

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

Gdynia – Pabianice, styczeń – czerwiec 2024 r.



ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

ZWIĄZANYCH Z WYKORZYSTANIEM

AUTOBUSÓW ZEROEMISYJNYCH

PRZY ŚWIADCZENIU USŁUG KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ

DLA MIASTA PABIANICE

Spis treści

Wstęp	4
1. Zakres i podstawy prawne opracowania oraz zastosowane definicje i określenia	8
1.1. Struktura analizy i dokumenty źródłowe.....	8
1.2. Definicje i określenia	10
2. Podstawy opracowania analizy kosztów i korzyści	14
3. Charakterystyka Pabianic i pabianickiej komunikacji miejskiej.....	20
3.1. Obszar terytorialny objęty analizą	20
3.2. Analiza otoczenia społeczno-gospodarczego na obszarze objętym AKK.....	20
3.3. System transportowy na obszarze objętym analizą	22
3.4. Użytkowany tabor autobusowy	28
4. Plan wymiany taboru.....	32
4.1. Problematyka rodzaju taboru w opracowaniach strategicznych Pabianic	32
4.2. Problematyka wymiany taboru w poprzedniej AKK.....	38
4.3. Wybór rodzaju napędu	40
4.4. Plan wymiany taboru	45
4.5. Wybór linii do obsługi taborem zeroemisyjnym.....	52
5. Analiza finansowo-ekonomiczna	59
5.1. Analiza sytuacji finansowej Miasta i wpływu programu wymiany pojazdów na jej stabilność	59
5.2. Ocena sytuacji finansowej operatora	63
5.3. Model nabywania pojazdów	66
5.4. Działania inwestycyjne zrealizowane w latach 2020-2023	67
5.5. Planowane nakłady inwestycyjne	68
5.6. Przyjęte założenia analizy kosztów i korzyści	73
6. Analiza społeczno-ekonomiczna.....	76
6.1. Oszacowanie efektów środowiskowych	76
6.2. Efekty dla miasta i mieszkańców wynikające z wymiany pojazdów na zeroemisyjne. 82	
6.3. Wyniki analizy kosztów i korzyści	83
6.4. Analiza wrażliwości	86
6.5. Analiza ryzyka	88
7. Analiza techniczna.....	91
7.1. Określenie optymalnej pojemności zasobników energii w autobusach.....	91
7.2. Niezbędna infrastruktura do ładowania autobusów zeroemisyjnych.....	97
7.3. Ocena parametrów przyłącza energetycznego do zajezdni MZK sp. z o.o.	99

7.4. Wykonalność techniczna stacji ładowania szybkiego oraz zajezdniowego	103
7.5. Oszacowanie kosztów infrastruktury do ładowania autobusów	104
8. Rekomendacje	107
Załączniki do Analizy	110
Załącznik A Tabor według klas autobusów	111
Załącznik B Spis taboru	112
Załącznik C Harmonogram wymiany floty	114
Załącznik D Emisje zanieczyszczeń	117
Załącznik E Model finansowy	119
Załącznik F Informacja o udziale społeczeństwa w postępowaniu	120

Wstęp

Zmiana zasad funkcjonowania całej gospodarki i przejście na zrównoważony rozwój, oznacza radykalne zmiany w zakresie pozyskiwania energii i ochrony klimatu. Transformacja ta ma charakter zarządzania procesami¹. Nie ma jednej, optymalnej metody zarządzania rozwojem w taki sposób, aby był on zrównoważony. Podejmowane działania muszą więc uwzględniać specyfikę każdego przypadku. Nie można zakładać ani wyłącznego wykorzystania samoregulacyjnego mechanizmu rynku, ani też realizacji celów zrównoważonego rozwoju wyłącznie poprzez działania władzy publicznej².

Władze publiczne powinny wykorzystywać prawne i fiskalne narzędzia zrównoważonego rozwoju wraz z pomocą publiczną. Odpowiedzialność za skuteczne wdrażanie zrównoważonego rozwoju powinna zostać podzielona pomiędzy władze szczebla krajowego, regionalnego i lokalnego³.

Zrównoważona mobilność stanowi alternatywny paradygmat, w ramach którego można badać złożoność miast i wzmacniać powiązania pomiędzy użytkowaniem gruntów a transportem⁴. Zrównoważona mobilność miejska zapewnia możliwość łatwego wygodnego, dostępnego ekonomicznie i przestrzennie podróżowania do celu, przy minimalnym wpływie na środowisko i inne osoby⁵.

Elektryfikacja transportu autobusowego stanowi ważny element procesu poprawy jego efektywności energetycznej oraz ograniczania emisji do atmosfery szkodliwych substancji i hałasu⁶. Jednym z głównych jej powodów jest dążenie do złagodzenia zmian klimatycznych⁷.

W celu osiągnięcia znacznych korzyści środowiskowych energia elektryczna wykorzystywana do zasilania energetycznego autobusów powinna być produkowana z odnawialnych źródeł, takich jak słońce i wiatr oraz przepływ wody. W takiej sytuacji emisja gazów cieplarnianych

¹ J. Monkelbaan, *Overview of Governance Theories That Are Relevant For The SDGs* [w:] *Governance For The Sustainable Development Goals*. Springer Nature, Singapore 2019, s. 21-48.

²R. Kemp, S. Parto, R.B. Gibson, *Governance For Sustainable Development: Moving From Theory to Tractice*, „International Journal Sustainable Development” 2005, Vol. 8, No. 1/2, s. 28.

³ A. Hull, *Policy Integration: What Will It Take to Achieve More Sustainable Transport Solutions in Cities?* „Transport Policy” 2008, Vol. 15, Iss. 2, s. 102.

⁴ D. Banister, *The Sustainable Mobility Paradigm*, „Transport Policy” 2008, Vol. 15, Iss. 2, s. 75.

⁵ D. Lam, P. Head, *Sustainable Urban Mobility*, [w:] *Energy, Transport, & the Environment, Addressing the Sustainable Mobility Paradigm*, eds. O. Inderwildi, D. King, Springer-Verlag, London 2012, s. 359.

⁶ A. Ajanovic, R. Haas, *Dissemination of Electric Vehicles in Urban Areas. Major Factors for Success*, „Energy”, 2016, Vol. 115, Part 2, s. 1451-1458.

⁷ A. Nordelóf, M. Romare, J. Tivander, *Life Cycle Assesment of City Buses Powered Electricity, Hydrogenated Vegetable Oil or Diesel*, „Transportation Research. Part D: Transport and Environment” 2019, Vol. 75, s. 211-222.

będzie bliska zeru, natomiast gdy energia elektryczna będzie produkowana z konwencjonalnych źródeł, problem zanieczyszczenia środowiska zostanie przeniesiony z miejsca eksploatacji pojazdów do miejsca produkcji tej energii⁸.

Podejmując decyzję o elektryfikacji transportu autobusowego należy uwzględnić określone nakłady i koszty związane z zakupem i eksploatacją pojazdów, tj.:

- nakłady inwestycyjne na zakup pojazdów;
- nakłady inwestycyjne na budowę infrastruktury służącej do zasilania energetycznego pojazdów w zajezdni i na trasie;
- nakłady inwestycyjne na przystosowanie zajezdni do eksploatacji pojazdów elektrycznych;
- koszty eksploatacji pojazdów elektrycznych w całym okresie ich użytkowania;
- koszty eksploatacji infrastruktury zasilania energetycznego pojazdów;
- koszty zatrudnienia lub przekwalifikowania pracowników obsługi technicznej pojazdów elektrycznych;
- koszty zewnętrzne eksploatacji pojazdów elektrycznych.

Koszt cyklu życia autobusu elektrycznego jest w znacznym stopniu determinowany nakładami inwestycyjnymi, obejmującymi urządzenia do magazynowania energii⁹. Ceny autobusów elektrycznych są obecnie wyższe o 150-250% od autobusów z silnikami wysokoprężnymi. W długim okresie czasu można liczyć się ze spadkiem cen pojazdów elektrycznych w związku ze wzrostem ich produkcji, o ile tempo przyrostu zamówień skłoni producentów do uruchamiania dodatkowych linii produkcyjnych

Podstawą prawną rozwoju elektromobilności w krajach Unii Europejskiej jest dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2014/94/UE z dnia 22 października 2014 r. w sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych (Dz. Urz. UE z dn. 28.10.2014 r., L 307/1). Na grunt krajowy transponuje tę dyrektywę ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (t.j. Dz. U. z 2023 r. poz. 875 ze zm.), stanowiąca ewaluację zmian proponowanych w „Krajowych ramach polityki rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych”, przyjętych przez Radę Ministrów w dniu 29 marca 2017 r.

Paliwa alternatywne w transporcie należy rozumieć jako paliwa lub źródła energii, które przynajmniej częściowo są substytutem dla źródeł energii pochodzących z przetworzenia surowej ropy naftowej. Paliwa alternatywne potencjalnie mogą przyczynić się do redukcji negatywnego wpływu transportu na klimat, zmniejszając globalną emisję gazów cieplarnianych.

⁸ F. Calise i in., *A Novel Paradigm for a Sustainable Mobility Based on Electric Vehicles, Photovoltaic Panels and Electric Energy Storage Systems: Case Studies for Naples and Salerno (Italy)*, „Renewable and Sustainable Energy Reviews” 2019, Vol. 111, s. 98-99.

⁹ A. Lajunen, *Lifecycle Costs and Charging Requirements of Electric Buses with Different Charging Methods*, „Journal of Cleaner Production” 2018, Vol. 172, s. 56-67.

Zastosowanie znacznie szersze niż obecnie paliw alternatywnych w Polsce wpłynęłoby na poprawę ekologiczności sektora transportu. Do paliw alternatywnych zalicza się: energię elektryczną, wodór, biopaliwa, paliwa syntetyczne i parafinowe, sprężony gaz ziemny (CNG), skroplony gaz ziemny (LNG) oraz gaz płynny (LPG).

Zwiększenie zastosowania paliw alternatywnych wymaga utworzenia dedykowanej im infrastruktury – przeznaczonej do tankowania lub ładowania pojazdów samochodowych nimi napędzanych. Brak takiej infrastruktury zniechęca konsumentów do wyboru paliw alternatywnych jako źródła zasilania silników ich pojazdów. Jedynym wyjątkiem jest gaz płynny (LPG), który w Polsce jest powszechnie dostępny na stacjach benzynowych i stacjach dedykowanych tankowaniu LPG. Niska cena i zarazem wysoka dostępność gazu płynnego, wpłynęły na dość dużą jego popularność u użytkowników samochodów osobowych i dostawczych. W zakresie pozostałych paliw alternatywnych przedsiębiorcy-dostawcy nie rozwijają działalności gospodarczej z uwagi na brak wystarczającego popytu.

Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych określa warunki rozwoju i zasady rozmieszczania infrastruktury paliw alternatywnych w transporcie, zasady świadczenia usług w zakresie ładowania pojazdów elektrycznych oraz tankowania pojazdów napędzanych gazem ziemnym i wodorem oraz wprowadza obowiązki informacyjne. Ustawa ta nakłada na organy administracji publicznej obowiązki korzystania z pojazdów zeroemisyjnych przez własne służby, a także przez przedsiębiorstwa realizujące usługi publiczne na ich zlecenie. Przepisy ustawy umożliwiają utworzenie przez gminy stref czystego transportu oraz określają zasady ich funkcjonowania.

Przywołana ustawa w art. 36 stanowi, że jednostka samorządu terytorialnego, której liczba mieszkańców przekracza 50 000 osób, świadczy usługę lub zleca świadczenie usług komunikacji miejskiej, w rozumieniu ustawy o publicznym transporcie zbiorowym w taki sposób, aby zapewnić udział autobusów zeroemisyjnych lub autobusów napędzanych biometanem we flocie użytkowanych pojazdów na obszarze tej jednostki w łącznej wysokości co najmniej 30%. Przepis ten, na mocy art. 86 pkt 4, wchodzi w życie z dniem 1 stycznia 2028 r.

Z kolei art. 68 ust. 4 nakłada na przekraczającą ten sam próg demograficzny jednostkę samorządu terytorialnego obowiązek zapewnienia w różnych latach udziałów autobusów zeroemisyjnych (lub napędzanych biometanem) we flocie pojazdów użytkowanych w komunikacji miejskiej, w wysokości odpowiednio:

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

Z art. 68 wynika, że powyższe wymogi dotyczą całej floty obsługującej przewozy w komunikacji miejskiej (czyli więcej niż jednego operatora i nie tylko obszaru danej gminy).

Na mocy art. 37 ust. 1 ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych każda jednostka samorządu terytorialnego wymieniona w art. 36 ust. 1 zobowiązana została do sporządzania co 36 miesięcy analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem, przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej, autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu, w których do napędu wykorzystywane są wyłącznie silniki, których cykl pracy nie powoduje emisji gazów cieplarnianych lub innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych, o którym mowa w ustawie z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji. Na mocy ust. 1a analizy takiej nie muszą sporządzać jednostki samorządu terytorialnego, które osiągnęły udział autobusów zeroemisyjnych we flocie pojazdów na poziomie wyższym niż wymagany dla kolejnego okresu, dla którego powinna być sporządzona analiza. Od 1 stycznia 2023 r. poziom ten musiałby wynosić 10% i jednocześnie jednostka taka musiałaby mieć zapewnione lub co najmniej zaplanowane osiągnięcie od 1 stycznia 2025 r. udziału autobusów zeroemisyjnych w wysokości 20%.

Miasto Pabianice jest jednostką samorządu terytorialnego, której liczba mieszkańców – według danych GUS – w latach 2010-2022 utrzymywała się na poziomie ponad 60 tys., przekraczała więc próg demograficzny wynikający z art. 36 ust. 1 ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych. Miasto Pabianice jest więc prawnie zobowiązane do cyklicznego sporządzania analiz kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej.

Poprzednią analizę kosztów i korzyści na podstawie ustawy o elektromobilności dla Miasta Pabianice opracowano w styczniu 2019 r. Niniejsze opracowanie jest kolejną analizą kosztów i korzyści z tytułu wprowadzenia do eksploatacji autobusów zeroemisyjnych.

1. Zakres i podstawy prawne opracowania oraz zastosowane definicje i określenia

1.1. Struktura analizy i dokumenty źródłowe

W ramach dokumentu przedstawiono:

- aktualną sytuację eksploatacyjną pabianickiej komunikacji miejskiej;
- planowane do realizacji warianty wymiany taboru: konwencjonalny oraz na autobusy elektryczne, których silniki zasilane są z baterii;
- podstawy i założenia wykonania analizy kosztów i korzyści;
- analizę kosztów i korzyści – opracowaną zgodnie z wymogami art. 37 ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych.

W przygotowaniu opracowania uwzględniono w szczególności:

- obowiązujące przepisy prawa:
 - ustawę z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (t.j. Dz. U. z 2023 r. poz. 875 ze zm.);
 - ustawę z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji (Dz. U. z 2022 r. poz. 673);
 - ustawę z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (t.j. Dz. U. 2023 r. poz. 2778);
 - rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) nr 2015/207 z dnia 20 stycznia 2015 r. ustanawiające szczegółowe zasady wykonania rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1303/2013 w odniesieniu do wzoru sprawozdania z postępów, formatu dokumentu służącego przekazywaniu informacji na temat dużych projektów, wzorów wspólnego planu działania, sprawozdań z wdrażania w ramach celu „Inwestycje na rzecz wzrostu i zatrudnienia”, deklaracji zarządczej, strategii audytu, opinii audytowej i rocznego sprawozdania z kontroli oraz metodyki przeprowadzania analizy kosztów i korzyści, a także zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1299/2013 w odniesieniu do wzoru sprawozdań z wdrażania w ramach celu „Europejska współpraca terytorialna” (Dz. Urz. UE z dn. 13.02.2015 r. poz. L 38/1, zmienione rozporządzeniem wykonawczym Komisji (UE) 2018/277 z dnia 23.02.2018 r., L 54, rozporządzeniem wykonawczym Komisji (UE) 2019/256 z dnia 13.02.2019 r., L 43 oraz rozporządzeniem wykonawczym (UE) 2021/436 z dnia 3.03.2021 r., L 85);

- opracowania zawierające wytyczne do wykonania analiz kosztów i korzyści, którymi są:
 - „Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach” Nowa edycja, Jaspers, sierpień 2015 r. (www.pois.gov.pl/strony/o-programie/dokumenty/niebieskie-ksiegi-dla-projektow-w-sektorze-transportu-publicznego-infrastruktury-drogowej-oraz-kolejowej/, dostęp: 30.04.2024 r.);
 - „Analiza kosztów i korzyści projektów transportowych współfinansowanych ze środków Unii Europejskiej. Vademecum Beneficjenta”, opracowanie CUPT Warszawa, 2016 r. (www.cupt.gov.pl/wdrazenie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysci/metodyka-analzy-kosztow-i-korzysci/vademecum-beneficjenta, dostęp: 30.04.2024 r.);
 - „Przewodnik po analizie kosztów i korzyści projektów inwestycyjnych. Narzędzie analizy ekonomicznej polityki spójności 2014-2020”, opracowanie Komisja Europejska, grudzień 2014 r. (<https://www.funduszeuropejskie.gov.pl/strony/o-funduszach/dokumenty/wytyczne-ministra-infrastruktury-i-rozwoju-w-zakresie-zagadnien-zwiazanych-z-przygotowaniem-projektow-inwestycyjnych-w-tym-projektow-generujacych-dochod-i-projektow-hybrydowych-na-lata-2014-2020-1/>, dostęp: 30.04.2024 r.);
 - „Najlepsze praktyki w analizach kosztów i korzyści projektów transportowych współfinansowanych ze środków unijnych”, opracowanie CUPT, grudzień 2014 r. (https://www.cupt.gov.pl/wp-content/uploads/2022/03/akk_cupt_2014_pol_776.pdf, dostęp: 30.04.2024 r.);
 - „Wytyczne dotyczące zakresie zagadnień związanych z przygotowaniem projektów inwestycyjnych, w tym hybrydowych na lata 2021-2027” (<https://www.funduszeuropejskie.gov.pl/strony/o-funduszach/fundusze-na-lata-2021-2027/prawo-i-dokumenty/wytyczne/wytyczne-dotyczace-zagadnien-zwiazanych-z-przygotowaniem-projektow-inwestycyjnych-w-tym-hybrydowych-na-lata-2021-2027/>, dostęp: 30.04.2024 r.);
 - „Zasady opracowania wymaganej ustawą o elektromobilności i paliwach alternatywnych analizy korzyści i kosztów związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej. Praktyczny przewodnik dla samorządów”, IGKM Warszawa, 2018 r.

Weryfikacja wszystkich przywołanych w dokumencie odnośników internetowych miała miejsce w dniu 30 kwietnia 2024 r.

Ponadto, uwzględniono nowe wytyczne do sporządzania analiz kosztów i korzyści, które Ministerstwo Klimatu i Środowiska w dniu 27 lipca 2023 r. rozesłało wszystkim miastom liczącym powyżej 50 000 mieszkańców – opracowane w celu usystematyzowania i ujednocnienia formy oraz zawartości tego dokumentu. Samorządom przesłano spis elementów i wzory tabel,

które obligatoryjnie powinny zostać zawarte w sporządzanych przez nich dokumentach i fakt ten uwzględniono przy opracowywaniu niniejszej analizy.

1.2. Definicje i określenia

Używane w opracowaniu wyrażenia, uszeregowane poniżej w kolejności alfabetycznej, oznaczają odpowiednio:

- **autobus zeroemisyjny** – autobus w rozumieniu art. 2 pkt 41 Prawa o ruchu drogowym albo trolejbus w rozumieniu art. 2 pkt 83 ustawy 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;
- **CUPT** – Centrum Unijnych Projektów Transportowych, pl. Europejski 2, 00-844 Warszawa;
- **infrastruktura ładowania** – infrastruktura ładowania drogowego transportu publicznego, punkty ładowania baterii lub tankowania wodoru wraz z niezbędną dla ich funkcjonowania infrastrukturą towarzyszącą, przeznaczone do ładowania lub tankowania, w szczególności autobusów zeroemisyjnych, wykorzystywanych w transporcie publicznym;
- **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;
- **Miasto** – Gmina Miejska Pabianice, określana także jako **Miasto Pabianice**;
- **MZK sp. z o.o.** – Miejski Zakład Komunikacyjny spółka z ograniczoną odpowiedzialnością, z siedzibą przy ul. Lutomińskiej 48, 95-200 Pabianice, określana w opracowaniu także jako **Spółka**;
- **operator** – 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 publicznego transportu zbiorowego na linii komunikacyjnej określonej w umowie;
- **organizator** – organizator publicznego transportu zbiorowego, właściwa jednostka samorządu terytorialnego albo minister właściwy do spraw transportu, zapewniający funkcjonowanie publicznego transportu zbiorowego na danym obszarze;
- **pabianicka komunikacja miejska** – sieć wszystkich linii komunikacyjnych o charakterze użyteczności publicznej zorganizowanych przez Gminę Miejską Pabianice na obszarze jej

właściwości – swojego obszaru oraz gmin, które z zawarły z nią porozumienia międzygminne;

- **paliwa alternatywne** – paliwa lub energia wykorzystywane do napędu silników pojazdów samochodowych lub jednostek pływających stanowiące substytut dla paliw pochodzących z ropy naftowej lub otrzymywanych w procesach jej przetwórstwa, w szczególności energia elektryczna, wodór, biopaliwa ciekłe, paliwa syntetyczne i parafinowe, sprężony gaz ziemny (CNG), w tym pochodzący z biometanu, skroplony gaz ziemny (LNG), w tym pochodzący z biometanu lub gaz płynny (LPG);
- **pojazd elektryczny** – pojazd samochodowy w rozumieniu art. 2 pkt 33 Prawa o ruchu drogowym, wykorzystujący do napędu wyłącznie energię elektryczną akumulowaną przez podłączenie do zewnętrznego źródła zasilania, w opracowaniu nazywany także autobusem elektrycznym;
- **pojazd hybrydowy** – pojazd samochodowy w rozumieniu art. 2 pkt 33 Prawa o ruchu drogowym, o napędzie spalinowo-elektrycznym, w którym energia elektryczna jest akumulowana przez podłączenie do zewnętrznego źródła zasilania;
- **pojazd napędzany gazem ziemnym** – pojazd samochodowy w rozumieniu art. 2 pkt 33 Prawa o ruchu drogowym, wykorzystujący do napędu sprężony gaz ziemny (CNG) lub skroplony gaz ziemny (LNG), w tym pochodzący z biometanu, posiadający silnik jednopaliwowy lub dwupaliwowy ze średnim wskaźnikiem zużycia gazu nie niższym niż 90%;
- **pojazd napędzany wodorem** – pojazd samochodowy w rozumieniu art. 2 pkt 33 Prawa o ruchu drogowym, wykorzystujący do napędu energię elektryczną wytworzoną z wodoru w zainstalowanych w nim ogniwach paliwowych, w opracowaniu w odniesieniu do autobusu nazywany także autobusem elektrycznym z wodorowymi ogniwami paliwowymi lub autobusem elektrycznym zasilanym z ogniw paliwowych;
- **praktyczny przewodnik** – publikacja pt. „Zasady opracowywania wymaganej ustawą o elektromobilności i paliwach alternatywnych analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej. Praktyczny przewodnik dla samorządów”, wydana przez Izbę Gospodarczą Komunikacji Miejskiej w Warszawie, w czerwcu 2018 r.;
- **publiczny transport zbiorowy** – powszechnie dostępny regularny przewóz osób wykonywany w określonych odstępach czasu i po określonej linii komunikacyjnej, liniach komunikacyjnych lub sieci komunikacyjnej;
- **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 tankowania CNG** – zespół urządzeń służących do zaopatrywania pojazdów samochodowych w sprężony gaz ziemny (CNG), w tym pochodzący z biometanu, w celu napędu silników tych pojazdów;
- **punkt tankowania wodoru** – zespół urządzeń służących do zaopatrywania pojazdów samochodowych w wodór;
- **rozporządzenie 1370/2007** – rozporządzenie (WE) nr 1370/2007 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. dotyczące usług publicznych w zakresie kolejowego i drogowego transportu pasażerskiego oraz uchylające rozporządzenia Rady (EWG) nr 1191/69 i (EWG) nr 1107/70 (Dz. Urz. UE, l. 315/1 z dnia 3.12.2007 r.), zmienione Sprostowaniem z dnia 3 grudnia 2007 r. (Dz. Urz. UE, l. 240/65 z dnia 16.09.2015 r.) oraz Rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/2338 z dnia 14 grudnia 2016 r. (Dz. Urz. UE, l. 354/22 z dnia 23.12.2016 r.);
- **sieć komunikacyjna** – układ linii komunikacyjnych obejmujących obszar działania organizatora publicznego transportu zbiorowego lub część tego obszaru;
- **stacja ładowania** – urządzenie budowlane obejmujące co najmniej jeden punkt ładowania, wyposażone w oprogramowanie umożliwiające świadczenie usług ładowania, wraz ze stanowiskiem postojowym oraz instalacją prowadzącą od punktu ładowania do przyłącza elektroenergetycznego;
- **stacja tankowania CNG** – zespół urządzeń, w tym punkt tankowania sprężonego gazu ziemnego (CNG) wraz z instalacjami pomocniczymi i zbiornikami magazynowymi wykorzystywanymi w procesie sprężania lub punkt tankowania skroplonego gazu ziemnego (LNG) wraz z instalacjami pomocniczymi i zbiornikami magazynowymi wykorzystywanymi w procesie regazyfikacji;
- **umowa wykonawcza** – umowa pomiędzy Miastem a operatorem o świadczenie usług w ramach publicznego transportu zbiorowego, w komunikacji autobusowej na terenie Miasta oraz gmin, z którymi Miasto zawarło porozumienia międzygminne;
- **ustawa o elektromobilności** – ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (t.j. Dz. U. z 2023 r. poz. 875 ze zm.);
- **ustawa o ptz** – ustawa z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (t.j. Dz. U. 2023 r. poz. 2778);
- **Wydział ITK** – Wydział Infrastruktury Technicznej i Komunikacji Urzędu Miejskiego w Pabianicach, ul. św. Jana 4, 95-200 Pabianice – wykonujący funkcje organizatora publicznego transportu zbiorowego na obszarze Gminy Miejskiej Pabianice i gmin, które podpisały z nią porozumienia międzygminne w sprawie wspólnej realizacji zadań w tym zakresie;

- **ZDiT w Łodzi** – Zarząd Dróg i Transportu w Łodzi, ul. Tuwima 36, 90-002 Łódź – jednostka budżetowa Miasta Łodzi, wykonująca funkcje organizatora publicznego transportu zbiorowego na obszarze Gminy Miasto Łódź i gmin, które podpisały z nią porozumienia międzygminne w sprawie wspólnej realizacji zadań w tym zakresie.

2. Podstawy opracowania analizy kosztów i korzyści

Jak już to zasygnalizowano we wstępie, ustawa o elektromobilności w art. 36 stanowi, że jednostka samorządu terytorialnego, której liczba mieszkańców przekracza 50 000 osób, świadczy usługę lub zleca świadczenie usługi komunikacji miejskiej, w rozumieniu ustawy o ptz podmiotom, które łącznie zapewnią udział autobusów zeroemisyjnych lub napędzanych biometanem we flocie użytkowanych pojazdów na obszarze tej jednostki w wysokości co najmniej 30%. Przepis ten, na mocy art. 86 pkt 4 przywołanej ustawy, wchodzi w życie z dniem 1 stycznia 2028 r.

Z kolei art. 68 ust. 4 ustawy o elektromobilności nakłada na przekraczającą ten sam próg demograficzny jednostkę samorządu terytorialnego obowiązek zapewnienia w różnych latach określonych udziałów autobusów zeroemisyjnych we flocie pojazdów użytkowanych w komunikacji miejskiej.

Udziały te wynoszą odpowiednio:

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

Z art. 68 ustawy o elektromobilności wynika, że wymogi powyższe dotyczą całej floty obsługującej przewozy w komunikacji miejskiej.

Docelowy, obowiązujący od 1 stycznia 2028 r., udział taboru zeroemisyjnego lub napędzanego biometanem we flocie pojazdów użytkowanych w komunikacji miejskiej, określony został w art. 36 ust. 1 i wynosi łącznie minimum 30%. Tabor taki może być skumulowany u jednego operatora lub rozproszony pomiędzy różnych operatorów.

Przedstawione wyżej wymogi są bardzo rygorystyczne, zwłaszcza że autobusem zeroemisyjnym może być wyłącznie autobus o napędzie elektrycznym albo trolejbus – bez jakiegokolwiek emisji z napędu gazów cieplarnianych albo z wytwarzaniem energii elektrycznej w ogniwach paliwowych – oraz autobus napędzany biometanem. W myśl definicji ustawowej kryteriów zeroemisyjności nie spełnia autobus hybrydowy, jeżeli do jego napędu wykorzystywany jest w jakimkolwiek zakresie silnik emitujący gazy cieplarniane, np. silnik Diesla.

Miasto Pabianice według stanu na dzień 31 grudnia 2023 r. przekraczało próg 50 000 mieszkańców wynikający z przywołanych wcześniej przepisów. Należy przy tym podkreślić, że próg określony w ustawie o elektromobilności dotyczy obszaru danej gminy świadczącej lub zlecającej świadczenie usług komunikacji miejskiej, a nie całego obszaru nią obsługiwanego lub każdej z pozostałych gmin – obsługiwanych na podstawie zawartych porozumień. Z drugiej jednak strony, jeśli liczba mieszkańców miasta-organizatora przewozów przekracza 50 000, to obowiązek zapewnienia określonego udziału autobusów zeroemisyjnych dotyczyć będzie już

zamówień usług przewozowych w skali całego obsługiwane obszaru, a nie tylko na potrzeby obsługi gminy, która przekroczyła próg.

Pomimo spełniania kryterium demograficznego, jednostka samorządu terytorialnego może uniknąć wynikających z art. 36 i art. 68 ust. 4 ustawy o elektromobilności obowiązków uzyskania określonych udziałów taboru zeroemisyjnego we flocie pojazdów własnych operatorów lub zlecenia świadczenia przewozów w komunikacji miejskiej podmiotowi zapewniającemu te udziały we flocie wykonującej przewozy w sytuacji, gdy sporządzona przez nią analiza kosztów i korzyści wykaże brak korzyści użytkowania autobusów zeroemisyjnych (art. 37 ust. 5 ustawy o elektromobilności).

Obowiązek sporządzania co 36 miesięcy takiej analizy wynika z zapisów art. 37 ust. 1 ustawy o elektromobilności i dotyczy tych jednostek samorządu terytorialnego, które zobowiązane są do zapewnienia określonego udziału autobusów zeroemisyjnych we flocie użytkowanych pojazdów. Przepis ten wymaga wykonania analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem, przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej, autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu, w których do napędu wykorzystywane są wyłącznie silniki, których cykl pracy nie powoduje emisji gazów cieplarnianych lub innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych, o których mowa w ustawie z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji. Analizy nie sporządza się wyłącznie wówczas, gdy udział autobusów zeroemisyjnych przekroczy poziom wymagany dla kolejnego okresu jej sporządzania. W analizowanym przypadku jest to próg 20%.

Załącznik do przywołanej ustawy zawiera wykaz gazów cieplarnianych i innych substancji wprowadzanych do powietrza, objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych. W wykazie tym na pozycji nr 1 znajduje się dwutlenek węgla (ditlenek węgla – CO₂), a na pozycjach: 64, 65 i 66 – odpowiednio tlenek węgla oraz tlenki azotu i siarki. Zapis zawarty w ustawie o elektromobilności oznacza więc, że w analizie kosztów i korzyści uwzględnia się pojazdy, których silniki nie korzystają z procesu spalania paliw emitujących w nim m.in. takie substancje. Opisane kryterium spełniają napędy zasilane energią elektryczną, w tym wytwarzaną w ogniwach paliwowych zasilanych czystym wodorem (H₂) – nieemitujące dwutlenku węgla – ale nie spełniają już go silniki, w których paliwem jest gaz (LPG, CNG lub LNG).

Przepisy ustawy o elektromobilności wymagają, aby analiza kosztów i korzyści obejmowała w szczególności:

- a) analizę finansowo-ekonomiczną;
- b) oszacowanie efektów środowiskowych związanych z emisją szkodliwych substancji dla środowiska naturalnego i zdrowia ludzi;

c) analizę społeczno-ekonomiczną, uwzględniającą wycenę kosztów związanych z emisją szkodliwych substancji.

Przepisy ustawy nie wymagają więc przeprowadzania analizy wrażliwości oraz analizy ryzyka, co można uznać za uzasadnione, gdyż głównym celem analizy kosztów i korzyści wynikającym z zapisów ustawy o elektromobilności, jest ewentualne wykazanie braku korzyści wynikających z użytkowania autobusów zeroemisyjnych. Analiza wymagana przepisami ustawy o elektromobilności różni się więc znacznie wymaganym zakresem i metodologią sporządzania od analogicznych analiz wykonywanych na potrzeby dokumentacji aplikacyjnych o dofinansowanie inwestycji ze wsparciem ze środków zewnętrznych.

Analiza, niezwłocznie po jej sporządzeniu, jest przekazywana dwóm ministrom – właściwym do spraw energii i do spraw klimatu.

Jednocześnie, wykonanie analizy kosztów i korzyści zgodnie z wymogami ustawy o elektromobilności, jest niezbędne do opracowania i przyjęcia zmian w planie zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego (planie transportowym), o którym mowa w rozdziale 2 ustawy o ptz.

Wymagana aktualizacja planu transportowego dotyczy:

- uwzględnienia wyników analizy (art. 12 ust. 2a);
- wyznaczenia linii komunikacyjnych, na których przewidywane jest wykorzystanie pojazdów elektrycznych lub pojazdów napędzanych gazem ziemnym, wraz z planowanym terminem rozpoczęcia ich użytkowania (art. 12 ust. 1 pkt 8);
- określenia geograficznego położenia stacji gazu ziemnego – wraz z miejscem jej przyłączenia do gazowej sieci dystrybucyjnej (art. 12 ust. 1a pkt. 1 i 3);
- określenia geograficznego położenia infrastruktury ładowania – wraz z miejscem jej przyłączenia do sieci elektroenergetycznej (art. 12 ust. 1a pkt. 2 i 3).

Przepisy art. 12 ust. 2b ustawy o ptz wprowadzają dodatkowy obowiązek skonsultowania projektu planu z operatorem systemu dystrybucyjnego elektroenergetycznego i operatorem systemu dystrybucyjnego gazowego – jeżeli wyniki analizy wskazują na zasadność wykorzystania w publicznym transporcie zbiorowym odpowiednio autobusów zeroemisyjnych lub napędzanych gazem ziemnym.

Ustawa o elektromobilności nie określiła zasad sporządzania analizy i nie upoważniła także żadnego z ministrów do wydania rozporządzenia określającego sposób jej opracowywania. Do końca I półrocza 2023 r. żadne z ministerstw lub jednostek organizacyjnych ministerstw nie wydało również dokumentu o charakterze podręcznika, wytycznych lub zasad do sporządzania takiej analizy. Dopiero w lipcu 2023 r. Ministerstwo Klimatu i Środowiska przekazało miastom pismo sugerujące elementy, które w takiej analizie kosztów i korzyści powinny się

znaleźć. Poradnik sporządzania AKK, jako praktyczny przewodnik dla samorządów, wydała natomiast Izba Gospodarcza Komunikacji Miejskiej w Warszawie¹⁰.

Analiza kosztów i korzyści jest obligatoryjnym elementem dokumentacji aplikacyjnej dużych projektów, w tym transportowych, ubiegających się o dofinansowanie środkami Unii Europejskiej. Celem analizy wykonanej na użytek wniosku o dofinansowanie jest potwierdzenie, że pod względem kryteriów finansowo-ekonomicznych dany projekt kwalifikuje się do współfinansowania unijnego oraz wskazanie, w jakiej proporcji powinien on podlegać współfinansowaniu.

Ogólne zasady prowadzenia analizy kosztów i korzyści określono na poziomie rozporządzeń unijnych. W szczególności, w załączniku nr III do rozporządzenia wykonawczego Komisji (UE) nr 2015/207 z 20 stycznia 2015 r., określono metodykę przeprowadzania analizy kosztów i korzyści.

Zasady i metody przeprowadzania analizy kosztów i korzyści dla planowanych dużych projektów we wszystkich branżach zawiera „Przewodnik po analizie kosztów i korzyści...”, przywołany w rozdziale 1.1. niniejszego opracowania. Zasady przeprowadzania analizy kosztów i korzyści dla planowanych projektów inwestycyjnych w sektorze transportu publicznego w Polsce określa także „Niebieska Księga...”, opracowana przez Inicjatywę Jaspers i również wymieniona w rozdziale 1.1. opracowania.

Zasady opracowywania analizy kosztów i korzyści zawierają także „Wytyczne dotyczące zagadnień związanych z przygotowaniem projektów inwestycyjnych, w tym hybrydowych na lata 2021-2027”. Wytyczne dotyczą projektów z dofinansowaniem unijnym zaliczanych do projektów dużych, tj. o całkowitym koszcie kwalifikowalnym przekraczającym 50 mln euro. Wytyczne te zalecają w rozdziale 1 w punkcie 2, aby analiza kosztów i korzyści dla projektów niezaliczanych do dużych, została przeprowadzona w sposób uproszczony.

