



Gospodarka  
i środowisko

[www.atmoterm.pl](http://www.atmoterm.pl)

# Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych



Jelenia Góra, 2018 r.





## Spis treści

<b>1. PODSTAWA, CEL I ZAKRES OPRACOWANIA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ NA TERENIE MIASTA JELENIEJ GÓRY .....</b>	<b>4</b>
<b>3. ANALIZA FINANSOWO-EKONOMICZNA .....</b>	<b>15</b>
3.1. METODYKA PRZEPROWADZENIA ANALIZY .....	15
3.2. NAKŁADY INWESTYCYJNE I ODTWORZENIOWE.....	16
3.3. KOSZTY OPERACYJNE .....	17
3.4. PODSUMOWANIE ANALIZY FINANSOWO - EKONOMICZNEJ.....	18
3.5. KALKULACJA POZIOMU DOFINANSOWANIA I MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA DOSTĘPNYCH ŹRÓDEŁ FINANSOWANIA.....	19
<b>4. OSZACOWANIE EFEKTÓW ŚRODOWISKOWYCH ZWIĄZANYCH Z EMISJĄ SZKODLIWYCH SUBSTANCJI DLA ŚRODOWISKA I ZDROWIA LUDZI .....</b>	<b>22</b>
4.1. METODYKA PRZEPROWADZENIA ANALIZY .....	22
4.2. PODSUMOWANIE ANALIZY ŚRODOWISKOWEJ .....	23
<b>5. ANALIZA SPOŁECZNO-EKONOMICZNA .....</b>	<b>30</b>
5.1. METODYKA PRZEPROWADZENIA ANALIZY .....	30
5.2. PODSUMOWANIE ANALIZY SPOŁECZNO - EKONOMICZNEJ.....	31
5.3. WRAŻLIWOŚĆ PROJEKTU .....	32
5.3.1. <i>Analiza wrażliwości wskaźników ekonomicznej efektywności projektu .....</i>	<i>32</i>
5.3.2. <i>Analiza wrażliwości wskaźników finansowej efektywności projektu.....</i>	<i>33</i>
5.4. POTENCJALNE RYZYKA DOTYCZĄCE PRZEDSIĘWZIĘCIA .....	34
<b>6. ANALIZA TECHNICZNYCH MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA AUTOBUSÓW ZEROEMISYJNYCH .....</b>	<b>40</b>
6.1. MOŻLIWOŚCI I OGRANICZENIA TECHNOLOGICZNE .....	40
6.1.1. <i>Zasięg.....</i>	<i>41</i>
6.1.2. <i>Ładowanie baterii.....</i>	<i>41</i>
<b>7. KONCEPCJA OBSŁUGI SIECI KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ MIASTA JELENIEJ GÓRY AUTOBUSAMI ZEROEMISYJNYMI.....</b>	<b>42</b>
7.1. POTENCJALNA LOKALIZACJA LINII KOMUNIKACYJNYCH OBSŁUGIWANYCH PRZEZ AUTOBUSY ZEROEMISYJNE - ANALIZA .....	42
7.1.1. <i>Wyniki wielokryterialnej analizy rekomendowanych linii .....</i>	<i>56</i>
7.2. POTENCJALNA LOKALIZACJA STACJI ŁADOWANIA AUTOBUSÓW ZEROEMISYJNYCH .....	59
<b>8. WSKAZANIE KIERUNKÓW ZMIAN W PLANIE TRANSPORTOWYM W ZAKRESIE WYKORZYSTANIA AUTOBUSÓW ZEROEMISYJNYCH NA PODSTAWIE POZYTYWNYCH WYNIKÓW PRZEPROWADZONEJ „ANALIZY KOSZTÓW I KORZYŚCI ZWIĄZANYCH Z WYKORZYSTANIEM PRZY ŚWIADCZENIU KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ AUTOBUSÓW ZEROEMISYJNYCH” .....</b>	<b>61</b>
<b>9. PODSUMOWANIE .....</b>	<b>64</b>

## 1. Podstawa, cel i zakres opracowania

Analiza kosztów i korzyści została sporządzona na podstawie Ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych.<sup>1</sup> Ustawa ta określa:

- zasady rozwoju i funkcjonowania infrastruktury służącej do wykorzystania paliw alternatywnych w transporcie, zwanej dalej „infrastrukturą paliw alternatywnych”, w tym wymagania techniczne, jakie ma spełniać ta infrastruktura;
- obowiązki podmiotów publicznych w zakresie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych;
- obowiązki informacyjne w zakresie paliw alternatywnych;
- warunki funkcjonowania stref czystego transportu;
- Krajowe ramy polityki rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych oraz sposób ich realizacji.

W zakresie obowiązków należących do jednostek samorządu terytorialnego w gminach o liczbie mieszkańców przekraczającej 50 tysięcy mieszkańców, mieści się:

- zapewnienie udziału pojazdów elektrycznych we flocie obsługującego ją urzędu na poziomie co najmniej 30% użytkowanych pojazdów;
- wykonywanie zadań publicznych, z wyłączeniem publicznego transportu zbiorowego, przy wykorzystaniu co najmniej 30% pojazdów elektrycznych lub pojazdów napędzanych gazem ziemnym lub
- zlecenie wykonywania zadań publicznych, z wyłączeniem publicznego transportu zbiorowego, podmiotom, których co najmniej 30% floty pojazdów użytkowanych przy wykonywaniu zlecenia stanowią pojazdy elektryczne lub pojazdy napędzane gazem ziemnym.
- świadczenie usług lub zlecenie świadczenia usługi komunikacji miejskiej w rozumieniu ustawy z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym ( Dz. U. z 2017 r. poz. 2136 i 23 7 1 oraz z 2018 r. poz. 317 ) podmiotowi, którego udział autobusów zeroemisyjnych we flocie użytkowanych pojazdów na obszarze tej jednostki samorządu terytorialnego wynosi co najmniej 30%

Celem przeprowadzenia analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych jest uzyskanie odpowiedzi na pytanie, czy korzyści związane z wprowadzeniem autobusów z napędem elektrycznym do floty autobusów użytkowanej w transporcie zbiorowym przewyższają koszty związane z przeprowadzeniem inwestycji, lub czy są one od nich mniejsze.

Analiza kosztów i korzyści swoim zakresem obejmuje:

- analizę finansowo - ekonomiczną;
- oszacowanie efektów środowiskowych związanych z emisją szkodliwych substancji dla środowiska naturalnego i zdrowia ludzi;
- analizę społeczno - ekonomiczną uwzględniającą wycenę kosztów związanych z emisją szkodliwych substancji.

<sup>1</sup> Dz. U. z 2018 r. poz. 317, 1356.

Jeżeli wyniki analizy wskazują na brak korzyści z wykorzystywania autobusów zeroemisyjnych, jednostka samorządu terytorialnego może nie realizować obowiązku osiągnięcia poziomu udziału autobusów zeroemisyjnych.

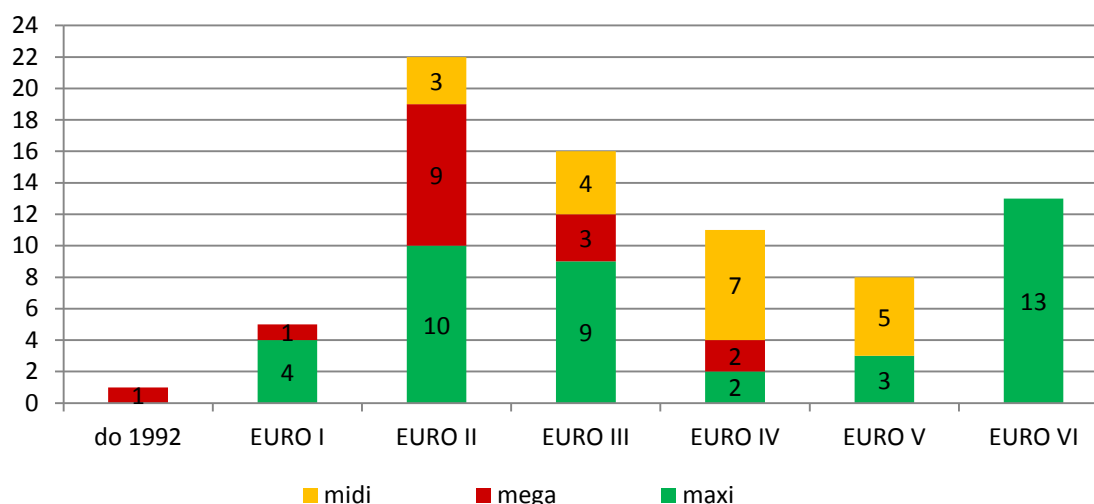
Analizę kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych jednostka samorządu terytorialnego przeprowadza co 36 miesięcy.

Niniejsza analiza została przeprowadzona przez firmę Atmoterm S.A. z siedzibą w Opolu na zamówienie Urzędu Miasta Jelenia Góra.

## 2. Ogólna charakterystyka komunikacji miejskiej na terenie Miasta Jeleniej Góry

Miasto Jelenia Góra jest Organizatorem lokalnego transportu zbiorowego na terenie Gminy Miejskiej Jelenia Góra oraz Gmin Członków Międzygminnego Porozumienia integrując w ten sposób obszar silnie zurbanizowanej Kotliny Jeleniogórskiej. W skład Porozumienia oprócz miasta Jelenia Góra, wchodzi gminy: Janowice Wielkie, Mysłakowice, Podgórzyn, Piechowice oraz Jeżów Sudecki. Komunikacja miejska oparta jest na Umowie Wykonawczej, zawartej na czas określony od dnia 1 stycznia 2010 r. do dnia 30 września 2019 r., w sprawie świadczenia zadań w zakresie komunikacji miejskiej. Podmiotem świadczącym usługi przewozowe na terenie miasta Jelenia Góra oraz Gmin Porozumienia Międzygminnego jest Miejski Zakład Komunikacyjny sp. z o.o. w Jeleniej Górze.

Zakład Komunikacyjny obsługuje 26 linii komunikacji miejskiej w tym dwie linie nocne. Na terenie miasta istnieje 236<sup>2</sup> przystanków autobusowych oraz 20 pętli autobusowych. W 2018 roku Miejski Zakład Komunikacyjny dysponował 76 autobusami. Dokładne zestawienie liczby pojazdów w poszczególnych kategoriach emisji spalin oraz typów nadwozia zaprezentowano na rysunku.



Rysunek 1. Liczba pojazdów w flocie MZK Jelenia Góra w 2018 roku w podziale na kategorie emisji spalin oraz typ nadwozia<sup>3</sup>

<sup>2</sup> <https://www.jeleniagora.pl/content/jeleniog%C3%B3rskie-przystanki-autobusowe>

<sup>3</sup> opracowanie własne na podstawie przekazanych danych z MZK Jelenia Góra

Łączna długość linii autobusowych wynosi 488 km (najdłuższe to linie 3, 11 i 33), a dobowo autobusy na wszystkich liniach przejeżdżają 13 546 wozokilometrów (najwięcej na liniach 2, 6, 7 i 9) i obsługują 36 150 pasażerów. Popyt na usługi świadczone przez MZK w Jeleniej Górze jest zróżnicowany na poszczególnych liniach autobusowych.

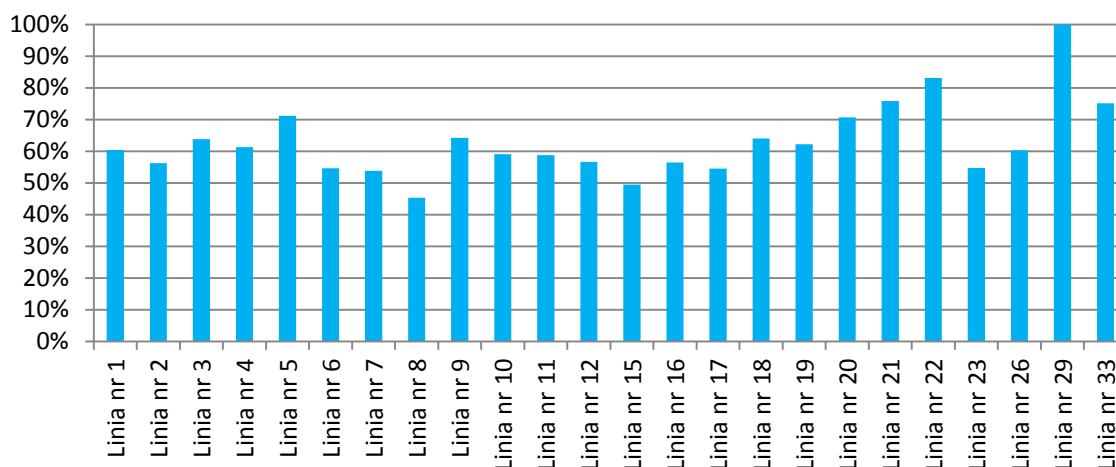
**Tabela 1. Popyt na usługi komunikacji publicznej na poszczególnych liniach autobusowych obsługiwanych przez MZK Sp. z o.o. w Jeleniej Górze w 2018 roku.<sup>4</sup>**

L.p.	Numer linii	Liczba pasażerów - doba (24 h)	Liczba pasażerów - szczyt poranny (05.00-09.00)	Liczba pasażerów - szczyt popołudniowy (13.00-17.00)	Liczba pasażerów - szczyt poranny i popołudniowy
1	Linia nr 1	2 162	575	730	1 305
2	Linia nr 2	3 731	876	1 223	2 099
3	Linia nr 3	1 636	522	522	1 044
4	Linia nr 4	447	102	172	274
5	Linia nr 5	646	230	230	460
6	Linia nr 6	3 320	762	1 051	1 813
7	Linia nr 7	7 483	1 491	2 533	4 024
8	Linia nr 8	889	114	289	403
9	Linia nr 9	2 770	776	1 004	1 780
10	Linia nr 10	615	185	178	363
11	Linia nr 11	1 375	329	479	808
12	Linia nr 12	1 563	418	468	886
13	Linia nr 15	1 230	264	345	609
14	Linia nr 16	633	155	202	357
15	Linia nr 17	2 760	602	903	1 505
16	Linia nr 18	25	0	16	16
17	Linia nr 19	389	87	155	242
18	Linia nr 20	218	64	90	154
19	Linia nr 21	673	211	299	510
20	Linia nr 22	525	203	233	436
21	Linia nr 23	490	112	156	268
22	Linia nr 26	2 068	532	714	1 246
23	Linia nr 29	38	0	38	38
24	Linia nr 33	349	130	132	262
25	Linia nr N1	55	0	0	0
26	Linia nr N2	60	0	0	0

Dla 92% linii dziennych ponad połowa pasażerów korzysta z komunikacji miejskiej w godzinach szczytu.

<sup>4</sup> opracowanie P.P.H.U Inkom na podstawie danych przekazanych przez MZK Sp. z o.o. w Jeleniej Górze

Udział liczby pasażerów korzystających z komunikacji publicznej w godzinach szczytu w stosunku do liczby pasażerów ogółem korzystających z danej linii autobusowej



Rysunek 2. Udział liczby pasażerów korzystających z komunikacji miejskiej w godzinach szczytu w stosunku do liczby pasażerów ogółem korzystających z poszczególnych linii autobusowych<sup>5</sup>

Zgodnie z wytycznymi Miasta, Zakładowi Komunikacyjnemu na rok 2018 zlecono realizację 4 220 924,8 kilometrów liniowych (wykonywanych podczas regularnych kursów rozkładowych). Uwzględniając fakt, że Spółka realizuje również tzw. przewozy komercyjne, które są źródłem kilometrów handlowych, ogólna liczba realizowanych kilometrów w 2018 roku będzie większa. W roku 2017 Spółka zrealizowała 4 241 348,2 km łącznie, w tym 4 220 319,2 km liniowych, 14 429 km handlowych i 6 600 km technicznych (dojazdowe obejmujące jazdę po terenie Zajezdni, podczas napraw, przeglądów, tankowania, zjazdy i dojazdy awaryjne).

Na początku 2018 roku średni wiek taboru autobusowego wynosił 13,7 lat. W dokumencie Planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego dla miasta Jeleniej Góry<sup>6</sup> zdiagnozowano problem obniżającego się popytu na usługi transportu publicznego i wskazano, iż konieczna jest wymiana przestarzałego taboru autobusowego. Efektem przeprowadzonej diagnozy było opracowanie w 2016 roku Studium wykonalności inwestycji „Zakup nowoczesnych i ekologicznych autobusów (...)”<sup>7</sup> gdzie wskazano konieczność wymiany taboru na nowszy. Pozyskane na ten cel fundusze (współfinansowanie ze środków Unii Europejskiej w wysokości 20.273.350 zł) pozwoliły zakupić w 2018 roku m.in. 20 nowych autobusów spełniających europejski standard emisji spalin Euro VI, w tym 3 szt. autobusów hybrydowych, 15 szt. autobusów typu maxi i 2 szt. autobusów typu mega zasilanych olejem napędowym. Nowe wozy zastąpią 17 szt. autobusów przeznaczonych do likwidacji w 2018 roku.<sup>8</sup> Po dokonanej modernizacji taboru w 2018 roku zlikwidowane zostaną pojazdy niespełniające przynajmniej normy emisji spalin Euro II. Dokładne zestawienie liczby pojazdów w poszczególnych kategoriach

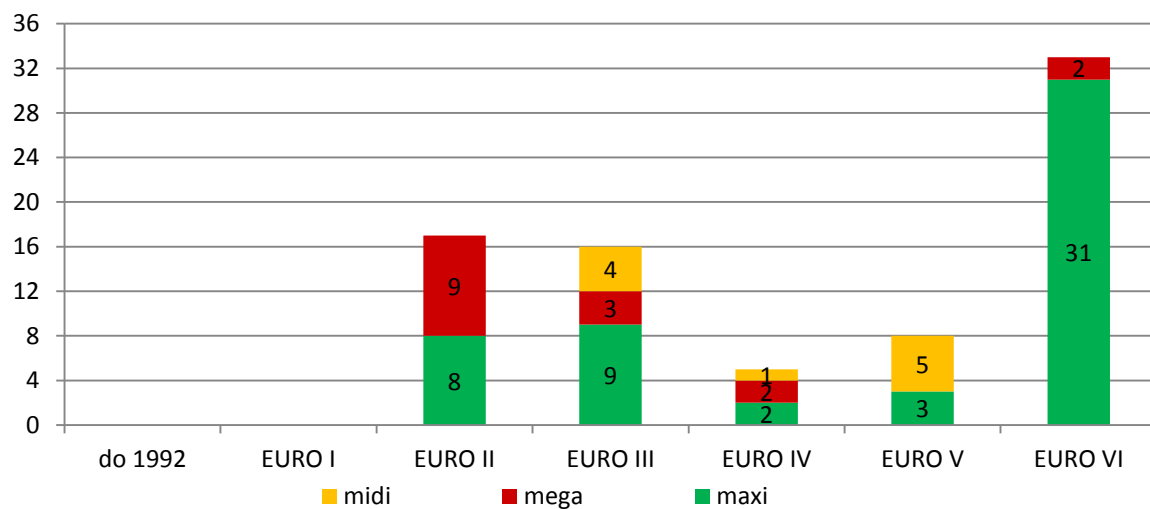
<sup>5</sup> opracowanie własne

<sup>6</sup> załącznik do uchwały nr 460.LI.2014 Rady Miejskiej Jeleniej Góry z dnia 28 stycznia 2014 r.

<sup>7</sup> „Zakup nowoczesnych i ekologicznych autobusów wraz z zakupem i montażem stacjonarnych automatów do sprzedaży biletów, tablic do systemu informacji pasażerskiej oraz wyposażenie autobusów w system monitoringu łącznie z instalacją monitoringu miejsc postojowych na terenie zajezdni Miejskiego Zakładu Komunikacyjnego sp. z o.o. w Jeleniej Górze”, konsorcjum Collect Consulting S.A. oraz Invest & Consulting Group Sp. z o.o., Katowice, Opole, Jelenia Góra 2016

<sup>8</sup> dane udostępnione na potrzeby opracowania „Analizy kosztów i korzyści (...)” przez MZK Sp. z o.o. w Jeleniej Górze

emisji spalin oraz typów nadwozia, które będą w 2019 roku w flocie pojazdów MZK Jelenia Góra, zaprezentowano na rysunku.



Rysunek 3. Liczba pojazdów w flocie MZK Jelenia Góra w 2019 roku w podziale na kategorie emisji spalin oraz typ nadwozia<sup>9</sup>

Na kolejnej stronie przedstawione zostało tabelaryczne szczegółowe zestawienie całego taboru komunikacji miejskiej wraz podaniem planowanego okresu eksploatacji każdego z autobusów.

<sup>9</sup> opracowanie własne na podstawie przekazanych danych z MZK Jelenia Góra

Tabela 2. Zestawienie taboru Miejskiego Zakładu Komunikacyjnego w Jeleniej Górze

L.p.	Marka	Typ, model	Norma Euro	Numer rejestracyjny	Wiek pojazdu	Przeznaczenie konstrukcyjne	Rodzaj nadwozia	Rodzaj napędu	Długość nadwozia i pojemności pasażerskiej	Wysokość podłogi	Planowany okres użytkowania (lata)
1	Volvo	B10BLE	EURO II	DJ04779	21	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	2
2	Volvo	B10BLE	EURO II	DJ04783	21	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	2
3	Volvo	B10BLE	EURO II	DJ04874	21	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	2
4	Volvo	B10BLE	EURO II	DJ04974	21	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	2
5	Volvo	B10BLE	EURO II	DJ18529	21	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	2
6	Volvo	B10BLE6x2	EURO II	DJ00346	18	M3	autobus miejski	ON	mega	niskopodłogowy	2
7	Volvo	B10BLE6x2	EURO II	DJ00347	18	M3	autobus miejski	ON	mega	niskopodłogowy	2
8	Volvo	B10BLE6x2	EURO II	DJ00348	18	M3	autobus miejski	ON	mega	niskopodłogowy	2
9	Volvo	B10BLE6x2	EURO II	DJ00349	18	M3	autobus miejski	ON	mega	niskopodłogowy	2
10	Volvo	B10BLE6x2	EURO II	DJ00350	18	M3	autobus miejski	ON	mega	niskopodłogowy	2
11	Volvo	B10BLE6x2	EURO II	DJ00640	18	M3	autobus miejski	ON	mega	niskopodłogowy	2
12	Volvo	R7C6	EURO II	DJ01962	18	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	do likwidacji
13	Volvo	B10BLE6x2	EURO III	DJ12791	16	M3	autobus miejski	ON	mega	niskopodłogowy	2
14	Volvo	B10BLE6x2	EURO III	DJ12793	16	M3	autobus miejski	ON	mega	niskopodłogowy	2





L.p.	Marka	Typ, model	Norma Euro	Numer rejestracyjny	Wiek pojazdu	Przeznaczenie konstrukcyjne	Rodzaj nadwozia	Rodzaj napędu	Długość nadwozia i pojemności pasażerskiej	Wysokość podłogi	Planowany okres użytkowania (lata)
15	Volvo	B10BLE6x2	EURO III	DJ12795	16	M3	autobus miejski	ON	mega	niskopodłogowy	2
16	Jelcz	M121	EURO IV	DJ55274	12	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	3
17	Jelcz	M121	EURO IV	DJ55214	12	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	3
18	Jelcz	101i/3	EURO IV	DJ55197	12	M3	autobus miejski	ON	midi	niskopodłogowy	do likwidacji
19	Jelcz	101i/3	EURO IV	DJ55236	12	M3	autobus miejski	ON	midi	niskopodłogowy	do likwidacji
20	Jelcz	101i/3	EURO IV	DJ55198	12	M3	autobus miejski	ON	midi	niskopodłogowy	do likwidacji
21	Jelcz	101i/3	EURO IV	DJ55196	12	M3	autobus miejski	ON	midi	niskopodłogowy	do likwidacji
22	Jelcz	101i/3	EURO IV	DJ55276	12	M3	autobus miejski	ON	midi	niskopodłogowy	do likwidacji
23	Jelcz	101i/3	EURO IV	DJ55257	12	M3	autobus miejski	ON	midi	niskopodłogowy	do likwidacji
24	MAN	NL-202	EURO I	DJ 59748	23	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	do likwidacji
25	MAN	NL-202	EURO I	DJ35416	23	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	do likwidacji
26	MAN	NL-202	EURO I	DJ35417	23	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	do likwidacji
27	MAN	NL-202	EURO I	DJ35414	23	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	do likwidacji
28	MAN	SG292	do 1992	DJ40463	30	M3	autobus miejski przegubowy	ON	mega	niskopodłogowy	do likwidacji
29	MAN	469L	EURO II	DJ41254	20	M3	autobus miejski	ON	midi	niskopodłogowy	do likwidacji



L.p.	Marka	Typ, model	Norma Euro	Numer rejestracyjny	Wiek pojazdu	Przeznaczenie konstrukcyjne	Rodzaj nadwozia	Rodzaj napędu	Długość nadwozia i pojemności pasażerskiej	Wysokość podłogi	Planowany okres użytkowania (lata)
30	MAN	A-11	EURO I	DJ45074	22	M3	autobus miejski przegubowy	ON	mega	niskopodłogowy	do likwidacji
31	MAN	469 NM 223	EURO II	DJ45240	19	M3	autobus miejski	ON	midi	niskopodłogowy	do likwidacji
32	Mercedes	814 Vario	EURO III	DJ46057	15	M3	autobus miejski	ON	midi	niskopodłogowy	2
33	Mercedes	815 Stario	EURO III	DJ55877	16	M3	autobus miejski	ON	midi	niskopodłogowy	2
34	Mercedes	815 Stario	EURO III	DJ46911	16	M3	autobus miejski	ON	midi	niskopodłogowy	2
35	MAN	A 11	EURO II	DJ47019	21	M3	autobus miejski przegubowy	ON	mega	niskopodłogowy	2
36	MAN	A 11	EURO II	DJ47020	21	M3	autobus miejski przegubowy	ON	mega	niskopodłogowy	2
37	MAN	A21	EURO II	DJ47049	18	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	2
38	MAN	A35	EURO IV	DJ47090	11	M3	autobus miejski	ON	midi	niskopodłogowy	6
39	MAN	NL 262	EURO II	DJ47048	19	M3	autobus miejski	ON	midi	niskopodłogowy	do likwidacji
40	MAN	NL 223	EURO II	DJ47021	19	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	do likwidacji
41	Mercedes	320E	EURO III	DJ47376	16	M3	autobus miejski	ON	midi	niskopodłogowy	2
42	MAN	A 21	EURO II	DJ50389	18	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	2
43	MAN	A 21	EURO II	DJ50599	18	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	2
44	MAN	A21	EURO III	DJ 53294	17	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	2



