

Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu, w których do napędu wykorzystywane są wyłącznie silniki, których cykl pracy nie powoduje emisji gazów cieplarnianych lub innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych

(projekt do konsultacji społecznych)

2018



**Zasmakuj
w Łomży**

Łomża, wrzesień 2018

Autorami analizy kosztów i korzyści dla Miasta Łomża są członkowie zespołu specjalistów ds. transportu zbiorowego REFUNDA Sp. z o.o. z Wrocławia.



www.refunda.pl

SPIS TREŚCI

1.	PODSTAWY PRZEPROWADZONEJ ANALIZY	6
1.1.	Uwarunkowania prawne	7
1.2.	Cel opracowania	8
1.3.	Przedmiot opracowania	8
1.4.	Operator PTZ na terenie Miasta Łomży	8
1.4.1.	Charakterystyka funkcjonowania systemu komunikacji miejskiej w Łomży	9
1.4.2.	Wymogi wynikające z zawartych umów	18
1.4.3.	Koszty eksploatacji.....	19
1.4.4.	Infrastruktura komunikacyjna	20
2.	METODYKA ANALIZY	21
2.1.	Dane	22
2.2.	Zastosowane metody.....	23
2.2.1.	Analiza finansowa	23
2.2.2.	Analiza społeczno-ekonomiczna	26
2.2.3.	Analiza wrażliwości	28
2.2.4.	Analiza ryzyka.....	29
2.3.	Procedura analizy.....	31
3.	REALIZOWANE I PLANOWANE INWESTYCJE W TABOR ORAZ INFRASTRUKTURĘ	32
3.1.	Identyfikacja potrzeb	35
3.2.	Zakres rzeczowy	36
3.3.	Harmonogram	36
3.4.	Szacunkowe nakłady inwestycyjne	37
4.	ANALIZA ROZWIĄZAŃ ALTERNATYWNYCH, WYKONALNOŚĆ TECHNICZNA	42
4.1.1.	Wariant „0”.....	45
4.1.2.	Wariant „1”.....	45
4.1.3.	Wariant „2”.....	47
4.1.4.	Ocena wariantów	47
5.	WYNIKI	50
5.1.	Analiza finansowo-ekonomiczna, przedstawionych rozwiązań alternatywnych	50
5.2.	Analiza ekonomiczno-społeczna	58
5.2.1.	Koszty społeczne emisji gazów cieplarnianych (CO ₂) oraz innych niż cieplarniane.....	59
5.2.2.	Koszty zmiany klimatu.....	62
5.2.3.	Koszty społeczne emisji hałasu	63
5.2.4.	Efektywność ekonomiczno-społeczna inwestycji	64
5.3.	Wariantowa analiza społeczno-ekonomiczna wraz z wyceną kosztów związanych z emisją szkodliwych substancji.....	65
6.	ANALIZA WRAŻLIWOŚCI.....	73
6.1.	Kluczowe zmienne krytyczne	73
6.2.	Wartości progowe zmiennych	74

7.	ANALIZA RYZYKA	75
7.1.	Czynniki ryzyka w projekcie	75
7.2.	Matryca ryzyka	76
8.	WNIOSKI I REKOMENDACJE	77
	SPIS TABEL	77
	SPIS WYKRESÓW	80
	SPIS SCHEMATÓW	801
	SPIS RYSUNKÓW	82

SŁOWNIK

Inwestycja	Zakup taboru zeroemisyjnego
Organizator publicznego transportu zbiorowego	Miasto Łomża.
Operator publicznego transportu zbiorowego	Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacji Zakład Budżetowy w Łomży
Tabor zeroemisyjny	pojazd, który podczas jazdy nie emituje żadnych zanieczyszczeń. Pojazdami zeroemisyjnymi są np. autobusy o napędzie elektrycznym, ale też zasilane ogniwami wodorowymi, w których podczas generowania energii powstaje tylko woda
Linia komunikacyjna	połączenie komunikacyjne na sieci dróg publicznych albo liniach kolejowych, innych szynowych, linowych, linowo-terenowych, albo akwenach morskich lub wodach śródlądowych wraz z oznaczonymi miejscami do wsiadania i wysiadania pasażerów na liniach komunikacyjnych, po których odbywa się publiczny transport zbiorowy
Sieć komunikacyjna	układ linii komunikacyjnych obejmujących obszar działania organizatora publicznego transportu zbiorowego lub część tego obszaru

SKRÓTY I AKRONIMY

AKK	Analiza kosztów i korzyści
CUPT	Centrum Unijnych Projektów Transportowych
MPK	Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacji Zakład Budżetowy w Łomży
PTZ	Publiczny Transport Zbiorowy
E-bus	Program E-bus: Polski Autobus Elektryczny
MINI	autobus jednoczłonowy o długości ok. 6 - 8 metrów
MID	autobus jednoczłonowy o długości ok. 9 - 10 metrów
MAXI	autobus jednoczłonowy o długości ok. 12 metrów
ENPV	ang. Economic Net Present Value - Ekonomiczna wartość bieżąca netto
ERR	ang. EconomicRate of Return - Ekonomiczna stopa zwrotu
NPV	ang. Net presentvalue - Wartość bieżąca netto
IRR	ang. InternalRate of Return - Wewnętrzna stopa zwrotu
kWh	kilowatogodzina
MWh	megawatogodzina

1. PODSTAWY PRZEPROWADZONEJ ANALIZY

1.1. Uwarunkowania prawne

Opracowując AKK uwzględniono treść:

- obowiązujących przepisów prawa, tj. w szczególności:
 - ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz. U. z 2018 r., poz. 317);
 - ustawy z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji (Dz. U. z 2017 r. poz. 286, z późn. zm.);
 - ustawy z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (Dz. U. z 2017 r., poz. 2136 z późn. zm.);
 - ustawy z dnia 8 marca 1990 r. o samorządzie gminnym (Dz. U. 2001 Nr 142, poz. 1591 z późn. zm.);
 - rozporządzenia wykonawczego Komisji (UE) 2015/207 z dnia 20 stycznia 2015 r. ustanawiające szczegółowe zasady wykonania rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1303/2013 w odniesieniu do wzoru sprawozdania z postępów, formatu dokumentu służącego przekazywaniu informacji na temat dużych projektów, wzorów wspólnego planu działania, sprawozdań z wdrażania w ramach celu „Inwestycje na rzecz wzrostu i zatrudnienia”, deklaracji zarządczej, strategii audytu, opinii audytowej i rocznego sprawozdania z kontroli oraz metodyki przeprowadzania analizy kosztów i korzyści, a także zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1299/2013 w odniesieniu do wzoru sprawozdań z wdrażania w ramach celu „Europejska współpraca terytorialna” (Dz. Urz. UE z dn. 13.02.2015 r., poz. L 38/1);
- opracowań analitycznych dotyczących metody przeprowadzania analizy kosztów i korzyści, tj. m.in.:
 - „Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach”; Nowa edycja, opracowanie JASPERS, sierpień 2015 r.
 - „Przewodnik po analizie kosztów i korzyści projektów inwestycyjnych. Narzędzie analizy ekonomicznej polityki spójności 2014-2020”, opracowanie Komisja Europejska, grudzień 2014 r. (<https://www.mos.gov.pl>,
 - - „Najlepsze praktyki w analizach kosztów i korzyści projektów transportowych współfinansowanych ze środków unijnych”, opracowanie CUPT grudzień 2014 r.

1.2. Przedmiot opracowania

Niniejsza analiza została sporządzona na zlecenie Miasta Łomża będącego Organizatorem w rozumieniu przepisów ustawy z dnia 16 grudnia 2010 roku o publicznym transporcie zbiorowym (Dz. U. z 2017 r. poz. 2136). Przedmiotem jej opracowania jest analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu, w których do napędu wykorzystywane są wyłącznie silniki, a ich cykl pracy nie powoduje emisji gazów cieplarnianych lub innych substancji objętych systemem zarządzania emisji gazów cieplarnianych.

W niniejszym opracowaniu zostanie przeanalizowany obecny stan taboru autobusowego operatora, różne warianty wprowadzania taboru zeroemisyjnego wraz z infrastrukturą, zakres działalności przedsiębiorstwa.

1.3. Cel opracowania

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

Cel zostanie osiągnięty poprzez realizację celów szczegółowych, w tym:

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

1.4. Operator PTZ na terenie Miasta Łomży

MPK powstało 15 lipca 1969 roku. Do 30 czerwca 1989 roku komunikacja miejska działała w formie zakładu w strukturze organizacyjnej Miejskiego Przedsiębiorstwa Gospodarki Komunalnej i Mieszkaniowej. 1 lipca 1989 r. w wyniku podziału MPGKiM, utworzone zostało Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacji jako samodzielna jednostka gospodarcza, działająca w oparciu o status przedsiębiorstwa państwowego. 1 stycznia 1992 roku MPK zostało przekształcone w zakład budżetowy i w takiej formie organizacyjno-prawnej funkcjonuje do chwili obecnej.

Przedmiotem działalności Operatora jest w szczególności transport lądowy pasażerski, miejski i podmiejski. MPK jako organizator wykonuje zadania publiczne, danej jednostki samorządowej (w przedmiotowym stanie faktycznym Miasta Łomża). Podstawowym przedmiotem działania MPK jest wykonywanie zadań o charakterze użyteczności publicznej, których celem jest zaspokajanie zbiorowych potrzeb ludności w drodze świadczenia usług powszechnie dostępnych tj. w zakresie publicznego transportu zbiorowego.

1.4.1. Charakterystyka funkcjonowania systemu komunikacji miejskiej w Łomży

Obecna sieć komunikacyjna

Zgodnie ze Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego Miasta Łomża, składowymi systemu transportowego Miasta Łomża są:

- układ drogowy
- transport publiczny związany z układem drogowym
- układ ścieżek rowerowych
- główne ciągi ruchu pieszego.

Obecnie MPK obsługuje 17 linii autobusowych, w tym 7 linii wybiegających poza granice Miasta Łomża, świadcząc usługi na terenie Miasta Łomża oraz gmin Łomża, Piątnica, Nowogród, Wizna, Zbójna. Jednostki te podpisały porozumienia międzygminne na wykonywanie przez miasto zadań publicznych gmin na podstawie (Dz. U. 2001 Nr 142, poz. 1591 z późn. zm.). Na mocy tych porozumień gminy, z którymi zostały one podpisane powierzają Miastu Łomża prowadzenie zadania publicznego, polegającego na świadczeniu usług lokalnego transportu zbiorowego na ich terenie, a także zobowiązują się do częściowego ponoszenia kosztów realizacji powierzonego miastu zadania.

Łączna długość obsługiwanych linii autobusowych wynosi ponad 250 km. Rocznie autobusy MPK przewożą ponad 2,5 mln osób. Na liniach miejskich komunikacji autobusowej obsługiwanej przez MPK znajdują się 192 przystanki. Liczba oraz rozmieszczenie przystanków jest dostosowana do zagospodarowania przestrzennego obsługiwanych obszarów miasta, co powoduje, że układ komunikacyjny posiada wystarczającą dostępność rozumianą jako czas dojścia do przystanku. Średni czas dojścia pieszego od miejsca rozpoczęcia podróży do przystanku oraz od przystanku do celu podróży nie przekracza 4 minut. Przeciętna odległość przemieszczeń pieszych w podróżach komunikacją zbiorową wynosi ok. 300 metrów.

Sieć komunikacyjna zgodnie z ustawą o publicznym transporcie zbiorowym, jest układem linii komunikacyjnych obejmujących obszar działania organizatora publicznego transportu zbiorowego lub część tego obszaru.

Poniżej w tabeli zaprezentowano przebieg wszystkich linii komunikacyjnych obsługiwanych przez MPK. Linie te tworzą aktualną sieć komunikacyjną obsługiwaną przez transport autobusowy na terenie Organizatora.

Tabela 1. Obecna sieć komunikacyjna

Nr linii	Przebieg linii
1	W. S. AGROBIZNESU ↔ Poznańska ↔ Akademicka (PWSliP) ↔ Pileckiego ↔ Al. Legionów ↔ Al. Piłsudskiego ↔ Zawadzka ↔ Sikorskiego ↔ Al. Legionów ↔ Pl. Kościuszki ↔ Zjazd ↔ Piątnica (OSM Piątnica) ↔ MARIANOWO
2	(FADOM) ↔ W. S. AGROBIZNESU ↔ Poznańska ↔ Al. Legionów ↔ Polowa ↔ Giełczyńska ↔ St. Rynek ↔ Rządowa ↔ Pl. Kościuszki ↔ Wojska Polskiego ↔ W. S. AGROBIZNESU ↔ (FADOM)
3	PRZYKOSZAROWA → Zawadzka → Szosa Zambrowska → Giełczyńska → Rządowa → Pl. Kościuszki → Al. Legionów → Sikorskiego → Spokojna → Al. Piłsudskiego → PRZYKOSZAROWA
4	W. S. AGROBIZNESU ↔ W. Polskiego ↔ Poznańska ↔ Al. Legionów ↔ Pl. Kościuszki ↔ Rządowa ↔ St. Rynek ↔ Giełczyńska ↔ Sz. Zambrowska ↔ Sikorskiego ↔ Zdrojowa ↔ Stara Łomża ↔ BONA (↔ Zosin ↔ Siemień ↔ Rybno ↔ PNIEWO)
5	PRZYKOSZAROWA → Zawadzka → Al. Piłsudskiego → Spokojna → Sikorskiego → Al. Legionów → Pl. Kościuszki → Stary Rynek → Szosa Zambrowska → Sikorskiego → Zawadzka → PRZYKOSZAROWA
6	AKADEMICKA (PWSliP) → Pileckiego → Przykoszarowa → Zawadzka → Sybiraków → Kazańska → Al. Piłsudskiego → Sz. Zambrowska → Giełczyńska → Rządowa → Pl. Kościuszki (Jantar) → Zjazd → Rybaki → Sikorskiego → Szosa Zambrowska → Al. Piłsudskiego → Kazańska → Sybiraków → Zawadzka → Przykoszarowa → Pileckiego → AKADEMICKA (PWSliP)
7	W. S. AGROBIZNESU → Wojska Polskiego → Wesola → Łukasińskiego → Sikorskiego → Wojska Polskiego → Pl. Kościuszki (Jantar) → Zjazd → Rybaki → Sikorskiego → Szosa Zambrowska → Giełczyńska → Rządowa → Pl. Kościuszki (Delikatesy) → Al. Legionów → Sikorskiego → Łukasińskiego → Wesola → Wojska Polskiego → W. S. AGROBIZNESU
8	NOWOGRODZKA (PĘTLA 1) → Sikorskiego → Wojska Polskiego → Pl. Kościuszki (Jantar) → Stary Rynek → Szosa Zambrowska → Al. Piłsudskiego → Al. Legionów → Polowa → Giełczyńska → Rządowa → Pl. Kościuszki → Wojska Polskiego → Sikorskiego → NOWOGRODZKA (PĘTLA 1)
9	PRZYKOSZAROWA ↔ Al. Piłsudskiego ↔ Al. Legionów ↔ Pl. Kościuszki ↔ Wojska Polskiego ↔ Sikorskiego ↔ Nowogrodzka ↔ Kupiski Stare ↔ Kupiski Nowe ↔ Mątewica ↔ NOWOGRÓD
10	NOWOGRODZKA (PĘTLA 2) → Pl. Kościuszki (Jantar) → Stary Rynek → Polowa → Al. Legionów → Aleja Piłsudskiego → Szosa Zambrowska → Giełczyńska → Rządowa → Pl. Kościuszki → NOWOGRODZKA (PĘTLA 2)
11	POZNAŃSKA PĘTLA → Poznańska → Al. Legionów → Al. Piłsudskiego → Szosa Zambrowska → Sikorskiego → Zawadzka → Al. Piłsudskiego → Al. Legionów → Poznańska → POZNAŃSKA PĘTLA
12	JEDNACZEWO ↔ Nadnarwiańska ↔ (Kupiski St. ↔ Nowogrodzka) ↔ Pl. Kościuszki ↔ Rządowa ↔ Stary Rynek ↔ Giełczyńska ↔ Polowa ↔ Al. Legionów ↔ Sikorskiego ↔ Zawadzka ↔ Al. Piłsudskiego ↔ Al. Legionów ↔ Poznańska ↔ Kraska ↔ KONARZYCE (↔ Boguszyce ↔ CZAPLICE)
13	W.S.AGROBIZNESU ↔ Poznańska ↔ Akademicka (PWSliP) ↔ Al. Piłsudskiego ↔ Szosa Zambrowska ↔ Giełczyńska ↔ Stary Rynek ↔ Rządowa ↔ Pl. Kościuszki ↔ W. Polskiego ↔ W.S. AGROBIZNESU
14	PL. KOŚCIUSZKI ↔ Al. Legionów ↔ Szosa do Mężenina ↔ Zawady ↔ GIEŁCZYN

15	(ZDZ) ↔ W. S. AGROBIZNESU ↔ Poznańska ↔ (Łochtynowo ↔ Dłużniewo) ↔ Al. Legionów ↔ Pl. Kościuszki ↔ Zjazd ↔ Piątnica ↔ Kalinowo ↔ Drozdowo ↔ Niewodowo ↔ Rakowo ↔ KRZEWO (↔Kossaki ↔ Bronowo ↔ Lisno ↔ NIWKOWO)
19	ZBÓJNA ↔ Dębniaki ↔ Morgowniki ↔ NOWOGRÓD
PLAŻA	PRZYKOSZAROWA ↔ Zawadzka ↔ Sybiraków ↔ Kazańska ↔ Al. Piłsudskiego ↔ Al. Legionów ↔ Pl. Kościuszki ↔ Zjazd ↔ Rybaki ↔ PLAŻA MIEJSKA (kursuje od 01 lipca do 31 sierpnia)

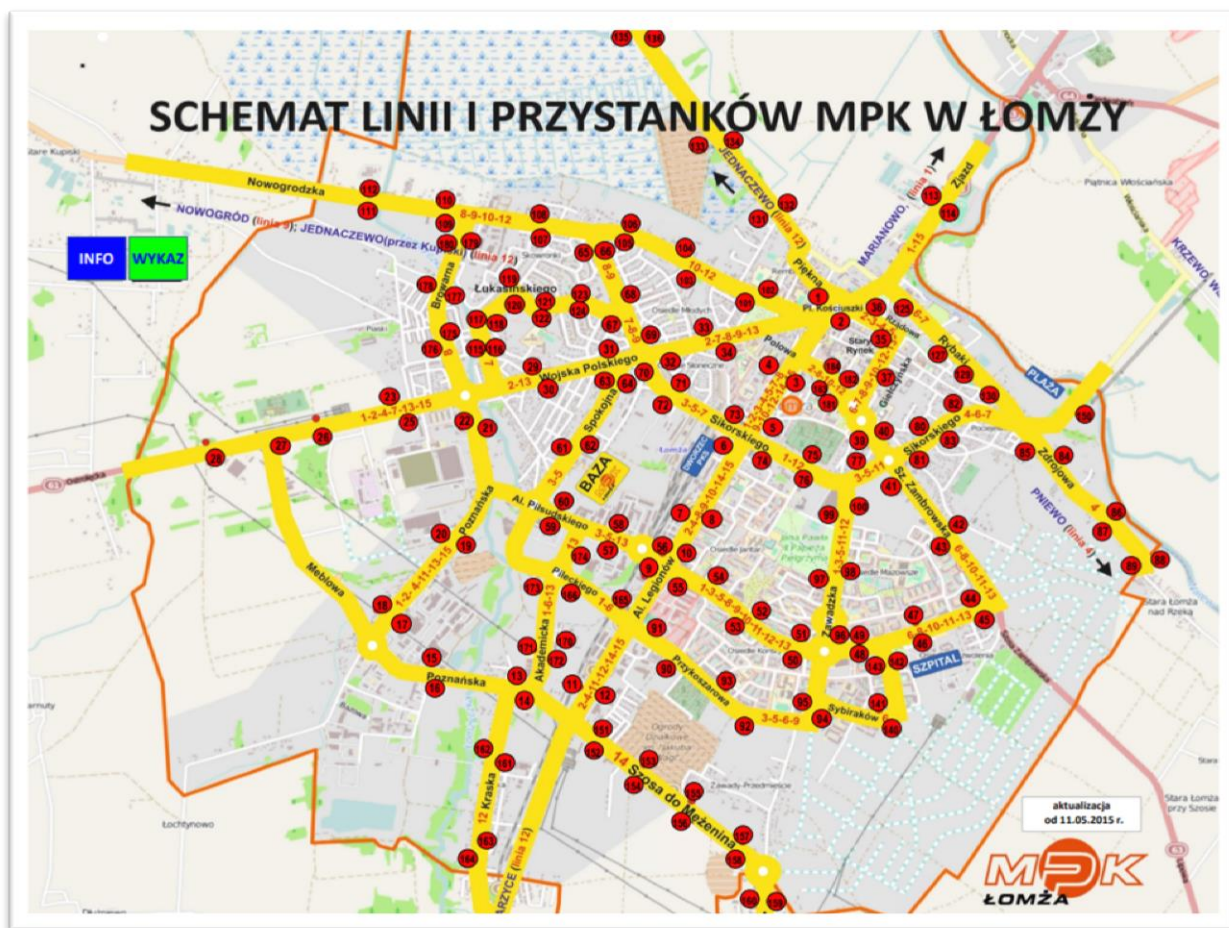
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MPK.