Analiza kosztów i korzyści wykonywana na potrzeby wniosków o dofinansowanie z Unii Europejskiej składała się z kilku obowiązkowych elementów, takich jak:

- identyfikacja projektu i określenie jego celu;
- analiza popytu i wariantów;
- analiza finansowa;
- analiza społeczno-ekonomiczna;
- analiza wrażliwości;
- wyliczenie luki finansowej;

¹⁰ „Zasady opracowania wymaganej ustawą o elektromobilności i paliwach alternatywnych analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej. Praktyczny przewodnik dla samorządów”, IGKM Warszawa, 2018 r.

- ocena ryzyka.

Podstawą do opracowania analizy są dane dotyczące stanu obecnej komunikacji miejskiej, w tym dane kosztowe oraz identyfikacja wariantów proponowanych rozwiązań. W przypadku niniejszej analizy jest to identyfikacja wariantów wymiany taboru wykorzystywanego w pabianickiej komunikacji miejskiej.

Identyfikacja wariantów polega na zdefiniowaniu co najmniej dwóch scenariuszy działań: realizacji zamierzeń inwestycyjnych zmierzających do spełnienia określonych w ustawie o elektromobilności wymogów udziału autobusów zeroemisyjnych we flocie pojazdów komunikacji miejskiej oraz rezygnacji ze spełnienia tych wymogów.

Brak spełnienia wymogów nie oznacza całkowitego zaniechania ponoszenia nakładów inwestycyjnych, lecz jedynie brak realizacji ocenianego wariantu – przy utrzymaniu ciągłości funkcjonowania komunikacji miejskiej w dotychczasowej formie i związanych z tym – w niezbędnym zakresie – inwestycji odtworzeniowych dotyczących taboru.

Następną częścią analizy – po identyfikacji wariantów – jest analiza finansowa, którą prowadzi się według ściśle określonych zasad – w przypadku inwestycyjnych projektów unijnych nieznacznie odbiegających od klasycznej analizy finansowej przedsięwzięć inwestycyjnych. Analiza finansowa służy sprawdzeniu efektywności finansowej projektu (wskaźniki FRR/c^{11} , $FNPV/c^{12}$) oraz – w przypadku projektów unijnych – także określeniu efektywności finansowej dla wkładów krajowych.

Kolejnym etapem jest analiza społeczno-ekonomiczna, zwana także ekonomiczną lub społeczno-gospodarczą. Najprostszym sposobem jej wykonania jest sporządzenie bilansu kosztów i korzyści w wersji opisowej, który ma wówczas charakter jakościowej analizy społeczno-ekonomicznej. W niniejszym opracowaniu analiza społeczno-ekonomiczna wykonana została przy wykorzystaniu metody, która polega na sporządzeniu bilansu kosztów i korzyści w wersji ilościowej, opartej na ujęciu zmonetyzowanych efektów społeczno-ekonomicznych w rachunku przepływów z analizy finansowej.

Efekty inwestycji dla lokalnej społeczności oraz w zakresie oddziaływania na środowisko, można również skwantyfikować, czyli wyrazić kwotowo – za pomocą policzalnych parametrów i ich monetyzacji, co oznacza przeliczenie efektów społecznych na pieniądze. Zmonetyzowane efekty społeczno-ekonomiczne ujmujemy się w rachunku przepływów z analizy finansowej i w efekcie powstaje ilościowa analiza kosztów i korzyści.

¹¹ FRR/c – finansowa wewnętrzna stopa zwrotu z inwestycji.

¹² $FNPV/c$ – finansowa zaktualizowana wartość netto.

Metoda ilościowa pozwala na wyznaczenie wartości wskaźników ekonomicznej efektywności inwestycji, takich jak: ERR¹³, ENPV¹⁴ i BCR¹⁵. Metoda ilościowa z obliczeniami przeprowadzanymi na zasadzie różnicowej, zalecona została w praktycznym przewodniku.

W projektach transportowych ubiegających się o dofinansowanie środkami Unii Europejskiej wykonuje się co do zasady analizę ilościową – jeśli wskaźniki ERR lub ENPV są wymagane. Zasada ta nie dotyczy projektów odnoszących się do bezpieczeństwa w transporcie, gdyż uznaje się, że nie istnieje rozsądna metodyka wyrażenia zarówno samego bezpieczeństwa, jak i poczucia bezpieczeństwa w kategoriach pieniężnych.

Koniecznym elementem analizy kosztów i korzyści jest ocena trwałości finansowej realizacji wariantów. Polega ona na ocenie zdolności organizatora i operatorów do realizacji przyjętych do analizy wariantów wymiany taboru oraz do zabezpieczenia przez organizatora i/lub operatora wystarczających środków finansowych na realizację planowanych zamierzeń inwestycyjnych. W niniejszym opracowaniu analizę trwałości przeprowadzono w sposób uproszczony.

Ostatnim elementem analizy kosztów i korzyści jest analiza wrażliwości i ryzyka. Pierwsza z nich ma na celu zbadanie skutków finansowych dla projektu w przypadku braku spełnienia przyjętych założeń. Polega ona na określeniu wpływu zmiany pojedynczych zmiennych krytycznych o wartość określoną procentowo, na wartość finansowych i ekonomicznych wskaźników efektywności projektu wraz z obliczeniem wartości progowych zmiennych – w celu określenia, jaka zmiana procentowa zmiennych krytycznych zrównałaby NPV (ekonomiczną lub finansową) z zerem.

Analiza ryzyka ma zaś na celu jego identyfikację, czyli określenie możliwych ryzyk realizacji projektu, ich analizę jakościową oraz przedstawienie możliwych działań zaradczych, jeśli poziom ryzyka nie jest akceptowalny.

Jak już podkreślono wcześniej, w niniejszej analizie uwzględniono także wszystkie elementy oczekiwane przez Ministerstwo Klimatu i Środowiska – wynikające z pisma skierowanego do samorządów gmin miejskich przekraczających próg 50 000 mieszkańców.

¹³ ERR – ekonomiczna wewnętrzna stopa zwrotu.

¹⁴ ENPV – ekonomiczna wartość bieżąca projektu.

¹⁵ BCR – stosunek sumy zdyskontowanych korzyści projektu do zdyskontowanych kosztów.

3. Charakterystyka Pabianic i pabianickiej komunikacji miejskiej

3.1. Obszar terytorialny objęty analizą

Niniejsza analiza kosztów i korzyści obejmuje obszar Gminy Miejskiej Pabianice oraz czterech gmin ościennych objętych obsługą pabianickiej komunikacji miejskiej, tj. gminy wiejskiej Dłutów (miejscowości: Budy Dłutowskie, Dłutów i Huta Dłutowska), gminy wiejskiej Ksawerów (miejscowości: Ksawerów i Wola Zaradzyńska), gminy wiejskiej Pabianice (miejscowości: Bychlew, Górka Pabianicka, Jadwinin, Kudrowice, Petrykozy, Piątkowisko, Pawlikowice i Szynkielew) oraz gminy miejsko-wiejskiej Rzgów (miejscowości: Babichy, Gospodarz, Guzew i Rzgów).

3.2. Analiza otoczenia społeczno-gospodarczego na obszarze objętym AKK

Miasto Pabianice położone jest w centralnej części województwa łódzkiego. Pabianice, nie licząc ośrodka centralnego, czyli Łodzi, są największym miastem należącym do aglomeracji łódzkiej.

Miasto Pabianice położone jest w dość bliskiej odległości od Łodzi, jego centrum oddalone jest o ok. 18 km od centrum Łodzi (odległość drogowa).

Pabianice są siedzibą władz gminy miejskiej, gminy wiejskiej oraz powiatu pabianickiego. Miasto zajmuje niespełna 7% obszaru powiatu pabianickiego i graniczy z gminami: Dobroń, Ksawerów i Pabianice w powiecie pabianickim, gminą Rzgów w powiecie łódzkim wschodnim oraz z Łodzią – miastem na prawach powiatu. Miasto graniczy z Łodzią na krótkim odcinku na północy, a granica poprowadzona jest wzdłuż drogi krajowej nr 14 z węzłem w ciągu ul. Rypułtowickiej.

Pabianice nie posiadają wyodrębnionych jednostek pomocniczych. Jedynie w studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego wyodrębniono 15 zespołów strukturalnych, w tym największy – „jednostkę centralną”.

Obszar miasta podzielony został umownie na osiedla: Bugaj, Centrum, Czyryczyn, Dąbrowa, Jana Pawła II, Jutrzkowice, Karniszewice, Karolew, Klimkowizna, Konopnickiej, Nowa Wieś, Kopernika, Piaski, Stare Miasto, Ruda, Rypułtowice, Salwy, Smugi i Wola Zaradzyńska Nowa. Z kolei w studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego wyodrębniono 15 zespołów strukturalnych, w tym największy – „jednostkę centralną”.

Pabianice są ośrodkiem subregionalnym, należącym do Łódzkiego Obszaru Metropolitalnego, który tworzą Łódź wraz z przyległymi powiatami: brzezińskim, łódzkim wschodnim, pabianickim i zgierskim. Łódzki Obszar Metropolitalny obejmuje łącznie 26 gmin i zamieszkały jest przez ponad 1,1 mln osób.

Miasto ma kilka cech charakterystycznych, związanych z jego położeniem w aglomeracji łódzkiej, w szczególności wysoki poziom zurbanizowania i umiarkowany udział terenów upraw rolnych i leśnych oraz niewielką odległość od Łodzi.

Według Banku Danych Lokalnych GUS, w dniu 31 grudnia 2022 r. liczba ludności miasta wynosiła 61 353 osoby. W tabeli 1 zaprezentowano liczbę mieszkańców, powierzchnię i gęstość zaludnienia miasta w latach 2013-2022 – według danych Banku Danych Lokalnych GUS.

Tab. 1. Liczba ludności, powierzchnia i gęstość zaludnienia Pabianic w latach 2013-2022

Wyszczególnienie	Jedn.	Rok									
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Liczba mieszkańców	[osób]	67 688	67 207	66 895	66 265	65 823	65 283	64 757	63 163	62 238	61 353
Powierzchnia ogółem	[km ²]	49,22	49,22	49,22	49,22	49,22	49,22	49,22	49,22	49,22	49,22
Gęstość zaludnienia	[osób/km ²]	2 052	2 037	2 028	2 009	1 995	1 979	1 963	1 915	1 887	1 860

Źródło: Bank Danych Lokalnych GUS.

W ostatniej dekadzie liczba ludności miasta dość znacząco spadła (o 9,7%). Trend spadkowy jest typowym zjawiskiem w skali kraju, ale w Pabianicach osiągnął znaczącą dynamikę. Spadek liczby ludności Pabianic dotyczył także pierwszego półrocza 2023 r. – według Banku Danych Lokalnych GUS na dzień 30 czerwca 2023 r. liczba mieszkańców miasta wynosiła 60 929 osób.

Według stanu na dzień 31 grudnia 2022 r. miasto Pabianice zajmowało 61. miejsce w kraju pod względem liczby ludności oraz 158. miejsce pod względem zajmowanej powierzchni.

Obszar miasta jest dość silnie zurbanizowany, średnia gęstość zaludnienia według stanu na dzień 31 grudnia 2022 r. przekraczała 1,8 tys. osób na km², czyli ponad 15 razy więcej niż wartość średnia dla kraju i niemal 1,5 razy więcej niż średnia w Polsce dla miast.

Centralną część miasta zajmują obszary zurbanizowane: rejon usługowo-handlowy i rekreacyjny (zrewitalizowany dawny obszar składowo-przemysłowy) w dolinie rzeki Dobrzyńki), rejon składowo-przemysłowy wzdłuż drogi do Łodzi, obszary zabudowy jednorodzinnej w części wschodniej i zachodniej oraz zabudowy wielorodzinnej lub mieszanej jedno-i wielorodzinnej na pozostałym obszarze.

Centralną część miasta zajmują obszary zurbanizowane: rejon składowo-przemysłowy w dolinie rzeki Dobrzyńki oraz wzdłuż drogi do Łodzi, obszary zabudowy jednorodzinnej w części wschodniej i zachodniej oraz zabudowy wielorodzinnej lub mieszanej jedno-i wielorodzinnej na pozostałym obszarze.

Ścisłe centrum miasta charakteryzuje się koncentracją usług publicznych, jest to obszar o zwartej zabudowie miejskiej, w części o charakterze historycznym. Zachodnim skrajem miasta poprowadzona została linia kolejowa nr 14 (Łódź Kaliska – Ostrów Wielkopolski – Żary – Tuplice) ze stacją Pabianice i uruchomionym od dnia 10 grudnia 2023 r. nowym przystankiem kolejowym Pabianice Północne, obsługującym ruch regionalny. Skrzyżowania linii kolejowej z drogami na obszarze Pabianic funkcjonują wyłącznie w postaci przejazdów kolejowo-drogowych z rogatkami w poziomie szyn, co utrudnia sprawny przejazd przez miasto.

Przez Pabianice przebiegają drogi wojewódzkie:

- nr 482 z Łodzi do węzła Bralin (dawna droga krajowa nr 14);
- nr 485 z Pabianic do Bełchatowa.

Drogi wojewódzkie poprowadzono głównymi ulicami miasta. Po oddaniu wokół Łodzi i Pabianic ringu dróg o podwyższonej prędkości jazdy – wytyczonego przez drogi ekspresowe S8 i S14 oraz autostrady A1 i A2 – ruch tranzytowy przez miasto znacząco zmalał, a główną przyczyną kongestii na obszarze miasta, są permanentnie zamknięte przejazdy kolejowe, generujące zatory drogowe sięgające nawet kilkuset metrów.

Miasto przecina południkowo dolina rzeki Dobrzyńki z jej lewobrzeżnym dopływem – rzeką Pabianką, wzdłuż których przeważają tereny zielone. Na terenie Pabianic nie występują obszary Natura 2000 ani też rezerwaty przyrody, natomiast na terenie miasta zlokalizowanych jest wiele pomników przyrody. W południowo-wschodniej części miasta zlokalizowany jest las miejski.

3.3. System transportowy na obszarze objętym analizą

Na infrastrukturę transportową Pabianic składają się drogi publiczne, miejsca parkingowe, infrastruktura drogowego publicznego transportu zbiorowego, infrastruktura kolejowa oraz infrastruktura rowerowa.

Głównymi źródłami i celami ruchu w mieście są: osiedla mieszkaniowe (w szczególności w zabudowie wielorodzinnej), placówki oświatowe (przedszkola i szkoły), zakłady pracy (im większy zakład, tym potencjalnie generuje większe zapotrzebowanie na przewozy), najważniejsze punkty handlowo-usługowe (supermarkety, centra handlowe), obiekty związane z ochroną zdrowia, sportowe, rekreacyjne, kulturalne oraz urzędy i instytucje. Znaczna część ruchu pasażerskiego w Pabianicach odbywa się do i z celów ruchu w Łodzi. Do znaczących

generatorów ruchu należą więc obiekty węzłowe autobusowe i kolejowe, a także pośrednio – linia tramwajowa 41 do Łodzi. Dodać przy tym należy, że same obiekty węzłowe w niewielkim stopniu stanowią źródło lub docelowy cel podróży, ich rola zależy od stopnia skomunikowania z siecią połączeń regionalnych i dalekobieżnych.

Przez miasto Pabianice przebiega dwutorowa, zelektryfikowana linia kolejowa nr 14 Łódź Kaliska – Tuplice, ze stacją Pabianice obsługującą pociągi regionalne i międzywojewódzkie oraz z przystankiem Pabianice Północne obsługującym wyłącznie pociągi regionalne. W ramach realizowanych połączeń obsługę stanowią pociągi PKP Intercity SA, Łódzkiej Kolei Aglomeracyjnej sp. z o.o., Polregio SA oraz Kolei Wielkopolskich sp. z o.o.

Stacja Pabianice tworzy wraz z przystankami komunikacji miejskiej i regionalnej lokalny węzeł integracyjny. Dostęp pieszo, transportem publicznym i indywidualnym do stacji możliwy jest od strony południowej, natomiast od strony północnej stacja dostępna jest w zasadzie tylko pieszo. Największe potoki pasażerskie występują w komunikacji kolejowej w kierunku do i z Łodzi.

Przekroczenie samochodem linii kolejowej nr 14 w granicach Pabianic możliwe jest wyłącznie na poziomie torów – przez przejazdy kolejowe z zaporami – co jak wspomniano już wcześniej, jest przyczyną kongestii i stwarza poważne problemy w zapewnieniu punktualności kursowania autobusów komunikacji miejskiej.

Miasto jest otoczone siecią dróg ekspresowych i krajowych. Przy zachodniej granicy miasta, lecz już poza jego obszarem, przebiega droga ekspresowa S14, z węzłami Pabianice Północ (ok. 3 km do centrum miasta) w ciągu drogi krajowej nr 71 oraz Dobroń (ok. 7,5 km od centrum miasta) w ciągu drogi wojewódzkiej nr 482. Przy północnej granicy miasta przebiega droga krajowa nr 14, łącząca drogę ekspresową S14 z węzłem w ciągu ul. Rypułtowickiej (ok. 5 km od centrum Pabianic) z centrum Łodzi. Z kolei na południe od miasta znajduje się trasa drogi ekspresowej S8 z węzłem Pabianice Południe (ok. 6 km od centrum) w ciągu drogi wojewódzkiej nr 485.

Organizatorem pabianickiej komunikacji miejskiej jest Prezydent Miasta Pabianic. Zadania organizatora wypełnia wyspecjalizowana komórka organizacyjna – Wydział Infrastruktury Technicznej i Komunikacji Urzędu Miejskiego w Pabianicach. Przedmiotem działania Wydziału ITK jest m.in. prowadzenie spraw dotyczących publicznego transportu zbiorowego wraz z pełnieniem w imieniu Prezydenta funkcji organizatora publicznego transportu zbiorowego.

Linie pabianickiej komunikacji miejskiej na podstawie zawartych porozumień międzygminnych obsługiwały poza miastem Pabianicami także cztery inne jednostki samorządu terytorialnego – trzy gminy sąsiadujące: Ksawerów, Pabianice i Rzgów oraz gminę Dłutów (od dnia

2 kwietnia 2024 r.) – położoną na południe od gminy wiejskiej Pabianice i niesąsiadującą bezpośrednio z miastem.

W zasięgu sieci komunikacyjnej pabianickiej komunikacji miejskiej funkcjonującej do dnia 31 marca 2024 r., według Banku Danych Lokalnych GUS na dzień 30 czerwca 2023 r., zamieszkiwało łącznie 88 769 osób. Liczba ludności gminy Dłutów obsługiwanej od dnia 2 kwietnia 2024 r. to 4 952 osoby, a więc potencjał demograficzny całego obsługiwanego obszaru wzrósł do 93 721 osób.

Wg stanu na dzień 30 kwietnia 2024 r. Miasto wykorzystywało do realizacji usług przewozowych jednego operatora – MZK sp. z o.o. – będącego podmiotem wewnętrznym i realizującego przewozy na podstawie umowy wykonawczej o świadczenie usług w zakresie publicznego transportu zbiorowego, zawartej w dniu 21 grudnia 2023 r. Umowa ta obejmuje okres od dnia 1 stycznia 2024 r. do dnia 31 grudnia 2033 r.

Według stanu na dzień 30 kwietnia 2024 r., na sieć połączeń pabianickiej komunikacji miejskiej składało się 14 linii autobusowych oznaczonych handlowo: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 260, 261, 262, 263, 265, T oraz A41.

Dodatkowo sieć uzupełniały linie komunikacji miejskiej: tramwajowa dzienna 41 i autobusowa nocna N4B organizowane przez Zarząd Dróg i Transportu w Łodzi, a obsługiwane przez MPK – Łódź sp. z o.o. – podmiot wewnętrzny Miasta Łodzi oraz autobusowa D – organizowana przez Gminę Łask i obsługiwana przez Zakład Komunikacji Miejskiej, samorządowy zakład budżetowy gminy Łask.

Trasy każdej z linii obejmowały swoim zasięgiem miasto Pabianice, w tym trasy ośmiu z nich: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 i A41 – nie wykraczały poza granicę miasta. Linie oznaczone 260-263, 265 i T określane są w rozkładach jazdy jako podmiejskie, a ich trasy obsługiwały odpowiednio miasto Pabianice oraz:

- gminę Pabianice – linie: 260, 261 i 262;
- gminę Pabianice i gminę Dłutów – linia 265;
- gminę Ksawerów – linia 263;
- gminę Ksawerów i gminę Rzgów – linia T.

Ponadto jako podmiejskie funkcjonowały linie 41 i N4B, łączące Pabianice z Łodzią przez gminę Ksawerów oraz linia D na trasie z Pabianic do Łasku.

Według kryterium dni kursowania, linie organizowane przez Miasto Pabianice można podzielić na trzy kategorie, obejmujące odpowiednio:

- siedem całorocznych linii całotygodniowych – 1, 2, 4, 5, 6, 265 i T;
- pięć całorocznych linii funkcjonujących tylko w dni powszednie od poniedziałku do piątku oraz w soboty – 3, 7, 260, 263 i A41;

- dwie całoroczne linie funkcjonujące tylko w dni powszednie od poniedziałku do piątku – 261 i 262.

Linia tramwajowa 41 organizowana przez Miasto Łódź była linią całoroczną i całotygodniową, a kursy linii nocnej N4B zaplanowano tylko w noc z piątku na sobotę i z soboty na niedzielę. Jako całoroczna i całotygodniowa funkcjonowała także linia D organizowana przez Gminę Łask.

Sieć pabianickiej komunikacji miejskiej funkcjonowała w oparciu o modułowe rozkłady jazdy, w których jako podstawową zaproponowano częstotliwość kursów wynoszącą 40 minut.

W procesie kategoryzacji linii pod względem obowiązującej w sieci komunikacyjnej MZK sp. z o.o. częstotliwości modułowej, można wyróżnić cztery kategorie połączeń:

- linie priorytetowe (I kategorii) – z kursami z częstotliwością dwukrotnie wyższą od częstotliwości modułowej – co 20-24 minuty w szczytowym okresie podaży dnia powszedniego – dwie linie: 1 i A41;
- linie podstawowe (II kategorii) – z kursami z częstotliwością równą częstotliwości modułowej, wynoszącej 40 minut – trzy linie: 2, 3 i 5;
- linie uzupełniające (III kategorii) – z kursami z częstotliwością około dwukrotnie niższą od częstotliwości modułowej (co 60-90 minut) – siedem linii: 4, 6, 261, 262, 263, 265 i T;
- linie zindywidualizowane (IV kategorii) – grupa reprezentowana przez linie, na których wykonywane są kursy dopasowane do indywidualnych potrzeb obsługiwanych nimi grup pasażerów – dwie linie: 7 i 260.

Na linii tramwajowej 41, stanowiącej połączenie Pabianic z Łodzią, kursy w dniu powszednim wykonywane były z częstotliwością co 24 minuty. Linię tę można więc zakwalifikować do grupy linii priorytetowych. W rozkładzie jazdy linii D nie przewidziano równomiernych odjazdów z poszczególnych przystanków, projektując jednak w dniu roboczym co najmniej jedną parę kursów w każdej godzinie. Z kolei na linii nocnej N4B wykonywano dwie pary kursów z częstotliwością co około dwie godziny.

Charakterystyczną cechą pabianickiej komunikacji miejskiej jest także niepokrywanie się, poza linią T, tras linii autobusowych z trasą linii tramwajowej 41. Linie autobusowe nie stanowiły więc istotnej alternatywy dla tramwaju. Linia autobusowa A41 miała wobec tramwaju charakter komplementarny, co podkreśla nawet jej oznaczenie.

W sieci pabianickiej komunikacji miejskiej skupiono ich trasy na dwóch pętlach autobusowych:

- położonym we wschodniej części miasta krańcu Waltera-Jankego – dziesięć linii: 2, 4, 5, 6, 7, 260, 261, 262, 263 i A41, w tym jedna priorytetowa (A41) i dwie podstawowe (2 i 5);

- położonym w zachodniej części miasta krańcu Dworzec PKP – pięć linii: 1, 3, 5, 265 (w wariantach trasy) i T, w tym jedna priorytetowa (1) i dwie podstawowe (3 i 5).

Jest to okoliczność umożliwiająca nie tylko stosowanie nowoczesnych technik zarządzania ofertą przewozową – zmian w przypisaniu pojazdów do linii w ciągu dnia, przeprowadzanych w celu zoptymalizowania liczby użytkowanych w ruchu autobusów, ale też mocno ułatwiająca wprowadzenie do eksploatacji taboru zeroemisyjnego i jego przyszłe zwiększenie zaangażowania w obsłudze komunikacyjnej.

Według danych na dzień 31 marca 2024 r. w pabianickiej komunikacji miejskiej skonstruowano w dniu powszednim 22 zadania dla kierowców. Wszystkie zostały zaprojektowane jako brygady wieloliniowe, ze zmianami obsługiwanych linii w czasie służby, przy czym jedynie w ramach sześciu z nich wykonywano kursy wyłącznie na liniach miejskich. Najczęściej w ramach jednego zadania obsługiwane były linie: 1, 3 i 5.

W 2023 r. w ramach całej sieci pabianickiej komunikacji miejskiej wykonano 1 327,6 tys. wzk, w tym na liniach miejskich 856,2 tys. wzk, co stanowiło 64,5% całkowitej liczby wozokilometrów. Autobusami hybrydowymi wykonano 1 063,8 tys. wzk, tj. aż ponad 80% łącznej wielkości zrealizowanej pracy eksploatacyjnej.

W 2024 r. zaplanowano wykonanie łącznie 1 315,1 tys. wzk, w tym 1 047,6 tys. autobusami hybrydowymi (78,9%). Pracę eksploatacyjną na liniach miejskich zaplanowano na poziomie 690,6 tys. wzk, co stanowi 62,2% łącznej wielkości pracy eksploatacyjnej.

Łączna długość linii komunikacyjnych, wg stanu na dzień 31 marca 2024 r., wynosiła około 140 km, w tym linii miejskich ok. 60 km (43%). Od 2 kwietnia 2024 r., w związku z wydłużeniem trasy linii 265 do Dłutowa, nastąpił wzrost o 7,3 km.

W tabeli 2 przedstawiono podstawowe parametry pabianickiej komunikacji miejskiej.

Względnie stała liczba wozokilometrów w analizowanym okresie jest rezultatem braku wzrostu liczby mieszkańców miasta Pabianic oraz wynikiem braku istotnych zmian w zakresie obsługi obszarów gmin ościennych pabianicką komunikacją miejską (poza wydłużeniem trasy linii 265 do Dłutowa).

W najbliższym okresie planowane jest jedynie wprowadzenie niewielkich zmian w ofercie przewozowej, m.in. zwiększenie częstotliwości kursowania linii 2 w szczycie popołudniowym.

Według stanu na dzień 30 kwietnia 2024 r., na trasach pabianickiej komunikacji miejskiej w dniu powszednim eksploatowano 22 autobusy, w tym – w zależności od dostępności w danym dniu – 15-18 hybrydowych. Pozostałą obsługę zapewniały klasyczne autobusy z silnikiem Diesla. Autobusy hybrydowe zaplanowane zostały co do zasady na wszystkich kursach w soboty i w niedziele, natomiast w dni powszednie w pierwszej kolejności tymi pojazdami obsadzane są zadania o największej liczbie wozokilometrów.

Tab. 2. Podstawowe parametry charakteryzujące pabianicką komunikację miejską w latach 2021-2023 i plan na 2024 r.

Wyszczególnienie	Jedn.	Rok			
		2021	2022	2023	2024 – plan
Liczba wozokilometrów		1 387,5	1 354,2	1 341,9	1 327,6
– w tym pojazdy hybrydowe	tys. km	1 010,2	1 054,2	1 063,8	1 047,6
– w tym pojazdy klasyczne ON		377,3	300,0	278,1	280,0
Średnia liczba pojazdów we flocie		32	32	32	32
– w tym pojazdy hybrydowe	szt.	18	18	18	18
– w tym pojazdy klasyczne ON		14	14	14	14
Udział w pracy eksploatacyjnej:					
– autobusy hybrydowe	%	72,8	77,8	79,3	78,9
– autobusy klasyczne ON		27,2	22,2	20,7	21,1
Liczba pasażerów (wyłącznie przejazdy odpłatne)	tys. osób	2 301,7	2 705,3	2 952,3	2 950,0
Przychody z biletów brutto:	tys. zł	2 375,0	3 642,6	4 460,3	4 460,0
– w tym bilety jednorazowe	%	67,5	65,1	62,6	b.d.
– w tym bilety okresowe	%	32,1	30,3	37,4	b.d.

Źródło: dane Wydziału ITK.

W pabianickiej komunikacji miejskiej, podobnie jak i na pozostałych liniach komunikacyjnych obsługujących miasto, obowiązuje odpłatność za przejazdy. Określone grupy pasażerów zostały uprawnione do przejazdów ulgowych i bezpłatnych, a ich zakres jest zbliżony do innych miast o podobnej wielkości w Polsce.

Cechą charakterystyczną pabianickiej komunikacji miejskiej jest jej dezintegracja taryfowa – na obszarze miasta funkcjonuje aż pięć różnych taryf opłat:

- pabianicka – ważna w autobusach MZK sp. z o.o.;
- łódzka – obowiązująca w tramwajach linii 41 i autobusach linii N4B; bilety łódzkie honorowane są też na pabianickiej linii A41;
- łaska – obowiązująca na linii D;
- wspólny bilet łódzko-pabianicki (obowiązujący w autobusach MZK sp. z o.o. oraz dodatkowo w tramwajach linii 41 i autobusach linii N4B);
- strefowy bilet aglomeracyjny (obowiązujący w autobusach MZK sp. z o.o., w pojazdach linii: 41, N4B i D, pociągach Łódzkiej Kolei Aglomeracyjnej sp. z o.o. i Polregio SA).

Dodatkowo w uchwale taryfowej Rady Miejskiej w Pabianicach zwiększono liczbę dostępnych biletów różnicując je w zależności od posiadania Karty Pabianiczana, czasu ważności i liczby pokonywanych stref.

Miasto aktywnie proponuje rozwiązania propagujące transport publiczny i ułatwiające poruszanie się nim. W okresie modernizacji linii tramwajowej 41 przebudowano układ drogowy w centrum Pabianic tworząc na odcinku od ul. Poprzecznej do ul. Łaskiej pasy autobusowo-tramwajowe, niedostępne dla innych użytkowników dróg. Wydzielenie lub budowę buspasów na ulicach obsługiwanych wyłącznie liniami autobusowymi utrudnia charakter zabudowy miasta – wąskie uliczki i gęsta zabudowa wzdłuż skrajni jezdni. Budowa buspasów musiałaby wiązać się z koniecznością wyburzania budynków.

3.4. Użytkowany tabor autobusowy

Linie komunikacji miejskiej organizowanej przez Miasto obsługiwane są wyłącznie autobusami niskopodłogowymi klasy maxi. Według stanu na 31 stycznia 2024 r., park taborowy MZK sp. z o.o. składał się z 32 autobusów niskopodłogowych, z których 14 pojazdów napędzanych było klasycznym silnikiem spalinowym na olej napędowy, a 18 autobusów posiadało napęd hybrydowy.

W tabeli 3 zaprezentowano flotę pojazdów pabianickiej komunikacji miejskiej, w podziale na rodzaj wykorzystywanego do napędu paliwa, spełnianą normę czystości spalin, wynikającą z długości klasę pojemnościową, długość pojazdu, średni roczny przebieg w okresie ostatnich trzech lat i średnie zużycie paliwa – wg stanu na dzień 30 kwietnia 2024 r.

Przy określeniu klasy pojemnościowej pojazdu wykorzystano wytyczne Ministerstwa Klimatu i Środowiska, wg których poszczególne autobusy sklasyfikowano wg długości: mini – do 8,99 m, midi – od 9,00 do 10,99 m, maxi – od 11,00 do 13,00 m, mega 15 – od 13,01 do 16,00 m i mega 18 – powyżej 16,00 m. W wytycznych ministerialnych sklasyfikowano autobusy nieco inaczej niż w literaturze ekonomiki transportu, w której klasa pojazdu wyznaczana jest głównie na podstawie jego pojemności pasażerskiej i charakterystyki technicznej (np. pojazdy o długości 8-9 m, nieskonstruowane na bazie pojazdu dostawczego, zaliczane są do midi, a nie minibusów).

Wszystkie eksploatowane w pabianickiej komunikacji miejskiej autobusy zakwalifikowane zostały wg dokumentów homologacyjnych do kategorii M3, klasa I. Wykaz taboru posiadanego przez MZK sp. z o.o. przedstawiono także w załączniku B.

Autobusy Solaris Urbino 12 z silnikami spełniającymi normę EURO IV i EURO V oraz Solarisy Urbino 12 hybrid z napędami spełniającymi normę EURO VI, stanowią własność Miasta i zostały udostępnione MZK sp. z o.o. do użytkowania.

Tab. 3. Tabor pabianickiej komunikacji miejskiej – stan na 30 kwietnia 2024 r.

Lp.	Marka i typ	Rodzaj paliwa	Norma emisji EURO	Klasa pojemnościowa	Długość pojazdu [m]	Średni przebieg roczny [tys. km]	Zużycie paliwa [dm ³ /100 km]
1	Solaris Urbino 12	ON	EURO IV	maxi	12,0	15,9	38,3
2	Solaris Urbino 12	ON	EURO IV	maxi	12,0	18,5	33,4
3	Solaris Urbino 12	ON	EURO IV	maxi	12,0	18,7	40,3
4	Solaris Urbino 12	ON	EURO IV	maxi	12,0	20,1	35,7
5	Solaris Urbino 12	ON	EURO IV	maxi	12,0	22,4	36,4
6	Solaris Urbino 12	ON	EURO IV	maxi	12,0	24,7	38,7
7	Solaris Urbino 12	ON	EURO IV	maxi	12,0	25,0	39,0
8	Solaris Urbino 12	ON	EURO IV	maxi	12,0	25,7	37,1
9	Solaris Urbino 12	ON	EURO IV	maxi	12,0	26,9	38,1
10	Solaris Urbino 12	ON	EURO V	maxi	12,0	18,8	41,4
11	Solaris Urbino 12	ON	EURO V	maxi	12,0	21,9	40,5
12	Solaris Urbino 12	ON	EURO V	maxi	12,0	27,5	37,9
13	Solaris Urbino 12	ON	EURO V	maxi	12,0	28,8	36,9
14	Solaris Urbino 12	ON	EURO V	maxi	12,0	31,1	36,3
15	Solaris Urbino 12 hybrid	ON	EURO VI	maxi	12,0	41,2	33,6
16	Solaris Urbino 12 hybrid	ON	EURO VI	maxi	12,0	53,9	30,6
17	Solaris Urbino 12 hybrid	ON	EURO VI	maxi	12,0	54,9	30,5
18	Solaris Urbino 12 hybrid	ON	EURO VI	maxi	12,0	56,6	29,0
19	Solaris Urbino 12 hybrid	ON	EURO VI	maxi	12,0	56,6	29,9
20	Solaris Urbino 12 hybrid	ON	EURO VI	maxi	12,0	57,6	30,5
21	Solaris Urbino 12 hybrid	ON	EURO VI	maxi	12,0	58,2	30,6
22	Solaris Urbino 12 hybrid	ON	EURO VI	maxi	12,0	58,5	30,1
23	Solaris Urbino 12 hybrid	ON	EURO VI	maxi	12,0	58,9	30,1
24	Solaris Urbino 12 hybrid	ON	EURO VI	maxi	12,0	59,1	29,7
25	Solaris Urbino 12 hybrid	ON	EURO VI	maxi	12,0	59,1	29,6
26	Solaris Urbino 12 hybrid	ON	EURO VI	maxi	12,0	59,3	30,5
27	Solaris Urbino 12 hybrid	ON	EURO VI	maxi	12,0	59,4	29,3
28	Solaris Urbino 12 hybrid	ON	EURO VI	maxi	12,0	59,6	31,1
29	Solaris Urbino 12 hybrid	ON	EURO VI	maxi	12,0	60,0	32,4

Lp.	Marka i typ	Rodzaj paliwa	Norma emisji EURO	Klasa pojemnościowa	Długość pojazdu [m]	Średni przebieg roczny [tys. km]	Zużycie paliwa [dm ³ /100 km]
30	Solaris Urbino 12 hybrid	ON	EURO VI	maxi	12,0	62,4	29,1
31	Solaris Urbino 12 hybrid	ON	EURO VI	maxi	12,0	63,1	28,9
32	Solaris Urbino 12 hybrid	ON	EURO VI	maxi	12,0	63,5	29,5

Źródło: dane Miasta.

Tabor, którym dysponuje MZK sp. z o.o., nie jest zróżnicowany pod względem pojemności pasażerskiej. Cały park taborowy stanowią autobusy zabierające na pokład od 94 (autobusy hybrydowe) do 98-100 osób (autobusy z silnikami Diesla).

Strukturę taboru pabianickiej komunikacji miejskiej w podziale na normy emisji spalin, wg stanu na dzień 30 kwietnia 2024 r., przedstawiono w tabeli 4.

Tab. 4. Struktura taboru pabianickiej komunikacji miejskiej w podziale na normy emisji spalin – stan na 30 kwietnia 2024 r.

Wyszczególnienie	Jednostka	Norma czystości spalin EURO			elektryczny	Razem
		IV	V	VI		
Liczba pojazdów	szt.	9	5	18	0	32
Struktura	%	28,1	15,6	56,3	0,0	100,0

Źródło: dane Miasta.

