



STOWARZYSZENIE
SZCZECIŃSKIEGO OBSZARU
METROPOLITALNEGO

Analiza rozwoju zeroemisyjnego transportu publicznego w Szczecińskim Obszarze Metropolitalnym



Wydawca:



STOWARZYSZENIE
SZCZECIŃSKIEGO OBSZARU
METROPOLITALNEGO

Stowarzyszenie Szczecińskiego
Obszaru Metropolitalnego
Plac Kilińskiego 3
71-414 Szczecin

Opracowanie

WOLAŃSKI



Wolański sp. z o.o.
ul. Stawki 8/7
00-193 Warszawa

Zespół redakcyjny

dr hab. Michał Wolański, prof. SGH
Mirostaw Czerliński
Marcin Pinkosz
Michał Babicki
Wojciech Szłapacki

grudzień 2024 r.

Opracowano w ramach projektu „Wzmocnienie oraz rozwój kompetencji kadr Związku ZIT
Szczecińskiego Obszaru Metropolitalnego, koordynacja działań strategicznych, w tym procesów
planistycznych, monitoringowych i zarządczych w SSOM”.



Fundusze Europejskie
dla Pomorza Zachodniego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Spis treści

Streszczenie.....	5
Summary	9
Słownik skrótów i akronimów	13
1. Wprowadzenie.....	16
1.1. Cel i zakres zadania.....	16
1.2. Struktura analizy.....	17
2. Syntetyczny opis metodyki wykonania dzieła	18
2.1. Generalna koncepcja.....	18
2.2. Pytania badawcze	19
3. Obszar I. Ustalenie stanu obecnego	22
3.1. Stan obecny transportu zeroemisyjnego w SOM.....	22
3.2. Wymagania i wytyczne kierunkowe krajowe i UE.....	43
3.3. Dotychczasowe działania JST SOM.....	54
3.4. Analiza SWOT	65
4. Obszar II. Wdrożenie i eksploatacja zeroemisyjnego transportu zbiorowego	74
4.1. Wyzwania techniczne i organizacyjne.....	74
4.2. Kluczowe czynniki sukcesu	84
5. Obszar III. Model ekonomiczno-finansowy, społeczny i ekologiczny.....	89
5.1. Koszty i korzyści ekonomiczne	89
5.2. Mierniki ekonomiczno-finansowe, społeczne i ekologiczne	95
5.3. Koszty i korzyści energii (w tym energii odnawialnej)	97
5.4. Kontraktowanie zielonej energii do przewozów	106
5.5. Opłacalność i wybór środka transportu zeroemisyjnego.....	108
5.6. Modele i źródła finansowania infrastruktury i taboru	117
5.7. Krytyczny poziom dofinansowania zewnętrznego.....	121
6. Obszar IV. Prognoza rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego	125
6.1. Rekomendowane cele rozwoju	125
6.2. Możliwe ścieżki rozwoju.....	127

6.3.	Rozwiązania legislacyjne i inne wspierające rozwój	139
6.4.	Działania JST a przyspieszenie wdrożenia	141
6.5.	Rozwiązania innowacyjne	148
6.6.	Jak osiągnąć wzrost liczby pasażerów transportu publicznego w SOM?.....	151
7.	Wnioski i rekomendacje	155
7.1.	Główne wnioski i rekomendacje	155
7.2.	Pozostałe wnioski i rekomendacje	160
	Spis tabel	162
	Spis rysunków.....	164

Streszczenie

Celem analizy było wypracowanie prognozy rozwoju zeroemisyjnego transportu publicznego (autobusy, tramwaje) w Szczecińskim Obszarze Metropolitalnym (dalej w skrócie: SOM) wraz z rekomendacjami działań legislacyjnych i poza-legislacyjnych, które będą dostosowane do lokalnych warunków ekonomiczno-społecznych. Do zadań Wykonawcy należała kwantyfikacja skutków i efektywności implementacji tych działań dla rozwoju i popularyzacji przewozów zbiorowych realizowanych zeroemisyjną flotą.

Do pojazdów zeroemisyjnych w ramach niniejszej Analizy zaliczono autobusy elektryczne (bateryjne), wodorowe oraz tramwaje. Ich zeroemisyjność w Polsce jest jednak uzależniona od systemu energetycznego lub sposobu pozyskiwania wodoru. Pojazdy te zazwyczaj są jednak zeroemisyjne w miejscu wykonywania przewozu.

W Szczecińskim Obszarze Metropolitalnym w eksploatacji jest 452 autobusów miejskich i 123 tramwajów. Autobusy zeroemisyjne stanowią obecnie prawie 4% floty w SOM, liczbowo jest to 16 autobusów elektrycznych. Wszystkie tramwaje w Szczecinie są oczywiście zeroemisyjne. Do wymiany pozostają 436 autobusy spalinowe (374 w Szczecinie i Policach w sieci ZDiTM), w tym niskoemisyjne (36 autobusów hybrydowych). Obecnie jedynie w Szczecinie kursują autobusy elektryczne, natomiast w Świnoujściu i Stargardzie testowano je. W 12 z 13 gmin SOM nie użytkuje się jeszcze żadnego autobusu zeroemisyjnego w swojej flocie (stan na grudzień 2024 r.).

Cele UE do osiągnięcia na poziomie całego kraju członkowskiego, względem Polski, są następujące:

- do 2025 r. co najmniej 32% nowych zamawianych autobusów lub tych wykonujących usługi PTZ powinno być ekologicznie czystych, w tym 16% zeroemisyjnych (Dyrektywa PE 2019/1161),
- od 2026 r. do 2030 r. co najmniej 46% nowych zamawianych autobusów lub tych wykonujących usługi PTZ powinno być ekologicznie czystych, w tym 23% zeroemisyjnych (Dyrektywa PE 2019/1161),
- od 2030 r. wszystkie **nowe** autobusy miejskie są zeroemisyjne, w latach 2030-2034 flota autobusowa redukuje emisje CO₂ o 43% względem roku sprawozdawczego 2019 (Rozporządzenie PE 2024/1610),
- od 2035 r. wszystkie autobusy miejskie są zeroemisyjne, w latach 2035-2039 flota autobusowa redukuje emisje CO₂ o 64% (Rozporządzenie PE 2024/1610),
- od 2040 r. flota autobusowa redukuje emisje CO₂ o 90% (Rozporządzenie PE 2024/1610).

Wymagania rządowe przekładają unijne cele dla kraju na poszczególne samorządy (gminy i powiaty), dodatkowo je zaostrzając:

-
- od 2023 r. w JST powyżej 50 tys. mieszkańców 10% floty stanowią autobusy zeroemisyjne lub napędzane biometanem (Ustawa o Elektromobilności, art. 68),
 - od 2025 r. w JST powyżej 50 tys. mieszkańców 20% floty stanowią autobusy zeroemisyjne lub napędzane biometanem (UoE, art. 68),
 - od 2028 r. w JST powyżej 50 tys. mieszkańców 30% floty stanowią autobusy zeroemisyjne lub napędzane biometanem (UoE, art. 36),
 - obowiązek zapewnienia minimalnych udziałów pojazdów nisko- i zeroemisyjnych w całkowitej liczbie pojazdów objętych zamówieniami – zgodnie z Dyrektywą PE 2019/1161 (UoE, art. 68a).

Nowelizacja Ustawy o Elektromobilności z 2024 r. przewiduje, że:

- od 2026 r. w JST powyżej 100 tys. mieszkańców wszystkie zamówione autobusy mają być zeroemisyjne, przepis nie dotyczy autobusów realizujących kursy na liniach podmiejskich do gmin nieprzekraczających 100 tys. mieszkańców,
- JST powyżej 50 tys. mieszkańców - zrezygnowano z określania progu udziału autobusów zeroemisyjnych lub napędzanych biometanem we flocie użytkowanych pojazdów (wcześniejszy art. 36 i 68). Wymagana jest częściowa eksploatacja pojazdów zeroemisyjnych lub niskoemisyjnych bez określenia minimalnego ich progu. Nadal obowiązuje jednak art. 68a określający minimalne udziały pojazdów - zgodnie z Dyrektywą PE 2019/1161.

Autobusowy transport zeroemisyjny wdrażany jest dziś w 3 podstawowych modelach: OPP, ONC/R lub IMC. Model OPP opiera się na małych bateriach w pojazdach, ładowarkach małej mocy (plug-in) na terenie zajezdni i małej (plug-in) lub dużej (pantografowe) mocy na pętlach na terenie miasta. Rozwiązanie to może być stosowane, gdy przerwy międzykursowe pozwalają na doładowanie pojazdu. Model ONC opiera się na dużych bateriach w pojazdach i jednokrotnym ładowaniu wolnym na terenie zajezdni. Model ONR zakłada obsługę autobusem wodorowym tankowanym jeden raz w ciągu dnia. Model IMC to trolejbus baterijny, którego baterie doładowywane są w czasie jazdy i podpięcia do sieci trakcyjnej.

Głównym czynnikiem sukcesu wdrożenia transportu publicznego zeroemisyjnego w SOM jest dostępność wsparcia finansowego – regionalnego, krajowego i unijnego. Bez niego wiele JST i przewoźników nie może sobie pozwolić na zakup takiego taboru.

W taborze 12-metrowym, najbardziej opłacalne są autobusy dieslowskie do rocznego przebiegu 75 lub 90 tys. km, natomiast powyżej tego przebiegu – autobus baterijny OPP, doładowywany plug-in na pętlach w Stargardzie i Świnoujściu oraz pantografowo w Szczecinie. Największe koszty wykazuje autobus wodorowy, wykluczając jego efektywność ekonomiczną przy obecnych kosztach inwestycyjnych w tabor oraz dzisiejszej cenie wodoru dostępnego w Polsce.

W taborze 18-metrowym i dłuższym, najbardziej opłacalny jest autobus dieslowski 18-metrowy do rocznego przebiegu 73 lub 86 tys. km, natomiast powyżej tego przebiegu –

autobus bateryjny OPP, doładowywany jak powyżej. Największy koszt związany jest z eksploatacją tramwajów.

Uwzględniając koszty zewnętrzne (wycenę emisji zanieczyszczeń i hałasu), próg opłacalności autobusu bateryjnego OPP 12-metrowego rozpoczyna się od rocznej pracy eksploatacyjnej na poziomie 41-50 tys. km, natomiast 18-metrowego od poziomu 43-50 tys. km. Jednak korzyści wynikające z różnic w emisyjności nie są wykazywane w rachunku finansowym i operatorzy komunikacji miejskiej nie mają korzyści bezpośrednio z nich wynikających.

Optymalnym środkiem transportu zeroemisyjnego dla SOM jest więc autobus bateryjny OPP, który w dzisiejszych uwarunkowaniach kosztowych ma szansę być bardziej efektywny nawet względem autobusu spalinowego zasilanego olejem napędowym, ponieważ na autobus zeroemisyjny może być uzyskane dofinansowanie na poziomie nawet 85%. Obecnie nie ma już możliwości zakupu autobusu zasilanego olejem napędowym z dofinansowaniem unijnym.

Na podstawie przeprowadzonych prac sformułowano 4 główne rekomendacje:

- Dążyć do uzyskania co najmniej 80% floty zeroemisyjnej w modelu OPP w 2040 roku - od 2026 r. miasta powyżej 100 tys. mieszkańców będą musiały kupować lub zlecać przewozy wyłącznie autobusami zeroemisyjnymi. 80% brygad obsługujących komunikację w SOM ma dzienny przebieg do 300 km, osiągalny w eksploatacji autobusów elektrycznych OPP. Występujący system dofinansowań wspiera tylko zakup pojazdów zeroemisyjnych. Miasta SOM powinny aktywnie aplikować o środki unijne i krajowe w celu sfinansowania elektryfikacji taboru autobusowego w modelu OPP – małe baterie w pojazdach i ładowarki pantografowe (Szczecin) lub plug-in (Stargard i Świnoujście) na pętlach.
- Tabor elektryczny musi dużo kursować – zarządzanie i walka o efektywność ekonomiczną przedsięwzięć - lepsze zarządzanie wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych, maksymalizacja ich dziennych przebiegów. Rozwój kadry zarządzającej, regularne badanie i monitoring przewozów. Autobusy elektryczne jako podstawowy środek realizacji przewozów, a wodorowe jako uzupełniający, zapewniający rezerwę oraz obsługę długich kursów, których nie zrealizuje autobus elektryczny. Wdrożenie priorytetów w ruchu, zwiększających prędkość komunikacyjną i redukujących zapotrzebowanie na tabor.
- Transport publiczny w SOM potrzebuje zwiększenia finansowania bieżącego i inwestycyjnego - utrzymanie obecnego tempa zakupu taboru (16 nowych autobusów i 2 tramwaje rocznie) prowadzi do koniecznego zakupu taboru używanego, by utrzymać tabor w sprawności technicznej. Miasta borykają się też z rosnącym kosztem wozokilometra na skutek inflacji i presji płacowej prowadzących. Konieczne jest zwiększenie wydatków bieżących i inwestycyjnych. Tempo wymiany floty zapewniające odnowę taboru powinno wynosić min. 27 autobusów i 5 tramwajów rocznie. Zwiększenia wymaga budżet inwestycyjny do co najmniej 132 mln zł rocznie oraz eksploatacyjny do 403 mln zł rocznie. Powinno się poszukiwać alternatywnych

źródeł dofinansowania pracy eksploatacyjnej (np. negocjacja środków z ETS2, NFOŚiGW itp. źródeł).

- Rozsądna rozbudowa sieci tramwajowej może wspomóc rozwój transportu zeroemisyjnego - w czasie transformacji floty autobusowej na zeroemisyjną należy zwrócić uwagę, że nadal niedoinwestowana jest komunikacja tramwajowa w Szczecinie. Priorytet powinna mieć budowa nowych korytarzy szybkiego transportu tramwajowego, pozwalających na zastąpienie dużej liczby autobusów spalinowych, ale też modernizacja dziś funkcjonujących korytarzy zapewniających duże potoki pasażerów. Rozbudowa wymaga wnioskowania w oparciu o model ruchu, który może wykazać korzyści sieciowe i większą atrakcyjność takiego rozwiązania dla pasażerów.

Pozostałe wnioski i rekomendacje obejmują:

- walka o efektywność ekonomiczną transportu zeroemisyjnego - realizacja działań towarzyszących – przede wszystkim poprzez budowanie i wyznaczanie buspasów oraz wydzielonych korytarzy komunikacji autobusowej lub tramwajowej, ale też wdrażanie priorytetów w sygnalizacji świetlnej. To wszystko pozwala obsługiwać więcej kursów komunikacji miejskiej, dysponując taką samą liczbą taboru i stanem zatrudnienia,
 - rozwój potencjału transportu wodorowego – dostępny na rynku w Polsce wodór jest zbyt drogi. Kilometr pokonany autobusem wodorowym jest dużo droższy od kilometra wykonanego autobusem spalinowym lub elektrycznym. Należy poszukiwać możliwości pozyskiwania wodoru taniej niż się to dziś dzieje w innych miastach w Polsce, np. przy współpracy z Azotami Police.
-

Summary

The aim of the analysis was to develop a forecast for the development of zero-emission public transport (buses, trams) in the Szczecin Metropolitan Area (hereinafter referred to as SOM) along with recommendations for legislative and non-legislative actions that will be adapted to local economic and social conditions. The Contractor's tasks included quantifying the effects and effectiveness of implementing these actions for the development and popularization of public transport carried out by a zero-emission fleet.

Zero-emission vehicles in this Analysis include electric (battery) buses, hydrogen buses and trams. However, their zero-emission in Poland depends on the energy system or the method of obtaining hydrogen. However, these vehicles are usually zero-emission at the place of transport.

There are 452 city buses and 123 trams in use in the Szczecin Metropolitan Area. Zero-emission buses currently constitute almost 4% of the fleet in the SOM, meaning 16 electric buses. All trams in Szczecin are of course zero-emission. 436 combustion buses (374 in Szczecin and Police in the ZDiTM network) need to be replaced, including low-emission buses (36 hybrid buses). Currently, only electric buses operate in Szczecin, while they were tested in Świnoujście and Stargard. In 12 out of 13 SOM communes, no zero-emission buses are yet in use in their fleet (as of December 2024).

The EU objectives to be achieved at the level of the entire Member State, in relation to Poland, are as follows:

- by 2025, at least 32% of new buses ordered or those performing PTZ services should be ecologically clean, including 16% zero-emission (EP Directive 2019/1161),
- from 2026 to 2030, at least 46% of new buses ordered or those performing PTZ services should be ecologically clean, including 23% zero-emission (EP Directive 2019/1161),
- from 2030, all new city buses are zero-emission, in the years 2030-2034 the bus fleet reduces CO₂ emissions by 43% compared to the reporting year 2019 (EP Regulation 2024/1610),
- from 2035, all urban buses are zero-emission, in the years 2035-2039 the bus fleet reduces CO₂ emissions by 64% (Regulation of the European Parliament 2024/1610),
- from 2040 the bus fleet reduces CO₂ emissions by 90% (Regulation of the European Parliament 2024/1610).

Government requirements translate the EU goals for the country to the local governments (municipalities and counties), further tightening them:

-
- from 2023 in local government units with more than 50,000 inhabitants, 10% of the fleet will be zero-emission or biomethane-powered buses (Act on Electromobility, art. 68),
 - from 2025 in local government units with more than 50,000 inhabitants, 20% of the fleet are zero-emission or biomethane-powered buses (UoE, art. 68),
 - from 2028, in local government units above 50,000 residents, 30% of the fleet are zero-emission or biomethane-powered buses (UoE, art. 36),
 - the obligation to ensure minimum shares of low- and zero-emission vehicles in the total number of vehicles covered by orders - in accordance with Directive EP 2019/1161 (UoE, art. 68a).

The amendment to the Electromobility Act of 2024 provides that:

- from 2026, in local government units above 100,000 residents, all buses ordered are to be zero-emission, the provision does not apply to buses operating on suburban lines to municipalities not exceeding 100,000 residents,
- local government units above 50,000 residents - the threshold for the share of zero-emission or biomethane-powered buses in the fleet of vehicles in use has been abandoned (previous art. 36 and 68). Partial use of zero-emission or low-emission vehicles is required without specifying their minimum threshold. However, art. 68a, specifying the minimum shares of vehicles, is still in force - in accordance with Directive EP 2019/1161.

Zero-emission bus transport is currently implemented in 3 basic models: OPP, ONC/R or IMC. The OPP model is based on small batteries in vehicles, low-power (plug-in) chargers at the bus depot and low (plug-in) or high (pantograph) power at loops in the city. This solution can be used when breaks between trips allow for recharging the vehicle. The ONC model is based on large batteries in vehicles and single slow charging at the bus depot. The ONR model assumes service with a hydrogen bus refueled once a day. The IMC model is a battery trolleybus, whose batteries are charged while driving and connected to the traction network.

The main factor in the success of implementing zero-emission public transport in SOM is the availability of financial support - regional, national and EU. Without it, many local government units and carriers cannot afford to buy such rolling stock.

In the 12-meters-long fleet, the most cost-effective are diesel buses up to an annual mileage of 75 or 90 thousand km, while above this mileage – a battery OPP bus, plug-in charging at the loops in Stargard and Świnoujście and pantograph in Szczecin. The hydrogen bus shows the highest costs, excluding its economic efficiency at the current investment costs in the fleet and the current price of hydrogen available in Poland.

In the 18-meters-long and longer fleet, the most profitable is an 18-meters-long diesel bus up to an annual mileage of 73 or 86 thousand km, while above this mileage - an OPP battery bus, recharged as above. The highest cost is related to the operation of trams.

Taking into account external costs (estimation of pollutant and noise emissions), the profitability threshold of a 12-meters-long OPP battery bus starts from an annual operating work of 41-50,000 km, while for an 18-meters-long bus from a level of 43-50,000 km. However, the benefits resulting from differences in emissions are not shown in the financial statement and public transport operators do not have benefits resulting directly from them.

The optimal means of zero-emission transport for SOM is therefore a battery-powered OPP bus, which in today's cost conditions has a chance of being more efficient even than a combustion bus powered by diesel oil, because a zero-emission bus can receive funding of up to 85%. Currently, it is no longer possible to purchase a diesel-powered bus with EU funding.

Based on the work carried out, 4 main recommendations were formulated:

- Strive to achieve at least 80% of the zero-emission fleet in the OPP model in 2040 - from 2026, cities with more than 100,000 residents will have to buy or commission transport exclusively with zero-emission buses. 80% of the brigades serving city transport in the SOM have a daily mileage of up to 300 km, achievable in the operation of electric OPP buses. The existing subsidy system only supports the purchase of zero-emission vehicles. SOM cities should actively apply for EU and national funds to finance the electrification of the bus fleet in the OPP model - small batteries in vehicles and pantograph chargers (Szczecin) or plug-ins (Stargard and Świnoujście) on loops.
- Electric rolling stock must service a lot - management and fight for the economic efficiency of projects - better management of the use of zero-emission buses, maximization of their daily mileage. Development of management staff, regular testing and monitoring of transport. Electric buses as the basic means of transport, and hydrogen buses as a supplementary means, providing a reserve and servicing long journeys, which cannot be carried out by an electric bus. Implementation of traffic priorities, increasing commercial speed and reducing the demand for rolling stock.
- Public transport in SOM needs increased current and investment financing - maintaining the current pace of purchasing rolling stock (16 new buses and 2 trams per year) will lead to the necessary purchase of used rolling stock to maintain the rolling stock in technical condition. Cities are also struggling with the growing cost of a vehicle-kilometre due to inflation and wage pressure of drivers. It is necessary to increase current and investment expenditure. The fleet replacement rate ensuring rolling stock renewal should be at least 27 buses and 5 trams per year. The investment budget needs to be increased to at least PLN 132 million per year and the operating budget to PLN 403 million per year. Alternative sources of co-financing for operational work should be sought (e.g. negotiating funds from ETS2, NFOŚiGW, etc. sources).
- Reasonable expansion of the tram network can support the development of zero-emission transport - during the transformation of the bus fleet to zero-emission, it

should be noted that tram transport in Szczecin is still underinvested. Priority should be given to the construction of new rapid tram transport corridors, allowing for the replacement of a large number of combustion buses, but also to the modernization of currently operating corridors ensuring large passenger flows. Expansion requires reasoning based on a traffic model, which can demonstrate network benefits and greater attractiveness of such a solution for passengers.

Other conclusions and recommendations include:

- fighting for the economic efficiency of zero-emission transport - implementation of accompanying activities - primarily by building and designating bus lanes and dedicated bus or tram transport corridors, but also implementing priorities in traffic lights. All this allows for more public transport routes to be operated with the same number of rolling stock and employment,
 - development of the potential of hydrogen transport – hydrogen available on the Polish market is too expensive. A kilometre travelled by a hydrogen bus is much more expensive than a kilometre travelled by a combustion or electric bus. SOM should look for opportunities to obtain hydrogen cheaper than it is currently happening in other cities in Poland, e.g. in cooperation with Azoty Police.
-

Słownik skrótów i akronimów

AGR	Roczna stopa wzrostu (ang. <i>Annual growth rate</i>)
AKK	Analiza kosztów i korzyści
BEV	Autobus elektryczny bateryjny (ang. <i>Battery electric vehicle</i>)
CNG	Sprężony gaz ziemny (ang. <i>Compressed Natural Gas</i>)
CUPT	Centrum Unijnych Projektów Transportowych
EE	Energia elektryczna
Euro	Europejski standard emisji spalin (Euro I – Euro VI i planowana Euro VII od 2025 r.)
EV	Pojazd elektryczny (ang. <i>Electric vehicle</i>)
FCEV	Autobus elektryczny z ogniwami paliwowymi (ang. <i>Fuel cell electric vehicle</i>)
FGI	Zogniskowany wywiad grupowy (ang. <i>Focus Group Interview</i>)
FRPA	Fundusz rozwoju przewozów autobusowych
IDI	Pogłębiony wywiad indywidualny (ang. <i>In-depth Interview</i>)
IGKM	Izba Gospodarcza Komunikacji Miejskiej
IMC	Ładowanie pojazdu w ruchu (ang. <i>In motion charging</i>)
ITS	Inteligentne systemy transportowe (ang. <i>Intelligent Transport Systems</i>)
JST	Jednostka samorządu terytorialnego
KA	Komunikacja Autobusowa (w Świnoujściu)
LPG	Skroplony gaz petrochemiczny (ang. <i>Liquified Petroleum Gas</i>)
MFIPR	Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej
MOF	Miejski obszar funkcjonalny
MPK	Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacji (w Stargardzie)
NFOŚiGW	Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

nn	Sieć niskiego napięcia do 1 kV
ON	Olej napędowy
ONC/R	Strategia ładowania pojazdu elektrycznego lub tankowania pojazdu wodorowego w nocy w zajezdni (ang. <i>Overnight charging/refueling</i>)
OPP	Strategia ładowania pojazdu elektrycznego przy okazji obecności infrastruktury ładowania szybkiego lub wolnego (ang. <i>Opportunity charging</i>)
OSD	Operator systemu dystrybucyjnego
OZE	Odnawialne źródło energii
PEP 2040	Polityka Energetyczna Polski do 2040 roku
PKS	Przedsiębiorstwo Komunikacji Samochodowej (w Szczecinie)
PSE	Polskie Sieci Elektroenergetyczne SA
SCT	Strefa czystego transportu
SN	Sieć średniego napięcia od 1 do 60 kV
SOM	Szczeciński Obszar Metropolitalny
SPA	Szczecińskie Przedsiębiorstwo Autobusowe („Dąbie” lub „Klonowica”)
SPPK	Szczecińsko-Polickie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne
SRT 2030	Strategia Zrównoważonego Rozwoju Transportu do 2030 roku
SST	Szczeciński Szybki Tramwaj
SWOT	Analiza polegająca na przedstawieniu silnych stron (ang. <i>strengths</i>), słabych stron (<i>weaknesses</i>), szans (<i>opportunities</i>) i zagrożeń (<i>threats</i>)
SUMP	Plan zrównoważonej mobilności miejskiej (ang. <i>Sustainable Urban Mobility Plan</i>)
TP	Transport publiczny
WE	Wspólnota Europejska
wzkm	wozokilometr

UE	Unia Europejska
UoE	Ustawa o Elektromobilności
URE	Urząd Regulacji Energetyki
ZDiTM	Zarząd Dróg i Transportu Miejskiego (w Szczecinie)

1. Wprowadzenie

1.1. Cel i zakres zadania

Celem analizy było wypracowanie prognozy rozwoju zeroemisyjnego transportu publicznego (autobusy, tramwaje) w Szczecińskim Obszarze Metropolitalnym wraz z rekomendacjami działań legislacyjnych i poza-legislacyjnych, dostosowanych do lokalnych warunków ekonomiczno-społecznych. Realizacja zamówienia posłuży podsumowaniu dotychczasowych oraz planowaniu nowych działań przez JST – członków SSOM w zakresie stosowania zeroemisyjnego taboru w transporcie publicznym.

Analiza ma wspomóc samorządy w działaniach i racjonalizacji działań związanych z zakupem taboru tylko zeroemisyjnego. W zakresie analizy należało przewidzieć, jakie byłyby konsekwencje inwestycji w tabor elektryczny, wodorowy, dla budżetów w okresie dłuższym, np. 15 lat.

Wykonawca przedstawił mierniki ekonomiczno-finansowe, społeczne oraz ekologiczne prognozowanych skutków transformacji publicznego transportu zbiorowego w kierunku napędów zeroemisyjnych w SOM (np. wdrożenie transportu zeroemisyjnego, a uniknięte emisje gazów cieplarnianych i pyłów zawieszonych, wpływ na kształtowanie się negatywnego zjawiska wykluczenia transportowego).

Prace analityczno-prognostyczne związane z analizą koncentrowały się na pojazdach wykorzystujących energię elektryczną oraz wodór. Wzięto pod uwagę szereg kryteriów, które mają wpływ na rozwój zeroemisyjnego transportu publicznego. W opracowaniu przedstawiona została prognoza scenariuszowa rozwoju zeroemisyjnego transportu publicznego. Przygotowana prognoza ma charakter wielokryterialny i uwzględnia np. opłacalność technologii napędowej (paliwa konwencjonalne vs napędy zeroemisyjne), wzrost/spadek cen komponentów, wzrost/spadek cen nośników energii, możliwości finansowe podmiotów odpowiedzialnych za organizację transportu publicznego, funkcjonowanie lub brak programów wsparcia, zmiany legislacyjne na poziomie UE, strategiczne kierunki zmian mające na celu zwiększenie udziału transportu zbiorowego w przewozach, a także wprowadzane przez samorządy instrumenty mające na celu poprawę jakości powietrza (strefa Tempo 30, Strefa czystego transportu (dalej: SCT), ograniczenia w ruchu), działania nastawione na zmiany nawyków użytkowników transportu.

Wykonawca zaprezentował możliwe ścieżki rozwoju zbiorowego transportu zeroemisyjnego, czyli transportu polegającego na zaspokajaniu potrzeb przewozowych na obszarze zurbanizowanym, zarówno w obrębie miasta, jak i stref podmiejskich.

Wykonawca przedstawia prognozę rozwoju usług zeroemisyjnego transportu publicznego metodą scenariuszową, którą można rozumieć w sposób następujący - scenariusz bazowy prezentuje rozwój floty pojazdów z napędem elektrycznym oraz wodorowym oraz komplementarnej infrastruktury do ich ładowania bądź tankowania uwzględniając status quo obecnego systemu wsparcia publicznego; inne scenariusze zakładają wdrożenie nowych, zaproponowanych przez Wykonawcę rozwiązań legislacyjnych i poza legislacyjnych lub inne, wybrane kryteria.

Dla każdego ze scenariuszy określone zostało prawdopodobieństwo jego zaistnienia. Przy wypracowaniu scenariuszy uwzględnione zostały dokumenty strategiczne oraz wytyczne kierunkowe UE.

1.2. Struktura analizy

Analiza ma strukturę opartą na wymogach Zamawiającego, określonych w Opisie Przedmiotu Zamówienia.

Rozdział 2 zawiera syntetyczny opis koncepcji metodycznej wykonania dzieła. Przywołano w nim generalną koncepcję badania oraz zestawiono wszystkie pytania badawcze, na które odpowiedział Wykonawca.

W rozdziałach 3-6 skupiono się na odpowiedzi na postawione pytania badawcze w podziale na 4 obszary zeroemisyjnego transportu zbiorowego: Ustalenie stanu obecnego, Wdrożenie i eksploatację, Model ekonomiczno-finansowy, społeczny i ekologiczny oraz Prognozę rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego.

Rozdział 7 zawiera wnioski i rekomendacje wynikające z Analizy. Główne rekomendacje przedstawiono w postaci tabelarycznej wraz z teorią zmiany. Następnie zawarto pozostałe wnioski.

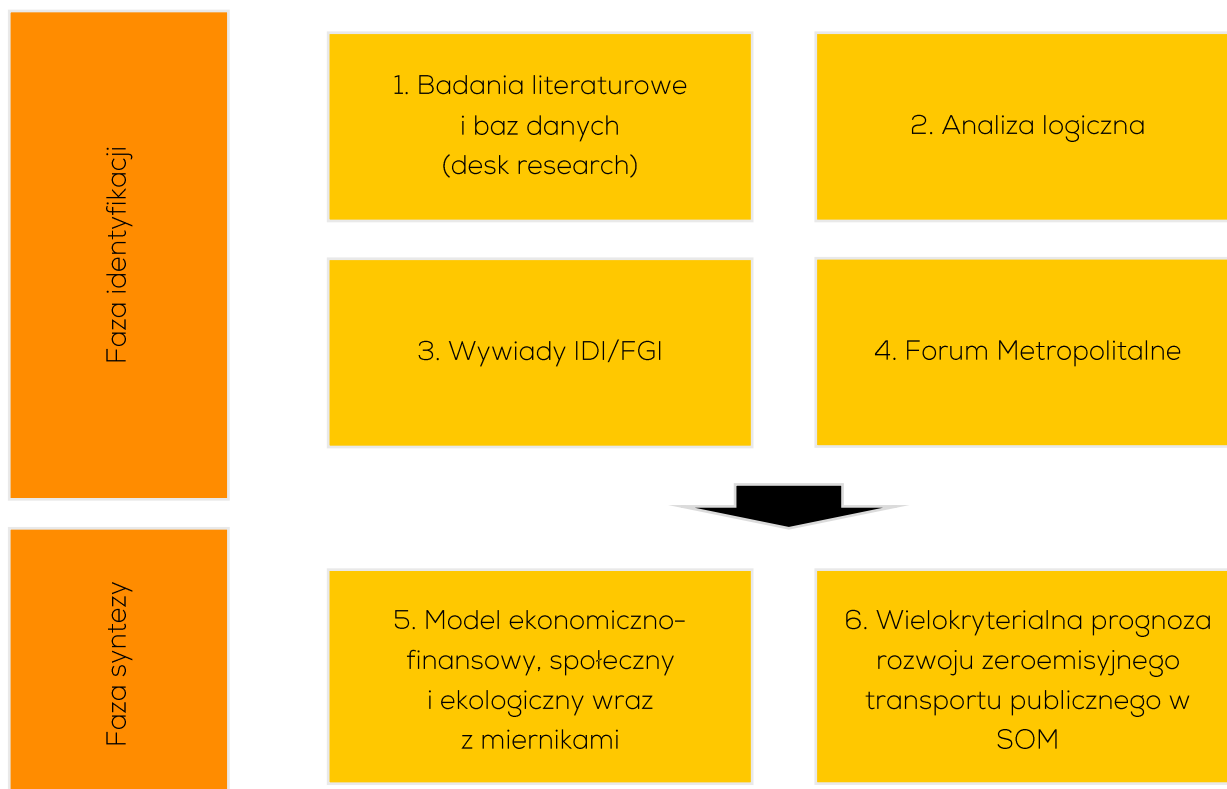
Na samym końcu opracowania umieszczono spis tabel i rysunków oraz listę załączników.

2. Syntetyczny opis metodyki wykonania dzieła

2.1. Generalna koncepcja

Ogólna koncepcja wykonania analizy przewidywała podzielenie procesu na 2 fazy (por. Rysunek 1).

Rysunek 1. Ogólna koncepcja wykonania analizy



Źródło: opracowanie własne

W pierwszej fazie – identyfikacji – przeprowadzone zostały:

- Badania literaturowe i baz danych (*desk research*) - obejmujące analizy, badania, bazy danych i inne dokumenty dotyczące rozwoju zeroemisyjnego transportu publicznego na terenie SOM. Przegląd obejmował m.in. akty prawne, dokumenty strategiczne, analizy/badania, wytyczne i pakiety narzędziowe. Metoda pozwoliła określić m.in. stan obecny zeroemisyjnego transportu publicznego w SOM oraz określiła wytyczne kierunkowe UE w zakresie dalszego jego rozwoju. Przeanalizowano tabor eksploatowany w ramach publicznego transportu zbiorowego w Szczecinie, Policach, Stargardzie i Świnoujściu. Dokonano również analizy stanu istniejącego oraz przeszłego w zakresie organizowania publicznego transportu zbiorowego w Szczecinie, Policach, Świnoujściu, Stargardzie, Goleniowie i Gryfinie, dzięki danym uzyskanym od organizatorów.
- Analiza logiczna – w formie schematu logicznego prezentuje idealny, czyli zakładany dotychczas przebieg rozwoju zeroemisyjnego transportu publicznego w SOM. Model

logiczny składa się z następujących elementów: przesłanki, plan wdrażania, mechanizm i oczekiwana zmiana.

- Wywiady IDI/FGI – z przedstawicielami Stowarzyszenia Szczecińskiego Obszaru Metropolitalnego, jednostkami samorządu terytorialnego w SOM oraz organizatorami lub operatorami transportu publicznego (minimum 5 wywiadów, przeprowadzono ich 8), na temat dotychczasowych doświadczeń z rozwoju i promocji zeroemisyjnego transportu zbiorowego. Wywiady przeprowadzono z dyrektorem SSOM, przedstawicielami ZDITM Szczecin, SPA Dąbie, SPA Klonowica, KA Świnoujście, MPK Stargard, SPPK Police oraz z przedstawicielką Zakładów Azotowych w Policach. W czasie wywiadów poszukiwane były też bariery i szanse dla jego dalszego rozwoju.
- Forum Metropolitalne – przeprowadzone z ok. 50 przedstawicielami JST w ramach SSOM, zasilony analizą w dane jakościowe o podejściu przedstawicieli samorządu do rozwoju transportu zeroemisyjnego w SOM.

W drugiej fazie – syntezy – zrealizowane zostały:

- Model ekonomiczno-finansowy, społeczny i ekologiczny wraz z miernikami – zawierający m.in. koszt wymiany taboru oraz budowy odpowiedniej infrastruktury wraz z uwzględnieniem programów wsparcia, koszt energii elektrycznej/wodoru potrzebny do funkcjonowania tej gałęzi transportu w porównaniu z konwencjonalnymi paliwami, koszt kierowców zatrudnionych w sektorze transportu publicznego, liczbę pasażerów korzystającą z danego środka transportu, wpływ rozwoju transportu publicznego zeroemisyjnego na emisję szkodliwych substancji etc. Celem modelu było m.in. wyznaczenie warunków samofinansowania się przedsięwzięć w zakresie zeroemisyjnego transportu zbiorowego, a także określenie pożądanego poziomu wsparcia środkami zewnętrznymi, by osiągać oczekiwane rezultaty.
- Prognoza rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego w SOM – wraz z oceną prawdopodobieństwa zdarzenia, zawiera 5 scenariuszy rozwoju: status quo wynikający z obecnego systemu wsparcia; brak inwestycji w tabor zeroemisyjny; inwestycje w tabor zeroemisyjny na poziomie 80% i 100% oraz scenariusz zgodny z SRT 2030, dla którego najważniejszym kryterium będzie 30% wzrost liczby pasażerów transportu zbiorowego w SOM.

Równocześnie, w czasie realizacji poszczególnych faz projektu, przygotowane zostały produkty końcowe: Analiza rozwoju zeroemisyjnego transportu publicznego w SOM (niniejszy dokument) oraz Prezentacja multimedialna, przedstawiająca istotne elementy Analizy w sposób graficzny. Zostały one dostarczone Zamawiającemu w terminie do 10 grudnia 2024 r.

2.2. Pytania badawcze

Pytania badawcze miały na celu ustrukturyzować prace nad Analizą i wskazać priorytetowe problemy badawcze, które Wykonawca przed sobą postawił. Pytania poruszały tematykę rzeczywistych potrzeb i preferencji użytkowników, pozwoliły zrozumieć działania i procesy

zachodzące w czasie rozwoju zeroemisyjnego transportu publicznego, a odpowiedzi na nie zidentyfikowały czynniki wpływające na występowanie badanych zjawisk. Były one kluczowe dla właściwego przeprowadzenia Analizy i pozyskania wartościowych informacji oraz pozwoliły wyciągnąć wnioski i wypracować rekomendacje. Analiza zawiera odpowiedzi na wszystkie niżej wymienione pytania badawcze.

Obszar 1. Ustalenie stanu obecnego

1. Jaki jest obecny stan zeroemisyjnego transportu publicznego na terenie SOM?
2. W jakim stopniu obecnie rozwój zeroemisyjnego transportu publicznego na terenie SOM spełnia wymagania krajowe i wytyczne kierunkowe UE?
3. Jakie działania dotychczas podejmowały JST na terenie SOM na rzecz rozwoju i promocji zeroemisyjnego transportu publicznego oraz modernizacji taboru spalinowego na zeroemisyjny, wraz z budową odpowiedniej infrastruktury?
4. Jakie są mocne i słabe strony zeroemisyjnego transportu zbiorowego oraz jakie są bariery i szanse dla jego dalszego rozwoju?

Obszar 2. Wdrożenie i eksploatacja zeroemisyjnego transportu zbiorowego

5. Jakie wyzwania techniczne i organizacyjne stoją przed wdrożeniem i eksploatacją zeroemisyjnego transportu zbiorowego?
6. Jakie są kluczowe czynniki sukcesu wdrożenia i eksploatacji zeroemisyjnego transportu zbiorowego?

Obszar 3. Model ekonomiczno-finansowy, społeczny i ekologiczny

7. Jakie są koszty i korzyści ekonomiczne wdrożenia zeroemisyjnego transportu zbiorowego?
8. Pod jakimi warunkami i w jakich okolicznościach pojazdy zeroemisyjne są bardziej opłacalne od pojazdów konwencjonalnych?
9. Jaki jest bilans kosztów i korzyści energii zeroemisyjnej?
10. Czy należy wymagać od operatorów realizacji przewozów zeroemisyjnym taborem przy użyciu zakontraktowanej zielonej energii?
11. Jakimi kryteriami powinny kierować się samorządy przy wyborze środka zeroemisyjnego transportu zbiorowego (autobus bateryjny lub wodorowy, tramwaj)?
12. Jakie modele i źródła finansowania są najskuteczniejsze dla inwestycji w infrastrukturę i tabor zeroemisyjnego transportu zbiorowego w SOM?
13. Jaki jest krytyczny poziom dofinansowania zewnętrznego, by eksploatacja autobusu elektrycznego była efektywna ekonomicznie (dla społeczeństwa) i finansowo (dla operatora)?
14. Jakie powinny być mierniki ekonomiczno-finansowe, społeczne oraz ekologiczne prognozowanych skutków transformacji publicznego transportu zbiorowego w kierunku napędów zeroemisyjnych w SOM?

Obszar 4. Wypracowanie rekomendacji na bazie prognozy rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego

15. Jakie powinny być cele rozwoju zeroemisyjnego transportu publicznego w SOM?
16. Jakie są możliwe ścieżki rozwoju zeroemisyjnego transportu publicznego w SOM?
17. Jakie nowe rozwiązania legislacyjne lub inne należy wdrożyć by stworzyć korzystne warunki do rozwoju zeroemisyjnego transportu publicznego?
18. Jakie kroki powinny zostać podjęte przez samorzady lokalne, aby przyspieszyć wdrożenie zeroemisyjnego transportu publicznego?
19. Jakie innowacyjne rozwiązania mogą przyspieszyć rozwój zeroemisyjnego transportu publicznego w SOM?
20. W jaki sposób rozwijać zeroemisyjny transport publiczny, tak by doprowadzić nie tylko do realizacji celów klimatycznych UE, ale też oczekiwanego wzrostu liczby pasażerów transportu publicznego w SOM, zakładanego w SRT 2030?

3. Obszar I. Ustalenie stanu obecnego

3.1. Stan obecny transportu zeroemisyjnego w SOM

Odpowiedź na pytanie:

Pyt. 1. Jaki jest obecny stan zeroemisyjnego transportu publicznego na terenie SOM?

TABOR ZEROEMISYJNY I KONTEKST JEGO ROZWOJU W POLSCE I SOM

Na potrzeby niniejszej analizy jako **pojazdy zeroemisyjne** uznane zostały autobusy elektryczne (zamiennie określane też baterijnymi), autobusy wodorowe oraz tramwaje. Ich zeroemisyjność w Polsce jest jednak uzależniona od systemu energetycznego lub sposobu pozyskiwania wodoru, do czego odwołania przedstawione zostaną w kolejnych rozdziałach opracowania. Pojazdy te zazwyczaj są w 100% zeroemisyjne w miejscu wykonywania przewozu. Wyjątkiem może być okres zimowy, w zależności od tego czy autobus baterijny ogrzewany jest elektrycznie czy dogrzewany jest olejem napędowym spalonym w agregacie grzewczym.

Z kolei jako **pojazdy niskoemisyjne** uznane zostały wszelkie pozostałe pojazdy z napędami alternatywnymi – w Polsce są to autobusy spalinowe zasilane gazem LNG albo CNG oraz autobusy hybrydowe (z napędem spalinowo-elektrycznym). Dominującym rodzajem napędu w autobusach wciąż jest jednak silnik spalinowy zasilany olejem napędowym (ON), czyli **pojazd emisyjny**.

Wbrew pozorom, zeroemisyjny transport zbiorowy jest obecny w polskich miastach już od końca XIX wieku, kiedy to wprowadzono pierwsze tramwaje elektryczne, zastępując konne. Obecnie funkcjonuje w kraju 15 sieci tramwajowych, w tym ta w Szczecinie od 1879 r. W ciągu ostatnich 70 lat niektóre linie i sieci zostały zamknięte, ale otwierano również nowe, zwłaszcza do nowych, intensywnie zagospodarowanych osiedli bloków wielopiętrowych budowanych w latach 1960-1980. Sieci te borykają się z bolączkami ograniczeń parametrów z czasów ich uruchamiania, np. zbyt małej szerokości tramwajów, ograniczającej ich pojemność i liczbę miejsc siedzących oraz rozwijanych niskich prędkości maksymalnych, wynikających z traktowania tego środka transportu w głównej mierze jako tramwaju ulicznego. Przy okazji budowy nowych lub modernizacji istniejących torowisk, dziś istotne jest ich zazielenianie, uruchamianie wspólnych pasów tramwajowo-autobusowych wraz z zintegrowanymi przystankami oraz wdrażanie priorytetów w sygnalizacji świetlnej. Wdrażanie zeroemisyjnego transportu może więc również przynosić dodatni efekt ekologiczny za sprawą nowych powierzchni biologicznie czynnych w miastach lub wydzielenia od ruchu samochodowego i usprawnienia ruchu obu gałęzi transportu publicznego (por. Rysunek 2).

Rysunek 2. Tramwaj na wspólnym pasie autobusowo-tramwajowym przy pl. Żołnierza Polskiego w Szczecinie



Źródło: opracowanie własne, fot. M. Czerliński

Trolejbusy są obecne w Polsce od wielu lat, do dziś zachowały się tylko 3 z 12 sieci tego środka transportu. Przewozy trolejbusami w Gdyni (od 1943 r.), Lublinie (od 1953 r.) i Tychach (od 1982 r.) są jednak dalej rozwijane. Rozwój technologii taboru zeroemisyjnego, zwiększył zasięg trolejbusów poprzez możliwość jazdy z wykorzystaniem zasilania bateryjnego, bez podłączenia do sieci trakcyjnej i doprowadził do uzyskania elastyczności w ruchu zbliżonej do autobusów. Istotną zaletą trolejbusów jest możliwość ładowania baterii pojazdu w czasie wykonywania kursu z napowietrznej sieci trakcyjnej (tzw. model IMC – In Motion Charging). Nie zachęciło to jednak do uruchomienia żadnej nowej sieci trolejbusowej w Polsce, ale na taki krok zdecydowała się np. Praga¹, stolica Czech. Zelektryfikowana została linia do portu lotniczego i obsługują ją dwuprzegubowe trolejbusy².

Najpopularniejszym środkiem transportu zbiorowego w Polsce są jednak autobusy, występujące w większości obszarów miejskich. Ich rozwój podyktowany był dużą elastycznością w przebiegu tras (ulicami), jednak odbywał się w czasach, gdy transport zbiorowy dominował nad indywidualnym. Przez ostatnie dziesięciolecia inwestowano w autobusy spalinowe, godząc się z faktem, że pojazdy te emitują spaliny, jednak przewożą wielokrotnie więcej osób niż spalinowe samochody osobowe. Pojawienie się autobusów nisko- i zeroemisyjnych pozwoliło wykluczyć czynniki uciążliwe w ich

¹ W. Urbanowicz, Praga rozpoczęła próbną eksploatację pierwszej pełnoprawnej linii trolejbusowej, <https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/praga-rozpozczela-probna-eksplloatacje-pierwszej-linii-trolejbusowej-75692.html>, 18.10.2022 r., dostęp: 27.11.2024 r.

² W. Urbanowicz, Praga uruchomiła linię trolejbusową do lotniska z megatrolejbusami, <https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/praga-uruchomila-linie-trolejbusowa-do-lotniska-z-megatrolejbusami-82350.html>, 14.03.2024 r., dostęp: 27.11.2024 r.

eksploatacji, jednak wzrost motoryzacji indywidualnej spowodował wzrost podatności tej komunikacji na opóźnienia w ruchu ogólnym.

Autobusy zeroemisyjne w Polsce wdrażane są do eksploatacji od 2015 roku, czyli od 9 lat. Pierwsze pojazdy są nadal w eksploatacji, choć część z nich wymagała już wymiany baterii po 6 lub 7 latach użytkowania. Pierwsze 2 autobusy elektryczne zamówiła Ostrołęka, natomiast pierwszy dostarczony autobus elektryczny trafił do Jaworzna. Krócej, bo dopiero od 2 lat, eksploatowane są autobusy wodorowe - w lipcu 2022 r. MZK Konin jako pierwszy w Polsce operator komunikacji miejskiej rozpoczął 4-letnią dzierżawę autobusu wodorowego³, natomiast we wrześniu 2023 r. kursowanie rozpoczął pierwszy autobus wodorowy zakupiony przez polskiego operatora – MPK Lublin⁴. Doświadczenia z eksploatacji autobusów zeroemisyjnych nie obejmują więc jeszcze pełnego okresu życia pojazdów, co stanowi pewien element ryzyka, konieczny do uwzględnienia.

Do polskich miast trafiło już 1428 autobusów zeroemisyjnych (dane na październik 2024 r.), z czego 1348 to autobusy elektryczne, a 80 wodorowe⁵. Największą flotą autobusów zeroemisyjnych dysponuje Warszawa (163 pojazdy). Największy udział we flocie autobusów elektrycznych z miast średnich ma Jaworzno (50 e-busów na 70 pojazdów, czyli 70% floty). Największą flotę autobusów wodorowych posiada natomiast Poznań (25 pojazdów) i Rybnik (20 pojazdów). Do opracowania niniejszej analizy czerpano więc z doświadczeń powyżej wymienionych i innych polskich miast.

Po przystąpieniu Polski do Unii Europejskiej w 2004 r. transport zbiorowy podlega intensywnej modernizacji, aby zapewnić nisko- lub zeroemisyjne dostępne rozwiązania w zakresie mobilności. Wymiana taboru autobusowego i tramwajowego przyspieszyła po ponad dwóch dekadach stagnacji i spadku liczby pasażerów. Nie doprowadziło to jednak do zahamowania spadku udziału podróży w Szczecinie wykonywanych komunikacją miejską – z ok. 35% w 2019 r. do 27% w 2023 r.⁶

Przyjęta w 2013 r. rządowa Strategia Rozwoju Transportu do 2020 r. (z perspektywą do 2030 r.), jako cel strategiczny określała wzrost wartości wskaźnika „liczba przewozów pasażerskich w przeliczeniu na 1 mieszkańca obszarów miejskich w Polsce” z wartości 174,5 w roku bazowym 2008 do 226,8 w 2020 r., czyli o 30%⁷. Wskaźnik ten został powtórzony w Programie Operacyjnym Infrastruktura

³ T. Klyta, Konin już z wodorowym autobusem. To pierwsze takie miasto w Polsce, <https://www.portalsamorzadowy.pl/gospodarka-komunalna/konin-juz-z-wodorowym-autobusem-to-pierwsze-takie-miasto-w-polsce,388817.html>, data artykułu: 4.07.2022 r., data dostępu: 25.11.2024 r.

⁴ Lublin: Autobus wodorowy już na ulicach miasta, <https://samorzad.pap.pl/klub-samorzadowy/lublin/kategoria/aktualnosci/lublin-autobus-wodorowy-juz-na-ulicach-miasta>, data artykułu: 06.09.2023 r., data dostępu: 25.11.2024 r.

⁵ Licznik Elektromobilności: Polski rynek samochodów elektrycznych wciąż na plusie, <https://psnm.org/2024/informacja/licznik-elektromobilnosci-polski-rynek-samochodow-elektrycznych-wciaz-na-plusie/>, data dostępu: 20.11.2024 r.

⁶ M. Wolański, M. Czerliński, M. Pinkosz i inni, Ocena wpływu działań podejmowanych w ramach VI osi POIiŚ 2014-2020 na poprawę płynności i bezpieczeństwa ruchu, integracji i wykorzystania transportu miejskiego, Wolański sp z o.o. dla CUPT, sierpień 2023 r.

⁷ Załącznik do uchwały nr 6 Rady Ministrów z dnia 22 stycznia 2013 r. – Strategia Rozwoju Transportu do 2020 roku (z perspektywą do 2030 roku) (M.P. 2013, poz. 75), s. 86.

i Środowisko 2014–2020, ale ze względu na nieco inne lata odniesienia wartość bazową określono na 167,1 (w 2011 r.), a docelową – na 206,0 (po realizacji programu, czyli zapewne w 2022 r.), czyli wyższą o ponad 23%⁸. W programie Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat i Środowisko 2021-2027 (FENiKS) nie określono już takiego wskaźnika, przez co nie założono odgórnie zmiany liczby przewiezionych pasażerów w całym systemie transportu publicznego.

W przyjętej w 2019 r. Strategii Zrównoważonego Rozwoju Transportu do 2030 r. doprecyzowano nazwę wskaźnika jako „liczbę przewozów pasażerskich komunikacją miejską w przeliczeniu na 1 mieszkańca obszarów miejskich” i założono jako cel strategiczny wzrost tego wskaźnika ze 171 w 2016 r. do 220 w 2040 r., czyli o ponad 28,5%. Innymi słowy, chociaż jeszcze przed pandemią COVID-19⁹ widać było, że w poprzedniej perspektywie finansowej nie osiągnięto zakładanego wzrostu liczby pasażerów o 30%, odnotowano bowiem wręcz lekki spadek, to nie przeanalizowano przyczyn tego stanu rzeczy, nie wyciągnięto wniosków i po prostu po raz kolejny, trzeci już, postawiono ambitny cel na przyszłość. Ponadto w Strategii założono wzrost udziału autobusów elektrycznych i gazowych we flotach komunikacji miejskiej z 4,2% w 2017 r. do 16% w 2030 r.¹⁰.

Jeśli chodzi o wartość tego wskaźnika w SOM, to w Szczecinie liczba pasażerów na 1 mieszkańca MOF w latach 2016-2022 spadła z 222,9 do 172,5, czyli o 16,9%. W Stargardzie natomiast odnotowano wzrost z 41,8 do 46,9 (o 12,2%), a w Świnoujściu spadek z 40,1 do 32,3 (o 19,4%)¹¹. Żadne z miast nie osiągnęło więc zakładanego poziomu wzrostu z różnych krajowych dokumentów strategicznych.

Dane z powyżej wspomnianego badania wykazały, że liczba pasażerów przewożonych w komunikacji miejskiej jest powiązana z pracą eksploatacyjną, wykonywaną w tej komunikacji. Ponadto, działania obserwacji potoków pasażerskich, dostosowania rozkładów jazdy do nich oraz integracji transportu miejskiego i regionalnego mogą przynosić nadzwyczajne efekty wzrostu liczby przewożonych pasażerów. Komunikacja miejska w Wejherowie była takim obszarem, na którym uzyskano nadzwyczajne efekty wzrostu liczby pasażerów (+103%), poprzez niewielki wzrost pracy eksploatacyjnej (+11%) w przeliczeniu na mieszkańca. Zagadnienie to jest istotne w kontekście rozwoju transportu zeroemisyjnego i zwiększania efektywności ekonomicznej jego funkcjonowania.

Jednym z głównych obszarów aktywności Stowarzyszenia Szczecińskiego Obszaru Metropolitalnego jest podejmowanie działań na rzecz poprawy jakości życia mieszkańców całego obszaru poprzez

⁸ Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej, *Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko na lata 2014–2020*, Warszawa 2021, s. 97, https://www.pois.gov.pl/media/99040/POiS_ver_18_0_23022021.pdf, dostęp: 19.04.2023 r.

⁹ Bryniarska Z., Kuza A., *Analiza wpływu COVID-19 na funkcjonowanie transportu pasażerskiego*, „Transport Miejski i Regionalny” 2021, nr 10, s. 3–18

¹⁰ Załącznik do uchwały nr 105 Rady Ministrów z dnia 24 września 2019 r. – *Strategia Zrównoważonego Rozwoju Transportu do 2030 roku* (M.P. 2019, poz. 1054), s. 170.

¹¹ M. Wolański, M. Czerliński, P. Kozłowska i inni, *Ocena wpływu działań podejmowanych w ramach VI osi POIiŚ 2014-2020 na poprawę płynności i bezpieczeństwa ruchu, integracji i wykorzystania transportu miejskiego*, Wolański sp. z o.o. dla CUPT, Warszawa 2023.

rozwój i poprawę dostępności komunikacyjnej do lokalnych centrów i usług metropolitalnych przy wykorzystaniu zasad zrównoważonego rozwoju. W związku z tym Stowarzyszenie SOM jako główny cel przedmiotowego działania, przyjęło wsparcie działań poszczególnych samorządów - członków JST, zmierzających do budowania systemu komunikacji publicznej w oparciu o wykorzystanie nowoczesnego, zeroemisyjnego taboru, który może stanowić realną alternatywą dla indywidualnego transportu samochodowego. Działania te wynikają wprost z przyjętego przez Stowarzyszenie Szczecińskiego Obszaru Metropolitalnego Planu Zrównoważonej Mobilności Miejskiej¹².

Wzrost cen surowców energetycznych i ograniczony dostęp do tych pochodzących z Rosji, o ile tendencje te pozostaną trwałe, przemawiają za budową konkurencyjności i rozbudową przepustowości transportu publicznego jako systemu bardziej zasobooszczędnego. Konkurencyjny transport publiczny, staje się elementem gospodarki rezylientnej, zwłaszcza zaś energooszczędnej i mniej zależnej od nieodnawialnych zasobów energetycznych¹³.

ORGANIZACJA PUBLICZNEGO TRANSPORTU ZBIOROWEGO W SOM

W skład Szczecińskiego Obszaru Metropolitalnego (SOM) wchodzi miasta na prawach powiatu: Szczecin i Świnoujście; gmina miejska Stargard; gminy miejsko-wiejskie: Goleniów, Gryfino, Police, Nowe Warpno, Stepnica; gminy wiejskie: Dobra, Kobylanka, Kołbaskowo, Stare Czarnowo, Stargard; powiat policki oraz województwo zachodniopomorskie. Obszar SOM o powierzchni 2 800 km² zajmuje 12% powierzchni województwa i zamieszkuje 683 000 osób – 41% populacji województwa. Gęstość zamieszkania na tym obszarze wynosi 244 osób/km². Miasto Szczecin zamieszkuje z kolei 388 000 osób (2024) i ma powierzchnię 301 km² – to piąte pod względem powierzchni miasto w Polsce. Obszar SOM przedstawia Rysunek 3.

Głównymi organizatorami transportu publicznego (zgodnie z definicją w Ustawie o publicznym transporcie zbiorowym¹⁴) w obszarze SOM są:

- województwo pomorskie (kolej),
- miasto Szczecin (autobusy i tramwaje) – na terenie miasta oraz gmin: Police, Dobra i Kołbaskowo – organizowanej przez ZDITM Szczecin i obsługiwanej przez operatorów: SPA Dąbie, SPA Klonowica, SPPK Police i PKS Szczecin;
- miasto Stargard (autobusy) – na terenie gminy miejskiej i wiejskiej Stargard oraz Kobylanki – obsługiwanej przez operatora MPK Stargard;
- miasto Świnoujście (autobusy) – na terenie miasta oraz gminy Międzyzdroje (poza obszarem SOM) – obsługiwanej przez operatora KA Świnoujście;
- gmina Gryfino (autobusy) – obsługiwana przez operatora PKS Szczecin;
- gmina Goleniów (autobusy) – obsługiwana przez operatora Olibus Modzelewski;

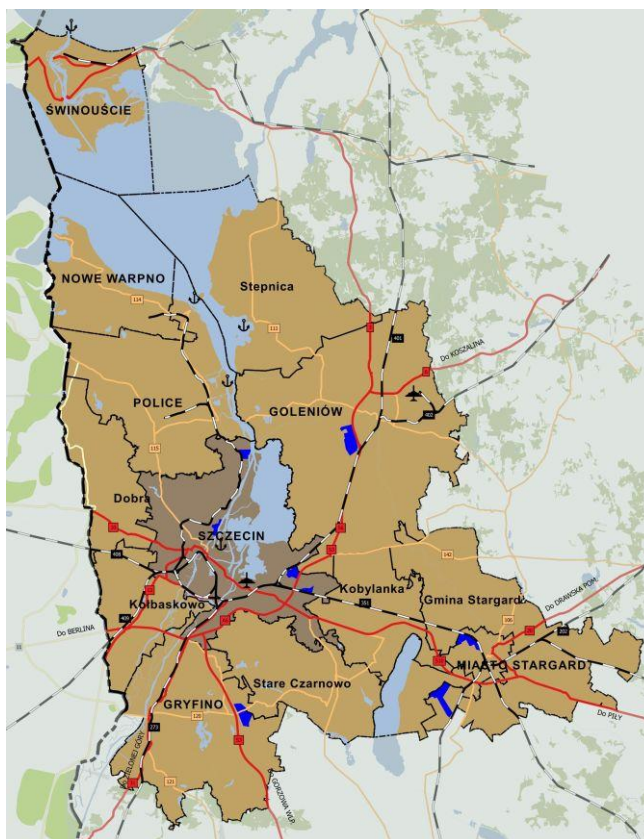
¹² LPW, Plan Zrównoważonej Mobilności Miejskiej dla Szczecińskiego Obszaru Metropolitalnego do roku 2030 (z perspektywą 2040), <https://som.szczecin.pl/sump/>, 2023.

¹³ M. Wolański, Skuteczność interwencji publicznej w zakresie mobilności miejskiej, SGH, Warszawa 2022 r.

¹⁴ Ustawa z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (Dz. U. z 2021 r. poz. 1371 i 2245)

- gmina Stare Czarnowo (autobusy) – komunikacja przewoźnika Paan-Bus;
- gmina Nowe Warpno (autobusy) – komunikacja przewoźnika Ever Trans;
- gmina Stepnica (autobusy) – komunikacja przewoźnika Waw-Mar.

Rysunek 3. Obszar Szczecińskiego Obszaru Metropolitalnego



Źródło: <https://som.szczecin.pl/czlonkowie/>, data dostępu: 20.11.2024 r.

Wymagania Ustawy o Elektromobilności w zakresie wdrażania zeroemisyjnego transportu miejskiego, wyróżniają dwa warunki wdrażania nowego taboru w miastach o ludności ponad 50 000 i 100 000 mieszkańców. Do pierwszego z nich bezpośrednio kwalifikuje się miasto Stargard (66 000 mieszkańców), natomiast do drugiego – miasto Szczecin (388 000 mieszkańców) wraz z Policami (32 000 mieszkańców). Świnoujście nie spełnia pierwszego progu (39 000 mieszkańców), jednak wraz z obsługą komunikacyjną gminy Międzyzdroje (6 500 mieszkańców), sumaryczna liczba mieszkańców zbliża się do pierwszego progu ustawy o elektromobilności i nie można wykluczać że w przyszłości może zostać przekroczona. Pozostałe miasta obszaru – Gryfino i Goleniów – są dużo mniej ludne, zamieszkiwane przez około 20 000 osób.

W związku z powyższym, za obszar do szczegółowej analizy w ramach niniejszego opracowania, przyjęto sieci komunikacyjne organizowane przez miasta: **Szczecin, Stargard i Świnoujście**, wraz z gminami do których wykonywane są kursy tych organizatorów na mocy porozumień. Planowanie wdrożenia transportu zeroemisyjnego przez pozostałe JST SOM ograniczone zostało do przedstawienia rekomendacji, wskazujących pożądany kierunek interwencji. Wynika to m.in. z braku szczegółowych danych o pełnym taborze eksploatowanym przez operatorów na obszarze

wszystkich gmin SOM, obsługi części połączeń na zasadach komercyjnych przez przewoźników prywatnych oraz dużo niższych wymagań względem zeroemisyjnego transportu gminnego czy powiatowego¹⁵. Kluczowe, z perspektywy osiągania celów krajowych i unijnych, są wyłuszczone powyżej 3 sieci komunikacyjne.