MPK realizuje przejazdy miejskie oraz podmiejskie. MPK według prognozy na 2018 rok planuje wykonywać ponad 6,5 tys. km w dzień roboczy w okresie dni nauki szkolnej. W soboty wartości wynoszą niecałe 2 tys. km. W niedziele i święta niespełna 2 tys. km. Dodatkowo od 01 lipca do 31 sierpnia kursuje specjalna linia „PLAŻA”, która jest czynna codziennie w okresie wakacji letnich. Łącznie MPK planuje wykonać ponad 1 750 000 km w ciągu 2018 roku.

Tabela 2. Zestawienie prognozowanych dziennych kilometrów miejskich i zamiejskich na rok 2018

Nr Linii	Dni nauki szkolnej		Dni wolne od nauki		Sobota		Niedziela	
	km miejskie	km zamiejskie	km miejskie	km zamiejskie	km miejskie	km zamiejskie	km miejskie	km zamiejskie
1	405	121	340	102	157	48	157	48
2	723	0	459	0	153	0	157	12
3	274	0	163	0	164	0	164	0
4	325	105	289	105	106	0	106	0
5	229	0	215	0	114	0	114	0
6	147	0	0	0	0	0	0	0
7	62	0	0	0	0	0	0	0
8	1191	0	1120	0	982	0	982	0
9	190	277	46	74	0	0	0	0
10	1196	8	1166	0	0	0	0	0
11	53	0	0	0	0	0	0	0
12	103	83	0	0	0	0	0	0
13	479	0	373	0	240	0	240	0
14	38	27	0	0	0	0	0	0
15	152	373	60	116	0	0	0	0
Plaża	0	0	89	0	73	0	73	0
Suma	5567	994	4320	397	1989	48	1993	60

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MPK.



Rysunek 1. Schemat linii i przystanków MPK

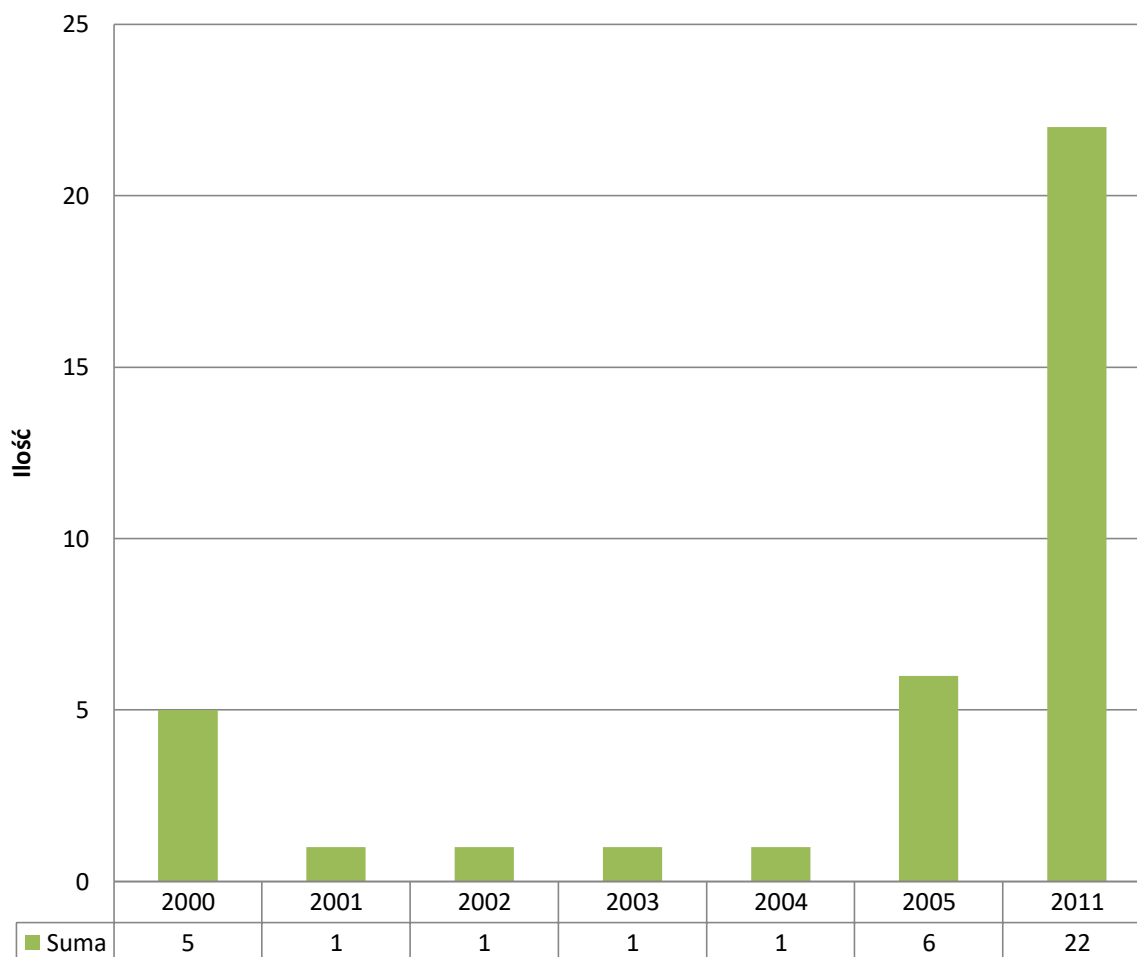
Źródło: http://www.mpklomza.pl/images/HT/MIEJSKIE_map.pdf.

Tabor aktualnie wykorzystywany w systemie komunikacji miejskiej w Łomży

Według stanu na dzień 16 lipca 2018 roku MPK dysponuje 37 pojazdami - autobusami dedykowanymi przewozom typowo miejskim oraz podmiejskim.

Podział taboru ze względu na wiek

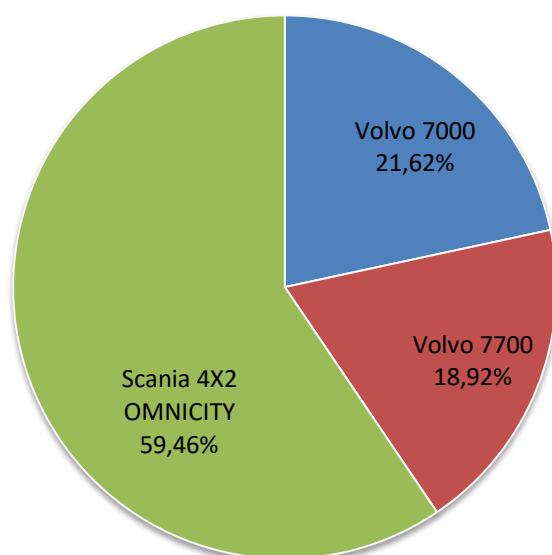
Na poniższym wykresie przedstawiono wiek pojazdów eksploatowanych przez MPK



Wykres 1. Rok produkcji pojazdów MPK

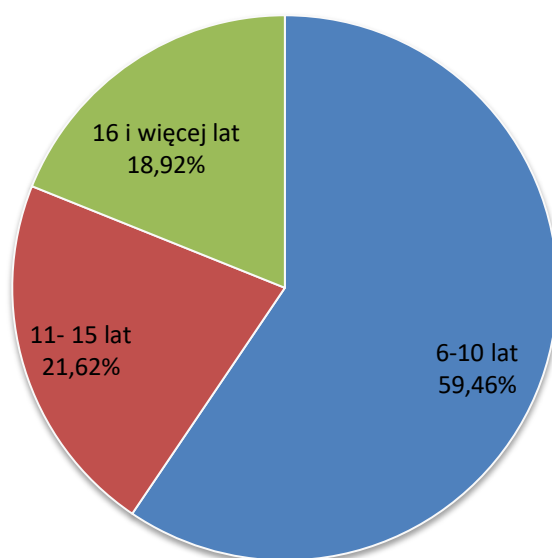
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MPK.

Średni wiek eksploatowanego przez MPK taboru wynosi ponad 10 lat. Najwięcej jest pojazdów w wieku od 6 do 10 lat - są to 22 sztuki. Drugą najliczniejszą grupą są pojazdy mające od 11 do 15 lat- 8 sztuk. W wieku od 16 lat i więcej operator posiada 7 autobusów. Przedziałowo uszeregowana struktura wiekowa taboru przedstawiona jest w formie graficznej na poniższym wykresie. Najmłodsze pojazdy to Scania 4X2 OMNACITY. Zostały one wyprodukowane w roku 2011 roku.



Wykres 2. Procentowy udział pojazdów w przedziałach na markę i model w całości taboru eksploatowanego przez MPK

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MPK.

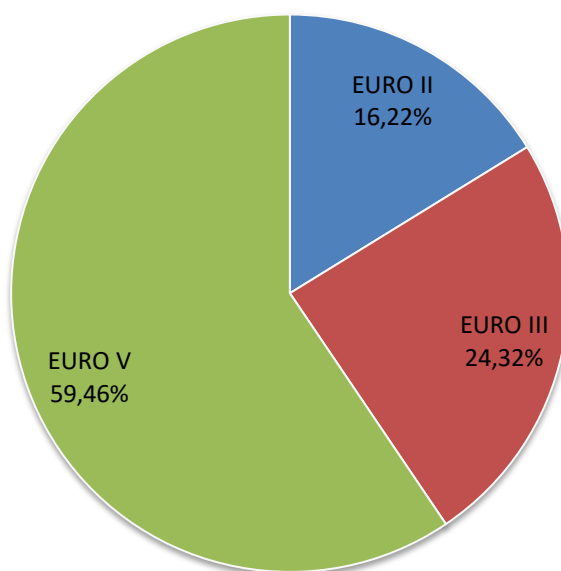


Wykres 3. Procentowy udział pojazdów w poszczególnych przedziałach wiekowych w całości taboru eksploatowanego przez MPK

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MPK.

Podział taboru ze względu na spełniane normy emisji spalin

Stan techniczny środków transportu zbiorowego ma zasadniczy wpływ na bezpieczeństwo, zanieczyszczenie powietrza oraz poziom hałasu. Poprawę w tych obszarach można osiągnąć poprzez sukcesywną realizację planu modernizacji taboru autobusowego, w tym zakupy najnowszych, ekologicznych pojazdów, których silniki spełniają wymagania normy emisji spalin EURO VI obowiązującej od początku 2014 roku. Ponadto równie istotne jest wycofywanie z eksploatacji autobusów przestarzałych technologicznie, spełniających wymagania najmniej restrykcyjnych norm, tj. EURO I z 1993 i EURO II z 1996 roku. Na poniższym diagramie zaprezentowano podział taboru eksploatowanego przez MPK ze względu na spełnianą normę emisji spalin.



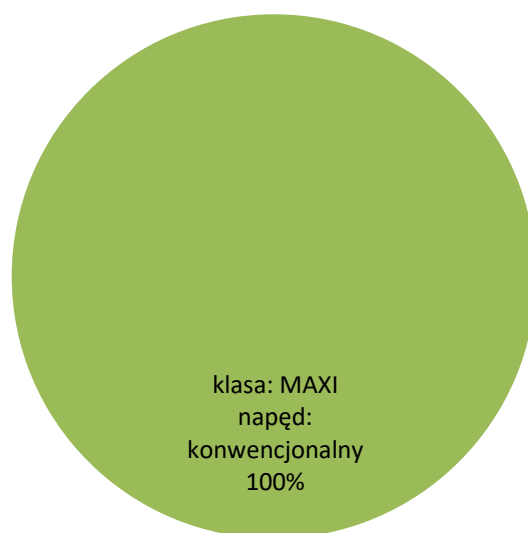
Wykres 4. Procentowy udział pojazdów spełniających poszczególne normy emisji spalin w całości taboru eksploatowanego przez MPK

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MPK.

Ponad 59% pojazdów eksploatowanych przez MPK spełnia normę EURO V. Co czwarty autobus spełnia normę EURO III. Normę EURO II spełnia ponad 16%. MPK nie posiada autobusów, które nie spełniają żadnej z norm spalania EURO. Do dalszej realizacji przewozów publicznych zalecana jest sukcesywna wymiana taboru na nowszy, którego standard będzie spełniał wymagania norm emisji spalin EURO VI.

Podział taboru ze względu na klasę oraz rodzaj napędu pojazdów

Tabor eksploatowany przez MPK nie jest zróżnicowany pod względem klasy oraz rodzaju napędu wykorzystywanego w pojazdach. Wszystkie pojazdy w Łomży to pojazdy klasy MAXI (11 - 13 metrów) mierzące 12 metrów długości. MPK nie posiada autobusów innych klas jak MEGA (15 - 18 metrów), MIDI (9 - 11 metrów) czy MINI (6 - 9 metrów), ponieważ nie występowała dotychczas potrzeba kursowania pojazdów innej klasy do obsługi sieci komunikacyjnej. 100% taboru wykorzystywanego przez MPK stanowią autobusy napędzane silnikami konwencjonalnymi czyli silnikami klasycznymi diesla, które są najczęściej eksploatowanym rodzajem napędu w pojazdach wykorzystywanych do przewozu osób w transporcie zbiorowym.



Wykres 5. Procentowy udział pojazdów ze względu na klasę oraz rodzaj napędu obsługiwanych przez MPK

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MPK.

Charakterystyka taboru ze względu na wyposażenie pojazdów

Tabela 3. Charakterystyka taboru MPK pod względem wyposażenia

Lp.	Producent	Model	Ile lat	Długość autobusu [m]	Monitoring	System informacji pasażerskiej	Kasowniki dwusystemowe	Kasy fiskalne	Klimatyzacja
1	VOLVO	7000	18	12	+	+	+	+	-
2	VOLVO	7000	18	12	+	+	+	+	-
3	VOLVO	7000	18	12	+	+	+	+	-
4	VOLVO	7000	18	12	+	+	+	+	-
5	VOLVO	7000	18	12	+	+	+	+	-
6	VOLVO	7000	17	12	+	+	+	+	-
7	VOLVO	7000	16	12	+	+	+	+	-
8	VOLVO	7000	15	12	+	+	+	+	-
9	VOLVO	7700	14	12	+	+	+	+	-
10	VOLVO	7700	13	12	+	+	+	+	-
11	VOLVO	7700	13	12	+	+	+	+	-
12	VOLVO	7700	13	12	+	+	+	+	-
13	VOLVO	7700	13	12	+	+	+	+	-
14	VOLVO	7700	13	12	+	+	+	+	-
15	VOLVO	7700	13	12	+	+	+	+	-
16	SCANIA	4X2 OMNICITY	7	12	+	+	+	+	-
17	SCANIA	4X2 OMNICITY	7	12	+	+	+	+	-
18	SCANIA	4X2 OMNICITY	7	12	+	+	+	+	-
19	SCANIA	4X2 OMNICITY	7	12	+	+	+	+	-
20	SCANIA	4X2 OMNICITY	7	12	+	+	+	+	-
21	SCANIA	4X2 OMNICITY	7	12	+	+	+	+	-
22	SCANIA	4X2 OMNICITY	7	12	+	+	+	+	-
23	SCANIA	4X2 OMNICITY	7	12	+	+	+	+	-
24	SCANIA	4X2 OMNICITY	7	12	+	+	+	+	-
25	SCANIA	4X2 OMNICITY	7	12	+	+	+	+	-
26	SCANIA	4X2 OMNICITY	7	12	+	+	+	+	-
27	SCANIA	4X2 OMNICITY	7	12	+	+	+	+	-
28	SCANIA	4X2 OMNICITY	7	12	+	+	+	+	-
29	SCANIA	4X2 OMNICITY	7	12	+	+	+	+	-
30	SCANIA	4X2 OMNICITY	7	12	+	+	+	+	-
31	SCANIA	4X2 OMNICITY	7	12	+	+	+	+	-
32	SCANIA	4X2 OMNICITY	7	12	+	+	+	+	-
33	SCANIA	4X2 OMNICITY	7	12	+	+	+	+	-
34	SCANIA	4X2 OMNICITY	7	12	+	+	+	+	-
35	SCANIA	4X2 OMNICITY	7	12	+	+	+	+	-
36	SCANIA	4X2 OMNICITY	7	12	+	+	+	+	-
37	SCANIA	4X2 OMNICITY	7	12	+	+	+	+	-

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MPK.

Podsumowanie

Stan taboru na dzień 16 lipca 2018 ukazuje, że MPK eksploatuje flotę pojazdów spełniających minimum normę spalania EURO II. Wszystkie pojazdy wyposażone są w system informacji pasażerskiej, monitoring kasowniki oraz kasy fiskalne. Jeden z pojazdów (VOLVO 7700 BL 11187) posiada klimatyzację przedziału pasażerskiego.

Ponad 56% autobusów ma mniej niż 10 lat, który to wiek jest uznawany za graniczny w okresie eksploatacji. Pojazdy najmłodsze, zostały wyprodukowane w 2011 roku.

Ze względu na zużycie techniczne do wycofania z eksploatacji kwalifikuje się łącznie ok. 44% taboru autobusowego MPK, z czego 5% jest już zastępowane przez nowoczesne pojazdy przewoźnika.

Normy emisji spalin EURO V spełnia na dzień dzisiejszy ponad 59% taboru autobusowego. Podsumowując, stan taboru autobusowego w Łomży jest dość dobry i wciąż się poprawia.

Wymiana taboru nastąpi w 2021 roku.

1.4.2. Wymogi wynikające z zawartych umów

Ustawa o publicznym transporcie zbiorowym zdefiniowała pojęcie organizatora publicznego transportu zbiorowego jako właściwą jednostkę samorządu terytorialnego, albo ministra właściwego do spraw transportu zapewniającego funkcjonowanie publicznego transportu zbiorowego na danym obszarze. Miasto Łomża jako organizator publicznego transportu zbiorowego na sieci komunikacyjnej w przewozach pasażerskich, obejmuje linie komunikacyjne na terenie Miasta Łomża oraz poszczególne linie na obszarze gmin, z którymi zawarte zostały stosowne porozumienia międzygminne.

Do zadań organizatora należy między innymi planowanie, organizowanie i zarządzanie publicznym transportem zbiorowym.

W obecnej sytuacji Miasto Łomża realizuje przewozy w ramach publicznego transportu zbiorowego w formie samorządowego zakładu budżetowego- Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacji. Do obowiązków MPK zgodnie z „Regulaminem świadczenia usług publicznych przez Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacji Zakład Budżetowy w Łomży” należy:

- Badanie rynku usług komunikacji miejskiej, potrzeb przewozowych i opracowanie adekwatnych do tego rozkładów jazdy;

- Zapewnienie jak najlepszej jakości usług, kulturalnej obsługi pasażerów przez zatrudniony personel oraz ochrony środowiska przed nadmierną emisją spalin i hałasu;
- Utrzymanie taboru i przystanków w należytym stanie technicznym;
- Zapewnienie publicznej informacji o zakresie funkcjonowania komunikacji, bieżących zmianach w jej funkcjonowaniu oraz o rozkładach jazdy - w formie określającej czasy odjazdów pojazdów poszczególnych linii na wszystkich przystankach obsługiwanych przez te linie;
- Zapewnienie możliwości dokonania zakupów biletów oraz właściwej kontroli opłat za przejazd;
- Uzgadnianie zasad korzystania z przystanków autobusowych i tras przejazdu przez innych przewoźników na zasadach określonych w ustawie z dnia 15 listopada 1984 r. „Prawo przewozowe” (tekst jednolity Dz.U. z 2000 r. Nr 50, poz. 601 ze zmianami);
- Przygotowywanie założeń i projektów taryfowych.

Miasto Łomża zawarło porozumienia międzygminne w sprawie lokalnego transportu zbiorowego z pięcioma gminami wchodzącymi w skład powiatu łomżyńskiego, Gminą Piątnica, Gminą Wizna, Gminą i Miastem Nowogród, Gminą Zbójna oraz Gminą Łomża.



Rysunek 2. Wykaz porozumień międzygminnych Miasta Łomża
 Źródło: Opracowanie własne.

1.4.3. Koszty eksploatacji

Stan techniczny taboru autobusowego ma istotny wpływ na konkurencyjność transportu publicznego wobec motoryzacji indywidualnej oraz sytuację finansową i ekonomiczną przedsiębiorstw komunikacyjnych. Długi okres eksploatacji autobusów przez operatorów świadczących usługi użyteczności publicznej na rynku przewozów komunikacyjnych powodują, że oferta przewozowa odbiega od oczekiwań użytkowników transportu. Prowadzi to do wyboru samochodu przez pasażerów publicznej komunikacji zbiorowej, w konsekwencji jest przyczyną negatywnego wzrostu oddziaływania transportu na środowisko oraz kongestii.

Kolejnym skutkiem złego stanu technicznego oraz długiego okresu eksploatacji jest pracochłonność napraw autobusów oraz spadek gotowości technicznej pojazdów. Rośnie także ryzyko awarii oraz obniża się niezawodność świadczenia usług przewozowych.

MPK ze względu na starzenie się taboru autobusowego gdzie najstarsze autobusy mają 18 lat najmłodsze już 7 lat planuje wymianę przestarzałych pojazdów na nowe o napędzie zeroemisyjnym. Dzisiejsza technologia zakłada „planowane postarzanie produktów”, które dość precyzyjnie określa okres bezusterkowego działania określonych urządzeń, elementów i podzespołów. Takie procesy MPK zaobserwowało u siebie, ta sama część psuje się prawie w tym samym czasie w większości autobusów jednej marki. Koszt jednostkowy mnoży się więc przez ilość koniecznych napraw. Są to zjawiska powszechne operator nie ma na nie wpływu.