L.p.	Marka	Typ, model	Norma Euro	Numer rejestracyjny	Wiek pojazdu	Przeznaczenie konstrukcyjne	Rodzaj nadwozia	Rodzaj napędu	Długość nadwozia i pojemności pasażerskiej	Wysokość podłogi	Planowany okres użytkowania (lata)
45	SOLARIS	URBINO 10	EURO V	DJ 57143	7	M3	autobus miejski	ON	midi	niskopodłogowy	8
46	SOLARIS	URBINO 10	EURO V	DJ 57144	7	M3	autobus miejski	ON	midi	niskopodłogowy	8
47	SOLARIS	URBINO 10	EURO V	DJ 57543	7	M3	autobus miejski	ON	midi	niskopodłogowy	8
48	SOLARIS	URBINO 10	EURO V	DJ 57544	7	M3	autobus miejski	ON	midi	niskopodłogowy	8
49	SOLARIS	URBINO 10	EURO V	DJ 57542	7	M3	autobus miejski	ON	midi	niskopodłogowy	8
50	MAN	A11	EURO II	DJ 57797	21	M3	autobus miejski przegubowy	ON	mega	niskopodłogowy	2
51	MAN	A23	EURO IV	DJ 69224	12	M3	autobus miejski przegubowy	ON	mega	niskopodłogowy	3
52	MAN	A23	EURO IV	DJ 69225	12	M3	autobus miejski przegubowy	ON	mega	niskopodłogowy	3
53	MAN	A21	EURO III	DJ 62016	14	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	2
54	MAN	A21	EURO III	DJ 62017	14	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	2
55	MAN	A21	EURO III	DJ 62015	14	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	2
56	MAN	A21	EURO III	DJ 62018	14	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	2
57	MAN	NL263	EURO III	DJ 65102	13	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	3
58	MAN	A21	EURO III	DJ 65146	13	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	3
59	MAN	NL 263	EURO III	DJ 65277	13	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	3



L.p.	Marka	Typ, model	Norma Euro	Numer rejestracyjny	Wiek pojazdu	Przeznaczenie konstrukcyjne	Rodzaj nadwozia	Rodzaj napędu	Długość nadwozia i pojemności pasażerskiej	Wysokość podłogi	Planowany okres użytkowania (lata)
60	MAN	A 21	EURO III	DJ 65276	13	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	3
61	MAN	Lion's	EURO VI	DJ 67804	4	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	11
62	MAN	Lion's	EURO VI	DJ 67805	4	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	11
63	MAN	Lion's	EURO VI	DJ 67806	4	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	11
64	MAN	Lion's	EURO VI	DJ 67807	4	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	11
65	MAN	Lion's	EURO VI	DJ 67808	4	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	11
66	MAN	Lion's	EURO VI	DJ 67809	4	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	11
67	MAN	Lion's	EURO VI	DJ 67977	4	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	11
68	MAN	Lion's	EURO VI	DJ 67978	4	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	11
69	MAN	Lion's	EURO VI	DJ 67979	4	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	11
70	MAN	Lion's	EURO VI	DJ 67980	4	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	11
71	MAN	Lion's	EURO VI	DJ 67981	4	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	11
72	MAN	Lion's	EURO VI	DJ 67982	4	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	11
73	MAN	Lion's	EURO V	DWR 97315	7	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	8
74	MAN	Lion's hybrid	EURO V	DJ 78122	7	M3	autobus miejski	hybryda	maxi	niskopodłogowy	8



L.p.	Marka	Typ, model	Norma Euro	Numer rejestracyjny	Wiek pojazdu	Przeznaczenie konstrukcyjne	Rodzaj nadwozia	Rodzaj napędu	Długość nadwozia i pojemności pasażerskiej	Wysokość podłogi	Planowany okres użytkowania (lata)
75	MAN	Lion's City	EURO V	DWR 9780A	6	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	9
76	Mercedes	O530	EURO VI	DWR 4978C	5	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	10
77	Volvo	B4SC	EURO VI	DJ 89048	1	M3	autobus miejski	hybryda	maxi	niskopodłogowy	15
78	Volvo	B4SC	EURO VI	DJ89045	1	M3	autobus miejski	hybryda	maxi	niskopodłogowy	15
79	Volvo	B4SC	EURO VI	DJ89046	1	M3	autobus miejski	hybryda	maxi	niskopodłogowy	15
80	MAN	Lion's City A37	EURO VI	DJ89428	1	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	15
81	MAN	Lion's City A37	EURO VI	DJ89429	1	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	15
82	MAN	Lion's City A37	EURO VI	DJ89430	1	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	15
83	MAN	Lion's City A37	EURO VI	DJ89431	1	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	15
84	MAN	Lion's City A37	EURO VI	DJ89432	1	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	15
85	MAN	Lion's City A37	EURO VI	brak	1	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	15
86	MAN	Lion's City A37	EURO VI	brak	1	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	15
87	MAN	Lion's City A37	EURO VI	brak	1	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	15
88	MAN	Lion's City A37	EURO VI	brak	1	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	15
89	MAN	Lion's City A37	EURO VI	brak	1	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	15



L.p.	Marka	Typ, model	Norma Euro	Numer rejestracyjny	Wiek pojazdu	Przeznaczenie konstrukcyjne	Rodzaj nadwozia	Rodzaj napędu	Długość nadwozia i pojemności pasażerskiej	Wysokość podłogi	Planowany okres użytkowania (lata)
90	MAN	Lion's City A37	EURO VI	brak	1	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	15
91	MAN	Lion's City A37	EURO VI	brak	1	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	15
92	MAN	Lion's City A37	EURO VI	brak	1	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	15
93	MAN	Lion's City A37	EURO VI	brak	1	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	15
94	MAN	Lion's City A37	EURO VI	brak	1	M3	autobus miejski	ON	maxi	niskopodłogowy	15
95	MAN	D2066 LUH 58	EURO VI	brak	1	M3	autobus miejski przegubowy	ON	mega	niskopodłogowy	15
96	MAN	D2066 LUH 58	EURO VI	brak	1	M3	autobus miejski przegubowy	ON	mega	niskopodłogowy	15

Autobusy do likwidacji w II półroczu 2018

Autobusy zakupione w II półroczu 2018

### 3. Analiza finansowo-ekonomiczna

Analizę kosztów i korzyści przeprowadzono biorąc pod uwagę następujące warianty:

1. Bazowy (W0)
2. inwestycyjny - napęd elektryczny (W1)
3. inwestycyjny alternatywny - napęd gazowy (W2)

Na etapie wstępnej analizy wariantów inwestycyjnych dokonano selekcji w ramach której odrzucony został wariant inwestycyjny alternatywny – napęd gazowy. Selekcji wstępnej dokonano biorąc pod uwagę:

- wysokie koszty utworzenia infrastruktury tankowania i modernizacji zaplecza technicznego,
- brak istniejących planów, koncepcji lub projektów dot. zakupu autobusów na gaz,
- nie spełniania wymogów art. 36 Ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych

W dalszej części opracowania zostaną poddane szczegółowej analizie 2 warianty: bazowy oraz inwestycyjny.

Celem analizy finansowej jest dokonanie oceny finansowej rentowności projektu w oparciu o model różnicowy zakładający dwa warianty: bezinwestycyjny oraz inwestycyjny. Wariant bezinwestycyjny nie przewiduje większych zmian w świadczeniu usług komunikacji miejskiej w stosunku do roku 2018 (rok bazowy), zaś wariant inwestycyjny zakłada wymianę części taboru na autobusy zeroemisyjne.

#### 3.1. Metodyka przeprowadzenia analizy

Metodyka przeprowadzonej analizy finansowej zgodna jest z instrukcjami i wytycznymi zawartymi w dokumentach:

- „Niebieska Księga – Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach”,
- „Analiza kosztów i korzyści projektów transportowych współfinansowanych ze środków Unii Europejskiej. Vademecum Beneficjenta”,
- „Przewodnik po analizie kosztów i korzyści projektów inwestycyjnych. Narzędzie analizy ekonomicznej polityki spójności 2014-2020”,
- „Wytyczne w zakresie zagadnień związanych z przygotowaniem projektów inwestycyjnych, w tym generujących dochód i projektów hybrydowych na lata 2014-2020”,
- „Najlepsze praktyki w analizach kosztów i korzyści projektów transportowych współfinansowanych ze środków unijnych”.

Przy budowie modelu kalkulacyjnego, posługiwano się danymi wyjściowymi dostarczonymi przez Zamawiającego oraz szacunkami własnymi autorów dokonanymi na podstawie rozeznania rynkowego oraz doświadczeń z pracy z podobnymi dokumentami. W analizie finansowej

inwestora przyjęto jedynie koszty i przychody bezpośrednio związane z analizowanym projektem, wszelkie inne koszty i korzyści uwzględniając w analizie ekonomicznej.

### Ceny

W analizie, zgodnie z zaleceniami Niebieskiej Księgi, zastosowano ceny stałe, tzn. nie uwzględniające wpływu inflacji.

### Horyzont czasowy

Okres referencyjny niniejszego projektu określono na 15 lat i obejmuje lata 2018-2032.

W analizie uwzględniono wartość rezydualną obliczoną metodą dochodową z uwzględnieniem przepływów z ostatniego roku analizy bez nakładów odtworzeniowych. Po okresie analizy pozostanie 1 rok eksploatacji taboru do kolejnej wymiany autobusów i z takiego okresu uwzględniono przepływy przy obliczaniu wartości rezydualnej.

### Stopa dyskontowa

Do przeprowadzenia analizy finansowej zastosowano stopę dyskontową na poziomie 4%, która jest rekomendowana w Niebieskiej Księdze (sektor transportu publicznego). W przybliżeniu odpowiada ona kosztowi kapitału na rynku finansowym.

### Podatek VAT

Ponieważ Zamawiający ma możliwość odliczenia VAT na zasadach ogólnych, w projekcie podatek ten stanowi koszt niekwalifikowany. W związku z powyższym w obliczeniach były brane pod uwagę wartości netto i wszystkie prezentowane wielkości liczbowe są podane w wartościach netto.

## 3.2. Nakłady inwestycyjne i odtworzeniowe

Harmonogram realizacji projektu uwzględnia okresowe uzyskanie określonych w treści Ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych procentowych wartości udziału taboru zeroemisyjnego w stosunku do użytkowanego taboru przez Zamawiającego. Wysokość poszczególnych nakładów inwestycyjnych została oszacowana przez autorów na podstawie aktualnych, jednostkowych cen rynkowych.

Nakłady inwestycyjne zestawiono w poniższej tabeli. Obejmują one zakup 24 szt. taboru, tj. po 4 sztuki w roku 2020 i 2021 oraz 8 w roku 2024, 1 w roku 2026, 7 w roku 2027, budowę punktów ładowania na 4 krańcach linii w 2020 r., koszty promocji oraz koszty zleconych analiz i poniesionych opłat.

**Tabela 3. Harmonogram nakładów inwestycyjnych (tyś. zł)**

Rodzaj	2020	2021	2024	2026	2027	Razem
Tabor	8 000	8 000	16 000	2 000	14 000	48 000
Infrastruktura	4 500					4 500
Dokumentacja	161					161
Promocja	17					17
<b>Razem</b>	<b>12 678</b>	<b>8 000</b>	<b>16 000</b>	<b>2 000</b>	<b>14 000</b>	<b>52 678</b>



Promocja projektu zakłada działania o charakterze informacyjno-promocyjnym w celu przedstawienia społeczeństwu czego dotyczył oraz opisu jego finansowania.

Kategoria kosztu dotycząca dokumentacji zawiera w sobie koszty nadzoru budowlanego, studium wykonalności projektu oraz wszelkich dokumentów technicznych, zleconych analiz i związanych z działaniami inwestycyjnymi opłat.

Biorąc pod uwagę średni wiek taboru w spółce oraz poziom stawki za wozokilometr, nie jest realna wymiana taboru – zwłaszcza nowoczesnego o wyższej cenie zakupu – po 10 latach. W związku z tym założono wymianę taboru po 13 latach – zgodnie z planowanym okresem użytkowania taboru.

Założono odtworzenie stacji ładowania po 15 latach.

Z uwagi na fakt, iż okres użytkowania baterii jest krótszy niż okres odniesienia analizy nakłady odtworzeniowe będą ponoszone zgodnie z rozpiską znajdującą się w poniższej tabeli. Mają one na celu utrzymanie obecnego poziomu świadczenia usług.

**Tabela 4. Zestawienie nakładów odtworzeniowych (tyś. zł)**

Rodzaj	Rok	Ilość sztuk	Wartość
Bateria	2028	4	2 060
	2029	4	2 060
	2032	8	4 120

Nakłady o charakterze odtworzeniowym taboru będącego obecnie w eksploatacji ujęto w kosztach eksploatacyjnych, natomiast nakłady odtworzeniowe projektu (W1) zostały ujęte w analizie finansowej w pozycji „Nakłady odtworzeniowe”.

Poza nakładami na tabor oraz infrastrukturę założono również opłatę za utylizację akumulatorów w wys. 15 tyś. zł/szt. Koszt utylizacji baterii (akumulatorów) stosowanych w pojazdach elektrycznych oszacowano metodą teoretyczną oraz rynkową i w obu przypadkach oscylował on w okolicach wyżej wymienionej kwoty. Opłaty te są uwzględniane po 8 latach – okres ten jest szacunkowym czasem życia baterii.

Jest możliwe, że koszty te nie zostaną w rzeczywistości poniesione, ponieważ istnieje możliwość, że baterie o nieco obniżonej pojemności mogą być wykorzystywane do magazynowania energii wykorzystywanej następnie jako rezerwa w okresach szczytowego zapotrzebowania energetycznego. Jednak obecnie, z uwagi na krótki okres eksploatacji dużych pojazdów baterijnych, nie ma jeszcze rynku wtórnego tych komponentów i trudno jest ostatecznie przesądzić czy uda się znaleźć na nie nabywcę czy też konieczne będzie zapłacenie za ich utylizację, dlatego ostrożnościowo założono opłatę za utylizację akumulatorów.

W związku z utylizacją baterii uwzględniono również koszt zakupu nowej sztuki w kwocie 500 tyś. zł.

### 3.3. Koszty operacyjne

Bazą do wyznaczenia wartości kosztów operacyjnych były dane historyczne otrzymane od Zamawiającego oraz planowane koszty jednostkowe zakupywanego taboru i powstałej w ramach projektu infrastruktury. Koszty operacyjne obliczono w oparciu o koszty wozokilometrów.

Z zestawienia wyłączono amortyzację, która nie jest faktycznym przepływem. Do obliczeń uwzględniono średnie wartości z jednostkowych kosztów taboru.

W wariantcie inwestycyjnym obniżono koszt napraw i obsługi o 0,09 zł/wzkm w stosunku do wartości średniej wynikającej z zestawienia spółki, z tytułu napraw i obsługi wykonywanych w ramach gwarancji, różnicując tym samym koszty utrzymania autobusów zupełnie nowych i kilkuletnich. Przy założonym okresie eksploatacji 13 lat, nie należy spodziewać się większego zróżnicowania kosztów eksploatacji w kolejnych latach. Wymiana pojazdów 13-letnich pozwala uniknąć wysokich kosztów napraw, które pojawiłyby się przy starszym taborze.

**Tabela 5. Jednostkowe koszty operacyjne (zł/wzkm)**

Rodzaj	Wariant bezinwestycyjny	Wariant inwestycyjny
Płace kierowców z narzutami	3,48	3,48
Podatek transportowy	0,07	0,07
Ubezpieczenia komunikacyjne	0,12	0,16
Ogumienie	0,02	0,02
Naprawy i obsługa	0,39	0,30
Naprawa i utrzymanie pogotowia technicznego	0,01	0,01
Pozostałe	1,14	1,14
<b>Razem</b>	<b>5,23</b>	<b>5,18</b>

W W0 do powyższych kosztów doliczono wyższe koszty napraw o 0,7 zł/wzkm, wynikające z dłuższej eksploatacji starszego taboru – w W0 tabor będzie eksploatowany dłużej i wzrośnie jego średni wiek, co ma wpływ na koszty eksploatacji.

Koszty eksploatacji stacji ładowania przyjęto w oparciu o wyliczenia producenta urządzeń – EkoEnergetyki oraz MEDCOM - w wysokości 11 600 zł/rok/sztuka.

### 3.4. Podsumowanie analizy finansowo - ekonomicznej

W celu określenia efektywności finansowej projektu wyliczono: FNPV i FRR. Wskaźniki te zostały obliczone na podstawie przepływów pieniężnych, które odpowiadają okresowi użytkowania projektu, tj. do 2032 roku. W wyliczeniach powyższych wskaźników wzięto pod uwagę następujące pozycje:

1. Nakłady inwestycyjne
2. Nakłady odtworzeniowe
3. Koszty działalności operacyjnej
4. Wpływy z przychodów generowanych przez projekt
5. Wartość rezydualną

Analiza wyżej wymienionych wskaźników została oparta na metodzie dyskontowania wolnych strumieni nadwyżek operacyjnych. Wskaźniki finansowej efektywności projektu wynoszą odpowiednio:

**Tabela 6. Wyniki badania efektywności projektu**

Wskaźnik	Wartość
FNPV/C	<b>-37 902 304,60 zł</b>
FRR/C	niepoliczalne
FNPV/K	<b>-5 218 914,06 zł</b>
FRR/K	niepoliczalne

Wskaźnik FNPV przyjmuje wartość ujemną. Oznacza to, że bieżąca wartość przyszłych przychodów nie pokrywa bieżącej wartości kosztów projektu.

Niewątpliwie największy wpływ na ujemną wartość wskaźnika FNPV mają znacznie wyższe wartości nakładów inwestycyjnych w wariantcie W1, generowane przez wyższe koszty jednostkowe autobusów elektrycznych akumulatorowych w porównaniu do autobusów spalinowych.

Ponadto w wariantcie W1 wartość nakładów odtworzeniowych wzrasta z uwagi na konieczność wymiany akumulatorów po 8. roku eksploatacji autobusów elektrycznych akumulatorowych.

Wielkość kosztów operacyjnych w wariantcie W1 będzie niższa, dzięki oszczędnościom wynikającym z niższych kosztów napraw, części zamiennych oraz przede wszystkim z tytułu niższych kosztów zużycia energii elektrycznej w porównaniu do kosztów zużycia oleju napędowego w autobusach spalinowych.

Taki wynik otrzymanej analizy potwierdza, że projekt wymaga dofinansowania ze środków zewnętrznych, w szczególności ze środków UE.

### **3.5. Kalkulacja poziomu dofinansowania i możliwości wykorzystania dostępnych źródeł finansowania**

Obliczono lukę finansową, jako różnicę pomiędzy zdyskontowanymi nakładami inwestycyjnymi, a zdyskontowanymi dochodami powiększonymi o zdyskontowaną wartość rezydualną. Wskaźnik wyniósł 87,9%.

Programy, z których Zamawiający mógłby skorzystać to:

#### **Fundusz Niskoemisyjnego Transportu<sup>10</sup>**

Ministerstwo Energii przygotowało nowelizację ustawy o biokomponentach i biopaliwach ciekłych oraz niektórych innych ustaw, która tworzy Fundusz Niskoemisyjnego Transportu (FNT). Zadaniem Funduszu będzie finansowanie projektów związanych z rozwojem elektromobilności oraz transportem opartym na paliwach alternatywnych. Dokument został podpisany przez Prezydenta Andrzeja Dudę 10 lipca 2018 r.

<sup>10</sup> <https://www.gov.pl/energia/fundusz-niskoemisyjnego-transportu>

Wsparcie w ramach Funduszu otrzymają zarówno inicjatywy związane z rozwojem elektromobilności (czyli pojazdy napędzane energią elektryczną), jak i transportem opartym na paliwach alternatywnych m.in. CNG, LNG. Dzięki FNT finansowane będą projekty wymienione m.in. w Planie Rozwoju Elektromobilności w Polsce, Krajowych Ramach Polityki Rozwoju Infrastruktury Paliw Alternatywnych oraz ustawie z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych.

Funduszem zarządza NFOŚiGW. Dysponentem Funduszu jest Minister Energii, natomiast trzecim uczestnikiem wspierającym działanie Funduszu jest Bank Gospodarstwa Krajowego, który zapewnia obsługę bankową FNT.

Planowane korzyści związane z uruchomieniem finansowania z Funduszu to:

- rozwój infrastruktury do tankowania gazu ziemnego, biopaliw ciekłych i innych paliw alternatywnych oraz do ładowania pojazdów elektrycznych;
- możliwość wprowadzenia nowych modeli biznesowych opartych na paliwach alternatywnych i ich infrastrukturze;
- rozwój flot pojazdów niskoemisyjnych oraz niskoemisyjnego transportu publicznego;
- możliwy spadek kosztów użytkowania pojazdów opartych na paliwach alternatywnych dla obywateli;
- poprawa jakości powietrza wynikająca ze zmniejszenia emisji szkodliwych substancji przez pojazdy drogowe - szczególnie w dużych aglomeracjach.

### **Program Infrastruktura i Środowisko - Działanie 6.1 Rozwój publicznego transportu zbiorowego w miastach<sup>11</sup>**

Centrum Unijnych Projektów Transportowych, jako Instytucja Pośrednicząca dla osi priorytetowych III/IV/V/VI Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko 2014–2020, w czerwcu 2018 r, ogłosiła nabór w trybie konkursowym wniosków o dofinansowanie w ramach: Osi Priorytetowej VI – Rozwój niskoemisyjnego transportu zbiorowego w miastach, Działanie 6.1 – Rozwój publicznego transportu zbiorowego w miastach

Nabór wniosków do konkursu został przewidziany w dniach od 14 grudnia 2018 r. do 31 stycznia 2019 r.

Dofinansowanie mogą uzyskać projekty, dotyczące elektryfikacji wybranych linii komunikacji miejskiej. Przez elektryfikację rozumie się zastąpienie (pełną lub częściową wymianę) taboru o napędzie innym niż elektryczny autobusami elektrycznymi lub trolejbusami, wyposażonymi w niezależne elektrochemiczne źródło zasilania.

Dofinansowaniu podlegają projekty taborowe obejmujące:

- zakup nowych autobusów elektrycznych wraz z niezbędną infrastrukturą ładowania,
- zakup nowych trolejbusów wyposażonych w niezależne elektrochemiczne źródło zasilania wraz z niezbędną infrastrukturą.

Kwota przeznaczona na dofinansowanie projektów w ramach konkursu dla Działania 6.1 wynosi: 300 mln zł. Na etapie zawierania umów o dofinansowanie, ostatecznie dostępna alokacja uzależniona będzie od aktualnego na dany moment kursu EUR/PLN.

<sup>11</sup> <https://www.cupt.gov.pl/aktualnosci/1181-ogloszenie-konkursu-w-dzialaniu-6-1-rozwoj-publicznego-transportu-zbiorowego-w-miastach>

Maksymalny poziom dofinansowania UE na poziomie projektu wynosi 85% wydatków kwalifikowanych.

Szczegółowe informacje nt. konkursu znajdują się na stronie internetowej Centrum Unijnych Projektów Transportowych.<sup>12</sup>

### **GEPARD II – transport niskoemisyjny**

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w październiku 2018 r. ogłosił nabór wniosków o dofinansowanie w ramach programu priorytetowego „GEPARD II – transport niskoemisyjny. Część 2) Strategia rozwoju elektromobilności”. Składanie wniosków o dofinansowanie w formie dotacji przewidziano w terminie od 15.10.2018 r. do 07.12.2018 r.<sup>13</sup>

Beneficjentami programu są powiaty, gminy oraz ich związki. W ramach programu mogą oni ubiegać się o dofinansowanie przygotowania Strategii rozwoju elektromobilności dla gminy, służącej realizacji celów wynikających m.in.: z Programu Rozwoju Elektromobilności w ramach Strategii na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju (SOR), w tym w szczególności z:

- Planu Rozwoju Elektromobilności „Energia do przyszłości”, przyjęty przez Radę Ministrów dnia 16.03.2017 r.;
- Krajowych ram polityki rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych, przyjęte przez Radę Ministrów dnia 29.03.2017 r.;
- Ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych.

Dofinansowanie jest udzielane w formie dotacji w wysokości:

a) dla miast małych i średnich (zgodnie z definicją Głównego Urzędu Statystycznego) do 100% kosztów kwalifikowanych, nie więcej niż 50 tys. zł

b) dla miast dużych (zgodnie z definicją Głównego Urzędu Statystycznego) do 100% kosztów kwalifikowanych, nie więcej niż 100 tys. zł,

c) w przypadku pozostałych jednostek samorządu terytorialnego lub ich związków przy ustalaniu wysokości dofinansowania będzie brana pod uwagę liczba mieszkańców – do 100% kosztów kwalifikowanych, nie więcej niż 50 tys. zł dla liczby ludności odpowiadającej liczebności miast małych i średnich oraz do 100% kosztów kwalifikowanych, nie więcej niż 100 tys. zł dla liczby ludności odpowiadającej liczebności miast dużych.

Budżet na realizację celu programu dla bezzwrotnych form dofinansowania wynosi 10 000 tys. zł.

<sup>12</sup> <https://www.cupt.gov.pl/os-priorytetowa-vi-rozwoj-niskoemisyjnego-transportu-zbiorowego-w-miastach/dzialanie-6-1-rozwoj-publicznego-transportu-zbiorowego-w-miastach/nabor-wnioskow/93-nabor-wnioskow-os-vi/1177-dzialanie-6-1-rozwoj-publicznego-transportu-zbiorowego-w-miastach>

<sup>13</sup> <http://nfosigw.gov.pl/oferta-finansowania/srodki-krajowe/programy-priorytetowe/gepard-ii--transport-niskoemisyjny-czesc-2/informacje-o-naborze-/> (dostęp 23.10.2018 r.)