Wszystkie użytkowane przez MZK sp. z o.o. pojazdy były dostosowane do potrzeb osób z ograniczoną mobilnością – zostały wyposażone w miejsce na wózek, rampę wjazdową oraz sygnalizację dedykowaną OzN, system informacji pasażerskiej z zapowiedziami głosowymi i z lokalizatorami GPS, a także w automaty biletowe. Wszystkie autobusy hybrydowe (18 szt. – 56%) posiadały klimatyzację przestrzeni pasażerskiej, wi-fi i ładowarki dla pasażerów.

MZK sp. z o.o. wykorzystuje obecnie do realizacji przewozów przede wszystkim autobusy hybrydowe, charakteryzujące się znacznie niższym zużyciem paliwa niż autobusy napędzane silnikiem konwencjonalnym. Autobusy z napędem klasycznym kierowane są na zadania o najmniejszej liczbie zaplanowanych wzkm oraz rezerwowo. Na trasy w dniu powszednim eksploatowane są codziennie 22 autobusy, co oznacza że MZK sp. z o.o. dysponowała wysoką rezerwą taborową – stanowiła ona 31% floty i 45% liczby pojazdów w ruchu.

W ramach pabianickiej komunikacji miejskiej wg stanu na dzień 30 kwietnia 2024 r. nie eksploatowano autobusów zeroemisyjnych. Ich udział wynosił więc 0,0%. Wymagany od dnia

1 stycznia 2023 r. próg 10% udziału autobusów zeroemisyjnych lub napędzanych biometanem, we flocie pojazdów użytkowanych w komunikacji miejskiej, nie został więc osiągnięty.

Obowiązki zapewnienia: od 1 dnia stycznia 2021 r. minimum 5% i od dnia 1 stycznia 2023 r. – minimum 10% udziału taboru zeroemisyjnego we flocie pojazdów komunikacji miejskiej, nie były jednak w przypadku Pabianic wymagane, bowiem poprzednia analiza kosztów i korzyści wykazała brak korzyści z eksploatacji autobusów elektrycznych w stosunku do spalinowych.

4. Plan wymiany taboru

4.1. Problematyka rodzaju taboru w opracowaniach strategicznych Pabianic

Przedmiotem niniejszej analizy jest identyfikacja kosztów i korzyści powstałych w wyniku zapewnienia przez Miasto świadczenia usług w ramach komunikacji miejskiej autobusami zeroemisyjnymi – zgodnie z wymogami art. 36 oraz art. 68 ust. 4 ustawy o elektromobilności. Zdefiniowanie wariantów możliwych inwestycji taborowych wymaga analizy – pod kątem zakładanych w tym zakresie inwestycji – opracowań strategicznych Miasta.

Problematyka związana z pabianicką komunikacją miejską zawarta została w różnych dokumentach strategicznych województwa łódzkiego, powiatu pabianickiego i Miasta. Dokumenty te przywołano po kolei poniżej.

„Strategia Rozwoju Łódzkiego Obszaru Metropolitalnego 2020+”¹⁶, w wersji przyjętej uchwałą nr 12/2022 Rady Stowarzyszenia Łódzki Obszar Metropolitalny z dnia 29 września 2022 r., zdefiniowała pięć celów strategicznych dla Obszaru, w tym cel nr 3 – „Budowa zintegrowanego i zrównoważonego systemu transportu metropolitalnego”.

W celu tym wyznaczono dwa priorytety:

- nr 3.1 – „Integracja, modernizacja i rozwój sieci metropolitalnego transportu zbiorowego”;
- nr 3.2 – „Modernizacja i rozwój infrastruktury transportu publicznego”.

Zgodnie ze strategią, integracja sieci metropolitalnego transportu zbiorowego powinna być realizowana na dwóch płaszczyznach: jako wewnętrzna integracja sieci metropolitalnego transportu zbiorowego oraz jako integracja sieci metropolitalnego transportu zbiorowego z systemem transportu krajowego i międzynarodowego.

Za działania w ramach pierwszej płaszczyzny uznano:

- rozwinięcie koncepcji Wspólnego Biletu Aglomeracyjnego;
- powiązanie Łódzkiej Kolei Aglomeracyjnej z transportem lokalnym (multimodalne dworce);
- zwiększenie liczby bezpośrednich połączeń pomiędzy mniejszymi ośrodkami w ŁOM;
- rozwój systemów P&R oraz B&R;
- rozbudowę infrastruktury oraz modernizację taboru w transporcie tramwajowym i autobusowym.

Zintegrowany i sprawny system transportowy powinien bazować na wykorzystaniu nowoczesnych niskoemisyjnych środków transportu oraz infrastruktury technicznej i informatycznej, służąc integracji przestrzennej zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju.

Drugą płaszczyznę ukierunkowano na inwestycje drogowe.

¹⁶ www.lom.lodz.pl/strategia-zit, dostęp: 30.04.2024 r.

W ramach Strategii ZIT przewidziano dla każdego z celów strategicznych realizację programów kompleksowych, w tym „Kompleksowego Programu Rozwoju Transportu Metropolitalnego” – składającego się z wiązki projektów, w której zawarto projekty związane z niskoemisyjnym transportem zbiorowym (5 podstawowych projektów ZIT i 1 komplementarny oraz 2 rezerwowe projekty ZIT i 1 rezerwowy komplementarny).

Jako typy projektów w strategii wymieniono:

- budowę i przebudowę przystanków lub węzłów przesiadkowych pomiędzy różnymi rodzajami systemów transportu, a także parkingów P&R i B&R z infrastrukturą przy węzłach lub przystankach krańcowych;
- zakup lub modernizację niskoemisyjnego taboru dla publicznego transportu zbiorowego, w tym zakup, budowę lub przebudowę infrastruktury do jego obsługi (np. zaplecze techniczne do obsługi taboru w zajezdni, instalację do dystrybucji ekologicznych nośników energii);
- inwestycje infrastrukturalne: adaptację, budowę, przebudowę lub rozbudowę sieci transportu miejskiego;
- inwestycje taborowe: zakup, modernizację taboru szynowego (tramwajowego, metra), trolejbusowego i autobusowego – wraz z niezbędną infrastrukturą służącą do jego utrzymania (np. zaplecza techniczne do obsługi i konserwacji taboru, miejsca i urządzenia zasilania paliwem alternatywnym).

Poddany konsultacjom społecznym projekt opracowania „Plan Zrównoważonej Mobilności Miejskiej dla Łódzkiego Obszaru Metropolitalnego”¹⁷ dotyczy łącznie 26 gmin (wiejskich, miejsko-wiejskich oraz miast, w tym Łodzi) i trzech powiatów. Wśród gmin objętych dokumentem znajdują się: miasto Pabianice, miasto i gmina Rzgów oraz gminy Ksawerów i Pabianice. Jako rdzeń Obszaru Metropolitalnego wskazano oczywiście Łódź. Miasta Pabianice i Rzgów zaliczone zostały do miast okołordzeniowych, zaś gminy Ksawerów i Rzgów (bez miasta) – do gmin okołordzeniowych, z kolei gmina Pabianice uznana została za podmiejską.

Plan opracowano uwzględniając następujące scenariusze rozwojowe:

- 0 – referencyjny;
- I – rozwoju publicznego transportu zbiorowego;
- II – rozwoju elektromobilności i optymalnego wykorzystania samochodu;
- III – zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego i elektromobilności;
- IV – pełnego rozwoju publicznego transportu zbiorowego i elektromobilności.

¹⁷ <http://omw.lom.lodz.pl/wstepny-projekt-planu-zrownowazonej-mobilnosci-miejskiej-sump/>, dostęp: 30.04.2024 r.

W Dokumencie wyznaczono cztery cele strategiczne:

- nr I – Poprawa bezpieczeństwa wszystkich uczestników ruchu drogowego;
- nr II – Zwiększenie dostępności transportu zbiorowego;
- nr III – Wzrost udziału podróży niesamochodowych w modal split;
- nr IV – Zmniejszenie emisji z transportu

oraz działania wyznaczone dla sześciu wyszczególnionych obszarów strategicznych.

Dla obszaru „Transport publiczny i niezmotoryzowany” wymieniono 19 działań, w tym w szczególności siedem niżej wymienionych:

- nr 2.2 – Dostępne i zintegrowane węzły przesiadkowe z wykorzystaniem obecnych, powstających i planowanych przystanków oraz stacji kolejowych;
- nr 2.3 – Rozbudowa autobusowych połączeń dowozowych do stacji i przystanków kolejowych;
- nr 2.7 – Dostępne i zintegrowane węzły przesiadkowe łączące transport autobusowy, tramwajowy oraz indywidualny;
- nr 2.8 – Wymiana taboru autobusowego;
- nr 2.9 – Wykorzystanie OZE do (częściowego) zasilania stacji ładowania autobusów elektrycznych;
- nr 2.11 – Rozszerzenie sieci buspasów, pasów autobusowo-tramwajowych, wydzielonych torowisk tramwajowych, a także zamykanie ulic dla ruchu indywidualnego, z pozostawieniem możliwości przejazdu dla transportu zbiorowego;
- nr 2.15 – Integracja sieci pieszej i rowerowej z transportem zbiorowym.

W Planie zakłada się sukcesywną wymianę przestarzałego taboru autobusowego w celu polepszenia jakości obsługi pasażerów oraz ze względu na dbałość o środowisko naturalne. Przyjmuje się, że tabor będzie wymieniany na pojazdy fabrycznie nowe, zeroemisyjne, w całości niskopodłogowe, z klimatyzacją przestrzeni pasażerskiej, dostosowane do potrzeb osób z ograniczoną mobilnością, wyposażone w elektroniczny system informacji pasażerskiej i odpowiednie oznakowanie.

Dokument zakłada wykorzystanie energii z OZE do zasilania autobusów elektrycznych – poprzez budowę instalacji fotowoltaicznych w pobliżu krańców z pantografowymi stacjami ładowania. Plan dopuszcza możliwość obsługi niektórych linii w systemie transportu na żądanie.

W ramach obszaru „Zarządzanie zrównoważoną mobilnością” jako zadania wskazano m.in. utworzenie aglomeracyjnych struktur zarządzania publicznym transportem zbiorowym, koordynację rozkładową z jednolitą numeracją oraz integrację taryfowo-biletową publicznego transportu zbiorowego.

Dokument określił ponadto pakiety działań, zgodnie z którymi działanie nr 2.3 zaliczone zostało do pakietu „Zintegrowane zarządzanie przestrzenią i transportem”, działania oznaczone numerami: 2.2, 2.8, 2.9 i 2.15 do pakietu „Nowoczesna i energooszczędna infrastruktura zrównoważonej mobilności”, a działanie nr 2.11 do pakietu „Poprawa bezpieczeństwa mobilności w Obszarze”. Działania nr 2.7 nie ujęto w żadnym z pakietów.

„Aktualizacja Planu Zrównoważonego Rozwoju Publicznego Transportu Zbiorowego dla Województwa Łódzkiego do roku 2020 z perspektywą do roku 2030”¹⁸ zawiera sieć połączeń w wojewódzkich przewozach pasażerskich w trzech wariantach: podstawowym, uzupełniającym I oraz uzupełniającym II.

W wariantcie podstawowym planu wojewódzkiego zaplanowano spójną sieć kolejową (w ujęciu wojewódzkim), łączącą stolice powiatów z Łodzią – jako głównym ośrodkiem województwa oraz ewentualną realizację wybranych połączeń bezpośrednich pomiędzy ośrodkami powiatowymi.

Wariant uzupełniający I rozszerzony został o odcinki sieci kolejowej przedłużone do granicy województwa łódzkiego. Uruchomienie takich przewozów uzależniono od zawarcia odpowiednich porozumień lub uzgodnień z sąsiadującymi województwami oraz dostępności środków finansowych samorządu województwa. Przewidziano połączenie w kierunku Łódź – SieRADZ – granica województwa wielkopolskiego (kierunek Wrocław/Poznań) oraz po zapewnieniu odpowiedniej infrastruktury kolejowej m.in. w kierunkach:

- Łódź – Zduńska Wola – Chorzew-Siemkowice – Wieluń – Wieruszów – granica województwa (kierunek Kępno);
- Łódź – Zduńska Wola – Chorzew-Siemkowice – Biała Pajęczańska – granica województwa (kierunek Częstochowa).

W wariantcie uzupełniającym II przewidziano rozszerzenie wariantu podstawowego lub uzupełniającego I poprzez uruchomienie wojewódzkich drogowych przewozów publicznych w wybranych kierunkach. Wymieniono linie komunikacyjne zapewniające połączenia pomiędzy miastami powiatowymi, z możliwością ich przedłużenia. Żadna z projektowanych w planie wojewódzkim linii autobusowych nie obejmuje jednak Pabianic.

Miasto Pabianice zostało wskazane w Planie jako węzeł wymieniony w planie krajowym i na sieci wojewódzkiej.

¹⁸ Strategia przyjęta przez Sejmik Województwa Łódzkiego uchwałą nr LI/605/22 z dnia 20 grudnia 2022 r., Dz. Urz. Woj. Łódzkiego nr 2023.551, ogłoszony 20 stycznia 2023 r.

„Regionalny Plan Transportowy Województwa Łódzkiego dla realizacji warunku podstawowego Celu Polityki 3 (w zakresie transportu) w perspektywie finansowej 2021-2027 wraz z projektem Prognozy Oddziaływania na Środowisko”¹⁹ określił cztery cele strategiczne, w tym:

- CS1 – Zrównoważenie systemu transportowego dla osiągnięcia neutralności klimatycznej;
- CS4 – Efektywne zarządzanie i transformacja cyfrowa transportu.

W ramach każdego z celów strategicznych wskazano kierunki działań i działania.

Dla celu CS1 wymieniono m.in. kierunki działań:

- nr 1.1 – Zwiększenie udziału podróży transportem zbiorowym i likwidacja wykluczenia komunikacyjnego, a w nim jako działania w szczególności:
 - rozwój siatki połączeń publicznym transportem zbiorowym, szczególnie na obszarach wiejskich i peryferyjnych, w tym do stacji i przystanków kolejowych;
 - budowę i przebudowę zintegrowanych węzłów przesiadkowych wspartych systemami P&R, K&R;
 - budowę i przebudowę infrastruktury tramwajowej;
- nr 1.3 – Ekologizacja transportu, a w nim jako działania w szczególności:
 - zakup oraz modernizację ekologicznego taboru autobusowego i szynowego wraz z rozbudową zapleczy technicznych;
 - budowę i rozbudowę infrastruktury paliw alternatywnych, w tym dla publicznego transportu zbiorowego.

W ramach celu nr CS4 jako kierunek działań wskazano m.in. rozwój koncepcji „Mobilność jako usługa”, a jako działania w szczególności: rozwój i integrację systemów biletowo-taryfowych, spójnych systemów informacji pasażerskiej, zintegrowanej platformy planowania i opłacania podróży oraz koordynację rozkładów jazdy.

„Strategia Rozwoju Powiatu Pabianickiego 2030”²⁰ określiła misję i wizję powiatu oraz trzy cele strategiczne. Celem strategicznym związanym z transportem jest cel nr 1 – Rozwój i modernizacja infrastruktury technicznej w zgodzie z Europejskim Zielonym Ładem. Wymieniono w nim cel operacyjny nr 1.1 – Poprawa stanu i rozwój infrastruktury drogowej, pieszej i rowerowej, który uwzględnia kierunki działań: nr 3 – Promowanie nisko- i zeroemisyjnych rozwiązań transportowych” oraz nr 4 – Rozwój infrastruktury towarzyszącej komunikacji – przystanków, tablic informacyjnych, spójnych rozkładów, systemu oznakowania. Jednym ze wskaźników realizacji tych działań jest liczba zadań/projektów realizowanych w zakresie infrastruktury i usprawnień funkcjonowania transportu zbiorowego.

¹⁹ Plan przyjęty uchwałą nr 109/24 Zarządu Województwa Łódzkiego z dnia 30 stycznia 2024 r. bip.lodzkie.pl/zarząd-województwa-lodzkiego/uchwały-zarządu/details/9/4117/uchwały-zarządu-w-

²⁰ Strategia przyjęta uchwałą nr XLI/308/21 Rady Powiatu Pabianickiego z dnia 28 października 2021 r.

„Strategia Rozwoju Miasta Pabianic na lata 2023-2030”²¹ określiła wizję i misję miasta oraz sześć celów strategicznych w ramach trzech sfer. W sferze przestrzennej strategicznym jest m.in. cel nr 5 – Rozwój sprawnego systemu transportowego i infrastruktury sieciowej.

W ramach tego celu jako drugi priorytet rozwojowy wymieniono „Inwestycje w zakresie infrastruktury drogowej i okołodrogowej spójne z rozwojem usług transportowych”, a w nim kierunek działań nr 5.2 – Sprawny system komunikacji.

Dla tego kierunku określono w dokumencie m.in. zadania:

- współpraca z jednostkami samorządu terytorialnego wchodzącego w skład Łódzkiego Obszaru Metropolitalnego, przewoźnikami i organizatorami transportu funkcjonującego na terenie ŁOM w celu skomunikowania Pabianic z innymi gminami oraz współtworzenia spójnego, zintegrowanego systemu transportowego w obszarze ŁOM zgodnie z zapisami Planu Zrównoważonej Mobilności Miejskiej;
- optymalne wykorzystanie potencjału zmodernizowanej linii tramwajowej Pabianice – Ksawerów – Łódź, w tym realizację projektu Łódzki Tramwaj Metropolitalny – etap: zakup niskopodłogowego taboru tramwajowego (w partnerstwie z podmiotami odpowiedzialnymi za funkcjonowanie połączenia);
- podnoszenie standardów obsługi komunikacji publicznej oraz stanu pojazdów wykorzystywanych do świadczenia usług transportowych;
- wspieranie transportu nisko- i zeroemisyjnego w celu poprawy jakości powietrza, w tym wymianę taboru autobusowego na autobusy elektryczne;
- modernizacja i rozwój komunikacji miejskiej w Pabianicach: etap II – wymiana taboru autobusowego komunikacji miejskiej oraz modernizacja zajezdni MZK wraz z budową stacji ładowania autobusów elektrycznych;
- poprawa obsługi węzłów multimodalnych transportem indywidualnym i zbiorowym w tym budowa parkingów P&R przy stacjach kolejowych, także we współpracy z zarządcami terenów kolejowych i dróg.

Za oczekiwany rezultat działań przyjęto osiągnięcie pracy eksploatacyjnej w komunikacji autobusowej na poziomie 1 368 tys. wozokilometrów oraz zakup 18 autobusów niskoemisyjnych o napędzie hybrydowym.

„Aktualizacja Planu Gospodarki Niskoemisyjnej dla Miasta Pabianic na lata 2021-2024”²² określiła jako cel strategiczny: „Poprawę jakości życia na terenie Miasta Pabianice poprzez

²¹ Strategia przyjęta uchwałą Rady Miejskiej w Pabianicach nr LXVII/649/23, z dnia 20 lipca 2023 r.

²² Aktualizacja przyjęta uchwałą Rady Miejskiej w Pabianicach nr XXV/275/20, z dnia 30 listopada 2020 r.

prowadzenie racjonalnego gospodarowania zasobami i energią”. W ramach tego celu strategicznego plan wskazał cztery cele szczegółowe, w tym cel nr 1 – Redukcja emisji CO₂ w Mieście Pabianice” oraz nr 4 – Redukcja zanieczyszczeń do powietrza, w tym benzo(a)pirenu, PM10 i PM2,5.

W ramach działań planowanych do 2024 r. wymieniono w Aktualizacji zmniejszenie emisji zanieczyszczeń pochodzących z sektora transportu.

Jako działanie w obszarze transportu pod pozycją nr 1 opisywana Aktualizacja wymieniła zrealizowany projekt „Modernizacja i rozwój komunikacji miejskiej w Pabianicach”, a pod pozycją nr 2 – zrealizowany projekt „Łódzki Tramwaj Metropolitalny, etap Pabianice – Ksawerów”.

„Program Ochrony Środowiska dla Miasta Pabianic na lata 2023-2027 z perspektywą do roku 2030”²³ określił cele realizowane w ramach dziesięciu obszarów interwencji. W ramach obszaru „ochrona klimatu i jakości powietrza” jako zadanie wskazano m.in. „montaż instalacji OZE i zakup samochodów niskoemisyjnych”, natomiast w ramach obszaru interwencji zagrożenia hałasem jako działanie edukacyjne wymieniono m.in. promowanie transportu zbiorowego.

4.2. Problematyka wymiany taboru w poprzedniej AKK

W ostatniej „Analizie kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych dla Miasta Pabianice”, opracowanej w grudniu 2018 r., uwzględniono cztery warianty wymiany taboru autobusowego:

- 1A – konwencjonalny – w którym założono sukcesywną wymianę taboru na nowe autobusy hybrydowe oraz realizację projektu „Łódzki Tramwaj Metropolitalny: etap Pabianice – Ksawerów”;
- 1B – konwencjonalny – w którym założono sukcesywną wymianę taboru na nowe autobusy hybrydowe, zaniechanie realizacji projektu „Łódzki Tramwaj Metropolitalny: etap Pabianice – Ksawerów” oraz uruchomienie przez Miasto nowej linii komunikacyjnej po trasie zbliżonej do trasy linii tramwajowej 41;
- 2A – elektryczny – w którym założono realizację projektu „Łódzki Tramwaj Metropolitalny: etap Pabianice – Ksawerów” oraz sukcesywne wprowadzanie taboru z bateryjnym zasilaniem elektrycznym, w celu spełnienia wymogów określonych ustawą o elektromobilności;
- 2B – elektryczny – w którym założono brak realizacji projektu „Łódzki Tramwaj Metropolitalny: etap Pabianice – Ksawerów”, uruchomienie przez Miasto nowej linii komunikacyjnej po trasie zbliżonej do trasy linii tramwajowej 41 oraz sukcesywne wprowadzanie taboru

²³ Program przyjęty uchwałą Rady Miejskiej w Pabianicach nr LXXII/696/23, z dnia 29 listopada 2023 r.

z bateryjnym zasilaniem elektrycznym w celu spełnienia wymogów określonych ustawą o elektromobilności.

Poza ww. wariantami inwestycyjnymi, utworzono ponadto porównawczy scenariusz bazowy, z wykonywaniem przewozów autobusami zasilanymi olejem napędowym, przy możliwie najniższych nakładach finansowych na odtwarzanie taboru.

W okresie opracowywania AKK w 2018 r. łączny stan floty autobusów pabianickiej komunikacji miejskiej wynosił 31 autobusów zasilanych olejem napędowym, z napędami spełniającymi wymogi norm EURO od III do VI.

W opracowaniu przyjęto, że uruchomienie dodatkowej linii autobusowej 41 spowodowałoby zwiększenie liczby pojazdów we flocie w wariantach 1B o 9, a w wariantach 2B – o 10 szt.

W dokumencie przyjęto ponadto, że każde pięć wycofywanych autobusów z silnikiem Diesla, zastąpione zostanie sześcioma autobusami elektrycznymi, z uwagi na potrzebny dodatkowy czas na doładowanie baterii podczas postoju autobusu elektrycznego na pętłach.

Dla wyliczonej dla poszczególnych wariantów łącznej liczby pojazdów, w przypadku wystąpienia obowiązku eksploatacji pojazdów zeroemisyjnych, przyjęto że we flocie powinno być ich odpowiednio:

- od 1 stycznia 2021 r. – w wariantach A i B – 2 autobusy;
- od 1 stycznia 2023 r. – w wariantach A – 4 autobusy, w wariantach B – 5 autobusów;
- od 1 stycznia 2025 r. – w wariantach A – 7 autobusów, w wariantach B – 9 autobusów;
- od 1 stycznia 2028 r. (udział docelowy) – w wariantach A – 11 autobusów, w wariantach B – 13 autobusów.

W dokumencie wskazano ponadto linie, na których wykorzystywane byłyby autobusy elektryczne. Jako sposób ładowania przyjęto ładowanie szybkie na stacjach pantografowych zlokalizowanych na pętłach.

Do obsługi taboru elektrycznym w wariantach A zaplanowano do elektryfikacji: w pierwszej kolejności linię 1 ze stacją ładowania szybkiego na pętli Dworzec PKP, w drugiej kolejności linie 3 i 5, z tym samym stanowiskiem ładowania oraz ewentualnie dodatkowym na pętli Waltera-Jankego, w trzeciej kolejności – linie 2 i 7, korzystające z dodatkowej stacji ładowania na pętli Waltera-Jankego.

W wariantach B w pierwszej kolejności do obsługi taboru elektrycznym przewidziano linię 41, ze stanowiskiem ładowania w rejonie szpitala. W drugiej kolejności wskazano do elektryfikacji linię 1 i uzupełniająco linie 3 i 5 – ze stanowiskiem ładowania przy dworcu kolejowym Pabianice.

Analiza przeprowadzona w 2018 r. wykazała, że w porównaniu do scenariusza bazowego najkorzystniej wypadły warianty konwencjonalne – 1A i 1B. Przy przyjętych założeniach analiza

wykazała brak przewagi korzyści z użytkowania taboru zeroemisyjnego, a zatem i brak obowiązku jego zastosowania.

Głównym powodem negatywnych wyników analizy były wysokie ceny autobusów zeroemisyjnych, konieczność ponoszenia znaczących dodatkowych nakładów na instalacje zasilające oraz niekorzystne wskaźniki emisji zanieczyszczeń emitowanych przy produkcji energii elektrycznej w Polsce.

W wyniku symulacji zmian efektywności finansowej i ekonomicznej obliczono, że korzyści ze stosowania taboru zeroemisyjnego wystąpiłyby, jeśli cena autobusu elektrycznego byłaby niższa o 52,4% dla wariantu 2A i o 57,6% dla wariantu 2B.

4.3. Wybór rodzaju napędu

Wybór rodzaju napędu stosowanego w pojazdach komunikacji miejskiej zależy nie tylko od wyników analiz zawartych w dokumentach strategicznych związanych z rozwojem danego miasta i jego obszaru funkcjonalnego, w tym w obszarze publicznego transportu zbiorowego, ale także od wielu różnych uwarunkowań technicznych i finansowych.

Przesłanki przemawiające za zastosowaniem w eksploatowanym taborze autobusowym różnych źródeł zasilania, stanowią możliwe do osiągnięcia następujące efekty:

- dywersyfikacja źródeł zasilania taboru – zwiększająca bezpieczeństwo ekonomiczne przy wahaniami cen paliw oraz zmianie warunków klimatycznych, ale przy małej liczbie pojazdów obsługujących sieć – zwiększająca jednocześnie koszty eksploatacyjne;
- zwiększenie bezpieczeństwa dostaw paliw i energii oraz ich stabilności cenowej;
- w przypadku pojazdów elektrycznych – wydłużenie okresu eksploatacji taboru bez konieczności dokonywania poważnych napraw, ze względu na większą trwałość silników elektrycznych (z wyjątkiem baterii);
- zmniejszenie niekorzystnego oddziaływania transportu publicznego na mieszkańców w silnie zurbanizowanym obszarze miasta, w związku z brakiem emisji zanieczyszczeń do atmosfery w miejscu użytkowania autobusów zeroemisyjnych i zmniejszoną emisją zanieczyszczeń przez pojazdy zasilane CNG;
- realizacja celów zdefiniowanych w ustawie o elektromobilności.

Nakłady finansowe na uruchomienie przewozów bateryjnymi autobusami elektrycznymi związane są nie tylko z wysokim kosztem zakupu pojazdów, ale także ze znacznymi dodatkowymi wydatkami na infrastrukturę służącą do ich zasilania. Z drugiej strony, w wyniku dotychczas niższych kosztów zakupu energii elektrycznej niż oleju napędowego, możliwe były do osiągnięcia oszczędności wynikające z codziennej eksploatacji tego typu pojazdów.

Z kolei nakłady finansowe na uruchomienie przewozów autobusami elektrycznymi z wodorowymi ogniwami paliwowymi związane są z bardzo wysokim kosztem zakupu pojazdów

stosujących tę nowatorską technologię oraz z brakiem dostępu do bliskiej stacji tankowania wodoru w Polsce. Koszt uruchomienia dedykowanej stacji tankowania wodoru jest nadal wciąż kilkunasto- lub nawet kilkudziesięciokrotnie wyższy od kosztu instalacji punktu ładowania autobusów elektrycznych. Nadal bardzo wysokie są również ceny wodoru jako paliwa.

Wprowadzony ustawą o elektromobilności obowiązek systematycznego zwiększania udziału autobusów zeroemisyjnych lub napędzanych biometanem w strukturze taboru wykorzystywanego w komunikacji miejskiej, stwarza konieczność zmiany dotychczasowej praktyki nabywania nowych pojazdów zasilanych olejem napędowym na – w coraz większym zakresie – pojazdy zeroemisyjne. Zapisy tej ustawy wymagają, aby w miastach przekraczających 50 000 mieszkańców, począwszy od dnia 1 stycznia 2028 r., flota pojazdów składała się przynajmniej w 30% z autobusów zeroemisyjnych lub napędzanych biometanem. W skali kraju aktualnie udział takich autobusów w strukturze taboru wykorzystywanego w komunikacji miejskiej jest jeszcze niewielki, tymczasem narzucone tempo wzrostu tego udziału, wynikające z przepisów ustawy o elektromobilności, należy uznać za wysokie.

W Pabianicach nie eksploatowano dotychczas autobusów elektrycznych. Operator i Miasto posiadają natomiast doświadczenia z eksploatacji taboru hybrydowego.

W Analizie kosztów i korzyści z 2018 r. przeanalizowano możliwości wprowadzenia do eksploatacji autobusów zasilanych CNG. Istotną kwestią, przy podejmowaniu decyzji o eksploatacji taboru zasilanego CNG, jest dostępność stacji tankowania sprężonego gazu ziemnego. W Pabianicach nie funkcjonuje obecnie stacja tankowania CNG, zaś najbliższe znajdują się w Warszawie – na terenie zajezdni autobusowej Miejskich Zakładów Autobusowych sp. z o.o. przy ul. Kleszczowej 28 oraz przy ul. Prądzyńskiego 16 – na terenie Gazowni Warszawa Zachód PSG sp. z o.o., a także w Radomiu – na terenie zajezdni Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacji w Radomiu sp. z o.o., ul. Wjazdowa 4.

Zastosowanie CNG do zasilania autobusów determinowane jest głównie kosztem jego zakupu i dostępnością. Rozwój stacji z możliwością tankowania CNG i popularyzacji gazu ziemnego jako paliwa został zahamowany po rozpoczęciu przez Federację Rosyjską działań wojennych w Ukrainie. Wprowadzenie sankcji na dostawy gazu doprowadziło do dywersyfikacji kierunków dostaw tego paliwa. Przy eksploatacji taboru zasilanego CNG istotne jest także to, że właścicielem infrastruktury do tankowania autobusów gazowych z reguły nie jest organizator ani operator przewozów, lecz jedna z firm dostarczających to paliwo.

Istotne jest także, że do dnia 1 stycznia 2028 r. zastosowanie tego paliwa nie powoduje spełnienia wymogów określonego udziału taboru zeroemisyjnego we flocie obsługujących po-

jazdów, zawartych w przepisach art. 35 ustawy o elektromobilności, zaś po tej dacie do wyliczenia udziału zaliczane będą wyłącznie autobusy zasilane sprężonym biometanem. W Polsce nie występują jednak obecnie stacje tankowania biometanu, ani też sprężonego biometanu.

Przy flocie 32 pojazdów, dwa rodzaje napędów autobusów: olej napędowy i energia elektryczna – wydają się być wystarczające. Z tego powodu w niniejszej analizie kosztów i korzyści zrezygnowano z rozpatrywania wariantu wprowadzania do eksploatacji autobusów zasilanych gazem ziemnym.

Możliwym do zastosowania w warunkach Pabianic paliwem alternatywnym jest więc energia elektryczna, a pojazdami spełniającymi warunki – elektryczne autobusy zeroemisyjne.

Dostępными obecnie na rynku autobusami zeroemisyjnymi – nieemitującymi gazów cieplarnianych lub innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych – są pojazdy z napędem elektrycznym zasilane bateryjnie, z sieci zewnętrznej (trolejbusy) lub ze stacji doładowania różnych rodzajów albo w systemie mieszanym. Autobusami zeroemisyjnymi są także autobusy elektryczne z wytwarzaniem energii w ogniach paliwowych, ale tylko takich, dla których w efekcie spalania paliwa nie występuje emisja CO₂ – co przy obecnym stanie zaawansowania techniki – w praktyce ogranicza je do autobusów z ogniwami paliwowymi zasilanymi wodorem (H₂).

Trolejbusy, ze względu na brak w Pabianicach trolejbusowej sieci trakcyjnej i bardzo wysokie koszty jej budowy od podstaw, wykluczono z dalszej analizy.

Miasto może rozważyć zastosowanie dwóch typów napędów autobusów zapewniających zeroemisyjność. Są to elektryczne silniki napędowe zasilane bateryjnie – z okresowym doładowywaniem baterii na pętlach lub podczas postoju na terenie zajezdni oraz elektryczne silniki napędowe zasilane z lokalnego źródła – wodorowego ogniwa paliwowego.

Pojazdy zeroemisyjne zasilane z baterii stanowią zdecydowaną większość nowo wprowadzanych do użytkowania autobusów z napędem elektrycznym. Istotną kwestią, związaną z ich codzienną eksploatacją, jest wybór strategii ładowania baterii.

Podstawową metodą dostarczania energii jest złącze kablowe plug-in, które ma jednak zwykle moc przekazywaną ograniczoną do 120 kW. Ładowanie odbywa się najczęściej w nocy w zajezdni operatora (lub w innym miejscu z zainstalowaną ładowarką) oraz niekiedy uzupełniająco w ciągu dnia – podczas dłuższych przerw w pracy pojazdu na linii. W większych miastach stosowane są w autobusach miejskich dodatkowo pantografy zwykłe i odwrócone – pozwalające na szybkie doładowanie zasobników energii, w ciągu kilku lub kilkunastu minut, wysokim prądem na stanowisku postojowym np. na pętli.

Najprostszym rozwiązaniem jest wyposażenie pojazdów w baterie pozwalające na wykonanie pełnego dziennego cyklu pracy w danej sieci komunikacji miejskiej – podobnego jak dla

autobusów zasilanych olejem napędowym – czyli na zapewnienie przynajmniej 250-300 km przejazdu z pełnym obciążeniem bez doładowywania baterii. Ładowanie pojazdów odbywałoby się w tym przypadku na terenie zajezdni, w czasie nocnego postoju autobusów. W celu pełnego naładowania baterii oraz ich ustabilizowania, pojazd musi być też ostatecznie codziennie doładowywany podczas postoju w zajezdni albo w wyznaczonym miejscu na trasie.

Czas ładowania zależy nie tylko od stosowanego typu baterii, ale także od używanej ładowarki i ograniczeń stawianych przez energetyczną sieć zasilającą. Standardowy czas pełnego naładowania jednego autobusu elektrycznego poprzez złącze plug-in wynosi przeciętnie od 4 do 6 godzin, co oznacza, że dla każdego użytkowanego pojazdu elektrycznego powinna być zakupiona oddzielna ładowarka i najczęściej zagwarantowane oddzielne miejsce postojowe, a sieć energetyczna powinna pozwolić na jednoczesne ładowanie standardowe wszystkich użytkowanych pojazdów elektrycznych.

Autobusy elektryczne posiadają zasobniki energii (baterie), których pojemność determinuje z jednej strony zasięg pojazdów pomiędzy ładowaniami, a z drugiej strony – cenę pojazdów i ich masę własną, która przy ograniczonej dopuszczalnej masie całkowitej, ma wpływ na nominalną pojemność pasażerską.

Aktualnie na rynku w segmencie autobusów elektrycznych klasy midi, o długości około 9-10 m, dominuje rozwiązanie polegające na wyposażeniu pojazdu w baterie pozwalające na wykonywanie zadań całodziennych.

Wśród autobusów dłuższych stosowane najczęściej są dodatkowo systemy doładowania na trasie – poprzez ładowarkę z pantografem (normalny lub odwrócony) albo poprzez złącze plug-in o stosunkowo dużym prądzie ładowania.

Zastosowanie wyłącznie ogrzewania elektrycznego w tego rodzaju pojazdach wciąż jednak nie zapewnia w polskim klimacie w trudnych warunkach użytkowania (ekstremalnie wysokie temperatury powietrza, silne mrozy), pewności pokonania przez autobus 250-300 km bez konieczności doładowania (doświadczenia z testów w różnych miastach). Stosowany jest więc uzupełniający system ogrzewania spalinowego (na olej napędowy lub LPG). Wysoki, dodatkowy pobór energii z baterii występuje jednak także w okresach upałów, przy włączonej klimatyzacji pracującej z maksymalną wydajnością.

W obecnie opracowanych rozkładach jazdy dla poszczególnych zadań przewozowych, w 2/3 przypadków zaplanowana dzienna liczba wozokilometrów przekracza 200. Autobusy ładowane wyłącznie w zajezdni musiałyby być wyposażone w baterie o bardzo dużej pojemności. Zastosowanie pojazdów wyposażonych w takie baterie, np. rzędu 400 kWh, skutkuje znacznym zmniejszeniem pojemności pasażerskiej, w przypadku europejskich producentów pojazdów nie gwarantując przy tym nawet – w skrajnych warunkach pogodowych – obsługi całego zadania.