CHARAKTERYSTYKA SIECI KOMUNIKACYJNYCH W SOM

Pozyskane dane od organizatorów publicznego transportu zbiorowego pozwoliły na analizę stanu istniejącego i przeszłego. Tabela 1 wskazuje, że praca eksploatacyjna wahała się w ostatnich latach we wszystkich miastach. W porównaniu do 2019 r. zanotowano niewielki wzrost pracy eksploatacyjnej autobusowej w 2024 r., choć rok wcześniej była ona znacznie mniejsza. Spadła natomiast praca eksploatacyjna tramwajowa, natomiast rok 2024 jest pierwszym, w którym tendencja zaczęła się zmieniać – zaobserwowano jej wzrost o ok. 35% względem 2023 roku. Spadki zleconej pracy eksploatacyjnej związane z pandemią COVID-19 były znacznie mniejsze niż w wielu innych regionach Polski¹⁶. Praca eksploatacyjna najbardziej zmniejszyła się w Gryfinie. Częściowo może być to związane z ograniczeniem kursowania linii autobusowych do Szczecina w związku z uruchomieniem Szczecińskiej Kolei Metropolitalnej.

Tabela 1. Praca eksploatacyjna w publicznym transporcie zbiorowym [wzkm]

MIASTO	2019	2020	2021	2022	2023	2024
ZDITM SZCZECIN (AUTOBUSY)	19 626 956	19 522 914	19 643 212	19 063 481	18 794 164	19 841 187
TRAMWAJE SZCZECIŃSKIE	6 363 403	5 712 896	5 983 146	5 341 897	4 591 653	6 188 796
ŚWINOUJŚCIE	943 447	847 538	895 405	955 036	855 475	1 201 924
STARGARD	2 082 269	1 805 466	1 998 734	2 009 442	2 010 445	2 085 000
POLICE	347 000	321 427	340 957	340 386	340 100	341 098
GRYFINO	1 260 738	1 221 356	1 211 910	849 307	579 421	619 519
GOLENIÓW	188 464	235 832	232 940	227 369	216 261	221 520

Źródło: opracowanie własne

Wprowadzenie bezpłatnej komunikacji publicznej sprawiło, że niektórzy organizatorzy transportu nie mają danych o liczbie przewiezionych pasażerów. W Policach liczba pozostała niemal bez zmian,

¹⁵ Wolański M., Czerliński M., Orchołska K. i inni, Międzynarodowy benchmarking transportu regionalnego i międzymiastowego – Polska, Warszawa 2022

¹⁶ Wolański M., Czerliński M., Kozłowska P., Paczek B., Makurat D., Kaczorowski J., Analiza wpływu COVID-19 na transport publiczny w miastach, Wolański sp. z o.o., Warszawa 2021

natomiast w Gryfinie, zanim wprowadzono bezpłatną komunikację miejską, doszło do bardzo znacznego zmniejszenia liczby przewiezionych pasażerów (por. Tabela 2) mimo niewielkiego zmniejszenia pracy eksploatacyjnej. W Stargardzie zaobserwowano wzrost liczby pasażerów, który już znacznie przekroczył wartości odnotowane przed pandemią COVID-19. Natomiast w ramach komunikacji miejskiej organizowanej przez ZDiTM w Szczecinie szacuje się nieco mniejszą liczbę przewiezionych osób w 2024 r. niż miało to miejsce w 2023 r. Spadek został odnotowany mimo zwiększenia pracy eksploatacyjnej.

Tabela 2. Liczba przewiezionych pasażerów w publicznym transporcie zbiorowym [osób]

	2019	2020	2021	2022	2023	2024
ZDITM SZCZECIN	176 979 542	119 812 326	114 890 929	119 164 046	133 945 241	121 131 307
ŚWINOUEJŚCIE	1 304 555	784 382	947 847	1 272 677	1 183 154	1 300 000
STARGARD	7 084 897	5 640 123	6 645 047	8 727 280	9 674 639	9 750 000
POLICE	173 500	160 713	170 479	170 193	170 050	170 549
GRYFINO	1 754 990	916 153	720 794	722 116	b.d.	b.d.
GOLENIÓW	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.

Źródło: opracowanie własne

Zmiany liczby pasażerów przy braku podwyżek taryfy opłat ZDiTM w Szczecinie miały wpływ na kształtowanie poziomu przychodów ze sprzedaży biletów komunikacji miejskiej. Po spadku spowodowanym pandemią COVID-19 oraz zmniejszeniem cen biletów okresowych w 2021 r. nastąpił wzrost i w 2024 r. wpływy niemal zrównały się z tymi z 2019 r. W Stargardzie odnotowano znaczne wahania wielkości wpływów. Jednocześnie na 2024 r. zaplanowano nieco mniejszy zysk ze sprzedaży biletów niż w poprzednim mimo prognozowanej większej liczby pasażerów (Tabela 3).

Tabela 3. Wpływy ze sprzedaży biletów komunikacji miejskiej [PLN]

	2019	2020	2021	2022	2023	2024
SZCZECIN	75 391 216	46 461 114	49 037 845	56 786 262	69 738 005	74 904 240
STARGARD	5 827 946	3 522 153	3 906 625	4 907 984	5 348 745	5 000 000
ŚWINOUEJŚCIE	b.d.	b.d.	1 566 897	2 058 091	b.d.	b.d.

Źródło: opracowanie własne

W ostatnich latach nastąpiło zrównanie cen wozokilometra w komunikacji miejskiej autobusowej między różnymi miastami. W 2024 r. organizatorzy płacili średnio nieco ponad 10 zł. Znacznie droższy koszt zaobserwowano w Goleniowie. W latach 2019-2024 zaobserwowano również wzrost

kosztu pociągokilometra tramwajowego, choć w 2024 r. spadł względem roku poprzedniego (Tabela 4). Bardzo szybki wzrost kosztów zaobserwowano przede wszystkim w latach 2022-2023, kiedy w całym kraju poziom inflacji był najwyższy.

Tabela 4. Średni koszt wykonania wozokilometra [PLN]

	2019	2020	2021	2022	2023	2024
SZCZECIN	6,60	6,76	6,91	8,59	10,19	10,74
SZCZECIN TRAMWAJE	13,10	14,29	14,39	17,16	26,09	21,42
STARGARD	7,23	7,21	7,48	9,21	10,01	10,81
ŚWINOUJŚCIE	7,51	7,99	7,85	8,86	10,82	10,32
POLICE	4,81	6,06	6,06	6,06	7,55	8,3
GRYFINO	3,67	4,17	6,37	7,69	9,51	10,21
GOLENIÓW	10,83	10,83	10,83	16,69	16,69	16,69

Źródło: opracowanie własne

Wzrost kosztów wozokilometra oraz nieznaczne wahania w wielkości zleconej pracy eksploatacyjnej spowodowały znaczny wzrost kosztów bieżącego utrzymania publicznego transportu zbiorowego (Tabela 5). W Świnoujściu nakłady wzrosły w latach 2019-2024 ponad 2-krotnie, w Stargardzie o połowę a w Szczecinie o 38%. Przy niezmiętej lub nieznacznie zmienionej cenie biletów komunikacji miejskiej stanowiło to znaczne obciążenie dla budżetów miejskich. Drastyczny wzrost kosztów funkcjonowania mógł się przełożyć na mniejsze tempo wymiany taboru, a przede wszystkim zakup nowego taboru nisko- lub zeroemisyjnego.

Tabela 5. Łączne bieżące koszty funkcjonowania publicznego transportu zbiorowego [PLN]

	2019	2020	2021	2022	2023	2024
SZCZECIN	261 561 729	259 104 934	271 988 867	283 160 726	349 482 388	360 921 252
STARGARD	16 501 159	12 918 779	16 017 776	20 269 270	21 694 325	24 728 779
ŚWINOUJŚCIE	5 847 050	5 845 607	6 437 867	7 828 939	9 868 426	12 799 247

Źródło: opracowanie własne

Zestawiono również wydatki inwestycyjne na transport publiczny w tych samych trzech miastach (Tabela 6). Jedynie Szczecin co roku inwestuje w rozbudowę transportu publicznego, choć znaczną część tych kwot pochłaniają kosztowne modernizacje infrastruktury tramwajowej. W Stargardzie

i Świnoujściu wydatki inwestycyjne wiązały się przede wszystkim z zakupem taboru autobusowego – nowego bądź używanego.

Tabela 6. Wydatki inwestycyjne na publiczny transport zbiorowy [PLN]

	2019	2020	2021	2022	2023	2024
SZCZECIN	39 513 123	56 214 827	148 025 032	145 475 991	161 936 538	130 974 785
STARGARD	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	0	302 580
ŚWINOUJŚCIE	0	0	0	7 325 426	9 843 350	0

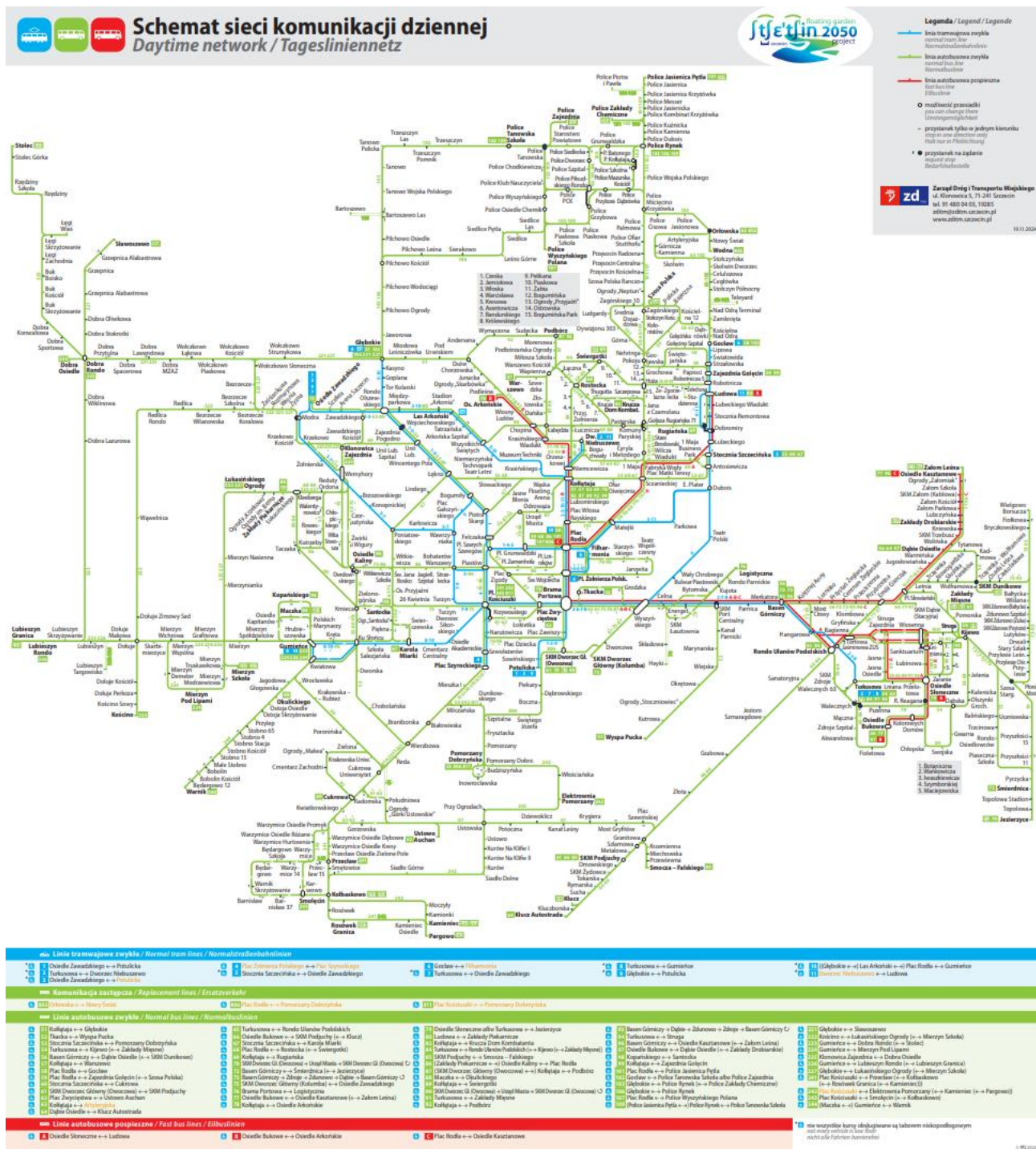
Źródło: opracowanie własne

Szczecin – autobusy

W ramach komunikacji miejskiej w Szczecinie funkcjonują 81 linie autobusowe, w tym 60 linie zwykłe, 3 pospieszne, 16 nocnych oraz 2 transportu na żądanie (Rysunek 4). Długość linii w 2022 r. wyniosła 782 km. Organizatorem przewozów jest Zarząd Dróg i Transportu Miejskiego w Szczecinie, a operatorami 4 spółki – Szczecińskie Przedsiębiorstwo Autobusowe „Dąbie” (SPA Dąbie), Szczecińskie Przedsiębiorstwo Autobusowe „Klonowica” (SPA Klonowica), Szczecińsko-Polickie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne (SPPK) oraz Przedsiębiorstwo Komunikacji Samochodowej w Szczecinie (PKS Szczecin). Linie autobusowe wyjeżdżają również do okolicznych gmin: Police (będące współwłaścicielem spółki SPPK), Dobra, Kołbaskowo, Kobylanka i Goleniów.

Nowatorskim rozwiązaniem, rzadko spotykanym w Polsce, jest wprowadzenie transportu na żądanie. Są to kursy autobusów komunikacji miejskiej realizowane wyłącznie po wcześniejszym zgłoszeniu telefonicznym minimum 20 minut przed planowanym rozpoczęciem kursu. Linie 904 i 908 mają ustalony rozkład jazdy, jednak poszczególne kursy są realizowane tylko po uprzednim zgłoszeniu zapotrzebowania. Linia 904 obsługuje osiedle Podjuchy, a 908 Gumieńce.

Rysunek 4. Schemat sieci komunikacji miejskiej w Szczecinie

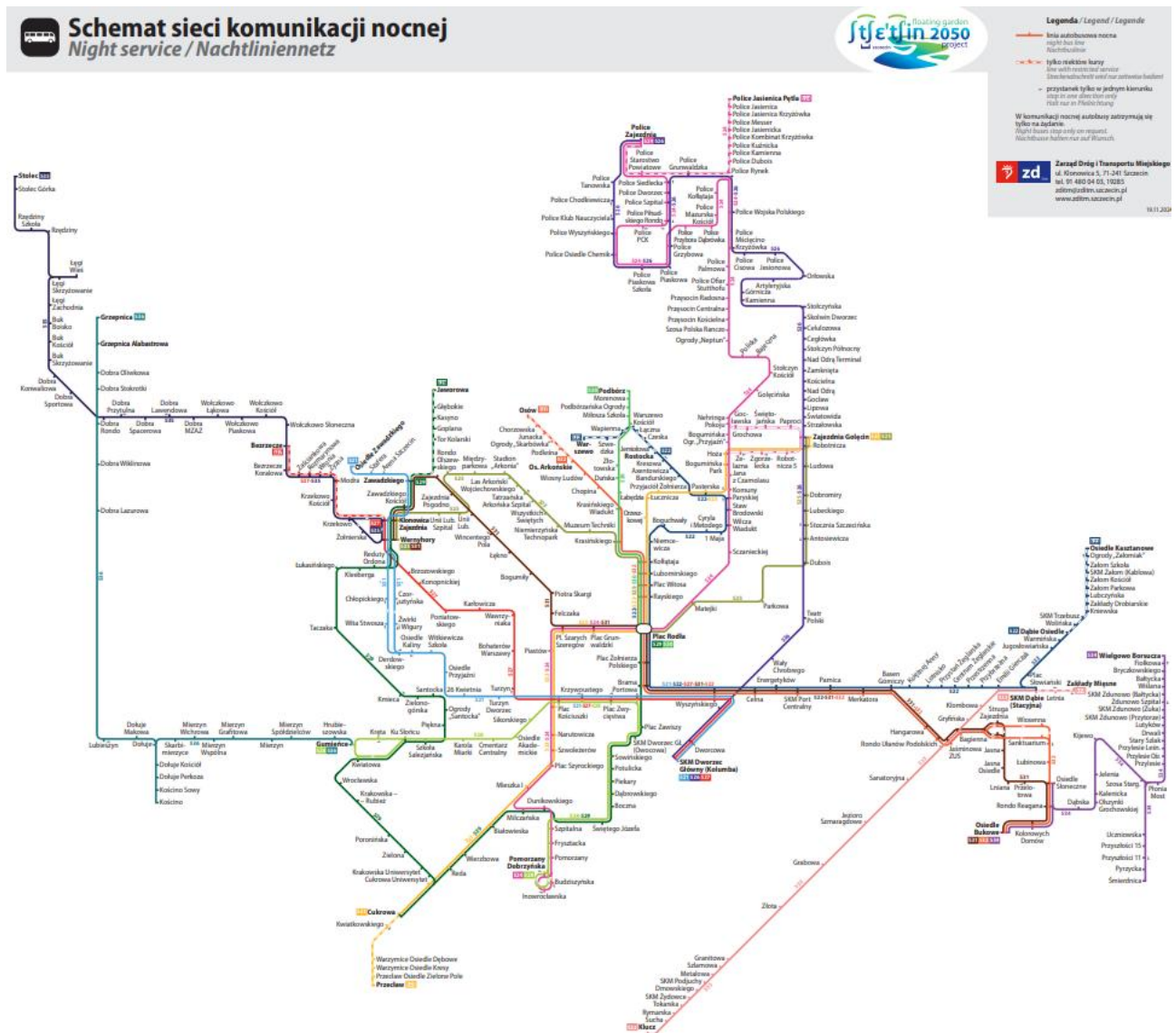


Źródło: <https://www.zditm.szczecin.pl/pl/pasazer/schematy-sieci>

16 linii nocnych komunikacji miejskiej stanowi dobrą ofertę dla pasażerów potrzebujących przemieszczać się po terenie miasta w godzinach nocnych. Siatka połączeń obejmuje zarówno relacje zorientowane na centrum miasta, jak i połączenia wewnątrz poszczególnych dzielnic (Rysunek 5). Nie wszystkimi liniami można bezpośrednio dojechać do centrum miasta, co jest częstą praktyką wśród innych dużych miast organizujących nocną komunikację miejską. W związku z tym nie istnieje jeden wspólny przystanek dla wszystkich lub choćby większości linii nocnych.

Jednocześnie pozytywnie należy ocenić funkcjonowanie linii nocnych poza granicami administracyjnymi Szczecina.

Rysunek 5. Schemat sieci komunikacji nocnej w Szczecinie



Źródło: <https://www.zditm.szczecin.pl/pl/pasazer/schematy-sieci>

Szczecin – tramwaje

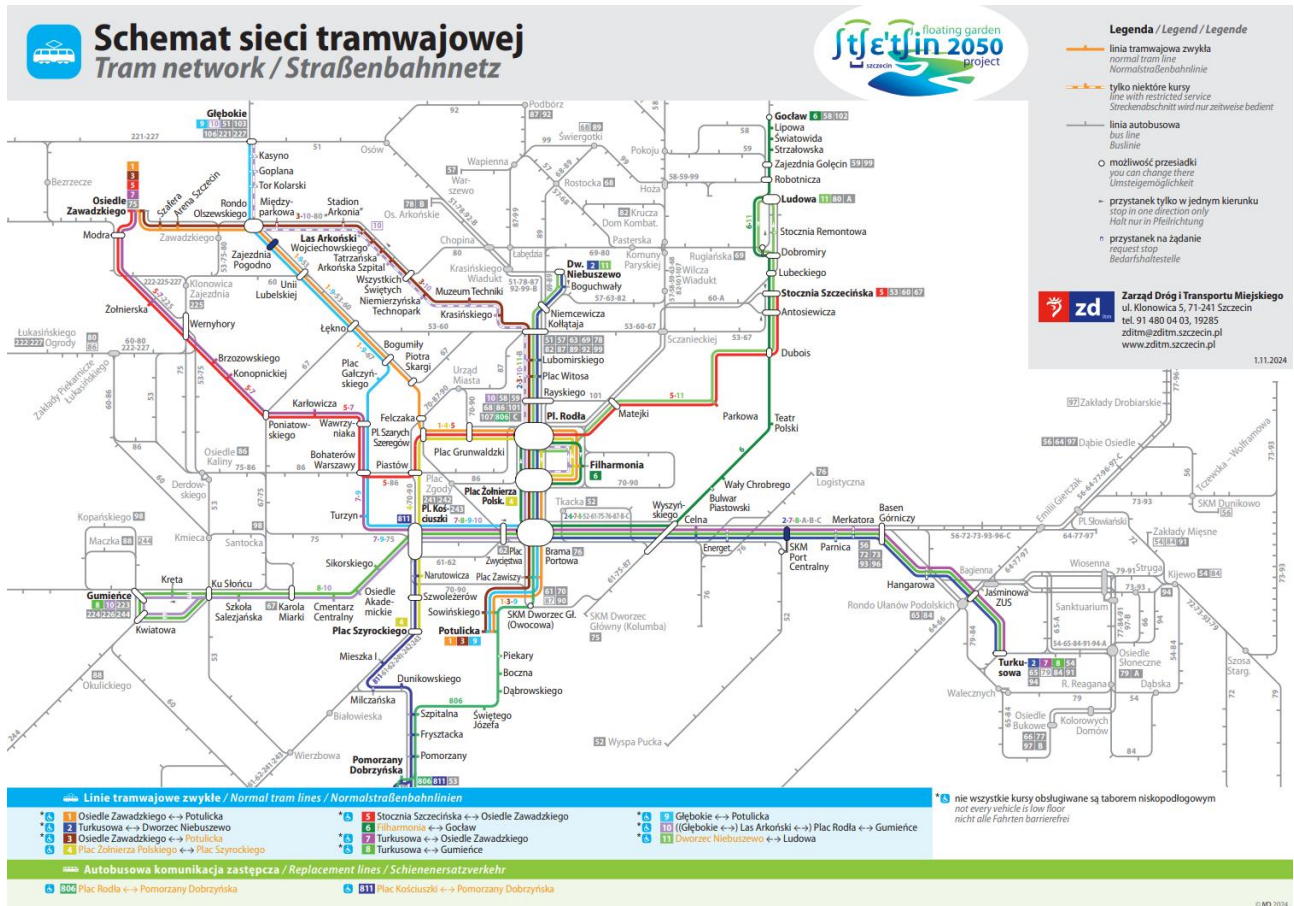
Sieć tramwajowa ma w przeważającym zakresie układ średnicowy. Poszczególne linie łączą osiedla położone w dużej odległości przechodząc przez centrum miasta. Jedynie pojedyncze odcinki sieci mają charakter częściowo obwodowy, co ma również odzwierciedlenie w układzie komunikacyjnym (Rysunek 6). W 2024 r. funkcjonowało 12 linii dziennych. Trwające prace modernizacyjne torowisk tramwajowych sprawiają, że docelowy układ sieci komunikacyjnej będzie wyglądał nieco inaczej.

Jedną z największych inwestycji ostatnich lat była budowa torowiska tramwajowego na prawobrzeże – w kierunku dzielnicy Zdroje. Trasa ta jest częścią Szczecińskiego Szybkiego Tramwaju, który ma na celu sprawne skomunikowanie oddalonego osiedla z centrum miasta.

W Szczecinie funkcjonują dwie zajezdnie tramwajowe – Gołecin, która jest położona w północno-wschodniej części miasta, a także Pogodno położona w północno-zachodniej części miasta.

Operatorem linii tramwajowych jest spółka Tramwaje Szczecińskie, która oprócz zajezdni posiada Wydział Remontowy nieopodal zajezdni Gołecin.

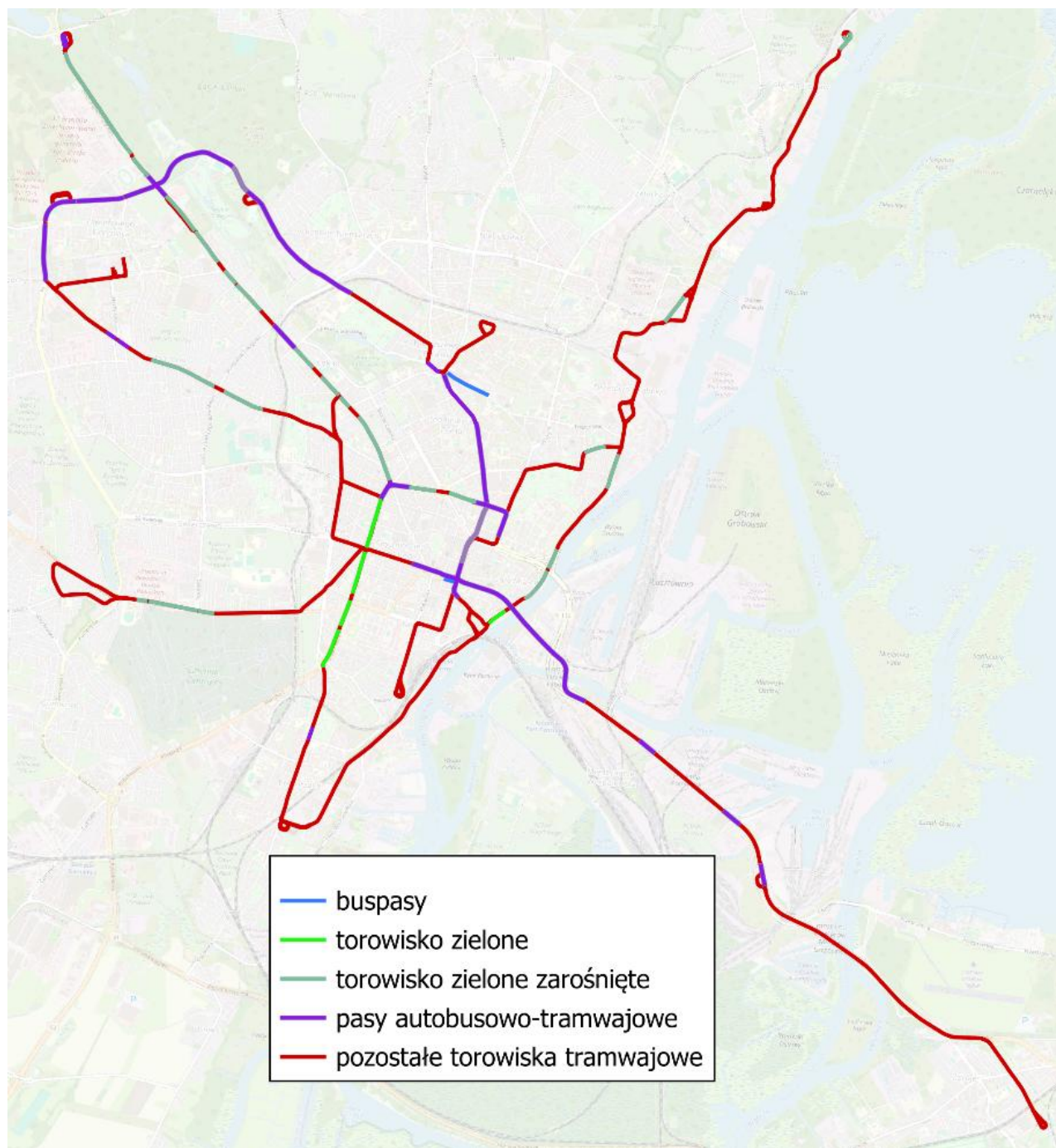
Rysunek 6. Schemat sieci tramwajowej w Szczecinie



Źródło: <https://www.zditm.szczecin.pl/pl/pasazer/schematy-sieci>

W Szczecinie znajduje się 12,4 km torowisk z dopuszczonym ruchem autobusów (tzw. pasy autobusowo-tramwajowe). Zielone torowiska obejmują ok. 2 km trasy. Jest wiele torowisk, które ze względu na dawno nie przeprowadzany remont zaczęły zarastać trawą. Takich torowisk zidentyfikowano na potrzeby niniejszej analizy nieco ponad 7 km. W sumie cała sieć tramwajowa ma długość ok. 65 km (por. Rysunek 7). Buspasów, które nie są zintegrowane z torowiskiem tramwajowym zidentyfikowano jedynie ok. 0,5 km.

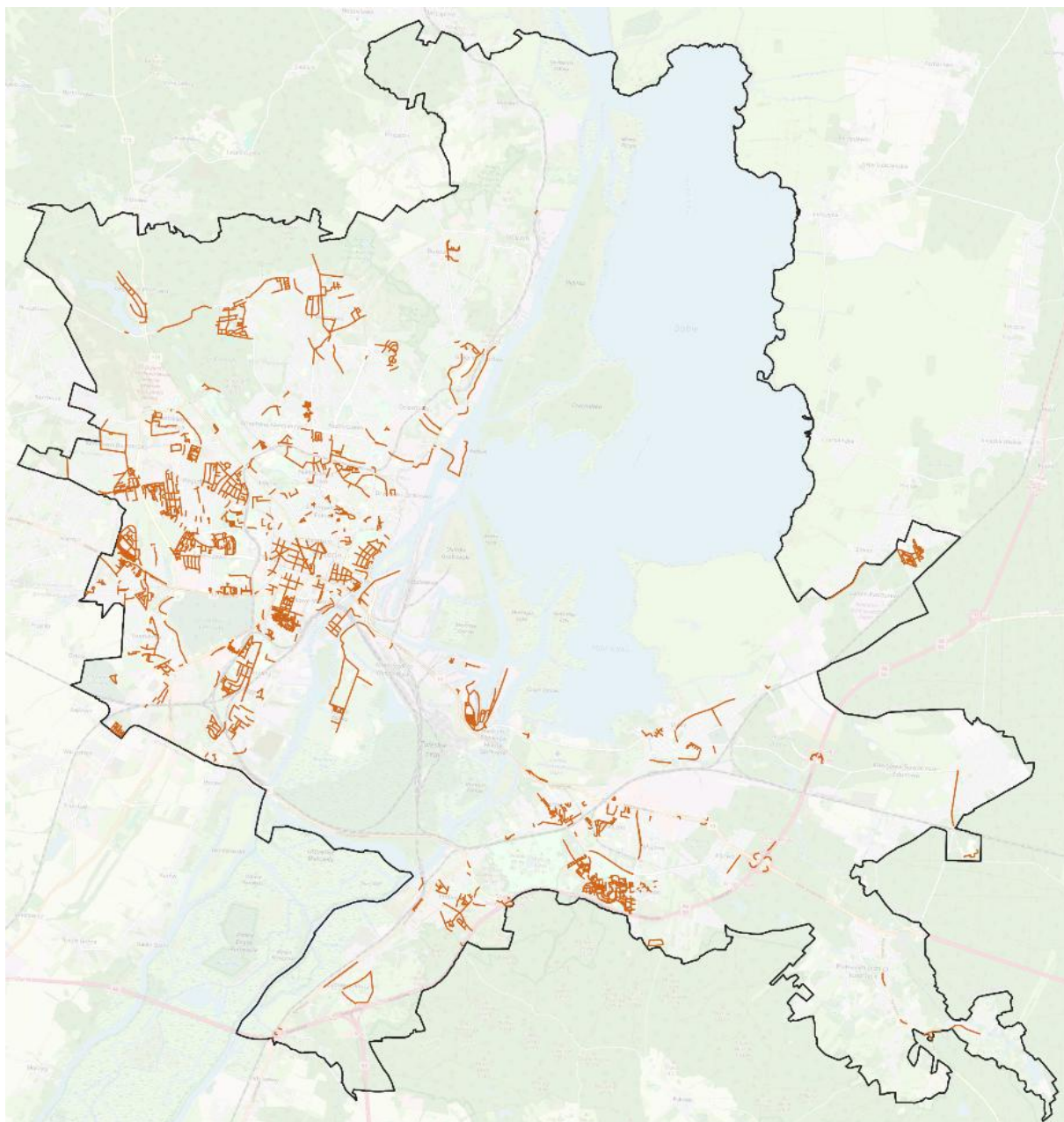
Rysunek 7. Trasy tramwajowe w Szczecinie z podziałem na rodzaje oraz buspasy



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych OpenStreetMap

W Szczecinie znajduje się ok. 280 km ulic z dopuszczalną prędkością maksymalną poniżej 50 km/h. Są to głównie obszary osiedli mieszkaniowych oraz centrum funkcjonalne miasta. Na ulicach tych prędkości komunikacji miejskiej również są zmniejszone, jednak dzięki ograniczeniom mogą być bardziej zbliżone do średniej prędkości komunikacyjnej samochodów osobowych (por. Rysunek 8).

Rysunek 8. Ulice o dopuszczalnej prędkości maksymalnej poniżej 50 km/h

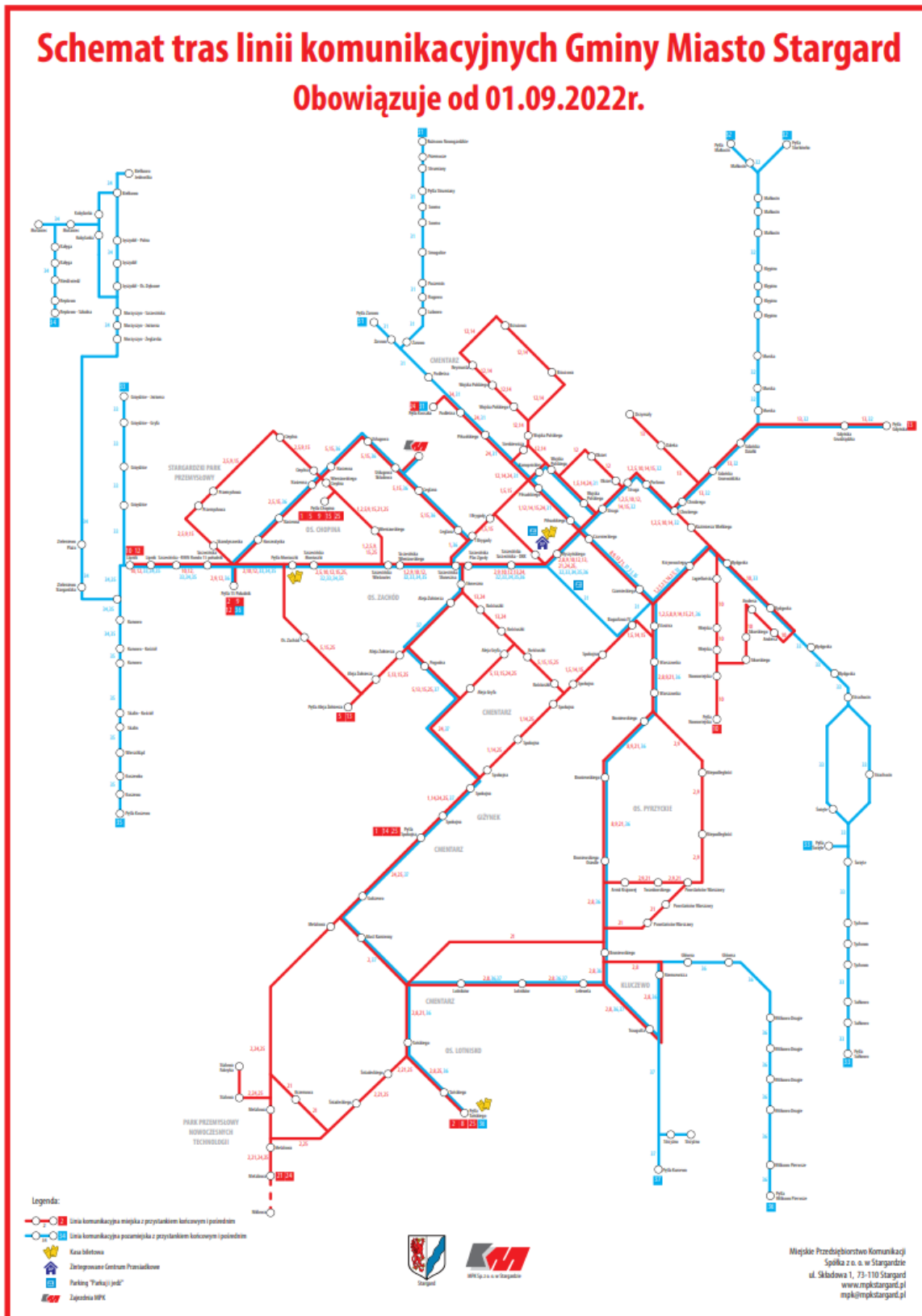


Źródło: opracowanie własne na podstawie danych OpenStreetMap

Stargard

W Stargardzie operatorem linii autobusowych jest Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacji w Stargardzie (MPK Stargard). Obsługuje on 21 linii autobusowych zwykłych i jedną sezonową. Autobusy obsługują również gminę wiejską Stargard, Kobylanę, Starą Dąbrowę i Maszewo (Rysunek 9). Linie podmiejskie oznaczono numerami 3x. W 2024 r. łączna długość wszystkich linii komunikacyjnych wyniosła 215 km. Centralnym punktem, przez który przejeżdża większość linii autobusowych jest Zintegrowane Centrum Przesiadkowe znajdujące się w centrum miasta przy głównej stacji kolejowej.

Rysunek 9. Schemat komunikacji miejskiej w Stargardzie

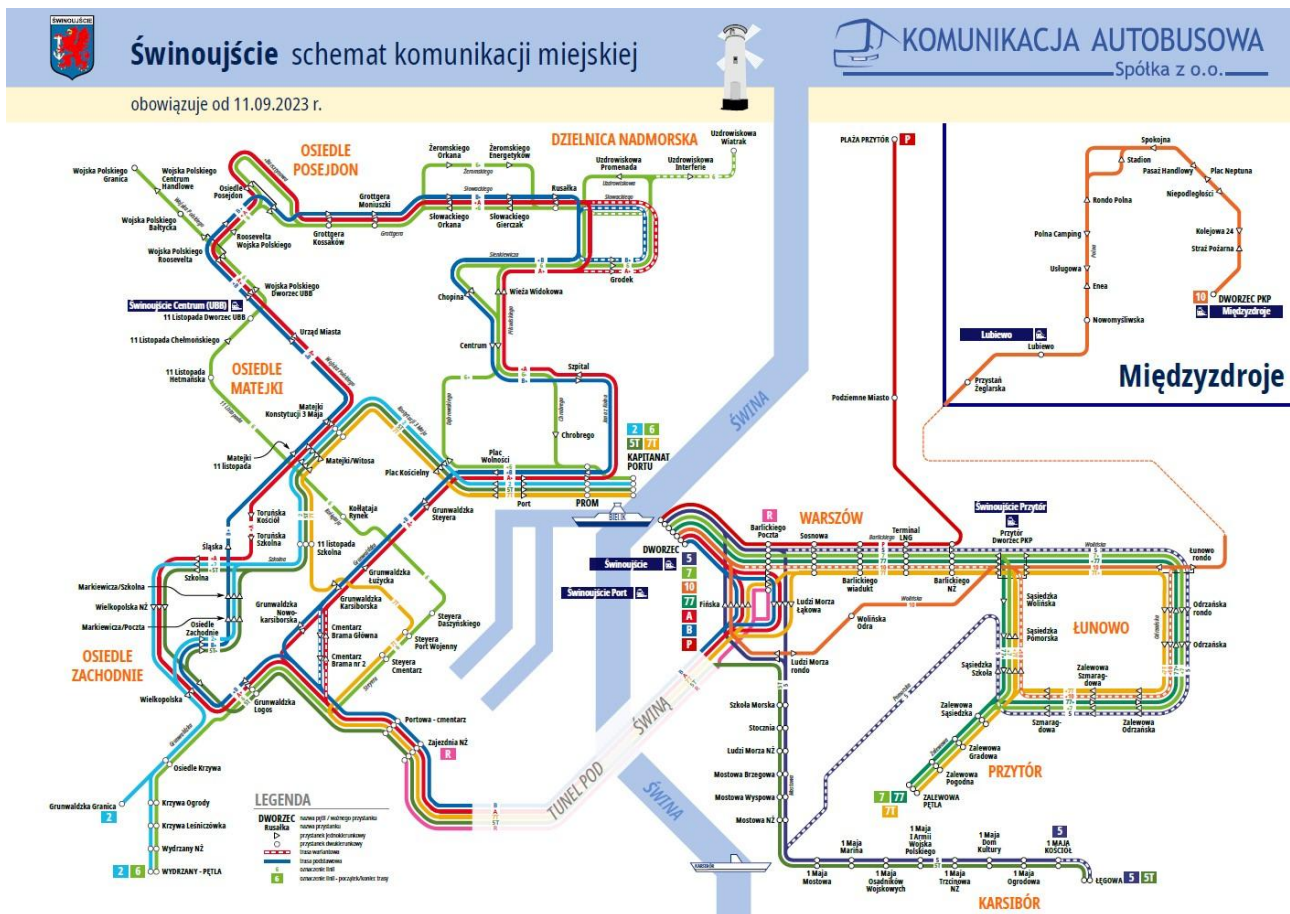


Źródło: https://mpkstargard.pl/wp-content/uploads/2022/09/linie-komunikacyjne-2022_OK.pdf

Świnoujście

W Świnoujściu operatorem linii autobusowych jest Komunikacja Autobusowa (KA Świnoujście). Obsługuje ona 12 linii autobusowych miejskich i jedną linię podmiejską nr 10 kursującą do Międzyzdrojów (Rysunek 10). Linia ta objęta jest osobną taryfą biletową. Wszystkie linie autobusowe obsługują przynajmniej jedną z dwóch głównych pętli – Dworzec, położony na wyspie Warszów, i Kapitanat Portu, położony na wyspie Uznam. Lokalizacja pętli jest związana z umiejscowieniem przeprawy promowej, która do momentu oddania do użytku tunelu pod Świną stanowiła jedyną możliwość przemieszczenia się pomiędzy wyspami. W 2024 r. łączna długość wszystkich linii komunikacyjnych wyniosła 165 km.

Rysunek 10. Schemat komunikacji miejskiej w Świnoujściu



Źródło: <https://www.ka.swinoujscie.pl/14-schematy-linii-autobusowych>

BAZA DANYCH O POJAZDACH W SZCZECIŃSKIM OBSZARZE METROPOLITALNYM

W 2024 roku w Szczecińskim Obszarze Metropolitalnym eksploatowanych było ok. 450 autobusów komunikacji miejskiej i ok. 120 tramwajów (por. Tabela 7). 52 autobusy posiadały napęd alternatywny (gazowy, hybrydowy lub elektryczny). Wszystkie tramwaje posiadały oczywiście napęd elektryczny.

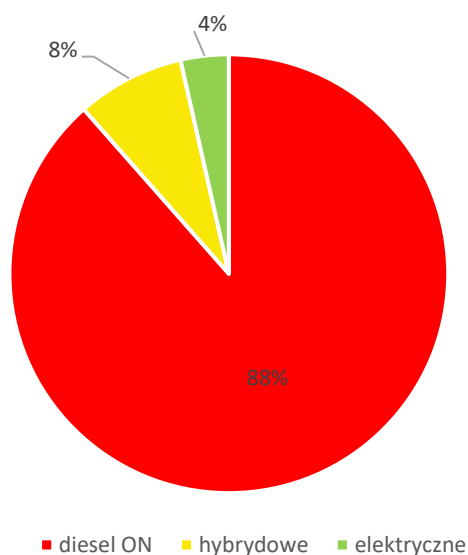
Tabela 7. Eksploatowany tabor autobusowy u poszczególnych operatorów lub organizatorów

ORGANIZATOR	ZDITM SZCZECIN				MIASTO ŚWINOUJŚCIE	MIASTO STARGARD	SUMA
	SPAD	SPAK	SPPK Police	PKS Szczecin	KA Świnoujście	MPK Stargard	-
OPERATOR / NAPĘD							
DIESEL	104	72	40	122	23	39	400
HYBRYDOWY	1	16	8	8	3	-	36
ELEKTRYCZNY	-	16	-	-	-	-	16
SUMA AUTOBUSY	105	104	48	130	26	39	452
TRAMWAJE	Tramwaje Szczecińskie - 123				-	-	123

Źródło: opracowanie własne

Na dzień 30 listopada 2024 roku w ogóle badanych miast w eksploatacji były 452 autobusy, z czego 88% stanowiły pojazdy z silnikiem diesla na olej napędowy, 8% hybrydowe oraz 4% - zeroemisyjne (por. Rysunek 11). Tabor Szczecińsko-Polickiego Przedsiębiorstwa Komunikacyjnego, poza obsługą linii ZDiTM Szczecin, obsługuje również połączenia na rzecz gminy Police.

Rysunek 11. Struktura napędowa taboru autobusowego komunikacji miejskiej w Szczecińskim Obszarze Metropolitalnym - stan na listopad 2024 r.

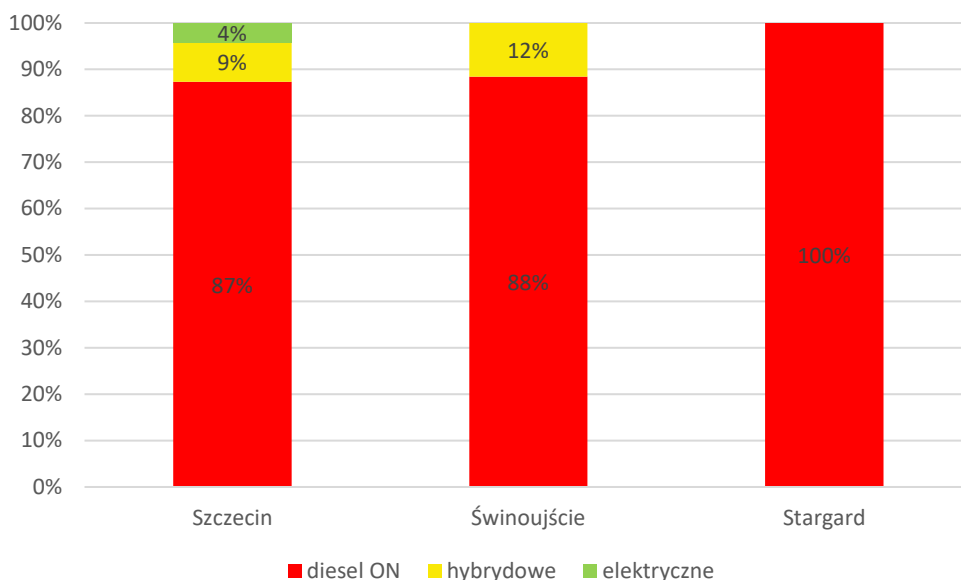


Źródło: opracowanie własne

Należy też zauważyć, że część miast zdecydowanie postawiła na rozwój floty niskoemisyjnej, kupując autobusy hybrydowe (Szczecin – 8,5% taboru; Świnoujście – 11,5%). Autobusy niskoemisyjne kursują również w Policach stanowiąc 16,7% taboru spółki SPPK.

W Stargardzie, Świnoujściu, Policach oraz innych gminach nie wprowadzono jeszcze do eksploatacji żadnego autobusu zeroemisyjnego, a w Stargardzie również niskoemisyjnego. W Świnoujściu, Policach i Stargardzie eksploatowano tabor elektryczny w ramach testów, a MPK Stargard planuje w najbliższym czasie zakup takiego taboru.

Rysunek 12. Udział pojazdów zero- i niskoemisyjnych oraz diesla ON w podziale na badane miasta



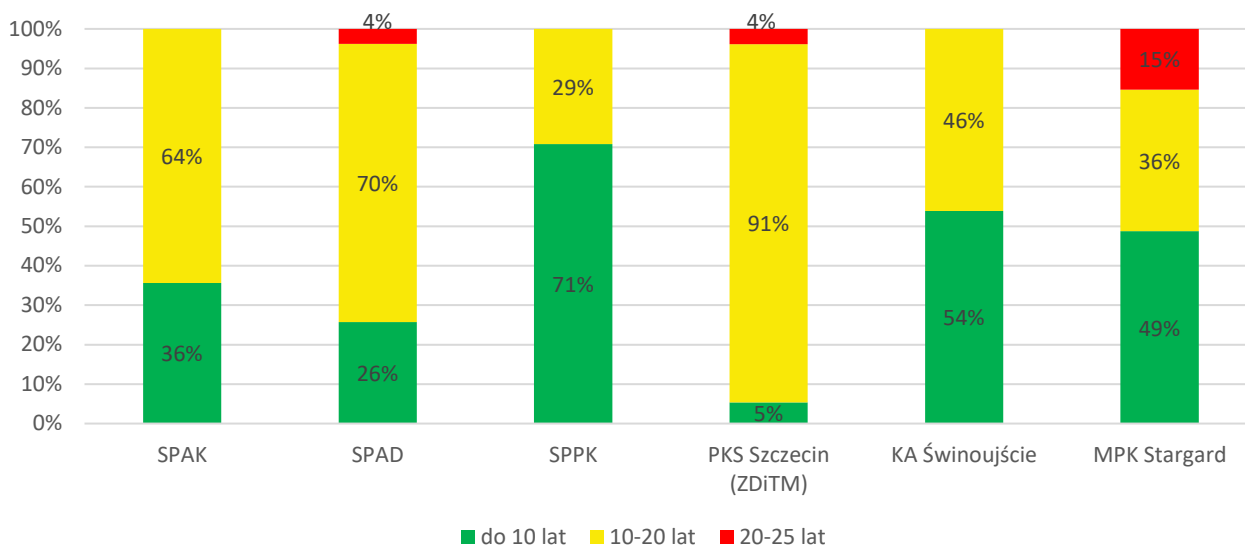
Źródło: opracowanie własne

Elektrobusy do Szczecina dostarczyła firma Solaris. Autobusy hybrydowe dostarczyła firma Solaris (24), Volvo (8) oraz MAN (4).

Średnia wieku wszystkich autobusów w Szczecinie, Policach, Stargardzie i Świnoujściu wyniosła 12,62 lat. Najstarsze były autobusy z silnikiem diesla (13,8 lat), autobusy hybrydowe (6 lat), najnowsze były pojazdy elektryczne (2,25 lat). Niska średnia wieku autobusów elektrycznych jest spowodowana niedawnymi zakupami tego taboru przez Szczecin (lata 2021-2024). Autobusy wodorowe są nowym rozwiązaniem i póki co żadna gmina nie zdecydowała się na zakup takich autobusów.

Najstarsze pojazdy nie przekraczały wieku 25 lat – por. Rysunek 13. Największy udział pojazdów starych (w wieku ponad 15 lat) odnotowano w PKS Szczecin (w ramach usług komunikacji miejskiej) – aż 77%, MPK Stargard - 33% i SPA Dąbie – 32%. Najwięcej nowych pojazdów (do 10 lat) było w SPPK – 71% i w KA Świnoujście – 54%. Średnio dla wszystkich miast 62% pojazdów nie przekraczało wieku 15 lat. Pokazuje to bardzo nierównomierną wymianę taboru w zależności od operatora, z kolei w przypadku PKS Szczecin wymiana taboru polegała przede wszystkim na zakupie autobusów używanych, dlatego średnia wieku jest najwyższa (15,9 lat).

Rysunek 13. Udział pojazdów ze względu na wiek we flotach przewoźników w badanych miastach



Źródło: opracowanie własne

Analizie poddano również tabor tramwajowy w Szczecinie, w porównaniu z pozostałymi 14 sieciami tramwajowymi w Polsce. Tramwaje podzielono na:

- wagony łączone w składy:
 - solowe – składy łączone z jednoprzestrzennych wagonów czteroosiowych (głównie pojazdy z rodziny 105N i wąskotorowe 805N),
 - dwuczłonowe – wagony z dwoma członami łączonymi przegubem, łączone w składy dwuwagonowe (np. 2×KT4Dt w Szczecinie) lub z doczepami solowymi (np. E1+c3 w Krakowie),
- wagony jednoprzestrzenne (wieloczłonowe pojazdy, które nie są łączone w składy w ruchu liniowym), które podzielono ze względu na długość:
 - do 28 m,
 - od 28 do 33 m,
 - ponad 33 m.

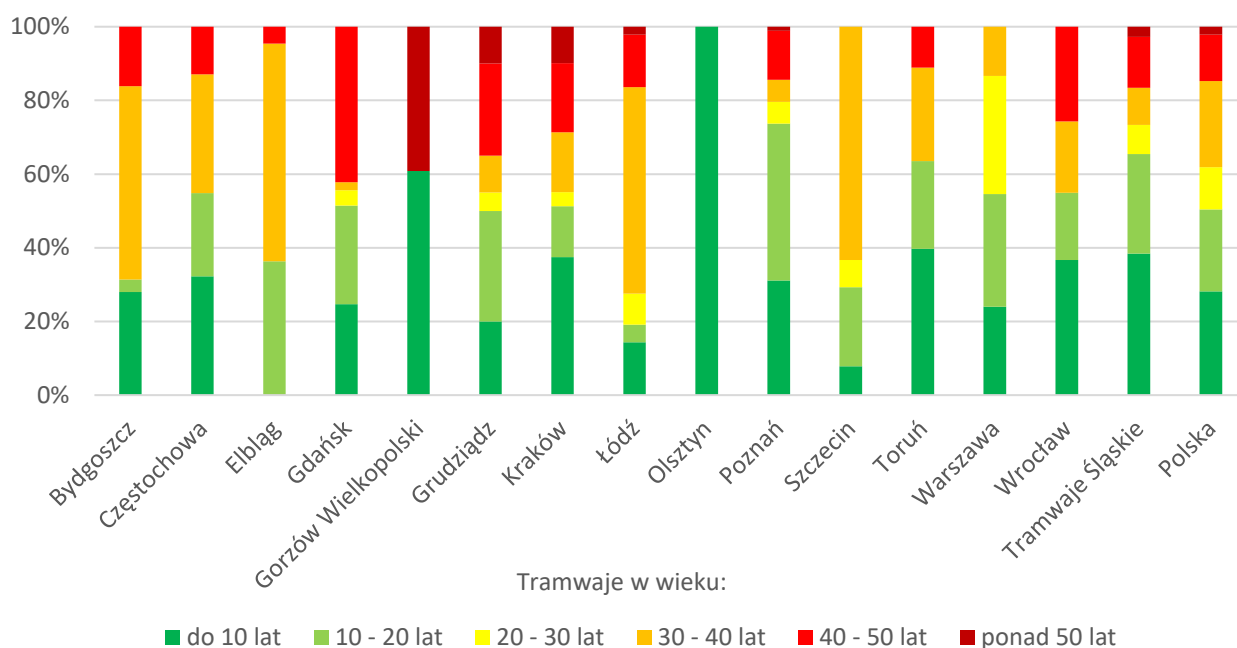
Tramwaje eksploatowane w polskich miastach wyprodukowane były w latach 1960–2023 (w ruchu liniowym na dzień 30 czerwca 2023 nie było starszych pojazdów). Tramwaje wyprodukowane w 2023 roku policzone zostały jako pojazdy w wieku 0 lat. Znacznie wyższym średnim wiekiem pojazdu charakteryzują się wagony łączone w składy (30,9 lat) – spowodowane jest to dużym udziałem w parkach taborowych wagonów z rodziny 105N/Na i 805N/Na w polskich miastach, które produkowane były w latach 70. i 80. XX wieku. Wagony jednoprzestrzenne charakteryzują się znacznie młodszym średnim wiekiem (13,99 lat), który zawyżony jest przez pojazdy o długości do 28 m – głównie ośmioosiowe pojazdy sprowadzone do Polski z Niemiec.

Ogólny średni wiek wagonu tramwajowego w Polsce wynosi 21,8 lat. Najmłodsze wagony kursują w Olsztynie (5,1 lat), ale należy wziąć pod uwagę, że tramwaje w stolicy Warmii i Mazur zostały uruchomione w 2015 roku (po uprzednim zamknięciu sieci w 1965 roku). Drugie

miejsce w tej klasyfikacji zajmuje Warszawa (17,2 lat), a trzecie Poznań (17,6 lat). Najwyższą średnią wieku mają pojazdy eksploatowane w Łodzi (29,0 lat), Bydgoszczy (28,8 lat) i Szczecinie (26,1 lat).

Najstarsze eksploatowane tramwaje miały w 2023 roku 52 lata. Wagony z rodzin 105N/Na i 805N/Na, będące obecnie w wieku 30–40 lat, stanowią 23% pojazdów w Polsce. Widać też znaczne inwestycje taborowe od czasu wstąpienia Polski do Unii Europejskiej – pojazdy w wieku do 20 lat stanowią prawie połowę pojazdów, a w wieku do 10 lat 27,5% - por. Rysunek 14. Niektóre miasta, w tym również Szczecin, odmładzając tabor tramwajowy decydują się na zakup pojazdów nie w pełni niskopodłogowych¹⁷.

Rysunek 14. Udział tramwajów we flocie miast w podziale ze względu na wiek (stan na grudzień 2023 r.)



Źródło: opracowanie własne

Szczegółowe zestawienia pojazdów zawiera Załącznik 1 do Analizy – Baza danych o taborze w miastach Szczecińskiego Obszaru Metropolitalnego.

- **W Szczecińskim Obszarze Metropolitalnym w eksploatacji są 452 autobusy miejskie oraz 123 tramwaje. W kontekście wdrażania elektromobilności uznano, że największe wyzwanie dotyczy wymiany autobusów w sieciach transportu miejskiego organizowanego przez Szczecin, Stargard i Świnoujście.**
- **Do pojazdów zeroemisyjnych w ramach niniejszej Analizy zaliczono autobusy elektryczne (bateryjne), wodorowe oraz tramwaje. Ich zeroemisyjność w Polsce jest jednak**

¹⁷ Górniewicz W., Transport tramwajowy w Polsce – funkcjonowanie i organizacja, „Urban Development Issues”, 2020, nr 66

uzależniona od systemu energetycznego lub sposobu pozyskiwania wodoru. Pojazdy te zazwyczaj są jednak zeroemisyjne w miejscu wykonywania przewozu.

- Autobusy zeroemisyjne stanowią obecnie zaledwie 4% floty w miastach SOM, liczbowo jest to 16 autobusów elektrycznych. Do wymiany pozostaje 436 autobusów spalinowych, w tym niskoemisyjnych. Z wyjątkiem Szczecina, w 12 z 13 gmin SOM nie użytkuje się jeszcze żadnego autobusu zeroemisyjnego (stan na grudzień 2024 r.).
- Średnia wieku autobusu w badanych miastach wyniosła 12,62 lat; natomiast tramwaju w Szczecinie 28,47 lat. Przy założeniu 15-letniego okresu eksploatacji autobusu oraz 30-letniego okresu dla tramwaju, wyzwanie wymiany taboru tramwajowego jest równie istotne przy utrzymaniu obecnego stanu zeroemisyjnego, transportu drogowego w SOM. Średnia wieku pojazdów w taborze powinna być zbliżona do połowy zakładanego okresu eksploatacji.
- W kontekście komunikacji tramwajowej dziś przy okazji jej modernizacji i rozbudowy dodaje się w miastach powierzchni biologicznie czynnych za sprawą „zielonych” torowisk lub wspólnych tras tramwajowo-autobusowych, usprawniających ruch obu środków transportu publicznego, poprzez ich separację od ruchu samochodowego oraz wdrażając priorytety w sygnalizacji świetlnej.
- W dokumentach strategicznych (SRT2030 czy POliŚ 2014-2020) i programowych stawiano cel wzrostu liczby pasażerów komunikacji miejskiej na 1 mieszkańca obszarów miejskich. Tymczasem w ostatnich latach, 2016-2022, w Szczecinie wartość tego wskaźnika spadła o 17%. Osiągnięcie wzrostu liczby przewożonych pasażerów jest więc dużym wyzwaniem stawianym przed samorządem.

3.2. Wymagania i wytyczne kierunkowe krajowe i UE

Odpowiedź na pytanie:

Pyt. 2. W jakim stopniu obecnie rozwój zeroemisyjnego transportu publicznego na terenie SOM spełnia wymagania krajowe i wytyczne kierunkowe UE?

WYMAGANIA UE

Zmieniona dyrektywa w sprawie ekologicznie czystych pojazdów oraz plan działania w sprawie infrastruktury paliw alternatywnych zapewniły bezpośrednie wsparcie wprowadzania do miast autobusów niskoemisyjnych i bezemisyjnych w drodze zamówień publicznych¹⁸.

¹⁸ Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów, Europa w ruchu: Zrównoważona mobilność dla Europy: bezpieczna, połączona i ekologiczna, COM(2018) 293 final, Bruksela 15.05.2018 r.

Głównym planem wyznaczającym obecne kierunki działania UE jest Europejski Zielony Ład¹⁹ z 2019 r. Za podstawowy cel obrona została ogólna redukcja emisji netto gazów cieplarnianych o 55% względem poziomu z 1990 r. do 2030 roku oraz neutralność klimatyczna do 2050 roku, ale z transportu zakłada się redukcję emisji gazów cieplarnianych o 90%.

Strategia na rzecz zrównoważonej i inteligentnej mobilności z 2020 r.²⁰ wskazuje, że mobilność zgodna z zasadami zrównoważonego rozwoju oznacza nieodwracalne przejście na mobilność bezemisyjną, do czego doprowadzić ma zwiększenie wykorzystania paliw i energii odnawialnych.

Cele uszczegółowił pakiet przepisów „Gotowi na 55”²¹ z 2021 r., wprowadzając także nowe wnioski ustawodawcze o zmianę i uaktualnienie unijnych przepisów oraz realizację nowych inicjatyw, które miały ułatwić osiągnięcie celów Zielonego Ładu. W sektorach gospodarki nieobjętych systemem ETS, w szczególności w transporcie, rolnictwie, budownictwie i gospodarowaniu odpadami, zwiększył on sektorowe cele redukcji emisji - z -29 do -40% względem 2005 r. do osiągnięcia w 2030 r. W towarzyszącym mu załączniku zaproponowano też zwiększenie krajowego celu redukcji emisji gazów cieplarnianych dla Polski z -7 do -17,7% do 2030 r., opierając się na wskaźnikach PKB na mieszkańca i opłacalności²². Cele te zostały przyjęte przez Parlament Europejski 14 marca 2023 r.²³.

W ramach pakietu „Gotowi na 55” tworzony jest nowy, odrębny system handlu emisjami dla transportu drogowego i paliw EU ETS2 (od 2027 r.) oraz utworzony zostanie Społeczny Fundusz Klimatyczny, który pozwoli walczyć m.in. z wykluczeniem transportowym. Nowe przepisy przewidują też tworzenie rynku wodoru i 40 GW zdolności produkcyjnej elektrolizerów wodoru odnawialnego w 2030 r.

Nowe unijne ramy mobilności miejskiej z 2021 r.²⁴ wskazują, że przejście na bezpieczną, dostępną, sprzyjającą włączeniu społecznemu, inteligentną, odporną i bezemisyjną mobilność miejską wymaga wyraźnego skupienia się na mobilności aktywnej, zbiorowej i współdzielonej opartej na

¹⁹ Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady, Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów - Europejski Zielony Ład, COM(2019) 640 final, Bruksela 11.12.2019 r.

²⁰ Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów, Strategia na rzecz zrównoważonej i inteligentnej mobilności – europejski transport na drodze ku przyszłości, SWD(2020) 331 final, Bruksela 9.12.2020 r.

²¹ Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów, „Gotowi na 55”: osiągnięcie unijnego celu klimatycznego na 2030 r. w drodze do neutralności klimatycznej, Bruksela, dnia 14.7.2021 r., COM(2021) 550 final.

²² Załącznik do wniosku Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady zmieniającego rozporządzenie (UE) 2018/842 w sprawie wiążących rocznych redukcji emisji gazów cieplarnianych przez państwa członkowskie od 2021 r. do 2030 r. przyczyniających się do działań na rzecz klimatu w celu wywiązania się z zobowiązań wynikających z porozumienia paryskiego, Bruksela, dnia 14.7.2021 r., COM(2021) 555 final.

²³ Zmiana klimatu – Parlament głosuje za ograniczeniem emisji państw Unii o 40%, <https://www.europarl.europa.eu/news/pl/press-room/20230310IPR77227/zmiana-klimatu-parlament-glosuje-za-ograniczeniem-emisji-panstw-unii-o-40>, data artykułu: 14.03.2023 r., data dostępu: 27.09.2023 r.

²⁴ Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów, Nowe unijne ramy mobilności miejskiej, COM(2021) 811 final.

rozwiązaniach niskoemisyjnych i bezemisyjnych. Wymaga to zatem wzmożonych i przyspieszonych działań oraz nowych inwestycji, przy czym należy zwrócić szczególną uwagę na transport publiczny, multimodalność i infrastrukturę służącą aktywnej mobilności.