## 4. Oszacowanie efektów środowiskowych związanych z emisją szkodliwych substancji dla środowiska i zdrowia ludzi

Głównym powodem, dla którego wprowadza się autobusy zeroemisyjne są przesłanki związane z pozytywnymi efektami tego typu inwestycji dla środowiska i zdrowia ludzi, w szczególności związane z ograniczeniem lokalnej emisji zanieczyszczeń oraz poziomu hałasu.

Efekty w zakresie oddziaływania na społeczeństwo i środowisko można skwantyfikować, a w dalszej kolejności dokonać ich monetyzacji czyli przeliczyć na pieniądze, co stanowi przedmiot niniejszego rozdziału.

### 4.1. Metodyka przeprowadzenia analizy

Efekty środowiskowe związane z emisją szkodliwych substancji dla środowiska i zdrowia ludzi określono dla obu wariantów: bezinwestycyjnego i inwestycyjnego. Ocenie poddano następujące rodzaje oddziaływania:

- oddziaływanie zanieczyszczenia powietrza w niższych warstwach atmosfery,
- dodatkowe oddziaływanie zanieczyszczenia powietrza w niższych warstwach atmosfery,
- oddziaływanie zmian klimatycznych,
- oddziaływanie hałasu.

W odniesieniu do oceny oddziaływania zanieczyszczenia powietrza, w ramach analizy oszacowano efekty środowiskowe wynikające z emisji takich substancji jak: pył (PM), dwutlenek azotu (NO<sub>2</sub>), niemetanowe lotne związki organiczne (NMLZO) oraz dwutlenek siarki (SO<sub>2</sub>).

Emisje zanieczyszczeń powietrza obliczono zgodnie z metodyką COPERT. Metodyka ta jest wskazywana w *Guide to Cost-benefit Analysis of Investment Projects, Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014–20*, KE, 2014, która to publikacja podawana jest wśród źródeł literaturowych CUPT: Vademecum Beneficjenta. Rekomenduje się w niej zastosowanie wskaźników krajowych do obliczeń emisji zanieczyszczeń, a w przypadku ich niedostępności, skorzystanie ze wskaźników podanych w „EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook” (metodyka COPERT). Krajowa inwentaryzacja emisji z sektora transportu, wykonywana przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBIZE), prowadzona jest zgodnie z metodyką COPERT.

Współczynniki emisji, zastosowane w modelu COPERT są oparte na danych eksperymentalnych i odzwierciedlają rzeczywiste warunki panujące na drodze, w przeciwieństwie do wskaźników emisji uzyskiwanych podczas testów wykonywanych przed homologacją pojazdów. Uwzględniają one m.in. kategorię autobusu (mini, maxi, mega), rodzaj silnika, rodzaj paliwa oraz istotny czynnik determinujący wielkość emisji, jakim jest prędkość pojazdu.

W odniesieniu do autobusów zeroemisyjnych obliczono emisję towarzyszącą produkcji energii elektrycznej, która jest wykorzystywana do napędu autobusów elektrycznych. W tym przypadku zastosowano najbardziej aktualne wskaźniki emisyjności wyprodukowanej energii elektrycznej, dla odbiorców końcowych, wynikające z miks energetycznego dla Polski (w roku 2016), opracowane przez KOBIZE.

Jako dodatkowe oddziaływanie zanieczyszczenia powietrza, w obliczeniach uwzględniono emisję pozaspalinową, pochodzącą ze ścierania się opon, nawierzchni oraz okładzin hamulcowych.

Obliczone emisje zanieczyszczeń zostały następnie zmonetyzowane z wykorzystaniem odpowiednio danych nt. jednostkowych kosztów emisji poszczególnych zanieczyszczeń (NO<sub>2</sub>, NMLZO, PM<sub>2,5</sub>), opracowanych przez CUPT<sup>14</sup> dla transportu drogowego oraz jednostkowych kosztów emisji zanieczyszczeń (NO<sub>2</sub>, NMLZO, SO<sub>2</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>2,5-10</sub>) określonych dla UE w ramach projektu NEEDS<sup>15</sup>, dla technologii produkcji energii elektrycznej. W tym ostatnim przypadku koszty jednostkowe emisji wyrażone w Euro/tonę (dla roku 2010) zostały poddane translacji walutowej i indeksacji, z wykorzystaniem wskaźników opracowanych przez CUPT.

W ocenie dotyczącej oddziaływania zmian klimatycznych, oszacowano emisję gazów cieplarnianych, wyrażoną jako ekwiwalent CO<sub>2</sub>. Emisję obliczono z zużycia paliwa, przy zastosowaniu wskaźników emisji zgodnych z metodyką COPERT.

W odniesieniu do autobusów zeroemisyjnych obliczono emisję gazów cieplarnianych towarzyszącą produkcji energii elektrycznej. W tym przypadku zastosowano najbardziej aktualny wskaźnik emisyjności wyprodukowanej energii elektrycznej, dla odbiorców końcowych, wynikający z miksu energetycznego dla Polski (w roku 2016), opracowany przez KOBIZE.

Podobnie, jak w przypadku oddziaływania zanieczyszczenia powietrza, emisje gazów cieplarnianych poddano monetyzacji z wykorzystaniem danych nt. jednostkowych kosztów emisji gazów cieplarnianych, opracowanych przez CUPT.

W przypadku oceny oddziaływania hałasu przyjęto ekspercką metodykę szacowania kosztów, w której wykorzystano dane nt. emisji hałasu w zależności od rodzaju silnika oraz dane w zakresie jednostkowych kosztów hałasu w transporcie drogowym, opracowane przez CUPT

W przyjętym do obliczeń okresie analizy (lata 2018-2032) w obu wariantach: bezinwestycyjnym i inwestycyjnym, przyjęto plan wymiany taboru autobusowego na podstawie przekazanego przez MZK w Jeleniej Górze harmonogramu likwidacji pojazdów. Z uwagi na brak informacji o rodzaju autobusów, które będą zastępować sukcesywnie likwidowany tabor, przyjęto założenie, iż nowe autobusy nie będą mniejsze niż wozy typu maxi oraz, że będą spełniały przynajmniej normę emisji spalin Euro VI w wariantcie bezinwestycyjnym. Natomiast w wariantcie inwestycyjnym likwidowane pojazdy zastąpione zostaną minimalną wymaganą, zgodnie z Ustawą o elektromobilności, liczbą autobusów zeroemisyjnych, a pozostałe będą spełniały normę Euro VI. Dla zapewnienia usług komunikacyjnych na tym samym poziomie przez cały okres trwania analizy, przyjmuje się, że bilans liczby autobusów będzie niezmienny. W prognozowanym roku 2032 wszystkie autobusy w wariantcie bezinwestycyjnym będą spełniały przynajmniej normę emisji spalin Euro VI, a w wariantcie inwestycyjnym tabor będzie liczył 24 autobusy zeroemisyjne i 55 autobusów z normą Euro VI.

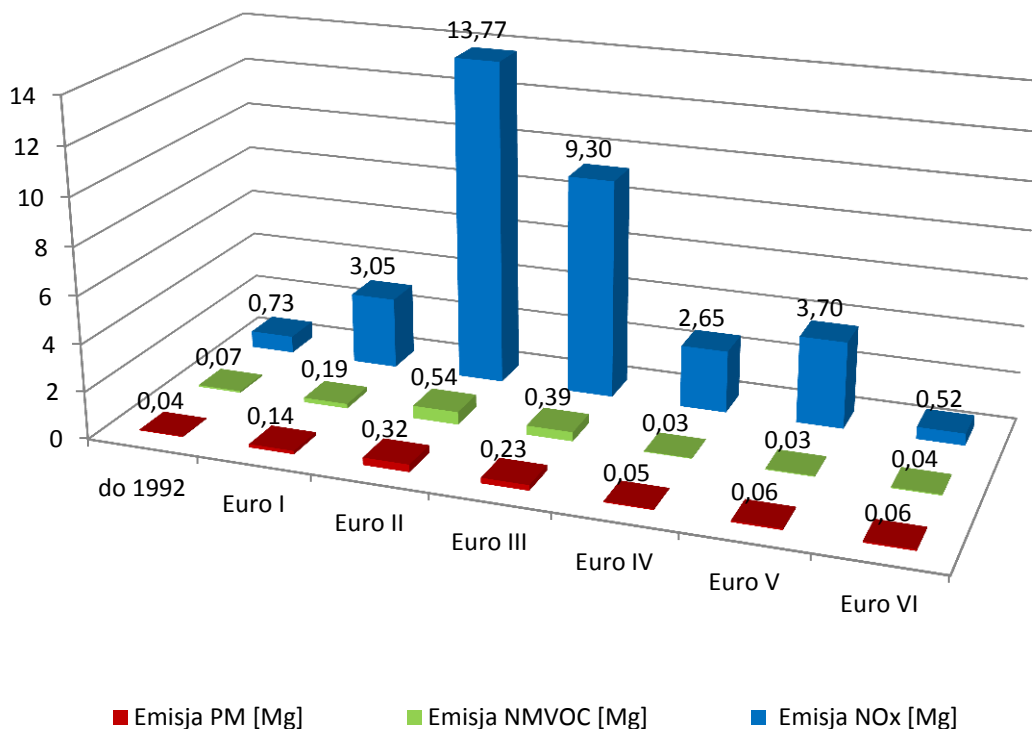
## 4.2. Podsumowanie analizy środowiskowej

Ocena, w ramach analizy efektów środowiskowych jak i kosztów wynikających z emisji hałasu oraz poszczególnych substancji wprowadzanych do powietrza, dokonana została dla każdego roku w analizowanym okresie. W wariantcie bezinwestycyjnym (W0) ujęto ładunek emisji

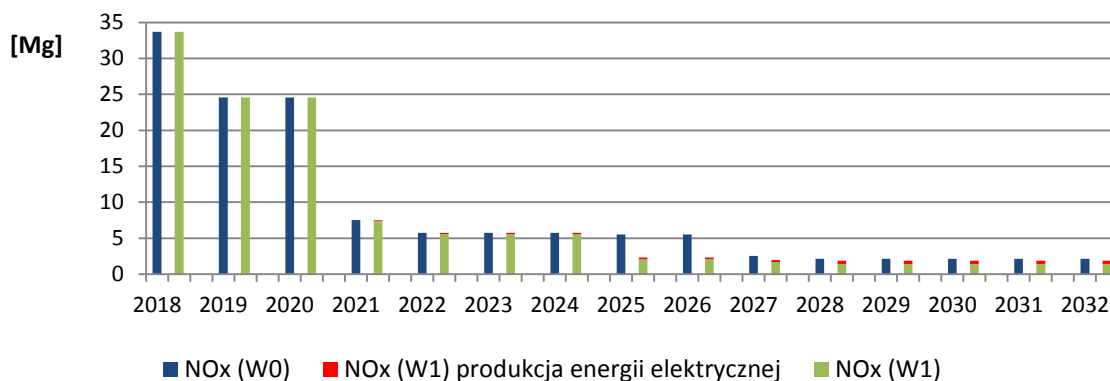
<sup>14</sup> CUPT: Tablice kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści (aktualizacja 04.07.2018 – ceny na koniec 2017 r., prognozy makroekonomiczne z 05.2018)

<sup>15</sup> Project 502687 NEEDS (New Energy Externalities Developments for Sustainability): "External costs from emerging electricity generation technologies"

generowany bezpośrednio przez pojazd spalający paliwo w silniku mobilnym oraz w przypadku pyłów emisję pozaspalinową (ze ścierania okładzin samochodowych). W wariantcie inwestycyjnym (W1) uwzględniono dodatkowo emisję towarzyszącą produkcji energii do zasilania autobusów z napędem elektrycznym. Zmiany ładunku emisji poszczególnych substancji w kolejnych latach i w obu wariantach, zaprezentowano na wykresach.



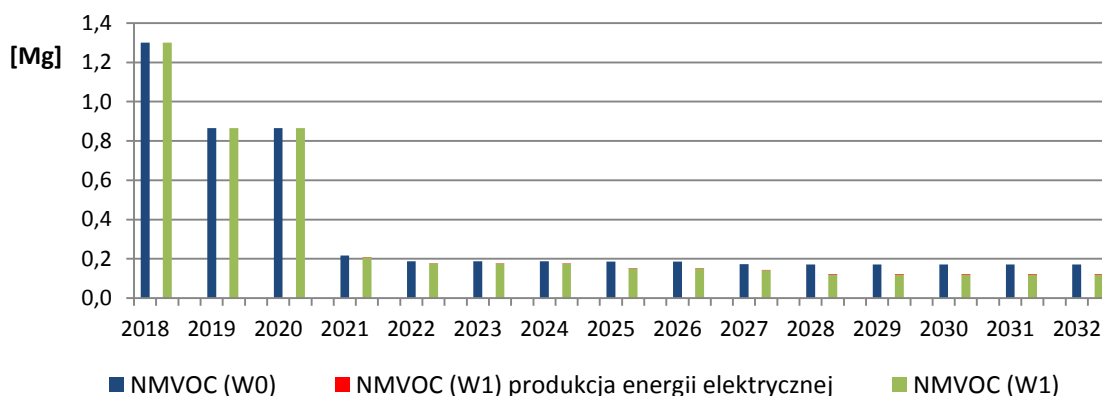
Rysunek 4. Ładunki emisji substancji generowanych przez tabor w roku 2018 podziane na normę emisji spalin<sup>16</sup>



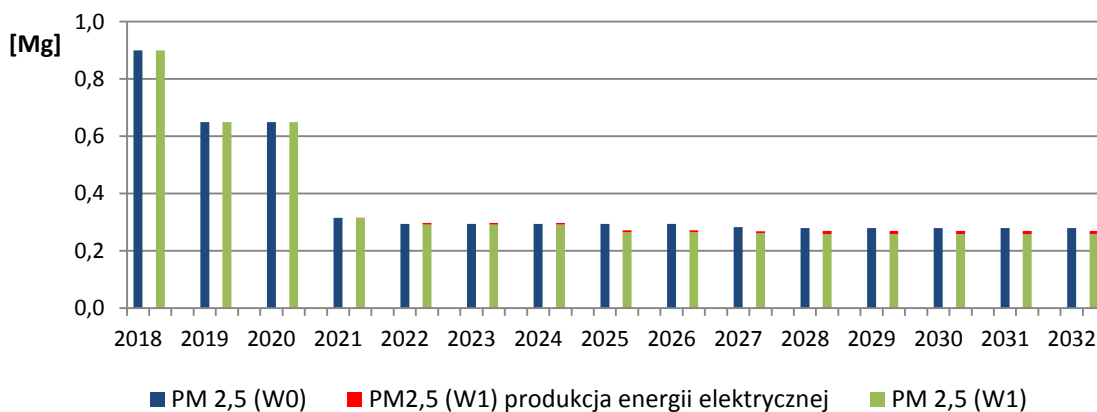
Rysunek 5. Zmiana ładunku emisji tlenków azotu w latach 2018-2032 w wariantcie bezinwestycyjnym i inwestycyjnym<sup>17</sup>

<sup>16</sup> opracowanie własne





Rysunek 6. Zmiana ładunku emisji niemetanowych lotnych związków organicznych w latach 2018-2032 w wariantach bezinwestycyjnym i inwestycyjnym<sup>18</sup>



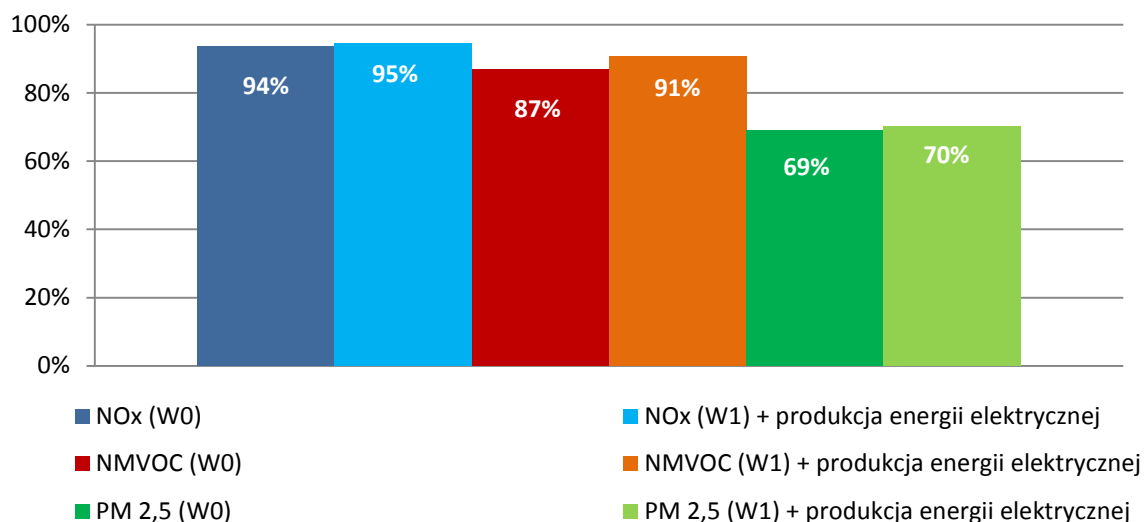
Rysunek 7. Zmiana ładunku emisji pyłu PM 2,5 w latach 2018-2032 w wariantach bezinwestycyjnym i inwestycyjnym<sup>19</sup>

Ładunek emisji tlenków azotu, niemetanowych lotnych związków organicznych oraz pyłu, w obu wariantach zdecydowanie maleje w kolejnych latach (Rysunek 8) co ma bezpośredni związek z wymianą taboru na nowszy. Pomiędzy analizowanymi wariantami nie zaobserwowano znaczącej różnicy w spadku ładunku emisji poszczególnych substancji. Jedynie po przeliczeniu emisji poszczególnych substancji na ładunek ekwiwalentny dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub> eq) widać spadek ładunku emisji w wariantach inwestycyjnym w stosunku do wariantu bezinwestycyjnego (Rysunek 9).

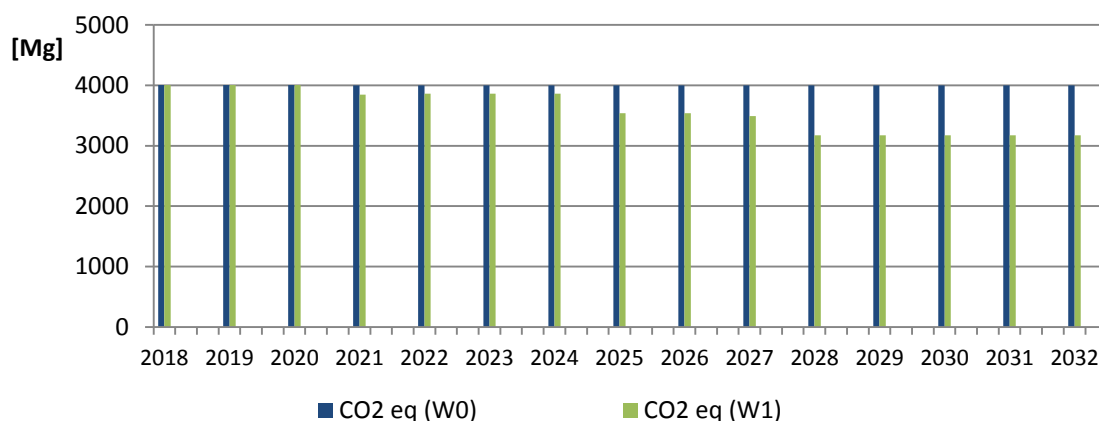
<sup>17</sup> opracowanie własne

<sup>18</sup> opracowanie własne

<sup>19</sup> opracowanie własne



Rysunek 8. Zmiana ładunku emisji substancji w roku 2032 w odniesieniu do roku 2018 w wariantach bezinwestycyjnym i inwestycyjnym<sup>20</sup>

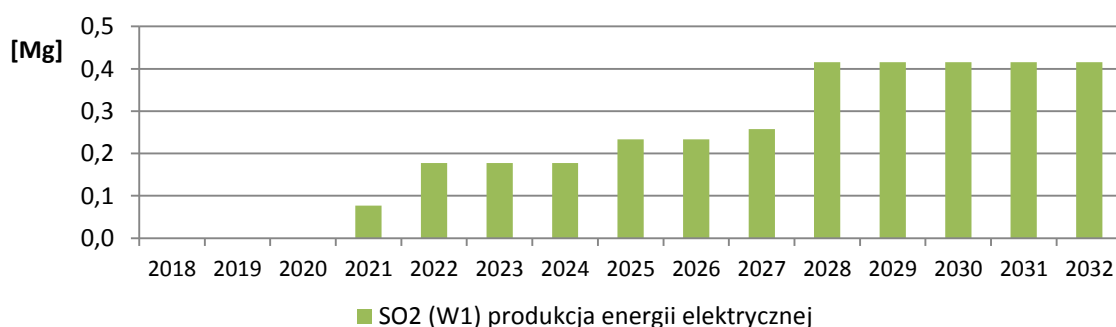


Rysunek 9. Zmiana ładunku emisji ekwiwalentnego dwutlenku węgla w latach 2018-2032 w wariantach bezinwestycyjnym i inwestycyjnym<sup>21</sup>

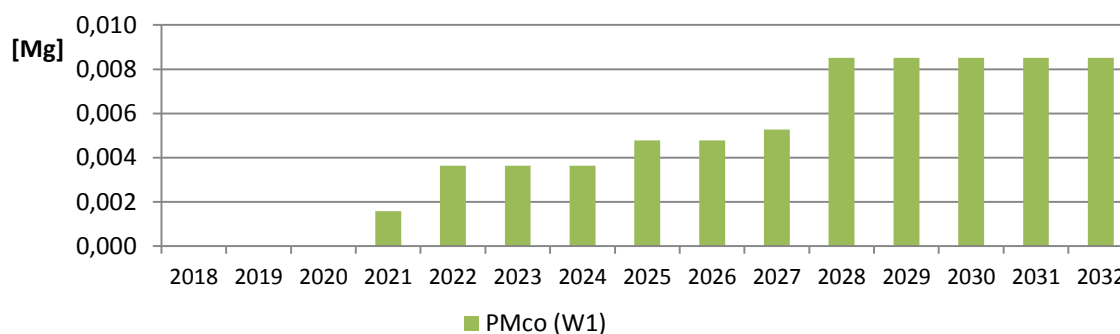
Wdrożenie wariantu inwestycyjnego uwzględniającego zakup autobusów elektrycznych niesie ze sobą konieczność uwzględnienia dodatkowej emisji dwutlenku siarki i PM<sub>co</sub> (COarse particulate matter - pył zawieszony o średnicy aerodynamicznej cząstek 2,5 μm – 10 μm) związanej z produkcją energii elektrycznej. W związku z koniecznością zwiększenia udziału liczby autobusów elektrycznych w ogólnej liczbie autobusów, w kolejnych latach, ładunek emisji wskazanych substancji jest wyższy.

<sup>20</sup> opracowanie własne

<sup>21</sup> opracowanie własne

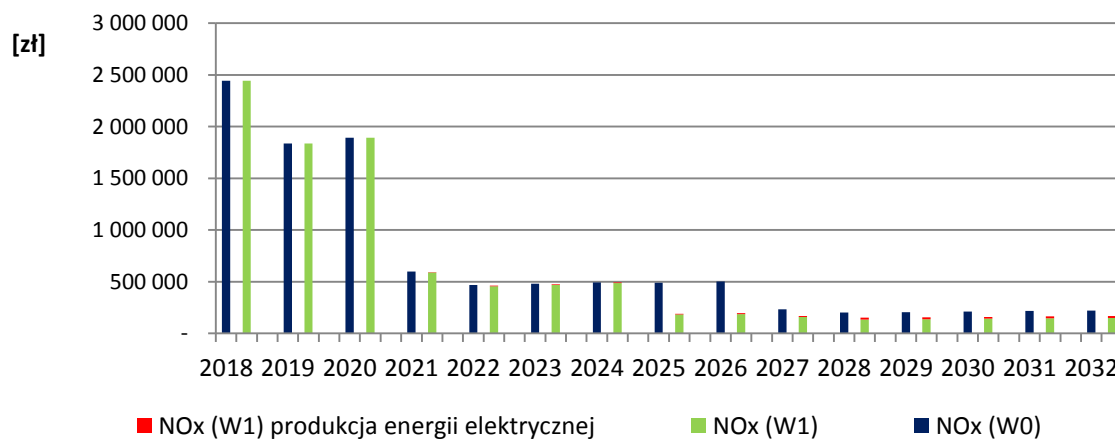


Rysunek 10. Zmiana ładunku emisji dwutlenku siarki w latach 2018-2032 w wariantcie inwestycyjnym<sup>22</sup>



Rysunek 11. Zmiana ładunku emisji PMco w latach 2018-2032 w wariantcie inwestycyjnym<sup>23</sup>

W celu oceny wpływu wdrożenia wariantu bezinwestycyjnego i inwestycyjnego, obliczone emisje substancji poddano monetyzacji również dla całego analizowanego okresu.

