



**Górnośląsko
-Zagłębiowska
Metropolia**

Analiza kosztów i korzyści związanych
z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych
w publicznym transporcie zbiorowym organizowanym
przez Górnośląsko–Zagłębiowską Metropolię

Katowice, grudzień 2021 r.

Autorami „Analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych w publicznym transporcie zbiorowym organizowanym przez Górnośląsko–Zagłębiowską Metropolię” są członkowie zespołu specjalistów spółki REFUNDA z Wrocławia.



www.refunda.pl

Nota prawna

REFUNDA, Maciocha i Stanko spółka komandytowa sporządziła niniejsze opracowanie z zachowaniem należytej staranności na podstawie informacji i dokumentów źródłowych udostępnionych przez Organizatora oraz Operatorów publicznego transportu zbiorowego.

Dane i informacje w niniejszym dokumencie są zgodne z aktualnymi danymi na październik 2021 r.

Spis treści

5 UŻYTE POJĘCIA, SKRÓTY I AKRONIMY

8 PODSTAWY PRZEPROWADZONEJ ANALIZY

- Uwarunkowania prawne
- Elektromobilność w dokumentach strategicznych
- Konsultacje społeczne
- Cel opracowania
- Podmiot opracowania

44 METODYKA ANALIZY

- Dane
- Zastosowane metody
- Procedura Analizy

52 ANALIZA OPCJI INWESTYCYJNYCH

- Wyznaczenie linii przeznaczonych do obsługi przez autobusy zeroemisyjne
- Analiza opcji inwestycyjnych
- Porównanie alternatywnych wariantów inwestycyjnych

72 WYNIKI ANALIZY

- Analiza finansowo-ekonomiczna
- Analiza społeczno-ekonomiczna
- Oszacowanie efektów środowiskowych związanych z emisją szkodliwych substancji dla środowiska naturalnego i zdrowia ludzi
- Efektywność ekonomiczno-społeczna

116 ANALIZA WRAŻLIWOŚCI

- Kluczowe zmienne krytyczne
- Wartości progowe zmiennych krytycznych

117 ANALIZA RYZYKA

- Czynniki ryzyka w projekcie
- Matryca ryzyka

122 WNIOSKI I REKOMENDACJE

123 SPISY

- Spis tabel
 - Spis wykresów
 - Spis rysunków
-

1. Użyte pojęcia, skróty i akronimy

AKK/ Analiza – Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych w publicznym transporcie zbiorowym organizowanym przez Górnośląsko-Zagłębiowską Metropolię.

AN – autobus niskopodłogowy jednoczłonowy o długości całkowitej od 8,5 m do 10,8 m.

Autobus zeroemisyjny – autobus w rozumieniu art. 2 pkt 41 Ustawy z dnia 20 czerwca 1997 r. Prawo 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 z dnia 20 czerwca 1997 r. Prawo o ruchu drogowym.

BEV – elektryczne pojazdy bateryjne.

BN – autobus niskopodłogowy jednoczłonowy o długości nadwozia ok. 12 m (nazywany zastępczo autobusem kategorii „B”).

CN – autobus niskopodłogowy przegubowy o długości nadwozia od 15 m do 18,75 m (nazywany zastępczo autobusem kategorii „C”).

CUPT – Centrum Unijnych Projektów Transportowych.

e-Bus – autobus z napędem elektrycznym.

EEV – norma emisji spalin, gdzie emisja cząstek sadzy jest około 50% niższa niż w przypadku wartości wymaganych przez EURO 5. EEV to termin używany w europejskich normach emisji dla definicji „czystego pojazdu”. Norma mieści się pomiędzy poziomami EURO 5 i EURO 6.

Elektryfikacja linii – przeznaczenie linii komunikacyjnej do obsługi autobusami zeroemisyjnymi.

EV – pojazdy o napędzie elektrycznym.

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

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

FCEV – elektryczne samochody wodorowe.

Fłota użytkowanych pojazdów – łączna liczba użytkowanych autobusów i trolejbusów, w tym autobusów zeroemisyjnych, z uwzględnieniem autobusów i trolejbusów rezerwowych, służących wykonywaniu przewozów dla danego organizatora, z wyłączeniem pojazdów szynowych (tramwajów).

GUS – Główny Urząd Statystyczny.

GZM/ Metropolia – Górnośląsko-Zagłębiowska Metropolia – związek metropolitalny utworzony rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 26 czerwca 2017 r. w sprawie utworzenia w województwie śląskim związku metropolitalnego (Dz. U. 2017 r. poz. 1290). Związek zrzesza 41 gmin i pełni rolę organizatora transportu publicznego na ich obszarze.

hBus – autobus z napędem hybrydowym.

HEV – silnik spalinowy połączony z silnikiem elektrycznym, bez możliwości doładowania baterii energią elektryczną z zewnętrznego źródła.

Inwestycja – zakup taboru zeroemisyjnego.

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

Kolej Metropolitalna (KM) – planowany system transportu kolejowego realizujący metropolitalne przewozy pasażerskie na obszarze Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii.

Komunikacja miejska – gminne przewozy pasażerskie wykonywane w granicach administracyjnych miasta albo miasta i gminy, miast, albo miast i gmin sąsiadujących – jeżeli zostało zawarte porozumienie lub został utworzony związek międzygminny w celu wspólnej realizacji publicznego transportu zbiorowego, a także metropolitalne przewozy pasażerskie.

kWh – kilowatogodzina.

KZK GOP – Komunikacyjny Związek Komunalny Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego.

Linia komunikacyjna – połączenie komunikacyjne na sieci dróg publicznych albo liniach kolejowych, innych szynowych, linowych, linowo-terenowych, albo akwenach morskich lub wodach śródlądowych wraz z oznaczonymi miejscami do wsiadania i wysiadania pasażerów na liniach komunikacyjnych, po których odbywa się publiczny transport zbiorowy.

MAXI – autobus jednoczłonowy o długości ok. 12 m.

Metropolitalne przewozy pasażerskie – przewóz osób w ramach publicznego transportu zbiorowego wykonywany w granicach związku metropolitalnego; inne niż gminne, powiatowe, powiatowo-gminne, wojewódzkie i międzywojewódzkie.

MEGA – autobus o długości od 15 m do 18,75 m.

MN – autobus niskopodłogowy jednoczłonowy o długości całkowitej do 8,5 m.

MIDI – autobus jednoczłonowy o długości od 8,5 m do 10,8 m.

MZK Tychy – Miejski Zarząd Komunikacji w Tychach.

MINI – autobus jednoczłonowy o długości do 8,5 m.

MWh – megawatogodzina.

MZKP Tarnowskie Góry – Międzygminny Związek Komunikacji Pasażerskiej w Tarnowskich Górach.

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

Operator (publicznego transportu zbiorowego) – samorządowy zakład budżetowy oraz przedsiębiorca uprawniony do prowadzenia działalności gospodarczej w zakresie przewozu osób, który zawarł z organizatorem publicznego transportu zbiorowego umowę o świadczenie usług w zakresie PTZ, na linii komunikacyjnej określonej w umowie.

Operatorzy – przedsiębiorcy świadczący usługi publicznego transportu zbiorowego na terenie, na którym organizatorem publicznego transportu zbiorowego jest Zarząd Transportu Metropolitalnego, tj.: A21 Sp. z o.o., ASKA Joanna Kałek, City Line 2, ELBUD Sp.j., F.P.H.U. M. Kurkowska, Feniks V Sp. z o.o., LZ A i M Lazar Sp. j., Meteor Sp. z o.o., Murgór Trans, Nowak Transport, P.H.U. Tadeusz Rzymek, Kłosok 1 Sp. z o.o., PKM Gliwice Sp. z o.o., PKM Katowice Sp. z o.o., PKM Sosnowiec Sp. o.o., PKM Świerklaniec Sp. z o.o., PKM Tychy Sp. z o.o., PKS Południe Sp. z o.o., TLT Tychy, Tramwaje Śląskie S.A., Transgór S.A., U.P. Lucjan Brożek, U.T. Krzysztof Pawelec, UTiE INTRANS, V-BUS Sp. z o.o., P.T. Łukasz Łach, EUROZEBRA Sp. z o.o.

Organizator (publicznego transportu zbiorowego) – właściwa jednostka samorządu terytorialnego lub minister właściwy ds. transportu zapewniający funkcjonowanie publicznego transportu zbiorowego na danym obszarze; tu: Górnośląsko-Zagłębiowska Metropolia, w imieniu której działa Zarząd Transportu Metropolitalnego.

Parking Park&Ride (parking P+R) – parking zlokalizowany w pobliżu przystanku lub stacji kolejowej umożliwiający pozostawienie samochodu osobowego i kontynuowanie dalszej podróży z wykorzystaniem publicznego transportu zbiorowego. W opracowaniu stosuje się również określenie system P&R, co odnosi się do sieci tego typu infrastruktury.

Parking Bike&Ride (parking B+R) – parking zlokalizowany w pobliżu przystanku lub stacji kolejowej umożliwiający pozostawienie roweru i kontynuowanie dalszej podróży z wykorzystaniem publicznego transportu zbiorowego. W opracowaniu stosuje się również określenie system B&R co odnosi się do sieci tego typu infrastruktury.

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 obszaru Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii oraz gmin, z którymi zawarto porozumienie w sprawie powierzenia Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii zadania własnego gmin, tj. pełnienia funkcji organizatora publicznego transportu zbiorowego.*

Pojazd elektryczny – pojazd samochodowy w rozumieniu art. 2 pkt 33 Ustawy z dnia 20 czerwca 1997 r. Prawo 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 Ustawy z dnia 20 czerwca 1997 r. Prawo 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.

Pojazd samochodowy – pojazd silnikowy, którego konstrukcja umożliwia jazdę z prędkością przekraczającą 25 km/h; określenie to nie obejmuje ciągnika rolniczego.

PTZ / publiczny transport zbiorowy – powszechnie dostępny regularny przewóz osób wykonywany w określonych odstępach czasu i po określonej linii komunikacyjnej, liniach komunikacyjnych lub sieci komunikacyjnej.

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.

Punkt ładowania – urządzenie umożliwiające ładowanie pojedynczego pojazdu elektrycznego, pojazdu hybrydowego i autobusu zeroemisyjnego oraz miejsce, w którym wymienia się lub ładuje akumulator służący do napędu tego pojazdu; punkt ładowania może być normalnej mocy (do 22 kW) lub dużej mocy (o mocy większej niż 22 kW).

Prędkość eksploatacyjna – stosunek przebytej drogi do czasu pracy pojazdu z uwzględnieniem czasów postoju na przystankach pośrednich i przystankach krańcowych.

Prędkość komunikacyjna – stosunek przebytej drogi do czasu pracy pojazdu z uwzględnieniem czasów postoju na przystankach pośrednich.

Przewoźnik – przedsiębiorca uprawniony do prowadzenia działalności gospodarczej w zakresie przewozu osób na podstawie zgłoszenia przewozu, a w transporcie kolejowym – przewoźnik kolejowy wykonujący przewóz osób na podstawie umowy o świadczenie usług publicznych albo decyzji o przyznaniu dostępu.

Przewóz o charakterze użyteczności publicznej – powszechnie dostępna usługa w zakresie publicznego transportu zbiorowego wykonywana przez operatora publicznego transportu zbiorowego w celu bieżącego i nieprzerwanego zaspokajania potrzeb przewozowych społeczności na danym obszarze.

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

Tabor zeroemisyjny – pojazd, który podczas jazdy nie emituje żadnych zanieczyszczeń. Pojazdami zeroemisyjnymi są np. autobusy o napędzie elektrycznym, ale też zasilane ogniwami wodorowymi, w których podczas generowania energii powstaje tylko woda.

TLT – Tyskie Linie Trolejbusowe sp. z o.o.

Transport niskoemisyjny – transport oparty o pojazdy niskoemisyjne, tj. pojazdy napędzane paliwami alternatywnymi, w szczególności gazem ziemnym.

UE – Unia Europejska.

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

Stacja ładowania – urządzenie budowlane obejmujące punkt ładowania o normalnej mocy lub punkt ładowania o dużej mocy, związane z obiektem budowlanym, lub wolnostojący obiekt budowlany z zainstalowanym co najmniej jednym punktem ładowania o normalnej mocy lub punktem ładowania o dużej mocy - wyposażone w oprogramowanie umożliwiające świadczenie usług ładowania, wraz ze stanowiskiem postojowym oraz instalacją prowadzącą od punktu ładowania do przyłącza elektroenergetycznego.

Wzkm – wozokilometr.

Zarząd Transportu Metropolitalnego / ZTM – jednostka organizacyjna Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii, której przedmiotem działania jest wykonywanie zadań w zakresie organizowania, planowania i zarządzania publicznym transportem zbiorowym na obszarze gmin GZM oraz gmin, z którymi zawarto porozumienie w sprawie powierzenia Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii zadania organizatora publicznego transportu zbiorowego.

Zintegrowany węzeł przesiadkowy (zamiennie stosowane w opracowaniu terminy: węzeł przesiadkowy, centrum przesiadkowe) – miejsce umożliwiające dogodną zmianę środka transportu wyposażone w niezbędną dla obsługi podróżnych infrastrukturę, w szczególności: miejsca postojowe, przystanki komunikacyjne, punkty sprzedaży biletów, systemy informacyjne umożliwiające zapoznanie się zwłaszcza z rozkładem jazdy, linią komunikacyjną lub siecią komunikacyjną.

Zrównoważony transport – idea efektywnej, ekonomicznej i ekologicznej komunikacji.

2 Podstawy przeprowadzonej Analizy

2.1 Uwarunkowania prawne





Polska energetyka potrzebuje pilnych interwencji, aby jak najszybciej sprostać restrykcyjnym wymogom środowiskowym i klimatycznym, postawionym przez Unię Europejską. W związku z powyższym już od kilku lat kwestie elektromobilności są regulowane przez krajowego prawodawcę. Wynika to także z rosnącej świadomości społecznej w dziedzinie ochrony środowiska i zdobywającej coraz większą popularność koncepcji „zielonej gospodarki” ukierunkowanej nie tylko na rozwój inwestycyjny, ale przede wszystkim na dbanie o lokalny ekosystem.

W celu stworzenia dogodnych warunków do rozwoju elektromobilności, między innymi w przedsiębiorstwach komunikacji miejskiej, w 2017 r. polski rząd przyjął *Plan Rozwoju Elektromobilności*. Do osiągnięcia postawionych sobie celów w *Krajowych ramach polityki rozwoju*, jak i w nadmienionym *Planie Rozwoju Elektromobilności* ustawodawca wprowadził w życie w 2018 r. Ustawę o elektromobilności¹, która stanowi również transpozycję *Dyrektywy 2014/94/UE*.

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/1161 z dnia 20 czerwca 2019 r. zmieniająca dyrektywę 2009/33/WE w sprawie promowania ekologicznie czystych i energooszczędnych pojazdów transportu drogowego wskazała minimalne poziomy docelowe udziału zamówień na ekologicznie czyste pojazdy ciężkie w całkowitej liczbie pojazdów ciężkich objętych zamówieniami, o których mowa w art. 3 niniejszej Dyrektywy. W związku z powyższym Polska została zobowiązana, aby w okresie od 02.08.2021 r. do 31.12.2025 r. liczba czystych pojazdów w całkowitej liczbie pojazdów ciężkich objętych zamówieniami wynosiła 32% zamówienia, natomiast w terminie 01.01.2026 r. – 31.12.2030 r. 64%.

Natomiast polski ustawodawca, w Ustawie o elektromobilności i paliwach alternatywnych, nałożył obowiązek 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.

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%

Decyzja o opłacalności wprowadzenia pojazdów zeroemisyjnych do floty użytkowanych pojazdów w komunikacji miejskiej będzie wynikać z analizy kosztów i korzyści, o której mowa w art. 37 UoEiPA.

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

MZK w Tychach, KZK GOP oraz MZKP Tarnowskie Góry, pełniąc w 2018 funkcję organizatorów przewozów o charakterze użyteczności publicznej, były zatem ustawowymi jednostkami zobowiązanymi do sporządzenia analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych.

Pierwsza *Analiza kosztów i korzyści wykorzystywania pojazdów elektrycznych w komunikacji miejskiej organizowanej przez MZKP Tarnowskie Góry* została wykonana zgodnie z UoEiPA w 2018 r. Analiza ta wykazała, że wdrożenie na obszarze Międzygminnego Związku Komunikacji Pasażerskiej zeroemisyjnego transportu zbiorowego opartego o system autobusu elektrycznego w okresie najbliższych 36 miesięcy od dnia sporządzenia analizy jest nieuzasadnione z punktu widzenia finansowego i ekonomicznego.

Pierwsza *Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem pojazdów zeroemisyjnych w komunikacji miejskiej organizowanej przez Miejski Zarząd Komunikacji w Tychach* została wykonana zgodnie z UoEiPA w 2018 r. Przedmiotowa analiza wykazała, że w przypadku MZK Tychy koszty wprowadzenia do użytku pojazdów zeroemisyjnych przewyższą potencjalne korzyści.

Pierwsza *Analiza kosztów i korzyści wykorzystywania pojazdów elektrycznych w komunikacji miejskiej organizowanej przez KZK GOP* została wykonana zgodnie z UoEiPA w 2018 r. Przedmiotowa analiza wykazała, że w wyniku wdrożenia elektromobilności korzyści środowiskowe nie skompensują nakładów inwestycyjnych i przewidywanych kosztów operacyjnych niezależnie od przyjętego wariantu, co wskazuje na brak uzasadnienia ekonomiczno-społecznego realizacji analizowanego przedsięwzięcia.

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.

Jednakże Ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych 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 (art. 37 ust. 1).

Powołany przez Górnośląsko-Zagłębiowską Metropolię w 2017 r.² Zarząd Transportu Metropolitalnego powstał z połączenia działających dotychczas na terenie Śląska i Zagłębia systemów komunikacji miejskiej, co spowodowało, że ZTM jest największym pod wieloma względami organizatorem transportu w Polsce. W związku z czym niniejsza Analiza obejmuje przestrzennie zakres działalności byłych organizatorów, tj. MZK w Tychach, MZKP Tarnowskie Góry oraz KZK GOP.

Dodatkowo nadmienić należy, iż niniejsza Analiza jest podstawą aktualizacji planów transportowych Organizatora publicznego transportu zbiorowego. Wyniki dokumentu są kluczowe dla Organizatora w zakresie przyjmowanych kryteriów jakościowych świadczenia usług przez Operatorów, z punktu widzenia preferowanego taboru autobusowego na obszarze objętym niniejszą Analizą.

² ZTM został powołany do życia Uchwałą nr III/16/2017 z dnia 22 listopada 2017 r. z mocą obowiązywania od dnia 1 stycznia 2018 r.

2.2 Elektromobilność w dokumentach strategicznych

2.2.1 Elektromobilność w strategiach Unii Europejskiej

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 którym 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 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.

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.

2.2.2 Elektromobilność w dokumentach krajowych

Polityka Polski znajduje swoje potwierdzenie w krajowych dokumentach strategicznych takich jak:

◆ **Strategia na Rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju**⁷; 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 r.**⁸; została przyjęta 24 września 2019 r. 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 alternatywnych**¹⁰; 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 2020 roku (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 Transportu do 2030 roku”, Warszawa 2019 r.

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.

2.3 Konsultacje społeczne

Niniejsza *Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych w publicznym transporcie zbiorowym organizowanym przez Górnśląsko-Zagłębiowską Metropolię* poddana została trzytygodniowym konsultacjom społecznym, które trwały od 27.10.2021 r. do 17.11.2021 r. – 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.).

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

W ramach procesu konsultacji społecznych dla mieszkańców wpłynęły dwie uwagi, które nie zostały uwzględnione w przedmiotowym dokumencie.

Protokół z konsultacji społecznych stanowi Załącznik nr 3 do niniejszego opracowania.

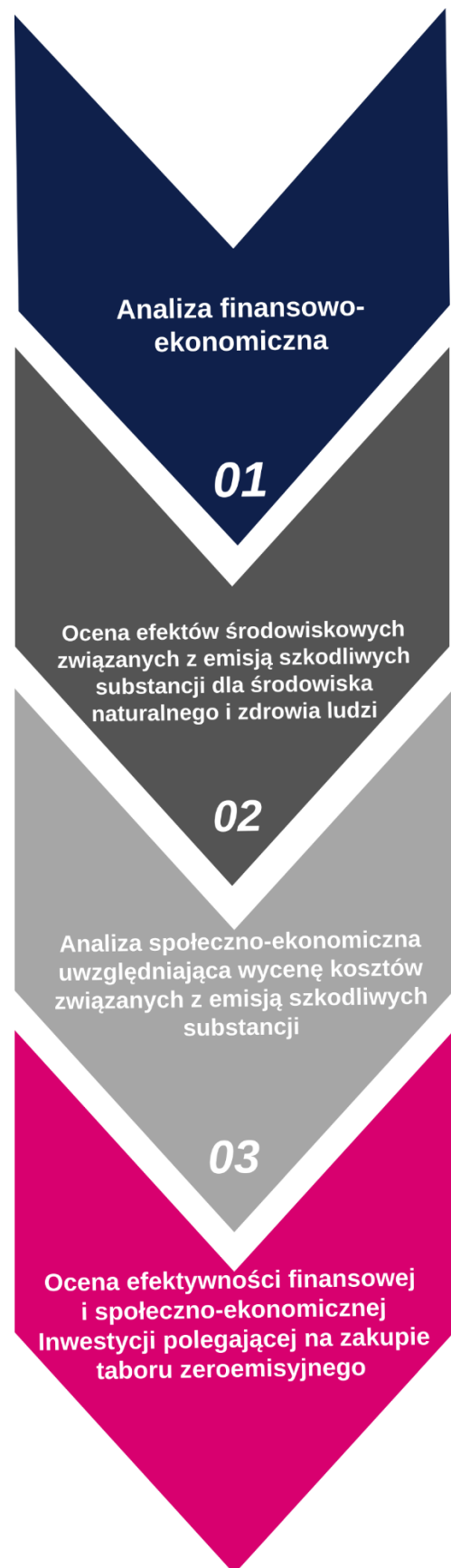
Opracowana i poddana konsultacjom społecznym Analiza, zgodnie z art. 37 ust. 4, została przekazana: ministrowi właściwemu do spraw energii, ministrowi właściwemu do spraw gospodarki i ministrowi właściwemu do spraw środowiska.

2.4 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.**



2.5 Podmiot opracowania

Data utworzenia



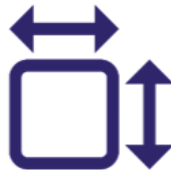
1 lipca 2017 r.

Liczba ludności



2,230 mln

Powierzchnia



2 554 km²

Gęstość zaludnienia

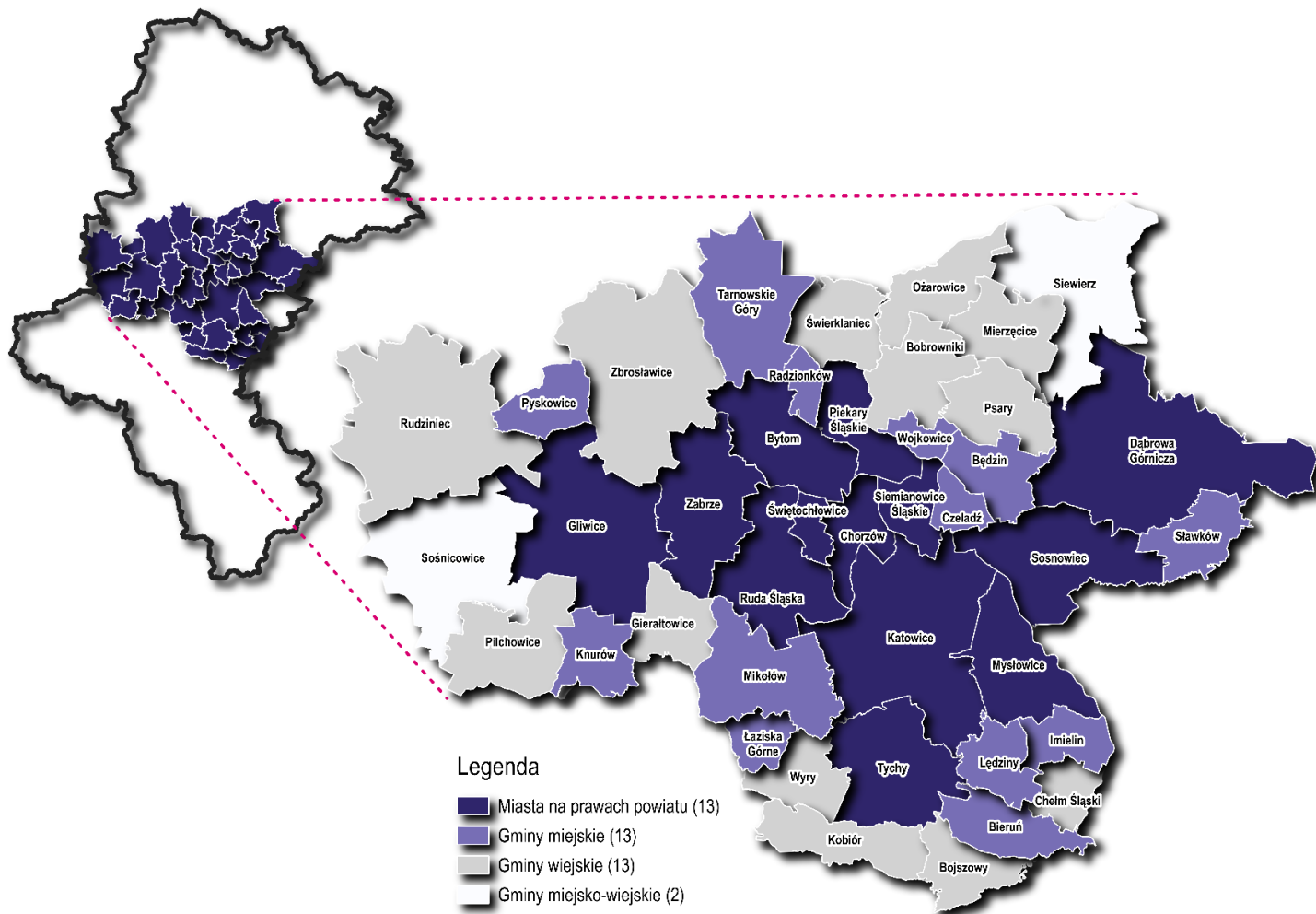


873 os./km²

Siedziba



Katowice

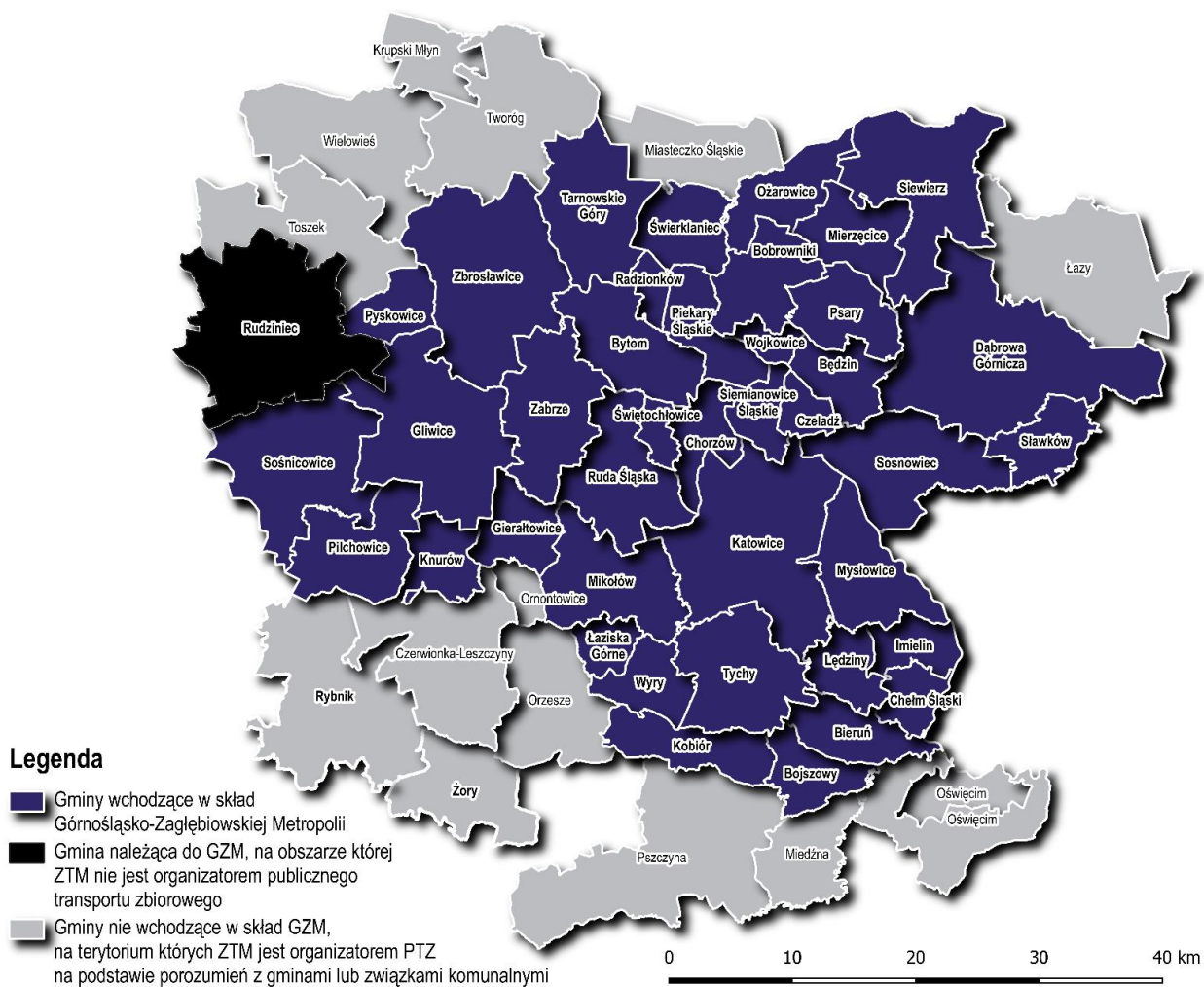


Rysunek 1. Lokalizacja Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii

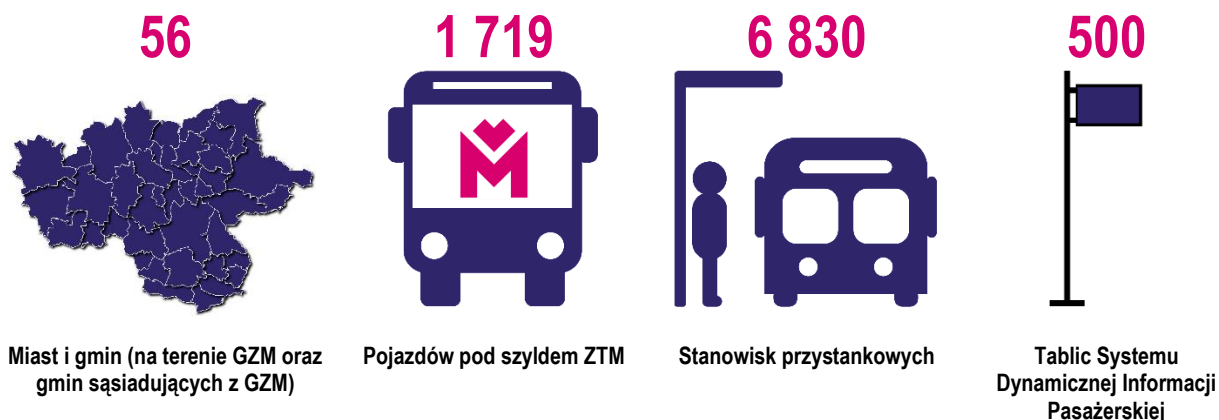
Źródło: opracowanie własne.

Górnośląsko-Zagłębiowska Metropolia zrzesza 41 gmin i miast centralnej części województwa śląskiego i poprzez swoją jednostkę – Zarząd Transportu Metropolitalnego – realizuje zadania polegające na planowaniu, organizowaniu i zarządzaniu publicznym transportem zbiorowym. Podstawowym zadaniem publicznego transportu zbiorowego organizowanego przez ZTM jest zapewnienie

pasażerskich usług przewozowych na obszarze GZM oraz gmin, z którymi zawarto stosowne porozumienia. Lokalizację wszystkich gmin GZM oraz gmin, z którymi zawarto porozumienie w sprawie powierzenia Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii zadania własnego gmin, tj. pełnienia funkcji organizatora publicznego transportu zbiorowego przedstawiono na Rysunku 2.



Rysunek 2. Lokalizacja wszystkich gmin GZM oraz gmin, z którymi zawarto porozumienie w sprawie powierzenia Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii zadania własnego gmin, tj. pełnienia funkcji organizatora publicznego transportu zbiorowego
 Źródło: opracowanie własne.



System publicznego transportu zbiorowego organizowany przez ZTM jest największym w Polsce pod względem obsługiwanego obszaru oraz liczby linii komunikacyjnych (464 linie¹¹). System publicznego transportu zbiorowego organizowanego przez ZTM można podzielić na następujące podsystemy:

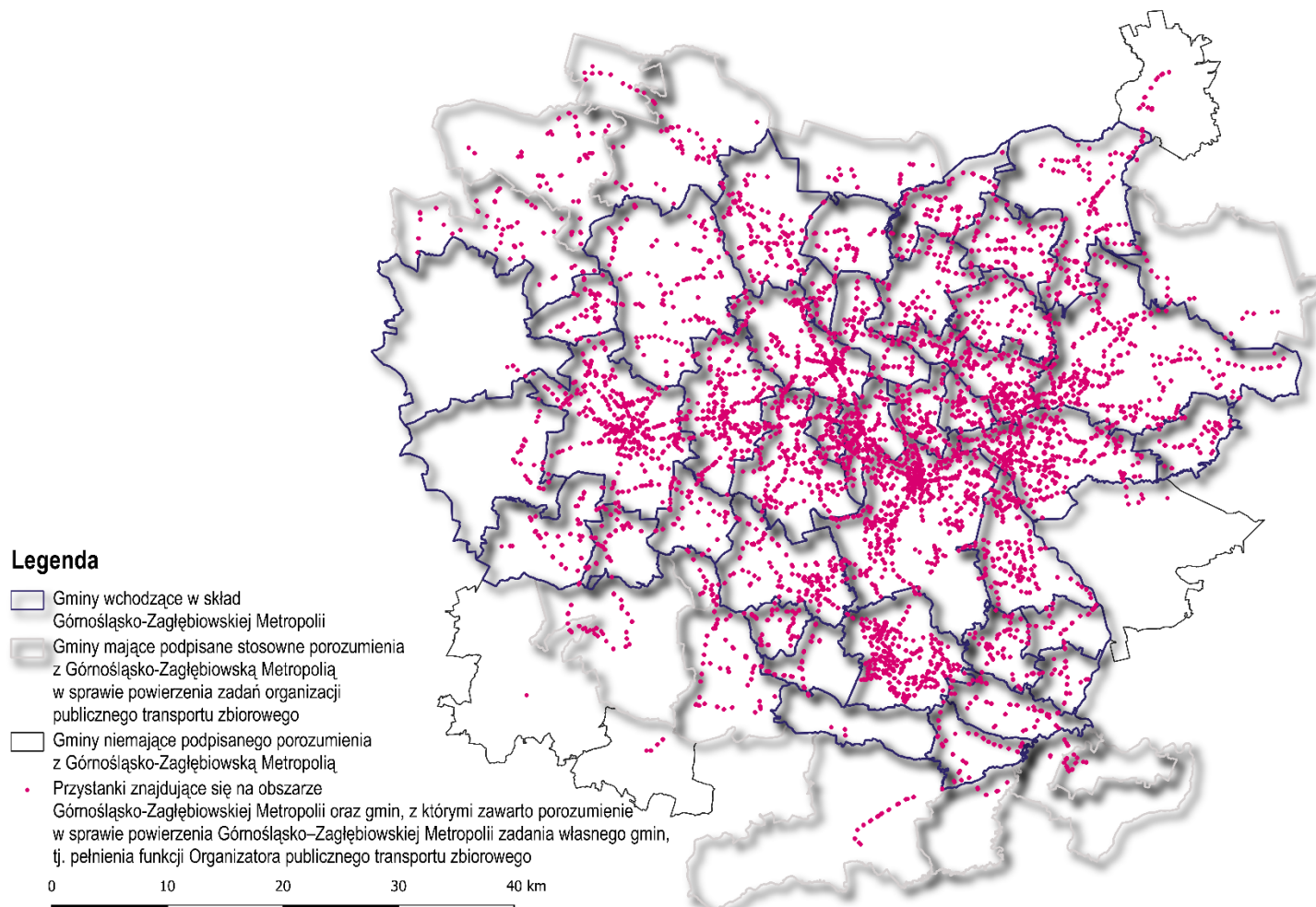
- ◆ transportu autobusowego;
- ◆ transportu tramwajowego;
- ◆ transportu trolejbusowego.

Na obszarze, na którym Organizatorem publicznego transportu zbiorowego jest GZM, funkcjonują łącznie 3 284 przystanki, z czego na samym terenie GZM jest łącznie 3 028. Pojazdy kursujące na zlecenie ZTM obsługują 6 830 stanowisk przystankowych¹² na obszarze 41 gmin GZM¹³ oraz 15 gmin, z którymi zawarto porozumienie w sprawie powierzenia GZM zadania własnego gmin, tj. pełnienia funkcji organizatora publicznego transportu zbiorowego.

¹¹ Stan na sierpień 2021 r.

¹² 605 stanowisk tramwajowych; 94 przystanki trolejbusowe.

¹³ ZTM nie jest organizatorem publicznego transportu zbiorowego na obszarze gminy Rudziniec, która usługi użyteczności publicznej w zakresie transportu organizuje samodzielnie.



Rysunek 3. Sieć stanowisk przystankowych na terenie Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii oraz gmin, z którymi zawarto porozumienie w sprawie powierzenia Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii zadania własnego gmin, tj. pełnienia funkcji organizatora publicznego transportu zbiorowego

Źródło: opracowanie własne z wykorzystaniem otwartych danych ZTM.

Na terenie Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii funkcjonuje 22 Operatorów świadczących usługi na sieci autobusowej, tramwajowej i trolejbusowej. Dominujący udział w rynku transportu autobusowego posiadają podmioty komunalne, które odpowiedzialne są za realizację ponad 60% wielkości pracy eksploatacyjnej. Pozostałe przewozy realizowane są przez przedsiębiorstwa prywatne, które często realizują zadania operatorskie w formie konsorcjów, które zostały zawiązane w celu realizacji określonych zadań przewozowych. Operatorzy obsługują pojedyncze linie lub pakiety linii.

W zakresie rynku publicznego transportu zbiorowego organizowanego przez ZTM można wskazać następujące podmioty komunalne:

- ◆ Tramwaje Śląskie S.A. – akcjonariuszami są gminy, na terenie których spółka realizuje przewozy tj.: Bytom, Chorzów, Czeladź, Dąbrowa Górnicza, Gliwice, Katowice, Mysłowice, Ruda Śląska, Siemianowice Śląskie, Sosnowiec, Świętochłowice, Zabrze;
- ◆ Tyskie Linie Trolejbusowe Sp. z o.o. – właścicielem jest gmina Tychy;

- ◆ Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Sosnowcu – właścicielem są gminy: Sosnowiec, Dąbrowa Górnicza, Będzin, Czeladź oraz GZM;
- ◆ Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Katowice Sp. z o.o. – właścicielem są gminy: Katowice, Siemianowice Śląskie, Chorzów;
- ◆ Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Gliwicach – właścicielem są gminy: Gliwice, Zabrze, Knurów, Gierałtowiec, Zbrostawice oraz GZM;
- ◆ Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Tychach – właścicielem jest gmina Tychy oraz GZM;
- ◆ Przedsiębiorstwo Komunikacji Metropolitalnej Sp. z o.o. w Świerklańcu – właścicielem jest GZM.

Szczegółowy wykaz Operatorów wraz z liniami, które są przez nich obsługiwane został zawarty w Tabeli 1.

Tabela 1. Wykaz Operatorów wraz z numerami linii świadczących obecnie usługi na terenie GZM oraz Gmin, które zawarły z GZM porozumienie na organizację PTZ (stan na 21.10.2021 r.)