Ewaluacja pakietu mobilności miejskiej z 2021 r.²⁵ wykazała, że nadal pilnie potrzebne są działania na rzecz zrównoważonej mobilności miejskiej, aby osiągnąć ambitne cele i zobowiązania w zakresie klimatu i środowiska. Ponadto jest bardzo mało prawdopodobne, że interwencja przebiegająca w obecnej formie umożliwi osiągnięcie ambitniejszych celów UE w zakresie dekarbonizacji, co wiąże się z coraz poważniejszymi problemami klimatycznymi i środowiskowymi, a także cyfryzacją. Wskazano na potrzebę poprawy w przygotowaniu Planów zrównoważonej mobilności miejskiej (SUMP)²⁶, które powinny być jeszcze bardziej ukierunkowane na redukcje emisji.

Rozwój *stricte* elektromobilności na poziomie europejskim reguluje Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/1161 z dnia 20 czerwca 2019 r. zmieniająca dyrektywę 2009/33/WE w sprawie promowania ekologicznie czystych i energooszczędnych pojazdów transportu drogowego²⁷.

Dla Polski dyrektywa określa następujące progi:

- od 2 sierpnia 2021 r. do 31 grudnia 2025 r. co najmniej 32% nowo zamówionych autobusów (lub pojazdów, którymi wykonuje się usługę transportu zbiorowego) powinno być ekologicznie czystych, w tym 16% zeroemisyjnych,
- od 1 stycznia 2026 r. do 31 grudnia 2030 r. co najmniej 46% nowo zakupionych autobusów (lub pojazdów, którymi wykonuje się usługę transportu zbiorowego) powinno być ekologicznie czystych, w tym 23% zeroemisyjnych.

Próg jest wymagany do osiągnięcia na poziomie całego kraju.

Ekologicznie czysty pojazd jest definiowany dla autobusów (pojazdów kategorii M₃), jako wykorzystujący paliwa alternatywne – energię elektryczną, wodór, biopaliwa, paliwa syntetyczne i parafinowe, gaz ziemny w tym biometan (CNG albo LNG) lub gaz–płynny (LPG) - które służą, jako substytut dla pochodzących z surowej ropy naftowej źródeł energii w transporcie. W przypadku pojazdów wykorzystujących biopaliwa ciekłe, paliwa syntetyczne i parafinowe nie można mieszać tych paliw z konwencjonalnymi paliwami kopalnymi²⁸. W tej definicji nie mieszczą się więc autobusy spalinowe i hybrydowe spalinowo-elektryczne, których podstawowy napęd zasilany jest olejem napędowym.

²⁵ Commission Staff Working Document - Ewaluacja Pakietu Mobilności Miejskiej z 2013 r. (SWD/2021/47)

²⁶ Nowe wytyczne – opracowanie i wdrożenie planu zrównoważonej mobilności miejskiej, 2 wydanie (w języku angielskim), Komisja Europejska, Bruksela 2019

²⁷ Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/1161 z dnia 20 czerwca 2019 r. zmieniająca dyrektywę 2009/33/WE w sprawie promowania ekologicznie czystych i energooszczędnych pojazdów transportu drogowego.

²⁸ Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/94/UE z dnia 22 października 2014 r. w sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L307/1, 28.10.2014 r.

Zeroemisyjny (bezemisyjny) pojazd jest definiowany dla autobusów (pojazdów kategorii M₃), jako ekologicznie czysty pojazd, nieposiadający silnika spalinowego wewnętrznego spalania lub posiadający silnik spalinowy wewnętrznego spalania, z którego emisje mierzone zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 595/2009, i środkami wykonawczymi do niego nie przekraczają 1 g CO₂/kWh lub 1 g CO₂/km. W praktyce oznacza to, że w ramach tej kategorii uwzględnia się autobusy elektryczne (bateryjne) i wodorowe.

Komisja w Komunikacie²⁹ opublikowanym w 2020 r. wyjaśniła również wątpliwości dotyczące zaliczania trolejbusów lub tramwajów do kategorii pojazdów ekologicznie czystych lub zeroemisyjnych:

- „Trolejbusy zawsze uznaje się za ekologicznie czyste pojazdy. Jeżeli poruszają się wyłącznie podłączone do trakcji lub wykorzystują zeroemisyjny silnik, gdy nie są do niej podłączone, również zaliczają się do pojazdów bezemisyjnych. Jeżeli trolejbus wykorzystuje także silnik, który nie jest zeroemisyjny – np. gdy silnik Diesla jest używany, aby umożliwić trolejbusowi poruszanie się, gdy ten nie jest podłączony do trakcji – wtedy trolejbusu nie można uznać za zeroemisyjny, jednak nadal zalicza się go do ekologicznie czystych pojazdów, podobnie jak trolejbus hybrydowy typu plug-in”.
- „Tramwaje nie wchodzą w zakres dyrektywy, ponieważ stanowią część systemu kolejowego i nie są pojazdami transportu drogowego w rozumieniu dyrektywy (UE) 2018/858. Dlatego też nie wchodzą one w zakres dyrektywy w sprawie ekologicznie czystych pojazdów”.

Nowe wymagania wprowadziło Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/1610 z dnia 14 maja 2024 r. zmieniające rozporządzenie (UE) 2019/1242 w odniesieniu do zaostrzenia norm emisji CO₂ dla nowych pojazdów ciężkich oraz włączenia obowiązków sprawozdawczych, zmieniające rozporządzenie (UE) 2018/858 i uchylające rozporządzenie (UE) 2018/956³⁰:

- w latach 2030-2034 flota autobusowa redukuje emisje CO₂ o 43% względem roku sprawozdawczego 2019,
- w latach 2035-2039 flota autobusowa redukuje emisje CO₂ o 64%,
- od 2040 r. flota autobusowa redukuje emisje CO₂ o 90%.

Ponadto, od 2030 r. wszystkie **nowe** wyprodukowane autobusy miejskie w UE powinny być zeroemisyjne, natomiast od 2035 r. **wszystkie** autobusy miejskie powinny być zeroemisyjne.

²⁹ Zawiadomienie Komisji w sprawie stosowania art. 2, 3, 4 i 5 dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/33/WE w sprawie promowania ekologicznie czystych pojazdów transportu drogowego w celu wsparcia mobilności niskoemisyjnej (2020/C 352/01), Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej C352/1, 22.10.2020 r.

³⁰ Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/1610 z dnia 14 maja 2024 r. zmieniające rozporządzenie (UE) 2019/1242 w odniesieniu do zaostrzenia norm emisji CO₂ dla nowych pojazdów ciężkich oraz włączenia obowiązków sprawozdawczych, zmieniające rozporządzenie (UE) 2018/858 i uchylające rozporządzenie (UE) 2018/956, dnia 6.06.2024 r.

Dodano też, że Państwa członkowskie mogą zdecydować o wyłączeniu z obowiązku wynikającego z niniejszego artykułu ograniczonej części autobusów miejskich zarejestrowanych w każdym okresie sprawozdawczym. Takie działanie miałyby być dopuszczalne, gdy cel użytkowania danego pojazdu nie mógłby być w równym stopniu osiągnięty przez pojazd zeroemisyjny, a zatem zarejestrowanie pojazdu innego niż zeroemisyjny do realizacji tego celu leżałoby w interesie publicznym ze względu na społeczne i gospodarcze koszty i korzyści w związku ze szczególnymi warunkami morfologii terenu lub meteorologicznymi.

W międzyczasie Rada Europejska opracowała nowe wymagania normy emisji z pojazdów – Euro 7³¹, która miałyby obowiązywać dla autobusów od 2027 roku, jednakże te wymagania, w kontekście wysoce prawdopodobnego wymogu produkcji autobusów zeroemisyjnych od 2030 r. nie mają większego znaczenia dla przedmiotu niniejszej Analizy.

WYMAGANIA KRAJOWE

Zgodnie ze Strategią na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju³² priorytetem rządu jest rozwój elektromobilności co powinno znaleźć odzwierciedlenie w programach operacyjnych, kryteriach wyboru projektów, innych dokumentach programowych. Co do zasady wspierane są projekty związane z zakupem bezemisyjnych bądź ekologicznie czystych (w rozumieniu Dyrektywy PE i Rady (UE) 2019/1161) pojazdów transportu publicznego. Od momentu wejścia w życie zmienionej Umowy Partnerstwa oraz zmienionych programów operacyjnych nie jest możliwe ogłaszanie nowych naborów wniosków dopuszczających pojazdy zasilane olejem napędowym, spełniające normę EURO-6 lub niższą³³.

Elektryfikację transportu zbiorowego w Polsce częściowo wymusza i wspiera Unia Europejska, ale rząd Polski w niektórych przypadkach wprowadza też własną politykę i narzędzia finansowania, wykraczające poza europejskie, a w innych – stara się negocjować wyjątki, wymuszone solidną rolą przemysłu wydobywczego. Jak już wcześniej wspomniano, krajowy cel redukcji emisji gazów cieplarnianych do 2030 r. jest dużo niższy (-17%) niż ogólny cel unijny (-55%), progi wymiany floty na ekologicznie czystą również są niższe od innych krajów Europy Zachodniej.

W Polsce Dyrektywę 2019/1161 wprowadzała Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych³⁴. Wymagała od wszystkich władz samorządowych spełnienia celów określonych w dyrektywie i opisanych powyżej. Główna różnica między podejściem polskim

³¹ Euro 7: Rada przyjmuje nowe przepisy o limitach emisji z samochodów osobowych, dostawczych i ciężarowych, <https://www.consilium.europa.eu/pl/press/press-releases/2024/04/12/euro-7-council-adopts-new-rules-on-emission-limits-for-cars-vans-and-trucks/>, data dostępu: 20.11.2024 r.

³² Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju do roku 2020 (z perspektywą 2030), Dokument przyjęty uchwałą Rady Ministrów w dniu 14 lutego 2017 r., Warszawa 2017.

³³ Umowa Partnerstwa dla realizacji Polityki Spójności 2021-2027 w Polsce, Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej, Warszawa, 30.06.2022 r.

³⁴ Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz.U. 2023 poz. 875).

a unijnym polega na tym, że cele musiały być realizowane przez każdy organ z osobna, a nie przez wszystkie organy łącznie.

Jednostka samorządu terytorialnego (gmina lub powiat od i ponad 50 tys. mieszkańców) miała zapewniać udział autobusów zeroemisyjnych lub autobusów napędzanych biometanem w użytkowanej na obszarze tej jednostki flocie pojazdów co najmniej (art. 68 i 36 Ustawy):

- 1) 5% – od 1 stycznia 2021 r.,
- 2) 10% – od 1 stycznia 2023 r.,
- 3) 20% – od 1 stycznia 2025 r.,
- 4) 30% – od 1 stycznia 2028 r.

Równocześnie przewozy publicznego transportu zbiorowego muszą być zlecane do obsługi, zgodnie z art. 68a (przeniesione wymagania UE z Dyrektywy 2019/1161):

- do dnia 31 grudnia 2025 r. – taborom w 32% niskoemisyjnym oraz w 16% zeroemisyjnym;
- od dnia 1 stycznia 2026 r. do dnia 31 grudnia 2030 r. – taborom w 46% niskoemisyjnym oraz w 23% zeroemisyjnym.

Ustawa pozwala też wykorzystywać wpływy za wjazd do stref czystego transportu (SCT) na zakup autobusów zeroemisyjnych.

Dodatkowo, projekt nowelizacji Ustawy o Elektromobilności z 2024 r.³⁵, uchwalony na posiedzeniu Sejmu dnia 21.11.2024 r.³⁶, przewiduje, że:

- od 2026 r. w JST powyżej 100 tys. mieszkańców wszystkie zamówione autobusy mają być zeroemisyjne, przepis nie dotyczy autobusów realizujących kursy na liniach podmiejskich do gmin nieprzekraczających 100 tys. mieszkańców,
- JST powyżej 50 tys. mieszkańców - zrezygnowano z określania progu udziału autobusów zeroemisyjnych lub napędzanych biometanem we flocie użytkowanych pojazdów (wcześniejszy art. 36 i 68). Wymagana jest częściowa eksploatacja pojazdów zeroemisyjnych lub niskoemisyjnych bez określenia minimalnego ich progu. Nadal obowiązuje jednak art. 68a określający minimalne udziały pojazdów - zgodnie z Dyrektywą PE 2019/1161.

Przykładem ostrzejszego wymagania krajowego niż unijnego jest zapis w Polityce Energetycznej Polski (PEP 2040). Wynika z niego, że dążenie do zeroemisyjnej komunikacji miejskiej powinno się zakończyć już w 2030 r. osiągnięciem 100% zeroemisyjnego taboru w miastach pow. 100 tys. mieszkańców³⁷. Tak restrykcyjnego wymagania nie zapisano już jednak w UoE. Konieczność

³⁵ Projekt ustawy o zmianie ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych oraz niektórych innych ustaw, <https://legislacja.rcl.gov.pl/projekt/12386951>, data utworzenia: 5.07.2024 r., data dostępu: 25.11.2024 r.

³⁶ Rządowy projekt ustawy o zmianie ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych oraz niektórych innych ustaw, <https://www.sejm.gov.pl/sejm10.nsf/PrzebiegProc.xsp?nr=751>, data dostępu: 25.11.2024 r.

³⁷ Polityka Energetyczna Polski do 2040 r. <https://www.gov.pl/web/ia/polityka-energetyczna-polski-do-2040-r-pep2040>, dostęp: 9.12.2024 r.

wymiany taboru na zeroemisyjny podkreślono również w Krajowej Polityce Miejskiej 2030, choć nie założono w niej konkretnych celów ani progów zeroemisyjnego transportu publicznego³⁸.

Działania krajowe w zakresie ograniczania negatywnego wpływu transportu publicznego na środowisko skupiają się przede wszystkim na wzroście kolejowych przewozów międzywojewódzkich³⁹. Wzrost przewozów kolejowych może przyczynić się również do zwiększenia przewozów w komunikacji miejskiej. Pasażer dojeżdżający pociągiem do innego miasta może być bowiem bardziej skłonny do skorzystania z komunikacji miejskiej niż w przypadku, gdy przyjeżdża własnym samochodem. Zwiększenie przewozów pasażerskich w transporcie publicznym również będzie powodować spadek emisji CO₂ przez sektor transportu dzięki ograniczeniu zapotrzebowania na transport samochodowy⁴⁰.

PROGRAMY WSPARCIA TRANSPORTU ZEROEMISYJNEGO

Wraz z rosnącymi wymaganiami, powstają narzędzia wspierania zakupu autobusów elektrycznych, wodorowych i trolejbusów ze środków krajowych⁴¹, a w przypadku funduszy unijnych wsparcie dotyczy autobusów elektrycznych, wodorowych i gazowych – w ramach Funduszy Europejskich na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko 2021-2027⁴² oraz Funduszy Europejskich dla Pomorza Zachodniego 2021-2027⁴³.

NFOŚiGW dofinansowuje tabor zeroemisyjny z opłat wnoszonych przez zanieczyszczających. Ogłoszono już trzy nabory wniosków w ramach programu „Zielony Transport Publiczny”⁴⁴.

W 2021 roku przeprowadzono pierwszy nabór wniosków o dofinansowanie i podpisano umowy na projekty o kwocie 0,883 mld zł (592 mln zł dotacji i 62 mln zł pożyczki) na zakup 175 autobusów elektrycznych, 71 wodorowych, 6 trolejbusów i 170 punktów ładowania.

³⁸ Krajowa Polityka Miejska 2030 r. <https://www.gov.pl/web/fundusze-regiony/polityka-miejska>, dostęp: 9.12.2024 r.

³⁹ Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 4 grudnia 2020 r. w sprawie planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego w międzywojewódzkich i międzynarodowych przewozach pasażerskich oraz w wojewódzkich przewozach pasażerskich w transporcie kolejowym (Dz.U. 2020 poz. 2328)

⁴⁰ Kos B., Krawczyk G., Mercik A., Tomanek R., Mobilność miejska w czasach pandemii COVID-19, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice 2021

⁴¹ Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, Nabór „Zielony transport publiczny”, <https://www.gov.pl/web/nfosigw/nabor-zielony-transport-publiczny-faza-i2>, dostęp: 25.11.2024 r.

⁴² Program Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko 2021–2027, Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej, Warszawa 6.10.2022 r., s. 116.

⁴³ Program Fundusze Europejskie dla Pomorza Zachodniego, <https://funduszeue.wzp.pl/>, data dostępu: 27.11.2024 r.

⁴⁴ III Nabór wniosków w ramach programu priorytetowego „Zielony transport publiczny”, <https://www.gov.pl/web/elektromobilnosc/iii-nabor-wnioskow-w-ramach-programu-priorytetowego-zielony-transport-publiczny2>, dostęp: 25.11.2025 r.

Druga edycja przeprowadzona w 2022 rok objęła wnioski na projekty o wartości 1,045 mld zł (658 mln zł dotacji i 128 mln zł pożyczki) na zakup 281 autobusów elektrycznych, 46 wodorowych i 256 punktów ładowania.

W ramach naboru do trzeciej edycji w 2023 roku wpłynęły wnioski o wartości projektów 3,523 mld zł (2,721 mld zł dotacji i 102 mln zł pożyczki) na zakup 792 autobusów elektrycznych, 130 wodorowych, 470 punktów ładowania, 1 stacji tankowania wodoru oraz 15 instalacji fotowoltaicznych⁴⁵. Budżet na realizację naboru wyniósł 480 mln zł, w tym 277 mln zł dla dotacji i 204 mln zł dla pożyczek. Docelowo dotacje mogą być zwiększone do 2,055 mld zł pod warunkiem uruchomienia środków w ramach KPO. Jednym z kryteriów jakościowych było oświadczenie wnioskodawcy, że każdy z pojazdów wykona roczny przebieg co najmniej 25 000 km.

Krajowy Plan Odbudowy przewidywał zakup w sumie 1 738 zero- i niskoemisyjnych autobusów dla transportu miejskiego i pozamiejskiego, które miały pojawić się u operatorów do końca I kwartału 2026 roku⁴⁶. Ze względu na uwarunkowania technologiczne, autobusy zeroemisyjne będą przeznaczone do transportu głównie w miastach (dostępność infrastruktury ładowania), a autobusy niskoemisyjne – na obszarach podmiejskich lub wiejskich. KPO przewidywało różne rodzaje technologii zasilania autobusów zeroemisyjnych: elektryczne na baterie, hybrydowe plug-in oraz niskoemisyjnych na gaz: w tym LNG, LPG, CNG oraz spełniające normę EURO VI. Liczba autobusów niskoemisyjnych miała nie przekroczyć 21% wszystkich zakupionych pojazdów.

Determinantą rozwoju zeroemisyjnego transportu publicznego są również zmiany dotyczące finansowania samorządów w Polsce. Zmniejszenie dochodów podatkowych samorządów wraz z systemem grantów na inwestycje, wdrażane nie tylko w ramach Polskiego Ładu⁴⁷, lecz także wcześniejszych działań rządu, obniża zdolność do pokrywania wydatków bieżących, jednocześnie promując działania inwestycyjne i projektowe.

Negatywnie należy też ocenić dopuszczenie poruszania się samochodów elektrycznych buspasami do 2026 r., ponieważ rozwiązanie to obniża prędkości przemieszczania się autobusów tymi korytarzami, a w efekcie obniża efektywność ekonomiczną przedsięwzięć w komunikacji autobusowej. W Norwegii wykazano, że wraz ze wzrostem sprzedaży pojazdów EV wzrosło zatłoczenie na buspasach⁴⁸.

Pozostałe działania podjęte przez rząd:

- wprowadzenie rozwiązań prawnych i organizacyjnych umożliwiających zwiększenie nadzoru nad wykonywaniem badań technicznych pojazdów, aby wyeliminować z ruchu pojazdy

⁴⁵ Informacje uzyskane od NFOŚiGW w ramach korespondencji mailowej.

⁴⁶ Krajowy Plan Odbudowy i Zwiększania Odporności, Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej, czerwiec 2022 r.

⁴⁷ Prawo i Sprawiedliwość, *Polski Ład – Dokument programowy*, Warszawa 2021, http://polskilad.pis.org.pl/files/Polski_Lad.pdf, dostęp: 25.11.2024 r.

⁴⁸ Lessons from Norway's electric surge, <https://www.transportenvironment.org/discover/lessons-norways-electric-surge/>, data artykułu: 13.11.2016, data dostępu: 25.11.2024 r.

niespełniające jakościowych norm emisji spalin, w tym m.in. polegających na obowiązkowym dokumentowaniu jakości spalin przez stacje kontroli pojazdów, czy też umożliwiających przeprowadzenie badań spalin w trakcie kontroli wybranych typów pojazdów,

- stworzenie Funduszu Rozwoju Przewozów Autobusowych o charakterze użyteczności publicznej.

BAZA DANYCH O POJAZDACH W SZCZECIŃSKIM OBSZARZE METROPOLITALNYM

Zgodnie z definicjami wymagań UE, na dzień 30 listopada 2024 r., we flotach miast Szczecińskiego Obszaru Metropolitalnego znajdowało się:

- zeroemisyjnych pojazdów – 16 autobusów elektrycznych, co stanowiło 4% floty.

Nie eksploatowano autobusów ekologicznie czystych innych niż elektryczne (np. na biometan lub CNG). W latach 2020-2024 (do końca listopada 2024 r.) dostarczono 179 autobusów, natomiast udział ekologicznie czystych wynosił średnio w tym okresie 9% (por. Tabela 8). Jednocześnie znaczną większość nowo dostarczonych pojazdów stanowiły kilku- lub kilkunastoletnie autobusy używane (spalinowe i hybrydowe), co oznaczało konieczność zakupu taboru małymi nakładami finansowymi. Udział ekologicznie czystych wśród nowych autobusów utrzymywał się na poziomie 48,5%, choć nie są to nadzwyczaj pozytywne dane patrząc na liczbę fabrycznie nowego taboru.

Tabela 8. Udział dostaw taboru ekologicznie czystego oraz zeroemisyjnego do Szczecina, Polic, Stargardu i Świnoujścia w latach 2014-2024

ROK	LICZBA DOSTARCZONYCH AUTOBUSÓW NOWYCH	LICZBA DOSTARCZONYCH AUTOBUSÓW UŻYWANYCH	LICZBA ZEROEMISYJNYCH (% NOWYCH)
2014	5	0	0
2015	5	3	0
2016	4	3	0
2017	12	7	0
2018	38	1	0
2019	11	20	0
2020	0	23	0
2021	12	32	8 (67%)
2022	7	39	6 (86%)
2023	11	14	0

ROK	LICZBA DOSTARCZONYCH AUTOBUSÓW NOWYCH	LICZBA DOSTARCZONYCH AUTOBUSÓW UŻYWANYCH	LICZBA ZEROEMISYJNYCH (% NOWYCH)
2024 (do końca listopada)	3	38	2 (67%)
ŚREDNIA	12	17	0

Źródło: opracowanie własne.

W samym Szczecinie spółki miejskie (SPA Klonowica, SPA Dąbie, SPPK) zamawiając fabrycznie nowe autobusy zakupiły 16 autobusów elektrycznych (SPA Klonowica) i 8 hybrydowych (SPPK). Może być to związane z możliwością uzyskania dofinansowania zewnętrznego wyłącznie na autobusy tego typu. W związku z tym, że SPPK obsługuje linie komunikacyjne przebiegające zarówno przez Szczecin jak i Police, ich zakupy nie są objęte nowym obowiązkiem w zakresie elektromobilności tj. zakupu wyłącznie autobusów zeroemisyjnych. Autobusy fabrycznie nowe kierowane na linie miejskie były więc wyłącznie elektryczne. Należy jednak podkreślić, że w tych latach zakupiono aż 26 autobusów miejskich używanych mających nawet 14 lat w momencie zakupu. Jest to efekt konieczności wymiany taboru bez odpowiednich funduszy. W związku z tym osiągnięcie celu zakupu wyłącznie taboru zeroemisyjnego musi się wiązać z przeznaczeniem dodatkowych środków finansowych z krajowych i zagranicznych programów.

W 5 miastach nie wprowadzono jeszcze do eksploatacji żadnego autobusu zeroemisyjnego (Police, Świnoujście, Stargard, Goleniów, Gryfino), a w kolejnych 3 miastach nie kursują jeszcze żadne autobusy niskoemisyjne (Stargard, Goleniów, Gryfino).

FORUM METROPOLITALNE I WYWIADY IDI

W czasie wywiadów, biuro SSOM wskazało, że niniejsza analiza powinna zakładać spełnienie obecnie obowiązujących wymogów krajowych i unijnych. Podkreślono jednak, że rynek publicznego transportu publicznego nie potrzebuje wymuszania udziałów pojazdów zeroemisyjnych, a należałoby na poziomie krajowym i unijnym stworzyć przyjazne warunki do korzystnego wdrażania tego typu napędów – przede wszystkim efektywnych ekonomicznie.

- **Ekologicznie czysty pojazd jest definiowany przez UE jako wykorzystujący paliwa alternatywne – energię elektryczną, wodór, biopaliwa, paliwa syntetyczne i parafinowe, gaz ziemny w tym biometan (CNG albo LNG) lub gaz płynny (LPG) - substytuty oleju napędowego. W praktyce zalicza się do nich w Polsce wszystkie trolejbusy oraz autobusy, z wyjątkiem autobusów spalinowych i hybrydowych spalinowo-elektrycznych, których podstawowy napęd zasilany jest olejem napędowym.**
- **Zeroemisyjny (bezemisyjny) pojazd jest definiowany przez UE, jako ekologicznie czysty pojazd, nieposiadający silnika spalinowego wewnętrznego spalania lub posiadający silnik**

-
- spalinowy wewnętrznego spalania, z którego emisje nie przekraczają 1 g CO₂/kWh lub 1 g CO₂/km. W praktyce zalicza się do nich w Polsce wszystkie autobusy elektryczne (bateryjne), wodorowe oraz trolejbusy.
- Cele UE do osiągnięcia na poziomie całego kraju członkowskiego, względem Polski, są następujące:
 - do 2025 r. co najmniej 32% nowych zamawianych autobusów lub tych wykonujących usługi PTZ powinno być ekologicznie czystych, w tym 16% zeroemisyjnych (Dyrektywa PE 2019/1161),
 - od 2026 r. do 2030 r. co najmniej 46% nowych zamawianych autobusów lub tych wykonujących usługi PTZ powinno być ekologicznie czystych, w tym 23% zeroemisyjnych (Dyrektywa PE 2019/1161),
 - od 2030 r. wszystkie nowe autobusy miejskie są zeroemisyjne, w latach 2030-2034 flota autobusowa redukuje emisje CO₂ o 43% względem roku sprawozdawczego 2019 (Rozporządzenie PE 2024/1610),
 - od 2035 r. wszystkie autobusy miejskie są zeroemisyjne, w latach 2035-2039 flota autobusowa redukuje emisje CO₂ o 64% (Rozporządzenie PE 2024/1610),
 - od 2040 r. flota autobusowa redukuje emisje CO₂ o 90% (Rozporządzenie PE 2024/1610).
 - Cele unijne wskazują więc, że autobusy zasilane gazem stanowią tylko okres przejściowy w dojściu do wykorzystywania wyłącznie pojazdów zeroemisyjnych.
 - Wymagania rządowe przekładają unijne cele dla kraju na poszczególne samorzady (gminy i powiaty), dodatkowo je zaostrzając:
 - od 2023 r. w JST powyżej 50 tys. mieszkańców 10% floty stanowią autobusy zeroemisyjne lub napędzane biometanem (Ustawa o Elektromobilności, art. 68),
 - od 2025 r. w JST powyżej 50 tys. mieszkańców 20% floty stanowią autobusy zeroemisyjne lub napędzane biometanem (UoE, art. 68),
 - od 2028 r. w JST powyżej 50 tys. mieszkańców 30% floty stanowią autobusy zeroemisyjne lub napędzane biometanem (UoE, art. 36),
 - obowiązek zapewnienia minimalnych udziałów pojazdów nisko- i zeroemisyjnych w całkowitej liczbie pojazdów objętych zamówieniami – zgodnie z Dyrektywą PE 2019/1161 (UoE, art. 68a).
 - Nowelizacja Ustawy o Elektromobilności z 2024 r. przewiduje natomiast, że:
 - od 2026 r. w JST powyżej 100 tys. mieszkańców wszystkie zamówione autobusy mają być zeroemisyjne, przepis nie dotyczy autobusów realizujących kursy na liniach podmiejskich do gmin nieprzekraczających 100 tys. mieszkańców,
 - JST powyżej 50 tys. mieszkańców - wymagana jest częściowa eksploatacja pojazdów zeroemisyjnych lub niskoemisyjnych bez określenia minimalnego ich progu. Nadal obowiązuje jednak art. 68a określający minimalne udziały pojazdów - zgodnie z Dyrektywą PE 2019/1161.
 - Główna różnica między podejściem polskim a unijnym polega na tym, że cele muszą być realizowane przez każdy organ z osobna, a nie przez wszystkie organy łącznie. Wszystkie
-

miasta, w rozróżnieniu na zakres 50-100 tys. mieszkańców oraz ponad 100 tys. mieszkańców, mają zapewniać obsługę taborom zeroemisyjnym.

- Dwoma głównymi źródłami wsparcia samorządów SOM w rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego są dziś: fundusze unijne (FENiKS, FEoPZ i KPO) oraz rządowy program Zielony Transport Publiczny NFOŚiGW.
 - Przedstawiciele biura SSOM w czasie wywiadów IDI wskazywali, że niniejsza analiza powinna zakładać spełnienie obecnie obowiązujących wymogów krajowych i unijnych. Podkreślono jednak, że należałoby na poziomie krajowym i unijnym stworzyć przyjazne warunki do korzystnego wdrażania tego napędów zeroemisyjnych – przede wszystkim efektywnych ekonomicznie.
-

3.3. Dotychczasowe działania JST SOM

Odpowiedź na pytanie:

Pyt. 3. Jakie działania dotychczas podejmowały JST na terenie SOM na rzecz rozwoju i promocji zeroemisyjnego transportu publicznego oraz modernizacji taboru spalinowego na zeroemisyjny, wraz z budową odpowiedniej infrastruktury?

LOGIKA INTERWENCJI

Skonstruowano model logiczny interwencji (por. Tabela 9) dla działań podejmowanych w zakresie rozwoju zeroemisyjnego transportu drogowego przez samorzady w Szczecińskim Obszarze Metropolitalnym. Logika interwencji odtworzona została m.in. na podstawie analizy dokumentów strategicznych i programowych.

Model logiczny interwencji składa się z następujących elementów:

- przesłanki (opierając się na dowodach...) – opis problemów, na które odpowiedzią ma być interwencja,
- plan wdrażania (jeśli wesprzemy...) – opis działań/wsparcia/typów projektów,
- mechanizm (to nastąpi...) – opis zakładanych produktów lub rezultatów bezpośrednich,
- oczekiwana zmiana (i dzięki temu osiągniemy...) – opis zakładanych rezultatów bezpośrednich lub pośrednich w odniesieniu do zakładanych celów szczegółowych.

Głównym celem rozwoju zeroemisyjnego zbiorowego transportu drogowego było ograniczenie negatywnego wpływu na środowisko przez sektor transportu.

Zastąpienie autobusów spalinowych pojazdami zeroemisyjnymi ogranicza emisję CO₂⁴⁹. Dodatkowo znacząco zmniejsza emisje innych zanieczyszczeń, takich jak np. tlenki azotu czy pyły zawieszane. Ma to na celu podniesienie jakości życia mieszkańców miast poprzez poprawę ich zdrowia, ale

⁴⁹ Strategia Rozwoju Ponadlokalnego Szczecińskiego Obszaru Metropolitalnego (<https://som.szczecin.pl/strategia/>)

również spowolnienie zmian klimatycznych. Ponadto, pojazdy zeroemisyjne doprowadzają do redukcji hałasu. Zeroemisyjny transport zbiorowy ma stanowić też wsparcie w dążeniu do wzrostu udziału podróży i jego konkurencyjności względem transportu indywidualnego (samochodowego).

Zidentyfikowano 3 podstawowe rodzaje projektów, które mogą być realizowane w ramach rozbudowy zbiorowego transportu zeroemisyjnego:

- taborowe (autobusy elektryczne i wodorowe oraz tramwaje),
- w infrastrukturę punktową (stacja ładowania lub tankowania wodoru, podstacje trakcyjne, transformatory, zaplecze techniczne),
- w infrastrukturę liniową (torowiska tramwajowe).

Zidentyfikowano także działania towarzyszące, podnoszące jakość funkcjonowania zeroemisyjnego transportu zbiorowego, takie jak uprzywilejowanie jego ruchu (ITS, buspasy i wydzielone trasy), tworzenie stref ograniczonej emisji transportu, szkolenia personelu oraz promocja i edukacja o korzyściach społecznych i ekologicznych. Wśród pozostałych działań wyróżniono wymianę napędów czy baterii trakcyjnych oraz instalację paneli fotowoltaicznych na infrastrukturze transportu zbiorowego.

W pierwszej kolejności nastąpi wymiana taboru spalinowego na zeroemisyjny. Nastąpi również rozbudowa infrastruktury transportu zbiorowego. Spadnie koszt zmienny eksploatacji pojazdów, więc powinna wzrosnąć efektywność wykorzystania pojazdów transportu zbiorowego. Spadnie liczba awarii ze względu na odmłodnienie taboru. Wraz ze wzrostem wolumenu zakupów pojazdów zeroemisyjnych w Polsce, nastąpi postęp w technologii akumulatorów i infrastruktury ładowania, co zwiększy zasięg pojazdów na jednym ładowaniu.

W zakresie celów strategicznych nastąpi spadek negatywnego oddziaływania transportu na środowisko. Zwiększenie konkurencyjności transportu zbiorowego w stosunku do indywidualnego w konsekwencji doprowadzi do zwiększenia liczby pasażerów i zmniejszenia udziału ruchu samochodowego w codziennych podróżach. W efekcie zmniejszy się kongestia w miastach.

Tabela 9. Model logiczny interwencji – rozwój zeroemisyjnego transportu drogowego w SOM

PRZESŁANKI	<ul style="list-style-type: none">• Wzrost średniej temperatury powietrza na świecie, postępujące zmiany klimatyczne.• Zwiększanie poziomu zanieczyszczeń emitowanych przez transport w związku z wykorzystaniem paliw emisyjnych i wzrostem mobilności mieszkańców miast.• Zwiększenie emisji hałasu na terenie miast.• Wzrost udziału transportu indywidualnego w obsłudze komunikacyjnej miast i obszarów miejskich, a w efekcie zwiększająca się liczba samochodów osobowych.• Zmniejszająca się konkurencyjność transportu zbiorowego w stosunku do transportu indywidualnego.
-------------------	---

1. Projekty taborowe:
 - Zakup autobusów zeroemisyjnych – elektrycznych lub wodorowych.
 - Zakup tramwajów.
 2. Projekty infrastruktury punktowej:
 - Budowa stacji ładowania autobusów elektrycznych – ładowarek „wolnych” plug-in na terenie zajezdni oraz „szybkich” pantografowych zlokalizowanych poza zajezdnią.
 - Budowa stacji tankowania wodoru.
 - Budowa, rozbudowa i modernizacja podstacji trakcyjnych oraz transformatorów.
 - Budowa lub rozbudowa zapleczy technicznych do obsługi pojazdów zeroemisyjnych.
 3. Projekty infrastruktury liniowej:
 - Budowa, rozbudowa i modernizacja torowisk i sieci trakcyjnych tramwajowych.
 4. Prowadzenie działań towarzyszących:
 - Uprzywilejowanie ruchu transportu zbiorowego w miastach poprzez priorytety w sygnalizacji świetlnej (ITS), śluzy dla autobusów, buspasy i wydzielone trasy.
 - Tworzenie stref czystego transportu (SCT), o zaostrzonym reżimie wjazdu pojazdów spalinowych w centrach miast.
 - Szkolenie personelu odpowiedzialnego za obsługę i utrzymanie pojazdów.
 - Edukowanie i uświadamianie mieszkańców o korzyściach społecznych i ekologicznych zeroemisyjnych środków transportu.
 5. Inne:
 - Opracowywanie, wymaganych ustawą o elektromobilności, analiz kosztów i korzyści wprowadzenia zeroemisyjnych pojazdów do obsługi komunikacji miejskiej (przez gminy o ludności ponad 50 tys. mieszkańców, aktualizacja co trzy lata).
 - Wymiana napędów lub baterii trakcyjnych w autobusach lub trolejbusach.
 - Instalacja paneli fotowoltaicznych na elementach infrastruktury transportu zbiorowego (np. dachach zajezdni lub węzłów przesiadkowych).
 - Budowa elektrolizerów wodoru pozwalających wykorzystać generowane nadwyżki energii elektrycznej przez OZE.
- Wymiana taboru spalinowego na elektryczny lub wodorowy.
 - Rozwój infrastruktury zeroemisyjnego transportu zbiorowego: paliw alternatywnych, infrastruktury zasilającej dla autobusów, trolejbusów i tramwajów.
 - Rozwój infrastruktury transportu publicznego odpornej na kongestię: buspasów, wydzielonych tras, priorytetów w sygnalizacji świetlnej.
 - Zwiększenie efektywności wykorzystania pojazdów transportu zbiorowego.
 - Zmniejszenie średniego wieku taboru.
 - Zmniejszenie liczby awarii ze względu na odmłodnienie taboru.
 - Postęp w technologii akumulatorów i infrastruktury ładowania.
 - Brak pojazdów spalinowych w centrach miast.

- Zmniejszenie emisji zanieczyszczeń emitowanych przez pojazdy (niektóre niemal do zera).
- Zwiększenie prędkości komunikacyjnych transportu publicznego oraz skrócenie czasów podróży.
- Zwiększenie atrakcyjności i komfortu podróży publicznym transportem zbiorowym, a w efekcie wzrost liczby pasażerów.
- Większy zasięg pojazdów na jednym ładowaniu i większa żywotność ogniw.
- Zmniejszenie hałasu, które wywoływały pojazdy spalinowe.
- Zmniejszenie zatłoczenia motoryzacyjnego w miastach.

Źródło: opracowanie własne.

DZIAŁANIA I PLANY JST SOM

Kręgosłupem transportu w Szczecińskim Obszarze Metropolitalnym jest rozbudowywana kolej metropolitalna, natomiast w Szczecinie – komunikacja tramwajowa. Autobusy stanowią uzupełnienie systemu i dowóz do 40 węzłów przesiadkowych z koleją. Istotnym zadaniem w ramach SOM jest też realizacja parkingów Park&Ride z łączną sumą 1800 miejsc parkingowych. Od września 2024 r. na obszarze SOM obowiązuje również wspólny bilet na kolej i komunikację miejską.

Elektryfikacja linii autobusowych

Dotychczas w Szczecinie eksploatowanych jest 16 autobusów elektrycznych, a do ich obsługi wybudowano ładowarki wolne na terenie zajezdni SPA Klonowica oraz ładowarki szybkie, pantografowe na 3 na pętlach. Miasto planuje budowę kolejnych ładowarek pantografowych przy okazji przebudowy infrastruktury przystankowej lub pętli. ZDITM w czasie wywiadu zadeklarował potrzebę budowy ładowarki na każdej pętli, na której będzie to możliwe i uzasadnione. Ponadto, przewiduje się zadaszenie i budowę paneli fotowoltaicznych nad węzłami przesiadkowymi lub zajezdniami wraz z magazynami energii (operatorzy autobusowi). Wskazywano jednak, że energia w ten sposób pozyskana powinna być dostępna do konsumpcji bezpośrednio przez operatora bez oddawania jej do sieci energetycznej.

Obecnie nie planuje się wspólnych grup zakupowych na tabor zeroemisyjny z powodu braku przekonania do jednoznacznej, jednolitej ścieżki postępowania przez wszystkie samorządy oraz ograniczenia budżetowe. Szczecińskie spółki autobusowe nadal kupują autobusy używane w celu odnowienia floty pojazdów, a co raz większym wyzwaniem jest znalezienie na rynku dobrych autobusów używanych z silnikiem diesla bądź hybrydowych.

Dla członków stowarzyszenia biuro SSOM przewiduje wizyty studyjne: krajowe w 2025 r. oraz zagraniczne w 2026 r., pokazujące wdrażanie i efekty zeroemisyjnego transportu publicznego.

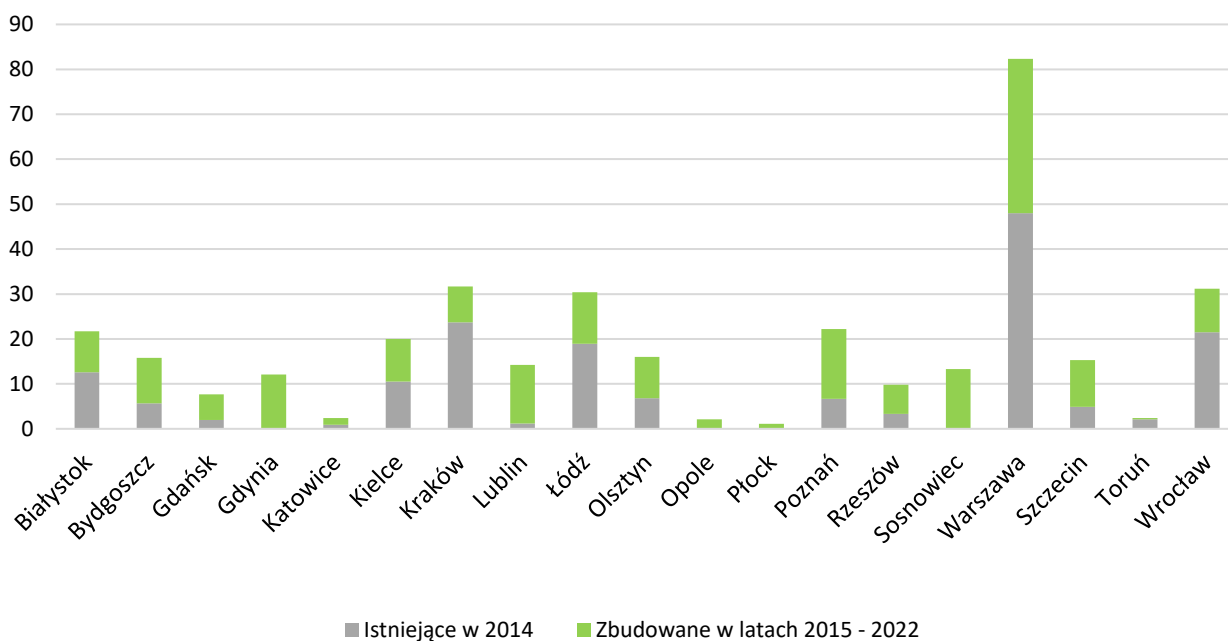
Miasta wspierają jednak rozwój zeroemisyjnego transportu publicznego również prowadząc działania towarzyszące, wymienione w punkcie 4 Planu wdrażania (por. Tabela 9).

Buspasy i wspólny pasy autobusowo-tramwajowe (PAT)

Buspasy lub wspólne pasy autobusowo-tramwajowe są kluczowym elementem pozwalającym minimalizować liczbę taboru potrzebnego do obsługi pasażerów i zadań przewozowych. Jest to szczególnie istotne w przypadku wdrażania autobusów zeroemisyjnych, które są znacznie droższe od spalinowych. Powinno się też zapobiegać sytuacji np. postojów autobusów elektrycznych w zatorach drogowych, co zwiększa niepewność realizacji zadania w kontekście poziomu naładowania baterii. Ponadto, skracanie czasu podróży zwiększa atrakcyjność transportu publicznego, co może prowadzić do wzrostu liczby pasażerów (oczekiwany rezultat w dokumentach strategicznych rządu oraz programach operacyjnych).

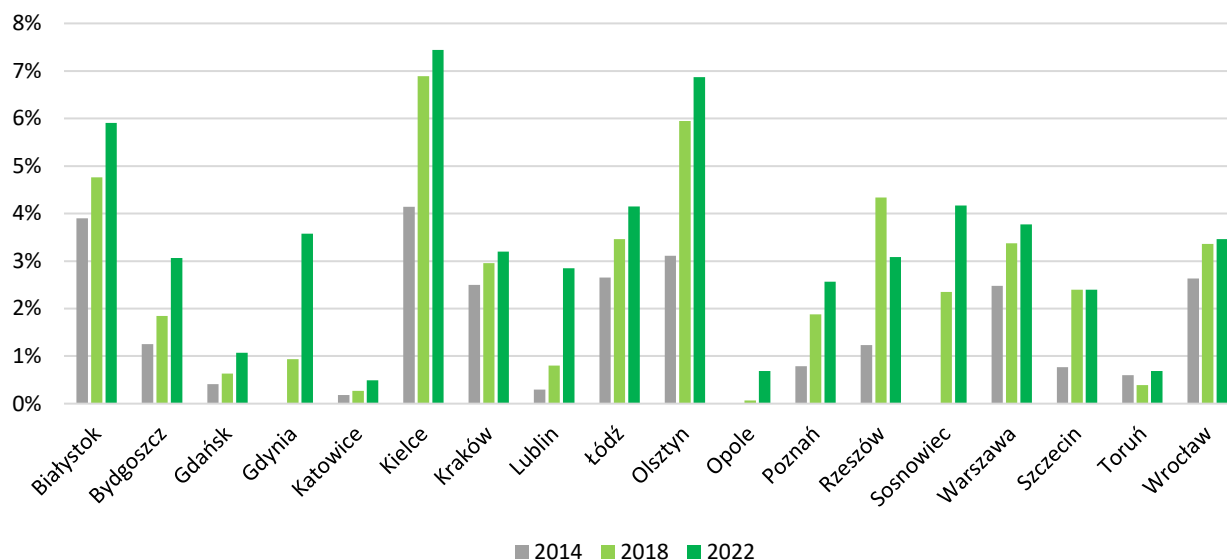
Szczecin wśród polskich miast używa ok. 15 km buspasów – por. Rysunek 15. Z Banku Danych Lokalnych GUS pozyskano dane o długości gminnych i powiatowych dróg o nawierzchni twardej, ulepszonej – ponieważ głównie po takich drogach poruszają się pojazdy komunikacji miejskiej – por. Rysunek 16.

Rysunek 15. Długość buspasów w 2014 roku i nowych wyznaczonych w latach 2015-2022 [km] w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców, w których ich długość przekroczyła 2 km



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS

Rysunek 16. Udział buspasów w sieci dróg gminnych i powiatowych o nawierzchni twardej ulepszonej w wybranych miastach o ludności ponad 100 tys. mieszkańców



Źródło: opracowanie własne

Strefa Czystego Transportu

Kolejnym działaniem JST wspierającym transport zeroemisyjny jest tworzenie, w myśl ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych, Stref Czystego Transportu (SCT).

W czerwcu 2024 roku władze Szczecina rozpoczęły prace nad utworzeniem SCT, obejmującej początkowo rejon Starego Miasta, tj. 2-3 ulice w okolicach Podzamcza. Decyzja ta była motywowana chęcią poprawy jakości powietrza oraz uzyskaniem dodatkowych punktów w konkursie o dofinansowanie zakupu ośmiu niskopodłogowych tramwajów dwukierunkowych ze środków Krajowego Planu Odbudowy. Przyjęcie uchwały intencyjnej w tej sprawie miało zwiększyć szanse miasta na otrzymanie do 85% wsparcia finansowego na zakup nowego taboru tramwajowego⁵⁰. SCT mogłaby rozpocząć funkcjonowanie od 1 stycznia 2026 r.⁵¹.

Transport publiczny zeroemisyjny ma stanowić alternatywę dla mieszkańców, którzy nie będą dysponować pojazdami mogącymi wjechać do SCT lub nie chcącymi opłacać wjazdu do tych stref (w zależności od zasad funkcjonowania strefy). Ponadto wpływy z funkcjonowania SCT mogą wesprzeć rozwój publicznego transportu zeroemisyjnego, m.in. poprzez zakup taboru czy budowę infrastruktury do ładowania autobusów elektrycznych na jej terenie.

⁵⁰ Strefa Czystego Transportu ma powstać w Szczecinie. To cena za nowe tramwaje, <https://wszczecinie.pl/strefa-czystego-transportu-ma-powstac-w-szczecinie-to-cena-za-nowe-tramwaje/48203>, data artykułu: 13.06.2024 r., data dostępu: 27.11.2024 r.

⁵¹ „Boże, co za bzdury!”. Radny nie wytrzymał po słowach o Strefie Czystego Transportu, <https://wszczecinie.pl/boze-co-za-bzdury-radny-nie-wytrzymał-po-słowach-o-strefie-czystego-transportu/49792>, data artykułu: 26.11.2024 r., data dostępu: 27.11.2024 r.

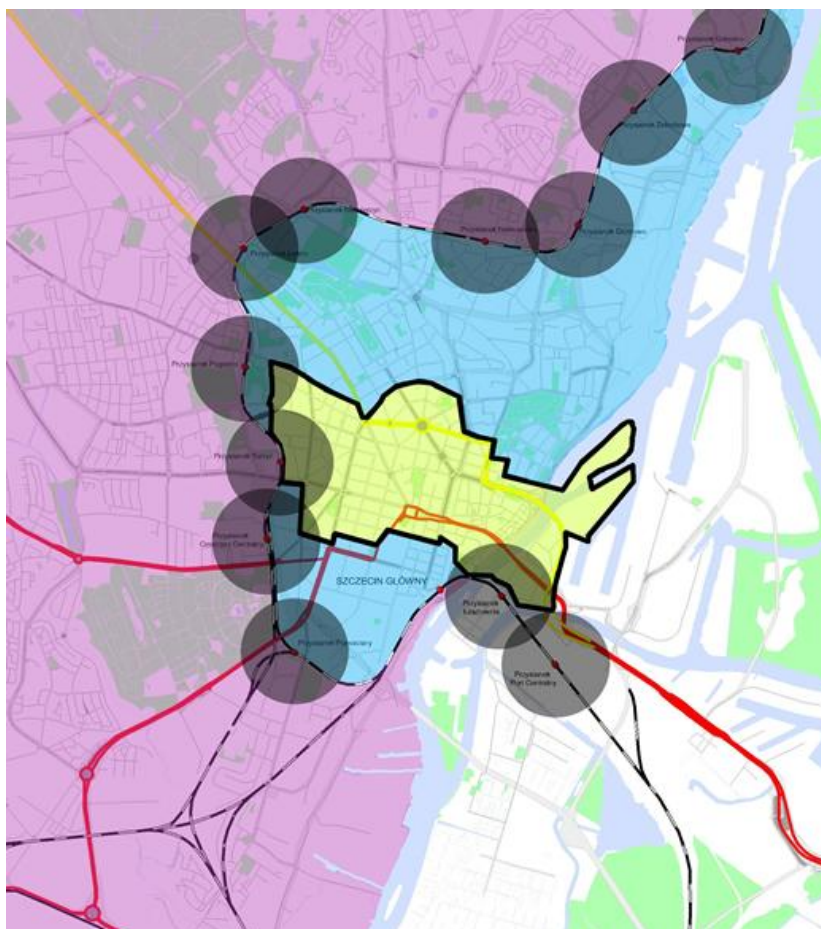
Parkowanie

Nowy Ład Parkingowy w Szczecinie, wdrażany od 2022 roku, ma na celu usprawnienie systemu parkowania poprzez budowę parkingów typu Park & Ride (P+R) oraz parkingów przy stacjach Szczecińskiej Kolei Metropolitalnej (SKM). Inicjatywa ta umożliwi kierowcom pozostawienie pojazdów na obrzeżach miasta i kontynuowanie podróży transportem publicznym, co sprzyja redukcji ruchu samochodowego w centrum oraz poprawie jakości powietrza. Sposobem na regulację popytu na miejsca postojowe w centrach miast jest strefa płatnego parkowania.

Nowy Ład Parkingowy wprowadza podział miasta na trzy strefy o różnych priorytetach komunikacyjnych (por. Rysunek 17):

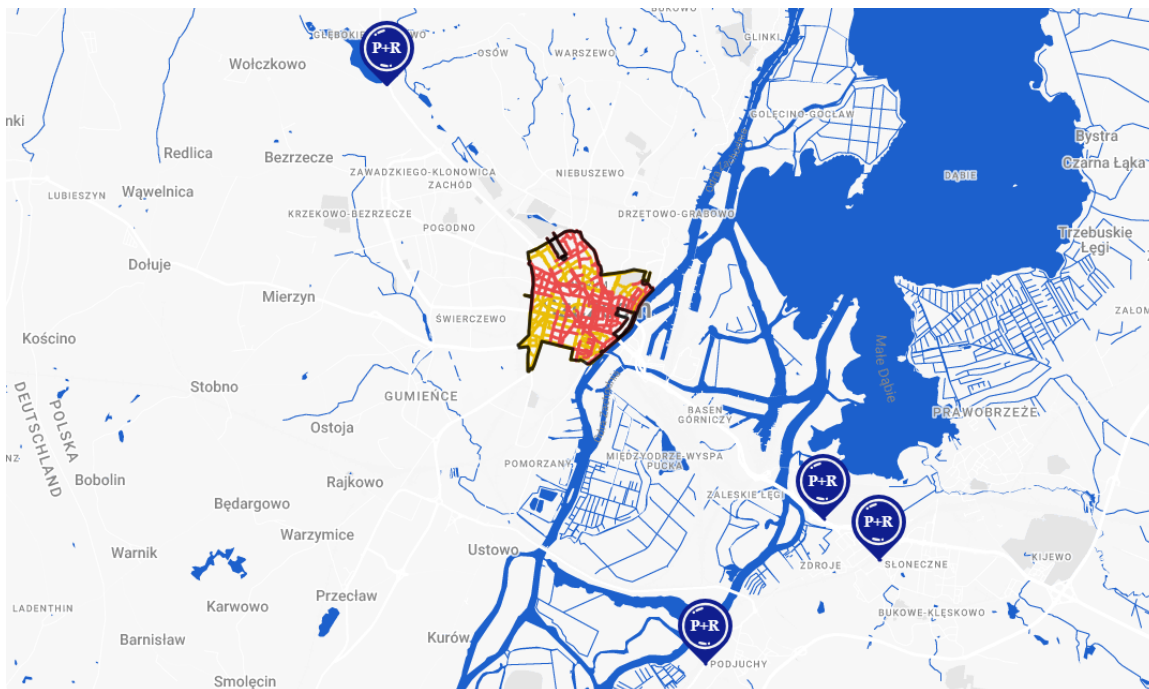
- Strefę Strategicznej Interwencji (z preferencją dla pieszych, komunikacji publicznej, elektromobilności i uzupełniających środków komunikacji, ze stopniowym ograniczaniem ruchu prywatnych aut na Starym Mieście i Łasztowni) - kolor żółty na mapie;
- Strefę Szczecińskiej Kolei Metropolitalnej (strefa preferencji dla komunikacji publicznej i elektromobilności z udziałem aut prywatnych) – kolor niebieski.
- Strefę Zewnętrzną (obszar poza śródmieściem oddzielony linią SKM - bez ograniczeń w ruchu z uwzględnieniem parkingów buforowych na granicy strefy) – kolor fioletowy.

Rysunek 17. Nowy ład parkingowy w Szczecinie



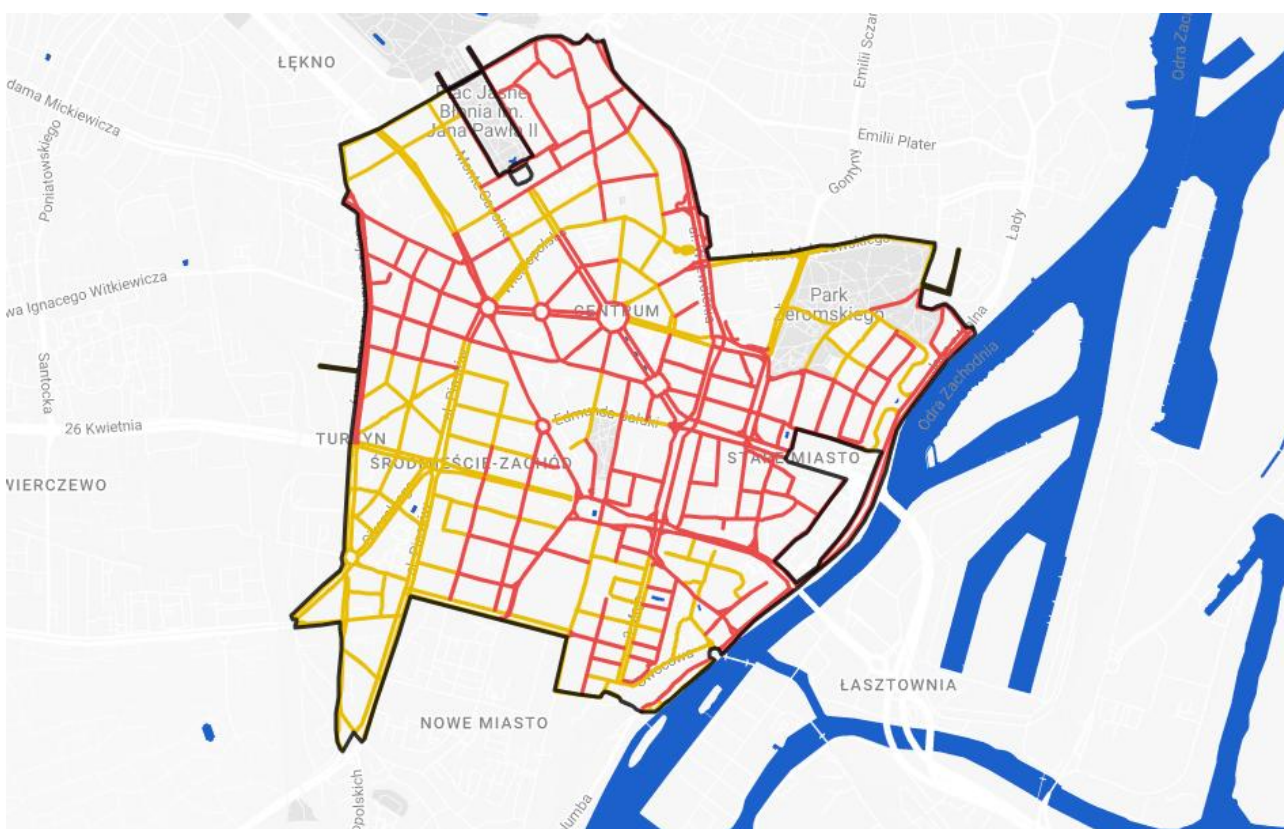
Źródło: <https://spp.szczecin.pl/aktualnosci/nowy-lad-parkingowy>

Rysunek 18. Mapa parkingów P+R w Szczecinie



Źródło: <https://spp.szczecin.pl/mapa-spp>

Rysunek 19. Mapa Strefy Płatnego Parkowania Niestrzeżonego (strefa żółta i czerwona)



Źródło: <https://spp.szczecin.pl/mapa-spp>

Edukowanie o zaletach transportu zeroemisyjnego

W ramach obchodów Europejskiego Dnia bez Samochodu, 22 września 2024 roku, w województwie zachodniopomorskim zorganizowano szereg inicjatyw promujących ekologiczne środki transportu. Pasażerowie pociągów REGIO mogli podróżować bezpłatnie na podstawie ważnego dowodu rejestracyjnego pojazdu, co umożliwiała darmowy przejazd dla właściciela samochodu oraz jednej osoby towarzyszącej. W Szczecinie komunikacja miejska była tego dnia bezpłatna dla wszystkich pasażerów, a w Stargardzie właściciele aut mogli korzystać z darmowych przejazdów autobusami miejskimi, okazując dowód rejestracyjny. Dodatkowo, w Policach komunikacja miejska była dostępna bez opłat, a w Koszalinie użytkownicy rowerów miejskich cieszyli się wydłużonym czasem darmowego wypożyczenia do jednej godziny dziennie. W Cedyni zorganizowano rajd rowerowy, promujący aktywny i ekologiczny styl życia⁵².

W Szczecinie realizowane są różnorodne inicjatywy edukacyjne promujące transport zeroemisyjny. Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Szczecinie prowadzi nabory projektów z zakresu edukacji ekologicznej, obejmujących tematy takie jak efektywność energetyczna, odnawialne źródła energii, niskoemisyjny transport oraz przeciwdziałanie emisjom. Dofinansowanie może wynieść do 90% kosztów kwalifikowanych, z maksymalną kwotą dotacji 150 000 zł⁵³.

Ponadto, kampania "Ekologicznie na dwóch kółkach" promuje ekologiczne środki transportu oraz edukuje rowerzystów i kierowców w zakresie bezpieczeństwa i ekologii⁵⁴.

Dodatkowo, w ramach Programu Regionalnego Wsparcia Edukacji Ekologicznej, mieszkańcy województwa zachodniopomorskiego mogą składać wnioski o dofinansowanie na szkolenia, konferencje, kampanie oraz modernizację ośrodków edukacyjnych, co sprzyja podnoszeniu świadomości ekologicznej w regionie⁵⁵.

Transport wodorowy

Obecnie żadne miasto nie eksploatuje autobusu wodorowego, nie ma również w najbliższych latach planu zakupu takiego taboru. Analiza wskazała jednak na konieczność inwestycji w ten segment rynku ze względu na długie zadania przewozowe w ciągu dnia. Niektórzy przedstawiciele miast

⁵² „Dzień bez samochodu” w województwie zachodniopomorskim, <https://infoludek.pl/pomorze-zachodnie/dzien-bez-samochodu-w-wojewodztwie-zachodniopomorskim/>, data artykułu: 19.09.2024 r., data dostępu: 27.11.2024 r.

⁵³ Konkurs Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Szczecinie na projekty dot. edukacji ekologicznej, <https://www.pm.szczecin.pl/pl/struktura/jednostki/centrum-projektow-i-innowacji/aktualnosci/konkurs-wojewodzkiego-funduszu-ochrony-rodowiska-i-gospodarki-wodnej-w-szczecinie-na-projekty-dot-edukacji-ekologicznej/>, data artykułu: 6.09.2022 r., data dostępu: 27.11.2024 r.

⁵⁴ Kampania „Ekologicznie na dwóch kółkach”, <https://www.kuratorium.szczecin.pl/komunikaty/kampania-ekologicznie-na-dwoch-kolkach/>, data artykułu: 29.09.2020 r., data dostępu: 27.11.2024 r.

⁵⁵ Program Regionalnego Wsparcia Edukacji Ekologicznej, <https://www.kuratorium.szczecin.pl/kuratorium/aktualnosci/program-regionalnego-wsparcia-edukacji-ekologicznej/>, data artykułu: 22.08.2022 r., data dostępu: 27.11.2024 r.

podjęli wstępne rozmowy z Zakładami Azotowymi Police w zakresie możliwości pozyskania wodoru. Dotychczasowe rozmowy nie przełożyły się na zakup tego rodzaju paliwa. Samorządy oraz firmy prywatne są jednak nieustannie chętne do poszerzania wiedzy o wodorze, czego dowodem jest liczna obecność na wydarzeniach, których celem jest przekazanie wiedzy i wymiana doświadczeń o technologii wodorowej⁵⁶.

STUDIUM PRZYPADKU

Szczeciński Szybki Tramwaj

Szczeciński Szybki Tramwaj (SST) to bezkolizyjna linia tramwajowa w Szczecinie, łącząca lewobrzeżną i prawobrzeżną część miasta. Ważny odcinek trasy o długości 4 km został uruchomiony 29 sierpnia 2015 roku z pętli Basen Górniczy do pętli Turkusowa (por. Rysunek 20), który pozwolił przedłużyć istniejący już wcześniej 4,5-kilometrowy korytarz z centrum miasta (przystanek Brama Portowa).

Trasa SST ma stosunkowo mało przystanków i charakteryzuje się dużą prędkością komunikacyjną, przekraczającą 30 km/h, co czyni ją najszybszą linią tramwajową w Polsce. Prędkość maksymalna osiągnięta przez tramwaje wynosi 70 km/h. Niestety na równoległym korytarzu samochodowym również ograniczenie prędkości wynosi 70 km/h, więc konkurencyjność tego korytarza względem ruchu samochodowego nie jest duża. Tymczasem szybkie tramwaje w niemieckich sieciach na bezkolizyjnych trasach rozwijają prędkość nawet 100 km/h, co znacznie zwiększa ich konkurencyjność względem transportu indywidualnego.

