	4 902
średnioroczny koszt wymiany baterii*			
MEGA	0	62 500	0
MAXI	0	55 000	0

* przyjęto 1/8 kosztu wymiany baterii

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MZK.



4.4. Efektywność ekonomiczno-społeczna Inwestycji – wariantowa analiza korzyści

Efekty środowiskowe realne do osiągnięcia w wyniku realizacji Inwestycji w Wariantach „1a”, „1b” i „2” oszacowano dla poszczególnych kategorii wymiernych kosztów opisanych w poprzednim podrozdziale, których wpływ na środowisko wynikać będzie z wymiany taboru o napędzie spalinowym na zeroemisyjny.

Przedmiotowe efekty środowiskowe oszacowano w jednostkach naturalnych bazując na przyjętych założeniach realizacji projektu w zakresie planowanej etapowej wymiany autobusów i szacowanej pracy przewozowej realizowanej nowym taborem zeroemisyjnym, w odniesieniu do rezultatów ograniczenia skutków mających wpływ na środowisko w następujących kategoriach, tj.:

- ograniczenie emisji zanieczyszczeń CO₂;
- ograniczenie emisji zanieczyszczeń – niższe warstwy (PM, NMHC/NMVOC, NO_x);
- ograniczenie emisji hałasu.

Wyniki szacowanych efektów środowiskowych związanych z realizacją Inwestycji dla Wariantu „1” i „2” w latach 2022-2037 zaprezentowano w poniższych tabelach.



Tabela 30 Wartość efektów środowiskowych Inwestycji dla Wariantu „1” i „2” w latach 2022-2025 [w jedn. naturalnych]

Wyszczególnienie	2022	2023	2024	2025
Wariant 1				
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO2 [t]	-287,58	-287,58	-575,15	-575,15
Liczba wzkm	1 501 190	1 501 190	3 002 379	3 002 379
Zużycie paliwa [l]	859 967	859 967	1 719 934	1 719 934
Emisja CO2 [kg/litr]	-0,33	-0,33	-0,33	-0,33
Emisja CO2 [kg]	-287 575	-287 575	-575 151	-575 151
Emisja CO2 [t]	-287,58	-287,58	-575,15	-575,15
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - PM [t]	-0,01	-0,01	-0,03	-0,03
PM g/km	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
Liczba wzkm	1 501 190	1 501 190	3 002 379	3 002 379
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t]	1,10	1,10	2,20	2,20
NMHC/NMVOC g/km	0,73	0,73	0,73	0,73
Liczba wzkm	1 501 190	1 501 190	3 002 379	3 002 379
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NOx [t]	-0,18	-0,18	-0,36	-0,36
NOx g/km	-0,12	-0,12	-0,12	-0,12
Liczba wzkm	1 501 190	1 501 190	3 002 379	3 002 379
Ograniczenie emisji hałasu - [PLN]	425 261	436 196	894 949	918 222
Krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,28	0,29	0,30	0,31
Liczba wzkm	1 501 190	1 501 190	3 002 379	3 002 379
Wariant 2				
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO2 [t]	-287,58	-287,58	-575,15	-575,15
Liczba wzkm	1 501 190	1 501 190	3 002 379	3 002 379
Zużycie paliwa [l]	859 967	859 967	1 719 934	1 719 934
Emisja CO2 [kg/litr]	-0,33	-0,33	-0,33	-0,33
Emisja CO2 [kg]	-287 575	-287 575	-575 151	-575 151
Emisja CO2 [t]	-287,58	-287,58	-575,15	-575,15
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - PM [t]	-0,01	-0,01	-0,03	-0,03
PM g/km	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
Liczba wzkm	1 501 190	1 501 190	3 002 379	3 002 379
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t]	1,10	1,10	2,20	2,20
NMHC/NMVOC g/km	0,73	0,73	0,73	0,73
Liczba wzkm	1 501 190	1 501 190	3 002 379	3 002 379
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NOx [t]	-0,18	-0,18	-0,36	-0,36
NOx g/km	-0,12	-0,12	-0,12	-0,12
Liczba wzkm	1 501 190	1 501 190	3 002 379	3 002 379
Ograniczenie emisji hałasu - [PLN]	425 261	436 196	894 949	918 222
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,28	0,29	0,30	0,31
Liczba wzkm	1 501 190	1 501 190	3 002 379	3 002 379

Źródło: opracowanie własne.



Tabela 31 Wartość efektów środowiskowych Inwestycji dla Wariantu „1” i „2” w latach 2026-2029 [w jedn. naturalnych]

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029
Wariant 1				
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO₂ [t]	-575,15	-862,73	-862,73	-862,73
Liczba wzkm	3 002 379	4 503 569	4 503 569	4 503 569
Zużycie paliwa [l]	1 719 934	2 579 902	2 579 902	2 579 902
Emisja CO ₂ [kg/litr]	-0,33	-0,33	-0,33	-0,33
Emisja CO ₂ [kg]	-575 151	-862 726	-862 726	-862 726
Emisja CO ₂ [t]	-575,15	-862,73	-862,73	-862,73
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - PM [t]	-0,03	-0,04	-0,04	-0,04
PM g/km	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
Liczba wzkm	3 002 379	4 503 569	4 503 569	4 503 569
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t]	2,20	3,30	3,30	3,30
NMHC/NMVOC g/km	0,73	0,73	0,73	0,73
Liczba wzkm	3 002 379	4 503 569	4 503 569	4 503 569
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NO_x [t]	-0,36	-0,54	-0,54	-0,54
NO _x g/km	-0,12	-0,12	-0,12	-0,12
Liczba wzkm	3 002 379	4 503 569	4 503 569	4 503 569
Ograniczenie emisji hałasu - [PLN]	942 974	1 452 804	1 491 237	1 528 511
Krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,31	0,32	0,33	0,34
Liczba wzkm	3 002 379	4 503 569	4 503 569	4 503 569
Wariant 2				
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO₂ [t]	-575,15	-862,73	-862,73	-862,73
Liczba wzkm	3 002 379	4 503 569	4 503 569	4 503 569
Zużycie paliwa [l]	1 719 934	2 579 902	2 579 902	2 579 902
Emisja CO ₂ [kg/litr]	-0,33	-0,33	-0,33	-0,33
Emisja CO ₂ [kg]	-575 151	-862 726	-862 726	-862 726
Emisja CO ₂ [t]	-575,15	-862,73	-862,73	-862,73
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - PM [t]	-0,03	-0,04	-0,04	-0,04
PM g/km	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
Liczba wzkm	3 002 379	4 503 569	4 503 569	4 503 569
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t]	2,20	3,30	3,30	3,30
NMHC/NMVOC g/km	0,73	0,73	0,73	0,73
Liczba wzkm	3 002 379	4 503 569	4 503 569	4 503 569
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NO_x [t]	-0,36	-0,54	-0,54	-0,54
NO _x g/km	-0,12	-0,12	-0,12	-0,12
Liczba wzkm	3 002 379	4 503 569	4 503 569	4 503 569
Ograniczenie emisji hałasu - [PLN]	942 974	1 452 804	1 491 237	1 528 511
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,31	0,32	0,33	0,34
Liczba wzkm	3 002 379	4 503 569	4 503 569	4 503 569

Źródło: opracowanie własne.