Operator musi ponosić coraz wyższe koszty. W porównaniu do roku 2016 koszty napraw bieżących wzrosły o prawie 63%. Planowane naprawy główne silników zostały przesunięte do wykonania w bieżącym roku. Oczywiście są to zabiegi dające złudny efekt ekonomiczny - faktycznie jest to tylko przesunięcie w czasie.

1.4.4. Infrastruktura komunikacyjna

W mieście Łomża znajdują się 192 przystanki użytkowane przez MPK. 62 przystanki należą do Miasta Łomża, 130 przystanków należy do MPK. 83 przystanki to przystanki w pełni przeszklone, jeden z przystanków został wyposażony w pełne oświetlenie w technologii LED wykorzystujące eko energię wytworzoną dzięki panelom fotowoltaicznym zamontowanym na dachu przystanku. Główna siedziba MPK oraz zajezdnia znajdują się na ul. Spokojnej w Łomży. Teren bazy samochodowej MPK jest w pełni urządzony i uzbrojony. Zlokalizowane są na nim obiekty kubaturowe służące funkcjonalnie do obsługi technicznej taboru autobusowego: z budynkiem warsztatowym, budynkiem z zapleczem socjalnym, częścią biurową, stacją paliw oraz myjnią autobusów, na dachu której zostały zainstalowane panele fotowoltaiczne. Teren jest oświetlony i monitorowany. Na placu przewiduje się lokalizację budynku ze stanowiskami do garażowania autobusów komunikacji miejskiej, w tym: o napędzie elektrycznym - na stanowiskach odbywać się będzie proces doładowania baterii samochodowych zainstalowanych w e-autobusach, oraz wiaty stanowiącej zadaszenie nad pozostałą częścią placu. Nad powierzchnią dachową, nad stanowiskami do garażowania autobusów oraz powierzchnią zadaszenia placu manewrowego przewiduje się zainstalowanie „elektrowni” fotowoltaicznej - zespołu paneli fotowoltaicznych do wytwarzania energii elektrycznej.

2. METODYKA ANALIZY

Zastosowana w niniejszym opracowaniu analiza kosztów i korzyści stanowi system oceny efektywności inwestycji w tabor zeroemisyjny. Analiza kosztów i korzyści swój początek powzięła z ekonomii dobrobytu - nurtu teorii ekonomii, która powstała na początku XX wieku. Celowość analizy oparto na zmodyfikowanej zasadzie optimum Pareto - kryterium efektywności Kaldora-Hicksa. Według przytoczonego kryterium projekt otrzyma rekomendację wdrożenia w przypadku, gdy możliwe jest, aby jednostki gospodarcze, które zyskują na jego realizacji inwestycji, wypłaciły pełną rekompensatę pozostałym podmiotom, które ponoszą koszty. Konkluzją analizy kosztów i korzyści jest zależność, która stanowi, że poprzez projekty generujące korzyści netto (nadwyżkę korzyści nad kosztami) możliwa jest maksymalizacja dobrobytu społecznego ¹.

2.1. Dane

Dane do analizy pozyskano od przedsiębiorstwa w zakresie:

- bieżących kosztów funkcjonowania transportu publicznego opartego na konwencjonalnych paliwach,
- potencjalnych - przewidywanych kosztów funkcjonowania transportu zeroemisyjnego, w tym bieżącego serwisu i utrzymania autobusów zeroemisyjnych,
- informacji dot. odtworzenia, np. baterii (np. pojemność, cena jednostkowa, czas życia; pozostałe odtworzenie),
- charakterystyki obecnej sieci publicznej komunikacji zbiorowej (wykaz linii komunikacyjnych, rozkładach jazdy, liczba wykonywanych wozokilometrów na poszczególnych liniach, długość linii autobusowych, czas przejazdu danej trasy, średnia prędkość na poszczególnych liniach, liczba przystanków na trasie, odległość od przystanków na trasie, liczba zatrzymań na trasie),
- szczegółowego wykazu taboru: rok produkcji, rodzaj napędu, norma emisji spalin, liczba miejsc, długość autobusu, dodatkowe wyposażenie, zużycie paliwa [l/100km],
- zasad organizacji rynku przewozów (obowiązujące porozumienia międzygminne oraz zasady rozliczania się z gminami, umowa zawarta z operatorem),
- informacji o realizowanych i planowanych inwestycjach zakupów taborowych oraz modernizacji infrastruktury technicznej zbiorowej komunikacji publicznej,
- struktury popytu (przychody całkowite z biletów z podziałem na poszczególne linie, rodzaje biletów, cennik biletowy, istniejące rozwiązanie integracji biletów).

¹ Ligus M., Efektywność inwestycji w odnawialne źródła energii. Analiza kosztów i korzyści, CeDeWu Sp. z o.o., Warszawa 2010.

2.2. Zastosowane metody

W ramach analizy kosztów i korzyści projekt inwestycji w tabor zeroemisyjny zostanie zweryfikowany pod względem finansowych (analiza finansowa), ekonomiczno-społecznym (analiza ekonomiczno-społeczna), a tak że wrażliwości i ryzyka otrzymanych parametrów oceny.

2.2.1. Analiza finansowa

Głównym założeniem analizy finansowej przeprowadzonej w niniejszym opracowaniu jest ocena efektywności inwestycji. Rachunek opłacalności inwestycji obejmować będzie tylko wpływy i wydatki występujące w związku z inwestycją, nie będzie on uwzględniał wpływu inwestycji na wynik finansowy przedsiębiorstwa inwestującego i inne uwarunkowania jego działalności.

Do oceny opłacalności inwestycji wykorzystano:

- metodę wartości bieżącej netto (NPV),
- metodę wewnętrznej stopy zwrotu (IRR).

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

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

Strumień pieniężny netto w poszczególnych okresach można obliczyć jako różnicę dodatnich i ujemnych przepływów pieniężnych. Do dodatnich przepływów zalicza się, np.: zysk netto, amortyzację, nakłady na kapitał obrotowy.

W ramach ujemnych przepływów pieniężnych zalicza się: nakłady inwestycyjne finansowane kapitałem własnym, nakłady na kapitał obrotowy finansowane kapitałami własnymi podczas realizacji inwestycji, a także koszty z eksploatacji inwestycji i inne o podobnym charakterze. Miernik NPV przedstawia się wówczas za pomocą wzoru:

Bieżąca wartość netto (NPV)

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

gdzie:

NPV - wartość bieżąca netto

FCF_t - przepływy gotówkowe w okresie t

r - stopa dyskonta

I_0 - nakłady początkowe

t - kolejne okresy (najczęściej lata) eksploatacji inwestycji

Składniki NPV - FCF (free cash flow)

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

gdzie:

FCF - wolne przepływy pieniężne,

$EBIT$ - zysk operacyjny

T - stopa opodatkowana,

A - amortyzacja,

$CAPEX$ - nakłady odtworzeniowe,

ΔNWC - wydatki na sfinansowanie wzrostu zapotrzebowania na *KON*.

Składniki NPV - WACC

$$WACC = w_e * k_e + w_d * k_d (1 - T),$$

gdzie:

$WACC$ - średni ważony koszt kapitału

w_e - udział kapitału własnego

k_e - koszt kapitału własnego

w_d - udział kapitału obcego

k_d - koszt kapitału obcego

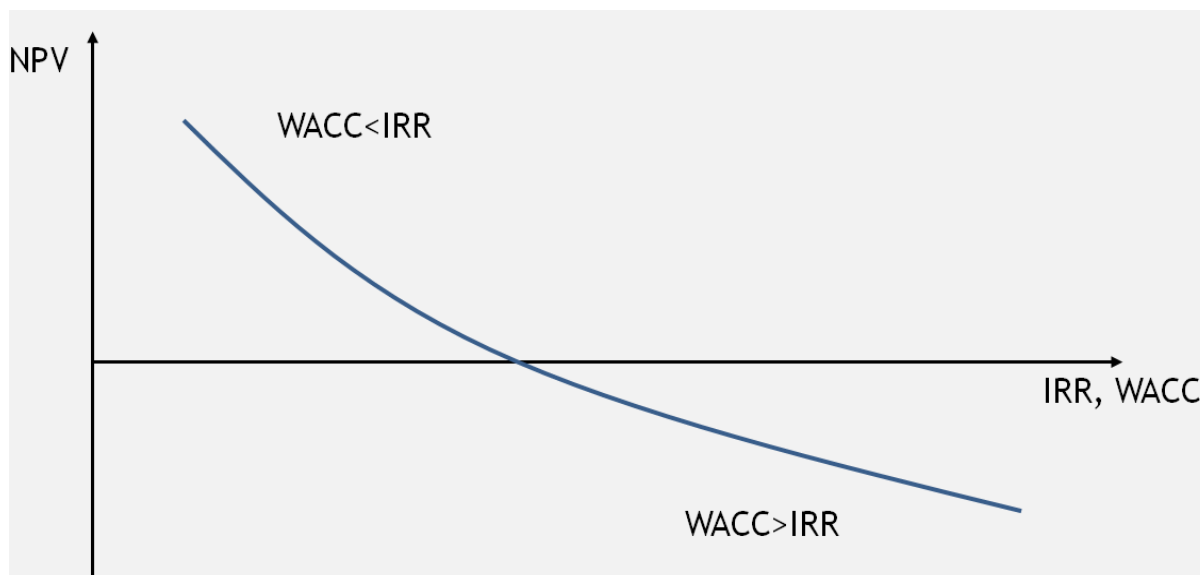
T - stopa opodatkowana

NPV jako kryterium opłacalności inwestycji może przybierać wartości:

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

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

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



Schemat 1. Zależność między stopą dyskontową, a wartością NPV

Źródło: opracowane własne.

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

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

Poziom wewnętrzną stopę zwrotu badanej inwestycji wykorzystując formułę interpolacji liniowej przyjmuje postać:

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

gdzie:

NPV - wartość bieżąca netto,

FCF_t - przepływy gotówkowe w okresie t ,

r - stopa dyskonta,

I_0 - nakłady początkowe,

t - kolejne okresy (najczęściej lata) eksploatacji inwestycji.

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

Analiza została przeprowadzona w cenach stałych oraz z pominięciem podatku VAT (netto).

2.2.2. Analiza społeczno-ekonomiczna

Założenia analizy ekonomiczno-społecznej:

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

Zgeneralizowane koszty transportu oznaczają wartości, które można zdefiniować jako:

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

Zmonetyzowane efekty zewnętrzne stanowią:

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

Rezultatami analizy ekonomiczno-społecznej są miary:

- ENPV - (economic net present value) ekonomiczna wartość bieżąca netto
- ERR - (economic rate of return) ekonomiczna stopa zwrotu

ENPV Ekonomiczna bieżąca wartość netto

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

gdzie:

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

I_0 - nakłady początkowe

r - stopa dyskonta

t - kolejne okresy (najczęściej lata) eksploatacji inwestycji

ERR ekonomiczna stopa zwrotu

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

gdzie:

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

I_0 - nakłady początkowe

r - stopa dyskonta

t - kolejne okresy (najczęściej lata) eksploatacji inwestycji

2.2.3. Analiza wrażliwości

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

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

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

- nakładów inwestycyjnych,
- kosztów operacyjnych,
- pracy przewozowej oraz wynikających z niej wartości jednostkowych monetyzowanych efektów

Rezultaty analizy wrażliwości

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

2.2.4. Analiza ryzyka

Analizy ryzyka polega na opisanu rodzajów ryzyka związanych z realizacją projektu i jego późniejszym funkcjonowaniem w podziale na grupy ryzyka oraz ocenie prawdopodobieństwa wystąpienia poszczególnych rodzajów ryzyka i ich wpływu na projekt.

Matryca ryzyka - klasyfikacja prawdopodobieństwa

- A. Bardzo mało prawdopodobne (0-10% prawdopodobieństwa),
- B. Mało prawdopodobne (10-33% prawdopodobieństwa),
- C. Mniej więcej tak samo prawdopodobne, jak nie (33-66% prawdopodobieństwa),
- D. Prawdopodobne (66-90% prawdopodobieństwa),
- E. Bardzo prawdopodobne (90-100% prawdopodobieństwa).

Matryca ryzyka - klasyfikacja stopnia zagrożenia

1. Brak istotnego wpływu, bez działań naprawczych,
2. Drobne straty w zakresie dobrobytu społecznego generowane przez projekt, mogą być wymagane działania naprawcze,
3. Umiarkowane straty społeczne spowodowane przez projekt, działania zaradcze wymagane i skuteczne na tym poziomie,
4. Wysoka strata społeczna wygenerowana przez projekt. Działania zaradcze, nawet o dużym zasięgu, nie wystarczą,
5. Niepowodzenie projektu, które może spowodować poważną lub całkowitą utratę funkcji projektu.

Prawdopodobieństwo	Stopień zagrożenia				
	1	2	3	4	5
A	niskie	niskie	niskie	niskie	umiarkowane
B	niskie	niskie	umiarkowane	umiarkowane	wysokie
C	niskie	umiarkowane	umiarkowane	wysokie	bardzo wysokie
D	niskie	umiarkowane	wysokie	bardzo wysokie	bardzo wysokie
E	umiarkowane	wysokie	bardzo wysokie	bardzo wysokie	bardzo wysokie

Schemat 2. Matryca ryzyka - klasyfikacja poziomu ryzyka

Źródło: opracowane własne.

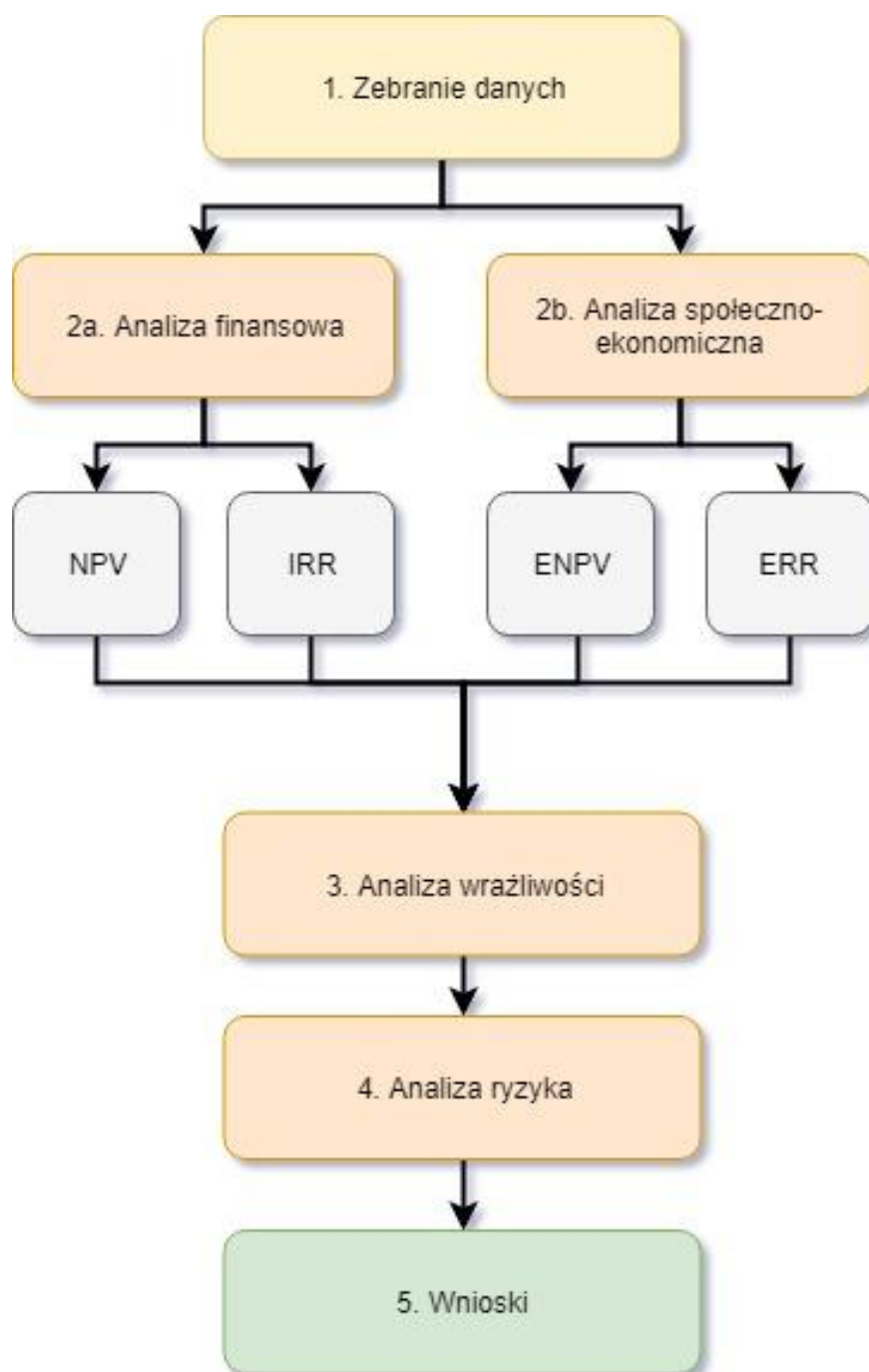
Prawdopodobieństwo	Stopień zagrożenia				
	1	2	3	4	5
A	Zapobieganie lub łagodzenie		Łagodzenie		
B					
C					
D	Zapobieganie		Zapobieganie i łagodzenie		
E					

Schemat 3. Matryca ryzyka - sposób działania

Źródło: opracowane własne.

2.3. Procedura analizy

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



Schemat 4. Procedura analizy kosztów i korzyści

Źródło: opracowane własne.

3. REALIZOWANE I PLANOWANE INWESTYCJE W TABOR ORAZ INFRASTRUKTURĘ

Realizacja planów rozwoju miasta Łomża

Plan gospodarki niskoemisyjnej dla Miasta Łomża, realizacja programu „E-bus”, Plan zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego w Łomży na lata 2014-2022², Program Rozwoju Miasta Łomża do roku 2020 Plus³, Strategia Rozwiązywania Problemów Społecznych na terenie Miasta Łomży (2016 - 2021)⁴, Program ochrony powietrza dla strefy podlaskiej oraz Strategia Zrównoważonego Rozwoju Łomżyńskiego Obszaru Funkcjonalnego na lata 2014-2020 wskazują jednoznacznie na priorytetową rolę transportu zeroemisyjnego. Przestanki tego typu wskazują na:

- zwiększające się znaczenie transportu samochodowego. Największą wadą tego transportu jest przede wszystkim energochłonność i negatywny wpływ na środowisko naturalne. Zatłaczają się ulice, rośnie emisja spalin, maleje jakość życia mieszkańców miast;
- komunikacja autobusowa bardziej kompaktowo i efektywnie wykorzystuje przestrzeń miejską. Rozwój komunikacji zbiorowej warunkują założenia zrównoważonego rozwoju przestrzeni miejskich;
- autobusy elektryczne są mniej energochłonne i minimalizują negatywny wpływ na środowisko naturalne oraz miejskie. W porównaniu do tradycyjnych autobusów o napędzie spalinowym, elektrobuses w trakcie eksploatacji nie emitują spalin, są cichsze i wolne od wibracji, mają lepsze przyspieszenia - co jest szczególnym atutem w przypadku pojazdów poruszających się w ruchu miejskim. Eksploatacja jest około dwukrotnie tańsza niż autobusu z silnikiem o napędzie konwencjonalnym, niektóre źródła podają nawet do 6 razy tańsza.

Odkąd Polska została włączona do Unii Europejskiej, przyczyniło się to do przyjęcia unijnych standardów i norm regulujących aspekty gospodarcze w kraju. Ma to swoje odzworowanie w transporcie utrzymując normy techniczne i ekologiczne. Wytyczne europejskiej polityki transportowej zostały zawarte w Białej Księdze z 2001 r.⁵, gdzie podstawowymi celami są przede wszystkim:

- poprawa jakości systemu transportowego zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju,

² Dokument Planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego w Łomży na lata 2013-2022, Łomża-Warszawa, listopad 2013

³ Strategia Zrównoważonego Rozwoju Miasta Łomża Do 2020 Roku, Łomża, czerwiec 2007 rok

⁴ Strategia Rozwiązywania Problemów Społecznych Miasta Łomża Lata 2016 – 2021, Łomża, 2016r.

⁵ Biała Księga Transportu, Plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu – dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu

- prowadzenie polityki ekologicznej ukierunkowanej na promowanie transportu publicznego o napędzie nieszkodliwym dla środowiska, dostępnego dla wszystkich użytkowników, również dla osób niepełnosprawnych.

Kierunki strategiczne omówione w dokumencie Planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego w Łomży na lata 2014-2022 określają zasady wymiany taboru autobusowego. Dokument ten charakteryzuje tempo zmian taboru w kontekście aktualnej liczby pojazdów, stanu technicznego taboru oraz potrzeb przewozowych. Wskazano potrzeby pod kątem odnowy aktualnej floty autobusowej, a także wymiany na transport zeroemisyjny oraz określenie ram czasowych z tym związanych. Wynika to ze zużycia technicznego obecnych pojazdów, a także ich negatywnego wpływu na środowisko.

Program ochrony powietrza dla strefy podlaskiej, w zakresie ograniczenia emisji komunikacyjnej zakłada m.in.:

- całościowe zintegrowane planowanie rozwoju systemu transportu w mieście,
- kierowanie ruchu tranzytowego z ominięciem miasta lub jego części centralnych,
- tworzenie stref z zakazem ruchu samochodów,
- rozwój i zwiększanie efektywności systemu transportu publicznego,
- polityka cenowa opłat za przejazdy i zsynchronizowanie rozkładów jazdy transportu zbiorowego zachęcające do korzystania z systemu transportu zbiorowego,
- wprowadzanie nowych niskoemisyjnych paliw i technologii, szczególnie w systemie transportu publicznego i służb miejskich,
- stosowanie przy modernizacji dróg i parkingów materiałów i technologii gwarantujących ograniczenie emisji pyłu podczas eksploatacji.