Na odcinku SST zlokalizowano cztery przystanki: Basen Górniczy, Hangarowa, Jaśminowa ZUS oraz Turkusowa. Przystanek Hangarowa funkcjonuje jako przystanek na żądanie, co pozwala na optymalizację czasu przejazdu i dostosowanie zatrzymań do rzeczywistych potrzeb pasażerów (por. Rysunek 21).

Trasę obsługują 3 linie tramwajowe (2, 7, 8) zapewniając dojazd do zachodniej (Gumieńce), zachodnio-północnej (Osiedle Zawadzkiego) i północnej części (Dworzec Niebuszewo) Lewobrzeżnego Szczecina. Tramwaje kursują z częstotliwością co 15 minut w dni powszednie i soboty oraz co 20 minut w niedziele i święta. W rozkładzie brakuje wzmocnienia obsługi w godzinach szczytu, co może generować ponadnormatywne wypełnienia w pojazdach. Na wspólnym odcinku trasy, tj. Brama Portowa – Turkusowa, rozkłady jazdy są zsynchronizowane odcinkowo i zapewniają w dni powszednie odjazdy co 5 minut, natomiast w niedziele i święta synchronizacja jest wadliwa i kursy odbywają się w odstępach co 5-5-10 minut. W takim przypadku lepszy efekt regularności odjazdów w stałych odstępach zapewniłaby synchronizacja co 6-7-7 minut, choć mogłoby to pogorszyć synchronizację na innych odcinkach sieci tramwajowej.

⁵⁶ Konferencja H2Szczecin-Wodór <https://wszczecinie.pl/nie-ma-offshore-bez-wodoru-konferencja-h2szczecin-przyniosla-mnstwo-interesujacych-wnioskow/49835>, data dostępu: 5.12.2024 r.

Rysunek 20. Przebieg Szczecińskiego Szybkiego Tramwaju między pętlami Basen Górniczy i Turkusowa



Źródło: OpenStreetMap Contributors - openstreetmap.org

Rysunek 21. Korytarz Szczecińskiego Szybkiego Tramwaju i przystanek Hangarowa N/Ż (z prawej strony) wraz z parkingiem Park & Ride (z lewej strony), dostępnym poprzez pieszą kładkę



Fot. M. Czerliński, 2024

SST odgrywa kluczową rolę w obsłudze Prawobrzeża, zapewniając szybkie i sprawne połączenie z centrum miasta. Dzięki temu mieszkańcy prawobrzeżnych osiedli mają łatwiejszy dostęp do usług i miejsc pracy położonych w lewobrzeżnej części Szczecina. Inwestycja ta przyczyniła się do integracji obu części miasta oraz zwiększyła atrakcyjność transportu publicznego.

Korytarz SST zastąpił część linii autobusowych, które zostały skrócone bądź do pętli Basen Górnicy, bądź do pętli Turkusowa. W efekcie ograniczono liczbę brygad obsługiwanych autobusami spalinowymi, a dziś komunikacja odbywa się zeroemisyjną komunikacją tramwajową.

- **Miasta SOM realizują 5 rodzajów działań w ramach wdrażania zeroemisyjnego transportu zbiorowego: zakup taboru, budowę infrastruktury punktowej lub liniowej, realizację działań towarzyszących oraz inne, jak np. opracowywanie analiz kosztów i korzyści, wymiana napędów lub baterii trakcyjnych czy działania zwiększające efektywność energetyczną np. poprzez własne instalacje fotowoltaiczne na dachach infrastruktury.**
- **Działania towarzyszące wdrożeniu zeroemisyjnego transportu zbiorowego są bardzo istotne, ponieważ z jednej strony mogą zwiększać efektywność wykorzystania taboru zeroemisyjnego, a z drugiej powodować wzrost liczby pasażerów transportu publicznego. Do takich działań należy wdrażanie priorytetów w ruchu transportu publicznego, wyznaczanie stref czystego transportu czy kampanie promujące korzystanie z transportu publicznego, takie jak Europejski Tydzień Mobilności.**
- **Do zdecydowanie najskuteczniejszych narzędzi należą jednak priorytety w ruchu transportu publicznego, do których zaliczamy budowę i wyznaczanie wydzielonych pasów ruchu bądź całych tras dla autobusów lub tramwajów, a także priorytety w działaniu sygnalizacji świetlnej.**
- **Przykład projektu tramwajowego w Szczecinie pokazuje możliwość zastępowania spalinowej komunikacji autobusowej, zeroemisyjnymi tramwajami. Szczeciński Szybki Tramwaj pozwolił zastąpić część autobusów spalinowych w obsłudze Prawobrzeża.**

3.4. Analiza SWOT

Odpowiedź na pytanie:

Pyt. 4. Jakie są mocne i słabe strony zeroemisyjnego transportu zbiorowego oraz jakie są szanse i zagrożenia dla jego dalszego rozwoju?

Analizę SWOT zrealizowano w formie tabeli zawierającej wszystkie elementy dotyczące zeroemisyjnego transportu zbiorowego, jego mocne i słabe strony oraz szanse i zagrożenia dla jego dalszego rozwoju (por. Tabela 10). Pozycjonowanie elementów determinuje ich znaczenie, przykładowo najważniejsze mocne strony zeroemisyjnego transportu umieszczone są jako pierwsze na górze tabeli, natomiast najmniej ważne jako ostatnie na dole tabeli.

Tabela 10. Analiza SWOT zeroemisyjnego transportu zbiorowego w Szczecińskim Obszarze Metropolitalnym

MOCNE STRONY	SŁABE STRONY
<p style="text-align: center;">BARDZO WAŻNE</p> <p>1. Niższe koszty bieżącej eksploatacji pojazdów elektrycznych w stosunku do spalinowych.</p> <p>2. Pojazdy elektryczne wyposażone w baterie rekuperują energię z hamowania, doładowując baterie by potem wykorzystać ją przy zwiększaniu i utrzymywaniu prędkości. Odzysk energii wynosi od 5 do 20%.</p> <p>3. Pierwsze wdrożenia zeroemisyjnego transportu wymagają budowy infrastruktury od zera, natomiast kolejne – pozwalają wykorzystać wcześniejsze inwestycje i rozłożyć koszty na większą liczbę pojazdów. Na terenie zajezdni nie potrzeba takiej samej liczby ładowarek jak autobusów, na pętlach natomiast istotna jest liczba autobusów jednocześnie odbywających postój.</p>	<p style="text-align: center;">BARDZO WAŻNE</p> <p>1. Ograniczony zasięg autobusów elektrycznych, który przy braku infrastruktury i kultury organizacji, może nie pozwalać na obsługę brygad całodziennych. Mały zasięg wynika z niskiej gęstości energii w bateriach na jednostkę wagi (kilogram). Nieracjonalne jest wożenie ciężkich baterii i zużywanie na ten cel dodatkowej energii. Powoduje to ograniczoną możliwość wprowadzania pojazdów zeroemisyjnych np. na długie trasy podmiejskie lub pospieszne.</p> <p>1a. Średnio niższy roczny przebieg autobusu elektrycznego w Polsce względem spalinowego. Jest to jednak uwarunkowane początkami wdrożeń tego typu taboru w Polsce i nabywaniem umiejętności właściwego zarządzania zadaniami przewozowymi.</p>
<p style="text-align: center;">WAŻNE</p> <p>4. Poprawa warunków środowiskowych oraz życia w obszarach miejskich - pojazd zeroemisyjny nie jest uciążliwy (pod względem emisji zanieczyszczeń i hałasu) dla mieszkańców zabudowy przy korytarzach transportowych. Mieszkańcy lepiej odbierają też funkcjonowanie komunikacji nocą oraz zimą.</p> <p>4a. Obniżona emisja hałasu. Autobus elektryczny lub wodorowy emituje około 70 dB hałasu, podczas gdy spalinowy ponad 75 dB. W czasie postoju poziom hałasu autobusu zeroemisyjnego jest mniejszy niż 65 dB.</p> <p>5. Większy komfort podróżowania zeroemisyjnym taborem, który jest cichszy i nie</p>	<p>2. Dziś występująca większa awaryjność autobusów elektrycznych niż spalinowych. Awarii może też ulec infrastruktura ładująca, ograniczając możliwość realizacji rozkładu jazdy na części tras. Transport elektryczny jest szczególnie podatny na bardzo niskie i wysokie temperatury.</p> <p>3. Wysoki koszt inwestycji w zeroemisyjny transport zbiorowy. Dotyczy to wszystkich jego rodzajów: autobus elektryczny, wodorowy i tramwaj. Bez dofinansowań zdolność do wdrażania transportu zeroemisyjnego w miastach byłaby bardzo ograniczona.</p> <p>3a. Autobusy elektryczne są dwukrotnie droższe od spalinowych, wraz z infrastrukturą ładującą mogą być nawet trzykrotnie droższe.</p>

MOCNE STRONY	SŁABE STRONY
<p>emituje zapachów płynów eksploatacyjnych czy paliwa.</p> <p>6. Realizacja celów klimatycznych Polski i UE, które mają prowadzić do mitygacji, przyspieszonych emisją CO₂, zmian klimatu.</p> <p style="text-align: center;">MNIEJ WAŻNE</p> <p>6. Duży moment obrotowy silnika pojazdów elektrycznych, co ułatwia podjeżdżanie pod wzniesienia od zerowej prędkości początkowej. Ponadto, większa dynamika jazdy.</p> <p>7. W przypadku kolizji lub usterki brak zanieczyszczenia wyciekami paliw lub olejów.</p> <p>8. Pojazdy zeroemisyjne budują nowoczesny wizerunek publicznego transportu zbiorowego jako idącego z duchem czasu, dbającego o środowisko, przyszłe pokolenia i wykorzystującego nowe technologie.</p>	<p>Duży jest koszt baterii oraz budowy infrastruktury ładującej – w przeciętnym autobusie elektrycznym bateria kosztuje 400-600 tys. zł netto, ładowarka pantografowa 600 tys. zł, natomiast plug-in 90 tys. zł. Bateria wymaga wymiany po okresie ok. 7-8 lat – w połowie szacowanego okresu życia pojazdu.</p> <p>3b. Autobusy wodorowe są jeszcze droższe od elektrycznych (nawet o 50%), na co składa się wysoki koszt ogniw paliwowych. Istotne są koszty zapewnienia bezpieczeństwa pojazdu, w tym odpowiednia infrastruktura zajezdni. Wodór, przy odpowiednim stosunku objętościowym, tworzy z powietrzem mieszaninę wybuchową.</p> <p>4. Niska dostępność wodoru (w szczególności wodoru zielonego), infrastruktury zasilania wodorem oraz wysoki koszt zakupu paliwa (dziś ok. 60-70 zł za kg wodoru).</p> <p style="text-align: center;">WAŻNE</p> <p>5. System energetyczny kraju oparty na spalaniu węgla nadal emituje zanieczyszczenia (w 2023 udział OZE wyniósł 27%) – w efekcie przewóz transportem elektrycznym jest zeroemisyjny tylko w miejscu realizacji przewozów.</p> <p>6. Przy produkcji baterii do pojazdów elektrycznych wykorzystywane są rzadkie pierwiastki chemiczne, wydzielany jest też dwutlenek węgla (śląd węglowy produkcji autobusu elektrycznego nie jest zerowy).</p> <p>7. Konieczność zapewnienia dodatkowych postojów i czasu ładowania autobusom bateryjnym pomiędzy kursami na pętlach lub zjazd autobusu do zajezdni. Pojazd pozostaje wtedy niedostępny do ruchu.</p>

MOCNE STRONY**SŁABE STRONY**

8. Dofinansowania obejmujące głównie zakup pojazdów i ładowarek – niedostatek kompleksowego finansowania infrastruktury do obsługi taboru zeroemisyjnego (np. zajezdni – konstrukcji w halach umożliwiających prace na dachu pojazdu, suwnic do wymiany pakietów baterii czy instalacji pozwalających na postój autobusu wodorowego).

9. Długi czas uruchamiania infrastruktury ładującej - uzyskanie pozwolenia na przyłączenie i usytuowanie ładowarek trwa zbyt długo i jest elementem decydującym o czasie wdrożenia transportu zeroemisyjnego.

10. Pojazdy zeroemisyjne są dużo cięższe od spalinowych, co odbija się na kosztowniejszym utrzymaniu infrastruktury drogowej miast.

11. Konieczność przeznaczenia większych powierzchni miasta na infrastrukturę elektrycznego transportu zeroemisyjnego względem spalinowego.

12. Duży popyt na pojazdy elektryczne sprawia, że producenci nie nadążają z produkcją, co zawyża marże i koszt realizacji zamówień.

MNIEJ WAŻNE

13. Niewystarczająca skrajnia obiektów inżynierskich infrastruktury drogowej, ograniczająca w niektórych przypadkach możliwość trasowania wyższych pojazdów zeroemisyjnych w obszarach miejskich (autobusy elektryczne lub wodorowe są wyższe o ok. 0,25 m, a trolejbusy o ok. 0,4 m od autobusu spalinowego).

14. Niski poziom świadomości ekologicznej społeczeństwa i jego przełożenia w środowisku miejskim na jakość życia i zdrowie.

MOCNE STRONY	SŁABE STRONY
	<p>15. Potrzeba specjalistycznego sprzętu do obsługi pojazdów, baterii i infrastruktury transportu zeroemisyjnego, którego operatorzy komunikacji miejskiej dotychczas nie posiadali.</p>
SZANSE	ZAGROŻENIA
<p style="text-align: center;">BARDZO WAŻNE</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kluczowa jest wydzielona infrastruktura (buspasy, wspólne torowiska tramwajowo-autobusowe, priorytety w sygnalizacji świetlnej), po której porusza się tabor zeroemisyjny – by zwiększać prędkość komunikacyjną, zmniejszać zużycie energii i zapotrzebowanie na tabor oraz kierowców. 2. Zeroemisyjną energię można pozyskać z instalacji fotowoltaicznej na dachu pojazdu oraz infrastrukturze zajezdni czy węzłów przesiadkowych. 3. Wysoki poziom dofinansowań oraz mnogość programów krajowych i unijnych (np. ZTP NFOŚiGW, FEdPZ, FENIKS itd.), pozwalających na zakup taboru zeroemisyjnego w powiązaniu z towarzyszącą infrastrukturą ładującą. Obecnie bardzo trudne jest otrzymanie dofinansowania na autobus spalinowy, nawet spełniający normę Euro VI. 4. Wprowadzenie systemu handlu emisjami EU ETS2 dla transportu drogowego, powodującego znaczny wzrost cen paliw emisyjnych, ale też zapewniającego dodatkowe fundusze na wdrożenie zeroemisyjnego transportu zbiorowego. 5. Transport zeroemisyjny pod względem funkcjonalnym jest w stanie zapewnić ten sam poziom obsługi rozkładu jazdy, jak transport spalinowy – przykład Sosnowca czy Jaworzna. 	<p style="text-align: center;">BARDZO WAŻNE</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Warunek dofinansowania wymiany taboru, a nie powiększania parku taborowego, nie sprzyja zwiększaniu pracy eksploatacyjnej w komunikacji miejskiej. Jeśli organizator chce zwiększyć wozokilometry w sieci autobusowej, powinien mieć możliwość zamówienia obsługi taboru spalinowym – by uzyskać efekt przejścia pasażera na transport publiczny. Wyłączenie z dofinansowania ZIT części SOM, np. Świnoujścia. 2. Programy dofinansowania są bardzo trudne. Wnioski powinny być na tyle proste, żeby każda gmina mogła bez problemu wniosek złożyć bez konieczności pomocy doradców zewnętrznych. 3. Pogłębiające się pogorszenie bieżącej sytuacji finansowej miast i budżetów komunikacji miejskiej na skutek inflacji oraz wdrażania postanowień Europejskiego Zielonego i Polskiego Ładu. 4. Niepewność względem cen energii i paliw zeroemisyjnych (wodoru). <ol style="list-style-type: none"> 4a. Dalszy wzrost cen energii elektrycznej nieproporcjonalnie wyższy niż wzrost cen paliw, na skutek transformacji systemu energetycznego w Polsce i jego destabilizacji w ostatnich latach w Europie. 4b. Niepewność względem technologii i stabilności pozyskiwania i dostarczania wodoru, niepewność ceny wodoru.

SZANSE	ZAGROŻENIA
<p>5a. Autobusy wodorowe, przy pewności dostaw paliwa, funkcjonują podobnie do autobusów spalinowych – codzienne jednorazowe tankowanie oraz brak doładowań w ciągu dnia. Autobus taki posiada wszystkie zalety autobusu elektrycznego.</p> <p>5b. Autobusy elektryczne przy odpowiednim doborze i rozmieszczeniu infrastruktury oraz zabiegach organizacyjnych również mogą realizować rozkład identyczny bądź podobny do zadań realizowanych autobusami spalinowymi.</p> <p>6. Możliwość ograniczenia szkodliwego wpływu transportu na środowisko, a w powiązaniu z transformacją systemu energetycznego – stopniowe przejście na gospodarkę zeroemisyjną.</p>	<p>5. Rosnąca presja na wynagrodzenia prowadzących i ich niedostatek w transporcie publicznym, spowodowany przejściem pracowników przez bardziej konkurencyjne rynki pracy. Ograniczenie możliwości pozyskiwania pracowników zza granicy. Czynniki te mogą znacznie ograniczyć funkcjonowanie transportu publicznego w miastach (przykład – Szczecin) oraz możliwość jego dalszego rozwoju, zakładającego wzrost pracy eksploatacyjnej.</p> <p>6. W przypadku chęci znacznego przyspieszenia wdrożenia transportu zeroemisyjnego - brak możliwości zwiększenia wolumenu produkcji autobusów przez producentów posiadających fabryki w Polsce.</p>
<p>WAŻNE</p>	
<p>7. Uwarunkowania SOM sprzyjające rozwojowi alternatywnych źródeł energii, w tym energetyki wodorowej (zakład w Policach).</p> <p>8. Coraz bardziej wydajna technologia baterii, dzięki czemu pojazdy będą mogły być wykorzystane na dłuższych trasach i w bardziej optymalny sposób, np. momenty doładowania nie będą tak kluczowe dla realizacji pełnego rozkładu jazdy w ciągu dnia, a pojazd będzie mógł być przez dłuższy czas w ruchu.</p> <p>9. Rosnący rynek producentów rozwiązań i pojazdów dla zeroemisyjnego transportu – pojawienie się nowych producentów, którzy dotychczas nie dostarczali rozwiązań do transportu zbiorowego.</p>	<p>7. Obawa o poziom kosztów autobusowego transportu zeroemisyjnego po okresie gwarancji – mogą one znacząco przededefiniować opłacalność przedsięwzięć, gdy konieczne będzie utrzymanie pojazdów oraz dodatkowo infrastruktury zasilającej.</p> <p>8. Sztuczne zawyżenie cen przez zbyt duży wolumen zamówień – producenci nie nadążający z produkcją, zawyżenie marży producenckich. Promowanie produkcji pozaeuropejskiej jako jedynych rynków gotowych do pokrycia podażą wytworzonego popytu. Ryzyko geopolityczne takiej sytuacji, gdyby polskie miasta były zmuszone masowo korzystać z produktów producentów np. z Chin czy Turcji.</p>
<p>WAŻNE</p>	<p>WAŻNE</p>
<p>10. Funkcjonowanie na Szczecińskim Obszarze Funkcjonalnym sieci tramwajowej, ułatwiające wpięcie się z infrastrukturą zasilającą w już</p>	<p>9. Ograniczone możliwości operatorów do konsumowania dotacji w zakresie zarówno taboru, jak i budowy infrastruktury oraz procedowania zamówień - znaczne opóźnienie</p>

SZANSE	ZAGROŻENIA
<p>istniejący system energetyczny miasta oraz zapewniające możliwość jej dalszej rozbudowy.</p> <p>11. Wzrost wykorzystania technologii wodoru na świecie i w Europie może przyspieszyć rozwój zeroemisyjnego transportu wodorowego. Oczekiwany jest spadek cen pojazdów i paliwa wraz ze wzrostem liczby dostawców (konkurencja) i skali produkcji, również, jeśli chodzi o transport indywidualny.</p> <p>12. Możliwość wykorzystania przez operatorów PTZ wyeksploatowanych baterii pojazdów jako stacjonarne magazyny energii.</p> <p style="text-align: center;">MNIEJ WAŻNE</p> <p>13. Dodatkowe uprawnienia pojazdów zeroemisyjnych – możliwość wjazdu do Stref Czystego Transportu, które mają być tworzone w polskich miastach.</p> <p>14. Wykorzystanie wybudowanej infrastruktury ładowania przez inne spółki i pojazdy komunalne – poprawa efektywności ekonomicznej infrastruktury transportu zeroemisyjnego.</p> <p>15. Możliwość nauczenia się nowych technologii, w tym budowy nowej infrastruktury serwisowo-naprawczej. Nabyte doświadczenie może doprowadzić do nowych wniosków i rozwiązań.</p>	<p>wymiany taboru. Ograniczenia wynikają z większego stopnia skomplikowania projektów wdrożenia autobusów zeroemisyjnych m.in. przez infrastrukturę ładującą, której wcześniej nie budowano.</p> <p>10. Awaryjność autobusów elektrycznych mogąca spowodować wzrost rezerwy taboru utrzymywanej przez operatorów. W sztuczny sposób może to zawyżyć liczbę pojazdów we flotach operatorów. Dużą trudnością może być utrzymanie w sprawności technicznej nowych rozwiązań zeroemisyjnych w dłuższym okresie czasu ponad 6-7 lat (np. baterie, napędy, elektronika)</p> <p>11. Producenci rozwiązań niechętnie dzielą się wiedzą o utrzymaniu pojazdów i infrastruktury – po okresie gwarancji liczą na dodatkowe kontrakty na naprawy i utrzymanie pojazdów. Operatorzy obawiają się możliwości, jakie zapewnia producentom zdalny dostęp do infrastruktury i pojazdów.</p> <p>11a. Niepewność co do sprawności i trwałości technologii autobusów elektrycznych czy wodorowych (w szczególności baterii) po okresie gwarancji.</p> <p>12. Opóźnienia w realizacji przyłączy energetycznych na potrzeby infrastruktury ładowania, znacznie wydłużające czas realizacji kontraktów na transport zeroemisyjny. Konieczne jest zapewnienie megawatów energii zasilania na ładowarki pantografowe czy kilkanaście ładowarek.</p> <p>12a. Zbyt duża liczba projektów infrastruktury do przygotowania w realizacji. Dla każdego z nich trzeba przygotować projekty elektryczno-budowlane. Obecnie przygotowuje je zbyt wąska grupa firm i osób.</p>

SZANSE	ZAGROŻENIA
	<p data-bbox="1023 277 1214 309" style="text-align: center;">MNIEJ WAŻNE</p> <p data-bbox="810 344 1428 510">13. Niska atrakcyjność małych zamówień na autobusy zeroemisyjne. Przewiduje się, że cały rynek europejski będzie potrzebował bardzo dużo autobusów zeroemisyjnych.</p> <p data-bbox="810 546 1428 712">14. Brak wystarczających mocy przyłączeniowych na potrzeby zasilania zeroemisyjnego transportu zbiorowego w wybranych częściach miast.</p> <p data-bbox="810 748 1428 1048">15. Malejący potencjał produkcyjny producentów autobusów na terenie Polski (zamknięcie fabryk Scania i Volvo, ograniczenie produkcji MAN, Autosan przestawiony na zamówienia militarne) może nie być w stanie zaspokoić potrzeby wymiany floty na zeroemisyjną.</p> <p data-bbox="810 1084 1428 1518">16. Niedostatek powierzchni miast na budowę infrastruktury ładowania do pojazdów zeroemisyjnych – zarówno na terenie zajezdni, jak i sieci komunikacyjnej (na krańcach). Transport elektryczny wymaga budowy przyłącza wraz z transformatorownią i punktem ładowania. Ładowarki pantografowe optymalnie powinny być rozmieszczone równolegle, a nie szeregowo – dziś nie wszędzie jest na to miejsce.</p> <p data-bbox="810 1554 1428 1720">17. Błędy w specyfikacjach przetargowych wynikające z okresu nauki organizatorów i operatorów w zakresie funkcjonowania zeroemisyjnego transportu publicznego.</p>

Źródło: opracowanie własne



W ramach analizy SWOT określono najważniejsze cechy zeroemisyjnego transportu zbiorowego w Polsce, w tym jego:

-
- **Mocne strony** – niższe koszty eksploatacyjne w przypadku pojazdów elektrycznych, pozyskiwanie energii w ramach własnej produkcji oraz rekuperacji, a dodatkowo rozkładanie się kosztu infrastruktury ładującej na wiele pojazdów.
 - **Słabe strony** – ograniczony zasięg autobusów elektrycznych, niższy roczny przebieg autobusów elektrycznych względem spalinowych, awaryjność autobusów zeroemisyjnych, wysoki koszt inwestycji w tabor i infrastrukturę oraz system energetyczny kraju oparty na spalaniu węgla, a w efekcie emisji zanieczyszczeń.
 - **Szanse** - wprowadzenie systemu handlu emisjami EU ETS2 dla transportu drogowego, powodującego znaczny wzrost cen paliw emisyjnych, ale też zapewniającego dodatkowe fundusze na wdrożenie zeroemisyjnego transportu zbiorowego. Transport zeroemisyjny, przy właściwych działaniach inwestycyjnych i organizacyjnych, ma możliwość zapewnienia obsługi rozkładu jazdy na takim samym poziomie co transport spalinowy, ograniczając przy tym negatywny wpływ sektora transportu na środowisko i pozwalając przejść na gospodarkę zeroemisyjną.
 - **Zagrożenia** – pogłębiające się pogorszenie sytuacji finansowej miast, doprowadzające do ograniczenia kursowania komunikacji miejskiej, spadku liczby pasażerów i wzrostu wykorzystania samochodów osobowych. Może to nastąpić na skutek pogłębiającego się kryzysu paliwowego i energetycznego, inflacji oraz wdrażania postanowień Europejskiego Zielonego i Polskiego Ładu. Istnieje duża niepewność co do stabilności cen energii i paliw oraz rosnącej presji na wynagrodzenia kierowców i motorniczych. Rynek producentów nie jest gotowy na znaczne przyspieszenie wdrożenia transportu zeroemisyjnego w Polsce.
-

4. Obszar II. Wdrożenie i eksploatacja zeroemisyjnego transportu zbiorowego

4.1. Wyzwania techniczne i organizacyjne

Odpowiedź na pytanie:

Pyt. 5. Jakie wyzwania techniczne i organizacyjne stoją przed wdrożeniem i eksploatacją zeroemisyjnego transportu zbiorowego?

MODEL TRANSPORTU ZEROEMISYJNEGO

Zasadniczym wyzwaniem w kontekście przeprowadzonej wcześniej analizy SWOT jest wdrożenie i eksploatacja zeroemisyjnego transportu autobusowego. Rozwiązania dla komunikacji tramwajowej znane są od wielu lat, a miasta dysponują ogromnym doświadczeniem. W związku z powyższym skupiono się w tym rozdziale na wyzwaniach dotyczących przede wszystkim transportu autobusowego.

Kluczowy dla procesu wdrożenia i eksploatacji zeroemisyjnego transportu drogowego jest wybór koncepcji pracy pojazdu, spośród 3 podstawowych możliwości:

- OPP (z ang. *Opportunity charging*) – nocne ładowanie pojazdu wolne w zajezdni oraz doładowywanie wolne bądź szybkie w czasie pracy autobusu na krańcach tras (dużo rzadziej doładowywanie na trasie poprzez pętle indukcyjne – przykładowo w Brunshwiku w Niemczech), w przypadku autobusów elektrycznych jest to preferowana strategia dla miast z komunikacją dzienną funkcjonująca w godzinach 4-23;
- ONC/R (z ang. *Overnight charging/refueling*) – tylko nocne ładowanie pojazdu wolne lub jednokrotne tankowanie autobusu wodorem, pozwalające na cały dzień pracy pojazdu, w przypadku autobusów elektrycznych jest to preferowana strategia dla miast z komunikacją dzienną funkcjonującą w godzinach 6-20, autobusy wodorowe nie mają takich ograniczeń;
- IMC (z ang. *In-motion charging*) – ładowanie pojazdu w ruchu, stosowane przede wszystkim w komunikacji trolejbusowej i realizowane w czasie jazdy, co pozwala przejechać część trasy bez podpięcia do sieci trakcyjnej, wykorzystując energię zgromadzoną w zasobnikach. Podstawowym trybem pracy jest jazda z podpięciem odbieraków prądu do sieci trakcyjnej.

PODSTAWOWE ELEMENTY SYSTEMU DROGOWEGO TRANSPORTU ZEROEMISYJNEGO

Autobus elektryczny, **baterijny OPP** będzie pojazdem lżejszym od ONC. Pojazdy charakteryzują się małym zasięgiem, z reguły zapewniając na jednym ładowaniu przejazd do 100-150 km. Zarządzanie flotą autobusów bateryjnych OPP jest trudne, ponieważ wymaga kilkukrotnego ładowania pojazdu w ciągu dnia pracy. Na bieżąco trzeba m.in. monitorować poziom naładowania pojazdów i reagować w sytuacjach, gdy spada on poniżej ustalonego poziomu minimalnego.

Autobus elektryczny, **baterijny ONC** będzie pojazdem najcięższym. Pojazdy cechuje duży zasięg, nawet do 350-400 km, choć wiąże się to z instalacją ciężkich baterii ważących nawet 3,5 tony. Zarządzanie flotą autobusów bateryjnych ONC jest dużo prostsze, ponieważ wymaga jednokrotnego ładowania w ciągu dnia pracy. Zastosowanie ciężkiej baterii wpływa negatywnie na zużycie energii, ponieważ jej większa część niż w przypadku pojazdu OPP wykorzystywana jest na przemieszczanie się masy własnej autobusu. Baterie instalowane w przestrzeni pasażerskiej oraz zwiększające masę własną pojazdu, ograniczają również dopuszczalną maksymalną liczbę pasażerów, czasami również ograniczają przestrzeń dostępną dla pasażerów.

Autobus wodorowy ONR, na podstawie wstępnych danych eksploatacyjnych, cechuje się średnim zużyciem wodoru na poziomie 9 kg/100 km dla autobusu klasy MAXI (12-metrowego) oraz około 14 kg/100 km dla autobusu klasy MEGA (18-metrowego). Zbiorniki o pojemności 35-50 kg wodoru pozwalają na przejechanie od około 350 do 450 km na jednym tankowaniu, co jest wartością wystarczającą na cały dzień pracy pojazdu.

Trolejbus baterijny IMC charakteryzuje się niewielką baterią o pojemności ok. 60-90 kWh, która powinna pozwolić mu na przejechanie kilkudziesięciu kilometrów bez zasilania z sieci trakcyjnej. Baterie te szybko są doładowywane w czasie podpięcia do sieci trakcyjnej i ładowanie to może odbywać się w ruchu. W ciągu dnia pracy trolejbus baterijny może wielokrotnie przewozić pasażerów w trybie jazdy na zasilaniu baterijnym oraz doładowywania pod siecią trakcyjną, co pozwala mu wykonać całodniowe zadanie przewozowe.

Przedstawiciele IGKM wskazują, że konstrukcja autobusów miejskich w ostatnich latach została znacznie odchudzona, żeby zapewnić „wolną” masę własną pojazdu na osprzęt autobusu elektrycznego. Konstrukcja autobusu elektrycznego przez to może być mniej wytrzymała niż autobusu spalinowego. To argument przeciwko stosowaniu bardzo dużych baterii, na korzyść stosowania trolejbusów lub autobusów z małymi bateriami doładowywanymi na pętlach. Analizy wskazują na konieczność intensywnego użytkowania trolejbusów, by stał się on bardziej opłacalny od eksploatacji autobusów z silnikiem diesla⁵⁷. Uwzględniając koszty budowy infrastruktury trolejbusowej na terenie SOM, nie zaleca się wprowadzania trolejbusów do sieci komunikacji miejskiej.

Nie zakłada się dziś maksymalnego okresu żywotności autobusu elektrycznego, to wciąż zbyt nowa technologia. Na szkoleniu jednego z operatorów komunikacji miejskiej, znany producent autobusów określał, że powinno to być maksymalnie 10 lat. Autobusy diesla były jednak w stanie przejeździć nawet 20 lat w eksploatacji. Należy mieć jednak na uwadze, że jeśli autobus elektryczny będzie eksploatowany intensywniej niż autobus spalinowy (żeby zakup zwrócił się w sensie ekonomicznym), to w ciągu 10-15 lat może osiągnąć przebieg taki, jaki pojazd spalinowy osiągał w 20 lat (ok. milion kilometrów).

⁵⁷ Wołek M., Wolański M., Bartłomiejczyk M., Wyszomirski O., Grzelec K., Hebel K., Ensuring sustainable development of urban public transport: A case study of the trolleybus system in Gdynia and Sopot (Poland), *Journal Of Cleaner Production*, vol. 279, 2021.

W zakresie **baterii** dziś wykorzystywane są dwie główne technologie – **NMC i LTO**. Baterie NMC są tańsze, ale też mniejsza jest ich żywotność, około 7-8 lat. Baterie LTO są nawet ponad dwukrotnie droższe, ale też są dużo bardziej żywotne i mają przetrwać nawet do 14-15 lat.

Ładowarki wolne, plug-in projektuje się głównie na terenie zajezdni. Na terenie jednej zajezdni może znaleźć się nawet do 200 ładowarek, więc obiekty te muszą dysponować dużymi mocami przyłączeniowymi. Z reguły ładowarki plug-in cechuje mała moc, między 50 a 150 kW. Moc, o którą się występuje, nie musi jednak rosnać liniowo wraz z liczbą posiadanych autobusów. Można tak zaaranżować proces, że pojazdy będą się ładować jeden po drugim, jedno wieczorem, a drugie w nocy. Im większą mocą można pojazdy ładować, tym proces może być bardziej elastyczny. Pracownicy zajezdni mogą zarządzać procesem oraz przestawiać, przepinać i przełączać pojazdy. Ładowarki wolne można też projektować na krańcach linii autobusowych, w szczególności gdy w rozkładzie jazdy przewidziane są długie przerwy między kursami (np. po 30-40 minut).

Ładowarki pantografowe lokalizuje się głównie na krańcach tras linii autobusowych, trzeba tam zapewnić duże moce przyłączeniowe. Konieczne jest postawienie stacji transformatorowej oraz wyodrębnienie stanowisk postojowych, wymaga więc to przebudowy pętli i wyznaczenia miejsca pod infrastrukturę ładującą. Ładowarki pantografowe z reguły mają moc między 200 a 400 kW, dziś dostępne są supermocne urządzenia o mocy nawet 530 kW, co pozwala na ekspresowe, kilkuminutowe doładowanie autobusu. Infrastruktura ładowania szybkiego to podstawa do utrzymania operacyjności floty pojazdów elektrycznych typu OPP. Należy zapewnić odpowiednią liczbę i umiejscowienie stacji ładowania. W przypadku dużych i gęsto zaludnionych obszarów miejskich, wyznaczenie dodatkowej powierzchni pod ładowarki może być wyzwaniem. Przebudowa pętli jest większym problemem niż przebudowa zajezdni, szczególnie jeśli występuje stary układ drogowy i prosta pętla autobusowa. Nawierzchnia do postoju na pętli musi być koniecznie betonowa, ze względu na dużą wagę pojazdu i dokładność działania ładowania pantografowego (uzyskanie styku). Ładowarki pantografowe powinny też być rozmieszczone równolegle a nie szeregowo, ze względu na ograniczone pole manewru autobusu i konieczność dokładnego ustawienia pojazdu, aby podłączyć się do ładowania.

Wyzwaniem jest efektywne zarządzanie dużą liczbą ładowarek pojazdów w mieście, żeby nie zakłócić funkcjonowania komunikacji autobusowej. W dużych miastach przygotowuje się projekty dla całych pakietów linii autobusowych, na których obsługa zamieniana jest na pojazdy elektryczne. Flagowe projekty pod względem budowy infrastruktury ładującej to również te największe, jeśli chodzi o liczbę wdrażanych pojazdów – np. Warszawa, Kraków, Jaworzno czy Zielona Góra.

Konieczne jest dostosowanie **infrastruktury zajezdni** do taboru zeroemisyjnego, nie tylko poprzez budowę ładowarek. Rozbudowy wymaga wyposażenie stanowisk obsługowych, diagnostycznych, naprawczych i remontowych. Przydatna może okazać się budowa suwnic, pozwalających na wymiany pakietów baterii na dachach pojazdów. Rozbudować należy sieć elektroenergetyczną, wybudować stacje transformatorowe i linie zasilające. Zielona Góra wskazywana jest jako przykład najlepszego dostosowania w Polsce do obsługi autobusów elektrycznych, nową infrastrukturę zajezdni ma również Jaworzno. W przypadku pojazdów wodorowych dodatkowo trzeba wyposażyć

stanowiska postojowe w halach w czujniki stężenia wodoru, a generalnie infrastruktura zajezdni musi być przygotowana do tankowania, przechowywania i utrzymywania wodoru w pojazdach.

WYZWANIA TECHNICZNO-ORGANIZACYJNE

Zarządzanie energią pojazdów – flota pojazdów elektrycznych wymaga nadzoru nad poziomem naładowania. Dyspozytor musi posiadać dostęp online do danych przesyłanych z pojazdów i być w stanie reagować w sytuacjach awaryjnych, np. zbyt niskiego poziomu naładowania baterii, komunikując się z kierowcą. Optymalizacja zużycia energii jest kluczowa dla efektywnego funkcjonowania pojazdów zeroemisyjnych. Napęd pojazdów elektrycznych w dużym stopniu może podlegać konfiguracji – możliwe jest ograniczenie maksymalnego poboru mocy (a w efekcie energii z baterii) w części dotyczącej zasilania jazdy czy też zasilania ogrzewania bądź klimatyzacji. Operatorzy i producenci pojazdów wciąż uczą się optymalnej konfiguracji działania autobusów elektrycznych w różnych warunkach klimatycznych i geograficznych obszarów miejskich (tak dzieje się m.in. w Gdyni z nowymi autobusami elektrycznymi Mercedesa). Skuteczne zarządzanie danymi dotyczącymi floty pojazdów zeroemisyjnych i analiza wydajności są ważne dla optymalizacji operacji.

Należy podkreślić, że znaczna część zadań przewozowych w Szczecinie ma długie dzienne przebiegi 300-400 km (w szczególności linie SPPK Police i SPA Dąbie), a także w rozkładzie jazdy brygady te mają przewidziane mało czasu postoju na krańcach na potencjalne doładowywanie autobusów elektrycznych w modelu OPP.

Utrzymanie cyklu życia baterii – po kilkuletniej eksploatacji następowały już w Polsce gwarancyjne wymiany baterii w autobusach elektrycznych, np. w Jaworznie i Warszawie. Nie wiemy jeszcze, jaka będzie rzeczywista żywotność baterii, która zostałaaby sprawdzona na dużej próbie pojazdów, dotyczy to też poziomu spadku sprawności w okresie eksploatacji. Latem zdarzały się problemy z przegrzaniem baterii, trzeba było dostosować układ chłodzenia baterii. Baterie wymagają właściwej higieny ich ładowania – nie należy wyłączać ładowania szybko baterii do wartości maksymalnej, należy pozostawić zapas na doładowanie energii w czasie jazdy z rekuperacji, a także przewidywać ładowanie kompensacyjne, wolne w nocy. W planach pracy dla kierowców, w jednym z miast w Polsce, w polu dodatkowe uwagi wprowadzono wręcz zapis: „Uwaga! Producent baterii trakcyjnych nie zaleca stosowania krótkich i częstych ładowań. Dlatego też konieczne jest wskazanie kierowcy miejsca i czasu ładowania. W przypadku konieczności zrealizowania dodatkowego ładowania należy ten fakt uzgodnić z dyspozytorem. W zajezdni w pierwszej kolejności należy korzystać z zewnętrznych ładowarek (tu wyjaśnienie autorów Analizy: ładowarki są też w halach przeglądowo-naprawczych). Zaleca się ładowarki nr 9 oraz 20 – autobusy 18 m, ładowarki nr 11 oraz 12 – autobusy 8,9 m; ładowarki od nr 13 do 19 – autobusy 12 m. Jeżeli po podpięciu złącza plug-in autobus nie podejmie ładowania lub ładowarka wyświetli „ALARM”, proszę niezwłocznie skontaktować się z pracownikiem warsztatu”.

Powyższa adnotacja przeznaczona dla kierowców wskazuje, jak dużo bardziej skomplikowany w użyciu jest autobus elektryczny, w przypadku, którego istotny jest każdy szczegół, jak np. sposób ładowania pojazdu i zastosowanie odpowiednich ładowarek.

Zapewnienie paliwa wodorowego - nie ma dziś możliwości tankowania wodoru bezpośrednio do wykorzystania w autobusach w Szczecinie, na razie wodór zapewniany może być roboczo na okres testowania pojazdu poprzez podstawioną np. cysternę lub stację mobilną.

Zapewnienie konkurencyjności – transport zbiorowy, tym bardziej zeroemisyjny, powinien być konkurencyjny względem komunikacji samochodowej. Nie należy zapominać o wszelkich działaniach pozwalających zwiększyć liczbę pasażerów, w tym m.in. dostosowanie oferty przewozowej w odpowiedzi na zmieniający się popyt, priorytet w ruchu komunikacji miejskiej, atrakcyjna oferta biletowa itd.

Wysiłek nad zwiększeniem wykorzystania pojazdów muszą podjąć w szczególności spółki małych miast, gdzie odnotowuje się niski wskaźnik gotowości technicznej. Ze względu na to, że autobus elektryczny jest pojazdem dużo droższym od spalinowego, nie może on być wykorzystywany nieefektywnie. Autobusy nie powinny przez większość okresu życia stać na placach postojowych, a kursować przez jak największą część doby.

W Szczecinie prywatni operatorzy wybierani są do obsługi połączeń na rok, więc nie jest to okres na który można zakontraktować nowy tabor zeroemisyjny. To istotne ograniczenie we wdrożeniu.

Uzyskanie przyłączy energetycznych – procedury w zakładach energetycznych trwają dziś zdecydowanie zbyt długo. Należy uzyskać warunki przyłączenia, nie należy zakładać krótszego okresu realizacji niż rok. Tam, gdzie tej mocy nie ma dziś dostępnej, proces może trwać nawet do 3 lat. Determinuje to Operator Systemu Dystrybucyjnego (OSD). OSD identyfikuje, ile mocy może być doprowadzonej do wnioskowanej lokalizacji oraz jakie zakłócenia dla lokalnej sieci energetycznej to może spowodować.

Wybudowanie przyłącza ŚN w Gdyni zajęło 14 miesięcy. Umowy na autobusy podpisane zostały „w ciemno” – nawet bez wiedzy czy uda się pozyskać dofinansowanie na tabor rozpoczęto proces wykonania przyłączy, żeby przyspieszyć realizację projektu. Żeby przyspieszyć wdrożenia, zakłady komunikacji już dziś musiałyby występować o warunki przyłączenia na przyszłość, a przede wszystkim już dziś wymiarować przyszłe potrzeby.

Obsługa linii nocnych – mały zasięg autobusu elektrycznego, w przypadku stosowania mniejszych baterii, czasem jest przyczynkiem do zmian w układzie komunikacyjnym. Widoczne jest to szczególnie w przypadku obsługi linii nocnych, które mają długie przebiegi tras. W nocy zaleta obniżonego hałasu emitowanego przez pojazd jest najbardziej odczuwalna przez mieszkańców.

Przykłady Jaworzna, Zielonej Góry i Sosnowca, gdzie całość nocnej pracy przewozowej obsługują autobusy elektryczne, pokazują, że istnieje możliwość wprowadzenia takich zmian, aby była możliwość eksploatacji autobusów elektrycznych na tego typu liniach. Jednocześnie należy zwrócić uwagę, że w Jaworznie i Zielonej Górze istnieje rozbudowana sieć ładowarek pantografowych na terenie miasta (odpowiednio 14 i 12 sztuk), które ułatwiają odpowiednie rozplanowanie przebiegu tras linii autobusowych. W Warszawie funkcjonuje natomiast 29 szybkich ładowarek (w tym 26 na terenie sieci komunikacyjnej, a pozostałe w zajezdni), a autobusy elektryczne obsługują jedynie 4% nocnej pracy przewozowej. Układ linii nocnych jest jednak zupełnie inny od komunikacji dziennej,

a lokalizacje ładowarek pantografowych zostały wybrane tylko pod kątem obsługi komunikacji dziennej.

Eksploatacja w warunkach zimowych – tutaj istotny jest wybór technologii ogrzewania pojazdu. Istnieją dwa podstawowe źródła zasilania grzania – pompa ciepła (elektryczna) lub agregat (spalinowy). Obecnie w polskich miastach najpopularniejsza jest druga metoda, nie jest ona jednak zeroemisyjna i wiąże się z nawet 3-5 l zużycia paliwa na 100 km w okresie zimowym. Pierwsza metoda również nie jest bez wad. Może wiązać się z problemami niedogrzanego przedziału pasażerskiego i kabiny kierowcy. Trudności sprawia również śnieg zalegający po nocnych opadach na dachu pojazdu, blokując wentylatory i powodując awarię całego systemu. Producenci w przetargach deklarują zużycie energii przez pojazd i nie chcą za bardzo go zwiększać poprzez ogrzewanie. Ograniczają więc jego moc, żeby wykazać małe zużycie energii na przejechany kilometr w pojazdach. Możliwa jest konfiguracja ogrzewania w taki sposób, by w czasie postoju i ładowania wykorzystywać ogrzewanie elektryczne, a spalinowe np. tylko w czasie jazdy.

Zimą problemem może być też doładowanie pojazdów w temperaturach ujemnych poprzez pantograf. Zaszronione lub zaśnieżone styki ładowarek mogą skutecznie utrudniać ładowanie, infrastruktura ta wymaga instalacji grzałek. Producenci rozwiązań nadal uczą się, jak optymalnie skonfigurować działanie pojazdów zeroemisyjnych.

Skrajnia wysokości obiektów inżynierskich (wiadukty, tunele) – wyższe pojazdy zeroemisyjne od spalinowych na ON stanowią ograniczenie zdolności operacyjnej. Typowy autobus spalinowy na ON ma 3,05 m wysokości, elektryczny lub wodorowy 3,30 m wysokości, a trolejbus 3,45 m. Autobusy zeroemisyjne są więc wyższe o 0,25 m, a trolejbusy o 0,4 m od autobusów spalinowych na ON. W miastach niekiedy występują stare obiekty inżynierskie, niespełniające minimalnej skrajni w obowiązujących dziś przepisach, czyli minimum 4 metrów wysokości. Brak możliwości przejazdu pod niektórymi obiektami inżynierskimi w miastach może stanowić problem dla wdrożenia transportu zeroemisyjnego w 100%.

Dzisiaj eksploatowane autobusy elektrycznie nie znajdują więc zastosowania na całych sieciach komunikacji autobusowej w Polsce. Drogi lub linie kolejowe wymagają przebudowy albo należy zamawiać mniejsze partie pojazdów o obniżonej konstrukcji. Innym rozwiązaniem może być zmiana układu komunikacyjnego. Może to jednak oznaczać pogorszenie oferty transportu zbiorowego oraz wzrost wykluczenia komunikacyjnego na obszarze miast, które dotąd miały zapewnioną obsługę.

STUDIA PRZYPADKU

Jaworzno (autobusy elektryczne)

W Jaworznie wdrożono autobusy elektryczne według modelu OPP.

Zakłada się, że na jednym ładowaniu w każdych warunkach atmosferycznych autobus elektryczny musi być w stanie przejechać 70 kilometrów. Z reguły jest to minimum 90 kilometrów, ale pozostawia się bezpieczny zapas na nieprzewidziane sytuacje. Większa bateria nie jest dziś w pojazdach potrzebna, bo są one wystarczające do realizacji większości zadań.

Spółka oszacowała, że na flotę 69 pojazdów potrzebna jej jest rezerwa 2-3 autobusów elektrycznych (3-4% taboru). Okres życia autobusu elektrycznego określa natomiast na 12-13 lat i w tym cyklu życia zakłada wykorzystanie 2 baterii NMC w jednym pojeździe.

Zmianą jakościową miało być zastosowanie w autobusach silników w piastach kół, na wzór trolejbusów. Takie silniki Jaworzno ma w 6 autobusach, ale okazało się to błędem. Ich producent – firma ZF – nie potrafi właściwie skonfigurować pracy tych silników. Silniki centralne okazały się dużo bardziej sprawne.

Wszystkie eksploatowane autobusy elektryczne w Jaworznie mają ogrzewanie spalinowe. Średnie zużycie paliwa przez agregat grzewczy w zimie wynosi 3,7 l/100 km. Zasilane jest ono olejem napędowym, jednak ta instalacja nie musi spełniać normy Euro 6, tak jak silniki spalinowe. W związku z tym litr spalonego paliwa przez tą instalację emituje więcej zanieczyszczeń niż w autobusie spalinowym, sumarycznie jednak jest to mniejsza emisja. Pojazdy są gotowe jednak do włączenia ogrzewania elektrycznego – należy dokładnie przeanalizować brygady, na których pojazdy mogłyby korzystać z ogrzewania elektrycznego, np. od godziny 21:00 nie używać ogrzewania spalinowego, tak by energia w baterii wystarczyła do zjazdu do zajezdni. Najważniejsze jest, by realizacja rozkładu jazdy była niezagrożona.

Jaworzno projektuje zadaszenie całej zajezdni i instalację paneli fotowoltaicznych. Twórcy analizy zadeklarowali latem pokrycie nawet 100% potrzeb energii do zasilenia autobusów elektrycznych. Podkreślali też, że dobrze należy dobrać magazyn energii do akumulowania nadwyżki energii. Przedsiębiorstwo myśli nad możliwością skupu baterii wycofywanych z autobusów i wykorzystania ich jako magazynów energii. Zająć się jednak tym musi profesjonalny podmiot, który odpowiednio taki magazyn skonfiguruje i zabezpieczy.

Nawet w Jaworznie nie ma dziś możliwości zastąpienia całego taboru autobusami elektrycznymi. Autobusy przejeżdżające dziennie 500 km potrzebne są do obsługi linii A, łączącej Chrzanów z Katowicami przez Jaworzno. Miasto Jaworzno nie może wybudować ładowarek na pętach, które nie leżą na jego terenie. Ponadto, na linii występują duże opóźnienia sięgające nawet 40 minut, co sprawiałoby duży problem organizacyjny w sytuacji obsługi autobusem elektrycznym, wymagającym doładowania baterii. Nie rozważa się jednak zakupu autobusów wodorowych, ze względu na dzisiejszy kilkukrotnie większy koszt ich zakupu i eksploatacji.

Gdańsk (autobusy wodorowe i elektryczne)

Przed wprowadzeniem autobusów elektrycznych i wodorowych w Gdańsku przeprowadzono kompleksową analizę rynku oraz liczne dyskusje dotyczące zalet i wyzwań związanych z elektromobilnością. Decyzja była poprzedzona dogłębными badaniami, mającymi na celu zrozumienie możliwości technologicznych oraz wyzwań eksploatacyjnych. W rezultacie autobusy elektryczne MAN zostały uznane za odpowiednie do obsługi 80% linii komunikacji miejskiej w Gdańsku, z uwagi na ich zasięg gwarantowany wynoszący 256 km dla pojazdów 12-metrowych i 240 km dla pojazdów przegubowych (18 m). Teoretyczny zasięg był jeszcze większy, co eliminuje potrzebę stosowania ładowarek pantografowych na większości tras. Decyzja o przydzieleniu

autobusów do konkretnych linii opierała się na analizie zasięgów oraz średniej prędkości, co pozwoliło na optymalne wykorzystanie pojazdów.

Pomimo wielu zalet, eksploatacja autobusów elektrycznych wiąże się z pewnymi wyzwaniem. W porównaniu do pojazdów z silnikami diesla jakość pracy elektryków jest gorsza, zwłaszcza pod względem działania klimatyzacji, co wpływa na komfort pasażerów. Problemy te pogłębia zużycie paliwa przez systemy grzewcze – Webasto potrafi zużywać aż 12 litrów na 100 km, co znacznie przekracza średnie wartości odnotowane w innych miastach, takich jak Jaworzno. Dodatkowym ograniczeniem jest wysokość autobusów elektrycznych, która uniemożliwia obsługę 2 z 66 linii miejskich. W początkowym okresie eksploatacji wystąpiły również problemy techniczne, takie jak błędy ustawień fabrycznych i awarie systemów grzewczych.

Wprowadzenie autobusów wodorowych w Gdańsku przyniosło nowe możliwości, ale również wyzwania. Zasięg tych pojazdów wynosi 330 km gwarantowanych i 450 km deklarowanych, co czyni je konkurencyjnymi wobec autobusów elektrycznych. Koszt ich eksploatacji wynosi 19,90 zł za wozokilometr, a najem obejmuje kompleksową obsługę techniczną przez firmę NESO, która odpowiada również za budowę infrastruktury. Brak wymogu wysokiej prędkości komunikacyjnej oraz stałej obsady kierowców daje elastyczność operacyjną. Niemniej, kluczowym wyzwaniem są awarie stacji wodorowych – ich wydajność wynosi 25 cykli tankowania pojazdów na dobę, jednak częste usterki wymagają posiadania dwóch niezależnych punktów tankowania.

Pod względem kosztów, autobusy elektryczne bez dofinansowania są droższe w eksploatacji, osiągając koszt 20,13 zł/km, podczas gdy pełne dofinansowanie z KPO redukuje ten koszt do 12,29 zł/km. Z kolei wodór jest mniej efektywny energetycznie – na produkcję 1 kg wodoru potrzeba 55 kWh energii, podczas gdy autobus z 1 kg wodoru uzyskuje 16 kWh energii, co wskazuje na znaczne straty energii. Pod względem emisji, autobusy wodorowe zasilane zielonym wodorem nie emitują CO₂, co czyni je bardziej ekologicznymi niż autobusy elektryczne, które wytwarzają 90 kg CO₂ na 100 km (emisyjność polskiej energetyki), czy diesle z emisją na poziomie 107 kg CO₂ na 100 km.

Gdynia (autobusy elektryczne i trolejbusy)

Gdynia przyjęła odmienną strategię eksploatacji dla autobusów elektrycznych i trolejbusów. Autobusy elektryczne obsługiwane są w systemie OPP, wykorzystując stacje wolnego ładowania na zajezdniach oraz 7 szybkich ładowarek pantografowych zainstalowanych na 5 krańcach tras autobusowych. Ładowarki pantografowe są dostępne na każdym końcu trasy, co pozwala kierowcom decydować o ładowaniu w zależności od dostępnego czasu w rozkładzie jazdy.

Trolejbusy działają głównie w systemie IMC, korzystając z sieci trakcyjnej oraz pomocniczych baterii, które umożliwiają pokonywanie od 5 do 50 km poza siecią trakcyjną. Rekuperacja energii z hamowania wspiera efektywność energetyczną trolejbusów, a ich ładowanie odbywa się w trakcie jazdy, co skraca czasy postojów.

Eksploatacja autobusów elektrycznych wiąże się z koniecznością dostosowania infrastruktury i harmonogramów operacyjnych. Baterie NMC w autobusach mają energię 192 kWh dla pojazdów standardowych i 258 kWh dla przegubowych. Mimo większych baterii niż w innych miastach, zakłada

się ich wymianę po 6 latach eksploatacji. Ważnym aspektem jest zarządzanie ładowaniem – autobusy zjeżdżają na zajezdnię z 20–30% naładowania, a systemy monitorowania pozwalają planować ładowanie tak, by naładować pojazdy do 100% przed porannym wyjazdem. Zimą energia zużywana na ogrzewanie jest znacząco większa, co wymaga stosowania systemu prekondycjonowania, poprawiającego wydajność energetyczną.

Autobusy elektryczne w Gdyni zużywają średnio 1,25 kWh/km. Straty energii w przesyłce wynoszą około 5%, to dobry wynik w porównaniu z innymi miastami, np. Monachium, gdzie wynosiły nawet 20% z powodu ładowania w garażach. Koszt eksploatacji elektryka 12-metrowego wynosi 762 zł dziennie, w porównaniu z kosztem tankowania 3570 zł dla diesla, jednak koszt ładowarek był dofinansowany, co wpłynęło na konkurencyjność w eksploatacji elektryków. Koszty technicznej obsługi ładowarek to około 200 zł miesięcznie. Systemy rekuperacji przy zjazdach pozwalają na odzyskanie nawet jednej trzeciej energii na krótszych odcinkach, zwiększając efektywność energetyczną pojazdów.

W Gdyni wdrożono zaawansowane systemy zarządzania flotą, takie jak EOS od Elektroenergetyki, które umożliwiają monitorowanie ładowarek i od Mercedesa poziomu naładowania autobusów w czasie rzeczywistym. Widoczna różnica w pojemności pasażerskiej pomiędzy pojazdami z dużymi i małymi bateriami, a także konieczność uwzględnienia nacisku na osie, wymaga elastycznego planowania tras i przydziałów. W przyszłości Gdynia planuje dalszy rozwój elektromobilności, uwzględniając ulepszenia infrastruktury oraz optymalizację kosztów eksploatacji.

PERSPEKTYWA OPERATORÓW W SOM WDROŻENIA TRANSPORTU ZEROEMISYJNEGO

PKS Szczecin podchodzi do kwestii wdrażania transportu zeroemisyjnego w sposób pasywny, podporządkowując swoje działania wymogom organizatora transportu. Operator nie wykazuje własnej inicjatywy w zakresie zakupu autobusów elektrycznych czy wodorowych. Strategia PKS Szczecin opiera się głównie na dostosowaniu się do ogólnie narzuconych decyzji, co czyni ich perspektywę zależną od zewnętrznych działań i funduszy.

Operator **SPA Dąbie**, obsługujący długie trasy na Prawobrzeżu, przyjmuje pragmatyczne podejście do transportu zeroemisyjnego. Przy średnich przebiegach wynoszących 300-400 km dziennie oraz rocznym wykonaniu 75-85 tys. wozokilometrów, preferuje rozwiązania ekonomicznie uzasadnione. Spółka była zainteresowana autobusami wodorowymi, jednak obecne wysokie koszty paliwa (60-70 zł za kg wodoru) skutecznie zniechęciły ją do tej technologii. Bez atrakcyjnych dofinansowań i gwarancji efektywności ekonomicznej SPA Dąbie nie planuje inwestycji w zeroemisyjny tabor.

Kryteria środowiskowe oraz wizerunkowe odgrywają kluczową rolę w strategii **KA Świnoujście**. Operator pozytywnie ocenia potencjał autobusów elektrycznych i wskazuje na potrzebę ich wdrożenia, podkreślając atrakcyjność zeroemisyjnego transportu w kontekście ochrony środowiska i promocji turystyki. Planowane są inwestycje w autobusy z dużymi bateriami, choć ich realizacja zależy od przeprowadzenia szczegółowej analizy techniczno-ekonomicznej.

SPPK Police stoi przed wyzwaniem obsługi długich tras do Szczecina, które mogą osiągać nawet 430 km dziennie, z rocznym wykonaniem sięgającym 70-100 tys. wozokilometrów. Krótkie przerwy

między kursami oraz korki drogowe dodatkowo utrudniają efektywne wykorzystanie autobusów elektrycznych. Operator widzi potencjał w technologii wodorowej, jednak zniechęcają go wysokie koszty paliwa. Zamiast inwestować w nowy tabor, SPPK kupuje używane pojazdy i planuje budowę elektrowni solarnej, co wymagałoby dodatkowych inwestycji w systemy magazynowania energii, aby zaspokoić zapotrzebowanie nocne.

SPA Klonowica posiada już flotę autobusów elektrycznych i planuje jej dalszy rozwój. Operator koncentruje się na autobusach pantografowych, które są ładowane zarówno na zajezdni, jak i na trasach. Spółka nastawiona jest wyłącznie na autobusy pantografowe, ponieważ nocą niektóre autobusy mają jedynie 4-5 godzin przerwy między kursami, więc nie ma czasu, by naładować w całości baterie na zajezdni poprzez plug-in. Dzięki dynamicznej taryfie za energię, spółka korzysta z niższych stawek nocnych oraz preferencyjnych cen ładowania z miejskiej spalarni odpadów. Główną barierą w 100% elektryfikacji floty jest konieczność uzyskania dodatkowej mocy od dostawcy energii. Operator ma pozytywne doświadczenia z eksploatacji elektryków, ale długie postoje pojazdów oraz problemy infrastrukturalne są istotnymi wyzwaniami. Rozważana jest inwestycja w farmę fotowoltaiczną, ale na razie inne inwestycje są bardziej istotne.

MPK Stargard przyjmuje realistyczne podejście do zeroemisyjności, zakładając elektryfikację 70-80% floty autobusowej, przy jednoczesnym utrzymaniu pojazdów dieslowych lub wodorowych na trasach powyżej 300 km dziennie. Autobusy elektryczne typu plug-in są preferowaną technologią, a zadania przewozowe do 280 km dziennie są uważane za możliwe do realizacji za ich pomocą. Główne wyzwanie to konieczność budowy stacji transformatorowej o mocy 1 MW oraz brak dostępu do wystarczających funduszy zewnętrznych. Mimo uzyskania wsparcia w ramach KPO, operator podkreśla, że dalsza elektryfikacja floty będzie wymagała dostępu do nowych źródeł dofinansowania.

-
- **Autobusowy transport zeroemisyjny wdrażany jest dziś w 3 podstawowych modelach funkcjonowania: OPP, ONC/R lub IMC.**
 - **Model OPP zakłada wykorzystanie małych baterii w pojazdach oraz ładowarek wolnych w zajezdni i wolnych bądź szybkich pantografowych rozmieszczonych na terenie miasta.**
 - **Model ONC opiera się na dużych bateriach w pojazdach i jednokrotnym ładowaniu wolnym na terenie zajezdni. Model ONR zakłada obsługę tankowanym autobusem wodorowym jeden raz w ciągu nocy.**
 - **Model IMC zakłada wykorzystanie trolejbusu bateryjnego, którego baterie doładowywane są w czasie jazdy podpiętym do sieci trakcyjnej.**
 - **Drogowy transport zeroemisyjny składa się z pojazdów wyposażonych w baterie NMC (tańsze, okres żywotności 7-8 lat) lub LTO (droższe, okres żywotności 14-15 lat), ładowarek wolnych plug-in na terenie zajezdni/pętli lub szybkich pantografowych na krańcach tras. Dostosować należy też infrastrukturę zajezdni do postojów i obsługi autobusów elektrycznych bądź wodorowych. Niektórzy operatorzy pozyskują energię we własnym zakresie, instalując panele fotowoltaiczne na dachach zajezdni i węzłów przesiadkowych.**
-

- Wśród wyzwań techniczno-organizacyjnych znajduje się: zarządzanie energią pojazdów, utrzymanie cyklu życia baterii, zapewnienie konkurencyjności transportu zeroemisyjnego, uzyskanie przyłączy energetycznych, obsługa linii nocnych, eksploatacja w warunkach zimowych czy ograniczenia wysokości (skrajnia) obiektów inżynierskich.
- System transportu zeroemisyjnego jest bardziej podatny na awarie – ze względu na występowanie nie tylko pojazdów, ale też infrastruktury ładującej. Ponadto istnieje duża niepewność co do przyszłej awaryjności rozwiązań, ze względu na to, że najstarsze pojazdy w Polsce będące własnością operatorów oraz infrastruktura mają dopiero 8-9 lat.
- W większości polskich miast autobusy elektryczne charakteryzują się niewielkim zasięgiem do 150 km i strategią OPP z doładowywaniem pantografowym na pętlach. Takie działanie wymaga dodatkowych działań organizacyjnych, by osiągnąć dużą efektywność i móc realizować rozkład jazdy uwzględniający nawet 300-400 km dziennego przebiegu. Jednak nawet w Jaworznie, strategia OPP nie jest dziś w stanie zastąpić autobusów spalinowych na linii, w której obsłudze wykonuje się 500 km dziennie.
- Miasta testują technologię wodorową, wprowadzając pojedyncze pojazdy do obsługi linii. Autobusy tego typu otwierają nowe możliwości, likwidując barierę dziennego przebiegu, jednak generując nową barierę związaną z pozyskaniem wodoru. Rozwiązania te są też bardzo kosztowne, wielokrotnie droższe względem technologii autobusu spalinowego na ON oraz o połowę droższe względem autobusu bateryjnego.
- Operatorzy transportu publicznego w SOM różnią się podejściem do wdrażania transportu zeroemisyjnego w zależności od długości tras, wymagań ekonomicznych i dostępności technologii. PKS Szczecin będzie realizował wymogi organizatora transportu, podczas gdy SPA Dąbie i SPPK Police rezygnują z inwestycji w drogą technologię zeroemisyjną, skupiając się na używanym taborze i efektywności kosztowej. SPA Klonowica pozytywnie ocenia autobusy elektryczne, rozwijając flotę w modelu OPP. Świnoujście dostrzega w nich potencjał promocyjny dla miasta turystycznego. MPK Stargard planuje stopniową elektryfikację większości floty, lecz wskazuje na konieczność zapewnienia dofinansowań i inwestycji w infrastrukturę, by osiągnąć zakładane cele.