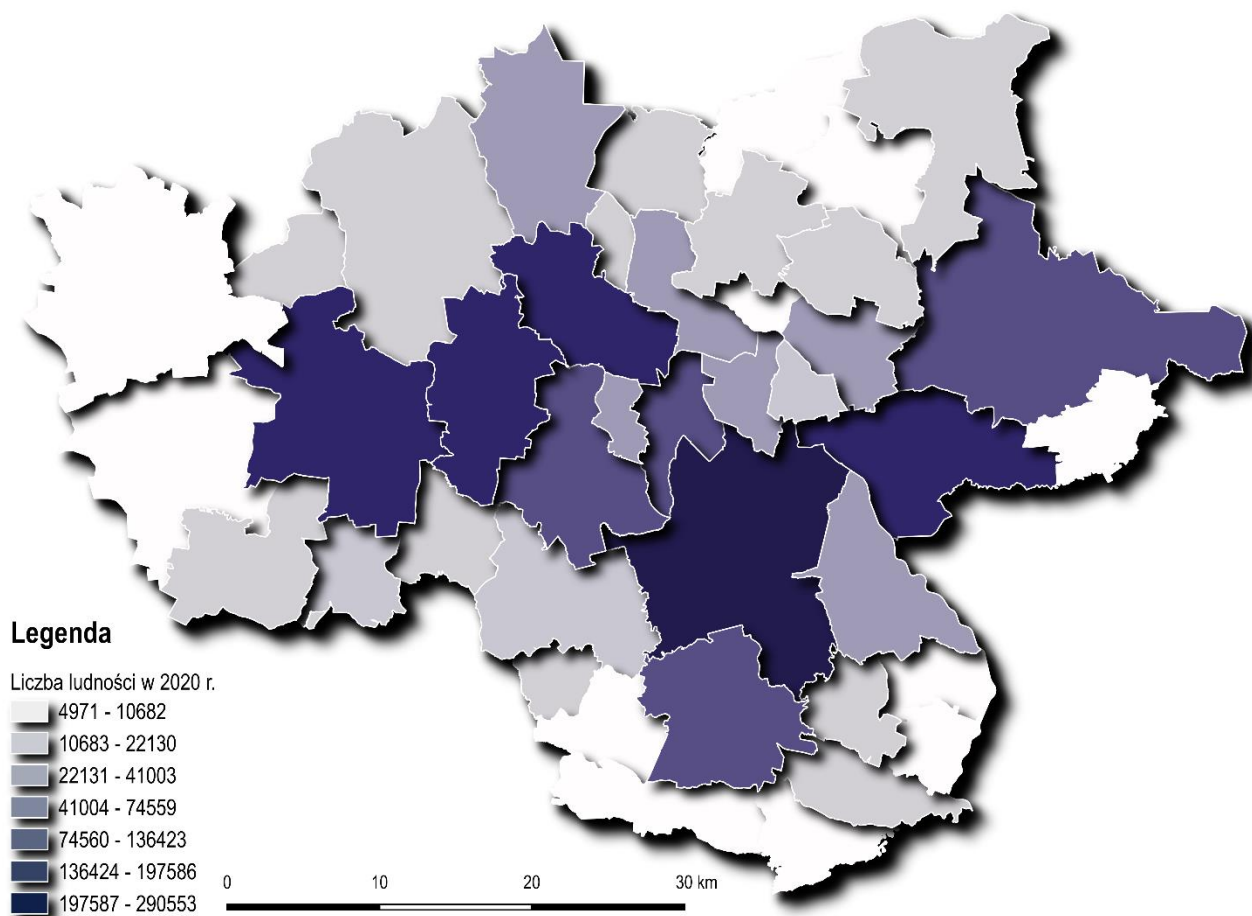
Lp.	Operator	Obsługiwane linie komunikacyjne
1.	A21 Sp. z o.o. Żory	96, 231, 672, 672N
2.	City-Line 2 Sp. z o.o.	647, 982
3.	EUROZEBRA Sp. z o.o.	900
4.	FPHU Małgorzata Kurkowska	949, 959
5.	INTRANS Usługi Transportowe i Edukacyjne	916, 922, 937, 973, T-14
6.	Kłosok Sp. z o.o., Sp. k.	89, 111, 147, 232, 234, 242, 243, 636, 850, 954, 998
7.	Konsorcjum (Feniks V Sp. z o.o., PKS S.A. Żary)	86, 286
8.	Konsorcjum (INTRANS Usługi Transportowe i Edukacyjne, Krzysztof Pawelec Usługi Transportowe)	921
9.	Konsorcjum (Kłosok Sp. z o.o., Sp. k., METEOR Sp. z o.o., Usługi Transportowe Pawelec Krzysztof)	23
10.	Konsorcjum (Kłosok Sp. z o.o., Sp. k., Pawelec, A21, PKS Południe)	AP1, AP2, AP3, AP4
11.	Konsorcjum (Krzysztof Pawelec Usługi Transportowe, INTRANS Usługi Transportowe i Edukacyjne, Usługi Przewozowe Lucjan Brożek)	901
12.	Konsorcjum (Krzysztof Pawelec Usługi Transportowe, Kłosok Sp. z o.o., Sp. k., ASKA Joanna Kałek, Transport Benedykt Nowak)	39, 121, 127, 139, 167, 183, 201, 227, 623, 623N
13.	Konsorcjum (Krzysztof Pawelec Usługi Transportowe, Przedsiębiorstwo Komunikacji Metropolitalnej Sp. z o.o.)	M3
14.	Konsorcjum (Krzysztof Pawelec Usługi Transportowe, Przedsiębiorstwo Przewozowe Małgorzata Trestka)	148, 185

15.	Konsorcjum (LZ Lazar Spółka Jawna, PKS Południe Sp. z o.o., A21 Sp. z o.o.)	860
16.	Konsorcjum (METEOR Sp. z o.o., IREX-1 Sp. z o.o.)	22, 25, 73, 169, 176, 600, 663, 880
17.	Konsorcjum (METEOR Sp. z o.o., IREX-1 Sp. z o.o., Krzysztof Pawelec Usługi Transportowe)	118
18.	Konsorcjum (METEOR Sp. z o.o., Usługi Przewozowe IREX)	M4
19.	Konsorcjum (Meteor Sp. z o.o., IREX-1 Sp. z o.o., TRANSGÓR S.A.)	155, 255
20.	Konsorcjum (PKM w Świerklańcu Sp. z o.o., Transport Benedykt Nowak, T. Rzemek)	3, 5, 17, 19, 53, 64, 78, 83, 85, 87, 94, 103, 105, 112, 119, 129, 134, 142, 143, 145, 151, 152, 153, 158, 173, 174, 179, 180, 189, 191, 192, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 225, 246, 283, 289, 614, 615, 625, 646, 670, 671, 712, 717, 736, 737, 738, 739, 742, 743, 747, 748, 780, 791
21.	Konsorcjum (PKS Południe Sp. z o.o., Krzysztof Pawelec Usługi Transportowe, A21)	79, 107, 125, 200, 721, 722, 904N
22.	Konsorcjum (PKS Południe Sp. z o.o., S.J. LZ Apolinary Lazar, Marcin Lazar)	969
23.	Konsorcjum (S.J. LZ Apolinary Lazar, Marcin Lazar, PKS Południe Sp. z o.o.)	140, 222, 609, 619, 634, 637, 664, 665
24.	Konsorcjum (S.J. LZ Apolinary Lazar, Marcin Lazar, Transport Benedykt Nowak, PKS Południe Sp. z o.o.)	52, 164, 264, 700
25.	Konsorcjum (Transgór S.A., Elbud Sp. J, Meteor Sp. z o.o.)	166, 219, 223, 995
26.	Konsorcjum (Transport Benedykt Nowak, METEOR Sp. z o.o.)	146
27.	Konsorcjum (V-BUS Sp. z o.o., A21 Sp. z o.o.)	51, 154
28.	Krzysztof Pawelec Usługi Transportowe	15, 20, 41, 67, 92, 97, 113N, 132, 135, 144, 165, 184, 198, 199, 270, 292, 608, 708, 720, 735, 912, 913
29.	MURGÓR-TRANS Sp. z o.o.	224, 924
30.	PKS Południe Sp. z o.o.	2A*
31.	Przedsiębiorstwo Komunikacji Metropolitalnej Sp. z o.o. w Świerklańcu	80, 114, 168, 250, 288, 750, M102, T-11, T-17, T-40, T-47
32.	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Gliwicach	6, 8, 32, 32N, 47, 57, 58, 59, 60, 60N, 71, 81, 93, 120, 126, 156, 178, 186, 187, 194, 194N, 195, 197, 202, 236, 259, 280, 617, 617N, 624, 648, 650, 659, 669, 676, 677, 692, 692N, 699, 702, 710, 840, 840N, 932, A4, A4N, M1, M24
33.	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Katowicach	0, 7, 7N, 9, 10, 11, 12, 13, 30, 30N, 37, 43, 44, 46, 48, 50, 66, 70, 72, 74, 76, 76N, 108, 109, 110, 115, 130, 130N, 133, 138, 149, 170, 177, 190, 193, 196, 296, 297, 297N, 632, 653, 657, 657N, 662, 673, 674, 688, 689, 830, 905N, 906N, 910, 911, 911N, 931, 940, 950, 974, M24, M101, Z-1
34.	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Sosnowcu	16, 18, 24, 26, 27, 28, 34, 35, 40, 52, 49, 55, 61, 84, 88, 90, 91, 99, 100, 104, 106, 116, 150, 160, 160S, 175, 182, 188, 220, 221, 235, 237, 260, 269, 275, 299, 603, 604, 605, 606, 616, 622, 635, 644, 690, 716, 723, 769, 800, 805, 807, 808, 813, 814, 817, 818, 835, 902N, 903M, 928, 935, 984, M2, M4
35.	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Tychach	1, 1N, 2, 4, 14, 21, 29, 31, 33, 36, 45, 56, 65, 69, 75, 82, 95, 101, 128, 131, 137, 157, 181, 245, 252, 253, 254, 262, 268, 273, 274, 294, 505, 515, 525, 536, 551, 554, 620, 627, 655, 686, 696, 972, J, K, L, M18, M22, M108, P, R, S, Sz2, Sz3, Sz4, W
36.	Przedsiębiorstwo Transportowe Łukasz Łach	159
37.	Tramwaje Śląskie S.A.	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 35, 36, 38, 43, 45, 46, 49, T-3, T-6
38.	TRANSGÓR S.A.	162, 230, 695, 788, 920, 930
39.	Transport Benedykt Nowak	98
40.	Tyskie Linie Trolejbusowe Sp. z o.o.	A, B, C, D, E, F, G, H
41.	Usługi Przewozowe Lucjan Brożek	102, 707

*na linii honorowane są bilety ZTM. Organizatorem linii jest gmina Myszków.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych na stronie <https://ri.metropoliaztm.pl/operatorzy/> [dostęp: 21.10..2021 r.].

2.5.1. Charakterystyka społeczno-gospodarcza obszaru objętego niniejszą Analizą



Rysunek 4. Liczba ludności na obszarze Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii
 Źródło: opracowanie własne na podstawie ogólnodostępnych danych GUS. Stan na 31.12.2020 r.

Tabela 2. Struktura liczby ludności na obszarze Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii

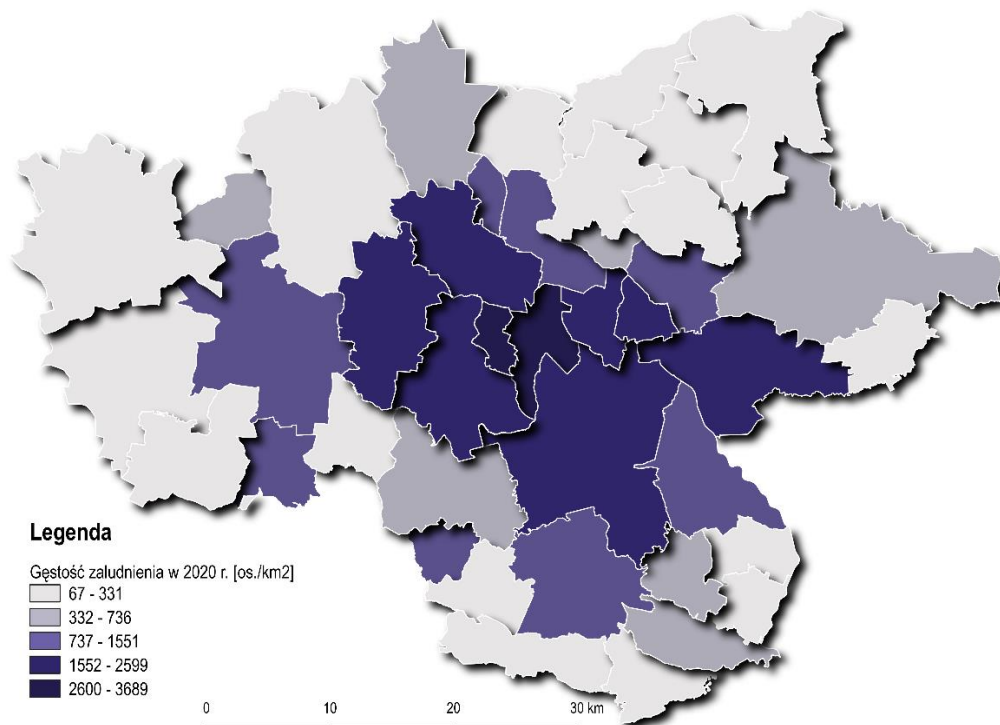
Gmina/miasto	w wieku przedprodukcyjnym – 14 lat i mniej	w wieku produkcyjnym: 15–59 lat kobiety, 15–64 lata mężczyźni	w wieku poprodukcyjnym	Razem
Będzin	7590	33754	14664	56008
Bieruń	3125	12472	3778	19375
Bobrowniki	1670	7362	3090	12122
Bojszowy	1535	5199	1311	8045
Bytom	21867	101107	40281	163255
Chełm Śląski	1038	4013	1352	6403
Chorzów	15752	65868	25226	106846
Czeladź	3969	18412	8658	31039
Dąbrowa Górnicza	15775	70607	31903	118285
Gierałtowiec	2137	7580	2535	12252
Gliwice	25553	106276	45220	177049
Imielin	1604	5837	1828	9269
Katowice	37962	174741	77850	290553

Knurów	5875	23482	8444	37801
Kobiór	811	3126	1034	4971
Lędziny	2803	10876	3052	16731
Łaziska Górne	3487	13951	4692	22130
Mierzęcice	1076	4787	1760	7623
Mikołów	6800	25100	9103	41003
Mysłowice	11681	46753	16125	74559
Ożarowice	850	3664	1292	5806
Piekary Śląskie	7801	33502	13399	54702
Pilchowice	2053	7736	2349	12138
Psary	1717	7542	3009	12268
Pyskowice	2569	11582	4304	18455
Radzionków	2421	10433	4049	16903
Ruda Śląska	21063	84579	30781	136423
Rudziniec	1572	6892	2218	10682
Siemianowice Śląskie	9388	40149	16733	66270
Siewierz	1805	7564	3018	12387
Stawków	944	4242	1749	6935
Sosnowiec	24445	116702	56439	197586
Sośnicowice	1336	5625	1945	8906
Świerklaniec	1989	7941	2575	12505
Świętochłowice	6984	30112	12012	49108
Tarnowskie Góry	9176	37348	15232	61756
Tychy	19109	76117	31645	126871
Wojkowice	1150	5479	2248	8877
Wry	1664	5493	1443	8600
Zabrze	22887	106712	41325	170924
Zbrosławice	2470	10454	3461	16385

Źródło: opracowanie własne na podstawie ogólnodostępnych danych GUS. Stan na 31.12.2020 r.

W poszczególnych gminach wchodzących w skład GZM sytuacja pod względem demograficznym jest zróżnicowana. Największa liczba mieszkańców odnotowana została w Katowicach, Gliwicach, Zabrze, Bytomiu i Sosnowcu. Natomiast największą gęstość zaludnienia obserwuje się w Świętochłowicach, Chorzowie, Siemianowicach Śląskich, Bytomiu, Sosnowcu i Zabrze. Najmniejszą gęstość zaludnienia odnotowano w Sośnicowicach oraz Rudzińcu – poniżej 100 [osób/km²]. Dla 13 gmin spośród 41 tworzących Metropolię zauważa się wzrost gęstości zaludnienia na przestrzeni ostatnich kilku lat.

W gminach Metropolii można zaobserwować tendencje podobne jak w województwie śląskim, tj. spadek liczby mieszkańców w wieku produkcyjnym oraz wzrost liczby ludności w wieku poprodukcyjnym. Odsetek osób w wieku poprodukcyjnym wynosi około 24,3%, natomiast osób w wieku produkcyjnym średnio 59,2%. Średni odsetek osób w wieku poniżej 18 roku życia to 16,5%.

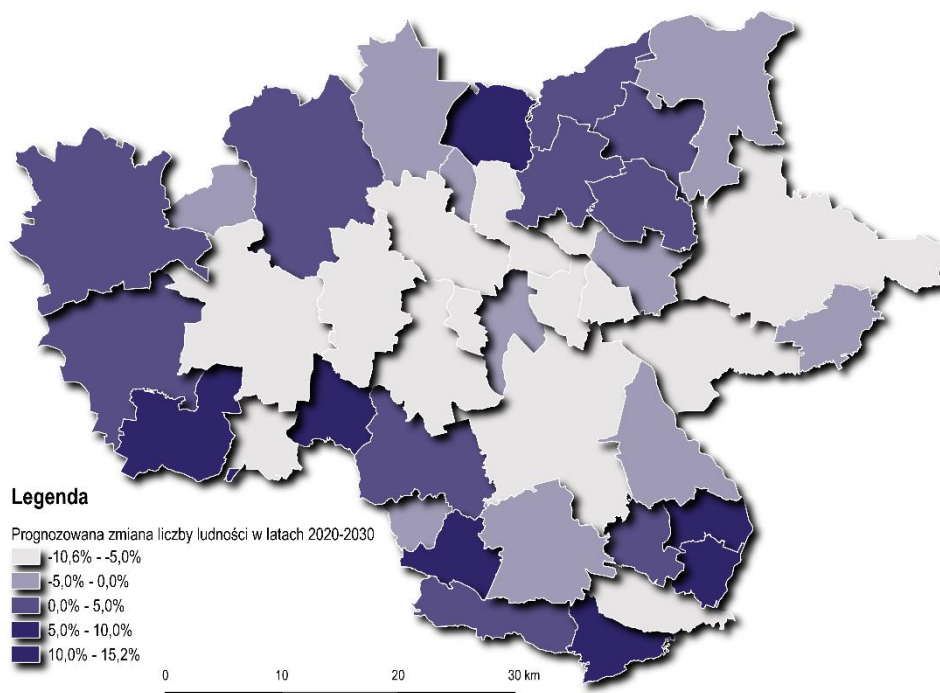


Rysunek 5. Gęstość zaludnienia na obszarze Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii

Źródło: opracowanie własne na podstawie ogólnodostępnych danych GUS. Stan na 31.12.2020 r.

Przedstawione na poniższym rysunku prognozy liczby ludności do 2030 r. wskazują na spadek liczby ludności w Metropolii (o około 6,94%). Dla miast na prawach powiatu przewidywany spadek wynosi 10,10%.

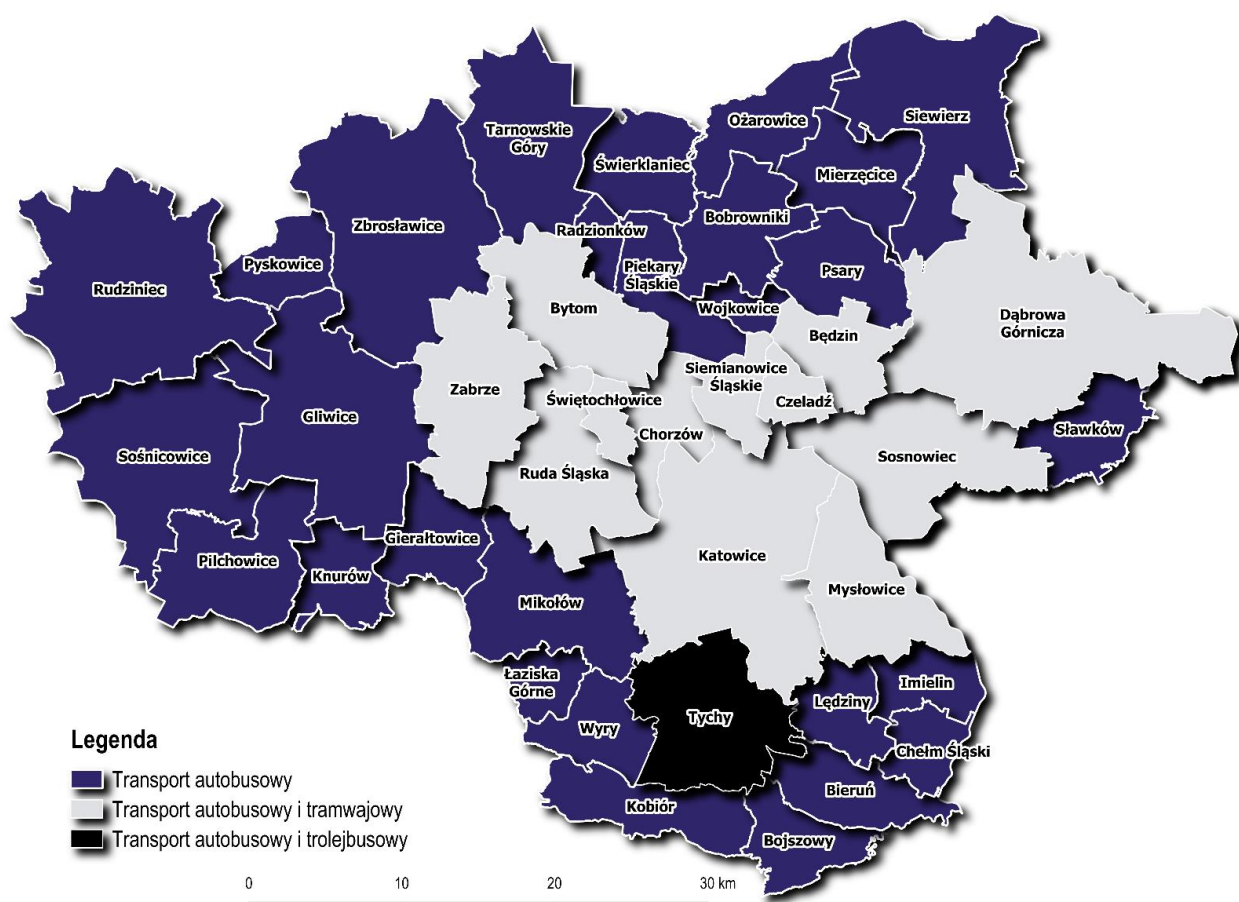
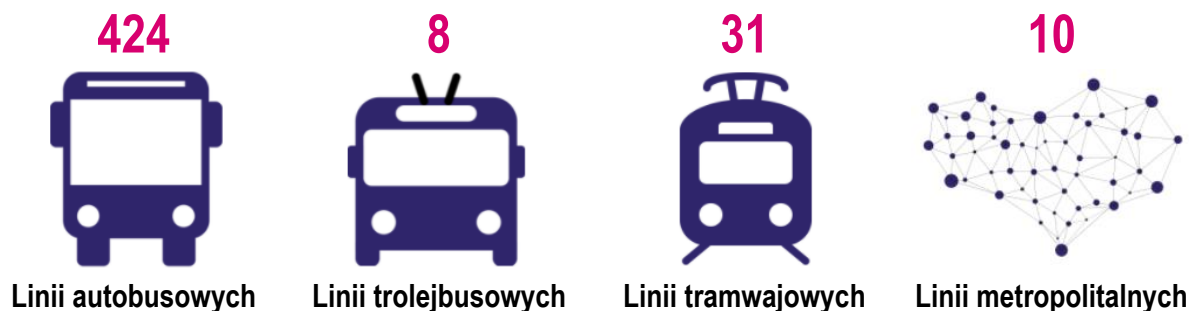
Największy prognozowany wzrost liczby mieszkańców przewidywany jest dla gminy Wiry i wynosi około 16,97% w 2030 r., natomiast największy spadek prognozuje się w latach 2025 – 2030 dla Sosnowca (o 11,37%) i odpowiednio w latach 2030 – 2035 dla Siemianowic Śląskich – miasta na prawach powiatu (o 17,39%).



Rysunek 6. Prognozowana zmiana liczby ludności do 2030 r. na obszarze Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii

Źródło: opracowanie własne na podstawie ogólnodostępnych danych GUS. Stan na 31.12.2020 r.

2.5.2. Istniejąca sieć komunikacyjna¹⁴



Rysunek 7. Rodzaj transportu funkcjonujący na terenie gmin wchodzących w skład GZM

Źródło: opracowanie własne.

¹⁴ Zgodnie ze stanem na dzień 20.08.2021 r.

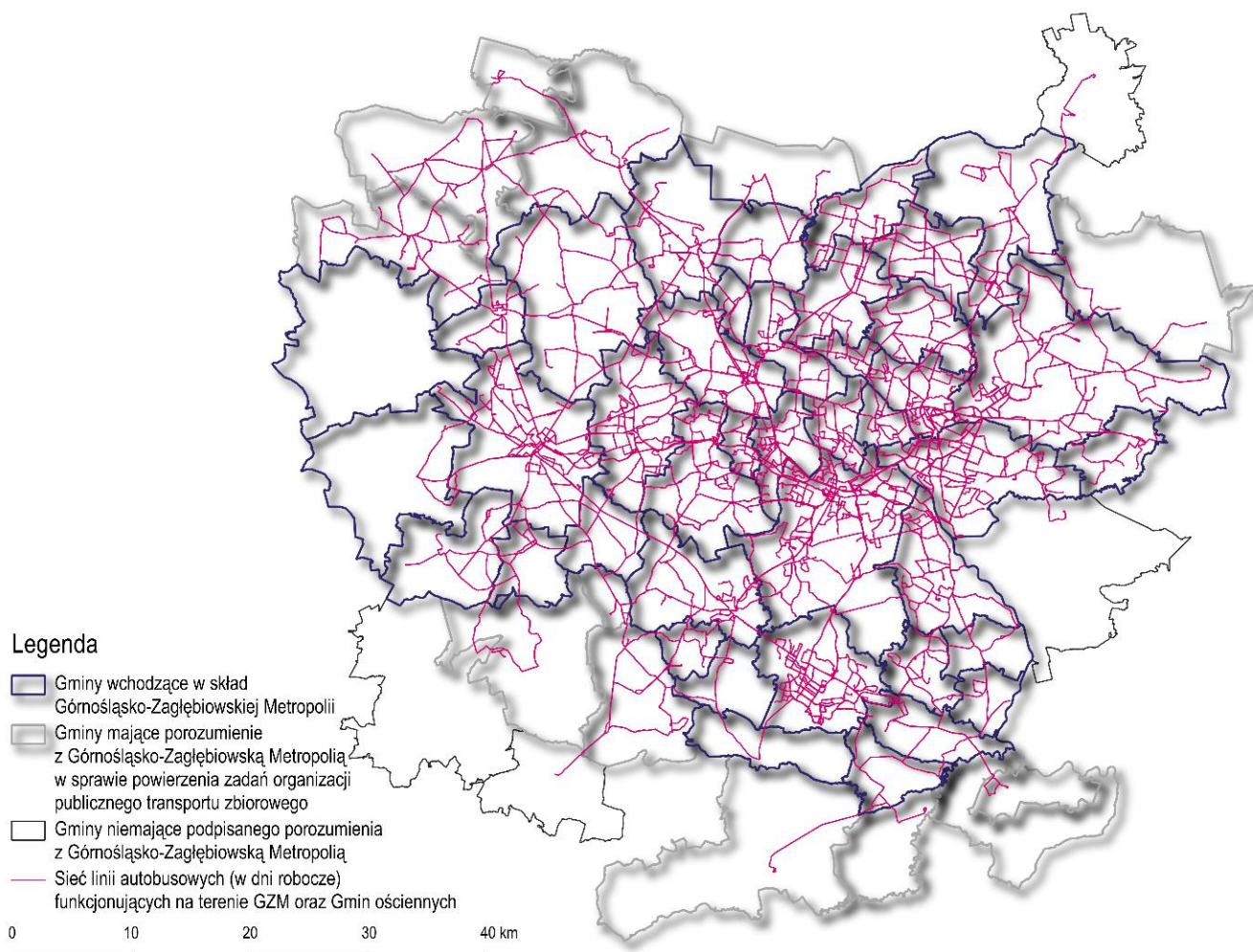
Sieć autobusowa

Transport autobusowy funkcjonuje na terenie 40 gmin GZM (bez Rudzińca) i obejmuje 424 linie¹⁵ komunikacyjne, w tym:

- ◆ 378 linii normalnych;
- ◆ 10 linii metropolitalnych;
- ◆ 23 linie nocne;
- ◆ 4 linie ekspresowe na lotnisko;
- ◆ 9 linii zastępczych.

Charakterystyczną cechą omawianego systemu jest duża liczba linii normalnych, która wynika z policentrycznego charakteru GZM oraz uwarunkowań historycznych. Efektem takiego stanu rzeczy dla pasażerów jest możliwość dojazdu do wielu, często odległych miejsc w Metropolii bez konieczności przesiadki, jednak czasy przejazdu nie zawsze są konkurencyjne w porównaniu z transportem indywidualnym.

Sieć połączeń obsługiwanych taborem autobusowym przedstawiono na Rysunku 8.



Rysunek 8. Schemat tras przejazdu linii autobusowych na terenie Górnśląsko-Zagłębiowskiej Metropolii oraz gmin, z którymi zawarto porozumienie w sprawie powierzenia Górnśląsko-Zagłębiowskiej Metropolii zadania własnego gmin, tj. pełnienia funkcji organizatora publicznego transportu zbiorowego

Źródło: opracowanie własne.

¹⁵ Stan na sierpień 2021 r.

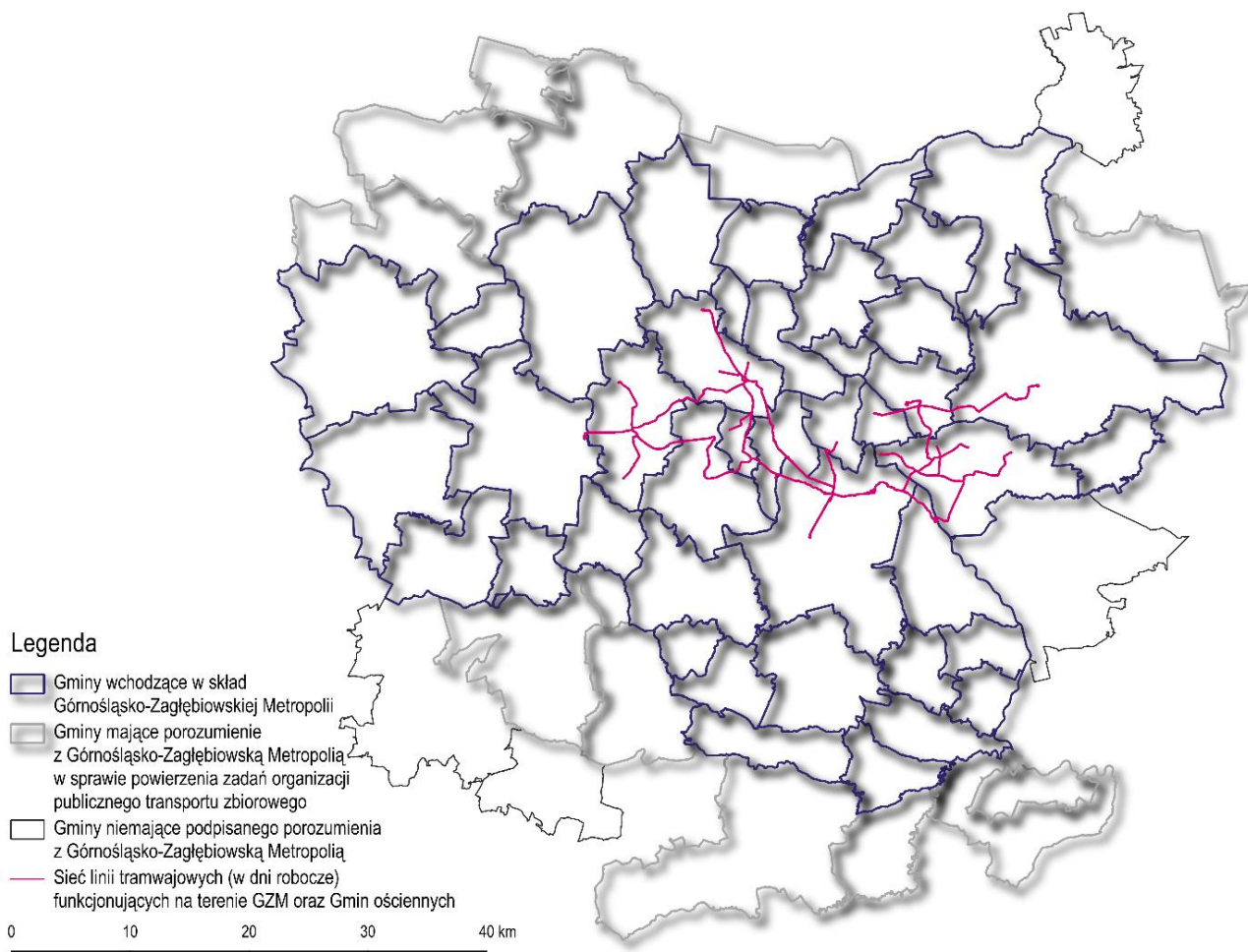
Sieć tramwajowa

Podsystem transportu tramwajowego obejmuje 31 linii komunikacyjnych¹⁶ na obszarze 13 miast wchodzących w skład GZM (Będzin, Bytom, Chorzów, Czeladź, Dąbrowa Górnicza, Gliwice, Katowice, Mysłowice, Ruda Śląska, Siemianowice Śląskie, Sosnowiec, Świętochłowice i Zabrze). Do tej grupy miast zaliczono również Gliwice, gdzie na terenie miasta zlokalizowane są zajezdnia tramwajowa i tylko jeden przystanek „Gliwice Zajezdnia”, który jest przystankiem krańcowym dla niektórych linii lub kursów handlowych związanych ze zjazdami do zajezdni i wyjazdami tramwajów na obsługiwane trasy. W tym kontekście realizowana na terenie miasta praca eksploatacyjna ma marginalne

znaczenie dla obsługi potrzeb przewozowych mieszkańców Gliwic¹⁷.

Operatorem tego podsystemu jest spółka Tramwaje Śląskie S.A. Łączna długość torowisk podsystemu komunikacji tramwajowej wynosi około 338,6 km toru pojedynczego. Podkreślić należy, że w skali funkcjonujących współcześnie sieci tramwajowych w Polsce, udział linii jednotorowych w całości długości sieci jest znaczący, co ma negatywny wpływ na proces organizacji przewozów tramwajowych.

Sieć połączeń obsługiwanych taborem tramwajowym przedstawiono na Rysunku 9.



Rysunek 9. Schemat tras przejazdu linii tramwajowych na terenie Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii oraz gmin, z którymi zawarto porozumienie w sprawie powierzenia Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii zadania własnego gmin, tj. pełnienia funkcji organizatora publicznego transportu zbiorowego

Źródło: opracowanie własne.

¹⁶ Stan na październik 2021 r.

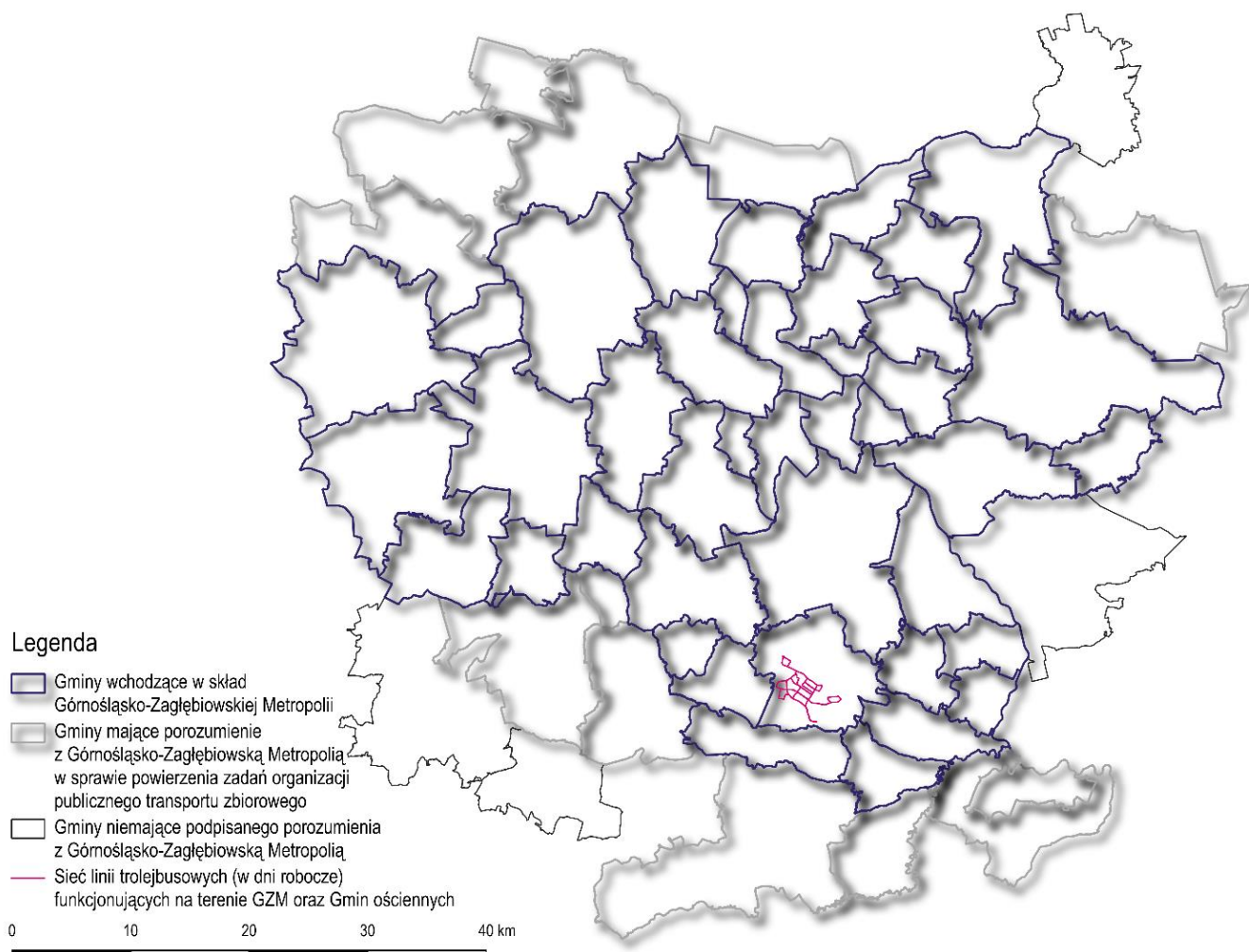
¹⁷ Uchwała nr XXXIII/262/2021 Zgromadzenia Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii z dnia 17 marca 2021 r. w sprawie uchwalenia „Planu Zrównoważonego Rozwoju Publicznego Transportu Zbiorowego dla obszaru Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii oraz gmin, z którymi zawarto porozumienie w sprawie powierzenia Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii zadania własnego gmin, tj. pełnienia funkcji organizatora publicznego transportu zbiorowego”.

Sieć trolejbusowa

Podsystem transportu trolejbusowego występuje wyłącznie na obszarze miasta Tychy. Przewozy prowadzone są na 8 liniach trolejbusowych¹⁸, oznaczonych literami od A do H, o łącznej długości około 56,3 km (linia H obsługiwana jest wyłącznie autobusami elektrycznymi).

Operatorem podsystemu transportu trolejbusowego są Tyskie Linie Trolejbusowe Sp. z o.o. (TLT).

Sieć połączeń obsługiwanych taborem trolejbusowym przedstawiono na Rysunku 10.



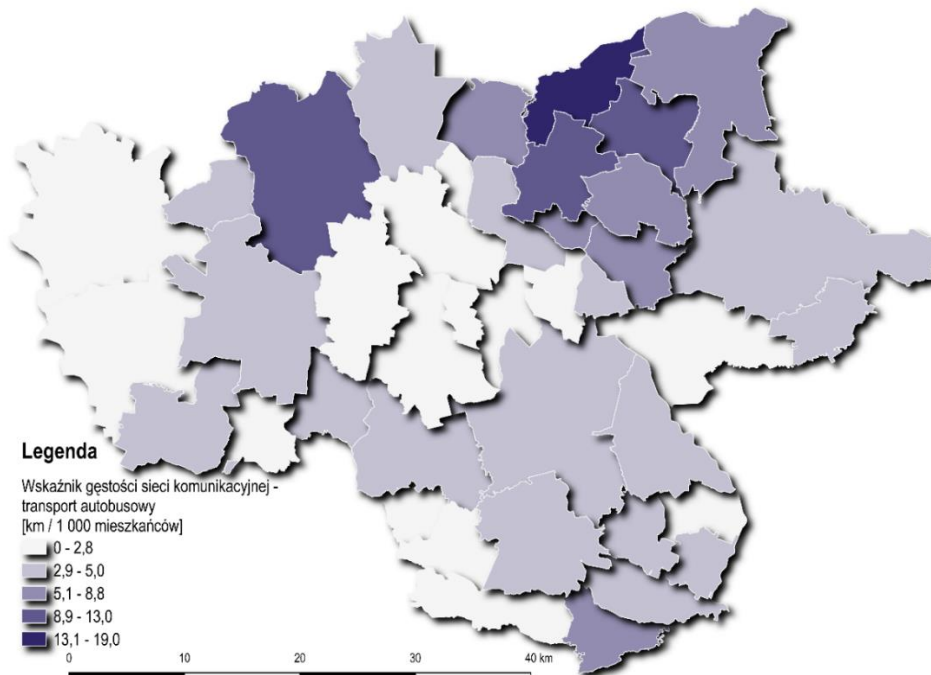
Rysunek 10. Schemat tras przejazdu linii trolejbusowych na terenie Górnśląsko-Zagłębiowskiej Metropolii oraz gmin, z którymi zawarto porozumienie w sprawie powierzenia Górnśląsko-Zagłębiowskiej Metropolii zadania własnego gmin, tj. pełnienia funkcji organizatora publicznego transportu zbiorowego

Źródło: opracowanie własne.

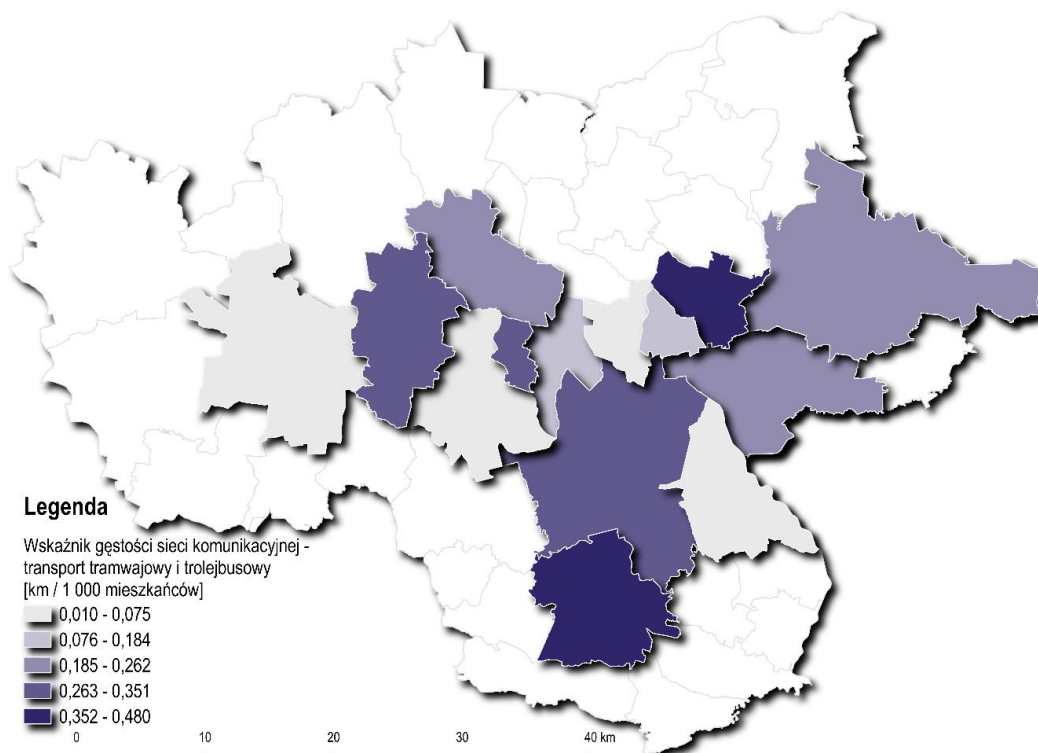
¹⁸ Stan na październik 2021 r.

Poniższa ilustracja przedstawia wskaźnik gęstości autobusowej sieci komunikacyjnej. Największe zagęszczenie linii autobusowych odnotowuje się na obszarze gmin Ożarówice, Bobrowniki, Mierzęcice

oraz Tarnowskie Góry, natomiast największe zagęszczenie linii trolejbusowych odnotowuje się na terenie miasta Tychy, a linii tramwajowych na terenie gminy Będzin (Rysunek 12).



Rysunek 11. Wskaźnik gęstości sieci komunikacyjnej. Transport autobusowy na terenie Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii
Źródło: opracowanie własne.



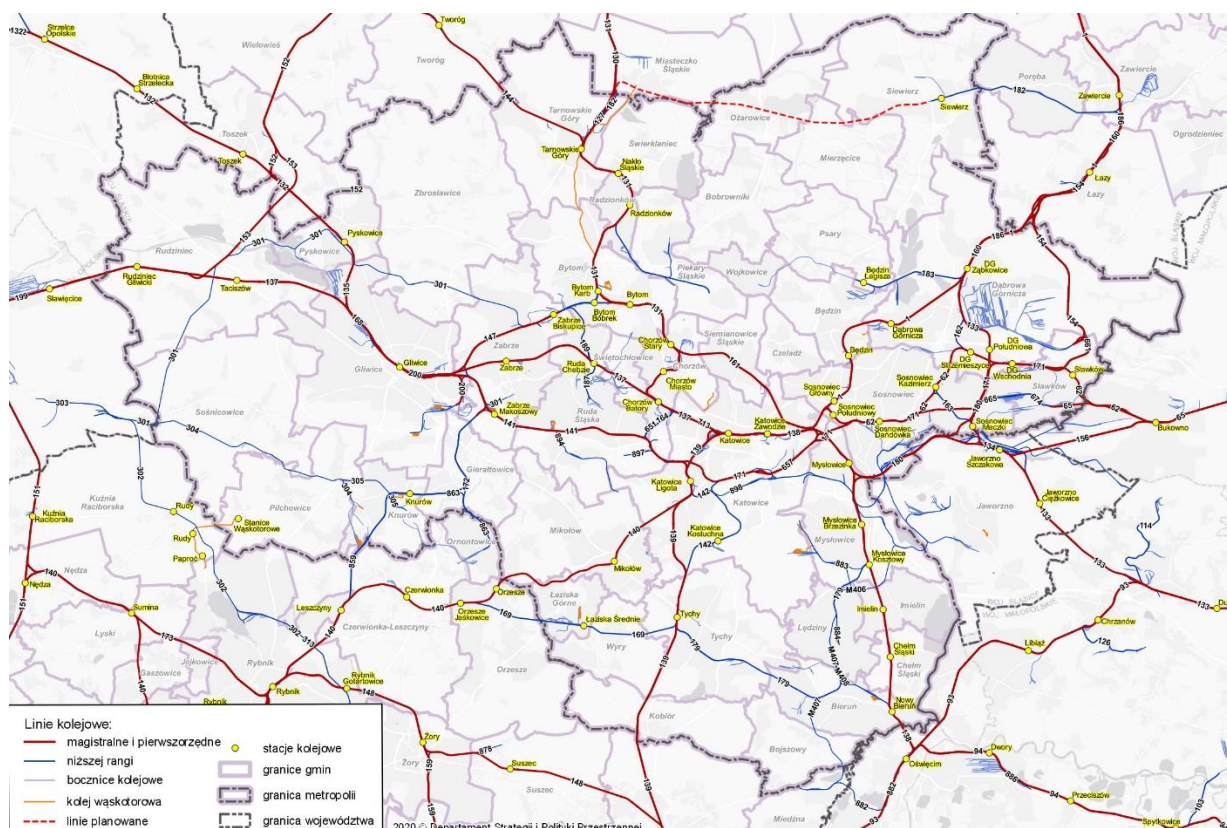
Rysunek 12. Wskaźnik gęstości sieci komunikacyjnej. Transport tramwajowy i trolejbusowy na terenie Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii
Źródło: opracowanie własne.

