

Monika Ziemska-Osuch

Daniel Kapica

Mateusz Rydlewski



Problematyka planowania transportu zbiorowego

**Skrypt do ćwiczeń projektowych
z wykorzystaniem oprogramowania PTV Lines**

**Monika Ziemska-Osuch
Daniel Kapica
Mateusz Rydlewski**

**Problematyka planowania transportu zbiorowego
Skrypt do ćwiczeń projektowych
z wykorzystaniem oprogramowania PTV Lines**



**Uniwersytet Morski w Gdyni
Gdynia 2026**

Publikacja została sfinansowana ze środków Projektu FERS „Morze kompetencji – nowoczesne kształcenie dla potrzeb gospodarki morskiej”, współfinansowanego przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego Plus w ramach Programu Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego 2021–2027 (FERS.01.05-IP.08-006/23), w ramach Zadania 6.

Recenzent: dr inż. Szymon Fierek

Opracowanie redakcyjne: Beata Kwiecień

Skład i łamanie: Małgorzata Myszkowska

Korekta: Beata Kwiecień

Projekt okładki: Krzysztof Becker

PTV LINES jest oprogramowaniem do planowania usług transportu publicznego firmy ©PTV Planung Transport Verkehr GmbH.

Nazwa PTV Lines oraz wszelkie powiązane logotypy i nazwy produktów są zastrzeżonymi znakami towarowymi należącymi do firmy PTV Group (PTV AG) lub jej podmiotów zależnych. Zostały one użyte w niniejszej publikacji wyłącznie w celach informacyjnych oraz identyfikacyjnych, aby wskazać na przeznaczenie skryptu i opisywanego narzędzia programowego.

Niniejszy skrypt jest niezależnym opracowaniem o charakterze dydaktyczno-naukowym. Nie jest to oficjalna dokumentacja techniczna oprogramowania, a autorzy i wydawca nie działają w imieniu producenta programu.

Autorzy oraz wydawca oświadczają, że nie są powiązani kapitałowo ani biznesowo z firmą PTV Group. Publikacja nie jest przez tę firmę sponsorowana, autoryzowana ani w żaden inny sposób wspierana.

Zamieszczone w tekście zrzuty ekranu (screenshoty) prezentujące interfejs graficzny programu PTV Lines zostały wykorzystane na podstawie art. 29 ustawy o prawie autorskim i prawach pokrewnych (tzw. prawo cytatu), w zakresie uzasadnionym celem nauczania oraz wyjaśniania skomplikowanych procesów projektowych.

Autorzy dołożyli wszelkich starań, aby instrukcje i przykłady były poprawne merytorycznie. Nie ponoszą oni jednak odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z błędnej interpretacji treści, a także za zmiany w funkcjonowaniu oprogramowania wprowadzone przez producenta w nowszych wersjach programu.

Copyright by Uniwersytet Morski w Gdyni

ISBN: 978-83-67428-76-7 (wersja drukowana)
e-ISBN: 978-83-67428-77-4 (wersja elektroniczna)

Publikacja udostępniona na licencji Creative Commons Uznanie autorstwa 4.0 Międzynarodowa (CC BY 4.0)

Licencja zezwala na kopiowanie, rozpowszechnianie, adaptację oraz wykorzystanie utworu, także w celach komercyjnych, pod warunkiem wskazania autorstwa i źródła.

Licencja CC BY 4.0 nie obejmuje znaków towarowych oraz materiałów graficznych pochodzących z oprogramowania PTV Lines, które zostały użyte w celach dydaktycznych na zasadzie prawa cytatu
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode>

Wydanie pierwsze

Wydawnictwo Uniwersytetu Morskiego w Gdyni
2026

Spis treści

Od autorów	7
1. Wstęp teoretyczny – planowanie transportu zbiorowego	9
1.1. Podział pojazdów transportu zbiorowego.....	9
1.1.1. Drogowe środki transportu.....	9
1.1.2. Szynowe środki transportu	12
1.1.3. Podsumowanie typów pojazdów	13
1.1.4. Pozostałe środki transportu miejskiego	14
1.2. Podstawowa infrastruktura punktowa i liniowa	16
1.3. Rozkład jazdy	17
1.3.1. Zsynchronizowany rozkład jazdy	18
1.4. Nierównomierność czasowa przewozów	23
1.5. Praca eksploatacyjna i przewozowa.....	25
1.5.1. Pasażerokilometry	25
1.5.2. Wozokilometry.....	27
1.5.3. Częstotliwość kursowania.....	28
1.5.4. Obliczanie pracy eksploatacyjnej.....	30
1.6. Zapotrzebowanie na tabor	31
1.7. Koszty funkcjonowania danej linii transportu zbiorowego.....	33
1.8. Marszrutyzacja linii transportu zbiorowego.....	34
1.9. Zadanie teoretyczne porządkujące wiedzę.....	35
2. Praktyka – PTV LINES	39
2.1. Podstawowe pojęcia	39
2.1.1. Przystanek / Punkt przystankowy	39
2.1.2. System transportowy.....	39
2.1.3. Typ pojazdu.....	40

2.1.4. Linia	40
2.1.5. Trasa	40
2.1.6. Kurs.....	42
2.1.7. Scenariusze.....	42
2.1.8. Wskaźniki wynikowe.....	43
2.2. Wprowadzenie do PTV Lines.....	44
2.3. Praca z interfejsem w PTV Lines.....	47
2.4. Podstawy pracy z narzędziem PTV Lines	49
2.5. Dane GTFS.....	66
2.6. Analiza dostępności – wyrysowanie izochron.....	71
2.7. Brygadowanie (Line Blocking).....	74
2.8. Eksport widoku	77
2.9. Scenariusze.....	79
3. Połączenie pomiędzy PTV Lines a PTV Visum	81
3.1. Eksport z PTV Lines do PTV Visum	81
3.1.1. Import sieci do pustego pliku PTV Visum	81
3.1.2. Import sieci do istniejącego pliku PTV Visum.....	82
3.1.3. Podsumowanie	83
3.2. Import plików z PTV Visum i GTFS do PTV Lines.....	84
3.2.1. Import sieci.....	84
3.2.2. Import plików GeoJSON.....	85
3.2.3. Import danych o popycie.....	88
3.3. Wyświetlenie więźby ruchu transportu zbiorowego pomiędzy rejonami komunikacyjnymi	92
3.4. Popyt w PTV Lines.....	93
3.4.1. Podstawy teoretyczne.....	93
3.4.2. Rozkład ruchu na sieć.....	94
3.4.3. Odczytywanie wyników rozkładu ruchu na sieć	96
3.4.4. Zbiorcze wyniki rozkładu ruchu.....	97
3.4.5. Liczba osób korzystających z przystanków	98
3.4.6. Odczytywanie wyników rozkładu ruchu dla jednej linii	100

4. Przykładowe zadania z analizy transportu zbiorowego w PTV Lines.....	101
Spis skrótów klawiszowych	108
Słownik tłumaczeń.....	109
Rozwiązanie do zadania 1	111
Bibliografia	112
Spis rysunków.....	114
Spis tabel	116
Spis zadań	117

Od autorów

Skrypt powstał w odpowiedzi na potrzebę stworzenia podręcznika do zajęć akademickich z planowania i zarządzania transportem zbiorowym za pomocą oprogramowania PTV Lines.

Z uwagi na to, że PTV Lines jest młodym i wciąż rozwijającym się narzędziem, lecz dającym ogrom możliwości praktycznych i dydaktycznych, mamy nadzieję, że przedstawione zagadnienia będą pomocne zarówno dla studentów, jak i dydaktyków.

W skrypcie rozróżniono tekst trzema kolorami. Kolorem czarnym oznaczono wszystkie informacje teoretyczne, które stanowią podstawę do zrozumienia analizowanego tematu. **Natomiast na granatowo uwzględniono wszystkie kwestie praktyczne możliwe do zrealizowania w PTV Lines lub innym narzędziu w formie zajęć dydaktycznych.** Żeby urozmaicić temat, **na zielono dodaliśmy kilka ciekawostek dotyczących praktycznych kwestii.**

Do każdego przykładu obliczeniowego dodaliśmy również opis krok po kroku jak dane zadanie wykonać i co może być jego rezultatem. Zadania praktyczne są zazwyczaj krótkie, aby prowadzący mógł sam zdecydować, ile z nich wykorzysta podczas zajęć.

Czy skrypt trzeba realizować od początku do końca? Nie. Dążyliśmy do tego, aby każdy z opisanych rozdziałów stanowił odrębną całość. Jest to istotne ze względu na różną liczbę godzin zajęć przewidzianych w programach studiów na poszczególnych uczelniach i kierunkach.

Podstawy teoretyczne są niezbędne do pracy nad zagadnieniami praktycznymi, dlatego rekomendujemy rozpoczęcie od rozdziału pierwszego i zrealizowania zawartych w nim zadań, a następnie przejście do wybranych tematów.

Pliki (rozkłady jazdy, model PTV Visum, dane przestrzenne i inne), pozwalające zrealizować zadania opisane w niniejszym skrypcie, znajdziecie pod adresem <https://www.ptvgroup.com/pl/produkty/ptv-lines/pobieranie-nauka-wsparcie>. Pod tym adresem chcielibyśmy publikować dla was w przyszłości również dodatkowe zadania, które nie pojawiły się w drukowanej wersji skryptu lub powstały w związku z nowymi funkcjonalnościami w PTV Lines.

8 | Problematyka planowania transportu zbiorowego...

W razie jakichkolwiek pytań, chętnie pozostajemy do Waszej dyspozycji, możecie do nas pisać:

- ▶ dr inż. Monika Ziemska-Osuch, m.ziemska@wn.umg.edu.pl
Zakład Modelowania i Metod Matematycznych w Transporcie,
Wydział Nawigacyjny, Uniwersytet Morski w Gdyni
- ▶ mgr inż. Daniel Kapica, danielkapica@outlook.com
Doktorant, Szkoła Doktorska Politechniki Krakowskiej
- ▶ dr inż. Mateusz Rydlewski, mateusz.rydlewski@pwr.edu.pl
Katedra Eksploatacji Systemów Technicznych, Wydział Mechaniczny, Politechnika
Wrocławska

1. Wstęp teoretyczny – planowanie transportu zbiorowego

1.1. Podział pojazdów transportu zbiorowego

1.1.1. Drogowe środki transportu

Autobus to pojazd samochodowy do przewozu osób, który ma więcej niż dziewięć miejsc (łącznie z fotelem kierowcy) [1]. Zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady Unii Europejskiej 2018/858 [2] wszystkie autobusy należą do pojazdów klasy M₃, do której zaliczają się pojazdy do przewozu większej liczby osób niż osiem, wyłączając kierowcę, o dopuszczalnej masie całkowitej większej niż pięć ton.