W przypadku autobusów bateryjnych ładowanych wyłącznie w zajezdni ich eksploatacja wiąże się także z koniecznością utrzymywania rezerwy taborowej i kierowców na wypadek wyczerpania baterii autobusu w trakcie wykonywania kursów. Przy znacznym udziale tego typu taboru we flocie, wpływa to na istotny wzrost kosztów wozokilometra.

W Pabianicach układ sieci został zaprojektowany w taki sposób, że trasy wszystkich linii poza 265, rozpoczynają się na pętli Waltera-Jankego lub na pętli Dworzec PKP. Lokalizacja stacji ładowania w tych miejscach pozwalałaby na doładowania autobusów elektrycznych także podczas wykonywania zadań obejmujących wiele linii.

Żywotność baterii litowych określana jest, przy właściwych warunkach eksploatacji, na co najwyżej 10 lat. Dlatego we wcześniejszym okresie (np. po 7-8 latach lub po określonym przebiegu), cała bateria akumulatorów powinna być wymieniona, co jest związane zawsze z wysokim kosztem dla użytkownika.

Jeszcze innym rozwiązaniem jest napęd elektryczny z podstawowym zasilaniem energią elektryczną, wytwarzaną podczas jazdy przez wodorowe ogniwa paliwowe. Autobus wyposażony w taki napęd posiada baterie o znacznie mniejszej pojemności – mające jedynie charakter wyrównawczy – podobnie jak zestawy baterii w autobusach hybrydowych, pojazdach z rekuperacją energii, czy też z systemem start-stop.

Autobusy wyposażone w ogniwa paliwowe zasilane H₂ mają zbiorniki sprężonego wodoru zainstalowane na dachu, o pojemności wystarczającej na przejazd nawet do 350-400 km.

Wadą tego rodzaju rozwiązania jest wysoki koszt ogniw paliwowych, co wpływa na zwiększoną cenę autobusów elektrycznych w nie wyposażonych oraz mocno ograniczona dostępność źródeł i jednocześnie bardzo wysoka cena wodoru. Nie bez znaczenia są także wysokie koszty zapewnienia bezpieczeństwa eksploatacji takich pojazdów, gdyż wodór, przy odpowiednim stosunku objętościowym, tworzy z powietrzem mieszaninę wybuchową.

Zaletą pojazdów elektrycznych z ogniwami paliwowymi, przy pewności dostaw wodoru, jest ich funkcjonowanie podobne do autobusów zasilanych olejem napędowym – codzienne jednorazowe tankowanie przed wyjazdem na trasę oraz brak utrudnień związanych z koniecznością okresowych doładowań na trasie przejazdu. Autobus taki posiada natomiast wszystkie zalety autobusu elektrycznego.

Istotnym utrudnieniem jest brak w Polsce ogólnie dostępnych dla autobusów stacji tankowania wodoru. Plany budowy ogólnodostępnych stacji tankowania wodoru posiadają zarówno Grupa ORLEN, jak i Grupa ZE PAK. Pierwsza ogólnodostępna stacja tankowania wodoru dla samochodów osobowych i autobusów uruchomiona została przez Grupę ZE PAK pod marką NesoStacje w Warszawie, przy ul. Tango. Najbliżej Pabianic stacja tankowania wodoru zlokalizowana została w Koninie, z przeznaczeniem dla pojazdów MZK w Koninie sp. z o.o.

Oferowane na rynku są także lokalne stacje tankowania z wykorzystaniem elektrolizerów, do instalacji np. na terenie zajezdni autobusowej, wymagają one jednak poniesienia znaczących dodatkowych nakładów inwestycyjnych.

Wadą pojazdów z wodorowymi ogniwami paliwowymi są także znaczące koszty ich eksploatacji wynikające z wciąż wysokiej ceny wodoru o wymaganej czystości (np. w Warszawie – ok. 70 zł za dm³).

W Analizie kosztów i korzyści z 2018 r. uwzględniono zastosowanie jednego typu napędów autobusów zeroemisyjnych: elektryczne silniki napędowe zasilane bateryjnie, z okresowym ich doładowywaniem na pętlach poprzez szybkie ładowarki pantografowe. W dokumencie tym nie uwzględniono autobusów wyposażonych w elektryczne silniki napędowe zasilane poprzez wodorowe ogniwa paliwowe, z uwagi na brak w okresie opracowania, pewnego dostawcy wodoru o wysokiej czystości w niskiej cenie oraz dostępnych magazynów wodoru. Sytuacja ta nie uległa zmianie do 2024 r.

Rozkłady jazdy opracowane dla zadań przewozowych przewidują znaczną wymiennosc linii obsługiwanych w ramach każdego z zadań. Pozwala to na elastyczność planowania przerw pomiędzy kolejnymi kursami.

Ze względu na opisane wyżej uwarunkowania w niniejszej analizie ujęto jeden wariant zastosowania autobusów zeroemisyjnych, z doładowaniem poprzez złącza pantografowe zainstalowane na pętlach – uznając to za rozwiązanie o wysokiej pewności poprawnego funkcjonowania przewozów. Zrezygnowano z zastosowania autobusów o dużej pojemności baterii, z uwagi na zaistniałe problemy eksploatacyjne z takim taborem w realizacji zadań całodziennych, występujące w innych miastach.

4.4. Plan wymiany taboru

W rezultacie przeprowadzonej w poprzednich podrozdziałach wstępnej analizy zidentyfikowano trzy warianty przyszłego wyposażenia taborowego pabianickiej komunikacji miejskiej:

- konwencjonalny, w którym założono wprowadzenie do eksploatacji nowych pojazdów spalinowych z silnikami Diesla oraz hybrydowych na odtworzenie obecnie eksploatowanych;
- elektryczny-1, w którym założono realizację projektu inwestycyjnego „Modernizacja i rozwój komunikacji miejskiej w Pabianicach – etap II”, a w następnych okresach wymianę jednostek taborowych na analogiczne, fabrycznie nowe;
- elektryczny-2, w którym założono realizację projektu inwestycyjnego „Modernizacja i rozwój komunikacji miejskiej w Pabianicach – etap II”, a w następnych okresach zastępowanie wycofywanych autobusów spalinowych fabrycznie nowymi autobusami elektrycznymi.

W obydwu wariantach elektrycznych uwzględniono zamiar realizacji projektu inwestycyjnego „Modernizacja i rozwój komunikacji miejskiej w Pabianicach – etap II”, w ramach którego

planowany jest zakup 12 autobusów elektrycznych z infrastrukturą – 1 klasy midi oraz 11 klasy maxi. Dla potrzeb analizy przyjęto wprowadzenie zakupionych autobusów do eksploatacji od początku 2026 r. wraz z wycofaniem najbardziej wyeksploatowanych klasycznych autobusów spalinowych.

W analizie założono, że poza projektem „Modernizacja i rozwój komunikacji miejskiej w Pabianicach – etap II” wymiana pojazdów spalinowych nastąpi po osiągnięciu przez takie autobusy wieku 14-15 lat, a pojazdy będą wymieniane na fabrycznie nowe.

We wszystkich wariantach inwestycyjnych przyjęto, według założeń Miasta, zmniejszenie stanu floty od początku 2026 r. do 30 pojazdów, jako efekt znacznego zmniejszenia średniego wieku pojazdów. Taki stan floty utrzymano w wariantach konwencjonalnym i elektrycznym-1 przez pozostały okres analizy, poza okresem lat 2030-2033, kiedy to przyjęto zwiększony stan floty do 32 pojazdów, z uwagi na przejściowy wzrost średniego ich wieku. Użytkowanie autobusów o dużym wieku i przebiegu wymaga bowiem zwiększenia liczby pojazdów rezerwowych.

W wariantcie konwencjonalnym spadek w 2026 r. liczby pojazdów we flocie do 30 szt. spowoduje zmniejszenie poziomu rezerwy taborowej do 8 autobusów, czyli 27% floty (36% liczby pojazdów w ruchu). Taki poziom rezerwy występuje w wielu przedsiębiorstwach przewozowych komunikacji miejskiej i wydaje się być wystarczający.

W wariantach elektrycznych wprowadzenie do ruchu od 2026 r. autobusów zeroemisyjnych doładowywanych na pętlach wymaga wydłużenia czasów postojów pojazdów na pętlach, przez co liczba pojazdów w ruchu zwiększy się do 23 autobusów, a rezerwa dla 30 pojazdów we flocie zmniejszy do 7 autobusów, czyli 23% floty (30% liczby pojazdów w ruchu).

W wariantcie elektrycznym-2 wymiana wszystkich autobusów na zeroemisyjne, doładowane na pętlach, spowoduje z tego samego powodu co w wariantcie elektrycznym-1, zwiększenie od 2034 r. liczby pojazdów w ruchu o kolejny pojazd, do 24 autobusów. W celu utrzymania rezerwy na poziomie 25% floty (33% w ruchu) liczba pojazdów we flocie powinna zwiększyć się do 32 szt. i taką też przyjęto w analizie.

W wariantcie elektrycznym-1 po zrealizowaniu projektu inwestycyjnego „Modernizacja i rozwój komunikacji miejskiej w Pabianicach – etap II” przyjęto wymianę autobusów hybrydowych na pojazdy analogicznego typu i klasy. W wariantcie elektrycznym-2 założono, według przewidywań Miasta, zastąpienie autobusów hybrydowych, od początku w 2034 r., kolejnymi autobusami elektrycznymi.

We wszystkich wariantach uwzględniono zamianę jednego autobusu klasy maxi na pojazd klasy midi, a dla pozostałych autobusów utrzymano obecną klasę pojemnościową.

Niniejszy dokument nie rozstrzyga sposobu nabywania nowych pojazdów, ale jak wynika z analizy przedstawionej w podrozdziale 5.2, operator nie posiada zdolności finansowych do zakupu taboru z własnych środków. Autobusy mogą być więc nabyte przez Miasto, co jest rozwiązaniem najbardziej prawdopodobnym, albo w ograniczonym zakresie przez operatora ze wsparciem Miasta. Z uwagi na wysoką wartość ponoszonych nakładów strony powinny skorzystać ze wsparcia środkami pomocowymi.

Przyjęto, że po wygaśnięciu, z końcem grudnia 2033 r., umowy wykonawczej o świadczenie usług w zakresie publicznego transportu zbiorowego zawartej w dniu 21 grudnia 2023 r., zawarta zostanie nowa wieloletnia umowa wykonawcza, na zbliżonych warunkach, która będzie obowiązywała do końca analizy.

Poza opisanymi wyżej wariantami inwestycyjnymi utworzono scenariusz bazowy, o charakterze wyłącznie porównawczym, w którym założono wykorzystywanie obecnego taboru do osiągnięcia wieku 18 lat. Wycofywane autobusy zastępowane byłyby używanymi pojazdami zasilanymi olejem napędowym, o takim samym rodzaju napędu, w średnim wieku 8 lat.

Wielkość wykonywanej pracy eksploatacyjnej we wszystkich wariantach analizy przyjęto, w całym okresie w stałej wysokości 1 350,0 tys. wozokilometrów rocznie.

Powyższe założenie służy jedynie porównaniu kosztów i korzyści w poszczególnych wariantach, w związku z czym ma znaczenie wyłącznie teoretyczne, ponieważ rzeczywisty zakres pracy eksploatacyjnej będzie wynikać z potrzeb mieszkańców miasta oraz możliwości finansowych budżetu.

W tabeli 5 przedstawiono planowaną wymianę taboru w wariantach konwencjonalnym, elektrycznym-1 i elektrycznym-2 w latach 2024-2035. Harmonogram wymiany floty przedstawiono także w załączniku C. W tabeli 6 przedstawiono natomiast strukturę taboru w wariantach konwencjonalnym, elektrycznym-1 i elektrycznym-2 w latach 2024-2035.

Klasy pojemnościowe wynikające z długości przyjęto wg wytycznych Ministerstwa Klimatu i Środowiska: mini – do 8,99 m, midi – od 9,00 do 10,99 m, maxi – od 11,00 do 13,00 m, mega 15 – od 13,01 do 16,00 m i mega 18 – powyżej 16,00 m.

W każdym wariantcie założono, że nabywane fabrycznie nowe pojazdy będą niskopodłogowe, wymalowane w barwy miejskie, wyposażone w: klimatyzację całopojazdową, rampę, przyklęk i miejsce na wózek, system elektronicznej informacji pasażerskiej z zapowiedziami głosowymi przystanków i wyświetlaczami, system GPS, automaty biletowe, system zliczania pasażerów, wi-fi i ładowarki usb oraz monitoring wewnętrzny i zewnętrzny.

Tab. 5. Harmonogram wymiany taboru pabianickiej komunikacji miejskiej w latach 2024-2035

Rodzaj napędu autobusu – klasa pojemnościowa	Wymiana w roku											
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Wariant konwencjonalny												
BEV – razem, w tym:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
– midi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– maxi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FCEV – razem, w tym:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
– midi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– maxi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HEV – razem, w tym:	0	0	0	0	0	2	0	0	0	8	8	0
– midi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– maxi	-	-	-	-	-	2	-	-	-	8	8	-
Inne napędy, w tym:	0	7	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
– midi	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– maxi	-	6	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Udział zeroemisyjnych we flocie [%]</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>
Wariant elektryczny-1												
BEV – razem, w tym:	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
– midi	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– maxi	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FCEV – razem, w tym:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
– midi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– maxi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HEV – razem, w tym:	0	0	0	0	0	3	0	0	0	7	8	0
– midi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Rodzaj napędu autobusu – klasa pojemnościowa	Wymiana w roku											
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
– maxi	-	-	-	-	-	3	-	-	-	7	8	-
Inne napędy, w tym:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
– midi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– maxi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Udział zeroemisyjnych we flocie [%]</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>40,0</i>	<i>40,0</i>	<i>40,0</i>	<i>37,5</i>	<i>37,5</i>	<i>37,5</i>	<i>37,5</i>	<i>40,0</i>	<i>40,0</i>	<i>40,0</i>
Wariant elektryczny-2												
BEV – razem, w tym:	0	0	12	0	0	3	0	0	0	17	0	0
– midi	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– maxi	-	-	11	-	-	3	-	-	-	17	-	-
FCEV – razem, w tym:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
– midi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– maxi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HEV – razem, w tym:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
– midi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– maxi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Inne napędy, w tym:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
– midi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– maxi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Udział zeroemisyjnych we flocie [%]</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>40,0</i>	<i>40,0</i>	<i>40,0</i>	<i>46,9</i>	<i>46,9</i>	<i>46,9</i>	<i>46,9</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>

Źródło: opracowanie własne.

Tab. 6. Struktura taboru pabianickiej komunikacji miejskiej w latach 2024-2035

Rodzaj napędu autobusu – klasa pojemnościowa	Struktura na początek danego roku											
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Wariant konwencjonalny												
Ogółem flota	32	32	30	30	30	30	32	32	32	32	30	30
BEV – razem, w tym:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
– midi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– maxi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FCEV – razem, w tym:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
– midi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– maxi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HEV – razem, w tym:	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	18	18
– midi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– maxi	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	18	18
Inne napędy, w tym:	14	14	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
– midi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– maxi	14	14	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
<i>Średni wiek pojazdów</i>	<i>9,8</i>	<i>10,8</i>	<i>7,2</i>	<i>5,4</i>	<i>6,4</i>	<i>7,4</i>	<i>7,8</i>	<i>8,8</i>	<i>9,8</i>	<i>10,8</i>	<i>7,3</i>	<i>4,0</i>
<i>Udział zeroemisyjnych we flocie [%]</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>
Wariant elektryczny-1												
Ogółem flota	32	32	30	30	30	30	32	32	32	30	30	30
BEV – razem, w tym:	0	0	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
– midi	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
– maxi	-	-	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
FCEV – razem, w tym:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
– midi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– maxi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Rodzaj napędu autobusu – klasa pojemnościowa	Struktura na początek danego roku											
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
HEV – razem, w tym:	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	18	18
– midi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– maxi	18	18	18	18	18	18	20	20	20	20	18	18
Inne napędy, w tym:	14	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
– midi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– maxi	14	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Średni wiek pojazdów</i>	<i>9,8</i>	<i>10,8</i>	<i>4,5</i>	<i>5,5</i>	<i>6,5</i>	<i>7,5</i>	<i>7,6</i>	<i>8,6</i>	<i>9,6</i>	<i>10,6</i>	<i>7,6</i>	<i>4,3</i>
<i>Udział zeroemisyjnych we flocie [%]</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>40,0</i>	<i>40,0</i>	<i>40,0</i>	<i>37,5</i>	<i>37,5</i>	<i>37,5</i>	<i>37,5</i>	<i>40,0</i>	<i>40,0</i>	<i>40,0</i>
Wariant elektryczny-2												
Ogółem flota	32	32	30	30	30	30	32	32	32	32	32	32
BEV – razem, w tym:	0	0	12	12	12	12	15	15	15	15	32	32
– midi	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
– maxi	-	-	11	11	11	12	14	14	14	14	31	31
FCEV – razem, w tym:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
– midi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– maxi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HEV – razem, w tym:	18	18	18	18	18	18	17	17	17	17	0	0
– midi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– maxi	18	18	18	18	18	18	17	17	17	17	-	-
Inne napędy, w tym:	14	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
– midi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– maxi	14	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Średni wiek pojazdów</i>	<i>9,8</i>	<i>10,8</i>	<i>4,5</i>	<i>5,5</i>	<i>6,5</i>	<i>7,5</i>	<i>7,6</i>	<i>8,6</i>	<i>9,6</i>	<i>10,6</i>	<i>3,4</i>	<i>4,4</i>
<i>Udział zeroemisyjnych we flocie [%]</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>40,0</i>	<i>40,0</i>	<i>40,0</i>	<i>46,9</i>	<i>46,9</i>	<i>46,9</i>	<i>46,9</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>

Źródło: opracowanie własne.

Wprowadzony zmianą ustawy o elektromobilności nowy art. 68a, w ust. 3 zobowiązuje zamawiających, a takim jest Miasto Pabianice, do zapewnienia udziału autobusów (kategorii M3, klas A i I) wykorzystujących do napędu paliwa alternatywne, w całkowitej liczbie autobusów objętych zamówieniami, w wysokości 32% w okresie od 24 grudnia 2021 r. do 31 grudnia 2025 r. oraz 46% w okresie od 1 stycznia 2026 r. do 31 grudnia 2030 r. Do zamówień zalicza się zlecenie usług w zakresie publicznego transportu zbiorowego oraz zakup, a także dzierżawę, wynajem lub leasing z opcją zakupu. Do paliw alternatywnych zalicza się natomiast energię elektryczną oraz paliwa stanowiące substytut paliw pochodzących z ropy naftowej, w szczególności: wodór, biopaliwa ciekłe, CBG (biogaz) i LNG, w tym pochodzące z biometanu oraz LPG. Realizacja projektu „Modernizacja i rozwój komunikacji miejskiej w Pabianicach – etap II” zapewni spełnienie tych wymogów w okresie obowiązywania przepisu.

W wariantach elektrycznych przyjęto udostępnienie operatorowi nowych stacji ładowania zakupionych przez Miasto – pantografowych ładowania szybkiego oraz zajezdniowych ładowania wolnego.

4.5. Wybór linii do obsługi taborem zeroemisyjnym

Wraz z wprowadzeniem autobusów elektrycznych do systemów transportowych, zwiększa się prestiż miasta oraz wzrasta jakość usług transportu miejskiego postrzegana przez jego mieszkańców (także tych niekorzystających w ogóle z komunikacji miejskiej). W rezultacie transport zbiorowy staje się bardziej konkurencyjny w stosunku do samochodu osobowego, zaś nowe środki transportu w większym stopniu zachęcają mieszkańców do korzystania z oferty komunikacji miejskiej. Zauważalne i kompleksowe unowocześnienie taboru komunikacji miejskiej – związane z wprowadzeniem do eksploatacji autobusów elektrycznych – skutkuje także zwiększeniem akceptacji społecznej dla restrykcji wobec motoryzacji indywidualnej.

Celem środowiskowym wprowadzenia autobusów elektrycznych jest zmniejszenie lokalnej emisji zanieczyszczeń powietrza oraz zmniejszenie poziomu hałasu.

Pabianicki transport zbiorowy spełnia wiele przesłanek do wprowadzenia bateryjnych autobusów zeroemisyjnych: występuje intensywna zabudowa wielo- i jednorodzinna, gęstość przystanków jest znaczna, występuje zjawisko kongestii drogowej i w mieście nie występują istotne deniwelacje terenu.

Ponadto uruchomiona została, po dłuższej przerwie spowodowanej modernizacją, bezemisyjna komunikacja tramwajowa, pełniąca nie tylko funkcję łącznika z systemem transportu zbiorowego w Łodzi, ale i istotną rolę w podróżach wewnątrzmijskich i podmiejskich dla mieszkańców Pabianic. Uzupełnieniem połączenia tramwajowego jest autobusowa linia A41, z konieczności obsługiwana posiadanym przez operatora taborem spalinowym.

Jak to przedstawiono w podrozdziale 3.3, w pabianickiej komunikacji miejskiej wyróżnia się dwie linie priorytetowe – 1 i A41. Obsługa linii miejskich, ze względu na koordynację rozkładów jazdy różnych linii, powiązana jest wspólnym obiegiem taboru – te same pojazdy obsługują kursy w grupach linii: 1, 3 i 5, 2 i 7 oraz 4 i 6. Linie te są przewidziane przez organizatora do obsługi taboru klasy maxi. Z kolei linia A41 przewidziana jest do obsługi autobusami mniejszej pojemności (i długości) – klasy midi. W ramach każdego z obecnych zadań przewożonych obsługiwane są różne linie, w większości z nich zarówno miejskie, jak i podmiejskie. Przy utrzymaniu takiego podziału zadań autobusy elektryczne obsługiwałyby więc linie miejskie i podmiejskie.

Trasy linii podmiejskich poprowadzone zostały dłuższymi odcinkami przez obszary o zabudowie rozproszonej, a niekiedy nawet przez pozbawione zabudowy tereny użytkowane rolniczo. Linie: 260, 261 i 262 obsługują rejon zabudowy podmiejskiej o charakterze ulicowym wsi: Górka Pabianicka, Kudrowice, Petrykozy, Piątkowisko, Szynkielew. Trasa linii podmiejskiej 263 przebiega przez obszary zwartej zabudowy w mieście oraz w gminie Ksawerów, ale jej odcinek w ciągu ul. Rypułtowskiej w Pabianicach oraz ul. Szkolnej w Ksawerowie prowadzi przez obszar luźnej zabudowy podmiejskiej. Linia 265 obsługuje natomiast zabudowę podmiejską o charakterze ulicowym wsi: Bychlew, Jadwinin, Pawlikowice, Huta Dłutowska, Budy Dłutowskie i Dłutów, gdzie autobusy kursują drogą wojewódzką nr 485 o intensywnym ruchu pojazdów. Z kolei trasa linii T przebiega przez tereny podmiejskie wsi: Wola Zaradzyńska w gminie Ksawerów i Gospodarz w gminie Rzgów – o zabudowie ulicowej, teren miasta Rzgów – o zabudowie zwartej w centrum i rozproszonej mieszkaniowo-handlowej na pozostałych odcinkach oraz tereny wiejskie wsi Babichy i Guzew – o zabudowie wiejskiej, kolonialnej.

Niższa intensywność zabudowy podmiejskiej i wiejskiej skutkuje stosunkowo mniejszymi korzyściami dla mieszkańców ze skierowania w te obszary taboru zeroemisyjnego. Rejony te są intensywniej przewietrzane, przez co uciążliwość z emisji zanieczyszczeń powietrza jest mniejsza niż w rejonach zabudowy zwartej. Obszary centrum Pabianic oraz osiedli mieszkaniowych o zabudowie zwartej, przy dużej koncentracji przystanków, są znacznie bardziej narażone na koncentrację zanieczyszczeń powietrza. Przy tym gęstość zaludnienia w tych rejonach jest kilkakrotnie wyższa niż dla obszarów podmiejskich. Gęstość zaludnienia gminy Pabianice jest aż około 20-krotnie, a gminy Ksawerów – 3-krotnie mniejsza niż gęstość zaludnienia Pabianic.

Celem, jaki Miasto zamierza osiągnąć określonym wyborem linii, jest ograniczenie wykorzystania autobusów z napędem spalinowym w zurbanizowanej części miasta, w szczególności w centrum i w największych osiedlach mieszkaniowych. Liniami komunikacyjnymi, które byłyby odpowiednie do obsługi taboru zeroemisyjnym, powinny być więc takie, których trasa w głównej mierze obejmuje centralną część miasta, o gęstej zabudowie mieszkaniowej oraz

największe osiedla mieszkaniowe. Liniami obsługiwanymi taborem zeroemisyjnym powinny być jednocześnie obsługiwane linie o wysokiej częstotliwości kursowania.

Trasa jednokierunkowej **linii 1** rozpoczyna się przy Dworcu PKP i prowadzi ulicami: Łaską, Wiejską, Jana Pawła II (przy Szpitalu im. Edmunda Biernackiego), Śniadeckiego, Wileńską, Orlą, Kilińskiego (przy skrzyżowaniu z ul. Zamkową, stanowiącym centralny punkt miasta), św. Jana, Partyzancką (obsługując przemysłową część miasta), Sikorskiego, Nawrockiego i Waltera-Jankego do pętli o tej samej nazwie. Dalszy odcinek trasy tej linii prowadzi ulicami Myśliwską i Skargi do ul. Nawrockiego, skąd w taki sam sposób jak w kierunku przeciwnym, następuje powrót do Dworca PKP. Poranne i wieczorne kursy wykonywane są od i do zajezdni autobusowej MZK sp. z o.o. przy ul. Lutomierskiej.

Długość kursu wynosi 18,90 km. Częstotliwość kursów na linii 1, w dni powszednie w godzinach od 6 do 17 wynosi 20 minut, natomiast w pozostałych godzinach dnia powszedniego oraz w weekendy – 40 minut. Linia 1 połączona jest z liniami 3 i 5 wspólnym obiegiem taboru, pakiet linii: 1, 3 i 5 w szczytowych okresach podaży w dniu powszednim obsługuje łącznie 7 pojazdów.

Trasa **linii 2** łączy pętlę przy ul. Waltera-Jankego z pętlą przy ul. Podmiejskiej, prowadząc ulicami: Waltera-Jankego, Nawrockiego, Grota-Roweckiego, Kilińskiego, św. Jana, Partyzancką, Lutomierską, Karniszewicką i Podmiejską. Do obecnej pętli przy ul. Podmiejskiej trasa linii 2 została wydłużona w sierpniu 2020 r. z dotychczasowej pętli Klimkowizna. Wybrane kursy wykonywane są z zajazdem pod zajezdnią MZK sp. z o.o. przy ul. Lutomierskiej, a także jako dojazdy i zjazdy z bazy.

Długość podstawowego wariantu trasy linii 2 w kierunku ul. Podmiejskiej wynosi 8,91 km (w wariantcie z zajazdem pod zajezdnią – 10,41 km), a w kierunku pętli Waltera-Jankego – 8,95 km. Długość całej trasy w wariantcie podstawowym (w obu kierunkach) wynosi więc 17,86 km, a z zajazdem w jednym z kierunków pod zajezdnią – 19,36 km (rozkład jazdy nie przewiduje zajazdów dla pary kursów w obu kierunkach). Linia funkcjonuje całotygodniowo z częstotliwością co 40 minut w dni powszednie (poza szczytem porannym, w którym jest ona wyższa) i w soboty od rana do wczesnych godzin popołudniowych oraz co godzinę w pozostałej części soboty i w niedziele. W dni powszednie linia jest obsługiwana 2 pojazdami.

Trasa **linii 3** rozpoczyna się przy Dworcu PKP i podobnie jak linia 1 prowadzi na odcinku do Szpitala im. Biernackiego, dalej jednak wytyczona została ul. Jana Pawła II do ul. Targowej i tą ulicą (z powrotem ul. Grabową) prowadzi do ul. Orlej, gdzie ponownie łączy się z trasą linii 1. Wspólny odcinek tras obu linii kończy się na skrzyżowaniu ulic Orlej, Kilińskiego i Grota-Roweckiego, z którego trasa linii 3 prowadzi ulicami: Grota-Roweckiego, Nawrockiego,

20 Stycznia, 3 Maja, Warszawską, Konstytynowską (z powrotem: Konstytynowską, Warszawską, Szewską, Skargi i 20 Stycznia) oraz Partyzancką – do pętli zlokalizowanej w ciągu ul. Sikorskiego, znajdującej się w przemysłowej części Pabianic.

Długość trasy w kierunku pętli Sikorskiego wynosi 7,20 km, z powrotem – 7,36 km, a w obie strony – 14,56 km. Z uwagi na obsługę linią 3 przemysłowej części miasta, funkcjonuje ona tylko w dni powszednie i w soboty (przy czym w soboty tylko do godz. 15), z częstotliwością kursów co 40 minut (w dni powszednie w godzinach porannych co 20 minut).

Trasa **linii 4** rozpoczyna się na pętli Waltera-Jankego i prowadzi ulicami: 20 Stycznia, Grota-Roweckiego, Nawrockiego, 20 Stycznia, Warszawską, Zamkową, Kilińskiego, Moniuszki, Wiejską i 15 Pułku Piechoty Wilków do przystanku krańcowego w pobliżu ul. Łaskiej. Z powrotem trasa linii 4 prowadzi ulicami: Łaską, Wiejską, Jana Pawła II (obok Szpitala im. Biernackiego), Śniadeckiego, Moniuszki, Kilińskiego, Warszawską, Szewską, Skargi, 20 Stycznia i dalej tą samą trasą do pętli Waltera-Jankego. Długość trasy linii 4 w zależności od kierunku wynosi odpowiednio 7,46 i 8,30 km, a łącznie – 15,76 km w obie strony.

W dni powszednie linia 4 funkcjonuje w godzinach porannego i popołudniowego szczytu przewozowego z częstotliwością co 60 minut, a w porze międzyszczytowej – co 80 minut. W soboty autobusy linii 4 kursują w godzinach 9-21 z częstotliwością co 80 minut, a w niedziele – 10-21, z częstotliwością co 120 minut. Linię 4 obsługuje jeden pojazd.

Trasa **linii 5** jest bardzo zbliżona do trasy linii 3: rozpoczyna się przy Dworcu PKP i aż do skrzyżowania ulic Grota-Roweckiego i Nawrockiego pokrywa się z nią, a następnie prowadzi ulicami Nawrockiego i Waltera-Jankego do pętli przy tej ulicy. Długość trasy w kierunku pętli Waltera-Jankego wynosi 6,27 km, a w kierunku Dworca PKP – 6,28 km, w obu kierunkach jest to 12,55 km.

Rozkład jazdy linii 5 jest rytmicznym uzupełnieniem rozkładu jazdy linii 3: w godzinach porannych dnia powszedniego autobusy kursują co 60 minut (uzupełniając kursy linii 3), poza tym w dni powszednie do godziny 19 częstotliwość wynosi 40 minut, co łącznie z kursami linii 3 na wspólnej trasie zapewnia częstotliwość 20-minutową. W soboty kursowanie autobusów linii 5 rozpoczyna się od godz. 15 (po zakończeniu funkcjonowania linii 3), a w niedziele – od godzin porannych (linia 3 w niedziele nie funkcjonuje).

Trasa **linii 6** jest bardzo zbliżona do trasy linii 4 – w ten sam sposób prowadzi od pętli Waltera-Jankego do przystanków przy Szpitalu, dalej jednak – zamiast ulicą 15 Pułku Piechoty Wilków – wytyczono ją ul. Wiejską do pętli Karolew, tuż przy południowej granicy miasta. Długość trasy linii 6 wynosi w każdym z kierunków 7,63 i 7,82 km, co oznacza 15,45 km w obie strony.

Częstotliwość kursowania jest identyczna jak na linii 4, jednak w dni powszednie funkcjonowanie linii 6 wydłużone zostało do godz. 22, w soboty linia funkcjonuje w godz. 6-20, a w niedziele – w godz. 9-20. Linię 6 obsługuje jeden pojazd.

Linia 7 to skrócony wariant trasy linii 2. Trasy obydwu tych linii pokrywają się na odcinku od pętli Waltera-Jankego do skrzyżowania ulic Kilińskiego, Zamkowej i św. Jana, skąd autobusy linii 7 wykonują pętlę uliczną – ulicami: Zamkową, Piłsudskiego (przy której wyznaczony został przystanek początkowo-końcowy), Partyzancką i św. Jana. Z oznaczeniem linii 7 wykonywane są także kursy zjazdowe z pętli Waltera-Jankego do zajezdni autobusowej. Trasa linii 7 liczy – w zależności od kierunku jazdy – odpowiednio 4,40 i 4,51 km, a więc 8,91 km w obie strony.

Linia 7 funkcjonuje w godzinach szczytów przewozowych oraz w godzinach wieczornych w dniu powszednim, a także w godz. 8-15 w soboty. Autobusy tej linii uzupełniają łączną częstotliwość kursów w dni powszednie na liniach: 2, 7, 260, 261 i 262 na odcinku pomiędzy pętlą Waltera-Jankego i ul. Kilińskiego w centrum miasta – w godzinach szczytów (z niewielkimi wyjątkami) do 10 minut, a w godz. 18-21 w dniu powszednim oraz w soboty w godzinach jej funkcjonowania – do 20 minut.

Funkcjonująca jako dowozowa do linii tramwajowej **linia A41** łączy pętlę Waltera-Jankego z przystankiem Warszawska/Sikorskiego, na którym możliwe są przesiadki na i z tramwajów linii 41 w i z kierunku Łodzi. Trasa linii A41 wytyczona została ulicami: Waltera-Jankego, Nawrockiego i Warszawską, a w kierunku przeciwnym: Warszawską, 3 Maja, 20 Stycznia, Nawrockiego i Waltera-Jankego. Rozkład jazdy tej linii przewiduje kursowanie autobusów od poniedziałku do soboty. Długość trasy linii w kierunku ul. Warszawskiej wynosi 2,43 km, w przeciwnym kierunku 2,91 km, a długość pary kursów 5,34 km. Jest to najkrótsza linia pabianickiej komunikacji miejskiej.

Pozostałe linie są połączeniami podmiejskimi, z tym że część z nich odgrywa istotną rolę także w podróżach wewnątrzmijskich.

Trasa **linii 261** prowadzi na odcinku od pętli przy ul. Waltera-Jankego do zajezdni MZK sp. z o.o. trasą identyczną jak linii 2, a dalej przez Szynkielew i Petrykozy do Górki Pabianickiej. Z kolei trasa **linii 262** pokrywa się z trasą linii 2 od pętli Waltera-Jankego do ul. Kilińskiego, skąd następnie prowadzi ulicami: Zamkową, Łaską (obok Dworca PKP), Torową i Wspólną do granicy miasta i dalej przez Piątkowisko do Kudrowic. Obie te linie podmiejskie funkcjonują tylko w dni powszednie – w godz. 6-18 – z częstotliwością co 80 minut (linia 261 w godzinach szczytu porannego funkcjonuje co 60 minut).

W dni powszednie po godz. 19 oraz w soboty w godz. 6-14 obie linie zastępuje **linia 260**, której trasa prowadzi z pętli Waltera-Jankego do Kudrowic w identyczny sposób, jak trasa linii 262 i dalej do Górki Pabianickiej, skąd z powrotem do pętli Waltera-Jankego trasą zbliżoną

do trasy linii 261. Linia 260 funkcjonuje z częstotliwością co 80 minut. Linie: 260, 261 i 262 stanowią koordynacyjne uzupełnienie linii 2 i 7.

Pozostałe linie podmiejskie (**263, 265, T**) są połączeniami ze zindywidualizowanymi częstotliwościami, z rozkładami jazdy niezależnymi od rozkładów jazdy innych linii.

Trasa **linii 263** prowadzi z pętli Waltera-Jankego do Ksawerowa. Linia 263 funkcjonuje w dni powszednie z częstotliwością co 80 minut (w godzinach porannych co 60 minut) oraz w soboty w godz. 7-11 co 80 minut.

Trasa **linii 265** prowadzi w zależności od wariantu z jednej z trzech pętli położonych na terenie Pabianic (Sikorskiego, Piłsudskiego lub Dworzec PKP) do Pawlikowic lub Dłutowa, a **linii T** – z Dworca PKP w Pabianicach do Rzgowa (i wybranymi kursami do Guzewa). Linie te funkcjonują w dni powszednie przeciętnie co 60 minut, w pozostałe dni tygodnia z mniejszą częstotliwością, przy czym w soboty tylko w godz. 6-16, a w niedziele jedynie z kilkoma kursami.

Planowany do zakupu autobus zeroemisyjny klasy midi przeznaczony byłby przede wszystkim do obsługi linii dojazdowej A41, natomiast w weekendy kierowany byłby również do obsługi innych linii.

W momencie rozpoczęcia eksploatacji autobusów zeroemisyjnych klasy maxi, najkorzystniej byłoby skierować nowe pojazdy na jedne z najdłuższych zadań, obsługiwanych do tej pory przez autobusy hybrydowe w dni powszednie, których zaprojektowano 17 w rozkładach jazdy, a także na niemal wszystkie zadania w soboty (12 na planowanych 14) i wszystkie w niedziele. Po wybudowaniu pantografowych stacji ładowania na pętlach Waltera-Jankego oraz Dworzec PKP, układ sieci komunikacyjnej pabianickiej komunikacji miejskiej pozwoli na kierowanie autobusów zeroemisyjnych na niemal wszystkie linie (poza 265).