Transport kolejowy

Sieć kolejowa województwa śląskiego odgrywa istotną rolę w zakresie obsługi przewozów pasażerskich i towarowych w układzie krajowym, regionalnym i lokalnym. W województwie śląskim gęstość linii kolejowej wynosiła w 2020 r. 15,5 km/100km². Całkowita długość sieci kolejowej na obszarze województwa to 1 912 km, przy czym 1 732 km zelektryfikowanych (ok. 90,6%). Spośród 41 gmin tworzących GZM na obszarze 14 jednostek terytorialnych nie są eksploatowane linie kolejowe, na których realizowany jest ruch pasażerski¹⁹.

Górnśląsko-Zagłębiowska Metropolia od 2019 r. współfinansuje połączenia realizowane przez Koleje Śląskie. Pozwala to poprzez lepsze wykorzystanie dostępnej infrastruktury na rozszerzenie oferty przewozowej na obszarze GZM. W 2019 r. za kwotę 1,2 mln zł dofinansowano 15 połączeń. W 2020 r. kwota dofinansowania wzrosła do 6 mln zł, co pozwoliło na dofinansowanie 40 połączeń. W 2021 r. kwota dofinansowania w wysokości 9,2 mln zł obejmie 48 połączeń.

Sieć linii kolejowych przedstawiono na Rysunku 13.



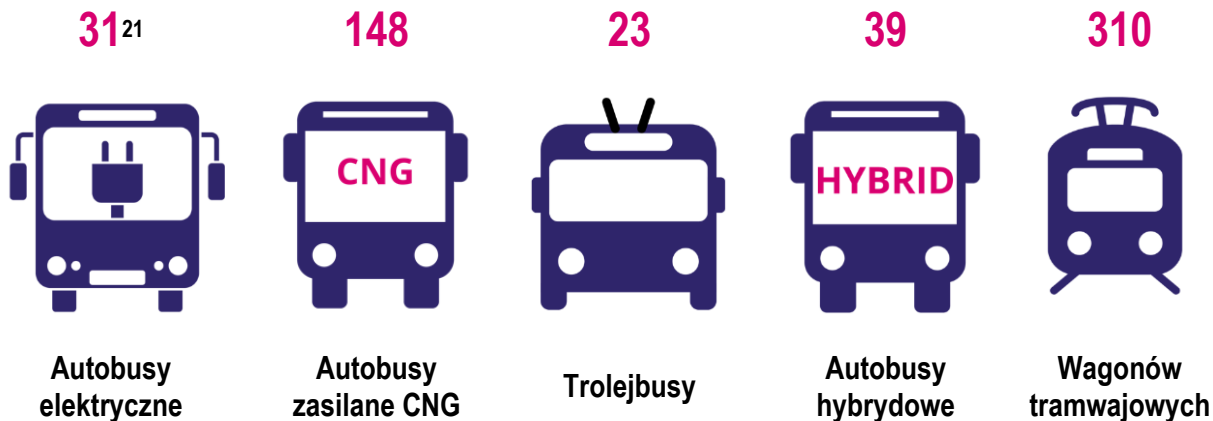
Rysunek 13. Sieć linii kolejowych na terenie Górnśląsko-Zagłębiowskiej Metropolii

Źródło: <http://infogzm.metropoliagzm.pl/mapy/Mapy.html>

¹⁹ Źródło danych: Główny Urząd Statystyczny, Bank Danych Lokalnych. Stan na 31.12.2020 r.

2.5.3 Charakterystyka floty Operatorów

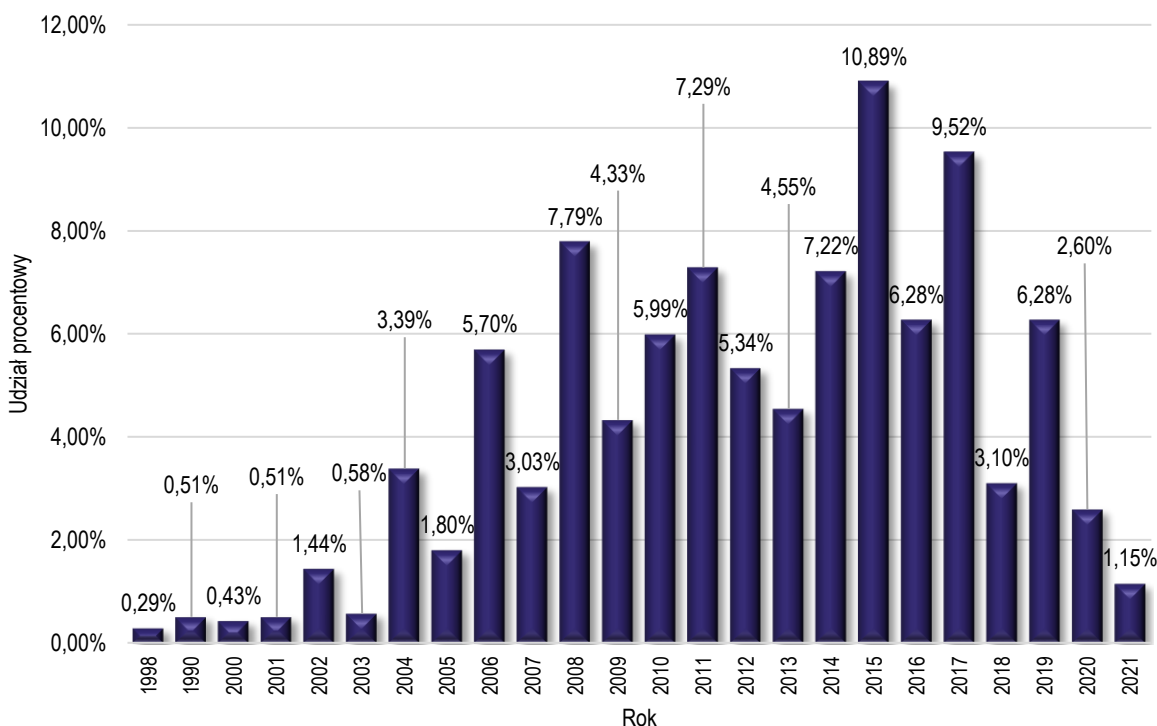
1719 pojazdów²⁰, w tym:



Tabor autobusowy

Tabor autobusowy obsługujący sieć komunikacji autobusowej na terenie GZM składa się z 1386 pojazdów (należących do 22 Operatorów²²). Średnia

wiek autobusów wynosi 11,88, a 31,46% autobusów jest starszych niż 10 lat. Struktura wiekowa taboru została przedstawiona na poniższym wykresie.



Wykres 1. Struktura wiekowa autobusów świadczących usługi na terenie GZM

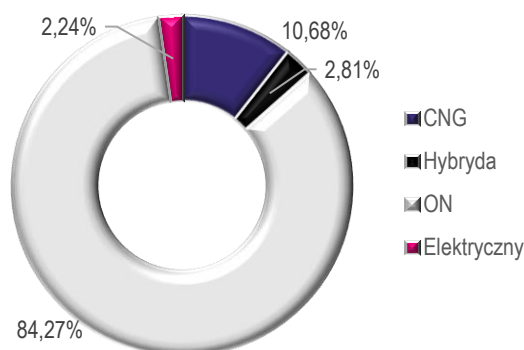
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez ZTM. Stan na wrzesień 2021 r.

²⁰ Z uwzględnieniem stan taboru tramwajowego.

²¹ Zgodnie ze stanem na wrzesień 2021 r.

²² Nie uwzględnia się w tym przypadku konsorcjów.

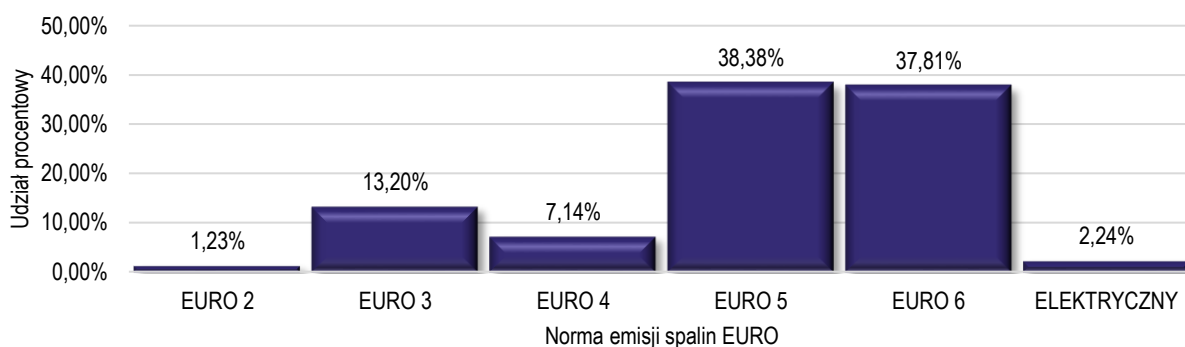
Najliczniej wykorzystywane są autobusy zasilane olejem napędowym. **Pojazdy wykorzystujące paliwa alternatywne (autobusy zasilane skompresowanym gazem ziemnym CNG oraz autobusy elektryczne) stanowią stale rosnący procent całkowitej liczby pojazdów.**



Wykres 2. Podział taboru autobusowego wykorzystywanego do obsługi sieci GZM ze względu na rodzaj napędu

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez ZTM. Stan na wrzesień 2021 r.

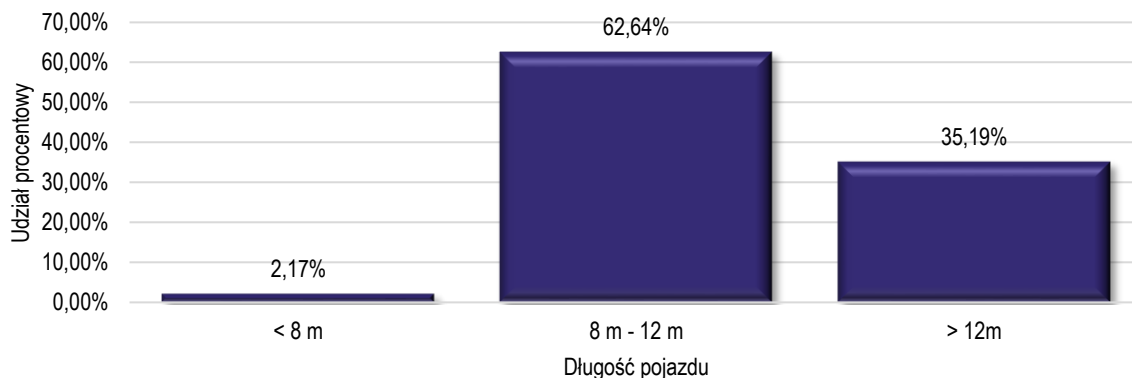
Na terenie GZM najliczniejszą grupą wykorzystywaną do obsługi sieci komunikacyjnej są autobusy spełniające normę emisji spalin EURO 5 (Wykres 3).



Wykres 3. Podział taboru autobusowego wykorzystywanego do obsługi sieci GZM ze względu na normę emisji spalin EURO

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez ZTM. Stan na wrzesień 2021 r.

Najwięcej autobusów wykorzystywanych przy świadczeniu usług publicznej komunikacji zbiorowej charakteryzuje się długością pomiędzy 8 m a 12 m (867 szt.), natomiast najmniej pojazdów cechuje się długością poniżej 8 m (30 szt.). Autobusów o długości powyżej 12 m jest łącznie 487 szt.



Wykres 4. Podział taboru autobusowego wykorzystywanego do obsługi sieci GZM ze względu na długość pojazdu

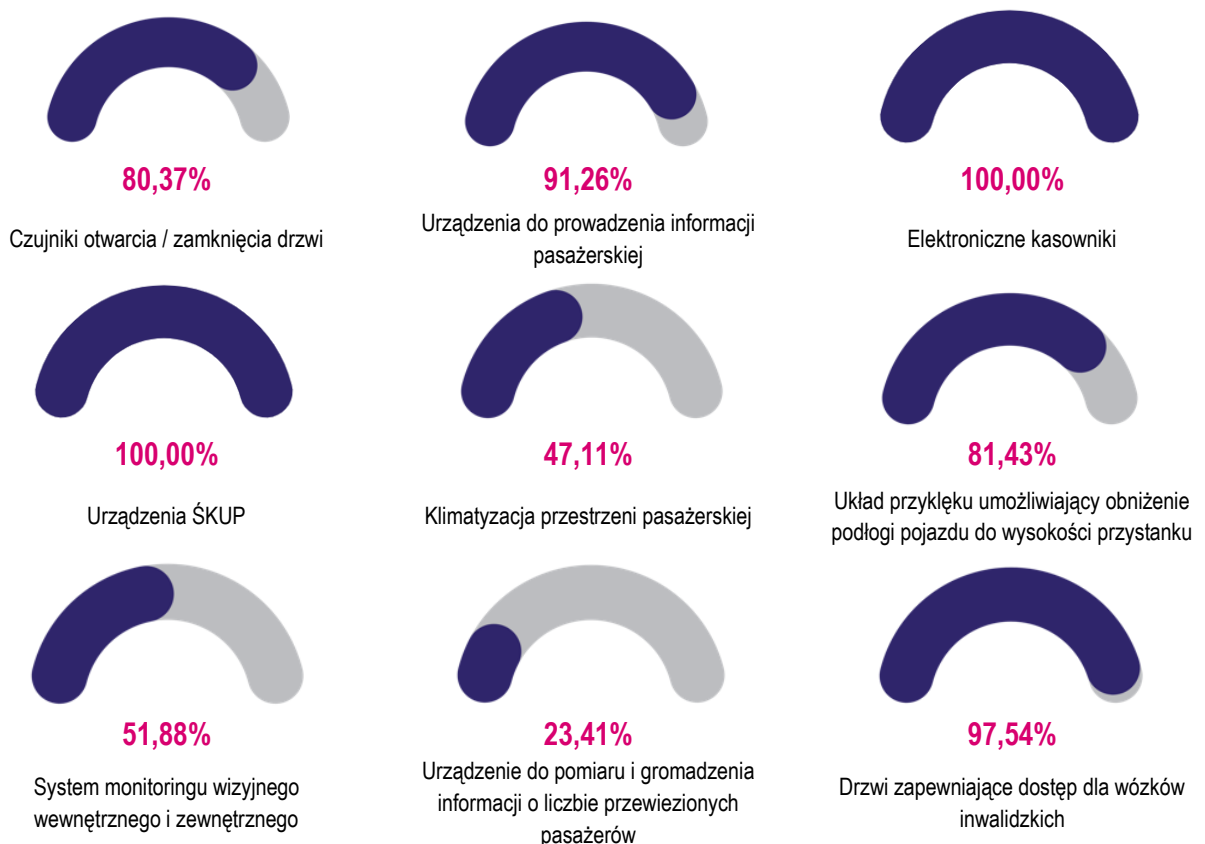
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez ZTM. Stan na wrzesień 2021 r.

Tabela 3. Zestawienie taboru autobusowego wykorzystywanego do obsługi sieci GZM ze względu na długość pojazdu oraz normę emisji spalin EURO ²³

Długość pojazdu [m]	Norma emisji spalin						Razem
	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	EURO 6	ELEKTRYCZNY	
5,50		2					2
6,00			1		12		13
7,50		1	2	11	1		15
7,91			2				2
8,00			2	20	18		40
8,50		1	1	31	4		37
8,55					3		3
8,60			2				2
8,90				1			1
9,50				1	3		4
10,00			1		7		8
10,50				5	8		13
10,80					12		12
12,00	7	115	29	274	302	21	748
15,00	4	41	7	48	9		109
18,00	6	23	52	141	145	10	377
Razem	17	183	99	532	524	31	1386

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez ZTM. Stan na wrzesień 2021 r.

Prawie cały tabor autobusowy (około 99%) obsługujący niskopodłogowy i wyposażony w pochylnię najazdową dla osób poruszających się na wózkach inwalidzkich. Linie komunikacyjne wchodzące w skład systemu transportowego organizowanego przez ZTM jest



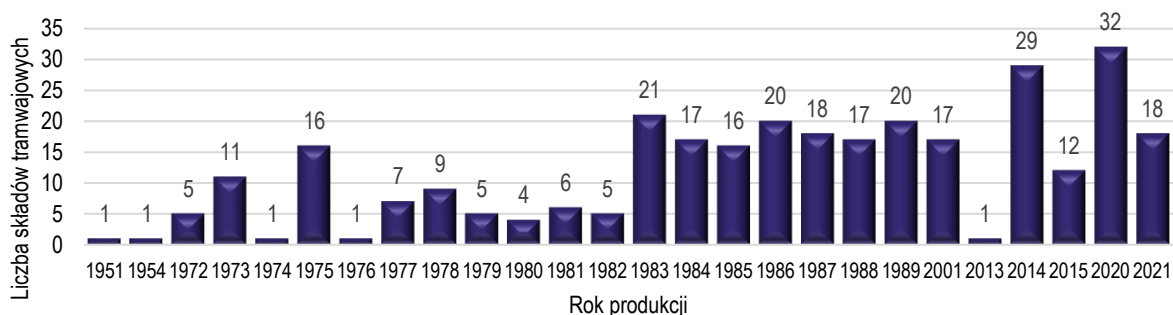
²³ Tabela nie uwzględnia trolejbusów będących na stanie TLT. Zgodnie ze stanem na wrzesień 2021 r.

Tabor tramwajowy

Tabor tramwajowy obsługujący sieć komunikacji tramwajowej na terenie GZM składa się z 310²⁴ wagonów tramwajowych. Stan techniczny omawianego taboru tramwajowego od kilku lat ulega stopniowej i regularnej poprawie o czym świadczą zakupy nowych składów tramwajowych w latach 2020–2021.

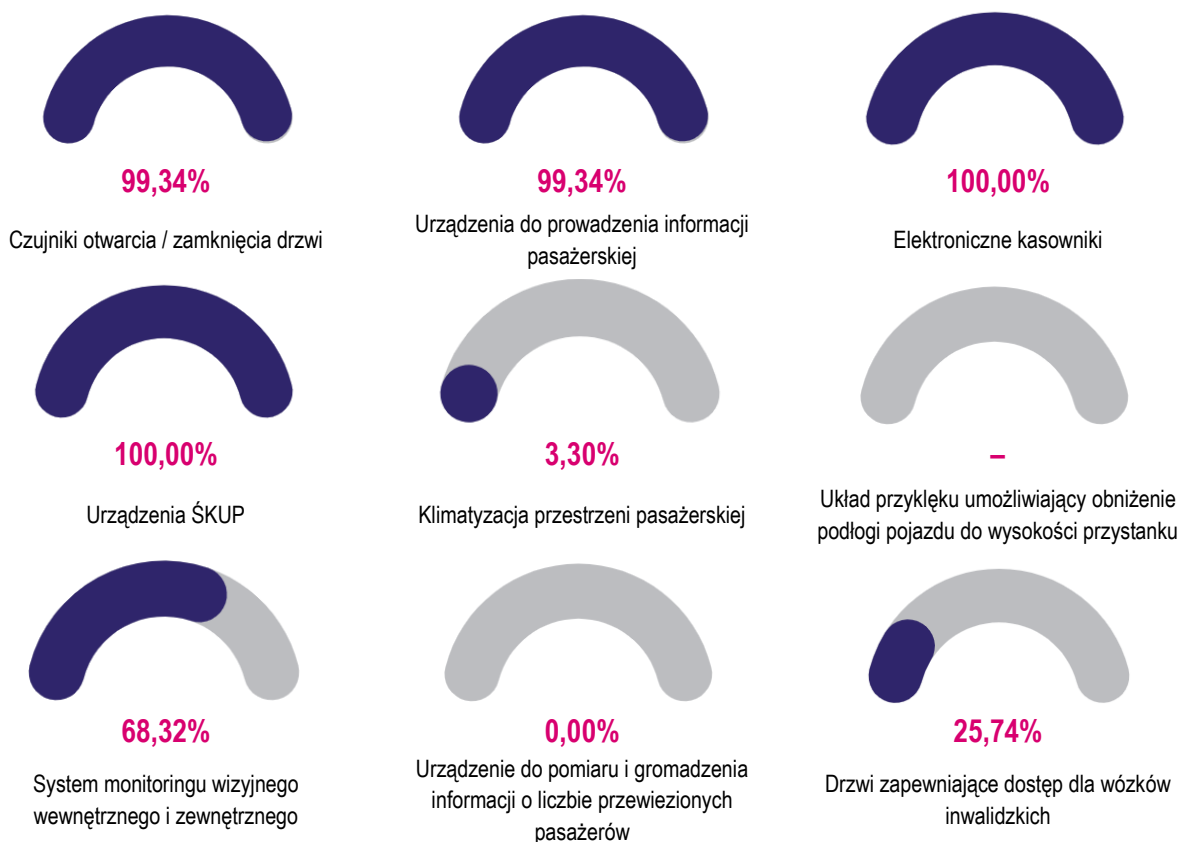
Tramwaje Śląskie dysponują 32 tramwajami wyprodukowanymi i wprowadzonymi do ruchu w 2020 r. oraz 18 składami wyprodukowanymi i wprowadzonymi do ruchu w 2021 r.

Wśród taboru tramwajowego zdecydowanie wyższy jest także udział pojazdów wysokopodłogowych, co może stanowić barierę dla osób niepełnosprawnych i o ograniczonej mobilności.



Wykres 5. Struktura wiekowa tramwajów świadczących usługi na terenie GZM ze względu na wiek taboru

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez Tramwaje Śląskie S.A.

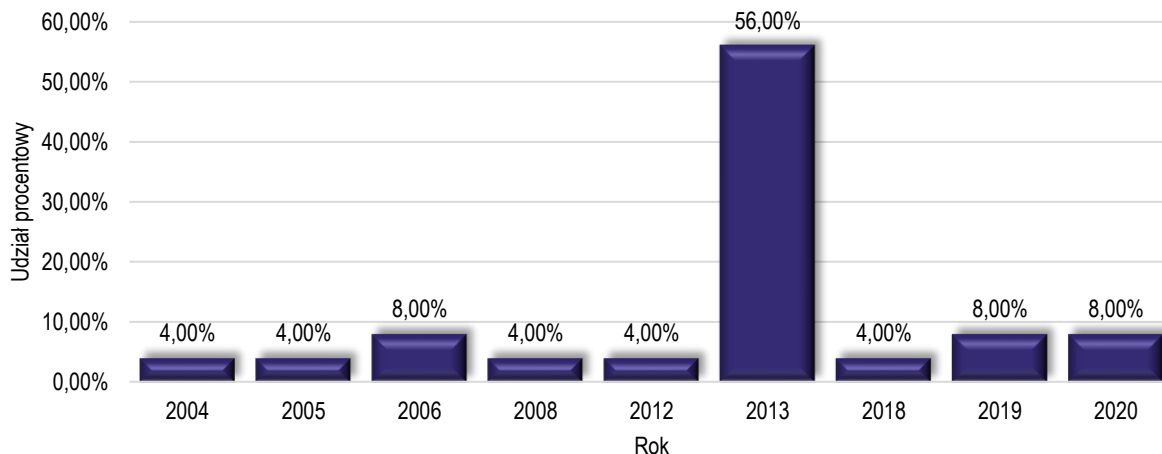


²⁴ Zgodnie ze stanem na wrzesień 2021 r.

Tabor trolejbusowy

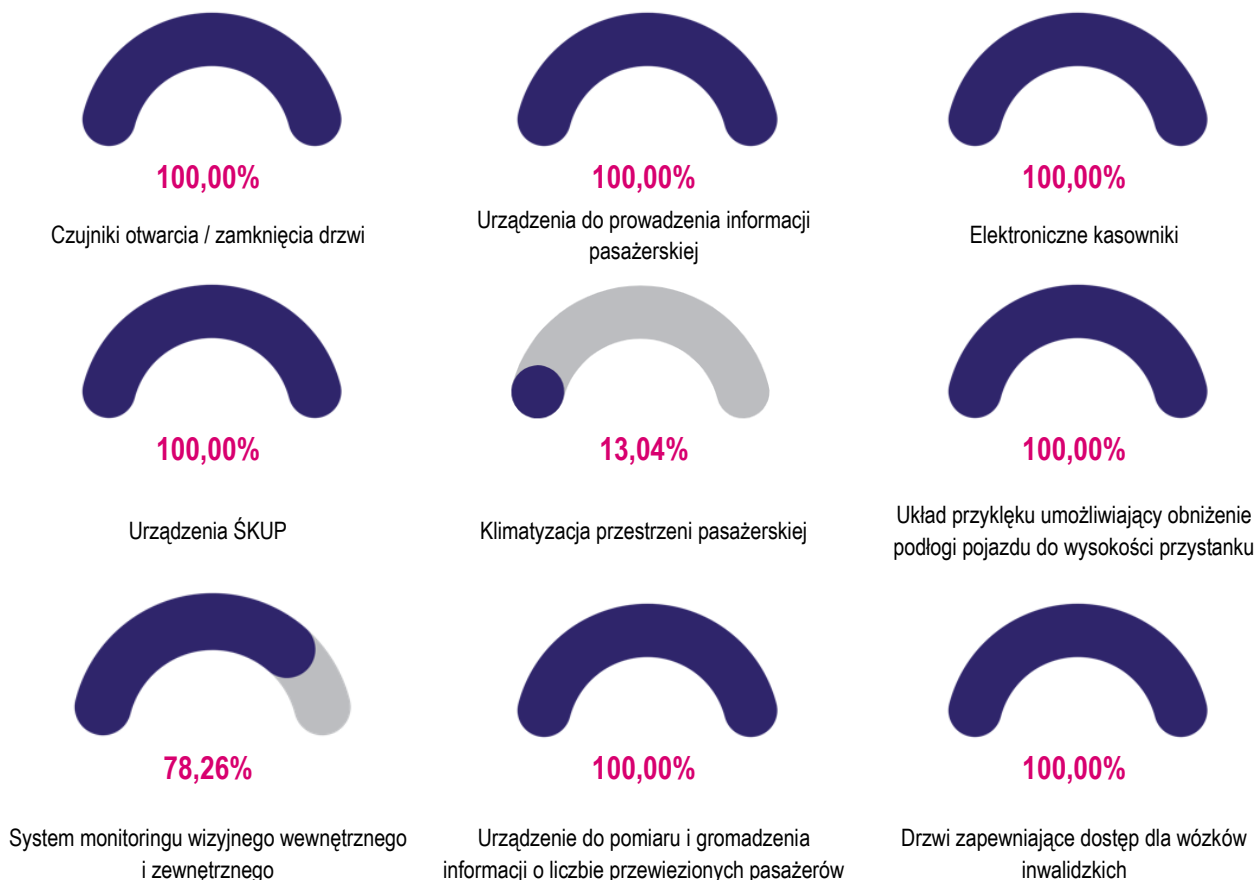
Tabor trolejbusowy obsługujący sieć komunikacji trolejbusowej na terenie GZM składa się z 23²⁵ jednoczłonowych pojazdów. Cały tabor stanowią 12-metrowe niskopodłogowe trolejbusy Solaris Trollino, wyposażone w akumulatory trakcyjne, które w przypadku awarii sieci trakcyjnej umożliwiają

przejazd do 6 kilometrów. Operator – Tyskie Linie Trolejbusowe Sp. z o.o. – posiada także dwa autobusy elektryczne zasilane bateryjnie (Solaris Urbino 12 Electric). Średni wiek trolejbusów nie przekracza 10 lat (8,24).



Wykres 6. Struktura wiekowa trolejbusów świadczących usługi na terenie GZM ze względu na wiek taboru

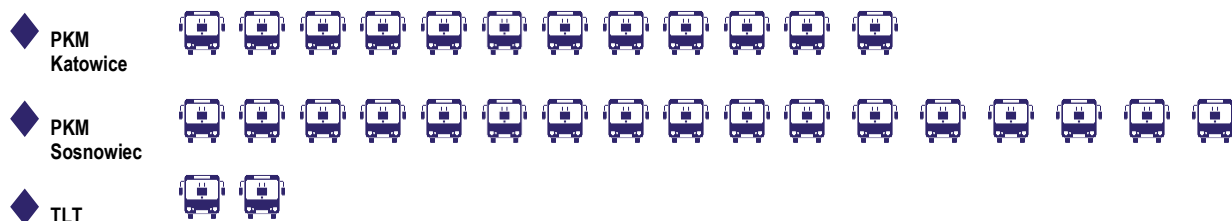
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez ZTM.



²⁵ Zgodnie ze stanem na wrzesień 2021 r.

2.5.4 Pojazdy elektryczne oraz infrastruktura pojazdów elektrycznych

Na obszarze Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii funkcjonuje trzech Operatorów, którzy świadczą usługi publicznego transportu zbiorowego przy wykorzystaniu autobusów elektrycznych, tj.:



Pojazdy będące na wyposażeniu PKM Katowice charakteryzują się różnymi rodzajami i wielkościami baterii. Wykorzystywane są obecnie pojazdy z bateriami:

- ◆ NMC 200 kWh (maksymalny zasięg pojazdu: 170 km);
- ◆ NMC 240 kWh (maksymalny zasięg pojazdu: 190 km);
- ◆ LTO 116 kWh (maksymalny zasięg pojazdu: 65 km);
- ◆ NMC 316 kWh (maksymalny zasięg pojazdu: 185 km).

Infrastruktura pojazdów elektrycznych, zarówno ładowarki przeznaczone do wolnego ładowania (plug-in) jak i ładowarki pantografowe umieszczone są na zajezdni PKM Katowice – ul. Mickiewicza 59 (Rysunek 14).

Pojazdy będące na wyposażeniu PKM Sosnowiec to autobusy 12 metrowe z baterią typu LFP o mocy 200 kWh lub z baterią typu NMC o pojemności znamionowej 317 kWh. Natomiast autobusy 18 metrowe charakteryzują się pojemnością znamionową około 477 kWh. Zasięg pojazdów uzależniony jest jak w przypadku wszystkich pojazdów bateryjnych, od warunków atmosferycznych i waha się od 100 do 160 km.

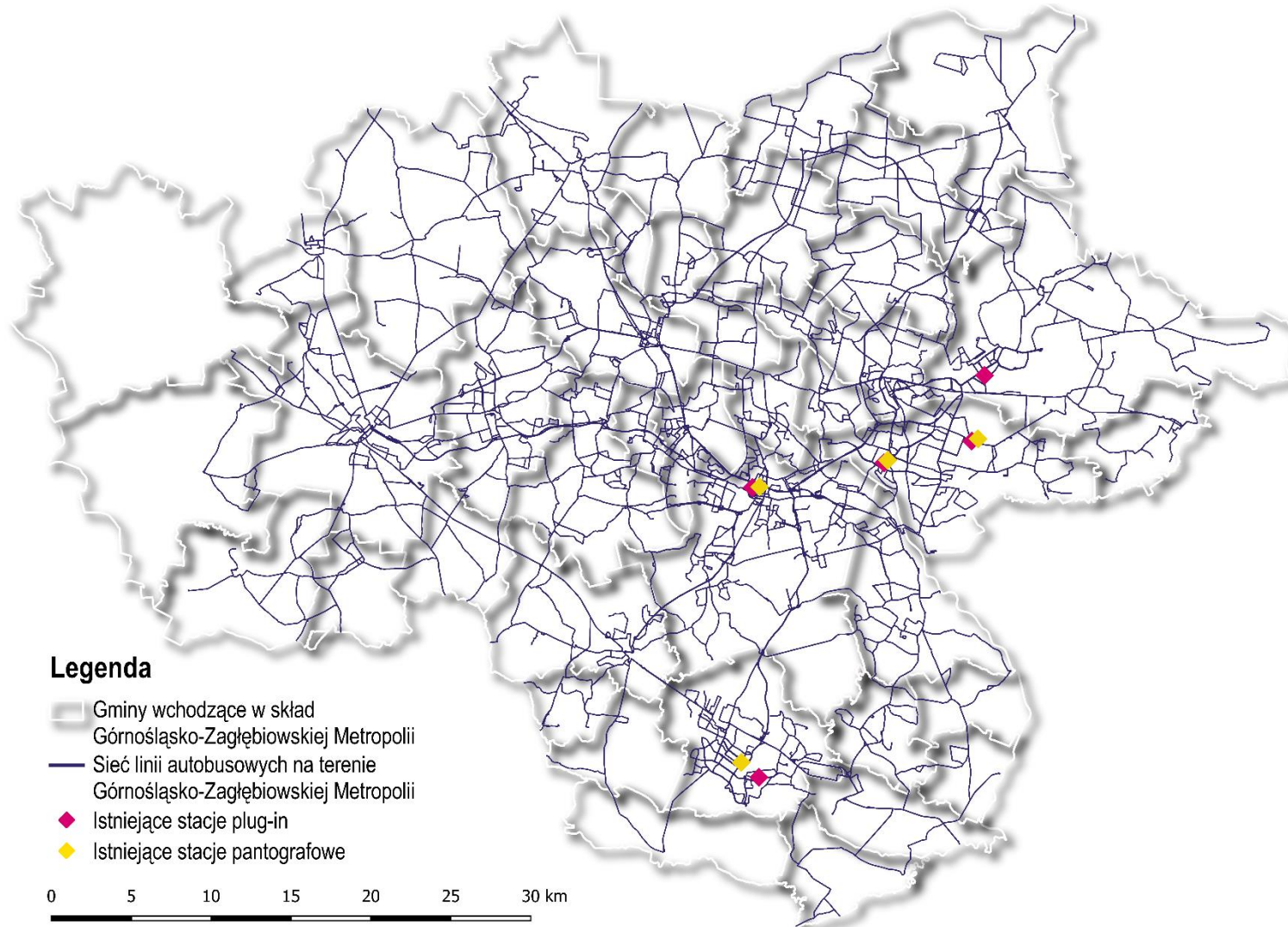
Infrastruktura przeznaczona do ładowania autobusów elektrycznych na terenie Sosnowca:

- a) 8 szt. – dwustanowiskowych stacji ładowania Plug-in o mocy 80 kW/40 kW każda;
- b) 2 szt. – ładowarki pantografowe o mocy 250 kW każda;
- c) 1 szt. – ładowarka pantografowa o mocy 190 kW.

Infrastruktura pojazdów elektrycznych znajduje się na zajezdni PKM Sosnowiec (8 ładowarek plug-in i 2 ładowarki pantografowe o mocy 250 kW), natomiast na Dworcu Autobusowym w Sosnowcu, przy ulicy Mościckiego, zlokalizowana została jedna ładowarka o mocy 190 kW.

TLT Tychy posiada na wyposażeniu dwa autobusy elektryczne Solaris Urbino 12 electric, które pobierają energię z 4 baterii trakcyjnych o łącznej mocy 160 kWh. Do obsługi elektrobusów przeznaczone są dwie ładowarki – jedna, o mocy 200 kW znajduje się przy ul. Wyszyńskiego i umożliwia szybkie doładowanie pojazdu, bez konieczności zjazdu autobusu do zajezdni (doładowanie do 50% pojemności trwa niespełna 20 minut). Druga ładowarka, ładowarka typu plug-in o mocy 40 kW, zlokalizowana została na zajezdni (ul. Towarowa 3) i umożliwia ona doładowanie elektrobusów w nocy. Czas nocnego ładowania to około 4 godz. (Rysunek 14). Autobusy elektryczne będące na wyposażeniu TLT Tychy obsługują linię H.

Sieć komunikacyjną obsługują także elektrobusy ładowane dynamicznie z sieci trakcyjnej – trolejbusy (23 szt.) funkcjonujące wyłącznie na terenie jednej jednostki samorządu terytorialnego – w Tychach.

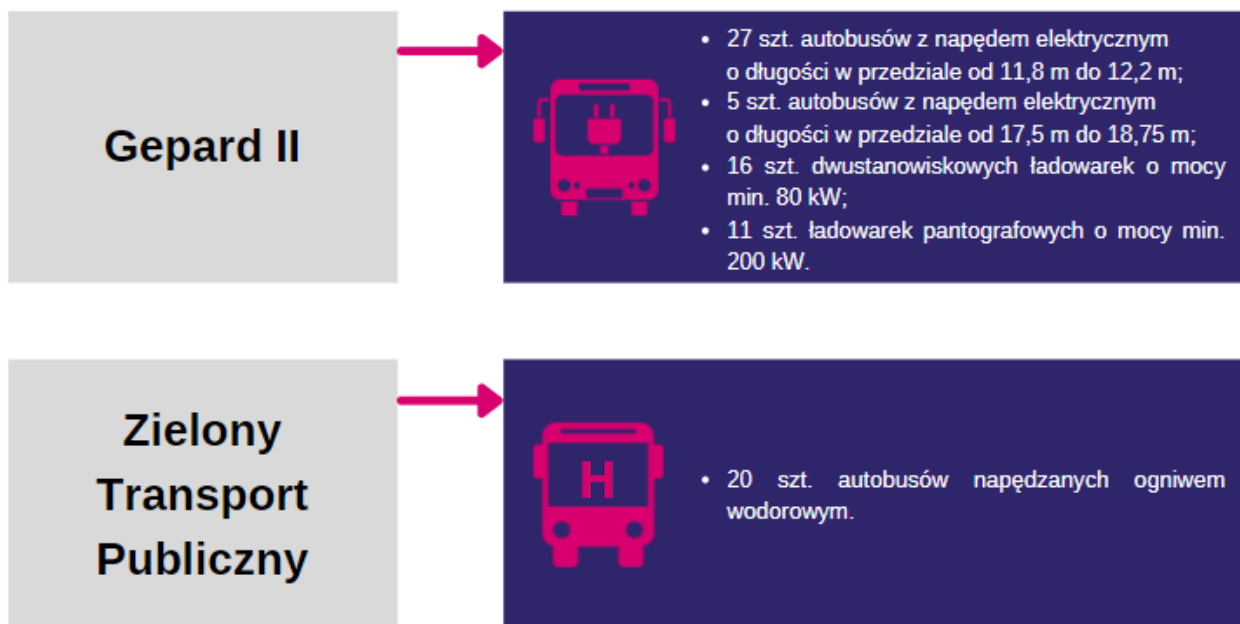


Rysunek 14. Istniejąca sieć infrastruktury do ładowania autobusów elektrycznych na obszarze Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii

Źródło: opracowanie własne na podstawie informacji udostępnionych przez Operatorów.

2.5.5 Realizowane i planowane przedsięwzięcia taborowe i infrastrukturalne Górnślasko-Zagłębiowskiej Metropolii oraz Operatorów świadczących usługi na terenie GZM

Górnślasko-Zagłębiowska Metropolia w 2021 r. przeprowadziła przetarg na dostawę 32 autobusów elektrycznych, w ramach programu Gepard II. Dodatkowo GZM otrzymała dofinansowanie na zakup 20 pojazdów na ogniwa paliwowe zasilane wodorem w programie Zielony Transport Publiczny.



Największe przedsiębiorstwa świadczące usługi z zakresu publicznego transportu zbiorowego na obszarze opracowania, przedsiębiorstwa komunalne, planują w najbliższym czasie, zgodnie z UoEiPA, inwestycje w tabor zeroemisyjny w celu sprostania zapisanych w nadmienionym akcie prawnym wymaganiom.

Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Sosnowcu (PKM Sosnowiec)

Zgodnie ze stanem na dzień 30.09.2021 r. PKM Sosnowiec realizuje usługi z zakresu publicznego transportu zbiorowego 17 autobusami elektrycznymi.

W najbliższym czasie PKM Sosnowiec planuje modernizację taboru – zakup 16 autobusów z napędem hybrydowym. W związku z przyjętymi planami modernizacyjnymi planuje się, że linie nr: 34, 88, 90, 100, 160S, 182, 188, 299, 723, 818 i 902N będą obsługiwane autobusami zeroemisyjnymi.

Tabela 4. Plany zakupu autobusów – PKM Sosnowiec

Rok	2022	
	eBus	hBus
Rodzaj napędu	-	16

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez PKM Sosnowiec.

Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Katowice Sp. z o.o. (PKM Katowice)

Obecnie PKM Katowice realizuje usługi z zakresu publicznego transportu zbiorowego 12 autobusami elektrycznymi na pięciu liniach komunikacyjnych, tj. na linii nr: 9, 10, 115, 297 i 910. W najbliższym czasie PKM Katowice planuje modernizację taboru o 75 pojazdów zeroemisyjnych – bateryjnych autobusów elektrycznych. W związku z powyższym planuje się poszerzenie sieci komunikacyjnej obsługiwanej przez pojazdy zeroemisyjne o następujące linie: 37, 46, 70, 72, 108, 109, 138 i 662.

W chwili sporządzania Analizy PKM Katowice dysponuje 13 ładowarkami typu plug-in, zlokalizowanymi na zajezdni PKM Katowice, przy ul. Mickiewicza 59 oraz jedną ładowarką pantografową o mocy 200 kW, również umiejscowioną pod tym samym adresem. Dodatkowo, w związku z planowanymi inwestycjami taborowymi, PKM Katowice planuje budowę ładowarek pantografowych na centrach przesiadkowych „Brynów” oraz „Zawodzie” – po 2 stanowiska ładowania.

Tabela 5. Plany zakupu autobusów do 2028 r. – PKM Katowice

Rok	2022		2023		2024		2025		2026		2027		2028		Razem	
Rodzaj taboru	BEV	CNG	BEV	CNG	BEV	CNG	BEV	CNG	BEV	CNG	BEV	CNG	BEV	CNG	BEV	CNG
		15	25		10		10		10		10		10		75	15

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez PKM Katowice.

Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Gliwicach (PKM Gliwice)

Na dzień wykonywania niniejszej Analizy PKM Gliwice dysponuje 185 autobusami spalinowymi i jest w trakcie realizacji projektu pn. „Zakup autobusów elektrycznych wraz z niezbędną infrastrukturą do ładowania”. W ramach ww. projektu PKM Gliwice zaplanowało zakup 10 autobusów elektrycznych, w tym:

- ◆ 3 autobusów przegubowych o długości nadwozia ok. 18 m, z bateryjnym napędem elektrycznym;
- ◆ 7 autobusów jednoczłonowych o długości nadwozia ok. 12 m, z bateryjnym napędem elektrycznym.

W związku z wprowadzeniem taboru zeroemisyjnego PKM Gliwice planuje również:

- ◆ 5 stanowisk powolnego ładowania autobusów (5 sztuk stacjonarnych podwójnych ładowarek o minimalnej mocy 2x40 kW z dwoma niezależnymi wejściami DC). Ładowarki zostaną zlokalizowane na zajezdni PKM Gliwice (ul. Chorzowska 150);

- ◆ 3 stanowiska szybkiego ładowania autobusów: jedno na terenie zajezdni oraz dwa na przystankach krańcowych zelektryfikowanych linii. Jedna ładowarka pantografowa zostanie zlokalizowana na terenie zajezdni PKM Gliwice (ul. Chorzowska 150); jedna na przystanku krańcowym linii A4 (ul. Nowy Świat); jedna na przystanku krańcowym linii 676 (ul. Czaplí);

- ◆ 1 stację mobilną (serwisową) o mocy 40 kW do ładowania powolnego.

Planowany do wprowadzenia w 2021 r. tabor zeroemisyjny będzie obsługiwał, zgodnie z przyjętymi założeniami, linię A4 i linię 676.

Do 2028 r. PKM Gliwice planuje modernizację taboru o 51 autobusów zeroemisyjnych – autobusów z napędem elektrycznym (zgodnie z planami inwestycyjnymi zawartymi w Tabeli 6).

Tabela 6. Plan zakupu autobusów do 2028 r. – PKM Gliwice

Rok	2022		2023		2024		2025		2026		2027		2028		Razem	
Rodzaj taboru	eBus	hBus	eBus	hBus	eBus	hBus	eBus	hBus	eBus	hBus	eBus	hBus	eBus	hBus	eBus	hBus
MN		3														3
AN																
BN		24				9	23			5			11		34	38
CN			74	5	8									12	17	82

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez PKM Gliwice.

Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Tychach (PKM Tychy)

Na dzień wykonywania niniejszej Analizy PKM Tychy nie posiada w swoim zasobie taborowym pojazdów zeroemisyjnych, jednakże 75,7% całego taboru stanowią niskoemisyjne pojazdy napędzane sprężonym gazem ziemnym (CNG). W związku z koniecznością

spełnienia ustawowych wymagań PKM Tychy planuje etapowe inwestycje związane z zakupem pojazdów nisko- i zeroemisyjnych, wraz z niezbędną infrastrukturą techniczną (Tabela 7).

Tabela 7. Plan zakupu autobusów do 2028 r. – PKM Tychy

Typ taboru	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	Razem
AN		5							5
BN	8		28	12				30	78
CN		5	8	7				7	27
Mikrobusy			5	4					9

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez PKM Tychy.

Przedsiębiorstwo Komunikacji Metropolitalnej Sp. z o.o. (PKM w Świerkłańcu)

Na dzień wykonywania niniejszej Analizy PKM w Świerkłańcu nie posiada w swoim zasobie taborowym pojazdów zeroemisyjnych. W związku z koniecznością spełnienia ustawowych wymagań PKM

w Świerkłańcu planuje etapowe inwestycje związane z zakupem pojazdów zeroemisyjnych, wraz z niezbędną infrastrukturą techniczną (Tabela 8).

Tabela 8. Plan zakupu autobusów do 2028 r. – PKM w Świerkłańcu

Typ taboru	Rodzaj zasilania pojazdów	
	ON	eBus
AN	1	–
BN	37	16
CN	19	6

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez PKM w Świerkłańcu.

2.5.6 Charakterystyka parametrów sieci linii komunikacyjnych

Prędkość komunikacyjna definiowana jest jako stosunek przebytej drogi do czasu pracy pojazdu z uwzględnieniem czasów postoju na przystankach pośrednich.

25,46 km/h

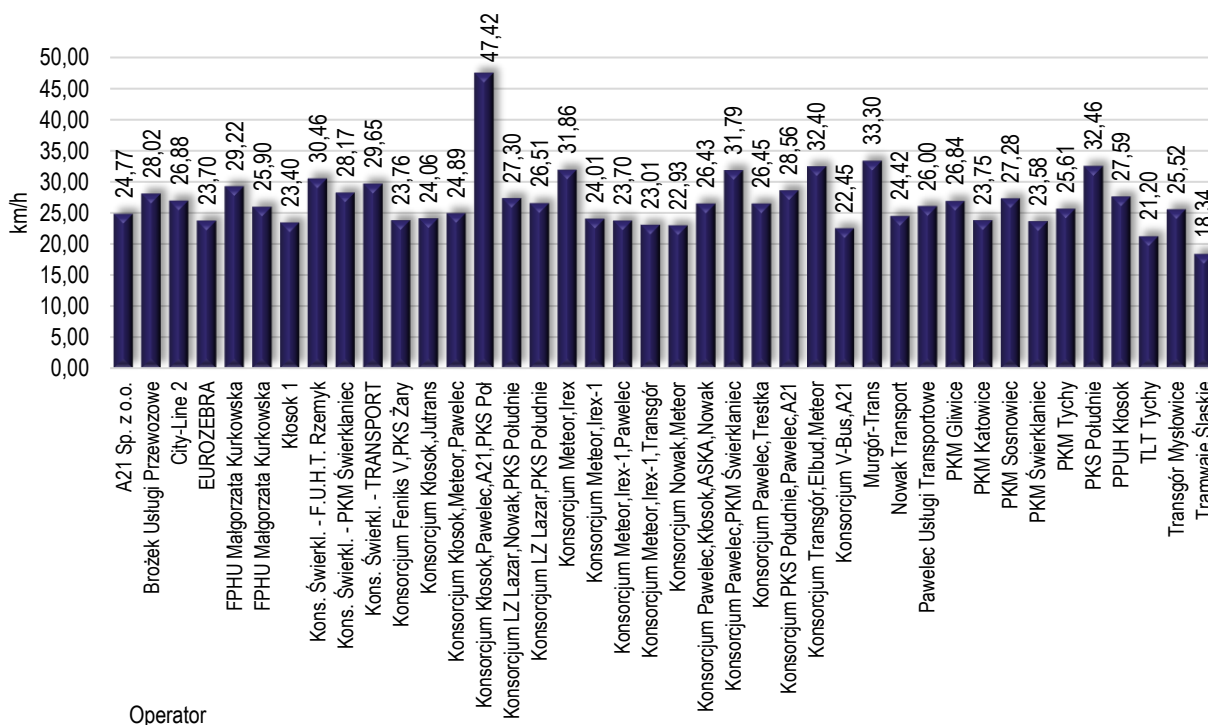
Średnia prędkość komunikacyjna na wszystkich liniach w dzień roboczy

Na wszystkich liniach autobusowych prędkości komunikacyjne wynoszą od 16,08 km/h – najniższa wartość prędkości komunikacyjnej odnotowana została na linii nr 297 do 52,14 km/h – największa prędkość komunikacyjna odnotowana została na linii ekspresowej w kierunku lotniska (AP3).

Na poszczególnych typach linii i trakcji prędkości komunikacyjne kształtują się następująco:

- ◆ na liniach tramwajowych – 18,34 km/h;
- ◆ na liniach trolejbusowych – 21,36 km/h;
- ◆ na liniach autobusowych (metropolitalnych) – 33,64 km/h;
- ◆ na liniach autobusowych (normalnych) – 25,71 km/h;
- ◆ na liniach autobusowych (nocnych) – 28,42 km/h;
- ◆ na liniach autobusowych (ekspresowych na lotnisko) – 47,42 km/h.

Poniżej znajduje się wykres z prędkościami komunikacyjnymi wszystkich linii obsługiwanych przez poszczególnych Operatorów.



Wykres 7. Średnia prędkość komunikacyjna

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez ZTM.

Prędkość eksploatacyjna definiowana jest jako stosunek przebytej drogi do czasu pracy pojazdu z uwzględnieniem czasów postoju na przystankach pośrednich i przystankach krańcowych.

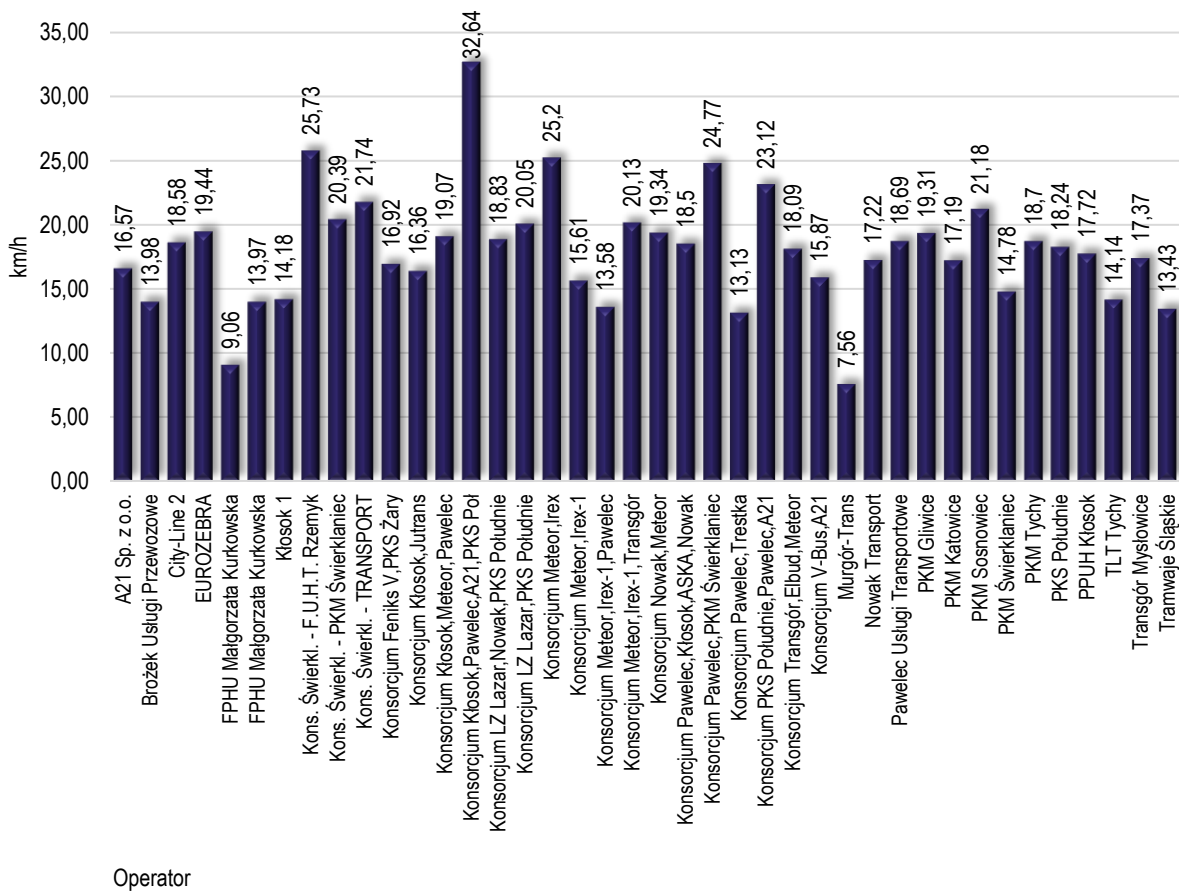
18,38 km/h

Średnia prędkość eksploatacyjna na wszystkich liniach w dzień roboczy

Na wszystkich liniach autobusowych prędkości eksploatacyjne wynoszą od 10,08 km/h na linii nr 662 do 37,80 km/h na nocnej linii nr 903N. Na poszczególnych typach linii i traktacji prędkości eksploatacyjne kształtują się następująco:

- ◆ na liniach tramwajowych – 13,43 km/h;
- ◆ na liniach trolejbusowych – 14,33 km/h;
- ◆ na liniach autobusowych (metropolitalnych) – 25,03 km/h;
- ◆ na liniach autobusowych (normalnych) – 18,56 km/h;
- ◆ na liniach autobusowych (nocnych) – 22,63 km/h;
- ◆ na liniach autobusowych (ekspresowych na lotnisko) – 32,04 km/h.

Poniżej znajduje się wykres z prędkościami eksploatacyjnymi wszystkich linii obsługiwanych przez poszczególnych Operatorów.

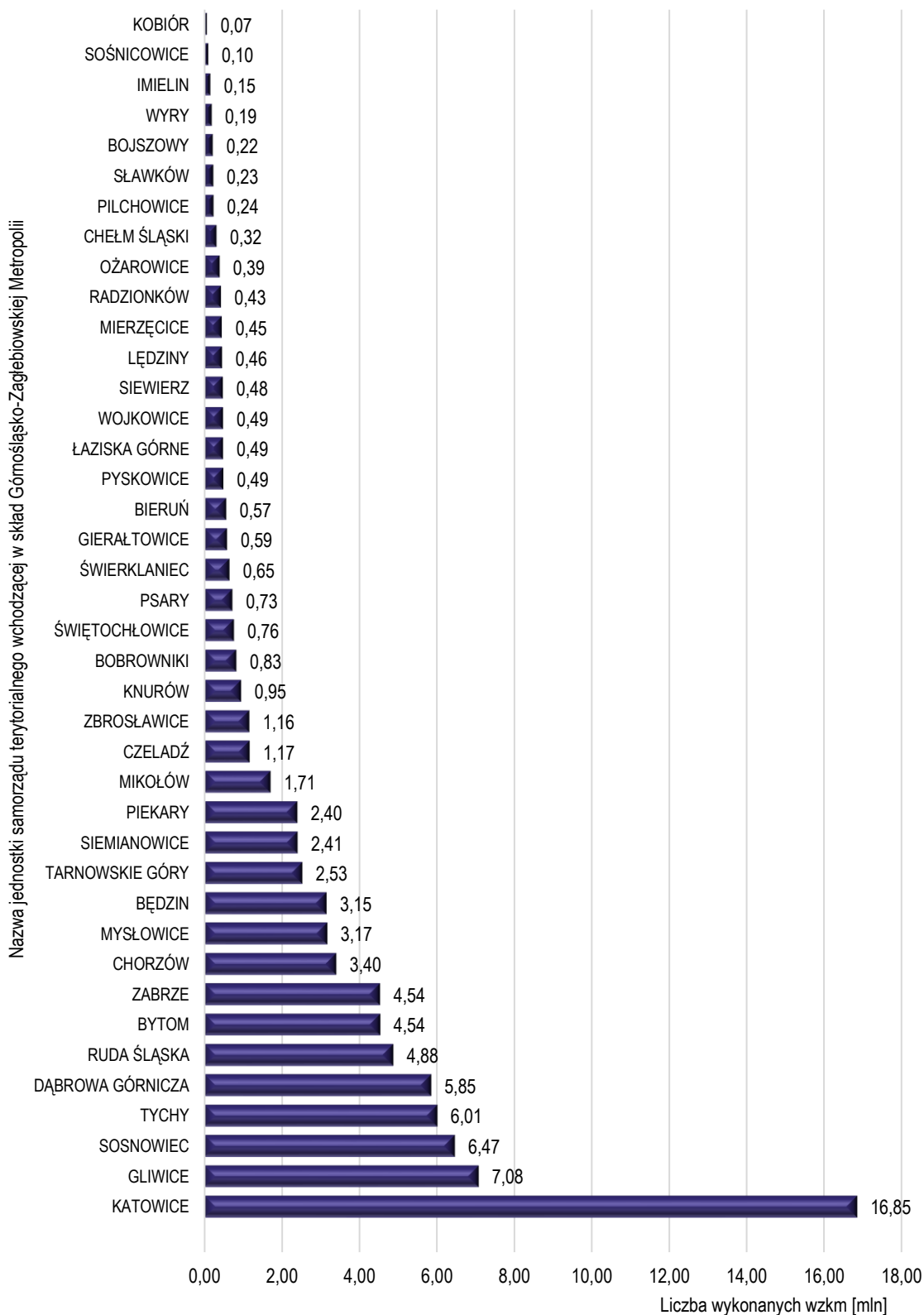


Wykres 8. Średnia prędkość eksploatacyjna

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez ZTM.

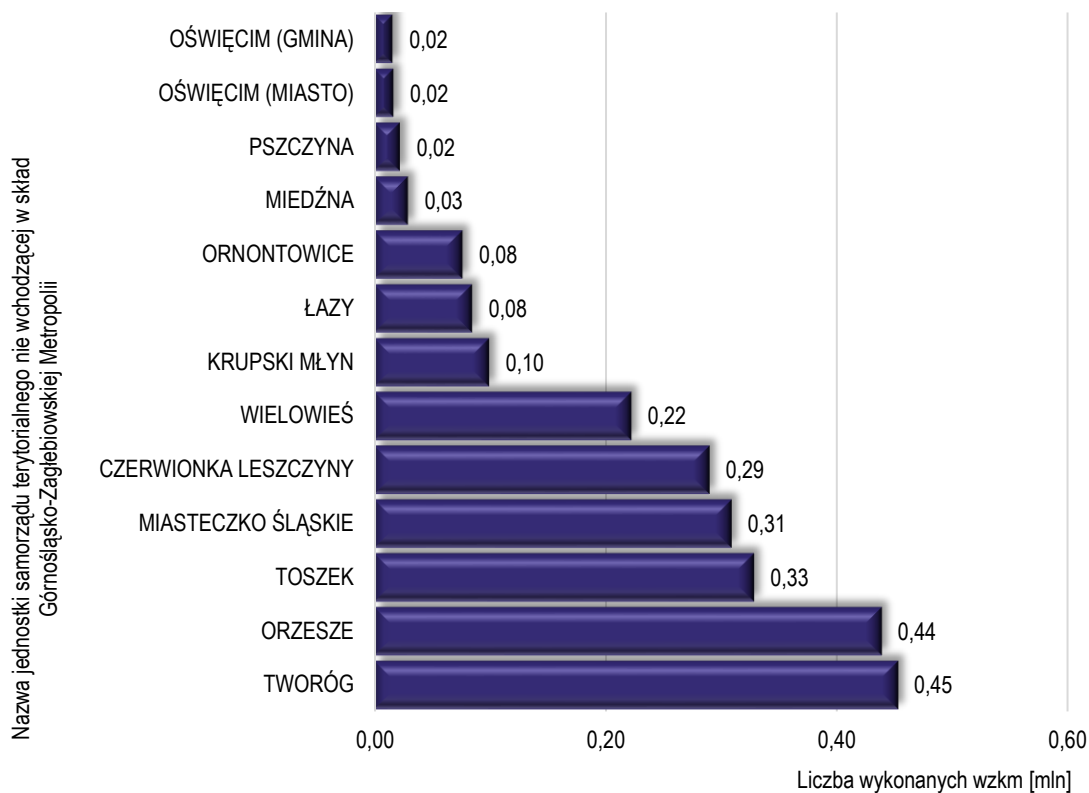
W ramach komunikacji zbiorowej na obszarze Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii w 2020 r. autobusami i trolejbusami wykonano:

92 060 249,00 wzkm



Wykres 9. Liczba kilometrów wykonanych na wszystkich liniach autobusowych i trolejbusowych w 2020 r. w podziale na poszczególne JST wchodzące w skład GZM

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez ZTM.



Wykres 10. Liczba kilometrów wykonanych na wszystkich liniach autobusowych w 2020 r. w podziale na poszczególne JST, które nie wchodzą w skład GZM

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez ZTM.

Szczegółowy wykaz linii autobusowych (normalnych oraz metropolitalnych) wraz z charakterystyką parametrów eksploatacyjnych znajduje się w Załączniku nr 1 do niniejszego opracowania.

3 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 społecznego²⁶.

3.1 Dane

Dane do Analizy pozyskano od Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii, Zarządu Transportu Metropolitalnego oraz Operatorów realizujących przewozy na liniach ZTM w zakresie m.in.:

- ◆ kosztów bieżącego serwisu i utrzymania (naprawy, przeglądy, konserwacje itp.) autobusów z podziałem na rodzaj taboru;
- ◆ szczegółowych informacji na temat wykorzystywanego taboru (m.in. rok produkcji, rodzaj napędu, norma emisji spalin, liczba miejsc, długość autobusu, dodatkowe wyposażenie, zużycie paliwa [l/100km], ilość wykonanych wzm na poszczególnych liniach komunikacyjnych);
- ◆ 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);
- ◆ realizowanych w 2021 r. i planowanych inwestycjach zakupu taboru oraz budowy i modernizacji infrastruktury technicznej w perspektywie do 2028 r.;
- ◆ 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.

3.2 Zastosowane metody

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

- ◆ finansowym (analiza finansowa);
- ◆ społeczno-ekonomicznym (analiza społeczno – ekonomiczna);
- ◆ wrażliwości i ryzyka otrzymanych parametrów oceny.

²⁶ Ligus M., Efektywność inwestycji w odnawialne źródła energii. Analiza kosztów i korzyści, CeDeWu Sp. z o.o., Warszawa 2010.

3.2.1 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 osiągniętych 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 dyskonta;

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).

NPV jako kryterium opłacalności Inwestycji może przybierać wartości:

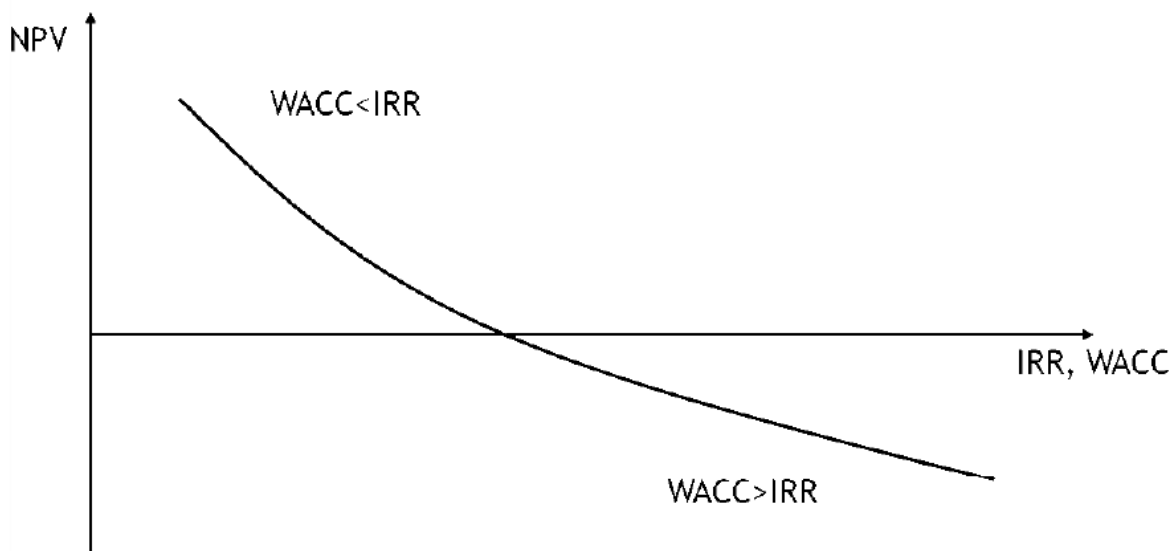
- **NPV < 0** – Inwestycja jest nieopłacalna z punktu widzenia wartości firmy;
- **NPV = 0** – Inwestycja znajduje się na granicy opłacalności;
- **NPV > 0** – Inwestycja jest opłacalna, tym bardziej im większa jest wartość współczynnika.

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 11. 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). Opłacalny 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.

3.2.2 Analiza społeczno-ekonomiczna

Założenia 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 oraz efekty ekonomiczne Inwestycji 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);
- ◆ **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 społeczno-ekonomicznej są miary:

- ◆ **ENPV** – (economic net present value) ekonomiczna wartość bieżąca netto;
- ◆ **ERR** – (economic rate of return) ekonomiczna stopa zwrotu.

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.

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.

3.2.3 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 wahania 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 monetizowanych efektów.

Rezultaty analizy wrażliwości:

- ◆ wyłonienie kluczowych zmiennych AKK jako krytycznych dla Analizy. Za zmienną krytyczną uważa się tę zmienną kluczową, której zmiana o ± 1 pp. wywołuje zmianę ENPV 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.

3.2.4 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”²⁷. 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 10).

Tabela 9. 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 10. Analiza jakościowa ryzyka – siła oddziaływania

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

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

²⁷ Ryzyko uważane jest za „aktywne” jeśli jest **identyfikowalne** i **istotne dla projektu** na obecnym etapie AKK.

Tabela 11. 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 12. 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:

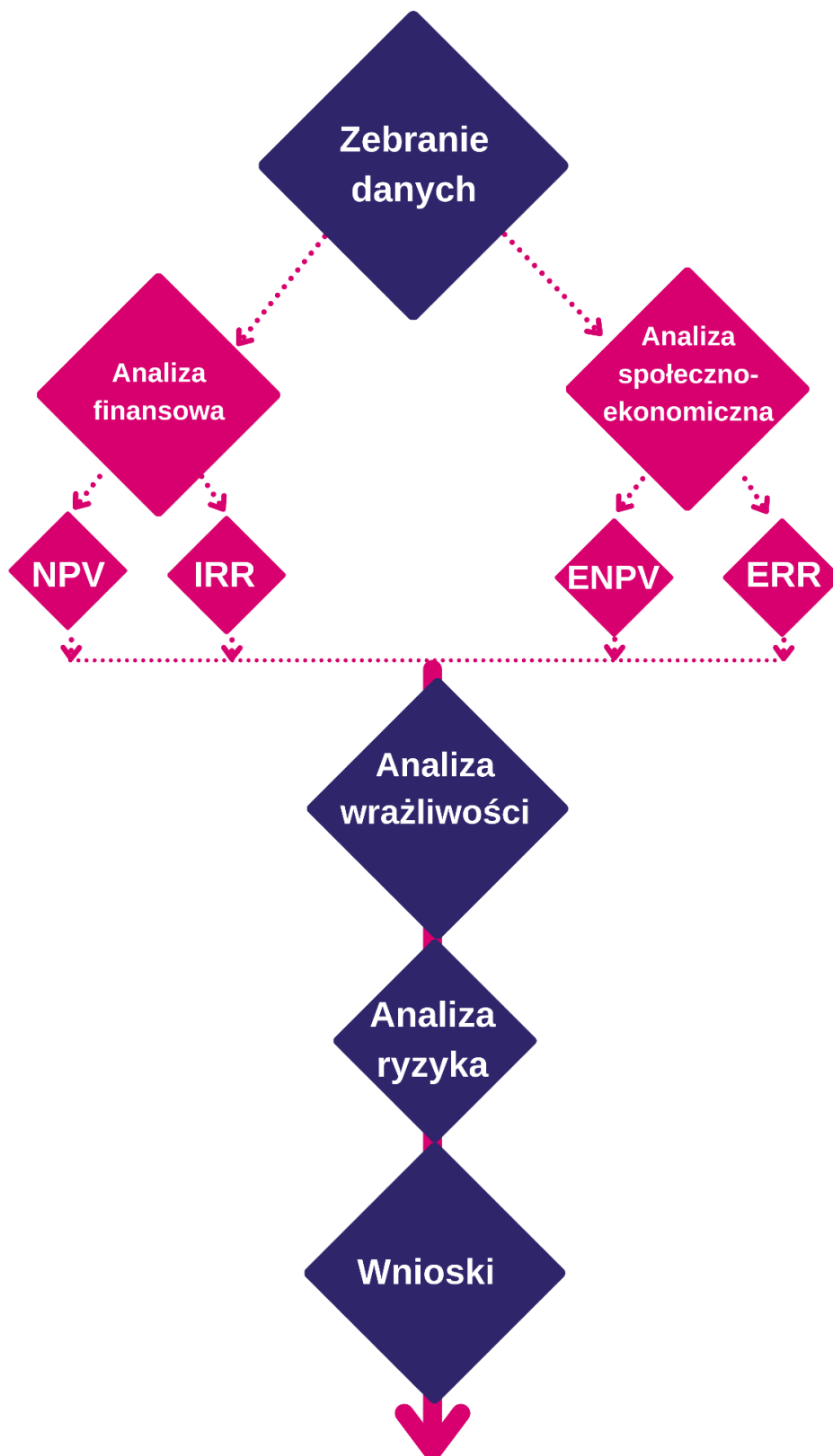
- ◆ **zapobieganie ryzyku:** oznacza zmianę planu przedsięwzięcia w celu wyeliminowania zagrożenia lub wyeliminowania wpływu ryzyka na projekt;
- ◆ **ograniczanie ryzyka:** oznacza redukcję prawdopodobieństwa wystąpienia ryzyka lub jego skutków poprzez wprowadzenie zmian do przedsięwzięcia;
- ◆ **przeniesienie 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.

3.3 Procedura Analizy



Rysunek 15. Procedura Analizy kosztów i korzyści
Źródło: opracowanie własne.

4 Analiza opcji inwestycyjnych

4.1 Wyznaczenie linii przeznaczonych do obsługi przez autobusy zeroemisyjne

W celu wytypowania linii komunikacyjnych, na których powinny poruszać się pojazdy zeroemisyjne, dając tym samym największą efektywność ekonomiczną i środowiskową, należy dokonać szczegółowej analizy parametrów technicznych danej trasy, tj. **przebieg, zakres przestrzenny obsługi obszaru oraz uwarunkowania geograficzne i topograficzne.**

Na podstawie powyższych analiz można wskazać potrzeby dotyczące infrastruktury ładowania jakie powinny znaleźć się na trasach przejazdu lub na terenie zajezdni Operatorów.

Zgodnie z rekomendacją ²⁸, 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 (dużą liczbą wykonanych wzmk w ciągu roku)



obsługują obszar charakteryzujący się dużą gęstością przystanków autobusowych



obsługują obszar o jak najmniejszych różnicach poziomów terenu



stanowią element skoordynowanego systemu obsługi terenu 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

²⁸ 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.

Dodatkowo podczas procesu selekcji najbardziej predysponowanych linii do elektryfikacji przyjęto następujące założenia:

- ◆ autobus elektryczny musi posiadać przerwy międzykursowe w celu wykorzystania ich do skorzystania ze stacji ładującej, dlatego **preferowana jest niska prędkość eksploatacyjna**;
- ◆ preferowane są trasy, które przebiegają przez aglomeracje miejskie z możliwie dużą ilością przystanków (aby najlepiej wykorzystać właściwości silnika elektrycznego), dlatego **preferowana jest niska prędkość komunikacyjna**;
- ◆ preferowane są trasy charakteryzujące się **wysokim poziomem pracy eksploatacyjnej realizowanej codziennie i w skali roku**, także w przeliczeniu na 1 pojazd. Wysokie wartości tych parametrów świadczą o opłacalności eksploatacji autobusów elektrycznych;
- ◆ w pierwszej kolejności **wyeliminowane powinny zostać najstarsze pojazdy z najniższą normą emisji spalin**, w celu maksymalizacji czynnika ekologicznego;
- ◆ w pierwszej kolejności do elektryfikacji wskazywane będą **linie obsługiwane przez najczęściej wykorzystywany tabor – B**.

Analiza zasadności elektryfikacji linii komunikacyjnych została wykonana poprzez analizę parametrów eksploatacyjnych autobusowych linii normalnych i metropolitalnych organizowanych przez ZTM. Z badania wyłączono linie nocne, linie okresowe (np. funkcjonujące wyłącznie w okresie wakacyjnym, linie kursujące wyłącznie w Dzień Wszystkich Świętych), linie wprowadzane w ramach objazdów oraz linie specjalne zapewniające dowozy w dniach wydarzeń kulturowych i sportowych.

Nie bez znaczenia pozostał także fakt, iż członkami GZM jest 41 gmin²⁹ i wybór linii musiał do pewnego stopnia spełniać oczekiwania społeczne związane z funkcjonowaniem linii obsługiwanych autobusami elektrycznymi na obszarze jak największej liczby gmin członkowskich. Do wytypowania linii do elektryfikacji wzięto również pod uwagę miejsce na budowę stacji ładującej z jak najmniejszą ingerencją w infrastrukturę drogową i negatywne oddziaływanie na pobliskie zabudowania.

Nie wyklucza się, że w trakcie obsługi zelektryfikowanej linii dla zachowania efektywnego wykorzystania infrastruktury technicznej konieczne będą korekty rozkładów jazdy.

Szczegółowa analiza parametrów linii autobusowych (linii normalnych i metropolitalnych) funkcjonujących na terenie Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii, według stanu na sierpień 2021 r., została przedstawiona w Załączniku nr 1 do niniejszej Analizy.

Zestawienie linii proponowanych do obsługi autobusami zeroemisyjnymi przedstawia poniższa Tabela 13.

Zakres przestrzenny wyznaczonych linii przedstawia Rysunek nr 18.

²⁹ ZTM nie jest organizatorem publicznego transportu zbiorowego na obszarze gminy Rudziniec, która usługi użyteczności publicznej w zakresie transportu organizuje samodzielnie.

Tabela 13. Wykaz predysponowanych linii do obsługi pojazdami zeroemisyjnymi

Linia	Operator	Relacja	Długość linii* [km]	Prędkość komunikacyjna [km/h]	Prędkość eksploatacyjna [km/h]	Liczba obsługiwanych gmin	Dzień roboczy	Sobota	Niedziela/dzień świąteczny	Przybliżona liczba kursów w dni robocze	Liczba wzkm
2	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Tychach	Wartogłowiec Pętla - Wartogłowiec Pętla	22,73	18,72	7,70	1	+	+	+	17	91 143,50
5	Konsorcjum (PKM w Świerklańcu Sp. z o.o., Transport Benedykt Nowak, T. Rzemek)	Katowice Plac Wolności – Tarnowskie Góry Dworzec	36,25	27,49	22,84	5	+	+	+	37	1 026 605,20
9	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Katowicach	Katowice Sądowa – Katowice Sądowa	8,75	18,71	14,75	1	+	+	+	33	205 182,50
10	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Katowicach	Katowice Sądowa – Katowice Sądowa	9,05	18,83	13,43	1	+	+	+	32	199 488,80
11	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Katowicach	Czeladź Wojkowicka Pętla – Piotrowice Pętla	22,80	22,13	16,46	3	+	+	+	35	494 011,25
19	Konsorcjum (PKM w Świerklańcu Sp. z o.o., Transport Benedykt Nowak, T. Rzemek)	Tarnowskie Góry Dworzec – Bytom Dworzec	13,05	27,17	17,58	2	+	+	+	56	533 893,30
23	Konsorcjum (Kłosek Sp. z o.o., Sp. k., METEOR Sp. z o.o., Usługi Transportowe Pawelec Krzysztof)	Zabrze Goethego – Katowice Plac Wolności	27,98	24,89	19,07	5	+	+	+	40	662 832,90
32	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Gliwicach	Zabrze Goethego – Łabędy Huta	22,40	24,64	20,10	2	+	+	+	40	670 894,70
34	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Sosnowcu	Strzemieszycze Dworzec Północny – Sosnowiec Urząd Miasta	23,55	26,34	21,30	2	+	+	+	32	443 734,20
36	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Sosnowcu	Ligota Akademiki – Tychy Towarowa	21,40	25,02	19,53	2	+	+	+	25	348 643,30
37	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Katowicach	Mikolów Dworzec – Katowice Dworzec	18,98	22,49	18,12	2	+	+	+	36	444 198,10
46	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Katowicach	Ligota Zadole – Katowice Dworzec	6,60	20,34	13,20	1	+	+	+	30	118 848,40
48	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Katowicach	Chorzów Stary Szyb Prezydent – Katowice Sądowa	24,75	22,41	17,52	3	+	+	+	30	575 796,30
51	Konsorcjum (V-BUS Sp. z o.o., A21 Sp. z o.o.)	Ligota Akademiki – Osiedle Tysiąclecia Pętla	21,4	21,14	15,29	1	+	+	+	27	374 116,85
55	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Sosnowcu	Osiedle Naftowa Pętla – GOLONÓG Zajezdnia	21,65	23,30	19,72	2	+	+	+	27	462 013,20
57	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Gliwicach	Brzezinka Wałbrzyska – Helenka ELZAB	28,65	28,25	19,67	4	+	+	+	29	573 677,90
70	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Katowicach	Borki Pętla – Obroki Elkop	23,13	20,16	15,04	1	+	+	+	29	387 475,25
72	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Katowicach	Michałkowice Bytomska – Giszowice Kopalnia Staszic	20,75	22,10	17,12	2	+	+	+	27	411 905,90
74	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Katowicach	Zawodzie Centrum Przesiadkowe – Chorzów Batory Park Logistyczny	26,15	22,92	19,98	3	+	+	+	31	514 950,45
76	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Katowicach	Wesoła Kopalnia – Zawodzie Centrum Przesiadkowe	25,00	24,05	20,93	2	+	+	+	34	555 936,05
81	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Gliwicach	Helenka ELZAB – Zabrze Goethego	10,85	23,11	16,26	1	+	+	+	57	333 456,40
83	Konsorcjum (PKM w Świerklańcu Sp. z o.o., Transport Benedykt Nowak, T. Rzemek)	Zabrze Goethego – Tarnowskie Góry Dworzec	24,05	26,17	19,88	4	+	+	+	30	437 404,40
88	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Sosnowcu	Wojkowice Park – Sosnowiec Urząd Miasta	19,25	22,03	18,21	4	+	+	+	20	257 597,60
91	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Sosnowcu	Bytom Dworzec – Sosnowiec Urząd Miasta	27,95	27,72	23,04	5	+	+	+	22	419 044,30
100	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Sosnowcu	Wojkowice Park – Sosnowiec Urząd Miasta	20,35	23,28	21,28	5	+	+	+	16	225 288,80
109	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Katowicach	Janów Osrodek Bolina – Osiedle Witosy Pętla	21,45	22,16	16,08	1	+	+	+	27	378 093,65
110	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Katowicach	Osiedle Paderewskiego Trzy Stawy – Michałkowice Fabud	17,35	21,24	13,59	2	+	+	+	36	391 139,10
114	Przedsiębiorstwo Komunikacji Metropolitalnej Sp. z o.o. w Świerklańcu	Bytom Dworzec – Osiedle Wieczorka Dworzec	8,90	24,26	13,22	2	+	+	+	58	314 810,10
115	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Katowicach	Katowice Dworzec – Obroki MPGK	7,10	23,05	14,26	1	+	+	+	60	293 051,80
118	Konsorcjum (METEOR Sp. z o.o., IREX-1 Sp. z o.o., Krzysztof Pawelec Usługi Transportowe)	Chebbie Dworzec PKP – Bytom Dworzec	13,25	23,7	13,58	2	+	+	+	32	295 558,90
121	Konsorcjum (Krzysztof Pawelec Usługi Transportowe, Kłosek Sp. z o.o., Sp. k., ASKA Joanna Kalek, Transport Benedykt Nowak)	Halemba Pętla – Bytom Dworzec	25,80	25,97	20,84	3	+	+	+	40	611 620,20
138	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Katowicach	Osiedle Tysiąclecia Pętla – Ochojec Szpital	20,85	22,84	15,78	1	+	+	+	27	357 596,60
139	Konsorcjum (Krzysztof Pawelec Usługi Transportowe, Kłosek Sp. z o.o., Sp. k., ASKA Joanna Kalek, Transport Benedykt Nowak)	Bykowina Grzegorzka – Chorzów Stary Szyb Prezydent	13,00	22,5	13,68	1	+	+	+	31	263 034,60
146	Konsorcjum (Transport Benedykt Nowak, METEOR Sp. z o.o.)	Halemba Pętla – Bytom Dworzec	22,80	22,67	19,07	2	+	+	+	35	537 346,20
147	Kłosek Sp. z o.o., Sp. k.	Halemba Pętla – Orzegów Waniora	23,20	23,4	14,18	1	+	+	+	15	242 459,60
149	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Katowicach	Chelm Mały Pętla – Zawodzie Centrum Przesiadkowe	33,95	29,22	19,08	4	+	+	+	31	606 735,65
150	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Sosnowcu	Osiedle Bór Pętla – Rudna Stawowa	18,85	23,26	19,54	3	+	+	+	24	336 063,50
156	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Gliwicach	Zabrze Goethego – Sikornik Osiedle	15,40	23,52	14,98	2	+	+	+	17	209 008,30
165	Krzysztof Pawelec Usługi Transportowe	Obroki Elkop – Osiedle Tysiąclecia Pętla	23,03	22,56	17,60	2	+	+	+	27	378 807,65
186	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Gliwicach	Łabędy Huta – Trynek Toruńska	16,40	24,00	16,44	1	+	+	+	23	237 820,80
187	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Gliwicach	Sikornik Osiedle – Sikornik Osiedle	15,90	21,18	15,78	1	+	+	+	13	126 612,90
188	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Sosnowcu	Sosnowiec Szpital Wojewódzki – Zagórze Zajezdnia	18,05	23,88	18,12	2	+	+	+	16	197 637,30
190	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Katowicach	Siemianowice Plac Skargi – Chorzów Miasto Dworzec PKP	11,63	23,63	16,19	3	+	+	+	36	314 817,90
193	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Katowicach	Osiedle Witosy Kossutha – Wełnowiec GPP BUSINESS PARK	13,95	22,66	14,22	1	+	+	+	36	286 956,45
197	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Gliwicach	Sośnica Osiedle Żeromskiego – Łabędy Huta	16,35	24,48	13,16	1	+	+	+	32	412 109,60
198	Krzysztof Pawelec Usługi Transportowe	Zabrze Goethego – Halemba Pętla	14,05	24,96	19,08	2	+	+	+	21	203 572,10
201	Konsorcjum (Krzysztof Pawelec Usługi Transportowe, Kłosek Sp. z o.o., Sp. k., ASKA Joanna Kalek, Transport Benedykt Nowak)	Chorzów Batory Pętla – Bytom Dworzec	17,30	22,64	16,58	3	+	+	+	30	316 121,20
254	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Tychach	Wartogłowiec Pętla - Wartogłowiec Pętla	22,26	18,62	9,45	1	+	+	+	16	103 809,40

Linia	Operator	Relacja	Długość linii* [km]	Prędkość komunikacyjna [km/h]	Prędkość eksploatacyjna [km/h]	Liczba obsługiwanych gmin	Dzień roboczy	Sobota	Niedziela/dzień świąteczny	Przybliżona liczba kursów w dni robocze	Liczba wzkm
255	Konsorcjum (Meteor Sp. z o.o., IREX-1 Sp. z o.o., TRANSGÓR S.A.)	Halemba Pętla – Halemba Pętla	15,00	23,58	20,16	1	+	+	+	35	325 702,50
259	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Gliwicach	Sośnica Osiedle Żeromskiego – Osiedle Waryńskiego Pętla	20,50	23,02	17,68	1	+	+	+	22	258 398,70
260	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Sosnowcu	Porąbka Osiedle Julisza II – Będzin Kościuszki	21,65	25,56	21,78	3	+	+	+	22	293 587,40
273	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Tychach	Makolowiec Pętla – Tychy Towarowa	14,05	21,20	14,62	1	+	+	+	16	152 647,90
292	Krzysztof Pawelec Usługi Transportowe	Ligota Akademiki – Brzezinka Wysoki Brzeg Pętla	33,70	24,00	17,16	2	+	+	+	15	398 136,20
297	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Katowicach	Katowice Sądowa – Katowice Sądowa	8,45	18,03	13,17	1	+	+	+	78	464 159,50
600	Konsorcjum (METEOR Sp. z o.o., IREX-1 Sp. z o.o.)	Katowice Ceglana Szpital Kliniczny – Zawodzie Centrum Przesiadkowe	10,37	18,86	10,74	1	+	+	+	36	224 385,60
617	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Gliwicach	Sikorniki Osiedle – Rokitnica Budowlana	22,85	23,57	15,74	3	+	+	+	28	438 475,00
623	Konsorcjum (Krzysztof Pawelec Usługi Transportowe, Kłosok Sp. z o.o., Sp. k., ASKA Joanna Kałek, Transport Benedykt Nowak)	Bytom Dworzec – Miechowice Pętla	7,60	29,58	16,35	1	+	+	+	86	459 905,40
657	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Katowicach	Dąbrówka Mała Nowosam – Panewniki Owsiana	19,05	21,96	14,00	1	+	+	+	36	433 839,00
663	Konsorcjum Meteor, Irex-1	Chorzów Batory Pętla – Pszczelnik Park	18,55	22,02	18,60	2	+	+	+	23	261 810,15
673	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Katowicach	Murcki Szyb Stanisław – Osiedle Tysiąclecia Pętla	22,48	24,17	15,39	1	+	+	+	31	382 381,20
674	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Katowicach	Osiedle Tysiąclecia Pętla – Osiedle Tysiąclecia Pętla	20,25	21,77	16,88	1	+	+	+	36	449 252,20
690	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Sosnowcu	Sosnowiec Dworzec PKP – Gołonóg Zajezdnia	19,90	23,78	20,43	2	+	+	+	23	349 958,80
692	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Gliwicach	Brzezinka Park Logistyczny – Osiedle Kopernika Pętla	11,35	23,73	17,22	1	+	+	+	18	218 954,90
696	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Tychach	Wilkowyje Obywatelska – Tychy Zajezdnia	13,95	22,89	16,11	1	+	+	+	24	239 991,40
699	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Gliwicach	Osiedle Obrońców Pokoju – Osiedle Waryńskiego Pętla	16,70	21,38	14,24	1	+	+	+	17	302 859,60
710	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Gliwicach	Osiedle Kopernika Pętla – Szczygłowice Centrum Przesiadkowe	25,35	24,95	20,68	2	+	+	+	28	406 671,20
720	Krzysztof Pawelec Usługi Transportowe	Zabrze Goethego – Zabrze Goethego	14,95	19,98	15,66	1	+	+	+	21	195 236,40
723	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Sosnowcu	Czeladź Rynek – Zagórze Zajezdnia	24,00	24,36	18,09	2	+	+	+	30	470 478,50
814	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Sosnowcu	Katowice Piotra Skargi – Gołonóg Dworzec PKP	25,55	28,97	21,52	5	+	+	+	27	440 002,40
835	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Sosnowcu	Katowice Piotra Skargi – Maczki Kościuszki	25,90	26,74	20,61	2	+	+	+	27	416 360,40
840	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Gliwicach	Gliwice Plac Piastów – Katowice Mickiewicza	33,45	26,49	22,19	6	+	+	+	31	691 054,70
910	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Katowicach	Osiedle Paderewskiego Trzy Stawy – Osiedle Paderewskiego Trzy Stawy	4,55	17,15	12,69	1	+	+	+	78	264 249,15
982	City-Line 2	Mikolów Dworzec – Orzegów Waniora	21,95	25,71	19,31	2	+	+	+	22	268 955,40
A4	Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej Sp. z o.o. w Gliwicach	Gliwice Teatr – Gliwice Zajezdnia	9,80	22,39	15,20	1	+	+	+	96	573 870,00

*wartość szacunkowa. Długość poszczególnych kursów różni się od siebie.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez Organizatora i Operatorów.