Bardziej szczegółowy podział został wskazany w Regulaminie nr 107 Europejskiej Komisji Gospodarczej Organizacji Narodów Zjednoczonych (EKG ONZ) [3]. Zgodnie z nim, pojazdy mogą należeć do jednej z następujących klas:

Pojazdy o pojemności większej niż 22 pasażerów, poza kierowcą:

- ▶ klasa I – pojazdy, w konstrukcji których przewidziano przestrzeń dla pasażerów stojących, umożliwiającą częste przemieszczanie się pasażerów,
- ▶ klasa II – pojazdy przeznaczone zasadniczo do przewozu pasażerów siedzących, o konstrukcji umożliwiającej przewóz pasażerów stojących w przejściach lub na powierzchni nie większej niż powierzchnia przeznaczona dla dwóch siedzeń podwójnych na miejscach siedzących, z pewnymi obszarami do stania,
- ▶ klasa III – pojazdy przeznaczone wyłącznie do przewozu pasażerów siedzących.

Pojazdy o pojemności nie większej niż 22 pasażerów, poza kierowcą:

- ▶ klasa A – pojazdy przeznaczone do przewozu pasażerów stojących; pojazd tej klasy posiada siedzenia i przestrzeń dla pasażerów stojących.

Pojazdy nieprzeznaczone do przewozu pasażerów stojących; pojazd tej klasy nie ma przestrzeni dla pasażerów stojących.

W tym regulaminie zdefiniowano również:

- ▶ pojazd przegubowy – oznacza pojazd składający się z dwóch lub więcej części sztywnych, połączonych przegubowo; przedziały pasażerskie poszczególnych części łączą się ze sobą, umożliwiając pasażerom swobodne przemieszczanie się między nimi; części sztywne połączone są ze sobą w sposób stały, a ich rozłączenie jest możliwe tylko przy użyciu urządzeń, które zwykle znajdują się jedynie w warsztacie,

- ▶ dwupokładowy pojazd przegubowy – oznacza pojazd składający się z dwóch lub więcej części sztywnych, połączonych przegubowo; przedziały pasażerskie poszczególnych części łączą się ze sobą co najmniej na jednym pokładzie, umożliwiając pasażerom swobodne przemieszczanie się między nimi; części sztywne połączone są ze sobą w sposób stały, a ich rozłączenie jest możliwe tylko przy użyciu urządzeń, które zwykle znajdują się jedynie w warsztacie,
- ▶ pojazd dwupokładowy – oznacza pojazd, w którym przestrzeń przewidziana dla pasażerów są rozmieszczone, przynajmniej w jednej części, na dwóch pokładach: dolnym i górnym, przy czym na górnym pokładzie nie zapewnia się miejsc dla pasażerów stojących,
- ▶ pojazd niskopodłogowy – jest pojazdem klasy I, II lub A, w którym co najmniej 35% powierzchni dostępnej dla pasażerów stojących (lub w jego przedniej części w przypadku pojazdów przegubowych bądź na pokładzie dolnym w przypadku pojazdów dwupokładowych) stanowi powierzchnię bez stopni i zapewnia dostęp do co najmniej jednych drzwi głównych,
- ▶ pojazd bez dachu – oznacza pojazd bez dachu nad całością lub częścią pokładu. W przypadku pojazdu dwupokładowego powyższy wymóg dotyczy górnego pokładu. Na żadnym pokładzie pozbawionym dachu nie przewiduje się powierzchni dostępnej dla pasażerów stojących, bez względu na klasę pojazdu.

Oprócz scharakteryzowanego podziału, funkcjonują również podziały umowne. Najpopularniejszym z nich jest podział przyjęty do opisów technicznych pojazdów dzielący je na kilka klas ze względu na ich pojemność i długość, w których można wyróżnić takie kategorie, jak mini, midi, maxi czy mega. Szczegółowe informacje dotyczące parametrów technicznych autobusów (i innych pojazdów) przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Parametry techniczne i orientacyjne koszty wykorzystania pojazdów transportu zbiorowego

Rodzaj pojazdu	Typ / przykładowe modele	Długość pojazdu [m]	Pojemność [os]	Orientacyjne koszty [zł / wozokm]
AUTOBUSY	MIDI np. Solaris Urbino 10, Mercedes Benz Citaro K	9–10,5	30–45	8,31–9,32
AUTOBUSY	MAXI np. Solaris Urbino 12, Mercedes Benz Citaro	11–13	81–107	8,97–11,48
	MEGA np. Solaris Urbino 18, Mercedes Benz Citaro G	15–24	140–171	10,97–15,06
TRAMWAJE	DWUCZŁONOWY np. Konstal 105NWr	13,5 x 2	234	17,58

Tabela 1, cd.

Rodzaj pojazdu	Typ / przykładowe modele	Długość pojazdu [m]	Pojemność [os]	Orientacyjne koszty [zł / wozokm]
TRAMWAJE	JEDNOCZŁONOWY JEDNOKIERUNKOWY np. Moderus Beta i Gamma, Skoda 16T, Pesa 2010NW,	27–32	214–247	14,95
	JEDNOCZŁONOWY DWUKIERUNKOWY np. Skoda 19T	32	252	14,95
POCIĄGI	EZT/SZT	40–120	110–280*	38,93
METRO	–	120	280*	16,77

* Dla pociągów i metra podano liczbę miejsc siedzących.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [9], [10].

Autobusy można podzielić również ze względu na ich emisyjność:

- ▶ zeroemisyjne (w których źródłem napędu jest energia elektryczna lub wodór),
- ▶ niskoemisyjne (w których źródłem napędu są gazy LPG, CNG lub hybrydy typu plug-in),
- ▶ hybrydowe (wykorzystujące co najmniej dwa ww. źródła napędu, z wyłączeniem pojazdów hybrydowych typu plug-in) [4],
- ▶ pozostałe (napędzane silnikiem Diesla lub benzynowym).

Obecnie autobusy miejskie konstruowane są jako pojazdy niskopodłogowe lub niskowejściowe, czyli takie, które charakteryzują się konstrukcją umożliwiającą wejście do pojazdu co najmniej jednymi drzwiami bez pokonywania stopni. Zapewnia to szybki przepływ dużej liczby pasażerów oraz ułatwia korzystanie osobom starszym, z niepełnosprawnościami lub podróżującym z wózkiem dziecięcym [4].

Autobusy można podzielić również ze względu na konstrukcję nadwozia:

- ▶ klasyczny (jednoczłonowy),
- ▶ przegubowy lub dwuprzegubowy (wieloczłonowy),
- ▶ piętrowy.

Specyficznym typem autobusu jest trolejbus, który, zgodnie z ustawą [5] z 20 czerwca 1997 roku Prawo o ruchu drogowym, jest autobusem przystosowanym do zasilania energią elektryczną z sieci trakcyjnej [5]. Obecnie można również spotkać się z trolejbusami posiadającymi dodatkowe wewnętrzne źródło napędu, którym jest bateria trakcyjna lub silnik spalinowy.



W Polsce obecnie trolejbusy wykorzystywane są w systemach transportu miejskiego tylko w trzech miastach: Gdyni, Lublinie i Tychach. Co ciekawe, gdyński trolejbus nr 31 dojeżdża aż do Gdańska Żabianki, jednak trasa przebiega tylko częściowo z wykorzystaniem trakcji elektrycznej. Punktem końcowym elektryfikacji jest skrzyżowanie Alei Niepodległości z ulicą Armii Krajowej. Pozostałą część trasy trolejbus pokonuje za pomocą energii zgromadzonej w baterii.

1.1.2. Szynowe środki transportu

Transport szynowy odgrywa kluczową rolę w organizacji nowoczesnych systemów transportowych. Jego znaczenie wynika zarówno z dużej przepustowości i punktualności, jak i z możliwości ograniczenia negatywnego wpływu transportu na środowisko. Rozwój tego rodzaju przewozów jest odpowiedzią na intensyfikację ruchu pasażerskiego w obszarach zurbanizowanych oraz potrzebę tworzenia zrównoważonych form mobilności. Do najczęściej wykorzystywanych form transportu szynowego w przestrzeni miejskiej należą tramwaje, koleje aglomeracyjne oraz metro. Każdy z tych środków charakteryzuje się odmiennymi parametrami technicznymi i funkcjonalnymi, które warunkują ich zastosowanie w określonym środowisku miejskim. W niniejszym rozdziale przedstawiono podstawowe rodzaje szynowych środków transportu wraz z ich regulacjami prawnymi i wymaganiami technicznymi.

Tramwaj

Tramwaj to pojazd przeznaczony do przewozu osób lub rzeczy, zasilany energią elektryczną, poruszający się po szynach na drogach publicznych [5]. Podobnie jak trolejbusy, tramwaje również muszą spełniać wymagania techniczne określone przez Ministra Infrastruktury w rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych tramwajów i trolejbusów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia z dnia 2 marca 2011 roku [6]. Należą do nich m.in.:

- ▶ długość nie może przekraczać 65 metrów,
- ▶ szerokość, bez lusterek na przegubowych wysięgnikach, nie może przekraczać 2,65 metra,
- ▶ wysokość ze złożonym odbierakiem nie może przekraczać 4 metrów,
- ▶ konstrukcja musi umożliwiać jazdę do tyłu,
- ▶ zasilanie prądem stałym o napięciu znamionowym 600 lub 750 V,
- ▶ czuwak umożliwiający zatrzymanie pojazdu w przypadku nagłego pogorszenia się stanu zdrowia prowadzącego.

Wyżej wymienione rozporządzenie Ministra Infrastruktury [6] określa również wiele wymagań dla instalacji elektrycznej pojazdu. Zainteresowanych zachęcamy do zapoznania się z nim.

Kolej naziemna i podziemna

W miastach ze stosunkowo mocno rozbudowaną siecią kolejową coraz popularniejsze jest włączanie do ich systemów transportowych pojazdów kolejowych, tj. pojazdów dostosowanych do poruszania się na własnych kołach po torach kolejowych z napędem lub bez napędu [7]. Z uwagi na łatwość w zestawianiu oraz szybkość zmiany czoła (ze względu na kabiny po dwóch stronach pojazdu) w kolejach miejskich stosuje się co do zasady tylko zespoły trakcyjne. Te składają się z co najmniej dwóch wagonów silnikowych, ale mogą być uzupełnione o kolejne – z własnym napędem lub bez niego. W zależności od źródła siły pociągowej mówi się wtedy o elektrycznym zespole trakcyjnym (EZT) lub spalinowym zespole trakcyjnym (SZT). Popularne stają się również pociągi typu push pull, w których pomiędzy wagonami pasażerskimi na jednym czole znajduje się lokomotywa elektryczna, a na drugim tylko pulpit sterowniczy, służący do kontrolowania siły pociągowej tejże lokomotywy [8]. W przypadku korzystania z tego drugiego skład porusza się tzw. popychem. Takie składy mają dodatkową zaletę – w zależności od popytu można je szybko wydłużać lub skracać, obniżając koszty eksploatacji, np. poza szczytem przewozowym.