W trakcie przeprowadzania niniejszej analizy w pabianickiej komunikacji miejskiej liczba pojazdów w ruchu wynosiła 22 autobusy na 32 posiadane w inwentarzu, co oznaczało rezerwę taborową na poziomie 31%. W dużych przedsiębiorstwach przewozowych komunikacji miejskiej rezerwa taborowa utrzymywana jest na poziomie 10-15% liczby pojazdów w ruchu. W mniejszych, jakim jest MZK sp. z o.o., jako w pełni wystarczająca wydaje się być rezerwa ok. 30%, co przy 22 autobusach w ruchu wskazywałoby na wystarczającą liczbę 31 pojazdów, czyli tylko niewiele mniejszą od obecnej.

W aktualnym układzie zadań przewozowych przerwy pomiędzy kursami i przejazdami technicznymi są krótkie, dłuższa jest dla większości zadań jedynie przerwa posiłkowa. Krótkie postoje nie wystarczą jednak na doładowanie pojazdów i stwarzają wysokie ryzyko opóźnień w sytuacji kongestii, gdy czas przeznaczony na doładowanie zostanie wykorzystany na realizację kursu. W celu wydłużenia przerw układ zadań musi zostać przebudowany, co spowoduje

zwiększenie liczby pojazdów w ruchu w wariantach elektrycznych – dla potrzeb analizy przyjęto, że do 23 szt. od 2026 r. Po zakupie autobusów elektrycznych planowane jest zmniejszenie stanu floty do 30 pojazdów, co zapewni utrzymanie poziomu rezerwy taborowej w wysokości nieco ponad 25% parku taborowego.

W wariantcie elektrycznym-2, w którym nastąpi wymiana całej floty na autobusy elektryczne, liczba pojazdów w ruchu powinna być zwiększona w obecnym układzie sieci od 2033 r. do co najmniej 24 szt. Zapewni to utrzymanie rezerwy taborowej w wysokości 25% stanu floty (33% pojazdów w ruchu).

Przy wprowadzeniu do eksploatacji autobusów elektrycznych liczba pojazdów w ruchu, w zależności od zaplanowanych zadań, może zwiększyć się o jeden autobus, co przy stanie floty na poziomie 30 szt., zapewniłoby nadal 30% rezerwę taborową.

Liczba 30 pojazdów może okazać się jednak niewystarczająca przy planowanym rozwoju sieci, np. rozważanego zwiększenia częstotliwości funkcjonowania linii 2 z 40 do 20 minut w godzinach szczytu popołudniowego. Przy takiej decyzji co najmniej jeden autobus spalinowy przeznaczony do kasacji powinien być nadal utrzymywany jako rezerwa taborowa.

Z zapisów art. 12 ust. 1 pkt 8 ustawy o ptz wynika konieczność jednoznacznego wskazania linii komunikacyjnych, na których przewidywane jest wykorzystanie pojazdów elektrycznych lub pojazdów napędzanych gazem ziemnym. Zgodnie z art. 12 ust. 2a przywołanej ustawy, przy opracowywaniu planu transportowego gminy należy uwzględnić również wyniki analizy, o której mowa w art. 37 ust. 1 ustawy o elektromobilności, sporządzonej przez tę gminę. Wymagane wskazanie w planie transportowym linii do elektryfikacji powinno więc wynikać wprost z analizy kosztów i korzyści.

Liniami, na których eksploatowane byłyby autobusy elektryczne, w pierwszej kolejności powinny być linie obsługujące obszar miasta, czyli: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 i A41.

Analizę pojemności baterii w autobusach zeroemisyjnych przeprowadzono w podrozdziale 7.1.

5. Analiza finansowo-ekonomiczna

5.1. Analiza sytuacji finansowej Miasta i wpływu programu wymiany pojazdów na jej stabilność

Organizatorem pabianickiej komunikacji miejskiej jest Prezydent Miasta Pabianic, a zadania organizatora wykonuje Wydział Infrastruktury Technicznej i Komunikacji Urzędu Miejskiego w Pabianicach, ul. św. Jana 4, 95-200 Pabianice.

Miasto ponosi wydatki bieżące na świadczenie przez operatorów usług przewozowych realizowanych w komunikacji miejskiej. Finansowaniu podlega zarówno pabianicka komunikacja miejska, jak i kursy łódzkiej komunikacji miejskiej realizowane na obszarze Pabianic. Ponadto w okresie ostatnich trzech lat Miasto poniosło bardzo wysokie wydatki inwestycyjne na kompleksową modernizację trasy linii tramwajowej 41, ze wsparciem środkami pomocowymi z Unii Europejskiej, w ramach projektu „Łódzki Tramwaj Metropolitalny: etap Pabianice – Ksawerów”. Projekt ten obejmował odcinek od granic miasta Łodzi do pętli Wiejska w Pabianicach. Równie wysokie wydatki poniosło Miasto na realizację projektu inwestycyjnego „Modernizacja i rozwój komunikacji miejskiej w Pabianicach”, obejmującego m.in. zakup 18 autobusów hybrydowych oraz modernizację obiektów zajezdni.

W tabeli 7 przedstawiono wykonanie budżetu Miasta Pabianice w latach 2020-2022, przewidywane wykonanie budżetu na 2023 r. oraz plan budżetu na 2024 r. – według stanu na dzień 31 stycznia 2024 r.

Miasto w latach 2020-2022 osiągało stale dodatni wynik budżetu operacyjnego, a w latach 2020-2021 – także nadwyżkę budżetową. W okresie tym, pomimo znacznych utrudnień spowodowanych pandemią COVID oraz skutkami rozpoczętych działań wojennych Federacji Rosyjskiej w Ukrainie, budżet Miasta był w stanie pokryć wydatki bieżące, w tym związane z finansowaniem publicznego transportu zbiorowego. Sytuacja finansowa Miasta pogorszyła się jednak w 2022 r., w którym zanotowano już deficyt budżetowy w znacznej wysokości. Miasto ponosiło w tym okresie duże wydatki majątkowe na realizację znaczących projektów z dofinansowaniem ze środków pomocowych Unii Europejskiej. W analizowanym okresie zadłużenie Miasta nie wzrastało.

Sytuację budżetów miast w latach 2022-2023 należy ocenić jako dość trudną i dotyczy to także budżetu Pabianic.

Lata 2021-2022 to okres wzrastającej inflacji, wynoszącej odpowiednio 8,2 i 14,4% średniorocznie. Wysoka inflacja w 2022 r. nie znalazła odzwierciedlenia w adekwatnym wzroście dochodów bieżących Miasta, które wzrosły jedynie o 2,1%. W roku tym na brak istotnego

wzrostu, a w niektórych miastach nawet spadek dochodów jednostek samorządu terytorialnego, znaczny wpływ miało także wprowadzenie istotnych zmian ustawowych w rozliczaniu podatku dochodowego.

Tab. 7. Budżet Miasta Pabianic w latach 2021-2024 [tys. zł]

Lp.	Wyszczególnienie	Wykonanie w latach			Budżet na rok	
		2020	2021	2022	2023*	2024
1	Dochody	310 102	392 704	379 175	358 925	328 070
1.1	– dochody bieżące	283 639	318 829	325 468	302 699	300 147
1.1.1	– w tym transport zbiorowy	3 171	3 726	5 017	5 549	5 898
1.2	– dochody majątkowe	26 463	73 875	53 707	56 226	27 924
1.2.1	– w tym transport zbiorowy	12 234	47 619	36 740	37 930	0
2	Wydatki	303 851	364 308	403 436	383 450	344 941
2.1	– wydatki bieżące	272 018	283 402	299 133	294 115	308 540
2.1.1	– w tym transport zbiorowy	13 948	14 500	16 215	18 378	20 380
2.2	– wydatki majątkowe	31 833	80 906	104 303	78 702	36 401
2.2.1	– w tym transport i łączność	26 407	57 913	86 858	50 503	3 455
2.2.2	– w tym transport zbiorowy	19 286	55 645	85 775	53 387	500
3	Deficyt/nadwyżka	6 251	28 396	-24 262	-24 525	-16 870
4	Deficyt/nadwyżka operacyjna	11 621	35 427	26 335	8 584	-8 394
5	Finansowanie	64 015	70 066	96 430	25 430	16 870
5.1	– w tym przychody	75 415	70 066	98 462	27 562	21 902
5.2	– w tym rozchody	11 400	200	2 032	2 132	5 032
6	Zadłużenie na 31 grudnia	73 620	73 420	71 395	b.d.	b.d.

* – stan na 31 grudnia 2023 r.

Źródło: bip.um.pabianice.pl/artykuly/52/finanse, dostęp: 30.04.2024 r.

W 2023 r. sytuacja budżetowa Miasta nie uległa poprawie. W roku tym zaplanowano znaczny poziom deficytu i jedynie niewielki dodatni wynik operacyjny budżetu. Dochody bieżące budżetu zaplanowano jako niższe od wykonania w 2022 r. Z kolei wydatki majątkowe przyjęto na poziomie zbliżonym do wykonania w 2021 r. Wysokie wydatki majątkowe wiązały się z rozliczaniem wykonania projektów inwestycyjnych z dofinansowaniem unijnym o znacznej wartości.

Wydatki bieżące na lokalny transport zbiorowy w latach 2020-2023 dość znacznie wzrosły i w 2023 r. były o jedną trzecią wyższe niż w 2020 r. W jeszcze wyższym stopniu (o około 3/4) wzrosły dochody bieżące w ramach lokalnego transportu zbiorowego, lecz pokrywały tylko od 1/4 do 2/7 ponoszonych wydatków.

Wydatki inwestycyjne w latach 2020-2023 w znacznej mierze skierowane były na zadania w ramach działu Transport i łączność, a w szczególności na rozdział Lokalny transport zbiorowy. W latach 2020-2022 wydatki na rozdział Lokalny transport zbiorowy wyniosły od 61 do 82% wydatków majątkowych. Tak wysoki udział wynikał z realizacji przywołanych wyżej projektów inwestycyjnych. Znacznemu ograniczeniu uległy w tym okresie wydatki inwestycyjne na budowę, przebudowę i modernizację dróg.

Miasto pozyskiwało zewnętrzne środki finansowe na realizację zadań inwestycyjnych. Dochody majątkowe w zakresie lokalnego transportu zbiorowego w latach 2022-2023 pokrywały od 42 do 71% ponoszonych wydatków majątkowych. W okresie tym od 15 do 49 mln zł wydatków majątkowych finansowane było z innych źródeł niż wsparcie zewnętrzne, co stanowiło bardzo wysokie obciążenie dla budżetu Miasta.

W budżecie na 2024 r. zaplanowano już wydatki majątkowe na lokalny transport zbiorowy w wysokości jedynie 1,4% całości tych wydatków.

Plan budżetu na 2024 r. ma charakter wstępny i stosunkowo ostrożny. W planie budżetu przyjęto poziom dochodów bieżących na poziomie wykonania w 2023 r., czyli niższym o 7,8% od wykonania w 2022 r. Plan wydatków bieżących przyjęto natomiast o 3,1% wyższy niż poziom wykonania w 2022 r. Przychody bieżące z zakresu lokalnego transportu zbiorowego przyjęto w planie na 2024 r. jako wyższe o 17,6%, natomiast wydatki bieżące – o 25,7% wyższe od wykonania w 2022 r. Stagnacja poziomu dochodów bieżących, przy rosnących z powodu inflacji wydatkach, bardzo negatywnie wpływa na sytuację budżetu Miasta. Brak poprawy w najbliższych latach może spowodować ograniczenie inwestycji miejskich do minimum, co uniemożliwiłoby prowadzenie przez Miasto aktywnej polityki odnowy taboru, nawet przy wysokim wsparciu unijnymi środkami pomocowymi.

Wysokość nadwyżki operacyjnej (lub deficytu) określa swego rodzaju wynik finansowy działalności bieżącej jednostki samorządu terytorialnego. Informuje o tym, ile samorządowi pozostało dochodów o charakterze stabilnym – cyklicznym, po sfinansowaniu wszystkich wydatków o takim charakterze. Pozytywna dla jednostki samorządowej sytuacja występuje wówczas, gdy ma miejsce istotna, stała i coroczna nadwyżka operacyjna, co oznacza, że po sfinansowaniu wszystkich wydatków bieżących, zostaną jeszcze środki finansowe na realizację inwestycji. Taka też sytuacja występowała w Pabianicach w latach 2020-2021, niestety w latach kolejnych uległa pogorszeniu – podobnie jak w większości innych polskich miast podobnej wielkości.

Sytuację finansową Miasta Pabianic w latach 2020-2021 należy uznać za dobrą, ale już na podstawie budżetu zaplanowanego na 2024 r. należałoby uznać ją za stosunkowo trudną.

Plan budżetu na 2024 r. wciąż ma charakter wstępny i ostrożny, a dokonywane zmiany w trakcie roku budżetowego, poprawią wynik budżetu.

Pogorszenie sytuacji finansowej gmin w latach 2022-2024 wynika z wprowadzonych w ostatnich latach zmian ustawowych, szczególnie dotyczących podatku PIT. Wobec zapowiadanych zmian w finansowaniu samorządów, ich gorsza sytuacja finansowa może mieć charakter jedynie przejściowy.

Wieloletnia Prognoza Finansowa na lata 2024-2035, przyjęta przez Radę Miejską w dniu 20 grudnia 2023 r. przewiduje osiągnięcie nadwyżki budżetowej dopiero w 2025 r. i w kolejnych latach jej utrzymywanie na poziomie 13-20 mln zł, przy obniżaniu poziomu zadłużenia Miasta.

Prognoza w ramach działu Transport i łączność w 2024 r. przewiduje ponoszenie jedynie wydatków majątkowych na przebudowę dróg gminnych.

W kolejnych latach zakłada się nakłady inwestycyjne (wydatki majątkowe) w wysokości 7,3 mln zł w 2025 r. i jedynie 3,0 mln zł w 2026 r. W latach następnych zaplanowano wydatki tylko w ramach programów partnerstwa publiczno-prywatnego. Z kolei planowane dochody majątkowe przyjęto w 2025 i 2026 r. w kwotach odpowiednio 11,6 i 7,3 mln zł.

Projekt inwestycyjny „Modernizacja i rozwój komunikacji miejskiej w Pabianicach – etap II” nie został jeszcze ujęty w WPF. Jego wartość oszacowano na 114,38 mln zł brutto, w tym koszty kwalifikowalne – na 89,57 mln zł. Przy maksymalnym, 85% poziomie dofinansowania środkami pomocowymi Unii Europejskiej, udział własny Miasta i MZK sp. z o.o. byłby nie mniejszy niż 16,86 mln zł, a przy braku możliwości zwrotu podatku VAT – 38,24 mln zł. Przewidywany okres wydatkowania środków to lata 2025-2027. Jak wskazuje praktyka realizacji projektów z dofinansowaniem unijnym, faktycznie wydatkowane środki udziału własnego Miasta (i ewentualnie MZK sp. z o.o.) będą jeszcze wyższe, być może nawet znacznie. Środki na pokrycie udziału własnego będą więc dominującym wydatkiem inwestycyjnym Miasta w latach realizacji projektu.

Powyższy projekt – w przedstawionym zakresie – wciąż jest jednak koncepcją wstępną i w przypadku ograniczenia alokacji środków w ramach Łódzkiego Obszaru Metropolitalnego, jego zakres rzeczowy byłby skorygowany, a finalna wartość – odpowiednio zmniejszona.

Przyjmując obecną zdolność Miasta do wydatkowania środków na inwestycje należy stwierdzić, że zakup taboru zeroemisyjnego w celu spełnienia warunków określonych w ustawie o elektromobilności w momencie zawierania kolejnej umowy wykonawczej, zastępującej umowę z dnia 21 grudnia 2023 r., bez wsparcia zewnętrznego będzie niemal niemożliwy do zrealizowania. Zakup taki wymagałby w okresie kilku lat nie tylko całkowitego zaprzestania realizacji innych inwestycji, ale i znacznego zwiększenia poziomu zadłużenia Miasta.

Finansowanie bieżące przewozów pasażerskich w ramach pabianickiej komunikacji miejskiej wydaje się być w okresie analizy niezagrażone.

5.2. Ocena sytuacji finansowej operatora

Umowa wykonawcza o świadczenie usług w zakresie publicznego transportu zbiorowego z dnia 21 grudnia 2023 r. zawarta została pomiędzy Miastem a MZK sp. z o.o. jako podmiotem wewnętrznym, w trybie art. 22 ust. 2 ustawy o ptz.

W tabeli 8 przedstawiono rachunek zysków i strat MZK sp. z o.o. za lata 2020-2022 oraz przewidywane wykonanie w 2023 r.

Tab. 8. Rachunek zysków i strat MZK sp. z o.o.

– wykonanie w latach 2020-2022 i przewidywane wykonanie w 2023 r.

Lp.	Wyszczególnienie	Wyniki w latach [tys. zł]			
		2020	2021	2022	2023
1	Przychody netto ze sprzedaży i zrównane	13 150,8	13 752,2	15 706,6	16 475,0
1a	– w tym przychody ze sprzedaży produktów	12 961,22	13 279,3	14 654,5	15 162,9
1b	– w tym zmiana stanu produktów	-371,8	-105,4	32,7	12,0
1c	– w tym koszty produktów na własne potrzeby	43,8	29,9	48,6	61,8
1d	– w tym przychody ze sprzedaży towarów i mat.	517,4	551,4	970,8	1 238,4
2	Koszty działalności operacyjnej	12 599,0	13 261,9	15 557,9	16 253,4
2a	– amortyzacja	463,8	486,5	491,1	500,4
2b	– zużycie materiałów i energii	2 025,4	2 513,8	3 564,4	3 227,2
2c	– usługi obce	608,2	656,0	1 243,8	953,8
2d	– podatki i opłaty	366,9	343,0	336,3	401,6
2e	– wynagrodzenia	6 691,7	6 829,5	7 042,5	7 859,8
2f	– ubezpieczenia społeczne i inne świadczenia	1 568,1	1 523,8	1 623,6	1 780,9
2g	– pozostałe koszty rodzajowe	377,4	391,4	327,1	336,3
2h	– wartość sprzedanych towarów i materiałów	497,5	518,0	929,3	1 193,4
3	Zysk ze sprzedaży	551,8	490,2	148,7	221,7
4	Pozostałe przychody operacyjne	305,2	435,0	408,0	602,7
4a	– w tym dotacje	29,2	13,8	23,0	0,3
5	Pozostałe koszty operacyjne	419,5	581,8	359,0	314,4
6	Zysk z działalności operacyjnej	437,4	343,4	197,7	510,0
7	Przychody finansowe	4,3	3,2	9,7	4,1
8	Koszty finansowe	41,5	26,0	80,8	8,5
9	Zysk brutto	400,3	320,7	126,6	505,5
10	Podatek dochodowy i inne obciążenia	175,9	134,3	89,9	242,0
11	Zysk netto	225,5	186,4	36,7	263,5

Źródło danych: ekrs.ms.gov.pl/rdf/pd/search_df, dostęp: 31.01.2024 r. i dane MZK sp. z o.o.

W tabeli 9 przedstawiono bilans MZK sp. z o.o. za lata 2020-2022 i przewidywane wykonanie w 2023 r.

Tab. 9. Bilans MZK sp. z o.o.

– wykonanie w latach 2020-2022 i przewidywane wykonanie w 2023 r.

Lp.	Wyszczególnienie	Wyniki w latach [tys. zł]			
		2020	2021	2022	2023
A	Aktywa trwałe	6 125,9	5 643,6	6 163,2	5 740,5
I	Wartości niematerialne i prawne	339,7	277,4	194,3	127,5
II	Rzeczowe aktywa trwałe	5 348,0	4 927,8	5 560,1	5 187,6
1	Środki trwałe	5 348,0	4 855,7	5 560,1	5 128,4
1a	w tym środki transportu	2 898,0	2 507,7	2 150,4	1 809,6
2	Środki trwałe w budowie	0,0	72,1	0,0	59,2
III	Należności długoterminowe	0,0	0,0	0,0	0,0
IV	Inwestycje długoterminowe	0,0	0,0	0,0	0,0
V	Długoterminowe aktywa finansowe	438,2	438,4	408,8	425,4
B	Aktywa obrotowe	1 489,6	2 046,1	679,1	1 662,2
I	Zapasy	202,2	197,9	361,0	283,1
II	Należności krótkoterminowe	129,1	198,0	159,1	176,0
III	Inwestycje krótkoterminowe	941,0	1 503,2	38,1	1 086,8
IV	Krótkoterminowe rozliczenia międzyokr.	217,3	147,0	120,9	116,3
-	Aktywa razem	7 615,4	7 689,6	6 842,3	7 402,7
A	Kapitał własny	1 471,4	1 657,8	2 454,5	3 262,5
I	Kapitał podstawowy	9 727,0	9 727,0	9 727,0	11 031,5
II	Kapitał zapasowy	0,9	0,9	0,9	0,9
III	Kapitał z aktualizacji wyceny	0,0	0,0	0,0	0,0
IV	Pozostałe kapitały rezerwowe	0,0	0,0	0,0	0,0
V	Zysk/strata z lat ubiegłych	-8 481,0	-8 256,5	-8 070,1	-8 033,4
V	Zysk/strata netto	224,5	186,4	36,7	263,5
B	Zobowiązania i rezerwy na zobowiązania	6 144,1	6 031,8	4 387,8	4 140,1
I	Rezerwy na zobowiązania	2 605,7	2 651,1	2 522,4	2 522,4
II	Zobowiązania długoterminowe	1 541,7	760,0	0,0	0,0
II.1	– w tym kredyty i pożyczki	0,0	0,0	0,0	0,0
II.2	– w tym z tytułu emisji pap. wartościowych	1 530,0	760,0	0,0	0,0
III	Zobowiązania krótkoterminowe	1 996,7	2 260,7	1 865,5	1 617,8
III.1	– w tym kredyty i pożyczki	0,0	0,0	0,0	0,0
III.2	– w tym z tytułu emisji pap. wartościowych	772,4	773,0	237,1	0,0
IV	Rozliczenia międzyokresowe	0,0	0,0	0,0	0,0
-	Pasywa razem	7 615,4	7 689,6	6 842,3	7 402,7

Źródło danych: ekrs.ms.gov.pl/rdf/pd/search_df, dostęp: 31.01.2024 r. i dane MZK sp. z o.o.

W tabeli 10 przedstawiono wskaźniki charakteryzujące sytuację finansową MZK sp. z o.o. w latach 2020-2023.

Tab. 10. Wskaźniki finansowe MZK sp. z o.o. w latach 2020-2023

Lp.	Wyszczególnienie	Wskaźniki w latach			
		2020	2021	2022	2023
1	Wskaźnik płynności bieżącej	0,75	0,72	0,30	0,96
2	Wskaźnik płynności szybkiej	0,54	0,65	0,11	0,78
3	Wskaźnik ogólnego zadłużenia	0,81	0,78	0,64	0,56
4	EBITDA [tys. zł]	901,3	829,9	688,7	1 010,3
5	ROE [%]	15,3	11,3	1,5	8,1
6	ROA [%]	3,7	3,3	0,6	4,6
7	Cykl regulowania należności [dni]	3,6	5,3	3,7	3,9
8	Cykl regulowania zobowiązań [dni]	55,3	69,5	43,3	35,8
9	Cykl rotacji zapasów [dni]	5,9	5,5	8,5	6,4
10	Rotacja aktywów	1,7	1,8	2,3	2,2
11	Rotacja środków trwałych	2,2	2,4	2,6	2,9

Źródło: opracowanie własne.

Sytuację finansową MZK sp. z o.o. w latach 2020-2023 należy uznać za stabilną, umiarkowanie dobrą. Spółka w całym okresie osiągała dodatnie wyniki finansowe i to nawet w czasie wprowadzonych ograniczeń spowodowanych pandemią COVID-19. Przychody ze sprzedaży produktów były w tym okresie na stabilnym poziomie, przy rosnącej sprzedaży towarów. W okresie tym stabilne były także wskaźniki charakteryzujące sytuację ekonomiczną spółki.

Sytuacja finansowa, przy osiągnięciu bardzo niskich dodatnich wyników finansowych, pozwala na prowadzenie dość ograniczonej odnowy posiadanego taboru. Generowany EBITDA nie pozwala spółce na coroczny zakup nawet jednego autobusu zeroemisyjnego. MZK sp. z o.o. może odnawiać tabor zakupując autobusy używane albo nabywać przeciętnie raz na dwa lata autobus z napędem klasycznym. Ograniczona jest także zdolność MZK sp. z o.o. do nabywania taboru ze wsparciem środkami pomocowymi. Spółka posiada zdolność do zawierania kontraktów leasingowych, przy czym kwota spłacanych zobowiązań zależy od wysokości rekompensaty przekazywanej przez Miasto. Wymiana taboru MZK sp. z o.o. musi więc być bezwzględnie realizowana ze wsparciem Miasta.

5.3. Model nabywania pojazdów

Koszt nabycia nowego autobusu miejskiego, szczególnie zeroemisyjnego, jest dla operatora znaczny. Z uwagi na niską rentowność działalności przewozowej w transporcie pasażerskim, firmy przewozowe rzadko dysponują takimi zasobami finansowymi, które pozwalałyby na zakup nowego taboru w dużej liczbie. Operatorzy często korzystają więc z ogólnodostępnych form finansowania zewnętrznego, przy dłuższych umowach leasingując część pojazdów, a przy krótszych – dzierżawiąc.

W Pabianicach w ostatnich latach nabywanie pojazdów dla potrzeb komunikacji miejskiej stało się zadaniem Miasta. Operator nabył większą liczbę pojazdów we własnym imieniu 16 lat temu.

W 2010 r. Miasto, realizując projekt inwestycyjny „Poprawa dostępności i bezpieczeństwa transportu miejskiego na terenie Gminy Miejskiej Pabianice”, z dofinansowaniem ze środków Unii Europejskiej, nabyło 5 autobusów niskopodłogowych klasy maxi zasilanych olejem napędowym. Z kolei w 2018 r. Miasto zakupiło 18 autobusów niskopodłogowych klasy maxi z napędem hybrydowym, w ramach realizacji projektu „Modernizacja i rozwój komunikacji miejskiej w Pabianicach”, także dofinansowanego europejskimi środkami pomocowymi.

Jednostki samorządu terytorialnego realizują inwestycje dokonując płatności ze środków budżetowych. Rzadko przy tym korzystają z formy leasingu środków trwałych – z kilku powodów. Nabycie środka trwałego poprzez leasing jest droższe niż sfinansowanie zakupu kredytem, co wynika z formuły tego finansowania. Firma leasingowa nie posiada własnych zasobów finansowych, lecz korzysta z kredytowania zakupu, kalkulując część finansową leasingu jako koszt kredytu powiększony o swoją marżę. Nabycie środka trwałego z zastosowaniem leasingu finansowego wiąże się także z obowiązkiem zapłaty pełnej wysokości podatku VAT w momencie odebrania przedmiotu leasingu. Dodatkowo nabycie środka trwałego poprzez leasing finansowy musiałoby być uwzględnione w wysokości zadłużenia jednostki, a zwiększony koszt finansowania leasingu – w porównaniu z kredytowaniem jednostki – trudno byłoby uzasadnić. Jednostka może natomiast nabyć środek trwały w formie leasingu operacyjnego, pod warunkiem uwzględnienia wydatków z nim związanych w wydatkach bieżących budżetu oraz w WPF. Z uwagi na znacznie mniej korzystne warunki finansowania niż kredyt własny, jednostki samorządu terytorialnego korzystają z formy leasingu stosunkowo rzadko.

Forma finansowania nabycia środków trwałych poprzez ich leasing jest natomiast często stosowana przez spółki komunalne.

Realizacja projektu „Modernizacja i rozwój komunikacji miejskiej w Pabianicach – etap II”, z uwagi na jego znaczną wartość oraz ujęcie elementów infrastruktury tramwajowej i parkingu, będzie zadaniem Miasta. Nie wyklucza to jednak udziału MZK sp. z o.o. w realizacji

projektu, polegającego na prowadzeniu inwestycji w zakresie jego elementów związanych z zakresem działalności spółki, także z wykorzystaniem alternatywnych sposobów finansowania inwestycji.

5.4. Działania inwestycyjne zrealizowane w latach 2020-2023

Miasto zrealizowało w latach 2017-2022 partnerski projekt inwestycyjny pn. „Łódzki Tramwaj Metropolitalny: etap Pabianice – Ksawerów”, w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Łódzkiego na lata 2014-2020, Działanie 3.1. Niskoemisyjny transport miejski. Partnerem Miasta była Gmina Ksawerów.

Głównym celem projektu był wzrost wykorzystania szynowego transportu publicznego poprzez rozwój, poprawę funkcjonalności i atrakcyjności transportu zbiorowego w systemie aglomeracyjnym i integrację poszczególnych jego sektorów. Celem pośrednim było w szczególności zwiększenie liczby pasażerów komunikacji tramwajowej, skrócenie czasu podróży dla pasażerów oraz poprawa dostępności transportu szynowego dla osób z niepełnosprawnościami ruchowymi.

Projekt obejmował kompleksową modernizację trasy linii tramwajowej 41 w Ksawerowie i Pabianicach. Zakres prac obejmował przebudowę układu torowego, sieci trakcyjnej, podstacji trakcyjnych, sterowania, ogrzewania zwrotnic oraz trakcyjnych linii kablowych.

W ramach projektu przebudowano infrastrukturę sieciową, torową, sterowania, linii kablowych, podstacji trakcyjnych i ogrzewania zwrotnic. Przebudowano i wybudowano przystanki tramwajowe, zintegrowane przystanki tramwajowo-autobusowe oraz perony i zatoki autobusowe, z ich dostosowaniem do potrzeb osób z niepełnosprawnościami. W ramach projektu przebudowano także pętlę tramwajową Wiejska, utworzono tram-buspasy (w ulicach: Stary Rynek, Warszawskiej i Zamkowej). Przebudowano także w niezbędnym zakresie układ drogowy i sieci podziemnych, wprowadzono priorytety dla tramwajów oraz system ITS. Zakres projektu obejmował ponadto budowę drogi rowerowej i parkingu B&R przy pętli tramwajowej Duży Skręt.

Sumaryczna wartość projektu wynosiła 213 978,5 tys. zł, w tym część dotycząca Miasta – 188 130,5 tys. zł, natomiast dofinansowanie ze środków europejskich i budżetu państwa – 122 111,9 tys. zł, w tym na rzecz Miasta – 105 067,2 tys. zł.

Miasto Pabianice zrealizowało ponadto w latach 2017-2023 projekt inwestycyjny pn. „Modernizacja i rozwój komunikacji miejskiej w Pabianicach”, w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Łódzkiego na lata 2014-2020, Działanie 3.1. Niskoemi-

syjny transport miejski. Głównym celem tego projektu było zrównoważenie miejskiego i aglomeracyjnego systemu transportowego poprzez stworzenie warunków do zwiększenia liczby podróży transportem zbiorowym.

W zakresie wymiany taboru w ramach tego projektu nabyto 18 autobusów niskoemisyjnych o napędzie hybrydowym – marki Solaris Urbino 12 hybrid.

Zakupione autobusy są niskopodłogowe, dostosowane do podróżowania osób starszych, z dysfunkcjami ruchowymi, z miejscem dla wózków dziecięcych oraz inwalidzkich, o pojemności 94 pasażerów, w tym 27 na miejscach siedzących, wyposażone w elektroniczne tablice informacji pasażerskiej (przednia, boczna, tylna i wewnętrzna) z zapowiedziami głosowymi, klimatyzację, system monitoringu wizyjnego, odbiornik GPS współpracujący z komputerem pokładowym oraz wi-fi i ładowarki usb w przestrzeni pasażerskiej. W zakupionych pojazdach zużycie paliwa jest niższe o ponad 20% w stosunku do klasycznych autobusów spalinowych. Miasto użyczyło MZK sp. z o.o. zakupiony tabor w celu jego eksploatacji na liniach pabianickiej komunikacji miejskiej.

W ramach projektu zmodernizowano ponadto stację obsługi pojazdów oraz pomieszczenia dla dyspozytorni i serwerowni ITS w zajezdni autobusowej miejskiego operatora przy ul. Lutomierskiej. Wybudowano ponadto dworzec autobusowy przy pętli Waltera-Jankego, przebudowano perony przystankowe – dostosowując je do potrzeb osób z niepełnosprawnościami oraz wybudowano kraniec przy ul. Podmiejskiej i drogi dla rowerów.

Projekt obejmował także zakup i instalację 23 tablic dynamicznej informacji pasażerskiej, montaż biletomatów stacjonarnych i mobilnych, systemu monitoringu, stworzenie nowego portalu komunikacji miejskiej, montaż wiat i słupków przystankowych, ławek, a także wiat rowerowych i innych elementów.

Wartość projektu „Modernizacja i rozwój komunikacji miejskiej w Pabianicach” wyniosła 74 291,1 tys. zł, w tym dofinansowanie ze środków europejskich – 51 111,5 tys. zł.

5.5. Planowane nakłady inwestycyjne

Zakup taboru zeroemisyjnego wiąże się ze zmniejszeniem emisji CO₂ z sektora transportu, przez co ujmowany jest w programach wsparcia finansowego krajowych i europejskich.

Zakup autobusów zeroemisyjnych powinien być dokonany przez Miasto w takim czasie, aby uzyskać maksymalne wsparcie finansowe ze środków pomocowych, a przy tym spełnić wymogi artykułów: 36, 68 i 68a ustawy o elektromobilności. Kilkuletnie opóźnienie decyzji Komisji Europejskiej, spowodowane zastrzeżeniami do praworządności w Polsce, uniemożliwiło jednak wcześniejsze wdrożenie programów pomocowych. Stan finansów jednostek samorządu terytorialnego uległ przy tym znacznemu pogorszeniu w efekcie zdarzeń związanych z pandemią COVID-19, wysoką inflacją oraz wprowadzonymi zmianami podatkowymi. Większość miast

w Polsce odroczyło więc decyzje o wymianie floty pojazdów do czasu otwarcia możliwości pozyskania wsparcia finansowego europejskimi środkami pomocowymi. Zgodnie z takim scenariuszem postąpiono również w Pabianicach.

Miasto przygotowuje się do realizacji projektu inwestycyjnego „Modernizacja i rozwój komunikacji miejskiej w Pabianicach – etap II”. Projekt realizowany będzie w ramach ZIT Miejskiego Obszaru Funkcjonalnego Ośrodka Wojewódzkiego – Łodzi, dofinansowanego z programu regionalnego Fundusze Europejskie dla Łódzkiego 2021-2027, Priorytet 3. Fundusze europejskie dla mobilnego łódzkiego, cel szczegółowy RSO 2.8 wspieranie zrównoważonej multimodalnej mobilności miejskiej jako elementu transformacji w kierunku gospodarki zeroemisyjnej, działanie FELD.03.02 Mobilność miejska – ZIT.

W ramach tego projektu przewiduje się zakup 12 autobusów elektrycznych (1 klasy midi i 11 klasy maxi) z infrastrukturą do ich ładowania – 4 stanowiskami do ładowania szybkiego i 12 ładowarkami zajezdniowymi z instalacją je zasilającą.

Poza zakupem taboru i instalacją zasilającą, w ramach projektu przewiduje się – w miarę dostępności środków pomocowych w ramach ZIT – rozbudowę zajezdni: wybudowanie i urządzenie budynku zarządzania ruchem, placu manewrowego, 12 wiat na autobusy i instalacji fotowoltaicznej. Poza obszarem zajezdni projekt obejmuje także przebudowę pętli tramwajowej Duży Skręt, przebudowę zatok autobusowych, rozbudowę parkingu Park&Ride przy dworcu kolejowym oraz budowę dróg rowerowych i ciągów pieszych. Przewiduje się, że łączna wartość projektu wyniesie ponad 114,38 mln zł brutto (koszty kwalifikowane ok. 89,75 mln zł), przy oczekiwanym dofinansowaniu ze środków europejskich na poziomie 76,13 mln zł.

W przypadku dostępnego niższego dofinansowania europejskimi środkami pomocowymi, zakres rzeczowy i wartość projektu będzie odpowiednio korygowana, a do realizacji w pierwszej kolejności skierowany zostanie zakup autobusów z infrastrukturą ładowania. Przewidywany realny okres realizacji projektu to lata 2025-2027.

W niniejszej analizie nakłady na tabor przyjęto w kwotach netto, wynoszących za jeden autobus fabrycznie nowy odpowiednio:

- 0,95 mln zł – z klasycznym silnikiem na olej napędowy, klasy midi;
- 1,38 mln zł – z klasycznym silnikiem na olej napędowy, klasy maxi;
- 1,59 mln zł – z napędem hybrydowym (olej napędowy), klasy maxi;
- 2,57 mln zł – z silnikiem elektrycznym, ładowany poprzez pantograf i plug-in, klasy midi;
- 2,90 mln zł – z silnikiem elektrycznym, ładowany poprzez pantograf i plug-in, klasy maxi.

Wartość nabywanego taboru używanego (scenariusz bazowy) przyjęto w wysokości 0,50 mln zł netto, ujmując w tym poniesienie przez operatora kosztów dostosowania pojazdu do

wymogów zamawiającego i zakładając nabycie autobusów z silnikami na olej napędowy, klasy maxi, 8-letnich.

Jako podstawową metodę zasilania autobusów elektrycznych poza zajezdnią przyjęto zastosowanie stacji zasilania szybkiego z odwróconym pantografem. Przyjęto instalację czterech takich urządzeń z nakładami 1,20 mln zł netto na każde.