4.2. Kluczowe czynniki sukcesu

Odpowiedź na pytanie:

Pyt. 6. Jakie są kluczowe czynniki sukcesu wdrożenia i eksploatacji zeroemisyjnego transportu zbiorowego?

Na podstawie wcześniejszych odpowiedzi na pytania, wyróżniono 10 kluczowych czynników sukcesu wdrożenia i eksploatacji publicznego transportu zeroemisyjnego (por. Rysunek 22). Czynniki te zaczynają się od planowania wdrożenia: opracowania długofalowej strategii, pozyskania dodatkowego finansowania i odpowiedniego wyboru technologii oraz sieci połączeń. Następnie następuje wdrożenie, które powinno być kompleksowe i obejmować: współpracę z mieszkańcami

oraz między wykonawcami, wybudowanie właściwej infrastruktury zasilania i przeszkolenie personelu. Ostatnim, ale równie kluczowym etapem, jest bieżące monitorowanie eksploatacji i optymalizacja funkcjonowania transportu zeroemisyjnego.

Rysunek 22. Kluczowe czynniki sukcesu wdrożenia i eksploatacji publicznego transportu zeroemisyjnego w Polsce.



Źródło: opracowanie własne.

1. Opracowanie długofalowej strategii – przed rozpoczęciem wdrożenia należy zastanowić się, jaki cel chce się osiągnąć. Należy zaplanować i zwymiarować rozmieszczenie i stopień wykorzystania wszystkich elementów zeroemisyjnego transportu zbiorowego, do którego będzie się dążyło. Strategia jest potrzebna, ponieważ często w ramach inwestycji powstaje infrastruktura, która początkowo nie jest wystarczająco wykorzystywana (zbyt mały wolumen pojazdów). Jednak wraz z kolejnymi zamówieniami pojazdów jej wykorzystanie będzie rosnąć. Strategia będzie więc zobowiązaniem do kontynuowania inwestycji w rozwój floty i infrastruktury, co zwiększy efektywność ekonomiczną przedsięwzięcia. Taką strategią może być część Planu rozwoju zrównoważonego transportu publicznego.

2. Obecność dodatkowego finansowania – inwestycje w zeroemisyjny transport zbiorowy są bardziej kosztowne od zakupu taboru spalinowego i wymagają budowy dodatkowej infrastruktury. Bez dodatkowego wsparcia finansowego z funduszy unijnych i programów rządowych, miasta nie są w stanie zamawiać pojazdów zeroemisyjnych, w takim stopniu jak dziś zamawiają pojazdy spalinowe.

3. Wybór odpowiedniej technologii – w przypadku transportu zeroemisyjnego, podstawowy wybór rozstrzyga się między pojazdami elektrycznymi i wodorowymi. Dzisiejsze realia ekonomiczne wskazują na pojazdy elektryczne jako tabor podstawowy, a wodorowe jako uzupełniający (i zapewniający dywersyfikację źródła energii). W przypadku autobusów elektrycznych istotny jest model ładowania pojazdów – wyposażenie w duże baterie i stacje ładowania tylko na terenie zajezdni lub w małe baterie i stacje na terenie zajezdni oraz miasta. Wybór technologii zależy od

charakterystyki sieci komunikacyjnej i tras linii, długości brygad wynikających z obecnego rozkładu jazdy, dostępności źródeł energii lub paliwa (wodoru) oraz obecnej już infrastruktury. Należy jednak zakładać konieczność opracowania nowego rozkładu jazdy pod tabor zeroemisyjny, maksymalizujący codzienne przebiegi (efektywność ekonomiczna przedsięwzięć).

4. Odpowiedni wybór sieci połączeń (w początkowych wdrożeniach małej floty pojazdów) – w pierwszej kolejności należy elektryfikować linie całodienne o dużej liczbie brygad i wysokiej częstotliwości kursowania. Pozwoli to zbudować bazę zadań o dużej liczbie, do których można przydzielić obsługę tabor zeroemisyjnym. Ma to na celu zmaksymalizować roczne przebiegi tego taboru. Linie te mogą obsługiwać ściśle centrum miasta i tereny o dużej gęstości zabudowy, pokazując atuty braku emisji hałasu i zanieczyszczeń, jednak nie powinien to być element decydujący wdrożenia. Należy uwzględnić też uwarunkowania techniczne infrastruktury ładowania na pętlach i możliwości jej wybudowania i przyłączenia do sieci energetycznej (o ile przyjęto taki model obsługi). Ponadto należy przeanalizować czy na trasie linii nie ma obiektów inżynierskich ograniczających skrajnię drogi, przez które nie będzie mógł przejechać wyższy od standardowego tabor zeroemisyjny. Kluczowa jest wydzielona infrastruktura (buspasy, wspólne torowiska tramwajowo-autobusowe, priorytety w sygnalizacji świetlnej), po której porusza się tabor zeroemisyjny – by zwiększać prędkość komunikacyjną i zmniejszać zapotrzebowanie na tabor.

5. Kompleksowe wdrożenie – przetargi na transport zeroemisyjny organizowane są w ramach projektów kompleksowych, obejmujących zarówno pojazdy, jak i infrastrukturę. Najłatwiejszym wdrożeniem jest zakup autobusów elektrycznych z dużymi bateriami i budowa ładowarek plug-in na terenie zajezdni, jednak z perspektywy osiągniętych przebiegów rocznych, nie jest to optymalna strategia – większy potencjał zapewniają pojazdy z małymi bateriami, które wymagają, oprócz ładowarek plug-in na terenie zajezdni, rozmieszczenia ładowarek na pętlach. W przypadku autobusów wodorowych należy pamiętać o infrastrukturze zajezdni oraz zapewnieniu źródła paliwa. Wprowadzenie autobusów elektrycznych wymaga modernizacji zajezdni i dostosowania warsztatów. Proces budowy i uruchomienia infrastruktury ładującej trwa 1,5-2 lata. Podobnie jest dziś z przeprowadzeniem zamówienia na dostawę nowych autobusów.

6. Współpraca z mieszkańcami – wprowadzanie zmian w transporcie publicznym wymaga akceptacji społeczności lokalnych. Konsultacje z mieszkańcami i transparentny dialog mogą pomóc zrozumieć ich potrzeby i obawy, a także znaleźć rozwiązania, które są korzystne dla wszystkich stron. Mieszkańcy, w przypadku obsługi tabor zeroemisyjnym, chętniej akceptują przebieg linii komunikacji miejskiej ulicami pod ich domami oraz postój autobusów na krańcach. Komunikacja nocna obsługiwana autobusami zeroemisyjnymi również nie jest uznawana za tak bardzo uciążliwą.

7. Współpraca między wykonawcami – operatorzy lub miasta najczęściej zamawiają kompleksowe uruchomienie zeroemisyjnego transportu zbiorowego, tj. dostarczenie zarówno pojazdów, wraz z bateriami, jak i wybudowanie oraz uruchomienie infrastruktury ładującej. Operatorzy komunikacji miejskiej obawiali się sytuacji, w której w ramach osobnych wdrożeń nie byłaby gotowa infrastruktura albo nie zostałyby jeszcze dostarczone pojazdy nie byłyby jeszcze dostarczone. Jeden wykonawca (lub konsorcjum wykonawców) pozwala lepiej skoordynować wdrożenie,

w szczególności mając na uwadze wykonanie przyłącza przez OSD, uzyskanie jego warunków i przeprowadzenie prac budowlanych. Kluczowe jest odpowiednie zgranie harmonogramu wdrożenia, tak by dostawa pojazdów zbiegła się w czasie z uruchomieniem infrastruktury do ich ładowania zarówno na terenie zajezdni, jak i sieci komunikacyjnej.

8. Wybudowanie wystarczającej Infrastruktury zasilania – wdrożenie elektrycznego transportu zbiorowego wymaga odpowiedniej infrastruktury ładowania. W zależności od przyjętego modelu obsługi (duże baterie i stacje tylko na zajezdni lub małe baterie i stacje na zajezdni oraz terenie miasta), należy wybudować stacje ładowania w odpowiedniej liczbie w wybranych lokalizacjach i o odpowiedniej mocy. Rozmieszczenie infrastruktury nie powinno stanowić bariery w obsłudze rozkładu jazdy, jaki wcześniej realizowały pojazdy spalinowe. Im większy udział pojazdów elektrycznych w taborze, tym bardziej gęsta sieć stacji ładowania powinna być na terenie miasta, aż do sytuacji, w której cała sieć będzie możliwa do obsługi taborem zeroemisyjnym. Infrastruktura powinna zapewniać skalowalność wdrożenia pojazdów zeroemisyjnych poprzez stopniowe zwiększanie udziału floty tych pojazdów wraz z zapotrzebowaniem. Infrastruktura powinna też obejmować punkty, na których kończą trasy zarówno linie dzienne, jak i nocne.

9. Przeszkolenie personelu – istotne jest odpowiednie przeszkolenie zarówno kierowców, jak i pracowników zaplecza technicznego, którzy odpowiedzialni są za codzienną obsługę pojazdów. Kierowcy powinni zostać nauczeni przede wszystkim podstawowej obsługi pojazdów zeroemisyjnych, procedur reakcji w przypadku najczęściej występujących błędów i awarii oraz bezpiecznej i ekonomicznej jazdy takimi pojazdami. Pracownicy zaplecza technicznego powinni dogłębnie poznać budowę i obsługę nie tylko pojazdów zeroemisyjnych, ale też infrastruktury ładującej. Powinni być w stanie przeprowadzać konserwację urządzeń i pojazdów (np. wykonać balansowanie baterii), ich naprawę, tak by zachować sprawne i bezpieczne funkcjonowanie komunikacji miejskiej. Szkolenia powinny odbyć się przynajmniej w okresie dostarczania pojazdów przez producenta oraz dodatkowo przed upływem okresu gwarancyjnego, celem utrzymania obsługi po jego upływie na jak najwyższym poziomie.

Szkolenia techniczne z reguły przeprowadzają producenci pojazdów w ramach realizowanych dla miast kontraktów. W oddzielnym pakiecie oferowane są jednak dalsze szkolenia, w tym kurs eco-drivingu dla kierowców. Wszystkie szkolenia składają się zarówno z części teoretycznej, jak i praktycznej, a powinny być one realizowane oddzielnie dla każdego typu pojazdu⁵⁸.

10. Monitorowanie i optymalizacja – systematyczne monitorowanie i analiza wydajności zeroemisyjnej floty są ważne dla identyfikacji potencjalnych problemów oraz optymalizacji operacji w celu zwiększenia efektywności. Wraz z uruchamianiem zeroemisyjnego transportu należy zamawiać oprogramowanie teleinformatyczne, pozwalające na zdalne monitorowanie floty pojazdów oraz regularne gromadzenie danych statystycznych o wydajności i sprawności działania poszczególnych pojazdów i ich podzespołów.

⁵⁸ Solaris: Szkolenia techniczne, <https://www.solarisbus.com/pl/serwis-i-uslugi/szkolenia-techniczne>, data dostępu: 27.11.2024 r.

-
- Głównym czynnikiem sukcesu wdrażania transportu zeroemisyjnego jest dostępność dodatkowego wsparcia finansowego – krajowego i unijnego. Bez niego JST nie są w stanie, w takim stopniu jak dziś, zamawiać pojazdów zeroemisyjnych.
 - Czynnikiem pomyślnego wdrożenia, a następnie eksploatacji jest jednak znacznie więcej: obecność długofalowej strategii, wybór odpowiedniej technologii transportu zeroemisyjnego, kompleksowość wdrożenia, w tym wybór odpowiedniej sieci połączeń i wybudowanie wystarczającej infrastruktury zasilania. Ponadto na sukces składa się współpraca wykonawców realizujących kontrakty oraz współpraca organizatorów transportu z mieszkańcami. Dla okresu eksploatacji natomiast kluczowe jest przeszkolenie pracowników operatora oraz ciągłe monitorowanie i optymalizacja planu pracy taboru, w tym uwzględnienie zarządzania procesem ładowaniem.
 - Podstawowym założeniem dla operatorów jest to, że autobus bateryjny ma być w stanie obsłużyć zadania w takim samym stopniu, jak wcześniej realizowały pojazdy spalinowe. Bardzo dobre efekty w eksploatacji autobusów elektrycznych uzyskują Sosnowiec i Jaworzno. Nie jest to jednak kwestia przypadku, a ciężkiej pracy operatorów na rzecz maksymalizacji rocznych przebiegów taboru elektrycznego, czasem wręcz przekraczając przebiegi wykonywane taborzem spalinowym.
 - Najlepiej organizacyjnie do obsługi autobusów elektrycznych jest przygotowane PKM Jaworzno, spółka obsługująca 80% wozokilometrów autobusami bateryjnymi. W tym mieście zadania planowane są stricte pod tabor elektryczny, wraz z analizą poziomu naładowania baterii przez cały dzień pracy autobusu. W zadaniu kierowcy mają wskazany dokładny czas i miejsce ładowania lub doładowywania pojazdu, zadania wiążą też obsługę linii dziennych i nocnych.
 - Ograniczony zasięg na jednym ładowaniu nie sprawia operatorom problemu, jeśli w czasie dnia pracy autobus jest kilkakrotnie doładowywany na pętli. Są jednak zadania wykraczające poza granice miast posiadających autobusy elektryczne, które są trudne do elektryfikacji, ze względu na wkraczanie na teren innego samorządu oraz długi przebieg jednego kursu.
 - W Jaworznie pod eksploatację baterii przygotowano też specjalne brygady pozwalające na cykliczne balansowanie poziomu energii w nich gromadzonej, poprzez dłuższy ładowanie wolne na terenie zajezdni. Działania te pozwalają w skali roku przejeżdżać autobusom elektrycznym średnio 77 tys. km, co jest bardzo dobrym wynikiem.
-

5. Obszar III. Model ekonomiczno-finansowy, społeczny i ekologiczny

5.1. Koszty i korzyści ekonomiczne

Odpowiedź na pytanie:

Pyt. 7. Jakie są koszty i korzyści ekonomiczne wdrożenia i eksploatacji zeroemisyjnego transportu zbiorowego?

DESK RESEARCH

Uchwalona przez Sejm Ustawa z dnia 21 listopada 2024 r. o zmianie ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych oraz niektórych innych ustaw⁵⁹ uchyliła dotychczasowy artykuł 37 Ustawy o elektromobilności, który zobowiązywał do sporządzenia przez jednostki samorządu terytorialnego, 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.

Wspomniana analiza kosztów i korzyści, będąca podstawą do określenia ścieżki wdrożenia autobusów zeroemisyjnych, składała się z następujących elementów:

1. Obszar terytorialny objęty analizą.
2. Analiza otoczenia społeczno-gospodarczego na obszarze objętym AKK.
3. Opis systemu komunikacyjnego (uwzględniający istniejące gałęzie transportu) wraz z opisem stanu taboru autobusowego na obszarze objętym analizą.
4. Plan wymiany i rozwoju taboru.
5. Analiza finansowo-ekonomiczna:
 - ocena sytuacji finansowej miasta i wpływu programu wymiany pojazdów na jej stabilność,
 - ocena sytuacji finansowej podmiotu odpowiedzialnego za realizację usług transportowych,
 - dostępne i preferowane modele nabycia pojazdów elektrycznych/wodorowych (zakup, leasing, niezbędna wysokość dofinansowania),
 - dotychczasowy przebieg procesu wymiany pojazdów zeroemisyjnych w ostatnich 3 latach (jeżeli miał miejsce).
6. Oszacowanie efektów środowiskowych związanych z emisją szkodliwych substancji.
7. Analiza społeczno-ekonomiczna (jakie efekty dla miasta i mieszkańców spowoduje proces wymiany na pojazdy zeroemisyjne):

⁵⁹ Rządowy projekt ustawy o zmianie ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych oraz niektórych innych ustaw, <https://www.sejm.gov.pl/sejm10.nsf/PrzebiegProc.xsp?nr=751>, data dostępu: 29.11.2024 r.

- wpływ na poziom i jakość życia, mobilność społeczną, ograniczenie wykluczenia komunikacyjnego, dostępność usług komunikacyjnych oraz innych usług społecznych (np. dostęp do kultury) i zamożność społeczności,
 - wycena kosztów związanych z emisją szkodliwych substancji (np. związanych z ochroną zdrowia),
 - ocena korzyści wdrożenia pojazdów zeroemisyjnych,
 - kluczowe wyzwania społeczno-ekonomiczne stojące przed systemem zbiorowej komunikacji miejskiej.
8. Rekomendacje w zakresie wymiany taboru, podsumowanie i wnioski (ze wskazaniem, który wariant inwestycyjny został zidentyfikowany jako preferowany/wybrany do realizacji).
 9. Załączniki:
 - a) opis aktualnego stanu taboru autobusowego,
 - b) spis taboru,
 - c) opis wariantów oraz nakłady inwestycyjne,
 - d) ocena efektów środowiskowych.

W harmonogramie wymiany taboru wprowadzony był podział na autobusy BEV (bateryjne) oraz FCEV (na ogniwa paliwowe - wodorowe). Harmonogram obejmował tabor planowany do wymiany w okresie 10 lat.

Tabor klasyfikowano według długości:

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

Wśród uwzględnianych rodzajów zanieczyszczeń zawierane były (wyrażane w kilogramach do trzech cyfr znaczących): CO₂ (dwutlenek węgla), NO_x (tlenki azotu), NMHC (niespalone węglowodory niemietanowe), NMVOC (niemietanowe lotne związki organiczne), SO₂ (dwutlenek siarki), PM (pyły zawieszone) i potencjalne inne.

Marcin Gromadzki w przewodniku dla samorządów⁶⁰ wyróżnia podstawowe składniki kosztu eksploatacji i utrzymania pojazdów transportu zbiorowego, takie jak paliwo, energia, remonty, materiały eksploatacyjne, ubezpieczenia, opony itp. Elementy te pozwalają obliczyć wskaźniki jednostkowe kosztów w złotych na kilometr.

Pojawiają się też dodatkowe składniki kosztowe związane z eksploatacją transportu zeroemisyjnego, w tym m.in.:

⁶⁰ M. Gromadzki, 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, Ministerstwo Energii, Warszawa, 06.2018 r.

- zwiększone koszty ubezpieczenia taboru zeroemisyjnego (większa wartość pojazdów),
- przynajmniej jednokrotny koszt wymiany baterii w cyklu życia pojazdu.

Polska Strategia Wodorowa zawiera informacje, że średni koszt utrzymania autobusu typu FCEV wynosi ok. 443 zł/100 km. Na tę kwotę w największym stopniu składa się cena paliwa wodorowego (55%), następnie koszty konserwacji pojazdu (17%), ubezpieczenie (15%), wymiana części (9%) oraz utrzymanie stacji tankowania (6%). W okolicach roku 2025 spodziewane było zrównanie kosztów utrzymania autobusów FCEV z BEV, by do 2030 r. autobusy na ogniwa paliwowe osiągnęły przewagę konkurencyjną nad autobusami elektrycznymi, do czego miały przyczynić się m.in. spadki cen paliwa wodorowego o około 44%⁶¹. Obecnie jednak takie trendy nie wystąpiły – ani w zakresie ceny pojazdów wodorowych, ani w zakresie spadku ceny paliwa wodorowego.

MODEL EKONOMICZNO-FINANSOWY, SPOŁECZNY I EKOLOGICZNY

Opracowano model ekonomiczno-finansowy, społeczny i ekologiczny, bazujący na metodyce analiz kosztów i korzyści dla pojazdów zeroemisyjnych. Model, w formie arkusza kalkulacyjnego, stanowi Załącznik 2 do Analizy.

Koszt inwestycyjny i eksploatacyjny związany z transportem zeroemisyjnym można podzielić na koszt związany z:

- pojazdem, z wyłączeniem baterii,
- bateriami, uzależniony od ich energii mierzonej w kWh,
- infrastrukturą zasilającą,
- energią potrzebną do zasilania pojazdów,
- kierowcą wykonującym przewozy (ten sam koszt w przypadku pojazdu spalinowego czy zeroemisyjnego).

Przyjmowane parametry pojazdów w modelu zawiera Tabela 11. Na cele Analizy w modelu uwzględniono pojazdy dwóch najpopularniejszych klas długości – maxi (12 m) i mega 18 (18 m). W przypadku tramwajów również założono dwie najpopularniejsze klasy tych pojazdów, eksploatowane w Polsce – około 20- lub 30-metrowe. Pojemność pojazdów została założona dla wszystkich pojazdów na podstawie długości i przelicznika liczby pasażerów na metr kwadratowy jego powierzchni. Ponadto uwzględniono mniejszą pojemność pojazdów bateryjnych, ze względu na większe baterie i osprzęt, czyli elementy ograniczające przestrzeń pasażerską.

Koszt CAPEX (inwestycyjne) pojazdu zawierają dostawę pojazdu i wszystkich jego podzespołów z wyłączeniem baterii. Koszt utrzymania zawiera koszt eksploatacji (napraw, części itp.) oraz inne koszty bezpośrednio związane z taborom (np. ubezpieczenie, przeglądy i podatek). Wartość rezydualna to natomiast wartość pojazdu określona w procentach, która pozostanie po 15-letnim okresie jego eksploatacji. Wartość ta dla trolejbusów i tramwajów jest odpowiednio wyższa, ze względu na planowany dłuższy okres eksploatacji tych pojazdów (odpowiednio do 20 i 30 lat).

⁶¹ Polska Strategia Wodorowa do roku 2030, Ministerstwo Klimatu i Środowiska, Warszawa 10.2021 r.

Tabela 11. Założone koszty CAPEX taboru transportu zbiorowego i koszty OPEX jego utrzymania, bez kosztu baterii

TYP POJAZDU/NAPĘDU/ZASILANIA	POJEMNOŚĆ PASAŻERSKA [PAS.]	CAPEX ZAKUP BEZ BATERII [PLN]	OPEX UTRZYMANIE POJAZDU [PLN/KM]	WARTOŚĆ REZYDUALNA PO 15 LATACH
Autobus 12 m – diesel ON	85	1 150 000	0,94	10%
Autobus 12 m – bateryjny OPP pantograf	80	1 800 000	0,89	10%
Autobus 12 m – bateryjny OPP plug-in	80	1 550 000	0,89	10%
Autobus 12 m – bateryjny ONC	75	1 550 000	0,89	10%
Trolejbus 12 m – bateryjny IMC	80	2 100 000	0,89	20%
Autobus 12 m – wodorowy	80	2 768 750	1,05	10%
Autobus 18 m – diesel ON	130	2 000 000	1,25	10%
Autobus 18 m – bateryjny OPP pantograf	130	3 100 000	1,18	10%
Autobus 18 m – bateryjny OPP plug-in	130	2 750 000	1,18	10%
Autobus 18 m – bateryjny ONC	120	2 750 000	1,18	10%
Trolejbus 18 m – bateryjny IMC	130	3 660 000	1,18	20%
Autobus 18 m – wodorowy	130	4 000 000	1,35	10%
Tramwaj 20 m	135	6 500 000	4,00	35%
Tramwaj 30 m	215	8 500 000	6,00	35%

Źródło: opracowanie własne na podstawie aktualizacji Analizy⁶²

Założone parametry eksploatacyjne pojazdów oraz parametry baterii zawiera Tabela 12. Autobusy z silnikiem diesla zużywają olej napędowy w litrach, ale także autobusy bateryjne ONC - założenie rozwiązania gwarantującego utrzymanie zasięgu szczególnie w okresie zimowym w Polsce – wspomaganie ogrzewania agregatem prądowtórzym. W przypadku autobusu wodorowego zakłada się zużycie wodoru mierzone w kilogramach. Dla autobusów bateryjnych, trolejbusów i tramwajów określono zużycie energii w kWh/100 km. Dla autobusów bateryjnych, wodorowych, trolejbusów i tramwajów założono również określone konfiguracje baterii, które uwarunkowane są trybem ich pracy.

Tabela 12. Założone parametry eksploatacyjne pojazdów – zużycie paliwa lub energii - oraz parametry baterii

TYP POJAZDU/NAPĘDU/ZASILANIA	ZUŻYCIE PALIWA [L LUB KG/100 KM]	ZUŻYCIE ENERGII [KWH/100KM]	ENERGIA BATERII [KWH]	TYP BATERII
Autobus 12 m - Diesel ON	38	-	-	-
Autobus 12 m - bateryjny OPP	-	120	210	NMC
Autobus 12 m - bateryjny ONC	1,5	130	420	NMC
Trolejbus 12 m – bateryjny IMC 50%	-	115	30	LTO

⁶² Wolański M., Czerliński M., Pinkosz M. i inni, Analiza rozwoju zeroemisyjnego, zbiorowego transportu drogowego w Polsce wraz z rekomendacjami działań legislacyjnych i pozalegisacyjnych dla administracji publicznej, dostosowane do krajowych warunków ekonomiczno-społecznych, <https://legislacja.rcl.gov.pl/docs//2/12386951/13068507/13068508/dokument673918.pdf>, 10.2023 r.

TYP POJAZDU/NAPĘDU/ZASILANIA	ZUŻYCI PALIWA [L LUB KG/100 KM]	ZUŻYCI ENERGII [KWH/100KM]	ENERGIA BATERII [KWH]	TYP BATERII
Trolejbus 12 m – bateryjny IMC 30%	-	120	90	LTO
Autobus 12 m - wodorowy	9	-	25	LTO
Autobus 18 m - Diesel ON	52	-	-	-
Autobus 18 m - bateryjny OPP	-	145	280	NMC
Autobus 18 m - bateryjny ONC	3	155	560	NMC
Trolejbus 18 m – bateryjny IMC 50%	-	140	50	LTO
Trolejbus 18 m – bateryjny IMC 30%	-	145	110	LTO
Autobus 18 m – wodorowy	13	-	50	LTO
Tramwaj 20 m	-	300	30	LTO
Tramwaj 30 m	-	400	40	LTO

Źródło: opracowanie własne na podstawie aktualizacji Analizy

Do obliczeń parametrów zakupu baterii posłużyły koszty jednostkowe kilowatogodziny energii baterii. Dla baterii NMC koszt wynosił w 2024 r. 2620 zł/kWh, natomiast dla baterii LTO – 5250 zł/kWh. Zakłada się żywotność baterii NMC na poziomie 7 lat, natomiast LTO – 14 lat (por. Tabela 13).

Tabela 13. Koszt jednostkowy pojemności baterii NMC i LTO

TYP BATERII	CENA KILOWATOGODZINY ENERGII BATERII [PLN/KWH]	ŻYWOTNOŚĆ [LAT]
NMC	2620	7
LTO	5250	14

Źródło: opracowanie własne na podstawie badania ankietowego operatorów

Wyróżniono również koszty infrastruktury związanej z transportem zeroemisyjnym. W przypadku autobusów elektrycznych, podstawowe jej elementy składają się z ładowarek wolnych na terenie zajezdni lub pętli oraz szybkich na pętlach (pantografowych). Dla trolejbusów oznacza to budowę podstacji trakcyjnej oraz kilometrów sieci trakcyjnej trolejbusowej, dwuprzewodowej. Dla tramwajów oznacza to budowę podstacji trakcyjnej, torowiska oraz sieci trakcyjnej tramwajowej, jedнопrzewodowej (por. Tabela 14).

Tabela 14. Koszty CAPEX i OPEX infrastruktury transportu zeroemisyjnego, uwzględnione w modelu

ELEMENT INFRASTRUKTURY	CAPEX [PLN/KM] LUB [PLN/SZTUKA]	OPEX [PLN/KM·ROK] LUB [PLN/SZTUKA·ROK]	WARTOŚĆ REZYDUALNA PO 15 LATACH
Autobusy elektryczne (bateryjne)			
Ładowarka w zajezdni – ONC	90 000	4 500	30%
Ładowarka na pętli – OPP	600 000	20 000	30%

ELEMENT INFRASTRUKTURY	CAPEX [PLN/KM] LUB [PLN/SZTUKA]	OPEX [PLN/KM·ROK] LUB [PLN/SZTUKA·ROK]	WARTOŚĆ REZYDUALNA PO 15 LATACH
Trolejbusy			
Podstacja trakcyjna trolejbusowa [szt./3 km]	2 500 000	20 000	30%
Sieć trakcyjna trolejbusowa w obu kier. [km]	3 000 000	20 000	30%
Tramwaje			
Podstacja trakcyjna tramwajowa [szt./3 km]	7 500 000	40 000	30%
Torowisko tramwajowe dwutorowe [km]	15 000 000	80 000	30%
Sieć trakcyjna tramwajowa w obu kier. [km]	3 000 000	40 000	30%

Źródło: opracowanie własne na podstawie badania ankietowego operatorów

Jako koszt społeczny, przyjęto w analizie koszt prowadzącego na poziomie 3,20 PLN/km. Jest to średni koszt wyznaczony na bazie statystyk IGKM - Komunikacja miejska w liczbach 2023.

Do obliczeń założono też stopę dyskonta na poziomie 3%.

Korzyści ekonomiczno-finansowe wyznaczone zostały w ramach kolejnych rozdziałów, a polegają one przede wszystkim na obliczeniu różnicy zdyskontowanych kosztów finansowych 15-letnich bądź sumarycznych (finansowych i zewnętrznych – środowiskowych) w wartości bezwzględnej bądź w przeliczeniu na wozokilometr lub pasażerokilometr zdolności przewozowej.

- **JST były zobowiązane są do przeprowadzenia analiz kosztów i korzyści związanych z wdrożeniem transportu zeroemisyjnego oraz ich aktualizacji co 36 miesięcy. Analiza taka miała sprawdzać zasadność ekonomiczno-finansową uruchamiania transportu zeroemisyjnego na terenie funkcjonowania wybranej jednostki.**
- **W ramach niniejszej Analizy opracowano model ekonomiczno-finansowy, społeczny i ekologiczny, pozwalający wyznaczyć poziomy poszczególnych kosztów. Jako dane wejściowe wstawiono określone parametry pojazdów zeroemisyjnych oraz spalinowych na olej napędowy oraz infrastruktury zasilającej pojazdy.**
- **Koszty związane z wprowadzeniem do ruchu zeroemisyjnych pojazdów związane są przede wszystkim z zakupem taboru wraz z baterią oraz budową infrastruktury do ładowania. Wdrożenie wiąże się też ze zwiększonymi cenami ubezpieczenia (droższych pojazdów zeroemisyjnych).**
- **Koszty związane z eksploatacją pojazdów wiążą się przede wszystkim z energią potrzebną do ich zasilania oraz utrzymaniem pojazdów i infrastruktury. Należy też pamiętać o wymianie baterii przynajmniej raz w okresie życia pojazdu w przypadku akumulatorów NMC. Koszty kierowcy wykonującego przewozy są takie same, jak w przypadku pojazdów spalinowych.**

-
- **Wyznaczenie korzyści wynikających z wdrożenia polega przede wszystkim na obliczeniu różnicy zdyskontowanych kosztów finansowych 15-letnich bądź sumarycznych (finansowych i zewnętrznych – środowiskowych) w wartości bezwzględnej bądź w przeliczeniu na wozokilometr albo pasażerokilometr zdolności przewozowej.**
-

5.2. Mierniki ekonomiczno-finansowe, społeczne i ekologiczne

Odpowiedź na pytanie:

Pyt. 14. Jakie powinny być mierniki ekonomiczno-finansowe, społeczne oraz ekologiczne prognozowanych skutków transformacji publicznego transportu zbiorowego w kierunku napędów zeroemisyjnych w SOM?

DESK RESEARCH

Podstawowym miernikiem efektywności wdrożenia transportu zeroemisyjnego, podobnie jak w przypadku innych inwestycji, jest wartość zaktualizowana netto (NPV). Stworzenie i aktualizowanie analizy kosztów i korzyści o wartości finansowe, społeczne i ekologiczne w kolejnych latach powinno być wystarczającym miernikiem skutków transformacji energetycznej publicznego transportu zbiorowego.

W analizie należy uwzględnić całkowity koszt środowiskowy w podziale na poszczególne rodzaje zanieczyszczeń. W przypadku czynników ekologicznych należy uwzględnić następujące emisje:

- gazów cieplarnianych (CO₂),
- pozostałych gazów (tj. lokalne skutki zanieczyszczenia powietrza),
- hałasu.

W zakresie gazów cieplarnianych przyjmuje się koszt 25 euro za wartość początkową jednej tony ekwiwalentu dwutlenku węgla – jako poziom w 2010 r. Koszt ten powinien być rokrocznie indeksowany o wartość 1 euro na tonę CO₂. Można również przyjąć wartość 2,68 kg emisji CO₂ podczas spalania 1 litra oleju napędowego. Wielkość emisji gazów należy przemnożyć przez koszt jednostkowy i w ten sposób obliczyć koszt zmian klimatycznych – jako jeden z mierników skutków transformacji.

Koszty emisji innych substancji (np. PM₁₀, NO₂) powinno się oszacować dla wartości dopuszczalnych zanieczyszczeń w odniesieniu do konkretnego rodzaju paliwa oraz spełnienia norm spalania EURO w danym taborze.

Koszty hałasu w przypadku Analizy powinny być liczone dla transportu lądowego – autobusu w terenie miejskim.

W przypadku stosowaniu autobusów elektrycznych na liniach obsługujących obszary bardzo gęsto zaludnione, można zwiększyć zaoszczędzony koszt emisji spalin i emisji hałasu o odpowiedni współczynnik⁶³.

Wartości kosztów należy pobierać z „Tablic kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści” dostępnych na stronie CUPT⁶⁴. Ostatnia wersja opracowania, która została w ramach projektu wykorzystana, pochodziła z 27 czerwca 2024 r. (Załącznik 3 do Analizy).

MODEL EKONOMICZNO-FINANSOWY, SPOŁECZNY I EKOLOGICZNY

Mierniki skutków ekonomiczno-finansowych, społecznych oraz ekologicznych transformacji publicznego transportu zbiorowego podzielono na 7 kategorii, związanych z:

- pojazdem – zakupem pojazdu i jego wartością po 15-letnim okresie eksploatacji,
- baterią – pierwotnym jej zakupem, ewentualną wymianą w okresie eksploatacji oraz wartością ostatniego pakietu baterii w 15 roku eksploatacji,
- energią – zużyciem paliwa (oleju napędowego albo wodoru) lub energii elektrycznej przemnożonej przez koszt jednostkowy źródła energii i roczny przebieg,
- utrzymaniem – roczny przebieg przemnożony przez koszt utrzymania pojazdu na kilometr,
- kierowcą – roczny przebieg przemnożony przez koszt prowadzącego na kilometr,
- infrastrukturą - koszt inwestycyjny i utrzymaniowy poszczególnych elementów infrastruktury w przeliczeniu na jednostki infrastruktury punktowej lub kilometry infrastruktury liniowej,
- kosztami zewnętrznymi – uwzględniającymi emisje zanieczyszczeń autobusu spalinowego zgodnie z określoną dla niego normą Euro lub emisje zanieczyszczeń związane z taborem elektrycznym w przypadku polskiego miksu energetycznego (w przypadku energii zeroemisyjnej – jej koszty zewnętrzne są zerowe) oraz emisje hałasu.

Koszty zewnętrzne zanieczyszczeń zostały określone na podstawie ww. tablic CUPT – por. Tabela 15.

Tabela 15. Koszty emisji zanieczyszczeń [PLN/tona] w 2024 roku

SUBSTANCJA	SO ₂	NMHC / NMVOC	NO _x (TRANSPORT MIEJSKI)	PM2.5 (TRANSPORT MIEJSKI)	CO ₂	NH ₃
Koszt emisji [PLN/tona]	43 971	3 754	78 827	487 974	839	77 218

Źródło: opracowanie własne na bazie tablic CUPT

⁶³ M. Gromadzki [...] op. cit.

⁶⁴ CUPT: Tablice kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści, <https://www.cupt.gov.pl/strefa-beneficjenta/wdrazanie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysci/narzedzia/tablice-kosztow-jednostkowych-do-wykorzystania-w-analizach-kosztow-i-korzysci/>, data dostępu: 29.11.2024 r.

Koszty hałasu zostały uśrednione do wartości 0,378702 PLN/km dla autobusu spalinowego oraz 0,227221 PLN/km dla autobusu zeroemisyjnego (emisja hałasu o 40% mniejsza).

Dla każdego wariantu pojazdu powyższe koszty w ramach modelu zostały wyznaczone w ramach rozdziału 5.3.

- **Podstawowym miernikiem ekonomiczno-finansowym inwestycji w transporcie zeroemisyjnym (szczególnie autobusowym), podobnie jak w przypadku innych inwestycji, jest obliczenie zdyskontowanych kosztów sumarycznych w okresie 15 lat dla poszczególnych rodzajów taboru.**
- **Koszty te mogą też zostać rozłożone na wozokilometr (koszt eksploatacyjny) lub pasażerokilometr (koszt społeczny) obsługi pojazdem oraz na elementy infrastruktury transportu publicznego.**
- **Mierniki skutków ekonomiczno-finansowych, społecznych oraz ekologicznych można podzielić na 7 kategorii, związanych z: pojazdem, baterią, energią, utrzymaniem, kierowcą (prowadzącym), infrastrukturą i kosztami zewnętrznymi.**
- **Mierniki kosztów zewnętrznych – ekologiczne - to emisje zanieczyszczeń do atmosfery i hałasu. Wśród zanieczyszczeń wyróżnia się koszty emisji SO₂, NMHC / NMVOC, NO_x, PM_{2.5}, CO₂ i NH₃. Koszty te wyznaczane są na podstawie tablic kosztów jednostkowych CUPT, aktualizowanych co roku. Koszty hałasu założono natomiast rozróżniając autobus spalinowy i zeroemisyjny.**

5.3. Koszty i korzyści energii (w tym energii odnawialnej)

Odpowiedź na pytanie:

Pyt. 9. Jaki jest bilans kosztów i korzyści energii, w tym energii odnawialnej?

CENY PALIW I ENERGII

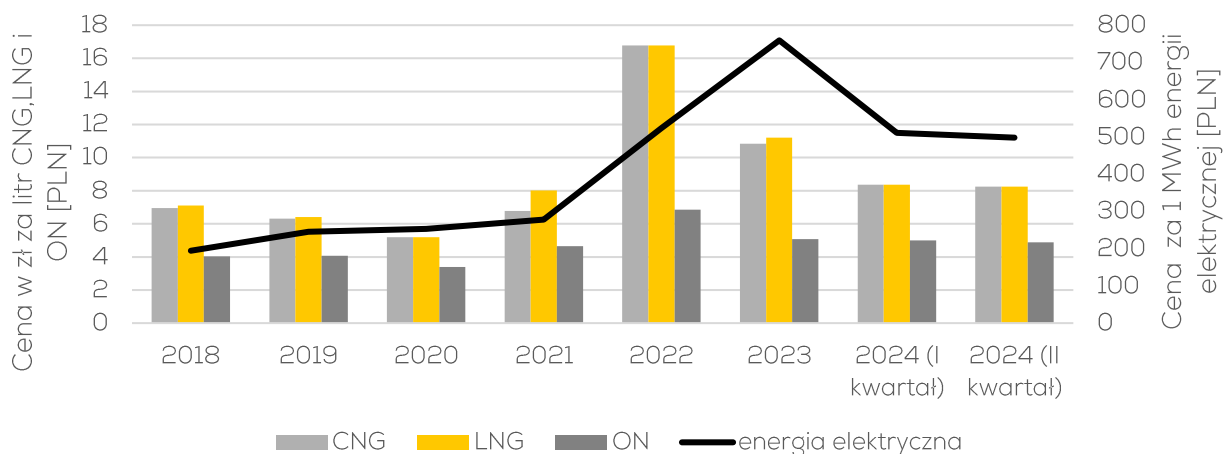
Dynamikę zmian cen paliw (gazu CNG, LNG oraz oleju napędowego) i energii elektrycznej obrazuje na jednym wykresie Rysunek 23.

Jeżeli chodzi o ceny oleju napędowego to zauważalny jest gwałtowny wzrost w 2021 roku i ich spadek w 2023 do poziomów z 2021 roku oraz utrzymanie ceny do połowy 2024 r. Jeszcze większe zmiany ceny dotyczyły gazu CNG oraz LNG. Wysokie ceny paliw kopalnych w 2022 r. spowodowały, większą opłacalność pojazdów zeroemisyjnych w stosunku do pojazdów z napędem gazowym. Cena gazu od 2022 r. spadła, choć cena CNG nie wróciła do poziomu sprzed wojny na Ukrainie. Należy obserwować ceny oleju napędowego i gazu w kontekście zmian cen energii elektrycznej. Wpłyne to bezpośrednio na opłacalność pojazdów zeroemisyjnych w kolejnych latach.

Cena energii elektrycznej w okresie przed kryzysem energetycznym w Europie i wybuchem wojny na Ukrainie cechowała się dużą stabilnością. Przez wiele lat utrzymywała się na poziomie ok. 200

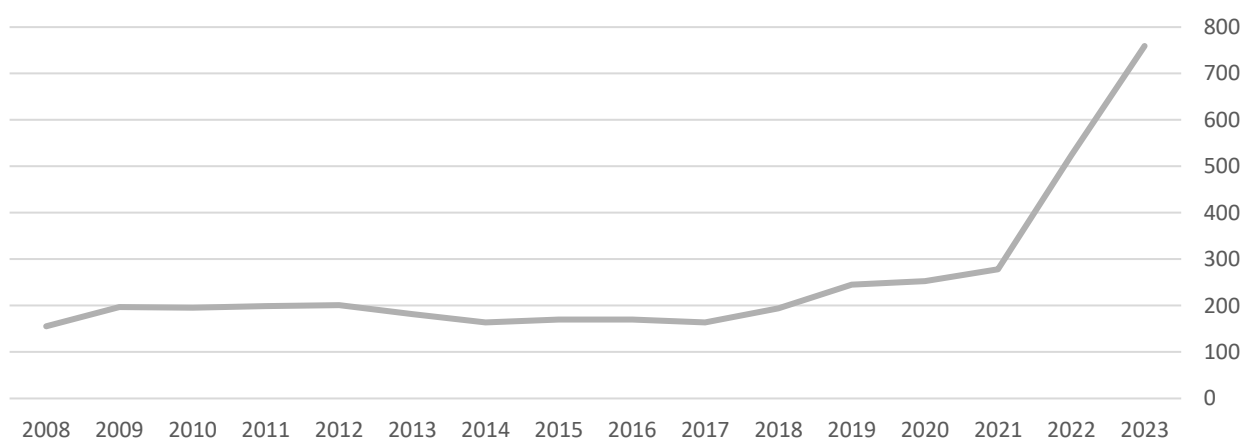
PLN/MWh, a zaczęła znacznie rosnać od 2018 roku (por. Rysunek 24). Wojna znacząco wpłynęła na destabilizację cen energii⁶⁵.

Rysunek 23. Średnie ceny za 1 litr gazu CNG, LNG i oleju napędowego oraz za 1 MWh energii elektrycznej w latach 2018-2024 [PLN]



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych PKN Orlen⁶⁶ i Urzędu Regulacji Energetyki⁶⁷

Rysunek 24. Średnia roczna cena sprzedaży energii elektrycznej na rynku konkurencyjnym w latach 2008-2024 [PLN/MWh]



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych URE

W 2023 roku w I kwartale uzyskano najwyższą cenę energii – 890 PLN/MWh, po czym zaczęła ona znacznie spadać, osiągając w II kwartale 2024 roku wartość 500 PLN/MWh.

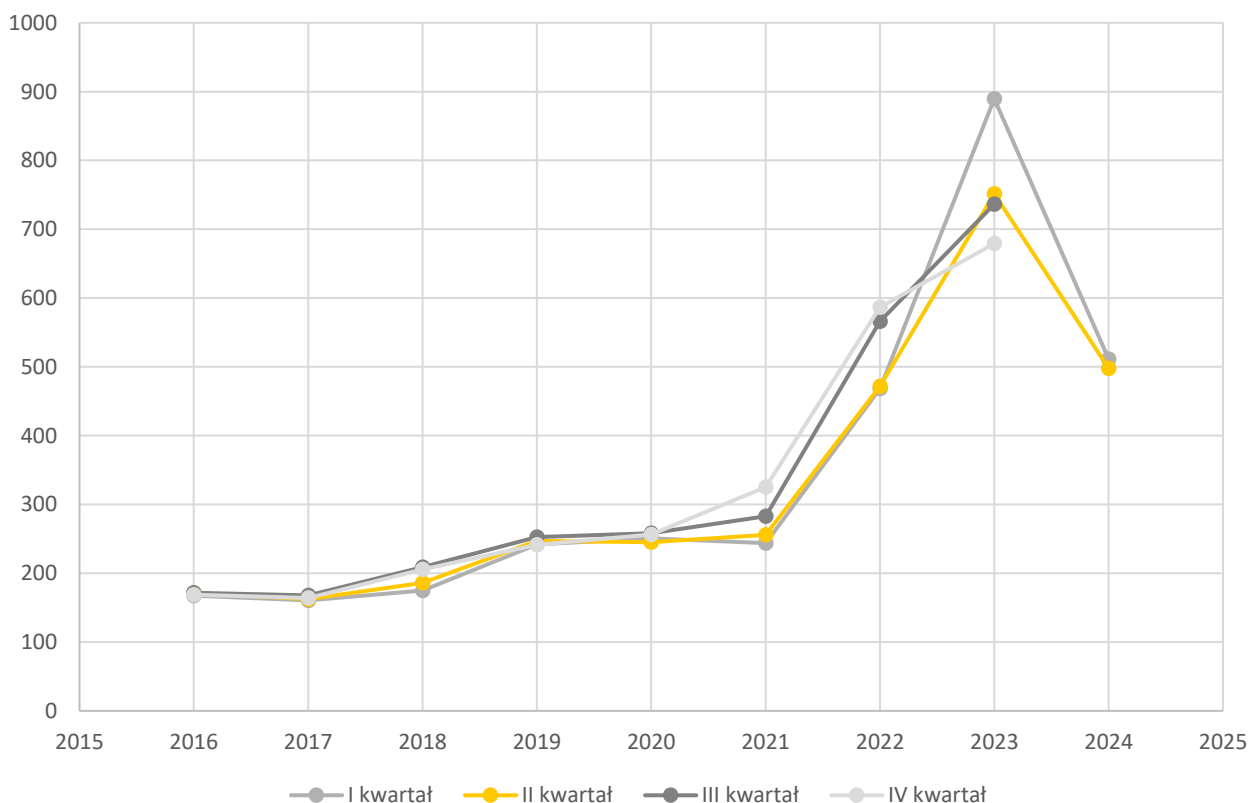
⁶⁵ Dusiło M., Transformacja energetyczna w Polsce - Edycja 2022

⁶⁶ PKN Orlen: Hurtowe ceny paliw, <https://www.orklen.pl/pl/dla-biznesu/hurtowe-ceny-paliw#paliwa-archive>, data dostępu: 29.11.2024 r.

⁶⁷ URE: Średnia cena sprzedaży energii elektrycznej na rynku konkurencyjnym (roczna i kwartalne), <https://www.ure.gov.pl/pl/energia-elektryczna/ceny-wskazniki/7852,Srednia-cena-sprzedazy-energii-elektrycznej-na-ryнку-konkurencyjnym-roczna-i-kwa.html>, data dostępu: 29.11.2024 r.

Widać też, że w trzecim i czwartym kwartale roku ceny energii są znacznie wyższe niż w pozostałych kwartałach roku, co jest związane ze zwiększonym zapotrzebowaniem na energię w miesiącach zimowych (por. Rysunek 25). Widać też, że na przestrzeni roku najdroższa będzie ich eksploatacja w miesiącach jesiennych i zimowych, gdzie dodatkowo autobusy elektryczne charakteryzują się wyższym zużyciem energii, co dodatkowo zwiększa koszt ich użytkowania. Trend ten nie został utrzymany w 2023 r. ze względu na znaczne spadki cen. Po uspokojeniu sytuacji rynkowej należy spodziewać się podobnych zależności cenowych względem kwartałów w kolejnych latach.

Rysunek 25. Średnia roczna cena sprzedaży energii elektrycznej na rynku konkurencyjnym [zł/MWh]



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych URE

Z perspektywy rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego, cena energii jest kluczowym czynnikiem decydującym o jego opłacalności. Przy wyższym koszcie inwestycyjnym pojazdów elektrycznych względem spalinowych, niższy koszt eksploatacji, w tym energii, doprowadza do uzyskania korzystnego bilansu. Na potrzeby analizy przyjęto ceny aktualne za 2024 r. dla poszczególnych rodzajów paliw – ON oraz energii elektrycznej (EE) – por. Tabela 16. Mając na uwadze nieopłacalność inwestycji w tabor wodorowy, założono optymistyczny poziom ceny wodoru szarego, jaki byłyby w stanie zaoferować zakłady azotowe w Policach (25 zł/kg netto), jednak obecnie pojawiające się ceny rynkowe wynoszą nawet ponad 55 zł/kg netto.

Tabela 16. Ceny netto paliw i energii założone w modelu ekonomiczno-finansowym dla roku wyjściowego analizy – 2024

PARAMETR	CENA ON [PLN/L]	AGR ON	CENA EE [PLN/KWH]	AGR EE	CENA WODÓR [PLN/KG]	AGR WODÓR	STOSUNEK CENY ON DO EE [-]
WARTOŚĆ	5,28	5%	0,693	5%	25,0	5%	7,6

Źródło: opracowanie własne

AGR oznacza średnią roczną stopę wzrostu cen powyżej inflacji. Ze względu na trudną do przewidzenia sytuację cen paliw i energii, przyjęto do modelu 5% dla wszystkich źródeł energii. Operatorzy komunikacji miejskiej w SOM, w czasie wywiadów IDI wskazywali, że obecnie niepewność co do zmienności kosztu paliw i energii jest zbyt duża. Jest im bardzo trudno podejmować racjonalne ekonomicznie decyzje nawet w okresie na najbliższe 2 lata.

ZMIENNOŚĆ CEN ENERGII W DOBIE

Rząd w 2023 r. zaczął prace nad stabilizacją poziomu zużycia energii w ciągu doby. Umożliwiono rozliczanie się klientów indywidualnych w systemie 15-minutowym. W ujęciu godzinowym energia w 2023 roku najdroższa była w godzinach 18-22 (417-471 zł za MWh). Drugi szczyt zużycia i najwyższa cena uzyskiwana jest w godzinach 7-9 (393-405 zł za MWh). Natomiast w okresie najmniejszego zużycia, czyli w godz. 2-5 oraz 12-15 cena oscylowała wokół 300 zł za MWh (por. Rysunek 26).

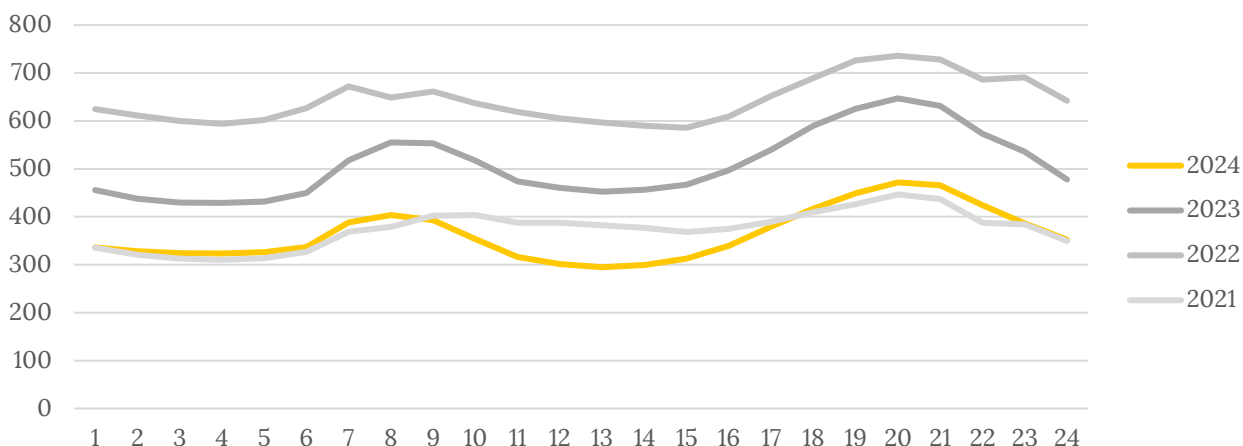
Obecnie przedsiębiorstwa komunikacji miejskiej korzystają ze stałej taryfy za prąd elektryczny. Funkcjonowanie systemu energetycznego dla klientów indywidualnych jest natomiast przyczynkiem do zastanowienia się czy możliwe jest takie zarządzanie ładowaniem pojazdów elektrycznych, by zostać beneficjentem systemu bazującego na stawkach dynamicznych. Autobusy elektryczne mogłyby być ładowane przede wszystkim w okresie, gdy ceny są najniższe, może to być kierunek zainteresowania w dalszym rozwoju transportu zeroemisyjnego w Polsce.

Gdyby przedsiębiorstwo bazowało na stawce dziennej i nocnej za energię elektryczną, to byłoby to pole do optymalizacji kosztowej eksploatacji autobusów elektrycznych (co jest np. stosowane w zajezdni Klonowica w Szczecinie). Wtedy, w większym stopniu wykorzystywane byłoby nocne ładowanie wolne na terenie zajezdni po godz. 23, natomiast wiązałoby się to z ograniczeniem ładowania autobusów na terenie miasta ładowarkami szybkimi po godzinie 17. Taka zmiana trybu pracy przedsiębiorstwa wymagałaby wcześniej przeprowadzenia szczegółowej analizy.

W Gdyni, operatorzy komunikacji miejskiej kontraktują energię w ramach grupy zakupowej – zawiera ona kilkaset odbiorców i kilkadziesiąt tysięcy punktów poboru energii. Nie ma możliwości w przetargu dzielenia ceny na strefy czasowe. W zależności od tego czy pobór następuje z sieci ŚN czy nn – przedsiębiorstwa należą do grupy B lub C odbiorców. W przetargu oferowana jest jednak cena stała. Stawka jest tylko z pozoru stała, ponieważ grupa przedstawia wykres zużycia energii. Na

jego podstawie, uwzględniając zmienność produkcji i cen energii, dostawca oblicza średnią stawkę za MWh.

Rysunek 26. Średnia cena 1 MWh energii w PLN na przestrzeni doby (24 h) w latach 2021-2024



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych PSE⁶⁸

Niezależnie od tego czy jest zużycie energii czy też go nie ma, konieczne jest zakontraktowanie mocy zamówionej, jako koszt stały, przydzielanej na punkty ładowania. **Koszt ten rozkłada się wtedy na liczbę przejeżdżanych przez autobusy kilometrów, co jest kolejnym czynnikiem, który powinien skłaniać operatorów do maksymalizacji przebiegów autobusów elektrycznych.** Moc zamówiona przydzielona na jeden punkt ładowania kosztuje miesięcznie od 10 do 20 tys. PLN. W efekcie przedsiębiorstwo komunikacji otrzymuje dwie faktury – za dystrybucję (moc zamówiona, koszt stały, rozkładający się na liczbę kilometrów pracy eksploatacyjnej) i zużycie (z określoną stawką).

W czasie wywiadów IDI podkreślono, że generalnie przedsiębiorstwa przewozowe mają budżet roczny, więc kontraktowanie energii również odbywa się w takim okresie. Pomaga to w planowaniu przedsięwzięć wieloletnich, dla banków przygotowywane są projekcje kilkuletnie przy występowaniu o pożyczkę. Dziś natomiast w przypadku autobusów elektrycznych te projekcje są trudne do opracowania, ponieważ trudno przewidzieć, ile energia elektryczna będzie kosztowała np. za 3 lata.

ENERGIA ODNAWIALNA

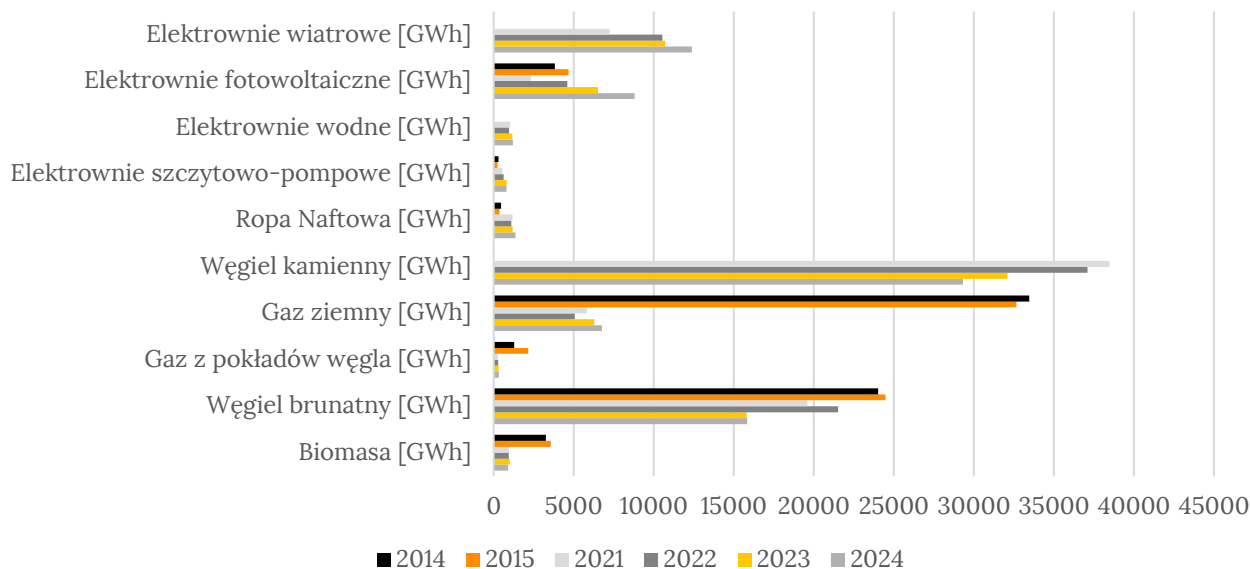
Odnawialne źródła energii, a w szczególności elektrownie wiatrowe i fotowoltaiczne, wytwarzają w Polsce coraz więcej energii. Widać też, że elektrownie zasilane węglem kamiennym i węglem brunatnym są nadal filarem polskiej energetyki, jednak poziom produkcji energii już w nich nie rośnie, a nawet w elektrowniach węgla brunatnego spadł (por. Rysunek 27). To sprawia, że w przypadku naszego kraju transport zeroemisyjny nie jest równoznaczny z brakiem emisji

⁶⁸ PSE: Rynkowa cena energii elektrycznej (RCE), <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-rb/raporty-dobowe-z-funkcjonowania-rb/podstawowe-wskazniki-cenowe-i-kosztowe/rynkowa-cena-energii-elektrycznej-rce>, data dostępu: 6.12.2024 r.

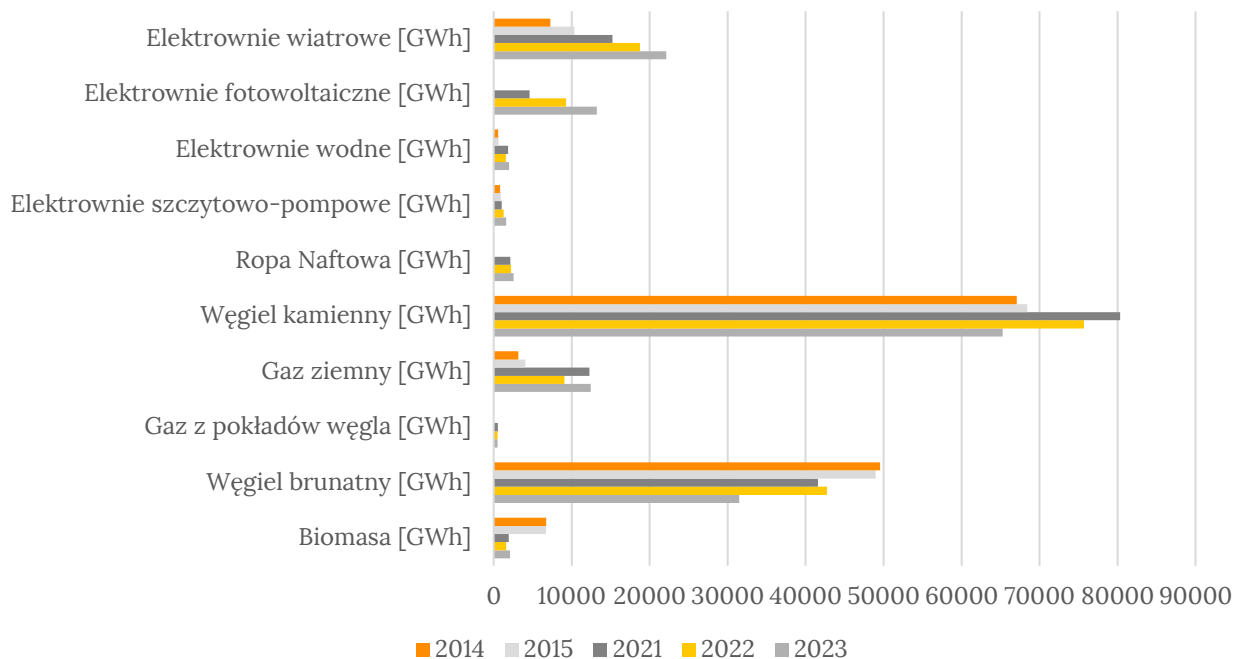
szkodliwych substancji do powietrza, w wyniku jego funkcjonowania. Dopiero zasilanie go energią zeroemisyjną pozwoliłoby zbliżyć się do poziomu braku emisji.

Rysunek 27. Porównanie sumy ilości wytwarzanej energii dla różnych typów elektrowni z pierwszych sześciu miesięcy danego roku (a) oraz dla całego roku (b)

a)



b)



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych European Network of Transmission System Operators: <https://www.entsoe.eu/data/power-stats/>, data dostępu: 5.12.2024 r.

Jakie są koszty energii zeroemisyjnej?

- Koszty inwestycyjne w zakup i instalację infrastruktury do produkcji i dystrybucji energii zeroemisyjnej (np. elektrownie wiatrowe, słoneczne czy wodne) mogą być wyższe w porównaniu z konwencjonalnymi metodami wytwarzania energii (np. węglowe).
- Ograniczona dostępność energii zeroemisyjnej, wynikająca z warunków atmosferycznych – prędkości wiatru czy poziomu zachmurzenia, *stricte* charakterystyczna dla lokalizacji elektrowni.
- Skuteczna integracja odnawialnych źródeł energii w istniejącą sieć energetyczną może wymagać dodatkowych kosztów – np. rozbudowy sieci dystrybucji, przechowywania energii i wysiłku technicznego.

Jakie są korzyści energii zeroemisyjnej?

- Długoterminowe oszczędności dzięki niższym kosztom eksploatacji i niższym cenom w przyszłości, szczególnie w przypadku odnawialnych źródeł energii.
- Wykorzystywanie odnawialnych źródeł zmniejsza zależność od importu tradycyjnych paliw, poprawiając bezpieczeństwo energetyczne kraju.
- Rozwój sektora energii zeroemisyjnej może przyczynić się do tworzenia nowych, wysoce wyspecjalizowanych miejsc pracy w dziedzinach związanych z produkcją, instalacją i utrzymaniem infrastruktury.
- Wykorzystanie energii zeroemisyjnej przyczynia się do zrównoważonego rozwoju, zapewniając lepsze warunki funkcjonowania dla przyszłych pokoleń.