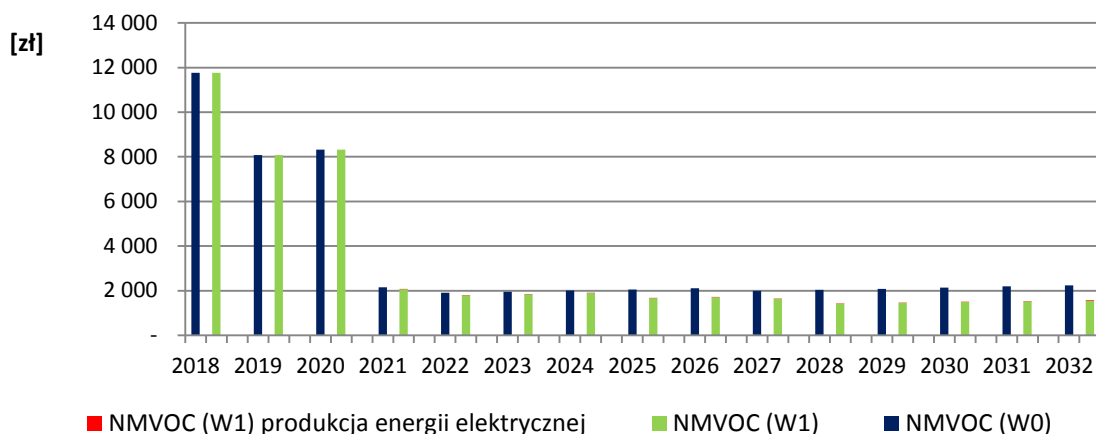


Rysunek 12. Koszty emisji tlenków azotu w latach 2018-2032 w wariantach bezinwestycyjnym i inwestycyjnym<sup>24</sup>

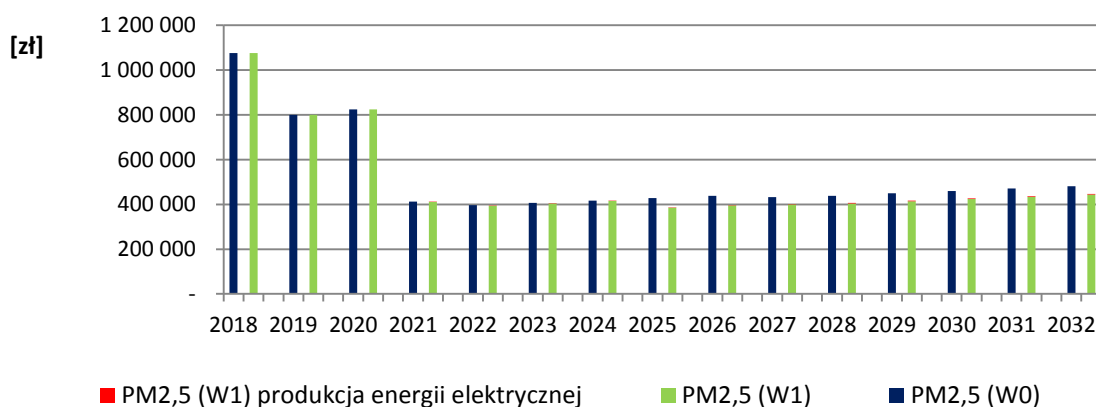
<sup>22</sup> opracowanie własne

<sup>23</sup> opracowanie własne

<sup>24</sup> opracowanie własne



Rysunek 13. Koszty emisji niemetanowych lotnych związków organicznych w latach 2018-2032 w wariantach bezinwestycyjnym i inwestycyjnym<sup>25</sup>



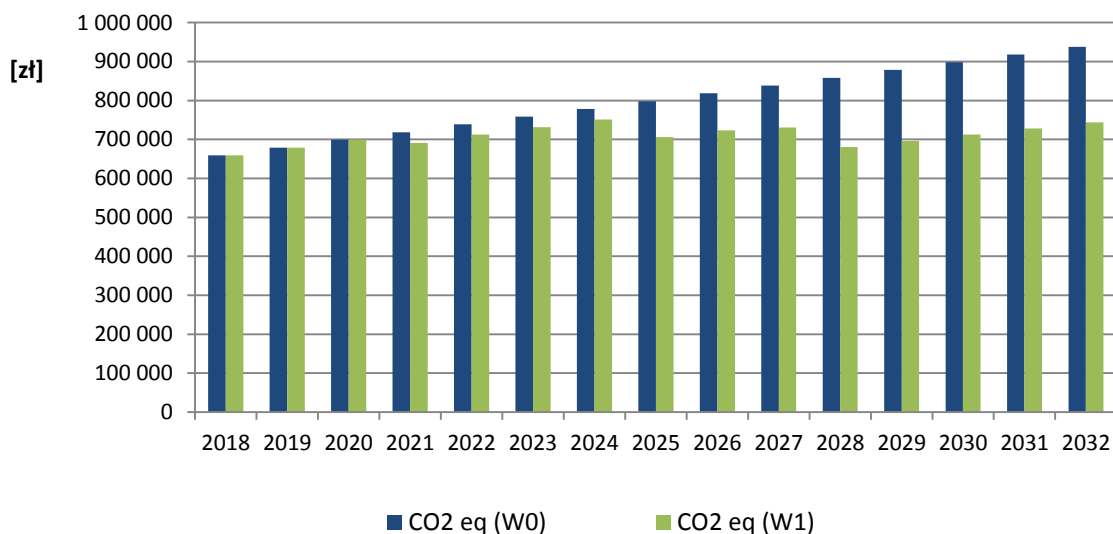
Rysunek 14. Koszty emisji pyłu PM2,5 w latach 2018-2032 w wariantach bezinwestycyjnym i inwestycyjnym<sup>26</sup>

Koszty środowiskowe tlenków azotu, niemetanowych lotnych związków organicznych oraz pyłu PM2,5 roku 2032 w stosunku do roku 2018 są zdecydowanie niższe. W przypadku zastosowania wariantu inwestycyjnego koszty są nieco niższe niż w wariantcie bezinwestycyjnym. W przypadku tlenków azotu i niemetanowych lotnych związków organicznych w roku 2020 i 2023 koszty środowiskowe rosną w stosunku do lat poprzednich. Podobnie w przypadku pyłu PM2,5, wysokość kosztów wzrasta po roku 2022. Spowodowane jest to utrzymującym się poziomem lub niewielkimi spadkami ładunku emisji analizowanych substancji, a zwiększającymi się corocznie wskaźnikami jednostkowych kosztów emisji poszczególnych zanieczyszczeń.

W zakresie zmian kosztów klimatycznych, wyrażonych jako koszt ekwiwalentu emisji dwutlenku węgla, w przypadku zastosowania wariantu bezinwestycyjnego, następuje wyraźny wzrost kosztów w okresie analizy, natomiast dla wariantu inwestycyjnego koszty są podobne na początku i końcu analizowanego okresu (Rysunek 16).

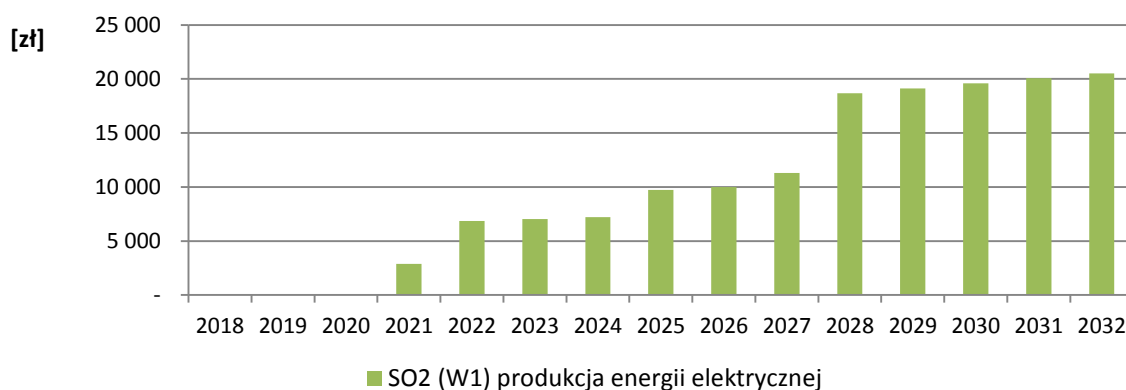
<sup>25</sup> opracowanie własne

<sup>26</sup> opracowanie własne

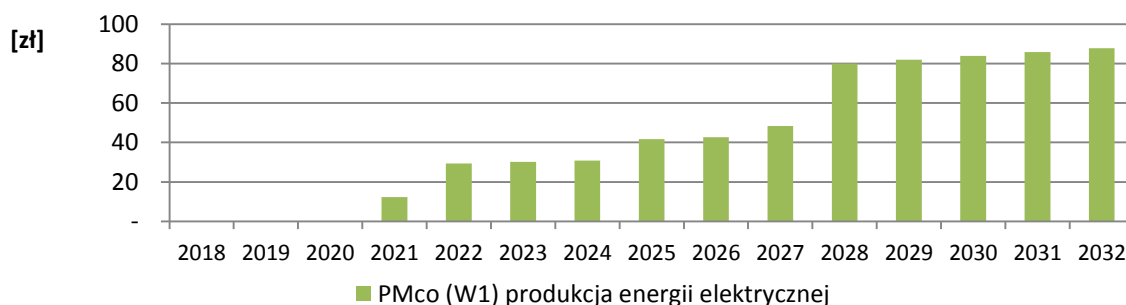


Rysunek 15. Zmiana kosztów ładunku emisji ekwiwalentnego dwutlenku węgla w latach 2018-2032 w wariancie bezinwestycyjnym i inwestycyjnym<sup>27</sup>

Dodatkowe koszty emisji dwutlenku siarki i PM<sub>co</sub> (COarse particulate matter - pył zawieszony o średnicy aerodynamicznej cząstek 2,5 μm – 10 μm) związanej z produkcją energii elektrycznej dla autobusów elektrycznych, które będą funkcjonowały w ramach wariantu inwestycyjnego, zaprezentowano na poniższych wykresach.



Rysunek 16. Zmiana kosztów emisji dwutlenku siarki w latach 2018-2032 w wariancie inwestycyjnym<sup>28</sup>



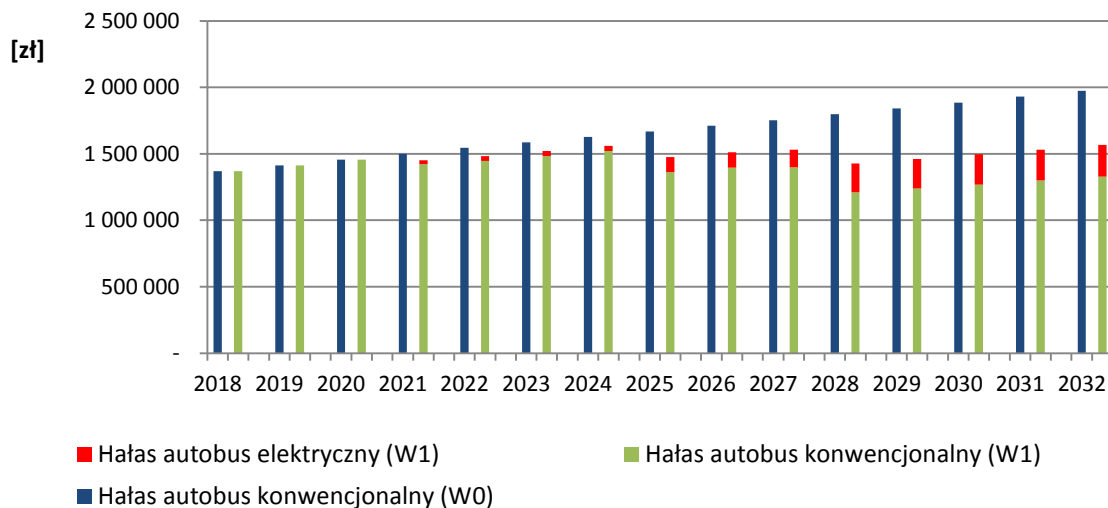
Rysunek 17. Zmiana kosztów emisji pyłów drobnych w latach 2018-2032 w wariancie inwestycyjnym<sup>29</sup>

<sup>27</sup> opracowanie własne

<sup>28</sup> opracowanie własne

<sup>29</sup> opracowanie własne

Koszty emisji hałasu w przypadku zastosowania wariantu bezinwestycyjnego na przestrzeni całego analizowanego okresu, zdecydowanie rosną. W przypadku tego wariantu wielkość emisji hałasu pozostaje niezmienną natomiast corocznie zwiększają się koszty jednostkowe emisji hałasu. W wariantcie inwestycyjnym, na przestrzeni okresu analizy koszty pozostają na podobnym poziomie.



Rysunek 18. Zmiana kosztów emisji hałasu w latach 2018-2032 w wariantcie bezinwestycyjnym i inwestycyjnym<sup>30</sup>

## 5. Analiza społeczno-ekonomiczna

Głównym celem analizy społeczno-ekonomicznej jest wykazanie, że planowany wariant inwestycyjny jest uzasadniony ze społecznego punktu widzenia, nawet jeśli jego efektywność finansowa jest ujemna, co ma miejsce w analizowanym przypadku.

### 5.1. Metodyka przeprowadzenia analizy

Analiza została przeprowadzona w oparciu o dokumenty „Niebieska Księga – Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach”, „Wytyczne w zakresie wybranych zagadnień związanych z przygotowaniem projektów inwestycyjnych, w tym projektów generujących dochód i projektów hybrydowych na lata 2014-2020”. Realizacja projektu przyczyni się do powstania kosztów i korzyści o charakterze społeczno-ekonomicznym, jakie będą ponoszone przez społeczność, której dotyczy projekt.

Wskaźniki efektywności ekonomicznej wyliczono metodą różnicową.

Przeprowadzając analizę ekonomiczną przyjęto następujące założenia:

- stopa dyskonta wykorzystana do analiz wynosi 4,5%,
- analizę przeprowadzono w cenach stałych,
- przeprowadzona została z punktu widzenia całego społeczeństwa,
- okres referencyjny przyjęto na 15 lat.

W rachunku analizy ekonomicznej uwzględniono następujące elementy:

<sup>30</sup> opracowanie własne

- skorygowane nakłady inwestycyjne oraz odtworzeniowe,
- skorygowane koszty eksploatacyjne,
- skorygowaną wartość rezydualną,
- korzyści ekonomiczne.

W celu właściwego określenia kosztów i korzyści społecznych powstałych w wyniku realizacji projektu, dokonano korekty przepływów finansowych, eliminując czynniki, które mogłyby zniekształcać wynik analizy ekonomicznej. W szczególności uwzględniono efekty fiskalne. Kalkulacje są prowadzone w cenach netto, dlatego pominięto etap korekty o podatek VAT.

Współczynniki korekty wykorzystywane w analizie ekonomicznej to:

- 0,83 – dla nakładów związanych z infrastrukturą,
- 0,78 – dla kosztów i przychodów eksploatacyjnych,
- 0,87 – dla nakładów związanych z taborem.

Wyceny kosztów i korzyści dokonano w cenach netto.

W celu dokonania oceny ekonomicznej projektu posłużono się następującymi ekonomicznymi wskaźnikami efektywności:

- ekonomiczną wartością bieżącą netto (ENPV), która dla projektów efektywnych jest większa od zera,
- ekonomiczną stopą zwrotu (ERR), która dla projektów efektywnych jest większa od stopy dyskonta (4,5%),
- relacją korzyści do kosztów (B/C), która powinna być wyższa od jedności.

Wskaźniki te zostały obliczone na podstawie skorygowanych przepływów pieniężnych projektu i oparte na metodzie dyskontowania wolnych strumieni nadwyżek operacyjnych.

Na podstawie przeprowadzonej analizy ekonomicznej stwierdzono, iż realizowany projekt nie jest korzystny ze społecznego punktu widzenia. Wskaźniki efektywności ekonomicznej przedstawiono w poniższej tabeli:

**Tabela 7. Wskaźniki efektywności ekonomicznej**

stopa dyskontowa	4,5%
ENPV	-29 210 048,05 zł
ERR	niepoliczalne
B/C	0,12

Dla projektu efektywnego wskaźnik ENPV powinien być wyższy od zera, natomiast ERR większy od przyjętej stopy dyskontowej, a B/C powyżej jedności. W badanym przypadku żadne warunki nie zostały zachowane, zatem inwestycja nie powinna zostać zrealizowana, gdyż nie jest efektywna pod względem społeczno-gospodarczym.

## 5.2. Podsumowanie analizy społeczno - ekonomicznej

Pomimo, iż projekt generuje szereg dodatkowych korzyści m.in.:

- Dostosowanie miejskiej komunikacji publicznej do potrzeb mieszkańców;

- Dostosowanie taboru miejskiego do wymogów unijnych norm środowiskowych i technicznych;
- Ochrona środowiska naturalnego ze szczególnym uwzględnieniem zmniejszonej emisji hałasu oraz substancji zanieczyszczających;
- Poprawa komfortu podróży użytkowników miejskiego transportu publicznego;
- Poprawa bezpieczeństwa w czasie podróży zarówno korzystających z miejskiej komunikacji publicznej jak i innych uczestników ruchu ulicznego (pieszych i zmotoryzowanych);
- Zmniejszenie awaryjności taboru;
- Zmniejszenie kosztów eksploatacji taboru;
- Poprawa wizerunku miejskiej komunikacji publicznej;

Inwestycja w autobusy elektryczne akumulatorowe nie powinna zostać zrealizowana, gdyż jest nieefektywna pod względem społeczno-gospodarczym. Zmonetyzowane koszty z tytułu ich eksploatacji przewyższą poziom korzyści ekonomiczno - społecznych. Zatem osiągnięcie poziomów minimalnego udziału autobusów zeroemisyjnych, zgodnie z zapisami ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych we flocie obsługującej komunikację miejską w mieście Jelenia Góra nie jest wymagane.

### 5.3. Wrażliwość projektu

Analiza wrażliwości i ryzyka (ocena ryzyka) polega na ocenie wpływu zmiany kluczowych założeń dotyczących projektu na wartość wskaźników analizy finansowej i ekonomicznej efektywności.

#### 5.3.1. Analiza wrażliwości wskaźników ekonomicznej efektywności projektu

Doboru zmiennych kluczowych w analizie wrażliwości dokonano zgodnie z wytycznymi Niebieskiej Księgi oraz Ministerstwa Rozwoju Regionalnego „Wytyczne w zakresie zagadnień związanych z przygotowaniem projektów inwestycyjnych, w tym projektów generujących dochód i projektów hybrydowych na lata 2014-2020”, Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, marzec 2015).

Przedmiotem analizy wrażliwości były następujące zmienne kluczowe dotyczące efektywności ekonomicznej projektu:

- Nakłady inwestycyjne
- Koszty operacyjne i utrzymania

W analizie wrażliwości wskaźników ekonomicznej efektywności projektu uwzględniono następujące scenariusze:

- Nakłady inwestycyjne: -25%, -15%, 15%, 25%;
- Koszty operacyjne i utrzymania: -25%, -15%, 15%, 25%;

Zgodnie z kryterium, wg którego zmienna krytyczna jest taką zmienną, której zmiana o 1% powoduje zmianę NPV o ponad 1% w analizie ekonomicznej krytyczne okazały się zmienne: nakłady inwestycyjne.

W związku z powyższym wyznaczono wartości progowe dla których NPV są równe 0. Wyniki przedstawiono poniżej:



- nakłady inwestycyjne – spadek o ponad 72%.

Jedną ze zmiennych krytycznych jest zmiana nakładów inwestycyjnych. Prawdopodobieństwo zmniejszenia nakładów inwestycyjnych aż o ponad 72% w dół jest mało realne. Kalkulacja kosztów została poprzedzona analizą rynku oraz wykonaniem kosztorysów uwzględniających bieżące ceny.

### 5.3.2. Analiza wrażliwości wskaźników finansowej efektywności projektu

Celem analizy wrażliwości jest sprawdzenie, czy jest możliwe pojawienie się okoliczności, które sprawiłyby, że projekt będzie opłacalny. Zmienne dobierano pod kątem istotności czynników dla opłacalności projektu i faktycznej możliwości wystąpienia i odczucia ich zmian. Doboru zmiennych kluczowych w analizie wrażliwości dokonano zgodnie z metodyką opisaną w Niebieskiej Księdze oraz wytycznymi Ministerstwa Rozwoju Regionalnego.

Uwzględniono następujące zmienne dotyczące efektywności finansowej projektu:

- Nakłady inwestycyjne  $\pm 15\%$ ,  $\pm 25\%$
- Koszty operacyjne  $\pm 15\%$ ,  $\pm 25\%$

Analiza polegała na badaniu zależności między spadkiem/wzrostem poszczególnych czynników na wielkości wskaźników NPV/C i NPV/K. Zmiany procentowe zostały zastosowane do wartości bezwzględnych danych parametrów wariantu inwestycyjnego oraz odpowiednich wartości bezwzględnych dla wariantu bezinwestycyjnego. W przypadku nakładów kapitałowych, zmiany dotyczą zmian nakładów tylko w wariantcie inwestycyjnym.

W badanym projekcie występują zmienne krytyczne, których zmiana wartości o +/- 1% powoduje zmianę NPV o co najmniej +/-1%. W związku z powyższym wyznaczono wartości progowe dla FNPV/C i FNPV/K.

Wartości progowe zrównujące FNPV/C z zerem zmiennych kluczowych w analizie finansowej:

- nakłady inwestycyjne – spadek o ponad 79%
- koszty operacyjne – wzrost oszczędności kosztów operacyjnych o 379%.

Wartości progowe zrównujące FNPV/K z zerem zmiennych kluczowych w analizie finansowej:

- nakłady inwestycyjne – spadek o ponad 34%
- koszty operacyjne – wzrost oszczędności kosztów operacyjnych o 52%.

Scenariusze te są mało prawdopodobne.

#### 5.4. Potencjalne ryzyka dotyczące przedsięwzięcia

Poniżej przedstawione zostały potencjalne zagrożenia dla projektu, wraz z oceną prawdopodobieństwa ich wystąpienia i oceną wpływu na zadanie elektryfikacji wybranych linii komunikacyjnych. Wzięto pod uwagę zarówno ryzyka związane z procesem inwestycyjnym, jak również ryzyka związane z późniejszym utrzymaniem wytworzonego rezultatu. W celu określenia poziomu ryzyka wykorzystano matrycę poziomu ryzyka stosując metodykę wg Poradnika „Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach. Nowa edycja. Jaspers, Sierpień 2015 r.”

Lp.	Typ ryzyka	Opis ryzyka	Prawdopodobieństwo wystąpienia	Potencjalny wpływ na projekt	Poziom ryzyka	Sposób minimalizacji wystąpienia ryzyka
1	Administracyjne	<p>Opóźnienia dotyczące pozyskiwania niezbędnych pozwoleń, np. budowlanych, decyzji środowiskowych lub innych w przypadku budowy stacji ładowania.</p> <p>Prawdopodobieństwo wystąpienia ryzyka opóźnień administracyjnych oceniono na niskie.</p> <p>Wpływ potencjalnego ryzyka oceniono na relatywnie mały, jednakże ze względu na konieczność uzyskania brakujących decyzji / należy liczyć się ze okresowym wstrzymaniem procesu inwestycyjnego do momentu ich otrzymania.</p>	Niskie	Mały	Niski	Odpowiednie przygotowanie projektu od strony formalno-prawnej i dopełnienie wszelkich formalności administracyjnych.
2	Związane z wykonaniem	Niezidentyfikowane na etapie fazy przygotowawczej problemy związane z	Niskie	Umiarkowany	Średni	Odpowiednie przygotowanie projektu od strony wykonawczej



Lp.	Typ ryzyka	Opis ryzyka	Prawdopodobieństwo wystąpienia	Potencjalny wpływ na projekt	Poziom ryzyka	Sposób minimalizacji wystąpienia ryzyka
	robót	<p>budową stacji ładowania i podłączeniem do sieci energetycznej, np. napotkanie trudności technicznych podczas prac podziemnych.</p> <p>Prawdopodobieństwo wystąpienia barier technicznych oceniono na niskie.</p> <p>Wpływ potencjalnego ryzyka oceniono na duży, ze względu na konieczność niwelacji barier, co skutkowałoby wstrzymaniem procesu inwestycyjnego do momentu ich likwidacji.</p>				wraz z przeprowadzeniem pełnego rozpoznania uwarunkowań lokalnych terenu inwestycji wraz z oceną wykonalności prac budowlanych i dopełnienie wszelkich formalności administracyjnych.
3	Projektowe / koncepcyjne	<p>Niewystarczająca wizja lokalna, błędne założenia na etapie projektowania rozwiązania.</p> <p>Prawdopodobieństwo wystąpienia ryzyka popełnienia błędów koncepcyjnych oceniono na bardzo niskie.</p> <p>Wpływ potencjalnego ryzyka oceniono na duży, ze względu na konieczność modyfikacji parametrów inwestycji już na etapie realizacji, ewentualne wydłużenie terminu realizacji projektu i zwiększenie kosztów.</p>	Bardzo niskie	Umiarkowany	Niski	Przygotowanie koncepcji wraz z przeprowadzeniem pełnego rozpoznania uwarunkowań lokalnych terenu inwestycji wraz z oceną wykonalności prac budowlanych i przeprowadzenie konsultacji społecznych. Przygotowanie studium wykonalności inwestycji.

Lp.	Typ ryzyka	Opis ryzyka	Prawdopodobieństwo wystąpienia	Potencjalny wpływ na projekt	Poziom ryzyka	Sposób minimalizacji wystąpienia ryzyka
4	Przetargowe	<p>Zakłócenia prawidłowości oraz przedłużenie procedury przetargowej. Zagrożenie to wiąże się z popełnieniem błędów na etapie przygotowania dokumentacji przetargowej, Specyfikacji Istotnych Warunków Zamówienia, przeprowadzenia procedury przetargowej, jak również wniesieniem licznych protestów przez oferentów</p> <p>Prawdopodobieństwo wystąpienia ponowienia postępowania przetargowe oceniono na średnie.</p> <p>Wpływ przedłużenia się procedury przetargowej oceniono na mały, przy założeniu, że Wnioskodawca zaplanuje rezerwę czasową w harmonogramie realizacji projektu.</p>	Średnie	Mały	Średni	Przygotowanie kadry Wnioskodawcy od strony merytorycznej poprzez studia literatury branżowej, konsultacje z ekspertami dziedzinowymi, przeprowadzenie dialogów technicznych oraz bazowanie na własnych doświadczeniach nabytych na drodze przeprowadzonych wcześniej postępowań przetargowych.
5	Regulacyjne	<p>Zmiany w przepisach prawnych. Konieczność uzyskania dodatkowych lub zmiana posiadanej dokumentacji środowiskowej może zatrzymać proces inwestycyjny projektu, tym samym opóźnić lub też uniemożliwić realizację projektu.</p>	Niskie	Krytyczne	Średni	Rozpoznanie aktualnego stanu prawnego i planowanych zmian prawnych.