W wariantach elektrycznych 1 i 2, przy wprowadzaniu do eksploatacji pierwszych autobusów elektrycznych przewiduje się realizację wspomagającego zakupu ładowarek wolnych, po jednej na autobus, przyjmując nakłady w wysokości 0,12 mln zł netto na każdą.

Nakłady na urządzenia i instalacje towarzyszące (sieci zasilające, trafostacje, rozdzielnie, sterowanie itp.) założono do poniesienia w łącznej wysokości 3,20 mln zł netto.

W wariantcie elektrycznym-2 przewidziano poniesienie dodatkowych nakładów na instalację ładowarek zajezdniowych dla kolejnych autobusów elektrycznych, po jednej na autobus, w wysokości 0,12 mln zł netto każda oraz na instalację 4 dodatkowych stacji ładowania szybkiego z zasilaniem i instalacjami towarzyszącymi, w wysokości 1,2 mln zł netto na każdą.

W wariantach elektrycznych przyjęto poniesienie ponadto nakładów infrastrukturalnych na wymianę baterii w autobusach po 8-letnim okresie eksploatacji, w wysokości 0,15 mln zł netto za każdą, uwzględniając odsprzedaż baterii zdemontowanej.

Nakłady niezbędne do poniesienia na zakup taboru i instalacje zasilające przedstawiono w każdym z wariantów w tabeli 11.

Tab. 11. Planowane nakłady inwestycyjne w pabianickiej komunikacji miejskiej w latach 2024-2035 – kwoty netto [mln zł]

Rodzaj napędu autobusu – klasa pojemnościowa	Wymiana w roku											
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Wariant 1 – konwencjonalny												
Ogółem wariant 1	0,00	0,00	9,23	6,90	0,00	3,90	0,00	0,00	0,00	12,72	12,72	0,00
BEV – razem, w tym:	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- klasa midi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- klasa maxi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HEV – razem, w tym:	-	-	-	-	-	3,90	-	-	-	12,72	12,72	-
- klasa mini	-	-	-	-	-	0,00	-	-	-	0,00	0,00	-
- klasa maxi	-	-	-	-	-	3,90	-	-	-	12,72	12,72	-
Inne napędy, w tym:	-	-	9,23	6,90	-	-	-	-	-	-	-	-
- klasa midi	-	-	0,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- klasa maxi	-	-	8,28	6,90	-	-	-	-	-	-	-	-
Infrastruktura zasilająca i baterie	-	-	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Wariant 2 – elektryczny-1												
Ogółem wariant 2	0,00	0,00	44,27	0,00	0,00	4,77	0,00	0,00	0,00	11,13	12,72	0,00
BEV – razem, w tym:	-	-	34,47	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- klasa midi	-	-	2,57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- klasa maxi	-	-	31,90	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HEV – razem, w tym:	-	-	-	-	-	4,77	-	-	-	11,13	12,72	-
- klasa mini	-	-	-	-	-	0,00	-	-	-	0,00	0,00	-
- klasa maxi	-	-	-	-	-	4,77	-	-	-	11,13	12,72	-

Rodzaj napędu autobusu – klasa pojemnościowa	Wymiana w roku											
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Inne napędy, w tym:	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– klasa midi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– klasa maxi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Infrastruktura zasilająca i baterie	-	-	9,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wariant 3 – elektryczny-2												
Ogółem wariant 3	0,00	0,00	44,27	0,00	0,00	9,15	0,00	0,00	0,00	50,55	0,00	0,00
BEV – razem, w tym:	-	-	34,47	-	-	8,70	-	-	-	-	-	-
– klasa midi	-	-	2,57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– klasa maxi	-	-	31,90	-	-	8,70	-	-	-	43,50	-	-
HEV – razem, w tym:	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– klasa mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– klasa maxi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Inne napędy, w tym:	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– klasa midi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– klasa maxi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Infrastruktura zasilająca i baterie	-	-	9,80	-	-	0,45	-	-	1,13	7,05	-	-

Źródło: opracowanie własne.

5.6. Przyjęte założenia analizy kosztów i korzyści

Analizę kosztów i korzyści wykonano przyjmując do wyliczeń finansowych ceny netto, oraz wynoszącą 4,0% realną stopę procentową. Dla potrzeb analizy społeczno-ekonomicznej przyjęto stopę o wartości 3,0% – jako społeczną, realną stopę dyskontową.

Analizę efektywności oparto o przyrostowe przepływy pieniężne, nie ujmując w nich amortyzacji. Przyjęto 15-letni okres analizy, odpowiadający okresowi podstawowej używalności (trwałości) pojazdów elektrycznych zasilanych energią bateryjną.

W obliczeniach wykorzystano:

- prognozy ekonomiczne, opracowane na podstawie dokumentu pn. „Wytyczne dotyczące stosowania jednolitych wskaźników makroekonomicznych będących podstawą do oszacowania skutków finansowych ustaw”;
- „Wytyczne dotyczące zagadnień związanych z przygotowaniem projektów inwestycyjnych, w tym hybrydowych na lata 2021-2027”;
- prognozy i ekonomiczne koszty jednostkowe CUPT (wersja z maja 2023 r.).

Wartość rezydualną obliczono metodą dochodową. Okres żywotności poza analizą został ujęty dla autobusów z napędem elektrycznym jako „pozostały okres żywotności autobusów”.

Koszty utrzymania taboru w analizie finansowej zostały zaprognozowane na podstawie kosztów rzeczywiście poniesionych w 2023 r. przez operatora – MZK sp. z o.o. Wartości oszacowanych kosztów eksploatacji autobusów w 2023 r. przedstawiono w tabeli 12.

Wprowadzenie do użytkowania pojazdów elektrycznych spowoduje znaczne zużycie energii. Wzrost zużycia energii będzie uwzględniony w postępowaniach wyboru dostawcy energii prowadzonych przez Łódzką Grupę Zakupową, obejmującą m.in. Miasto i MZK sp. z o.o.

Wprowadzenie do użytkowania pojazdów elektrycznych spowoduje znaczne zużycie energii. Można jednak ograniczyć koszty jednostkowe z tym związane poprzez zamawianie energii wspólnie przez Miasto oraz podległe spółki i instytucje. Koszt energii przeznaczonej o ładowania nocnego zależny będzie od taryfy wynegocjowanej przez operatora.

Wyższe koszty jednostkowe energii wystąpią w przypadku znacznego poboru energii w okresie szczytowym przez stację ładowania zlokalizowaną na pętli, a niższe przy – wykorzystaniu ładowarek zajezdniowych do ładowania nocnego, poza szczytem energetycznym. Do obliczeń przyjęto koszt jednostkowy kilowatogodziny według szacunków MZK sp. z o.o., uwzględniając jednostkowy koszt energii oraz koszty opłat dystrybucyjnych poniesione w 2023 r., w wysokości 1,37 zł/kWh netto.

Dla autobusów elektrycznych przyjęto parametry kosztów eksploatacji (bez uwzględnienia zużycia energii elektrycznej) na poziomie 70% kosztów autobusów z napędem Diesla. Jest

to uzasadnione przede wszystkim brakiem lub znacznie niższym zużyciem materiałów eksploatacyjnych, takich jak płyny (AdBlue, oleje i inne) oraz zużywające się części silnika, jego osprzętu i przekładni.

Tab. 12. Roczne koszty eksploatacji w pabianickiej komunikacji miejskiej w 2023 r. [tys. zł]

Kategoria kosztu	Wartość [tys. zł]
Wynagrodzenia – kierowcy i eksploatacja	5 266,34
Narzuty na wynagrodzenia – kierowcy i eksploatacja	1 566,85
Amortyzacja autobusów MZK sp. z o.o.	329,03
Paliwo	2 227,73
Energia elektryczna	196,89
Części zamienne, ogumienie	335,48
Podatki i opłaty	170,64
Ubezpieczenia	206,61
Pozostałe koszty	11,09
Razem koszty bezpośrednie eksploatacji	9 960,64
Koszty wydziałowe	2 789,99
Razem koszty bezpośrednie i pośrednie	12 750,63
Koszty ogólnozakładowe	1 987,79
Razem koszty przewozów w komunikacji miejskiej	14 738,42

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MZK sp. z o.o.

W przypadku autobusów elektrycznych w analizie uwzględniono koszty serwisowania stacji ładowania.

Inwestycje odtworzeniowe ujęto na podstawie przewidywanych okresów użytkowania autobusów. W przypadku autobusów elektrycznych wzięto również pod uwagę wymianę baterii w 8. roku eksploatacji.

W analizie finansowej nie ujęto ewentualnych kosztów finansowania zakupu jednostek taborowych.

W tabeli 13 przedstawiono przyjęte wskaźniki do wyliczenia wysokości kosztów w analizie. Wskaźniki określono na podstawie danych za 2023 r. zindeksowanych o prognozowaną inflację. Ceny energii elektrycznej przyjęto na podstawie szacunków Miasta.

Liczbę pasażerów we wszystkich wariantach oszacowano na podstawie danych Miasta ze sprzedaży biletów z lat 2019-23 i planowanych w 2024 r. oraz na podstawie wyników badań

marketingowych przeprowadzonych jesienią 2023 r. W prognozie na lata następne uwzględniono zmianę liczby pasażerów proporcjonalnie do prognozowanej przez GUS liczby mieszkańców Pabianic.

Wpływy z biletów przyjęto na podstawie danych Miasta za 2023 r., a dla kolejnych lat – uwzględniając prognozy zmiany liczby mieszkańców opracowane przez GUS.

Tab. 13. Wskaźniki kosztów eksploatacyjnych przyjęte do analizy

Kategoria	Jednostka	Podstawa	Wartość
Średnioroczne spalanie autobusu z silnikiem na olej napędowy:			
– EURO IV, klasa maxi	dm ³ /100 km	dane operatora	37,5
– EURO V, klasa maxi			38,0
– EURO VI, klasa midi			33,0
– EURO VI, hybryda, klasa maxi			30,2
Średnia cena oleju napędowego	zł/dm ³	dane operatora	5,15
Cena energii elektrycznej	zł/kWh	dane operatora	1,37
Koszty eksploatacji autobusów – zużycie materiałów	zł/km	dane operatorów	0,27
Współczynnik kosztów eksploatacji autobusów elektrycznych do autobusów z silnikiem Diesla (materiały i usługi)	-	dane producentów	0,70
Współczynnik kosztów eksploatacji nowych autobusów w stosunku do autobusów używanych (materiały i usługi)	-	szacunek własny	0,85
Wzrost kosztów eksploatacji autobusów nowych	%/rok	szacunek własny	5,0
Średnie zużycie energii przez autobus elektryczny:			
– klasy midi z baterią 120 kWh	kWh/km	dane producentów	0,90
– klasy maxi z baterią 160 kWh			1,05
Koszt wymiany baterii w autobusie, baterii 120/160 kWh, z uwzględnieniem odsprzedaży	tys. zł	dane producentów, prognozy rynkowe	72/96

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych rozproszonych.

Należy przypuszczać, że sama zamiana autobusów z silnikami Diesla na pojazdy elektryczne – bez towarzyszącego jej zwiększenia liczby wykonywanych wozokilometrów – nie będzie w kolejnych latach skutkowałą efektem w postaci większego zainteresowania mieszkańców podróżami komunikacją miejską. Takie założenie przyjęto więc przy określaniu liczby pasażerów dla poszczególnych wariantów.

6. Analiza społeczno-ekonomiczna

6.1. Oszacowanie efektów środowiskowych

W przeciwieństwie do analizy finansowej, skupiającej się na przepływach finansowych, przedmiotem analizy ekonomicznej jest kalkulacja kosztów i korzyści dla społeczeństwa, wynikających z realizacji – a następnie z eksploatacji – ocenianego wariantu.

Analiza została przygotowana według niżej przedstawionego schematu postępowania:

- 1) przeprowadzenie analizy odchyień cenowych, płacowych oraz aspektów podatkowych;
- 2) ocena wpływu na środowisko;
- 3) ocena projektu z punktu widzenia mierzalnych i niemierzalnych efektów oddziaływania na środowisko.

Analiza korzyści użytkowników koncentruje się na efektach inwestycji z perspektywy dobrobytu społecznego, dlatego wyłączono z niej wzajemne przychody operatora i Miasta, w szczególności wyeliminowano wzajemne rozliczenia w zakresie przekazywanej rekompensaty oraz potencjalnej dzierżawy taboru i stacji ładowania. Uwzględniono natomiast korzyści w postaci oszczędności w kosztach eksploatacyjnych, które wystąpią w wyniku realizacji wybranego wariantu – zostały one przeniesione z analizy finansowo-ekonomicznej do analizy społeczno-ekonomicznej.

Do analizy kosztów i korzyści społecznych włączono wyłącznie efekty bezpośrednio wynikające z danego wariantu. Analiza nie obejmuje zatem efektów rozproszonych w gospodarce, takich jak efekty mnożnikowe.

Identyfikacji oraz zmonetyzowaniu poddano efekty zewnętrzne – zgodnie z katalogiem efektów zawartym w Załączniku III do rozporządzenia wykonawczego Komisji UE nr 207/2015 z dnia 20 stycznia 2015 r., w wersji aktualnej na dzień 30 kwietnia 2024 r.

Ze względu na specyfikę i charakter analizy, zgodnie z wymogami art. 37 ust. 2 pkt 3 ustawy o elektromobilności, ujęto w niej efekty zewnętrzne związane z emisją:

- gazów cieplarnianych (CO₂);
- gazów innych niż cieplarniane (tj. lokalne skutki zanieczyszczenia powietrza);
- hałasu.

Dokonując wyceny efektów zewnętrznych zastosowano ogólne zasady metodyczne ilościowej analizy kosztów i korzyści, w tym monetyzacji efektów społeczno-ekonomicznych, które opisano w Przewodniku, Niebieskiej Księdze, a także w Vademecum Beneficjenta – wymienionych w rozdziale 2 opracowania. W analizie pominięto korzyści wynikające ze zwiększenia liczby pasażerów – z uwagi na przyjęte założenie jednakowego wzrostu liczby pasażerów dla każdego z wariantów.

Analizę przeprowadzono wyliczając emisję zanieczyszczeń w miejscu użytkowania pojazdów – mieście Pabianicach i okolicznych gminach.

Analizę przeprowadzono metodą różnicową, polegającą na porównaniu przepływów danego wariantu z przepływami scenariusza bazowego, zakładającego kontynuację funkcjonowania transportu publicznego w podobnym jak obecnie kształcie, lecz opóźnienie decyzji inwestycyjnych i korzystanie z taboru używanego.

Aspekty podatkowe uwzględniono w analizie społeczno-ekonomicznej, bowiem wielkości będące przedmiotem analizy finansowej wymagają korekty – w celu lepszego oddania rzeczywistych cen. Jest to niezbędne, jeśli wykorzystywane dobra i usługi, bądź produkty wynikające z wariantu, zawierają podatek VAT lub inne podatki pośrednie albo zawierają ukryte subsydia (ewentualnie opłaty), mające na celu ograniczenie kosztów społecznych (np. w cenie energii zawarty jest pośredni podatek przeznaczony na pokrycie przyszłych kosztów ekologicznych – w takim przypadku należy unikać podwójnego naliczenia kosztów ekologicznych w analizie ekonomicznej).

Zgodnie z zaleceniami zawartymi w Niebieskiej Księdze, w analizie ekonomicznej dokonano korekty cen rynkowych na ceny ukryte, które lepiej odwzorowują korzyści społeczne.

W celu wyeliminowania zakłóceń (podatkowych i innych niedoskonałości rynku) na rynku energii i rynku pracy, zastosowano współczynniki konwersji CF, przedstawione w Vademecum Beneficjenta (s. 27) – odpowiednio w wysokości:

- dla nakładów inwestycyjnych w zakresie infrastruktury – 0,83;
- dla nakładów inwestycyjnych w zakresie taboru – 0,87;
- dla kosztów operacyjnych – 0,78.

Zastosowane w analizie finansowej kategorie kosztowe nie zawierają podatku VAT ani innych ukrytych opłat pośrednich, nie dokonywano zatem korekty o podatek VAT. Nie ma także konieczności ujmowania korekty podatku CIT w analizie kosztów i korzyści społecznych, ponieważ przepływy pieniężne w analizie finansowej projektu nie zawierają podatku CIT.

Poniżej przedstawiono założenia i metodę kwantyfikacji poszczególnych kategorii efektów zewnętrznych, zidentyfikowanych dla poszczególnych wariantów.

Emisja gazów cieplarnianych

Ocena oddziaływań zmian klimatycznych umożliwia określenie wartości ekonomicznej przyrostowych oddziaływań emisji gazów cieplarnianych na zmiany klimatyczne, generowanych przez pojazdy wykorzystujące infrastrukturę transportową. Emisje gazów cieplarnianych są wyrażane jako ekwiwalent CO₂, zgodnie z metodyką zawartą w opracowaniu pt. „European Investment Bank Induced GHG Footprint. The carbon footprint of projects financed by the

Bank. Methodologies for the Assessment of Project GHG Emissions and Emission Variations. Version 10.1", kwiecień 2014 r.

Jednostkowe koszty emisji gazów cieplarnianych są wprost zależne od zużycia paliwa, przy czym wskaźnik przeliczeniowy wynosi: 1 litr oleju napędowego = 2,68 kg CO₂. Wielkość emisji gazów została pomnożona przez współczynnik kosztu jednostkowego CO₂, czego wynikiem jest całkowity koszt zmian klimatycznych.

Koszt jednostkowy emisji CO₂ został przyjęty w analizie na podstawie powyższej metodyki. Zgodnie z rekomendacjami CUPT, wykorzystano scenariusz średni z tego opracowania, w którym koszt klimatyczny emisji 1 tony CO₂ oszacowano na 25 euro. Indeksacja tego kosztu polega na dodaniu do wartości dla roku poprzedniego, wzrostu rocznego w wysokości 1 euro na 1 tonę CO₂ (w cenach z 2006 r.). W celu przeliczenia na złote, w każdym roku analizy wykorzystano średni kurs roczny EUR/PLN, podawany przez Europejski Bank Centralny (EBC). Indeksacja kosztów zmian klimatycznych jest niezależna od dynamiki PKB *per capita*.

Do obliczeń przyjęto wartości jednostkowe uzyskane zgodnie z emisjami zanieczyszczeń i kosztów klimatu dla środków transportu publicznego określone przez CUPT i zawarte w szablonie AKK, dostępnym w serwisie internetowym tej instytucji (<https://www.cupt.gov.pl/konkurs/zakonczone/dzialanie-11-4-transport-miejski-2/>).

Kalkulacja ilości emisji CO₂ dla autobusów elektrycznych została oparta o zużycie energii elektrycznej oraz o wskaźnik emisyjności dla miksu energetycznego Polski. Z uwagi na zmiany miksu paliwowego w sektorze elektroenergetycznym w Polsce, uwzględniono zmiany emisyjności CO₂ w okresie analizy. Obliczeń dokonano w oparciu o scenariusz według Krajowego planu na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030.

W tabeli 14 przedstawiono emisję gazów cieplarnianych (GHG) przy produkcji energii elektrycznej w Polsce – dane dla krajowego miksu energetycznego.

Tab. 14. Emisja GHG przy produkcji energii elektrycznej w Polsce [gCO₂/kWh] – dane dla krajowego miksu energetycznego

Substancja zanieczyszczająca atmosferę	Wielkość emisji CO ₂ w roku [gCO ₂ /kWh]			
	2021	2025	2030	2035
Gazy cieplarniane (GHG)	792	760	660	480

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Przyszły miks energetyczny Polski – determinanty, narzędzia i prognozy, Instrat – Fundacja Inicjatyw Strategicznych, grudzień 2019, scenariusz według Krajowego planu na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030.

Emisja gazów innych niż cieplarniane

Koszt związany z emisją substancji szkodliwych innych niż gazy cieplarniane (NO_x, PM, NMHC/NMVOC) został oszacowany dla scenariusza bazowego i wariantów inwestycyjnych – zgodnie z aktualnymi wartościami dopuszczalnych zanieczyszczeń dla poszczególnych norm EURO użytkowanego taboru.

Dla wariantów elektrycznych, z autobusami elektrycznymi zasilanymi z baterii, uwzględniono koszty emisji powstającej przy wytwarzaniu energii elektrycznej w Polsce, pomimo że emisję lokalną można uznać za zerową. Wielkość emisji zanieczyszczeń przy produkcji energii wyrażoną w g/kWh przedstawiono w tabeli 15, przyjmując dane dla krajowego miksu energetycznego.

Tab. 15. Emisja zanieczyszczeń przy produkcji energii elektrycznej w Polsce [g/kWh] – dane dla krajowego miksu energetycznego

Substancja zanieczyszczająca atmosferę	Wielkość emisji w roku [g/kWh]			
	2021	2025	2030	2035
NMHC/NMVOC	0,005	0,005	0,005	0,003
SO ₂	2,627	2,188	2,023	1,522
NO _x	1,091	0,908	0,840	0,632
PM	0,030	0,025	0,023	0,017

Źródło: opracowanie własne na podstawie: dane wyjściowe – Szablon AKK CUPT – Tabor-zal-12-doregulaminu-szablon_akk_11-4_autobusy_23-09-2022_615.xls. Prognoza na podstawie Scenariusza Polityki energetyczno-klimatycznej (PEK). Ocena skutków planowanych polityk i środków. Załącznik 2 do Krajowego planu na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030.

Dla autobusów z silnikami Diesla, zasilanymi olejem napędowym i spełniającymi określone normy EURO, przyjęto wskaźniki maksymalnej emisyjności dla tego typu silników.

Emisja substancji szkodliwych innych niż gazy cieplarniane, wpływa bezpośrednio na stan zdrowia mieszkańców obszarów przyległych do źródeł emisji liniowych. Emisja substancji szkodliwych przy wytwarzaniu energii elektrycznej rozprasza się z kolei na bardzo dużym obszarze, przez co jej oddziaływanie na stan zdrowotności mieszkańców miast jest mniejsze. Zmniejszenie emisji lokalnej ze środków transportowych zawsze korzystnie wpływa na lokalne warunki środowiskowe i poprawia warunki życia mieszkańców. Ze względów społecznych koszt emisji lokalnej należy zatem wycenić wyżej niż koszt emisji z elektrowni, tworzącej ogólne tło zanieczyszczeń w kraju.

Emisja hałasu

Dla nowych autobusów z silnikiem Diesla, spełniających normę EURO VI, założono redukcję hałasu o 5%. Wprawdzie obecnie stosowane silniki elektryczne, w porównaniu do silników spalinowych, emitują znacznie niższy poziom hałasu, pozostaje wciąż jednak emisja hałasu wynikająca z toczenia się kół, pracy różnorodnych urządzeń pokładowych – szczególnie wentylatorów w układach chłodzenia – oraz pracy konstrukcji nadwozia.

Wskaźniki kosztów efektów zewnętrznych emisji hałasu zaczerpnięto z „Tablic kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści”, publikowanych w serwisie internetowym CUPT – przyjęto koszty hałasu w transporcie drogowym dla autobusu w terenie miejskim, wartości średnie.

Uwzględnienie w analizie korzyści społecznych, bazuje na ujęciu różnicowym, tzn. w pierwszej kolejności obliczono finansowe koszty eksploatacji oraz koszty społeczne emisji gazów cieplarnianych, emisji lokalnej oraz emisji hałasu dla scenariusza bazowego, zakładającego brak realizacji analizowanych wariantów, a następnie obliczono tożsame kategorie kosztów społecznych dla wariantów konwencjonalnego i elektrycznych.

Różnica pomiędzy rozpatrywanym wariantem a scenariuszem bazowym, stanowi wartość kosztów lub korzyści wynikających z realizacji danego wariantu. W przypadku, gdy różnica kosztów danego wariantu i kosztów wariantu bazowego jest dodatnia, dana kategoria efektu zewnętrznego jest kosztem, natomiast w przypadku, gdy różnica jest wynikiem ujemnym, dana kategoria efektu zewnętrznego traktowana jest jako korzyść społeczną realizacji wariantu.

W tabeli 16 przedstawiono wyniki podsumowania analizy dla wariantów konwencjonalnego i elektrycznych – w zakresie emisji zanieczyszczeń.

Tab. 16. Emisja zanieczyszczeń i jej koszt w poszczególnych wariantach w latach 2024-2039

Lp.	Czas badania	Jednostka	Wielkość i koszt emisji			
			CO ₂	NO _x	NM VOC	PM
Scenariusz bazowy						
1.1	Średniorocznie	tona	1 194,0	2,71	0,71	0,05
1.2		tys. zł	1 798,1	218,4	2,79	25,08
1.3	Cały okres analizy	tona	19 103,5	43,37	11,37	0,78
1.4		tys. zł	28 770,3	3 493,8	44,60	401,31
Wariant konwencjonalny						
2.1	Średniorocznie	tona	1 193,8	2,55	0,68	0,05
2.2		tys. zł	1 794,2	205,23	2,69	24,68
2.3	Cały okres analizy	tona	19 101,5	40,73	10,95	0,76
2.4		tys. zł	28 707,3	3 283,74	43,00	394,80

Lp.	Czas badania	Jednostka	Wielkość i koszt emisji			
			CO ₂	NO _x	NM VOC	PM
Wariant elektryczny-1						
3.1	Średniorocznie	tona	1 056,5	2,02	0,43	0,04
3.2		tys. zł	1 541,1	162,4	1,67	20,65
3.3	Cały okres analizy	tona	16 903,4	32,35	6,94	0,64
3.4		tys. zł	24 657,6	2 598,0	26,73	330,4
Wariant elektryczny-2						
4.1	Średniorocznie	tona	996,4	1,89	0,33	0,04
4.2		tys. zł	1 403,9	149,61	1,18	18,96
4.3	Cały okres analizy	tona	15 942,2	30,22	5,21	0,60
4.4		tys. zł	22 462,9	2 393,75	18,92	303,34
Różnica wysokości emisji i jej kosztów – wariant elektryczny-1 versus wariant konwencjonalny						
5.1	Średniorocznie	tona	-137,4	-0,52	-0,25	-0,01
5.2		tys. zł	-253,1	-42,86	-1,02	-4,03
5.3	Cały okres analizy	tona	-2 198,0	-8,38	-4,01	-0,12
5.4		tys. zł	-4 049,8	-658,76	-16,26	-64,40
Ograniczenie emisji w wariantcie elektrycznym-1 w porównaniu do wariantu konwencjonalnego [%]						
6.1	Średniorocznie	tona	11,51	20,57	36,62	15,73
6.2		tys. zł	14,11	20,88	37,82	16,31
6.3	Cały okres analizy	tona	11,51	20,57	36,62	15,73
6.4		tys. zł	14011	20,88	37,82	16,31
Różnica wysokości emisji i jej kosztów – wariant elektryczny-2 versus wariant konwencjonalny						
7.1	Średniorocznie	tona	-197,5	-0,66	-0,36	-0,01
7.2		tys. zł	-390,3	-55,6	-1,50	-5,72
7.3	Cały okres analizy	tona	-3 159,3	-10,52	-5,74	-0,17
7.4		tys. zł	-6 244,4	-889,99	-24,08	-91,46
Ograniczenie emisji w wariantcie elektrycznym-2 w porównaniu do wariantu konwencjonalnego [%]						
8.1	Średniorocznie	tona	16,54	25,82	52,43	21,70
8.2		tys. zł	21,75	27,10	56,00	23,17
8.3	Cały okres analizy	tona	16,54	25,82	52,43	21,70
8.4		tys. zł	21,75	27,10	56,00	23,17

Źródło: opracowanie własne.

Oszacowanie efektów środowiskowych dla poszczególnych lat przedstawiono w załączniku D do opracowania.

6.2. Efekty dla miasta i mieszkańców wynikające z wymiany pojazdów na zeroemisyjne

Mieszkańcy Pabianic, a w pewnym zakresie także mieszkańcy okolicznych gmin, osiągnęli już ograniczoną korzyść środowiskową, wynikającą z eksploatacji w pabianickiej komunikacji miejskiej autobusów hybrydowych o wyraźnie niższym zużyciu paliwa, a zatem i o niższej emisji zanieczyszczeń. Kilkuletni okres ich eksploatacji może być już podstawą do ocen efektywności ich eksploatacji.

Miasto Pabianice zamierza w najbliższych latach zrealizować projekt inwestycyjny „Modernizacja i rozwój komunikacji miejskiej w Pabianicach – etap II”, którego efektem będzie wprowadzenie do eksploatacji w komunikacji miejskiej 12 autobusów elektrycznych.

Zalety eksploatacji autobusów elektrycznych stanowią:

- znacznie mniejsza emisja hałasu, odczuwalna szczególnie podczas ruszania z przystanku i przejazdu ulicami o gęstej zabudowie;
- wyższy komfort podróżowania – mniejsza emisja hałasu wewnątrz pojazdu, przede wszystkim w tylnej części autobusu;
- brak emisji zanieczyszczeń podczas jazdy autobusu w okresie letnim oraz mniejsza emisja w okresie niskich temperatur (używanie tylko pieca grzewczego).

Wprowadzenie autobusów elektrycznych o podobnym poziomie wyposażenia dla pasażerów jak obecnie użytkowane autobusy hybrydowe, nie spowodowałoby poprawy innych warunków podróżowania niż wyżej wskazane.

Rozpoczęcie eksploatacji taboru elektrycznego wiąże się także z poprawą prestiżu jednostki samorządowej, jako wdrażającej ekomobilność w praktyce.

Wprowadzenie do eksploatacji autobusów elektrycznych wiąże się z wysokimi kosztami ich nabycia, w porównaniu do analogicznej liczby pojazdów spalinowych oraz kosztami wymiany baterii (co 8 lat).

Poniesienie nakładów finansowych na zakup taboru zeroemisyjnego i infrastruktury łądującej ze środków budżetu Miasta wpłynie na ograniczenie innych inwestycji. Oddziaływanie to można byłoby zmniejszyć lub wyeliminować poprzez pozyskanie wysokiego poziomu wsparcia finansowego z zewnętrznych środków pomocowych (co najmniej na poziomie 70%, a optymalnie – 85%).

Wymiana znacznej części (wariant elektryczny-1) lub całości (wariant elektryczny-2) taboru spalinowego na zeroemisyjny elektryczny, z wykorzystaniem wysokiego poziomu wsparcia środkami pomocowymi, nie ograniczy poziomu innych inwestycji w mieście, a przy tym przyniesie korzyści w efekcie dłuższego okresu eksploatacji autobusów elektrycznych (opóźnienie momentu odtworzenia wyeksploatowanego taboru).

Zamiana taboru spalinowego na elektryczny nie wpłynie na zmiany w mobilności mieszkańców. Wprowadzenie kolejnych autobusów elektrycznych nie wpłynie także na zmianę poziomu życia i na zamożność mieszkańców. Wobec wysoce prawdopodobnego jednoczesnego braku zwiększenia wykonywanej pracy eksploatacyjnej, wprowadzenie kolejnych autobusów elektrycznych do ruchu, nie wpłynie także na wzrost mobilności mieszkańców.

Wycenę kosztów emisji zanieczyszczeń przedstawiono w tabeli 16 w poprzednim podrozdziale.

Korzyści z realizacji programu wymiany taboru według wariantów elektrycznego-1 i elektrycznego-2, stanowią:

- zmniejszenie w mieście emisji liniowych zanieczyszczeń powietrza z transportu;
- zmniejszenie emisji hałasu ulicznego;
- zmniejszenie emisji odpadów i zanieczyszczeń podczas napraw i obsługi jednostek taborowych;
- wypełnienie wymogów określonych w ustawie o elektromobilności;
- poprawa wizerunku Pabianic jako miasta ekologicznego.

Korzyści będą oczywiście wyższe w przypadku realizacji wariantu elektrycznego-2, czyli całkowitej wymiany taboru na zeroemisyjny.

Wyzwaniem stojącym przed systemem komunikacji miejskiej jest dostosowanie rozkładów jazdy do faktycznych możliwości codziennej eksploatacji autobusów elektrycznych, w tym w szczególności przewidywanie w rozkładach jazdy przerw w kursowaniu w ciągu dnia w celu umożliwienia doładowania baterii autobusów. Długość przerw pomiędzy kursami, koniecznych na doładowanie pojazdów na pętach, zależna jest w szczególności od mocy dostępnej ładowarki, która powinna być odpowiednio dobrana.

6.3. Wyniki analizy kosztów i korzyści

Obliczenia analizy finansowej i społeczno-ekonomicznej dla wszystkich wariantów zostały zawarte w modelu finansowym, stanowiącym Załącznik E do niniejszej Analizy Kosztów i Korzyści.

W tabeli 17 przedstawiono wskaźniki oceny opłacalności porównywanych wariantów konwencjonalnego, elektrycznego-1 i elektrycznego-2 – w stosunku do scenariusza bazowego.

Tab. 17. Wskaźniki efektywności finansowej porównywanych wariantów

Wyszczególnienie	Jednostka	Wariant		
		konwencjonalny	elektryczny-1	elektryczny-2
Finansowa bieżąca wartość netto inwestycji (FNPV/c)	tys. zł	-20 977,39	-44 227,27	-70 364,10
Finansowa wewnętrzna stopa zwrotu z inwestycji (FRR/c)	%	nie istnieje	nie istnieje	nie istnieje

Źródło: opracowanie własne.

Żaden z wariantów z taborem zeroemisyjnym nie wykazał dodatnich wartości wskaźników FNPV/c i FRR/c – ich realizacja wymaga więc udzielenia zewnętrznego wsparcia finansowego. Różnica pomiędzy efektami finansowymi wariantu konwencjonalnego i wariantów elektrycznych, nie jest jednak znacząca.

W tabeli 18 przedstawiono efekty ekonomiczne analizy.

We wszystkich wariantach wartości ENPV przyjęły wielkości ujemne. W przypadku, gdy wartość ENPV wynosi zero, bieżąca wartość przyszłych korzyści ekonomicznych jest równa bieżącej wartości kosztów ekonomicznych wariantu. W analizowanym przypadku nie są jednak istotne osiągnięte wartości ENPV w porównaniu do scenariusza bazowego, lecz różnice wartości ENPV poszczególnych analizowanych wariantów. Scenariusz bazowy nie będzie bowiem realizowany i ma znaczenie wyłącznie porównawcze, ponieważ służy zaprognozowaniu przepływów dla poszczególnych wariantów przy zastosowaniu metody różnicowej.

Uzyskane w analizie wyniki oznaczają, przy przyjętych założeniach i uwzględnieniu jako miernika ENPV, brak osiągniętych korzyści z tytułu zastosowania w pabianickiej komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych.

Wyniki analizy ekonomicznej poszczególnych wariantów elektrycznych są do siebie zbliżone.

Tab. 18. Podsumowanie wyników finansowo-ekonomicznych poszczególnych wariantów w stosunku do scenariusza bazowego w latach 2024-2039

Wyszczególnienie	Jednostka	Wariant		
		konwencjonalny	elektryczny-1	elektryczny-2
Koszty inwestycyjne	tys. zł	25 750,0	53 890,0	88 670,0
Infrastruktura i pozostałe koszty	tys. zł	0,0	9 800,0	15 200,0
Autobusy z wyposażeniem	tys. zł	25 750,0	44 090,0	73 470,0

Wyszczególnienie	Jednostka	Wariant		
		konwencjonalny	elektryczny-1	elektryczny-2
Zmiany kosztów eksploatacyjnych	tys. zł/rok	-87,9	-460,8	-361,8
Zdyskontowane efekty zewnętrzne	tys. zł	229,7	6 788,7	10 297,0
Emisja lokalna zanieczyszczeń – wartość zdyskontowana	tys. zł	185,8	812,0	975,1
Emisja CO ₂ – wartość zdyskontowana	tys. zł	34,3	2 951,0	4 427,8
Redukcja hałasu	tys. zł	9,6	3 025,7	4 894,1
Ekonomiczna bieżąca wartość netto (ENPV)	tys. zł	-18 728,7	-30 357,6	-41 391,2
Ekonomiczna stopa zwrotu (ERR)	%	nie istnieje	nie istnieje	nie istnieje
Wskaźnik przychód/koszty (BCR)	-	0,05	0,30	0,38

Źródło: opracowanie własne.

Z porównania wariantów inwestycyjnych związanych z wymianą taboru pabianickiej komunikacji miejskiej wynika, że korzystniejszą wartość ENPV osiągnięto dla wariantu konwencjonalnego.

Z uwagi na istotne różnice w wartości nakładów inwestycyjnych ocenianych wariantów, ENPV nie jest jedyną determinantą, która powinna być uwzględniona w ocenie. Należy odnieść się do efektywności ekonomicznej wariantów. Wskaźnikami, które informują o efektywności ekonomicznej, są ERR i BCR. Z uwagi na charakterystykę przepływów ekonomicznych, wartość ERR jest niepoliczalna. Wskaźnik BCR wykazuje dla obydwu wariantów elektrycznych wartość wyższą niż dla wariantu konwencjonalnego, najwyższą dla wariantu elektrycznego-2.

Należy podkreślić, że przeprowadzona analiza uwzględnia korzyści tzw. bezpośrednie (emisje, hałas), lecz nie uwzględnia takich korzyści, jak podniesienie komfortu jazdy, czy też sposób postrzegania transportu publicznego przez mieszkańców.

Ocena wyników ekonomicznych analizowanych wariantów i same wyniki wskazują, że podstawowym czynnikiem wpływającym na wartości wskaźników są nakłady inwestycyjne, tj. cena autobusu i koszt infrastruktury w danym wariantcie. Czynnikiem krytycznym dla wyników analizy jest zatem cena zakupu autobusu elektrycznego wraz z infrastrukturą ładującą.