W dokumencie Strategii Zrównoważonego Rozwoju Łomżyńskiego Obszaru Funkcjonalnego na lata 2014-2020⁶ wskazano konieczność dalszego rozwoju niskoemisyjnego transportu publicznego. Jednym z celów będzie także rozwój inteligentnych systemów transportowych zakładając realizację działań zmierzających do uzyskania efektywnego i przyjaznego dla środowiska systemu transportowego.

⁶ Dokument Strategii Zrównoważonego Rozwoju Łomżyńskiego Obszaru Funkcjonalnego Na Lata 2014-2020, Łomża - Cieszyń 2015 r.

Modernizacja taboru oraz infrastruktury dzięki rządowemu programowi „E-bus”

W toku zastrzegających się wymagań dotyczących ochrony środowiska władze miast poszukują rozwiązań mających na celu ograniczenie emisji zanieczyszczeń. W sektorze transportu innowacyjnym rozwiązaniem, które umożliwia zmniejszenie emisji spalin, jest zastosowanie zeroemisyjnych środków transportu miejskiego - elektrobusów. Pojazdy o napędzie elektrycznym stanowią jeden z filarów realizacji polityki zrównoważonej mobilności w miastach i aglomeracjach. Aspekty ekologiczne, ekonomiczne jak choćby niskie koszty eksploatacji i większa elastyczność obsługi - w porównaniu z tramwajami i trolejbusami - są najczęściej wymienianymi determinantami wprowadzenia tego nowego rodzaju pojazdów elektrycznych do eksploatacji.

Elektrobusy (autobusy elektryczne) są napędzane silnikiem elektrycznym prądu stałego, zasilane z baterii o dużej mocy. Do zalet autobusów elektrycznych zalicza się: wysoką sprawność napędu elektrycznego, niższe koszty eksploatacji, brak emisji czynników szkodliwych w miejscu użytkowania pojazdu, cichą i spokojną jazdę, niską awaryjność, możliwość odzyskiwania energii podczas hamowania, co automatycznie wpływa na dłuższą żywotność elementów ciernych w układzie hamulcowym.

Jednym z najważniejszych programów realizowanych w Mieście Łomża jest Program E-bus, który zakłada dynamiczny rozwój polskiej gospodarki w segmencie produkcji autobusów elektrycznych. Polskie firmy, produkujące już dzisiaj autobusy elektryczne cieszące się dobrą opinią użytkowników w Polsce, Europie i na świecie, mają szansę stać się liderami w tym obszarze. Program wpisuje się w światowy trend związany z rozwojem elektromobilności, oznacza skoncentrowanie się na przyszłościowej technologii oraz niesie ze sobą szereg korzyści dla kraju, mieszkańców miast, użytkowników transportu miejskiego oraz jego operatorów. Głównymi celami programu są:

- Powstanie polskiego rynku autobusów elektrycznych o wartości co najmniej 2,5 mld zł rocznie, co można przełożyć na ok. 1000 autobusów elektrycznych;
- Stworzenie Polskiego Autobusu Elektrycznego, konkurencyjnego na rynku polskim i rynkach światowych, pod kątem jego parametrów technicznych i finansowych, którego kluczowe komponenty będą produkowane w kraju przy wsparciu rodzimego potencjału naukowo-badawczego;
- Rozwój nowych technologii i modeli biznesowych związanych z miejskimi autobusami elektrycznymi i infrastrukturą ładowania.

Elektromobilność jest jednym z kluczowych obszarów określonych w Strategii na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju. Program E-bus ma na celu stworzenie dogodnych warunków dla upowszechniania korzystania z pojazdów elektrycznych, w tym głównie zbiorowego transportu miejskiego, opartego zarówno o autobusy elektryczne, jak i pozostałe środki transportu wykorzystujące napęd elektryczny wraz z infrastrukturą ładowania.

3.1. Identyfikacja potrzeb

Miasto Łomża wyznaczyło kierunek rozwoju zeroemisyjnego transportu publicznego w najbliższych latach. Z dokumentów planistycznych płynie wiele obietnic poprawy funkcjonowania komunikacji. Ograniczenie zanieczyszczenia powietrza poprzez realizację planów gospodarki niskoemisyjnej oraz zwiększenie mobilności mieszkańców Miasta Łomży poprzez powiększenie obszaru funkcjonowania komunikacji miejskiej jest dla Miasta bardzo ważna. Efektem wdrażania pojazdów zeroemisyjnych ma być poprawa jakości życia mieszkańców m.in. obniżenie hałasu, poprawę dostępności i komfortu komunikacji miejskiej.

Do najważniejszych potrzeb planowanych inwestycji należą:

- Ograniczenie zanieczyszczenia powietrza poprzez realizację planów gospodarki niskoemisyjnej
- Zwiększenie mobilności mieszkańców Łomży - powiększenie obszaru funkcjonowania komunikacji miejskiej
- Zmniejszenie kosztów funkcjonowania transportu i jego utrzymania w skali instytucji miejskich

W ramach przygotowania do eksploatacji autobusów elektrycznych, MPK zrealizowało już pierwszy etap pozyskiwania energii odnawialnej - zainstalowane zostały panele fotowoltaiczne o mocy 28,6 kWh. Dodatkowo została zaprojektowana instalacja paneli fotowoltaicznych o mocy kolejnych 300 kWh wraz z zadaszonymi stanowiskami do ładowania autobusów elektrycznych. W ramach projektu „E-bus” zgłoszona została przez MPK inicjatywa zaprojektowania magazynu energii, zintegrowanego z panelami fotowoltaicznymi w oparciu o wykorzystanie wodoru i ogniw paliwowych do ładowania autobusów na terenie zajezdni oraz pętli w Łomży. Ze względu na innowacyjność pomysłu są szanse na objęcie MPK dodatkowym programem badawczo - rozwojowym i wdrożeniem tego projektu w naszym mieście.

3.2. Zakres rzeczowy

W ramach planowanych inwestycji zakłada się zakup 10 (+10 szt. opcjonalnie razem 20) dziesięciometrowych autobusów elektrycznych MIDI wraz z inteligentnymi systemami transportowymi oraz 15 sztuk minibusów MINI do obsługi pasażerskiej i zadań instytucji miejskich ekologicznych. Przyjęta przez MPK struktura funkcjonalno-techniczna nabywanego taboru wynika z zapotrzebowania dojazdu do ciężko dostępnych miejsc. MPK zakłada również, że zakup nowych pojazdów zeroemisyjnych pozwoli na: poprawę jakości powietrza, zlikwidowanie barier transportowych mieszkańców, zmniejszenie kosztów transportu i tym samym zmniejszenie (optymalizację) kosztów funkcjonowania komunikacji miejskiej. Zgodnie z założeniami przyjętym przez MPK, można szacować całkowite zmniejszenie emisji spalin (na poziomie 100%) w miejscu eksploatacji oraz zmniejszenie emisji hałasu w ruchu miejskim z 90 dB na 60-70dB.

3.3. Harmonogram

Harmonogram inwestycji z uwzględnionymi wariantami (patrz p.4) przedstawiono w tabeli poniżej.

Tabela 4. Harmonogram rzeczowo-finansowy inwestycji [PLN]

Wyszczególnienie	2021	2023	2025	2028
Wariant 0	1 600 000,00	4 800 000,00	5 600 000,00	8 000 000,00
Inwestycja w środki transportu	1 600 000,00	4 800 000,00	5 600 000,00	8 000 000,00
Liczba autobusów	2,00	6,00	7,00	10,00
Cena jednostkowa	800 000,00	800 000,00	800 000,00	800 000,00
 Wariant 1	 3 150 000,00	 8 050 000,00	 8 850 000,00	 15 750 000,00
Inwestycja w środki transportu	3 000 000,00	7 600 000,00	8 400 000,00	15 000 000,00
Autobusy	2 200 000,00	4 400 000,00	4 400 000,00	11 000 000,00
Liczba autobusów	1,00	2,00	2,00	5,00
Cena jednostkowa	2 200 000,00	2 200 000,00	2 200 000,00	2 200 000,00
Minibusy	800 000,00	3 200 000,00	4 000 000,00	4 000 000,00
Liczba minibusów	1,00	4,00	5,00	5,00
Cena jednostkowa	800 000,00	800 000,00	800 000,00	800 000,00
Inwestycja w infrastrukturę towarzyszącą	150 000,00	450 000,00	450 000,00	750 000,00
Liczba stanowisk	1,00	3,00	3,00	5,00
Cena jednostkowa	150 000,00	150 000,00	150 000,00	150 000,00
 Wariant 2	 9 200 000,00	 25 200 000,00	 29 200 000,00	 41 200 000,00
Inwestycja w środki transportu	8 000 000,00	24 000 000,00	28 000 000,00	40 000 000,00
Liczba autobusów	2,00	6,00	7,00	10,00

Cena jednostkowa	4 000 000,00	4 000 000,00	4 000 000,00	4 000 000,00
Inwestycja w infrastrukturę towarzyszącą	1 200 000,00	1 200 000,00	1 200 000,00	1 200 000,00
Liczba stanowisk	1,00	1,00	1,00	1,00
Cena jednostkowa	1 200 000,00	1 200 000,00	1 200 000,00	1 200 000,00

Źródło: opracowanie własne.

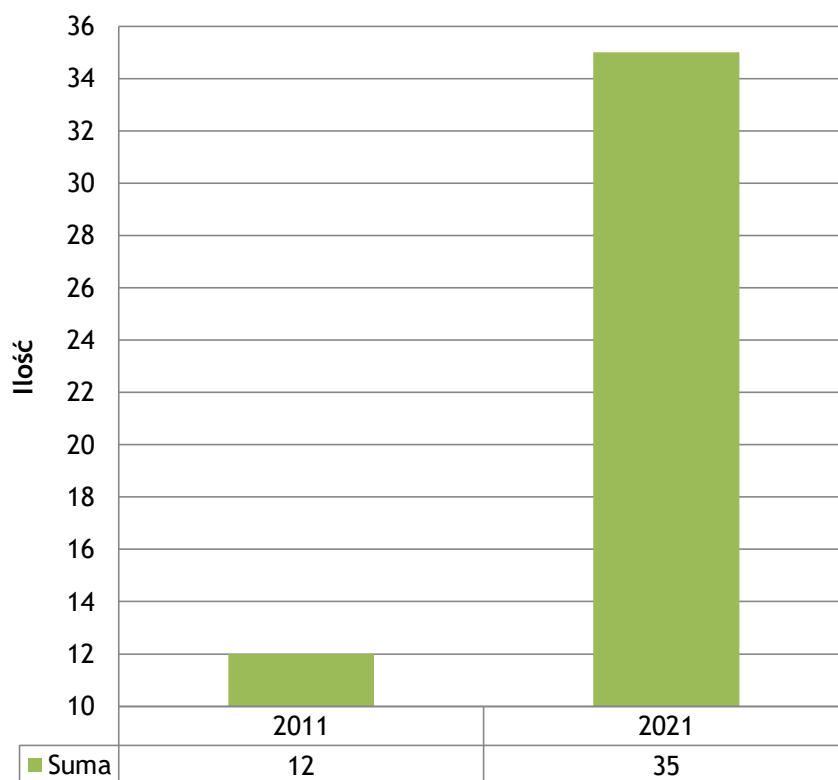
3.4. Szacunkowe nakłady inwestycyjne

Oszacowano, że wartość pojazdu klasy MINI koszt 1 szt. autobusu to 800 000,00zł. Koszt zakupu 15szt. pojazdów to 12 000 000,00zł. Wartość pojazdu klasy MIDI wynosi 2 200 000,00zł. Koszt zakupu 10 szt. pojazdów klasy MIDI to 22 000 000,00zł. Szacuje się, że roczny koszt eksploatacji 10 sztuk autobusów MIDI oraz roczny koszt utrzymania 15 szt. minibusów ma wynosić maksymalnie do 25 000 zł. Zakłada się, że do obsługi 25 szt. pojazdów o napędzie elektrycznym będzie wymagana infrastruktura ładująca w ilości 12 szt. ładowarek przewodowych typu plug - in posiadającej 2 wyjścia w standardzie CCS Combo 2. Koszt jednostkowy ładowarki szybkiej to ok 100 000,00 - 150 000,00zł. Natomiast koszt ładowarki wolnej to ok 10 000,00 - 15 000,00 zł.

Wymiana taboru wykorzystywanego w systemie komunikacji miejskiej w Łomży

Zasada zrównoważonego rozwoju oznacza równowagę i integrację pomiędzy aspektem społecznym i gospodarczym a ochroną środowiska. Dotyczy to również transportu. Poprawa jakości systemu transportowego w zasadniczy sposób wpływa na rozwój ekonomiczny i społeczny Miasta Łomży. Na obecną chwilę wymiana taboru w Mieście Łomża ma na celu wzrost pojazdów napędzanych silnikami elektrycznymi ze względu na elektryfikację taboru publicznego transportu zbiorowego. Miasto Łomża dopuszcza wymianę najstarszych autobusów z silnikami spalinowymi na fabrycznie nowe autobusy elektryczne w przypadku pozytywnych wyników analizy, w tym również pozyskania wsparcia w formie dotacji unijnej.

Poniższe wykresy przedstawiają tabor MPK po wprowadzeniu planowanej wymiany na pojazdy zeroemisyjne dofinansowane z programu E-bus.

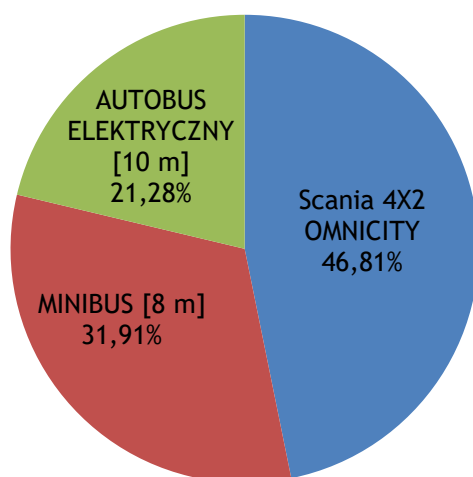


Wykres 6. Rok produkcji pojazdów po wprowadzeniu wymiany taboru MPK

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MPK.

Według planów Miasta Łomża po wprowadzeniu wymiany taboru zakład powinien dysponować 47 pojazdami przy założeniu likwidacji 10 najgorszych autobusów (najstarszych, z najgorszą emisją spalin) - autobusami dedykowanymi przewozom typowo miejskim oraz podmiejskim. Miasto Łomża planuje do 2021 roku wymianę taboru ze względu na to, że najstarsze eksploatowane autobusy mają obecnie 18 lat (Volvo z 2000 r.) oraz spełniają normę emisji spalin EURO II. Niezbędne jest uzupełnienie oraz wymiana najstarszego taboru na nowoczesne proekologiczne środki transportu przyczyniające się do znacznej redukcji emisji gazów cieplarnianych. Kilkunastoletnie autobusy wymagają coraz większych środków na naprawę i remonty, a z roku na rok rosną koszty ich utrzymania.

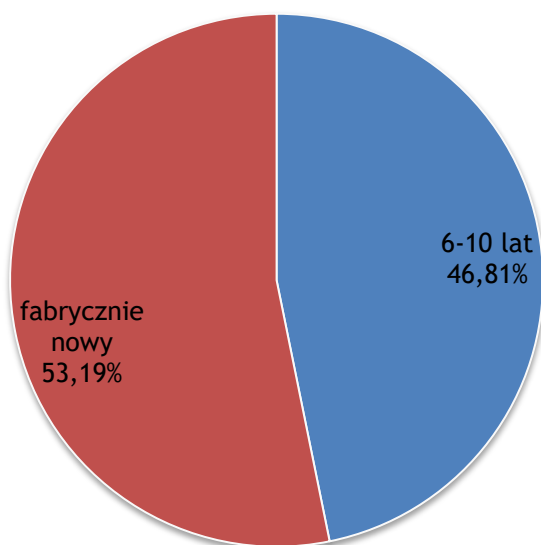
Procentowy wykaz marek taborów przedstawia poniższy wykres. Tym samym, największy procent stanowi Scania 4x2 OMNACITY - 46,81%. Jest to autobus napędzany silnikiem spalinowym spełniający normę emisji EURO V. Następnie Miasto Łomża planuje wymienić najstarsze eksploatowane autobusy Volvo o napędzie konwencjonalnym; 21,28% (10 szt. lub 20 10-metrowych autobusów elektrycznych oraz 31,91% (15 szt.) 8-metrowych Minibusów.



Wykres 7. Procentowy udział pojazdów w przedziałach na markę i model w całości taboru eksploatowanego przez MPK

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MPK.

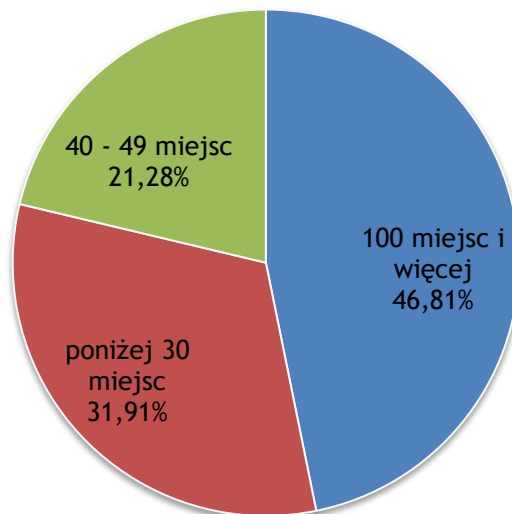
Wiek pojazdów w mieście Łomży po wprowadzeniu modernizacji taboru będzie wahał się pomiędzy pojazdami fabrycznie nowymi a pojazdami w wieku produkcyjnym od 6 do 10 lat. Pozytywną wizją jest większy procent udziału pojazdów nowych, 53,19%, przy czym starsze stanowić będą 46,81% całości pojazdów. Nowe autobusy to pojazdy w całości napędzane silnikami zeroemisyjnymi.



Wykres 8. Procentowy udział pojazdów w poszczególnych przedziałach wiekowych w całości taboru eksploatowanego przez MPK

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MPK.

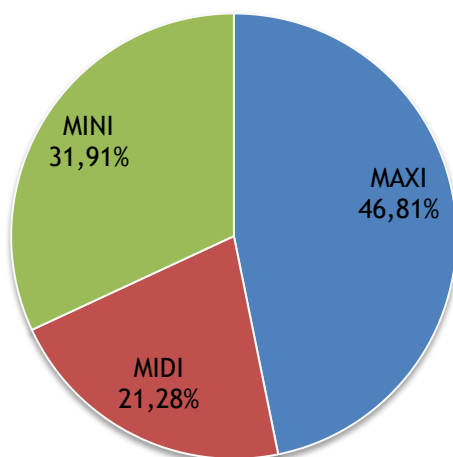
Podział taboru MPK ze względu na pojemność powierzchni pasażerskiej ukazują, że po wprowadzeniu planowanej wymiany taboru 48% pojazdów będą stanowiły autobusy posiadające pojemność pasażerską na poziomie 100 lub więcej miejsc dla pasażerów, 22% pojazdy zawierające między 40 a 49 miejsc pasażerskich, a 30% pojazdy z liczbą poniżej 30 miejsc.



Wykres 10. Podział ze względu na pojemność pasażerską taboru MPK

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MPK.

W Mieście Łomży znaczny odsetek eksploatowanych pojazdów będą stanowiły pojazdy klasy MAXI - 47,83% całego taboru. 21,74% stanowią autobusy klasy MIDI, ponad 30% to najkrótsze pojazdy klasy MINI o długości od 6 do 8 [m]. Zmniejszenie gabarytów taboru jest uzależnione od planowanych nowych tras dążących do ciężko dostępnych miejsc, zmniejszenie gabarytów prowadzi również do zmniejszenia pojemności pasażerskiej pojazdu. Zakup pojazdów klasy MINI pozwoli na zlikwidowanie barier transportowych mieszkańców, zmniejszenie kosztów funkcjonowania komunikacji miejskiej oraz ułatwi dostosowanie oferty przewozowej do indywidualnych potrzeb grup społecznych.



Wykres 11. Podział ze względu na długość nadwozia i pojemność pasażerską pojazdów obsługiwanych przez MPK

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MPK.

Wymiana taboru autobusowego dzięki programowi E-bus, doprowadzi do sytuacji, w której ponad 53% będą stanowiły autobusy zeroemisyjne a reszta pojazdów spalinowych będzie spełniała rygorystyczną normę spalania EURO V.

Na podstawie powyższych danych można dojść do istotnego wniosku. Po wprowadzeniu w życie taboru z programu E-bus dostawa nowego taboru autobusowego, mającego na celu unowocześnienie floty transportu publicznego, Miasto Łomża zrealizuje (bez względu na wynik analizy) w 100% plan Ustawy z dn. 11.01.2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych. Operator do roku 2028 będzie posiadał ponad 30% autobusów zeroemisyjnych całego taboru do obsługi publicznych połączeń pasażerskich.