Tabela 32 Wartość efektów środowiskowych Inwestycji dla Wariantu „1” i „2” w latach 2030-2033 [w jedn. naturalnych]

Wyszczególnienie	2030	2031	2032	2033
Wariant 1				
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO₂ [t]	-862,73	-862,73	-862,73	-862,73
Liczba wzkm	4 503 569	4 503 569	4 503 569	4 503 569
Zużycie paliwa [l]	2 579 902	2 579 902	2 579 902	2 579 902
Emisja CO ₂ [kg/litr]	-0,33	-0,33	-0,33	-0,33
Emisja CO ₂ [kg]	-862 726	-862 726	-862 726	-862 726
Emisja CO ₂ [t]	-862,73	-862,73	-862,73	-862,73
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - PM [t]	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04
PM g/km	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
Liczba wzkm	4 503 569	4 503 569	4 503 569	4 503 569
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t]	3,30	3,30	3,30	3,30
NMHC/NMVOC g/km	0,73	0,73	0,73	0,73
Liczba wzkm	4 503 569	4 503 569	4 503 569	4 503 569
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NO_x [t]	-0,54	-0,54	-0,54	-0,54
NO _x g/km	-0,12	-0,12	-0,12	-0,12
Liczba wzkm	4 503 569	4 503 569	4 503 569	4 503 569
Ograniczenie emisji hałasu - [PLN]	1 566 932	1 605 310	1 643 577	1 681 664
Krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,35	0,36	0,36	0,37
Liczba wzkm	4 503 569	4 503 569	4 503 569	4 503 569
Wariant 2				
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO₂ [t]	-862,73	-862,73	-862,73	-862,73
Liczba wzkm	4 503 569	4 503 569	4 503 569	4 503 569
Zużycie paliwa [l]	2 579 902	2 579 902	2 579 902	2 579 902
Emisja CO ₂ [kg/litr]	-0,33	-0,33	-0,33	-0,33
Emisja CO ₂ [kg]	-862 726	-862 726	-862 726	-862 726
Emisja CO ₂ [t]	-862,73	-862,73	-862,73	-862,73
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - PM [t]	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04
PM g/km	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
Liczba wzkm	4 503 569	4 503 569	4 503 569	4 503 569
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t]	3,30	3,30	3,30	3,30
NMHC/NMVOC g/km	0,73	0,73	0,73	0,73
Liczba wzkm	4 503 569	4 503 569	4 503 569	4 503 569
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NO_x [t]	-0,54	-0,54	-0,54	-0,54
NO _x g/km	-0,12	-0,12	-0,12	-0,12
Liczba wzkm	4 503 569	4 503 569	4 503 569	4 503 569
Ograniczenie emisji hałasu - [PLN]	1 566 932	1 605 310	1 643 577	1 681 664
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,35	0,36	0,36	0,37
Liczba wzkm	4 503 569	4 503 569	4 503 569	4 503 569

Źródło: opracowanie własne.



Tabela 33 Wartość efektów środowiskowych Inwestycji dla Wariantu „1” i „2” w latach 2034-2037 [w jedn. naturalnych]

Wyszczególnienie	2034	2035	2036	2037
Wariant 1				
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO₂ [t]	-862,73	-862,73	-862,73	-862,73
Liczba wzkm	4 503 569	4 503 569	4 503 569	4 503 569
Zużycie paliwa [l]	2 579 902	2 579 902	2 579 902	2 579 902
Emisja CO ₂ [kg/litr]	-0,33	-0,33	-0,33	-0,33
Emisja CO ₂ [kg]	-862 726	-862 726	-862 726	-862 726
Emisja CO ₂ [t]	-862,73	-862,73	-862,73	-862,73
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - PM [t]	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04
PM g/km	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
Liczba wzkm	4 503 569	4 503 569	4 503 569	4 503 569
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t]	3,30	3,30	3,30	3,30
NMHC/NMVOC g/km	0,73	0,73	0,73	0,73
Liczba wzkm	4 503 569	4 503 569	4 503 569	4 503 569
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NO_x [t]	-0,54	-0,54	-0,54	-0,54
NO _x g/km	-0,12	-0,12	-0,12	-0,12
Liczba wzkm	4 503 569	4 503 569	4 503 569	4 503 569
Ograniczenie emisji hałasu - [PLN]	1 719 492	1 756 979	1 794 063	1 832 100
Krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,38	0,39	0,40	0,41
Liczba wzkm	4 503 569	4 503 569	4 503 569	4 503 569
Wariant 2				
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO₂ [t]	-862,73	-862,73	-862,73	-862,73
Liczba wzkm	4 503 569	4 503 569	4 503 569	4 503 569
Zużycie paliwa [l]	2 579 902	2 579 902	2 579 902	2 579 902
Emisja CO ₂ [kg/litr]	-0,33	-0,33	-0,33	-0,33
Emisja CO ₂ [kg]	-862 726	-862 726	-862 726	-862 726
Emisja CO ₂ [t]	-862,73	-862,73	-862,73	-862,73
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - PM [t]	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04
PM g/km	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
Liczba wzkm	4 503 569	4 503 569	4 503 569	4 503 569
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t]	3,30	3,30	3,30	3,30
NMHC/NMVOC g/km	0,73	0,73	0,73	0,73
Liczba wzkm	4 503 569	4 503 569	4 503 569	4 503 569
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NO_x [t]	-0,54	-0,54	-0,54	-0,54
NO _x g/km	-0,12	-0,12	-0,12	-0,12
Liczba wzkm	4 503 569	4 503 569	4 503 569	4 503 569
Ograniczenie emisji hałasu - [PLN]	1 719 492	1 756 979	1 794 063	1 832 100
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,38	0,39	0,40	0,41
Liczba wzkm	4 503 569	4 503 569	4 503 569	4 503 569

Źródło: opracowanie własne.



W kolejnej fazie Analizy zaprezentowane oszacowane efekty środowiskowe dla poszczególnych wariantów wyrażone w jednostkach naturalnych poddano monetyzacji, dzięki czemu osiągnięto ich wartość wyrażoną w jednostkach pieniężnych, tj.:

Tabela 34 Zmonetyzowane efekty środowiskowe Inwestycji dla Wariantu „1” i „2” w latach 2022-2025 [PLN]

Wyszczególnienie	2022	2023	2024	2025
Wariant 1	349 227	358 134	734 737	753 886
Ograniczenie emisji CO2	-55 296	-56 790	-116 570	-119 559
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	192,28	197,48	202,68	207,87
Ograniczenie emisji CO2 [t]	-287,58	-287,58	-575,15	-575,15
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	-20 738	-21 271	-43 642	-44 777
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	1 325 237	1 359 313	1 394 461	1 430 724
Ograniczenie emisji PM [t]	-0,01	-0,01	-0,03	-0,03
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC]	10 042	10 300	10 566	10 841
Ograniczenie emisji NMHC/NMVOC [t]	1,10	1,10	2,20	2,20
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	80 392	82 459	84 591	86 791
Ograniczenie emisji NOx [t]	-0,18	-0,18	-0,36	-0,36
Ograniczenie emisji hałasu - [PLN]	425 261	436 196	894 949	918 222
Wariant 2	349 227	358 134	734 737	753 886
Ograniczenie emisji CO2	-55 296	-56 790	-116 570	-119 559
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	192,28	197,48	202,68	207,87
Ograniczenie emisji CO2 [t]	-287,58	-287,58	-575,15	-575,15
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	-20 738	-21 271	-43 642	-44 777
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	1 325 237	1 359 313	1 394 461	1 430 724
Ograniczenie emisji PM [t]	-0,01	-0,01	-0,03	-0,03
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC]	10 042	10 300	10 566	10 841
Ograniczenie emisji NMHC/NMVOC [t]	1,10	1,10	2,20	2,20
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	80 392	82 459	84 591	86 791
Ograniczenie emisji NOx [t]	-0,18	-0,18	-0,36	-0,36
Ograniczenie emisji hałasu - [PLN]	425 261	436 196	894 949	918 222

Źródło: opracowanie własne.