Lp.	Typ ryzyka	Opis ryzyka	Prawdopodobieństwo wystąpienia	Potencjalny wpływ na projekt	Poziom ryzyka	Sposób minimalizacji wystąpienia ryzyka
		<p>Prawdopodobieństwo wystąpienia ryzyka oceniono na niskie.</p> <p>Wpływ potencjalnego ryzyka oceniono na znaczący, ze względu na konieczność uzyskania brakujących decyzji / co skutkowałoby wstrzymaniem procesu inwestycyjnego do momentu ich otrzymania, a w przeciwnym wypadku do całkowitego zaniechania inwestycji.</p>				
6	Klimatyczne	<p>Oddziaływanie skrajnie niskich temperatur. Zagrożenie to może wystąpić w okresie zimowym i jest ono związane z negatywnym wpływem ujemnych temperatur na działanie baterii, skutkującym zmniejszeniem jej wydajności i mniejszym zasięgiem autobusów elektrycznych</p> <p>Prawdopodobieństwo wystąpienia ryzyka oceniono na wysokie.</p> <p>Wpływ ujemnych temperatur może zwiększać liczbę cykli ładowania i w rezultacie oznaczać skrócenie czasu eksploatacji baterii.</p>	Wysokie	Umiarkowany	Wysoki	Zakup autobusów elektrycznych o długim okresie serwisu gwarancyjnego, poprzedzony analizą rozpoznawczą wraz z doradztwem eksperckim z zakresu dostępnych i projektowanych technologii.
7	Techniczne	Ryzyko niezawodności technicznej,	Niskie	Mały	Niski	Zakup autobusów elektrycznych o



Lp.	Typ ryzyka	Opis ryzyka	Prawdopodobieństwo wystąpienia	Potencjalny wpływ na projekt	Poziom ryzyka	Sposób minimalizacji wystąpienia ryzyka
		<p>związanej z awarią pojazdów lub awarią systemu obsługi tych pojazdów, w tym systemu ładowania.</p> <p>Prawdopodobieństwo wystąpienia ryzyka oceniono na niskie.</p> <p>Wpływ awarii autobusów elektrycznych może wpływać niekorzystnie na rozkłady jazdy i płynność ruchu na określonych liniach komunikacyjnych i może skutkować niezadowoleniem i odejściem wybranych pasażerów od korzystania z transportu zbiorowego.</p>				długim okresie serwisu gwarancyjnego, poprzedzony analizą rozpoznawczą wraz z doradztwem eksperckim z zakresu dostępnych i projektowanych technologii.
8	Finansowe	<p>Dostępność środków krajowych na finansowanie nakładów inwestycyjnych;</p> <p>Dostępność środków krajowych na finansowanie kosztów operacyjnych;</p> <p>Wzrost kosztów finansowania.</p> <p>Ze względu na trend rozwoju elektromobilności w Polsce, znajdujący również swoje odzwierciedlenie w polskim ustawodawstwie, prawdopodobieństwa wystąpienia ryzyka</p>	Bardzo niskie	Krytyczny	Niski	W przypadku wnioskowania o dofinansowanie inwestycji ze źródeł zewnętrznych, zabezpieczenie wkładu własnego w budżecie gminy.



Lp.	Typ ryzyka	Opis ryzyka	Prawdopodobieństwo wystąpienia	Potencjalny wpływ na projekt	Poziom ryzyka	Sposób minimalizacji wystąpienia ryzyka
		<p>oceniono jako bardzo niskie. Obecnie beneficjenci mogą ubiegać się o wsparcie dla realizacji inwestycji z Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowiska. Oś Priorytetowa 6. Działanie 6.1 Rozwój publicznego transportu zbiorowego w miastach.</p> <p>Potencjalny wpływ braku wystarczających środków krajowych oddziaływałby hamująco na realizację projektów związanych z elektryfikacją transportu publicznego.</p>				

## 6. Analiza technicznych możliwości wykorzystania autobusów zeroemisyjnych

Zgodnie z art. 2 pkt 1 ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych, **autobus zeroemisyjny** wykorzystuje do napędu energię elektryczną wytworzoną z wodoru w zainstalowanych w nim ogniach paliwowych lub wyłącznie silnik, którego cykl pracy nie prowadzi do emisji gazów cieplarnianych lub innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych<sup>31</sup>. Definicja uwzględnia również trolejbus. Natomiast wyłączone z niej są autobusy hybrydowe, jako emitujące zanieczyszczenia do atmosfery.

### 6.1. Możliwości i ograniczenia technologiczne

Głównym elementem składowym pojazdów zeroemisyjnych jest silnik elektryczny. Jednak to nie on lecz magazynowanie energii stanowiło przez lata podstawową barierę technologiczną dla rozwoju elektryfikacji w transporcie miejskim. Zasobniki energii w pojazdach z napędem elektrycznym posiadały niezadowalające parametry, takie jak długi okres ładowania przy jednoczesnej niedostatecznej wydajności baterii, przekładające się na niewielki zasięg pojazdów elektrycznych, w porównaniu do tych z napędem spalinowym. Aktualnie, problem ten został częściowo rozwiązany za sprawą ogniwo elektrochemicznych opartych na litie (Li). Jak podają źródła literaturowe<sup>32</sup>, moce, jakimi obecnie dysponują zasobniki, pokrywają zapotrzebowanie układu napędowego. Nie stanowi również problemu technologia odbierania energii do akumulatora podczas hamowania. Problematyczny jest natomiast proces ładowania baterii. Wynika on z ograniczonej szybkości ładowania, co jest związane z wydzielaniem się ciepła podczas przepływu prądu elektrycznego przez ogniwo<sup>33</sup>. Ze względów praktycznych, najkorzystniej byłoby gdyby autobus elektryczny posiadał zapas energii umożliwiający przejechanie przez pojazd dziennej liczby wozokilometrów, bez konieczności doładowywania baterii na pętlach autobusowych. Istniejące rozwiązania konstrukcyjne umożliwiają wolne oraz szybkie ładowanie zasobników energii.

Należy również zwrócić uwagę na niekorzystne oddziaływanie skrajnych temperatur powietrza na baterie. Ujemne temperatury obniżają wydajność baterii, co przekłada się na skrócenie zasięgu autobusu. W okresie zimowym, w przypadku występowania ujemnych temperatur, konieczne jest zapewnienie rozwiązań technologicznych chroniących zasobniki energii przed nadmiernym wychłodzeniem. Równie niekorzystne dla prawidłowej eksploatacji akumulatorów jest oddziaływanie skrajnie wysokich temperatur, które mogą doprowadzić do ich uszkodzenia. To stwarza potrzebę wyposażania pojazdów, oprócz systemu dogrzewania, również w system chłodzenia baterii.

Poza autobusami elektrycznymi, które obecne są na naszym rynku od stosunkowo niedawna, większe doświadczenia eksploatacyjne związane są z wykorzystaniem w transporcie miejskim trolejbusów. Jednak ich użytkowanie wymaga utworzenia odpowiedniej infrastruktury sieciowej, której na dzień dzisiejszy brak w Jeleniej Górze.

Jedną z obiecujących technologii wspomagających rozwój elektromobilności są ogniwa wodorowe. Pierwszy w Polsce autobus zasilany wodorem został wyprodukowany przez spółkę Ursus Bus. W roku 2019 ma zostać oddana do użytku w Lublinie pierwsza stacja tankowania wodorem.

<sup>31</sup> o którym mowa w ustawie z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji (Dz. U. z 2017 r. poz. 286, 1566 i 1999)

<sup>32</sup> Kobos W., Chudzik P: Dostarczanie energii do autobusu elektrycznego. Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, nr 1-2, 2017 r.

<sup>33</sup> jw.



### 6.1.1. Zasięg

Kilometraż, możliwy do osiągnięcia na jednym pełnym cyklu ładowania obecnie istniejących na rynku autobusów elektrycznych, zależy m.in. od wielkości (pojemności) zainstalowanej baterii, konstrukcji pojazdu, warunków atmosferycznych (głównie temperatury powietrza), ukształtowania terenu, na którym przebiegają zelektryfikowane linie komunikacyjne, jak również od zastosowanych przez producenta technicznych rozwiązań.

Dzięki testom, przeprowadzonym w lipcu 2018 r. przez Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne Sp. z o.o. w Tarnowie na jednym z dostępnych na rynku autobusów elektrycznych, uzyskano wyniki umożliwiające ocenę parametrów testowanego autobusu. Poniżej przedstawione zostały wybrane z nich. Wszystkie przytoczone dane zostały udostępnione na stronie internetowej przedsiębiorstwa<sup>34</sup>.

Testowany autobus elektryczny o długości 12 m posiadał baterie o mocy 200 kWh. Kierowcy testowanego pojazdu uzyskali zużycie energii na poziomie 112 kWh na 100 przejechanych kilometrów. Zakładając 10% bufor zużycia prądu daje to zasięg pojazdu na poziomie 160 km na pełnej baterii do jej całkowitego rozładowania. Należy wziąć pod uwagę fakt, że zasięg ten może być znacznie mniejszy w okresie zimowym, w czasie występowania ujemnych temperatur. Jeżeli wymagana dzienna liczba wozokilometrów jest większa, np. mieści się w zakresie 160-200 km, wówczas wymusza to doładowywanie baterii autobusu poza zajezdnię, np. na pętli autobusowej.

### 6.1.2. Ładowanie baterii<sup>35</sup>

Proces ładowania baterii w autobusach elektrycznych odbywa się na dwa sposoby – wolny i szybki.

Ładowarki wolne znajdują zastosowanie głównie na zajezdniach autobusowych. Są to urządzenia posiadające moc ładowania nieprzekraczającą 60 kW. Z technologicznego punktu widzenia proces wolnego ładowania wpływa korzystnie na baterie dzięki balansowaniu ogniw<sup>36</sup>. Zaletą tego typu ładowania jest możliwość pobierania energii elektrycznej bezpośrednio z sieci niskiego napięcia, co nie stwarza konieczności wybudowania specjalnej infrastruktury. Ładowanie baterii autobusów odbywa się najczęściej nocą w trakcie obowiązywania taryf o niższym koszcie energii i trwa kilka godzin.

Ładowarki szybkie są urządzeniami uzyskującymi napięcie na poziomie kilkuset kW i wymagają dostępu do sieci o średnim napięciu i budowy specjalnej infrastruktury. Ich przeznaczeniem jest doładowywanie baterii np. na pętli autobusowej w czasie od kilku do kilkunastu minut, co wymaga dostarczenia mocy ładowania na poziomie przynajmniej odpowiadającym mocy napędu autobusu lub wyższym. Przy napięciu baterii rzędu 500 V dostarczenie mocy połączeniem kablowym pozwala maksymalnie na przesłanie prądu o natężeniu 200 A, co daje możliwość uzyskania mocy ładowania na poziomie 100 kW. Dla autobusu o mocy np. 240 kW jest to wartość zbyt niska do przeprowadzenia szybkiego ładowania. Konieczne jest zatem stosowanie specjalnych urządzeń, za pomocą których można przeprowadzić szybkie ładowanie z wykorzystaniem natężenia prądu powyżej 500 A. Takim urządzeniem jest pantograf autobusowy. Umożliwia on bezpieczne podłączenie autobusu do ładowania u źródła o dużej mocy.

Szybkie doładowywanie baterii autobusów na pętlach autobusowych posiada jednak kilka wad. Do wad technologicznych można zaliczyć częste ładowanie baterii prądem o dużej mocy, które obniża

<sup>34</sup> <http://www.mpk.tarnow.pl/pl/aktualnosci/2018-07-30/zakonczone-testy-autobusu-elektrycznego-solaris>

<sup>35</sup> Opis technologii ładowania baterii opracowano na podstawie artykułu Witold Kobos, Piotr Chudzik, „Dostarczanie energii do autobusu elektrycznego”, *Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe*, nr 1-2, 2017 r.

<sup>36</sup> (proces mający na celu wyrównanie stanu naładowania poszczególnych ogniw w baterii celem zmaksymalizowania wykorzystania jej pojemności i wydłużenia żywotności)

trwałość baterii. Poza tym, tego typu ładowanie oznacza dodatkowe koszty związane z koniecznością wybudowania stacji ładowania, niekiedy również wyposażenia autobusów elektrycznych w pantografy (unoszone pod ładowarką podczas ładowania), choć powszechniejsze stają się rozwiązania, w których pantograf opuszczany jest z ładowarki do gniazda ładowania (tzw. odwrócony pantograf), znajdującego się na dachu autobusu. Innym minusem szybkiego ładowania jest konieczność ładowania baterii autobusów w ciągu dnia, kiedy taryfy poboru energii elektrycznej są droższe niż taryfy nocne.

W miastach, w których użytkowane są tramwaje lub trolejbusy istnieje możliwość korzystania z istniejącej trakcji, poprzez prostownikowe podstacje trakcyjne. Nie jest to rozwiązanie pozbawione wad, które są związane z dużymi wahaniami napięcia na sieci, co jest niepożądane dla urządzeń ładujących.

Innym rozwiązaniem technologicznym jest indukcyjne ładowanie baterii autobusu w sposób bezprzewodowy. Rozwiązanie bazuje na wykorzystaniu indukcji elektromagnetycznej. Autobus w tym rozwiązaniu technologicznym jest wyposażony w baterię i płyty. Druga część systemu znajduje się w jezdni, pod miejscem, w którym zatrzymuje się autobus. Autobus przyjeżdżając na przystanek wysuwa płytę, zbliżając ją na odległość ok. 10 cm do jezdni. Powstają fale elektromagnetyczne, dzięki którym doładowywana jest bateria.<sup>37</sup>

## 7. Koncepcja obsługi sieci komunikacji miejskiej Miasta Jeleniej Góry autobusami zeroemisyjnymi

### 7.1. Potencjalna lokalizacja linii komunikacyjnych obsługiwanych przez autobusy zeroemisyjne - analiza

#### Materiały wejściowe

Jako materiały wejściowe do przeprowadzonych analiz posłużyły:

- podkłady mapowe w postaci ortofotomap pozyskanych z Państwowego Zasobu Geodezyjnego,
- numeryczny model terenu (DTM) dla obszaru operowania systemu komunikacji zbiorowej w rejonie Jeleniej Góry pozyskany z Państwowego Zasobu Geodezyjnego,
- mapa wektorowa regionu pozyskana z Centralnego Ośrodka Geodezji i Kartografii,
- dane parametryzujące pracę systemu komunikacji zbiorowej pozyskany z MZK w Jeleniej Górze w rejonie Jeleniej Góry w tym:
  - marszrutyzacja linii autobusowych,
  - dane przewozowe dla poszczególnych linii autobusowych w układzie globalnym i z podziałem na przedziały czasowe,
  - zbiorcze zestawienia dla przewozów układzie dobowym i rocznym,
- wektoryzacja tras i linii autobusowych na podstawie marszrutyzacji wg MZK na podkładach mapowych,
- rekomendacje zamawiającego co do linii predystynowanych do wprowadzenia taboru zeroemisyjnego.

<sup>37</sup> <https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/autobus-elektryczny-bez-kabla-i-gniazdka-2641.html>

## Zakres analiz

Analizy wykonano w następującym zakresie:

- parametryzacja pod względem ruchowym wszystkich linii autobusowych obsługujących system,
- parametryzacja poszczególnych linii autobusowych pod względem przebiegu i profili podłużnych tras (spadki – kluczowe dla wprowadzenia taboru zeroemisyjnego),
- wielokryterialna ocena i wybór linii do wprowadzenia taboru zeroemisyjnego na podstawie przeprowadzonych analiz i zaleceń wg podręcznika „Zasady opracowania wymaganej ustawą o elektromobilności i paliwach alternatywnych analizy korzyści i kosztów związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej” autorstwa Marcina Gromadzkiego.

## Obszar uzdrowiskowy

W 2018 r. zostały poddane analizie wieloletnie dane meteorologiczne ze stacji w Jeleniej Górze oraz w Cieplicach, dokonana została ocena stanu sanitarnego powietrza, klimatu akustycznego i pól elektromagnetycznych, które zostały zebrane i opisane przez autorów w opracowaniu „Właściwości lecznicze klimatu Uzdrowiska Cieplice”<sup>38</sup>

Stan warunków aerosanitarnych określa się jako mało korzystny dla stosowania klimatoterapii. Wpływ na to mają pyłowe zanieczyszczenia powietrza (przekroczona dopuszczalna liczba dni ze stężeniem dobowym PM10 większym niż 50µg/m<sup>3</sup> oraz benzo(a)pirenu w pyłe PM10)<sup>39</sup>.

Cieplice jako uzdrowiskowa część Jeleniej Góry, oprócz niekorzystnych warunków aerosanitarnych, posiada mało korzystne warunki akustyczne. Najbardziej zagrożone nadmiernym hałasem są tereny leżące wzdłuż ulicy Cervi. Na pozostałym obszarze strefy uzdrowiskowej A, gdzie jest prowadzone leczenie uzdrowiskowe, warunki klimatu akustycznego są umiarkowane, a przekroczenia norm są niewielkie. Istotne z punktu widzenia właściwości leczniczych klimatu Cieplic jest prowadzenie okresowych, systematycznych kontroli klimatu akustycznego a także zintensyfikowanie działań służących poprawie jakości powietrza<sup>40</sup>

Wpływ na stan jakości powietrza ma również ograniczenie emisji liniowej (pochodzącej z transportu), która jest osiągnięta przez różne działania i inwestycje, m. in. takie jak:

- wprowadzenie zakazu ruchu pojazdów powyżej 12 ton w centrum miasta w celu redukcji emisji spalin,
- prowadzenie remontów i modernizacji dróg, a w okresie od wiosny do jesieni czyszczenie ulic na mokro, aby ograniczyć emisję wtórną pyłów,
- sukcesywna modernizacja taboru przez Miejski Zakład Komunikacyjny.

W tabeli zamieszczonej na kolejnej stronie, kolorem zielonym odznaczono linie rekomendowane wstępnie do wprowadzenia autobusów zeroemisyjnych. Wstępnej selekcji dokonano uwzględniając:

- przebieg linii przez obszar uzdrowiska,
- przebieg linii przez centrum miasta.

<sup>38</sup> Właściwości lecznicze Klimatu uzdrowiska Cieplice, Polska Akademia Nauk - Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. S. Leszczyckiego, Warszawa 2018 r.

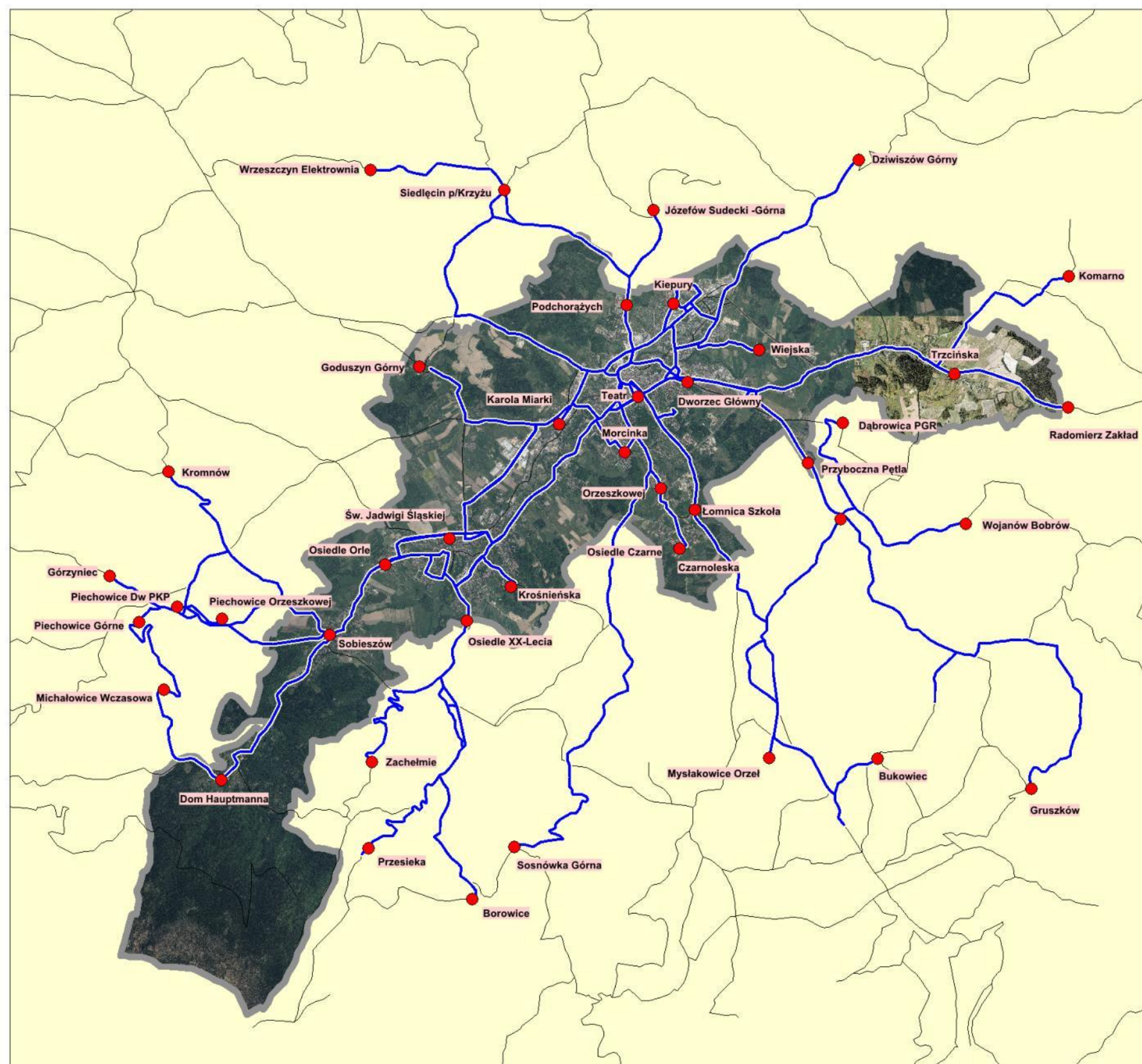
<sup>39</sup> Ibid.

<sup>40</sup> Ibid.

Tabela 8. Parametryzacja linii autobusowych pod względem przewozów pasażerskich i przejechanych wozokilometrów.

NR LINII	DŁUGOŚĆ [km]	SUMA PASAŻERÓW - doba (24 h)	SUMA PASAŻERÓW - szczyt poranny (05.00-09.00)	SUMA PASAŻERÓW - szczyt popołudniowy (13.00-17.00)	SUMA PASAŻERÓW - szczyt rano + popo	UDZIAŁ szczytu porannego w dobie	UDZIAŁ szczytu popołudniowego w dobie	UDZIAŁ szczytów komunikacyjnych w dobie	WOZOKILOMETRY [DOBA]	WOZOKILOMETRY [ROK]
Linia nr 1	16,8	2 162	575	730	1305	26,60%	33,77%	60,36%	611	180 007
Linia nr 2	25,7	3 731	876	1223	2099	23,48%	32,78%	56,26%	1 318	388 208
Linia nr 3	37,8	1 636	522	522	1044	31,91%	31,91%	63,81%	898	264 516
Linia nr 4	26,0	447	102	172	274	22,82%	38,48%	61,30%	478	140 900
Linia nr 5	26,5	646	230	230	460	35,60%	35,60%	71,21%	348	102 574
Linia nr 6	12,3	3 320	762	1051	1813	22,95%	31,66%	54,61%	1 006	296 330
Linia nr 7	16,0	7 483	1491	2533	4024	19,93%	33,85%	53,78%	1 908	562 162
Linia nr 8	10,2	889	114	289	403	12,82%	32,51%	45,33%	297	87 655
Linia nr 9	26,4	2 770	776	1004	1780	28,01%	36,25%	64,26%	1 143	336 872
Linia nr 10	13,2	615	185	178	363	30,08%	28,94%	59,02%	310	91 384
Linia nr 11	38,7	1 375	329	479	808	23,93%	34,84%	58,76%	860	253 520
Linia nr 12	11,5	1 563	418	468	886	26,74%	29,94%	56,69%	540	158 979
Linia nr 15	25,1	1 230	264	345	609	21,46%	28,05%	49,51%	743	219 027
Linia nr 16	12,3	633	155	202	357	24,49%	31,91%	56,40%	221	65 108
Linia nr 17	14,5	2 760	602	903	1505	21,81%	32,72%	54,53%	860	253 493
Linia nr 18	3,0	25	0	16	16	0,00%	64,00%	64,00%	12	3 654
Linia nr 19	17,8	389	87	155	242	22,37%	39,85%	62,21%	275	80 962
Linia nr 20	10,2	218	64	90	154	29,36%	41,28%	70,64%	63	18 455
Linia nr 21	15,3	673	211	299	510	31,35%	44,43%	75,78%	155	45 659
Linia nr 22	20,4	525	203	233	436	38,67%	44,38%	83,05%	205	60 485
Linia nr 23	11,4	490	112	156	268	22,86%	31,84%	54,69%	188	55 466
Linia nr 26	12,4	2 068	532	714	1246	25,73%	34,53%	60,25%	502	147 954
Linia nr 29	20,0	38	0	38	38	0,00%	100,00%	100,00%	49	14 393
Linia nr 33	31,4	349	130	132	262	37,25%	37,82%	75,07%	343	101 037
Linia nr N1	16,6	55	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	117	34 465
Linia nr N2	16,6	60	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00%	95	28 040
	<b>488,0</b>	<b>36150</b>							<b>13 546</b>	<b>3 991 307</b>

Na kolejnych stronach analizy zwizualizowano poszczególne rekomendowane linie autobusowe z podstawowymi parametrami przewozowymi.