4. ANALIZA ROZWIĄZAŃ ALTERNATYWNYCH, WYKONALNOŚĆ TECHNICZNA

Alternatywne warianty realizacji inwestycji

Wśród alternatywnych rozwiązań można wskazać grupy wariantów:

- Wariant „0” - bezinwestycyjny - wymiana taboru o napędzie konwencjonalnym,
- Wariant „1” - wprowadzenie do eksploatacji taboru zeroemisyjnego o napędzie elektrycznym,
- Wariant „2” - wprowadzenie do eksploatacji taboru zeroemisyjnego o napędzie wodorowym,

Biorąc pod uwagę ekologiczny aspekt wprowadzenia nowego taboru centrum miasta wpłynie pozytywnie na zniwelowanie problemu z wydzielaniem niebezpiecznych substancji do środowiska naturalnego. Wpłynie to korzystnie na jakość życia mieszkańców Miasta Łomża. Analiza potrzeby wprowadzenia takiego rozwiązania powinna dotyczyć przede wszystkim linii, których trasa przebiega przez tereny miejskie najwyższym zaludnieniu.

Poniżej znajdują się szczegółowa analiza wprowadzenia pojazdów o zróżnicowanym napędzie pod względem podstawowych parametrów technicznych, kosztów inwestycji, wpływu na środowisko itp.

Zgodnie z zapisami Ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r o elektromobilności i paliwach alternatywnych do 2028 roku podmiot świadczący usługi publicznego transportu zbiorowego będzie posiadał co najmniej 30% autobusów zeroemisyjnych w całym eksploatowanym taborze na rzecz danej jednostki samorządu terytorialnego. Ustawa zawiera poszczególne etapy osiągnięcia wymaganej liczby pojazdów o napędzie zeroemisyjnym do roku 2028:

- 5% do 1 stycznia 2021 r.,
- 10% do 1 stycznia 2023 r.,
- 20% do 1 stycznia 2025 r.,
- 30% do 1 stycznia 2028 r.

Zgodnie z zapisami w ustawie w Mieście Łomża przy obecnym stanie taboru wynoszącym 37 pojazdów, do 2028 roku wymagana liczba pojazdów zeroemisyjnych wynosi 12. MPK nie posiada w swoim taborze pojazdów o napędzie zeroemisyjnym.

Tabela 5. Wymagana liczba pojazdów zeroemisyjnych

Założenia inwestycyjne zgodnie z ustawą	
Rok inwestycji	Ilość wymaganych pojazdów
2021	2
2023	4
2025	8
2028	12

Źródło: Opracowanie własne.

Alternatywna trasa autobusów zeroemisyjnych

Do poprawnego wykonania analizy rozwiązań alternatywnych należy wskazać linię komunikacyjną, na której autobusy zeroemisyjne będą wykonywały przewozy w zakresie publicznego transportu zbiorowego. Aby zaproponować najlepsze rozwiązanie zarówno doboru infrastruktury ładującej, przebiegu trasy oraz doboru parametrów technicznych pojazdu, badamy między innymi takie szczegóły jak: rozkład jazdy autobusu, trasę, danej linii komunikacyjnej, infrastrukturę w danym mieście. Na tej podstawie można wskazać potrzeby dotyczące infrastruktury ładowania jakie powinny znaleźć się na trasie przejazdu lub na bazie operatora. W przypadku linii, na której obserwuje się największe potoki pasażerskie, należałoby rozważyć optymalizację komunikacji autobusowej.

Wstępną koncepcję przedstawiono na przykładzie linii autobusowej nr „5”. Trasa charakteryzuje się przebiegiem w centralnej części miasta. Jest to odcinek o długości 11,2 km, a czas potrzebny do jego pokonania to 30 minut, podczas gdy na całej trasie znajdują się 24 przystanki. Linia nr „5” przebiega tylko w obszarze miejskim, z przystankiem początkowym i końcowym przy ul. Przykoszarowej. Średnia prędkość autobusu na linii to 15,71 km/h. Dziennie zakłada się, że autobusy na linii nr „5” pokonują 229 km w dni nauki szkolnej, 215 km w dni wolne od nauki szkolnej oraz 114 km w weekendy. Linia nr „5” przebiega w pobliżu bazy MPK, co umożliwia wygodne ulokowanie infrastruktury ładującej, a co za tym idzie nie wymaga to dodatkowej infrastruktury na obszarze miejskim. Taka lokalizacja infrastruktury ładującej może przynieść szereg oszczędności dla operatora komunikacji miejskiej. Poniżej znajduje się przebieg linii nr „5”.

Tabela 6. Przebieg linii nr „5”

Nr linii	Przebieg linii
5	PRZYKOSZAROWA → Zawadzka → Al. Piłsudskiego → Spokojna → Sikorskiego → Al. Legionów → Pl. Kościuszki → Stary Rynek → Szosa Zambrowska → Sikorskiego → Zawadzka → PRZYKOSZAROWA

Źródło: Opracowanie własne.



Rysunek 3. Przebieg linii komunikacyjnej nr 5

Źródło: Opracowanie własne.

Biorąc pod uwagę ekologiczny aspekt autobusów zeroemisyjnych, wprowadzenie takiego taboru do centrum miasta wpłynie pozytywnie na zniwelowanie problemu z wydzielaniem niebezpiecznych substancji do środowiska naturalnego. Wpłynie to korzystnie na jakość życia mieszkańców Miasta Łomży. Analiza potrzeby wprowadzenia takiego rozwiązania powinna dotyczyć przede wszystkim linii miejskich. Pomijając aspekt ekologiczny, codzienne koszty eksploatacji taboru są dużo niższe niż przy wykorzystaniu obecnych jednostek. Również komfort jazdy autobusem elektrycznym jest znacznie wyższy w porównaniu z tradycyjnymi autobusami, autobus zeroemisyjny jest cichszy oraz stabilniejszy.⁷

⁷ AUTOBUS ELEKTRYCZNY JAKO POJAZD KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ, Instytut Elektrotechniki Warszawa – Międzyzlesie Zakład Trakcji Elektrycznej

Dopasowanie mocy silnika napędowego do mocy baterii i ustalone charakterystyki narastania prądu/momentu rozruchowego zapewniają łagodne przyspieszenia rozruchu. Pasażer pojazdu odczuwa zatem cichszą i płynną jazdę.

4.1.1. Wariant „0”

Wariant bezinwestycyjny - nie podejmowanie inwestycji zakupu autobusów zeroemisyjnych. Wariant ten oznacza wymianę przestarzałych pojazdów na nowe pojazdy o napędzie konwencjonalnym. Jest to podstawowy, wyjściowy wariant analizy porównawczej, w stosunku do którego są odnoszone i porównywane wszystkie analizowane opcje inwestycyjne.

Wariant „0” oznacza dalsze znaczące oddziaływanie autobusów napędzanych silnikiem konwencjonalnym na życie mieszkańców miejscowości zlokalizowanych wzdłuż dróg uczęszczanych przez te autobusy w takich dziedzinach jak hałas, zanieczyszczenie powietrza, drgania, bezpieczeństwo. W przypadku, gdy wariant „0” dotyczy istniejącej infrastruktury, zakłada brak jakichkolwiek modernizacji oraz ulepszeń infrastruktury przystankowej (poza utrzymaniem). Aktualny stan techniczny autobusów oraz przystanków ulega sukcesywnemu pogarszaniu oraz starzeniu. Dalsza ich eksploatacja wymaga nie tyle remontu kapitalnego co wymiany na nowe pojazdy aby mogły stanowić realną alternatywę dla innych środków transportu. Wraz ze starzeniem się użytkowanego taboru koszty eksploatacyjne będą się zwiększały.

4.1.2. Wariant „1”

Zakłada pozyskanie 10 szt. + 10 szt. fabrycznie nowych autobusów elektrycznych, 15 szt. fabrycznie nowych minibusów oraz infrastruktury ładującej do ich obsługi z programu E-bus. Według Ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz.U. 2018 poz. 317) do 2028 roku miasta powyżej 50 tysięcy ludności powinny wprowadzić 30% taboru zeroemisyjnego kosztem spalinowego. Rozwiązanie takie wymaga wymiany starego, nieefektywnego taboru napędzanego silnikiem spalinowym. W Mieście Łomża używa się wiekowych pojazdów o przestarzałej technologii. Głównie z powodu braku środków finansowych. Wariant „1” pozwoli na pozyskanie nowego taboru autobusowego, który będzie w stanie zastąpić wiekowe pojazdy, których użytkowanie oraz remonty będzie coraz bardziej kosztowne a ich gotowość do realizacji zamierzonych prac będzie zmniejszona. Zamiana pojazdów z napędem konwencjonalnym na pojazdy zeroemisyjne przyczyni się w dużej mierze na poprawę czynników ekologicznych.

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

- poprawę jakości powietrza,
- poprawę zdrowia mieszkańców,
- redukcja negatywnego wpływu komunikacji autobusowej na zmiany klimatyczne,
- zmniejszenie poziomu hałasu.

Korzyści środowiskowych z wprowadzenia autobusów zeroemisyjnych jest wiele, lecz koszt zakupu pojazdu z konwencjonalnym napędem jest dużo niższy niż koszt autobusu zeroemisyjnego. Do obsługi oraz eksploatacji autobusów zeroemisyjnych potrzebna jest również specjalistyczna infrastruktura ładująca. Odpowiedni poziom dopłat ze środków zewnętrznych do zakupu zeroemisyjnych pojazdów i infrastruktury może skutecznie zachęcić samorządy do zakupu takich pojazdów. Perspektywiczne przeniesienie kosztów środowiskowych i zdrowotnych (np. leczenie chorób płuc, absencja zawodowa, i wiele innych) na inwestycje prozdrowotne może przynieść docelowo więcej korzyści zarówno społecznych jak i finansowych. W przypadku MPK większość linii to linie miejskie, które nie wymagają infrastruktury ładującej znajdującej się poza bazą MPK. Przykładowa linia nr „5” nie wymaga umiejscowienia infrastruktury ładującej na mieście, ponieważ trasa przebiega przy bazie MPK i infrastruktura ładująca może znajdować się na zajezdni. Dziennie wykonuje się 12 kursów linii nr „5”. Pojazdy wyruszają z Bazy na trasę o godz. 04:45, a wracają do zajezdni o godz. 16:10. W ciągu dziennej obsługi linii występuje ponad 3 godzinna przerwa. Przy maksymalnym wykorzystaniu autobusów zeroemisyjnych do obsługi wszystkich kursów linii nr „5” wystarczy 1 autobus elektryczny. Przerwa trwająca 3 godziny może zostać całkowicie wykorzystana na doładowanie baterii autobusów elektrycznych. Średni dzienny przebieg na linii nr „5” wynosi 229 km w dni nauki szkolnej, 215 km w dni wolne od nauki szkolnej oraz 114 km w weekendy. Szacunkowo Autobusy Solaris Urbino 10Electric wyposażone w baterie o pojemności 120 kWh są w stanie przejechać na jednym ładowaniu do 130 km w zależności od użytkowania infrastruktury dodatkowej (klimatyzacji, urządzeń informacji pasażerskiej). Do pełnej obsługi linii nr „5” autobus wyposażony w baterie o poj. 120 kWh potrzebuje jednego doładowania w ciągu dnia, kolejne ładowanie następuje w nocy na zajezdni aby przygotować pojazd do następnej obsługi przypisanej linii. Strategia MPK zakłada brak pantografów na terenie miasta co ogromnie zmniejsza koszty inwestycji początkowej jak i eksploatacji (np. brak opłat mocy zamówionej do każdego pantografu). Wszystkie autobusy elektryczne będą ładowane głównie w trybie wolnego ładowania z ładowarek zlokalizowanych na terenie zajezdni.

Uzupełniając autobusy elektryczne akumulatorowe będą obsługiwały pozostałe linie komunikacyjne w porach o zmniejszonym zapotrzebowaniu na autobusy na liniach całkowicie zelektryfikowanych.

4.1.3. Wariant „2”

Zakłada zakup oraz eksploatację autobusów o napędzie elektrycznym opartym o ogniwa wodorowe oraz infrastruktury potrzebnej do obsługi taboru. Wodór, jako paliwo nie zawierające węgla, jest uważany za jedno z bardziej przyszłościowych źródeł energii. Oznacza to, że autobus zasilany wodorem praktycznie nie wytwarza gazów cieplarnianych, takich jak dwutlenek węgla. Już dziś, silniki wodorowe osiągają poziomy emisji znacznie poniżej wszelkich znanych, przyszłościowych norm emisji spalin. Energetyka wodorowa obejmuje swoim zakresem trzy etapy funkcjonalne: produkcję magazynowanie i transport oraz wykorzystanie paliwa wodorowego. Pod nazwą wykorzystanie rozumieć należy konwersję wodoru na pożądaną rodzaj energii, najczęściej na energię elektryczną w ogniwach paliwowych.

Według Ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz.U. 2018 poz. 317) do 2028 roku miasta powyżej 50 tysięcy ludności powinny wprowadzić 30% taboru zeroemisyjnego kosztem spalinowego. Zgodnie z założeniami ustawy MPK do 2028 roku powinno posiadać 12 sztuk autobusów o napędzie wodorowym wraz z infrastrukturą potrzebną do eksploatacji pojazdów.

Technologia pozwalająca na napędzanie pojazdów wodorem jest technologią nową, bardzo zaawansowaną technicznie, a co najważniejsze na tą chwilę bardzo droga w zakupie nawet przyrównując do zakupu pojazdów z napędem elektrycznym. Koszt zakupu autobusu wodorowego oscyluje w okolicach 4 000 000,00 zł.

Autobusy o napędzie wodorowym posiadają zbiorniki na wodór na dachu pojazdu mieszczące 35-40 kg wodoru. Pojazdy pokonują dystans około 450 km na jednym ładowaniu ogniw wodorowych co sprawia, że autobus o takich parametrach może zastąpić autobusy o napędzie konwencjonalnym. Szacunkowy koszt 1 kg wodoru to 10 zł, Co sprawia że przejazd 100 km autobusem wodorowym będzie kosztował około 80 zł. Proponowana lokalizacja infrastruktura do obsługi pojazdów o napędzie wodorowym czyli scentralizowana stacja tankowania wodoru (HRS) powinna znajdować się na zajezdni MPK.

4.1.4. Ocena wariantów

Porównując warianty ze sobą można zauważyć że wprowadzenie w życie wariantu „1” lub wariantu „2” pozytywnie wpłynie na środowisko naturalne co będzie prowadziło do poprawy jakości życia mieszkańców miasta Łomży. Autobusy zeroemisyjne obsługujące linie komunikacyjne pozwolą na zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych emitowanych przez transport zbiorowy w centrum miast. Brak wdrożenia wariantów 1 i 2 będzie skutkowało corocznym pogarszaniem się stanu technicznego pojazdów eksploatowanych przez MPK oraz pojawieniem się znacznie większej ilości zanieczyszczeń wytwarzanych przez kilkunastoletni tabor. Potrzeba cyklicznych napraw oraz wymiana przestarzałego taboru będzie pojawiała się coraz częściej a każda naprawa autobusu będzie generowała koszty, które z roku na rok będą coraz większe. Koszt wprowadzenia wariantu „1” jest ponad 2 razy większy niż wprowadzenie wariantu „0”, ponieważ różnica w koszcie zakupu autobusu o napędzie elektrycznym wynosi ponad 1 mln złotych w porównaniu do kosztów zakupu autobusu o napędzie konwencjonalnym spełniający normę spalin EURO VI. Do kosztów zakupu autobusu elektrycznego należy również doliczyć koszt infrastruktury ładującej potrzebnej do obsługi taboru zeroemisyjnego. To samo dotyczy wariantu „2” który spośród wszystkich wariantów jest najdroższy, ponieważ koszt zakupu autobusu napędzanego wodorem jest około 4 razy droższy od zakupu autobusu spalinowego. Koszt eksploatacji autobusów o napędzie zeroemisyjnym będzie niższy niż koszt eksploatacji autobusów o napędzie konwencjonalnym, z uwagi na rozwiązania technologiczne i konstrukcyjne silnika elektrycznego przekładające się, np. na brak wykorzystania oleju, niższe wykorzystanie smarów, niższą temperaturę pracy silnika oraz niższe ciśnienie panujące w silniku. Konstrukcja silników elektrycznych jest trwalsza niż silników spalinowych co wpływa na całkowity koszt eksploatacji pojazdów. Na poniższej tabeli porównane zostały alternatywne warianty.

Tabela 7. Porównanie alternatywnych wariantów inwestycyjnych

Lp.	Wariant	Koszt zakupu 1 pojazdu	Koszty infrastruktury	Koszty eksploatacji	Wpływ na środowisko
1	Wariant „0”	Niski	Brak	Wysoki	Wysoki
2	Wariant „1”	Średni	Średni	Niski	Brak
3	Wariant „2”	Wysoki	Wysoki	Niski	Brak

Źródło: Opracowanie własne.

Porównując warianty inwestycyjne pod względem ekologicznym można zauważyć, że w przypadku nie podjęcia inwestycji stan środowiska będzie się pogarszał ze względu na coraz większą emisję niebezpiecznych substancji wytwarzanych przez transport publiczny. Wraz ze wzrostem eksploatacji pojazdu jego stan się pogarsza co za tym idzie z każdym kolejnym rokiem rośnie ryzyko awarii i obniża się niezawodność świadczenia usług przewozowych. Każda kolejna awaria prowadzi do kolejnych napraw oraz zwiększania kosztów eksploatacji. Koszt zakupu pojazdów z napędem zeroemisyjnym oraz infrastruktury do ich obsługi jest drogi lecz należy się zastanowić jakie korzyści można osiągnąć z posiadania takich pojazdów. Napęd elektryczny czy wodorowy to nowa technologia, której koszt przewyższa zakup pojazdów z napędem konwencjonalnym jednak z każdym rokiem te ceny powinny się zmniejszać. Najkorzystniejszym wariantem wydaje się wariant „1”, który przy średnich kosztach zakupu pojazdów oraz infrastruktury potrzebnej do ich obsługi pozwoli na uzyskanie bardzo dobrych efektów ekologicznych oraz względnie niskich kosztów eksploatacyjnych.

Do zmniejszenia kosztów przyczyni się w dużej mierze inwestycja w pozyskiwanie energii odnawialnej. Instalacja paneli fotowoltaicznych przyczyni się do produkcji zielonej energii, która znacznie zmniejszy koszty eksploatacji pojazdów elektrycznych a w przyszłości wprowadzeniu planowanej instalacji paneli fotowoltaicznych o mocy 300 kWh może całkowicie zniwelować koszty eksploatacji co może przełożyć się istotnie na koszty. Różnice wydatków na energię można przeznaczyć na przyszłościowe wymiany akumulatorów.

5. WYNIKI

5.1. Analiza finansowo-ekonomiczna, przedstawionych rozwiązań alternatywnych

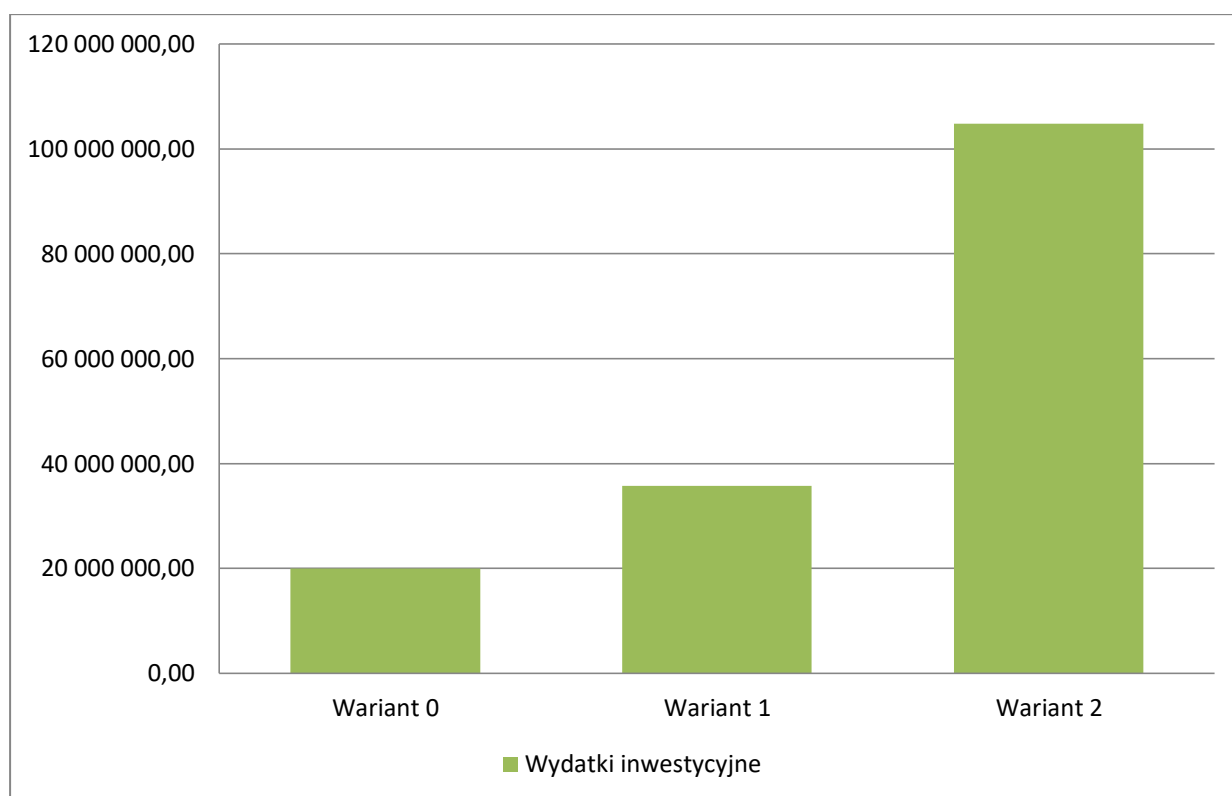
Analizę przedstawiono w modelu różnicowym, tj. zakładającym zmiany poszczególnych parametrów inwestycji (wartości nakładów inwestycyjnych, kosztów bieżącego funkcjonowania taboru) wskazując efekty przyrostowe danych wariantów.