Tabela 35 Zmonetyzowane efekty środowiskowe Inwestycji dla Wariantu „1” i „2” w latach 2026-2029 [PLN]

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029
Wariant 1	774 443	1 193 653	1 225 728	1 256 701
Ograniczenie emisji CO2	-122 548	-188 305	-192 788	-197 272
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	213,07	218,27	223,46	228,66
Ograniczenie emisji CO2 [t]	-575,15	-862,73	-862,73	-862,73
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	-45 984	-70 846	-72 720	-74 538
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	1 469 292	1 509 120	1 549 043	1 587 762
Ograniczenie emisji PM [t]	-0,03	-0,04	-0,04	-0,04
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC]	11 133	11 435	11 737	12 031
Ograniczenie emisji NMHC/NMVOC [t]	2,20	3,30	3,30	3,30
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	89 131	91 547	93 969	96 318
Ograniczenie emisji NOx [t]	-0,36	-0,54	-0,54	-0,54
Ograniczenie emisji hałasu - [PLN]	942 974	1 452 804	1 491 237	1 528 511
Wariant 2	774 443	1 193 653	1 225 728	1 256 701
Ograniczenie emisji CO2	-122 548	-188 305	-192 788	-197 272
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	213,07	218,27	223,46	228,66
Ograniczenie emisji CO2 [t]	-575,15	-862,73	-862,73	-862,73
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	-45 984	-70 846	-72 720	-74 538
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	1 469 292	1 509 120	1 549 043	1 587 762
Ograniczenie emisji PM [t]	-0,03	-0,04	-0,04	-0,04
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC]	11 133	11 435	11 737	12 031
Ograniczenie emisji NMHC/NMVOC [t]	2,20	3,30	3,30	3,30
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	89 131	91 547	93 969	96 318
Ograniczenie emisji NOx [t]	-0,36	-0,54	-0,54	-0,54
Ograniczenie emisji hałasu - [PLN]	942 974	1 452 804	1 491 237	1 528 511

Źródło: opracowanie własne.



Tabela 36 Zmonetyzowane efekty środowiskowe Inwestycji dla Wariantu „1” i „2” w latach 2030-2033 [PLN]

Wyszczególnienie	2030	2031	2032	2033
Wariant 1	1 288 765	1 320 788	1 352 706	1 384 452
Ograniczenie emisji CO2	-201 755	-206 239	-210 722	-215 206
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	233,86	239,05	244,25	249,45
Ograniczenie emisji CO2 [t]	-862,73	-862,73	-862,73	-862,73
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	-76 412	-78 283	-80 149	-82 006
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	1 627 673	1 667 538	1 707 289	1 746 852
Ograniczenie emisji PM [t]	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC]	12 333	12 635	12 936	13 236
Ograniczenie emisji NMHC/NMVOC [t]	3,30	3,30	3,30	3,30
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	98 739	101 157	103 568	105 968
Ograniczenie emisji NOx [t]	-0,54	-0,54	-0,54	-0,54
Ograniczenie emisji hałasu - [PLN]	1 566 932	1 605 310	1 643 577	1 681 664
Wariant 2	1 288 765	1 320 788	1 352 706	1 384 452
Ograniczenie emisji CO2	-201 755	-206 239	-210 722	-215 206
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	233,86	239,05	244,25	249,45
Ograniczenie emisji CO2 [t]	-862,73	-862,73	-862,73	-862,73
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	-76 412	-78 283	-80 149	-82 006
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	1 627 673	1 667 538	1 707 289	1 746 852
Ograniczenie emisji PM [t]	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC]	12 333	12 635	12 936	13 236
Ograniczenie emisji NMHC/NMVOC [t]	3,30	3,30	3,30	3,30
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	98 739	101 157	103 568	105 968
Ograniczenie emisji NOx [t]	-0,54	-0,54	-0,54	-0,54
Ograniczenie emisji hałasu - [PLN]	1 566 932	1 605 310	1 643 577	1 681 664

Źródło: opracowanie własne.



Tabela 37 Zmonetyzowane efekty środowiskowe Inwestycji dla Wariantu „1” i „2” w latach 2034-2037 [PLN]

Wyszczególnienie	2034	2035	2036	2037
Wariant 1	1 415 952	1 447 128	1 477 919	1 509 619
Ograniczenie emisji CO2	-219 689	-224 172	-228 656	-233 139
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	254,65	259,84	265,04	270,24
Ograniczenie emisji CO2 [t]	-862,73	-862,73	-862,73	-862,73
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	-83 851	-85 679	-87 488	-89 343
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	1 786 147	1 825 087	1 863 608	1 903 120
Ograniczenie emisji PM [t]	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOc]	13 534	13 829	14 121	14 420
Ograniczenie emisji NMHC/NMVOc [t]	3,30	3,30	3,30	3,30
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	108 352	110 714	113 051	115 448
Ograniczenie emisji NOx [t]	-0,54	-0,54	-0,54	-0,54
Ograniczenie emisji hałasu - [PLN]	1 719 492	1 756 979	1 794 063	1 832 100
Wariant 2	1 415 952	1 447 128	1 477 919	1 509 619
Ograniczenie emisji CO2	-219 689	-224 172	-228 656	-233 139
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	254,65	259,84	265,04	270,24
Ograniczenie emisji CO2 [t]	-862,73	-862,73	-862,73	-862,73
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	-83 851	-85 679	-87 488	-89 343
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	1 786 147	1 825 087	1 863 608	1 903 120
Ograniczenie emisji PM [t]	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOc]	13 534	13 829	14 121	14 420
Ograniczenie emisji NMHC/NMVOc [t]	3,30	3,30	3,30	3,30
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	108 352	110 714	113 051	115 448
Ograniczenie emisji NOx [t]	-0,54	-0,54	-0,54	-0,54
Ograniczenie emisji hałasu - [PLN]	1 719 492	1 756 979	1 794 063	1 832 100

Źródło: opracowanie własne.

Na podstawie szacowanych nakładów inwestycyjnych, wydatków eksploatacyjnych związanych z realizacją Inwestycji oraz zmonetyzowanych efektów środowiskowych dla poszczególnych Wariantów „1a”, „1b” i „2”, oszacowano alternatywne korzyści oraz skutki finansowe wynikające z wymiany taboru o konwencjonalnym napędzie.