4.2 Analiza opcji inwestycyjnych

Alternatywne warianty realizacji Inwestycji:

I. Wariant „0”

Wariant „0a” – wariant bazowy.

Wariant „0b” – wymiana taboru zgodna z planami inwestycyjnymi Organizatora.

II. **Wariant „1”** – wprowadzenie do eksploatacji pojazdów o napędzie zeroemisyjnym elektrycznym.

III. **Wariant „2”** – wprowadzenie do eksploatacji pojazdów o napędzie zeroemisyjnym wodorowym – autobusy elektryczne z wodorowymi ogniwami paliwowymi.

Zgodnie z zapisami UoEiPA od 1 stycznia 2028 r. na terenie Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii powinno znajdować się co najmniej 30% taboru zeroemisyjnego. **W związku z powyższym na terenie GZM, przy obecnym stanie taboru autobusowego i trolejbusowego wynoszącym 1409 pojazdów, do 2028 r. wymagana liczba pojazdów zeroemisyjnych wynosi 423 szt.**

W celu spełnienia wyżej opisanych wymogów UoEiPA udział pojazdów zeroemisyjnych we flocie pojazdów, które będą wykorzystywane do wykonywania przewozów na zlecenie ZTM powinien przedstawiać się następująco:

- ◆ od 1 stycznia 2023 r. (10%) – 141 autobusów;
- ◆ od 1 stycznia 2025 r. (20%) – 282 autobusów;
- ◆ od 1 stycznia 2028 r. (30%) – 423 autobusów.

Postęp we wprowadzaniu autobusów zeroemisyjnych do floty pojazdów w kolejnych latach przedstawia się następująco:

54 pojazdy samochodowe zeroemisyjne + 87 (w 2022 roku) + 141 (w 2024 roku) + 141 (w 2027 roku),

w tym:

- autobusy klasy MINI – 15 szt. (4,07%);
- autobusy klasy MIDI – 25 szt. (6,78%);
- autobusy klasy MAXI – 189 szt. (51,22%);

- autobusy klasy MEGA – 140 szt. (37,94%).

Autobusy z silnikiem spełniającym wymagania normy:

- EURO 5 – 70 szt. (18,97%);
- EURO 4 – 99 szt. (26,83%);
- EURO 3 – 183 szt. (49,59%);
- EURO 2 – 17 szt. (4,61%).

W pierwszym etapie modernizacji (zakup w 2022 r.) użytkowanych pojazdów do likwidacji przeznaczono pojazdy charakteryzujące się normą emisji spalin:

- ◆ EURO 2 – 17 szt. (19,54%);
- ◆ EURO 3 – 70 szt. (80,46%).

Tym samym wymianie ulegną:

- ◆ 2 pojazdy klasy MINI (2,30%);
- ◆ 1 pojazd klasy MIDI (1,15%);
- ◆ 47 pojazdów klasy MAXI (54,02%);
- ◆ 37 pojazdów klasy MEGA (42,53%).

W drugim etapie modernizacji (zakup w 2024 r.) użytkowanych pojazdów do likwidacji przeznaczono pojazdy charakteryzujące się normą emisji spalin:

- ◆ EURO 3 – 113 szt.;
- ◆ EURO 4 – 28 szt.

Tym samym wymianie ulegną:

- ◆ 2 pojazdy klasy MINI (1,42%);
- ◆ 4 pojazdy klasy MIDI (2,84%);
- ◆ 88 pojazdów klasy MAXI (62,41%);
- ◆ 47 pojazdów klasy MEGA (33,33%).

W trzecim etapie modernizacji (zakup w 2027 r.) użytkowanych pojazdów do likwidacji przeznaczono pojazdy charakteryzujące się normą emisji spalin:

- ◆ EURO 4 – 71 szt. (50,35%);
- ◆ EURO 5 – 70 szt. (49,65%).

Tym samym wymianie ulegnie:

- ◆ 11 pojazdów klasy MINI (7,80%);
- ◆ 20 pojazdów klasy MIDI (14,18%);
- ◆ 54 pojazdy klasy MAXI (38,30%);
- ◆ 56 pojazdów klasy MEGA (39,72%).

Linie organizowane przez ZTM obsługiwane są obecnie przez 54 pojazdy wykorzystujące do napędu wyłącznie energię elektryczną akumulowaną przez podłączenie do zewnętrznego źródła zasilania, tj. 31 autobusów elektrycznych i 23 trolejbusy.

4.2.1. Wariant „0”

Wariant „0” został nazwany wariantem bazowym, który został utworzony wyłącznie w celach porównawczych. Wariant „0” przedstawia zatem najbardziej niekorzystną wizję rozwoju komunikacji autobusowej na obszarze Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii – realizację usług publicznego transportu zbiorowego w oparciu o aktualnie eksploatowany tabor wraz z minimalnymi i niezbędnymi inwestycjami w zakresie modernizacji floty autobusowej. Wariant ten został podzielony na dwa podwarianty:

- ◆ Wariant „0a” zakładający zakup pojazdów wyłącznie o napędzie konwencjonalnym (ON) o najwyższych normach emisji spalin – EURO 6;
- ◆ Wariant „0b” zakładający zakup pojazdów o różnych napędach, zgodnie z planami inwestycyjnymi Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii oraz Operatorów, nieuwzględniający w pełni wymagań w zakresie udziału autobusów zeroemisyjnych we flocie użytkowanych pojazdów, określonych w UoEiPA.

Implementacja Wariantu „0a” związana jest z zaniechaniem wymogów UoEiPA w związku z koniecznymi do osiągnięcia progami pojazdów zeroemisyjnych, gdyż w ramach tego scenariusza rozważa się zakup wyłącznie pojazdów napędzanych paliwami konwencjonalnymi. Scenariusz ten zakłada kompleksową modernizację taboru Operatorów na pojazdy napędzane paliwami konwencjonalnymi, które powinny spełniać normy emisji spalin na poziomie EURO 6. Wariant „0a” zakłada zatem, iż do 1 stycznia 2028 r., z uwzględnieniem dat przejściowych zaproponowanych w UoEiPA, wymianie ulegnie 369 pojazdów. Wymianie podlegać będą, zgodnie z założeniami, pojazdy najstarsze, charakteryzujące się jednocześnie spełnianiem najniższych norm emisji spalin. W pierwszym etapie, do 1 stycznia 2023 r., zaleca się zakup 87 autobusów i wycofanie z eksploatacji pojazdów, które zgodnie z założeniami głównymi spełniają najniższe normy emisji spalin i wykonują jednocześnie największą pracę eksploatacyjną. W etapie drugim modernizacji taboru, obsługującego sieć komunikacyjną GZM, zakłada się zakup i eksploatację 141 nowych autobusów napędzanych olejem napędowym. Pojazdy te,

podobnie jak w etapie pierwszym, powinny zastąpić pojazdy napędzane olejem napędowym, o najniższych normach emisji spalin EURO.

Etap trzeci powinien stanowić kontynuację wymiany taboru na nowe pojazdy spalinowe EURO 6. W tym etapie zakłada się, iż wymianie podlegać będzie łącznie 141 pojazdów.

Na potrzeby Analizy założono, że nowo zakupione pojazdy będą spełniały najbardziej restrykcyjne normy emisji spalin, w związku z czym w 2028 r. pojazdy spełniające normę emisji spalin EURO 6 stanowiłyby 54,01% taboru GZM.

Zakupione pojazdy obsługiwać będą obszar 56 gmin, na terenie których funkcję organizatora publicznego transportu zbiorowego pełni Górnośląsko-Zagłębiowska Metropolia.

Wariant „0b” zakłada natomiast wymianę taboru Operatorów funkcjonujących na terenie GZM zgodnie z przedstawionymi planami inwestycyjnymi Organizatora. Wariant „0b”, podobnie jak Wariant „0a” ma charakter porównawczy, gdyż implementacja założeń zapisanych w ramach tego scenariusza nie spowoduje, przy obecnym kształcie UoEiPA, iż spełnione zostaną progowe wymagania odnoszące się do wymaganej liczby pojazdów zeroemisyjnych. Wariant „0b” zakłada bowiem wymianę najstarszych pojazdów, charakteryzujących się największą emisyjnością na pojazdy zarówno napędzane olejem napędowym, sprężonym gazem ziemnym (CNG), energią elektryczną, jak również na pojazdy zasilane wodorowymi ogniwami paliwowymi. Implementacja tego scenariusza spowoduje wzrost pojazdów nisko- i zeroemisyjnych, jednakże nie spowoduje to spełnienia ustawowych wymogów.

Na potrzeby Analizy wykorzystano plany inwestycyjne Organizatora, które są zróżnicowane w kwestiach napędu pojazdów. Przy uwzględnieniu planowanych inwestycji do 2028 r. pojazdy spalinowe powinny stanowić 55,00% całego taboru GZM (EURO 5 i EURO 6), pojazdy napędzane sprężonym gazem ziemnym 22,29%, natomiast autobusy zeroemisyjne 6,53% (w tym bateryjne autobusy elektryczne, trolejbusy i autobusy napędzane paliwem wodorowym).

Istotną kwestią jest zaznaczenie, że **powyższe rozważanie zostało stworzone przy zachowaniu stałego poziomu taboru, tj. 1409 pojazdów samochodowych**. Wymiana taboru może nastąpić znacznie szybciej i przy większych jednorazowych zakupach, jeżeli zostaną pozyskane dodatkowe środki na zakup z zewnętrznych funduszy.

Podobnie jak w przypadku Wariantu „0a” zakupione pojazdy obsługiwać będą obszar 56 gmin przez poszczególnych Operatorów.

Szczegółowe założenia dotyczące liczby taboru w latach Analizy 2021–2028, dla Wariantu „0a” i „0b” przedstawiono w Tabeli 14.

Tabela 14. Liczba autobusów w poszczególnych latach Analizy, wg napędu i norm emisji spalin (EURO) – Wariant „0”

Wariant „0a”								
	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
ON								
EURO 2	17	0	0	0	0	0	0	0
EURO 3	183	113	113	0	0	0	0	0
EURO 4	99	99	99	71	71	71	0	0
EURO 5	490	490	490	490	490	490	420	420
EURO 6	379	466	466	607	607	607	748	748
hBus								
EURO 5	3	3	3	3	3	3	3	3
EURO 6	36	36	36	36	36	36	36	36
CNG								
EURO 5	39	39	39	39	39	39	39	39
EURO 6	109	109	109	109	109	109	109	109
Pojazdy zeroemisyjne								
Trolejbus	23	23	23	23	23	23	23	23
BEV	31	31	31	31	31	31	31	31
FCEF	0	0	0	0	0	0	0	0
Wariant „0b”								
	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
ON								
EURO 2	17	0	0	0	0	0	0	0
EURO 3	183	113	113	0	0	0	0	0
EURO 4	99	99	99	71	71	71	0	0
EURO 5	490	490	490	490	490	490	420	420
EURO 6	379	379	379	379	379	379	379	379
hBus								
EURO 5	3	3	3	3	3	3	3	3
EURO 6	36	71	71	142	142	142	187	187
CNG								
EURO 5	39	39	39	39	39	39	39	39
EURO 6	109	109	109	179	179	179	275	275
Pojazdy zeroemisyjne								
Trolejbus	23	23	23	23	23	23	23	23
BEV	31	63	63	63	63	63	63	63
FCEF	0	20	20	20	20	20	20	20

Źródło: opracowanie własne.

Niewątpliwie zaletą wdrożenia Wariantu „0”, zarówno wariantu „0a” jak i „0b” jest zdecydowane ograniczenie kosztów inwestycyjnych, ponieważ zakup pojazdów o napędzie konwencjonalnym (ON) lub pojazdów napędzanych sprężonym gazem ziemnym (CNG) będzie zdecydowanie tańszy, niż zakup tej samej liczby autobusów napędzanych paliwami alternatywnymi³⁰. Dodatkową zaletą jest fakt, iż w zakresie zaopatrzenia pojazdów w olej napędowy nowo zakupione pojazdy wykorzystywałyby istniejącą infrastrukturę. Wariant „0a” pozwala zatem uniknąć wysokich kosztów zakupu infrastruktury do ładowania/tankowania pojazdów o napędzie alternatywnym (stacji ładowania autobusów elektrycznych lub stacji tankowania wodoru).

Negatywnymi aspektami wyboru Wariantu „0” są przede wszystkim szkody w środowisku naturalnym w postaci zanieczyszczenia powietrza tzn. emisja produktów spalania oleju napędowego, czyli głównie tlenku węgla, węglowodorów, tlenków azotu oraz cząstek 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.



Rysunek 16. Wady i zalety wdrożenia Wariantu „0”

Źródło: opracowanie własne.

³⁰ Koszty zakupu autobusu z napędem elektrycznym są 2–2,5 wyższe niż zakup autobusu o napędzie konwencjonalnym, tym samym zakup autobusu wodorowego jest ponad 3 razy wyższy niż zakup autobusu spalinowego.

4.2.2 Wariant „1”

Wariant „1”, wariant inwestycyjny, zakłada eksploatację dotychczas wykorzystywanego taboru autobusowego, który sukcesywnie, zgodnie z regulami ujętymi w UoEiPA, będzie podlegać wymianie na tabor zeroemisyjny; tu: autobusy zeroemisyjne napędzane energią elektryczną – bateryjne pojazdy elektryczne (BEV) wraz z infrastrukturą do ładowania tego typu pojazdów. Zgodnie z zapisami w UoEiPA, uwzględniając stały poziom taboru wynoszący 1 409 pojazdów oraz po uwzględnieniu obecnie eksploatowanych 54 pojazdów zeroemisyjnych (bateryjne pojazdy elektryczne oraz trolejbusy), ilość autobusów zeroemisyjnych od 1 stycznia 2028 r. powinna wynosić 423 szt.

W pierwszym etapie, do 1 stycznia 2023 r., zaleca się zakup 87 autobusów i wycofanie z eksploatacji pojazdów, które zgodnie z założeniami głównymi spełniają najniższe normy emisji spalin EURO i wykonują jednocześnie największą pracę eksploatacyjną. W etapie drugim modernizacji taboru, obsługującego sieć komunikacyjną GZM, zakłada się zakup i eksploatację 141 nowych bateryjnych pojazdów elektrycznych. Pojazdy te, podobnie jak w etapie pierwszym, powinny zastąpić pojazdy napędzane

olejem napędowym, o najniższych normach emisji spalin EURO.

Etap trzeci powinien stanowić kontynuację wymiany taboru na nowe pojazdy zeroemisyjne. W tym etapie zakłada się, iż wymianie podlegać będzie łącznie 141 pojazdów.

W związku z przyjętymi dla Wariantu „1” założeniami w 2028 r. sieć komunikacyjną GZM powinny obsługiwać łącznie 423 samochodowe pojazdy elektryczne, co będzie stanowiło 30,02% użytkowanego taboru GZM.

Istotną kwestią jest zaznaczenie, że **powyższe rozważanie zostało stworzone przy zachowaniu stałego poziomu taboru, tj. 1 409 pojazdów samochodowych**. Wymiana taboru może nastąpić znacznie szybciej i przy większych jednorazowych zakupach, jeżeli zostaną pozyskane dodatkowe środki na zakup z zewnętrznych funduszy.

Szczegółowe założenia dotyczące liczby taboru w latach Analizy 2021–2028, dla Wariantu „1” przedstawiono w Tabeli 15.

Tabela 15. Liczba autobusów w poszczególnych latach Analizy, wg napędu i norm emisji spalin (EURO) – Wariant „1”

Wariant „1”								
	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
ON								
EURO 2	17	0	0	0	0	0	0	0
EURO 3	183	113	113	0	0	0	0	0
EURO 4	99	99	99	71	71	71	0	0
EURO 5	490	490	490	490	490	490	420	420
EURO 6	379	379	379	379	379	379	379	379
hBus								
EURO 5	3	3	3	3	3	3	3	3
EURO 6	36	36	36	36	36	36	36	36
CNG								
EURO 5	39	39	39	39	39	39	39	39
EURO 6	109	109	109	109	109	109	109	109
Pojazdy zeroemisyjne								
Trolejbus	23	23	23	23	23	23	23	23
BEV	31	118	118	259	259	259	400	400
FCEF	0	0	0	0	0	0	0	0

Źródło: opracowanie własne.

Autobusy elektryczne najczęściej napędzane są za pomocą asynchronicznego silnika trakcyjnego. Ponadto niektóre pojazdy o nowoczesnej konstrukcji napędzane są silnikami umieszczonymi w piastach kół. Autobusy elektryczne są również wyposażone w system rekuperacji energii, czyli odzyskiwania energii (doładowania baterii) podczas hamowania.

Pojazdy elektryczne wykorzystywane do świadczenia usług komunikacji miejskiej dzieli się zazwyczaj ze względu na sposób ich ładowania:

- ◆ **ładowanie stacjonarne – nocne** (najczęściej na zajezdni małą mocą 30 – 60 kW);
- ◆ **ładowanie stacjonarne – nocne w zajezdni wraz z doładowywaniem w ciągu dnia za pomocą stacji ładowania o średniej (100–200 kW) lub dużej mocy (300–600 kW);**
- ◆ **wyłącznie ładowanie szybkie na pętlach końcowych** dużą mocą (300–600 kW). Obecnie na rynku popularność zyskały dwa modele ładowania za pomocą pantografu:
 - **pantografy podnoszone**, które są montowane na dachach autobusów i na czas ładowania unoszone są podczas postoju pod ładowarką,
 - **pantografy odwrócone**, opuszczane z maszty pantografowego do strefy gniazda ładowania, ulokowanego na dachu autobusu;
- ◆ **ładowanie dynamiczne w ruchu.**

Wśród 4 metod ładowania, z technicznego punktu widzenia wyróżnić należy:

- ◆ **ładowanie za pomocą złącza wtykowego;**
- ◆ **ładowanie w systemie czteroprzewodowym;**
- ◆ **ładowanie w systemie dwuprzewodowym;**
- ◆ **ładowanie dynamiczne w ruchu.**

Istnieją także autobusy konstrukcyjnie przygotowane do szybkiej wymiany baterii, dzięki czemu możliwe jest jej ładowanie niezależnie od eksploatowanego pojazdu.

W przypadku autobusów elektrycznych istotnie ważną rolę odgrywa rodzaj baterii trakcyjnych pojazdu, która dobierana jest w zależności od potrzeb eksploatacyjnych zamawiającego. Obecnie rynek baterii dla pojazdów elektrycznych oparty jest w dużej mierze na technologiach litowo-jonowych. Najczęściej wykorzystywane są baterie LTO (Lithium–titanite Li4T5O12), LFP (Lithium–iron–phosphate LiFePO4) oraz NMC (Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide LiNixMnyCozO2). Baterie typu „High Power” 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.

Uwzględniając uwarunkowania przestrzenne i eksploatacyjne sieci komunikacyjnej Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii zakłada się, iż autobusy o napędzie zeroemisyjnym będą wyposażone w baterie typu High Energy, o pojemności minimum 200 kWh dla pojazdów klasy MAXI, 116 kWh dla pojazdów klasy MINI/MIDI oraz o pojemności 240 kWh lub większej dla pojazdów klasy MEGA. Według danych producentów taki magazyn energii gwarantuje przejazd, w zależności od warunków atmosferycznych, około 130 km na jednym ładowaniu. Jednakże, analizując wielomiesięczne dane eksploatacyjne autobusów elektrycznych na terenie Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii, należy założyć średnie zużycie energii elektrycznej przez autobus klasy MAXI na 1 km o wartości 1,6 kWh, natomiast przez autobus klasy MEGA – 2,5 kWh³¹ przy odpowiednich warunkach atmosferycznych³².

Zakup autobusu klasy MAXI to koszt około 2 200 000 PLN³³, jednakże należy mieć tu na względzie deklarowany przez producentów okres żywotności baterii, gdyż po tym czasie (około 8 lat) należy dokonać jej wymiany. Poszczególne typy baterii cechują się dużym zróżnicowaniem cenowym, a jej koszt może wynieść nawet 20% ceny samego pojazdu.

Predysponowane linie do obsługi taborem zeroemisyjnym to linie wytypowane zgodnie z analizą parametrów sieci komunikacyjnej Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii przedstawioną w rozdziale 4.1.).

W związku z powyższym do obsługi zaproponowanych linii do elektryfikacji przewiduje się lokalizację 192 stacjonarnych stacji ładowania autobusów elektrycznych w następujących lokalizacjach:

- ◆ Zajezdnia PKM Katowice, ul. Mickiewicza 59, 40–085 Katowice;
- ◆ Zajezdnia PKM Katowice, ul. 1 Maja 152, 40–237 Katowice;
- ◆ Zajezdnia PKM Gliwice, ul. Chorzowska 150, 44–100 Gliwice
- ◆ Zajezdnia PKM Sosnowiec, ul. Lenartowicza 73, 41–200 Sosnowiec;
- ◆ Zajezdnia PKM Sosnowiec, Aleja Józefa Piłsudskiego 60, 41–300 Dąbrowa Górnicza;
- ◆ Dworzec autobusowy w Sosnowcu, ul. Mościckiego 16–18, 41–200 Sosnowiec;
- ◆ Zajezdnia PKM w Świerkłańcu, ul. Parkowa 3, 42–622 Świerklaniec;
- ◆ Zajezdnia PKM w Tychach, ul. Towarowa 1, 43–100 Tychy;
- ◆ Zajezdnia Krzysztof Pawelec Usługi Transportowe, Bytom, ul. Świętej Elżbiety 1, 41–905 Bytom;
- ◆ Zajezdnia TRANSGÓR S.A, ul. Fabryczna 7a, 41–404 Mysłowice;
- ◆ Zajezdnia METEOR Sp. z o.o., ul. Sądowa 24, 41–600 Świętochłowice.

³¹ Zgodnie z zakładanym zużyciem energii w ramach projektu pn. „Jedziemy na prąd – zakup autobusów elektrycznych i budowa infrastruktury ładowania na obszarze Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii”. Zakładane zużycie energii jest możliwe do osiągnięcia przy dopuszczeniu wspomaganie układu ogrzewania agregatem grzewczym, zasilanym olejem napędowym. Ponadto przyjęto, że w taborze autobusów zeroemisyjnych będą zastosowane: dla autobusów BN 12 metrowych baterie o pojemności 200 kWh, natomiast dla autobusów CN 18 metrowych baterie o pojemności 240 kWh.

³² Wpływ na zużycie energii przez pojazdy elektryczne ma przede wszystkim: prędkość, styl jazdy, topografia, warunki klimatyczne i obciążenie pojazdu.

³³ Koszt autobusu klasy MEGA kształtuje się na poziomie 2 500 000 PLN, autobusu klasy MIDI – 1 850 000 PLN oraz autobusu klasy MINI na poziomie 1 500 000 PLN.

Założono, że stacjonarne stacje ładowania autobusów elektrycznych będą składały się z dwustanowiskowych ładowarek typu plug-in (191 ładowarek dwustanowiskowych oraz 1 ładowarka jednostanowiskowa), z ustandaryzowanymi złączami, które będą umożliwiały ładowanie autobusu mocą 80–100 kW (w przypadku ładowania dwóch pojazdów jednocześnie moc ładowania będzie wynosiła 40/50 kW na jeden pojazd). Wówczas czas ładowania baterii trakcyjnych nie będzie wynosił więcej niż 4 godziny.

Koszt zaplanowanej infrastruktury to około 204 000 PLN³⁴ za jedną dwustanowiskową ładowarkę o mocy 100 kW.

Infrastruktura ładująca powinna pozwolić na ładowanie pojazdów w nocy, podczas postoju, co zapewnią ww. stacje ładowania autobusów na zajezdniach autobusowych oraz w ciągu dnia, doładowując pojazdy umożliwiając im obsługę przypisanych linii komunikacyjnych. Do tego celu konieczny jest zakup i montaż stacji pantografowych. Na terenie GZM stosowany jest już standard pantografu odwróconego, stąd kolejne inwestycje powinny zostać zrealizowane w tym samym standardzie, w następujących lokalizacjach:

Lokalizacja	Liczba pantografów	Linie obsługiwane przez ładowarkę:
Będzin, Kościuszki	1	260
Bytom, Dworzec	3	19, 91, 114, 118, 121, 146, 201, 623
Chorzów, Batory (pętla)	1	201, 663
Chorzów, Batory Park Logistyczny	1	74
Chorzów, Dworzec PKP	1	190
Chorzów, Stary Szyb Prezydenta	1	48, 139
Czeladź, Wojkowicka (pętla)	1	11
Dąbrowa Górnicza, Gołonóg, Zajezdnia	1	55, 690
Gliwice, Brzezinka, Park Logistyczny	1	692
Gliwice, Huta Łabędy	2	32, 186, 197
Gliwice, Osiedle Kopernika (pętla)	1	692, 710
Gliwice, Osiedle Waryńskiego (pętla)	1	259, 699
Gliwice, Plac Piastów	1	840
Gliwice, Sikornik Osiedle	1	156, 187, 617

Gliwice, Sośnica Osiedle Żeromskiego	1	197, 259
Gliwice, Zajezdnia	1	A4
Katowice, Borki (pętla)	1	70
Katowice, Ceglana Szpital Kliniczny	1	600
Katowice, Ligota Akademiki	1	36, 51, 292
Katowice, Ligota Zadole	1	46
Katowice, Obroki Elkop	1	70, 165
Katowice, Obroki MPGK	1	115
Katowice, Osiedle Paderewskiego Trzy Stawy	1	110, 910
Katowice, Osiedle Tysiąclecia (pętla)	2	165, 51, 138, 673, 674
Katowice, Osiedle Witosa (pętla)	1	109
Katowice, Osiedle Witosa Kossutha	1	193
Katowice, Piotra Skargi	1	814, 835
Katowice, Plac Wolności	1	5
Katowice, Sądowa	1	9, 10, 48, 297
Katowice, Zawodzie Centrum Przesiadkowe	2	74, 76, 149, 600
Mikołów, Dworzec	1	37, 982
Piekary Śląskie, Osiedle Wieczorka Dworzec	1	114
Ruda Śląska, Halemba (pętla)	2	121, 146, 147, 198, 255
Siemianowice Śląskie Michałkowice, Bytomska	1	72
Sosnowiec, Dworzec PKP	1	690
Sosnowiec, Osiedle Bór (pętla)	1	150
Sosnowiec, Osiedle Naftowa (pętla)	1	55
Sosnowiec, Rudna Stawowa	1	150
Sosnowiec, Szpital Wojewódzki	1	188
Sosnowiec, Urząd Miasta	1	34, 88, 91, 100
Sosnowiec, Zagórze, Zajezdnia	1	188, 723
Szczygłowiec, Centrum Przesiadkowe	1	88, 710
Tarnowskie Góry, Dworzec	1	5, 19, 83
Tychy, Wilkowyje Obywatelska	1	696
Tychy, Towarowa	1	36, 273
Tychy, Wartogłowiec (pętla)	1	254, 2
Tychy, Zajezdnia	1	696
Wojkowice Park	1	88, 100
Zabrze, Goethego	3	23, 32, 81, 83, 156, 198, 720
Zabrze, Helena ELZAB	1	57, 81

³⁴ Uśredniona cena na podstawie zakupionych przez polskie miasta dwustanowiskowych ładowarek typu plug-in, o łącznej mocy 80 kW.

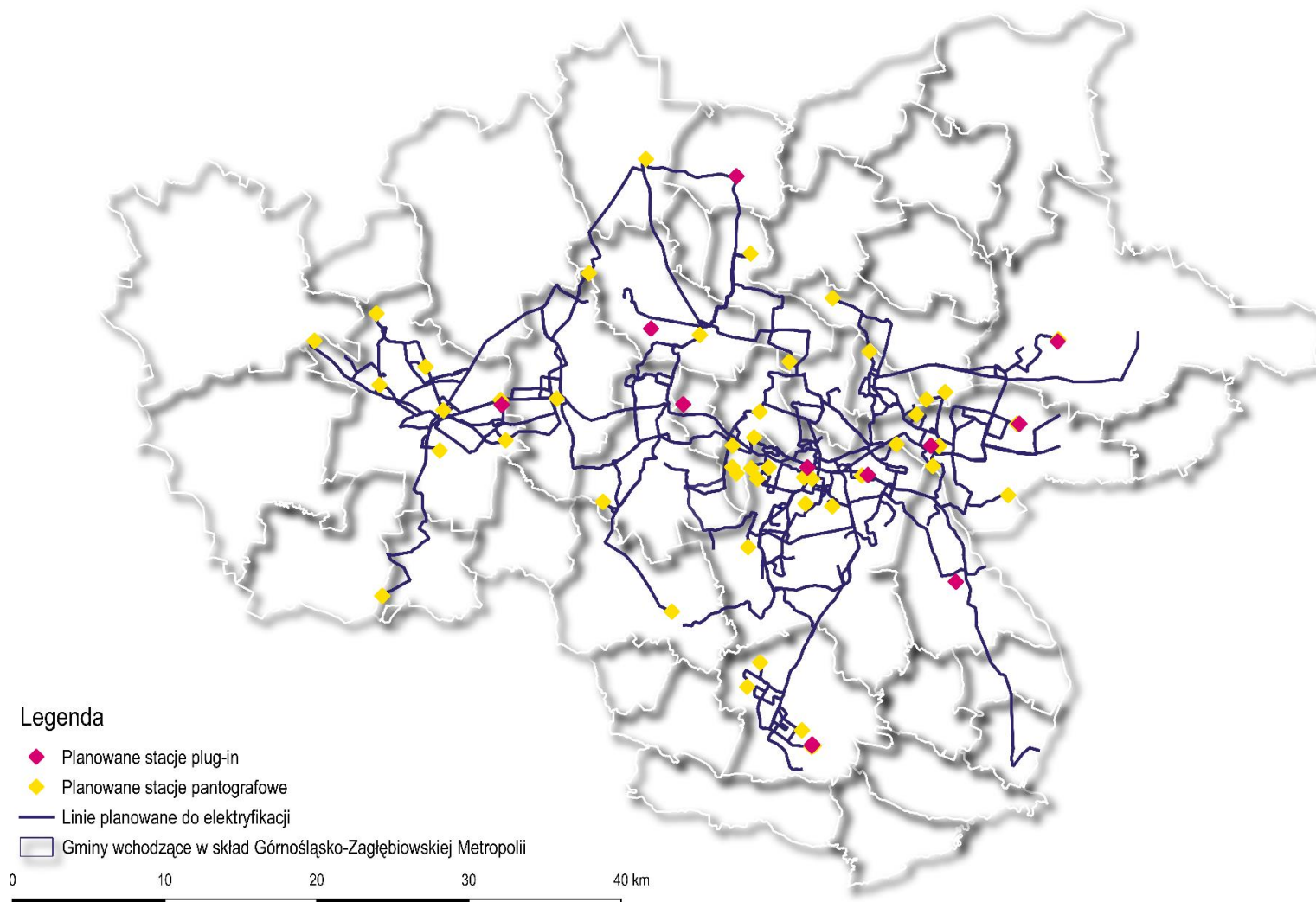
Stacje pantografowe w ww. lokalizacjach powinny cechować się mocą co najmniej 200 kW, aby zapewnić sprawne doładowanie autobusu w kilka minut. Koszt zaplanowanej infrastruktury to około 500 000 PLN za jedną ładowarkę pantografową o mocy 200 kW.

Jednakże należy pamiętać, iż zwiększenie liczby autobusów zeroemisyjnych na sieci komunikacji autobusowej GZM może być związane z koniecznością reorganizacji i przygotowania rozkładów jazdy w taki sposób, aby w danej chwili tylko jeden pojazd był zaplanowany do ładowania na stacji pantografowej oraz aby dopasować niewielki zasięg autobusów elektrycznych do liczby kursów i przerw międzykursowych. Pozwoli to na najefektywniejsze korzystanie z zainstalowanej infrastruktury ładowania i maksymalne wykorzystanie taboru zeroemisyjnego.

Efektom wdrożenia Wariantu „1” byłyby znaczne ograniczenie wpływu funkcjonowania transportu publicznego na środowisko naturalne (zarówno stan jakości powietrza jak i środowisko akustyczne obszarów, na których obsługa sieci publicznego transportu zbiorowego została by przejęta przez autobusy zeroemisyjne). Brak emisji lokalnej w miejscu eksploatacji oraz zmniejszenie poziomu hałasu i drgań wpłynęłoby bezpośrednio na jakość życia mieszkańców w miejscu użytkowania pojazdów. Jednakże rozwiązanie polegające na wdrożeniu Wariantu „1” jest związane z mniejszym zasięgiem autobusów, który jest zależny od wielu czynników, takich jak: warunki atmosferyczne, pochylenie terenu, ilość pasażerów czy stopień zużycia baterii. Dodatkowo należy tu uwzględnić, iż koszty inwestycyjne są zdecydowanie większe niż w przypadku Wariantu „0” (zarówno koszty związane z zakupem pojazdów elektrycznych jak i niezbędnej infrastruktury technicznej). Natomiast późniejsze koszty eksploatacyjne autobusów elektrycznych są zdecydowanie niższe.



Rysunek 17. Wady i zalety wdrożenia Wariantu „1”
Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 18. Predysponowane linie do elektryfikacji wraz z proponowanymi lokalizacjami infrastruktury ładowania autobusów elektrycznych

Źródło: opracowanie własne.

4.2.3 Wariant „2”

Wariant „2”, wariant inwestycyjny, zakłada eksploatację dotychczas wykorzystywanego taboru autobusowego, który sukcesywnie, zgodnie z regulami ujętymi w UoEiPA, będzie podlegać wymianie na tabor zeroemisyjny; tu: autobusy zeroemisyjne napędzane energią elektryczną – autobusy elektryczne z podstawą zasilania energią elektryczną wytwarzaną podczas jazdy w ogniwie paliwowym zasilanym wodorem (H₂). Autobusy te wyposażone są dodatkowo w baterie, które mają za zadanie poprawić wydajność i umożliwić rekuperację energii podczas hamowania. Zgodnie z zapisami w UoEiPA, uwzględniając stały poziom użytkowanego przez GZM taboru wynoszący 1409 pojazdów oraz po uwzględnieniu obecnie eksploatowanych 54 pojazdów zeroemisyjnych (baterijne pojazdy elektryczne oraz trolejbusy), ilość autobusów zeroemisyjnych od 1 stycznia 2028 r. powinna wynosić 423 szt.

W pierwszym etapie, do 1 stycznia 2023 r., zaleca się zakup 87 autobusów i wycofanie z eksploatacji pojazdów, które zgodnie z założeniami głównymi spełniają najniższe normy emisji spalin EURO i wykonują jednocześnie największą pracę eksploatacyjną. W etapie drugim modernizacji taboru, obsługującego sieć komunikacyjną GZM, zakłada się zakup i eksploatację 141 nowych autobusów

elektrycznych z podstawą zasilania energią elektryczną wytwarzaną podczas jazdy w ogniwie paliwowym zasilanym wodorem. Pojazdy te, podobnie jak w etapie pierwszym, powinny zastąpić pojazdy napędzane olejem napędowym, o najniższych normach emisji spalin EURO.

Etap trzeci powinien stanowić kontynuację wymiany taboru na nowe pojazdy zeroemisyjne. W tym etapie zakłada się, iż wymianie podlegać będzie łącznie 141 pojazdów.

W związku z przyjętymi dla Wariantu „2” założeniami w 2028 r. sieć komunikacyjną GZM powinno obsługiwać łącznie 423 samochodowych pojazdów elektrycznych, co będzie stanowiło 30,02% użytkowanego taboru GZM.

Istotną kwestią jest zaznaczenie, że **powyższe rozważanie zostało stworzone przy zachowaniu stałego poziomu taboru, tj. 1409 pojazdów samochodowych**. Wymiana taboru może nastąpić znacznie szybciej i przy większych jednorazowych zakupach, jeżeli zostaną pozyskane dodatkowe środki na zakup z zewnętrznych funduszy.

Szczegółowe założenia dotyczące liczby taboru w latach Analizy 2021–2028, dla Wariantu „2” przedstawiono w Tabeli 16.

Tabela 16. Liczba autobusów w poszczególnych latach Analizy, wg napędu i norm emisji spalin (EURO) – Wariant „2”

Wariant „2”								
	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
ON								
EURO 2	17	0	0	0	0	0	0	0
EURO 3	183	113	113	0	0	0	0	0
EURO 4	99	99	99	70	70	70	0	0
EURO 5	490	490	490	490	490	490	420	420
EURO 6	379	379	379	379	379	379	379	379
hBus								
EURO 5	3	3	3	3	3	3	3	3
EURO 6	36	36	36	36	36	36	36	36
CNG								
EURO 5	39	39	39	39	39	39	39	39
EURO 6	109	109	109	109	109	109	109	109
Pojazdy zeroemisyjne								
Trolejbus	23	23	23	23	23	23	23	23
BEV	31	31	31	31	31	31	31	31
FCF	0	87	87	228	228	228	369	369

Źródło: opracowanie własne.

W pojazdach o napędzie wodorowym wykorzystuje się proces elektrochemiczny, który zachodzi w tzw. ogniwach paliwowych, gdzie wodór w postaci gazu dostaje się do anody ogniwa paliwowego i w procesie katalizy rozszczepia się na tworzące go protony i elektrony, a przepływ elektronów wytwarza energię elektryczną. Do katody ogniwa paliwowego dostaje się tlen, a następnie tlen, elektrony i protony łączą się, tworząc wodę i ciepło. W taki sposób **pojazdy napędzane wodorem emitują do powietrza wyłącznie wodę i parę wodną.**

Wodór magazynowany jest w formie sprężonej w odpowiednio przystosowanych zbiornikach umieszczonych na dachu autobusu, o pojemności około 205 litrów (4,96 kg wodoru na zbiornik)³⁵.

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

- ◆ ciągle 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 wspomagania napędu w trudnych warunkach drogowych.

Efektom przetwarzania wodoru przez ogniwo paliwowe jest para wodna oraz ciepło, co powoduje, że eksploatacja takiego autobusu jest bardzo korzystna dla środowiska, a w konsekwencji dla mieszkańców danego obszaru. W pojeździe klasy MAXI magazynowane jest, w formie sprężonej w odpowiednio przystosowanych zbiornikach umieszczonych na dachu autobusu, ok. 34 kg wodoru, a zainstalowane ogniwo paliwowe ma moc 60 kW³⁶.

Należy podkreślić, iż główną zaletą wdrożenia Wariantu „2” jest to, że autobusy napędzane wodorem mają znikomy wpływ na środowisko naturalne, co w przypadku rozważania wdrożenia nowego taboru obsługującego sieć komunikacyjną jest niezwykle istotne – w cyklu 12-letniej eksploatacji tego typu pojazdu możliwe jest ograniczenie emisji do atmosfery NOx oraz około 800 ton dwutlenku węgla. Ponadto, silniki autobusów na wodór są cichsze od tradycyjnych napędów (autobus wodorowy w ruchu emituje hałas 40 dB, natomiast autobus spalinowy 90 dB)³⁷. Podkreślić należy także, że zasięg autobusu napędzanego wodorem jest porównywalny do zasięgu o napędzie tradycyjnym (400–450 km³⁸), a czas tankowania wodoru wynosi zaledwie 10 minut. Koszty eksploatacyjne, w porównaniu do kosztów eksploatacyjnych pojazdów napędzanych paliwami konwencjonalnymi, są zdecydowanie wyższe (cena za jeden kilogram wodoru to około 6,65 EUR (30,48 PLN)³⁹, co oznacza, że przejechanie 100 km autobusem z napędem wodorowym kosztuje ok. 244 PLN, gdzie przejechanie tego samego odcinka drogi autobusem o napędzie konwencjonalnym to koszt około 170 PLN⁴⁰). Na uwadze należy mieć także bardzo wysokie koszty inwestycyjne, zarówno w zakresie zakupu taboru jak i wybudowania infrastruktury do tankowania wodoru. Zakup autobusu zeroemisyjnego napędzanego energią elektryczną – autobusu elektrycznego z podstawą zasilania energią elektryczną wytwarzaną podczas jazdy w ogniwie paliwowym zasilanym wodorem (H₂) to koszt około 4,5 mln PLN (netto)⁴¹.

Jednakże Górnośląsko-Zagłębiowska Metropolia posiada obecnie zawarte Listy intencyjne z Polskim Koncernem Naftowym Orlen Spółka Akcyjna (PKN Orlen) oraz Tauron Polska Energia S.A. (Tauron Polska Energia) w zakresie współpracy nad gospodarką opartą o wodór. Obszarami współpracy są rozwiązania w zakresie wykorzystania wodoru w gospodarce – w szczególności w obszarze transportu. Współpraca z PKN Orlen jest związana m.in. z budową stacji

³⁵ Figaszewski M., SOLARIS, „Pojazdy komunikacji publicznej wykorzystujące wodór”.

³⁶ J.w.

³⁷ Obserwatorium Rynku Paliw Alternatywnych, PKN Orlen wybuduje hub wodorowy we Włocławku, www.orpa.pl, TOR Zespół Doradców Gospodarczych, *Transport kluczem do rozwoju technologii wodorowych w Polsce.*

³⁸ Przy uwzględnieniu, że pojemność butli z wodorem wynosi 34 kg.

³⁹ Przyjęto kwotę średnią, będącą wynikiem ceny za 1 kg wodoru wg ceny hurtowej i detalicznej na podstawie: <http://gashd.eu/wodor-h2/>.

⁴⁰ Powyższe dane przedstawione są dla autobusu klasy MAXI.

⁴¹ Zgodnie z założeniami projektu GZM na zakup 20 wodorowych autobusów miejskich.

ładowania wodorem na obszarze miasta Katowice. Ponadto, GZM bierze aktywny udział w opracowaniu z Tauron Polska Energia koncepcji budowy stacji tankowania wodorem, która według obecnych planów ma być zlokalizowana w okolicach bazy PKM Świerklaniec. W związku z powyższym planuje się budowę pierwszej stacji tankowania wodoru w Katowicach znajdującej się na terenie istniejącej stacji Orlen przy ulicy Murckowskiej 22⁴².

Pamiętać należy, iż istnieją również inne rozwiązania umożliwiające tankowanie pojazdów elektrycznych na paliwa wodorowe. Możliwa jest bowiem obsługa pojazdów wodorowych przez sektor prywatny (dostawa bezpośrednio do wybudowanych stacji, bądź też dostawa pod wskazane miejsce mobilną stacją tankowania wodorem).



Rysunek 19. Wady i zalety wdrożenia Wariantu „2”

Źródło: opracowanie własne.

⁴² Stacja zostanie zaprojektowana do obsługi autobusów wodorowych – umożliwiając tankowanie wodoru o ciśnieniu 350 bar, jak również będzie przygotowany do tankowania pierwszych samochodów osobowych – w standardzie 700 bar. Stacja będzie wyposażona w magazyny wodoru o pojemności 600 kg.

4.3 Porównanie alternatywnych wariantów inwestycyjnych

Warianty inwestycyjne, tzn. Wariant „1” oraz Wariant „2” zakładają zakup oraz eksploatację od 2022 r. nowych pojazdów samochodowych wykorzystujących do napędu wyłącznie energię elektryczną akumulowaną przez podłączenie do zewnętrznego źródła zasilania, które będą w stanie zastąpić pojazdy o napędzie konwencjonalnym. Zamiana pojazdów z napędem konwencjonalnym na pojazdy zeroemisyjne przyczyni się w dużej mierze do poprawy czynników ekologicznych⁴³.

Do czynników ekologicznych, na które wpływ ma konwersja floty autobusów o napędzie konwencjonalnym na autobusy o napędzie zeroemisyjnym można zaliczyć:



poprawę jakości powietrza



poprawę zdrowia mieszkańców



ograniczenie negatywnego wpływu komunikacji autobusowej na zmiany klimatu



zmniejszenie poziomu hałasu

Porównując wszystkie zaprezentowane warianty ze sobą należy podkreślić, że implementacja wariantów inwestycyjnych pozytywnie wpłynie na środowisko naturalne, co będzie prowadziło do poprawy jakości życia, w szczególności obszarów silnie zurbanizowanych na terenie Górnego Śląska i Zagłębia. Autobusy o napędzie zeroemisyjnym, obsługujące w pierwszej kolejności najważniejsze arterie GZM, pozwolą na zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych emitowanych przez transport zbiorowy w centrum miast, jak również na pozostałych trasach. Natomiast zaniechanie wdrożenia Wariantu „1” lub Wariantu „2” będzie skutkowało kontynuacją nadmiernego zanieczyszczenia środowiska naturalnego.