6.4. Analiza wrażliwości

Dla przyjętych założeń wykazano brak korzyści z wykorzystywania autobusów zeroemisyjnych w pabianickiej komunikacji miejskiej. Brak zmonetyzowanych korzyści społeczno-ekonomicznych zdeterminowała wysoka cena zakupu autobusów wraz z infrastrukturą zasilającą.

W wariantach elektrycznych planowana flota autobusów zeroemisyjnych w pabianickiej komunikacji miejskiej obejmuje 12 pojazdów przeznaczonych do nabycia przez Miasto w horyzoncie finansowania 2021-2027, a w wariantcie elektrycznym-2 – także kolejne 18 pojazdów zakupionych w celu wymiany wyeksploatowanych już autobusów hybrydowych.

Strukturę użytkowanego taboru determinować będą więc w najbliższych latach decyzje – pozytywne lub negatywne – o dofinansowaniu ze środków zewnętrznych zakupu autobusów zeroemisyjnych w ramach programów pomocowych krajowych oraz Unii Europejskiej. Spełnienie wymaganego po 1 stycznia 2028 r. warunku minimum 30% udziału taboru zeroemisyjnego we flocie pojazdów, którymi świadczone są usługi komunikacji miejskiej w Pabianicach, możliwe będzie już po planowanym zakupie pierwszych 12 pojazdów zeroemisyjnych w 2025 r. Spełniony zostanie także warunek minimum 46% udziału autobusów wykorzystujących paliwa alternatywne w całkowitej liczbie autobusów objętych zamówieniami w okresie od 1 stycznia 2026 r. do 31 grudnia 2030 r.

Zakup autobusów zeroemisyjnych wiąże się z poniesieniem ponad 2-krotnie wyższych jednostkowych nakładów inwestycyjnych dla autobusów elektrycznych bateryjnych, niż przy zakupie analogicznego taboru z napędem Diesla.

Nie istnieje przy tym jeszcze rynek wtórny autobusów zeroemisyjnych – nie można więc nabyć partii tańszych elektrycznych pojazdów używanych.

Niezwykle wysokie wydatki na zakup taboru zeroemisyjnego ponoszone w całości ze środków własnych Miasta, oznaczałyby w rezultacie rezygnację przez Miasto z wielu innych przedsięwzięć inwestycyjnych. Uznaje się więc, że decyzja o zakupie pojazdów elektrycznych, w każdym z przedstawionych wariantów, może być podjęta tylko w przypadku uzyskania dodatkowego dofinansowania zwiększonych wydatków z krajowych lub europejskich środków pomocowych.

Z punktu widzenia jednostki samorządu terytorialnego, efektywność zastosowania autobusów zeroemisyjnych znacznie by wzrosła, gdyby ceny takich pojazdów były zdecydowanie niższe. Zmiany efektywności finansowej i ekonomicznej przyjętych do analizy wariantów – przy zmniejszeniu kosztu nabywanych autobusów zeroemisyjnych odpowiednio o: 10, 20 i 30% przedstawiono w tabeli 19.

Tab. 19. Zmiany efektywności finansowej wariantów elektrycznych i konwencjonalnego w wyniku zmniejszenia kosztu jednostkowego nabywanego taboru

Wyszczególnienie	Jednostka	Zmniejszenie ceny autobusu elektrycznego		
		o 10%	o 20%	o 30%
Wariant konwencjonalny				
Finansowa bieżąca wartość netto inwestycji (FNPV/c)	tys. zł	-20 977,4		
Ekonomiczna bieżąca wartość netto (ENPV)	tys. zł	-18 728,7		
Wariant elektryczny-1				
Finansowa bieżąca wartość netto inwestycji (FNPV/c)	tys. zł	-40 912,8	-37 598,4	-34 284,0
Ekonomiczna bieżąca wartość netto (ENPV)	tys. zł	-27 446,1	-24 534,5	-21 623,0
Różnica ENPV wobec wariantu konwencjonalnego	tys. zł	-8 717,3	-5 805,8	-2 894,3
Wariant elektryczny-2				
Finansowa bieżąca wartość netto inwestycji (FNPV/c)	tys. zł	-62 870,9	-55 377,6	-47 884,3
Ekonomiczna bieżąca wartość netto (ENPV)	tys. zł	-34 539,5	-27 687,8	-20 836,1
Różnica ENPV wobec wariantu konwencjonalnego	tys. zł	-15 810,8	-8 959,1	-2 107,4

Źródło: opracowanie własne.

Jak wynika z tabeli 19, różnica ENPV pomiędzy wariantami elektrycznymi a konwencjonalnym, przy spadku ceny bateryjnych autobusów elektrycznych o 30%, jest niewielka. Korzyści wynikające ze zmniejszenia emisji zanieczyszczeń w wariantcie elektrycznym-2 wystąpiłyby przy zmniejszeniu cen autobusów elektrycznych o 33,08% (o 39,94% w wariantcie elektrycznym-1).

W wariantcie elektrycznym-2 wartość progowa ceny standardowego autobusu zeroemisyjnego klasy maxi, o długości około 12 m z bateriami doładowywanymi poprzez złącze pantografowe, przy której ekonomiczna bieżąca wartość netto ENPV byłaby wyższa niż dla wariantu z taboru konwencjonalnym, to dla warunków Pabianic kwota 1 940,8 tys. zł (czyli niższa od przyjętej do analizy co najmniej o 33,08%). Dopiero przy takich cenach pojazdów zeroemisyjnych miałyby miejsce

ekonomiczna opłacalność zakupu taboru zeroemisyjnego, czyli wystąpiłby obowiązek zakupu taboru zeroemisyjnego, przy uwzględnieniu parametru ENPV.

Dla wariantu elektrycznego-1 taka wartość progowa autobusu klasy maxi wynosi 1 741,7 tys. zł. (o 39,94% niższa od ceny przyjętej do analizy).

6.5. Analiza ryzyka

Identyfikację podstawowych czynników ryzyka, które mogą mieć wpływ na realizację wariantów, przedstawiono w tabeli 20. Dla każdego z ryzyk zidentyfikowanych jako aktywne, przedstawiono jego prawdopodobieństwo i dotkliwość – zgodnie z dokumentem pn. „Przewodnik po analizie kosztów i korzyści projektów inwestycyjnych. Narzędzie analizy ekonomicznej polityki spójności 2014-2020, Komisja Europejska 2014.”. Prawdopodobieństwo ryzyka sklasyfikowano w skali od A – bardzo nieprawdopodobne do E – bardzo prawdopodobne. Siłę oddziaływania (dotkliwość ryzyka) sklasyfikowano natomiast w skali od I – brak oddziaływania na dobrobyt społeczny do V – katastrofalne, wadliwość projektu. Poziom ryzyka, jako połączenie prawdopodobieństwa i siły oddziaływania, określono na podstawie tabeli zamieszczonej w ww. przewodniku.

Tab. 20. Wynikowa ocena ryzyka w okresie analizy

Rodzaj ryzyka	Prawdopodobieństwo	Siła oddziaływania	Poziom ryzyka	Strategia przeciwdziałania
Wariant konwencjonalny				
Długotrwałe utrzymywanie się niskiego popytu na przewozy komunikacji miejskiej	B	II	niski	różnorodne działania Miasta promujące korzystanie z komunikacji miejskiej
Zbyt wysokie koszty nowego taboru	B	II	niski	wydłużenie czasu eksploatacji autobusów
Ograniczone możliwości sfinansowania przez Miasto rekompensaty dla operatora	B	IV	średni	optymalizacja zakresu pracy eksploatacyjnej, zmiany cen biletów
Wysokie ceny oleju napędowego	B	III	średni	optymalizacja zakresu pracy eksploatacyjnej
Warianty: elektryczny-1, elektryczny-2				
Długotrwałe utrzymywanie się niskiego popytu na przewozy komunikacji miejskiej	B	II	niski	różnorodne działania Miasta promujące korzystanie z komunikacji miejskiej
Brak lub znaczne zmniejszenie dofinansowania do zakupu taboru zeroemisyjnego i infrastruktury	D	IV	bardzo wysoki	zmniejszenie liczby nabywanego taboru zeroemisyjnego, zastąpienie autobusami hybrydowymi, ewentualna rezygnacja z projektu

Rodzaj ryzyka	Prawdopodobieństwo	Siła oddziaływania	Poziom ryzyka	Strategia przeciwdziałania
Zbyt wysokie ceny taboru elektrycznego i infrastruktury	C	III	średni	ponowienie przetargu, zmniejszenie wymagań, ograniczenie skali zamówień
Zbyt wysokie ceny i infrastruktury	C	III	średni	ponowienie przetargu, ograniczenie zakresu inwestycji, zmniejszenie liczby stacji ładowania
Opóźnienia w dostawach taboru zeroemisyjnego i infrastruktury	C	III	średni	wcześniejsze rozpoczęcie postępowania przetargowego, przedłużenie eksploatacji istniejącego taboru
Ograniczone możliwości sfinansowania przez Miasto rekompensaty dla operatora	B	IV	średni	ograniczenie pracy eksploatacyjnej
Wysokie ceny oleju napędowego	B	III	średni	wieloletnie kontrakty, eksploatacja przede wszystkim taboru zeroemisyjnego
Wysokie ceny energii elektrycznej	D	III	wysoki	wieloletnie kontrakty, głównie nocne ładowanie, eksploatacja taboru spalinowego, dodatkowe baterie, systemy magazynowania energii, budowa instalacji OZE
Wzrost cen baterii	C	II	średni	wydłużona eksploatacja taboru

Źródło: opracowanie własne.

We wszystkich wariantach ryzyka popytowe w jednakowym stopniu oddziałują na zdolność do realizacji zadań inwestycyjnych. Ujęto je w każdym z wariantów w jednej pozycji.

W analizie stwierdzono, że bardzo wysokim ryzykiem dla realizacji programu wymiany taboru na zeroemisyjny jest brak lub znaczne ograniczenie wsparcia finansowego środkami pomocowymi realizowanych inwestycji. Zdarzenie takie może wpłynąć na rezygnację Miasta z realizacji projektu wymiany taboru spalinowego na zeroemisyjny albo wpłynąć na znaczne ograniczenie jego zakresu. Przy braku wsparcia wymiana najstarszych autobusów może zostać przesunięta w czasie, albo zakup pojazdów zeroemisyjnych może zostać zastąpiony autobusami hybrydowymi, albo nawet w części lub w całości klasycznymi spalinowymi. Efekty redukcji emisji zanieczyszczeń i hałasu oraz korzyści dla mieszkańców byłyby wówczas znacznie mniejsze.

Wysokie ryzyko realizacji wymiany taboru na zeroemisyjny jest związane z wzrastającymi cenami energii. Znaczny wzrost nakładów na zakup energii może spowodować konieczność

podwyższenia cen biletów komunikacji miejskiej albo alternatywnie – ograniczenia pracy eksploatacyjnej. Dodatkowym zabezpieczeniem przed tym ryzykiem mogą być magazyny energii oraz budowa instalacji OZE do produkcji energii elektrycznej.

Średnim ryzykiem obarczone są: ograniczone możliwości sfinansowania przez Miasto zwiększonych wydatków na funkcjonowanie komunikacji miejskiej i wysokie ceny oleju napędowego. Może to powodować konieczność okresowego lub stałego ograniczenia zakresu wykonywanej pracy eksploatacyjnej albo nawet podjęcia decyzji o wzroście cen biletów.

Umiarkowanym ryzykiem w wariantach elektrycznych jest wzrost cen taboru zeroemisyjnego oraz infrastruktury do ładowania pojazdów. Średnim ryzykiem w tych wariantach obciążone są także terminowe dostawy taboru zeroemisyjnego i infrastruktury do ładowania, wynikające z prawdopodobnego jednoczesnego zamówienia dużej liczby pojazdów i ładowarek przez wiele miast.

Umiarkowane ryzyko dotyczy także stabilności cen baterii. Ryzyko to może być zmniejszane poprzez ładowanie baterii głównie w okresie niższych taryf, zapewnianie wymiennych zestawów baterii i zmniejszenie przez to poboru mocy w okresach szczytowych oraz zmniejszanie poziomu mocy zamówionej.

Miasto może umożliwić dostawy energii dla pojazdów zeroemisyjnych w korzystnych cenach, kontynuując praktykę zawierania wieloletnich kontraktów z dostawcami w ramach grupy odbiorców.

7. Analiza techniczna

7.1. Określenie optymalnej pojemności zasobników energii w autobusach

Wraz z wyborem linii do obsługi taborem zeroemisyjnym powinna być określona niezbędna pojemność baterii w autobusach.

Zużycie energii przez przeciętny autobus elektryczny zależne jest nie tylko od nowoczesności zastosowanych rozwiązań (wyższa sprawność urządzeń, ograniczenie zwykłego zużycia energii przez nowe technologie), ale także od liczby zainstalowanych urządzeń korzystających z pokładowej energii elektrycznej. W eksploatowanych już elektrobusesach pobór energii przez urządzenia pokładowe sięga nawet 35% całości jej zużycia. Dotyczy to nie tylko systemów funkcjonowania pojazdu (zasilanie w sprężone powietrze, wentylacja i klimatyzacja, oświetlenie wewnętrzne, obsługa autokomputera i urządzeń towarzyszących, łączność z serwerami i dyspozytorem itp.), ale także elementów informacji i obsługi pasażerskiej oraz komfortu przewozu i zapewnienia bezpieczeństwa. Znaczącymi odbiornikami energii w pojeździe elektrycznym są: klimatyzacja przestrzeni pasażerskiej oraz system i wyświetlacze informacji pasażerskiej, w tym zapowiedzi głosowe kolejnych przystanków, monitoring, systemy biletowe, systemy zliczania pasażerów, sieć wi-fi itd.

Zużycie energii przez pojazd elektryczny waha się w dość szerokich granicach, wynikających z warunków jazdy oraz z wyposażenia pojazdu. Przeciętne zużycie energii przez obecnie eksploatowane autobusy elektryczne w komunikacji miejskiej waha się od 0,9 do 1,4 kWh/km w zależności od klasy pojazdu. Osiągane w MPK – Łódź sp. z o.o. zużycie energii elektrycznej waha się od 1,1 do 1,5 kWh/100 km. Podawane przez MZA sp. z o.o. w Warszawie zużycie energii elektrycznej przez autobus klasy maxi przy pracującej klimatyzacji wynosi ponad 1,28 kWh/km, a bez włączonej klimatyzacji – ok. 1,03 kWh/100 km.

Można przyjąć, że przy eksploatacji taboru klasy midi (około 9 m) i przy standardowym dla pabianickiej komunikacji miejskiej wyposażeniu, bez ogrzewania elektrycznego, przy obsłudze obszarów o gęstej sieci ulic i w relatywnie trudnych warunkach ruchowych oraz specyfice klimatycznej miasta, średnie zużycie energii wyniesie ok. 0,9 kWh/km. W okresach ekstremalnych warunków pogodowych będzie jednak okresowo wyższe.

Zużycie energii elektrycznej wzrasta w okresach upałów, przy pracującej klimatyzacji, baterie pojazdu powinny więc posiadać pewien zapas pojemności w celu pokrycia zwiększonego zapotrzebowania na energię, nawet jeśli urządzenia klimatyzacyjne wspomagane są pompą ciepła. Z doświadczeń eksploatacyjnych wynika, że przy pracującej klimatyzacji zużycie energii zwiększa się nawet o 1/5. Można więc przyjąć, że zwiększone zużycie energii w lecie

przez autobus klasy midi w Pabianicach, przy pracującej klimatyzacji, wyniesie średnio około 1,2 kWh/km.

W przypadku autobusów klasy maxi z ogrzewaniem gazowym lub olejowym średnie zużycie energii może wynieść ok. 1,0-1,05 kWh/km, a w warunkach utrudnionej eksploatacji – może wzrosnąć nawet do 1,2 kWh/km.

Dla autobusu standardowego klasy maxi, ładowanego wyłącznie na terenie zajezdni, w celu zapewnienia przebiegu do 250 km, pakiet baterii pojazdowych (przy założeniu braku ogrzewania elektrycznego i zastosowaniu agregatu spalinowego) powinien posiadać pojemność nie mniejszą niż 275-300 kWh. W praktyce, z uwagi na zakres pracy baterii – z reguły znacznie niższy od przedziału 0-100% naładowania – i ze względu na możliwość wystąpienia warunków ruchu gorszych niż typowe (kongestia, inne utrudnienia), bezwzględnie wymagana byłaby jeszcze około 30% rezerwa pojemności baterii. Optymalna pojemność baterii dla takiego pojazdu to ok. 360 kWh. Przy dłuższych trasach do przejechania pojemność baterii powinna być jeszcze większa.

W Pabianicach przewiduje się zakup jednego autobusu o mniejszej pojemności pasażerskiej, klasy midi. Mniejsza masa takiego pojazdu przekłada się na nieco mniejsze zużycie energii. Za optymalną pojemność baterii dla autobusu klasy midi ładowanego tylko na terenie zajezdni należy uznać ok. 300 kWh.

W przypadku autobusów doładowywanych na trasie przejazdu na pętlach lub krańcówkach, niezbędną pojemność baterii wylicza się dla wykonania określonej liczby kursów, najczęściej co najmniej dwóch pełnych kółek przy wariacie najdłuższej trasy przejazdu.

Dla niezbyt rozległych sieci, a taką jest sieć pabianickiej komunikacji miejskiej, nie różnicuje się pojemności baterii dla każdej z linii odrębnie, gdyż takie rozwiązanie jest wyjątkowo mało elastyczne i wcale nie prowadzi do oszczędności. Cena autobusu z baterią o pojemności 120 kWh, w porównaniu do baterii 160 kWh różni się minimalnie. W przypadku zastosowania baterii o pojemności 420 kWh, cena pojazdu jest już o kilkadziesiąt procent wyższa.

Pojemność baterii autobusów elektrycznych we flocie powinna być stosunkowo jednolita. W przypadku awarii pojazdu z większą baterią, pojazd z mniejszą baterią nie byłby go w stanie zastąpić, co zwiększyłoby liczbę autobusów rezerwowych i ogółem stan ilościowy floty. Konieczność skierowania na dłuższą trasę zapasowego autobusu spalinowego zmniejsza efekty redukcji zanieczyszczeń i zadowolenie pasażerów.

W tabeli 21 przedstawiono długość kursów i par kursów „tam” oraz „z powrotem” w najdłuższych wariantach tras dla każdej z linii pabianickiej komunikacji miejskiej.

Tab. 21. Długość kursów i par kursów w najdłuższych wariantach tras poszczególnych linii pabianickiej komunikacji miejskiej

Linia	Długość trasy [km]		
	kurs w kierunku		para kursów w obu kierunkach
	tam	z powrotem	
1	18,90	linia jednokierunkowa	18,90
2	10,41	8,95	19,36
3	7,36	7,19	14,55
4	8,48	7,44	15,92
5	6,27	6,28	12,55
6	7,75	7,61	15,38
7	5,96	4,29	10,25
260	23,40	linia jednokierunkowa	23,40
261	10,12	9,80	19,92
262	10,21	10,07	20,27
263	10,82	10,79	21,61
265	15,97	15,72	31,70
A41	2,46	2,91	5,37
T	17,55	16,45	34,00

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Miasta.

Średnia długość dwóch par kursów linii miejskich, bez linii A41, po których najczęściej planowany jest postój w celu doładowania baterii, wynosi 30,55 km. Długość dwóch par kursów na najkrótszej linii A41 wynosi jedynie 10,74 km. Z kolei długość dwóch najdłuższych kursów linii miejskiej 1 wynosi 37,80 km – jest to linia jednokierunkowa, na której dwa kursy odpowiadają dwóm parom kursów innej linii miejskiej. Na najdłuższej dwukierunkowej linii miejskiej 2 długość dwóch par kursów wynosi 38,72 km.

Dla linii podmiejskich średnia długość dwóch par kursów jest znacznie wyższa i wynosi już 50,30 km, z kolei na najdłuższej linii podmiejskiej T sięga 68,0 km. Długość tras linii podmiejskich jest więc niemal dwukrotnie wyższa niż miejskich.

Wyposażenie w baterie autobusu klasy midi, przeznaczonego do obsługi linii A41, powinno być takie, aby autobus ten mógł zastępować inny pojazd obsługujący linie miejskie.

W tabeli 22 przedstawiono długość tras przejazdu autobusów podczas wykonywania poszczególnych zadań oraz wykaz linii obsługiwanych w ramach jednego zadania w dniu powszednim. Zacieniowaniem w kolorze zielonym oznaczono zadania przekraczające długość 230 km.

W tabeli podano także łączny czas doładowań baterii autobusu, przy przyjętej mocy ładowarki 300 kW i sprawności 95% oraz przy założeniu zjazdu autobusu do zajezdni wyposażonego w baterię 160 kWh rozładowaną do 50% pojemności.

Tab. 22. Długość zadań przewozowych w dniu powszednim oraz obsługiwane pętle i linie

Zadanie	Liczba wzkm		Obsługiwane pętle		Obsługiwane linie	Czas doładowań dla 300 kW [min]
	liniowe	ogółem	Waltera-Jankego	Dworzec PKP		
Z-1	201,5	201,5	tak	-	2, 4, 7, A41, 260, 262, 265	34,1
Z-2	271,2	274,1	tylko raz	tak	1, 3, 5	52,4
Z-3	235,0	237,9	tylko raz	tak	1, 3, 5	43,3
Z-4	192,3	192,3	tak	-	2, 4, 7, 261, 262	31,7
Z-5	51,3	60,5	tak	-	2, 7, 262, 263	0,0
Z-6	259,3	263,6	tak	tak	1, 2, 3, 5, 6, 7, 262	49,8
Z-7	240,9	240,9	tak	tak	1, 3, 5	44,0
Z-8	204,5	204,5	tak	-	2, 4, 6, 7, A41, 262, 263	34,8
Z-9	204,5	204,5	tak	-	2, 4, A41, 261, 263	34,8
Z-10	238,5	243,5	tak	-	2, 6, 261, 262	44,7
Z-11	180,3	186,0	tak	tak	1, 3, 5, 261, T	30,1
Z-12	249,7	249,7	tak	-	2, 7, 260, 261, 263	46,2
Z-13	216,4	216,4	tak	tylko raz	1, 2, 4, 7	37,8
Z-14	228,8	232,1	tak	tak	1, 2, 3, 5, A41, 262, T	41,8
Z-15	196,9	199,8	tylko raz	tak	1, 5, T	33,6
Z-16	230,0	230,0	tak	tak	1, 3, 5	41,3
Z-17	201,0	201,0	tak	-	2, 6, 7, 261, 263	33,9
Z-18	223,1	226,0	tylko raz	tak	5, 265, T	40,2
Z-19	98,6	107,1	tak	tak	1, 2, 3, 5, 7, A41	10,2
Z-20	232,3	232,3	-	tak	265, T	41,9
Z-21	122,8	122,8	tak	-	2, 7, A41	14,2
Z-22	166,1	172,1	-	tylko raz	265	26,6

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Miasta.

Poza zadaniami Z-20 i Z-22, w każdym z pozostałych obsługiwany jest co najmniej jeden kurs z grupy linii miejskich. Z kolei w ramach sześciu zadań: Z-2, Z-3, Z-7, Z-13, Z-16 i Z-21, obsługiwane są jedynie linie miejskie. Dzienny przebieg w zadaniach obsługujących wyłącznie linie miejskie waha się od 216 do 274 wozokilometrów, a tylko dla zadania Z-21 wynosi 123 km.

Dla optymalnego planowania rozkładów jazdy, postój autobusu elektrycznego na pętli na doładowanie baterii nie powinien przekraczać około 15 minut. Dłuższe postoje dopuszczalne są tylko dla rzadziej funkcjonujących linii podmiejskich. Z kolei doładowanie nie powinno być w normalnych warunkach kursowania realizowane częściej niż co dwa kółka.

Postój na doładowanie baterii może być łączony z przerwą dla kierowcy, lecz nie może kolidować z potrzebą doładowania baterii innego autobusu elektrycznego. Z uwagi jednak na ryzyko kongestii – w celu uniknięcia nadmiernych opóźnień – wskazane byłoby, aby pojemność baterii autobusu pozwalała na wykonanie jeszcze jednej pary kursów. Alternatywnie postoje mogą być zaplanowane tak, aby doładowania były czasowo dłuższe i odbywały się rzadziej. Niezbędne jest także zaplanowanie rezerwy czasu na wyrównanie opóźnień.

Pojemność baterii autobusów klasy maxi powinna być dobrana w taki sposób, aby pojazdy mogły obsługiwać wymiennie wszystkie zadania.

W tabeli 23 przedstawiono prawdopodobne minimalne przebiegi do czasu rozładowania baterii oraz czasy ładowania baterii dopuszczalnie rozładowanych – dla autobusów zeroemisyjnych klasy midi i maxi, z bateriami o pojemności nominalnej odpowiednio: 120 kWh dla klasy midi oraz 160 i 420 kWh dla klasy maxi. Przedstawiono także czasy doładowań autobusów na wybranych liniach miejskich i podmiejskich, przy sugerowanej częstotliwości postojów.

Przyjęto zastosowanie ładowarki zajezdniowej o mocy 60 kW dla pojedynczego autobusu oraz ładowarki pantografowej szybkiej o mocy 300 lub 500 kW zainstalowanej na pętli. Zużycie energii przyjęto do obliczeń w wysokości 1,0 kWh/km dla klasy midi i 1,2 kWh/km dla klasy maxi.

Pojemność baterii 120 i 160 kWh odpowiednia byłaby dla autobusów doładowywanych w ładowarkach szybkich na pętlach np. co cztery pary kursów. Gdyby założyć częstotliwość doładowań dwukrotnie częstszą, wówczas czas doładowania skróciłby się o połowę.

Autobusy elektryczne klasy midi i maxi, zamawiane przez gminy w 2023 r., miały zróżnicowaną pojemność baterii, sięgającą nawet do 320 i 450 kWh. Należy jednak mieć na uwadze, że wzrost pojemności baterii wpływa też na wzrost ceny nabywanego pojazdu i zmniejszenie jego pojemności pasażerskiej. Pojemność baterii 420 kWh przyjęto dla autobusu klasy maxi ładowanego tylko na terenie zajezdni poprzez złącze plug-in (lub poprzez pantograf, ale przed wyjazdem na trasę).

Założono że bateria autobusu nie może się rozładować poniżej poziomu 20% jej pojemności nominalnej, uwzględniając także niewielki spadek jej pojemności związany z wiekiem – na poziomie 1,5% rocznie, przy okresie eksploatacji 8 lat. Sprawność ładowarek przyjęto łącznie na poziomie 95%.

Tab. 23. Zakładane przebiegi i czasy ładowania autobusów zeroemisyjnych

Klasa pojemnościowa autobusu	Pojemność baterii			Mini-malny przebieg	Maksymalny czas ładowania		
	nominalna	użytkowa	minimalna po 8 latach		na krańcu		zajezdnia – 60 kW
	[kWh]	[kWh]	[kWh]		300 kW	500 kW	
midi	120	96	85	85	20,2	12,1	1,49
cztery kółka linii A41:				22	4,6	2,8	-
maxi	160	128	113	95	26,9	16,2	2,25
cztery kursy linii okólnej 1:				76	16,0	9,6	-
cztery kółka linii 2:				78	16,4	9,9	-
cztery kursy linii okólnej 260:				94	19,8	11,9	-
dwa kółka linii 265:				64	13,5	8,1	-
maxi	420	336	248	248	-	-	5,89

Źródło: opracowanie własne.

Z analizy wynika, że zastosowanie baterii o pojemności nawet 420 kWh w skrajnych warunkach nie zapewni wykonania całej trasy w najdłuższych zaprojektowanych zadaniach, czyli: Z-2, Z-6 i Z-12, a w zadaniach: Z-3, Z-7 i Z-10 może wystąpić ryzyko rozładowania baterii lub konieczności podmiany pojazdu w celu wcześniejszego powrotu do zajezdni (przed zakończeniem wykonywania zadania).

Wyposażenie autobusów klasy midi w baterie o pojemności 120 kWh oraz klasy maxi w baterie o pojemności 160 kWh, przy zastosowaniu systemu ładowania szybkiego za pomocą ładowarek pantografowych nawet co cztery kółka, wydaje się być wystarczające.

Czas ładowania przy mniejszym przebiegu autobusu byłby odpowiednio krótszy, ponadto czas na doładowanie baterii mógłby być w trakcie pracy autobusu na linii podzielony na odpowiednio mniejsze części, skutkujące krótszymi postojami z podłączoną ładowarką. Przerwa na ładowanie autobusów na przystanku krańcowym powinna zostać zaplanowana w rozkładzie jazdy.

Czas ładowania rozładowanej baterii autobusu na pętli zależy od jej pojemności, ale także od mocy dyspozycyjnej ładowarki. Przyjęta maksymalna moc ładowania 300 kW powoduje, że konieczny postój pojazdu na pętli jest stosunkowo krótki. Przy ewentualnym zastosowaniu ładowarki pantografowej o większej mocy, czasy ładowania skróciłyby się jeszcze bardziej. Czas postoju łącznego na doładowanie rozładowanej baterii o pojemności 160 kWh przy zastosowaniu ładowarki o mocy 500 kW można skrócić o 40% – z 27 do 16 minut, krótsze byłyby także czasy doładowań baterii w autobusach dokonywane nawet co cztery kółka.

Z kolei zastosowanie ładowarki o znacznie niższej mocy, np. 200 kW, zdecydowanie wydłużyłoby postoje na pętłach autobusów elektrycznych – aż o 50% w stosunku do ładowarki o mocy 300 kW. Rozwiązanie takie byłoby bardzo niekorzystne, gdyż skutkowałoby koniecznością zwiększenia liczby pojazdów w ruchu i tym samym zwiększenia liczby obsługujących je kierowców, a w rezultacie – wyższymi kosztami realizacji przewozów. Rozwiązanie takie nie jest zatem zalecane.

Powyższe wyliczenia mają charakter wyłącznie szacunkowy.

7.2. Niezbędna infrastruktura do ładowania autobusów zeroemisyjnych

W niniejszym podrozdziale zaproponowano wprowadzenie do eksploatacji autobusów elektrycznych z doładowaniem na trasie, wyposażonych w baterie o mniejszej pojemności. W takim rozwiązaniu lokalizację stanowisk do ładowania szybkiego na pętłach determinuje wybór zadań i linii obsługiwanych taborem zeroemisyjnym.

Wprowadzenie do eksploatacji autobusów elektrycznych z doładowaniem na trasie, wyposażonych w baterie o mniejszej pojemności oraz lokalizację stanowisk do ładowania szybkiego, determinuje wybór zadań przewozowych i linii przeznaczonych do obsługi taborem zeroemisyjnym.

Jak określono w podrozdziale 4.5, liniami przeznaczonymi do objęcia w pierwszej kolejności obsługą autobusami elektrycznymi, powinny być połączenia obsługujące obszar miasta, czyli linie: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 i A41.

Układ sieci komunikacyjnej w Pabianicach pozwala jednak na obsługę przez pojazdy zeroemisyjne także wybranych kursów na liniach podmiejskich, jeśli tylko stacje ładowania zainstalowane byłyby na pętłach Waltera-Jankego oraz Dworzec PKP. Na obydwu tych krańcach powinny być więc zainstalowane szybkie ładowarki pantografowe.

Jedynie obecny przebieg linii 265 wskazuje na potrzebę innej lokalizacji stacji ładowania dla jej obsługi – na pętli Sikorskiego. Nie ma jednak uzasadnienia budowa stacji ładowania pantografowego przeznaczonej od obsługi pojedynczych pojazdów.

Autobusy wykonujące kursy w ramach obecnych zadań: Z-2, Z-3 i Z-16, powinny być doładowywane na pętli Dworzec PKP. Z kolei w ramach obecnych zadań: Z-6, Z-7, Z-11, Z-14 i Z-15, doładowywania mogą odbywać się na pętli Dworzec PKP i/albo Waltera-Jankego. Autobusy z pozostałych zadań obsługujących linie miejskie powinny być doładowywane na pętli Waltera-Jankego.

Na obszarze pętli autobusowej Waltera-Jankego, z dużym placem postojowym, instalacja ładowarek nie nastęczałaby problemów. Atutem takiej lokalizacji stacji ładowania szybkiego byłoby zdecydowane zmniejszenie uciążliwości publicznego transportu zbiorowego dla mieszkańców pobliskiego dużego osiedla mieszkaniowego.

Na obu wymienionych pętlach urządzono pomieszczenia zaplecza dla kierowców. Niezbędne przerwy socjalne dla prowadzących autobusy mogłyby być połączone z ładowaniem baterii autobusów.

Planowane uruchomienie w ramach projektu „Modernizacja i rozwój komunikacji miejskiej w Pabianicach – etap II” dwóch ładowarek na pętli Waltera-Jankego znajduje więc uzasadnienie.

Stacje ładowania pantografowego zlokalizowane byłyby zgodnie z miejscowym planem zagospodarowania przestrzennego (4KD-G2/2), na działce nr 20-95/3.

Drugą pętlą, na której niezbędne byłoby także zainstalowanie stacji ładowania szybkiego, jest Dworzec PKP.

Stacja ładowania pantografowego zlokalizowana byłaby według miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego na obszarze przeznaczonym na urządzenia obsługi komunikacji kolejowej (S.24.1 w zespole S.24/KK) na działce nr 5-1/6, oznaczonym jako teren kolejowy zamknięty.

Powyższe miejsca na lokalizację stacji ładowania szybkiego wskazywane były także w analizie kosztów i korzyści z 2018 r.

Planowany w ramach projektu zakup 12 autobusów elektrycznych, stanowiących około 40% stanu floty, wskazuje na potrzebę zamontowania kolejnej ładowarki pantografowej na terenie zajezdni – w celu umożliwienia szybkiego doładowywania do pełna baterii autobusów po przeprowadzonych pracach naprawczych i konserwacyjnych.

Minimalną mocą dla ładowarek pantografowych zainstalowanych na pętlach byłyby 300 kW. Moc z takiej ładowarki są w stanie przyjąć pojazdy większości marek, z różnego rodzaju bateriami, ale skutkiem przyjęcia mocy ładowania na poziomie nieprzekraczającym 300 kW, jest opisana wcześniej konieczność przebudowy rozkładu jazdy, zapewniającej zwiększenie długości postojów wyrównawczych. Alternatywnie, w celu uniknięcia konieczności wprowadzania dodatkowego pojazdu w ruchu w celu wydłużenia przerw na ładowanie, można zainstalować ładowarki większej mocy, np. 450 kWh. Takie rozwiązanie rekomenduje się dla Pabianic.

Niezależnie od zainstalowania ładowarek szybkich, niezbędna byłaby instalacja na terenie zajezdni ładowarek wolnych – dla doładowywania baterii i ich uformowania w okresie postoju nocnego. Optymalnym rozwiązaniem byłaby instalacja liczby ładowarek po jednej dla każdego autobusu, z tym że co najmniej część z nich (10-15%) powinna być mobilna, z możliwością ich ewentualnego przestawiania i wykorzystywania przy pracach naprawczych.

W przypadku realizacji wariantu elektrycznego-2, czyli wymiany całej floty autobusów na elektryczne pojazdy zeroemisyjne, liczba ładowarek szybkich powinna być odpowiednio zwiększona.

Niezbędna dodatkowa liczba ładowarek i ich lokalizacje, określone zostaną ostatecznie po pierwszym okresie eksploatacji 12 szt. autobusów elektrycznych. Prawdopodobnie kolejna stacja ładowania szybkiego powinna zostać zainstalowana na terenie zajezdni. Odpowiednio powinna zostać zwiększona także liczba ładowarek wolnych zajezdniowych, zależnie od liczby eksploatowanych autobusów.

Przy zastosowaniu na pętlach ładowarki pantografowej o mocy nominalnej 300 kW, moce przyłączeniowa i umowna powinny być odpowiednio wyższe. Ładowarka pantografowa, jak wykazują doświadczenia innych użytkowników, w zależności od chwilowych uwarunkowań może pobierać z sieci moce chwilowe nieco wyższe niż jej wartość nominalna. Uwzględnić należy także pobór energii przez urządzenia rozdzielni, sterowania i opomiarowania. Moc umowna i przyłączeniowa dla podwójnego stanowiska ładowania na pętli Waltera-Jankego powinna więc wynosić 2 x 400 kW, czyli 800 kW, natomiast moc umowna i przyłączeniowa dla stanowiska jednej ładowarki przy dworcu kolejowym odpowiednio – 400 kW.

7.3. Ocena parametrów przyłącza energetycznego do zajezdni MZK sp. z o.o.

Zajezdnia autobusowa zasilana jest z przyłącza energetycznego przy ul. Lutomierskiej 48 w Pabianicach, które charakteryzują następujące parametry dostaw energii elektrycznej:

- napięcie znamionowe – 0,4 kV;
- moc umowna – 70 kW;
- moc przyłączeniowa – 240 kW;
- tg φ – 0,4;
- współczynnik pewności zasilania – 1,0.

MZK sp. z o.o. rozliczana jest za świadczoną usługę dystrybucji energii elektrycznej w grupie taryfowej C22a.

Istniejąca moc przyłączeniowa nie pozwala na zainstalowanie większej liczby ładowarek wolnych dla autobusów elektrycznych, ani też ładowarki pantografowej o większej mocy.