W większych metropoliach część ruchu pasażerskiego przenosi się pod ziemię poprzez budowę linii metra, co pozwala odciążać zatłoczone ulice. Metro to kolej elektryczna przeznaczona do transportu pasażerów o zdolności przepustowej umożliwiającej obsługę ruchu o dużym nasileniu oraz charakteryzującą się wyłącznymi prawami drogi, wielowagonowymi pociągami, dużą prędkością i szybkim przyspieszeniem, złożonym systemem sygnalizacji, jak również brakiem skrzyżowań jednopoziomowych, w celu umożliwienia wysokiej częstotliwości kursowania pociągów oraz dużego obciążenia peronu. Metro charakteryzują ponadto rozmieszczone blisko siebie stacje, co zwykle oznacza odległość 700-1200 metrów między stacjami. Duża prędkość odnosi się do porównania z tramwajami i koleją miejską oraz oznacza w tym przypadku około 30-40 km/h na krótszych odcinkach i 40-70 km/h na dłuższych odcinkach.

Prawodawstwo Rzeczypospolitej Polskiej nie zakłada specjalnych norm dla składów metra, dlatego też muszą one spełniać wymagania tożsame z wymaganiami dla pojazdów kolejowych. Jedyne wyjątek to możliwość dopuszczenia do eksploatacji wszystkich składów danego typu po uzyskaniu przez pierwszy pojazd świadectwa dopuszczenia do eksploatacji wydawanego przez Urząd Transportu Kolejowego. W przypadku pojazdów poruszających się po sieci PKP Polskich Linii Kolejowych takie świadectwo musi otrzymać osobno każdy pojazd.

1.1.3. Podsumowanie typów pojazdów

Poniższe podsumowanie tabelaryczne powstało na potrzeby dodawania nowych typów pojazdów do PTV Lines. Dane te są uśrednione na podstawie danych statystycznych z Warszawskiego Zakładu Transportu Miejskiego [9] (stan na czerwiec 2025) oraz

stawek za wozokilometry w Miejskim Przedsiębiorstwie Komunikacyjnym we Wrocławiu (stan na wrzesień 2025). Co za tym idzie, chcąc się nimi sugerować, w dalszej przyszłości należałoby uwzględnić zmiany inflacyjne i rynkowe.



Warto zwrócić uwagę na to, że koszty podane w tabeli poniżej są orientacyjne i mogą różnić się w zależności od miasta. Stawki są różne i uwarunkowane wewnętrznymi sposobami funkcjonowania przedsiębiorstw transportu zbiorowego w miastach. Należy mieć na uwadze, że te wartości mogą się od siebie różnić. Dodatkowo istotnym jest świadomość tego, że transport zbiorowy w miastach nie przynosi zysków. Braki finansowe w działalności tych przedsiębiorstw są najczęściej pokrywane dotacjami z budżetu jednostki prowadzącej.

1.1.4. Pozostałe środki transportu miejskiego

Oprócz klasycznych form transportu szynowego, takich jak autobusy, tramwaje czy metro, w wielu miastach wykorzystuje się również inne środki transportu zbiorowego. Stanowią one uzupełnienie tradycyjnych systemów, zwłaszcza tam, gdzie uwarunkowania geograficzne lub przestrzenne wymagają zastosowania alternatywnych rozwiązań. Do tej grupy zalicza się m.in. koleje linowo-terenowe, kolejki napowietrzne oraz wodne środki transportu. Ich funkcjonowanie pozwala na zwiększenie dostępności transportowej w trudno dostępnych obszarach, integrację różnych form mobilności oraz podniesienie atrakcyjności turystycznej miast. W niniejszym rozdziale przedstawiono charakterystykę i przykłady zastosowania tych rozwiązań w przestrzeni miejskiej.

Koleje linowo-terenowe

Koleje linowo-terenowe najczęściej można spotkać na terenach górzystych, gdzie najłatwiej wykorzystać ich potencjał. Pomagają pieszym pokonywać duże różnice poziomów szybciej niż z wykorzystaniem innych środków transportu.

„Wagony [kolei linowo-terenowych] poruszają się po szynach, które mogą być położone na specjalnie utwardzonym podłożu lub konstrukcjach stalowych. Pomiędzy szynami są zamontowane krążki jezdne, których zadaniem jest prowadzenie liny napędowej podczas jazdy. Dzięki ich zastosowaniu możliwe jest pokonywanie zakrętów na trasie (występuje wtedy zwiększona liczba krążków. Koleje linowo-terenowe zazwyczaj wyposażone są w jeden tor, po którym jeżdżą wagony, a ich mijanie następuje w samym środku trasy. Możliwe jest to dzięki specjalnemu ułożeniu trasy tzw. mijance, odchyleniu liny w tym miejscu w kierunku zewnętrznym oraz specjalnej konstrukcji kół wagonów od strony wewnętrznej” [11].

Usługi przewozowe świadczone za pomocą takich kolei bardzo często włączane są do systemów publicznego transportu zbiorowego. Można je spotkać np. w Dreźnie lub Lizbonie.

Napowietrzna kolej linowa

Pojazdy w tym systemie poruszają się za pomocą liny bądź układu lin. Najczęściej w systemach miejskich spotykany jest typ kolei linowej charakteryzujący się ruchem okrężnym. Oznacza to, że pojazdy poruszają się po pętli zbudowanej z lin. Systemy transportowe tego typu są w stanie przewieźć do 4000 pasażerów w ciągu godziny [12]. Do ich zalet należą:

- ▶ możliwość łatwego pokonywania przeszkód terenowych, np. rzek lub dolin,
- ▶ bezkolizyjność tras,
- ▶ stosunkowo łatwe utrzymanie sprawności technicznej,
- ▶ potencjał do łatwej automatyzacji pracy [13].



Rozwiązania opierające się na kolei linowej można spotkać np. w Londynie. Wagony tamtejszej kolei linowej przewożą pasażerów nad Tamizą we wschodniej części miasta, a taryfa opłat jest w pełni zintegrowana z pozostałymi środkami transportu. Podobnie funkcjonująca kolejka linowa – Polinka – znajduje się we Wrocławiu, gdzie pełni funkcje łączącą dwie części kampusu Politechniki Wrocławskiej i jest dostępna w taryfie standardowych biletów.

Wodne środki transportu

Wodne środki transportu znane szerzej jako tramwaj wodny lub prom. Pozwalają na podróż z wykorzystaniem dróg wodnych wyznaczonych na rzekach lub przez jeziora. Pojazdy kursują po wyznaczonych trasach pomiędzy przystankami według ustalonego, najczęściej cyklicznego rozkładu jazdy. Stosowany jest w miastach z bardzo dobrze rozbudowanym węzłem wodnym lub w dużych portach morskich [14]. Choć podróż z wykorzystaniem tych środków transportu jest z reguły wolniejsza od pozostałych, badania wskazują, że pasażerowie pozytywnie oceniają czas spędzony na pokładach promów. Badacze wiążą to z przebywaniem blisko natury i podziwianiem widoków na co dzień niedostępnych z pokładu autobusu czy pociągu [15].



Jedną z najbardziej rozwiniętych sieci połączeń promowych w Europie może pochwalić się Londyn, w którym funkcjonuje sześć linii, do przewozu pasażerów zaangażowanych jest 30 jednostek, które mogą poruszać się z prędkością nawet 60 km/h [16].

1.2. Podstawowa infrastruktura punktowa i liniowa

Na system transportu zbiorowego w mieście składa się wiele elementów – od zaplecza technicznego (np. zajezdnie, warsztaty, myjnie), przez zasoby ludzkie (kierowcy, planiści, dyspozytorzy, pracownicy obsługi technicznej, mechanicy i inni), flotę pojazdów (tramwaje, autobusy, trolejbusy bądź pociągi metra) aż po infrastrukturę. Wzajemne współdziałanie tych składników umożliwia sprawne funkcjonowanie systemu. W niniejszej części zostanie omówiona infrastruktura transportu zbiorowego, którą dzieli się na punktową i liniową.

Infrastruktura punktowa

Obejmuje stacjonarne obiekty służące do obsługi pasażerów oraz technicznej i operacyjnej obsługi pojazdów. Główne przykłady to: przystanki, pętle, dworce, terminale i węzły przesiadkowe. Jej funkcje można podzielić na:

- ▶ **obsługę pasażerów** – zapewnienie miejsca oczekiwania, przesiadki, informacji pasażerskiej, często także udogodnień (np. wiaty, ławki, biletomaty),
- ▶ **obsługę pojazdów** – zajezdnie, warsztaty, tory odstawcze i krańcowe zapewniające zaplecze operacyjne i techniczne,
- ▶ **integrację modalną** – umożliwienie wygodnej przesiadki między różnymi środkami transportu (np. autobus–tramwaj–kolej).

Infrastruktura liniowa

Obejmuje wszystkie elementy liniowe niezbędne do prowadzenia ruchu pojazdów transportu zbiorowego. Są to m.in.: jezdnie, w tym te z wydzielonymi pasami ruchu (buspasy), torowiska tramwajowe (wydzielone i współdzielone z ruchem ogólnym), sieci trakcyjne dla tramwajów, trolejbusów i metra, a także inne obiekty towarzyszące – np. mosty, wiadukty, tunele, elementy odwodnienia czy oznakowanie. Dobrze zaprojektowana infrastruktura liniowa zwiększa punktualność i efektywność przewozów oraz wpływa na bezpieczeństwo.

Warto zwrócić uwagę, że niektóre elementy infrastruktury, takie jak oznakowanie, mogą pełnić funkcje zarówno punktowe, jak i liniowe. Oznakowanie związane z przystankami, pętlami czy węzłami przesiadkowymi (np. tablice z nazwami przystanków, rozkładami jazdy, schematy tras) zalicza się do infrastruktury punktowej. Z kolei oznakowania towarzyszące trasom przejazdu (np. oznakowanie poziome typu „BUS” czy pionowe znaki drogowe wyznaczające buspasy) są elementami infrastruktury liniowej. Ten dualizm pokazuje, że granica między infrastrukturą punktową a liniową zależy również od kontekstu i funkcji danego rozwiązania. Podsumowując, należy zapamiętać, że **infrastruktura punktowa dotyczy konkretnych miejsc w sieci, zaś infrastruktura liniowa odnosi się do elementów znajdujących się na odcinkach tras.**

Jakość, dostępność i integracja infrastruktury punktowej i liniowej mają bezpośredni wpływ na konkurencyjność transportu zbiorowego względem transportu indywidualnego. Ich planowanie powinno uwzględniać potrzeby różnych grup użytkowników, zrównoważony rozwój miasta oraz dążenie do zwiększenia udziału transportu publicznego w codziennych podróżach mieszkańców.