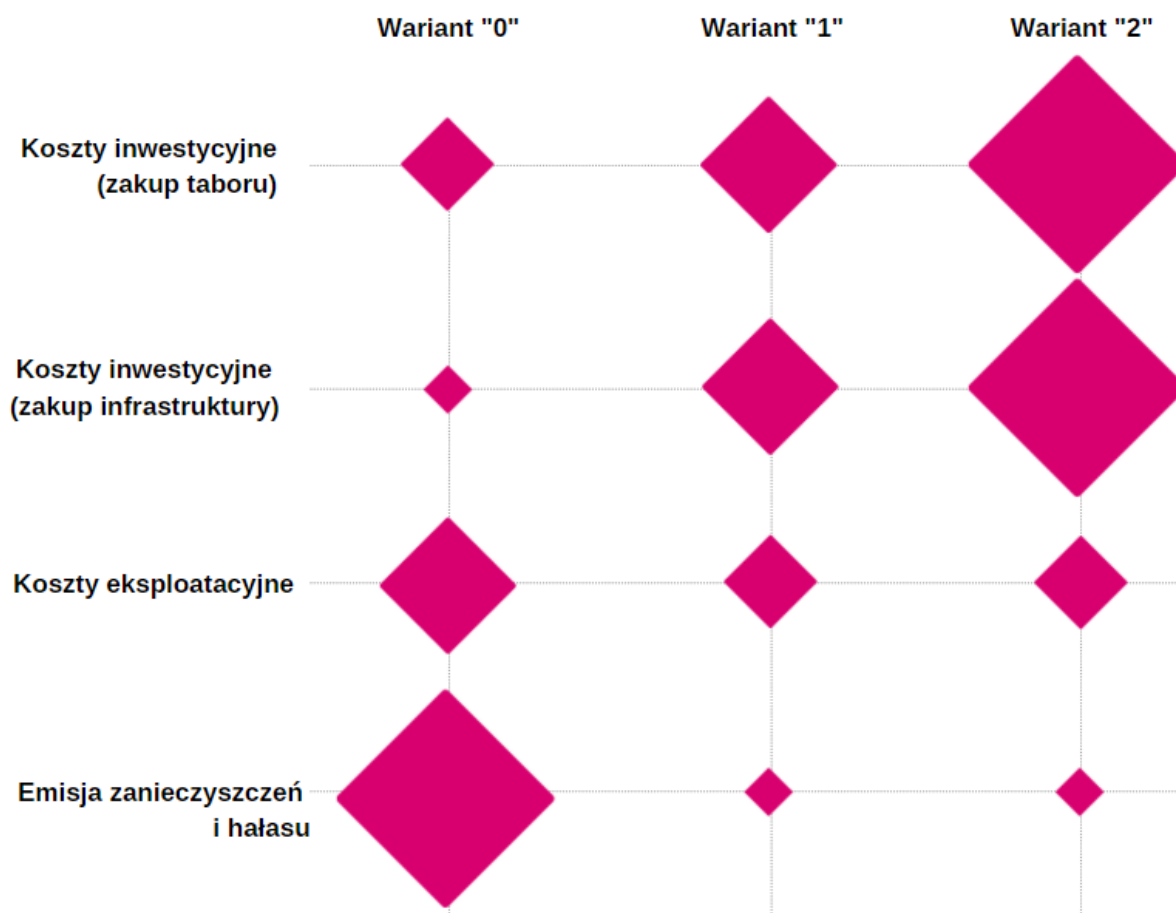
W związku z czym w przypadku nie podjęcia inwestycji emisja zanieczyszczeń z transportu miejskiego będzie się zmniejszać, ale w niezadawalającym stopniu niż w przypadku przejścia na tabor elektryczny.

Koszt zakupu pojazdów z napędem zeroemisyjnym oraz infrastruktury do ich obsługi przewyższa zakup pojazdów z napędem konwencjonalnym, jednak rynek motoryzacyjny w zakresie pojazdów o napędzie alternatywnym dynamicznie się rozwija, zatem można spodziewać się, że koszty te będą się zmniejszały. Ponadto należy zauważyć, że późniejsze koszty

eksploatacyjne tego typu pojazdów są zdecydowanie niższe.

Rozważając wdrożenie wariantu inwestycyjnego, 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 koszt budowy stacji tankowania wodoru kilkukrotnie przewyższa koszt budowy stacji paliw lub koszt zakupu ładowarek dla BEV. Jednakże należy mieć tu na względzie, iż na terenie GZM poczynione zostały pierwsze kroki w kierunku budowy stacji tankowania wodoru, a to będzie w przyszłości stanowiło element rozwoju w kierunku transportu zbiorowego opartego o ogniwa paliwowe, a zatem autobusy wodorowe będą stanowiły 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.

⁴³ Dane i obliczenia stanowiące uzasadnienie poprawy czynników ekologicznych po zamianie pojazdów z napędem konwencjonalnym na pojazdy zeroemisyjne znajdują się w punktach: 5.2, 5.3, 5.4.



Odnosząc się do powyższej ikonografii 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 środowiska naturalnego w obszarze objętym siecią publicznego transportu zbiorowego Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii.

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 wysokie koszty inwestycyjne z uwagi na wykorzystanie technologii wodorowej, która jest dopiero rozwijana, natomiast Wariant „1” generuje wysokie koszty z powodu konieczności zakupu dedykowanej infrastruktury dla autobusów elektrycznych oraz z powodu krótkiej (około 8 letniej) żywotności baterii w pojazdach.⁴⁴

⁴⁴ Dane i obliczenia uzasadniające wnioski znajdują się w punktach: 5.2, 5.3, 5.4 niniejszego dokumentu.

5 Wyniki

5.1 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).

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

- ◆ **Wariant „0a”**: wymiana taboru na nowy o napędzie konwencjonalnym (ON).
- ◆ **Wariant „0b”**: wymiana taboru na nowy o napędzie konwencjonalnym (CNG i HEV) elektrycznym wraz ze stacją ładowania typu plug – in oraz wodorowym – zgodnie z założeniami inwestycyjnymi GZM.

◆ **Wariant „1”**: 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, w tym tablic kosztów jednostkowych CUPT, jak również danych udostępnionych przez Operatorów i GZM.

Przyjęte parametry ekonomiczno-finansowe w modelu analizy są następujące, tj.:

Tabela 17. Założenia ekonomiczno-finansowe analizy

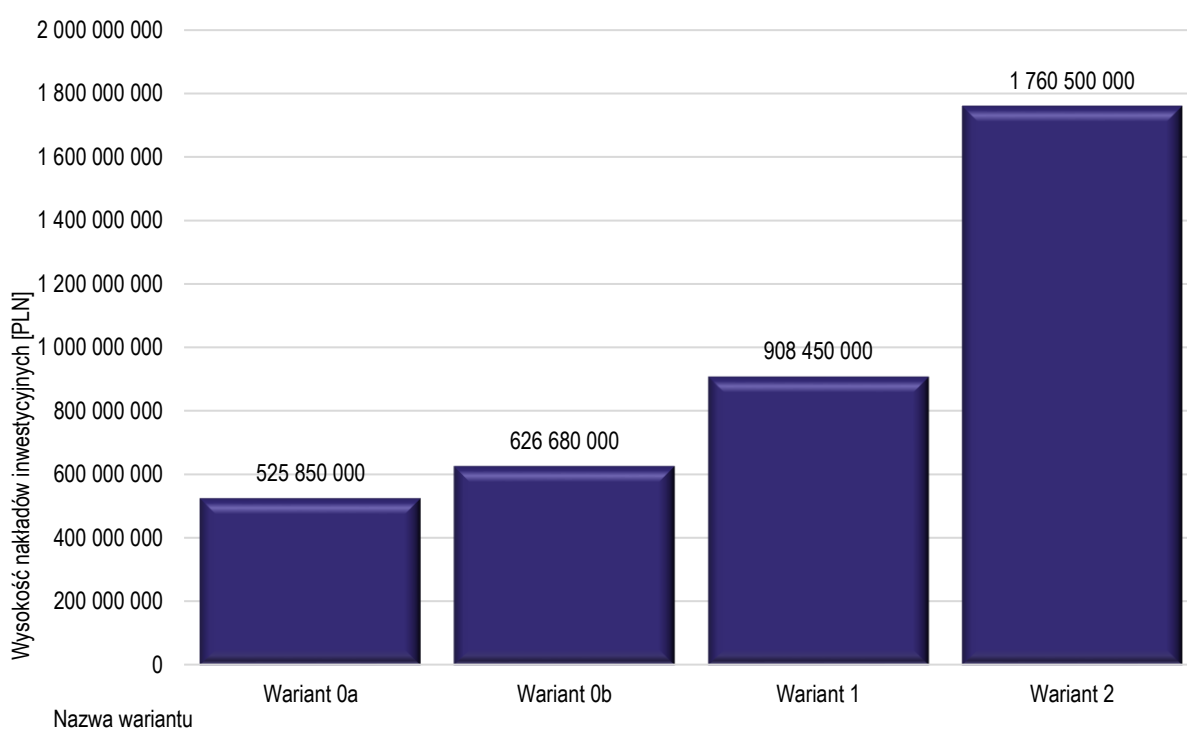
Wyszczególnienie	Wartość [w zł netto]				
	ON	CNG	HEV	EV	FCEV
Ceny zakupu autobusów					
MEGA	1 550 000	1 372 000	2 015 000	2 500 000	4 500 000
MAXI	1 400 000	1 282 000	1 820 000	2 200 000	
MIDI	1 200 000	1 198 000	–	1 850 000	
MINI	950 000	1 114 000	–	1 500 000	
Infrastruktura towarzysząca					
ładownia plug–in	240 000				
ładownia pantografowa	500 000				
bateria do pojazdów elektrycznych:					
MEGA	500 000				
MAXI	440 000				
MIDI	370 000				
MINI	300 000				
stacja tankowania wodoru	10 000 000				
Wydatki eksploatacyjne					
średni koszt zużycia paliwa (ON) [zł/1 wkm]	1,22				
średni koszt zużycia energii elektrycznej [zł/1 wkm]	0,97				
średni koszt zużycia wodoru [zł/1 wkm]	2,39				
średni koszt serwisu autobusów [zł/autobus]	15 200				

Pozostałe	ON	CNG	HEV	EV	FCEV
średnie zużycia paliwa (ON) [l/100 km]	41,8				
średnie zużycia paliwa (CNG) [l/100 km]		53,5			
średnie zużycia paliwa (ON) [l/100 km]			35,00		
średnie zużycia energii elektrycznej [kWh/100 km]				198	
średnie zużycia wodoru [kg/100 km]					8

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych, GZM i 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 12. Łączna wartość nakładów inwestycyjnych w okresie 10 lat dla Wariantu „0a”, „0b”, „1” i „2” [PLN]

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 18. Wartość nakładów inwestycyjnych dla wariantu „0a”, „0b”, „1” i „2” w latach 2022–2027 [PLN]

Wyszczególnienie	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Wydatki inwestycyjne						
Wariant 0a	126 250 000	0	202 750 000	0	0	196 850 000
Inwestycja w środki transportu	126 250 000	0	202 750 000	0	0	196 850 000
MEGA	57 350 000	0	72 850 000	0	0	86 800 000
Liczba autobusów	37	0	47	0	0	56
Cena jednostkowa	1 550 000	1 550 000	1 550 000	1 550 000	1 550 000	1 550 000
MAXI	65 800 000	0	123 200 000	0	0	75 600 000
Liczba autobusów	47	0	88	0	0	54
Cena jednostkowa	1 400 000	1 400 000	1 400 000	1 400 000	1 400 000	1 400 000
MIDI	1 200 000	0	4 800 000	0	0	24 000 000
Liczba autobusów	1	0	4	0	0	20
Cena jednostkowa	1 200 000	1 200 000	1 200 000	1 200 000	1 200 000	1 200 000
MINI	1 900 000	0	1 900 000	0	0	10 450 000
Liczba autobusów	2	0	2	0	0	11
Cena jednostkowa	950 000	950 000	950 000	950 000	950 000	950 000
Wariant 0b	213 070 000	0	231 336 000	0	0	182 274 000
Inwestycja w środki transportu	209 230 000	0	231 336 000	0	0	182 274 000
MEGA	56 404 000	0	65 770 000	0	0	76 832 000
CNG	43 904 000	0	61 740 000	0	0	76 832 000
Liczba autobusów	32	0	45	0	0	56
Cena jednostkowa	1 372 000	1 372 000	1 372 000	1 372 000	1 372 000	1 372 000
HEV	0	0	4 030 000	0	0	0
Liczba autobusów	0	0	2	0	0	0
Cena jednostkowa	2 015 000	2 015 000	2 015 000	2 015 000	2 015 000	2 015 000
EV	12 500 000	0	0	0	0	0
Liczba autobusów	5	0	0	0	0	0
Cena jednostkowa	2 500 000	2 500 000	2 500 000	2 500 000	2 500 000	2 500 000
MAXI	149 400 000	0	158 546 000	0	0	69 228 000
CNG	0	0	3 846 000	0	0	69 228 000
Liczba autobusów	0	0	3	0	0	54
Cena jednostkowa	1 282 000	1 282 000	1 282 000	1 282 000	1 282 000	1 282 000
HEV	0	0	154 700 000	0	0	0
Liczba autobusów	0	0	85	0	0	0
Cena jednostkowa	1 820 000	1 820 000	1 820 000	1 820 000	1 820 000	1 820 000
EV	59 400 000	0	0	0	0	0
Liczba autobusów	27	0	0	0	0	0
Cena jednostkowa	2 200 000	2 200 000	2 200 000	2 200 000	2 200 000	2 200 000
FCEV	90 000 000	0	0	0	0	0
Liczba autobusów	20	0	0	0	0	0
Cena jednostkowa	4 500 000	4 500 000	4 500 000	4 500 000	4 500 000	4 500 000
MIDI	1 198 000	0	4 792 000	0	0	23 960 000
CNG	1 198 000	0	4 792 000	0	0	23 960 000
Liczba autobusów	1	0	4	0	0	20
Cena jednostkowa	1 198 000	1 198 000	1 198 000	1 198 000	1 198 000	1 198 000
MINI	2 228 000	0	2 228 000	0	0	12 254 000

CNG	2 228 000	0	2 228 000	0	0	12 254 000
Liczba autobusów	2	0	2	0	0	11
Cena jednostkowa	1 114 000	1 114 000	1 114 000	1 114 000	1 114 000	1 114 000
Wariant 1	240 810 000	0	338 300 000	0	0	329 340 000
Inwestycja w środki transportu	200 750 000	0	321 500 000	0	0	312 300 000
MEGA	92 500 000	0	117 500 000	0	0	140 000 000
Liczba autobusów	37	0	47	0	0	56
Cena jednostkowa	2 500 000	2 500 000	2 500 000	2 500 000	2 500 000	2 500 000
MAXI	103 400 000	0	193 600 000	0	0	118 800 000
Liczba autobusów	47	0	88	0	0	54
Cena jednostkowa	2 200 000	2 200 000	2 200 000	2 200 000	2 200 000	2 200 000
MIDI	1 850 000	0	7 400 000	0	0	37 000 000
Liczba minibusów	1	0	4	0	0	20
Cena jednostkowa	1 850 000	1 850 000	1 850 000	1 850 000	1 850 000	1 850 000
MINI	3 000 000	0	3 000 000	0	0	16 500 000
Liczba minibusów	2	0	2	0	0	11
Cena jednostkowa	1 500 000	1 500 000	1 500 000	1 500 000	1 500 000	1 500 000
Inwestycja w infrastrukturę towarzyszącą	40 060 000	0	16 800 000	0	0	17 040 000
Ładowarka plug-in	10 560 000	0	16 800 000	0	0	17 040 000
Liczba stanowisk	44	0	70	0	0	71
Cena jednostkowa	240 000	240 000	240 000	240 000	240 000	240 000
Ładowarka pantografowa	29 500 000	0	0	0	0	0
Liczba stanowisk	59	0	0	0	0	0
Cena jednostkowa	500 000	500 000	500 000	500 000	500 000	500 000
Wariant 2	491 500 000	0	634 500 000	0	0	634 500 000
Inwestycja w środki transportu	391 500 000	0	634 500 000	0	0	634 500 000
Autobusy o napędzie wodorowym	391 500 000	0	634 500 000	0	0	634 500 000
Liczba autobusów	87	0	141	0	0	141
Cena jednostkowa	4 500 000	4 500 000	4 500 000	4 500 000	4 500 000	4 500 000
Inwestycja w infrastrukturę towarzyszącą	100 000 000	0	0	0	0	0
Liczba stanowisk	10	0	0	0	0	0
Cena jednostkowa	10 000 000	10 000 000	10 000 000	10 000 000	10 000 000	10 000 000

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych, GZM i Operatorów.

Wariantowość realizacji Inwestycji ze względu na odmienny rodzaj taboru niesie za sobą zróżnicowane 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.

Należy przy tym wskazać, że przyjęte w Analizie koszty 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 369 szt. autobusów wymienianych w ramach etapowej realizacji Inwestycji wynosi łącznie 24.704.136 wkm rocznie.

Poziom planowanych wydatków eksploatacyjnych w całym okresie realizacji Inwestycji tj. w latach 2021-2037 wynoszą:

- ◆ Wariant „0a”: 477.692.813 PLN;
 - ◆ Wariant „0b”: 470.318.864 PLN;
 - ◆ Wariant „1”: 551.126.400 PLN;
 - ◆ Wariant „2”: 860.223.407 PLN,
- a ich szczegółowa struktura przedstawia się następująco, tj.:

Tabela 19. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu „0a”, „0b”, „1” i „2” w latach 2022–2025 [PLN]

Wyszczególnienie	2022	2023	2024	2025
Wydatki eksploatacyjne				
Wariant 0a	8 452 161	8 452 161	22 150 490	22 150 490
Paliwo	7 112 361	7 112 361	18 639 290	18 639 290
Liczba wzkm	5 824 552	5 824 552	15 264 344	15 264 344
Koszt paliwa na wzkm	1,22	1,22	1,22	1,22
Naprawy i konserwacje	1 339 800	1 339 800	3 511 200	3 511 200
Liczba autobusów	87	87	228	228
Koszty napraw i konserwacji na autobus	15 400	15 400	15 400	15 400
Wariant 0b	9 276 730	9 276 730	21 102 515	21 102 515
Paliwo (ON)	0	0	5 561 213	5 561 213
Liczba wzkm	0	0	5 824 552	5 824 552
Koszt paliwa na wzkm	0,95	0,95	0,95	0,95
Paliwo (CNG)	2 671 260	2 671 260	6 792 633	6 792 633
Liczba wzkm	2 343 211	2 343 211	5 958 450	5 958 450
Koszt paliwa na wzkm	1,14	1,14	1,14	1,14
Koszt energii elektr.	2 078 093	2 078 093	2 078 093	2 078 093
Liczba wzkm	2 142 364	2 142 364	2 142 364	2 142 364
Koszt paliwa na wzkm	0,97	0,97	0,97	0,97
Koszt zużycia wodoru	3 204 977	3 204 977	3 204 977	3 204 977
Liczba wzkm	1 338 978	1 338 978	1 338 978	1 338 978
Koszt paliwa na wzkm	2,39	2,39	2,39	2,39
Naprawy i konserwacje	1 322 400	1 322 400	3 465 600	3 465 600
Liczba autobusów	87	87	228	228
Koszty napraw i konserwacji na autobus	15 200	15 200	15 200	15 200
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 1	6 798 216	6 798 216	17 816 014	17 816 014
Koszt energii	5 649 816	5 649 816	14 806 414	14 806 414
Liczba wzkm	5 824 552	5 824 552	15 264 344	15 264 344
Koszt energii elektr. na wzkm	0,97	0,97	0,97	0,97
Naprawy i konserwacje	1 148 400	1 148 400	3 009 600	3 009 600
Liczba autobusów	87	87	228	228
Koszty napraw i konserwacji na autobus	13 200	13 200	13 200	13 200
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
Cena jednostkowa (MIDI)	370 000	370 000	370 000	370 000
Cena jednostkowa (MINI)	300 000	300 000	300 000	300 000
Wariant 2	15 220 548	15 220 548	39 888 334	39 888 334
Koszt energii	13 941 648	13 941 648	36 536 734	36 536 734
Liczba wzkm	5 824 552	5 824 552	15 264 344	15 264 344
Koszt paliwa na wzkm	2,39	2,39	2,39	2,39
Naprawy i konserwacje	1 278 900	1 278 900	3 351 600	3 351 600
Liczba autobusów	87	87	228	228
Koszty napraw i konserwacji na autobus	14 700	14 700	14 700	14 700

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych, GZM i Operatorów.

Tabela 20. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu „0a”, „0b”, „1” i „2” w latach 2026–2029 [PLN]

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029
Wydatki eksploatacyjne				
Wariant 0a	22 150 490	35 848 820	35 848 820	35 848 820
Paliwo	18 639 290	30 166 220	30 166 220	30 166 220
Liczba wzkm	15 264 344	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Koszt paliwa na wzkm	1,22	1,22	1,22	1,22
Naprawy i konserwacje	3 511 200	5 682 600	5 682 600	5 682 600
Liczba autobusów	228	369	369	369
Koszty napraw i konserwacji na autobus	15 400	15 400	15 400	15 400
Wariant 0b	21 102 515	34 007 078	34 007 078	34 007 078
Paliwo (ON)	5 561 213	5 561 213	5 561 213	5 561 213
Liczba wzkm	5 824 552	5 824 552	5 824 552	5 824 552
Koszt paliwa na wzkm	0,95	0,95	0,95	0,95
Paliwo (CNG)	6 792 633	17 553 996	17 553 996	17 553 996
Liczba wzkm	5 958 450	15 398 242	15 398 242	15 398 242
Koszt paliwa na wzkm	1,14	1,14	1,14	1,14
Koszt energii elektr.	2 078 093	2 078 093	2 078 093	2 078 093
Liczba wzkm	2 142 364	2 142 364	2 142 364	2 142 364
Koszt paliwa na wzkm	0,97	0,97	0,97	0,97
Koszt zużycia wodoru	3 204 977	3 204 977	3 204 977	3 204 977
Liczba wzkm	1 338 978	1 338 978	1 338 978	1 338 978
Koszt paliwa na wzkm	2,39	2,39	2,39	2,39
Naprawy i konserwacje	3 465 600	5 608 800	5 608 800	5 608 800
Liczba autobusów	228	369	369	369
Koszty napraw i konserwacji na autobus	15 200	15 200	15 200	15 200
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 1	17 816 014	28 833 812	28 833 812	28 833 812
Koszt energii	14 806 414	23 963 012	23 963 012	23 963 012
Liczba wzkm	15 264 344	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Koszt energii elektr. na wzkm	0,97	0,97	0,97	0,97
Naprawy i konserwacje	3 009 600	4 870 800	4 870 800	4 870 800
Liczba autobusów	228	369	369	369
Koszty napraw i konserwacji na autobus	13 200	13 200	13 200	13 200
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
Cena jednostkowa (MIDI)	370 000	370 000	370 000	370 000
Cena jednostkowa (MINI)	300 000	300 000	300 000	300 000
Wariant 2	39 888 334	64 556 119	64 556 119	64 556 119
Koszt energii	36 536 734	59 131 819	59 131 819	59 131 819
Liczba wzkm	15 264 344	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Koszt paliwa na wzkm	2,39	2,39	2,39	2,39
Naprawy i konserwacje	3 351 600	5 424 300	5 424 300	5 424 300
Liczba autobusów	228	369	369	369
Koszty napraw i konserwacji na autobus	14 700	14 700	14 700	14 700

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych, GZM i Operatorów.

Tabela 21. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu „0a”, „0b”, „1” i „2” w latach 2030–2033 [PLN]

Wyszczególnienie	2030	2031	2032	2033
Wydatki eksploatacyjne				
Wariant 0a	35 848 820	35 848 820	35 848 820	35 848 820
Paliwo	30 166 220	30 166 220	30 166 220	30 166 220
Liczba wzkm	24 704 136	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Koszt paliwa na wzkm	1,22	1,22	1,22	1,22
Naprawy i konserwacje	5 682 600	5 682 600	5 682 600	5 682 600
Liczba autobusów	369	369	369	369
Koszty napraw i konserwacji na autobus	15 400	15 400	15 400	15 400
Wariant 0b	34 007 078	34 007 078	48 387 078	34 007 078
Paliwo (ON)	5 561 213	5 561 213	5 561 213	5 561 213
Liczba wzkm	5 824 552	5 824 552	5 824 552	5 824 552
Koszt paliwa na wzkm	0,95	0,95	0,95	0,95
Paliwo (CNG)	17 553 996	17 553 996	17 553 996	17 553 996
Liczba wzkm	15 398 242	15 398 242	15 398 242	15 398 242
Koszt paliwa na wzkm	1,14	1,14	1,14	1,14
Koszt energii elektr.	2 078 093	2 078 093	2 078 093	2 078 093
Liczba wzkm	2 142 364	2 142 364	2 142 364	2 142 364
Koszt paliwa na wzkm	0,97	0,97	0,97	0,97
Koszt zużycia wodoru	3 204 977	3 204 977	3 204 977	3 204 977
Liczba wzkm	1 338 978	1 338 978	1 338 978	1 338 978
Koszt paliwa na wzkm	2,39	2,39	2,39	2,39
Naprawy i konserwacje	5 608 800	5 608 800	5 608 800	5 608 800
Liczba autobusów	369	369	369	369
Koszty napraw i konserwacji na autobus	15 200	15 200	15 200	15 200
Baterie	0	0	14 380 000	0
Liczba autobusów	0	0	32	0
Cena jednostkowa (MEGA)	500 000	500 000	500 000	500 000
Cena jednostkowa (MAXI)	440 000	440 000	440 000	440 000
Wariant 1	68 983 812	28 833 812	93 133 812	28 833 812
Koszt energii	23 963 012	23 963 012	23 963 012	23 963 012
Liczba wzkm	24 704 136	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Koszt energii elektr. na wzkm	0,97	0,97	0,97	0,97
Naprawy i konserwacje	4 870 800	4 870 800	4 870 800	4 870 800
Liczba autobusów	369	369	369	369
Koszty napraw i konserwacji na autobus	13 200	13 200	13 200	13 200
Baterie	40 150 000	0	64 300 000	0
Liczba autobusów	87	0	141	0
Cena jednostkowa (MEGA)	500 000	500 000	500 000	500 000
Cena jednostkowa (MAXI)	440 000	440 000	440 000	440 000
Cena jednostkowa (MIDI)	370 000	370 000	370 000	370 000
Cena jednostkowa (MINI)	300 000	300 000	300 000	300 000
Wariant 2	64 556 119	64 556 119	64 556 119	64 556 119
Koszt energii	59 131 819	59 131 819	59 131 819	59 131 819
Liczba wzkm	24 704 136	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Koszt paliwa na wzkm	2,39	2,39	2,39	2,39
Naprawy i konserwacje	5 424 300	5 424 300	5 424 300	5 424 300
Liczba autobusów	369	369	369	369
Koszty napraw i konserwacji na autobus	14 700	14 700	14 700	14 700

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych, GZM i Operatorów.

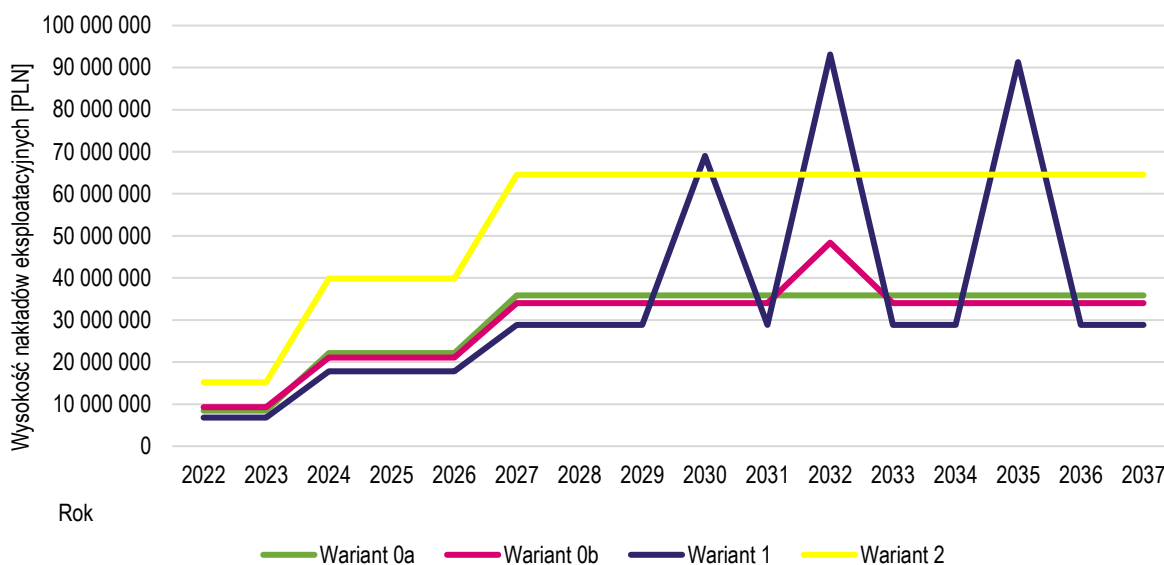
Tabela 22. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu „0a”, „0b”, „1” i „2” w latach 2034–2037 [PLN]

Wyszczególnienie	2034	2035	2036	2037
Wydatki eksploatacyjne				
Wariant 0a	35 848 820	35 848 820	35 848 820	35 848 820
Paliwo	30 166 220	30 166 220	30 166 220	30 166 220
Liczba wzkm	24 704 136	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Koszt paliwa na wzkm	1,22	1,22	1,22	1,22
Naprawy i konserwacje	5 682 600	5 682 600	5 682 600	5 682 600
Liczba autobusów	369	369	369	369
Koszty napraw i konserwacji na autobus	15 400	15 400	15 400	15 400
Wariant 0b	34 007 078	34 007 078	34 007 078	34 007 078
Paliwo (ON)	5 561 213	5 561 213	5 561 213	5 561 213
Liczba wzkm	5 824 552	5 824 552	5 824 552	5 824 552
Koszt paliwa na wzkm	0,95	0,95	0,95	0,95
Paliwo (CNG)	17 553 996	17 553 996	17 553 996	17 553 996
Liczba wzkm	15 398 242	15 398 242	15 398 242	15 398 242
Koszt paliwa na wzkm	1,14	1,14	1,14	1,14
Koszt energii elektr.	2 078 093	2 078 093	2 078 093	2 078 093
Liczba wzkm	2 142 364	2 142 364	2 142 364	2 142 364
Koszt paliwa na wzkm	0,97	0,97	0,97	0,97
Koszt zużycia wodoru	3 204 977	3 204 977	3 204 977	3 204 977
Liczba wzkm	1 338 978	1 338 978	1 338 978	1 338 978
Koszt paliwa na wzkm	2,39	2,39	2,39	2,39
Naprawy i konserwacje	5 608 800	5 608 800	5 608 800	5 608 800
Liczba autobusów	369	369	369	369
Koszty napraw i konserwacji na autobus	15 200	15 200	15 200	15 200
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 1	28 833 812	91 293 812	28 833 812	28 833 812
Koszt energii	23 963 012	23 963 012	23 963 012	23 963 012
Liczba wzkm	24 704 136	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Koszt energii elektr. na wzkm	0,97	0,97	0,97	0,97
Naprawy i konserwacje	4 870 800	4 870 800	4 870 800	4 870 800
Liczba autobusów	369	369	369	369
Koszty napraw i konserwacji na autobus	13 200	13 200	13 200	13 200
Baterie	0	62 460 000	0	0
Liczba autobusów	0	141	0	0
Cena jednostkowa (MEGA)	500 000	500 000	500 000	500 000
Cena jednostkowa (MAXI)	440 000	440 000	440 000	440 000
Cena jednostkowa (MIDI)	370 000	370 000	370 000	370 000
Cena jednostkowa (MINI)	300 000	300 000	300 000	300 000
Wariant 2	64 556 119	64 556 119	64 556 119	64 556 119
Koszt energii	59 131 819	59 131 819	59 131 819	59 131 819
Liczba wzkm	24 704 136	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Koszt paliwa na wzkm	2,39	2,39	2,39	2,39
Naprawy i konserwacje	5 424 300	5 424 300	5 424 300	5 424 300
Liczba autobusów	369	369	369	369
Koszty napraw i konserwacji na autobus	14 700	14 700	14 700	14 700

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych, GZM i Operatorów.

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 na 2032 r. w Wariancie „0b” oraz 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 wymianie⁴⁵.

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



Wykres 13. Wartość wydatków eksploatacyjnych Inwestycji dla wariantu „0a”, „0b”, „1” i „2” w latach 2022–2037 [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 „1” i „2” względem Wariantu „0a” oraz Wariantu „0b”, w rezultacie czego otrzymano następujące wyniki, tj.:

⁴⁵ W analizie nie brano pod uwagę ewentualnych regeneracji zużytych baterii

WARIANT „0a”

Tabela 23. Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0a”) w latach 2022–2025 [PLN]

Wyszczególnienie	2022	2023	2024	2025
Analiza finansowa – model różnicowy				
Wydatki inwestycyjne				
Wariant 1	114 560 000	0	135 550 000	0
Wariant 2	365 250 000	0	431 750 000	0
Wydatki eksploatacyjne				
Wariant 1	-1 653 945	-1 653 945	-4 334 477	-4 334 477
Wariant 2	6 768 388	6 768 388	17 737 843	17 737 843
Przepływy pieniężne				
Wariant 1	-112 906 055	1 653 945	-131 215 523	4 334 477
Wariant 2	-372 018 388	-6 768 388	-449 487 843	-17 737 843

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych, GZM i Operatorów.

Tabela 24. Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0a”) w latach 2026–2029 [PLN]

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029
Analiza finansowa – model różnicowy				
Wydatki inwestycyjne				
Wariant 1	0	132 490 000	0	0
Wariant 2	0	437 650 000	0	0
Wydatki eksploatacyjne				
Wariant 1	-4 334 477	-7 015 008	-7 015 008	-7 015 008
Wariant 2	17 737 843	28 707 299	28 707 299	28 707 299
Przepływy pieniężne				
Wariant 1	4 334 477	-125 474 992	7 015 008	7 015 008
Wariant 2	-17 737 843	-466 357 299	-28 707 299	-28 707 299

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych, GZM i Operatorów.

Tabela 25. Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0a”) w latach 2030–2033 [PLN]

Wyszczególnienie	2030	2031	2032	2033
Analiza finansowa – model różnicowy				
Wydatki inwestycyjne				
Wariant 1	0	0	0	0
Wariant 2	0	0	0	0
Wydatki eksploatacyjne				
Wariant 1	33 134 992	-7 015 008	57 284 992	-7 015 008
Wariant 2	28 707 299	28 707 299	28 707 299	28 707 299
Przepływy pieniężne				
Wariant 1	-33 134 992	7 015 008	-57 284 992	7 015 008
Wariant 2	-28 707 299	-28 707 299	-28 707 299	-28 707 299

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych, GZM i Operatorów.

Tabela 26. Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0a”) w latach 2034–2037 [PLN]

Wyszczególnienie	2034	2035	2036	2037
Analiza finansowa – model różnicowy				
Wydatki inwestycyjne				
Wariant 1	0	0	0	0
Wariant 2	0	0	0	0
Wydatki eksploatacyjne				
Wariant 1	-7 015 008	55 444 992	-7 015 008	-7 015 008
Wariant 2	28 707 299	28 707 299	28 707 299	28 707 299
Przepływy pieniężne				
Wariant 1	7 015 008	-55 444 992	7 015 008	7 015 008
Wariant 2	-28 707 299	-28 707 299	-28 707 299	-28 707 299

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych, GZM i Operatorów.

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

- ◆ Wariant „1”: -456.033.586 PLN;
- ◆ Wariant „2”: -1.617.180.594 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 r. zastosowano realną stopę dyskontową na poziomie 4%, a wyniki Analizy kształtują się następująco, tj.:

Tabela 27. Ocena efektywności Inwestycji (model dla Wariantu „0a”) [PLN]

Wyszczególnienie	Wartość
NPV	
Wariant 1	-376 660 114
Wariant 2	-1 345 889 687
IRR	
Wariant 1	Nieemożliwe do obliczenia
Wariant 2	Nieemożliwe do obliczenia

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych, GZM i Operatorów.

Dla Wariantu „1” zdyskontowana wartość bieżąca NPV wyniosła -376.660.114 PLN, a dla Wariantu „2” -1.345.889.687 PLN natomiast wewnętrzne stopy zwrotu IRR okazały się niemożliwe do obliczenia.

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

WARIANT „0b”

Tabela 28. Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0b”) w latach 2022–2025 [PLN]

Wyszczególnienie	2022	2023	2024	2025
Analiza finansowa – model różnicowy				
Wydatki inwestycyjne				
Wariant 1	27 740 000	0	106 964 000	0
Wariant 2	278 430 000	0	403 164 000	0
Wydatki eksploatacyjne				
Wariant 1	-2 478 514	-2 478 514	-3 286 502	-3 286 502
Wariant 2	5 943 818	5 943 818	18 785 818	18 785 818
Przepływy pieniężne				
Wariant 1	-25 261 486	2 478 514	-103 677 498	3 286 502
Wariant 2	-284 373 818	-5 943 818	-421 949 818	-18 785 818

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych, GZM i Operatorów.

Tabela 29. Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0b”) w latach 2026–2029 [PLN]

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029
Analiza finansowa – model różnicowy				
Wydatki inwestycyjne				
Wariant 1	0	147 066 000	0	0
Wariant 2	0	452 226 000	0	0
Wydatki eksploatacyjne				
Wariant 1	-3 286 502	-5 173 266	-5 173 266	-5 173 266
Wariant 2	18 785 818	30 549 041	30 549 041	30 549 041
Przepływy pieniężne				
Wariant 1	3 286 502	-141 892 734	5 173 266	5 173 266
Wariant 2	-18 785 818	-482 775 041	-30 549 041	-30 549 041

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych, GZM i Operatorów.

Tabela 30. Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0b”) w latach 2030–2033 [PLN]

Wyszczególnienie	2030	2031	2032	2033
Analiza finansowa – model różnicowy				
Wydatki inwestycyjne				
Wariant 1	0	0	0	0
Wariant 2	0	0	0	0
Wydatki eksploatacyjne				
Wariant 1	34 976 734	-5 173 266	44 746 734	-5 173 266
Wariant 2	30 549 041	30 549 041	16 169 041	30 549 041
Przepływy pieniężne				
Wariant 1	-34 976 734	5 173 266	-44 746 734	5 173 266
Wariant 2	-30 549 041	-30 549 041	-16 169 041	-30 549 041

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych, GZM i Operatorów.

Tabela 31. Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0b”) w latach 2034–2037 [PLN]

Wyszczególnienie	2034	2035	2036	2037
Analiza finansowa – model różnicowy				
Wydatki inwestycyjne				
Wariant 1	0	0	0	0
Wariant 2	0	0	0	0
Wydatki eksploatacyjne				
Wariant 1	-5 173 266	57 286 734	-5 173 266	-5 173 266
Wariant 2	30 549 041	30 549 041	30 549 041	30 549 041
Przepływy pieniężne				
Wariant 1	5 173 266	-57 286 734	5 173 266	5 173 266
Wariant 2	-30 549 041	-30 549 041	-30 549 041	-30 549 041

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych, GZM i Operatorów.

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

- ◆ Wariant „1”: – 362.577.535 PLN;
- ◆ Wariant „2”: – 1.523.724.543 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 r. zastosowano realną stopę dyskontową na poziomie 4%, a wyniki Analizy kształtują się następująco, tj.:

Tabela 32. Ocena efektywności Inwestycji (model dla Wariantu „0b”) [PLN]

Wyszczególnienie	Wartość
NPV	
Wariant 1	-284 340 163
Wariant 2	-1 253 569 736
IRR	
Wariant 1	Nieemożliwe do obliczenia
Wariant 2	Nieemożliwe do obliczenia

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych, GZM i Operatorów.

Dla Wariantu „1” zdyskontowana wartość bieżąca NPV wyniosła – 284.340.163 PLN, a dla Wariantu „2” – 1.253.569.736 PLN natomiast wewnętrzne stopy zwrotu IRR okazały się niemożliwe do obliczenia.

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

5.2 Analiza społeczno-ekonomiczna

5.2.1 Koszty społeczne emisji gazów cieplarnianych (CO₂)

Teren Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii charakteryzuje się jednym z największych poziomów zanieczyszczeń powietrza w kraju. Za złą jakość powietrza na terenie GZM, jak również na terenie całego województwa, odpowiada w dużym stopniu emisja zanieczyszczeń ze źródeł komunikacyjnych (z transportu samochodowego - z emisji spalinowej i pozaspalinowej np. wynikającej ze ścierania opon samochodowych lub wynikające z ruchu pojazdów - unoszący pył z powierzchni drogi). Ruch pojazdów generuje emisję szkodliwych gazów i pyłów oraz hałasu⁴⁶ – w strukturze emisji gazów cieplarnianych emitowanych przez transport, dominującą pozycję zajmuje transport drogowy (ok. 71,7%)⁴⁷. W związku z powyższym szczególnie ważnym wyzwaniem staje się w tym przypadku dekarbonizacja sektora transportu.

W celu oceny jakości powietrza rokrocznie wykonywana jest kontrola jakości powietrza w odniesieniu do obszaru danej strefy. Województwo śląskie podzielone jest na 5 stref⁴⁸, a gminy wchodzące w skład Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii położone są w strefie aglomeracji górnośląskiej oraz w strefie śląskiej.

Obszar Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii charakteryzuje się rocznym przekraczaniem dopuszczalnych norm⁴⁹. Zgodnie z danymi zawartymi w „Rocznej ocenie jakości powietrza w województwie śląskim. Raport wojewódzki za rok 2020” w strefach województwa śląskiego na stacjach pomiarowych w 2020 r. odnotowano przekroczenie wartości stężeń B(a)P w pyłach PM₁₀, PM_{2.5} oraz NO₂ (przekroczenia średniorocznego stężenia dwutlenku azotu związane jest z oddziaływaniem transportu drogowego).

Klasy stref⁵⁰ dla poszczególnych zanieczyszczeń, uzyskane w ocenie rocznej dokonanej z uwzględnieniem kryteriów ustanowionych w celu ochrony zdrowia ludzi – klasyfikacja podstawowa dla strefy górnośląskiej⁵¹:

SO ₂	–	A
NO ₂	–	C
C ₆ H ₆	–	A
CO	–	A
O ₃	–	A
PM ₁₀	–	C
Pb	–	A
As	–	A
Cd	–	A
Ni	–	A
B(a)P	–	C
PM _{2.5}	–	C1

Legenda (poziom stężeń zanieczyszczenia):

A – nieprzekraczający poziomu dopuszczalnego;

C – powyżej poziomu dopuszczalnego;

C1 – klasa stref dla pyłu PM_{2,5} określana w oparciu o poziom dopuszczalny dla fazy II.

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



problemy z oddychaniem;



problemy z pamięcią i koncentracją;



raka płuc;



układ krwionośny;



nadciśnienie tętnicze;



płód (niska waga urodzeniowa, obumarcie płodu, przedwczesny poród)

i wiele innych schorzeń i chorób (w tym m. in.: podrażnienia nosa i gardła, kaszel, katar; przewlekłą obturacyjną chorobę płuc, alergię i astmę).

⁴⁶ Szacuje się, że nawet 27% gazów cieplarnianych w UE w 2017 r. była wywołana przez gałąź transportu.

⁴⁷ <https://www.europarl.europa.eu>.

⁴⁸ Nazwy i kody stref określa rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 2 sierpnia 2012 r. w sprawie stref, w których dokonuje się oceny jakości powietrza (Dz. U. z 2012 r. poz. 914).

⁴⁹ Na co wskazują coroczne oceny jakości powietrza wykonywane przez Regionalny Wydział Monitoringu Środowiska w Kielcach.

⁵⁰ Na podstawie klasyfikacji ujętej w „Rocznej ocenie jakości powietrza w województwie śląskim. Raport wojewódzki za rok 2020”, Katowice 2021.