W tym celu przedstawiono różnice w postaci przepływów pieniężnych Inwestycji obejmujące w/w elementy dla Wariantu „1a”, „1b” i „2” względem Wariantu „0”, w rezultacie czego otrzymano wartość skumulowanych przepływów finansowych w ramach realizacji Inwestycji, których wyniki kształtują się następująco, tj.:



Tabela 38 Skumulowane przepływy pieniężne Inwestycji dla Wariantu „1a”, „1b” i „2” w latach 2022-2026 [PLN]

Wyszczególnienie	2022	2023	2024	2025	2026
Przepływy pieniężne skumulowane					
Wariant „1a”	-24 334 015	1 414 892	-22 651 748	2 867 401	2 887 957
Wariant „1b”	-32 344 015	1 414 892	-20 251 748	2 867 401	2 887 957
Wariant „2”	-66 511 455	197 452	-55 086 628	432 522	453 078

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 39 Skumulowane przepływy pieniężne Inwestycji dla Wariantu „1a”, „1b” i „2” w latach 2027-2031 [PLN]

Wyszczególnienie	2027	2028	2029	2030	2031
Przepływy pieniężne skumulowane					
Wariant „1a”	-21 376 075	4 396 001	4 426 973	-6 040 962	4 491 060
Wariant „1b”	-18 736 075	4 396 001	4 426 973	-6 040 962	4 491 060
Wariant „2”	-45 188 394	743 681	774 654	806 718	838 741

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 40 Skumulowane przepływy pieniężne Inwestycji dla Wariantu „1a”, „1b” i „2” w latach 2033-2037 [PLN]

Wyszczególnienie	2032	2033	2034	2035	2036	2037
Przepływy pieniężne skumulowane						
Wariant „1a”	-5 857 022	4 554 724	4 586 225	-4 802 600	4 648 192	4 679 891
Wariant „1b”	-5 857 022	4 554 724	4 586 225	-4 802 600	4 648 192	4 679 891
Wariant „2”	870 659	902 405	933 905	965 081	995 872	1 027 572

Źródło: opracowanie własne.

W oparciu o otrzymane wyniki różnicowych skumulowanych przepływów finansowych w ramach realizacji Inwestycji, obejmujących różnicowe rezultaty pieniężne alternatywnych Wariantów „1a”, „1b” i „2”, względem założeń dla taboru konwencjonalnego należy wskazać, że pomimo planowanych niższych wydatków eksploatacyjnych dla Wariantu „1” (korzyści finansowe) oraz osiągniętych zmonetyzowanych efektów środowiskowych, różnicowe przepływy finansowe w dalszym ciągu są wyższe względem Wariantu „0”, w łącznej wysokości za okres objęty Analizą, tj.:

- Wariant „1a”: -46.109.106 PLN;
- Wariant „1b”: -49.079.106 PLN;
- Wariant „2”: -156.844.138 PLN.

Niezależnie od osiągniętego wyniku różnicowych przepływów finansowych w okresie realizacji projektu, poniżej zaprezentowano ocenę efektywności ekonomicznej Inwestycji wyrażonej w postaci mierników ENPV i ERR, co do których zgodnie z treścią Rozporządzenia 480/2014 (KE) z dnia 03 marca 2014 roku zastosowano realną stopę dyskontową na poziomie 4%, a wyniki analizy kształtują się następująco, tj.:



Tabela 41 Ocena ekonomicznej efektywności Inwestycji [PLN]

Wyszczególnienie	Wartość
ENPV	
Wariant „1a”	-44 830 436
Wariant „1b”	-48 312 337
Wariant „2”	-142 099 930
ERR	
Wariant „1a”	-13,40%
Wariant „1b	-13,34%
Wariant „2	Nieemożliwe do obliczenia

Źródło: opracowanie własne.

Dla Wariantu „1a” zdyskontowana ekonomiczna wartość bieżąca ENPV wyniosła **-44.830.436 PLN**, dla Wariantu „1b”: **-48.312.337 PLN**, dla Wariantu „2”: **- 142.099.930 PLN**, natomiast ekonomiczne stopy zwrotu ERR dla Wariantu „1a” i „1b” były ujemne, a dla Wariantu 2 niemożliwa do obliczenia.

Z PUNKTU WIDZENIA OCENY EKONOMICZNO-SPOŁECZNEJ PROJEKTU INWESTYCJA W KAŻDYM Z WARIANTÓW JEST NIEOPŁACALNA (ENPV<0).

Dodatkowo podjęto się analizy efektywności ekonomicznej Inwestycji przy założeniu pozyskania dofinansowania ze środków zewnętrznych (np. dotacja UE). W oparciu o założenia oraz wyniki przeprowadzonej analizy oszacowano punkt krytyczny przedmiotowego współfinansowania Inwestycji, do poziomu, którego Inwestycja jest opłacalna dla najkorzystniejszego z punktu widzenia ekonomicznej efektywności jej realizacji, tj. dla Wariantu „1a”, z uwzględnieniem 25% rezerwy wynikającej z konieczności zakupu większej liczby taboru o napędzie elektrycznym i zapewnieniem świadczenia przewozów na analogicznym poziomie aniżeli taborom o napędzie konwencjonalnym.

Wartość dofinansowania spełniająca kryterium opłacalności projektu w ramach analizy efektywności ekonomicznej Inwestycji wynosi min. 70% wydatków kwalifikowanych.

Poniżej zaprezentowano szczegółowe wartości skumulowanych przepływów pieniężnych uwzględniających dofinansowanie zewnętrzne dla najkorzystniejszego z punktu widzenia efektywności ekonomicznej Inwestycji (Wariantu „1a”) tj.:



Tabela 42 Skumulowane przepływy pieniężne (z dotacją UE) Inwestycji dla Wariantu „1a”, „1b” i „2” w latach 2022-2026 [PLN]

Wyszczególnienie	2022	2023	2024	2025	2026
Przepływy pieniężne skumulowane - z dotacją					
Wariant „1a”	-7 982 326	1 679 081	-6 185 870	3 395 780	3 416 336
Wariant „1b”	-10 986 076	1 679 081	-5 285 870	3 395 780	3 416 336
Wariant „2”	-24 864 126	157 281	-20 479 469	352 180	372 737

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 43 Skumulowane przepływy pieniężne (z dotacją UE) Inwestycji dla Wariantu „1a”, „1b” i „2” w latach 2027-2031 [PLN]

Wyszczególnienie	2027	2028	2029	2030	2031
Przepływy pieniężne skumulowane - z dotacją					
Wariant „1a”	-4 496 007	5 188 569	5 219 542	-7 873 394	5 283 628
Wariant „1b”	-3 506 007	5 188 569	5 219 542	-7 873 394	5 283 628
Wariant „2”	-16 621 406	623 170	654 142	686 207	718 229

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 44 Skumulowane przepływy pieniężne (z dotacją UE) Inwestycji dla Wariantu „1a”, „1b” i „2” w latach 2033-2037 [PLN]

Wyszczególnienie	2032	2033	2034	2035	2036	2037
Przepływy pieniężne skumulowane - z dotacją						
Wariant „1a”	-7 659 454	5 347 292	5 378 793	-6 365 032	5 440 760	5 472 459
Wariant „1b”	-7 659 454	5 347 292	5 378 793	-6 365 032	5 440 760	5 472 459
Wariant „2”	750 147	781 893	813 394	844 569	875 361	907 060

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 45 . Ocena ekonomicznej efektywności Inwestycji z wykorzystaniem dotacji UE [PLN]

Wyszczególnienie	Wartość
ENPV	
Wariant „1a”	191 800
Wariant „1b”	-1 113 913
Wariant „2”	-49 656 227
ERR	
Wariant „1a”	4,21%
Wariant „1b”	2,93%
Wariant „2”	-20,15%

Źródło: opracowanie własne.