Rozważane są trzy rodzaje inwestycji, w tym:

- wariant 0: wymiana taboru na nowy o napędzie konwencjonalnym (diesla),
- wariant 1: wymiana taboru na nowy o napędzie elektrycznym,
- wariant 2: wymiana taboru na nowy o napędzie wodorowym.

Wszystkie wartości wskazano w złotych (PLN) zaokrąglonych do dwóch miejsc po przecinku.

Na wykresie wskazano wartości dla poszczególnych wariantów.



Wykres 9. Wartość nakładów inwestycyjnych dla wariantu 0, 1 i 2 [PLN]

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MPK.

Szczegółowe planowane wydatki inwestycyjne wskazano w tabeli poniżej. Harmonogram inwestycji wskazano w p.3.3.

Tabela 8. Wartość nakładów inwestycyjnych dla wariantu 0, 1 i 2 [PLN]

Wyszczególnienie	
Wydatki inwestycyjne	
Wariant 0	20 000 000,00
Inwestycja w środki transportu	20 000 000,00
Liczba autobusów	25,00
Cena jednostkowa	800 000,00
Wariant 1	35 800 000,00
Inwestycja w środki transportu	34 000 000,00
Autobusy	22 000 000,00
Liczba autobusów	10,00
Cena jednostkowa	2 200 000,00
Minibusy	12 000 000,00
Liczba minibusów	15,00
Cena jednostkowa	800 000,00
Inwestycja w infrastrukturę towarzyszącą	1 800 000,00
Liczba stanowisk	12,00
Cena jednostkowa	150 000,00
Wariant 2	104 800 000,00
Inwestycja w środki transportu	100 000 000,00
Liczba autobusów	25,00
Cena jednostkowa	4 000 000,00
Inwestycja w infrastrukturę towarzyszącą	4 800 000,00
Liczba stanowisk	4,00
Cena jednostkowa	1 200 000,00

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MPK.

Wydatki eksploatacyjne, które będą podlegały zmianie z uwagi na planowane inwestycje, w tym: koszt paliwa, energii elektrycznej, naprawy, konserwacje - określono w tabelach.

Tabela 9. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu 0, 1 i 2 w latach 2022-2025 [PLN]

Wyszczególnienie	2022	2023	2024	2025
Wydatki eksploatacyjne				
Wariant 0	200 436,80	801 747,20	801 747,20	1 503 276,00
Paliwo	195 436,80	781 747,20	781 747,20	1 465 776,00
Liczba wzkm	139 200,00	556 800,00	556 800,00	1 044 000,00
Koszt paliwa na wzkm	1,40	1,40	1,40	1,40
Naprawy i konserwacje	5 000,00	20 000,00	20 000,00	37 500,00
Liczba autobusów	2,00	8,00	8,00	15,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	2 500,00	2 500,00	2 500,00	2 500,00
Wariant 1	77 168,00	308 672,00	308 672,00	578 760,00
koszt energii	75 168,00	300 672,00	300 672,00	563 760,00
Liczba wzkm	139 200,00	556 800,00	556 800,00	1 044 000,00
Koszt energii elektr. na wzkm	0,54	0,54	0,54	0,54
Naprawy i konserwacje	2 000,00	8 000,00	8 000,00	15 000,00
Liczba autobusów	2,00	8,00	8,00	15,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00
Baterie	0,00	0,00	0,00	0,00
Liczba autobusów	0,00	0,00	0,00	0,00
Cena jednostkowa	0,00	0,00	0,00	0,00
Wariant 2	113 360,00	453 440,00	453 440,00	850 200,00
koszt energii	111 360,00	445 440,00	445 440,00	835 200,00
Liczba wzkm	139 200,00	556 800,00	556 800,00	1 044 000,00
Koszt paliwa na wzkm	0,80	0,80	0,80	0,80
Naprawy i konserwacje	2 000,00	8 000,00	8 000,00	15 000,00
Liczba autobusów	2,00	8,00	8,00	15,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MPK.

Tabela 10. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu 0, 1 i 2 w latach 2026-2029 [PLN]

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029
Wydatki eksploatacyjne				
Wariant 0	1 503 276,00	1 503 276,00	2 505 460,00	2 505 460,00
Paliwo	1 465 776,00	1 465 776,00	2 442 960,00	2 442 960,00
Liczba wzkm	1 044 000,00	1 044 000,00	1 740 000,00	1 740 000,00
Koszt paliwa na wzkm	1,40	1,40	1,40	1,40
Naprawy i konserwacje	37 500,00	37 500,00	62 500,00	62 500,00
Liczba autobusów	15,00	15,00	25,00	25,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	2 500,00	2 500,00	2 500,00	2 500,00
Wariant 1	578 760,00	578 760,00	964 600,00	1 964 600,00
koszt energii	563 760,00	563 760,00	939 600,00	939 600,00
Liczba wzkm	1 044 000,00	1 044 000,00	1 740 000,00	1 740 000,00
Koszt energii elektr. na wzkm	0,54	0,54	0,54	0,54
Naprawy i konserwacje	15 000,00	15 000,00	25 000,00	25 000,00
Liczba autobusów	15,00	15,00	25,00	25,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00
Baterie	0,00	0,00	0,00	1 000 000,00
Liczba autobusów	0,00	0,00	0,00	2,00
Cena jednostkowa	0,00	0,00	0,00	500 000,00
Wariant 2	850 200,00	850 200,00	1 417 000,00	1 417 000,00
koszt energii	835 200,00	835 200,00	1 392 000,00	1 392 000,00
Liczba wzkm	1 044 000,00	1 044 000,00	1 740 000,00	1 740 000,00
Koszt paliwa na wzkm	0,80	0,80	0,80	0,80
Naprawy i konserwacje	15 000,00	15 000,00	25 000,00	25 000,00
Liczba autobusów	15,00	15,00	25,00	25,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00

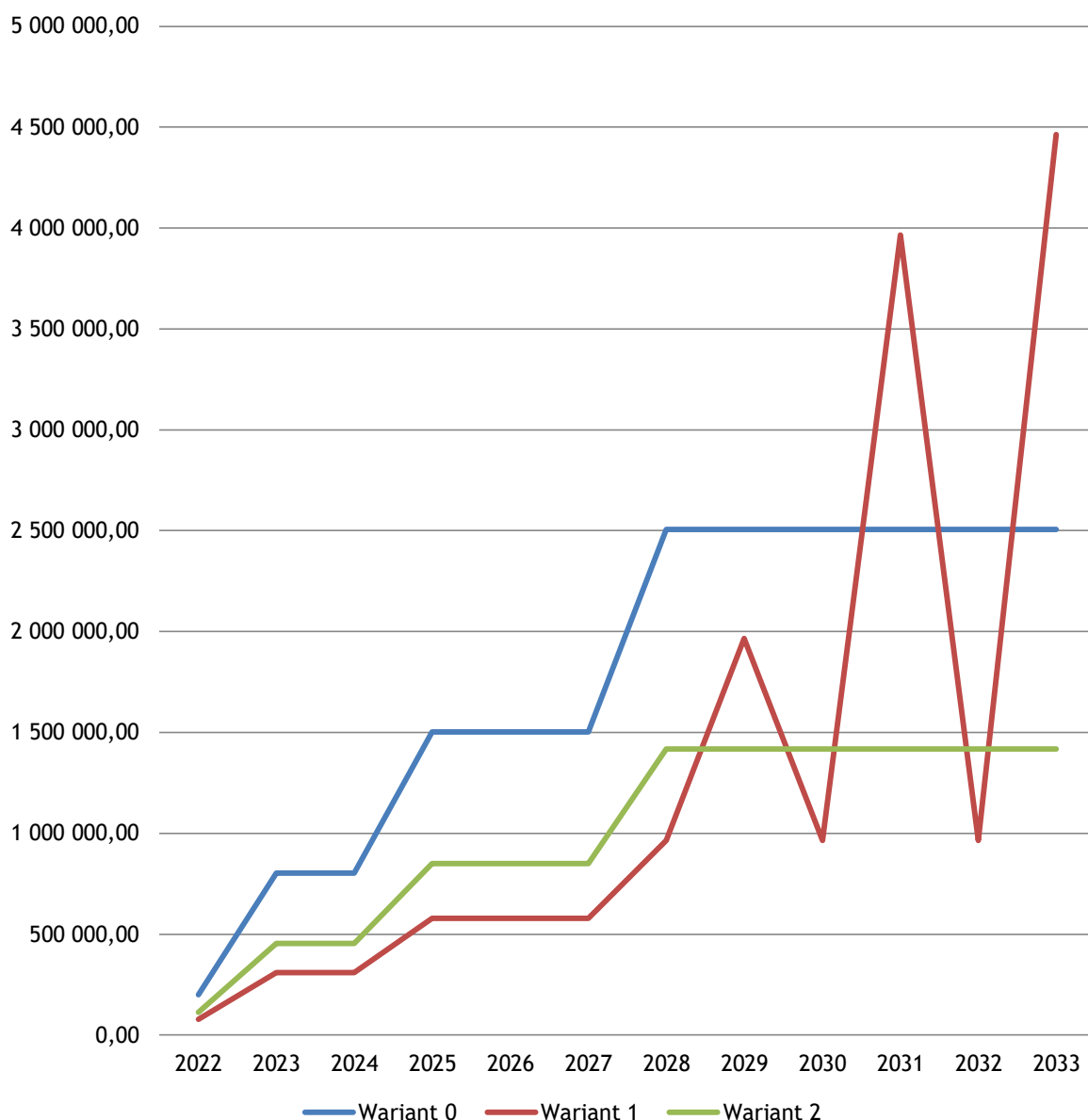
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MPK.

Tabela 11. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu 0, 1 i 2 w latach 2030-2033 [PLN]

Wyszczególnienie	2030	2031	2032	2033
Wydatki eksploatacyjne				
Wariant 0	2 505 460,00	2 505 460,00	2 505 460,00	2 505 460,00
Paliwo	2 442 960,00	2 442 960,00	2 442 960,00	2 442 960,00
Liczba wzkm	1 740 000,00	1 740 000,00	1 740 000,00	1 740 000,00
Koszt paliwa na wzkm	1,40	1,40	1,40	1,40
Naprawy i konserwacje	62 500,00	62 500,00	62 500,00	62 500,00
Liczba autobusów	25,00	25,00	25,00	25,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	2 500,00	2 500,00	2 500,00	2 500,00
Wariant 1	964 600,00	3 964 600,00	964 600,00	4 464 600,00
koszt energii	939 600,00	939 600,00	939 600,00	939 600,00
Liczba wzkm	1 740 000,00	1 740 000,00	1 740 000,00	1 740 000,00
Koszt energii elektr. na wzkm	0,54	0,54	0,54	0,54
Naprawy i konserwacje	25 000,00	25 000,00	25 000,00	25 000,00
Liczba autobusów	25,00	25,00	25,00	25,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00
Baterie	0,00	3 000 000,00	0,00	3 500 000,00
Liczba autobusów	0,00	6,00	0,00	7,00
Cena jednostkowa	0,00	500 000,00	500 000,00	500 000,00
Wariant 2	1 417 000,00	1 417 000,00	1 417 000,00	1 417 000,00
koszt energii	1 392 000,00	1 392 000,00	1 392 000,00	1 392 000,00
Liczba wzkm	1 740 000,00	1 740 000,00	1 740 000,00	1 740 000,00
Koszt paliwa na wzkm	0,80	0,80	0,80	0,80
Naprawy i konserwacje	25 000,00	25 000,00	25 000,00	25 000,00
Liczba autobusów	25,00	25,00	25,00	25,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MPK.

Na wykresie wskazano wartości dla poszczególnych wariantów.



Wykres 10. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu 0, 1 i 2 [PLN]

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MPK.

Skoki wartości wydatków eksploatacyjnych w latach 2029, 2031 i 2033 dla wariantu 1 wynikają z konieczności wymiany baterii na nowe.

Do obliczenia korzyści płynących z wymiany taboru wykorzystano różnice między planowanymi wartościami nakładów inwestycyjnych, nakładów eksploatacyjnych i przepływów pieniężnych dla wariantu 1 i 2 względem wariantu 0.

Model różnicowy między wariantami w zakresie wydatków inwestycyjnych, eksploatacyjnych i przepływów pieniężnych wskazano w tabelach.

Tabela 12. Wartość nakładów inwestycyjnych, nakładów eksploatacyjnych i przepływów pieniężnych dla wariantu 1 i 2 (model różnicowy) w latach 2021-2025 [PLN]

Wyszczególnienie	2021	2022	2023	2024	2025
Wydatki inwestycyjne					
Wariant 1	1 550 000,00	0,00	3 250 000,00	0,00	3 250 000,00
Wariant 2	7 600 000,00	0,00	20 400 000,00	0,00	23 600 000,00
Wydatki eksploatacyjne					
Wariant 1	0,00	-123 268,80	-493 075,20	-493 075,20	-924 516,00
Wariant 2	0,00	-87 076,80	-348 307,20	-348 307,20	-653 076,00
Przepływy pieniężne					
Wariant 1	-1 550 000,00	123 268,80	-2 756 924,80	493 075,20	-2 325 484,00
Wariant 2	-7 600 000,00	87 076,80	-20 051 692,80	348 307,20	-22 946 924,00

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 13. Wartość nakładów inwestycyjnych, nakładów eksploatacyjnych i przepływów pieniężnych dla wariantu 1 i 2 (model różnicowy) w latach 2026-2029 [PLN]

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029
Wydatki inwestycyjne				
Wariant 1	0,00	0,00	7 750 000,00	0,00
Wariant 2	0,00	0,00	33 200 000,00	0,00
Wydatki eksploatacyjne				
Wariant 1	-924 516,00	-924 516,00	-1 540 860,00	-540 860,00
Wariant 2	-653 076,00	-653 076,00	-1 088 460,00	-1 088 460,00
Przepływy pieniężne				
Wariant 1	924 516,00	924 516,00	-6 209 140,00	540 860,00
Wariant 2	653 076,00	653 076,00	-32 111 540,00	1 088 460,00

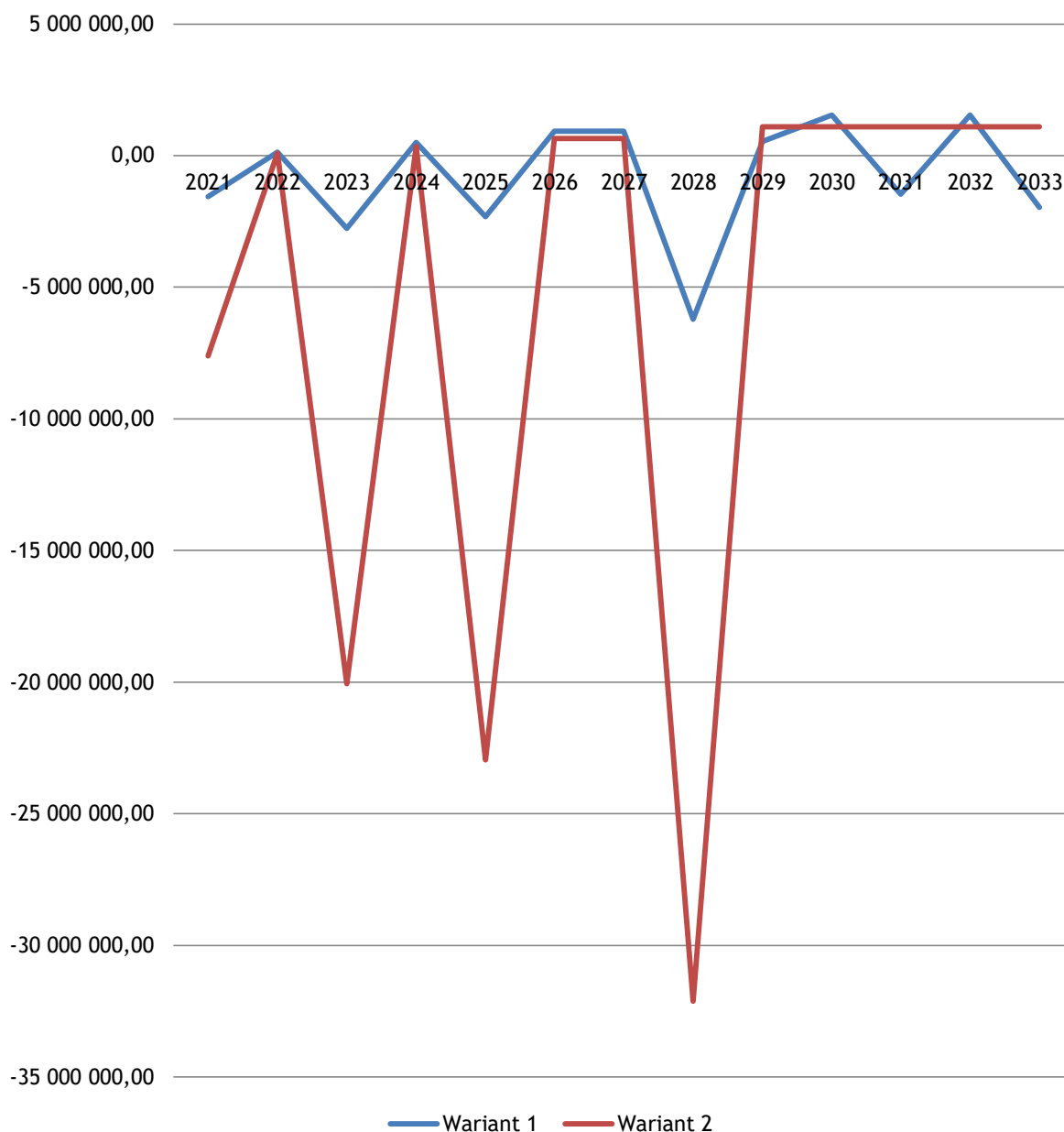
Źródło: opracowanie własne.

Tabela 14. Wartość nakładów inwestycyjnych, nakładów eksploatacyjnych i przepływów pieniężnych dla wariantu 1 i 2 (model różnicowy) w latach 2030-2033 [PLN]

Wyszczególnienie	2030	2031	2032	2033
Wydatki inwestycyjne				
Wariant 1	0,00	0,00	0,00	0,00
Wariant 2	0,00	0,00	0,00	0,00
Wydatki eksploatacyjne				
Wariant 1	-1 540 860,00	1 459 140,00	-1 540 860,00	1 959 140,00
Wariant 2	-1 088 460,00	-1 088 460,00	-1 088 460,00	-1 088 460,00
Przepływy pieniężne				
Wariant 1	1 540 860,00	-1 459 140,00	1 540 860,00	-1 959 140,00
Wariant 2	1 088 460,00	1 088 460,00	1 088 460,00	1 088 460,00

Źródło: opracowanie własne.

Wyniki modelu różnicowego (przepływy pieniężne) wskazano na wykresie w celu porównania wariantu 1 i 2.



Wykres 11. Wartość c dla wariantu 1 i 2 [PLN]

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MPK.

Silne spadki wartości przepływów pieniężnych wynikają z wysokiej ceny zakupu taboru zeroemisyjnego.

Prognozowane różnice wskazały na korzyści (oszczędności kosztów), które zostały zestawione z wyższymi nakładami inwestycyjnymi. Wartości mierników efektywności finansowej wskazano w tabeli.

Tabela 15. Ocena efektywności inwestycji [PLN]

Wyszczególnienie	
NPV	
Wariant 1	-7 546 247,52
Wariant 2	-57 809 305,32
IRR	
Wariant 1	Nieemożliwe do obliczenia
Wariant 2	Nieemożliwe do obliczenia

Źródło: opracowanie własne.

Dla wariantu 1 wartość NPV wyniosła -7 546 247,52 PLN, a wariantu 2 -57 809 305,32 PLN. Stopy IRR okazały się niemożliwe do obliczenia.

Z punktu widzenia oceny finansowej projektu, inwestycja w każdym z wariantów jest nieopłacalna ($NPV < 0$).

5.2. Analiza ekonomiczno-społeczna

Szczególnie niekorzystnym oddziaływaniem systemów transportowych na otoczenie jest generowanie kosztów zewnętrznych, ponoszonych głównie przez otoczenie systemów a nie przez operatorów transportu i ich użytkowników. Przy definiowaniu kosztów zewnętrznych należy odróżnić:

- koszty społeczne obejmujące wszystkie koszty związane z opłatami oraz użytkowaniem infrastruktury transportu, takimi jak zużycie infrastruktury (ścieranie, inne zużycie),
- koszty kapitału zamrożonego w infrastrukturze,
- koszty kongestii transportowej,
- koszty wypadków,
- koszty degradacji środowiska
- koszty (wewnętrzne) użytkownika, które on ponosi bezpośrednio, takie jak koszty zużycia energii i pojazdu, wszelkie opłaty i podatki,
- koszt czasu własnego,
- koszty hałasu.