1.3. Rozkład jazdy

Zasady tworzenia rozkładów jazdy były już przedmiotem wielu opracowań, w tym książek i podręczników. Szczególnie przydatną pozycją może okazać się publikacja „Publiczny transport miejski: zasady tworzenia rozkładów jazdy w komunikacji lokalnej (miejskiej i aglomeracyjnej)” [17]. Tworzenie rozkładu jazdy powinno zacząć się od badań ruchu, tak aby powstały rozkład mógł zaspokoić popyt na potrzeby transportowe.

Jeśli potrzeby zostały już określone, należy przeanalizować dostępną infrastrukturę i mając na uwadze potrzeby transportowe zaplanować przebieg linii danego środka transportu.

Ważną kwestią jest samo umiejscowienie przystanków w przebiegu linii. Według źródła [18] piesi chcieliby mieć możliwość dojścia do przystanku transportu zbiorowego w odległości nie większej niż 600 metrów na obszarach przedmieść i 400 metrów w obszarach centralnych miasta.

Rozkład jazdy ustalany jest w konkretnych godzinach, jeśli np. projektowana linia jest dzienna, można założyć, że będzie funkcjonowała od 5:00 do 23:00 lub w innych godzinach w zależności od pomierzonych w poprzednim kroku potrzeb transportowych. Jeśli zakres godzinowy jest określony, to pozostaje doprecyzować częstotliwość kursów. Częstotliwość ta bezpośrednio uzależniona jest od pory dnia, czyli występowania szczytów komunikacyjnych. Więcej kursów będzie w szczycie porannym i popołudniowym, mniej kursów w okresie międzyszczytowym itp. Organizatorzy transportu zbiorowego przeważnie uzależniają również rozkład jazdy od dnia tygodnia.



Przykładowo w Warszawie podzielone są na: rozkład dni roboczych poniedziałek-piątek i oddzielne rozkłady na sobotę i niedzielę. W Krakowie w okresie wakacji szkolnych funkcjonuje linia rekreacyjna kursująca tylko w weekendy z dobrą pogodą. W zależności od pogody w weekendy zwiększa się również liczbę kursów linii dojeżdżającej do krakowskiego ZOO.

Kolejnym etapem jest obliczenie czasu, jaki jest potrzebny na przejechanie całej trasy z uwzględnieniem czasu potrzebnego na wymianę pasażerów. W tym miejscu pierwszy raz mamy do czynienia z przyjazdem i odjazdem środka transportu z przystanku niezależnie od jego rodzaju, a jest to istotne zwłaszcza przy tworzeniu zsynchronizowanych rozkładów jazdy.

1.3.1. Zsynchronizowany rozkład jazdy

Zsynchronizowany rozkład jazdy to taki, w którym linie transportu zbiorowego różnych środków transportu mają tak zaplanowane odjazdy, aby pasażerowie mogli bez problemu zdążyć zmienić środek transportu, tj. przesiąść się. Bufor czasowy musi być pewnym kompromisem. Z jednej strony powinien być odpowiednio długi, aby przesiadka była możliwa w realizacji, z drugiej strony, jeśli będzie za długi, zniechęci to pasażerów do przesiadania się. Za odpowiedni uznaje się czas pomiędzy 5 a 11 minut [19]. W praktyce przesiadki takie powinny być tak zaplanowane, aby pasażerowie, którzy korzystają z biletów czasowych, mogli zmienić środek transportu i kontynuować podróż, korzystając z jednego biletu. Zatem istotny jest dystans do pokonania przez podróżnych i odwzorowanie tego dystansu za pomocą czasu potrzebnego na przejście go.

„W przypadku kursowania wielu linii na tym samym odcinku należy dążyć do tego, aby godziny ich odjazdów były równomiernie rozłożone w ciągu godziny, co stanowi problem tzw. synchronizacji interwałowej (liniowej). Aby to osiągnąć, należy ustalić podstawową częstotliwość, a potem przydzielać ją lub jej wielokrotność dla odpowiednich linii. Wybór częstotliwości związany jest też z wyborem taboru do obsługi linii. Podobny efekt można osiągnąć wprowadzając częstsze kursy mniejszymi pojazdami lub kursy rzadsze odpowiednio większymi pojazdami. Dla pasażerów wygodniejsza jest pierwsza opcja, natomiast z ekonomicznego punktu widzenia bardziej opłaca się opcja z większymi pojazdami. Najtrudniejszym zadaniem w procesie tworzenia sieci komunikacyjnej jest synchronizacja linii zarówno na odcinkach liniowych, jak również takie ich ułożenie, aby uzyskać możliwość szybkiej przesiadki na węzłach przesiadkowych” [20]. Synchronizacja rozkładów jazdy na wspólnych odcinkach w celu zachowania równych odstępów pomiędzy ich odjazdami nazywana jest również **koordynacją** [17].

Kolejnym terminem istotnym w planowaniu rozkładu jazdy jest **brygada**. Brygada, czyli przypisanie pojazdu do zadania przewozowego, czyli kursu, który wykonuje, co w rezultacie daje indywidualny rozkład jazdy dla każdej brygady. W zależności od liczby kursów na danej linii, brygad obsługujących daną linię może być wiele. Określenie „brygada” przeważnie odnosi się do linii autobusowych, trolejbusowych czy tramwajowych.

Brygada z reguły dzielona jest na dwie **służby**. W takiej sytuacji mówi się o **brygadzie dwuzmianowej**. Służba to z kolei **przypisanie kierowcy** czy też motorniczego **do konkretnych kursów w ramach brygady**.

Podział ten wynika z ograniczeń nakładanych przez Dz. U. 2004 Nr 92 poz. 879 o czasie pracy kierowców [21]. Można jednak spotkać się z sytuacją, w której kursy przypisane do służby pokrywają się dokładnie z kursami przypisanymi do jednej, krótszej, brygady. Mamy wtedy do czynienia z **brygadą jednozmianową**. Można również spotkać się z trzecim typem brygady, czyli **brygadą szczytową**. Są to trwa-

jące z reguły od 3 do 6 godzin porcje pracy, dzięki którym w godzinach szczytu kursy realizowane są częściej.

Zgodnie ze wspomnianą już ustawą o czasie pracy kierowcy, obie części tej samej brygady może realizować ten sam kierowca, korzystając z **systemu przerywanego czasu pracy**. Przerwa pomiędzy zakończeniem pierwszej części pracy a rozpoczęciem drugiej nie może, w zależności od konkretnego przypadku, być dłuższa niż 5 lub 6 godzin.

W celach operacyjnych wyróżnia się również termin **brygadowy rozkład jazdy**, czyli spis kursów, jakie wykonuje dany środek transportu bezpośrednio przypisany do danej brygady na dany dzień.

Kierowcy w zależności od czasu trwania służby i czasu jazdy przysługują różne długości przerw w ciągu dnia pracy. Jeśli jego czas pracy jest krótszy niż sześć godzin (niezależnie od czasu jazdy), nie przysługuje mu żadna przerwa. Gdy czas pracy jest dłuższy niż 6 godzin, ale łączny dzienny czas prowadzenia pojazdu jest krótszy niż 6 godzin, przysługuje mu 15 minut przerwy. Gdy czas prowadzenia pojazdu mieści się w przedziale od 6 do 8 godzin, minimalny czas przerwy wynosi 30 minut, a jeśli jest dłuższy od 8 godzin, minimalny czas przerwy to 45 minut. Przerwy te można dzielić na okresy nie krótsze niż 15 minut. Dla łatwiejszego zrozumienia tych zależności przedstawiono je w tabeli 2. W czasie przerwy zarówno kierowca nie pracuje, jak i pojazd nie porusza się, a co za tym idzie przerwy te powinny odbywać się tylko w miejscach do tego wyznaczonych, gdzie pojazd swoim postojem nie będzie stanowić utrudnienia w ruchu. Konieczność zaplanowania przerw w takim wymiarze wpływa bezpośrednio na planowanie rozkładu jazdy i należy ją uwzględnić najlepiej w okresie międzyszczytowym, kiedy częstotliwość kursowania środków transportu zbiorowego jest mniejsza.

Tabela 2. Podsumowanie informacji o przerwach dla kierowców

Czas pracy	Czas jazdy	Wymagana przerwa
Do 6 godzin	-	Brak wymaganej przerwy
Powyżej 6 godzin	Do 6 godzin	15 minut
Powyżej 6 godzin	Od 6 do 8 godzin	30 minut
Powyżej 6 godzin	Powyżej 8 godzin	45 minut

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [21].

Wiedząc już czym jest brygada, można wrócić do zsynchronizowanego rozkładu jazdy. Planowanie zsynchronizowanego rozkładu jazdy stanowi ogromne wyzwanie dla organizatorów transportu zbiorowego w miastach. Jednym z czynników, który należy brać pod uwagę, jest miejsce, na którym dokonywana jest przesiadka, np. dla tramwajów będzie to pętla tramwajowa. Taka pętla ma określoną pojemność i nie będzie w stanie obsłużyć więcej pojazdów niż to możliwe.

ROZWIĄZANIE

Zadanie można policzyć na kartce lub w dowolnym arkuszu kalkulacyjnym. Najprościej zacząć od wypisania sobie wszystkich odjazdów SKM, ponieważ to do nich musimy dostosować przyjazdy autobusów na przystanek SKM.

Zacznijmy od linii nr 101 – Brygada 1 ma pojawić się na przystanku SKM na 5-7 minut przed odjazdem SKM o 6:00, zatem kierowca powinien być na przystanku SKM o 5:55. Odpowiednio uzupełnijmy to w tabeli.

101	Przystanek A		SKM		Przystanek A		SKM		Przystanek A		SKM	
	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O
Brygada 1			5:55									

Z treści zadania wiemy, że czas, jaki linia nr 101 potrzebuje na przejechanie od przystanku A do przystanku SKM, to 25 minut. Zatem od 5:55 musimy odjąć 25 minut, otrzymując 5:30, będącą godziną odjazdu Brygady 1 z przystanku A, aby dojechała do SKM we wskazanym buforze czasowym na przesiadkę. Odpowiednio uzupełnijmy to w tabeli.

101	Przystanek A		SKM		Przystanek A		SKM		Przystanek A		SKM	
	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O
Brygada 1		5:30	5:55									

Następnie musimy opóźnić odjazd z przystanku SKM o 2 minuty (treść zadania) z uwagi na długi czas wymiany pasażerów. Odpowiednio uzupełnijmy to w tabeli.