W konsekwencji uwzględnienia w skumulowanych przepływach finansowych realizacji Inwestycji (z uwzględnieniem rezerwy) dofinansowania unijnego na poziomie 70% wydatków kwalifikowalnych ekonomiczna efektywność Inwestycji wynosi dla:

- **Wariantu „1a”**: zdyskontowana ekonomiczna wartość bieżąca ENPV: 191.800 PLN i ekonomiczna stopa zwrotu ERR 4,21%;
- **Wariantu „1b”**: zdyskontowana ekonomiczna wartość bieżąca ENPV: -1.113.913 PLN i ekonomiczna stopa zwrotu ERR 2,93%;
- **Wariantu „2”**: zdyskontowana ekonomiczna wartość bieżąca ENPV: -49.656.227 PLN i ekonomiczna stopa zwrotu ERR -20,15%.

W oparciu o powyższy model analizy efektywności ekonomicznej Inwestycji dokonano szacowania minimalnego poziomu dofinansowania spełniającego kryterium opłacalności projektu dla pozostałych wariantów, który wynosi odpowiednio:

- **Wariant „1b”**: 72% wydatków kwalifikowalnych;
- **Wariant „2”**: 97% wydatków kwalifikowalnych.

MAJĄC NA UWADZE OTRZYMANE WYNIKI REKOMENDUJE SIĘ WYKORZYSTANIE AUTOBUSÓW O NAPĘDZIE ZEROEMISYJNYM I REALIZACJĘ INWESTYCJI W WARIANCIE „1a”, Z ZASTRZEŻENIEM POZYSKANIA DOFINANSOWANIA ZEWNĘTRZNEGO NA POZIOMIE MINIMUM 70%.



5. Analiza wrażliwości - wartości progowe zmiennych krytycznych

W celu wytypowania kluczowych zmiennych krytycznych wykorzystano projektowane zmiany najważniejszych czynników wpływających na decyzję o zakupie taboru o napędzie zeroemisyjnym.

Analizie podlegał Wariant „1a” z uwzględnieniem dotacji, ponieważ okazał się najkorzystniejszy – posiadał najwyższą rentowność

(ENPV>0, tj. 191.800 PLN, ERR = 4,21%);

W ramach zmiennych poddanych analizie wrażliwości wytypowano zmianę następujących czynników:

- wartość Inwestycji;
- koszty energii elektrycznej;
- koszty napraw i konserwacji taboru;
- koszty wymiany baterii;
- zmianę liczby wozokilometrów.

Wyniki analizy wrażliwości zaprezentowano w poniższych tabelach, tj.:

Tabela 46 Analiza wrażliwości – zmienne krytyczne Inwestycji

Analiza wrażliwości	ENPV	ERR	Zmiana ENPV (%)	Zmiana ERR (p.p.)
Wartości bazowe - wariant optymalny	191 800	18,14%		
Zmiana wartości Inwestycji o +1%	-335 458	17,11%	-274,90%	-1,03%
Zmiana kosztów energii elektrycznej o +1%	-404 305	17,29%	-310,80%	-0,85%
Zmiana kosztów napraw i konserwacji o +1%	163 252	18,10%	-14,88%	-0,04%
Zmiana kosztów wymiany baterii o +1%	-52 696	17,90%	-127,47%	-0,23%
Zmiana liczby wzk m o -1%	-292 945	17,42%	-252,73%	-0,72%

Źródło: opracowanie własne.

Do zmiennych sklasyfikowanych jako krytyczne (zmiana wartości czynnika o 1% wywołała zmianę wartości ENPV o więcej niż -1%) zaliczono wszystkie czynniki wytypowane jako kluczowe.

Maksymalne możliwe wartości, które spowodują spadek wskaźnika ENPV do 0 dla czynników krytycznych są następujące:

Tabela 47 Analiza wrażliwości – zmienne krytyczne Inwestycji

Analiza wrażliwości	Zmiana %
Zmiana wartości Inwestycji	+0,36
Zmiana kosztów energii elektrycznej	+0,32
Zmiana kosztów napraw i konserwacji	+6,71
Zmiana kosztów wymiany baterii	+0,78
Zmiana liczby wzk m	-0,39

Źródło: opracowanie własne.



Analiza wrażliwości wartości progowych wskazała, że najsilniejszy wpływ na projekt i realizację Inwestycji wywołuje zmiana kosztów energii elektrycznej, której maksymalny poziom odchylenia wynosi 0,32%, co oznacza, że spośród wszystkich zmiennych krytycznych największy wpływ na spadek ENPV poniżej 0, a tym samym nieopłacalność inwestycji z punktu widzenia efektywności ekonomicznej jest zmiana % cen energii elektrycznej.



6. Analiza ryzyka

6.1. Czynniki ryzyka w projekcie

Zgodnie z zasadami ujętymi w „Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach,

regionach” analizę ryzyka przeprowadzono w następujących etapach:



identyfikacja ryzyka



zdefiniowanie aktywności ryzyka



analiza jakościowa ryzyka



określenie działań zaradczych i monitoringu

Tabela 48 Zidentyfikowane aktywne ryzyka

I.p.	Identyfikacja ryzyka	Wpływ zidentyfikowanego ryzyka na realizację projektu	Strategia przeciwdziałania (sposób ograniczenia ryzyka)	Monitoring ryzyka
1.	Opóźnienia w dostawie taboru.	Ograniczenie zakresu Inwestycji i zmniejszenie finalnych korzyści. Opóźnienie realizacji założonych celów. Możliwe zmniejszenie rentowności projektu. Opóźnienia w konsumpcji efektów ekologicznych.	Brak możliwości ograniczenia ryzyka na tym poziomie, gdyż dostępność odpowiednich pojazdów zeroemisyjnych (w szczególności pojazdów specjalistycznych) zależy od dynamiki rozwoju rynku motoryzacyjnego.	Ryzyko będzie monitorowane od momentu rozpoczęcia projektu. Monitoring ryzyka będzie obejmował wszystkie procedury przetargowe.
2.	Opóźnienia w dostawie infrastruktury towarzyszącej.	Ograniczenie zakresu Inwestycji i zmniejszenie finalnych korzyści. Opóźnienie realizacji założonych celów. Możliwe zmniejszenie rentowności projektu. Opóźnienia w konsumpcji efektów ekologicznych.	Brak możliwości ograniczenia ryzyka na tym poziomie, gdyż dostępność odpowiednich pojazdów zeroemisyjnych oraz infrastruktury towarzyszącej zależy od dynamiki rozwoju rynku motoryzacyjnego.	Monitoring ryzyka będzie prowadzony do czasu wykonania podłączeń dystrybucyjnych.
3	Częste awarie techniczne pojazdów (tzw. choroba wieku)	Brak możliwości wykorzystania pojazdów elektrycznych.	Skoordynowana i systematyczna modernizacja sieci elektroenergetycznej.	Monitoring ryzyka prowadzony będzie w fazie przygotowawczej projektu, podczas realizacji robót, a także przez cały okres eksploatacji.