⁵¹ Obszar strefy górnośląskiej obejmuje 14 miast na prawach powiatu: Katowice, Sosnowiec, Jaworzno, Bytom, Zabrze, Ruda Śląska, Tychy, Dąbrowa Górnicza, Chorzów, Mysłowice, Świętochłowice, Siemianowice Śląskie, Piekary Śląskie i Gliwice.

Koszty jednostkowe emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym

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

	NOx [EUR]	NMVOC [EUR]	SO ₂ [EUR]	PM _{2,5} [EUR]	
				Obszar miejski	Obszar podmiejski
2010	13.664,80	6.703,11	57.663,49	884.646,29	189.712,30

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

Koszty jednostkowe emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej⁵²:

	NOx [PLN]	NMVOC [PLN]	SO ₂ [PLN]	PM _{2,5} [PLN]	
				Obszar miejski	Obszar podmiejski
2021	78.142,60	9.760,55	83.965,20	1.288.154,69	276.244,63
2028	93.968,74	111.737,35	100.970,58	1.549.043,31	332.192,17

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

5.2.2. Koszty zmian klimatu

Negatywne skutki środowiskowe wykorzystywania produktów ropopochodnych w transporcie związane są przede wszystkim z emisją gazów cieplarnianych.

Sektor transportu drogowego odpowiada za 30% cząstek PM w europejskich miastach. Szkodliwe emisje, za które odpowiada sektor transportu pochodzą głównie z:



braku spalania paliw,
braku wycieku oleju
i innych płynów
eksploatacyjnych



redukcji pyłów ze
ścieranych tarcz i klocków
hamulcowych dzięki
hamowaniu odzyskowemu



lokalnej
zeroemisyjności (braku
spalin CO₂, PM, NOx,
SOx)



spalania paliw



emisje wtórne



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:

W przypadku wykorzystywania energii elektrycznej pochodzącej ze źródeł niskoemisyjnych 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.

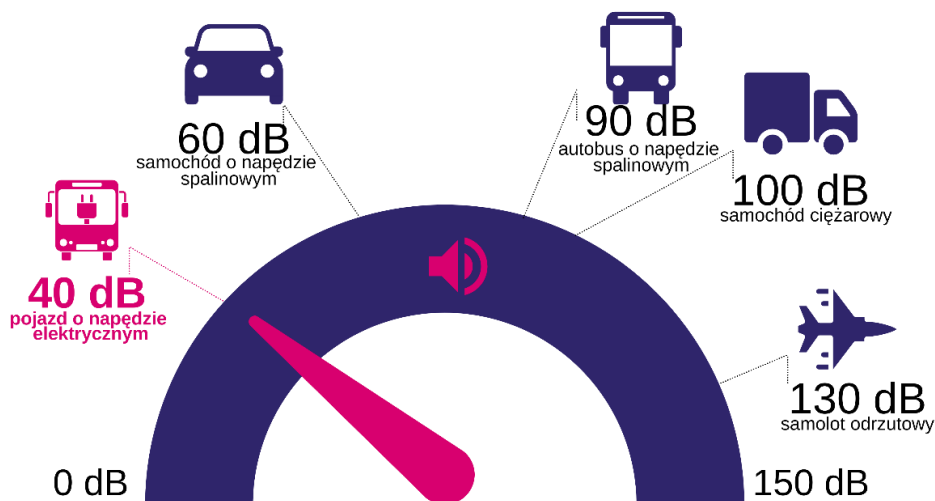
Zagregowane koszty zmian klimatycznych (CO₂) w gałęzi transportu przedstawiają się następująco⁵³:

187,09 [PLN/ t CO₂] w 2021 r. **223,46** [PLN/ t CO₂] w 2028 r.

⁵² 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 r.), <https://www.cupt.gov.pl/wdrazanie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysci/narzedzia/tablice-kosztow-jednostkowych-do-wykorzystania-w-analizach-kosztow-i-korzysci>.

⁵³ 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 r.), <https://www.cupt.gov.pl/wdrazanie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysci/narzedzia/tablice-kosztow-jednostkowych-do-wykorzystania-w-analizach-kosztow-i-korzysci>.



5.2.3 Koszty społeczne emisji hałasu





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.

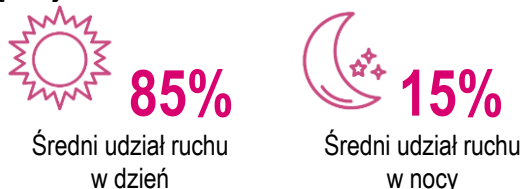
Jednostkowe koszty hałasu na obszarze miejskim⁵⁵

	LV	HGV
	0,044 [PLN/pojkm]	0,270 [PLN/pojkm]
	0,079 [PLN/pojkm]	0,492 [PLN/pojkm]

Jednostkowe koszty hałasu na obszarze zamiejskim⁵⁶

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

Koszty jednostkowe hałasu w transporcie lądowym⁵⁴



Zagregowane koszty hałasu na obszarze miejskim w transporcie lądowym przedstawiają się następująco⁵⁷:

0,0603 [PLN/ poijkm] w 2021 r. **0,0726** [PLN/ poijkm] w 2028 r.

⁵⁴ 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 r), <https://www.cupt.gov.pl/wdrazanie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysci/narzedzia/tablice-kosztow-jednostkowych-do-wykorzystania-w-analizach-kosztow-i-korzysci>.

⁵⁵ Jaspers, „Niebieska Księga”. Nowa edycja, Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach, sierpień 2015 r.

⁵⁶ J.w.

⁵⁷ 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 r), <https://www.cupt.gov.pl/wdrazanie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysci/narzedzia/tablice-kosztow-jednostkowych-do-wykorzystania-w-analizach-kosztow-i-korzysci>.

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

Zanieczyszczenie powietrza i nadmierny hałas szkodzą zdrowiu ludzi i środowisku. Nadmienione zanieczyszczenia pochodzą w głównej mierze z przemysłu, transportu i produkcji energii elektrycznej⁵⁸. W dużych ośrodkach miejskich jednym z głównych źródeł zanieczyszczeń jest gałąź transportowa – pojazdy o napędzie konwencjonalnym. W celu ograniczenia zanieczyszczeń powodowanych przez transport drogowy przyjęto szereg dyrektyw, które określają normy emisji dla różnych kategorii pojazdów.

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. W związku z czym należy spodziewać się, iż realizacja Inwestycji pozytywnie wpłynie na jakość środowiska naturalnego. Jest to możliwe dzięki temu, że 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 opracowywania Analizy kosztów i korzyści (tj. 25.08.2021 r.) Operatorzy obsługujący teren objęty opracowaniem dysponują 1168 pojazdami samochodowymi o napędzie konwencjonalnym (olej napędowy), 39 pojazdami hybrydowymi, 23 trolejbusami, 31 autobusami elektrycznymi oraz 148 pojazdami napędzanymi sprężonym gazem ziemnym (CNG).

Poniższa tabela przedstawia strukturę emisji CO₂, NMHC/NM VOC, NO_x oraz PM, które emitowane są przez użytkowane pojazdy.

Tabela 33. Aktualna i prognozowana emisja spalin przez poszczególne pojazdy świadczące usługi publicznego transportu zbiorowego na terenie GZM

Jednostkowa wartość emisji					Szacunkowa łączna wartość emisji				
SO ₂	NMHC/NM VOC	NO _x	PM	CO ₂	SO ₂	NMHC/NM VOC	NO _x	PM	CO ₂
g/km	g/km	g/km	g/km	kg/km	g/km	g/km	g/km	g/km	kg/km
Aktualna emisja spalin przez poszczególne pojazdy świadczące usługi publicznego transportu zbiorowego na terenie GZM									
9,99	71,84	442,39	6,62	45,67	134,48	1979,31	10812,37	155,99	1400,3
Emisja spalin przez poszczególne pojazdy po wymianie 30% taboru na autobusy zeroemisyjne									
9,99	71,84	442,39	6,62	45,67	1159,95	1094,76	5110,44	69,48	1326,19

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez Organizatora i Operatorów, z wykorzystaniem Kalkulatora emisji zanieczyszczeń i kosztów klimatu dla środków transportu publicznego [cupt.gov.pl].

⁵⁸ <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/pl/sheet/75/zanieczyszczenie-powietrza-i-zanieczyszczenie-halasem>.

Powyższa tabela wskazuje, iż w wyniku realizacji Inwestycji redukcji ulegną metanowe lotne związki organiczne NHMC/NMVOC, a także tlenki azotu NOx. Widoczny jest również wyraźny wzrost emisji dwutlenku siarki w wariantcie inwestycyjnym (substancja ta emitowana jest podczas produkcji energii elektrycznej).

Należy spodziewać się również spadku emisji dwutlenku węgla, lecz ta wielkość uzależniona jest w dużej mierze od rozwoju sektora energetyki, zwłaszcza na terenie Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii. W sytuacji, gdy sektor energetyki oparty będzie w dalszym ciągu na spalaniu węgla brunatnego i kamiennego należy spodziewać się niekorzystnych wskaźników emisyjności dla pojazdów napędzanych energią elektryczną.

Jednakże należy zaznaczyć, że udział odnawialnych źródeł energii stale wzrasta⁵⁹, 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.**

⁵⁹ <https://www.rynekelektryczny.pl/energia-elektryczna-ze-zrodel-odnawialnych/>.

5.4. Efektywność społeczno-ekonomiczna Inwestycji

5.4.1. Wariantowa analiza społeczno-ekonomiczna wraz z wyceną kosztów związanych z emisją szkodliwych substancji

Efekty środowiskowe realne do osiągnięcia w wyniku realizacji Inwestycji w wariantach „1” i „2” oszacowano dla poszczególnych kategorii wymiennych 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 369 szt. 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, odrębnie względem bazowych Wariantów „0a” i „0b”, tj.:

WARIANT „0a”

Tabela 34. Wartość efektów środowiskowych dla Wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0a”) w latach 2022–2025 [w jedn. naturalnych]

Wyszczególnienie	2022	2023	2024	2025
Efekty środowiskowe				
Wariant 1				
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – CO₂ [t]	725,34	725,34	1 900,90	1 900,90
Liczba wzm	5 824 552	5 824 552	15 264 344	15 264 344
Zużycie paliwa [l]	2 431 751	2 431 751	6 372 864	6 372 864
Emisja CO ₂ [kg/litr]	0,30	0,30	0,30	0,30
Emisja CO ₂ [kg]	725 343	725 343	1 900 898	1 900 898
Emisja CO ₂ [t]	725,34	725,34	1 900,90	1 900,90
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – PM [t]	0,07	0,07	0,19	0,19
PM [g/km]	0,01	0,01	0,01	0,01
Liczba wzm	5 824 552	5 824 552	15 264 344	15 264 344
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NMHC/NMVOC [t]	3,13	3,13	8,21	8,21
NMHC/NMVOC [g/km]	0,54	0,54	0,54	0,54
Liczba wzm	5 824 552	5 824 552	15 264 344	15 264 344
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NO_x [t]	3,56	3,56	9,34	9,34
NO _x [g/km]	0,61	0,61	0,61	0,61
Liczba wzm	5 824 552	5 824 552	15 264 344	15 264 344
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	1 649 994	1 692 420	4 549 993	4 668 317
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzm	0,28	0,29	0,30	0,31
Liczba wzm	5 824 552	5 824 552	15 264 344	15 264 344
Wariant 2				
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – CO₂ [t]	725,34	725,34	1 900,90	1 900,90
Liczba wzm	5 824 552	5 824 552	15 264 344	15 264 344
Zużycie paliwa [l]	2 431 751	2 431 751	6 372 864	6 372 864
Emisja CO ₂ [kg/litr]	0,30	0,30	0,30	0,30
Emisja CO ₂ [kg]	725 343	725 343	1 900 898	1 900 898
Emisja CO ₂ [t]	725,34	725,34	1 900,90	1 900,90
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – PM [t]	0,07	0,07	0,19	0,19
PM [g/km]	0,01	0,01	0,01	0,01
Liczba wzm	5 824 552	5 824 552	15 264 344	15 264 344
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NMHC/NMVOC [t]	3,13	3,13	8,21	8,21
NMHC/NMVOC [g/km]	0,54	0,54	0,54	0,54
Liczba wzm	5 824 552	5 824 552	15 264 344	15 264 344
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NO_x [t]	3,56	3,56	9,34	9,34
NO _x [g/km]	0,61	0,61	0,61	0,61
Liczba wzm	5 824 552	5 824 552	15 264 344	15 264 344
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	1 649 994	1 692 420	4 549 993	4 668 317
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzm	0,28	0,29	0,30	0,31
Liczba wzm	5 824 552	5 824 552	15 264 344	15 264 344

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT, GZM i Operatorów.

Tabela 35. Wartość efektów środowiskowych dla Wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0a”) w latach 2026–2029 [w jedn. naturalnych]

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029
Efekty środowiskowe				
Wariant 1				
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – CO₂ [t]	1 900,90	3 076,45	3 076,45	3 076,45
Liczba wzkm	15 264 344	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Zużycie paliwa [l]	6 372 864	10 313 977	10 313 977	10 313 977
Emisja CO ₂ [kg/litr]	0,30	0,30	0,30	0,30
Emisja CO ₂ [kg]	1 900 898	3 076 453	3 076 453	3 076 453
Emisja CO ₂ [t]	1 900,90	3 076,45	3 076,45	3 076,45
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – PM [t]	0,19	0,32	0,32	0,32
PM [g/km]	0,01	0,01	0,01	0,01
Liczba wzkm	15 264 344	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NMHC/NMVOC [t]	8,21	13,29	13,29	13,29
NMHC/NMVOC [g/km]	0,54	0,54	0,54	0,54
Liczba wzkm	15 264 344	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NO_x [t]	9,34	15,12	15,12	15,12
NO _x [g/km]	0,61	0,61	0,61	0,61
Liczba wzkm	15 264 344	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	4 794 159	7 969 293	8 180 116	8 384 581
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,31	0,32	0,33	0,34
Liczba wzkm	15 264 344	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Wariant 2				
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – CO₂ [t]	1 900,90	3 076,45	3 076,45	3 076,45
Liczba wzkm	15 264 344	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Zużycie paliwa [l]	6 372 864	10 313 977	10 313 977	10 313 977
Emisja CO ₂ [kg/litr]	0,30	0,30	0,30	0,30
Emisja CO ₂ [kg]	1 900 898	3 076 453	3 076 453	3 076 453
Emisja CO ₂ [t]	1 900,90	3 076,45	3 076,45	3 076,45
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – PM [t]	0,19	0,32	0,32	0,32
PM g/km	0,01	0,01	0,01	0,01
Liczba wzkm	15 264 344	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NMHC/NMVOC [t]	8,21	13,29	13,29	13,29
NMHC/NMVOC [g/km]	0,54	0,54	0,54	0,54
Liczba wzkm	15 264 344	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NO_x [t]	9,34	15,12	15,12	15,12
NO _x [g/km]	0,61	0,61	0,61	0,61
Liczba wzkm	15 264 344	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	4 794 159	7 969 293	8 180 116	8 384 581
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,31	0,32	0,33	0,34
Liczba wzkm	15 264 344	24 704 136	24 704 136	24 704 136

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT, GZM i Operatorów.

Tabela 36. Wartość efektów środowiskowych dla Wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0a”) w latach 2030–2033 [w jedn. naturalnych]

Wyszczególnienie	2030	2031	2032	2033
Efekty środowiskowe				
Wariant 1				
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – CO₂ [t]	3 076,45	3 076,45	3 076,45	3 076,45
Liczba wzkm	24 704 136	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Zużycie paliwa [l]	10 313 977	10 313 977	10 313 977	10 313 977
Emisja CO ₂ [kg/litr]	0,30	0,30	0,30	0,30
Emisja CO ₂ [kg]	3 076 453	3 076 453	3 076 453	3 076 453
Emisja CO ₂ [t]	3 076,45	3 076,45	3 076,45	3 076,45
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – PM [t]	0,32	0,32	0,32	0,32
PM [g/km]	0,01	0,01	0,01	0,01
Liczba wzkm	24 704 136	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NMHC/NMVOC [t]	13,29	13,29	13,29	13,29
NMHC/NMVOC [g/km]	0,54	0,54	0,54	0,54
Liczba wzkm	24 704 136	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NO_x [t]	15,12	15,12	15,12	15,12
NO _x [g/km]	0,61	0,61	0,61	0,61
Liczba wzkm	24 704 136	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	8 595 339	8 805 857	9 015 772	9 224 694
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,35	0,36	0,36	0,37
Liczba wzkm	24 704 136	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Wariant 2				
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – CO₂ [t]	3 076,45	3 076,45	3 076,45	3 076,45
Liczba wzkm	24 704 136	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Zużycie paliwa [l]	10 313 977	10 313 977	10 313 977	10 313 977
Emisja CO ₂ [kg/litr]	0,30	0,30	0,30	0,30
Emisja CO ₂ [kg]	3 076 453	3 076 453	3 076 453	3 076 453
Emisja CO ₂ [t]	3 076,45	3 076,45	3 076,45	3 076,45
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – PM [t]	0,32	0,32	0,32	0,32
PM [g/km]	0,01	0,01	0,01	0,01
Liczba wzkm	24 704 136	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NMHC/NMVOC [t]	13,29	13,29	13,29	13,29
NMHC/NMVOC [g/km]	0,54	0,54	0,54	0,54
Liczba wzkm	24 704 136	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NO_x [t]	15,12	15,12	15,12	15,12
NO _x [g/km]	0,61	0,61	0,61	0,61
Liczba wzkm	24 704 136	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	8 595 339	8 805 857	9 015 772	9 224 694
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,35	0,36	0,36	0,37
Liczba wzkm	24 704 136	24 704 136	24 704 136	24 704 136

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT, GZM i Operatorów.

Tabela 37. Wartość efektów środowiskowych dla Wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0a”) w latach 2034–2037 [w jedn. naturalnych]

Wyszczególnienie	2034	2035	2036	2037
Efekty środowiskowe				
Wariant 1				
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – CO₂ [t]	3 076,45	3 076,45	3 076,45	3 076,45
Liczba wzkm	24 704 136	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Zużycie paliwa [l]	10 313 977	10 313 977	10 313 977	10 313 977
Emisja CO ₂ [kg/litr]	0,30	0,30	0,30	0,30
Emisja CO ₂ [kg]	3 076 453	3 076 453	3 076 453	3 076 453
Emisja CO ₂ [t]	3 076,45	3 076,45	3 076,45	3 076,45
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – PM [t]	0,32	0,32	0,32	0,32
PM [g/km]	0,01	0,01	0,01	0,01
Liczba wzkm	24 704 136	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NMHC/NMVOC [t]	13,29	13,29	13,29	13,29
NMHC/NMVOC [g/km]	0,54	0,54	0,54	0,54
Liczba wzkm	24 704 136	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NOx [t]	15,12	15,12	15,12	15,12
NOx [g/km]	0,61	0,61	0,61	0,61
Liczba wzkm	24 704 136	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	9 432 203	9 637 836	9 841 255	10 049 909
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,38	0,39	0,40	0,41
Liczba wzkm	24 704 136	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Wariant 2				
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – CO₂ [t]	3 076,45	3 076,45	3 076,45	3 076,45
Liczba wzkm	24 704 136	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Zużycie paliwa [l]	10 313 977	10 313 977	10 313 977	10 313 977
Emisja CO ₂ [kg/litr]	0,30	0,30	0,30	0,30
Emisja CO ₂ [kg]	3 076 453	3 076 453	3 076 453	3 076 453
Emisja CO ₂ [t]	3 076,45	3 076,45	3 076,45	3 076,45
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – PM [t]	0,32	0,32	0,32	0,32
PM [g/km]	0,01	0,01	0,01	0,01
Liczba wzkm	24 704 136	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NMHC/NMVOC [t]	13,29	13,29	13,29	13,29
NMHC/NMVOC [g/km]	0,54	0,54	0,54	0,54
Liczba wzkm	24 704 136	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NOx [t]	15,12	15,12	15,12	15,12
NOx [g/km]	0,61	0,61	0,61	0,61
Liczba wzkm	24 704 136	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	9 432 203	9 637 836	9 841 255	10 049 909
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,38	0,39	0,40	0,41
Liczba wzkm	24 704 136	24 704 136	24 704 136	24 704 136

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT, GZM i Operatorów.

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

Tabela 38. Zmonetyzowane efekty środowiskowe dla Wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0a”) w latach 2022–2025 [PLN]

Wyszczególnienie	2022	2023	2024	2025
Monetyzacja efektów środowiskowych				
Wariant 1	2 205 998	2 262 904	6 083 884	6 241 957
Ograniczenie emisji CO₂	139 471	143 241	385 268	395 146
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO ₂]	192,28	197,48	202,68	207,87
Ograniczenie emisji CO ₂ [t]	725,34	725,34	1 900,90	1 900,90
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń–niższe warstwy	416 533	427 243	1 148 624	1 178 494
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	1 325 237	1 359 313	1 394 461	1 430 724
Ograniczenie emisji PM [t]	0,07	0,07	0,19	0,19
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC]	10 042	10 300	10 566	10 841
Ograniczenie emisji NMHC/NMVOC [t]	3,13	3,13	8,21	8,21
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NO _x]	80 392	82 459	84 591	86 791
Ograniczenie emisji NO _x [t]	3,56	3,56	9,34	9,34
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	1 649 994	1 692 420	4 549 993	4 668 317
Wariant 2	2 205 998	2 262 904	6 083 884	6 241 957
Ograniczenie emisji CO₂	139 471	143 241	385 268	395 146
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO ₂]	192,28	197,48	202,68	207,87
Ograniczenie emisji CO ₂ [t]	725,34	725,34	1 900,90	1 900,90
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń–niższe warstwy	416 533	427 243	1 148 624	1 178 494
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	1 325 237	1 359 313	1 394 461	1 430 724
Ograniczenie emisji PM [t]	0,07	0,07	0,19	0,19
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC]	10 042	10 300	10 566	10 841
Ograniczenie emisji NMHC/NMVOC [t]	3,13	3,13	8,21	8,21
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NO _x]	80 392	82 459	84 591	86 791
Ograniczenie emisji NO _x [t]	3,56	3,56	9,34	9,34
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	1 649 994	1 692 420	4 549 993	4 668 317

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT, GZM i Operatorów.

Tabela 39. Zmonetyzowane efekty środowiskowe dla Wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0a”) w latach 2026–2029 [PLN]

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029
Monetyzacja efektów środowiskowych				
Wariant 1	6 409 447	10 652 592	10 932 624	11 204 692
Ograniczenie emisji CO₂	405 025	671 489	687 476	703 464
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO ₂]	213,07	218,27	223,46	228,66
Ograniczenie emisji CO ₂ [t]	1 900,90	3 076,45	3 076,45	3 076,45
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń–niższe warstwy	1 210 263	2 011 810	2 065 031	2 116 647
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	1 469 292	1 509 120	1 549 043	1 587 762
Ograniczenie emisji PM [t]	0,19	0,32	0,32	0,32
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOG]	11 133	11 435	11 737	12 031
Ograniczenie emisji NMHC/NMVOG [t]	8,21	13,29	13,29	13,29
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NO _x]	89 131	91 547	93 969	96 318
Ograniczenie emisji NO _x [t]	9,34	15,12	15,12	15,12
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	4 794 159	7 969 293	8 180 116	8 384 581
Wariant 2	6 409 447	10 652 592	10 932 624	11 204 692
Ograniczenie emisji CO₂	405 025	671 489	687 476	703 464
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO ₂]	213,07	218,27	223,46	228,66
Ograniczenie emisji CO ₂ [t]	1 900,90	3 076,45	3 076,45	3 076,45
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń–niższe warstwy	1 210 263	2 011 810	2 065 031	2 116 647
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	1 469 292	1 509 120	1 549 043	1 587 762
Ograniczenie emisji PM [t]	0,19	0,32	0,32	0,32
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOG]	11 133	11 435	11 737	12 031
Ograniczenie emisji NMHC/NMVOG [t]	8,21	13,29	13,29	13,29
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NO _x]	89 131	91 547	93 969	96 318
Ograniczenie emisji NO _x [t]	9,34	15,12	15,12	15,12
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	4 794 159	7 969 293	8 180 116	8 384 581

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT, GZM i Operatorów.

Tabela 40. Zmonetyzowane efekty środowiskowe dla Wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0a”) w latach 2030–2033 [PLN]

Wyszczególnienie	2030	2031	2032	2033
Monetyzacja efektów środowiskowych				
Wariant 1	11 484 643	11 764 294	12 043 188	12 320 839
Ograniczenie emisji CO₂	719 452	735 440	751 428	767 416
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO ₂]	233,86	239,05	244,25	249,45
Ograniczenie emisji CO ₂ [t]	3 076,45	3 076,45	3 076,45	3 076,45
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń–niższe warstwy	2 169 852	2 222 996	2 275 988	2 328 730
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	1 627 673	1 667 538	1 707 289	1 746 852
Ograniczenie emisji PM [t]	0,32	0,32	0,32	0,32
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC]	12 333	12 635	12 936	13 236
Ograniczenie emisji NMHC/NMVOC [t]	13,29	13,29	13,29	13,29
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NO _x]	98 739	101 157	103 568	105 968
Ograniczenie emisji NO _x [t]	15,12	15,12	15,12	15,12
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	8 595 339	8 805 857	9 015 772	9 224 694
Wariant 2	11 484 643	11 764 294	12 043 188	12 320 839
Ograniczenie emisji CO₂	719 452	735 440	751 428	767 416
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO ₂]	233,86	239,05	244,25	249,45
Ograniczenie emisji CO ₂ [t]	3 076,45	3 076,45	3 076,45	3 076,45
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń–niższe warstwy	2 169 852	2 222 996	2 275 988	2 328 730
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	1 627 673	1 667 538	1 707 289	1 746 852
Ograniczenie emisji PM [t]	0,32	0,32	0,32	0,32
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC]	12 333	12 635	12 936	13 236
Ograniczenie emisji NMHC/NMVOC [t]	13,29	13,29	13,29	13,29
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NO _x]	98 739	101 157	103 568	105 968
Ograniczenie emisji NO _x [t]	15,12	15,12	15,12	15,12
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	8 595 339	8 805 857	9 015 772	9 224 694

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT, GZM i Operatorów.

Tabela 41. Zmonetyzowane efekty środowiskowe dla Wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0a”) w latach 2034–2037 [PLN]

Wyszczególnienie	2034	2035	2036	2037
Monetyzacja efektów środowiskowych				
Wariant 1	12 596 721	12 870 252	13 141 012	13 418 327
Ograniczenie emisji CO₂	783 403	799 391	815 379	831 367
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO ₂]	254,65	259,84	265,04	270,24
Ograniczenie emisji CO ₂ [t]	3 076,45	3 076,45	3 076,45	3 076,45
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń–niższe warstwy	2 381 114	2 433 025	2 484 378	2 537 051
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	1 786 147	1 825 087	1 863 608	1 903 120
Ograniczenie emisji PM [t]	0,32	0,32	0,32	0,32
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOG]	13 534	13 829	14 121	14 420
Ograniczenie emisji NMHC/NMVOG [t]	13,29	13,29	13,29	13,29
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NO _x]	108 352	110 714	113 051	115 448
Ograniczenie emisji NO _x [t]	15,12	15,12	15,12	15,12
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	9 432 203	9 637 836	9 841 255	10 049 909
Wariant 2	12 596 721	12 870 252	13 141 012	13 418 327
Ograniczenie emisji CO₂	783 403	799 391	815 379	831 367
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO ₂]	254,65	259,84	265,04	270,24
Ograniczenie emisji CO ₂ [t]	3 076,45	3 076,45	3 076,45	3 076,45
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń–niższe warstwy	2 381 114	2 433 025	2 484 378	2 537 051
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	1 786 147	1 825 087	1 863 608	1 903 120
Ograniczenie emisji PM [t]	0,32	0,32	0,32	0,32
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOG]	13 534	13 829	14 121	14 420
Ograniczenie emisji NMHC/NMVOG [t]	13,29	13,29	13,29	13,29
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NO _x]	108 352	110 714	113 051	115 448
Ograniczenie emisji NO _x [t]	15,12	15,12	15,12	15,12
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	9 432 203	9 637 836	9 841 255	10 049 909

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT, GZM i Operatorów.

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

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

Tabela 42. Skumulowane przepływy pieniężne dla Wariantu „1” i „2” (względem wariantu „0a”) w latach 2022–2026 [PLN]

Wyszczególnienie	2022	2023	2024	2025	2026
Przepływy pieniężne skumulowane					
Wariant 1	-110 700 057	3 916 849	-125 131 639	10 576 434	10 743 924
Wariant 2	-369 812 390	-4 505 483	-443 403 959	-11 495 886	-11 328 396

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych, GZM i Operatorów.

Tabela 43. Skumulowane przepływy pieniężne dla Wariantu „1” i „2” (względem wariantu „0a”) w latach 2027–2031 [PLN]

Wyszczególnienie	2027	2028	2029	2030	2031
Przepływy pieniężne skumulowane					
Wariant 1	-114 822 400	17 947 632	18 219 700	-21 650 349	18 779 302
Wariant 2	-455 704 707	-17 774 675	-17 502 607	-17 222 656	-16 943 005

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych, GZM i Operatorów.

Tabela 44. Skumulowane przepływy pieniężne dla Wariantu „1” i „2” (względem wariantu „0a”) w latach 2032–2037 [PLN]

Wyszczególnienie	2032	2033	2034	2035	2036	2037
Przepływy pieniężne skumulowane						
Wariant 1	-45 241 803	19 335 847	19 611 729	-42 574 739	20 156 020	20 433 335
Wariant 2	-16 664 111	-16 386 460	-16 110 578	-15 837 047	-15 566 287	-15 288 972

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych, GZM i Operatorów.

W oparciu o otrzymane wyniki różnicowych skumulowanych przepływów finansowych w ramach realizacji Inwestycji, obejmujących różnicowe rezultaty pieniężne alternatywnych Wariantów „1” 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 „0a”, za okres objęty Analizą w łącznej wysokości, tj.:

◆ Wariant „1”: -300.400.214 PLN;

◆ Wariant „2”: -1.461.547.222 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 r. zastosowano realną stopę dyskontową na poziomie 4%, a wyniki analizy kształtują się następująco, tj.:

Tabela 45. Ocena ekonomicznej efektywności Inwestycji – model dla Wariantu „0a” – [PLN]

Wyszczególnienie	Wartość
ENPV	
Wariant 1	-270 527 044
Wariant 2	-1 239 756 618
ERR	
Wariant 1	Nieemożliwe do obliczenia
Wariant 2	Nieemożliwe do obliczenia

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych, GZM i Operatorów.

Dla Wariantu „1” zdyskontowana ekonomiczna wartość bieżąca ENPV wyniosła – **270.527.044 PLN**, a dla Wariantu „2” – **1.239.756.618 PLN**, natomiast ekonomiczne stopy zwrotu IRR okazały się niemożliwe do obliczenia.

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

WARIANT „0b”

Tabela 46. Wartość efektów środowiskowych dla Wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0b”) w latach 2022–2025 [w jedn. naturalnych]

Wyszczególnienie	2022	2023	2024	2025
Efekty środowiskowe				
Wariant 1				
Paliwo (ON)				
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – CO₂ [t]	0,00	0,00	239,29	239,29
Liczba wzkm	0	0	5 824 552	5 824 552
Zużycie paliwa [l]	0	0	2 038 593	2 038 593
Emisja CO ₂ [kg/litr]	0,12	0,12	0,12	0,12
Emisja CO ₂ [kg]	0	0	239 290	239 290
Emisja CO ₂ [t]	0,00	0,00	239,29	239,29
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – PM [t]	0,00	0,00	0,04	0,04
PM [g/km]	0,01	0,01	0,01	0,01
Liczba wzkm	0	0	5 824 552	5 824 552
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NMHC/NMVOC [t]	0,00	0,00	2,62	2,62
NMHC/NMVOC [g/km]	0,45	0,45	0,45	0,45
Liczba wzkm	0	0	5 824 552	5 824 552
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NO_x [t]	0,00	0,00	1,99	1,99
NO _x [g/km]	0,34	0,34	0,34	0,34
Liczba wzkm	0	0	5 824 552	5 824 552
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	0	0	1 736 181	1 781 331
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,28	0,29	0,30	0,31
Liczba wzkm	0	0	5 824 552	5 824 552
Paliwo (CNG)				
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – CO₂ [t]	81,84	81,84	208,11	208,11
Liczba wzkm	2 343 211	2 343 211	5 958 450	5 958 450
Zużycie paliwa [l]	1 253 618	1 253 618	3 187 771	3 187 771
Emisja CO ₂ [kg/litr]	0,07	0,07	0,07	0,07
Emisja CO ₂ [kg]	81 839	81 839	208 105	208 105
Emisja CO ₂ [t]	81,84	81,84	208,11	208,11
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – PM [t]	0,05	0,05	0,12	0,12
PM [g/km]	0,02	0,02	0,02	0,02
Liczba wzkm	2 343 211	2 343 211	5 958 450	5 958 450
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NMHC/NMVOC [t]	1,48	1,48	3,77	3,77
NMHC/NMVOC [g/km]	0,63	0,63	0,63	0,63
Liczba wzkm	2 343 211	2 343 211	5 958 450	5 958 450
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NO_x [t]	2,12	2,12	5,38	5,38
NO _x [g/km]	0,90	0,90	0,90	0,90
Liczba wzkm	2 343 211	2 343 211	5 958 450	5 958 450
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	663 791	680 859	1 776 094	1 822 281
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,28	0,29	0,30	0,31
Liczba wzkm	2 343 211	2 343 211	5 958 450	5 958 450
Wariant 2				
Paliwo (ON)				
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – CO₂ [t]	0,00	0,00	239,29	239,29
Liczba wzkm	5 824 552	5 824 552	15 264 344	15 264 344
Zużycie paliwa [l]	0	0	2 038 593	2 038 593
Emisja CO ₂ [kg/litr]	0,12	0,12	0,12	0,12
Emisja CO ₂ [kg]	0	0	239 290	239 290
Emisja CO ₂ [t]	0,00	0,00	239,29	239,29

Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – PM [t]	0,00	0,00	0,04	0,04
PM [g/km]	0,01	0,01	0,01	0,01
Liczba wzkm	0	0	5 824 552	5 824 552
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NMHC/NMVOC [t]	0,00	0,00	2,62	2,62
NMHC/NMVOC [g/km]	0,45	0,45	0,45	0,45
Liczba wzkm	0	0	5 824 552	5 824 552
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NOx [t]	0,00	0,00	1,99	1,99
NOx [g/km]	0,34	0,34	0,34	0,34
Liczba wzkm	0	0	5 824 552	5 824 552
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	0	0	1 736 181	1 781 331
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,28	0,29	0,30	0,31
Liczba wzkm	0	0	5 824 552	5 824 552
Paliwo (CNG)				
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – CO₂ [t]	81,84	81,84	208,11	208,11
Liczba wzkm	2 343 211	2 343 211	5 958 450	5 958 450
Zużycie paliwa [l]	1 253 618	1 253 618	3 187 771	3 187 771
Emisja CO ₂ [kg/litr]	0,07	0,07	0,07	0,07
Emisja CO ₂ [kg]	81 839	81 839	208 105	208 105
Emisja CO ₂ [t]	81,84	81,84	208,11	208,11
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – PM [t]	0,05	0,05	0,12	0,12
PM [g/km]	0,02	0,02	0,02	0,02
Liczba wzkm	2 343 211	2 343 211	5 958 450	5 958 450
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NMHC/NMVOC [t]	1,48	1,48	3,77	3,77
NMHC/NMVOC [g/km]	0,63	0,63	0,63	0,63
Liczba wzkm	2 343 211	2 343 211	5 958 450	5 958 450
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NOx [t]	2,12	2,12	5,38	5,38
NOx [g/km]	0,90	0,90	0,90	0,90
Liczba wzkm	2 343 211	2 343 211	5 958 450	5 958 450
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	663 791	680 859	1 776 094	1 822 281
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,28	0,29	0,30	0,31
Liczba wzkm	2 343 211	2 343 211	5 958 450	5 958 450

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT, GZM i Operatorów.

Tabela 47. Wartość efektów środowiskowych dla Wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0b”) w latach 2026–2029 [w jedn. naturalnych]

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029
Efekty środowiskowe				
Wariant 1				
Paliwo (ON)				
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – CO₂ [t]	239,29	239,29	239,29	239,29
Liczba wzkm	5 824 552	5 824 552	5 824 552	5 824 552
Zużycie paliwa [l]	2 038 593	2 038 593	2 038 593	2 038 593
Emisja CO ₂ [kg/litr]	0,12	0,12	0,12	0,12
Emisja CO ₂ [kg]	239 290	239 290	239 290	239 290
Emisja CO ₂ [t]	239,29	239,29	239,29	239,29
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	5 824 552	5 824 552	5 824 552	5 824 552
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NMHC/NMVOC [t]	2,62	2,62	2,62	2,62
NMHC/NMVOC [g/km]	0,45	0,45	0,45	0,45
Liczba wzkm	5 824 552	5 824 552	5 824 552	5 824 552
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NO_x [t]	1,99	1,99	1,99	1,99
NO _x [g/km]	0,34	0,34	0,34	0,34
Liczba wzkm	5 824 552	5 824 552	5 824 552	5 824 552
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	1 829 350	1 878 939	1 928 645	1 976 852
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,31	0,32	0,33	0,34
Liczba wzkm	5 824 552	5 824 552	5 824 552	5 824 552
Paliwo (CNG)				
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – CO₂ [t]	208,11	537,80	537,80	537,80
Liczba wzkm	5 958 450	15 398 242	15 398 242	15 398 242
Zużycie paliwa [l]	3 187 771	8 238 059	8 238 059	8 238 059
Emisja CO ₂ [kg/litr]	0,07	0,07	0,07	0,07
Emisja CO ₂ [kg]	208 105	537 800	537 800	537 800
Emisja CO ₂ [t]	208,11	537,80	537,80	537,80
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – PM [t]	0,12	0,31	0,31	0,31
PM [g/km]	0,02	0,02	0,02	0,02
Liczba wzkm	5 958 450	15 398 242	15 398 242	15 398 242
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NMHC/NMVOC [t]	3,77	9,74	9,74	9,74
NMHC/NMVOC [g/km]	0,63	0,63	0,63	0,63
Liczba wzkm	5 958 450	15 398 242	15 398 242	15 398 242
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NO_x [t]	5,38	13,91	13,91	13,91
NO _x [g/km]	0,90	0,90	0,90	0,90
Liczba wzkm	5 958 450	15 398 242	15 398 242	15 398 242
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	1 871 404	4 967 310	5 098 717	5 226 161
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,31	0,32	0,33	0,34
Liczba wzkm	5 958 450	15 398 242	15 398 242	15 398 242
Wariant 2				
Paliwo (ON)				
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – CO₂ [t]	239,29	239,29	239,29	239,29
Liczba wzkm	15 264 344	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Zużycie paliwa [l]	2 038 593	2 038 593	2 038 593	2 038 593
Emisja CO ₂ [kg/litr]	0,12	0,12	0,12	0,12
Emisja CO ₂ [kg]	239 290	239 290	239 290	239 290
Emisja CO ₂ [t]	239,29	239,29	239,29	239,29
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	5 824 552	5 824 552	5 824 552	5 824 552
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NMHC/NMVOC [t]	2,62	2,62	2,62	2,62
NMHC/NMVOC [g/km]	0,45	0,45	0,45	0,45
Liczba wzkm	5 824 552	5 824 552	5 824 552	5 824 552
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NOx [t]	1,99	1,99	1,99	1,99
NOx [g/km]	0,34	0,34	0,34	0,34
Liczba wzkm	5 824 552	5 824 552	5 824 552	5 824 552
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	1 829 350	1 878 939	1 928 645	1 976 852
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,31	0,32	0,33	0,34
Liczba wzkm	5 824 552	5 824 552	5 824 552	5 824 552
Paliwo (CNG)				
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – CO₂ [t]	208,11	537,80	537,80	537,80
Liczba wzkm	5 958 450	15 398 242	15 398 242	15 398 242
Zużycie paliwa [l]	3 187 771	8 238 059	8 238 059	8 238 059
Emisja CO ₂ [kg/litr]	0,07	0,07	0,07	0,07
Emisja CO ₂ [kg]	208 105	537 800	537 800	537 800
Emisja CO ₂ [t]	208,11	537,80	537,80	537,80
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – PM [t]	0,12	0,31	0,31	0,31
PM [g/km]	0,02	0,02	0,02	0,02
Liczba wzkm	5 958 450	15 398 242	15 398 242	15 398 242
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NMHC/NMVOC [t]	3,77	9,74	9,74	9,74
NMHC/NMVOC [g/km]	0,63	0,63	0,63	0,63
Liczba wzkm	5 958 450	15 398 242	15 398 242	15 398 242
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NOx [t]	5,38	13,91	13,91	13,91
NOx [g/km]	0,90	0,90	0,90	0,90
Liczba wzkm	5 958 450	15 398 242	15 398 242	15 398 242
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	1 871 404	4 967 310	5 098 717	5 226 161
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,31	0,32	0,33	0,34
Liczba wzkm	5 958 450	15 398 242	15 398 242	15 398 242

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT, GZM i Operatorów.

Tabela 48. Wartość efektów środowiskowych dla Wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0b”) w latach 2030–2033 [w jedn. naturalnych]

Wyszczególnienie	2030	2031	2032	2033
Efekty środowiskowe				
Wariant 1				
Paliwo (ON)				
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – CO₂ [t]	239,29	239,29	239,29	239,29
Liczba wzkm	5 824 552	5 824 552	5 824 552	5 824 552
Zużycie paliwa [l]	2 038 593	2 038 593	2 038 593	2 038 593
Emisja CO ₂ [kg/litr]	0,12	0,12	0,12	0,12
Emisja CO ₂ [kg]	239 290	239 290	239 290	239 290
Emisja CO ₂ [t]	239,29	239,29	239,29	239,29
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	5 824 552	5 824 552	5 824 552	5 824 552
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NMHC/NMVOC [t]	2,62	2,62	2,62	2,62
NMHC/NMVOC [g/km]	0,45	0,45	0,45	0,45
Liczba wzkm	5 824 552	5 824 552	5 824 552	5 824 552
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NO_x [t]	1,99	1,99	1,99	1,99
NO _x [g/km]	0,34	0,34	0,34	0,34
Liczba wzkm	5 824 552	5 824 552	5 824 552	5 824 552
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	2 026 543	2 076 178	2 125 670	2 174 928
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,35	0,36	0,36	0,37
Liczba wzkm	5 824 552	5 824 552	5 824 552	5 824 552
Paliwo (CNG)				
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – CO₂ [t]	537,80	537,80	537,80	537,80
Liczba wzkm	15 398 242	15 398 242	15 398 242	15 398 242
Zużycie paliwa [l]	8 238 059	8 238 059	8 238 059	8 238 059
Emisja CO ₂ [kg/litr]	0,07	0,07	0,07	0,07
Emisja CO ₂ [kg]	537 800	537 800	537 800	537 800
Emisja CO ₂ [t]	537,80	537,80	537,80	537,80
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – PM [t]	0,31	0,31	0,31	0,31
PM [g/km]	0,02	0,02	0,02	0,02
Liczba wzkm	15 398 242	15 398 242	15 398 242	15 398 242
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NMHC/NMVOC [t]	9,74	9,74	9,74	9,74
NMHC/NMVOC [g/km]	0,63	0,63	0,63	0,63
Liczba wzkm	15 398 242	15 398 242	15 398 242	15 398 242
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NO_x [t]	13,91	13,91	13,91	13,91
NO _x [g/km]	0,90	0,90	0,90	0,90
Liczba wzkm	15 398 242	15 398 242	15 398 242	15 398 242
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	5 357 528	5 488 746	5 619 587	5 749 809
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,35	0,36	0,36	0,37
Liczba wzkm	15 398 242	15 398 242	15 398 242	15 398 242
Wariant 2				
Paliwo (ON)				
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – CO₂ [t]	239,29	239,29	239,29	239,29
Liczba wzkm	24 704 136	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Zużycie paliwa [l]	2 038 593	2 038 593	2 038 593	2 038 593
Emisja CO ₂ [kg/litr]	0,12	0,12	0,12	0,12
Emisja CO ₂ [kg]	239 290	239 290	239 290	239 290
Emisja CO ₂ [t]	239,29	239,29	239,29	239,29
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	5 824 552	5 824 552	5 824 552	5 824 552

Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NMHC/NMVOG [t]	2,62	2,62	2,62	2,62
NMHC/NMVOG [g/km]	0,45	0,45	0,45	0,45
Liczba wzkm	5 824 552	5 824 552	5 824 552	5 824 552
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NOx [t]	1,99	1,99	1,99	1,99
NOx [g/km]	0,34	0,34	0,34	0,34
Liczba wzkm	5 824 552	5 824 552	5 824 552	5 824 552
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	2 026 543	2 076 178	2 125 670	2 174 928
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,35	0,36	0,36	0,37
Liczba wzkm	5 824 552	5 824 552	5 824 552	5 824 552
Paliwo (CNG)				
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – CO₂ [t]	537,80	537,80	537,80	537,80
Liczba wzkm	15 398 242	15 398 242	15 398 242	15 398 242
Zużycie paliwa [l]	8 238 059	8 238 059	8 238 059	8 238 059
Emisja CO ₂ [kg/litr]	0,07	0,07	0,07	0,07
Emisja CO ₂ [kg]	537 800	537 800	537 800	537 800
Emisja CO ₂ [t]	537,80	537,80	537,80	537,80
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – PM [t]	0,31	0,31	0,31	0,31
PM [g/km]	0,02	0,02	0,02	0,02
Liczba wzkm	15 398 242	15 398 242	15 398 242	15 398 242
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NMHC/NMVOG [t]	9,74	9,74	9,74	9,74
NMHC/NMVOG [g/km]	0,63	0,63	0,63	0,63
Liczba wzkm	15 398 242	15 398 242	15 398 242	15 398 242
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NOx [t]	13,91	13,91	13,91	13,91
NOx [g/km]	0,90	0,90	0,90	0,90
Liczba wzkm	15 398 242	15 398 242	15 398 242	15 398 242
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	5 357 528	5 488 746	5 619 587	5 749 809
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,35	0,36	0,36	0,37
Liczba wzkm	15 398 242	15 398 242	15 398 242	15 398 242

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT, GZM i Operatorów.