101	Przystanek A		SKM		Przystanek A		SKM		Przystanek A		SKM	
	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O
Brygada 1		5:30	5:55	5:57								

Brygada 1 potrzebuje teraz wrócić na przystanek A i ponownie zajmie jej to 25 minut. Do godziny 5:57 musimy dodać 25 minut i otrzymamy 6:22, czyli godzinę, o której Brygada 1 przyjedzie na przystanek A. Odpowiednio uzupełnijmy to w tabeli.

101	Przystanek A		SKM		Przystanek A		SKM		Przystanek A		SKM	
	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O
Brygada 1		5:30	5:55	5:57	6:22							

Brygada 1 wykona jeden pełny kurs od A do SKM i z SKM do A, zatem należy zastanowić się nad kolejnym kursem. Najwcześniej odjazd mógłby odbyć się od razu po

przyjeździe, tj. o godzinie 6:22, dodając 25 minut jazdy do przystanku SKM okaże się, że pojazd przyjedzie tam o 6:47, czyli 3 minuty przed odjazdem SKM o 6:50. Nie jest to zgodne z założeniami do rozkładu jazdy. W takim przypadku należy opóźnić odjazd z przystanku A o tyle, aby zsynchronizować się z kolejnym odjazdem SKM o 7:00. Najwcześniejsza, zgodna z założeniami, godzina odjazdu to 6:28, co oznacza, że Brygada 1 dotrze do SKM o 6:53, czyli na 7 minut przed jej odjazdem. Jednakże jako założenie przyjęliśmy również łatwe do zapamiętania dla pasażerów godziny odjazdów. Zaplanujmy zatem odjazd na godzinę 6:30, pojazd dotrze do SKM o 6:55, na 5 minut przed jej odjazdem, nadal zgodnie z naszymi założeniami. Odpowiednio uzupełnijmy to w tabeli.

101	Przystanek A		SKM		Przystanek A		SKM		Przystanek A		SKM	
	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O
Brygada 1		5:30	5:55	5:57	6:22	6:30						

Brygada 1 dojedzie na przystanek SKM po 25 minutach od odjazdu, zatem o 7:05, na 5 minut przed odjazdem SKM o 7:10.

101	Przystanek A		SKM		Przystanek A		SKM		Przystanek A		SKM	
	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O
Brygada 1		5:30	5:55	5:57	6:22	6:30	6:55					

Odjazd z przystanku SKM nastąpi po 2 minutach, zatem o 6:57, a na przystanek A Brygada 1 dojedzie po kolejnych 25 minutach, zatem o 7:22.

101	Przystanek A		SKM		Przystanek A		SKM		Przystanek A		SKM	
	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O
Brygada 1		5:30	5:55	5:57	6:22	6:30	6:55	6:57	7:22			

W tym momencie Brygada 1 zsynchronizowała dwa odjazdy SKM o 6:00 i 7:00. Zobaczmy co będzie dalej i zaplanujmy teraz kierowcy minimum 15 minut przerwy. Czy jest to optymalne zaplanowanie przerwy? Tego nie wiemy, sprawdzimy to później. Zatem jego odjazd najwcześniej może odbyć się o 7:37. Jeśli o 7:37 ruszy z przystanku A, to na przystanku SKM będzie o godzinie 8:02. Najbliższy odjazd SKM jest o 8:15 (ponieważ według treści zadania nastąpiła zmiana częstotliwości kursów SKM), zatem godzina przyjazdu Brygady 1 nie spełni naszych założeń do rozkładu jazdy. Jak już wspomnieliśmy wcześniej, zmieniła się częstotliwość odjazdów SKM, zatem nie jesteśmy już związani do odjazdów w trybie x0 (10, 20, 30 itd.) minut po pełnej godzinie. Aby spełnić założenia rozkładu, przyjazd musi odbyć się pomiędzy 8:08 a 8:10. Dajmy tym razem pasażerom 7 minut na przesiadkę. Oznacza to, że odjazd musi nastąpić o 7:43.

101	Przystanek A		SKM		Przystanek A		SKM		Przystanek A		SKM	
	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O
Brygada 1		5:30	5:55	5:57	6:22	6:40	6:55	6:57	7:22	7:43	8:08	8:10

Zadanie należy kontynuować tak długo aż wszystkie odjazdy SKM zostaną zsynchronizowane. Należy pilnować czasu pracy kierowcy, np. Brygada 1 na linii nr 101 zaczęła pracę o 5:30, zatem najdłużej może pracować do godziny 13:30.

Jak zsynchronizować pozostałe odjazdy SKM? Należy uruchomić kolejne brygady linii nr 101 lub nr 202. Dla przykładu Brygada 1 linii nr 202, gdzie czas trwania jednego kursu od przystanku B do SKM to 40 minut. Chcemy, aby brygada ta obsługiwała linie w ten sposób, aby przyjechać na przystanek SKM o 6:05 i zsynchronizować się z SKM o 6:10.

202	Przystanek B		SKM		Przystanek B		SKM		Przystanek B		SKM	
	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O	P	O
Brygada 1		5:23	6:03	6:05	6:45	6:55	6:55	7:35	7:37	8:17	8:28	9:10

Brygada 1 linii nr 202 zsynchronizowała w ten sposób odjazdy SKM o godzinach: 6:10, 7:40, 9:15. Kontynuując tworzenie rozkładu jazdy, musimy pamiętać, że kierowcy należy się przerwa w trakcie dnia pracy. Przerwa ta musi się odbyć na przystanku A lub B.

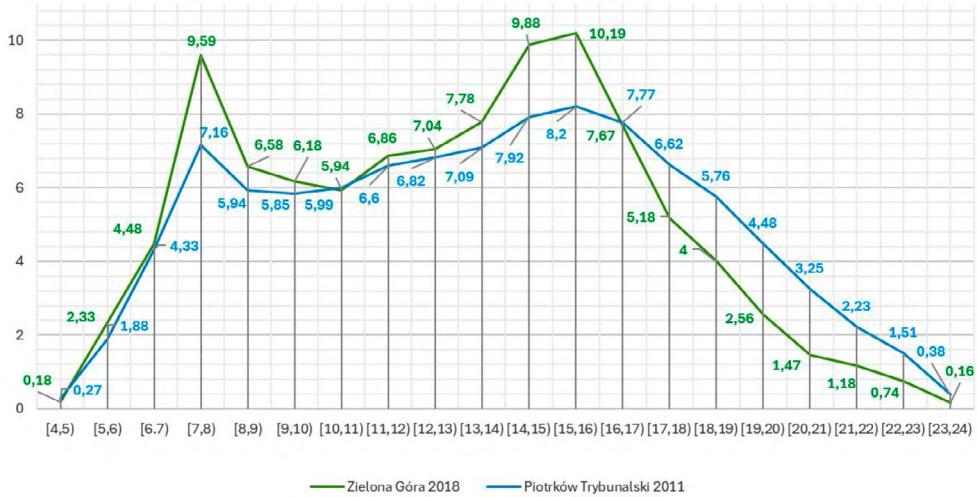
1.4. Nierównomierność czasowa przewozów

„Przewozy w miejskim transporcie zbiorowym charakteryzuje znaczna nierównomierność czasowa. Można obserwować zmieniającą się liczbę przewożonych pasażerów w kolejnych godzinach doby zarówno w dniach roboczych, jak i w soboty i niedziele. Zmienia się również liczba przewożonych pasażerów w kolejnych miesiącach roku” [22].

Wiedza na temat nierównomierności czasowej przewozów jest bardzo ważna w kontekście planowania oferty przewozowej. Pozwala na zidentyfikowanie **szczytów przewozowych** i dostosowanie do nich oferty przewozowej. O ile intuicyjnie można założyć, że największy popyt na przewozy będzie w godzinach porannych, a następnie w godzinach popołudniowych, o tyle badania wskazują, że w zależności od charakterystyki miasta szczyty przewozowe mogą zaczynać się i kończyć o różnych godzinach. Przykładowy wykres przedstawiający nierównomierność czasową przewozów w Zielonej Górze i Piotrkowie Trybunalskim na podstawie badań z lat 2018 i 2011 został zaprezentowany na rysunku 1.

Rysunek 1 przedstawia procentowy udział wszystkich pasażerów w ciągu dnia w podziale na przedziały godzinowe. O okresie szczytowym przewozów mówi się, gdy udział pasażerów z całego dnia z wybranym godzinnym okresem wynosi co najmniej 8%, a o wzmożonym okresie przewozowym, gdy udział ten mieści się w przedziale od

6 do 8% [23]. Zgodnie z powyższym rysunkiem, w Zielonej Górze można zaobserwować dwa szczyty przewozowe. Poranny między 7:00 i 8:00 oraz popołudniowy między 14:00 i 16:00. Z kolei w Piotrkowie Trybunalskim o szczycie w powyższym rozumieniu można mówić tylko pomiędzy 15:00 i 16:00.



Rysunek 1. Nierównomierność czasowa przewozów w Zielonej Górze i Piotrkowie Trybunalskim
 Źródło: [22], [23].



Rysunek 2. Nierównomierność czasowa przewozów w Krakowie w latach 2005 i 2010
 Źródło: [22].

Należy również pamiętać, że charakterystyka nierównomierności czasowej przewozów na przestrzeni lat może ulegać zmianom. Można to zaobserwować na podstawie badań z Krakowa z lat 2005 i 2010. Zostały one zaprezentowane na rysunku 2.

Zgodnie z danymi przedstawionymi powyżej, można zaobserwować zmiany w nierównomierności czasowej przewozów w Krakowie w ciągu pięciu lat. W 2005 roku podczas porannego i popołudniowego szczytu przewozowego z transportu zbiorowego korzystał większy odsetek pasażerów niż w 2010 roku. Natomiast w 2010 roku zwiększył się udział pasażerów w okresie międzyszczytowym oraz w godzinach popołudniowych i wieczornych.

Zmiany te, choć niełatwe do uchwycenia, jasno wskazują, że praca nad kształtowaniem oferty przewozowej musi mieć charakter ciągły. Dlatego też ważne jest ciągle monitorowanie zmian, jakie zachodzą w systemach publicznego transportu zbiorowego.

1.5. Praca eksploatacyjna i przewozowa

Praca eksploatacyjna jest przykładem parametru określającego wielkość wykonanej pracy wynikającej z realizacji usług transportowych. Wartości pracy eksploatacyjnej mogą być podawane w odniesieniu do przejechanych kilometrów (**wozokilometry**) lub w odniesieniu do czasu (**wozogodziny**). Praca przewozowa oznacza z kolei sumę iloczynów liczby pasażerów i długości odcinków przejechanych przez tych pasażerów. Praca przewozowa wyrażana jest jako liczba przewiezionych pasażerów na zadanej odległości (**pasażerokilometry**). Interpretacja, sposób wyliczeń oraz zakresy wykorzystania tych parametrów różnią się nieco od siebie, co opisano poniżej.