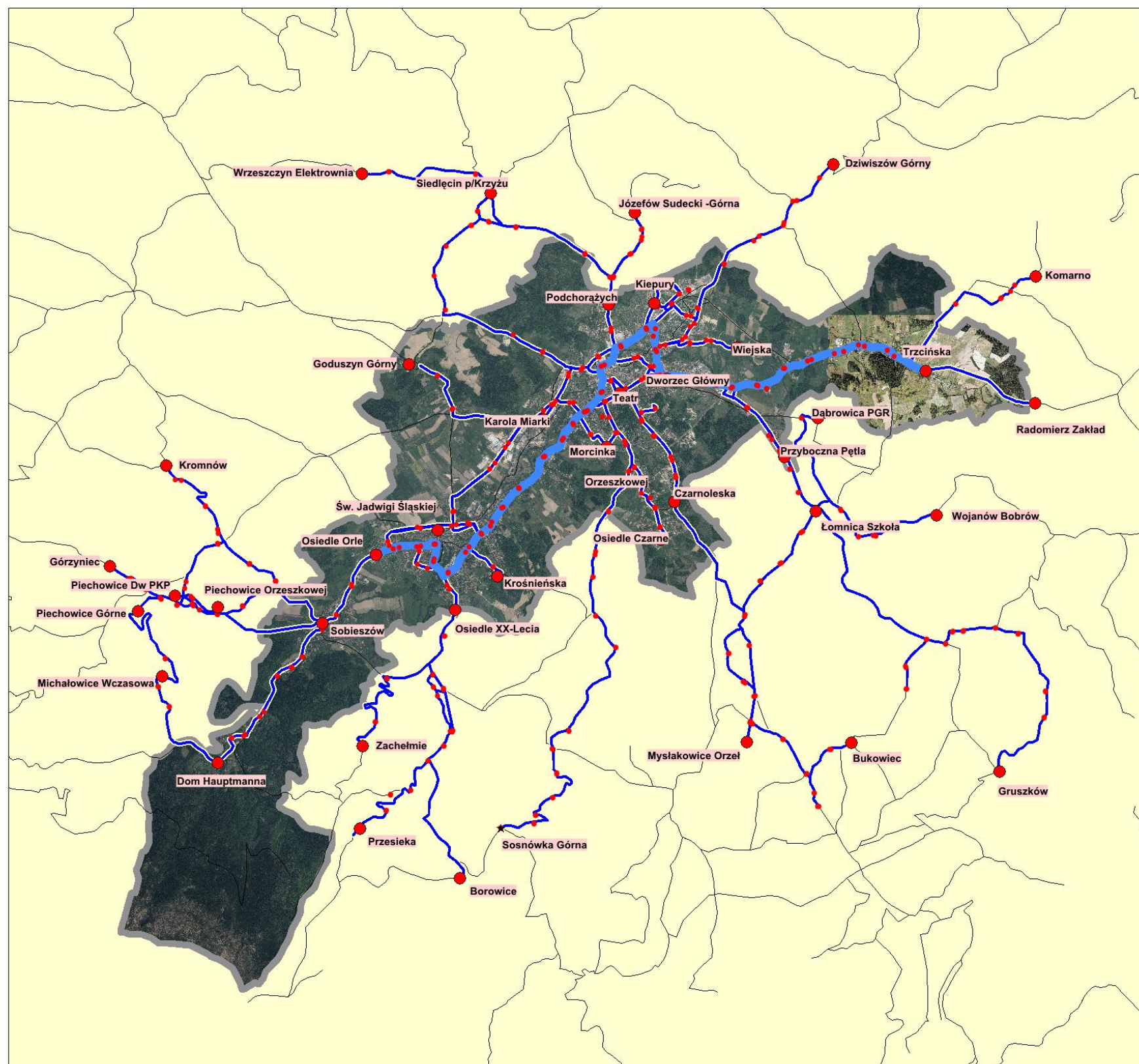
### JELEŃ GÓRA TRASY AUTOBUSOWE

PRZYSTANEK	NUMER
Św. Jadwigi Śląskiej	20
Łomnica Szkoła	3, 11, 33
Borowice	4
Bukowiec	3
Czarsoleska	12
Dąbrowica PGR	33
Dom Hauptmanna	15
Dworzec Główny	4, 8, 9, 10, 15, 22
Dziwiszów Górny	10
Górzyniec	9, 15
Goduszyn Grny	11
Gruszków	11, 33
Józefów Sudecki -Górna	1, 5
Karola Miarki	3, 11, 33
Kiepury	6, 7, 8, 17, 20, 21, 26, N1, N2
Komarno	2
Kromnów	9, 29
Krośnierska	18
Michałowice Wczasowa	15
Morcinka	1, 5, 16
Mysłakowice Orzeł	3
Orzeszkowej	1
Osiedle Czarne	1, 5, 16
Osiedle Orle	2, 17, 21, 23
Osiedle XX-Lecia	4, 6, 18, 26
Piechowice Dw PKP	15
Piechowice Górne	9
Piechowice Orzeszkowej	15, 29
Podchorążych	1, 12, 23
Przesieka	4
Przyboczna Pętla	
Radomierz Zakład	2
Siedlęcin p/Krzyżu	1, 5
Sobieszów	7, 21, 22, N1, N2
Sosnówka Górna	19
Teatr	19
Trzcńska	2
Wiejska	16
Wojanów Bobrów	11, 33
Wrzeszczyn Elektrownia	5
Zachemie	4

- PĘTLE, PRZYSTANKI KOŃCOWE
- DROGI UKŁADU PODSTAWOWEGO
- TRASY AUTOBUSOWE

Rysunek 19. Jelenia Góra – trasy autobusowe.

## JELEŃ GÓRA LINIA AUTOBUSOWA NR 2






### PRZEBIEG LINII:

#### SOBIESZÓW - RADOMIERZ, KOMARNO

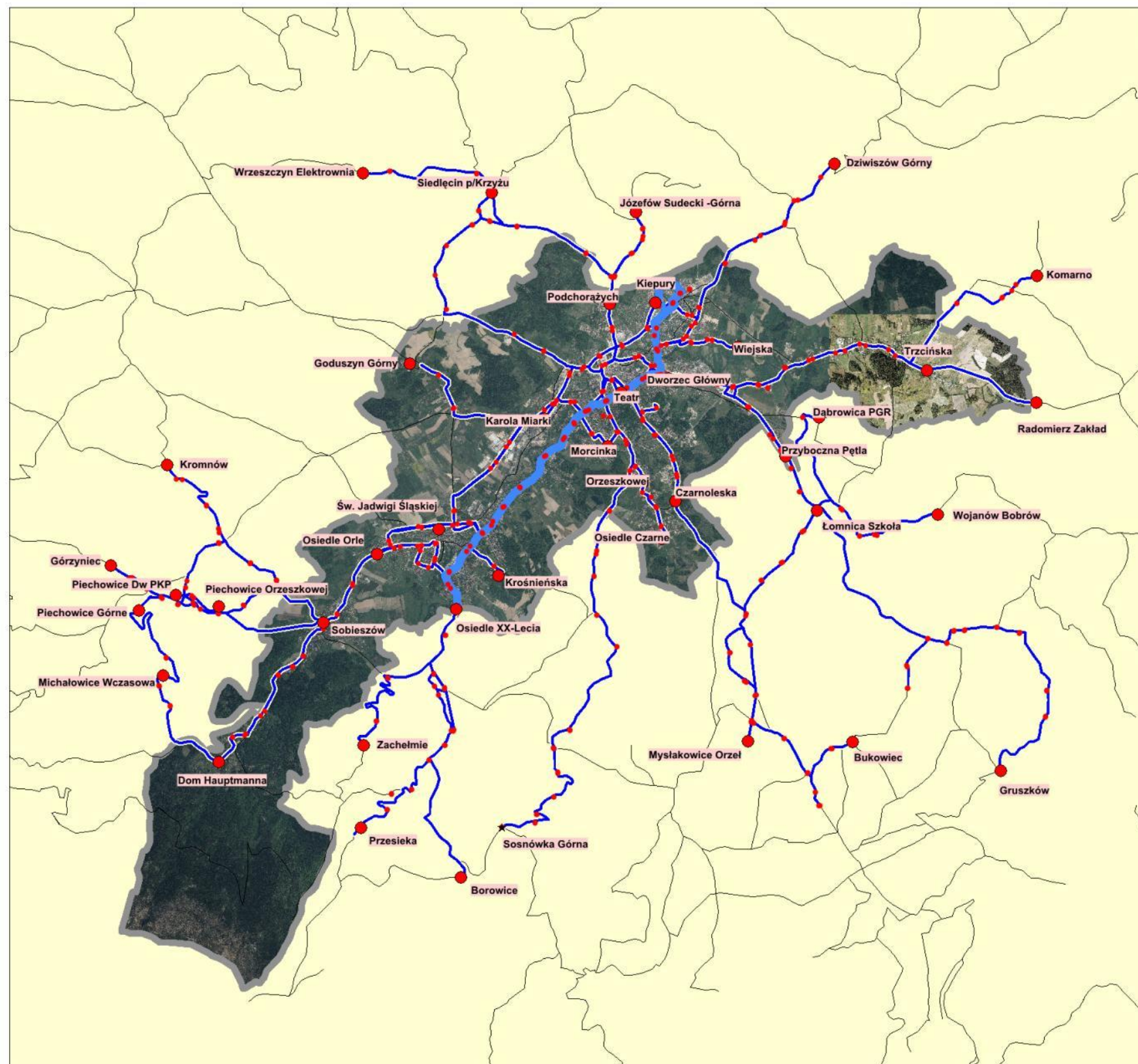
PASAŻERÓW 24h	3731
PASAŻERÓW SZCZ. POR.	876
PASAŻERÓW SZCZ. POP.	730
UDZIAŁ SZCZYTÓW	56,3%
WOZOKILOMETRÓW (24h)	1 318
WOZOKILOMETRÓW (rok)	388 208

DLUGOŚĆ LINII: 25,7 km

-  ANALIZOWANA LINIA AUTOBUSOWA
-  PĘTLE, PRZYSTANKI KOŃCOWE
-  DROGI UKŁADU PODSTAWOWEGO
-  TRASY AUTOBUSOWE

Rysunek 20. Przebieg linii autobusowej nr 2.

## JELEŃ GÓRA LINIA AUTOBUSOWA NR 6



### PRZEBIEG LINII:

#### OSIEDLE XX-LECIA - KIEPURY

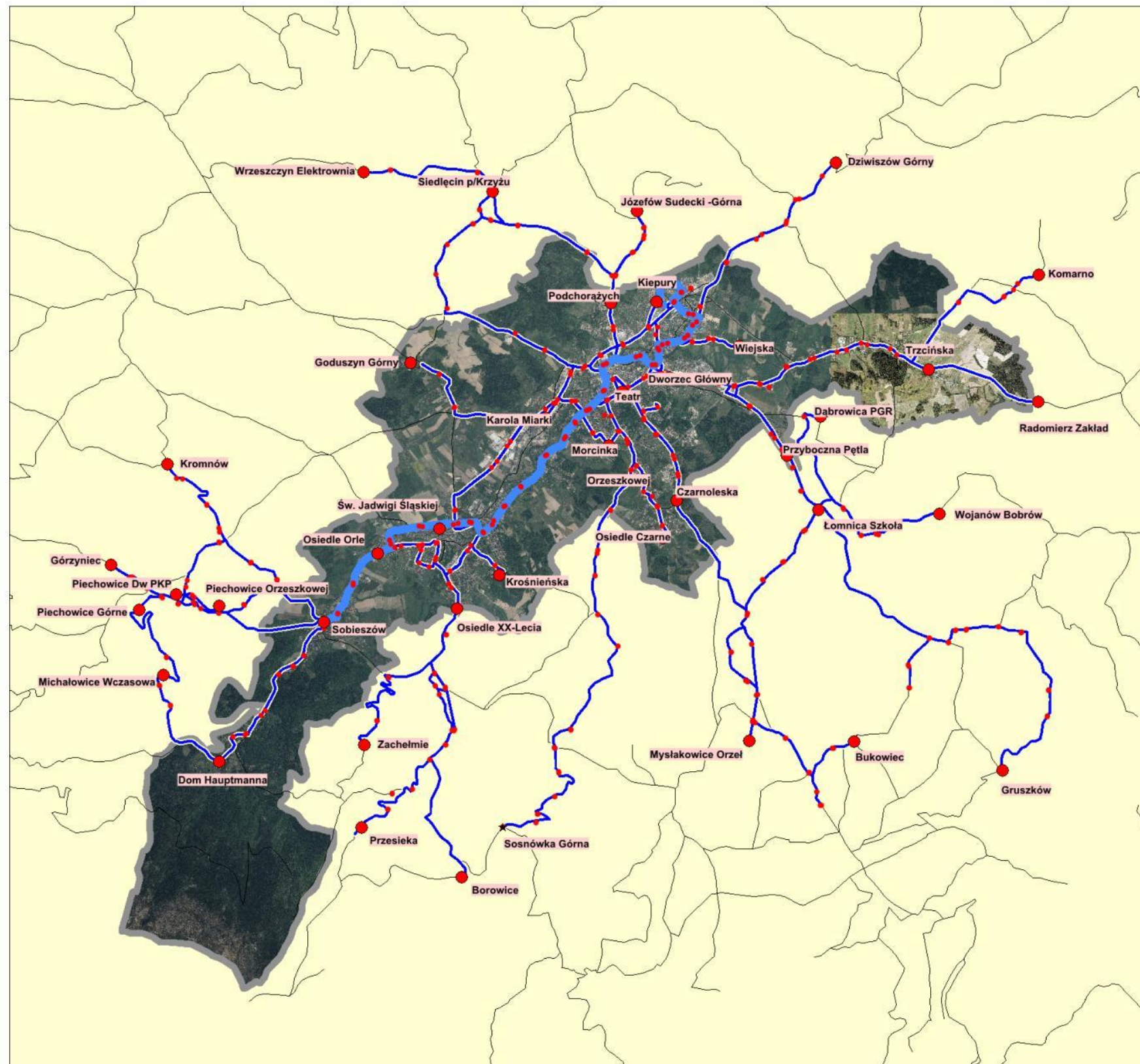
PASAŻERÓW 24h	3 320
PASAŻERÓW SZCZ. POR.	762
PASAŻERÓW SZCZ POP.	1 051
UDZIAŁ SZCZYTÓW	54,6%
WOZOKILOMETRÓW (24h)	348
WOZOKILOMATRY (rok)	296 330

DLUGOŚĆ LINII: 26,5 km

-  ANALIZOWANA LINIA AUTOBUSOWA
-  PĘTLE, PRZYSTANKI KOŃCOWE
-  DROGI UKŁADU PODSTAWOWEGO
-  TRASY AUTOBUSOWE

Rysunek 21. Przebieg linii autobusowej nr 6.

## JELEŃ GÓRA LINIA AUTOBUSOWA NR 7






### PRZEBIEG LINII:

#### SOBIE SZÓW - KIEPURY

PASAŻERÓW 24h	7 483
PASAŻERÓW SZCZ. POR.	1 491
PASAŻERÓW SZCZ. POP.	2 533
UDZIAŁ SZCZYTÓW	53,8%
WOZOKILOMETRÓW (24h)	1 908
WOZOKILOMETRÓW (rok)	562 162

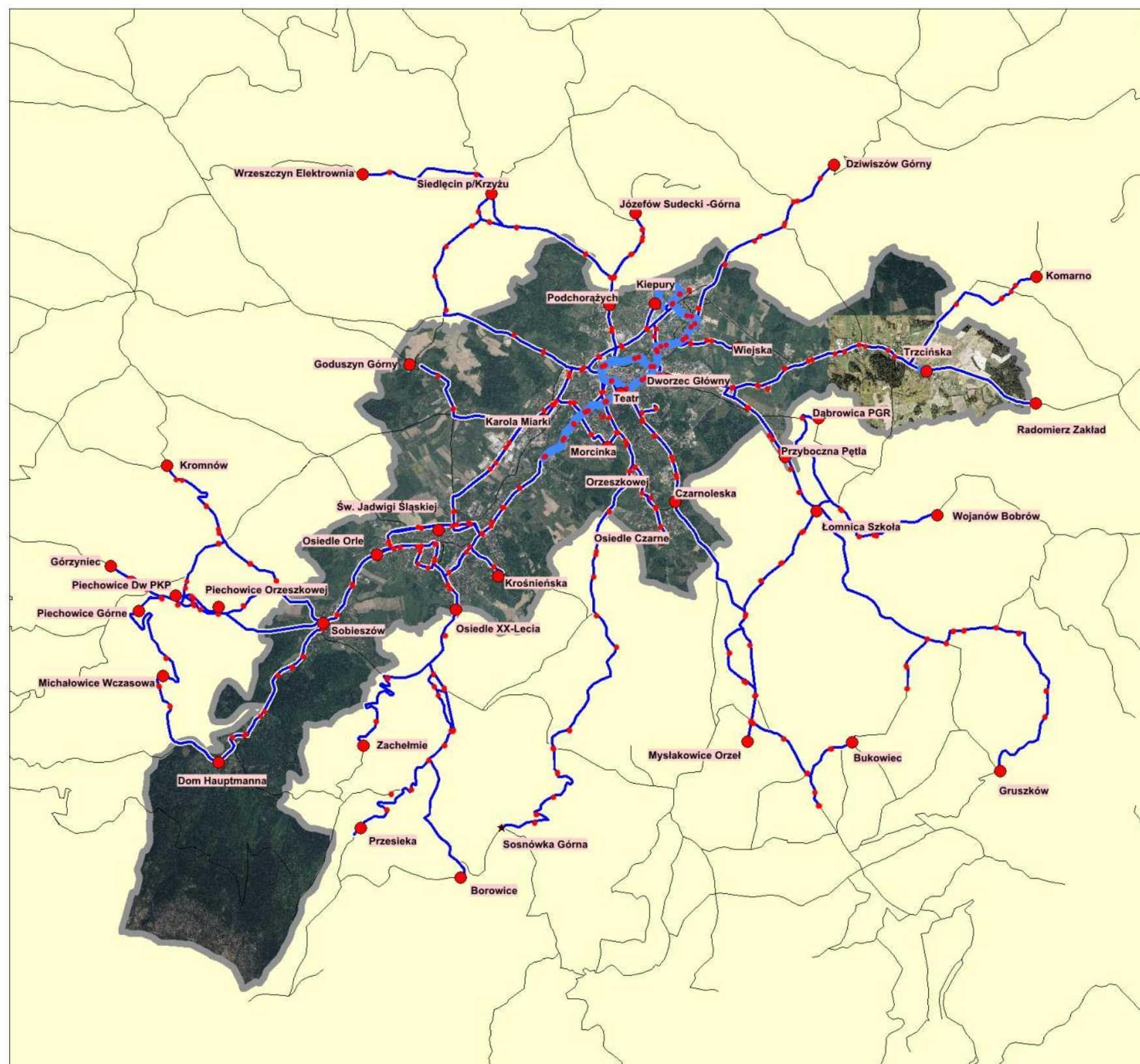
DLUGOŚĆ LINII: 16 km

-  ANALIZOWANA LINIA AUTOBUSOWA
-  PĘTLE, PRZYSTANKI KOŃCOWE
-  DROGI UKŁADU PODSTAWOWEGO
-  TRASY AUTOBUSOWE

Rysunek 22. Przebieg linii autobusowej nr 7.



## JELEŃ GÓRA LINIA AUTOBUSOWA NR 8





### PRZEBIEG LINII:

#### ZAJEZDNIAMZK - KIEPURY

PASAŻERÓW 24h	889
PASAŻERÓW SZCZ. POR.	114
PASAŻERÓW SZCZ POP.	289
UDZIAŁ SZCZYTÓW	45,33%
WOZOKILOMETRÓW (km)	297
WOZOKILOMETRÓW (rok)	87 655

DLUGOŚĆ LINII: 10,2 km

-  ANALIZOWANA LINIA AUTOBUSOWA
-  PĘTLE, PRZYSTANKI KOŃCOWE
-  DROGI UKŁADU PODSTAWOWEGO
-  TRASY AUTOBUSOWE

Rysunek 23. Przebieg linii autobusowej nr 8.

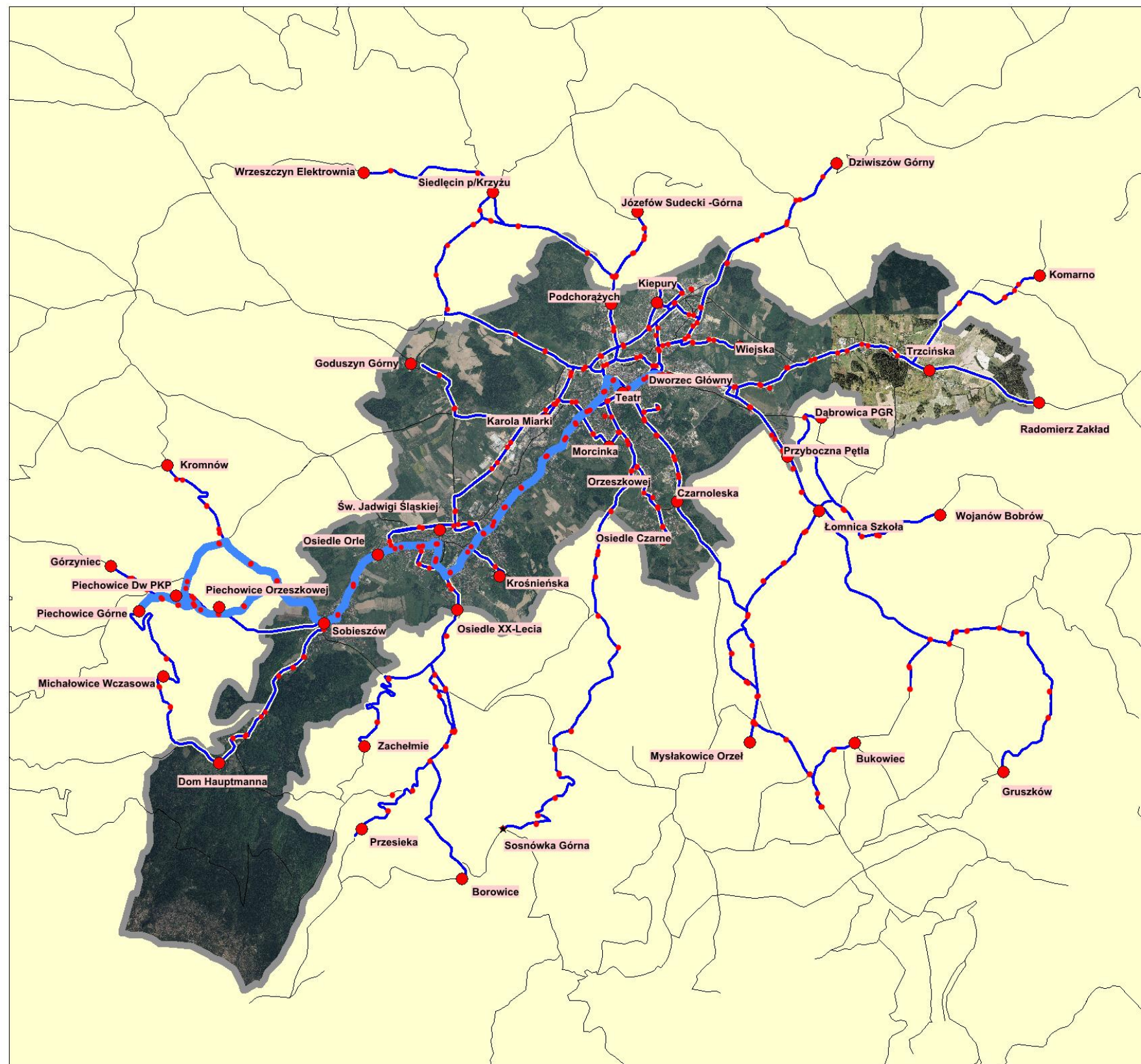
## JELEŃ GÓRA LINIA AUTOBUSOWA NR 9

### PRZEBIEG LINII:

DWORZEC GŁÓWNY -  
PIECHOWICE, GÓRZYNIEC, KROMNÓW

PASAŻERÓW 24h	2 770
PASAŻERÓW SZCZ. POR.	776
PASAŻERÓW SZCZ. POP.	1 004
UDZIAŁ SZCZYTÓW	64,3%
WOZOKILOMETRÓW (24h)	1 143
WOZOKILOMETRÓW (rok)	336 872

DLUGOŚĆ LINII: 26,4 km



- ANALIZOWANA LINIA AUTOBUSOWA
- PĘTLE, PRZYSTANKI KOŃCOWE
- DROGI UKŁADU PODSTAWOWEGO
- TRASY AUTOBUSOWE

Rysunek 24. Przebieg linii autobusowej nr 9.