Tabela 49. Wartość efektów środowiskowych dla Wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0b”) w latach 2034–2037 [w jedn. naturalnych]

Wyszczególnienie	2034	2035	2036	2037
Efekty środowiskowe				
Wariant 1				
Paliwo (ON)				
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – CO₂ [t]	239,29	239,29	239,29	239,29
Liczba wzkm	5 824 552	5 824 552	5 824 552	5 824 552
Zużycie paliwa [l]	2 038 593	2 038 593	2 038 593	2 038 593
Emisja CO ₂ [kg/litr]	0,12	0,12	0,12	0,12
Emisja CO ₂ [kg]	239 290	239 290	239 290	239 290
Emisja CO ₂ [t]	239,29	239,29	239,29	239,29
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	5 824 552	5 824 552	5 824 552	5 824 552
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NMHC/NMVOC [t]	2,62	2,62	2,62	2,62
NMHC/NMVOC [g/km]	0,45	0,45	0,45	0,45
Liczba wzkm	5 824 552	5 824 552	5 824 552	5 824 552
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NO_x [t]	1,99	1,99	1,99	1,99
NO _x [g/km]	0,34	0,34	0,34	0,34
Liczba wzkm	5 824 552	5 824 552	5 824 552	5 824 552
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	2 223 853	2 272 335	2 320 296	2 369 491
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,38	0,39	0,40	0,41
Liczba wzkm	5 824 552	5 824 552	5 824 552	5 824 552
Paliwo (CNG)				
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – CO₂ [t]	537,80	537,80	537,80	537,80
Liczba wzkm	15 398 242	15 398 242	15 398 242	15 398 242
Zużycie paliwa [l]	8 238 059	8 238 059	8 238 059	8 238 059
Emisja CO ₂ [kg/litr]	0,07	0,07	0,07	0,07
Emisja CO ₂ [kg]	537 800	537 800	537 800	537 800
Emisja CO ₂ [t]	537,80	537,80	537,80	537,80
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – PM [t]	0,31	0,31	0,31	0,31
PM [g/km]	0,02	0,02	0,02	0,02
Liczba wzkm	15 398 242	15 398 242	15 398 242	15 398 242
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NMHC/NMVOC [t]	9,74	9,74	9,74	9,74
NMHC/NMVOC [g/km]	0,63	0,63	0,63	0,63
Liczba wzkm	15 398 242	15 398 242	15 398 242	15 398 242
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NO_x [t]	13,91	13,91	13,91	13,91
NO _x [g/km]	0,90	0,90	0,90	0,90
Liczba wzkm	15 398 242	15 398 242	15 398 242	15 398 242
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	5 879 151	6 007 323	6 134 116	6 264 171
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,38	0,39	0,40	0,41
Liczba wzkm	15 398 242	15 398 242	15 398 242	15 398 242
Wariant 2				
Paliwo (ON)				
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – CO₂ [t]	239,29	239,29	239,29	239,29
Liczba wzkm	24 704 136	24 704 136	24 704 136	24 704 136
Zużycie paliwa [l]	2 038 593	2 038 593	2 038 593	2 038 593
Emisja CO ₂ [kg/litr]	0,12	0,12	0,12	0,12
Emisja CO ₂ [kg]	239 290	239 290	239 290	239 290
Emisja CO ₂ [t]	239,29	239,29	239,29	239,29
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	5 824 552	5 824 552	5 824 552	5 824 552

Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NMHC/NMVOc [t]	2,62	2,62	2,62	2,62
NMHC/NMVOc [g/km]	0,45	0,45	0,45	0,45
Liczba wzkm	5 824 552	5 824 552	5 824 552	5 824 552
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NOx [t]	1,99	1,99	1,99	1,99
NOx [g/km]	0,34	0,34	0,34	0,34
Liczba wzkm	5 824 552	5 824 552	5 824 552	5 824 552
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	2 223 853	2 272 335	2 320 296	2 369 491
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,38	0,39	0,40	0,41
Liczba wzkm	5 824 552	5 824 552	5 824 552	5 824 552
Paliwo (CNG)				
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – CO₂ [t]	537,80	537,80	537,80	537,80
Liczba wzkm	15 398 242	15 398 242	15 398 242	15 398 242
Zużycie paliwa [l]	8 238 059	8 238 059	8 238 059	8 238 059
Emisja CO ₂ [kg/litr]	0,07	0,07	0,07	0,07
Emisja CO ₂ [kg]	537 800	537 800	537 800	537 800
Emisja CO ₂ [t]	537,80	537,80	537,80	537,80
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – PM [t]	0,31	0,31	0,31	0,31
PM [g/km]	0,02	0,02	0,02	0,02
Liczba wzkm	15 398 242	15 398 242	15 398 242	15 398 242
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NMHC/NMVOc [t]	9,74	9,74	9,74	9,74
NMHC/NMVOc [g/km]	0,63	0,63	0,63	0,63
Liczba wzkm	15 398 242	15 398 242	15 398 242	15 398 242
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń – NOx [t]	13,91	13,91	13,91	13,91
NOx [g/km]	0,90	0,90	0,90	0,90
Liczba wzkm	15 398 242	15 398 242	15 398 242	15 398 242
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	5 879 151	6 007 323	6 134 116	6 264 171
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,38	0,39	0,40	0,41
Liczba wzkm	15 398 242	15 398 242	15 398 242	15 398 242

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT, GZM i Operatorów.

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

Tabela 50. Zmonetyzowane efekty środowiskowe dla Wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0b”) w latach 2022–2025 [PLN]

Wyszczególnienie	2022	2023	2024	2025
Monetyzacja efektów środowiskowych				
Wariant 1	926 914	760 908	4 014 646	4 119 015
Ograniczenie emisji CO₂	15 736	16 162	90 677	93 002
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO ₂]	192,28	197,48	202,68	207,87
Ograniczenie emisji CO ₂ [t]	81,84	81,84	447,40	447,40
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń–niższe warstwy	247 387	63 888	411 694	422 400
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	1 325 237	1 359 313	1 394 461	1 430 724
Ograniczenie emisji PM [t]	0,05	0,05	0,15	0,15
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC]	10 042	10 300	10 566	10 841
Ograniczenie emisji NMHC/NMVOC [t]	1,48	0,00	2,62	2,62
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NO _x]	80 392	82 459	84 591	86 791
Ograniczenie emisji NO _x [t]	2,12	0,00	1,99	1,99
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	663 791	680 859	3 512 275	3 603 613
Wariant 2	926 914	760 908	4 014 646	4 119 015
Ograniczenie emisji CO₂	15 736	16 162	90 677	93 002
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO ₂]	192,28	197,48	202,68	207,87
Ograniczenie emisji CO ₂ [t]	81,84	81,84	447,40	447,40
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń–niższe warstwy	247 387	63 888	411 694	422 400
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	1 325 237	1 359 313	1 394 461	1 430 724
Ograniczenie emisji PM [t]	0,05	0,05	0,15	0,15
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC]	10 042	10 300	10 566	10 841
Ograniczenie emisji NMHC/NMVOC [t]	1,48	0,00	2,62	2,62
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NO _x]	80 392	82 459	84 591	86 791
Ograniczenie emisji NO _x [t]	2,12	0,00	1,99	1,99
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	663 791	680 859	3 512 275	3 603 613

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT, GZM i Operatorów.

Tabela 51. Zmonetyzowane efekty środowiskowe dla Wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0b”) w latach 2026–2029 [PLN]

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029
Monetyzacja efektów środowiskowych				
Wariant 1	4 229 868	7 747 151	7 951 649	8 150 100
Ograniczenie emisji CO₂	95 327	169 613	173 652	177 690
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO ₂]	213,07	218,27	223,46	228,66
Ograniczenie emisji CO ₂ [t]	447,40	777,09	777,09	777,09
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń–niższe warstwy	433 787	731 289	750 634	769 397
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	1 469 292	1 509 120	1 549 043	1 587 762
Ograniczenie emisji PM [t]	0,15	0,34	0,34	0,34
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOG]	11 133	11 435	11 737	12 031
Ograniczenie emisji NMHC/NMVOG [t]	2,62	2,62	2,62	2,62
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NO _x]	89 131	91 547	93 969	96 318
Ograniczenie emisji NO _x [t]	1,99	1,99	1,99	1,99
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	3 700 755	6 846 249	7 027 363	7 203 014
Wariant 2	4 229 868	7 747 151	7 951 649	8 150 100
Ograniczenie emisji CO₂	95 327	169 613	173 652	177 690
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO ₂]	213,07	218,27	223,46	228,66
Ograniczenie emisji CO ₂ [t]	447,40	777,09	777,09	777,09
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń–niższe warstwy	433 787	731 289	750 634	769 397
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	1 469 292	1 509 120	1 549 043	1 587 762
Ograniczenie emisji PM [t]	0,15	0,34	0,34	0,34
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOG]	11 133	11 435	11 737	12 031
Ograniczenie emisji NMHC/NMVOG [t]	2,62	2,62	2,62	2,62
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NO _x]	89 131	91 547	93 969	96 318
Ograniczenie emisji NO _x [t]	1,99	1,99	1,99	1,99
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	3 700 755	6 846 249	7 027 363	7 203 014

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT, GZM i Operatorów.

Tabela 52. Zmonetyzowane efekty środowiskowe dla Wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0b”) w latach 2030–2033 [PLN]

Wyszczególnienie	2030	2031	2032	2033
Monetyzacja efektów środowiskowych				
Wariant 1	8 354 537	8 558 745	8 762 379	8 965 069
Ograniczenie emisji CO₂	181 728	185 767	189 805	193 844
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO ₂]	233,86	239,05	244,25	249,45
Ograniczenie emisji CO ₂ [t]	777,09	777,09	777,09	777,09
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń–niższe warstwy	788 737	808 054	827 317	846 488
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	1 627 673	1 667 538	1 707 289	1 746 852
Ograniczenie emisji PM [t]	0,34	0,34	0,34	0,34
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC]	12 333	12 635	12 936	13 236
Ograniczenie emisji NMHC/NMVOC [t]	2,62	2,62	2,62	2,62
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NO _x]	98 739	101 157	103 568	105 968
Ograniczenie emisji NO _x [t]	1,99	1,99	1,99	1,99
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	7 384 072	7 564 924	7 745 257	7 924 737
Wariant 2	8 354 537	8 558 745	8 762 379	8 965 069
Ograniczenie emisji CO₂	181 728	185 767	189 805	193 844
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO ₂]	233,86	239,05	244,25	249,45
Ograniczenie emisji CO ₂ [t]	777,09	777,09	777,09	777,09
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń–niższe warstwy	788 737	808 054	827 317	846 488
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	1 627 673	1 667 538	1 707 289	1 746 852
Ograniczenie emisji PM [t]	0,34	0,34	0,34	0,34
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC]	12 333	12 635	12 936	13 236
Ograniczenie emisji NMHC/NMVOC [t]	2,62	2,62	2,62	2,62
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NO _x]	98 739	101 157	103 568	105 968
Ograniczenie emisji NO _x [t]	1,99	1,99	1,99	1,99
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	7 384 072	7 564 924	7 745 257	7 924 737

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT, GZM i Operatorów.

Tabela 53. Zmonetyzowane efekty środowiskowe dla Wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0b”) w latach 2034–2037 [PLN]

Wyszczególnienie	2034	2035	2036	2037
Monetyzacja efektów środowiskowych				
Wariant 1	9 166 416	9 365 978	9 563 436	9 765 871
Ograniczenie emisji CO₂	197 882	201 921	205 959	209 997
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO ₂]	254,65	259,84	265,04	270,24
Ograniczenie emisji CO ₂ [t]	777,09	777,09	777,09	777,09
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń–niższe warstwy	865 530	884 400	903 066	922 213
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	1 786 147	1 825 087	1 863 608	1 903 120
Ograniczenie emisji PM [t]	0,34	0,34	0,34	0,34
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC]	13 534	13 829	14 121	14 420
Ograniczenie emisji NMHC/NMVOC [t]	2,62	2,62	2,62	2,62
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NO _x]	108 352	110 714	113 051	115 448
Ograniczenie emisji NO _x [t]	1,99	1,99	1,99	1,99
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	8 103 004	8 279 658	8 454 412	8 633 661
Wariant 2	9 166 416	9 365 978	9 563 436	9 765 871
Ograniczenie emisji CO₂	197 882	201 921	205 959	209 997
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO ₂]	254,65	259,84	265,04	270,24
Ograniczenie emisji CO ₂ [t]	777,09	777,09	777,09	777,09
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń–niższe warstwy	865 530	884 400	903 066	922 213
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	1 786 147	1 825 087	1 863 608	1 903 120
Ograniczenie emisji PM [t]	0,34	0,34	0,34	0,34
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC]	13 534	13 829	14 121	14 420
Ograniczenie emisji NMHC/NMVOC [t]	2,62	2,62	2,62	2,62
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NO _x]	108 352	110 714	113 051	115 448
Ograniczenie emisji NO _x [t]	1,99	1,99	1,99	1,99
Ograniczenie emisji hałasu – [PLN]	8 103 004	8 279 658	8 454 412	8 633 661

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CUPT, GZM i Operatorów.

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

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

Tabela 54. Skumulowane przepływy pieniężne dla Wariantu „1” i „2” (względem wariantu „0b”) w latach 2022–2026 [PLN]

Wyszczególnienie	2022	2023	2024	2025	2026
Przepływy pieniężne skumulowane					
Wariant 1	-24 334 572	3 239 423	-99 662 852	7 405 517	7 516 370
Wariant 2	-283 446 905	-5 182 910	-417 935 172	-14 666 803	-14 555 950

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych, GZM i Operatorów.

Tabela 55. Skumulowane przepływy pieniężne dla Wariantu „1” i „2” (względem wariantu „0b”) w latach 2027–2031 [PLN]

Wyszczególnienie	2027	2028	2029	2030	2031
Przepływy pieniężne skumulowane					
Wariant 1	-134 145 583	13 124 915	13 323 367	-26 622 197	13 732 011
Wariant 2	-475 027 890	-22 597 392	-22 398 941	-22 194 504	-21 990 296

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych, GZM i Operatorów.

Tabela 56. Skumulowane przepływy pieniężne dla Wariantu „1” i „2” (względem wariantu „0b”) w latach 2032–2037 [PLN]

Wyszczególnienie	2032	2033	2034	2035	2036	2037
Przepływy pieniężne skumulowane						
Wariant 1	-35 984 354	14 138 335	14 339 682	-47 920 755	14 736 703	14 939 138
Wariant 2	-7 406 662	-21 583 972	-21 382 625	-21 183 063	-20 985 605	-20 783 170

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych, GZM i Operatorów.

W oparciu o otrzymane wyniki różnicowych skumulowanych przepływów finansowych w ramach realizacji Inwestycji, obejmujących różnicowe rezultaty pieniężne alternatywnych Wariantów „1” 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 „0b”, za okres objęty Analizą w łącznej wysokości, tj.:

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 r. zastosowano realną stopę dyskontową na poziomie 4%, a wyniki analizy kształtują się następująco, tj.:

◆ Wariant „1”: -252.174.853 PLN;

◆ Wariant „2”: -1.413.321.860 PLN.

Tabela 57. Ocena ekonomicznej efektywności Inwestycji – model dla Wariantu „0b” – [PLN]

Wyszczególnienie	Wartość
ENPV	
Wariant 1	-209 677 069
Wariant 2	-1 178 906 642
ERR	
Wariant 1	Nieemożliwe do obliczenia
Wariant 2	Nieemożliwe do obliczenia

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych, GZM i Operatorów.

Dla Wariantu „1” zdyskontowana ekonomiczna wartość bieżąca ENPV wyniosła **-209.677.069 PLN**, a dla Wariantu „2” ENPV wyniosło **-1.178.906.642 PLN**, natomiast ekonomiczne stopy zwrotu ERR okazały się niemożliwe 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 UE. W oparciu o wyniki przeprowadzonej analizy efektywności ekonomicznej oszacowano punkt krytyczny przedmiotowego współfinansowania Inwestycji, do poziomu którego Inwestycja jest opłacalna dla Wariantu „1” – w stosunku do modelu bazowego (Wariant „0a”), z uwzględnieniem 10% 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 82% kosztów kwalifikowanych.

Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych zawierających również dofinansowanie UE zaprezentowano w poniższych zestawieniach, tj.:

Tabela 58. Skumulowane przepływy pieniężne wraz z dotacją UE dla Wariantu „1” i „2” – model dla Wariantu „0a” – w latach 2022 – 2026 [PLN]

Wyszczególnienie	2022	2023	2024	2025	2026
Przepływy pieniężne skumulowane – wariant z dotacją					
Wariant 1	-18 988 331	3 751 455	-16 853 987	10 142 986	10 310 476
Wariant 2	-70 307 390	-4 505 483	-89 368 959	-11 495 886	-11 328 396

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych, GZM i Operatorów.

Tabela 59. Skumulowane przepływy pieniężne dla Wariantu „1” i „2” (względem wariantu „0a”) w latach 2027–2031 [PLN]

Wyszczególnienie	2027	2028	2029	2030	2031
Przepływy pieniężne skumulowane – wariant z dotacją					
Wariant 1	-9 266 921	17 246 131	17 518 200	-18 336 849	18 077 801
Wariant 2	-96 831 707	-17 774 675	-17 502 607	-17 222 656	-16 943 005

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych, GZM i Operatorów.

Tabela 60. Skumulowane przepływy pieniężne dla Wariantu „1” i „2” (względem wariantu „0a”) w latach 2032–2037 [PLN]

Wyszczególnienie	2032	2033	2034	2035	2036	2037
Przepływy pieniężne skumulowane – wariant z dotacją						
Wariant 1	-39 513 304	18 634 347	18 910 228	-37 030 240	19 454 519	19 731 834
Wariant 2	-16 664 111	-16 386 460	-16 110 578	-15 837 047	-15 566 287	-15 288 972

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych, GZM i Operatorów.

Tabela 61. Ocena ekonomicznej efektywności Inwestycji dla Wariantu „1” i „2” (względem wariantu „0a”) – [PLN]

Wyszczególnienie	Wartość
ENPV	
Wariant 1	2 565 951
Wariant 2	-353 412 670
ERR	
Wariant 1	5,38%
Wariant 2	Nieemożliwe do obliczenia

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych, GZM i Operatorów.

W konsekwencji uwzględnienia w skumulowanych przepływach finansowych realizacji Inwestycji dofinansowania unijnego na poziomie 82% kosztów kwalifikowalnych ekonomiczna efektywność Inwestycji wynosi dla:

- ◆ Wariantu „1”: ekonomiczna wartość bieżąca ENPV: **2.565.951 PLN** i ekonomicznej stopie zwrotu ERR **5,38%**;
- ◆ Wariantu „2”: ekonomiczna wartość bieżąca ENPV: **-353.412.670 PLN**, a ekonomiczna stopa zwrotu ERR okazała się niemożliwa do obliczenia.

MAJĄC NA UWADZE OTRZYMANE WYNIKI REKOMENDUJE SIĘ WYKORZYSTANIE AUTOBUSÓW O NAPĘDZIE ZEROEMISYJNYM I REALIZACJĘ INWESTYCJI W WARIANCIE „1” Z ZASTRZEŻENIEM POZYSKANIA DOFINANSOWANIA NA POZIOMIE 82%.

6 Analiza wrażliwości

6.1 Kluczowe zmienne krytyczne. Wartości progowe zmiennych krytycznych

Tabela 62. Analiza wrażliwości – zmienne krytyczne

Analiza wrażliwości	ENPV	ERR	Zmiana ENPV (%)	Zmiana ERR (p.p.)
Wartości bazowe – wariant optymalny	2 565 951	5,38%		
Zmiana wartości inwestycji o +1%	42 233	4,02%	-98,35%	-1,36%
Zmiana kosztów energii elektrycznej o +1%	575 238	4,31%	-77,58%	-1,07%
Zmiana kosztów napraw i konserwacji o +1%	2 161 312	5,16%	-15,77%	-0,21%
Zmiana kosztów wymiany baterii o +1%	1 611 537	4,88%	-37,20%	-0,50%
Zmiana liczby wzkm o -1%	989 293	4,54%	-61,45%	-0,84%

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 63. Analiza wrażliwości – progowe wartości zmiennych

Analiza wrażliwości	Zmiana %
Zmiana wartości Inwestycji	+1,09
Zmiana kosztów energii elektrycznej	+1,28
Zmiana kosztów napraw i konserwacji	+6,34
Zmiana kosztów wymiany baterii	+2,68
Zmiana liczby wzkm	-1,62

Źródło: opracowanie własne.

Analiza wrażliwości wartości progowych wskazała, że najsilniejszy wpływ na projekt i realizację Inwestycji wywołuje zmiana wartości inwestycji, której maksymalny poziom odchylenia wynosi 1,09%, co oznacza, że wzrost nakładów inwestycyjnych o łączną wartość na poziomie 235 mln zł spowoduje spadek ENPV poniżej 0, a tym samym Inwestycja będzie nieopłacalna z punktu widzenia oceny efektywności ekonomicznej.

7 Analizy ryzyka

7.1 Czynniki ryzyka w projekcie

Zgodnie z zasadami ujętymi w „Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach” analizę ryzyka przeprowadzono w następujących etapach:



Tabela 64. Zdefiniowane aktywne⁶⁰ ryzyka

L.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. 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 specjalistycznej infrastruktury dla pojazdów zeroemisyjnych zależy od dynamiki rozwoju rynku motoryzacyjnego.	Monitoring ryzyka będzie prowadzony do czasu wykonania podłączeń dystrybucyjnych.

⁶⁰ Ryzyko uważane jest za „aktywne” jeśli jest **identyfikowalne** i **istotne dla projektu** na obecnym etapie AKK.

L.p.	Identyfikacja ryzyka	Wpływ zidentyfikowanego ryzyka na realizację projektu	Strategia przeciwdziałania (sposób ograniczenia ryzyka)	Monitoring ryzyka
3.	Częste awarie techniczne pojazdów (tzw. choroba wieku dziecięcego) oraz stacji ładujących.	<p>Brak możliwości załadowania/ zatankowania pojazdu zeroemisyjnego (brak możliwości wykorzystania pojazdu do świadczenia usługi).</p> <p>Zmniejszenie częstotliwości jazdy na linii komunikacyjnej.</p> <p>Zwiększenie kosztów eksploatacyjnych.</p> <p>Zwiększenie kosztów osobowych.</p> <p>Zwiększenie kosztów serwisowych.</p> <p>Obniżenie zaufania do zeroemisyjnych technologii.</p>	<p>Częste okresowe przeglądy stanu technicznego pojazdów oraz infrastruktury towarzyszącej.</p>	<p>Monitoring prowadzony będzie w sposób ciągły w całym okresie eksploatacji, również z udziałem wykonawcy stacji ładowania.</p>
4.	Przerwy w dostawie energii elektrycznej. Problem z zapewnieniem odpowiedniej rezerwy mocy przyłączeniowej w danej lokalizacji.	<p>Brak możliwości wykorzystania pojazdów elektrycznych.</p> <p>Brak możliwości obsługi linii komunikacyjnych w zaplanowanym zakresie.</p>	<p>Skoordynowana i systematyczna modernizacja sieci elektroenergetycznej.</p> <p>Racjonalne i etapowe wprowadzanie zaproponowanych rozwiązań, aby montaż i przyłączenia nowych stacji ładowania samochodów elektrycznych nie zaburzyły pracy sieci elektroenergetycznej.</p>	<p>Monitoring ryzyka prowadzony będzie w fazie przygotowawczej projektu, podczas realizacji robót, a także przez cały okres eksploatacji.</p>
5.	Osiąganie rzeczywistych słabszych parametrów technicznych autobusów względem zapowiadanych przez producentów.	<p>Skrócenie maksymalnego dystansu pojazdu.</p> <p>Konieczność częstszego ładowania pojazdów.</p> <p>Wydłużenie przerw na ładowanie pojazdów.</p>	<p>Odpowiednie przeszkolenie kierowców, którzy w efektywny sposób będą prowadzić zeroemisyjne pojazdy.</p>	<p>Monitoring ryzyka prowadzony będzie w fazie przygotowawczej projektu, podczas realizacji robót, a także przez cały okres eksploatacji.</p>
6.	Niesprzyjające warunki atmosferyczne.	<p>Niekorzystne warunki atmosferyczne, tj. nadzwyczajne opady śniegu i mróz wpływają na ryzyko zniszczenia sieci przesyłowych, a także uszkodzenia infrastruktury. Ww. uwarunkowania mogą negatywnie wpłynąć na funkcjonowanie sieci dystrybucyjnej oraz eksploatację pojazdów, w tym szczególnie pojazdów elektrycznych.</p>	<p>Skrócenie maksymalnego dystansu pojazdu, dzięki czemu uzyskany zostanie „zapas” energii, który będzie mógł zostać wykorzystany w sytuacjach nadzwyczajnych.</p> <p>Wprowadzenie wymogu, na etapie zakupu taboru, o konieczności wykorzystania wysokiej klasy materiałów, odpornych na szkodliwe oddziaływanie warunków atmosferycznych.</p>	<p>Monitoring ryzyka prowadzony będzie w fazie przygotowawczej projektu, podczas realizacji robót, a także przez cały okres eksploatacji.</p>

L.p.	Identyfikacja ryzyka	Wpływ zidentyfikowanego ryzyka na realizację projektu	Strategia przeciwdziałania (sposób ograniczenia ryzyka)	Monitoring ryzyka
7.	Brak umiejętności kierowania pojazdem elektrycznym przez kadre.	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 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 wdrożenia.
12.	Brak dostępności środków zewnętrznych.	Brak możliwości realizacji Inwestycji.	Analiza możliwości finansowania ze środków własnych. Analiza dostępności kredytów na realizację zadania.	Monitoring ryzyka będzie prowadzony do momentu wyboru odpowiedniego dostawcy taboru zeroemisyjnego i infrastruktury towarzyszącej.

L.p.	Identyfikacja ryzyka	Wpływ zidentyfikowanego ryzyka na realizację projektu	Strategia przeciwdziałania (sposób ograniczenia ryzyka)	Monitoring ryzyka
13.	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 sprawowany będzie odpowiedni nadzór inwestora.
14.	Brak możliwości realizacji instalacji w wybranych lokalizacjach ze względu na kolizję z inną inwestycją.	Brak możliwości realizacji Inwestycji.	Uwzględnienie podczas wyboru lokalizacji inwestycji planów inwestycyjnych podmiotów zewnętrznych (konsultacje z tymi podmiotami), wskazanie lokalizacji rezerwowych.	Monitoring ryzyka prowadzony będzie w fazie przygotowawczej projektu.
15.	Zmiany w systemie transportowym (zmiana przebiegu tras komunikacyjnych, zmiana częstotliwości kursowania pojazdów).	Wydłużenie czasu wdrożenia Inwestycji.	Wskazanie w umowie z Operatorami PTZ zasad obowiązujących w przypadku zmiany zelektryfikowanej trasy, tak aby zagwarantować dostęp do sieci doładowującej pojazdy.	Monitoring ryzyka będzie prowadzony w całym okresie eksploatacji.
16.	Znacznym wzrost kosztów energii.	Obniżenie rentowności Inwestycji.	Brak możliwości ograniczenia ryzyka na tym poziomie.	Monitoring ryzyka będzie prowadzony w całym okresie eksploatacji.

Źródło: opracowanie własne.

7.2 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. 3.2.4.).

Tabela 65. Matryca ryzyka – klasyfikacja poziomu ryzyka

Prawdopodobieństwo	Stopień zagrożenia				
	I	II	III	IV	V
A		1, 2			
B				3	4, 5
C		7	12,13	6, 8	9
D					10, 11, 14
E			15	16	

Bardzo niski
 Niski
 Średni
 Wysoki
 Bardzo wysoki

Źródło: opracowanie własne na podstawie „Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach”.

Tabela 66. Matryca ryzyka – sposób działania

Prawdopodobieństwo	Stopień zagrożenia				
	1	2	3	4	5
A					
B		1, 2, 7			
C			3, 4, 5, 6, 8, 9, 12, 13		
D				10, 11, 14, 15, 16	
E					

Źródło: opracowanie własne na podstawie „Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach”.

Przedstawiona analiza ryzyka wskazuje, że ogólny poziom ryzyka dla Inwestycji jest średni, jednakże należy mieć na uwadze, iż istnieją w większości przypadków realne możliwości ograniczenia lub zminimalizowania skutków poszczególnych ryzyk. Największy poziom zagrożenia dostrzega się w następujących aspektach:

- ◆ wysokie koszty eksploatacyjne;
- ◆ polityczne zmiany priorytetów inwestycyjnych;
- ◆ brak możliwości realizacji instalacji w wybranych lokalizacjach ze względu na kolizję z inną inwestycją;
- ◆ zmiany w systemie transportowym (zmiana przebiegu tras komunikacyjnych, zmiana częstotliwości kursowania pojazdów);
- ◆ problem ponoszenia zwiększonych kosztów przez gminy, czego skutkiem może być oczekiwanie zmniejszania pracy eksploatacyjnej.

8 Wnioski i rekomendacje

Przeprowadzona *Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych w publicznym transporcie zbiorowym organizowanym przez Górnośląsko-Zagłębiowską Metropolię* wskazała na następujące wnioski i rekomendacje:

- 1) Przy zachowaniu obecnego stanu taboru Operatorów (1409 szt.) i realizacji Inwestycji polegającej na wymianie 369 szt. pojazdów na pojazdy zeroemisyjne, spełnione zostaną wymogi wynikające z Ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych.
- 2) 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.
- 3) W pierwszej kolejności wymianie podlegać powinny pojazdy spełniające najniższe normy emisji spalin, co przyczyni się do wspierania przedsięwzięć proekologicznych.
- 4) Wyłączenie z obsługi podróźnych przestarzałego taboru wpłynie pozytywnie na wizerunek ogólnie rozumianego publicznego transportu na terenie Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii oraz zachęci mieszkańców do korzystania z komunikacji zbiorowej.
- 5) 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 miast i gmin i/lub wzrostu cen biletów komunikacji publicznej.
- 6) Koszt może być istotnie zmniejszony, bądź utrzymany na dotychczasowym poziomie dzięki współfinansowaniu Inwestycji ze środków unijnych (otrzymanie dotacji), co przełoży się również na możliwość wzrostu obecnych standardów jakościowych i utrzymania cen taryfowych.
- 7) 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.
- 8) Projekt rozwoju elektromobilności dla obszaru Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii 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.
- 9) **Uzyskane wyniki wskazują na brak korzyści finansowych/ ekonomicznych 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 na poziomie min. 82% kosztów kwalifikowalnych.**

Spis tabel

Tabela 1. Wykaz Operatorów wraz z numerami linii świadczących obecnie usługi na terenie GZM oraz Gmin, które zawarły z GZM porozumienie na organizację PTZ (stan na 21.10.2021 r.).....	18
Tabela 2. Struktura liczby ludności na obszarze Górnśląsko-Zagłębiowskiej Metropolii.....	20
Tabela 3. Zestawienie taboru autobusowego wykorzystywanego do obsługi sieci GZM ze względu na długość pojazdu oraz normę emisji spalin EURO	31
Tabela 4. Plany zakupu autobusów – PKM Sosnowiec.....	37
Tabela 5. Plany zakupu autobusów do 2028 r. – PKM Katowice.....	37
Tabela 6. Plan zakupu autobusów do 2028 r. – PKM Gliwice	38
Tabela 7. Plan zakupu autobusów do 2028 r. – PKM Tychy	39
Tabela 8. Plan zakupu autobusów do 2028 r. – PKM w Świerkłańcu	39
Tabela 9. Analiza jakościowa ryzyka – skala prawdopodobieństwa	49
Tabela 10. Analiza jakościowa ryzyka – siła oddziaływania	49
Tabela 11. Matryca ryzyka – klasyfikacja poziomu ryzyka. 50	
Tabela 12. Matryca ryzyka – sposób działania	50
Tabela 13. Wykaz predysponowanych linii do obsługi pojazdami zeroemisyjnymi.....	54
Tabela 14. Liczba autobusów w poszczególnych latach Analizy, wg napędu i norm emisji spalin (EURO) – Wariant „0”.....	59
Tabela 15. Liczba autobusów w poszczególnych latach Analizy, wg napędu i norm emisji spalin (EURO) – Wariant „1”.....	61
Tabela 16. Liczba autobusów w poszczególnych latach Analizy, wg napędu i norm emisji spalin (EURO) – Wariant „2”.....	67
Tabela 17. Założenia ekonomiczno-finansowe analizy.....	72
Tabela 18. Wartość nakładów inwestycyjnych dla wariantu „0a”, „0b”, „1” i „2” w latach 2022–2027 [PLN].....	74
Tabela 19. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu „0a”, „0b”, „1” i „2” w latach 2022–2025 [PLN].....	76
Tabela 20. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu „0a”, „0b”, „1” i „2” w latach 2026–2029 [PLN].....	77
Tabela 21. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu „0a”, „0b”, „1” i „2” w latach 2030–2033 [PLN].....	78
Tabela 22. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu „0a”, „0b”, „1” i „2” w latach 2034–2037 [PLN].....	79
Tabela 23. Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0a”) w latach 2022–2025 [PLN]	81
Tabela 24. Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0a”) w latach 2026–2029 [PLN]	81
Tabela 25. Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0a”) w latach 2030–2033 [PLN]	81
Tabela 26. Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0a”) w latach 2034–2037 [PLN].....	82
Tabela 27. Ocena efektywności Inwestycji (model dla Wariantu „0a”) [PLN].....	82
Tabela 28. Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0b”) w latach 2022–2025 [PLN].....	83
Tabela 29. Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0b”) w latach 2026–2029 [PLN].....	83
Tabela 30. Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0b”) w latach 2030–2033 [PLN].....	83
Tabela 31. Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0b”) w latach 2034–2037 [PLN].....	84
Tabela 32. Ocena efektywności Inwestycji (model dla Wariantu „0b”) [PLN].....	84
Tabela 33. Aktualna i prognozowana emisja spalin przez poszczególne pojazdy świadczące usługi publicznego transportu zbiorowego na terenie GZM	88
Tabela 34. Wartość efektów środowiskowych dla Wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0a”) w latach 2022–2025 [w jedn. naturalnych].....	91
Tabela 35. Wartość efektów środowiskowych dla Wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0a”) w latach 2026–2029 [w jedn. naturalnych].....	92
Tabela 36. Wartość efektów środowiskowych dla Wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0a”) w latach 2030–2033 [w jedn. naturalnych].....	93
Tabela 37. Wartość efektów środowiskowych dla Wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0a”) w latach 2034–2037 [w jedn. naturalnych].....	94
Tabela 38. Zmonetyzowane efekty środowiskowe dla Wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0a”) w latach 2022–2025 [PLN].....	95
Tabela 39. Zmonetyzowane efekty środowiskowe dla Wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0a”) w latach 2026–2029 [PLN].....	96
Tabela 40. Zmonetyzowane efekty środowiskowe dla Wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0a”) w latach 2030–2033 [PLN].....	97
Tabela 41. Zmonetyzowane efekty środowiskowe dla Wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0a”) w latach 2034–2037 [PLN].....	98
Tabela 42. Skumulowane przepływy pieniężne dla Wariantu „1” i „2” (względem wariantu „0a”) w latach 2022–2026 [PLN]	99
Tabela 43. Skumulowane przepływy pieniężne dla Wariantu „1” i „2” (względem wariantu „0a”) w latach 2027–2031 [PLN]	99
Tabela 44. Skumulowane przepływy pieniężne dla Wariantu „1” i „2” (względem wariantu „0a”) w latach 2032–2037 [PLN]	99

Tabela 45. Ocena ekonomicznej efektywności Inwestycji – model dla Wariantu „0a” – [PLN]	100	Tabela 55. Skumulowane przepływy pieniężne dla Wariantu „1” i „2” (względem wariantu „0b”) w latach 2027–2031 [PLN]	113
Tabela 46. Wartość efektów środowiskowych dla Wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0b”) w latach 2022–2025 [w jedn. naturalnych].....	101	Tabela 56. Skumulowane przepływy pieniężne dla Wariantu „1” i „2” (względem wariantu „0b”) w latach 2032–2037 [PLN]	113
Tabela 47. Wartość efektów środowiskowych dla Wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0b”) w latach 2026–2029 [w jedn. naturalnych].....	103	Tabela 57. Ocena ekonomicznej efektywności Inwestycji – model dla Wariantu „0b” – [PLN].....	114
Tabela 48. Wartość efektów środowiskowych dla Wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0b”) w latach 2030–2033 [w jedn. naturalnych].....	105	Tabela 58. Skumulowane przepływy pieniężne wraz z dotacją UE dla Wariantu „1” i „2” – model dla Wariantu „0a” – w latach 2022 – 2026 [PLN]	114
Tabela 49. Wartość efektów środowiskowych dla Wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0b”) w latach 2034–2037 [w jedn. naturalnych].....	107	Tabela 59. Skumulowane przepływy pieniężne dla Wariantu „1” i „2” (względem wariantu „0a”) w latach 2027–2031 [PLN]	115
Tabela 50. Zmonetyzowane efekty środowiskowe dla Wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0b”) w latach 2022–2025 [PLN].....	109	Tabela 60. Skumulowane przepływy pieniężne dla Wariantu „1” i „2” (względem wariantu „0a”) w latach 2032–2037 [PLN]	115
Tabela 51. Zmonetyzowane efekty środowiskowe dla Wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0b”) w latach 2026–2029 [PLN].....	110	Tabela 61. Ocena ekonomicznej efektywności Inwestycji dla Wariantu „1” i „2” (względem wariantu „0a”) – [PLN].....	115
Tabela 52. Zmonetyzowane efekty środowiskowe dla Wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0b”) w latach 2030–2033 [PLN].....	111	Tabela 62. Analiza wrażliwości – zmienne krytyczne	116
Tabela 53. Zmonetyzowane efekty środowiskowe dla Wariantu „1” i „2” (model dla Wariantu „0b”) w latach 2034–2037 [PLN].....	112	Tabela 63. Analiza wrażliwości – progowe wartości zmiennych.....	116
Tabela 54. Skumulowane przepływy pieniężne dla Wariantu „1” i „2” (względem wariantu „0b”) w latach 2022–2026 [PLN]	113	Tabela 64. Zdefiniowane aktywne ryzyka	117
		Tabela 65. Matryca ryzyka – klasyfikacja poziomu ryzyka	121
		Tabela 66. Matryca ryzyka – sposób działania	121

Spis wykresów

Wykres 1. Struktura wiekowa autobusów świadczących usługi na terenie GZM.....	29
Wykres 2. Podział taboru autobusowego wykorzystywanego do obsługi sieci GZM ze względu na rodzaj napędu.....	30
Wykres 3. Podział taboru autobusowego wykorzystywanego do obsługi sieci GZM ze względu na normę emisji spalin EURO.....	30
Wykres 4. Podział taboru autobusowego wykorzystywanego do obsługi sieci GZM ze względu na długość pojazdu.....	30
Wykres 5. Struktura wiekowa tramwajów świadczących usługi na terenie GZM ze względu na wiek taboru.....	32
Wykres 6. Struktura wiekowa trolejbusów świadczących usługi na terenie GZM ze względu na wiek taboru.....	33
Wykres 7. Średnia prędkość komunikacyjna.....	40
Wykres 8. Średnia prędkość eksploatacyjna.....	41
Wykres 9. Liczba kilometrów wykonanych na wszystkich liniach autobusowych i trolejbusowych w 2020 r. w podziale na poszczególne JST wchodzące w skład GZM.....	42
Wykres 10. Liczba kilometrów wykonanych na wszystkich liniach autobusowych w 2020 r. w podziale na poszczególne JST, które nie wchodzi w skład GZM.....	43
Wykres 11. Zależność między stopą dyskontową a wartością NPV.....	46

Spis rysunków

Rysunek 1. Lokalizacja Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii.....	14
Rysunek 2. Lokalizacja wszystkich gmin GZM oraz gmin, z którymi zawarto porozumienie w sprawie powierzenia Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii zadania własnego gmin, tj. pełnienia funkcji organizatora publicznego transportu zbiorowego.....	15
Rysunek 3. Sieć stanowisk przystankowych na terenie Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii oraz gmin, z którymi zawarto porozumienie w sprawie powierzenia Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii zadania własnego gmin, tj. pełnienia funkcji organizatora publicznego transportu zbiorowego.....	17
Rysunek 4. Liczba ludności na obszarze Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii.....	20
Rysunek 5. Gęstość zaludnienia na obszarze Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii.....	22
Rysunek 6. Prognozowana zmiana liczby ludności do 2030 r. na obszarze Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii.....	22
Rysunek 7. Rodzaj transportu funkcjonujący na terenie gmin wchodzących w skład GZM.....	23
Rysunek 8. Schemat tras przejazdu linii autobusowych na terenie Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii oraz gmin, z którymi zawarto porozumienie w sprawie powierzenia Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii zadania własnego gmin, tj. pełnienia funkcji organizatora publicznego transportu zbiorowego.....	24
Rysunek 9. Schemat tras przejazdu linii tramwajowych na terenie Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii oraz gmin, z którymi zawarto porozumienie w sprawie powierzenia Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii zadania własnego gmin, tj. pełnienia funkcji organizatora publicznego transportu zbiorowego.....	25
Rysunek 10. Schemat tras przejazdu linii trolejbusowych na terenie Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii oraz gmin, z którymi zawarto porozumienie w sprawie powierzenia Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii zadania własnego gmin, tj. pełnienia funkcji organizatora publicznego transportu zbiorowego.....	26
Rysunek 11. Wskaźnik gęstości sieci komunikacyjnej. Transport autobusowy na terenie Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii.....	27
Rysunek 12. Wskaźnik gęstości sieci komunikacyjnej. Transport tramwajowy i trolejbusowy na terenie Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii.....	27
Rysunek 13. Sieć linii kolejowych na terenie Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii.....	28
Rysunek 14. Istniejąca sieć infrastruktury do ładowania autobusów elektrycznych na obszarze Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii.....	35
Rysunek 15. Procedura Analizy kosztów i korzyści.....	51
Rysunek 16. Wady i zalety wdrożenia Wariantu „0”.....	60
Rysunek 17. Wady i zalety wdrożenia Wariantu „1”.....	65
Rysunek 18. Predysponowane linie do elektryfikacji wraz z proponowanymi lokalizacjami infrastruktury ładowania autobusów elektrycznych.....	66
Rysunek 19. Wady i zalety wdrożenia Wariantu „2”.....	69