1.5.1. Pasażerokilometry

Pasażerokilometr (paskm) jest jednostką miary używaną w transporcie pasażerskim, która opisuje pracę przewozową stanowiącą łączny efekt przemieszczenia pasażerów na określonym dystansie. Mówiąc w uproszczeniu, to po prostu suma iloczynów pasażerów i długości dróg, jakie każdy z nich pokonuje. **1 paskm to przemieszczenie jednego pasażera na odległość jednego kilometra.** Pracę przewozową można wyznaczyć według wzoru [22]:

$$P_{paskm}_i^q = \sum_{j=1}^{m_i^q} \sum_{k=1}^{o_{ij}^q} L_{pas,ijk}^q * d_{ijk}^q$$

gdzie: d_{ijk}^q – długość k -tego odcinka j -tego kursu i -tej linii komunikacyjnej w q -tym dniu tygodnia [km],

- $L_{pas,ijk}^q$ – liczba pasażerów przejeżdżających k -ty odcinek j -tego kursu i -tej linii komunikacyjnej w q -tym dniu tygodnia [pas],
 m_i^q – liczba kursów i -tej linii komunikacyjnej w q -tym dniu tygodnia,
 o_{ij}^q – liczba odcinków trasy j -tego kursu i i -tej linii komunikacyjnej w q -tym dniu tygodniu,
 q – typ dnia: typowy dzień roboczy, sobota, niedziela.

Miara pracy przewozowej wyrażonej w pasażerokilometrach jest często wykorzystywana jako miara określająca efektywność danej linii transportu zbiorowego. Kluczowym elementem jest tutaj określenie liczby pasażerów korzystających z danej linii. Pasażerokilometry są miarą, którą wykorzystuje się do oceny efektywności systemów transportowych, porównania przewoźników lub różnych środków transportu między sobą, planowania i optymalizacji tras (np. więcej pasażerokilometrów może wskazywać na lepsze wykorzystanie danej linii). Wartości te mają również swoje wykorzystanie w prowadzonych statystykach krajowych i międzynarodowych, np. do porównań międzyregionalnych i międzymiastowych.

PRZYKŁAD

Przykład obliczeniowy 2 – obliczanie pasażerokilometrów:

Autobus pokonuje trasę o długości 10 km z 4 głównymi przystankami A–B–C–D. Dane o liczbie pasażerów między przystankami przedstawiono w poniższej tabeli. Oblicz pracę przewozową (liczbę pasażerokilometrów) na zadanym odcinku. Oblicz pracę przewozową wyrażoną w paskm dla zadanego przykładu.

Odcinek	Liczba pasażerów	Długość odcinka
A–B	10	2 km
B–C	14	1,5 km
C–D	9	3,5 km

ROZWIĄZANIE

Odcinek A–B: 10 os. * 2 km = 20 paskm

Odcinek B–C: 14 os. * 1,5 km = 21 paskm

Odcinek C–D: 9 os. * 3,5 km = 31,5 paskm

Razem: 20 paskm + 21 paskm + 31,5 paskm = 71,5 paskm

Odpowiedź: na wskazanym odcinku autobus wykonał pracę przewozową na poziomie 71,5 paskm.

1.5.2. Wozokilometry

Wozokilometr (wozokm) jest jednostką miary pracy eksploatacyjnej danego rodzaju środka transportu określającą długość drogi pokonywanej przez ten pojazd w określonym czasie. Czasami można spotkać się również określeniem **pociągokilometry** (pockm) wykorzystywanym w przypadkach, w którym punktem analizy są tramwaje, metro bądź pociągi.

1 wozokm to przejazd 1 pojazdu na odległość 1 km. Wozokilometry są miarą, którą najczęściej odnosi się do:

- ▶ konkretnego wozu – wskazuje się wtedy na pracę eksploatacyjną wykonywaną przez konkretny rodzaj pojazdu wykorzystywany w sieci,
- ▶ danej linii transportu zbiorowego – praca eksploatacyjna jest w tym przypadku wielkością przedstawiającą liczbę kilometrów, które mają do pokonania wszystkie pojazdy na danej linii,
- ▶ okresu – najczęściej roku, ale w zależności od analiz można mówić również o odniesieniu do miesiąca bądź z podziałem na dni robocze i wolne.

Powyższe odniesienia mogą się wzajemnie uzupełniać, czyli można mówić np. o pracy eksploatacyjnej:

- ▶ linii autobusowej w ciągu całego roku,
- ▶ wykonywanej pracy eksploatacyjnej przez tramwaje w ciągu miesiąca lub konkretnego autobusu dostępnego we flocie przewoźnika.

Każdorazowo zakres analiz i wykorzystanie tych danych jest inne. Odniesienie do wozokilometrów przypisywanych do konkretnych pojazdów ma zastosowanie w kontekście operacyjnym i eksploatacyjnym floty, czyli planowania przeglądów technicznych pojazdu, napraw głównych czy uzupełnienia płynów eksploatacyjnych bądź wymiany części.

Z kolei w przypadku pracy eksploatacyjnej określonej dla konkretnej linii w roku bądź sumarycznej wartości wozokm przejechanych przez wszystkie pojazdy w ciągu np. miesiąca, zakres wykorzystania tych danych ma swoje szczególne uzasadnienia do aspektów związanych z kosztami funkcjonowania linii transportu zbiorowego (podrozdział 1.7).

Aby wskazać wartość pracy eksploatacyjnej, niezbędne jest przeprowadzenie kilku obliczeń umożliwiających określenie wozokilometrów pokonywanych przez wszystkie linie transportu zbiorowego. Kluczowymi w tym zakresie danymi są długość trasy pomiędzy pętlami oraz rozkład jazdy i wynikająca z niego częstotliwość i przedział kursowania linii w rozróżnieniu na różne typy dni. Długość trasy jest wartością stałą wynikającą z trasy przebiegu danej linii transportu zbiorowego i może być wyliczona

np. z wykorzystaniem oprogramowania do analizy danych geoprzestrzennych, takich ArcGIS czy QGIS. Określenie liczby realizowanych kursów omówiono w kolejnym podrozdziale.

Liczba realizowanych kursów

Jednym z najistotniejszych parametrów funkcjonalnych linii transportu zbiorowego jest jej częstotliwość, która określa, co ile minut pojazd danej linii pojawia się na tym samym przystanku. W literaturze i nomenklaturze stosowanej w różnych miastach w Polsce można się również spotkać z określeniem tego parametru jako „takt” lub „interwał”. **W tym opracowaniu parametr opisujący, co ile minut kursuje dana linia transportu zbiorowego będzie nazywany częstotliwością.** Częstotliwości te są różne w zależności od miasta, linii, pory dnia i roku. Co do zasady, największymi częstotliwościami kursowania charakteryzują się linie priorytetowe (pospieszne) w godzinach szczytu. W celu stworzenia powtarzalnego rozkładu jazdy (więcej o tej tematyce w podrozdziale 1.3.1) praktyka wskazuje na stosowanie takich częstotliwości, których wielokrotność zamyka się w 60 minutach (1 h). Pozwala to na zachowanie stałych minut odjazdu w kolejno następujących po sobie godzinach, np. 9:15, 9:45, 10:15, 10:45, 11:15, 11:45 itd. W tak podanym przykładzie mamy do czynienia z częstotliwością co 30 minut. Dla takiej częstotliwości liczba realizowanych kursów w jednym kierunku w ciągu jednej godziny wynosi 2. Określenie tej wartości realizowane jest za pomocą prostego wzoru:

$$n = \frac{60}{f}$$

gdzie: n – liczba kursów w jednym kierunku w ciągu jednej godziny,
 f – częstotliwość kursowania linii.

1.5.3. Częstotliwość kursowania

Uwzględniając wyżej podaną regułę, można również wyróżnić następujące wartości częstotliwości kursowania f i wynikające z tego liczby kursów n realizowane w ciągu jednej godziny.

f	60	30	20	15	12	10	7,5	6	5	4	3	2
n	1	2	3	4	5	6	8	10	12	15	20	30

Do tej pory był analizowany wyodrębniony przypadek uwzględniający jedynie kursowanie danej linii w ciągu jednej godziny. W praktyce do określenia rzeczywistej

liczby kursów realizowanych np. danego dnia lub w ciągu roku należy uwzględnić więcej parametrów. Omówiono to na przykładzie.

PRZYKŁAD

Przykład obliczeniowy 3 – określanie liczby kursów

Linia tramwajowa nr 8 kursuje w dzień roboczy z następującą częstotliwością: między godziną 4:00 a 6:00 oraz 20:00 a 23:00 co 20 minut, między godziną 6:00 a 9:00 oraz 15:00 a 18:00 co 10 minut, między godziną 9:00 a 15:00 oraz 18:00 a 20:00 co 15 minut,

Oblicz, ile kursów w jednym kierunku w ciągu jednego dnia realizowane jest przez tę linię tramwajową.

ROZWIĄZANIE

Dla częstotliwości co 20 minut realizowane są 3 kursy w ciągu jednej godziny w jednym kierunku, między godziną 4:00 a 6:00 oraz 20:00 a 23:00 występuje łącznie 5 h kursowania tej linii w danym dniu, liczba kursów dla tej częstotliwości i przedziału godzin wynosi:

$$3 \frac{\text{kursy}}{\text{godzinę}} * 5 \text{ godzin} = 15 \text{ kursów}$$

Dla częstotliwości co 10 minut realizowane jest 6 kursów w ciągu jednej godziny w jednym kierunku, między godziną 6:00 a 9:00 oraz 15:00 a 18:00 występuje łącznie 6 h kursowania tej linii w danym dniu, liczba kursów dla tej częstotliwości i przedziału godzin wynosi:

$$6 \frac{\text{kursy}}{\text{godzinę}} * 6 \text{ godzin} = 36 \text{ kursów}$$

Dla częstotliwości do 15 minut realizowane są 4 kursy w ciągu jednej godziny w jednym kierunku, między godziną 9:00 a 15:00 oraz 18:00 a 20:00 występuje łącznie 8 h kursowania tej linii w danym dniu, liczba kursów dla tej częstotliwości i przedziału godzin wynosi:

$$4 \frac{\text{kursy}}{\text{godzinę}} * 8 \text{ godzin} = 32 \text{ kursy}$$

Odpowiedź: dla linii tramwajowej nr 8 sumaryczna liczba kursów realizowanych w ciągu jednego dnia wynosi 83.