Wymagania odnośnie infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych wynikają z przyjętych założeń pojemności baterii trakcyjnych i planowanych przebiegów. Stacje wolnego ładowania o mocy jednego stanowiska równej 60 kW na wyjściu, mogą być stosowane w zależności od rozplanowania przestrzeni zajezdni w wariantach jedno- lub dwustanowiskowych. Wariant ładowarek dwustanowiskowych jest najczęściej stosowany, ze względu na optymalizację wykorzystania powierzchni i zapewnianą w razie potrzeby możliwość ładowania jednego autobusu mocą dwukrotnie większą niż w sytuacji jednoczesnego ładowania dwóch pojazdów. W przypadku zastosowania również ładowarek mobilnych, trzeba wziąć pod uwagę, że będą to ładowarki jednostanowiskowe.

W tabeli 24 przedstawiono założenia dotyczące zasilania ładowarek autobusów elektrycznych – dane techniczne przyjęte do dalszych obliczeń.

Tab. 24. Założenia dotyczące zasilania ładowarek autobusów elektrycznych – dane techniczne przyjęte do obliczeń

Parametr	Symbol	Wartość
Moc wyjściowa stacji ładowania (na stanowisko)	P_{DC}	60 kW
Współczynnik mocy stacji ładowania	k	0,98
Sprawność stacji ładowania	η	95%
Straty mocy wyłącznika głównego nowej rozdzielni nn	P_{wg}	440 W
Straty mocy wyłącznika odpływowego zasilającego istniejącą rozdzielnię nn	P_{wnn}	15 W
Straty mocy wyłącznika odpływowego zasilającego stację ładowania wolnego	P_{wo}	50 W
Straty mocy wyłącznika odpływowego zasilającego stację pantografową	P_{wo}	75 W
Moc zainstalowana obecnie	P_{zo}	70 kW
Potrzeby własne nowej rozdzielni	P_w	10 kW

Źródło: opracowanie własne.

Poniżej zaprezentowano obliczenia dla poszczególnych wariantów inwestycyjnych.

Wariant elektryczny-1: 12 autobusów zeroemisyjnych

+ 5 dwustanowiskowych stacji ładowania po 60 kW na stanowisko

+ 2 ładowarki mobilne po 60 kW każda

Moc pobierana przez stacje ładowania wolnego, przy 12 pracujących punktach ładowania autobusów jednocześnie:

$$P_{12\lambda w} = 12 * \left(\frac{60}{0,95} \right) = 757,9 \text{ kW}$$

Moc pobierana przez stację ładowania pantografowego:

$$P_{\lambda p} = 1 * \left(\frac{200}{0,95} \right) = 210,5 \text{ kW}$$

Przyjęto, że w trakcie ładowania wyrównawczego autobusów za pomocą ładowarek wolnych stacja pantografowa nie będzie zwykle użytkowana, ale nie można wykluczyć jej jednoczesnego włączenia dla doładowania autobusu, np. podczas napraw.

Straty mocy w wyłącznikach obwodu głównego rozdzielnicy:

$$P_s = 440 + (5 + 2) * 50 + 75 + 15 = 0,9 \text{ kW}$$

W tabeli 25 zaprezentowano bilans energetyczny dla analizowanego wariantu.

Tab. 25. Bilans energetyczny dla wariantu elektrycznego-1

Nazwa punktu odbioru	Moc pobierana [kW]
Stacje wolnego ładowania autobusów (12 stanowisk)	757,9
Stacja ładowania pantografowego – jedna	210,5
Straty mocy w wyłącznikach	0,9
Potrzeby własne rozdzielni	10,0
Moc pobierana obecnie	70,0
Suma	~1 049,3

Źródło: opracowanie własne.

Całkowita moc pobierana, przy pełnym wykorzystaniu dostępnej mocy zainstalowanej, dla wariantu elektrycznego-1 wyniosła około 1 050 kW. Na podstawie sporządzonego bilansu stwierdza się, że obecne przyłącze do sieci elektroenergetycznej nie jest w stanie zapewnić dostaw energii elektrycznej dla stacji ładowania autobusów elektrycznych w zajezdni MZK sp. z o.o. – z uwagi na zbyt małą wydajność mocową. Deficyt wynosi ok. 810 kW. Moc przyłączeniowa powinna osiągać wartość nie mniejszą niż 1 100 kW.

Wariant elektryczny-2: 32 autobusy zeroemisyjne

+ 14 dwustanowiskowych stacji ładowania po 60 kW na stanowisko

+ 4 ładowarki mobilne po 60 kW każda

Moc pobierana przez stacje ładowania wolnego, przy 32 pracujących stanowiskach ładowania jednocześnie:

$$P_{32Stł} = 32 * \left(\frac{60}{0,95} \right) = 2 021,1 \text{ kW}$$

Moc pobierana przez dwie stacje ładowania pantografowego:

$$P_{Łp} = 2 * \left(\frac{200}{0,95} \right) = 421,1 \text{ kW}$$

Przyjęto, że w trakcie ładowania wyrównawczego autobusów za pomocą ładowarek wolnych, stacje pantografowe nie będą zwykle użytkowane, przy czym nie można wykluczyć jednoczesnego włączenia jednej z nich w celu doładowania autobusu, np. podczas napraw.

Straty mocy w wyłącznikach obwodu głównego rozdzielnic:

$$P_S = 2 * 440 + 32 * 50 + 75 + 15 = 2,5 \text{ kW}$$

W tabeli 26 zaprezentowano bilans energetyczny dla analizowanego wariantu.

Tab. 26. Bilans energetyczny dla wariantu elektrycznego-2

Nazwa punktu odbioru	Moc pobierana [kW]
Stacje wolnego ładowania autobusów (32 stanowiska)	2 021,1
Stacja ładowania pantografowego – jedna	210,5
Straty mocy w wyłącznikach	2,5
Potrzeby własne rozdzielni (dwie sekcje)	20,0
Moc pobierana obecnie	70,0
Suma	~2 324

Źródło: opracowanie własne.

Przy pełnym wykorzystaniu ładowarek dla wariantu elektrycznego-2 pobierana moc wynosi około 2 330 kW. Na podstawie sporządzonego bilansu stwierdza się, że obecne przyłącze do sieci elektroenergetycznej nie jest w stanie zapewnić dostaw energii elektrycznej dla stacji ładowania elektrobusów w zajezdni MZK sp. z o.o. w wariantcie elektrycznym-2 – z uwagi na zbyt małą wydajność mocową. Deficyt w tym wariantcie wynosi aż 2 090 kW.

Z uwagi na zastosowanie w autobusach baterii o średniej pojemności, czas ich ładowania nawet po całkowitym rozładowaniu, nie powinien przekroczyć 2,5 godzin (tabela 23). Rozważane może więc być także wdrożenie opcji ładowania nocnego na dwie zmiany, przy przyjęciu jednego stanowiska na dwa autobusy. Wskazana byłaby wówczas instalacja ładowarek pojedynczych o mocy min. 60 kW każda, z długim kablem zasilającym, z możliwością podłączenia autobusów po obydwu jej stronach. W takim przypadku wystarczającą byłaby instalacja 16 ładowarek stacjonarnych, co ograniczyłoby zapotrzebowanie na moc przyłączeniową i umowną do wysokości ok. 1 570 kW, a moc przyłączeniową do około 1 800 kW.

Z uwagi jednak na szybki rozwój technologii zasobników energii w autobusach, decyzja odnośnie sposobu ładowania całej floty powinna być podjęta w późniejszym okresie. Nie można bowiem wykluczyć wykorzystywania w przyszłości autobusów o takiej pojemności zasobników, która pozwalałaby na wykonywanie z odpowiednim zapasem energii, zadań całodobowych nawet podczas trudnych warunków atmosferycznych. Przy takim rozwiązaniu zapotrzebowanie na moc przyłączeniową w drugim etapie realizacji wariantu elektrycznego-2 może być wyższe niż wyliczone powyżej.

Należy jednak zwrócić uwagę, że stanowiska postojowe dla autobusów elektrycznych w wariantcie elektrycznym-1 (i w pierwszym etapie wariantu elektrycznego-2), powinny być z góry określone – aby możliwe było przełączenie kabla zasilającego w nocy z już naładowanego do kolejnego pojazdu, bez konieczności przeparkowania autobusu. Plac manewrowy w zajezdni przy ul. Lutomierskiej nie jest zbyt duży, dla pierwszego etapu w jego południowej

części można zainstalować szeregowo stanowiska do ładowania, a po obydwu jego stronach – stanowiska postoju nocnego autobusów zeroemisyjnych.

7.4. Wykonalność techniczna stacji ładowania szybkiego oraz zajezdniowego

Obecnie obiekty i place krańcówki przy ul. Waltera-Jankego zasilane są siecią nn z rozdzielni trafostacji przy ul. 20 Stycznia 99a. Jest to wolnostojąca stacja transformatorowa z rozdzielnią, dedykowana do zasilania wielorodzinnych budynków mieszkalnych i towarzyszących im obiektów usługowych. Nie powinno się raczej zakładać, że stacja ta posiada rezerwę mocy przyłączeniowej rzędu 400 kW, pozwalającą na zasilenie stacji ładowania autobusów elektrycznych.

Dla mocy ładowarki pantografowej równej 300 kW, warunki zasilania zakładu energetycznego wymagają zwykle wykonania dedykowanego przyłącza SN i budowy lokalnej rozdzielni i trafostacji.

Wybudowanie stacji ładowania pantografowego z rozdzielnią i trafostacją na pętli Waltera-Jankego nie powinno nastęrczać większych problemów. Na pętli urządzone zostały trzy stanowiska do wysiadania i wsiadania pasażerów oraz postoju autobusów.

Ładowanie pojazdów powinno się odbywać podczas postoju pojazdu, na stanowisku poprzedzającym wsiadanie pasażerów. Jeden z utwardzonych ciągów stanowisk postojowych dla autobusów powinien być przeznaczony na stanowiska ładowania autobusów elektrycznych. Z uwagi na kolizję z siecią WN na lokalizację stacji ładowania nie może być przeznaczony obszar pętli nawrotowej. Układ drogowy na tej pętli raczej nie wymaga przebudowy.

Wymogi w zakresie odległości masztów pantografowych od sieci wysokiego napięcia powinny być zachowane.

Z uwagi na znaczne zapotrzebowanie na moc zamówioną, zakres niezbędnych prac powinien obejmować nowe kable zasilające, dedykowaną trafostację 15/0,4 kV typu kontenerowego z rozdzielnią, maszt ładowarki pantografowej z zasilaniem oraz sterowanie i opomiarowanie. Z uwagi na wielokrotne zwiększenie zapotrzebowania na moc, dostawca energii może w nowych warunkach przyłączenia do sieci obciążyć wnioskodawcę częścią kosztów związanych z rozbudową sieci dystrybucyjnej. Wydaje się, że z uwagi na szybkie zmiany technologii magazynowania energii, budowana trafostacja z rozdzielnią powinny być zaprojektowane przy założeniu jednoczesnej pracy dwóch masztów i jednocześnie w taki sposób, aby możliwa była dalsza rozbudowa stacji ładowania bez konieczności wymiany trafostacji.

Budowa stacji ładowania pantografowego na placu przed budynkiem dworca także nie wydaje się być problematyczna. Aktualnie autobusy parkują pomiędzy kursami na dużym placu wybrukowanym kostką betonową, który może być przearanżowany według potrzeb. Stanowisko ładowarki i urządzenia zasilania i rozdzielni powinny być umieszczone przy jego krawędzi.

Z uwagi na wysokie zapotrzebowanie na moc umowną należy przypuszczać, że w tej lokalizacji także niezbędna będzie instalacja dodatkowej, dedykowanej trafostacji, rozdzielni, kabli zasilających, masztów pantografowych oraz sterowania i opomiarowania. Wymaga to odpowiednich uzgodnień nie tylko z dostawcą energii, ale i zarządzającym terenem placu przed dworcem.

Teren zajmowany przez MZK sp. z o.o. na zajezdni autobusowej i obiekty jej towarzyszące, przeznaczony jest w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego na obiekty produkcyjne, magazyny i zabudowę usługową (PU). Obszar zajezdni obejmuje wiele działek, z tym że podstawowy plac postojowy autobusów to działka nr 3-72/3. Na placu tym urządzone byłyby stanowiska do ładowania wolnego autobusów elektrycznych. Plac jest wystarczający dla instalacji 10-12 punktów ładowania, lecz może być zbyt mały dla urządzenia w kolejnym etapie rozwoju elektromobilności punktów jednoczesnego ładowania dla całej floty.

Z uwagi na planowany zakup floty autobusów zeroemisyjnych przez Miasto, ze wsparciem finansowym środkami pomocowymi Unii Europejskiej, zalecanym rozwiązaniem jest budowa instalacji zasilającej przez Miasto, z późniejszym udostępnieniem jej operatorowi do wykorzystania. W zależności od warunków zasilania wydanych przez dostawcę energii, instalacja mogłaby być zaprojektowana oddzielnie od obecnego układu zasilania MZK sp. z o.o. albo też wiązać się z nowym wspólnym układem zasilania obiektów placu i zajezdni.

Z uwagi na wysokie zapotrzebowanie na moc umowną dla stacji ładowania autobusów elektrycznych należy przypuszczać, że niezbędna będzie budowa dodatkowej, dedykowanej trafostacji, rozdzielni, kabli zasilających, kabli rozdzielczych, masztu pantografowego oraz sterowania i opomiarowania. Wymaga to uzgodnień z dostawcą energii oraz MZK sp. z o.o.

7.5. Oszacowanie kosztów infrastruktury do ładowania autobusów

Dla wariantu elektrycznego-1 optymalny układ stanowisk ładowania 12 autobusów na terenie zajezdni autobusowej obejmuje:

- pięć dwustanowiskowych stacji ładowania o mocy na wyjściu 120 kW; stacje te powinny mieć dwa stanowiska ładowania przystosowane do ładowania mocą 120 kW na każdym wyjściu – wykorzystywane w przypadku ładowania jednego pojazdu albo mocą 60kW na obydwu wyjściach równocześnie – wykorzystywane przy ładowaniu dwóch autobusów z jednej stacji;
- dwie jednostanowiskowe ładowarki mobilne o mocy 60 kW na wyjściu;
- jedną stację szybkiego ładowania o mocy min. 200 kW.

Szacunkowe koszty przyjętego rozwiązania określono na podstawie wyników przetargów na ten typ dostaw, rozstrzyganych w różnych miastach w kraju w ciągu ostatnich 6 miesięcy.

Dla dwustanowiskowej stacjonarnej stacji wolnego ładowania o mocy 120 kW (2 x 60 kW) przyjęto koszt 235 tys. zł netto, tj. 289,05 tys. zł brutto. Koszt mobilnej stacji ładowania to z kolei 120,0 tys. zł netto, czyli 147,6 tys. zł brutto.

W wariantcie elektrycznym-1 koszt budowy dedykowanej stacji trafo z rozdzielnią, opomiarowaniem oraz sterowaniem i kablami zasilającymi stanowiska ładowania autobusów, zależy od warunków zasilania zakładu energetycznego oraz przyjętych rozwiązań projektowych. Dla potrzeb szacunku przyjęto taki koszt w wysokości 800 tys. zł netto dla terenu zajezdni i 600 tys. zł netto dla pętli. Dodatkowy koszt stacji ładowania szybkiego na terenie zajezdni, ze sterowaniem i opomiarowaniem przyjęto w wysokości 1 000 tys. zł netto. Koszt ładowarki pantografowej montowanej na stacji przyjęto w wysokości 1 200 tys. zł netto za każdą.

Konfiguracja ładowarek dla wariantu elektrycznego-2, obejmująca stanowiska ładowania 32 autobusów na terenie zajezdni autobusowej, byłaby następująca:

- czternaście dwustanowiskowych stacji ładowania o mocy na wyjściu 120 kW; stacje powinny mieć dwa stanowiska ładowania przystosowane do ładowania mocą 120 kW na każdym wyjściu – wykorzystywane w przypadku ładowania jednego pojazdu albo mocą 60 kW na obydwu wyjściach równocześnie – wykorzystywane przy ładowaniu dwóch autobusów z jednej stacji;
- cztery jednostanowiskowe ładowarki mobilne o mocy 60 kW na wyjściu;
- dwie stacje szybkiego ładowania o mocy 200 kW każda.

W tabeli 27 zestawiono oszacowane koszty instalacji zasilających dla wariantu elektrycznego-1, a w tabeli 28 – dla wariantu elektrycznego-2.

Tab. 27. Szacunkowe koszty instalacji zasilania – wariant elektryczny-1

Instalacja	Szt.	Koszt [tys. zł]	
		netto	brutto
Zajezdnia			
Ładowarki dwustanowiskowe 2x60 kW	5	1 175,0	1 445,3
Ładowarki mobilne 60 kW	2	240,0	295,2
Stacja trafo, rozdzielnia, okablowanie zajezdni	kpl	800,0	984,0
Stacja ładowania szybkiego ze sterowaniem	kpl	1 000,0	1 230,0
Suma (bez sieci zewn.)	-	3 215,0	3 954,5
Pętla			
Stacja ładowania szybkiego ze sterowaniem	3 kpl	3 600,0	4 428,0
Stacja trafo, rozdzielnia, okablowanie	3 kpl	1 800,0	2 214,0
Suma (bez sieci zewn.)	-	8 615,0	10 596,5
Rezerwa na sieci zasilające zewn. i inne koszty	-	1 200,0	1 476,0
Ogółem		9 815,0	12 072,5

Źródło: opracowanie własne.

Tab. 28. Szacunkowe koszty instalacji zasilania – wariant elektryczny-2

Instalacja	Szt.	Koszt [tys. zł]	
		netto	brutto
Zajezdnia			
Ładowarki dwustanowiskowe 2x60 kW	14	3 290,0	4 046,7
Ładowarki mobilne 60 kW	4	480,0	590,4
Stacja trafo, rozdzielnia, okablowanie zajezdni	kpl	2 000,0	2 460,0
Stacja ładowania szybkiego ze sterowaniem	kpl	2 000,0	2 460,0
Suma (bez sieci zewn.)	-	7 770,0	9 557,1
Pętle			
Stacja ładowania szybkiego ze sterowaniem	5 kpl	6 000,0	7 380,0
Stacja trafo, rozdzielnia, okablowanie	5 kpl	2 000,0	2 460,0
Suma (bez sieci zewn.)	-	15 770,0	19 397,0
Rezerwa na sieci zasilające zewn. i inne koszty	-	3 000,0	3 690,0
Ogółem		18 770,0	23 087,1

Źródło: opracowanie własne.

8. Rekomendacje

Miasto Pabianice przekracza próg 50 000 mieszkańców, jest zatem jako jednostka samorządu terytorialnego zobligowane do opracowania analizy kosztów i korzyści, o której mowa w art. 37 ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych.

Wg stanu na dzień 30 kwietnia 2024 r., w ramach pabianickiej komunikacji miejskiej funkcjonowało 14 linii autobusowych, w tym trasy 8 z nich nie przekraczały granic miasta, a pozostałe 6 obsługiwało zarówno obszar miasta, jak i gmin ościennych. Przewozy realizowane były taborem spalinowym, z tym że 56% pojazdów stanowiły autobusy hybrydowe.

Organizatorem pabianickiej komunikacji miejskiej jest Prezydent Miasta Pabianic, którego zadania wykonuje Wydział Infrastruktury Technicznej i Komunikacji Urzędu Miejskiego w Pabianicach. Ponadto w Pabianicach funkcjonują połączenia realizowane w ramach łódzkiej komunikacji miejskiej – linia tramwajowa 41 i autobusowa N4B oraz linia autobusowa D – organizowana przez Miasto Łask. Połączenia te nie są przedmiotem niniejszego opracowania.

Analizę kosztów i korzyści wykonano zgodnie z wymogami ustawy o elektromobilności, korzystając z wytycznych i przewodników do sporządzania takich analiz, opracowanych dla potrzeb projektów z dofinansowaniem unijnym.

Zidentyfikowano trzy warianty wyposażenia taborowego pabianickiej komunikacji miejskiej:

- konwencjonalny, w którym założono utrzymanie obecnego składu floty, tj. 18 autobusów klasy maxi z napędem hybrydowym i 14 klasy maxi z klasycznym napędem Diesla;
- elektryczny-1, w którym założono wprowadzenie do eksploatacji w ramach projektu inwestycyjnego „Modernizacja i rozwój komunikacji miejskiej w Pabianicach – etap II”, zakupionych 11 autobusów elektrycznych klasy maxi i jednego klasy midi z doładowaniem baterii poprzez złącze pantografowe, a następnie wymianę taboru na autobusy hybrydowe;
- elektryczny-2, w którym założono wprowadzenie do eksploatacji w ramach projektu inwestycyjnego „Modernizacja i rozwój komunikacji miejskiej w Pabianicach – etap II”, zakupionych 11 autobusów elektrycznych klasy maxi i jednego klasy midi z doładowaniem baterii poprzez złącze pantografowe, a w dalszej kolejności – wymianę taboru na autobusy elektryczne z doładowaniem baterii poprzez złącze pantografowe.

Warianty te zestawiono z porównawczym scenariuszem bazowym, w którym przewidziano wykorzystanie autobusów używanych z silnikami na olej napędowy.

Z zapisów art. 12 ust. 1 pkt 8 ustawy o ptz wynika konieczność jednoznacznego wskazania linii komunikacyjnych, na których przewidywane jest wykorzystanie pojazdów elektrycznych lub pojazdów napędzanych gazem ziemnym. Zgodnie z art. 12 ust. 2a przywołanej ustawy, przy opracowywaniu planu transportowego gminy należy uwzględnić również wyniki

analizy, o której mowa w art. 37 ust. 1 ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych, sporządzonej przez tę gminę. Wymagane wskazanie w planie transportowym linii do elektryfikacji powinno więc wynikać wprost z analizy kosztów i korzyści.

Liniami, na których eksploatowane byłyby autobusy elektryczne, w pierwszej kolejności powinny być połączenia obsługujące obszar miasta, czyli linie: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 i A41.

Autobusy zeroemisyjne korzystałyby z nowych stacji ładowania szybkiego przy pętli Waltera-Jankego (dwie stacje), przy pętli Dworzec PKP oraz na terenie zajezdni. Dodatkowo punkty ładowania wolnego przewiduje się na terenie lub w obiektach zajezdni operatora.

W przeprowadzonej analizie społeczno-ekonomicznej uwzględniono oszczędności w kosztach eksploatacyjnych oraz efekty zewnętrzne związane z emisją gazów cieplarnianych i innych zanieczyszczeń atmosfery oraz zmniejszenia hałasu.

Obliczone w analizie wskaźniki finansowe FNPV/c oraz FRR/c okazały się ujemne dla wszystkich wariantów. Ujemne wartości osiągnęły także wskaźniki ENPV. Z kolei w porównaniu do scenariusza bazowego korzystniej wypadł wariant konwencjonalny. **Przy przyjętych założeniach analiza wykazała brak korzyści ze stosowania taboru zeroemisyjnego, a zatem i brak obowiązku jego stosowania.**

Głównym powodem negatywnych wyników analizy są wyższe ceny autobusów zeroemisyjnych, przy konieczności ponoszenia dodatkowych nakładów na instalacje zasilające autobusy elektryczne.

W analizie nie uwzględniano innych dodatnich efektów związanych z zastosowaniem taboru zeroemisyjnego, mogących istotnie wpłynąć na jej wynik, takich jak:

- ewentualny wzrost zainteresowania mieszkańców korzystaniem z zeroemisyjnej komunikacji miejskiej – zmiana zachowań transportowych;
- wpływ zastosowania taboru zeroemisyjnego na ocenę postrzegania miasta.

W związku z wynikiem przeprowadzonej analizy, tj. brakiem korzyści ekonomicznych wskazujących bezwarunkowo na zasadność eksploatacji autobusów zeroemisyjnych, Miasto Pabianice nie ma obowiązku stawiania wobec operatora wymogu określonego udziału autobusów zeroemisyjnych w użytkowanej w komunikacji miejskiej flocie pojazdów w okresie najbliższych trzech lat. Od wyniku kolejnej analizy kosztów i korzyści zależeć będzie określony w art. 36 ust. 1 ustawy o elektromobilności, warunek udziału minimum 30% autobusów zeroemisyjnych lub napędzanych biometanem w użytkowanej flocie od dnia 1 stycznia 2028 r. Pozostaje przy tym nadal w mocy określony w art. 68a warunek 32 i 46% udziału tego rodzaju pojazdów w całkowitej liczbie autobusów objętych zamówieniami, odpowiednio od 24 grudnia 2021 r. do 31 grudnia 2025 r. i w latach 2026-2030.

W celu spełnienia drugiego z warunków uzasadniony byłby przewidziany w obydwu wariantach elektrycznych, zakup przez Miasto 12 szt. autobusów zeroemisyjnych. **Wariantem rekomendowanym do wdrożenia jest więc wariant elektryczny-1.** Realizacja wariantu elektrycznego-2 zależy będzie natomiast od warunków prawno-organizacyjnych i finansowych, jakie będą występowały po 2027 r.

Niniejsza analiza kosztów i korzyści nie jest polityką, strategią, planem lub programem, o których mowa w art. 46 ust. 2 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 (t.j. Dz. U. z 2023 r. poz. 1094 ze zm.). Niniejsza analiza kosztów i korzyści w żaden sposób nie oddziałuje na obszary Natura 2000, a ponadto realizacja analizowanych wariantów, w szczególności elektrycznego-1 i elektrycznego-2, wpływa pozytywnie na zmniejszenie emisji zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery w obszarze funkcjonowania pabianickiej komunikacji miejskiej. Analiza kosztów i korzyści nie podlega więc obowiązkowi przeprowadzenia strategicznej oceny oddziaływania na środowisko.

Załączniki do Analizy

- A. Tabor według klasy autobusów.
- B. Spis taboru.
- C. Harmonogram wymiany floty.
- D. Emisje zanieczyszczeń.
- E. Model finansowy (plik obliczeniowy w arkuszu kalkulacyjnym).
- F. Informacja o udziale społeczeństwa w postępowaniu.

Załącznik A

Tabor według klas autobusów

Lp.	Miasto	Wszyscy operatorzy razem						Wyłącznie operatorzy wewnętrzni						Wyłącznie operatorzy zewnętrzni					
		Liczba pojazdów według klasy																	
		mini	midi	maxi	mega 15	mega 18	ogółem	mini	midi	maxi	mega 15	mega 18	ogółem	mini	midi	maxi	mega 15	mega 18	ogółem
1	Pabianice	0	0	32	0	0	32	0	0	32	0	0	32	16	0	0	0	0	0

Klasa pojemnościowa:

- mini – do 8,99 m długości,
- midi – od 9,00 do 10,99 m długości,
- maxi – od 11,00 do 13,00 m długości,
- mega 15 – od 13,01 do 16,00 m długości,
- mega 18 – powyżej 16,00 m długości.

Źródło: dane Miasta.

Załącznik B

Spis taboru

Lp.	Marka/typ	Norma EURO	Klasa	Średni przebieg roczny [tys. km]	Zużycie paliwa [dm ³ /100 km] [kWh/100 km]
1	Solaris Urbino 12	IV	maxi	15,9	38,3 dm ³
2	Solaris Urbino 12	IV	maxi	18,5	33,4 dm ³
3	Solaris Urbino 12	IV	maxi	18,7	40,3 dm ³
4	Solaris Urbino 12	IV	maxi	20,1	35,7 dm ³
5	Solaris Urbino 12	IV	maxi	22,4	36,4 dm ³
6	Solaris Urbino 12	IV	maxi	24,7	38,7 dm ³
7	Solaris Urbino 12	IV	maxi	25,0	39,0 dm ³
8	Solaris Urbino 12	IV	maxi	25,7	37,1 dm ³
9	Solaris Urbino 12	IV	maxi	26,9	38,1 dm ³
10	Solaris Urbino 12	V	maxi	18,8	41,4 dm ³
11	Solaris Urbino 12	V	maxi	21,9	40,5 dm ³
12	Solaris Urbino 12	V	maxi	27,5	37,9 dm ³
13	Solaris Urbino 12	V	maxi	28,8	36,9 dm ³
14	Solaris Urbino 12	V	maxi	31,1	36,3 dm ³
15	Solaris Urbino 12 hybrid	VI	maxi	41,2	33,6 dm ³
16	Solaris Urbino 12 hybrid	VI	maxi	53,9	30,6 dm ³
17	Solaris Urbino 12 hybrid	VI	maxi	54,9	30,5 dm ³
18	Solaris Urbino 12 hybrid	VI	maxi	56,6	29,0 dm ³
19	Solaris Urbino 12 hybrid	VI	maxi	56,6	29,9 dm ³
20	Solaris Urbino 12 hybrid	VI	maxi	57,6	30,5 dm ³
21	Solaris Urbino 12 hybrid	VI	maxi	58,2	30,6 dm ³
22	Solaris Urbino 12 hybrid	VI	maxi	58,5	30,1 dm ³
23	Solaris Urbino 12 hybrid	VI	maxi	58,9	30,1 dm ³
24	Solaris Urbino 12 hybrid	VI	maxi	59,1	29,7 dm ³
25	Solaris Urbino 12 hybrid	VI	maxi	59,1	29,6 dm ³
26	Solaris Urbino 12 hybrid	VI	maxi	59,3	30,5 dm ³
27	Solaris Urbino 12 hybrid	VI	maxi	59,4	29,3 dm ³
28	Solaris Urbino 12 hybrid	VI	maxi	59,6	31,1 dm ³
29	Solaris Urbino 12 hybrid	VI	maxi	60,0	32,4 dm ³
30	Solaris Urbino 12 hybrid	VI	maxi	62,4	29,1 dm ³

Lp.	Marka/typ	Norma EURO	Klasa	Średni przebieg roczny [tys. km]	Zużycie paliwa [dm ³ /100 km] [kWh/100 km]
31	Solaris Urbino 12 hybrid	VI	maxi	63,1	28,9 dm ³
32	Solaris Urbino 12 hybrid	VI	maxi	63,5	29,5 dm ³

Klasa pojemnościowa:

- mini – do 8,99 m długości,
- midi – od 9,00 do 10,99 m długości,
- maxi – od 11,00 do 13,00 m długości,
- mega 15 – od 13,01 do 16,00 m długości,
- mega 18 – powyżej 16,00 m długości.

Źródło: dane Miasta.

Załącznik C

Harmonogram wymiany floty

Rodzaj napędu autobusu – klasa pojemnościowa	Wymiana w roku									
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Scenariusz bazowy o znaczeniu wyłącznie porównawczym										
BEV – razem, w tym:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
– mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– midi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– maxi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FCEV – razem, w tym:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
– mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– midi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– maxi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pojazdy z innymi napędami	0	0	9	0	5	0	0	0	0	0
<i>Udział zeroemisyjnych we flocie [%]</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>
Wariant – konwencjonalny										
BEV – razem, w tym:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
– mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– midi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– maxi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Rodzaj napędu autobusu – klasa pojemnościowa	Wymiana w roku									
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
FCEV – razem, w tym:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
– mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– midi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– maxi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pojazdy z innymi napędami	0	7	5	0	0	2	0	0	0	8
<i>Udział zeroemisyjnych we flocie [%]</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>
Wariant – elektryczny-1										
BEV – razem, w tym:	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0
– mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– midi	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
– maxi	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-
FCEV – razem, w tym:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
– mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– midi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– maxi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pojazdy z innymi napędami	0	0	0	0	0	3	0	0	0	7
<i>Udział zeroemisyjnych we flocie [%]</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>40,0</i>	<i>40,0</i>	<i>40,0</i>	<i>37,5</i>	<i>37,5</i>	<i>37,5</i>	<i>37,5</i>	<i>40,0</i>
Wariant – elektryczny-2										
BEV – razem, w tym:	0	0	12	0	0	0	0	0	0	17
– mini	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– midi	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-

Rodzaj napędu autobusu – klasa pojemnościowa	Wymiana w roku									
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
– maxi	-	-	11	-	-	-	-	-	-	17
FCEV – razem, w tym:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
– mini			-	-	-	-		-	-	-
– midi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
– maxi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pojazdy z innymi napędami	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
<i>Udział zeroemisyjnych we flocie [%]</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>40,0</i>	<i>40,0</i>	<i>40,0</i>	<i>37,5</i>	<i>37,5</i>	<i>37,5</i>	<i>37,5</i>	<i>100,0</i>

Klasa pojemnościowa:

- mini – do 8,99 m długości,
- midi – od 9,00 do 10,99 m długości,
- maxi – od 11,00 do 13,00 m długości,
- mega 15 – od 13,01 do 16,00 m długości,
- mega 18 – powyżej 16,00 m długości.

Źródło: dane Miasta.

Załącznik D

Emisje zanieczyszczeń

Rodzaj zanieczyszczenia	Jedn.	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	Ogółem
Scenariusz bazowy o znaczeniu wyłącznie porównawczym												
CO ₂	kg	1 133 100	1 155 300	1 161 500	1 171 700	1 209 500	1 209 500	1 206 300	1 206 300	1 206 300	1 206 300	11 865 800
Nox	kg	4 399,1	4 625,8	4 925,1	5 423,9	2 997,3	2 997,3	1 800,4	1 800,4	1 800,4	1 800,4	32 570,1
NHMC/NMVOC	kg	899,6	935,4	975,8	1 043,3	832,6	832,6	585,1	585,1	585,1	585,1	7 859,7
SO ₂	kg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
PM	kg	52,9	54,5	55,8	58,1	52,6	52,6	45,0	45,0	45,0	45,0	506,5
Inne	kg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Wariant konwencjonalny												
CO ₂	kg	1 133 100	1 155 300	1 204 500	1 204 100	1 200 300	1 200 300	1 200 600	1 200 600	1 200 600	1 200 600	11 900 000
Nox	kg	4 399,1	4 625,8	7 020,2	3 187,8	1 791,4	1 791,4	1 792,0	1 792,0	1 792,0	1 792,0	29 983,7
NHMC/NMVOC	kg	899,6	935,4	1 259,2	870,9	582,2	582,2	582,4	582,4	582,4	582,4	7 459,1
SO ₂	kg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
PM	kg	52,9	54,5	65,4	53,6	44,8	44,8	44,8	44,8	44,8	44,8	495,2
Inne	kg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Wariant elektryczny-1												
CO ₂	kg	1 133 100	1 155 300	1 155 300	1 116 500	1 111 700	1 099 800	1 087 800	1 075 800	1 063 800	1 051 800	11 050 900
Nox	kg	4 399,1	4 625,8	4 625,8	1 523,9	1 515,7	1 507,5	1 499,3	1 491,1	1 482,9	1 458,0	24 129,1
NHMC/NMVOC	kg	899,6	935,4	935,4	321,3	321,3	321,2	321,2	321,1	321,1	320,9	5 018,5
SO ₂	kg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
PM	kg	52,9	54,5	54,5	39,4	39,2	39,0	38,7	38,5	38,3	37,6	432,6
Inne	kg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0

Rodzaj zanieczyszczenia	Jedn.	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	Ogółem
Wariant elektryczny-2												
CO ₂	kg	1 133 100	1 155 300	1 155 300	1 116 500	1 111 700	1 099 800	1 086 900	1 074 300	1 060 500	1 046 700	11 040 100
Nox	kg	4 399,1	4 625,8	4 625,8	1 523,9	1 515,7	1 507,5	1 479,5	1 471,5	1 462,1	1 433,4	24 044,3
NHMC/NMVOC	kg	899,6	935,4	935,4	321,3	321,3	321,2	290,1	290,1	290,0	289,9	4 894,3
SO ₂	kg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
PM	kg	52,9	54,5	54,5	39,4	39,2	39,0	38,4	38,2	37,9	37,2	431,2
Inne	kg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0

Źródło: obliczenia własne.

Załącznik E

Model finansowy

Załącznik stanowi rozbudowany plik obliczeniowy w arkuszu kalkulacyjnym.

Załącznik F

Informacja o udziale społeczeństwa w postępowaniu

Możliwość udziału społeczeństwa w opracowaniu dokumentu pn. „Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych dla miasta Pabianic” zapewniło obwieszczenie Prezydenta Miasta Pabianic, wydane na podstawie art. 39 ust. 1 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 (t.j. Dz. U. z 2023 r. poz. 1094 ze zm.) w związku z art. 37 ust. 3 ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (t.j. Dz. U. z 2023 r. poz. 875 ze zm.).

Celem udziału społeczeństwa w opracowaniu dokumentu było zebranie uwag i wniosków odnośnie zapisów w projekcie analizy. Możliwość wnoszenia uwag przewidziano w terminie od dnia 17 maja do dnia 9 czerwca 2024 r.

Z treścią dokumentu zapoznać można się było:

- 1) w serwisie internetowym bip.um.pabianice.pl;
- 2) w budynku Wydziału Infrastruktury Technicznej i Komunikacji Urzędu Miejskiego w Pabianicach, ul. św. Jana 4, pokój 24 – w godzinach pracy urzędu.

Opinie do projektu dokumentu można było składać:

- 1) w formie pisemnej na adres Urzędu Miejskiego w Pabianicach – Wydział Infrastruktury Technicznej i Komunikacji, ul. św. Jana 4, 95-200 Pabianice;
- 2) ustnie do protokołu;
- 3) drogą elektroniczną – przesyłając formularz konsultacyjny na adres e-mailowy: komunikacja@um.pabianice.pl albo na elektroniczną skrytkę podawczą na platformach: ePUAP (/1311aholak/SkrytkaESP), PeUP lub e-doręczenia.

W trakcie udziału społeczeństwa w opracowaniu dokumentu nie wpłynęły żadne uwagi do udostępnionego projektu analizy.