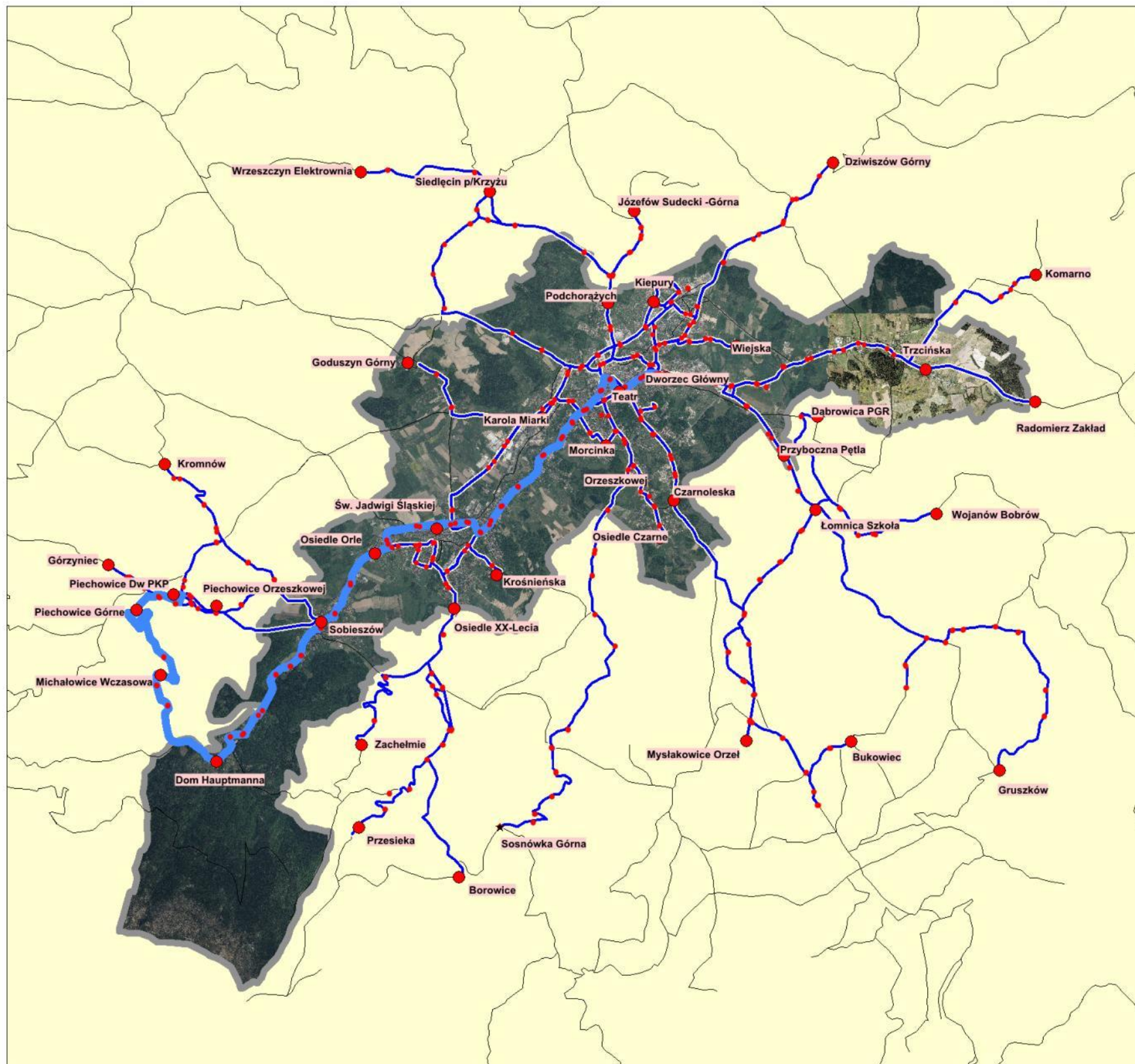
## JELEŃ GÓRA LINIA AUTOBUSOWA NR 15

### PRZEBIEG LINII:

PIECHOWICE - DWORZEC PKP - DWORZEC GŁÓWNY

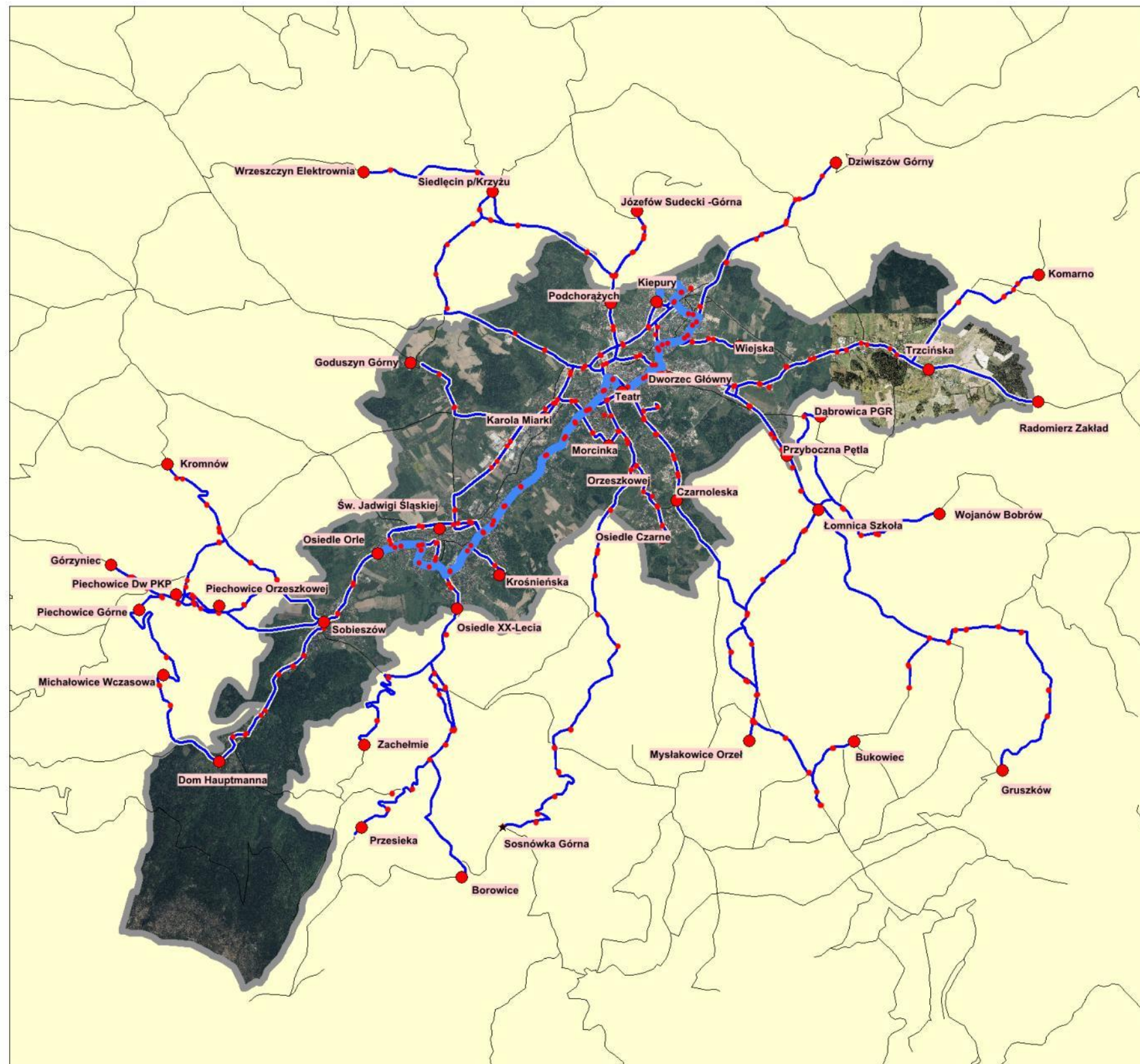
PASAŻERÓW 24h	1 230
PASAŻERÓW SZCZ. POR.	264
PASAŻERÓW SZCZ. POP.	345
UDZIAŁ SZCZYTÓW	49,5%
WOZOKILOMETRÓW (24h)	1 143
WOZOKILOMETRY (rok)	219 027

DLUGOŚĆ LINII: 25,1 km



Rysunek 25. Przebieg linii autobusowej nr 15.

## JELEŃ GÓRA LINIA AUTOBUSOWA NR 17



### PRZEBIEG LINII:

#### OSIEDLE ORLE - KIEPURY

PASAŻERÓW 24h	2 760
PASAŻERÓW SZCZ. POR.	602
PASAŻERÓW SZCZ. POP.	903
UDZIAŁ SZCZYTÓW	54,5%
WOZOKILOMETRÓW (24h)	1 143
WOZOKILOMETRÓW (rok)	253 493

DLUGOŚĆ LINII: 14,5 km

-  ANALIZOWANA LINIA AUTOBUSOWA
-  PĘTLE, PRZYSTANKI KOŃCOWE
-  DROGI UKŁADU PODSTAWOWEGO
-  TRASY AUTOBUSOWE

Rysunek 26. Przebieg linii autobusowej nr 17.





## JELEŃ GÓRA LINIA AUTOBUSOWA NR 22

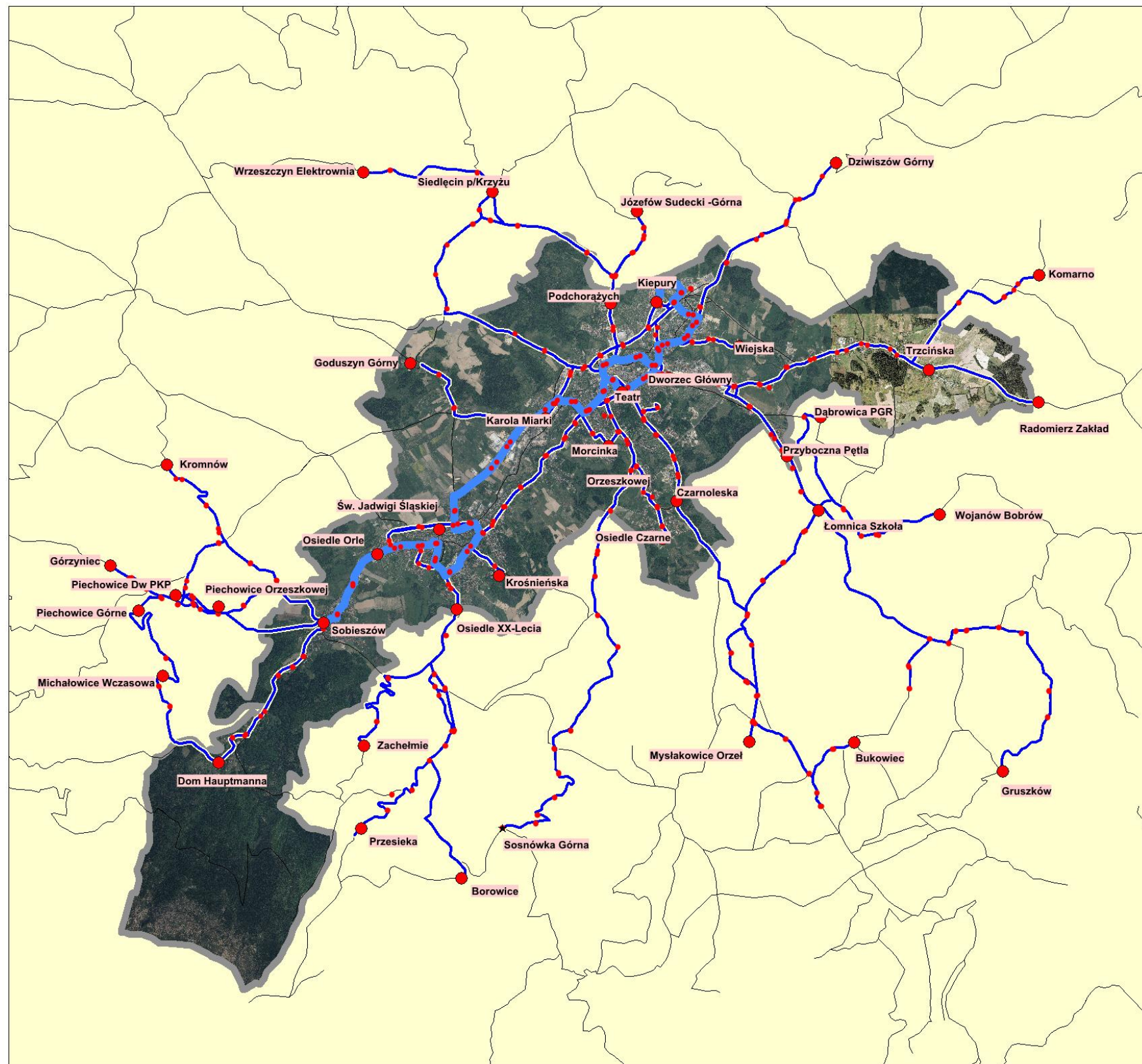
### PRZEBIEG LINII:

#### SOBIESZÓW - DWORZEC GŁÓWNY - KIEPURY

PASAŻERÓW 24h	525
PASAŻERÓW SZCZ. POR.	203
PASAŻERÓW SZCZ. POP.	233
UDZIAŁ SZCZYTÓW	83%
WOZOKILOMETRÓW (km)	205
WOZOKILOMETRÓW (rok)	60 485

DLUGOŚĆ LINII: 20,5 km

-  ANALIZOWANA LINIA AUTOBUSOWA
-  PĘTLE, PRZYSTANKI KOŃCOWE
-  DROGI UKŁADU PODSTAWOWEGO
-  TRASY AUTOBUSOWE



Rysunek 27. Przebieg linii autobusowej nr 22.

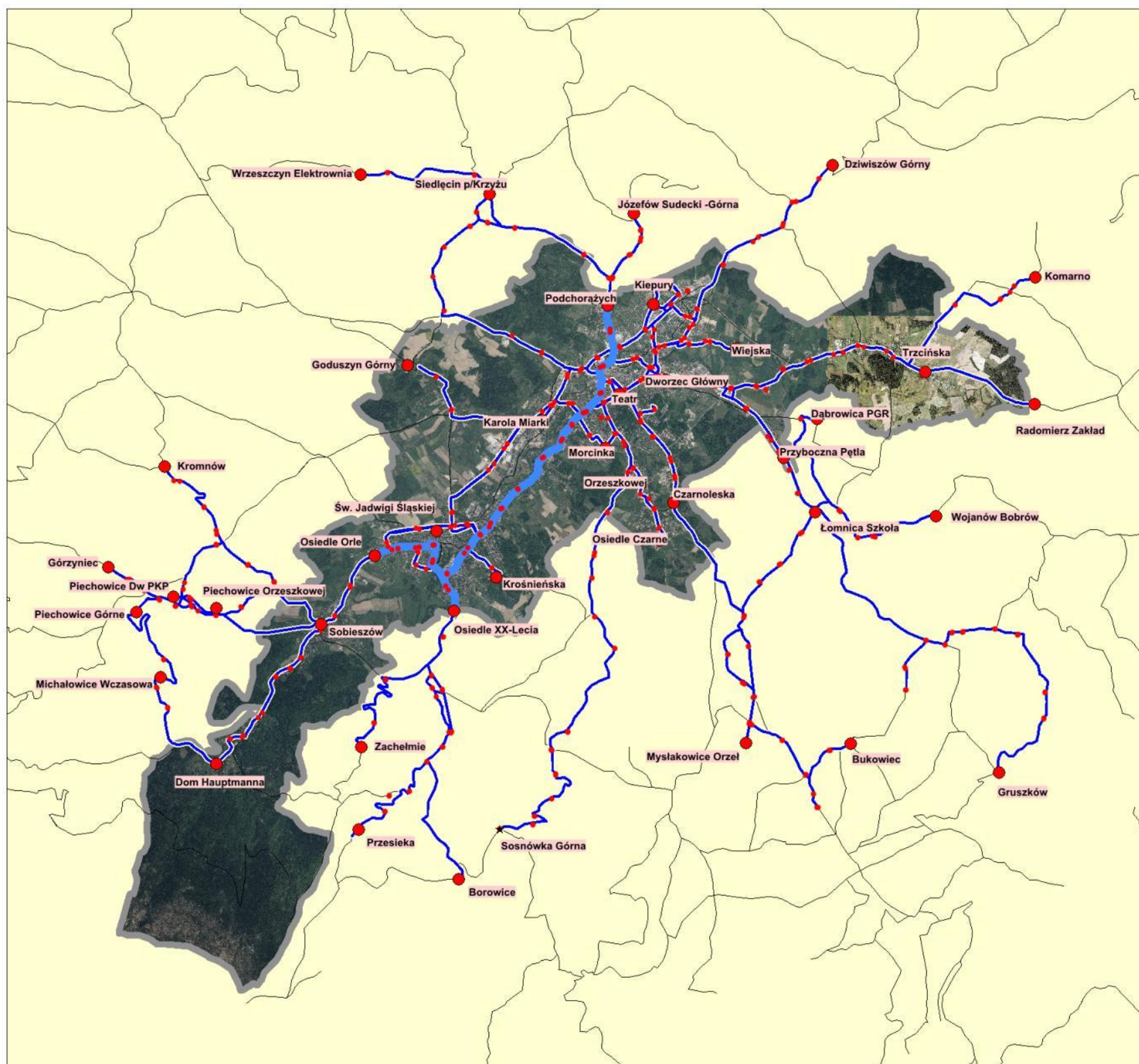
## JELEŃ GÓRA LINIA AUTOBUSOWA NR 23

### PRZEBIEG LINII:

#### OSIEDLE ORLE, OSIEDLE XX-LECIA - PODCHORAŻYCH

PASAŻERÓW 24h	490
PASAŻERÓW SZCZ. POR.	112
PASAŻERÓW SZCZ. POP.	156
UDZIAŁ SZCZYTÓW	54,7%
WOZOKILOMETRÓW (km)	188
WOZOKILOMETRÓW (rok)	55 466

DLUGOŚĆ LINII: 11,4 km



Rysunek 28. Przebieg linii autobusowej nr 23.

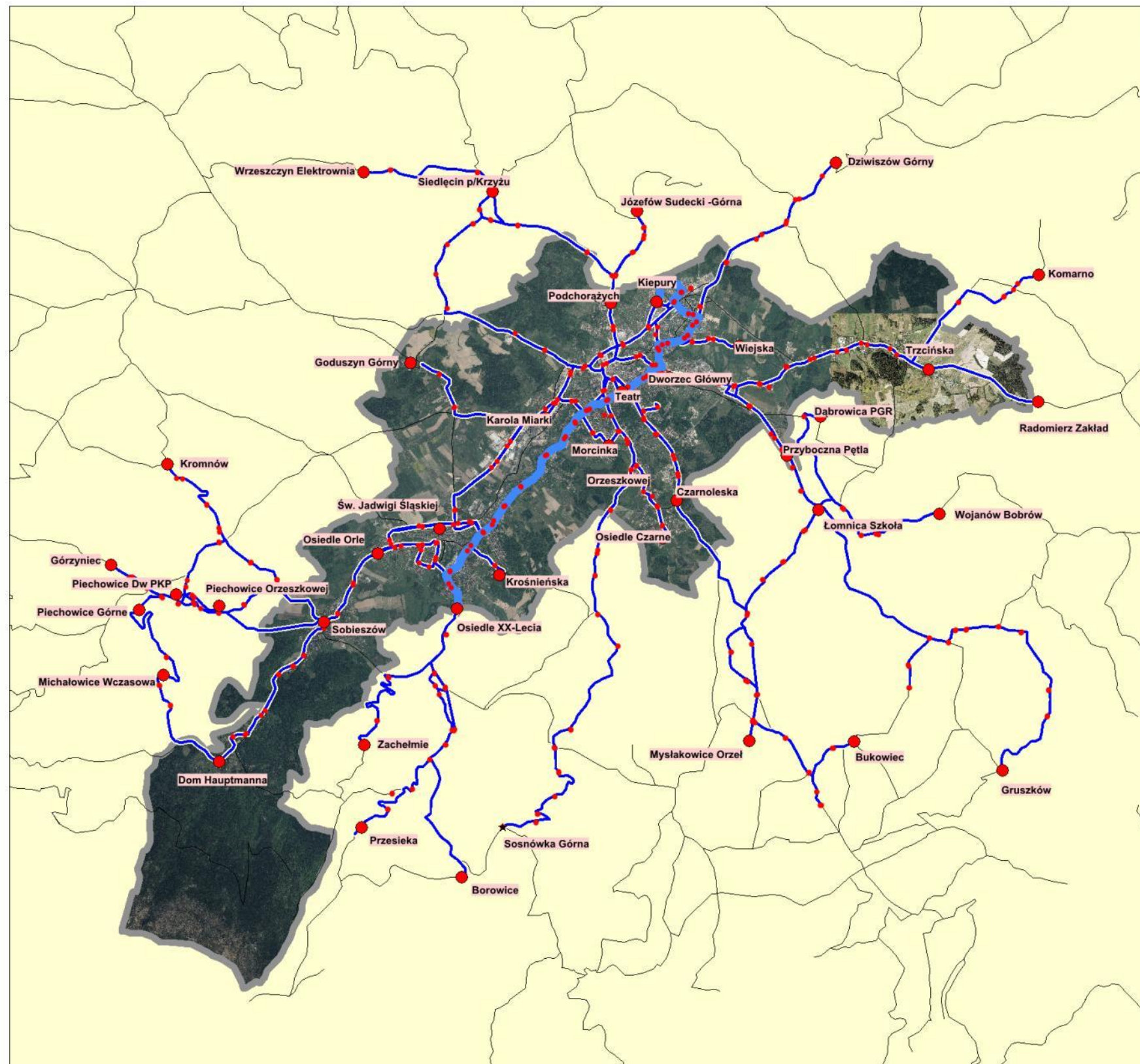
## JELEŃ GÓRA LINIA AUTOBUSOWA NR 26

### PRZEBIEG LINII:

#### OSIEDLE XX-LECIA - KIEPURY

PASAŻERÓW 24h	2 068
PASAŻERÓW SZCZ. POR.	532
PASAŻERÓW SZCZ. POP.	714
UDZIAŁ SZCZYTÓW	60,3%
WOZOKILOMETRÓW (km)	502
WOZOKILOMETRÓW (rok)	147 954

DLUGOŚĆ LINII: 12,4 km



- ANALIZOWANA LINIA AUTOBUSOWA
- PĘTLE, PRZYSTANKI KOŃCOWE
- DROGI UKŁADU PODSTAWOWEGO
- TRASY AUTOBUSOWE

Rysunek 29. Przebieg linii autobusowej nr 26.



### **7.1.1. Wyniki wielokryterialnej analizy rekomendowanych linii**

Przyjęto następujące kryteria oceny linii:

- Kryterium potoku pasażerskiego - przyjęto za akceptowalny potok na linii większy od 1000 pasażerów / 24h
- Kryterium pracy przewozowej na linii – odrzucono linie o rocznej pracy przewozowej mniejszej od 80 000 wozokilometrów
- Kryterium spadków podłużnych linii autobusowej – odrzucono linie o większym od 5% udziale odcinków o spadku większym od 3 procent (analiza wykonana na numerycznym modelu terenu – profile stanowią integralną część analizy)

Wyniki analizy zestawiono w poniższej tabeli:



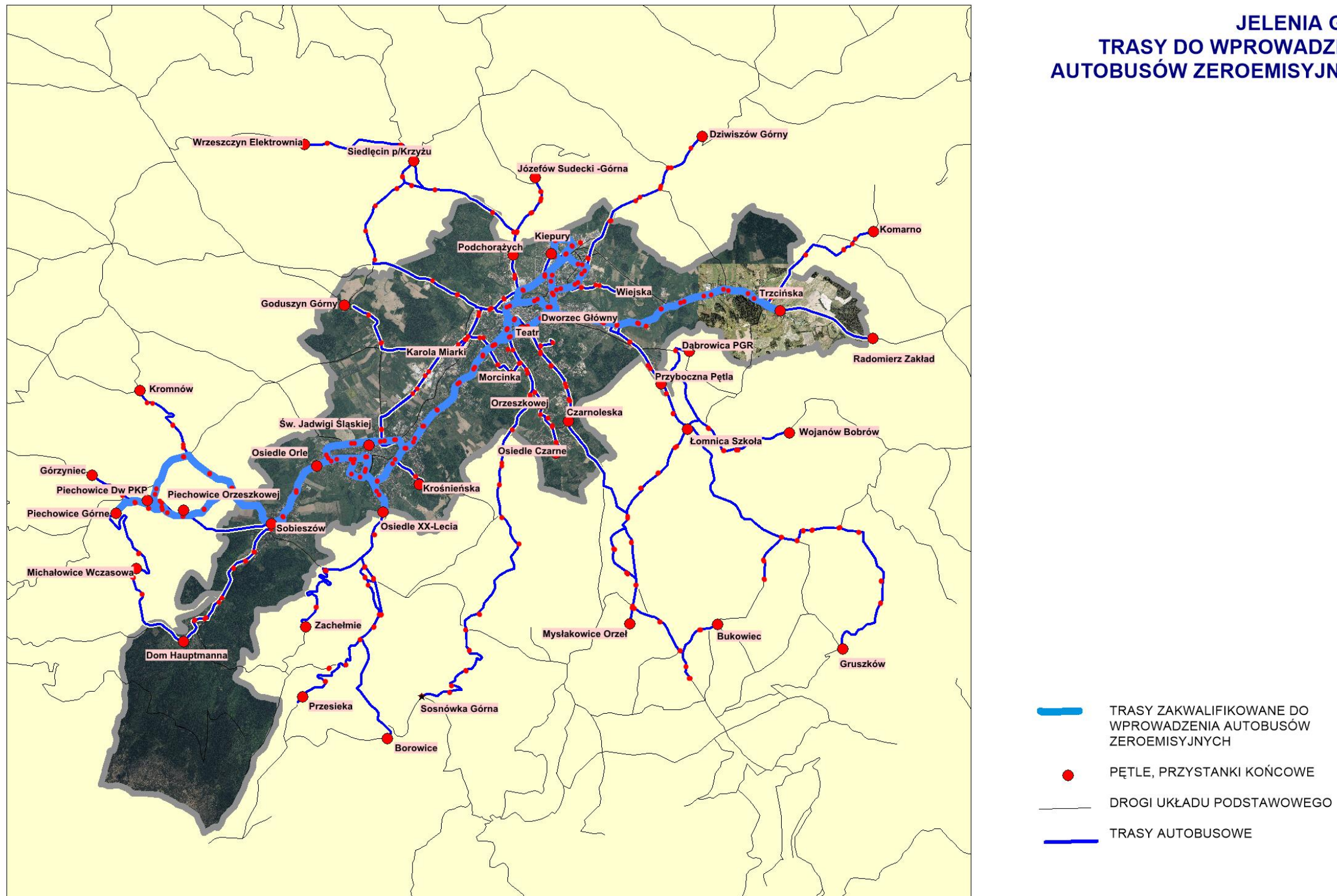
Tabela 9. Zestawienie wyników analizy wielokryterialnej.