	dziecięcego) oraz stacji ładujących.	Brak możliwości obsługi linii komunikacyjnych w zaplanowanym zakresie.	Racjonalne i etapowe wprowadzanie zaproponowanych rozwiązań, aby montaż i przyłączenia nowych stacji ładowania samochodów elektrycznych nie zaburzyły pracy sieci elektroenergetycznej.	
4.	Przerwy w dostawie energii elektrycznej. Problem z zapewnieniem odpowiedniej rezerwy mocy przyłączeniowej w danej lokalizacji.	Brak możliwości wykorzystania pojazdów elektrycznych. Brak możliwości obsługi linii komunikacyjnych w zaplanowanym zakresie.	Skoordynowana i systematyczna modernizacja sieci elektroenergetycznej. Racjonalne i etapowe wprowadzanie zaproponowanych rozwiązań, aby montaż i przyłączenia nowych stacji ładowania samochodów elektrycznych nie zaburzyły pracy sieci elektroenergetycznej.	Monitoring ryzyka prowadzony będzie w fazie przygotowawczej projektu, podczas realizacji robót, a także przez cały okres eksploatacji.
5.	Osiąganie rzeczywistych słabszych parametrów technicznych autobusów względem zapowiadanych przez producentów.	Skrócenie maksymalnego dystansu pojazdu. Konieczność częstszego ładowania pojazdów. Wydłużenie przerw na ładowanie pojazdów.	Odpowiednie przeszkolenie kierowców, którzy w efektywny sposób będą prowadzić zeroemisyjne pojazdy.	Monitoring ryzyka prowadzony będzie w fazie przygotowawczej projektu, podczas realizacji robót, a także przez cały okres eksploatacji.
6.	Niesprzyjające warunki atmosferyczne.	Niekorzystne warunki atmosferyczne, tj. nadzwyczajne opady śniegu i mróz wpływają na ryzyko zniszczeń sieci przesyłowych, a także uszkodzenia infrastruktury. Ww. uwarunkowania mogą negatywnie wpłynąć na funkcjonowanie sieci dystrybucyjnej oraz eksploatację pojazdów, w tym szczególnie pojazdów elektrycznych.	Skrócenie maksymalnego dystansu pojazdu, dzięki czemu uzyskany zostanie „zapas” energii, który będzie mógł zostać wykorzystany w sytuacjach nadzwyczajnych. Wprowadzenie wymogu, na etapie zakupu taboru, o konieczności wykorzystania wysokiej klasy materiałów, odpornych na szkodliwe oddziaływanie warunków atmosferycznych.	Monitoring ryzyka prowadzony będzie w fazie przygotowawczej projektu, podczas realizacji robót, a także przez cały okres eksploatacji.
7.	Brak umiejętności kierowania pojazdem elektrycznym przez kadrę.	Skrócenie maksymalnego dystansu pojazdu. Konieczność częstszego ładowania pojazdów. Wydłużenie przerw na ładowanie pojazdów.	Organizacja specjalistycznych kursów i szkoleń dla kierowców pojazdów zeroemisyjnych.	Monitoring ryzyka będzie prowadzony na początku wdrożenia projektu oraz w całym okresie eksploatacji.



8.	Szybka eksploatacja baterii (w przypadku zakupu floty pojazdów elektrycznych).	Konieczność częstej wymiany baterii w pojazdach elektrycznych, co bezpośrednio związane jest ze wzrostem kosztów eksploatacyjnych oraz koniecznością utylizacji zużytych baterii.	Stosowanie zrównoważonego systemu ładowania, odpowiedniego do każdego rodzaju pojazdu. Problem utylizacji baterii z samochodów elektrycznych zostanie rozwiązany poprzez: -wykorzystanie baterii, które utraciły swoją sprawność i nie mogą już być wykorzystywane w pojazdach, do tzw. magazynów energii; - recykling baterii.	Monitoring ryzyka będzie prowadzony w całym okresie eksploatacji.
9.	Wyższe od spodziewanych koszty inwestycyjne.	Konieczność pozyskania środków finansowych ze źródeł zewnętrznych lub ograniczenie zakresu Inwestycji, co przełoży się na mniejszy rezultat i korzyści. Obniżenie rentowości Inwestycji.	Stały monitoring budżetu oraz odpowiednie zabezpieczenie środków finansowych na zaplanowane działania.	Monitoring ryzyka będzie prowadzony do momentu wyboru odpowiedniego dostawcy taboru zeroemisyjnego i infrastruktury towarzyszącej. Monitoring zostanie zakończony w momencie wskazania przez nich ostatecznych nakładów inwestycyjnych. Nad dostawami i robotami związanymi z montażem infrastruktury technicznej sprawowany będzie odpowiedni nadzór inwestora.
10.	Wyższe od spodziewanych koszty eksploatacyjne.	Obniżenie rentowości Inwestycji.	Stały monitoring budżetu oraz odpowiednie zabezpieczenie środków finansowych na zaplanowane działania.	Monitoring ryzyka prowadzony będzie przez całą fazę operacyjną (eksploatacyjną) projektu.
11.	Polityczne zmiany priorytetów inwestycyjnych.	Brak możliwości pozyskania środków finansowych.	-	Monitoring ryzyka prowadzony będzie w okresie przygotowania przedsięwzięcia projektu, ale także podczas procesu jego wdrażania.
12.	Niedoszacowanie wartości Inwestycji.	Niższa efektywność przedsięwzięcia i konieczność pozyskania dodatkowych źródeł finansowania. Konieczność pozyskania dodatkowych środków na realizację przedsięwzięcia.	Szacowanie kosztów Inwestycji na podstawie analizy rynku dostawców i wykonawców oraz podobnych ofert przetargowych prowadzonych w innych miastach.	Monitoring ryzyka będzie prowadzony do momentu wyboru odpowiedniego dostawcy taboru zeroemisyjnego i infrastruktury towarzyszącej. Monitoring zostanie zakończony w momencie wskazania przez nich ostatecznych nakładów inwestycyjnych. Nad dostawami i robotami związanymi z montażem infrastruktury technicznej sprawowany będzie odpowiedni nadzór inwestora.



6.2. Matryca ryzyka

Analiza ryzyka została przeprowadzona zgodnie z zaleceniami zawartymi w „Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach”. Ocena jakościowa ryzyka została określona przy wykorzystaniu oceny prawdopodobieństwa oraz

skali ryzyka. Następnie określono poziom ryzyka, który stanowi kombinację wartości prawdopodobieństwa wystąpienia danego zjawiska i stopnia jego wpływu na przedsięwzięcie (szczegółowy opis metodologii został umieszczony w rozdz. 2.2.4.).