5.2.1. Koszty społeczne emisji gazów cieplarnianych (CO₂) oraz innych niż cieplarniane

Ocena zanieczyszczenia powietrza umożliwia określenie wartości ekonomicznej oddziaływań wynikających z wymiany taboru na pojazdy o napędzie zeroemisyjnym. Mimo położenia w czystym i przyrodniczo atrakcyjnym obszarze kraju oraz w pobliżu terenów chronionych Miasto Łomża ma problemy ze stanem środowiska w kilku aspektach. Przede wszystkim wynika to z przechodzenia przez miasto ruchu tranzytowego o dużym natężeniu. Fakt ten skutkuje przede wszystkim uciążliwościami związanymi z hałasem. Kolejne zagrożenie - zanieczyszczenia pyłowe powietrza wynikające przede wszystkim z tzw. niskiej emisji. Nie zanotowano obecnie przekroczeń dopuszczalnych poziomów zanieczyszczeń. Jednak ogólny poziom zanieczyszczeń pyłowych (przekroczenia w zakresie zanieczyszczeń pyłem PM 2,5) powoduje, że Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska zakwalifikował jakość powietrza jako niską, wymagającą intensywnego monitorowania oraz podjęcia działań na rzecz ograniczenia emisji. Ogłoszenie przekroczenia dopuszczalnego poziomu zanieczyszczeń oznacza, że jakość powietrza nie jest dobra, ale nie wywołuje ciężkich skutków dla ludzkiego zdrowia.

Oddziaływania zanieczyszczenia powietrza dla wariantu bezinwestycyjnego i dla wszystkich inwestycyjnych to spójne oddziaływania generowane przez środki transportu publicznego na obszarze określonym w dokumencie. Na takie koszty składają się przede wszystkim:

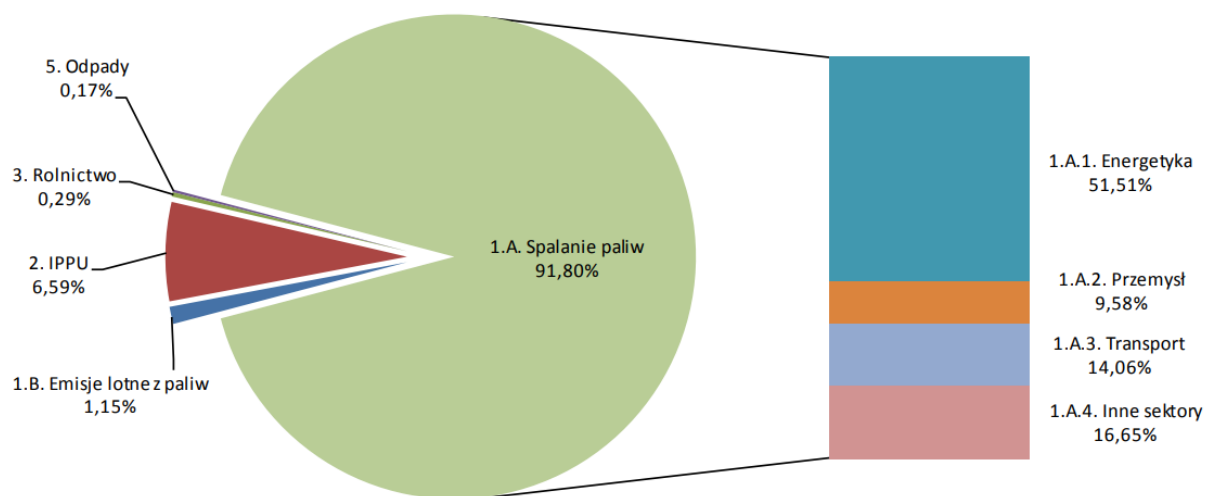
- ujemny wpływ na zdrowie ludzkie (objawy chorób sercowo-naczyniowych lub związanych z układem oddechowym),
- starty moralne (dewastacja budynków lub obiektów), szkody środowiskowe (wzrost smogu w powietrzu (wariant bezinwestycyjny), wpływ na bioróżnorodność czy ekosystemy).

Pył zawieszony, zarówno PM₁₀ jak i PM_{2,5}, jest mieszaniną bardzo drobnych cząstek stałych i ciekłych, które mogą pochodzić z emisji bezpośredniej (pył pierwotny) lub też powstają w wyniku reakcji między substancjami znajdującymi się w atmosferze (pył wtórny). Pył wtórny to w głównej mierze zanieczyszczenia pyłowe powstające w wyniku reakcji i procesów zachodzących podczas transportu na duże odległości gazów (SO₂, NO_x, NH₃, oraz lotnych związków organicznych) oraz reemisja tj. unoszenie pyłu z podłoża (szczególnie na terenie miast). Analizując udział frakcji pyłu zawieszonego PM_{2,5} w pyłu zawieszonym PM₁₀ warto zwrócić uwagę, że jest on największy przy transporcie drogowym, gdzie stanowi ok. 90%. Należy przy tym podkreślić, że znaczna część emisji pyłu z transportu drogowego pochodzi z procesów innych niż spalanie paliw, do których zaliczyć można np. ścieranie opon i hamulców oraz ścieranie nawierzchni dróg i unoszenie.

W zależności od rodzaju środka transportu drogowego koszty ekonomiczne zależą od prędkości i kategorii pojazdów (autobusy o napędzie konwencjonalnym, alternatywnym lub zeroemisyjnym), jak również od ukształtowania terenu, lokalizacji (teren miejski czy zamiejski), stanu technicznego drogi.

Struktura emisji CO₂

Emisje z sektora transportu obejmują dwie podstawowe kategorie zanieczyszczeń: lokalne zanieczyszczenia powietrza oraz emisje gazów cieplarnianych (tzw. GHG). Zwłaszcza emisje GHG generują poważne i długoterminowe zmiany wiążące się z wymiernymi kosztami dla społeczeństwa. Z tego względu, główny cel polityki transportowej UE, zawarty w Białej Księdze z 2011 r., zakłada redukcję emisji GHG z sektora transportu w wysokości 60% do roku 2050. Sektorową strukturę emisji CO₂ wg aktualnie dostępnych danych (raport KOBIZE opublikowany w 2016 roku dla lat 1988-2014) przedstawia poniższy wykres.



Rysunek 4. Emisja dwutlenku węgla w 2014 r w Polsce

Źródło: Krajowy Raport Inwentaryzacyjny 2016- Inwentaryzacja gazów cieplarnianych dla lat 1988-2014, KOBIZE2016

Dominującym źródłem emisji tego gazu są procesy spalania paliw (91,8%), za ponad połowę emisji z tych procesów odpowiedzialny jest sektor energetyczny (51,5% ogólnej emisji CO₂ z procesu spalania paliw).

Tabela 16. Emisje CO₂ pochodzące ze spalania paliw - struktura sektorowa, lata 1990-2009

Sektory	1990	1995	2000	2005	2009
	%				
Przemysł energetyczny	61,9	52,1	56,4	56,2	53,7
Przemysł wytwórczy i budownictwo	11,7	17,2	13,2	10,0	9,7
Transport	6,7	7,8	9,9	11,3	14,1
Inn sektory	14,2	17,7	15,5	15,7	16,0

Źródło: Krajowy Raport Inwentaryzacyjny 2011- Inwentaryzacja gazów cieplarnianych dla lat 1988-2009, KOBIZE 2011

W analizowanym okresie od roku 1990 wystąpił znaczący wzrost udziału emisji CO₂ z sektora transportu. Zmniejszył się natomiast udział emisji z sektora energetycznego.

Sektor transportu jest kluczowy dla rozwoju polskiej gospodarki i naszych miast. Z drugiej strony jest sektorem o dużym wpływie na środowisko naturalne, a przez to i warunki zdrowotne w miastach. Dodatkowo, na poziomie Unii Europejskiej transport miejski jest odpowiedzialny za ok. 40% emisji CO₂ z transportu drogowego. Dlatego też Unia Europejska podejmuje skoordynowane działania na rzecz ograniczenia tego szkodliwego wpływu poprzez integrację polityki transportowej z polityką ekologiczną. Efektem tych działań jest m. in.: zaostrzanie norm dotyczących emisji spalin, promocja alternatywnych źródeł energii (np. biopaliw), oraz promocja efektywnych energetycznie środków transportu.

Rodzaje efektów zewnętrznych transportu

Kosztami zewnętrznymi transportu są wszelkie koszty zużycia środków służących do wytworzenia usługi transportowej, które nie są ponoszone przez kupującego i wytwórcę usługi, ale przez podmiot trzeci, czyli ogół społeczeństwa. Tzn., jeśli występują negatywne skutki zewnętrzne danej działalności i nie są one rekompensowane w cenie usługi, to związane z nimi koszty są ponoszone przede wszystkim przez ośrodek, a nie przez wytwórcę i użytkownika.

Do kosztów zewnętrznych wliczane są koszty związane z negatywnymi dla środowiska naturalnego i życia człowieka skutkami działalności transportu:

- zanieczyszczenie powietrza, wody i gleby;
- emisja hałasu;
- wypadki transportowe (część nie pokryta przez system ubezpieczeń i odszkodowań);
- zajętość terenu.

W wyniku spalania paliw w silnikach różnych środków transportu emitowane są do środowiska różne zanieczyszczenia negatywnie wpływające na środowisko naturalne. W głównej mierze związki te wpływają negatywnie na zdrowie i jakość życia człowieka. Stan zdrowia mieszkańców uzależniony jest od warunków społeczno-ekonomicznych, stylu życia mieszkańców, jakości środowiska w miejscu zamieszkania i pracy, poziomu zabezpieczenia potrzeb zdrowotnych i socjalnych. Takie reakcje chemiczne powodują emitowanie do środowiska m.in.: tlenków węgla, węglowodorów, tlenków azotu, ołowiu, sadzy, dwutlenku siarki. Z motoryzacji do substancji, które zanieczyszczają środowisko należą: azbest, kadm, chrom, fenol, węglowodory, wanad, olefiny, dioksyny i ozon.

Biorąc pod uwagę ogólny bilans substancji emitowanych do środowiska, zanieczyszczenia z emisji spalin nie są wielkim procentem. Natomiast głównym powodem zanieczyszczeń jest ruch samochodowy na obszarach o wysokiej gęstości zaludnienia najbardziej narażone są centralne punkty miast.

Transport sam w sobie doprowadza do przyczyn degradacji środowiska naturalnego i źle wpływa na zdrowie człowieka. W skali Unii Europejskiej jest źródłem niemal 54% całkowitej emisji tlenków azotu, 45% tlenku węgla, 23% niemetanowych lotnych związków organicznych (NMLZO) oraz 23% pyłów PM₁₀ i 28% pyłów PM_{2,5} (cząstek stałych o średnicy odpowiednio 10 i 2,5 µm). Odpowiada również za ponad 41% emisji prekursorów ozonu troposferycznego oraz 23% emisji CO₂ i niemal 20% innych gazów cieplarnianych.

Wprowadzanie pojazdów o napędzie zeroemisyjnym traktowane jest jako podstawa zrównoważonej mobilności, ochrony środowiska i równocześnie dywersyfikacji energetycznej. Wzrost udziału pojazdów elektrycznych w realizacji zadań przewozowych w miastach ma szczególne znaczenie w związku z niewydzielaniem szkodliwych substancji do środowiska w miejscu realizacji usług, w tym emisji CO₂ i hałasu.

5.2.2. Koszty zmiany klimatu

Negatywne skutki środowiskowe wykorzystywania produktów ropopochodnych w transporcie związane są przede wszystkim z emisją gazów cieplarnianych. W Unii Europejskiej podjęte zostały działania zmierzające do ograniczenia ich emisji. Rada Europejska potwierdziła, że do 2050 roku planuje się ograniczenie emisji gazów cieplarnianych o 80-95% w stosunku do roku 1990. Dzięki innowacyjnym rozwiązaniom mającym znaczenie dla osiągnięcia wizji europejskiego systemu transportowego określonego w Białej Księdze istnieją sposoby na poradzenie sobie z najważniejszymi wyzwaniami takimi jak zmiana klimatu, niedobór energii oraz zdrowie i starzenie się społeczeństwa.

Zamiana napędu spalinowego na elektryczny pozwala na podniesienie jakości wdychanego powietrza. Znaczące korzyści są zauważalne w przypadku zredukowania poziomu emisji, a także przeniesienia ich poza obszary o największym zaludnieniu. W obszarach zurbanizowanych, o wysokiej intensywności zaludnienia oraz w centrach miast wydzielanie spalin i CO₂ do atmosfery zostaje zredukowane poprzez wprowadzanie autobusów elektrycznych. Używanie tych też napędów pozwala na odzyskanie energii podczas hamowania czy zwalniania, a to natomiast pozytywniej wpływa na obniżenie poziomu zanieczyszczeń wytwarzających się podczas procesu ścierania klocków hamulcowych. W przypadku wykorzystywania energii elektrycznej pochodzącej ze źródeł o niskiej emisji lub z odnawialnych źródeł energii, emisja dwutlenku węgla przez pojazdy elektryczne może być równa zeru. Takie samochody to nie tylko zmniejszenie emisji szkodliwych zanieczyszczeń i dwutlenku węgla, ale również znaczące obniżenie kosztów eksploatacji.

5.2.3. Koszty społeczne emisji hałasu

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

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

- strat produktywności człowieka powodowanych niezdolnością do koncentracji;
- zmęczenia, braku snu, wypoczynku - niższa wydajność, pogorszenie jakości pracy;
- koszty opieki zdrowotnej.

Koszty te trudno jednak oszacować, gdyż hałas transportowy jako przyczyna strat jest trudny do wyizolowania od innych źródeł hałasu, jak też od innych negatywnych czynników wpływających na zdrowie człowieka.

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

- działanie bezpośrednie na ucho środkowe i wewnętrzne,
- działanie pośrednie na układ nerwowy,
- działanie na inne narządy.

Wskutek hałasu drogowego, człowiek nie ma możliwości odpoczynku od tego bodźca, a co za tym idzie brak możliwości zregenerowania organu słuchu. Prowadzi to do systematycznego osłabienia słuchu oraz przesunięcia progu słyszenia.

Dane epidemiologiczne wskazują, że hałas jest czynnikiem rozwoju ryzyka chorób krążeniowo-naczyniowych. Wyniki badań pokazują symptomy rozdrażnienia, niepokoju z powodu niedokrwienia serca. Emisja hałasu zwiększa ryzyko występowania schorzeń układu oddechowego i krążenia. Najwięcej osób dorosłych chorowało na choroby układu krążenia (ponad 12,3 tysięcy osób), choroby obwodowego układu nerwowego (2303 osób). W zachorowalności dominują takie choroby jak: układu krążenia (427osób), układu mięśniowo-kostnego i tkanki łącznej (515 osób), choroby obwodowego układu nerwowego (427 osób).⁸

Napęd elektryczny pomaga w głównej mierze zredukować poziom hałasu w centrach miast, co łącznie z brakiem emisji znacząco podniesie komfort życia mieszkańców. Przewagą tych pojazdów jest fakt, iż są całkowicie bezemisyjne, czyli ekologiczne. Są niezwykle ciche, co ma duże znaczenie zarówno dla samych pasażerów takiego autobusu, ale także dla zewnętrznego otoczenia. Wskaźnik poziom hałasu w centrach miast przy autobusach elektrycznych spadłby diametralnie. MPK zakładając modernizację taboru oraz wymianę przestarzałych autobusów spalinowych na autobusy elektryczne planują zmniejszyć emisję hałasu w ruchu miejskim z 90 dB na 60-70dB. Autobus elektryczny gwarantuje korzyści nie tylko ekonomiczne czy ekologiczne, a także zdrowotne dla mieszkańców miast.

5.2.4. Efektywność ekonomiczno-społeczna inwestycji

Zmiany związane z wymianą taboru na elektryczny na ogół oznaczają zmniejszenie kosztów eksploatacji tych pojazdów. Ma to związek ze zmniejszającymi się m.in.:

- Cenami paliwa
- Kosztami napraw pojazdów elektrycznych.

Ocena zmian kosztów eksploatacji pojazdów i ich utrzymania polega w głównej mierze na oznaczeniu, które elementy całkowitych kosztów systemu transportu publicznego ulegną zmianie w procesie realizacji dokumentu. Jednostkowe ekonomiczne koszty eksploatacji pojazdów dla poszczególnej kategorii pojazdów wylicza się w zależności do prędkości, stanu nawierzchni i stopnia nachylenia drogi. Według badań Standardised On-Road Test (SORT), pomiary zużycia paliwa pokazują: przejechanie trasy z wykorzystaniem 100 kW energii, czy to w postaci paliwa płynnego, czy energii elektrycznej, pozwala na dieslu przejechać ok. 22 km, a autobusem elektrycznym przy bardzo niekorzystnych warunkach przejedziemy ok. 40 km. W przypadku korzystnych warunków dystans ten wydłuża się nawet podwójnie.

⁸Diagnoza – Obszar polityki społecznej-założenia do opracowania programu rozwoju miasta Łomża do 2020 roku, dr Cecylia Sadowska-Snarska str. 56

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

Oszacowane efekty środowiskowe w jednostkach naturalnych wskazano w tabelach.

Tabela 17. Wartość (w jedn. naturalnych) efektów środowiskowych dla wariantu 1 i 2 w latach 2022-2025

Wyszczególnienie	2022	2023	2024	2025
Efekty środowiskowe				
Wariant 1				
Ograniczenie emisji CO2 [t]	124,97	499,90	499,90	937,30
Liczba wzkm	139 200,00	556 800,00	556 800,00	1 044 000,00
zużycie paliwa (l)	46 632,00	186 528,00	186 528,00	349 740,00
emisja CO2 (kg/litr)	2,68	2,68	2,68	2,68
emisja CO2 (kg)	124 973,76	499 895,04	499 895,04	937 303,20
emisja CO2 (t)	124,97	499,90	499,90	937,30
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń- niższe warstwy [t]	0,31	1,22	1,22	2,30
NOx g/km	2,20	2,20	2,20	2,20
Liczba wzkm	139 200,00	556 800,00	556 800,00	1 044 000,00
Wariant 2				
Ograniczenie emisji CO2 [t]	124,97	499,90	499,90	937,30
Liczba wzkm	139 200,00	556 800,00	556 800,00	1 044 000,00
zużycie paliwa (l)	46 632,00	186 528,00	186 528,00	349 740,00
emisja CO2 (kg/litr)	2,68	2,68	2,68	2,68
emisja CO2 (kg)	124 973,76	499 895,04	499 895,04	937 303,20
emisja CO2 (t)	124,97	499,90	499,90	937,30
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń- niższe warstwy [t]	0,31	1,22	1,22	2,30
NOx g/km	2,20	2,20	2,20	2,20
Liczba wzkm	139 200,00	556 800,00	556 800,00	1 044 000,00

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 18. Wartość (w jedn. naturalnych) efektów środowiskowych dla wariantu 1 i 2 w latach 2026-2029

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029
Efekty środowiskowe				
Wariant 1				
Ograniczenie emisji CO2 [t]	937,30	937,30	1 562,17	1 562,17
Liczba wzkm	1 044 000,00	1 044 000,00	1 740 000,00	1 740 000,00
zużycie paliwa (l)	349 740,00	349 740,00	582 900,00	582 900,00
emisja CO2 (kg/litr)	2,68	2,68	2,68	2,68
emisja CO2 (kg)	937 303,20	937 303,20	1 562 172,00	1 562 172,00
emisja CO2 (t)	937,30	937,30	1 562,17	1 562,17
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń- niższe warstwy [t]	2,30	2,30	3,83	3,83
NOx g/km	2,20	2,20	2,20	2,20
Liczba wzkm	1 044 000,00	1 044 000,00	1 740 000,00	1 740 000,00
Wariant 2				
Ograniczenie emisji CO2 [t]	937,30	937,30	1 562,17	1 562,17
Liczba wzkm	1 044 000,00	1 044 000,00	1 740 000,00	1 740 000,00
zużycie paliwa (l)	349 740,00	349 740,00	582 900,00	582 900,00
emisja CO2 (kg/litr)	2,68	2,68	2,68	2,68
emisja CO2 (kg)	937 303,20	937 303,20	1 562 172,00	1 562 172,00
emisja CO2 (t)	937,30	937,30	1 562,17	1 562,17
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń- niższe warstwy [t]	2,30	2,30	3,83	3,83
NOx g/km	2,20	2,20	2,20	2,20
Liczba wzkm	1 044 000,00	1 044 000,00	1 740 000,00	1 740 000,00

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 19. Wartość (w jedn. naturalnych) efektów środowiskowych dla wariantu 1 i 2 w latach 2030-2033

Wyszczególnienie	2030	2031	2032	2033
Efekty środowiskowe				
Wariant 1				
Ograniczenie emisji CO2 [t]	1 562,17	1 562,17	1 562,17	1 562,17
Liczba wzkm	1 740 000,00	1 740 000,00	1 740 000,00	1 740 000,00
zużycie paliwa (l)	582 900,00	582 900,00	582 900,00	582 900,00
emisja CO2 (kg/litr)	2,68	2,68	2,68	2,68
emisja CO2 (kg)	1 562 172,00	1 562 172,00	1 562 172,00	1 562 172,00
emisja CO2 (t)	1 562,17	1 562,17	1 562,17	1 562,17
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń- niższe warstwy [t]	3,83	3,83	3,83	3,83
NOx g/km	2,20	2,20	2,20	2,20
Liczba wzkm	1 740 000,00	1 740 000,00	1 740 000,00	1 740 000,00
Wariant 2				
Ograniczenie emisji CO2 [t]	1 562,17	1 562,17	1 562,17	1 562,17
Liczba wzkm	1 740 000,00	1 740 000,00	1 740 000,00	1 740 000,00
zużycie paliwa (l)	582 900,00	582 900,00	582 900,00	582 900,00
emisja CO2 (kg/litr)	2,68	2,68	2,68	2,68
emisja CO2 (kg)	1 562 172,00	1 562 172,00	1 562 172,00	1 562 172,00
emisja CO2 (t)	1 562,17	1 562,17	1 562,17	1 562,17
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń- niższe warstwy [t]	3,83	3,83	3,83	3,83
NOx g/km	2,20	2,20	2,20	2,20
Liczba wzkm	1 740 000,00	1 740 000,00	1 740 000,00	1 740 000,00

Źródło: opracowanie własne.