Należy zwrócić uwagę, iż wyżej przedstawiony przykład odnosi się wyłącznie do jednego kierunku przejazdu danej linii. Ma to swoje zastosowanie, jeżeli dana linia jest linią jednokierunkową lub charakteryzuje się innymi częstotliwościami kursowania w zależności od realizowanego kierunku przejazdu, wtedy powyższe obliczenia powinny być prowadzone osobno dla każdego kierunku. W przypadku tych samych parametrów kursowania w obu kierunkach do określenia liczby kursów realizowanych przez tą linię uzyskaną wartość należy pomnożyć przez 2.

1.5.4. Obliczanie pracy eksploatacyjnej

Długość trasy przejazdu danej linii i liczba realizowanych kursów jest podstawą do określenia pracy eksploatacyjnej wyrażonej w wozokm. Należy mieć również na uwadze to, iż praca eksploatacyjna najczęściej wyrażana jest w odniesieniu do jednego roku funkcjonowania danej linii transportu zbiorowego. W związku z tym w procesie jej wyliczania należy wyróżnić różne rodzaje dni występujących w ciągu danego roku. W praktyce najczęściej stosuje się podział na dni robocze i wolne (te niekiedy rozdzielane są osobno na sobotę i niedzielę). Dni wolne (święta) charakteryzują się najczęściej niedzielnymi rozkładami jazdy. Wszystko zależy jednak od organizatora transportu. Warto zwrócić uwagę, iż w różnych latach rozkład dni roboczych i wolnych może być różny, np. w [22] wskazuje się rozbieżność na 251 dni roboczych, 52 soboty i 62 niedziele. Na potrzeby niniejszego opracowania, jeżeli uwarunkowania lokalne i charakterystyki funkcjonowania danych linii nie wskazują inaczej, **przyjmuje się, że w ciągu roku mamy 258 dni roboczych i 107 dni wolnych.** Sposób obliczenia pracy przewozowej, dla zadanych parametrów, został przedstawiony na poniższym przykładzie.

PRZYKŁAD

Przykład obliczeniowy 4 – obliczanie pracy eksploatacyjnej

Analizowana w przykładzie obliczeniowym 3 linia tramwajowa nr 8 w dzień roboczy realizuje 83 kursy w jednym kierunku. W dni wolne (soboty i niedziele), z uwagi na rzadsze kursowanie (mniejszą częstotliwość), liczba kursów w jednym kierunku wynosi 40. Długość trasy tej linii w obu kierunkach wynosi dokładnie 12,34 km w jedną stronę. Zakładając, że w ciągu roku występuje 258 dni roboczych i 107 dni wolnych, oblicz roczną pracę przewozową linii tramwajowej nr 8.

ROZWIĄZANIE

Liczba kursów w dni robocze (258) w obu kierunkach w ciągu roku wynosi:

$$83 \text{ kursy} * 2 * 258 = 428 \, 828 \text{ kursów}$$

Liczba kursów w dni wolne (107) w obu kierunkach w ciągu roku wynosi:

$$40 \text{ kursów} * 2 * 107 = 8560 \text{ kursów}$$

Praca przewozowej w ciągu roku wynosi:

$$(42\,828 = 8560) * 12,34 = 634\,127 \text{ wozokm}$$

Odpowiedź: roczna praca przewozowa linii nr 8 wynosi 634 127 wozokm.

1.6. Zapotrzebowanie na tabor

Praca przewozowa jest istotnym aspektem związanym z funkcjonowaniem linii, ale nie jedynym. Bardzo ważne, z operacyjnego punktu widzenia, jest także zarządzanie flotą, czyli pojazdami dostępnymi przez przewoźnika miejskiego. Z kolei z punktu widzenia planowania – określenie zapotrzebowania na tabor, czyli liczby pojazdów niezbędnych do obsługi danej linii. Realna liczba potrzebnych pojazdów zależy od takich czynników, jak: czas przejazdu od pętli do pętli (w obu kierunkach), częstotliwość kursowania, długość przerw kierowców na pętlach. Szczególnie istotne są czasy postojów – wynikają one nie tylko z potrzeb operacyjnych, ale także z konieczności zapewnienia przerw dla osób prowadzących pojazdy, zgodnie z przepisami prawa pracy. Przeciążenie taboru skutkuje zakłóceniami w regularności kursowania, natomiast jego nadmiar – niepotrzebnymi kosztami.

Zapotrzebowanie na tabor można określić zarówno metodami uproszczonymi, jak i poprzez szczegółowe przygotowanie rozkładów jazdy i brygadowania. W warunkach planistycznych często stosuje się wzory pozwalające na wstępne oszacowanie liczby pojazdów potrzebnych do obsługi linii przy założonych parametrach. Przykładowy sposób obliczeń został przedstawiony na poniższym wzorze:

$$Z = \frac{(t_{A-B} + t_{B-A} + t_{Ap} + t_{Bp})}{T_{max}}$$

gdzie: Z – zapotrzebowanie na tabor,

t_{A-B} – czas przejazdu pojazdu od pętli A do B [min],

t_{B-A} – czas przejazdu pojazdu od pętli B do A [min],

t_{Ap} – wymagany czas postoju na pętli A [min],

t_{Bp} – wymagany czas postoju na pętli B [min],

T_{max} – największa częstotliwość w dzień roboczy [min].

Wartość największej częstotliwości w rzeczywistości określa najmniejsza liczba wyrażająca częstotliwości. Dla przykładu częstotliwość kursowania co 6 minut jest

większa niżeli co 12 minut, ponieważ zapewnia dwukrotnie więcej kursów. Należy zwrócić również uwagę, iż choć wyniki takich obliczeń są przybliżone, stanowią ważny punkt wyjścia do dalszych analiz. Przy bardziej zaawansowanym podejściu tworzy się pełne harmonogramy pracy taboru i kierowców, tak aby zbilansować dostępne zasoby z potrzebami rozkładowymi. Efektywne zarządzanie flotą wymaga zatem nie tylko znajomości parametrów linii, ale i umiejętności ich przełożenia na konkretne decyzje operacyjne.

W praktyce funkcjonowania transportu zbiorowego stosuje się wiele rozwiązań mających na celu zmniejszenie zapotrzebowania na tabor bez pogorszenia jakości obsługi pasażerów. Jednym z przykładów jest tzw. obieg kursów, czyli przypisywanie kierowców nie do pojazdu, lecz do konkretnego ciągu kursów – dzięki czemu możliwe jest skrócenie czasu postoju pojazdu na pętli (np. kierowca kończy kurs jedną linią, rozpoczyna przerwę, a pojazd w tym czasie przejmuje inny pracownik). Innym rozwiązaniem są tzw. przebieranki, czyli zmiana numeru linii na tym samym pojeździe – np. tramwaj kończy kurs jako linia 1, a po krótkim postoju odjeżdża jako linia 2. Takie zabiegi pozwalają na bardziej płynne operowanie taborom, redukcję przestojów i ograniczenie kosztów funkcjonowania. Ich zastosowanie wymaga jednak precyzyjnego planowania i koordynacji działań przewoźnika.



Co do zasady, przyjmuje się, że obliczone zapotrzebowanie na tabor należy każdorazowo zaokrąglić w górę i ma to swoje uzasadnienie w praktyce. Jednak z uwagi na podane powyżej przykłady optymalizacji wykorzystania taboru we Wrocławiu podczas prac planistycznych nad zapotrzebowaniem na tabor przyjmuje się, że obliczeniową wartość zapotrzebowania na tabor do 0,29 można zaokrąglić w dół, a wszystkie wyniki od 0,30 należy już zaokrąglić w górę. Praktyka i doświadczenie zespołów planistycznych dają realne możliwości do mniejszego wykorzystania taboru niż obliczeniowy.

PRZYKŁAD

Przykład obliczeniowy 5 – Obliczanie zapotrzebowania na tabor

Analizowana w przykładzie 3 i 4 linia tramwajowa nr 8 kursuje w dzień roboczy z następującą częstotliwością: między godziną 4:00 a 6:00 oraz 20:00 a 23:00 co 20 minut, między godziną 6:00 a 9:00 oraz 15:00 a 18:00 co 10 minut, między godziną 9:00 a 15:00 oraz 18:00 a 20:00 co 15 minut.

Czas przejazdu pomiędzy pętlami wynosi odpowiednio 27 i 28 minut, a czasy przestojów na pętlach są różne w zależności od pętli i wynoszą 8 oraz 15 minut. Oblicz zapotrzebowanie na tabor niezbędny do obsługi tej linii.

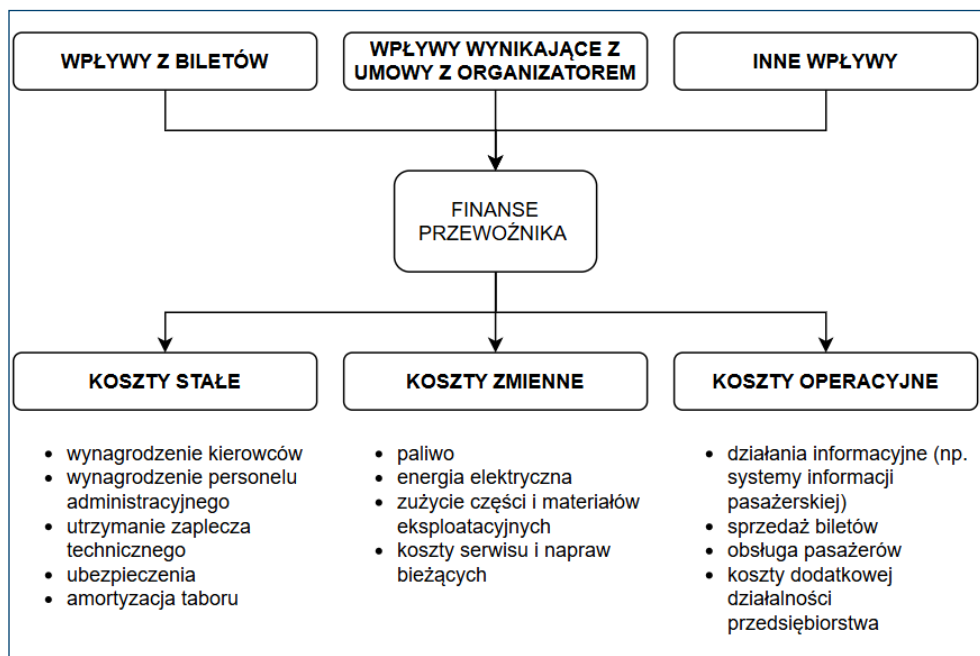
$$Z = \frac{27 + 28 + 8 + 15}{10} = 7,8$$

Odpowiedź: do obsługi tej linii potrzebne jest 8 pojazdów.