Tabela 49 Matryca ryzyka - klasyfikacja poziomu ryzyka

Prawdopodobieństwo	Stopień zagrożenia				
	I	II	III	IV	V
A	1,2,				
B			3		4,5,
C	7		12	6,8,	9
D					10,11,
E					

Źródło: opracowanie własne

	Bardzo niski
	Niski
	Średni
	Wysoki
	Bardzo wysoki

Tabela 50 Matryca ryzyka - sposób działania

Prawdopodobieństwo	Stopień zagrożenia				
	1	2	3	4	5
A					
B	1, 2, 7		3, 4, 5, 6, 8, 9, 12		
C					
D					
E			10, 11		

Źródło: opracowanie własne



7. Wnioski i rekomendacje

Przeprowadzona Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem, przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej, autobusów zeroemisyjnych na terenie Miasta Bydgoszcz wskazała na następujące wnioski i rekomendacje:

- 1) Miasto Bydgoszcz, jak każda jednostka samorządu terytorialnego określona w UoEiPA, ma obowiązek sporządzania Analizy, cyklicznie co 36 miesięcy.
- 2) Obecnie Operatorzy nie posiadają na stanie autobusów zeroemisyjnych.
- 3) Przy zachowaniu obecnego stanu taboru (207 szt.) wykorzystywanego do realizacji zadań publicznego transportu zbiorowego na obszarze m. Bydgoszcz i realizacji Inwestycji polegającej na wymianie 63 szt. pojazdów na autobusy zeroemisyjne, Miasto Bydgoszcz spełni wymogi wynikające z Ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych.
- 4) Uzyskane wyniki Analizy wskazują na brak korzyści wykorzystywania autobusów o napędzie zeroemisyjnym. W związku z powyższym, zgodnie z przepisem art. 37 ust. 5 Ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych, Organizator nie jest zobowiązany do zrealizowania obowiązku osiągnięcia poziomu udziału autobusów zeroemisyjnych. Inwestycja jest opłacalna wyłącznie przy pozyskaniu zewnętrznego źródła dofinansowania.
- 5) Struktura wielkościowa taboru nie powinna ulec znaczącym zmianom, ponieważ nowe pojazdy o napędzie zeroemisyjnym, zgodnie z założeniem zastąpią najbardziej wyeksploatowane autobusy o napędzie konwencjonalnym, gwarantując wciąż dopasowanie wielkości pojazdów do popytu efektywnego na przewozy w komunikacji miejskiej.
- 6) W pierwszej kolejności wymianie podlegać powinny pojazdy spełniające najniższe normy emisji spalin, co przyczyni się do wspierania przedsięwzięć proekologicznych.
- 7) Wyłączenie z obsługi podróżnych przestarzałego taboru wpłynie pozytywnie na wizerunek ogólnie rozumianego publicznego transportu na terenie Miasta Bydgoszcz oraz zachęci mieszkańców do korzystania z komunikacji zbiorowej.
- 8) Zaprezentowane warianty realizacji Inwestycji, bez zewnętrznego dofinansowania, przekładają się na wzrost kosztów funkcjonowania transportu publicznego (wyższa amortyzacja taboru z uwagi na wyższe ceny zakupu), co w konsekwencji będzie prowadzić do wyższego obciążenia budżetu Miasta i/lub wzrostu cen biletów komunikacji publicznej.
- 9) Koszt może być istotnie zmniejszony, bądź utrzymany na dotychczasowym poziomie dzięki współfinansowaniu Inwestycji ze środków zewnętrznych (dotacja UE), co przełoży się również na możliwość wzrostu obecnych standardów jakościowych i utrzymania cen taryfowych.
- 10) W zależności od potrzeb i uwarunkowań zewnętrznych, dopuszcza się nakłady inwestycyjne na zakup pojazdów zeroemisyjnych w latach wcześniejszych niż w rekomendowanych terminach wskazanych w niniejszym dokumencie.
- 11) Realizacja Inwestycji powinna zostać poprzedzona odpowiednią analizą wykonalności inwestycji, np. analizą kosztów i korzyści sporządzoną wyłącznie w zakresie np. linii zdefiniowanej do elektryfikacji, w przeciwieństwie do niniejszego dokumentu, w którym analizowana jest kompleksowo cała bydgoska sieć komunikacyjna.
- 12) Projekt rozwoju elektromobilności dla Miasto Bydgoszcz charakteryzuje się wysoką wrażliwością na wzrost cen zakupu taboru i infrastruktury oraz kosztów operacyjnych, co w połączeniu z wysokim poziomem ryzyka wzrostu cen energii elektrycznej może sprawić, że w przypadku niepozyskania odpowiednich funduszy zewnętrznych osiągnięcie zakładanych celów i rezultatów stanie się mocno ograniczone.



- 13) Implementacja wskazanych w niniejszej Analizie działań może spowodować konieczność aktualizacji zapisów Planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego dla Miasta Bydgoszcz z powierzonym zadaniem organizacji publicznego transportu zbiorowego.