Efekty środowiskowe wyrażone w jednostce pieniężnej (PLN) wskazano w tabelach.

Tabela 20. Wartość zmonetyzowanych efektów środowiskowych wariantu 1 i 2 w latach 2022-2025 [PLN]

Wyszczególnienie	2022	2023	2024	2025
Monetyzacja efektów środowiskowych				
Wariant 1	45 957,69	189 159,86	194 511,08	374 779,90
Ograniczenie emisji CO ₂	23 059,04	94 729,05	97 221,92	186 965,22
Wartość emisji gazów cieplarnianych (PLN/t CO ₂)	184,51	189,50	194,48	199,47
Ograniczenie emisji CO ₂ [t]	124,97	499,90	499,90	937,30
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	22 898,65	94 430,82	97 289,17	187 814,67
Wartość emisji zanieczyszczeń (PLN/t NO _x)	74 773,54	77 088,90	79 422,32	81 772,32
Ograniczenie emisji NO _x [t]	0,31	1,22	1,22	2,30
Wariant 2	45 957,69	189 159,86	194 511,08	374 779,90
Ograniczenie emisji CO ₂	23 059,04	94 729,05	97 221,92	186 965,22
Wartość emisji gazów cieplarnianych (PLN/t CO ₂)	184,51	189,50	194,48	199,47
Ograniczenie emisji CO ₂ [t]	124,97	499,90	499,90	937,30
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	22 898,65	94 430,82	97 289,17	187 814,67
Wartość emisji zanieczyszczeń (PLN/t NO _x)	74 773,54	77 088,90	79 422,32	81 772,32
Ograniczenie emisji NO _x [t]	0,31	1,22	1,22	2,30

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 21. Wartość zmonetyzowanych efektów środowiskowych wariantu 1 i 2 w latach 2026-2029 [PLN]

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029
Monetyzacja efektów środowiskowych				
Wariant 1	384 433,89	394 093,12	673 184,28	689 548,87
Ograniczenie emisji CO2	191 639,35	196 313,48	334 979,36	342 769,57
Wartość emisji gazów cieplarnianych (PLN/t CO2)	204,46	209,45	214,43	219,42
Ograniczenie emisji CO2 [t]	937,30	937,30	1 562,17	1 562,17
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	192 794,54	197 779,63	338 204,92	346 779,30
Wartość emisji zanieczyszczeń (PLN/t NOx)	83 940,50	86 110,95	88 350,29	90 590,20
Ograniczenie emisji NOx [t]	2,30	2,30	3,83	3,83
Wariant 2	384 433,89	394 093,12	673 184,28	689 548,87
Ograniczenie emisji CO2	191 639,35	196 313,48	334 979,36	342 769,57
Wartość emisji gazów cieplarnianych (PLN/t CO2)	204,46	209,45	214,43	219,42
Ograniczenie emisji CO2 [t]	937,30	937,30	1 562,17	1 562,17
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	192 794,54	197 779,63	338 204,92	346 779,30
Wartość emisji zanieczyszczeń (PLN/t NOx)	83 940,50	86 110,95	88 350,29	90 590,20
Ograniczenie emisji NOx [t]	2,30	2,30	3,83	3,83

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 22. Wartość zmonetyzowanych efektów środowiskowych wariantu 1 i 2 w latach 2030-2033 [PLN]

Wyszczególnienie	2030	2031	2032	2033
Monetyzacja efektów środowiskowych				
Wariant 1	705 904,74	722 525,16	739 125,78	755 992,13
Ograniczenie emisji CO2	350 559,79	358 350,01	366 140,23	373 930,44
Wartość emisji gazów cieplarnianych (PLN/t CO2)	224,41	229,39	234,38	239,37
Ograniczenie emisji CO2 [t]	1 562,17	1 562,17	1 562,17	1 562,17
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	355 344,95	364 175,15	372 985,55	382 061,69
Wartość emisji zanieczyszczeń (PLN/t NOx)	92 827,83	95 134,57	97 436,14	99 807,13
Ograniczenie emisji NOx [t]	3,83	3,83	3,83	3,83
Wariant 2	705 904,74	722 525,16	739 125,78	755 992,13
Ograniczenie emisji CO2	350 559,79	358 350,01	366 140,23	373 930,44
Wartość emisji gazów cieplarnianych (PLN/t CO2)	224,41	229,39	234,38	239,37
Ograniczenie emisji CO2 [t]	1 562,17	1 562,17	1 562,17	1 562,17
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	355 344,95	364 175,15	372 985,55	382 061,69
Wartość emisji zanieczyszczeń (PLN/t NOx)	92 827,83	95 134,57	97 436,14	99 807,13
Ograniczenie emisji NOx [t]	3,83	3,83	3,83	3,83

Źródło: opracowanie własne.

Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych - zawierających również wycenione efekty środowiskowe - wskazano w tabelach.

Tabela 23. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych wariantu 1 i 2 [PLN]

Wyszczególnienie	2021	2022	2023	2024	2025
Wariant 1	-1 550 000,00	169 226,49	-2 567 764,94	687 586,28	-1 950 704,10
Wariant 2	-7 600 000,00	133 034,49	-19 862 532,94	542 818,28	-22 572 144,10

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 24. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych wariantu 1 i 2 [PLN]

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029
Wariant 1	1 308 949,89	1 318 609,12	-5 535 955,72	1 230 408,87
Wariant 2	1 037 509,89	1 047 169,12	-31 438 355,72	1 778 008,87

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 25. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych wariantu 1 i 2 [PLN]

Wyszczególnienie	2030	2031	2032	2033
Wariant 1	2 246 764,74	-736 614,84	2 279 985,78	-1 203 147,87
Wariant 2	1 794 364,74	1 810 985,16	1 827 585,78	1 844 452,13

Źródło: opracowanie własne.

Wartość wskaźników efektywności finansowej wskazano w tabeli.

Tabela 26. Ocena efektywności inwestycji wariantu 1 i 2 [PLN]

Wyszczególnienie	
NPV	
Wariant 1	-4 035 491,07
Wariant 2	-58 400 014,40
IRR	
Wariant 1	-19,87%
Wariant 2	Nieemożliwe do obliczenia

Źródło: opracowanie własne.

Dla wariantu 1 określono wartość NPV na poziomie -4 035 491,07 PLN i stopie zwrotu IRR równej -19,87%. Oznacza to, że inwestycji nie należy realizować z uwagi na nieopłacalność.

Wariant 2 jest również nieopłacalny (NPV<0).

Dodatkowo podjęto się analizy efektywności inwestycji przy założeniu pozyskania dofinansowania ze środków UE (85% kosztów kwalifikowanych). Wyniki analizy przedstawiono w tabeli poniżej. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych - zawierających również wycenione efekty środowiskowe i dofinansowanie UE - wskazano w tabelach.

Tabela 27. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych wariantu 1 i 2 [PLN]

Wyszczególnienie	2021	2022	2023	2024	2025
Wariant 1	-232 500,00	169 226,49	194 735,06	687 586,28	811 795,90
Wariant 2	-1 140 000,00	133 034,49	-2 522 532,94	542 818,28	-2 512 144,10

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 28. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych wariantu 1 i 2 [PLN]

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029
Wariant 1	1 308 949,89	1 318 609,12	1 051 544,28	1 230 408,87
Wariant 2	1 037 509,89	1 047 169,12	-3 218 355,72	1 778 008,87

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 29. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych wariantu 1 i 2 [PLN]

Wyszczególnienie	2030	2031	2032	2033
Wariant 1	2 246 764,74	-736 614,84	2 279 985,78	-1 203 147,87
Wariant 2	1 794 364,74	1 810 985,16	1 827 585,78	1 844 452,13

Źródło: opracowanie własne.

Wartość wskaźników efektywności finansowej wskazano w tabeli.

Tabela 30. Ocena efektywności inwestycji wariantu 1 i 2 z wykorzystaniem dotacji UE [PLN]

Wyszczególnienie	
NPV	
Wariant 1	6 771 183,65
Wariant 2	334 656,27
IRR	
Wariant 1	129,48%
Wariant 2	4,93%

Źródło: opracowanie własne.

Dla wariantu 1 określono wartość NPV na poziomie 6 771 183,65 PLN i stopie zwrotu IRR równej 129,48%. Oznacza to, że inwestycję należy przyjąć do realizacji. Dla wariantu 2 określono wartość NPV na poziomie 334 656,27 PLN i stopie zwrotu IRR równej 4,93%. Oznacza to, że inwestycję należy przyjąć do realizacji.

Graniczny poziom dofinansowania, przy którym zakup taboru zeroemisyjnego nie będzie opłacalny (NPV=0) wynosi 31,75%. Każde wsparcie przekraczające wskazany poziom dofinansowania powoduje opłacalność inwestycji w tabor zeroemisyjny.

Przy wykorzystaniu wsparcia unijnego każdy rodzaj taboru zeroemisyjnego jest korzystny do wdrożenia.

6. ANALIZA WRAŻLIWOŚCI

6.1. Kluczowe zmienne krytyczne

W celu wytypowania kluczowych zmiennych krytycznych wykorzystano projektowane zmiany najważniejszych czynników wpływających na decyzję o zakupie taboru zeroemisyjnego. Analizie podlegał wariant 1 z uwzględnieniem dotacji, ponieważ okazał się najkorzystniejszy - posiadał najwyższą rentowność (NPV>0, tj. 6 771 183,65 PLN, IRR = 129,48%).

W ramach zmiennych poddanych analizie wrażliwości wytypowano zmianę następujących czynników:

- wartość inwestycji,
- koszty energii elektrycznej,
- koszty napraw i konserwacji taboru,
- koszty wymiany baterii,
- zmiana liczby wozokilometrów.

Wyniki analizy wrażliwości wskazano w tabeli.

Tabela 31. Analiza wrażliwości - zmienne krytyczne

Analiza wrażliwości	NPV	IRR	Zmiana NPV (%)	Zmiana IRR (p.p.)
Wartości bazowe - wariant optymalny	6 771 183,65	129,48%		
Zmiana wartości inwestycji o +1%	6 727 732,11	126,81%	-0,64%	-2,67%
Zmiana kosztów energii elektrycznej o +1%	6 714 442,43	128,93%	-0,84%	-0,55%
Zmiana kosztów napraw i konserwacji o +1%	6 769 673,93	129,47%	-0,02%	-0,01%
Zmiana kosztów wymiany baterii o +1%	6 723 650,26	129,47%	-0,70%	-0,01%
Zmiana liczby wzm o -1%	6 639 132,40	128,25%	-1,95%	-1,23%

Źródło: opracowanie własne.

Zmienną krytyczną (zmiana wartości czynnik a o 1% wywołała zmianę wartości NPV o więcej niż -1%) okazała się jedynie praca przewozowa. Optymalne rozłożenie inwestycji w czasie

powoduje, że wartości nakładów inwestycyjnych są dyskontowane i nie wywierają znacznego wpływu na wartość bieżącą netto projektu.

Do zmiennych niesklasyfikowanych jako krytyczne zaliczono zatem:

- wartość inwestycji,
- koszty energii elektrycznej,
- koszty napraw i konserwacji taboru,
- koszty wymiany baterii,
- zmiana liczby wozokilometrów.

Zmiana kosztów napraw i konserwacji o +1% spowoduje nieznaczną zmianę NPV o -0,07%.

6.2. Wartości progowe zmiennych

Maksymalne możliwe wartości, które spowodują spadek wskaźnika NPV do 0 dla następujących czynników:

- wartość inwestycji,
- koszty energii elektrycznej,
- koszty napraw i konserwacji taboru,
- koszty wymiany baterii,
- zmiana liczby wozokilometrów.

wskazano w tabeli poniżej.

Tabela 32. Analiza wrażliwości - progowe wartości zmiennych

Analiza wrażliwości	Zmiana (%)
Maksymalna zmiana wartości inwestycji	150%
Maksymalna zmiana kosztów energii elektrycznej	120%
Maksymalna zmiana kosztów napraw i konserwacji	4500%
Maksymalna zmiana kosztów wymiany baterii	145%
Maksymalna zmiana liczby wzkm	-52%

Źródło: opracowanie własne.

Analiza wartości progowych potwierdziła najsilniejszy wpływ na projekt zmian pracy przewozowej. Maksymalna zmiana liczby wozokilometrów wyniosła -52%.

7. ANALIZA RYZYKA

7.1. Czynniki ryzyka w projekcie

Ryzyko		Skutek
1.	Opóźnienia w dostawie taboru	Opóźnienia w konsumpcji efektów ekologicznych, możliwe zmniejszenie rentowności projektu, brak możliwości wykorzystania pojazdów do świadczenia usługi
2.	Opóźnienia w dostawie infrastruktury towarzyszącej	Opóźnienia w konsumpcji efektów ekologicznych, możliwe zmniejszenie rentowności projektu, brak możliwości wykorzystania pojazdów do świadczenia usługi
3.	Częste awarie techniczne pojazdów (tzw. choroba wieku dziecięcego) oraz stacji ładujących	Brak możliwości wykorzystania pojazdów do świadczenia usługi
4.	Przerwy w dostawie energii elektrycznej	Brak możliwości wykorzystania pojazdów do świadczenia usługi
5.	Zmiany planów transportowych skutkujące zmianą tras przejazdu autobusów	Skrócenie maksymalnego dystansu pojazdu, konieczność częstszego ładowania pojazdów, wydłużenie przerw na ładowanie pojazdów
6.	Osiąganie rzeczywistych słabszych parametrów technicznych autobusów względem zapowiadanych przez producentów	Skrócenie maksymalnego dystansu pojazdu, konieczność częstszego ładowania pojazdów, wydłużenie przerw na ładowanie pojazdów
7.	Niesprzyjające warunki atmosferyczne	Skrócenie maksymalnego dystansu pojazdu, konieczność częstszego ładowania pojazdów, wydłużenie przerw na ładowanie pojazdów
8.	Brak umiejętności kierowania pojazdem elektrycznym przez kadrę	Skrócenie maksymalnego dystansu pojazdu, konieczność częstszego ładowania pojazdów, wydłużenie przerw na ładowanie pojazdów
9.	Wyższe od spodziewanych koszty inwestycyjne	Obniżenie rentowności inwestycji
10.	Wyższe od spodziewanych koszty eksploatacyjne	Obniżenie rentowności inwestycji
11.	Niższe realne efekty środowiskowe	Obniżenie rentowności projektu

Źródło: opracowanie własne.

7.2. Matryca ryzyka

Tabela 33. Matryca ryzyka - klasyfikacja poziomu ryzyka

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

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 34. Matryca ryzyka - sposób działania

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

Źródło: opracowanie własne.

8. WNIOSKI I REKOMENDACJE

Przeprowadzona analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu, w których do napędu wykorzystywane są wyłącznie silniki, których cykl pracy nie powoduje emisji gazów cieplarnianych lub innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych wskazała na następujące wnioski i zalecenia:

- 1. Zgodnie z art. 37 ust. 5 ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz. U. z 2018 r., poz. 317) niniejsza analiza wskazuje na przewyższenie kosztów nad korzyściami wynikającymi z zakupu taboru zeroemisyjnego,**
- 2. Wynik analizy nie wskazuje na konieczność wprowadzenia do eksploatacji autobusów zeroemisyjnych,**
- 3. Otrzymanie dofinansowania ze środków UE spowoduje obniżenie kosztów inwestycji MPK i tym samym przyczyni się do opłacalności inwestycji w tabor.**

SPIS TABEL

Tabela 1. Obecna sieć komunikacyjna	10
Tabela 2. Zestawienie prognozowanych dziennych kilometrów miejskich i zamiejskich na rok 2018	11
Tabela 3. Charakterystyka taboru MPK pod względem wyposażenia	17
Tabela 4. Harmonogram rzeczowo-finansowy inwestycji [PLN]	36
Tabela 5. Wymagana liczba pojazdów zeroemisyjnych.....	42
Tabela 6. Przebieg linii nr „5”	43
Tabela 7. Porównanie alternatywnych wariantów inwestycyjnych.....	48
Tabela 8. Wartość nakładów inwestycyjnych dla wariantu 0, 1 i 2 [PLN]	51
Tabela 9. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu 0, 1 i 2 w latach 2022-2025 [PLN].....	52
Tabela 10. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu 0, 1 i 2 w latach 2026-2029 [PLN].....	53
Tabela 11. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu 0, 1 i 2 w latach 2030-2033 [PLN].....	53
Tabela 12. Wartość nakładów inwestycyjnych, nakładów eksploatacyjnych i przepływów pieniężnych dla wariantu 1 i 2 (model różnicowy) w latach 2022-2025 [PLN]	56
Tabela 13. Wartość nakładów inwestycyjnych, nakładów eksploatacyjnych i przepływów pieniężnych dla wariantu 1 i 2 (model różnicowy) w latach 2026-2029 [PLN]	56
Tabela 14. Wartość nakładów inwestycyjnych, nakładów eksploatacyjnych i przepływów pieniężnych dla wariantu 1 i 2 (model różnicowy) w latach 2030-2033 [PLN]	56
Tabela 15. Ocena efektywności inwestycji [PLN]	58
Tabela 16. Emisje CO ₂ pochodzące ze spalania paliw - struktura sektorowa, lata 1990-2009	61
Tabela 17. Wartość (w jedn. naturalnych) efektów środowiskowych dla wariantu 1 i 2 w latach 2022-2025	65
Tabela 18. Wartość (w jedn. naturalnych) efektów środowiskowych dla wariantu 1 i 2 w latach 2026-2029	66
Tabela 19. Wartość (w jedn. naturalnych) efektów środowiskowych dla wariantu 1 i 2 w latach 2030-2033	67
Tabela 20. Wartość zmonetyzowanych efektów środowiskowych wariantu 1 i 2 w latach 2022-2025 [PLN]	68
Tabela 21. Wartość zmonetyzowanych efektów środowiskowych wariantu 1 i 2 w latach 2026-2029 [PLN]	69
Tabela 22. Wartość zmonetyzowanych efektów środowiskowych wariantu 1 i 2 w latach 2030-2033 [PLN]	70
Tabela 23. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych wariantu 1 i 2 [PLN]	71
Tabela 24. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych wariantu 1 i 2 [PLN]	71
Tabela 25. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych wariantu 1 i 2 [PLN]	71
Tabela 26. Ocena efektywności inwestycji wariantu 1 i 2 [PLN]	71
Tabela 27. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych wariantu 1 i 2 [PLN]	72
Tabela 28. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych wariantu 1 i 2 [PLN]	72
Tabela 29. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych wariantu 1 i 2 [PLN]	72

Tabela 30. Ocena efektywności inwestycji wariantu 1 i 2 z wykorzystaniem dotacji UE [PLN].....	72
Tabela 31. Analiza wrażliwości - zmienne krytyczne	73
Tabela 32. Analiza wrażliwości - progowe wartości zmiennych	74
Tabela 33. Matryca ryzyka - klasyfikacja poziomu ryzyka	76
Tabela 34. Matryca ryzyka - sposób działania	76

SPIS WYKRESÓW

Wykres 1. Rok produkcji pojazdów MPK	13
Wykres 2. Procentowy udział pojazdów w przedziałach na markę i model w całości taboru eksploatowanego przez MPK	14
Wykres 3. Procentowy udział pojazdów w poszczególnych przedziałach wiekowych w całości taboru eksploatowanego przez MPK	14
Wykres 4. Procentowy udział pojazdów spełniających poszczególne normy emisji spalin w całości taboru eksploatowanego przez MPK	15
Wykres 5. Procentowy udział pojazdów ze względu na klasę oraz rodzaj napędu obsługiwanych przez MPK	16
Wykres 6. Rok produkcji pojazdów po wprowadzeniu wymiany taboru MPK	38
Wykres 7. Procentowy udział pojazdów w przedziałach na markę i model w całości taboru eksploatowanego przez MPK	39
Wykres 8. Procentowy udział pojazdów w poszczególnych przedziałach wiekowych w całości taboru eksploatowanego przez MPK	39
Wykres 9. Wartość nakładów inwestycyjnych dla wariantu 0, 1 i 2 [PLN]	50
Wykres 10. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu 0, 1 i 2 [PLN]	55
Wykres 11. Wartość c dla wariantu 1 i 2 [PLN]	57

SPIS SCHEMATÓW

Schemat 1. Zależność między stopą dyskontową, a wartością NPV	25
Schemat 2. Matryca ryzyka - klasyfikacja poziomu ryzyka	30
Schemat 3. Matryca ryzyka - sposób działania	30
Schemat 4. Procedura analizy kosztów i korzyści	31

SPIS RYSUNKÓW

Rysunek 1. Schemat linii i przystanków MPK.....	12
Rysunek 2. Wykaz porozumień międzygminnych Miasta Łomża	19
Rysunek 3. Przebieg linii komunikacyjnej nr 5	44
Rysunek 4. Emisja dwutlenku węgla w 2014 r w Polsce	60