Lp	NR LINII	DLUGOŚĆ [km]	SUMA PASAŻERÓW - doba (24 h)	WOZOKILOMETRY doba (24h)	WOZOKILOMETRY rok	WSK 100 000 wozokm/rok	WSK 80000 wozokm/rok	WSK 100000 NEGAT (wsk<1,5)	WSK 80000 NEGAT (wsk<1,5)	PASAŻERÓW NEGAT <1 000	DLUGOŚCI LINII O SPADKU > 3% [km]	% DL. ODC. O SPADKU >3% W STOSUNKU DO DŁUGOŚCI CAŁKOWITEJ LINII - NEGAT >5%	OBSZAR UZDROWISKA	WYBÓR WSTĘPNY <sup>1)</sup>	REKOMENDACJA
1	Linia nr 1	16,8	2 162	611	180 007	1,80	2,25								
2	Linia nr 2	25,7	3 731	1 318	388 208	3,88	4,85				0,783	3%	TAK	TAK	TAK
3	Linia nr 3	37,8	1 636	898	264 516	2,65	3,31								
4	Linia nr 4	26,0	447	478	140 900	1,41	1,76								
5	Linia nr 5	26,5	646	348	102 574	1,03	1,28								
6	Linia nr 6	12,3	3 320	1 006	296 330	2,96	3,70				0,632	5,10%		TAK	TAK
7	Linia nr 7	16,0	7 483	1 908	562 162	5,62	7,03				0,567	3,50%	TAK	TAK	TAK
8	Linia nr 8	10,2	889	297	87 655	0,88	1,10				0,761	7,40%		TAK	NIE
9	Linia nr 9	26,4	2 770	1 143	336 872	3,37	4,21				0,769	2,90%	TAK	TAK	TAK
10	Linia nr 10	13,2	615	310	91 384	0,91	1,14								
11	Linia nr 11	38,7	1 375	860	253 520	2,54	3,17								
12	Linia nr 12	11,5	1 563	540	158 979	1,59	1,99								
13	Linia nr 15	25,1	1 230	743	219 027	2,19	2,74				2,078	8,20%		TAK	NIE
14	Linia nr 16	12,3	633	221	65 108	0,65	0,81								
15	Linia nr 17	14,5	2 760	860	253 493	2,53	3,17				0,875	6%	TAK	TAK	TAK <sup>2)</sup>
16	Linia nr 18	3,0	25	12	3 654	0,04	0,05								
17	Linia nr 19	17,8	389	275	80 962	0,81	1,01								
18	Linia nr 20	10,2	218	63	18 455	0,18	0,23								
19	Linia nr 21	15,3	673	155	45 659	0,46	0,57								
20	Linia nr 22	20,4	525	205	60 485	0,60	0,76				0,996	4,90%		TAK	NIE
21	Linia nr 23	11,4	490	188	55 466	0,55	0,69				1,56	13,70%		TAK	NIE
22	Linia nr 26	12,4	2 068	502	147 954	1,48	1,85				0,845	5,60%		TAK	TAK
23	Linia nr 29	20,0	38	49	14 393	0,14	0,18								
24	Linia nr 33	31,4	349	343	101 037	1,01	1,26								
25	Linia nr N1	16,6	55	117	34 465	0,34	0,43								
26	Linia nr N2	16,6	60	95	28 040	0,28	0,35								

W wyniku przeprowadzonej analizy, jako najkorzystniejsze linie do wprowadzenia autobusów zeroemisyjnych wskazuje się linie 2, 6, 7, 9, 17 oraz 26.

Dla linii nr 17 z uwagi na jej przebieg przez uzdrowisko (Cieplice) decydujący jest czynnik ekologiczny – czynniki eksploatacyjne (profil trasy) mają w tym szczególnym przypadku znaczenie drugorzędne.

**JELEŃ GÓRA  
TRASY DO WPROWADZENIA  
AUTOBUSÓW ZEROEMISYJNYCH**



**TRASY PO KTÓRYCH BĘDĄ KURSOWAŁY REKOMENDOWNE LINIE AUTOBUSOWE Z TABOREM ZEROEMISYJNYM  
(LINIE AUTOBUSOWE NR: 2, 6, 7, 9, 17, 26)**

Rysunek 30. Trasy do wprowadzenia autobusów zeroemisyjnych.

## 7.2. Potencjalna lokalizacja stacji ładowania autobusów zeroemisyjnych

Biorąc pod uwagę rozkład na terenie miasta, profil, a także długości wytypowanych linii komunikacyjnych do wprowadzenia autobusów zeroemisyjnych, jak również średnie zużycie energii na kilometr (dla autobusów 12 metrowych – ok. 1,1 kWh/km) przy założeniu, że na wskazanych liniach: 2, 6, 7 i 9 autobusy przejeżdżają w ciągu doby ponad 1 000 km, proponuje się zastosowanie mieszanego systemu ładowania baterii – w nocy w zajezdni (ładowanie wolne typu „plug-in”) oraz w dzień na pętlach autobusowych (ładowanie szybkie).

Wymagania w zakresie ładowarek do autobusów określone zostały w normie<sup>41</sup>. Obecnie na polskim rynku operuje kilkunastu producentów ładowarek do baterii akumulatorów. Jak wynika z dokonanego przeglądu, koszt jednostkowy zakupu ładowarki typu plug-in, którą można zainstalować w zajezdni wynosi ok. 100 tys. zł, natomiast ładowarki szybkiej (dla potrzeb ładowania na pętlach autobusowych) to ok. 300 tys. zł. Do tego należy doliczyć koszty montażu stacji transformatorowych do zasilania stacji szybkiego ładowania (ok. 600 tys. zł/stacja), a także stacji transformatorowej na terenie zajezdni.

W przyjętym wariantcie, opartym na ładowaniu baterii autobusów metodą „plug-in”, w Jeleniej Górze konieczne będzie docelowo (do roku 2028) zainstalowanie 12 ładowarek w Zajezdni autobusowej do obsługi 24 autobusów o napędzie elektrycznym. Przy założeniu, że ładowanie baterii metodą wolną trwa ok. 5 godzin, jedna ładowarka będzie mogła obsłużyć dwa pojazdy w ciągu nocy.

Dla zapewnienia ciągłości świadczonych usług komunikacji miejskiej, na wskazanych liniach, do wprowadzenia autobusów elektrycznych, niezbędne w wariantcie podstawowym (minimalnym) będzie także zlokalizowanie dodatkowo 3 stacji szybkiego ładowania, na wybranych pętlach autobusowych.

Potencjalne lokalizacje stacji ładowania na pętlach autobusowych w mieście Jelenia Góra (w nawiasach podano współrzędne geograficzne) to:

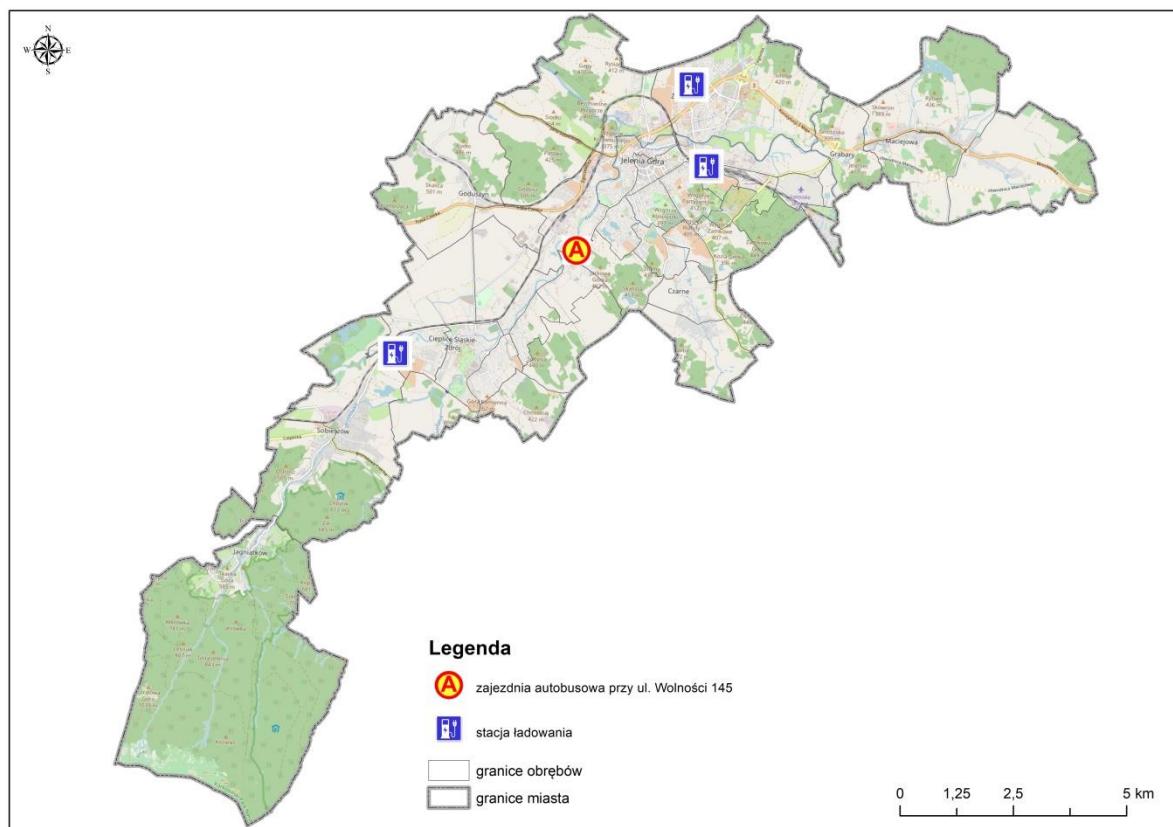
- Osiedle Orle Pętla (50.8626603N, 15.6595592E)
- Dworzec Główny (50.9024697N, 15.7544636E)
- Kiepury (50.918545N, 15.748714E)

Linia nr 2 obsługiwana byłaby przez ładowarkę szybką zamontowaną na pętli autobusowej Osiedle Orle, autobusy linii nr 9 i nr 17 ładowane byłyby na pętli Dworzec Główny, a linie nr 6, 7 i 26 na pętli przy ul. Kiepury. Jako alternatywną do rozważenia jest lokalizacja stacji ładowania docelowo znajdująca się na pętli przy ul. Św. Jadwigi Śląskiej. Mimo, że aktualnie ww. pętla wykorzystywana jest wyłącznie do obsługi linii autobusowej nr 20, pod względem powierzchni użytkowej spełniłaby wymagania do instalacji stacji ładowania autobusów. Ponadto, w związku z trwającymi pracami nad optymalizacją oferty przewozowej dla Miasta Jelenia Góra istnieje prawdopodobieństwo szerszego wykorzystania terenu pętli.

W wariantcie rozszerzonym można rozważyć także zainstalowanie dodatkowych ładowarek na pętlach Sobieszów i Osiedle XX-lecia. Liczba stacji szybkiego ładowania determinowana będzie pojemnością zastosowanych w autobusach baterii.

<sup>41</sup> PN-EN 61851-23:2014-11: System przewodowego ładowania pojazdów elektrycznych - Część 23: Stacja ładowania pojazdów elektrycznych prądu stałego

Rysunek 31. Potencjalne lokalizacje stacji ładowania autobusów elektrycznych w Jeleniej Górze<sup>42</sup>



łącny koszt inwestycji w infrastrukturę ładowania dla Jeleniej Góry – wariant podstawowy, uwzględniający:

- zakup 12 ładowarek typu „plug-in” do zajezdni,
- zakup 3 szybkich ładowarek na pętlach autobusowych,
- dostawę i montaż stacji transformatorowych,

oszacowano na poziomie ok. 4,5 mln zł.

W związku z brakiem aktualnego planu transportowego dla miasta Jelenia Góra (obecny plan uchwalony został w styczniu 2014 roku), który uwzględniałby zasadność włączenia autobusów zeroemisyjnych do taboru autobusów komunikacji publicznej, brak jest podstaw do podjęcia oceny technicznych i ekonomicznych warunków przyłączenia sieci infrastruktury ładowania. Niniejszy dokument stanowi wstępną koncepcję zasadności włączenia autobusów zeroemisyjnych do taboru miejskiego. Analizy zasadności dokonano na podstawie dostępnych danych. Opracowanie szczegółowego projektu, będzie możliwe na etapie, opracowania aktualizacji do planu transportowego dla miasta, wówczas wskazane będzie opracowanie projektu technicznego sieci infrastruktury ładowania.

<sup>42</sup> opracowanie własne

## 8. Wskazanie kierunków zmian w Planie Transportowym w zakresie wykorzystania autobusów zeroemisyjnych na podstawie pozytywnych wyników przeprowadzonej „Analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych”

Plan zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego<sup>43</sup>, nazywany także Planem transportowym, jest opracowaniem sporządzanym przez jednostki samorządu terytorialnego, określającym w szczególności:

- sieć komunikacyjną, na której jest planowane wykonywanie przewozów o charakterze użyteczności publicznej;
- ocenę i prognozy potrzeb przewozowych;
- przewidywane finansowanie usług przewozowych;
- preferencje dotyczące wyboru rodzaju środków transportu;
- zasady organizacji rynku przewozów;
- pożądany standard usług przewozowych w przewozach o charakterze użyteczności publicznej;
- przewidywany sposób organizowania systemu informacji dla pasażera;
- linie komunikacyjne, na których przewidywane jest wykorzystanie pojazdów elektrycznych lub pojazdów napędzanych gazem ziemnym, oraz planowany termin rozpoczęcia ich użytkowania.

Dodatkowo jeżeli plan transportowy przewiduje wykorzystanie autobusów zeroemisyjnych lub autobusów napędzanych gazem ziemnym, określa się w nim także:

- geograficzne położenie stacji gazu ziemnego;
- geograficzne położenie infrastruktury ładowania drogowego transportu publicznego w rozumieniu art. 2 pkt 3 ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych)
- miejsce przyłączenia do:
  - sieci dystrybucyjnej elektroenergetycznej – planowanej infrastruktury ładowania lub
  - sieci dystrybucyjnej gazowej – planowanej stacji gazu ziemnego, lub
  - magazynu energii, o którym mowa w art. 3 pkt 10k ustawy z dnia 10 kwietnia 1997 r. – Prawo energetyczne (Dz. U. z 2017 r. poz. 220, z późn. zm.).

<sup>43</sup> Podstawą opracowania Planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego jest Ustawa z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (Dz. U. 2011 nr 5 poz. 13). Szczegółowy zakres Planu określony został w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 25 maja 2011 r. w sprawie szczegółowego zakresu planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego (Dz.U. 2011 nr 117 poz. 684).

Jeżeli wynik przeprowadzenia analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych, wskaże zasadność wprowadzenia do użytkowania w publicznej komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych, wówczas projekt planu transportowego, w zakresie wykorzystania tych autobusów, podlega konsultacjom odpowiednio z operatorem systemu dystrybucyjnego elektroenergetycznego oraz operatorem systemu dystrybucyjnego gazowego, w rozumieniu przepisów ustawy z dnia 10 kwietnia 1997 r. – Prawo energetyczne.

Przy obecnych uwarunkowaniach rynkowych wyniki niniejszej analizy kosztów i korzyści wskazują, że wprowadzanie do eksploatacji autobusów zeroemisyjnych w publicznej komunikacji miejskiej Miasta Jeleniej Góry nie jest zasadne, w związku z czym nie przewiduje się konieczności aktualizacji planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego, a jedynie przedstawia się zapisy Planu transportowego, które wymagałyby aktualizacji w przypadku zajścia zasadności wprowadzenia autobusów zeroemisyjnych.

**Tabela 10 Kierunki zmian w Planie transportowym**

Istniejący rozdział Planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego dla Miasta Jeleniej Góry oraz Gmin, z którymi Miasto Jelenia Góra zawarło Porozumienie Międzygminne w zakresie organizacji publicznego transportu zbiorowego	Sposób zmiany
9.4 Standard w zakresie ochrony środowiska	Uwzględnienie w zapisie dotyczącym preferowanych środków komunikacji publicznych również autobusów elektrycznych.
9.4.2 Wymogi stosowania ekologicznych napędów w pojazdach komunikacji miejskiej	Uwzględnienie w zapisach wykorzystania autobusów elektrycznych.
10.5 Wyznaczanie tras linii	<p>Uwzględnienie linii komunikacyjnych, na których przewidywane jest wykorzystanie pojazdów elektrycznych lub pojazdów napędzanych gazem ziemnym oraz planowany termin rozpoczęcia ich użytkowania.:</p> <p><i>„Planowana jest elektryfikacja wybranych linii komunikacji miejskiej w Jeleniej Górze, na których powinny być eksploatowane pojazdy elektryczne: linie 2, 6, 7, 9, 17 oraz 26.</i></p> <p><i>Wprowadzenie autobusów zeroemisyjnych do eksploatacji będzie następowało sukcesywnie po uzyskaniu stosownych dofinansowań na zakup taboru i infrastruktury ładowania np. z programów krajowych lub wspólnotowych.”</i></p>
10.9 Zarządzanie infrastrukturą transportu publicznego.	Uwzględnienie geograficznego położenia infrastruktury ładowania drogowego transportu publicznego w rozumieniu art. 2 pkt 3 ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych, zwanej dalej „infrastrukturą ładowania” a także miejsc

	<p>przyłączenia do sieci dystrybucyjnej elektroenergetycznej – planowanej infrastruktury ładowania:</p> <p><i>„W przypadku elektryfikacji linii 2, 6, 7, 9, 17 oraz 26 infrastruktura ładowania pojazdów zeroemisyjnych zostanie zlokalizowana w podziale na:</i></p> <p><i>- stacje wolnego ładowania:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>• na terenie zajezdni MZK,</i></li> </ul> <p><i>- stacje szybkiego ładowania:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>• Osiedle Orle Pętla (50.8626603N, 15.6595592E)</i></li> <li><i>• Dworzec Główny (50.9024697N, 15.7544636E)</i></li> <li><i>• Kiepury (50,918545N, 15,748714E)</i></li> </ul> <p>Szczegółowe lokalizacje miejsc przyłączy do sieci dystrybucyjnej elektroenergetycznej w pobliżu infrastruktury ładowania będą ustalane z dostawcą energii.</p>
<p>12.3 Tabor</p>	<p>Uwzględnienie w zapisach wykorzystania autobusów elektrycznych:</p> <p><i>„Nowo zakupione pojazdy (...) powinny:</i></p> <p><i>- w przypadku autobusów elektrycznych spełniać wariant inwestycyjny na podstawie Analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych.”</i></p>
<p>12.10 Wykorzystanie autobusów z napędem alternatywnym</p>	<p>Uwzględnienie w zapisach wykorzystania autobusów elektrycznych.</p>

## 9. Podsumowanie

Analizę kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych sporządzono bazując na Ustawie z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych. Metodyka wykonania analizy została oparta na wytycznych zawartych w Niebieskiej Księdze – Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach”, opracowaniu „Analiza kosztów i korzyści projektów transportowych współfinansowanych ze środków Unii Europejskiej. Vademecum Beneficjenta”, a także wytycznych wielu innych poradników i istniejących opracowań dotyczących sporządzania przedmiotowej analizy.

Przeanalizowane zostały dwa warianty – bazowy, tj. bezinwestycyjny, który nie przewiduje większych zmian w świadczeniu usług komunikacji miejskiej w stosunku do roku 2018 (rok bazowy), oraz wariant inwestycyjny, który zakłada wymianę części taboru na autobusy zeroemisyjne. Analiza kosztów i korzyści uwzględnia okresowe uzyskanie określonych w treści Ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych procentowych wartości udziału taboru zeroemisyjnego w stosunku do użytkowanego taboru przez Zamawiającego oraz plan wymiany taboru autobusowego na podstawie przekazanego przez MZK w Jeleniej Górze harmonogramu likwidacji pojazdów.

W wyniku przeprowadzonej analizy finansowej uzyskano ujemną wartość wskaźnika FNPV, co oznacza, że bieżąca wartość przyszłych przychodów nie pokrywa bieżącej wartości kosztów projektu. W rezultacie, otrzymany wskaźnik FNPV wskazuje na konieczność dofinansowania projektu z zewnętrznych środków finansowych – krajowych lub wspólnotowych.

Pod względem oceny możliwych do osiągnięcia efektów środowiskowych, wymianę części taboru na autobusy z napędem elektrycznym ocenia się pozytywnie. Realizacja projektu inwestycyjnego skutkowałaby w kolejnych latach zmniejszeniem: emisji tlenków azotu, niemetanowych lotnych związków organicznych, pyłu, dwutlenku węgla oraz hałasu.

Wskaźnik efektywności ekonomicznej ENPV osiąga wartość ujemną. Pomimo, iż projekt generuje korzyści o charakterze niefinansowym tj. poprawa komfortu życia mieszkańców związana ze zmniejszeniem lokalnego oddziaływania na środowisko komunikacji zbiorowej, czy poprawa wizerunku miejskiej komunikacji publicznej, przy obecnych uwarunkowaniach rynkowych nie powinien zostać zrealizowany, gdyż jest nieefektywny pod względem społeczno-gospodarczym. Zmonetyzowane koszty z tytułu ich eksploatacji przewyższą poziom korzyści ekonomiczno - społecznych. Rekomendowane jest sporządzenie analizy kosztów i korzyści ponownie przed upływem 36 miesięcy, zgodnie z zapisami ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych.

Niezależnie od wyników niniejszej analizy, Gmina Jelenia Góra deklaruje gotowość do wprowadzenia do eksploatacji autobusów zeroemisyjnych, przy uzyskaniu środków zewnętrznych na ten cel. Realizacja zakupu powinna zostać poprzedzona odpowiednią analizą wykonalności inwestycji, w tym np. analizą kosztów i korzyści sporządzoną wyłącznie w zakresie np. linii zdefiniowanej do elektryfikacji, w przeciwieństwie do niniejszego dokumentu, w którym analizowany jest kompleksowo cały system komunikacji miejskiej w Jeleniej Górze.



## Spis rysunków

Rysunek 1. Liczba pojazdów w flocie MZK Jelenia Góra w 2018 roku w podziale na kategorie emisji spalin oraz typ nadwozia .....	4
Rysunek 2. Udział liczby pasażerów korzystających z komunikacji miejskiej w godzinach szczytu w stosunku do liczby pasażerów ogółem korzystających z poszczególnych linii autobusowych .....	6
Rysunek 3. Liczba pojazdów w flocie MZK Jelenia Góra w 2019 roku w podziale na kategorie emisji spalin oraz typ nadwozia .....	7
Rysunek 4. Ładunki emisji substancji generowanych przez tabor w roku 2018 podziale na normę emisji spalin ..	24
Rysunek 5. Zmiana ładunku emisji tlenków azotu w latach 2018-2032 w wariacie bezinwestycyjnym i inwestycyjnym .....	24
Rysunek 6. Zmiana ładunku emisji niemetanowych lotnych związków organicznych w latach 2018-2032 w wariacie bezinwestycyjnym i inwestycyjnym .....	25
Rysunek 7. Zmiana ładunku emisji pyłu PM 2,5 w latach 2018-2032 w wariacie bezinwestycyjnym i inwestycyjnym .....	25
Rysunek 8. Zmiana ładunku emisji substancji w roku 2032 w odniesieniu do roku 2018 w wariantach bezinwestycyjnym i inwestycyjnym .....	26
Rysunek 9. Zmiana ładunku emisji ekwiwalentnego dwutlenku węgla w latach 2018-2032 w wariacie bezinwestycyjnym i inwestycyjnym .....	26
Rysunek 10. Zmiana ładunku emisji dwutlenku siarki w latach 2018-2032 w wariacie inwestycyjnym .....	27
Rysunek 11. Zmiana ładunku emisji PMco w latach 2018-2032 w wariacie inwestycyjnym .....	27
Rysunek 12. Koszty emisji tlenków azotu w latach 2018-2032 w wariantach bezinwestycyjnym i inwestycyjnym ..	27
Rysunek 13. Koszty emisji niemetanowych lotnych związków organicznych w latach 2018-2032 w wariantach bezinwestycyjnym i inwestycyjnym .....	28
Rysunek 14. Koszty emisji pyłu PM2,5 w latach 2018-2032 w wariantach bezinwestycyjnym i inwestycyjnym ..	28
Rysunek 15. Zmiana kosztów ładunku emisji ekwiwalentnego dwutlenku węgla w latach 2018-2032 w wariacie bezinwestycyjnym i inwestycyjnym .....	29
Rysunek 16. Zmiana kosztów emisji dwutlenku siarki w latach 2018-2032 w wariacie inwestycyjnym .....	29
Rysunek 17. Zmiana kosztów emisji pyłów drobnych w latach 2018-2032 w wariacie inwestycyjnym .....	29
Rysunek 18. Zmiana kosztów emisji hałasu w latach 2018-2032 w wariacie bezinwestycyjnym i inwestycyjnym	30
Rysunek 19. Jelenia Góra – trasy autobusowe .....	45
Rysunek 20. Przebieg linii autobusowej nr 2 .....	46
Rysunek 21. Przebieg linii autobusowej nr 6 .....	47
Rysunek 22. Przebieg linii autobusowej nr 7 .....	48
Rysunek 23. Przebieg linii autobusowej nr 8 .....	49
Rysunek 24. Przebieg linii autobusowej nr 9 .....	50
Rysunek 25. Przebieg linii autobusowej nr 15 .....	51
Rysunek 26. Przebieg linii autobusowej nr 17 .....	52
Rysunek 27. Przebieg linii autobusowej nr 22 .....	53
Rysunek 28. Przebieg linii autobusowej nr 23 .....	54
Rysunek 29. Przebieg linii autobusowej nr 26 .....	55
Rysunek 30. Trasy do wprowadzenia autobusów zeroemisyjnych .....	58
Rysunek 31. Potencjalne lokalizacje stacji ładowania autobusów elektrycznych w Jeleniej Górze .....	60

## Spis tabel

Tabela 1. Popyt na usługi komunikacji publicznej na poszczególnych liniach autobusowych obsługiwanych przez MZK Sp. z o.o. w Jeleniej Górze w 2018 roku. ....	5
Tabela 2. Zestawienie taboru Miejskiego Zakładu Komunikacyjnego w Jeleniej Górze .....	8
Tabela 3. Harmonogram nakładów inwestycyjnych (tyś. zł) .....	16
Tabela 4. Zestawienie nakładów odtworzeniowych (tyś. zł).....	17
Tabela 5. Jednostkowe koszty operacyjne (zł/wzkm).....	18
Tabela 6. Wyniki badania efektywności projektu .....	19
Tabela 7. Wskaźniki efektywności ekonomicznej .....	31
Tabela 8. Parametryzacja linii autobusowych pod względem przewozów pasażerskich i przejechanych wozokilometrów.....	44
Tabela 9. Zestawienie wyników analizy wielokryterialnej. ....	57
Tabela 10. Kierunki zmian w Planie transportowym .....	62