Spis tabel

Tabela 1 Podstawowe przebiegi linii komunikacyjnych realizowanych w ramach pomiędzy Organizatorem oraz Operatorami.....	16	Tabela 20 Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla Wariantu „1a”, „1b” i „2” (model różnicowy) w latach 2022-2025 [PLN].....	70
Tabela 2 Struktura wiekowa pojazdów MZK oraz IREX-Trans	18	Tabela 21 Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla Wariantu „1a”, „1b” i „2” (model różnicowy) w latach 2026-2029 [PLN].....	70
Tabela 3 Liczba wozokilometrów wykonanych w 2019r., 2020r. oraz planowana w 2021r.	24	Tabela 22 Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla Wariantu „1a”, „1b” i „2” (model różnicowy) w latach 2030-2033 [PLN].....	71
Tabela 4 Prędkość komunikacyjna oraz eksploatacyjna dla linii komunikacyjnych	28	Tabela 23 Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla Wariantu „1a”, „1b” i „2” (model różnicowy) w latach 2034-2037 [PLN].....	71
Tabela 5 Analiza jakościowa ryzyka - skala prawdopodobieństwa.....	37	Tabela 24 Ocena efektywności Inwestycji [PLN]	72
Tabela 6 Analiza jakościowa ryzyka – siła oddziaływania.....	37	Tabela 25 Aktualna emisja spalin w dolnej warstwie atmosfery dla pojazdów eksploatowanych na terenie Bydgoszczy	74
Tabela 7 Matryca ryzyka – klasyfikacja poziomu ryzyka	38	Tabela 26 Szacowana roczna emisja spalin emitowana przez tabor autobusowy.....	75
Tabela 8 Matryca ryzyka - sposób działania.....	38	Tabela 27 Koszty jednostkowe emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej	77
Tabela 9 Stan taboru dla "Wariant 0" w perspektywie lat 2021 – 2028 dla Miasta Bydgoszcz.....	53	Tabela 28 Koszty jednostkowe efektów zewnętrznych transportu	81
Tabela 10 Stan taboru dla "Wariant 1" w perspektywie lat 2021 – 2028 dla Miasta Bydgoszcz.....	55	Tabela 29 Jednostkowe koszty eksploatacji pojazdów [PLN].....	82
Tabela 11 Minimalna liczba pojazdów zeroemisyjnych przy uwzględnieniu stosunku 1:1,25 (interoperacyjności)	56	Tabela 30 Wartość efektów środowiskowych Inwestycji dla Wariantu „1” i „2” w latach 2022-2025 [w jedn. naturalnych].....	84
Tabela 12 Stan taboru dla "Wariant 2" w perspektywie lat 2021 – 2028 dla Miasta Bydgoszcz.....	58	Tabela 31 Wartość efektów środowiskowych Inwestycji dla Wariantu „1” i „2” w latach 2026-2029 [w jedn. naturalnych].....	85
Tabela 13 Podział planowanych do zakupu autobusów ze względu na klasę pojazdu dla Operatora MZK	60	Tabela 32 Wartość efektów środowiskowych Inwestycji dla Wariantu „1” i „2” w latach 2030-2033 [w jedn. naturalnych].....	86
Tabela 14 Planowane zakupy nowych autobusów przez MZK.....	60	Tabela 33 Wartość efektów środowiskowych Inwestycji dla Wariantu „1” i „2” w latach 2034-2037 [w jedn. naturalnych].....	87
Tabela 15 Zestawienie średniorocznych kosztów utrzymania taboru [PLN].....	64	Tabela 34 Zmonetyzowane efekty środowiskowe Inwestycji dla Wariantu „1” i „2” w latach 2022-2025 [PLN].....	88
Tabela 16 Wartość wydatków eksploatacyjnych Inwestycji dla Wariantu „0”, „1”, i „2” w latach 2022-2025 [PLN]	65	Tabela 35 Zmonetyzowane efekty środowiskowe Inwestycji dla Wariantu „1” i „2” w latach 2026-2029 [PLN].....	89
Tabela 17 Wartość wydatków eksploatacyjnych Inwestycji dla Wariantu „0”, „1”, i „2” w latach 2026-2029 [PLN]	66		
Tabela 18 Wartość wydatków eksploatacyjnych Inwestycji dla Wariantu „0”, „1”, i „2” w latach 2030-2033 [PLN]	67		
Tabela 19 Wartość wydatków eksploatacyjnych Inwestycji dla Wariantu „0”, „1”, i „2” w latach 2034-2037 [PLN]	68		



Tabela 36 Zmonetyzowane efekty środowiskowe Inwestycji dla Wariantu „1” i „2” w latach 2030-2033 [PLN]	90	Tabela 42 Skumulowane przepływy pieniężne (z dotacją UE) Inwestycji dla Wariantu „1a”, „1b” i „2” w latach 2022-2026 [PLN]	94
Tabela 37 Zmonetyzowane efekty środowiskowe Inwestycji dla Wariantu „1” i „2” w latach 2034-2037 [PLN]	91	Tabela 43 Skumulowane przepływy pieniężne (z dotacją UE) Inwestycji dla Wariantu „1a”, „1b” i „2” w latach 2027-2031 [PLN]	94
Tabela 38 Skumulowane przepływy pieniężne Inwestycji dla Wariantu „1a”, „1b” i „2” w latach 2022-2026 [PLN].....	92	Tabela 44 Skumulowane przepływy pieniężne (z dotacją UE) Inwestycji dla Wariantu „1a”, „1b” i „2” w latach 2033-2037 [PLN].....	94
Tabela 39 Skumulowane przepływy pieniężne Inwestycji dla Wariantu „1a”, „1b” i „2” w latach 2027-2031 [PLN].....	92	Tabela 45 . Ocena ekonomicznej efektywności Inwestycji z wykorzystaniem dotacji UE [PLN].....	94
Tabela 40 Skumulowane przepływy pieniężne Inwestycji dla Wariantu „1a”, „1b” i „2” w latach 2033-2037 [PLN].....	92	Tabela 46 Analiza wrażliwości – zmienne krytyczne Inwestycji	96
Tabela 41 Ocena ekonomicznej efektywności Inwestycji [PLN]	93	Tabela 47 Analiza wrażliwości – zmienne krytyczne Inwestycji	96
		Tabela 48 Zidentyfikowane aktywne ryzyka	98
		Tabela 49 Matryca ryzyka - klasyfikacja poziomu ryzyka	101
		Tabela 50 Matryca ryzyka - sposób działania.....	101

Spis wykresów

Wykres 1 Procentowy udział autobusów w zależności od Operatora Źródło: opracowanie własne na podstawie danych od Operatorów	18	Wykres 10 Procentowy udział pojazdów obsługiwanych przez IREX-Trans ze względu na klasę	23
Wykres 2 Struktura wiekowa taboru MZK.....	19	Wykres 11 Praca przewozowa dla linii dziennych obsługiwanych przez MZK.....	26
Wykres 3 Struktura wiekowa taboru IREX-Trans	19	Wykres 12 Praca przewozowa dla linii międzygminnych obsługiwanych przez MZK.....	26
Wykres 4 Struktura wiekowa dla Operatorów łącznie	19	Wykres 13 Praca przewozowa dla linii nocnych obsługiwanych przez MZK.....	27
Wykres 5 Wiek pojazdów eksploatowanych przez Operatorów.....	20	Wykres 14 Praca przewozowa dla linii dziennych obsługiwanych przez IREX-Trans.....	27
Wykres 6 Ilostan pojazdów spełniających poszczególne normy emisji spalin	21	Wykres 15 Prędkości eksploatacyjne oraz komunikacyjne dla linii komunikacyjnych.....	31
Wykres 7 Procentowy udział pojazdów spełniających poszczególne normy emisji spalin taboru eksploatowanego przez MZK	22	Wykres 16 Zależność między stopą dyskontową, a wartością NPV	34
Wykres 8 Procentowy udział pojazdów spełniających poszczególne normy emisji spalin taboru eksploatowanego przez IREX-Trans Źródło: opracowanie własne	22	Wykres 17 Wartość nakładów inwestycyjnych dla Wariantu „0”, „1a”, „1b” i „2” [PLN].....	63
Wykres 9 Procentowy udział pojazdów obsługiwanych przez MZK ze względu na klasę	23	Wykres 18 Wartość wydatków eksploatacyjnych realizacji Inwestycji w latach 2022-2037 dla Wariantu „0”, „1” i „2” [PLN].....	69



Spis rysunków

Rysunek 1 Lokalizacja Miasta oraz gmin z którymi podpisano porozumienia międzygminne Źródło: opracowanie własne	14
Rysunek 2 Gminy z którymi podpisano porozumienia międzygminne Źródło: opracowanie własne.....	15
Rysunek 3 Rozmieszczenie przystanków komunikacyjnych na terenie miasta Bydgoszcz Źródło: opracowanie własne	42
Rysunek 4 Mapa obecnej sieci komunikacyjnej obsługiwanej przez ZDMiKP	43
Rysunek 5 Gęstość zaludnienia w granicach miasta Bydgoszcz	44
Rysunek 6 Model różnic terenu dla miasta Bydgoszcz	44
Rysunek 7 Linie przeznaczone do elektryfikacji Źródło: opracowanie własne	51
Rysunek 8 Porównanie wariantów inwestycyjnych Źródło: opracowanie własne	62