MODEL EKONOMICZNO-FINANSOWY, SPOŁECZNY I EKOLOGICZNY

W ramy modelu zaszyto emisyjność poszczególnych kategorii pojazdów – spalinowych na olej napędowy, elektrycznych i wodorowych. Zużycie energii lub paliwa w obu kategoriach pojazdów przeliczone zostało na jednostkę energii – kilowatogodzinę, by uzyskać porównywalność.

Dla autobusów spalinowych na olej napędowy przyjęto emisje związane z produkcją i spalaniem oleju napędowego. Model, na podstawie tablic CUPT, przyjmuje dla kilograma paliwa emisję o wartości 3,180 kg CO₂/kg paliwa. Pozwala to wyznaczyć jednostkową emisję oleju napędowego równą 2,671 kg CO₂/litr paliwa, przy założeniu gęstości paliwa 840 g/litr. Dane dla założeń pochodzą z Europejskiej Agencji Środowiska⁶⁹. Emisje pozostałych zanieczyszczeń, powiązane z normami Euro, zawiera Tabela 17, opierając się na unijnych dyrektywach i rozporządzeniach.

⁶⁹ EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023, Part B: sectoral guidance chapters, 1. Energy, 1.A.3.b.i-iv Road transport, <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2023>, data dostępu: 29.11.2024 r.

Tabela 17. Emisyjność autobusów spalinowych spełniających określoną normę EURO

NORMA SILNIKA	LATA	JEDNOSTKA	NMHC / NMVOC	NOX	PM	REGULACJA
EURO I	1992-1996.10	g/kWh	1,10	8,0	0,36	Dyrektywa 91/542/EEC, nowy tekst Załącznika I pkt. 6.2.1 wiersz B
EURO II	1996.10-2000.10	g/kWh	1,10	7,0	0,15	Dyrektywa 91/542/EEC, nowy tekst Załącznika I pkt. 6.2.1 wiersz B
EURO III	2000.10-2005.10	g/kWh	0,66	5,0	0,10	Dyrektywa 1999/96/WE, Załącznik I, pkt 6.2.1, wiersz A
EURO IV	2005.10-2008.10	g/kWh	0,46	3,5	0,02	Dyrektywa 1999/96/WE, Załącznik I, pkt 6.2.1, wiersz B1
EURO V	2008.10-2012.12	g/kWh	0,46	2,0	0,02	Dyrektywa 1999/96/WE, Załącznik I, pkt 6.2.1, wiersz B2
EURO VI	2013+	g/kWh	0,13	0,4	0,01	Rozporządzenie (WE) 595/2009, Załącznik I

Źródło: opracowanie własne na bazie tablic CUPT

W przypadku pojazdów elektrycznych i wodorowych istnieje w modelu możliwość wyboru energii zeroemisyjnej lub polskiego miks energetyczny. Dla pojazdów elektrycznych domyślnie przyjęto polski miks energetyczny i jego emisje jednostkowe produkcji 1 kWh energii (por. Tabela 18).

Tabela 18. Emisyjność 1 kWh energii wykorzystanej przez tabor elektryczny w związku z miksem polskiego systemu energetycznego

SO ₂ [G/KWH]	NMHC / NMVOC [G/KWH]	NO _x [G/KWH]	PM [G/KWH]	CO ₂ [KG/KWH]	ROCZNY SPADEK EMISJI PRODUKCJI ENERGII [P.P]
0,436	0,00504	0,456	0,018	0,685	5

Źródło: opracowanie własne na bazie tablic CUPT

Dla pojazdów wodorowych do dalszych obliczeń natomiast przyjęto domyślnie wodór zielony wyprodukowany z energii zeroemisyjnej lub szary, jako produkt uboczny wydobycia i przetwarzaniu gazu przez zakłady w Policach – wodór ten przy wytwarzaniu jest bezemisyjny, należy jednak pamiętać, że ślad węglowy tego wydobycia nie będzie zerowy.

W efekcie wyznaczono, że spalanie oleju napędowego w autobusie Euro VI wiąże się w 2024 r. z kosztami zewnętrznymi o wartości 2,60 PLN/l, natomiast energii elektrycznej w polskim miksie energetycznym 0,57 PLN/kWh. W przypadku energii zeroemisyjnej przyjmowano brak kosztów zewnętrznych obciążających system transportu.

Pozwoliło to wyznaczyć koszty emisji zanieczyszczeń przy przejeździe 1 km przez poszczególne typy pojazdów poddanych analizie (por. Tabela 19).

Tabela 19. Koszty operacyjne wynikające ze spalania paliwa lub zużycia energii dla analizowanych pojazdów oraz wyznaczenie kosztu zewnętrznego w 2024 roku [PLN/km]

TYP POJAZDU/NAPĘDU/ZASILANIA	KOSZT PALIWA [PLN/KM]	KOSZT ENERGII [PLN/KM]	SUMA PALIWO I ENERGIA [PLN/KM]	KOSZT ZEWNĘTRZNY [PLN/KM]
Autobus 12 m - Diesel ON	2,35	0,00	2,35	1,94
Autobus 12 m - bateryjny OPP	0,00	0,97	0,97	0,78
Autobus 12 m - bateryjny ONC	0,10	1,05	1,15	1,01
Trolejbus 12 m – IMC 50%	0,00	0,93	0,93	0,76
Trolejbus 12 m – IMC 30%	0,00	0,97	0,97	0,78
Autobus 12 m - wodorowy	2,63	0,00	2,63	0,22
Autobus 18 m - Diesel ON	3,21	0,00	3,21	2,38
Autobus 18 m - bateryjny OPP	0,00	1,18	1,18	0,90
Autobus 18 m - bateryjny ONC	0,20	1,24	1,44	1,31
Trolejbus 18 m – IMC 50%	0,00	1,14	1,14	0,88
Trolejbus 18 m – IMC 30%	0,00	1,18	1,18	0,90
Autobus 18 m – wodorowy	6,09	0,00	6,09	0,22
Tramwaj 20 m	0,00	2,43	2,43	1,63
Tramwaj 30 m	0,00	3,24	3,24	2,11

Źródło: opracowanie własne

Jak widać na powyższym zestawieniu, koszt zanieczyszczeń wynikający z ruchu autobusów zeroemisyjnych jest mniejszy niż z analogicznych autobusów spalinowych, jednak przy obecnym miksie energetycznym w Polsce, nie jest on też zerowy. Natomiast w przypadku autobusów wodorowych koszt ten jest najmniejszy i uwzględnia tylko emisję hałasu.

- **Wzrost cen paliw kopalnych będzie powodować, że opłacalność pojazdów zeroemisyjnych w stosunku do pojazdów z napędem konwencjonalnym znacząco wzrośnie. Należy jednak zmianę cen obserwować w kontekście zmian cen energii elektrycznej. Przy wyższym koszcie inwestycyjnym pojazdów elektrycznych względem spalinowych, tylko niższy koszt eksploatacji, w tym energii, doprowadzi do uzyskania korzystnego bilansu.**
- **W ramach analizy przyjęto średnią cenę netto w 2024 r. za ON 5,28 PLN/l, za wodór 25,00 PLN/kg oraz za energię elektryczną 0,693 PLN/kWh. Stosunek ceny ON do EE wynosił więc 7,6 i jeśli będzie on wzrastał, to opłacalność ekonomiczna autobusów elektrycznych będzie rosła, natomiast przy spadku stosunku ceny paliwa do energii – będzie malała.**
- **Wraz ze wzrostem znaczenia odnawialnych źródeł energii następuje zróżnicowanie dostępności energii w okresie doby i wprowadzono taryfę dynamiczną za energię dla odbiorców indywidualnych. Należy zastanowić się czy taryfa taka mogłaby zostać wykorzystana w komunikacji miejskiej celem zwiększenia wykorzystania energii odnawialnej, gdy jest ona dostępna oraz efektywności ekonomicznej. Należy rozważyć też budowanie magazynów energii dla energii odnawialnej, która może być**

wykorzystywana w innych porach dnia. Wdrażanie i korzystanie z zielonej energii również spowodują spadek kosztu emisji i należy do tego dążyć.

- Polski system energetyczny cechuje określona emisyjność, którą pod postacią kosztu emisji wyznaczono w 2024 r. na 0,57 PLN/kWh, a wykorzystanie oleju napędowego przez autobusy z silnikiem diesla wiąże się z kosztem 2,60 PLN/l. Pozwoliło to dla określonych typów taboru autobusowego, trolejbusowego i tramwajowego wyznaczyć koszty jednostkowe emisji na kilometr. W ramach modelu założono jednak 5% roczny spadek emisyjności polskiego systemu energetyki, w ramach realizacji postanowień Europejskiego Zielonego Ładu.
 - Zakłada się, że emisyjność transportu zeroemisyjnego opartego na źródłach energii powiązanych z odnawialnymi źródłami (wiatr, fotowoltaika lub atom) będzie bliska 0.
-

5.4. Kontraktowanie zielonej energii do przewozów

Odpowiedź na pytanie:

Pyt. 10. Czy należy wymagać od beneficjentów realizacji przewozów zeroemisyjnym taboru przy użyciu zakontraktowanej zielonej energii?

Z danych w ramach analizy dla Ministerstwa Klimatu i Środowiska, pozyskanych w ramach ankiety do przedsiębiorstw eksploatujących zeroemisyjny tabor wynikało, że są w Polsce operatorzy komunikacji miejskiej, którzy zakontraktowali zieloną energię do pokrycia:

- MPK Rzeszów – 40% zapotrzebowania,
- MPK Kraków – 60% zapotrzebowania,
- PKM Jaworzno – 100% zapotrzebowania.

Operatorzy nie wskazali jednak czy jest ona wprost przeznaczona do ładowania autobusów elektrycznych czy też np. do utrzymania funkcjonowania zajezdni. Przedstawiciel PKM Jaworzno w czasie wywiadu stwierdził, że certyfikat zielonej energii był potrzebny przedsiębiorstwu tylko wizerunkowo, nie stał za tym żaden inny motywator. Wytwórca energii i tak planował budowę farmy fotowoltaicznej, więc zadeklarował wykorzystanie energii z niej pochodzącej na rzecz pojazdów elektrycznych. Instalacja powstała tuż obok zajezdni autobusowej PKM.

Warto jednak podkreślić, że zalety autobusów elektrycznych związane z brakiem emisji tlenków azotu, pyłów zawieszonych (cząstek stałych) i węglowodorów niemetalowych oraz dwutlenku węgla w centrach miast są niezaprzeczalne. Nie zależą one od źródeł pozyskiwania energii elektrycznej.

Potencjalnym kierunkiem pozyskiwania energii zeroemisyjnej oraz dodatkowo obniżenia kosztu eksploatacji floty taboru jest budowa farm fotowoltaicznych przez operatorów komunikacji miejskiej. Zielona Góra wybudowała farmy, które w I etapie pozwalają na pozyskanie do 30% potrzebnej przedsiębiorstwu energii, a w II planuje się pozyskiwać nawet do 60% energii z własnych zasobów. Początkowo farma miała produkować 480 MWh, natomiast roczne zapotrzebowanie dla

autobusów elektrycznych wynosiło 1500 MWh. MZK planuje również zbudowanie magazynu energii, który będzie gromadził nadmiar energii, co ma szczególne znaczenie w okresie letnim. Występuje wtedy większe nasłonecznienie, czyli również większa produkcja energii, a ruch autobusowy jest najmniejszy ze względu na wakacyjne rozkłady jazdy, które zakładają mniej kursów. Celem jest, aby za kilka lat przewoźnik był samowystarczalny w zakresie dostaw energii elektrycznej do autobusów⁷⁰.

Łomża zwymiarowała jednak takie źródło zasilania jako zdolne do pokrycia zapotrzebowania przez pół autobusu elektrycznego. W pewnym stopniu takie źródło energii pozwala więc domknąć bilans energetyczny poza napędem autobusu.

Spółka PKA Gdynia ma sceptyczne podejście do instalacji paneli fotowoltaicznych na terenie zajezdni – dostępność energii jest bardzo zróżnicowana w czasie i uzależniona od warunków pogodowych. Autobusy natomiast potrzebują energii w równomiernym i przewidywalnym czasie. W przypadku chęci utworzenia dedykowanego programu pod budowę infrastruktury do pozyskania energii (fotowoltaika) – operator wskazuje, że nie ma sensu produkować prądu i oddawać go do sieci, ponieważ już dziś zainstalowane moce w słoneczne dni przekraczają potrzeby. Bardzo trudno jest magazynować energię, magazyny te konsumują własną energię, gdy są naładowane – taki magazyn powinien więc być również szybko rozładowywany.

Żeby wyprodukować energię z fotowoltaiki na potrzeby zasilenia taboru zeroemisyjnego czy wyprodukowania wodoru, potrzebne są hektary powierzchni. Niewiele jest miast, w których mogłyby być przeznaczone dziesiątki hektarów powierzchni, żeby wyprodukować energię pod własne potrzeby – miasto będzie preferować sprzedaż tych terenów na inwestycje. Jako obszary wskazywane potencjalnie do pokrycia farmą fotowoltaiczną wskazywane były zajezdnie autobusowe oraz węzły przesiadkowe.

-
- **Certyfikowanie wykorzystywania zielonej energii nie jest popularnym rozwiązaniem w Polsce, korzysta z niego kilku operatorów komunikacji miejskiej. Działanie takie przynosi głównie efekt wizerunkowy dla samorządu, a wytwórcy energii i tak rozbudowują odnawialne źródła energii w ramach wcześniej zaplanowanych strategii. Certyfikowanie zasilania pojazdów elektrycznych zieloną energią sprowadza się więc do deklaracji przeznaczenia wytworzonej przez OZE energii na rzecz elektromobilności.**
 - **Interesującym kierunkiem poprawy efektywności ekonomicznej i ekologicznej taboru zeroemisyjnego może być pozyskiwanie zielonej energii we własnym zakresie. Ambitne plany realizuje MZK Zielona Góra, w I etapie inwestycji pozyskując z własnych zasobów aż 30% potrzebnej energii oraz planując 60% w II etapie budowy farm fotowoltaicznych, by zasilac nimi elektryczny tabor autobusowy. Operatorzy myślą też o budowie**
-

⁷⁰ Autobusowa zajezdnia MPK Zielona Góra z farmą fotowoltaiczną
<https://transinfo.pl/infobus/autobusowa-zajezdnia-mzk-zielona-gora-z-farma-fotowoltaiczna/> [dostęp: 29.11.2024 r.]

magazynów energii, które pozwolą zatrzymać zgromadzoną energię do momentu potrzeby naładowania pojazdów.

- **Generalnie, operatorzy komunikacji miejskiej powinni dążyć do pozyskiwania energii z własnych instalacji, o ile dostępne są powierzchnie, które można obudować panelami fotowoltaicznymi – zajezdni bądź węzłów przesiadkowych. Nawet 10% energii pozyskanej we własnym zakresie obniży nie tylko koszt finansowy przejechania 1 km autobusem elektrycznym, ale też koszt zewnętrzny związany z brakiem emisji zanieczyszczeń z instalacji OZE. Takie działanie może zadecydować o opłacalności przedsięwzięcia, biorąc pod uwagę cały okres eksploatacji pojazdów elektrycznych.**
-

5.5. Opłacalność i wybór środka transportu zeroemisyjnego

Odpowiedź na pytania:

Pyt. 8. Pod jakimi warunkami i w jakich okolicznościach pojazdy zeroemisyjne są bardziej opłacalne od pojazdów konwencjonalnych?

Pyt. 11. Jakimi kryteriami powinny kierować się samorzady przy wyborze środka zeroemisyjnego transportu zbiorowego (autobus bateryjny lub wodorowy, tramwaj)?

DESK RESEARCH

Według badania BGK 2,9 razy droższe są obecnie autobusy elektryczne od autobusów spalinowych, o 76% droższe niż hybrydowe i o 130% droższe niż autobusy gazowe, ale mimo to autobusy elektryczne dominują w przeprowadzanych obecnie inwestycjach – głównie ze względu na bezzwrotne dopłaty do zakupu nowoczesnego taboru oraz przepisy wymuszające eksploatację pojazdów zeroemisyjnych. Uwzględnia się tu również koszty budowy infrastruktury ładowania oraz wymiany baterii, której żywotność szacowana jest na okres do 10 lat. Według badania CAWI realizowanego przez BGK średni koszt wykonania jednego wzk m w 2022 roku wynosił 8,88 zł dla autobusu spalinowego, 9,18 zł dla gazowego, 9,15 dla elektrycznego i 9,31 dla hybrydowego⁷¹.

Według Marcina Gromadzkiego autobusy elektryczne powinny być eksploatowane na poziomie minimum 65–80 tys. wozokilometrów rocznie, aby wyższe koszty stałe zostały rozłożone na większą liczbę przejechanych wzk m. Intensywniejsze wykorzystanie takiego taboru spowoduje zmniejszenie udziału kosztów stałych do przeciętnego poziomu kosztów autobusów z napędem diesla. Jednocześnie trasa przejazdu nie powinna odznaczać się dużymi różnicami poziomów, gdyż wtedy zużycie energii drastycznie rośnie, niekiedy przy zmniejszeniu prędkości eksploatacyjnej. Autobusów elektrycznych nie należy również kierować do obsługi tras prowadzących po odcinkach

⁷¹ Raport - Transport zbiorowy w polskich samorządach – stan obecny i plany na przyszłość, Departament Badań i Analiz BGK, 04.2023 r.

o podwyższonej prędkości przejazdu, gdyż w takich warunkach zużycie energii znacząco wzrasta. Preferowane są także krótsze trasy z przerwami na doładowanie na punktach krańcowych⁷².

Wskazywano, że autobusy elektryczne powinny być eksploatowane na liniach o dużej podatności na kongestię - wówczas ich przewaga w stosunku do autobusów o konwencjonalnym napędzie jest największa, gdyż mimo częstych zatrzymań i niskiej prędkości jazdy nie wydzielają zanieczyszczeń.

Pojazdy zeroemisyjne są jednak zbyt drogie w zakupie, aby zamiast przewozić pasażerów, utykały w zatorach drogowych. Efektywność wykorzystania pojazdów powinna być mierzona przede wszystkim liczbą przewiezionych pasażerów, a nie zaoszczędzoną emisją czy spalaniem paliwa. Przewóz pasażerów jest podstawowym zadaniem organizatora PTZ.

W Jaworznie wprowadzenie autobusów zeroemisyjnych przyniosło pozytywne efekty ekonomiczne, środowiskowe i społeczne. Zmniejszeniu uległy koszty eksploatacji taboru oraz koszt przejechania wozokilometra, a udział przewozów wykonanych przez autobusy zeroemisyjne w całości przewozów realizowanych przez komunikację miejską w latach 2015-2018 zwiększył się z 1% do 45%⁷³.

Autobus elektryczny może być też dobrym sposobem na wprowadzenie lub poszerzenie zakresu obsługi komunikacyjnej opartej na drugiej trakcji (elektrycznej) w miastach, w których są takie ambicje – w sposób znacznie tańszy niż budowa lub rozbudowa sieci połączeń metra, kolei miejskiej czy też komunikacji tramwajowej bądź trolejbusowej⁷⁴.

Na obecnym etapie rozwoju technologii autobusów elektrycznych należy uznać, że trolejbusy są pojazdami komplementarnymi wobec autobusów elektrycznych, a ich eksploatacja stanowi okoliczność sprzyjającą zakupowi autobusów elektrycznych. Powoduje to możliwość poboru energii z sieci trolejbusowej lub ze stacji je zasilających do ładowarek⁷⁵.

By autobusy wodorowe stały się w Polsce powszechne, niezbędne jest zwiększenie skali ich produkcji oraz pojawienie się konkurencji między dostawcami oraz idący za nimi spadek cen pojazdów. W 2022 roku w przetargach w Poznaniu i Lublinie cena jednego pojazdu wodorowego klasy MAXI wyniosła odpowiednio 3,6 oraz 3,7 mln zł (średnio o 48% więcej niż elektrycznego)⁷⁶.

Pojazdy zeroemisyjne są bardziej opłacalne od pojazdów konwencjonalnych:

- w przypadku wysokich cen paliwa konwencjonalnego;
- przy istnieniu zachęt finansowych w postaci zwolnień podatkowych i dopłat, które obniżają koszty zakupu i użytkowania pojazdów zeroemisyjnych, czyniąc je bardziej atrakcyjnymi cenowo;

⁷² M. Gromadzki [...] op. cit.

⁷³ Wystąpienie pokontrolne NIK P-19-020-LKA-02-01.

⁷⁴ Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych dla miasta Konina, Maciej Wrotniak, CKSP, 2021.

⁷⁵ Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej – dla Miasta Gdyni, PTC, 2018.

⁷⁶ Raport - Transport zbiorowy w polskich samorządach [...] op. cit.

- gdyż mają mniej ruchomych części mechanicznych i są zwykle łatwiejsze w utrzymaniu niż pojazdy spalinowe, mniejsza liczba części do wymiany oznacza niższe koszty serwisowe, co przyczynia się do obniżenia ogólnych kosztów eksploatacji.

Ponadto pojazdy zeroemisyjne przyczyniają się do:

- wzrostu świadomości ekologicznej i zwiększenia zainteresowania ochroną środowiska;
- lepszej obsługi terenów o intensywnej zabudowie mieszkaniowej – ze względu na niższe emisje hałasu i brak emisji zanieczyszczenia powietrza wprowadzenie na tych obszarach autobusów zeroemisyjnych przynosi najwięcej korzyści⁷⁷.

Wybór zeroemisyjnego środka transportu może być zależny od logistyki operacyjnej, na co wpływają m.in. poniższe czynniki:

- tankowanie autobusu wodorowego zajmuje około 5–15 minut, co stanowi o wiele krótszy czas niż ładowanie autobusów elektrycznych i jest to wynik podobny do tankowania autobusu o napędzie spalinowym. Autobusy wodorowe nie wymagają także infrastruktury do tankowania na terenie miasta (wystarczy stacja tankowania np. na terenie zajezdni)⁷⁸;
- doświadczenie w eksploatacji trolejbusów ułatwia wprowadzenie do ruchu bateryjnych autobusów elektrycznych. Istnieje odpowiednie wyposażenie baterii (rozbudowana sieć elektroenergetyczna) i wyszkolony personel zajezdni, z doświadczeniem w obsłudze i naprawie pojazdów elektrycznych;
- wykorzystanie technologii In Motion Charging umożliwiającej doładowanie autobusu elektrycznego z sieci trolejbusowej na danym odcinku trasy, co niweluje konieczność budowy ładowarek pantografowych na pętli i uwzględnienia w rozkładzie jazdy postojów na doładowanie. Takie rozwiązanie idealnie sprawdza się w miastach z istniejącą siecią trolejbusową – w Polsce są to Gdynia, Lublin i Tychy⁷⁹.

W Jaworznie, w pierwszym okresie eksploatacji, w porównaniu do okresu bazowego, autobusy zeroemisyjne – w porównaniu do autobusów spalinowych - wykazywały średnio niższe:

- 47,4% koszty eksploatacji ogółem,
- 92,3% koszty części zamiennych,
- 84,7% koszty pozostałych materiałów,
- 9,8% koszty napraw i konserwacji,
- 56,5% koszty 100 wozokilometrów⁸⁰.

Jednak nie w każdym mieście występuje taka korzyść finansowa. W mniejszych miastach, a przede wszystkim w tych o mniejszej sieci komunikacyjnej, koszty mogą się znacząco różnić. W Kutnie

⁷⁷ M. Gromadzki [...] op. cit.

⁷⁸ Analiza kosztów i korzyści [...] (Miasto Wrocław), ZDG TOR, 2021 r.

⁷⁹ Analiza kosztów i korzyści [...] dla Miasta Gdyni op. cit.

⁸⁰ Wystąpienie pokontrolne NIK P-19-020-LKA-02-01.

wozokilometr autobusu elektrycznego jest droższy w stosunku do autobusu o napędzie diesla. Wynika to z małego rocznego przebiegu autobusów elektrycznych.

W Rzeszowie, w opracowanej w grudniu 2018 r., zgodnie z wymogami ustawy o elektromobilności, analizie kosztów i korzyści wykazano brak korzyści z zastosowania taboru zeroemisyjnego, a zatem i brak obowiązku jego stosowania. W przypadku konieczności wypełnienia wymogu 30% udziału pojazdów zeroemisyjnych we flocie pojazdów do świadczenia usług komunikacji miejskiej do dnia 1 stycznia 2028 r., liczba pojazdów zeroemisyjnych musiałaby wzrosnąć do około 66 sztuk⁸¹.

W Koninie, mimo iż analiza kosztów i korzyści wykazała brak korzyści ze stosowania taboru zeroemisyjnego, a zarazem brak obowiązku jego eksploatacji, miasto i tak zdecydowało się na zakup takiego taboru⁸².

WYWIADY IDI

Spółka SPA Klonowica, jedyna eksploatująca dziś autobusy zeroemisyjne, wskazała że koszt eksploatacji autobusów elektrycznych jest mniejszy.

W przypadku kosztów energii dla autobusów 12-metrowych:

- diesel = 2,13 zł/wzkm,
- hybryda = 1,51 zł/wzkm,
- elektryk = 1,3 zł/wzkm.

W przypadku kosztów energii dla autobusów 18-metrowych:

- diesel = 2,66 zł/wzkm,
- hybryda = 2,20 zł/wzkm,
- elektryk = 1,75 zł/wzkm.

MODEL EKONOMICZNO-FINANSOWY, SPOŁECZNY I EKOLOGICZNY

Na podstawie modelu określono koszty ekonomiczno-finansowe w okresie 15 lat wdrożenia autobusu spalinowego z silnikiem diesla na ON oraz taboru zeroemisyjnego – bateryjnego OPP, bateryjnego ONC, trolejbusu IMC, wodorowego, tramwaju 20- i 30-metrowego. Wszystkie wykresy, spośród których wybrano te najbardziej istotne dla dalszej części Analizy, zawiera Załącznik 2.

Dla autobusów 12-metrowych, najbardziej opłacalne są autobusy dieslowskie do rocznego przebiegu 75 lub 90 tys. km, natomiast powyżej tego przebiegu – odpowiednio autobus bateryjny OPP ładowany plug-in (małe miasto) lub pantografowo (duże miasto) (por. Rysunek 28).

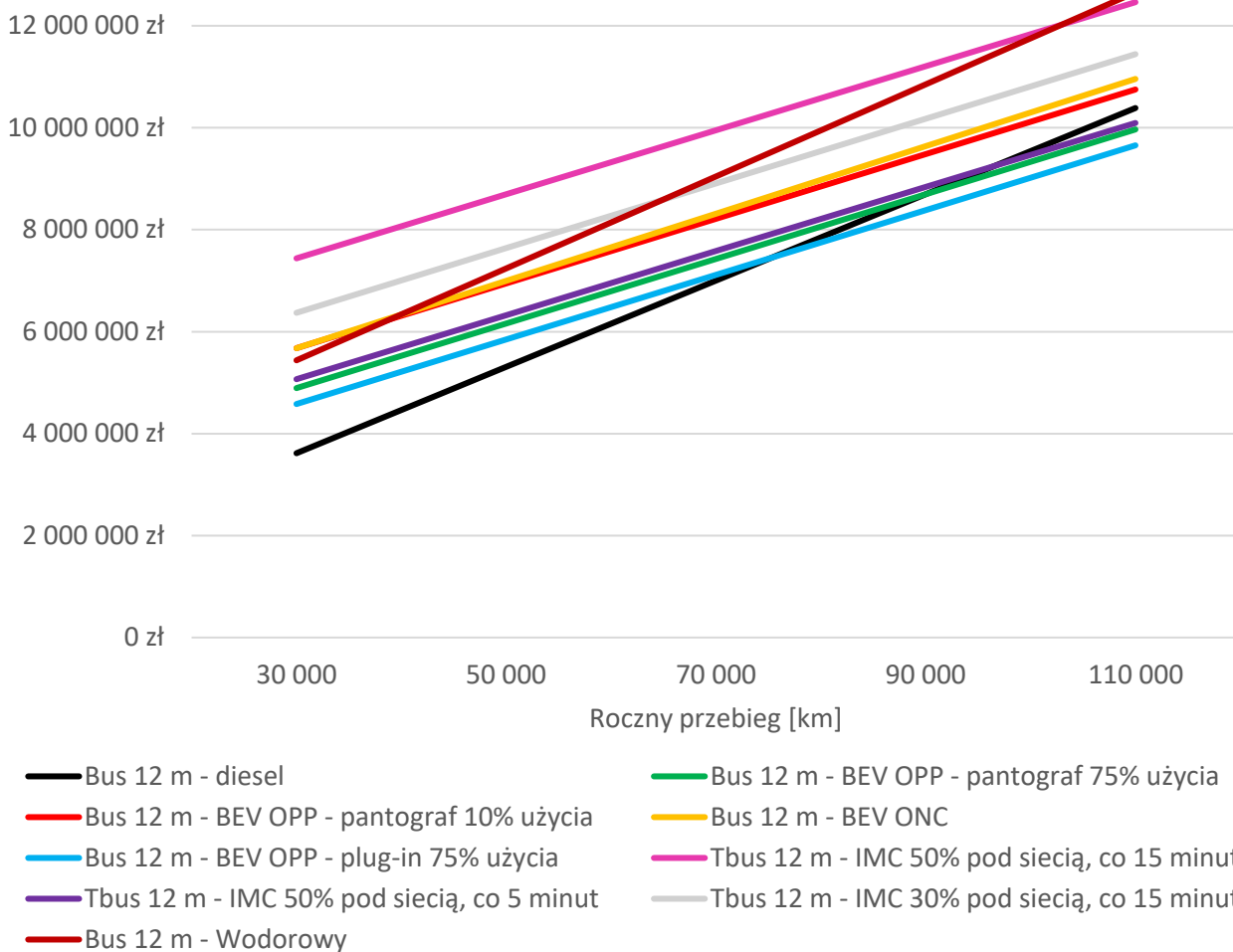
Dla pojazdów dłuższych, najbardziej opłacalny jest autobus dieslowski 18-metrowy do rocznego przebiegu 73 lub 86 tys. km, natomiast powyżej tego przebiegu – autobus bateryjny OPP ładowany

⁸¹ Plan Zrównoważonego Rozwoju Publicznego Transportu Zbiorowego na lata 2021 – 2030 z elementami strategii rozwoju elektromobilności dla miasta Rzeszowa i gmin ościennych, PTC, 2021 r.

⁸² Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych dla miasta Konina, Maciej Wrotniak, CKSP, 2021 r.

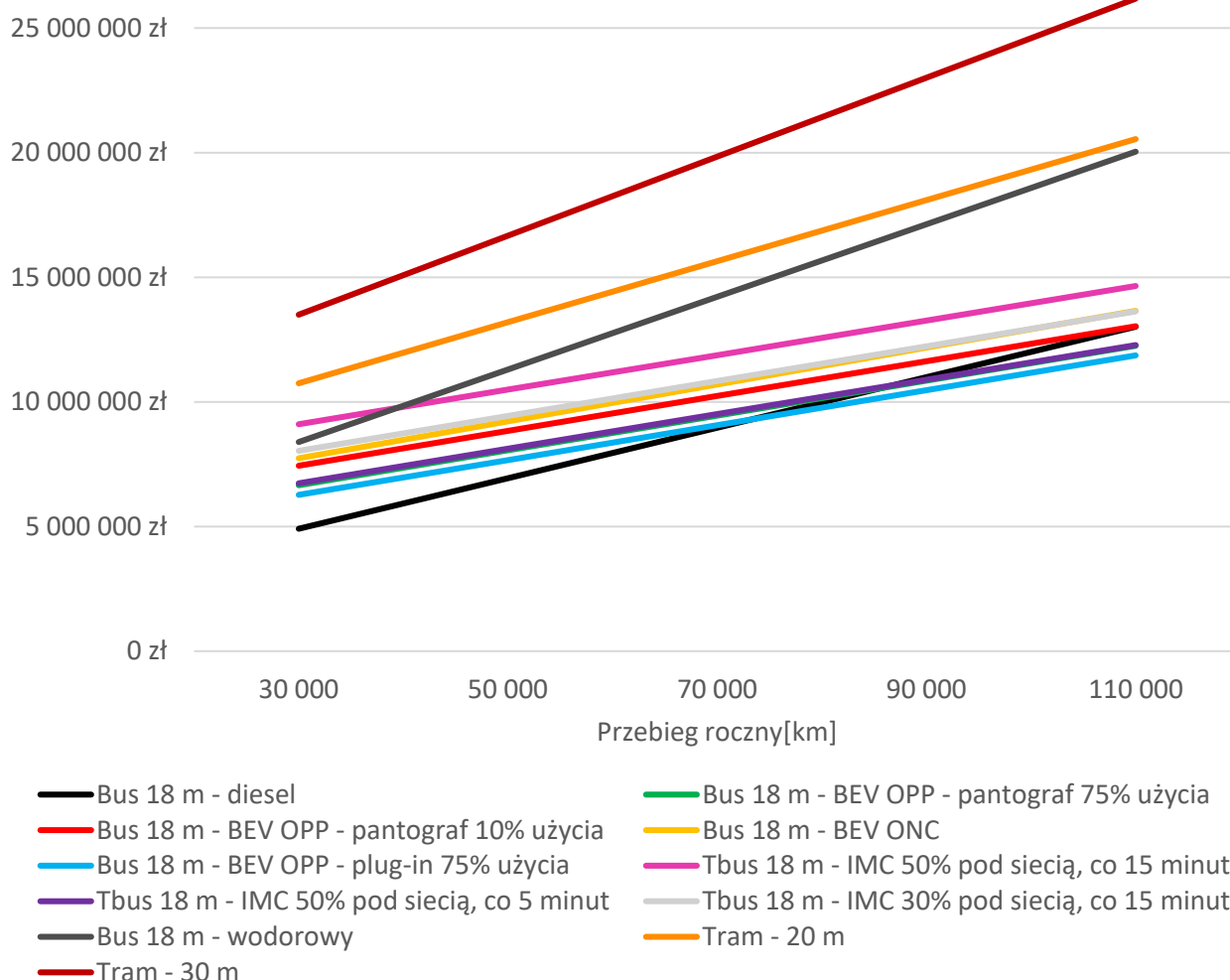
plug-in (małe miasto) lub pantografowo (duże miasto). Największy koszt związany jest z eksploatacją tramwajów (por. Rysunek 29).

Rysunek 28. Zdyskontowane koszty finansowe 15-letnie dla pojazdów 12-metrowych



Źródło: opracowanie własne na podstawie modelu ekonomiczno-finansowego

Rysunek 29. Zdyskontowane koszty finansowe 15-letnie dla pojazdów 18-metrowych i dłuższych



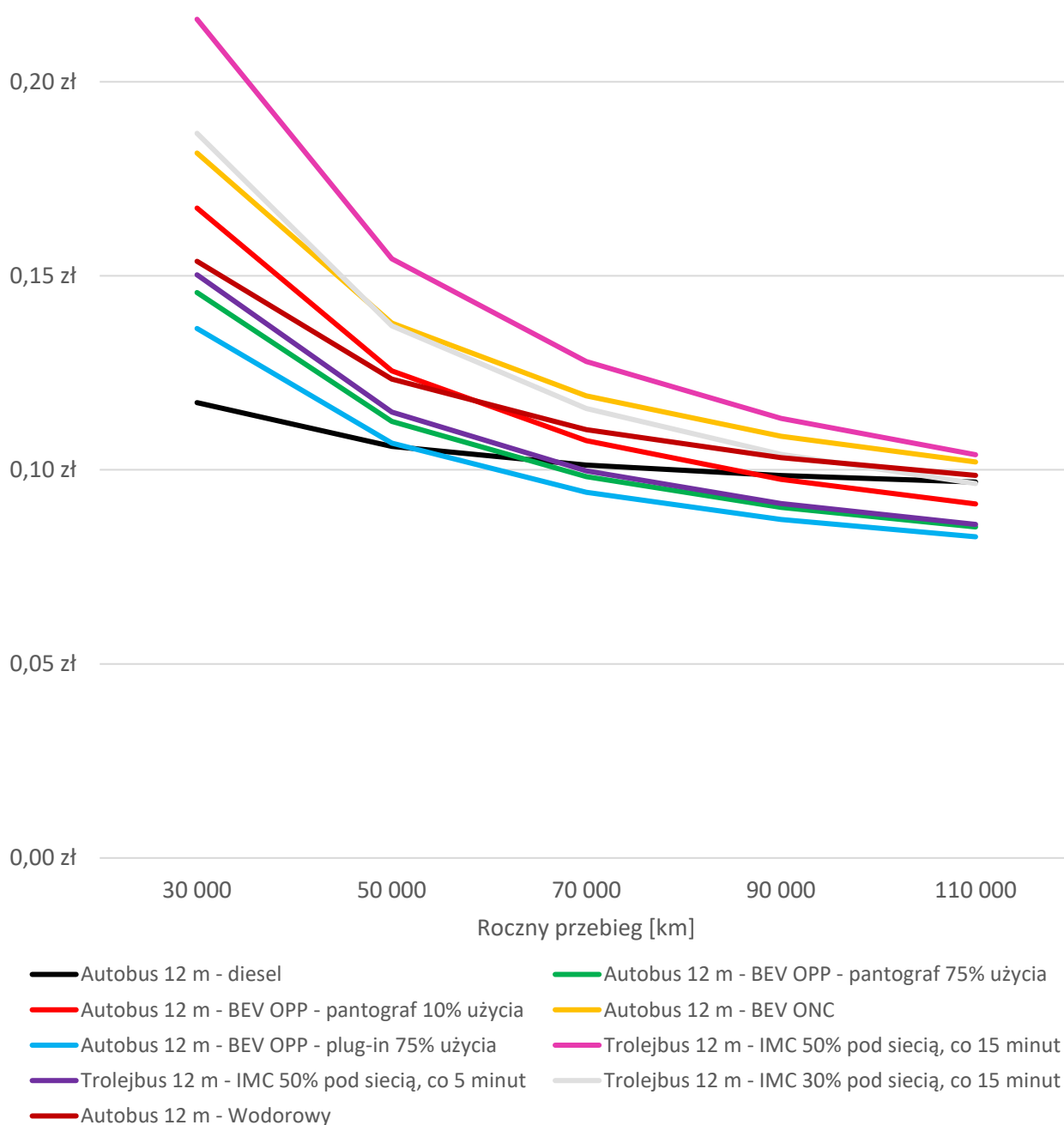
Źródło: opracowanie własne na podstawie modelu ekonomiczno-finansowego

Uwzględniając koszty zewnętrzne (wycenę emisji zanieczyszczeń i hałasu), próg opłacalności autobusu bateryjnego OPP 12-metrowego rozpoczyna się od rocznej pracy eksploatacyjnej na poziomie 41-50 tys. km, natomiast 18-metrowego od poziomu 43-50 tys. km. Jednak korzyści wynikające z różnic w emisyjności nie są wykazywane w rachunku finansowym i operatorzy komunikacji miejskiej nie mają korzyści bezpośrednio z nich wynikających.

Sprawdzono również, jak wypadają koszty eksploatacji środków transportu zeroemisyjnego oraz autobusu spalinowego w przeliczeniu na pasażerokilometr zdolności przewozowej, co pozwoliło odpowiedzieć na pytanie dotyczące wyboru zeroemisyjnego środka transportu.

Dla pojazdów 12-metrowych do przebiegu rocznego ok. 50 tys. km najniższy koszt jednostkowy ma, podobnie jak wcześniej, autobus spalinowy, natomiast ponad ten przebieg – autobus bateryjny OPP. Autobusy wodorowe cechują się średnią opłacalnością, a najmniejszą wykazują autobusy bateryjne ONC i trolejbusy (por. Rysunek 30).

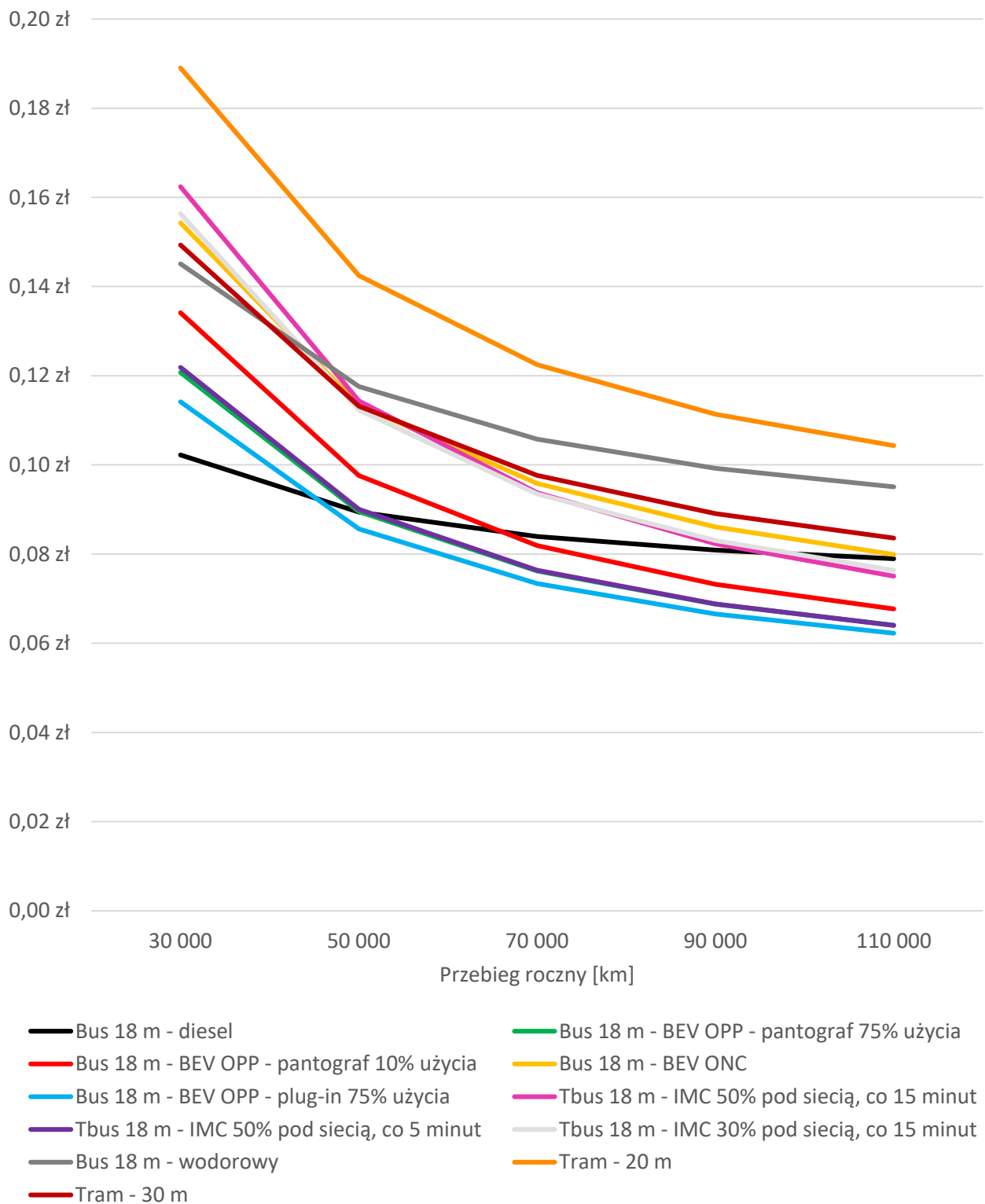
Rysunek 30. Jednostkowy zdyskontowany koszt sumaryczny dla pojazdów 12-metrowych przeliczony na pasażerokilometr zdolności przewozowej [PLN/km/pas.]



Źródło: opracowanie własne na podstawie modelu ekonomiczno-finansowego

Dla pojazdów 18-metrowych i dłuższych do przebiegu rocznego ok. 45 tys. km najniższy koszt jednostkowy ma również autobus spalinowy, natomiast ponad ten przebieg – autobus bateryjny OPP (por. Rysunek 31). Koszty infrastruktury tramwajowej są na tyle duże, że nawet w przeliczeniu na pasażerokilometr, mimo większej ich pojemności, są to koszty z reguły większe niż autobusów. Koszt trolejbusów plasuje się natomiast na podobnym poziomie co autobusów bateryjnych ONC.

Rysunek 31. Jednostkowy zdyskontowany koszt sumaryczny dla pojazdów ponad 18-metrowych, przeliczony na pasażerokilometr zdolności przewozowej [PLN/km/pas.]



Źródło: opracowanie własne na podstawie modelu ekonomiczno-finansowego

-
- Doświadczenia w eksploatacji pojazdów zeroemisyjnych w Jaworznie wykazały niższe koszty eksploatacji i naprawy w stosunku do pojazdów spalinowych. Wpływ na większą opłacalność pojazdów zeroemisyjnych mają też rosnące ceny oleju napędowego oraz liczne możliwości pozyskania dofinansowania krajowego lub unijnego na autobusy i stacje ładowania. W miastach posiadających sieć trolejbusową łatwiejsze jest wprowadzenie do eksploatacji autobusów zeroemisyjnych, ze względu na możliwość łatwego przyłączenia punktów ładowania do sieci elektroenergetycznej, wykorzystanie systemu In Motion Charging i doświadczenie personelu w obsłudze pojazdów elektrycznych. Autobusy wodorowe pod względem tankowania w eksploatacji przypominają pojazdy spalinowe, posiadają wszystkie zalety pojazdów elektrycznych, ale są też bardzo kosztowne. Podobnie bardzo kosztowna jest eksploatacja komunikacji tramwajowej, ze względu na kosztowną infrastrukturę liniową i punktową.
 - Dla autobusów 12-metrowych, najbardziej opłacalne są autobusy dieslowskie do rocznego przebiegu 75-90 tys. km, natomiast powyżej tego przebiegu – autobus bateryjny OPP. Duże koszty ma autobus wodorowy, nie wykazując efektywności ekonomicznej.
 - Dla pojazdów 18-metrowych i dłuższych, najbardziej opłacalny jest autobus dieslowski 18-metrowy do rocznego przebiegu 73-86 tys. km, natomiast powyżej tego przebiegu – autobus bateryjny OPP. Największy koszt związany jest z eksploatacją tramwajów.
 - Uwzględniając koszty zewnętrzne (wycenę emisji zanieczyszczeń i hałasu), próg opłacalności autobusu bateryjnego OPP 12-metrowego rozpoczyna się od rocznej pracy eksploatacyjnej na poziomie 41-50 tys. km, natomiast 18-metrowego od 43-50 tys. km. Jednak korzyści wynikające z różnic w emisjach nie są finansowe, więc operatorzy komunikacji miejskiej nie mają korzyści bezpośrednio z niższych emisji wynikających.
 - Sprawdzono również, jak wypadają koszty eksploatacji transportu zeroemisyjnego oraz autobusu spalinowego na pasażerokilometr zdolności przewozowej, co pozwoliło odpowiedzieć na pytanie dotyczące wyboru zeroemisyjnego środka transportu.
 - Dla pojazdów 12-metrowych do przebiegu rocznego ok. 50 tys. km najniższy koszt jednostkowy ma, podobnie jak wcześniej, autobus spalinowy, natomiast ponad ten przebieg – autobus bateryjny OPP. Autobusy wodorowe cechują się średnią opłacalnością, a najmniejszą wykazują autobusy bateryjne ONC i trolejbusy.
 - Dla pojazdów 18-metrowych i dłuższych do przebiegu rocznego ok. 45 tys. km najniższy koszt jednostkowy ma również autobus spalinowy, natomiast ponad ten przebieg – autobus bateryjny OPP. Koszty infrastruktury tramwajowej są na tyle duże, że nawet w przeliczeniu na pasażerokilometr, mimo większej ich pojemności, są to koszty z reguły większe niż autobusów.
 - Optymalnym środkiem transportu zeroemisyjnego jest więc autobus bateryjny OPP, który w dzisiejszych uwarunkowaniach kosztowych ma szansę być bardziej efektywny nawet względem autobusu spalinowego zasilanego olejem napędowym.
-

5.6. Modele i źródła finansowania infrastruktury i taboru

Odpowiedź na pytanie:

Pyt. 12. Jakie modele i źródła finansowania są najskuteczniejsze dla inwestycji w infrastrukturę i tabor zeroemisyjnego transportu zbiorowego w SOM?

DESK RESEARCH

Jak już wspomniano w rozdziale 3.1. Stan obecny, rozwój zeroemisyjnego transportu publicznego, poza środkami własnymi JST, w większości przypadków jest wsparty funduszami europejskimi (por. Tabela 20 i Tabela 21) lub rządowymi. Obecnie znaczenie obu źródeł funduszy rozkłada się po 50%, a samorządy również w przyszłości chcą korzystać z obu źródeł finansowania, o ile będą dostępne.

W nowej perspektywie unijnej przeznaczono środki na dofinansowanie zakupu autobusów i tramwajów. Jak zapisano w założeniach, dofinansowanie z FEnIKS 2021-2027 ma w pierwszej kolejności obejmować tabor autobusowy zeroemisyjny (wodorowy i elektryczny). Istnieje również możliwość dofinansowania budowy infrastruktury do ładowania pojazdów⁸³.

W ramach interwencji planowane jest wsparcie kompleksowych inwestycji w zrównoważoną mobilność w mieście i jego obszarze funkcjonalnym m.in. poprzez zakup bezemisyjnego taboru tramwajowego, trolejbusowego i autobusowego.

Środki KPO pozwalają na finansowanie wymiany autobusów na zero- i niskoemisyjne, szczególnie w transporcie aglomeracyjnym i pozamiejskim, a także na budowę infrastruktury tankowania i ładowania pojazdów. Środki KPO zostały podzielone między NFOŚiGW oraz CUPT. Obydwa fundusze ogłosiły już i zamknęły nabory, które będą finansowane z tych środków⁸⁴.

W przypadku dużych potrzeb inwestycyjnych możliwe będzie wspieranie takich samych typów projektów z różnych funduszy. W takim przypadku, w celu uniknięcia podwójnego finansowania demarkacja prowadzona będzie na bieżąco w oparciu o listy projektów⁸⁵.

Dodatkowo są przyznawane środki rządowe w ramach konkursów Zielony Transport Publiczny organizowanych przez NFOŚiGW. Poszczególne konkursy są skierowane do małych i średnich miast, inne do miast większych. Dotacje sięgają poziomu 90% kosztu zakupu pojazdów. Podobnie, jak w przypadku FEnIKS – istnieje możliwość aplikowania o środki finansowe na rozbudowę systemu zasilania/tankowania pojazdów.

⁸³ Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko 2021-2027.

⁸⁴ Krajowy Plan Odbudowy i Zwiększania Odporności, op. cit.

⁸⁵ Umowa Partnerstwa dla realizacji Polityki Spójności 2021 – 2027 w Polsce, op. cit.

Tabela 20. Przegląd europejskich źródeł dofinansowania projektów w zeroemisyjny transport zbiorowy – FENIKS oraz FEdPZ

FUNDUSZ	OBSZARY INTERWENCJI	PROJEKTY	PRIORYTET INWESTYCYJNY	BUDŻET
<p><i>Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko 2021-2027</i></p>	<p>Wsparcie dedykowane miastom wojewódzkim i innym miastom objętym w okresie programowania 2014-2020 instrumentem ZIT oraz ich obszarom funkcjonalnym z wyłączeniem obszaru Polski Wschodniej.</p>	<p>Inwestycje w infrastrukturę i transport szynowy (metro i tramwaje). Zakup taboru autobusowego, w pierwszej kolejności zeroemisyjnego (elektryczny BEV, wodorowy FCV), a w zależności od dostępności alokacji, w dalszej kolejności dopuszcza się finansowanie zakupu taboru niskoemisyjnego („ekologicznie czyste pojazdy” w rozumieniu dyrektywy 2009/33/WE - LNG, CNG, LPG, hybrydowe PHEV (plug-in)).</p>	<p>III. Transport miejski</p>	<p>2 000 000 000 EUR (1 440 000 000 EUR na Infrastrukturę czystego transportu miejskiego, 460 000 000 EUR na Tabor czystego transportu miejskiego, 100 000 000 EUR na Cyfryzację transportu miejskiego)</p>

FUNDUSZ	OBSZARY INTERWENCJI	PROJEKTY	PRIORYTET INWESTYCYJNY	BUDŻET
<i>Fundusze Europejskie dla Pomorza Zachodniego 2021-2027</i>	Działania realizowane w ramach Celu realizowane będą w miastach i ich obszarach funkcjonalnych województwa zachodniopomorskiego	<p>Zakup zero i niskoemisyjnego taboru publicznego transportu zbiorowego obejmującego: autobusy, tramwaje, trolejbusy oraz inne środki komunikacji. Pojazdy muszą spełniać wymogi dla ekologicznie czystych pojazdów w rozumieniu dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/33/WE.</p> <p>Budowa centrów przesiadkowych, parkingów P&R, dróg rowerowych, infrastruktury drogowej transportu publicznego.</p> <p>Priorytetowo będą traktowane projekty związane z wprowadzeniem integracji taryfowej lub wdrażaniem koncepcji „Mobilność jako Usługa”</p>	3. Fundusze Europejskie na rzecz mobilnego Pomorza Zachodniego	<p>łącznie: 82 000 000 EUR</p> <p>(W tym:</p> <p>Infrastruktura czystego transportu miejskiego – 40 000 000 EUR;</p> <p>Tabor czystego transportu miejskiego – 20 000 000 EUR;</p> <p>Redukcja emisji gazów cieplarnianych z transportu miejskiego poprzez cyfryzację – 10 000 000 EUR</p> <p>Infrastruktura paliw alternatywnych – 2 000 000 EUR)</p>

Źródło: opracowanie własne

Tabela 21. Dostępne dofinansowania dla Szczecińskiego Obszaru Funkcjonalnego w ramach Funduszy Europejskich na lata 2021-2027 w podziale na zagadnienia

	INFRASTRUKTURA CZYSTEGO TRANSPORTU	TABOR CZYSTEGO TRANSPORTU	CYFRYZACJA TRANSPORTU MIEJSKIEGO	REDUKCJA EMISJI GAZÓW CIEPLARNIANYCH Z TRANSPORTU MIEJSKIEGO - CYFRYZACJA	INFRASTRUKTURA PALIW ALTERNATYWNYCH	ŁĄCZNIE
Fundusze Europejskie dla Pomorza Zachodniego	40 000 000 €	20 000 000 €	10 000 000 €	10 000 000 €	2 000 000 €	82 000 000 €
Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat i Środowisko	1 440 000 000 €	460 000 000 €	100 000 000 €			2 000 000 000 €

Źródło: opracowanie własne na podstawie zapisów programów

Społeczny Fundusz Klimatyczny będzie dodatkowym źródłem finansowania, które zapewni 72,2 mld euro w cenach bieżących w budżecie UE na lata 2025–2032 z nowego systemu handlu uprawnieniami do emisji EU ETS2. Fundusz ten będzie również obejmował finansowanie dostępu do mobilności bez- i niskoemisyjnej⁸⁶.

Perspektywy dofinansowania do zakupu nowych tramwajów są jednak znacząco mniejsze od zapotrzebowania, co będzie wiązać się z koniecznością dalszego zakupu taboru używanego na rzecz Tramwajów Szczecińskich⁸⁷.

- **Samorządy SOM realizują obecnie inwestycje w tabor i infrastrukturę przy wsparciu środków europejskich lub rządowych.**
- **W perspektywie 2014-2020 dofinansowanie zakupu pojazdów ekologicznych w SOM można było uzyskać ze środków POIiŚ. Dofinansowanie oferowały również programy operacyjne dla Regionów. W nowej perspektywie unijnej środki na zakup zeroemisyjnych autobusów można pozyskać z programów FEnIKS i FEoPZ.**
- **Krajowe fundusze takie jak „Zielony Transport Publiczny”, „Zielona i inteligentna mobilność miejska” czy „Polski Ład” również oferowały wsparcie finansowe na zakup ekologicznych pojazdów.**
- **Dodatkowym źródłem finansowania po wdrożeniu systemu opłaty za emisje EU ETS2 (opłata paliwowa) będzie Społeczny Fundusz Klimatyczny, ze środków którego możliwe będzie znaczne dofinansowanie wdrożenia transportu zeroemisyjnego.**
- **Miasta mogłyby zamawiać tabor w umowach ramowych podzielonych na partie, które mogłyby być dofinansowywane z różnych źródeł zewnętrznych. Pozwoliłoby to zapewnić stabilny wolumen pojazdów zamawianych w określonym czasie, co mogłoby doprowadzić do uzyskania atrakcyjniejszej ceny w przetargu.**

5.7. Krytyczny poziom dofinansowania zewnętrznego

Odpowiedź na pytanie:

Pyt. 13. Jaki jest krytyczny poziom dofinansowania zewnętrznego, by eksploatacja autobusu elektrycznego była efektywna ekonomicznie (dla społeczeństwa) i finansowo (dla operatora)?

⁸⁶ Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionu „Gotowi na 55: osiągnięcie unijnego celu klimatycznego na 2030 r. w drodze do neutralności klimatycznej”

⁸⁷ Szczecin chce następne używane tramwaje z Berlina, Jakub Rösler <https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/szczecin-chce-nastepne-uzywane-tramwaje-z-berlina-85420.html>, data artykułu: 28.11.2024 r. dostęp 10.12.2024 r.

DESK RESEARCH

W przypadku zakupu autobusów elektrycznych, ich wartość oraz uzyskane efekty dają wymierne korzyści ekonomiczne w przypadku rocznej eksploatacji na poziomie 75-90 tys. wozokilometrów. W przypadku dofinansowania zewnętrznego wartość ta będzie pomniejszona. Krytyczny poziom dofinansowania zewnętrznego w celu osiągnięcia efektywności ekonomicznej jest zależny od codziennej eksploatacji pojazdu i będzie się różnić w zależności od miasta, a nawet linii komunikacyjnych, na których jest wykorzystywany⁸⁸.

Limitacja wydatków na infrastrukturę ze środków pomocowych stanowi poważną barierę rozwoju trolejbusów. Z uwagi na znaczące koszty infrastruktury trolejbusowej, jej budowa i eksploatacja mają sens, gdy jest wykorzystywana przez wiele pojazdów. W Gdyni przeprowadzone analizy wykazały racjonalność utrzymywania komunikacji trolejbusowej tylko w sytuacji, gdy liczba pojazdów w ruchu wyniesie przynajmniej 100⁸⁹.

Samorządy jako przyczynę braku opłacalności inwestycji w elektromobilność w transporcie publicznym często wskazują konieczność ponoszenia wysokich nakładów na instalację z ładowania baterii oraz wysokie ceny autobusów elektrycznych⁹⁰, dlatego inwestycja w wymianę taboru autobusowego powinna być objęta dofinansowaniem zewnętrznym. W przeciwnym wypadku znacznie wzrośnie koszt funkcjonowania transportu publicznego, co przełoży się na większe obciążenie budżetu miast oraz wzrost cen komunikacji miejskiej.

W przypadku Szczecina obliczono, że wysokość dofinansowania zewnętrznego nie powinna być niższa niż 86%, choć w przypadku zakupu wyłącznie autobusów o napędzie wodorowym nie wykazano korzyści ekonomicznych⁹¹. Jednocześnie w AKK wskazano na brak korzyści wykorzystania autobusów zeroemisyjnych. Mimo tego Szczecin decyduje się na rozwój elektromobilności, również w zakresie floty samochodów użytkowanych przez Urząd Miasta⁹². Dotychczasowe analizy wskazały również na niewielki sens ekonomiczny oraz niską efektywność środowiskową zakupu pojazdów zeroemisyjnych na terenie Polic⁹³. Poprawa parametrów będzie osiągnięta nie tylko dzięki dofinansowaniu zewnętrznemu, ale również poprzez zmiany w obsłudze poszczególnych linii, co powinno być przedmiotem oddzielnej analizy.

MODEL EKONOMICZNO-FINANSOWY, SPOŁECZNY I EKOLOGICZNY

⁸⁸ M. Gromadzki [...] op. cit.

⁸⁹ Plan zrównoważonego rozwoju transportu publicznego dla Gminy Miasta Radomia na lata 2022-2030, PTC, Gdynia-Radom, 06-11.2021 r..

⁹⁰ Brdulak H., Hatałska N., Wolański M., Kozłowska P., Perlicki K., Kisperska-Moroń D., Piotrowski A., Zielona Kolej w Polsce – klimat, energetyka, transport, UN Global Network Poland, Warszawa 2021

⁹¹ Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej (AKK) przez Gminę Miasto Szczecin, Refunda, Szczecin, 2024 r.

⁹² Strategia Rozwoju Elektromobilności Miasta Szczecina 2035

⁹³ Kwarciński T., Kłós-Adamkiewicz Z. „Przesłanki zakupu autobusów niskoemisyjnych przez Szczecińsko-Polickie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne”, Instytut Zarządzania Uniwersytet Szczeciński, 2024

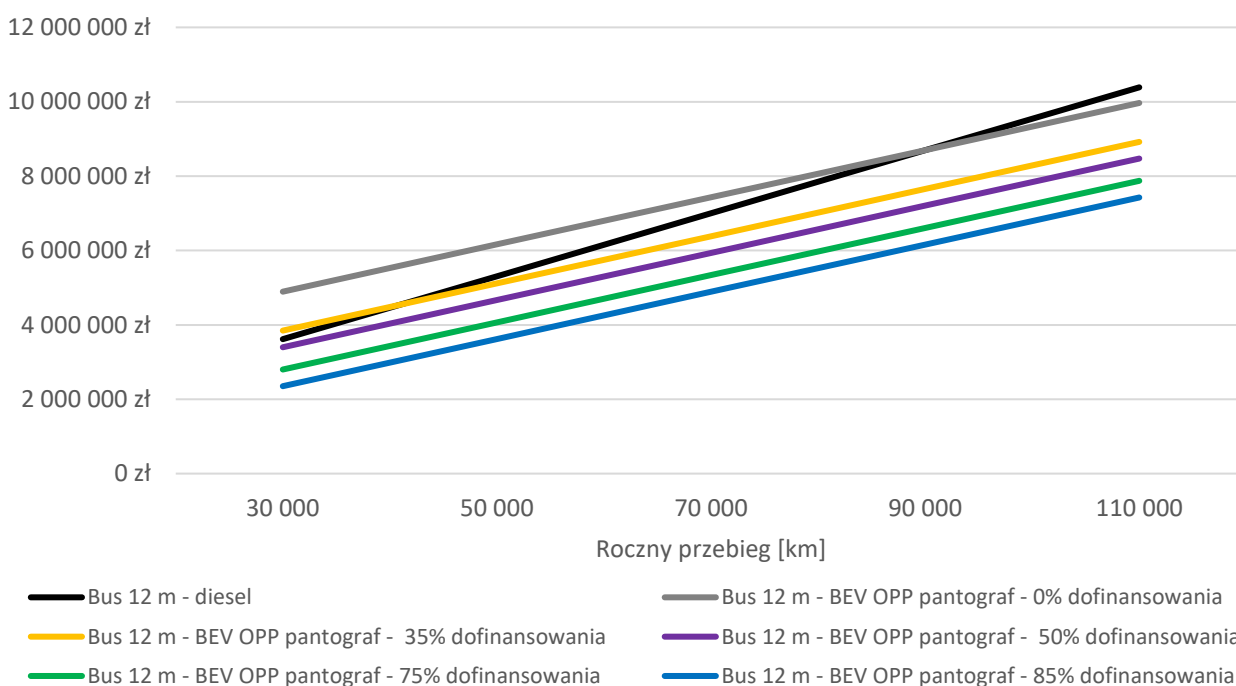
Uwzględniając koszt infrastruktury dla taboru elektrycznego oraz wprowadzając możliwość uzyskania dofinansowania do zakupu taboru i budowy infrastruktury, sprawdzono przy jakim poziomie dofinansowania autobus bateryjny OPP pantografowy przetnie poziom kosztów autobusu spalinowego przy rocznej pracy eksploatacyjnej na poziomie 40 tys. km dla autobusu 12-metrowego (por. Rysunek 32) oraz 35 tys. km dla autobusu 18-metrowego (por. Rysunek 33).

Poziom dofinansowania wyznaczony został w powyższych przypadkach na 35%. Każdy wyższy poziom dofinansowania niż 35% oznacza dla miasta jeszcze większe korzyści finansowe, wynikające z zakupu taboru zeroemisyjnego, co pokazano na wykresach (poziom 50%, 75% i 85%).

Należy jednak zauważyć, że wcześniej zakup taboru dieslowskiego był dla miast dofinansowywany i miasta od wielu już lat nie ponoszą pełnego kosztu zakupu autobusów spalinowych. Gdyby jednak symulować sytuację rynkową, to 65% kosztu autobusu zeroemisyjnego powinny ponosić miasta i nadal jego eksploatacja byłaby dla nich opłacalna przy niebyt dużych rocznych przebiegach.

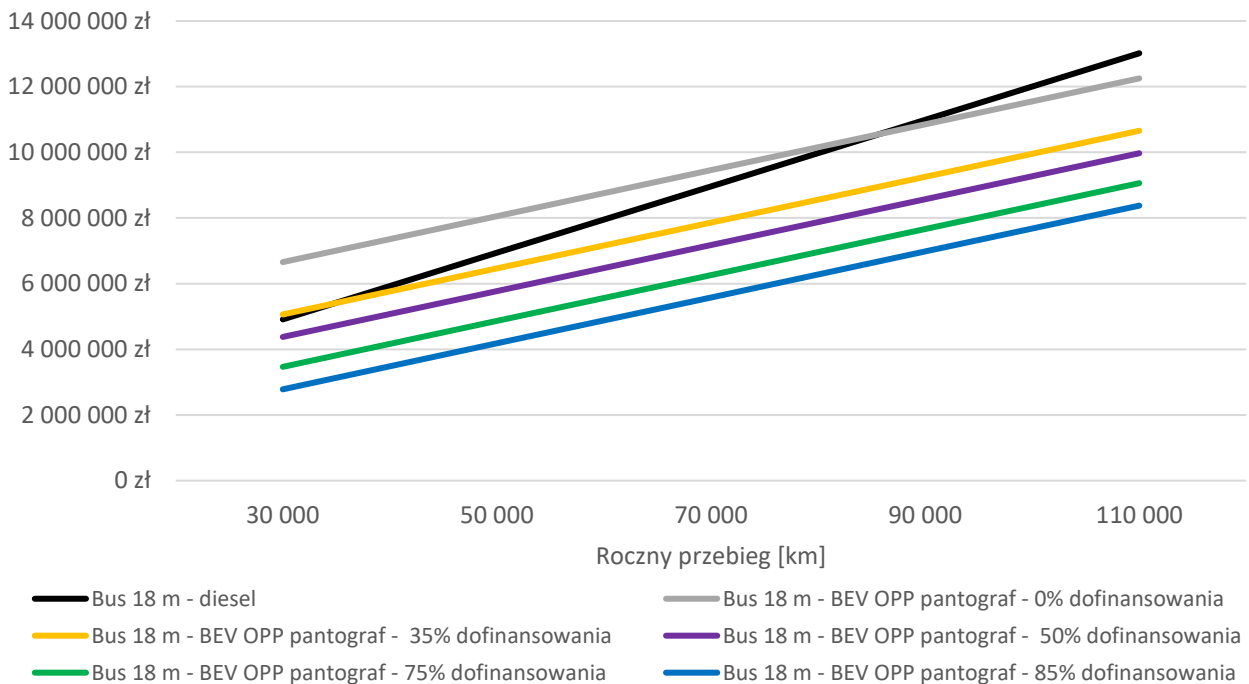
Dofinansowanie taboru miało być przejściowym wyjątkiem we wsparciu transportu publicznego ze środków unijnych, w różnych obszarach wprowadzano różny poziom dofinansowań, jednak stało się stałą praktyką w wykorzystaniu funduszy unijnych.

Rysunek 32. Zdyskontowane koszty finansowe 15-letnie dla autobusów 12-metrowych, z uwzględnieniem infrastruktury i dofinansowania do autobusu bateryjnego OPP



Źródło: opracowanie własne na podstawie modelu ekonomiczno-finansowego

Rysunek 33. Zdyskontowane koszty finansowe 15-letnie dla autobusów 18-metrowych, z uwzględnieniem infrastruktury i dofinansowania do autobusu bateryjnego OPP



Źródło: opracowanie własne na podstawie modelu ekonomiczno-finansowego

- **Racjonalny poziom dofinansowania do zakupu autobusów elektrycznych (baterijnych OPP) wraz z infrastrukturą wyznaczono na 35%.**
- **Poziom kosztów autobusu bateryjnego OPP przecina wtedy koszty autobusu spalinowego przy rocznej pracy eksploatacyjnej na poziomie 40 000 km dla autobusu 12-metrowego oraz 35 000 km dla autobusu 18-metrowego.**
- **Gdy autobus elektryczny będzie eksploatowany ponad tą wartość rocznego przebiegu – będzie on przynosił co raz większe korzyści finansowe względem autobusu spalinowego.**
- ! **Należy jednak zauważyć, że już wcześniej zakup taboru dieslowskiego był dla miast dofinansowywany i miasta od wielu już lat nie ponoszą pełnego kosztu zakupu autobusów spalinowych. Gdyby jednak symulować sytuację rynkową, to 65% kosztu autobusu zeroemisyjnego powinny ponosić miasta i nadal jego eksploatacja byłaby dla nich opłacalna.**
- **Mając na uwadze dzisiejsze uwarunkowania pozyskiwania funduszy unijnych wyłącznie na tabor zeroemisyjny oraz to, że najbardziej korzystnym okazał się model OPP autobusów bateryjnych, powinien on stanowić trzon rozwoju transportu zeroemisyjnego w Szczecińskim Obszarze Funkcjonalnym.**

6. Obszar IV. Prognoza rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego

6.1. Rekomendowane cele rozwoju

Odpowiedź na pytanie:

Pyt. 15. Jakie powinny być cele rozwoju zeroemisyjnego transportu publicznego w SOM?

Rozwój zeroemisyjnego transportu publicznego w Szczecińskim Obszarze Metropolitalnym przyczyni się do realizacji celów unijnych i krajowych, poprawy jakości życia w obszarach miejskich oraz może przynieść korzyści finansowe, przy odpowiednim wykorzystaniu taboru (rocznej liczby wykonywanych wozokilometrów).

Podstawowymi celami rozwoju zeroemisyjnego transportu publicznego w SOM powinny więc być: zmniejszenie emisji CO₂ oraz **równocześnie** zwiększenie liczby pasażerów w transporcie zbiorowym. Należy dążyć do osiągnięcia wzrostu liczby pasażerów do 2040 r. - wzrost o 30% liczby przewożonych osób w miastach SOM - oraz osiągnięcia zeroemisyjnej floty komunikacji miejskiej w tym samym roku, co będzie naturalną ścieżką wymiany floty autobusowej w trakcie 15 lat eksploatacji.

Cele szczegółowe, jakie powinny być przyjęte w tym obszarze, to:

- Zmniejszenie udziału transportu drogowego w emisji gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń powietrza oraz hałasu, poprzez zwiększenie udziału transportu publicznego i promowanie napędów zeroemisyjnych, takich jak pojazdy elektryczne i wodorowe.
- Zwiększenie dostępności i atrakcyjności transportu publicznego dla mieszkańców miast i obszarów wiejskich poprzez rozbudowę infrastruktury, wymianę i rozwój taboru, zwiększenie liczby i poprawę jakości usług, wdrażanie innowacyjnych rozwiązań oraz poprawę integracji systemów transportowych.
- Zwiększenie efektywności energetycznej i ekonomicznej transportu publicznego, poprzez wykorzystanie nowoczesnych technologii, optymalizację tras i rozkładów jazdy, wdrożenie priorytetów w ruchu, wprowadzenie inteligentnych systemów zarządzania ruchem i monitorowanie stanu pojazdów.
- Zwiększenie bezpieczeństwa i niezawodności transportu publicznego, poprzez zapewnienie wysokich standardów technicznych i usługowych, wzmocnienie nadzoru i kontroli, zapobieganie awariom i wypadkom.
- Zwiększenie świadomości i akceptacji społecznej dla zeroemisyjnego transportu publicznego, poprzez prowadzenie działań informacyjnych i edukacyjnych, angażowanie mieszkańców i partnerów lokalnych, tworzenie pozytywnego wizerunku transportu publicznego.

Według znowelizowanej ustawy z dn. 11 stycznia 2018 roku o elektromobilności i paliwach alternatywnych:

- od 2026 r. w JST powyżej 100 tys. mieszkańców wszystkie zamówione autobusy mają być zeroemisyjne, przepis nie dotyczy autobusów realizujących kursy na liniach podmiejskich do gmin nieprzekraczających 100 tys. mieszkańców;
- w JST powyżej 50 tys. mieszkańców - wymagana jest częściowa eksploatacja pojazdów zeroemisyjnych lub niskoemisyjnych bez określenia minimalnego ich progu.

Nadal obowiązuje jednak art. 68a określający minimalne udziały pojazdów - zgodnie z Dyrektywą PE 2019/1161:

- do 2025 r. co najmniej 32% nowych zamawianych autobusów lub tych wykonujących usługi PTZ powinno być ekologicznie czystych, w tym 16% zeroemisyjnych (Dyrektywa PE 2019/1161),
- od 2026 r. do 2030 r. co najmniej 46% nowych zamawianych autobusów lub tych wykonujących usługi PTZ powinno być ekologicznie czystych, w tym 23% zeroemisyjnych (Dyrektywa PE 2019/1161).

Operatorzy komunikacji miejskiej podkreślali w czasie wywiadów, że są spółkami misyjnymi, utworzonymi dla mieszkańców, realizującymi zadanie samorządu, ale też odpowiedzialnymi za środowisko, zdrowie i przyszłość mieszkańców. Ze względu na powyższe powody należy więc inwestować w transport zeroemisyjny, dążąc do rozsądnego z dzisiejszej perspektywy udziału pojazdów zeroemisyjnych oraz pozostałych, wyznaczonego w ramach niniejszej Analizy.

Do zmian modalnych w transporcie publicznym na obszarach metropolitalnych dochodzi dopiero po przekroczeniu pewnych warunków brzegowych odnośnie do czasu, kosztu i komfortu przejazdu. Najczęściej spełnia je tylko bardzo kosztowny nowoczesny transport szynowy, ewentualnie bardzo szybki transport autobusowy poruszający się buspasami lub wydzielonymi trasami. Dlatego też należy rozwijać transport szynowy – tramwaje i szybką kolej miejską – na obszarach, gdzie będzie to uzasadnione społecznie i ekonomicznie, a także inwestować w tabor zeroemisyjny.

Biuro SOM w czasie wywiadu również podkreśliło, że dla wzrostu liczby pasażerów najważniejsza jest dobra oferta transportu publicznego (niezawodny, częsty i sprawny transport – wydzielone pasy i uprzywilejowanie w ruchu). Napęd pojazdu dla pasażera nie jest tak bardzo istotnym elementem.

-
- **Podstawowymi celami rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego w SOM powinny być: zmniejszenie emisji CO₂ oraz równocześnie zwiększenie liczby pasażerów w transporcie zbiorowym. Należy dążyć do osiągnięcia wzrostu liczby pasażerów do 2040 r. oraz osiągnięcia określonego udziału zeroemisyjnej floty pojazdów komunikacji miejskiej w tym samym roku.**
 - **Realizacja powyższych celów pozwoli wypełnić postanowienia Ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych, Dyrektywy unijnej w sprawie pojazdów ekologicznie czystych oraz innych strategicznych dokumentów krajowych i unijnych.**
 - **Cele szczegółowe rozwoju transportu zeroemisyjnego w Polsce powinny obejmować:**
-

-
- zmniejszenie zanieczyszczenia powietrza i hałasu,
 - zwiększenie dostępności i atrakcyjności transportu publicznego,
 - zwiększenie efektywności energetycznej i ekonomicznej transportu publicznego,
 - zwiększenie bezpieczeństwa i niezawodności transportu publicznego,
 - zwiększenie świadomości i akceptacji społecznej dla transportu zeroemisyjnego.
-

6.2. Możliwe ścieżki rozwoju

Odpowiedź na pytanie:

Pyt. 16. Jakie są możliwe ścieżki rozwoju zeroemisyjnego transportu publicznego w SOM?

DESK RESEARCH

Przewidziane do realizacji na obszarach miast i ich obszarów funkcjonalnych działania powinny się skupiać na następujących rodzajach aktywności:

- wsparcie systemów publicznego transportu zbiorowego w ramach miast i ich obszarów funkcjonalnych m.in. poprzez zakup nisko i zeroemisyjnego taboru kołowego spełniającego wymogi dla „ekologicznie czystych pojazdów” w rozumieniu dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/1161 z dnia 20 czerwca 2019 r. w sprawie promowania ekologicznie czystych i energooszczędnych pojazdów transportu drogowego (z priorytetem dla pojazdów zeroemisyjnych na podstawie odpowiednich zapisów dokonanych w programach);
- budowa i rozbudowa infrastruktury do ładowania i tankowania zeroemisyjnych pojazdów komunikacji publicznej;
- wzrost liczby taboru nisko- i zeroemisyjnego w strukturze przewoźników transportu publicznego – zakupiony tabor autobusowy przyczyni się do osiągnięcia przez jednostki samorządu terytorialnego celów wskazanych w ustawie z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach⁹⁴.

Według Strategii na rzecz zrównoważonej i inteligentnej mobilności do 2050 roku niemal wszystkie autobusy będą zeroemisyjne.

Jedną ze ścieżek, jak i możliwości wprowadzenia zeroemisyjnego transportu zbiorowego jest tworzenie stref czystego transportu w miastach, dzięki czemu ograniczona zostanie emisja spalin z pojazdów transportu drogowego. Zapisy KPO⁹⁵ przewidywały wprowadzenie legislacji, która od 2025 roku w ramach przetargów na zakup pojazdów na potrzeby komunikacji miejskiej, wymagałaby dostawy pojazdów zeroemisyjnych oraz wprowadzenia SCT. W Szczecinie podjęte zostały już

⁹⁴ Umowa Partnerstwa dla realizacji Polityki Spójności 2021 – 2027 w Polsce, op. cit.

⁹⁵ Krajowy Plan Odbudowy i Zwiększania Odporności, op. cit.

działania w tym kierunku⁹⁶. Planowano też w ramach KPO wprowadzenie od 2025 roku obowiązku udzielania zamówień na prowadzenie przewozów jedynie operatorom oferującym ten typ pojazdów. Ostatecznie wprowadzenie tego zapisu przesunięto na 2026 rok.

Wśród niektórych uczestników wywiadów IDI, takich jak przedstawiciel SPA Dąbie oraz SPPK Police, pojawiły się opinie, że autobusy z bateriami mogą stanowić etap przejściowy w rozwoju zeroemisyjnego transportu publicznego, a długoterminowym celem mogą być autobusy wodorowe. Jednakże dziś koszt tej technologii oraz jej eksploatacji jest nieakceptowalny dla spółek, więc wdrożenie transportu wodorowego nie powinno być ani podstawową, ani priorytetową ścieżką rozwoju. Należy jednak obserwować rozwój rynku transportu wodorowego.

Ocenia się, że w horyzoncie czasowym do 5 lat zapotrzebowanie na wodór w sektorze transportu w Polsce wyniesie ok. 2933,5 ton, z czego aż 1764 tony na potrzeby tankowania autobusów zeroemisyjnych. Obsługa takiego popytu zakłada budowę 32 stacji tankowania wodoru. W pierwszej kolejności stacje powinny powstawać w aglomeracjach i obszarach gęsto zaludnionych na potrzeby tankowania przede wszystkim autobusów i kolei, uwzględniając przebieg korytarzy transeuropejskiej sieci transportowej (TEN-T)⁹⁷.

Rozwój transportu zeroemisyjnego i zwiększenie jego efektywności powinno być powiązane z zastosowaniem środków organizacji i sterowania ruchem drogowym, ułatwiających przejazd autobusów i tramwajów przez miasto. Wytyczanie buspasów, tworzenie priorytetów w sygnalizacji świetlnej dla tramwajów i autobusów na skrzyżowaniach zwiększa efektywność podjętych działań. Innym sposobem na osiągnięcie wyznaczonego celu jest rozwijanie inteligentnych systemów prowadzenia ruchu (ITS), które od lat są wprowadzane w niektórych miastach w Polsce. Powinny być jednak przede wszystkim zorientowane na sprawne prowadzenie ruchu pojazdów transportu zbiorowego, a nie pojazdów indywidualnych⁹⁸.

PROGNOZA ROZWOJU ZEROEMISYJNEGO TRANSPORTU ZBIOROWEGO

Zanim przeprowadzono prognozę scenariuszową kosztów, przeprowadzono symulację roku osiągnięcia w 100% floty zeroemisyjnych autobusów w miastach SOM, na podstawie rocznych nakładów do dyspozycji oraz liczby wymienianych autobusów rocznie (por. Rysunek 34).

Symulacja wykazała, że aby osiągnąć zapis PEP 2040 – 100% zeroemisyjną flotę w miastach w 2030 roku, należałoby w SOM rocznie wymieniać 73 autobusów (w latach 2014-2024 wymieniano średnio rocznie 30, ale tylko 12 nowych, w ekwiwalencie wartości ok. 16 nowych autobusów rocznie) oraz przeznaczać na to 274 mln zł rocznie. Nie byłoby to racjonalne ekonomicznie. Natomiast utrzymanie obecnego statusu quo (scenariusz 1) wymiany autobusów pozwoliłoby osiągnąć flotę zeroemisyjną dopiero w 2050 roku (za 26 lat). Oznaczałoby to roczne nakłady na poziomie 63 mln zł, jednak

⁹⁶ Strefa Czystego Transportu ma powstać w Szczecinie. To cena za nowe tramwaje, <https://wszczecinie.pl/strefa-czystego-transportu-ma-powstac-w-szczecinie-to-cena-za-nowe-tramwaje/48203>, data artykułu: 13.06.2024 r., data dostępu: 27.11.2024 r.

⁹⁷ Polska Strategia Wodorowa do roku 2030, op. cit.

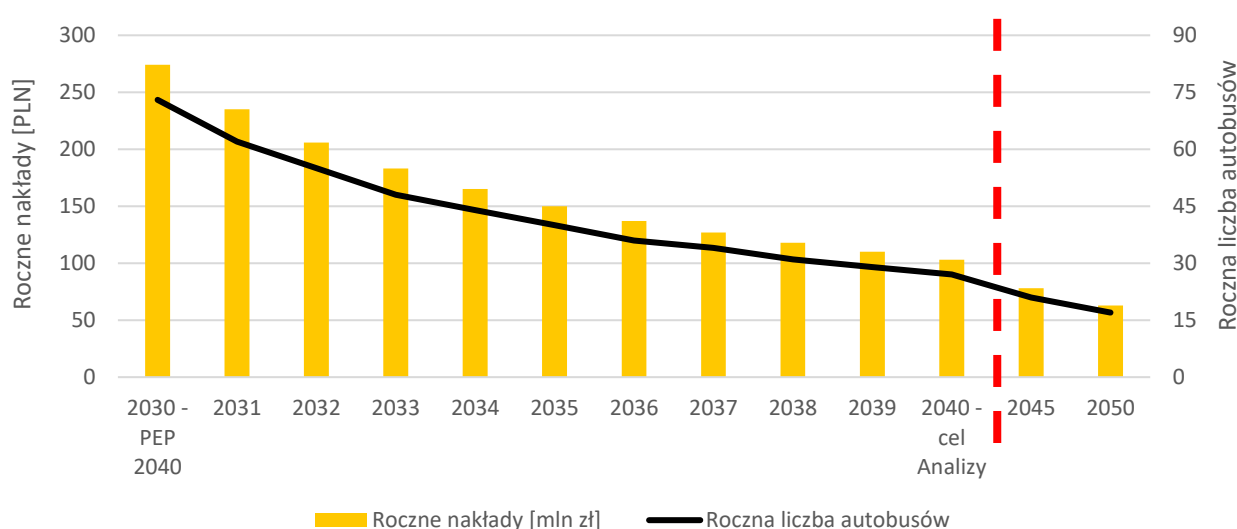
⁹⁸ Strategia Rozwoju Transportu do 2020 roku (z perspektywą do 2030 roku), op. cit.

prawdopodobnie w tym czasie starsze pojazdy utraciłyby już sprawność techniczną do obsługi pasażerów.

Racjonalnym celem przyjętym do dalszej analizy jest rok 2040, w którym można osiągać określone poziomy zeroemisyjnej floty autobusowej w SOM – zgodnie ze scenariuszami 3-5 Analizy. Przykładowo, przy założeniu wymiany na pełną flotę autobusów bateryjnych OPP możliwe byłoby osiągnięcie tego celu przy rocznych nakładach 103 mln zł oraz wymianie rocznie 27 autobusów. Wymaga to jednak zwiększenia nakładów inwestycyjnych w transporcie publicznym, względem stanu obecnego.

Do dalszych analiz przyjęto, że dla rozwoju zeroemisyjnego transportu publicznego w SOM nie jest kluczowe przyspieszenie osiągnięcia roku zeroemisyjnej floty, a doprowadzenie do osiągnięcia określonego udziału pojazdów zeroemisyjnych w racjonalnym okresie (podstawowego okresu życia pojazdu, czyli 16 lat). Byłoby to rozwiązanie najbardziej uzasadnione ekonomicznie.

Rysunek 34. Prognoza rocznych nakładów i koniecznej liczby kupowanych autobusów OPP w SOM w celu osiągnięcia w danym roku floty w 100% zeroemisyjnej



Źródło: opracowanie własne

Opracowano prognozę bazującą na 5 scenariuszach rozwoju:

1. Utrzymanie status quo - Wymiana taboru autobusowego i tramwajowego zgodnie z obecnym tempem.
2. Brak zakupów taboru autobusowego zeroemisyjnego (wariant referencyjny) – Cel 2040 rok: wymiana wszystkich autobusów na spalinowe i tramwajów w wieku ponad 15 lat.
3. Tabor częściowo zeroemisyjny – Cel 2040 rok: wymiana 80% autobusów na elektryczne OPP, pozostałe na spalinowe i tramwajów w wieku ponad 15 lat.
4. Tabor w 100% zeroemisyjny – Cel 2040 rok: wymiana 80% autobusów na elektryczne OPP, pozostałe na wodorowe i tramwajów w wieku ponad 15 lat.

5. Cel SRT2030 - Rozbudowa taboru i pracy eksploatacyjnej by uzyskać 30% wzrost liczby pasażerów, przy taborze w 100% zeroemisyjnym ze scenariusza 4.

Scenariusze 3-5 zakładają spełnienie minimalnych wymogów unijnych, określonych w Dyrektywie⁹⁹ oraz przepisów krajowych. Status quo zakłada utrzymanie obecnego tempa wymiany taboru i określa rok osiągnięcia pełnej wymiany floty.

Scenariusze zakładają, że do wymiany jest 436 autobusów spalinowych (w sieciach komunikacyjnych miast Szczecin, Świnoujście i Stargard) oraz 79 tramwajów w wieku ponad 15 lat. Wszystkie scenariusze operują na okresie 16-letnim ze ścieżką postępowania do 2040 roku.

1. Utrzymanie status quo

Dalszy rozwój zgodny z obecnie obowiązującymi przepisami oraz uruchomionymi programami wsparcia transportu zeroemisyjnego – krajowymi i unijnymi oraz długoterminowym trendem zmian w pracy przewozowej. Wykonawca na bazie badań ewaluacyjnych realizowanych na zlecenie MFiPR i CUPT¹⁰⁰ oraz wiedzy o uruchamianych programach, szacuje dziś zmianę liczby pasażerów na -5% względem niezmienionej pracy eksploatacyjnej w miastach, będącej kluczem do wzrostu liczby pasażerów.

Założenia:

- Od 2025 roku, ze względu na zapisy programów funduszy unijnych, będących głównym źródłem zakupu taboru oraz kontynuowany program Zielony Transport Publiczny, a od 2026 r. ze względu na zapisy Ustawy o elektromobilności, Szczecin kupuje nowy wyłącznie zeroemisyjny tabor komunikacji miejskiej w modelu OPP, natomiast pozostali operatorzy zgodnie z dostępnym dofinansowaniem (niskoemisyjny lub zeroemisyjny). Organizatorzy transportu niemiejscy kupują dalej tabor niskoemisyjny.
- Miasta nie podejmują walki o nowych pasażerów, nie widząc szczególnego powodu takiego działania – otrzymują dopłaty na pojazdy, nie ma motywatora zmian w zakresie eksploatacji.
- Nie zmienia się Ustawa o publicznym transporcie zbiorowym, o ulgach biletowych oraz forma Funduszu rozwoju przewozów autobusowych.

⁹⁹ Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/1161 z dnia 20 czerwca 2019 r. zmieniająca dyrektywę 2009/33/WE w sprawie promowania ekologicznie czystych i energooszczędnych pojazdów transportu drogowego.

¹⁰⁰ M.in. M. Wolański, M. Czerliński, K. Orcholska i inni, Ocena wpływu działań podejmowanych w ramach polityki spójności w zakresie transportu publicznego na mobilność miejską w perspektywie 2014-2020, Wolański sp. z o.o. dla MFiPR, Warszawa 2022 r. oraz

M. Wolański, B. Jakubowski i inni, Analiza podejścia badawczego i wypracowanie narzędzi do oceny wpływu wsparcia w ramach VI osi priorytetowej POIIS 2014-2020 – Badanie Pilotażowe, Wolański sp. z o.o. dla CUPT, Warszawa 2018 r.

Skutki:

- Dopiero w 2050 roku miasta uzyskują całkowicie zeroemisyjną flotę. W komunikacji tramwajowej nie następuje wystarczająca odnowa floty pojazdów (wymiana mniej niż połowy floty). To ścieżka postępowania, która może zagrozić dalszemu funkcjonowaniu transportu publicznego w SOM.
- Postępuje dezintegracja transportu publicznego wywołana strukturą transportu publicznego w Polsce, z ram komunikacji miejskiej wyłączają się kolejne gminy podmiejskie, by uruchomić własną komunikację gminną/międzygminną/powiatowo-gminną w ramach funduszu FRPA. Dziś wobec tych przewozów ustawa o elektromobilności nie wymaga udziału pojazdów zeroemisyjnych.
- Miasta SOM nie zwiększają pracy eksploatacyjnej, ale poprzez dostosowanie rozkładów jazdy do taboru elektrycznego (miejsca i momenty ładowania uzależnione od infrastruktury) oraz rosnącą dezintegracją systemu transportu publicznego, spada liczba pasażerów o 5%, spada dostosowanie podaży do popytu. Operatorzy skupiają się na utrzymaniu stanu obecnego.
- Rocznie na zakup 16 autobusów zeroemisyjnych potrzeba 60,4 mln zł, 2 tramwajów 17,0 mln zł; natomiast transport publiczny organizowany przez Szczecin, Świnoujście i Stargard wymaga przeznaczania na eksploatację ok. 368 mln zł rocznie. Osiągnięcie floty częściowo zeroemisyjnej pozwala obniżyć roczny budżet na eksploatację w miastach o 11,6 mln zł.
- Część miast kupuje jeszcze z własnych środków tabor emisyjny, nowy lub używany, by zabezpieczyć obsługę zadań, których przekształcenie dziś na zeroemisyjne jest zbyt kosztowne. Nie powoduje to jednak znacznej zmiany ścieżki rozwoju taboru.
- Nie potrzeba dodatkowych kierowców do eksploatacji taboru, natomiast transport zeroemisyjny w skali roku nie generuje 1,5 mln zł kosztów zewnętrznych ze względu na ograniczenie emisji zanieczyszczeń przez autobusy elektryczne względem spalinowych.

Prawdopodobieństwo wystąpienia: 40%

2. Brak zakupu taboru zeroemisyjnego (referencyjny)

Podjęcie decyzji, ze względu na znaczne ograniczenia budżetowe oraz niewystarczające wsparcie ze środków zewnętrznych, o braku zakupu dużo droższego taboru zeroemisyjnego i zakup taboru spalinowego, w celu wymiany floty autobusów na nową w okresie 16 lat oraz tramwajów starszych niż 15 lat (79 składów) do 2040 r. Brak realizacji celów klimatycznych UE oraz zapisów Ustawy o elektromobilności. Scenariusz stanowi punkt odniesienia do porównywania kosztów z kolejnymi scenariuszami.

Założenia:

- Miasta SOM w celu minimalizacji kosztów inwestycyjnych kupują nowy wyłącznie spalinowy tabor komunikacji miejskiej.
- Miasta nie podejmują walki o nowych pasażerów, nie zmienia się praca eksploatacyjna taboru.

- Nie zmienia się Ustawa o publicznym transporcie zbiorowym, o ulgach biletowych oraz forma Funduszu rozwoju przewozów autobusowych.

Skutki:

- W 2030 r. miasta dysponują wymienioną flotą autobusów spalinowych oraz stabilną sytuacją floty tramwajowej (tramwaje nie starsze niż 30 lat). Komunikacja miejska w SOM funkcjonuje stabilnie.

- Miasta SOM nie zwiększają pracy eksploatacyjnej, ale poprzez sprawną obsługę mieszkańców taborom spalinowym, liczba pasażerów nie ulega zmianie. Operatorzy skupiają się na utrzymaniu stanu obecnego.

- Rocznie na zakup 27 autobusów spalinowych potrzeba 40,2 mln zł, 5 tramwajów 42,0 mln zł; natomiast transport publiczny organizowany przez Szczecin, Świnoujście i Stargard wymaga przeznaczania na eksploatację ok. 380 mln zł rocznie (zgodnie ze stanem obecnym).

- Nie potrzeba dodatkowych kierowców do eksploatacji taboru, natomiast ograniczenie emisji sprowadza się do zastąpienia taboru spalinowego o niższych emisjach, pojazdami spełniającymi normę Euro 6 (lub Euro 7 po jej ewentualnym wdrożeniu).

Prawdopodobieństwo wystąpienia: 10%

3. Tabor częściowo zeroemisyjny

Przeznaczenie dodatkowych funduszy na wymianę taboru autobusowego na zeroemisyjny oraz taboru tramwajowego starszego niż 15 lat w horyzoncie 2040 roku. Osiągnięcie w 80% zeroemisyjnej floty autobusowej w modelu OPP, a pozostałych autobusów spalinowych do obsługi najdłuższych zadań w SOM (głównie przekraczających 300 km).

Założenia:

- Od 2025 roku zakup w 80% autobusów elektrycznych OPP oraz w 20% autobusów spalinowych (w Szczecinie do obsługi połączeń podmiejskich, a w pozostałych miastach do obsługi również połączeń miejskich – wynika to z ograniczeń wprowadzanych Ustawą o elektromobilności).

- Budowa infrastruktury ładowania na terenach zajezdni oraz pętlach, w Szczecinie na pętlach ładowarki pantografowe, natomiast w pozostałych miastach – ładowarki plug-in.

- Dostosowanie obsługi linii do pojazdów zeroemisyjnych, co może wymagać rozład w rozkładach jazdy i dostosowania czasów i miejsc przerw na posiłek dla kierowców, do lokalizacji ładowarek.

- Miasta mogą podjąć walkę o nowych pasażerów wspierając przejście na tabor zeroemisyjny poprzez działania towarzyszące – wyznaczanie wydzielonych tras i buspasów, priorytet w sygnalizacji świetlnej.

Skutki:

- Osiągnięcie celu w 2040 roku, flota autobusowa w 80% zeroemisyjna i w 20% spalinowa. Wymiana najstarszych tramwajów w tej komunikacji. Dalsze stabilne funkcjonowanie transportu publicznego w SOM.
- Brak gotowości na ewentualne zaostrezenie wymagań względem taboru autobusowego w kontekście Europejskiego Zielonego Ładu.
- Miasta SOM nie zwiększają pracy eksploatacyjnej, ale poprzez dostosowanie rozkładów jazdy do taboru elektrycznego (miejsca i momenty ładowania uzależnione od infrastruktury) i równocześnie wydzielenie dodatkowych korytarzy z priorytetem dla transportu publicznego, liczba pasażerów nie ulega zmianie.
- Rocznie na zakup 22 autobusów zeroemisyjnych potrzeba 82,3 mln zł, 5 autobusów spalinowych 8,0 mln zł, 5 tramwajów 42,0 mln zł; natomiast transport publiczny organizowany przez Szczecin, Świnoujście i Stargard wymaga przeznaczania na eksploatację ok. 364 mln zł rocznie. Osiągnięcie floty częściowo zeroemisyjnej pozwala obniżyć roczny budżet na eksploatację w miastach o 15,8 mln zł.
- Część miast kupuje jeszcze z własnych środków tabor emisyjny, nowy lub używany, by zabezpieczyć obsługę zadań, których przekształcenie dziś na zeroemisyjne jest zbyt kosztowne. Nie powoduje to jednak znacznej zmiany ścieżki rozwoju taboru.
- Nie potrzeba dodatkowych kierowców do eksploatacji taboru, natomiast transport zeroemisyjny z roku na rok nie generuje dodatkowych 2,0 mln zł kosztów zewnętrznych ze względu na ograniczenie emisji zanieczyszczeń przez wymieniane autobusy spalinowe na zeroemisyjne.

Prawdopodobieństwo wystąpienia: 20%

4. Tabor w 100% zeroemisyjny

Przeznaczenie dodatkowych funduszy na wymianę taboru autobusowego na zeroemisyjny oraz taboru tramwajowego starszego niż 15 lat w horyzoncie 2040 roku. Osiągnięcie w 100% zeroemisyjnej floty autobusowej: 80% w modelu OPP i 20% wodorowych (do obsługi najdłuższych dziennych zadań w SOM, głównie przekraczających 300 km).

Założenia:

- Od 2025 roku zakup w 80% autobusów elektrycznych OPP oraz w 20% autobusów wodorowych (w Szczecinie do obsługi połączeń podmiejskich, a w pozostałych miastach do obsługi również połączeń miejskich).
- Budowa infrastruktury ładowania na terenach zajezdni oraz pętlach, w Szczecinie na pętlach ładowarki pantografowe, natomiast w pozostałych miastach – ładowarki plug-in.

- Współpraca z Azotami w Policach i sfinansowanie instalacji do oczyszczania wodoru do poziomu 99,97% oraz budowy stacji tankowania wodoru przynajmniej w 3 lokalizacjach (Police, Stargard, Świnoujście).
- Niewielkie zmiany w rozkładach jazdy, niektóre zadania mogą wymagać dostosowania czasów i miejsc przerw na posiłek dla kierowców, do lokalizacji ładowarek.
- Miasta mogą podjąć walkę o nowych pasażerów wspierając przejście na tabor zeroemisyjny poprzez działania towarzyszące – wyznaczanie wydzielonych tras i buspasów, priorytet w sygnalizacji świetlnej.
- Wprowadzenie poprzez ustawę o elektromobilności wymogu od 2026 r. produkcji i zakupu w Polsce tylko autobusów zeroemisyjnych oraz osiągnięcia w 2040 r. celu eksploatacji w miastach taboru w 100% zeroemisyjnego.

Skutki:

- Osiągnięcie celu w 2040 roku, flota autobusowa w 100% zeroemisyjna. Wymiana najstarszych tramwajów w tej komunikacji. Dalsze stabilne funkcjonowanie transportu publicznego w SOM.
- Spełnienie wymagań względem taboru autobusowego w kontekście zastrzegających się wymagań Komisji Europejskiej oraz przepisów krajowych.
- Brak emisji ze strony taboru autobusowego w obszarze SOM.
- Miasta SOM nie zwiększają pracy eksploatacyjnej, liczba pasażerów nie ulega zmianie.
- Rocznie na zakup 27 autobusów zeroemisyjnych potrzeba 102,9 mln zł i 5 tramwajów 42,0 mln zł; natomiast transport publiczny organizowany przez Szczecin, Świnoujście i Stargard wymaga przeznaczania na eksploatację ok. 402,8 mln zł rocznie. Osiągnięcie floty w całości zeroemisyjnej wiąże się ze wzrostem koniecznego budżetu na eksploatację w miastach o 22,6 mln zł w skali roku. Wzrost ten wynika z zastosowania, droższego w eksploatacji od wszystkich pojazdów, taboru wodorowego.
- Poza Szczecinem, Stargardem i Świnoujściem, w pozostałych sieciach transportu publicznego kupuje się tabor emisyjny, nowy lub używany, by zabezpieczyć obsługę zadań, których przekształcenie dziś na zeroemisyjne jest zbyt kosztowne.
- Nie potrzeba dodatkowych kierowców do eksploatacji taboru, natomiast transport zeroemisyjny z roku na rok nie generuje dodatkowych 2,5 mln zł kosztów zewnętrznych ze względu na ograniczenie emisji zanieczyszczeń przez wymieniane autobusy spalinowe na zeroemisyjne.

Prawdopodobieństwo wystąpienia: 20%

5. SRT 2030

Rozwój ukierunkowany na osiągnięcie podstawowego celu krajowej Strategii, jakim jest 30% wzrost liczby przewożonych pasażerów w transporcie publicznym, ale racjonalne wydaje się osiągnięcie takiej zmiany nie do 2030 a 2040 r., poprzez rozwój zeroemisyjnego transportu zbiorowego w SOM.

Osiągnięcie w 100% zeroemisyjnej floty autobusowej: 80% w modelu OPP i 20% wodorowych (do obsługi najdłuższych dziennych zadań w SOM, głównie przekraczających 300 km).

Założenia:

- Od 2025 roku zakup w 80% autobusów elektrycznych OPP oraz w 20% autobusów wodorowych (w Szczecinie do obsługi połączeń podmiejskich, a w pozostałych miastach do obsługi również połączeń miejskich).
- Budowa infrastruktury ładowania na terenach zajezdni oraz pętłach, w Szczecinie na pętłach ładowarki pantografowe, natomiast w pozostałych miastach – ładowarki plug-in.
- Współpraca z Azotami w Policach i sfinansowanie instalacji do oczyszczania wodoru do poziomu 99,97% oraz budowy stacji tankowania wodoru przynajmniej w 3 lokalizacjach (Police, Stargard, Świnoujście).
- Oprócz dofinansowania inwestycji, dopuszcza się przeznaczenie środków unijnych na eksploatację – warunkiem jest osiągnięcie wzrostu rocznej pracy eksploatacyjnej oraz rocznego przebiegu taboru zeroemisyjnego na poziomie co najmniej 70 tys. km.
- Wprowadzenie poprzez ustawę o elektromobilności wymogu od 2025 r. produkcji i zakupu w Polsce tylko autobusów zeroemisyjnych oraz osiągnięcia w 2040 r. celu eksploatacji w miastach taboru w 100% zeroemisyjnego.
- Miasta podejmują walkę o nowych pasażerów, widząc, że system oparty jest nie tylko o inwestycje, ale też wzrost pracy eksploatacyjnej, uruchamiają nowe połączenia, które mogą doprowadzić do wzrostu liczby pasażerów.
- W inwestycjach infrastrukturalnych nadaje się priorytet dla transportu publicznego – wydzielane są nowe buspasy, pasy autobusowo-tramwajowe, wdrożony zostaje priorytet w sygnalizacji świetlnej dla tramwajów i autobusów.
- Zmiana Ustawy o publicznym transporcie zbiorowym, w tym dopuszczenie transportu na żądanie jako formy publicznego transportu zbiorowego, ujednoczenie systemu ustawowych ulg biletowych i Funduszu rozwoju przewozów autobusowych w jeden system dopłat, co usprawni integrację transportu miejskiego i niemiejskiego.

Skutki:

- Osiągnięcie celu w 2040 roku, flota autobusowa w 100% zeroemisyjna. Wymiana najstarszych tramwajów w tej komunikacji. Rozwój transportu publicznego w SOM, ponieważ zwiększona zostaje o 28% flota pojazdów.
- Spełnienie wymagań względem taboru autobusowego w kontekście zaostrzających się wymagań Komisji Europejskiej oraz przepisów krajowych.
- Brak emisji ze strony taboru autobusowego w obszarze SOM.

- Miasta SOM zwiększają pracę eksploatacyjną o 28%, a w efekcie nowych połączeń oraz zagęszczenia kursów w rozkładzie jazdy, rośnie roczna liczba pasażerów o 30%. Organizatorzy transportu aktywnie walczą o nowych pasażerów.

- Rocznie na zakup 35 autobusów zeroemisyjnych potrzeba 132,5 mln zł i 7 tramwajów 60,1 mln zł; natomiast transport publiczny organizowany przez Szczecin, Świnoujście i Stargard wymaga przeznaczania na eksploatację ok. 523,6 mln zł rocznie. Osiągnięcie floty w całości zeroemisyjnej wiąże się ze wzrostem koniecznego budżetu na eksploatację w miastach o 143,3 mln zł w skali roku. Wzrost ten wynika ze wzrostu pracy eksploatacyjnej oraz zastosowania w 20% droższego w eksploatacji od wszystkich pojazdów, taboru wodorowego.

- Poza Szczecinem, Stargardem i Świnoujściem, w pozostałych sieciach transportu publicznego kupuje się tabor emisyjny, nowy lub używany, by zabezpieczyć obsługę zadań, których przekształcenie dziś na zeroemisyjne jest zbyt kosztowne.

- Potrzeba 240 dodatkowych prowadzących do eksploatacji taboru, natomiast transport zeroemisyjny z roku na rok nie generuje dodatkowych 3,2 mln zł kosztów zewnętrznych ze względu na ograniczenie emisji zanieczyszczeń przez wymieniane autobusy spalinowe na zeroemisyjne.

Prawdopodobieństwo wystąpienia: 10%

Prognoza stanowi Załącznik 4 do Analizy, natomiast podsumowanie najważniejszych rezultatów w postaci tabelarycznej zawierają: Tabela 22, Tabela 23 i Tabela 24.

Tabela 22. Podsumowanie rezultatów scenariuszy prognozy w zakresie kupowanego taboru

SCENARIUSZ	LICZBA NOWYCH AUTOBUSÓW ROCZNIE	KOSZT ROCZNEJ WYMIANY AUTOBUSÓW [PLN/ROK]	OSIĄGNIĘTY UDZIAŁ AUTOBUSÓW ZEROEMISYJNYCH (EL. / WOD.)	UDZIAŁ KUPOWANYCH AUTOBUSÓW SPALINOWYCH	LICZBA NOWYCH TRAMWAJÓW ROCZNIE	KOSZT ROCZNEJ WYMIANY TRAMWAJÓW [PLN/ROK]
1 – STAT. QUO	16	60 392 000	60% (100% / 0%)	0%	2	17 000 000
2 – REFERENCYJNY	27	40 163 966	0% (0% / 0%)	100%	5	41 968 750
3 – 80% ZEROEMISYJNY	27	90 316 893	80% (100% / 0%)	0%	5	41 968 750
4 – 100% ZEROEMISYJNY	27	102 855 125	100% (80% / 20%)	0%	5	41 968 750
5 – SRT2030	35	132 474 465	100% (80% / 20%)	0%	7	60 119 792

Źródło: opracowanie własne

Tabela 23. Podsumowanie rezultatów poszczególnych scenariuszy prognozy w zakresie potrzebnych nowych prowadzących i korzyści środowiskowe

SCENARIUSZ	LICZBA DODATKOWYCH PROWADZĄCYCH (EFEKT SPOŁECZNY)	PRZYRÓST KORZYŚCI ZEWNĘTRZNYCH W SKALI ROKU (EFEKT ŚRODOWISKOWY) [PLN/ROK]
1 – STATUS QUO	0	1 473 417
2 – REFERENCYJNY	0	-
3 – 80% ZEROEMISYJNY	0	1 882 059
4 – 100% ZEROEMISYJNY	0	2 509 413
5 – SRT2030	240	3 232 052

Źródło: opracowanie własne

Tabela 24. Podsumowanie rezultatów poszczególnych scenariuszy prognozy w zakresie rocznego kosztu inwestycyjnego i eksploatacyjnego

SCENARIUSZ	KOSZT INWESTYCYJNY [PLN/ROK]	KOSZT EKSPLOATACJI STARTOWY [PLN/ROK]	KOSZT EKSPLOATACJI PO REALIZACJI [PLN/ROK]	RÓŻNICA W EKSPLOATACJI WZGLĘDEM STATUS QUO OBECNIE [PLN/ROK]
1 – STATUS QUO	77 392 000	380 233 913	368 617 769	-11 616 144
2 – REFERENCYJNY	82 132 716	380 233 913	380 233 913	-
3 – 80% ZEROEMISYJNY	132 285 643	380 233 913	364 406 917	-15 826 996
4 – 100% ZEROEMISYJNY	144 823 875	380 233 913	402 800 693	22 566 780
5 – SRT2030	192 594 257	380 233 913	523 587 182	143 353 268

Źródło: opracowanie własne

- Opracowano prognozę bazującą na 5 scenariuszach rozwoju: utrzymanie status quo, wymiany taboru na spalinowy, w 80% zeroemisyjny, w 100% zeroemisyjny oraz celu SRT 2030. Nie wszystkie scenariusze zakładają spełnienie minimalnych wymogów unijnych, określonych w Dyrektywie oraz przepisów krajowych – dotyczy to scenariusza 1 i 2.
- Do dalszych analiz przyjęto, że dla rozwoju zeroemisyjnego transportu publicznego w Polsce nie jest kluczowe przyspieszenie osiągnięcia roku zeroemisyjnej floty, a osiągnięcie określonego poziomu floty zeroemisyjnej w 2040 r. oraz możliwy wzrost liczby przewożonych pasażerów komunikacji miejskiej.

-
- Scenariusz status quo oznacza dalszy rozwój zgodny z obecnymi zakupami operatorów transportu w SOM. Dopiero w 2050 roku miasta uzyskują całkowicie zeroemisyjną flotę. W komunikacji tramwajowej nie następuje wystarczająca odnowa floty pojazdów (wymiana mniej niż połowy floty). To ścieżka postępowania, która może zagrozić dalszemu funkcjonowaniu transportu publicznego w SOM.
 - Scenariusz braku zakupu taboru zeroemisyjnego na rzecz pojazdów spalinowych okazał się najtańszy w realizacji, jednak do jego realizacji nie uda się dziś już pozyskać wsparcia środkami zewnętrznymi.
 - Jako racjonalny poziom taboru zeroemisyjnego najbardziej efektywnego ze strony ekonomicznej (model OPP) określono na 80%. Pozwoli on obsłużyć codzienne zadania przewozowe do przebiegu 300 km, natomiast powyżej (dla 20% zadań) należy wykorzystywać dalej tabor spalinowy lub zakupić tabor wodorowy.
 - W zależności od wysokości dostępnego dofinansowania i programów wsparcia, należy dążyć do realizacji scenariusza 3 lub 4, w którym osiąga się flotę zeroemisyjną w 80% lub 100% procentach. Scenariusze te zakładają utrzymanie obecnej pracy eksploatacyjnej w transporcie publicznym oraz liczby przewożonych pasażerów.
 - Scenariusz SRT 2030 oznacza rozwój ukierunkowany na osiągnięcie podstawowego celu Strategii, jakim jest 30% wzrost liczby przewożonych pasażerów w transporcie zbiorowym, ale racjonalne wydaje się osiągnięcie takiej zmiany nie do 2030 a 2040 r., poprzez rozwój zeroemisyjnego transportu zbiorowego w SOM. Scenariusz ten wymaga rozbudowy floty pojazdów o 28% (autobusów i tramwajów) oraz znaczny wzrost budżetu na eksploatację (o 38%, dodatkowy wzrost o 10 p.p. wynika z 20% udziału autobusów wodorowych). Największą trudnością w realizacji mogłoby okazać się jednak pozyskanie dodatkowych prowadzących tabor w liczbie aż 240 osób.
 - W ramach poszczególnych scenariuszy koszt inwestycyjny znajduje się w zakresie 77-193 mln zł rocznie, natomiast eksploatacyjny 364-524 mln zł rocznie. Scenariusze wiążą się też ze zmianą liczby prowadzących pojazdy od 0 do 240 osób (efekt społeczny) oraz rocznym przyrostem korzyści zewnętrznych ze zmiany autobusów spalinowych na zeroemisyjne w zakresie 1,5-3 mln zł (efekt środowiskowy). Efekt środowiskowy będzie rósł wraz ze zmianą systemu energetycznego kraju na nisko- lub zeroemisyjny.
 - W analizowanych planach i strategiach miast SOM głównym kierunkiem jest rozwój floty autobusów zeroemisyjnych oraz rozbudowa systemu tramwajowego w Szczecinie.
 - W zakresie floty zeroemisyjnej, to bateryjne autobusy elektryczne OPP powinny stanowić podstawowy środek realizacji przewozów, a wodorowe uzupełniający, zapewniający rezerwę oraz obsługę długich kursów, których nie będą mogły być zrealizowane przez autobusy elektryczne.
-

6.3. Rozwiązania legislacyjne i inne wspierające rozwój

Odpowiedź na pytanie:

Pyt. 17. Jakie nowe rozwiązania legislacyjne lub inne należy wdrożyć by stworzyć korzystne warunki do rozwoju zeroemisyjnego transportu publicznego?

PLAN NABORÓW NA ZAKUP TABORU ZEROEMISYJNEGO

Nabory w ramach ZTP NFOŚiGW ogłaszane są co rok, wraz z dostępnym w danym roku finansowaniem. W ramach funduszy unijnych nabory na zakup autobusów ogłaszane są z reguły jednokrotnie na okres trwania perspektywy (7 lat), na początku perspektywy.

Samorządy nie są pewne dostępności źródeł dofinansowania, „na szybko” przygotowują dokumentację, gdy pojawia się finansowanie. System powoduje pojawianie się „górkę” zamówień rozłożonych na rok/2 lata po ogłoszeniu wyników naboru na projekty unijne, co prowadzi do wzrostu cen. Strona rządowa powinna nadać wyraźną narrację dla JST, jakie będzie dostępne finansowanie z wyprzedzeniem na kilka lat.

DOFINANSOWANIE EKSPLOATACJI ZE ŚRODKÓW UNIJNYCH

W wytycznych dotyczących kwalifikowalności wydatków na lata 2021-2027, opublikowanych przez Ministra Funduszy i Polityki Regionalnej na podstawie art. 5 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 28 kwietnia 2022 r. o zasadach realizacji zadań finansowanych ze środków europejskich w perspektywie finansowej 2021-2027, znajduje się rozdział o wydatkach niekwalifikowanych. Mówi on, że:

Wydatkami niekwalifikowanymi są wydatki wskazane w art. 64 rozporządzenia ogólnego, art. 7 ust. 1 i 5 rozporządzenia EFRR i FS, art. 16 ust. 1 rozporządzenia EFS+, art. 9 rozporządzenia FST oraz:

p) koszty operacyjne projektu EFRR/FS/FST, czyli wydatki ponoszone w fazie eksploatacji inwestycji (m.in. wydatki poniesione na wynagrodzenia pracowników zatrudnionych w eksploatacyjnej fazie inwestycji, wydatki na produkty podlegające szybkiemu zużyciu, wydatki na części zamienne, energię oraz środki chemiczne do wykorzystania podczas fazy eksploatacyjnej inwestycji) chyba, że zostały zatwierdzone we wniosku o dofinansowanie projektu w związku z przedmiotem i specyfiką projektu oraz poniesione w okresie kwalifikowalności wydatków określonym w umowie o dofinansowanie projektu¹⁰¹.

W Rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/1060 z dnia 24 czerwca 2021 r., ustanawiającym wspólne przepisy dotyczące Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, Europejskiego Funduszu Społecznego Plus, Funduszu Spójności, Funduszu na rzecz Sprawiedliwej Transformacji i [...], w art. 73 opisano Wybór operacji przez instytucję zarządzającą. W ustępie 2., jest mowa o tym, że podczas wyboru operacji instytucja zarządzająca:

¹⁰¹ Minister Funduszy i Polityki Regionalnej, Wytyczne dotyczące kwalifikowalności wydatków na lata 2021-2027

d) upewnia się, czy beneficjent ma niezbędne zasoby i mechanizmy finansowe, aby pokryć koszty eksploatacji i utrzymania w odniesieniu do operacji obejmujących inwestycje w infrastrukturę lub inwestycje produkcyjne, tak by zapewnić stabilność ich finansowania.

Przeanalizowano także:

- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/1056 z dnia 24 czerwca 2021 r. ustanawiające Fundusz na rzecz Sprawiedliwej Transformacji;
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/1057 z dnia 24 czerwca 2021 r. ustanawiające Europejski Fundusz Społeczny Plus (EFS+) oraz uchylające rozporządzenie (UE) nr 1296/2013;
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/1058 z dnia 24 czerwca 2021 r. w sprawie Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego i Funduszu Spójności;
- Ustawę z dnia 28 kwietnia 2022 r. o zasadach realizacji zadań finansowanych ze środków europejskich w perspektywie finansowej 2021-2027 (Dz. U. 2022 poz. 1079).
- Ustawa z dnia 30 kwietnia 2004 r. o postępowaniu w sprawach dotyczących pomocy publicznej (tekst jednolity Dz. U. 2023 poz. 702).

Mając na uwadze powyższe, nie ma przeszkód by oprócz dofinansowania pojazdów zeroemisyjnych, móc w okresie trwałości projektu, dofinansowywać wzrost pracy eksploatacyjnej w miastach. Warunek taki powinien pojawiać się w projektach wraz z uzyskiwaniem efektywności ekonomicznej pojedynczych zamawianych pojazdów, poprzez osiągnięcie rocznego przebiegu autobusu zeroemisyjnego na poziomie co najmniej 70 tys. km.

-
- **Możliwe do wprowadzenia rozwiązania legislacyjne na poziomie krajowym to nowelizacja istniejących przepisów - ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych, ustawy o publicznym transporcie zbiorowym, ulgach ustawowych oraz o funduszu rozwoju przewozów autobusowych o charakterze użyteczności publicznej. Reformy trzech ostatnich mogą potencjalnie zapewnić wsparcie finansowe dla organizatorów przewozów na każdym poziomie podziału administracyjnego oraz doprowadzić do lepszej integracji przewozów dziś często rozbitych na komunikację miejską i międzygminną/powiatowo-gminną.**
 - **Finansowanie nie może być efemeryczne ani nadmierne, są różne zasady, konkursy, itd. Konieczne jest nadanie wyraźnej narracji przez Ministerstwo Infrastruktury dla JST, jakie będzie dostępne finansowanie z wyprzedzeniem na kilka lat, poprzez przygotowanie planu naborów na konkursy – w ramach funduszy unijnych lub krajowych.**
 - **Nie ma dziś przeszkód dla dofinansowania wzrostu pracy eksploatacyjnej w miastach z funduszy unijnych, o ile tabor zeroemisyjny wykonywałby dużą roczną liczbę wozokilometrów (ponad 70 tys.).**
-

6.4. Działania JST a przyspieszenie wdrożenia

Odpowiedź na pytanie:

Pyt. 18. Jakie kroki powinny zostać podjęte przez samorządy lokalne, aby przyspieszyć wdrożenie zeroemisyjnego transportu publicznego?

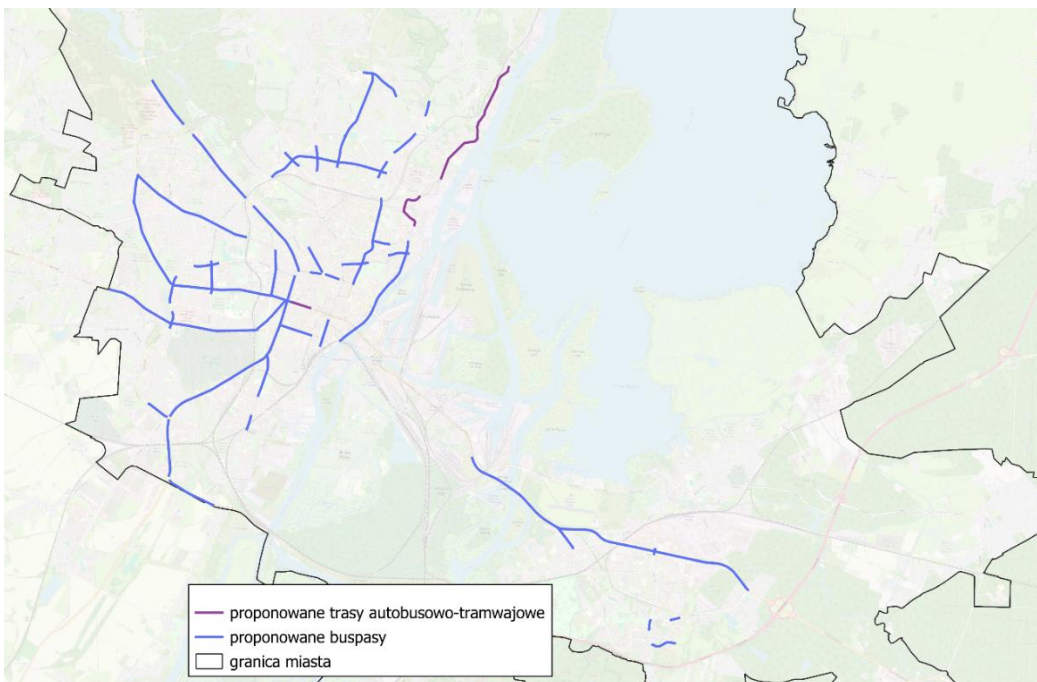
Szczecin

W Szczecinie, wdrożenie transportu zeroemisyjnego można przyspieszyć dzięki zastosowaniu priorytetów dla autobusów lub tramwajów. Skrócenie czasu jazdy na dłuższych liniach może umożliwić zmniejszenie liczby brygad, które muszą obsługiwać daną linię przy zachowanej częstotliwości. Dzięki czemu może okazać się, że liczba autobusów do zelektryfikowania jest mniejsza niż obecny stan taboru. Zagrożeniem dla rozwoju zeroemisyjnego transportu autobusowego jest kongestia drogowa, która zmniejsza realny zasięg pojazdu. Wydłużony czas jazdy może spowodować konieczność zjazdu pojazdu do zajezdni lub dłuższego ładowania na pętli, które nie zostało uwzględnione w rozkładzie jazdy, co spowoduje kolejne opóźnienie.

Dlatego też konieczne jest rozszerzenie sieci pasów autobusowych na kolejne ulice. Rysunek 35 wskazuje możliwości wytyczenia nowych buspasów tam, gdzie obecnie funkcjonują dwa pasy dla ruchu ogólnego w jednym kierunku. Takich korytarzy na ulicach, którymi poruszają się autobusy lub planuje się ich wykorzystanie (ul. Sosabowskiego) zidentyfikowano 52 km. Dodatkowo wyznaczono nieco ponad 4 km torowisk tramwajowych, na których po przebudowie potencjalnie można dopuścić ruch autobusów. Zmiany te warto wprowadzać na długich odcinkach, ale również w rejonie samych skrzyżowań w celu przyspieszenia przejazdu autobusów na newralgicznych odcinkach sieci.

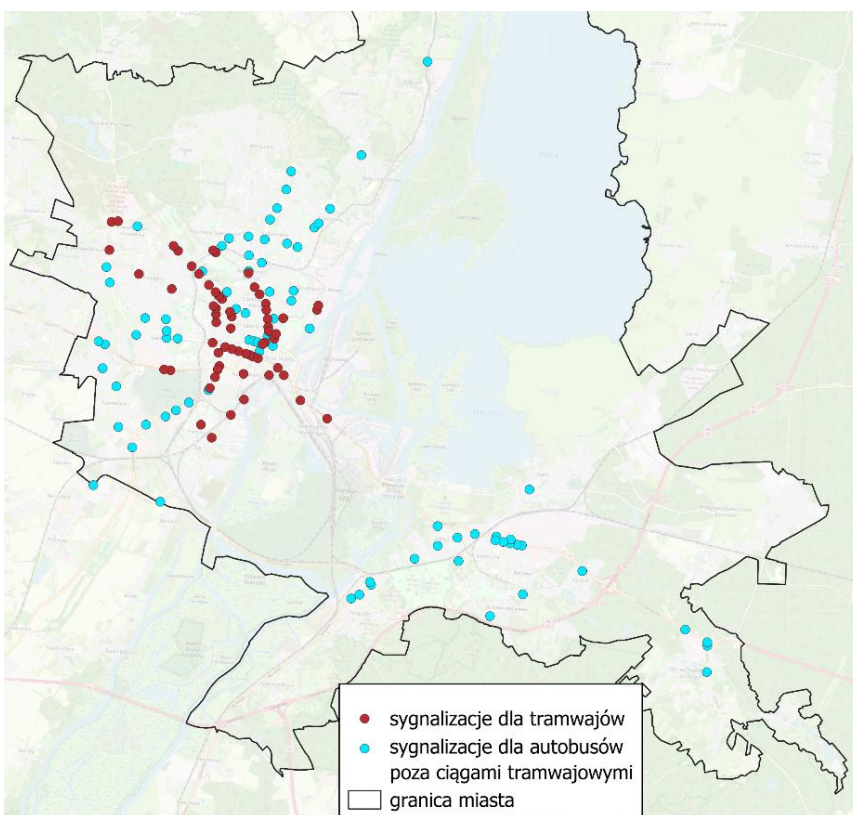
Dodatkową kwestią, która może wspomóc sprawny ruch komunikacji miejskiej, jest wprowadzenie priorytetów w sygnalizacji świetlnej dla takich pojazdów. Zidentyfikowano 62 sygnalizacje tramwajowe (jedno skrzyżowanie osygnalizowane traktowano jako jedną sygnalizację) oraz 83 sygnalizacje świetlne na skrzyżowaniach, przez które kursują autobusy publicznego transportu zbiorowego, a po których nie kursują tramwaje (por. Rysunek 36). Docelowo warto wprowadzić priorytet w sygnalizacji świetlnej zarówno dla tramwajów, a także dla autobusów. Wprowadzenie priorytetu dla autobusów na ulicach bez funkcjonujących buspasów może być utrudnione, dlatego przy wyznaczaniu buspasów powinno się jednocześnie zadbać o odpowiednie sterowanie sygnalizacją świetlną.

Rysunek 35. Możliwości wytyczenia buspasów w ramach istniejącej szerokości jezdni



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych OpenStreetMap

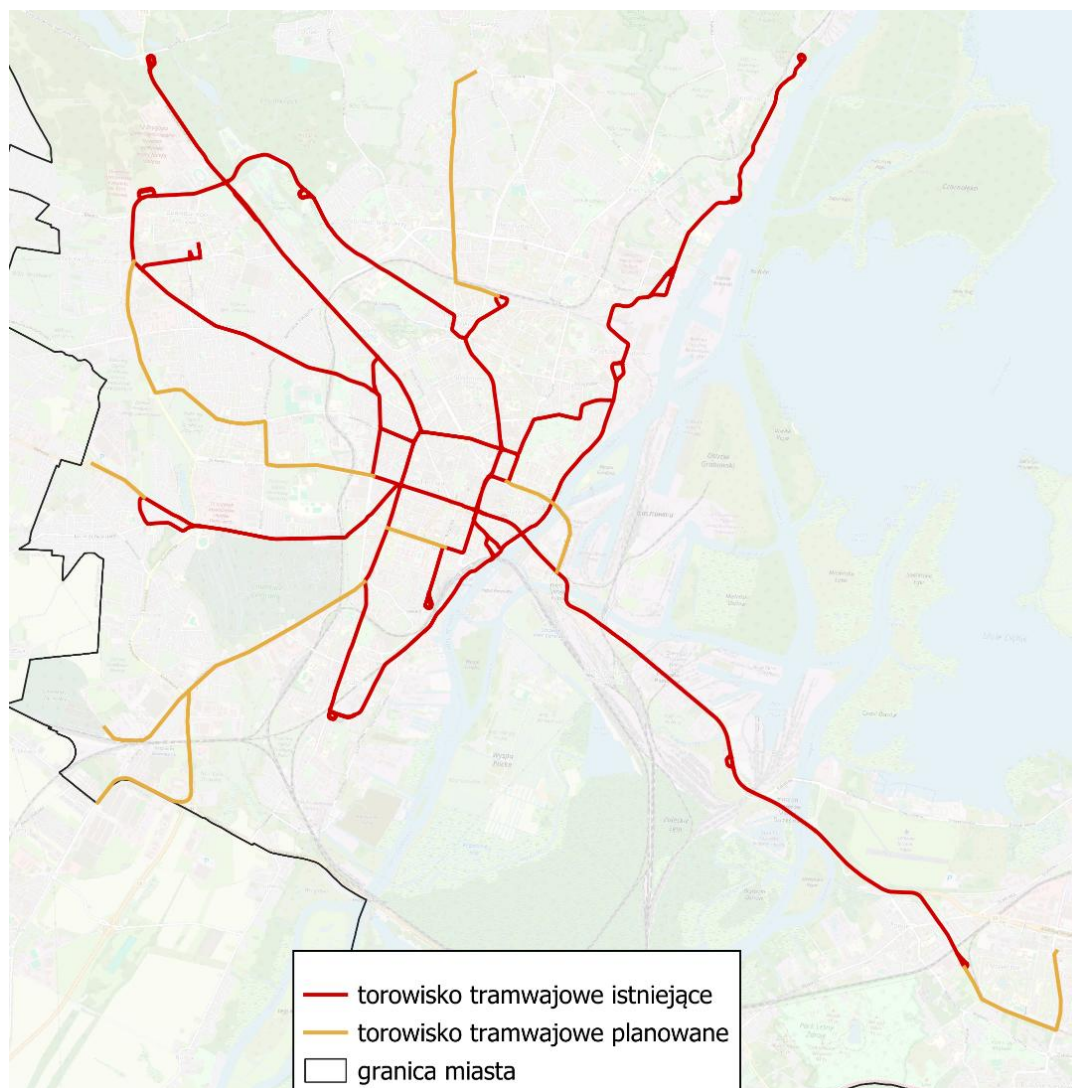
Rysunek 36. Sygnalizacje świetlne dla tramwajów i autobusów w Szczecinie



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych OpenStreetMap

Zmniejszenie emisji zanieczyszczeń i rozwój zeroemisyjnego transportu zbiorowego może być również realizowany poprzez rozbudowę sieci tramwajowej w Szczecinie wraz z jednoczesnym ograniczeniem ruchu autobusowego na ciągach komunikacyjnych, po których poruszać się będą tramwaje. Zmniejszenie zapotrzebowania na tabor autobusowy spowoduje przyspieszenie wymiany taboru do poziomu pełnej zeroemisyjności. Rysunek 37 wskazuje planowaną rozbudowę torowisk tramwajowych, która aktualnie jest najbardziej prawdopodobna. W sumie plany obejmują budowę ok. 20 km torowisk tramwajowych¹⁰².

Rysunek 37. Planowany rozwój sieci tramwajowej w Szczecinie



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych OpenStreetMap

¹⁰² Na podstawie: <https://szczecin.wyborcza.pl/szczecin/7,34939,30763772,co-z-budowa-nowych-tras-tramwajowych-w-szczecinie-i-nowymi-tramwajami.html> [dostęp: 3.12.2024], <https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/szczecin-chcialby-wydlyzyc-szybki-tramwaj-dokad-83529.html> [dostęp: 3.12.2024] i innych źródeł

Wprowadzenie zeroemisyjnych autobusów w modelu OPP wiąże się z koniecznością budowy ładowarek na terenie miasta dla brygad linii, które wymagają doładowania podczas wykonywania służby. Zwykle wprowadzenie autobusów elektrycznych i konieczność ładowania na pętlach wiąże się z modyfikacją rozkładu jazdy, łączeniem zadań przewozowych między liniami tak, aby jak najefektywniej wykorzystać infrastrukturę ładującą. Wykonano wstępną analizę wyznaczenia pętli autobusowych, na których mogłyby stanąć ładowarki. Założono, że każda ładowarka będzie w stanie obsłużyć dwie linie autobusowe. Nie zakładano zmian w układzie komunikacyjnym oraz zmian w rozkładach jazdy. Tabela 25 wskazuje pętle autobusowe oraz linie komunikacyjne, które mogłyby być obsługiwane na terenie organizowanym przez ZDiTM w Szczecinie. Analiza objęła linie komunikacyjne w granicach Szczecina oraz linie obsługujące Police.

W obecnych uwarunkowaniach zidentyfikowano znaczne problemy w elektryfikacji linii 76. Na jej pętlach nie kończą trasy inne linie, dodatkowo tylko jedna brygada potrzebuje ładowania w trakcie służby (druga może się ładować w trakcie długiej przerwy na terenie zajezdni). Instalacja ładowarki tylko dla jednej brygady może być nieoptymalna ekonomicznie. Podobne problemy zidentyfikowano w przypadku nocnej linii 523. W przypadku linii 102 konieczne by było wydłużenie postojów na pętli Police Tarnowska Szkoła (i tam ulokowanie ładowarki) lub wybudowanie ładowarki na pętli Goćław (gdzie istnieje podwyższone ryzyko wandalizmu). Podobne problemy określono dla linii 88. Należy przeprowadzić dokładne analizy, czy pojedyncze postoje w ciągu dnia na pętli w Gumieńcach będą wystarczające do naładowania baterii. W innym przypadku prawdopodobnie należy zmienić rozkład jazdy. Z kolei linia 58 powinna mieć łączone wszystkie zadania z linią 59, której zaplanowano ładowarkę na Placu Rodła. Linie 525 i 535 powinny się ładować na terenie zajezdni Klonowica, a 524 na terenie zajezdni w Policach (po zmianie rozkładu jazdy). W sumie oszacowano konieczność budowy 27 nowych ładowarek pantografowych w przypadku braku wprowadzenia autobusów z dużymi bateriami, braku zmian w obsłudze linii oraz braku autobusów wodorowych.

Tabela 25. Propozycja lokalizacji ładowarek autobusów elektrycznych w Szczecinie

NAZWA PĘTLI	LINIE	ŁADOWARKI
Głębokie	103, 106	1
Gumieńce	88, 528, 536	1
SKM Dworzec Gł. Owocowa	70, 87e, 90	2 (1 istnieje)
SKM Dworzec Gł. Kolumba	75, 521, 526, 527	1 (istnieje)
Kołątaja	51e, 57, 63, 69, 78e, 82, 92, 99	4 (1 istnieje)
Basen Górniczy	72, 73, 93, 96	2
Plac Rodła	59, 101, 107, 529, 530	2

NAZWA PĘTLI	LINIE	ŁADOWARKI
Stocznia Szczecińska	53, 60, 67	2
Zakłady Piekarnicze	80, 86	1
Dąbie Osiedle	56, 64, 97	2
Kopańskiego	98	1
Osiedle Bukowe	66, 77, B, 531, 532, 534	2
Osiedle Słoneczne	A, 79	1
Osiedle Kasztanowe	C, 522	1
Ustowo Auchan	62	1
Turkusowa	54, 65, 84, 91, 94	3
SKM Podjuchy	61, 85	1
Tkacka	52	1
Świergotki	68, 89	1
SUMA: 19 pętli	Linie 76, 102 bez obsługi	30 (3 istnieją)

Źródło: opracowanie własne

Świnoujście

W Świnoujściu i Stargardzie proponuje się ładowanie autobusów z małą baterią poprzez złącze plug-in na pętlach. Założono, że ładowanie takie można stosować, gdy czas przerwy wynosi min. 30 min. Założono również, że wszystkie brygady o przebiegu max. 100 km nie będą potrzebowały ładowania w trakcie pracy.

W Świnoujściu obecnie w dni powszednie szkolne funkcjonują 24 brygady o przebiegach powyżej 100 km dziennie – 18 w przedziale 100-150 km, 5 w przedziale 150-200 km i jedna mająca 218 km (brygada ta obsługuje linię 10 jadącą do Międzyzdrojów). Spośród nich 6 brygad nie ma w trakcie dnia przerw dłuższych niż 30 minut, natomiast dodatkowe dwie brygady mają je jedynie po wykonaniu pierwszego kursu lub przed wykonaniem ostatniego kursu, co powoduje wątpliwość, czy jedno ładowanie będzie wystarczające. Analiza pozostałych brygad wskazała na konieczność umiejscowienia 3 ładowarek plug-in – jednej na pętli Kapitanat Portu, a dwóch na pętli Dworzec PKP. Zakładając eksploatację autobusów z większymi bateriami, pozwalającymi na jazdę ponad 150

km w ciągu dnia nie istnieje konieczność ładowania brygad autobusowych na pętli Kapitanat Portu a na pętli Dworzec PKP wystarczy jedno stanowisko ładujące.

Stargard

W Stargardzie układ komunikacyjny znacznie się różni od układu w Świnoujściu. Nie ma dwóch pętli, przez które przejeżdżają wszystkie linie komunikacyjne. Centralnym punktem jest Zintegrowane Centrum Przesiadkowe, jednak jedynie linia nr 8 ma tam zaplanowaną pętlę. W związku z tym zaproponowano ładowanie w następujący sposób (ze względu na brak danych nie uwzględniono brygad międzyliniowych):

- linie 2 i 9 ładowane na pętli 15 Południk,
- linie 5, 15, 21 i 25 ładowane na pętli Chopina,
- linia 8 ładowana na pętli Tańskiego lub w Zintegrowanym Centrum Przesiadkowym,
- linie 10 i 12 ładowane na pętli Lipnik
- linia 13 ładowana na pętli al. Żołnierza, linia 14 na pętli Spokojna a linia 24 na pętli Kossaka.

Szacuje się, że do ładowania linii będzie potrzebnych 8 stanowisk ładujących. Liczba ta może ulec zmniejszeniu po przeprowadzeniu dokładnych analiz na podstawie danych obsługi brygad autobusowych.

Cały obszar SOM

Ostateczny plan budowy ładowarek do autobusów elektrycznych powinien być poprzedzony planem zmian obsługowych linii komunikacyjnych i dostosowaniem długości przerw na poszczególnych krańcach. W takiej analizie należy również uwzględnić odpowiednią higienę ładowania, aby jak najbardziej wydłużyć żywotność baterii oraz ładowarek. Powinno unikać się częstych i bardzo krótkich ładowań oraz ładowania przed zjazdem do zajezdni. Analiza ta powinna obejmować wszystkie linie komunikacyjne.

Wprowadzenie harmonogramu wymiany taboru, zgodnego z planowaną pracą eksploatacyjną i jednoczesnym wycofywaniem najstarszych i zarazem najbardziej szkodliwych dla środowiska jednostek powinno pomóc w osiągnięciu celu zwiększenia wykorzystania zeroemisyjnego transportu publicznego w kolejnych latach. Harmonogram wymiany taboru musi być spójny z harmonogramem zamierzeń inwestycyjnych w zakresie infrastruktury ładującej/tankującej.

W związku z pożądanymi wysokimi przebiegami rocznymi autobusów elektrycznych, organizatorzy transportu powinni zmienić obecnie stosowane rozkłady jazdy, a przede wszystkim rozkłady brygad tak, aby zwiększyć efektywność użytkowanych pojazdów. Należy wyeliminować w jak największym stopniu sytuacje, w których autobus oczekuje na odjazd z pętli przez kilkadziesiąt minut. Jest to czas, w którym autobus nie przynosi zysków, a generuje koszty – choćby osobowe w postaci kierowcy.

W ramach case study udało się również ustalić, że w niektórych sytuacjach budowa trasy tramwajowej pozwoliła na zastąpienie wielu kursów realizowanych autobusami spalinowymi przy jednoczesnym zwiększeniu prędkości podróży.

W przypadku Szczecina interesującym kierunkiem może być retrofit autobusów spalinowych. W dyskusji o szybkiej zmianie taboru na zeroemisyjny pojawiają się pomysły, aby zmienić napęd kursujących obecnie autobusów spalinowych na elektryczny. Szacuje się, że osprzęt elektryczny – most, silnik elektryczny, baterie i falowniki mogą kosztować 1-1,5 mln zł. Autobusy od 2001 roku są wykonywane w konstrukcji nierdzewnej, a starsze egzemplarze mogą być bardziej wytrzymałe od nowych autobusów z ostatnich lat, które mają słabszą konstrukcję z powodu dążenia do mniejszej masy własnej pojazdu. Oznacza to jednak, że instalacja napędu elektrycznego wraz z pakietem baterii w starszym cięższym autobusie znacząco zwiększy jego masę. Autobus po konwersji napędu ze spalinowego na elektryczny testowany był w Gdańsku w 2022 roku¹⁰³.

Możliwe jest też wykorzystywanie zużytych baterii jako magazynów energii. W sytuacji, gdy operator produkuje prąd we własnym zakresie, np. z fotowoltaiki, to nadwyżka energii mogłaby być gromadzona w magazynach, powstałych z baterii których sprawność spadła poniżej akceptowalnego w ruchu pojazdu poziomu. Podobnie, jeśli operator przeszedłby na dynamiczną stawkę za prąd, mógłby w okresie niskich cen ładować magazyny energii, a następnie pojazdy w zależności od potrzeby. Może to być interesująca alternatywa przy obecnej sytuacji, gdy ceny magazynów energii liczy się w milionach.

- **Miasta powinny postawić na lepsze zarządzanie wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych na wzór Jaworzna. Składa się na to m.in. rozwój kadry zarządzającej, regularne badanie i monitoring przewozów celem dostosowania do zapotrzebowania i aktywne kreowanie popytu na komunikację miejską na nowych obszarach zabudowy.**
- **Pożądanym jest duży przebieg autobusów elektrycznych, który można osiągnąć m.in. poprzez modyfikację rozkładów jazdy i zredukowanie zbędnych postojów na pętlach, co zwiększy efektywność użytkowanych pojazdów. Należy uważnie zaplanować rozmieszczenie ładowarek w modelu OPP transportu zeroemisyjnego – pantografowych na terenie Szczecina oraz plug-in w Stargardzie i Świnoujściu.**
- **Szczególną uwagę trzeba zwrócić na działania towarzyszące, które mogą znacznie zwiększać efektywność ekonomiczną zeroemisyjnego transportu zbiorowego. To uprzywilejowanie w ruchu autobusów, trolejbusów lub tramwajów poprzez sygnalizację świetlną (lokalnie lub budując systemy ITS), buspasy i wydzielony trasy. Walka o skrócenie czasu przejazdu jest ważna, ponieważ pozwala tym samym taborom obsłużyć większą liczbę kursów.**
- **Rozwój transportu zeroemisyjnego i zwiększenie jego efektywności powinno być powiązane z zastosowaniem nowych technologii, ułatwiających przejazd autobusom i tramwajom przez miasto. Wytyczanie buspasów, tworzenie priorytetów w sygnalizacji świetlnej dla tramwajów i autobusów na skrzyżowaniach zwiększa efektywność podjętych działań. Innym sposobem na osiągnięcie wyznaczonego celu jest rozwijanie inteligentnych**

¹⁰³ Autobus z silnikiem elektrycznym po wymianie ze spalinowego
<https://www.gdansk.pl/wiadomosci/Autobus-po-e-konwersji-na-testach-w-Gdansk-u,a,218289> [dostęp: 5.12.2024 r.]

systemów zarządzania ruchem (ITS). Powinny być one jednak przede wszystkim zorientowane na sprawne prowadzenie ruchu pojazdów transportu zbiorowego, a nie pojazdów indywidualnych

6.5. Rozwiązania innowacyjne

Odpowiedź na pytanie:

Pyt. 19. Jakie innowacyjne rozwiązania mogą przyspieszyć rozwój zeroemisyjnego transportu publicznego w SOM?

Istotne jest źródło pozyskania wodoru i emisyjność tego procesu:

- reforming gazu – uzależnienie od dostaw gazu, ale możliwość produkcji lokalnej, w kraju lub regionie, nie jest to wodór bezemisyjny,
- elektroliza (uzyskuje się „zielony wodór” w przypadku energii z OZE) – uzależnienie się od sieci elektrycznej, każda gmina może jednak produkować wodór we własnym zakresie budując elektrolizer. Należy obliczyć koszt budowy elektrolizera i stacji tankowania. Wątpliwość budzi sprawność energetyczna takiego rozwiązania. Jeżeli produkujemy prąd z wodoru to sprawność wynosi 25% - produkcja wodoru z prądu ma sprawność 50% i doprowadzenie napędu na koła w autobusie również 50%. Czyli potrzeba 4-krotnie więcej energii do napędzania pojazdu niż w przypadku autobusu elektrycznego (baterijnego).

Zachodniopomorska Dolina Wodorowa

Zachodniopomorska Dolina Wodorowa to inicjatywa mająca na celu rozwój gospodarki wodorowej w województwie zachodniopomorskim. Jej głównym celem jest integracja sektora energetycznego, naukowego i przemysłowego w regionie, aby wspólnie realizować projekty związane z produkcją, transportem, magazynowaniem oraz zastosowaniem wodoru w różnych gałęziach gospodarki. Inicjatywa ta wpisuje się w założenia Polskiej Strategii Wodorowej, która przewiduje powstanie co najmniej pięciu dolin wodorowych w kraju.

Oficjalne powołanie Zachodniopomorskiej Doliny Wodorowej nastąpiło 28 listopada 2022 roku w Szczecinie, podczas uroczystości na Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym. W wydarzeniu uczestniczyli przedstawiciele rządu, w tym minister klimatu i środowiska, a także reprezentanci lokalnych władz, uczelni wyższych oraz przedsiębiorstw energetycznych. Podpisano wówczas list intencyjny, w którym sygnatariusze zobowiązali się do współpracy na rzecz rozwoju technologii wodorowych w regionie¹⁰⁴.

Województwo zachodniopomorskie dysponuje znacznym potencjałem w zakresie odnawialnych źródeł energii, co stwarza dogodne warunki do produkcji zielonego wodoru. Region ten wytwarza

¹⁰⁴ Utworzenie Zachodniopomorskiej Doliny Wodorowej, <https://www.gov.pl/web/klimat/utworzenie-zachodniopomorskiej-doliny-wodorowej>, data dostępu: 10.12.2024 r.

około 20% krajowej energii z OZE, a planowane inwestycje w morskie farmy wiatrowe dodatkowo zwiększą możliwości wytwarzania energii odnawialnej. Dzięki temu nadwyżki energii mogą być efektywnie wykorzystywane do produkcji wodoru, który znajdzie zastosowanie w transporcie, energetyce oraz przemyśle, przyczyniając się do dekarbonizacji tych sektorów.

Wodór w Grupie Azoty

Grupa Azoty Zakłady Chemiczne „Police” S.A. odgrywa kluczową rolę w rozwoju gospodarki wodorowej w regionie zachodniopomorskim. W 2023 roku, wraz z Grupą Azoty Polyolefins, osiągnęła zdolność produkcyjną przekraczającą 120 tysięcy ton wodoru rocznie.

W ramach projektu „Polimery Police” uruchomiono nowoczesny kompleks chemiczny, który obejmuje instalacje do produkcji propylenu metodą odwodornienia propanu oraz wytwarzania polipropylenu. Proces odwodornienia propanu generuje znaczące ilości wodoru jako produkt uboczny, co dodatkowo zwiększa potencjał produkcyjny zakładów w Policach¹⁰⁵.

Inne rozwiązania

Rozwój technologii baterii do autobusów elektrycznych może również przyczynić się do rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego. Zwiększenie pojemności baterii, bez zwiększenia jej wagi, przyczyniłoby się do poprawy zasięgu autobusów elektrycznych, ograniczyłoby przerwy w kursowaniu potrzebne na doładowywanie pojazdów na pętach. Nie byłoby konieczności budowy infrastruktury do ładowania na trasie przejazdu (pętach końcowych) i uzależniania obsługi linii elektrobusami od dostępności ładowarek. Ważny byłby też spadek kosztu 1 kWh energii takiej baterii.

W przypadku montażu fotowoltaiki na terenie zajezdni należy rozważyć zmianę podejścia – czy powinno się magazynować lub oddawać energię do sieci. Nadmiar wyprodukowanej energii mógłby też zostać wykorzystany do produkcji wodoru. Należałoby zainstalować elektrolizer do jego produkcji. W ciągu dnia wodór byłby produkowany, a wieczorem autobusy wodorowe zostałyby nim zatankowane.

Toyota dostarcza ogniwa paliwowe dla autobusów Mercedesa, opracowała silnik spalinowy na wodór – wtedy problem zamrażania wody w ogniwie paliwowym nie istnieje. Posiada on bowiem dużo większą sprawność niż technologia wytwarzania energii elektrycznej w ogniwie. Ogniwa są bardzo drogie i sprawność przetworzenia na energię elektryczną jest niższa niż w przypadku silnika spalinowego na wodór.

Transport na zamówienie

W Hamburgu działa firma Moia, która oferuje usługi elektrycznego transportu na żądanie. Usługa działa na podstawie algorytmu, który tak dobiera pasażerów (maksymalnie 5 osób w jednym

¹⁰⁵ Grupa Azoty uruchamia produkcję polipropylenu w Polimerach Police, <https://grupaazoty.com/aktualnosci/grupa-azoty-uruchamia-produkcje-polipropylenu-w-polimerach-police>, data dostępu: 10.12.2024 r.

pojeździe), aby przewieźć jak najwięcej osób w kierunku, który pasuje jak największej liczbie osób. W niedalekiej przyszłości firma planuje wprowadzenie pojazdów autonomicznych. Rozwiązanie może stanowić pomoc w niwelowaniu wykluczenia komunikacyjnego na obszarach o niskiej gęstości zaludnienia i stanowić element dowozowy do systemu regularnego transportu publicznego (por. Rysunek 38).

Rysunek 38. Elektryczny bus usługi MOIA, która funkcjonuje niejako jak „autobusowy Uber”.



Autor: Mirosław Czerliński.

FORUM METROPOLITALNE I WYWIADY IDI

Czas tankowania autobusów wodorowych w optymalnych warunkach wynosi od 10 do 20 minut, choć w niektórych przypadkach może się wydłużyć nawet do sześciu godzin. Kluczowym aspektem jest poziom czystości wodoru, który musi wynosić 99,97% dla prawidłowego funkcjonowania pojazdów. W trakcie eksploatacji śladowe ubytki wodoru są możliwe, ale można je minimalizować poprzez odpowiednie użytkowanie oraz dbałość o higienę systemu i butli.

Autobusy wodorowe wymagają zaawansowanych systemów bezpieczeństwa, takich jak zawory, które w razie awarii mogą kontrolowanie ulotnić wodór. Te elementy należy poddawać badaniom co sześć miesięcy. Eksploatacja wymaga także inwestycji w odpowiednie zaplecze techniczne oraz halę garażową, aby pojazdy nie były narażone na warunki atmosferyczne. Koszty regeneracji membrany decydującej o sprawnym działaniu ogniwa paliwowego wynoszą od 20 do 25 tysięcy euro, a jej żywotność to około 35 tysięcy motogodzin.

Eksploatacja wodoru wiąże się z dodatkowymi kosztami związanymi z odbiorem, transportem, oczyszczaniem i sprężaniem wodoru niskiej jakości. Zbiorniki na wodór muszą być regularnie

kontrolowane przez Transportowy Dozór Techniczny (TDT). Doświadczenia z różnych miast pokazują różne wyzwania – w Poznaniu problemy z tankowaniem i eksploatacją zostały w dużej mierze rozwiązane, podczas gdy w Wałbrzychu dostarczone we wrześniu autobusy wodorowe wciąż czekają na uruchomienie. Dlatego przed decyzją o zakupie należy dokładnie zbadać uwarunkowania techniczne i eksploatacyjne.

- **Wdrożenie autobusów wodorowych w Polsce jest obecnie w początkowej fazie. Operatorzy komunikacji miejskiej wskazują jednak, że dziś zarówno paliwo, jak i pojazdy są zbyt drogie. Potwierdził to też model pojazdów zeroemisyjnych wykonany w ramach niniejszego projektu. Nadzieję na spadek cen może przynieść wspólny projekt z Azotami Police, które deklarują możliwość pozyskiwania wodoru w cenie tańszej niż ma to miejsce dziś w Polsce.**
- **Dalszy rozwój technologii szybkiego ładowania może przyczynić się do ograniczenia czasu potrzebnego na ładowanie pojazdu na pętli pomiędzy kursami. Zwiększenie pojemności baterii przy tej samej wadze (zwiększenie gęstości energii) zwiększy zasięg pojazdów oraz zmniejszy zapotrzebowanie na budowę infrastruktury do ładowania na pętlach.**
- **Interesujące są projekty elektrycznego (a w przyszłości też autonomicznego) transportu publicznego na żądanie. Małe busy funkcjonują już w miastach niemieckich pod postacią usługi MOIA, która poprzez współdzielenie podróży pozwala kilku osobom odbyć podróż między punktami A i B, w odpowiedzi na zgłoszone zapotrzebowanie w określonym czasie. Rozwiązanie może stanowić pomoc w niwelowaniu wykluczenia komunikacyjnego na obszarach o niskiej gęstości zaludnienia i stanowić element dowozowy do systemu regularnego transportu publicznego.**

6.6. Jak osiągnąć wzrost liczby pasażerów transportu publicznego w SOM?

Odpowiedź na pytanie:

Pyt. 20. W jaki sposób rozwijać zeroemisyjny transport publiczny, tak by doprowadzić nie tylko do realizacji celów klimatycznych UE, ale też oczekiwanego wzrostu liczby pasażerów transportu publicznego w SOM, zakładanego w SRT 2030?

FAZA IDENTYFIKACJI

Podstawowym czynnikiem, który przyczynia się do wzrostu liczby pasażerów transportu publicznego jest zwiększenie pracy eksploatacyjnej, prowadzące m.in. do zwiększenia częstotliwości kursowania. Dlatego też należy tak rozwijać zeroemisyjny transport zbiorowy, aby w jak największym stopniu wykorzystywać posiadane autobusy, zmniejszając dzięki temu udział kosztów stałych. Dzięki temu może się okazać, że np. 30 posiadanych autobusów elektrycznych może zrealizować kursy na 6

liniach zamiast na 4, dzięki odpowiedniemu rozplanowaniu brygad oraz infrastruktury ładującej. Zaoszczędzone pieniądze należy wykorzystać na rozszerzenie i/lub wzmocnienie siatki połączeń.

Drugi czynnik jest niezależny od rodzaju napędu autobusu – wzmocnienie priorytetu przejazdu autobusów przez obszar miasta. Autobusy elektryczne są w zakupie droższe od spalinowych. Tym bardziej powinny być one właściwie wykorzystywane, a nie tkwić w zatorach drogowych. Uprzywilejowanie autobusów w ruchu poprzez wytyczanie buspasów, tworzenie śluz dla autobusów na skrzyżowaniach oraz tworzenie priorytetów w sygnalizacji świetlnej spowoduje przyspieszenie przejazdu. Może to spowodować zmniejszenie zapotrzebowania pojazdów na danej linii, dzięki czemu będzie można zwiększyć częstotliwość lub rozwinąć siatkę połączeń.

Jeżeli to możliwe i ma to sens, to wskazana jest też budowa tras tramwajowych w miejscach, gdzie zastępują one dużo kursów realizowanych autobusami z silnikami spalinowymi. Jako że tramwaj porusza się po wydzielonej infrastrukturze z wdrożonymi priorytetami w sygnalizacji świetlnej oraz zabiera więcej pasażerów na pokład niż autobus, jest często w stanie przewieźć więcej pasażerów w krótszym czasie.

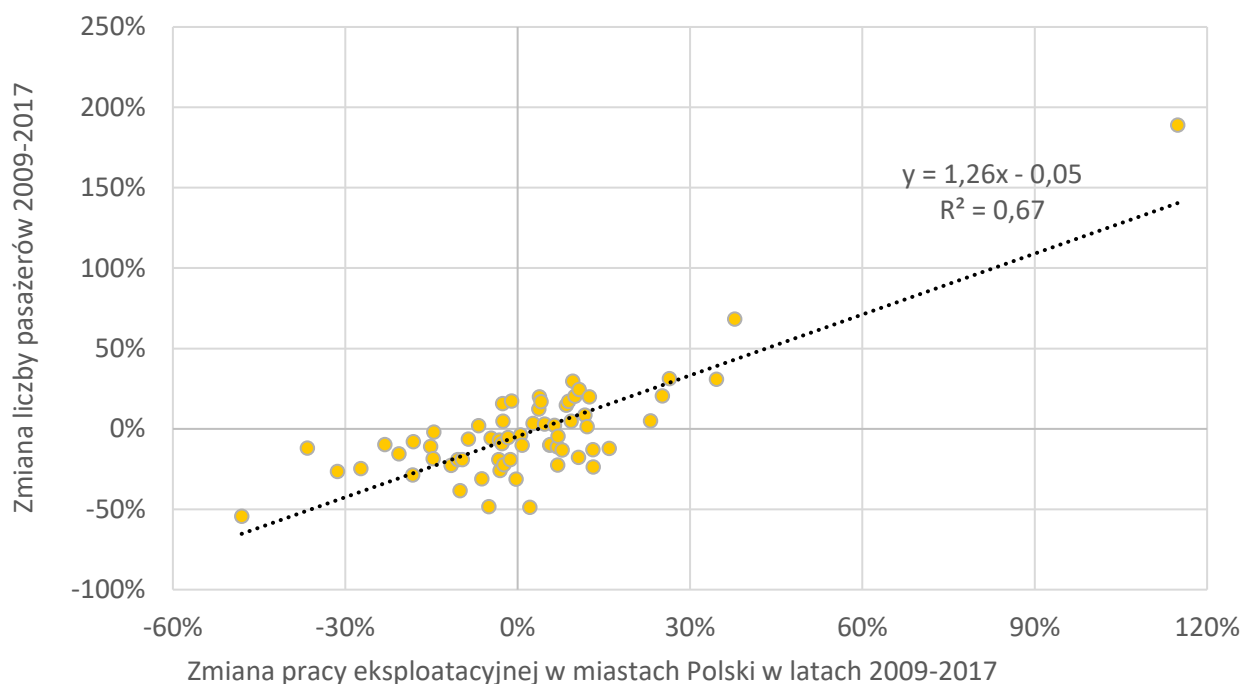
PROGNOZA ROZWOJU TRANSPORTU ZEROEMISYJNEGO

W ramy prognozy zawarto funkcję uzależniającą zmianę liczby pasażerów transportu publicznego (y) od zmiany pracy eksploatacyjnej (x). W ramach pracy habilitacyjnej dr. Michała Wolańskiego¹⁰⁶ udało się w wyniku analizy regresji ustalić zależność liniową ($y=1,26x-0,05$) o wysokim stopniu dopasowania ($R^2=0,67$). Zależność tą przedstawia Rysunek 39. Zależność wyznaczono na bazie danych z 55 polskich miast dla lat 2009-2017. Jest to obecnie najbardziej wiarygodny zbiór danych do prognozowania zachowań pasażerów w odpowiedzi na działania inwestycyjne. Ze względu na pandemię COVID-19, która rozpoczęła się w 2020 roku i zaburzyła wartości przewozów pasażerów, nie dysponujemy jeszcze dziś danymi, które pozwoliłyby nam wiarygodnie prognozować zmiany liczby pasażerów na bazie danych z lat 20. XXI wieku, które objęłyby dłuższy okres czasu po pandemii.

Efektywne zarządzanie ofertą przewozową, poprzez narzędzia, które określono już w ramach rozdziału 6.4, to podstawowe narzędzie prowadzące do wzrostu liczby pasażerów transportu publicznego. Samo wdrożenie transportu zeroemisyjnego (autobusów elektrycznych), może doprowadzić do spadku ich liczby, zgodnie z występującą wieloletnią tendencją w polskich miastach. W związku z tym, za wdrożeniem tańszego (jeśli lepiej zorganizowanego i efektywniejszego) transportu zeroemisyjnego powinien iść wzrost pracy eksploatacyjnej. W ramach prognozy wyznaczono, że osiągnięcie poszczególnych celów zmiany liczby pasażerów wymaga określonego wzrostu pracy eksploatacyjnej. Zestawia to Tabela 26.

¹⁰⁶ M. Wolański, Skuteczność interwencji publicznej w zakresie mobilności miejskiej, SGH, Warszawa 2022 r.

Rysunek 39. Zależność zmiany liczby pasażerów w miastach Polski od zmiany pracy eksploatacyjnej wyznaczona dla lat 2009-2017



Źródło: M. Wolański, Skuteczność interwencji publicznej w zakresie mobilności miejskiej

Tabela 26. Wyznaczenie koniecznego poziomu wzrostu pracy eksploatacyjnej na podstawie planowanego wzrostu liczby pasażerów

SCENARIUSZE	ZMIANA LICZBY PASAŻERÓW	ZMIANA PRACY EKSPLOATACYJNEJ
1	-5%	0%
2-4	0%	0%
5 – SRT2030	+30%	+28%

Źródło: opracowanie własne na podstawie prognozy rozwoju transportu zeroemisyjnego

- Przeprowadzono prognozę rozwoju zeroemisyjnego transportu zbiorowego w SOM, na podstawie tendencji zmian w polskich miastach opartych o wcześniejsze badania. Podstawowym warunkiem uzyskania wzrostu liczby przewożonych pasażerów jest wzrost pracy eksploatacyjnej. W poszczególnych scenariuszach uzyskano następujące rezultaty:
 - Spadek liczby pasażerów o 5% - brak zmiany pracy eksploatacyjnej,
 - 4) Brak zmiany w liczbie pasażerów i pracy eksploatacyjnej,
 - 5) SRT2030 - wzrost liczby pasażerów o 30% - konieczny wzrost pracy eksploatacyjnej o 28%.
- Konieczne może być poszukiwanie alternatywnych źródeł dofinansowania zwiększania pracy eksploatacyjnej, zwłaszcza w krótkim okresie, ze względu na jej znaczny wpływ na efekty

podejmowanych działań inwestycyjnych w transporcie publicznym. Źródłem finansowania mogą być budżety samorządów SOM lub budżet państwa za sprawą wdrożenia nowych narzędzi wsparcia transportu publicznego w Polsce (np. środki z ETS2, NFOŚiGW itp. źródeł).

7. Wnioski i rekomendacje

7.1. Główne wnioski i rekomendacje

Wnioski i rekomendacje opracowano z wykorzystaniem technik i metod charakterystycznych dla ewaluacji opartej na teorii zmiany.

W jej ramach odpowiedziano na następujące pytania:

- Jaka jest natura problemu, który należy rozwiązać?
- Co musi się wydarzyć, aby nastąpiła zmiana? Kto i jakie działania musi podjąć?
- Skąd będziemy wiedzieć, że nastąpiła zmiana?
- Jak to zmierzyć? I kiedy?
- Gdzie chcemy dotrzeć? Co się zmieni w zakładanym czasie?

W przypadku każdej z rekomendacji przedstawiono również scenariusz alternatywny – sytuację, w której nie zostaną podjęte rekomendowane działania oraz jego potencjalne następstwa.

Rekomendacja 1. Dążyć do uzyskania co najmniej 80% floty zeroemisyjnej w modelu OPP w 2040 roku

	Jaka jest natura problemu, który należy rozwiązać?	Adresat i jakie działania powinien podjąć?	Skąd będziemy wiedzieć, że nastąpiła zmiana?	Jak to zmierzimy? I kiedy?	Gdzie chcemy dotrzeć? Co się zmieni w zakładanym czasie?
Teoria zmiany	<p>Od 2026 r. miasta powyżej 100 tys. mieszkańców będą musiały kupować lub zlecać przewozy wyłącznie autobusami zeroemisyjnymi. Komisja Europejska dąży do wymagania jak największego udziału pojazdów zeroemisyjnych we flotach.</p> <p>Spośród dziś stosowanych modeli pojazdów zeroemisyjnych, najbardziej efektywnym ekonomicznie okazał się autobus elektryczny OPP, który przy dużym przebiegu rocznym może wręcz konkurować z autobusem spalinowym.</p>	<p>Szczecin i Police – aktywne występowanie o środki unijne i krajowe w celu sfinansowania elektryfikacji taboru autobusowego w modelu OPP – małe baterie w pojazdach i ładowarki pantografowe na pętlach.</p> <p>Stargard, Świnoujście – poszukiwanie źródła dofinansowania zakupu taboru autobusowego w modelu OPP – małe baterie w pojazdach i ładowarki plug-in na pętlach.</p>	Osiągnięcie udziału autobusów zeroemisyjnych na poziomie co najmniej 80%, a pozostałe pojazdy będą spalinowe bądź wodorowe.	Weryfikacja udziału pojazdów zeroemisyjnych we flotach operatorów komunikacji miejskiej w 2040 roku.	Osiągnięcie udziału autobusów zeroemisyjnych na poziomie co najmniej 80%.
Scenariusz alternatywny - negatywny	<p>80% brygad obsługujących komunikację w SOM ma dzienny przebieg do 300 km, osiągalny w eksploatacji autobusów elektrycznych OPP.</p> <p>Występujący system dofinansowań wspierający tylko zakup pojazdów zeroemisyjnych.</p>	Szczecin, Police, Stargard i Świnoujście – zakupy taboru używanego z powodu braku środków własnych na zakup nowych autobusów spalinowych, a tym bardziej na pojazdy zeroemisyjne.	Brak osiągnięcia udziału autobusów zeroemisyjnych na poziomie co najmniej 80%.	Brak weryfikacji udziału pojazdów zeroemisyjnych we flotach operatorów komunikacji miejskiej w 2040 roku.	Brak osiągnięcia udziału autobusów zeroemisyjnych na poziomie co najmniej 80%.

Rekomendacja 2. Tabor elektryczny musi dużo kursować – zarządzanie i walka o efektywność ekonomiczną przedsięwzięć

	Jaka jest natura problemu, który należy rozwiązać?	Adresat i jakie działania powinien podjąć?	Skąd będziemy wiedzieć, że nastąpiła zmiana?	Jak to zmierzimy? I kiedy?	Gdzie chcemy dotrzeć? Co się zmieni w zakładanym czasie?
Teoria zmiany	<p>Autobus elektryczny, droższy w zakupie, jest tańszy w eksploatacji od autobusu z napędem spalinowym.</p> <p>Autobusy elektryczne przynoszą korzyść ekonomiczną względem autobusów spalinowych, gdy rocznie przejeżdżają ponad 75 tys. kilometrów (ponad 200 km dziennie).</p> <p>Wraz ze wzrostem rocznego przebiegu – rosną korzyści ekonomiczne z eksploatacji autobusów elektrycznych, natomiast maleją korzyści z autobusów wodorowych (zbyt wysoka cena wodoru).</p>	<p>Samorządy – lepsze zarządzanie wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych, maksymalizacja dziennych przebiegów. Rozwój kadry zarządzającej, regularne badanie i monitoring przewozów. Autobusy elektryczne jako podstawowy środek realizacji przewozów, a wodorowe jako uzupełniający, zapewniający rezerwę oraz obsługę długich kursów, których nie zrealizuje autobus elektryczny. Wdrożenie priorytetów w ruchu, zwiększających prędkość komunikacyjną i redukujących zapotrzebowanie na tabor.</p>	<p>Wzrost średniej rocznej pracy eksploatacyjnej autobusu komunikacji miejskiej.</p>	<p>Wskaźnik statystyczny wyznaczony rok do roku na podstawie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - rocznej pracy eksploatacyjnej w sieci autobusowej, - liczby pojazdów. 	<p>Średnia roczna praca eksploatacyjna autobusu komunikacji miejskiej w SOM przekraczająca 75 tys. km.</p>
Scenariusz alternatywny - negatywny	<p>Ze względu na niską energię baterii, w wielu miastach autobusy elektryczne wykonują zadania szczytowe i przejeżdżają dziennie mniej niż 150 km, co wyklucza ich efektywne ekonomiczne wykorzystanie.</p>	<p>Samorządy – pogarszająca się efektywność ekonomiczna komunikacji miejskiej na skutek wzrostu udziału autobusów elektrycznych we flocie, większa liczba pojazdów potrzebna do obsługi tego samego zadania przewozowego. Brak zarządzania wykorzystaniem autobusów elektrycznych, a w szczególności brak optymalizacji ładowania.</p>	<p>Spadek lub brak zmiany średniej rocznej pracy eksploatacyjnej autobusu komunikacji miejskiej.</p>	<p>Wskaźnik statystyczny wyznaczony rok do roku na podstawie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - rocznej pracy eksploatacyjnej w sieci autobusowej, - liczby pojazdów. 	<p>Średnia roczna praca eksploatacyjna autobusu komunikacji miejskiej w SOM mniejsza niż 75 tys. km.</p>

Rekomendacja 3. Transport publiczny w SOM potrzebuje zwiększenia finansowania bieżącego i inwestycyjnego

	Jaka jest natura problemu, który należy rozwiązać?	Adresat i jakie działania powinien podjąć?	Skąd będziemy wiedzieć, że nastąpiła zmiana?	Jak to zmierzmy? I kiedy?	Gdzie chcemy dotrzeć? Co się zmieni w zakładanym czasie?
Teoria zmiany	<p>Środki na eksploatację i inwestycje TP w SOM są niewystarczające.</p> <p>Utrzymanie obecnego tempa zakupu taboru (16 nowych autobusów i 2 tramwaje rocznie) prowadzić będzie do koniecznego zakupu taboru używanego, by utrzymać tabor w sprawności technicznej.</p> <p>Miasta borykają się z rosnącym kosztem wozokilometra na skutek inflacji i presji płacowej prowadzących.</p>	<p>Samorządy – zwiększenie wydatków bieżących i inwestycyjnych. Tempo wymiany floty zapewniające odnowę taboru powinno wynosić min. 27 autobusów i 5 tramwajów rocznie. Zwiększenie budżetu inwestycyjnego do co najmniej 132 mln zł rocznie oraz eksploatacyjnego do 403 mln zł. Poszukiwanie alternatywnych źródeł dofinansowania pracy eksploatacyjnej (np. negocjacja środków z ETS2, NFOŚiGW itp. źródeł).</p>	<p>Zmiana (wzrost) pracy eksploatacyjnej, wydatków bieżących, inwestycyjnych i rocznej liczby pasażerów.</p>	<p>Wskaźniki mierzone rok do roku:</p> <ul style="list-style-type: none"> - roczna praca eksploatacyjna w wozokilometrach, - wydatki bieżące i inwestycyjne na transport miejski, - roczna liczba pasażerów w transporcie publicznym. 	<p>Wzrost pracy eksploatacyjnej komunikacji miejskiej.</p> <p>Wzrost wydatków bieżących i inwestycyjnych na transport miejski.</p> <p>Osiągnięcie wzrostu liczby pasażerów o co najmniej 30% w 2040 r. względem 2024 r.</p>
Scenariusz alternatywny - negatywny	<p>Obecnie roczny budżet miast SOM na eksploatację TP wynosi 380 mln zł.</p>	<p>Samorządy – utrzymanie obecnego modelu finansowania transportu publicznego. Brak rozwoju transportu publicznego w SOM.</p>	<p>Zmiana (spadek) pracy eksploatacyjnej, wydatków bieżących, inwestycyjnych i rocznej liczby pasażerów.</p>	<p>Wyżej wymienione wskaźniki mierzone rok do roku.</p>	<p>Regres pracy eksploatacyjnej komunikacji miejskiej.</p> <p>Spadek wydatków bieżących na transport miejski w stosunku do inwestycji.</p> <p>Regres liczby pasażerów w stosunku do 2024 roku.</p>

Rekomendacja 4. Rozsądna rozbudowa sieci tramwajowej może wspomóc rozwój transportu zeroemisyjnego

	Jaka jest natura problemu, który należy rozwiązać?	Adresat i jakie działania powinien podjąć?	Skąd będziemy wiedzieć, że nastąpiła zmiana?	Jak to zmierzimy? I kiedy?	Gdzie chcemy dotrzeć? Co się zmieni w zakładanym czasie?
Teoria zmiany	<p>W czasie transformacji floty autobusowej na zeroemisyjną należy zwrócić uwagę, że nadal niedoinwestowana jest komunikacja tramwajowa w Szczecinie.</p> <p>Priorytet powinna mieć budowa nowych korytarzy szybkiego transportu tramwajowego, pozwalających na zastąpienie dużej liczby autobusów spalinowych, ale też modernizacja dziś funkcjonujących korytarzy zapewniających duże potoki pasażerów.</p>	<p>Szczecin – rozsądne aplikowanie o środki na rozbudowę sieci tramwajowej, np. dokończenie trasy SST na Prawobrzeżu, by zwiększyć efektywność jej obecnego fragmentu oraz na wymianę taboru – co najmniej 5 tramwajów rocznie.</p> <p>Rozbudowa wymaga wnioskowania w oparciu o model ruchu, który może wykazać korzyści sieciowe i większą atrakcyjność takiego rozwiązania dla pasażerów.</p>	<p>Zmiana (wzrost) pracy eksploatacyjnej tramwajowej i spadek pracy eksploatacyjnej autobusowej wykonywanej pojazdami emisyjnymi.</p>	<p>Wskaźniki mierzone rok do roku:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zwiększenie efektywności ekonomicznej komunikacji tramwajowej (koszt wzkm) - Zmniejszenie średniego wieku taboru tramwajowego - Wzrost liczby pasażerów w komunikacji tramwajowej. 	<p>Brak wzrostu kosztu wzkm w komunikacji tramwajowej.</p> <p>Zmniejszenie średniego wieku taboru tramwajowego.</p> <p>Wzrost liczby pasażerów komunikacji tramwajowej i sumarycznie w całej sieci ZDITM Szczecin.</p>
Scenariusz alternatywny - negatywny		<p>Szczecin – brak podjęcia dodatkowych działań, utrzymanie obecnego tempa wymiany floty tramwajowej 2 nowych pojazdów rocznie oraz poszukiwanie taboru używanego by zapewnić sprawność techniczną floty.</p>	<p>Brak zmiany pracy eksploatacyjnej tramwajowej i spadku pracy eksploatacyjnej autobusowej wykonywanej pojazdami emisyjnymi.</p>	<p>Wyżej wymienione wskaźniki mierzone rok do roku.</p>	<p>Wzrost kosztu wzkm w komunikacji tramwajowej.</p> <p>Wzrost średniego wieku taboru tramwajowego.</p> <p>Spadek liczby pasażerów komunikacji tramwajowej i sumarycznie w całej sieci.</p>

7.2. Pozostałe wnioski i rekomendacje

Efektywność ekonomiczna transportu zeroemisyjnego - realizacja działań towarzyszących

Adresat – Szczecin

Harmonogram – Perspektywa 2021-2027 oraz 2028+

Problem – Transport zeroemisyjny często porusza się w miastach wolno i staje w zatorach samochodowych. Dużo droższe pojazdy zeroemisyjne od spalinowych przynoszą korzyści, gdy wykonują dużo kursów.

Rekomendacja – Konieczna jest realizacja działań towarzyszących, które mogą znacznie zwiększać efektywność ekonomiczną zeroemisyjnego transportu zbiorowego.

W przypadku komunikacji autobusowej to przede wszystkim budowa lub wyznaczenie na jezdniach buspasów, które pozwalają uniezależnić ruch autobusów od natężenia ruchu samochodowego, w szczególności w godzinach szczytu. Należy umiejętnie wytyczać korytarze z buspasami, tak by zysk czasu uzyskany na nim, nie był tracony w czasie wjazdu czy wyjazdu na tego typu pasy ruchu. Wytyczenie buspasa należy poprzedzić mikrosymulacją, która wyznaczy podstawowe parametry funkcjonowania korytarza. W przypadku komunikacji tramwajowej to przede wszystkim wydzielone torowiska, które dziś są standardem przy modernizacji lub budowie nowych tras.

W zakresie sygnalizacji świetlnej należy wdrażać strategię przydzielania priorytetu pojazdom transportu publicznego, w pierwszej kolejności tramwajom, a ewentualne rezerwy czasu można również przydzielać autobusom (lub w podstawie autobusom, gdy brak ruchu tramwajowego). Działanie wymaga instalacji systemu detekcji lokalnej (np. pętle indukcyjne, wideodetektory, radary) lub centralnej (poprzez autokomputer i sygnał GPS/GPRS). Wdrażanie priorytetów można zrealizować w ramach systemu ITS obejmującego całe ciągi lub obszary skrzyżowań. Rozwiązania należy dopracowywać i dostosowywać w skali pojedynczego skrzyżowania (np. Tramwaje Warszawskie) i nie realizować strategii ogólnych dla wszystkich skrzyżowań, które wykazują się niską efektywnością pracy (np. Łódź i Olsztyn). Wdrożenie należy poprzedzić opracowaniem mikrosymulacji, która pozwala na dopracowanie strategii priorytetu dla każdego skrzyżowania.

Spodziewany efekt – Zwiększenie prędkości komunikacyjnej autobusów i tramwajów w Szczecinie. Wzrost efektywności wykorzystania taboru – tą samą flotą możliwość obsługi większej liczby kursów. Możliwe jest uzyskanie wzrostu pracy eksploatacyjnej bez zatrudniania dodatkowych prowadzących oraz zakupu dodatkowego taboru (dodatkowe wsparcie w realizacji dla scenariusza 5 Prognozy). Wzrost liczby pasażerów w komunikacji miejskiej, którzy mogą szybciej przemieszczać się po obszarach miejskich.

Koszt – W zależności od realizowanego zakresu działania, budowa buspasa – ok. 10-15 mln zł za kilometr, wydzielone torowisko tramwajowe – ok. 50-60 mln zł za kilometr, przebudowa sygnalizacji świetlnej i wdrożenie priorytetu – ok. 0,5-1,5 mln zł za skrzyżowanie.

Rozwój potencjału transportu wodorowego

Adresat – Police, Szczecin, Azoty Police

Harmonogram – Perspektywa 2021-2027 oraz 2028+

Problem – Dostępny na rynku w Polsce wodór jest zbyt drogi. Kilometr pokonany autobusem wodorowym jest dużo droższy od kilometra wykonanego autobusem spalinowym lub elektrycznym. Należy poszukiwać możliwości pozyskiwania wodoru taniej niż się to dziś dzieje w innych miastach w Polsce.

Rekomendacja – Oszacowanie kosztów możliwości wykorzystania wodoru z Azotów Police do eksploatacji autobusów wodorowych.

Azoty wytwarzają wodór jako produkt uboczny przeróbki gazu (wodór szary). Produkt ten obarczony jest śladem węglowym związanym z wydobyciem gazu, jednak samo uwodornienie gazu nie generuje dodatkowych emisji.

Należy przeanalizować potencjalne koszty wykorzystania Azotu z Polic w zakresie – instalacji do oczyszczenia wodoru do poziomu 99,97% oraz budowy stacji tankowania na terenie zajezdni operatora lub zakładu w Policach. Operator transportu powinien zawrzeć z zakładami azotowymi porozumienie, określające możliwą cenę kilograma wodoru dla autobusów. Cena ta musiałaby być znacznie korzystniejsza niż ma to miejsce dziś na rynku i wynosić maksimum 20 zł/kg.

Spodziewany efekt – Zapewnienie efektywności ekonomicznej przedsięwzięcia polegającego na wdrożeniu w 100% zeroemisyjnej floty, gdzie 20% taboru obsługującego najdłuższe zadania przewozowe byłoby wodorowego. Osiągnięcie zeroemisyjnego transportu publicznego w Szczecinie.

Koszt – Do oszacowania w ramach dodatkowej analizy.

Beneficjenci – SPPK Police i Miasto Szczecin

Spis tabel

Tabela 1. Praca eksploatacyjna w publicznym transporcie zbiorowym [wzkm].....	28
Tabela 2. Liczba przewiezionych pasażerów w publicznym transporcie zbiorowym [osób]	29
Tabela 3. Wpływy ze sprzedaży biletów komunikacji miejskiej [PLN]	29
Tabela 4. Średni koszt wykonania wozokilometra [PLN]	30
Tabela 5. Łączne bieżące koszty funkcjonowania publicznego transportu zbiorowego [PLN].....	30
Tabela 6. Wydatki inwestycyjne na publiczny transport zbiorowy [PLN].....	31
Tabela 7. Eksploatowany tabor autobusowy u poszczególnych operatorów lub organizatorów	39
Tabela 8. Udział dostaw taboru ekologicznie czystego oraz zeroemisyjnego do Szczecina, Polic, Stargardu i Świnoujścia w latach 2014-2024	51
Tabela 9. Model logiczny interwencji – rozwój zeroemisyjnego transportu drogowego w SOM	55
Tabela 10. Analiza SWOT zeroemisyjnego transportu zbiorowego w Szczecińskim Obszarze Metropolitalnym	66
Tabela 11. Założone koszty CAPEX taboru transportu zbiorowego i koszty OPEX jego utrzymania, bez kosztu baterii	92
Tabela 12. Założone parametry eksploatacyjne pojazdów – zużycie paliwa lub energii - oraz parametry baterii	92
Tabela 13. Koszt jednostkowy pojemności baterii NMC i LTO	93
Tabela 14. Koszty CAPEX i OPEX infrastruktury transportu zeroemisyjnego, uwzględnione w modelu	93
Tabela 15. Koszty emisji zanieczyszczeń [PLN/tona] w 2024 roku	96
Tabela 16. Ceny netto paliw i energii założone w modelu ekonomiczno-finansowym dla roku wyjściowego analizy – 2024.....	100
Tabela 17. Emisyjność autobusów spalinowych spełniających określoną normę EURO.....	104
Tabela 18. Emisyjność 1 kWh energii wykorzystanej przez tabor elektryczny w związku z miksem polskiego systemu energetycznego	104
Tabela 19. Koszty operacyjne wynikające ze spalania paliwa lub zużycia energii dla analizowanych pojazdów oraz wyznaczenie kosztu zewnętrznego w 2024 roku [PLN/km]	105
Tabela 20. Przegląd europejskich źródeł dofinansowania projektów w zeroemisyjny transport zbiorowy – FENIKS oraz FEdPZ.....	118

Tabela 21. Dostępne dofinansowania dla Szczecińskiego Obszaru Funkcjonalnego w ramach Funduszy Europejskich na lata 2021-2027 w podziale na zagadnienia	120
Tabela 22. Podsumowanie rezultatów scenariuszy prognozy w zakresie kupowanego taboru	136
Tabela 23. Podsumowanie rezultatów poszczególnych scenariuszy prognozy w zakresie potrzebnych nowych prowadzących i korzyści środowiskowe	137
Tabela 24. Podsumowanie rezultatów poszczególnych scenariuszy prognozy w zakresie rocznego kosztu inwestycyjnego i eksploatacyjnego	137
Tabela 25. Propozycja lokalizacji ładowarek autobusów elektrycznych w Szczecinie	144
Tabela 26. Wyznaczenie koniecznego poziomu wzrostu pracy eksploatacyjnej na podstawie planowanego wzrostu liczby pasażerów	153

Spis rysunków

Rysunek 1. Ogólna koncepcja wykonania analizy	18
Rysunek 2. Tramwaj na wspólnym pasie autobusowo-tramwajowym przy pl. Żołnierza Polskiego w Szczecinie.....	23
Rysunek 3. Obszar Szczecińskiego Obszaru Metropolitalnego	27
Rysunek 4. Schemat sieci komunikacji miejskiej w Szczecinie.....	32
Rysunek 5. Schemat sieci komunikacji nocnej w Szczecinie	33
Rysunek 6. Schemat sieci tramwajowej w Szczecinie	34
Rysunek 7. Trasy tramwajowe w Szczecinie z podziałem na rodzaje oraz buspasy	35
Rysunek 8. Ulice o dopuszczalnej prędkości maksymalnej poniżej 50 km/h	36
Rysunek 9. Schemat komunikacji miejskiej w Stargardzie.....	37
Rysunek 10. Schemat komunikacji miejskiej w Świnoujściu.....	38
Rysunek 11. Struktura napędowa taboru autobusowego komunikacji miejskiej w Szczecińskim Obszarze Metropolitalnym - stan na listopad 2024 r.	39
Rysunek 12. Udział pojazdów zero- i niskoemisyjnych oraz diesla ON w podziale na badane miasta	40
Rysunek 13. Udział pojazdów ze względu na wiek we flotach przewoźników w badanych miastach	41
Rysunek 14. Udział tramwajów we flocie miast w podziale ze względu na wiek (stan na grudzień 2023 r.)	42
Rysunek 15. Długość buspasów w 2014 roku i nowych wyznaczonych w latach 2015-2022 [km] w miastach powyżej 100 tys. mieszkańców, w których ich długość przekroczyła 2 km.....	58
Rysunek 16. Udział buspasów w sieci dróg gminnych i powiatowych o nawierzchni twardej ulepszonej w wybranych miastach o ludności ponad 100 tys. mieszkańców	59
Rysunek 17. Nowy ład parkingowy w Szczecinie	60
Rysunek 18. Mapa parkingów P+R w Szczecinie	61
Rysunek 19. Mapa Strefy Płatnego Parkowania Niestrzeżonego (strefa żółta i czerwona)	61
Rysunek 20. Przebieg Szczecińskiego Szybkiego Tramwaju między pętlami Basen Górniczy i Turkusowa	64
Rysunek 21. Korytarz Szczecińskiego Szybkiego Tramwaju i przystanek Hangarowa N/Ż (z prawej strony) wraz z parkingiem Park & Ride (z lewej strony), dostępnym poprzez pieszą kładkę.....	64

Rysunek 22. Kluczowe czynniki sukcesu wdrożenia i eksploatacji publicznego transportu zeroemisyjnego w Polsce.	85
Rysunek 23. Średnie ceny za 1 litr gazu CNG, LNG i oleju napędowego oraz za 1 MWh energii elektrycznej w latach 2018-2024 [PLN]	98
Rysunek 24. Średnia roczna cena sprzedaży energii elektrycznej na rynku konkurencyjnym w latach 2008-2024 [PLN/MWh]	98
Rysunek 25. Średnia roczna cena sprzedaży energii elektrycznej na rynku konkurencyjnym [zł/MWh]	99
Rysunek 26. Średnia cena 1 MWh energii w PLN na przestrzeni doby (24 h) w latach 2021-2024	101
Rysunek 27. Porównanie sumy ilości wytwarzanej energii dla różnych typów elektrowni z pierwszych sześciu miesięcy danego roku (a) oraz dla całego roku (b)	102
Rysunek 28. Zdyskontowane koszty finansowe 15-letnie dla pojazdów 12-metrowych	112
Rysunek 29. Zdyskontowane koszty finansowe 15-letnie dla pojazdów 18-metrowych i dłuższych	113
Rysunek 30. Jednostkowy zdyskontowany koszt sumaryczny dla pojazdów 12-metrowych przeliczony na pasażerokilometr zdolności przewozowej [PLN/km/pas.].....	114
Rysunek 31. Jednostkowy zdyskontowany koszt sumaryczny dla pojazdów ponad 18-metrowych, przeliczony na pasażerokilometr zdolności przewozowej [PLN/km/pas.].....	115
Rysunek 32. Zdyskontowane koszty finansowe 15-letnie dla autobusów 12-metrowych, z uwzględnieniem infrastruktury i dofinansowania do autobusu bateryjnego OPP	123
Rysunek 33. Zdyskontowane koszty finansowe 15-letnie dla autobusów 18-metrowych, z uwzględnieniem infrastruktury i dofinansowania do autobusu bateryjnego OPP	124
Rysunek 34. Prognoza rocznych nakładów i koniecznej liczby kupowanych autobusów OPP w SOM w celu osiągnięcia w danym roku floty w 100% zeroemisyjnej	129
Rysunek 35. Możliwości wytyczenia buspasów w ramach istniejącej szerokości jezdni.....	142
Rysunek 36. Sygnalizacje świetlne dla tramwajów i autobusów w Szczecinie	142
Rysunek 37. Planowany rozwój sieci tramwajowej w Szczecinie	143
Rysunek 38. Elektryczny bus usługi MOIA, która funkcjonuje niejako jak „autobusowy Uber”.	150
Rysunek 39. Zależność zmiany liczby pasażerów w miastach Polski od zmiany pracy eksploatacyjnej wyznaczona dla lat 2009-2017	153

Załączniki

Załącznik 1. Baza danych o taborze w SOM

Załącznik 2a. Model ekonomiczno-finansowy, społeczny i ekologiczny – 12 m

Załącznik 2b. Model ekonomiczno-finansowy, społeczny i ekologiczny – 18 m

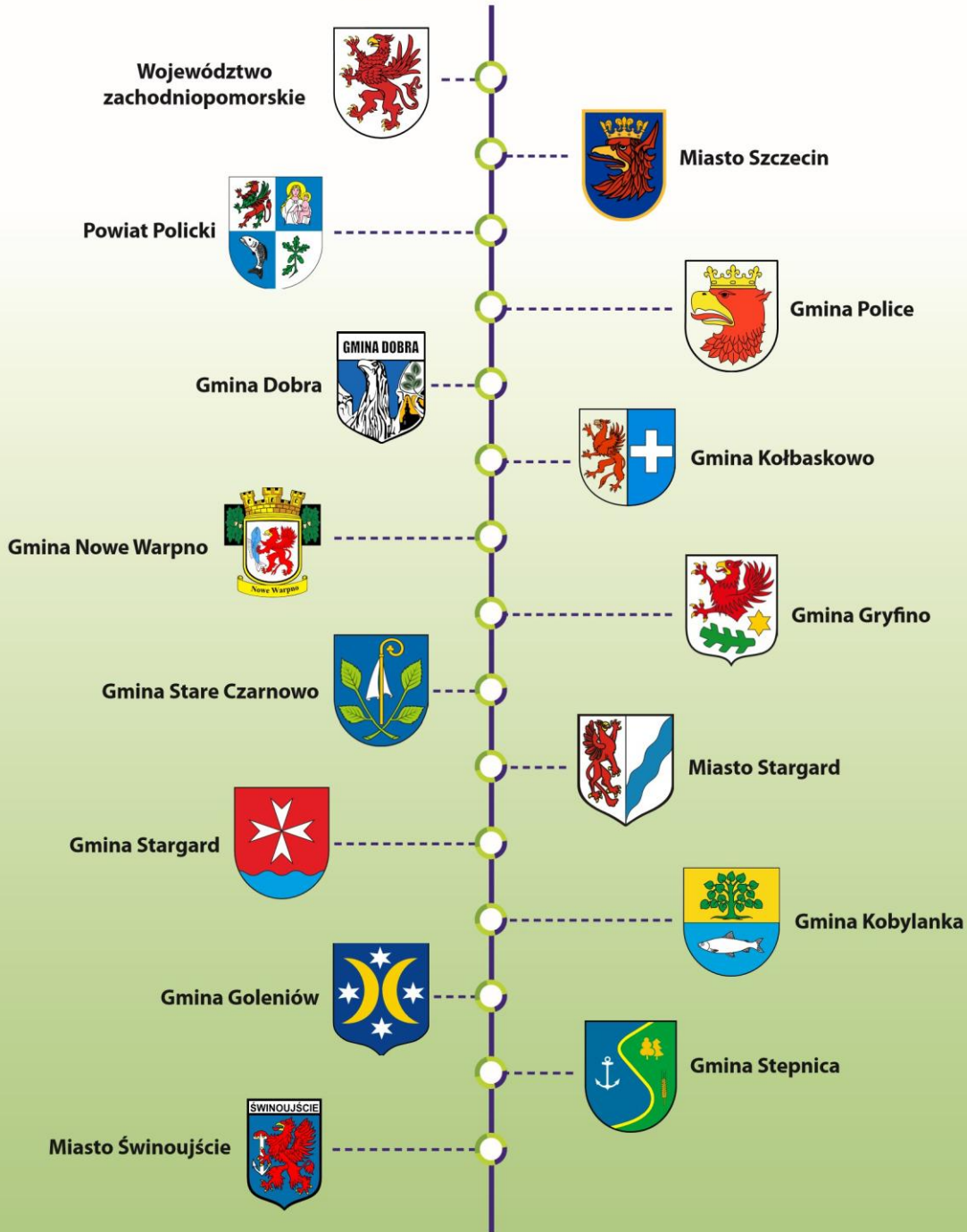
Załącznik 3. Koszty jednostkowe CUPT – wersja 27.06.2024 r.

Załącznik 4. Prognoza rozwoju zeroemisyjnego transportu publicznego w SOM

Załącznik 5. Prezentacja Analizy rozwoju zeroemisyjnego transportu publicznego w SOM (format .pdf, .pptx)



STOWARZYSZENIE
SZCZECIŃSKIEGO OBSZARU
METROPOLITALNEGO



Stowarzyszenie Szczecińskiego Obszaru Metropolitalnego

Plac Jana Kilińskiego 3

71-414 Szczecin



Fundusze Europejskie
dla Pomorza Zachodniego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Pomorze
Zachodnie