1.7. Koszty funkcjonowania danej linii transportu zbiorowego

Transport zbiorowy w Polsce funkcjonuje na podstawie ustawy z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (Dz.U. 2011 nr 5 poz. 13 z późn. zm.) [5]. Ustawa ta określa zasady organizacji i finansowania publicznego transportu zbiorowego, a także role i obowiązki organizatorów (np. gmin, powiatów, województw) oraz operatorów świadczących usługi przewozowe. Organizator transportu publicznego (najczęściej urząd gminy) odpowiada za planowanie, zlecenie oraz kontrolowanie realizacji usług przewozowych. Może to robić samodzielnie (poprzez własnego operatora) lub zlecać usługi zewnętrznym przewoźnikom, np. w drodze przetargu. Każdorazowo w takich okolicznościach określana jest stawka za realizację usługi. Stawka ta najczęściej określana jest dla 1 wozokilometra i różni się w zależności od rodzaju wykorzystywanego do przewozu środka transportu. Zazwyczaj koszt 1 wozokm jest wyższy dla usług realizowanych tramwajami, a niższy dla autobusów. Niektórzy operatorzy rozróżniają również stawki za realizację usług w zależności od rodzaju taboru, np. niższa stawka na realizację 1 wozokm autobusem solo (12 metrów), a inna stawka za taką samą usługę przewozową realizowaną autobusem przegubowym (18 metrów). **Wozokilometr stanowi podstawową jednostkę rozliczeniową między organizatorem a operatorem transportu.**

Należy mieć świadomość, że koszty funkcjonowania transportu zbiorowego są tematem bardzo obszernym, posiadającym wiele składowych finansowych związanych z funkcjonowaniem przedsiębiorstwa transportowego. Tematyka ta ma swoje szerokie zastosowanie w naukach ekonomicznych i zarządzaniu przedsiębiorstwem. Wydatki przedsiębiorstwa transportowego obejmują, oprócz kosztów stałych, koszty zmienne i operacyjne. Przedsiębiorstwo transportu zbiorowego może liczyć na przychody wynikające z wpływów z biletów, umowy zawartej z organizatorem oraz innych obszarów, które najczęściej wynikają z dotacji, dofinansowań lub innych niż transportowa działalność przedsiębiorstwa. Rysunek 3 przedstawia uproszczony schemat typowych wpływów i wydatków przedsiębiorstwa transportowego. Z finansowego punktu widzenia należy mieć świadomość, że żaden miejski system transportu zbiorowego nie jest rentowny, czyli nie przynosi zysków. W każdym przypadku koszty związane z funkcjonowaniem przedsiębiorstwa przewyższają przychody.



Rysunek 3. Typowe grupy oraz przykłady wpływów i wydatków miejskich przedsiębiorstw transportowych

Źródło: Opracowanie własne.

1.8. Marszrutyzacja linii transportu zbiorowego

Marszrutyzacja linii transportu zbiorowego to proces kluczowy dla zapewnienia sprawnego i efektywnego działania systemu transportu zbiorowego. Pod tym pojęciem rozumiemy planowanie układu linii transportowych wraz z przypisanymi do nich częstotliwościami kursowania. Celem marszrutyzacji jest takie zaprojektowanie siatki połączeń, aby odpowiadała ona na rzeczywiste potrzeby mieszkańców – zarówno w zakresie dostępności przestrzennej, jak i czasowej. Dobrze zaprojektowany układ linii może znacząco zwiększyć liczbę pasażerów korzystających z transportu zbiorowego, oferując atrakcyjną alternatywę wobec transportu indywidualnego. W literaturze można także spotkać pojęcie remarszrutyzacji, które oznacza ponowne przekształcenie istniejącej siatki połączeń, zwykle w odpowiedzi na zmieniające się uwarunkowania społeczne, przestrzenne lub techniczne.

Podstawą efektywnej marszrutyzacji są dane – im pełniejsze i lepiej zinterpretowane, tym trafniejsze decyzje projektowe, które spotykają się z aprobatą społeczną. Kluczowe znaczenie mają informacje o strukturze zamieszkania (rozmieszczenie ludności), lokalizacji miejsc pracy, instytucji publicznych, węzłów przesiadkowych czy genera-

torów ruchu (np. galerie handlowe, uczelnie). Jednak dopiero dane o rzeczywistych przemieszczeniach mieszkańców – pochodzące z Kompleksowych Badań Ruchu oraz analiz modeli ruchu – pozwalają zrozumieć, skąd, dokąd, kiedy i czym poruszają się użytkownicy systemu. Dzięki temu możliwe jest projektowanie linii, które odpowiadają na faktyczne potrzeby mobilnościowe.

Opracowując nową lub zmodyfikowaną siatkę linii, należy pamiętać o istotnych ograniczeniach. Pierwszym z nich jest dostępna flota – liczba pojazdów musi być zgodna z wynikami analiz zapotrzebowania na tabor; nie można projektować układu, którego nie da się obsłużyć operacyjnie. Drugim ograniczeniem jest infrastruktura: zarówno liniowa (drogi, torowiska), jak i punktowa (przystanki, pętle, węzły). Każdy element systemu ma określoną przepustowość – jej przekroczenie prowadzi do przeciążeń i pogorszenia jakości usług. Nie można też zapominać o relacjach skrzyżowanych na skrzyżowaniach czy ograniczeniach wynikających z geometrii ulic. Bardzo ważnym jest również analizowane pojemności pętli tramwajowych i autobusowych, na których odbywają się wspomniane wcześniej przerwy kierowców. Całość procesu musi mieścić się w założeniach budżetowych – na podstawie zaplanowanych tras i częstotliwości można oszacować koszt pracy przewozowej i tym samym sprawdzić realność wdrożenia planu.

Współczesne systemy informatyczne, takie jak PTV Lines, znacząco wspierają proces projektowania i analizy sieci transportu zbiorowego. Umożliwiają wprowadzenie danych o trasach, przystankach, czasach przejazdu, a następnie automatyczną ocenę funkcjonowania projektowanej siatki pod względem operacyjnym, dostępnościowym i kosztowym. Dzięki temu możliwa jest symulacja zmian, analiza ich wpływu na funkcjonowanie całego systemu oraz identyfikacja potencjalnych problemów jeszcze przed ich wdrożeniem. PTV Lines może również służyć do bieżącego zarządzania ruchem i oceny efektywności aktualnie funkcjonującego układu linii.

Masz już podstawową wiedzę niezbędną do zrozumienia zasad projektowania i zarządzania transportem zbiorowym. Zachęcamy Cię teraz do realizacji zadania teoretycznego porządkującego zdobytą wiedzę, a następnie do praktycznego zapoznania się z możliwościami tego narzędzia w kolejnych rozdziałach skryptu.

1.9. Zadanie teoretyczne porządkujące wiedzę

Zadanie ma na celu praktyczne wykorzystanie wiedzy zdobytej na podstawie informacji zawartych w rozdziale 1. Dzięki niemu jeszcze lepiej zrozumiesz aspekt związany z funkcjonowaniem transportu zbiorowego. Zalecamy żebyś zrealizował je przed rozpoczęciem pracy w PTV Lines. Dzięki temu będziesz miał większą świadomość otrzymywanych w programie PTV Lines informacji i danych. Wyniki swoich obliczeń możesz sprawdzić na końcu tego opracowania.

Zadanie 1. Obliczenia kosztów funkcjonowania transportu zbiorowego

Zapoznaj się z danymi zawartymi w tabelach 3, 4 i 5, a następnie wybierz sobie dowolną linię transportu zbiorowego i dokonaj dla niej wszystkich niezbędnych obliczeń, a ich wyniki umieść w tabeli z odpowiedziami.

Tabela 3. Przykładowe dane do zadania – grupa linii A

Numer linii	Częstotliwość										Czas przejazdu na odcinkach [min]		Czas postoju na pętłach [min] (suma dla przejazdu A-B oraz B-A)	Długość trasy [km]	Koszt za wozokm [zł]
	w dzień roboczy [min]					w dzień wolny [min]					A-B	B-A			
	od	4	6	9	15	19	5	7	19	20					
	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–					
do	6	9	15	19	23	7	19	20	23						
A1		20	10	12	10	30	30	15	20	30	34	36	14	12,34	9,54
A2		60	15	20	12	20	60	30	30	60	49	52	18	19,56	12,11
A3		30	15	20	15	30	30	20	30	60	52	51	20	21,37	16,56
A4		20	12	15	10	30	30	15	30	30	63	61	20	23,62	11,22
A5		30	7.5	10	6	20	20	20	20	30	39	41	15	13,13	19,37

Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 4. Przykładowe dane do zadania – grupa linii B

Numer linii	Częstotliwość								Czas przejazdu na odcinkach [min]		Czas postoju na pętłach [min] (suma dla przejazdu A-B oraz B-A)	Długość trasy [km]	Koszt za wozokm [zł]
	w dzień roboczy [min]				w dzień wolny [min]				A-B	B-A			
	od	5	7	18	20	5	8	18					
	–	–	–	–	–	–	–	–					
do	7	18	20	23	8	18	23						
B1		20	7.5	12	20	30	15	30	48	48	16	12,61	19,99
B2		30	12	15	20	30	20	30	68	68	16	22,32	9,99
B3		15	10	10	15	20	15	30	58	58	16	19,54	11,01
B4		15	12	12	20	20	20	20	64	64	16	20,81	12,34
B5		12	5	7.5	10	15	12	15	62	62	16	19,91	14,51

Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 5. Przykładowe dane do zadania – grupa linii C

Numer linii	Częstotliwość							Czas przejazdu na odcinkach [min]		Czas postoju na pętłach [min] (suma dla przejazdu A-B oraz B-A)	Długość trasy [km]	Koszt za wozokm [zł]
	w dzień roboczy [min]			w dzień wolny [min]								
	Od	4	6	20	4	6	20	A-B	B-A			
	Do	6	20	24	6	20	23					
C1		15	10	30	20	15	20	82	81	20	25,63	17,77
C2		15	7.5	20	20	20	30	65	64	18	21,69	12,12
C3		30	15	20	60	30	30	37	39	10	11,89	15,69
C4		20	10	20	60	20	30	64	65	18	18,54	8,98
C5		20	7.5	15	30	10	30	72	72	18	19,99	11,17

Źródło: Opracowanie własne.

Na podstawie otrzymanych danych o:

- ▶ częstotliwościach kursowania danej linii transportu zbiorowego w zadanych przedziałach czasowych dnia roboczego i wolnego,
- ▶ czasie przejazdu pomiędzy pętłami – podanych osobno na odcinkach A-B i B-A,
- ▶ czasie postoju na pętłach – sumarycznie na pętli A i B,
- ▶ długości trasy – wartość podana w [km], odpowiada odległości między pętłami,
- ▶ koszcie realizacji 1 wozokm

należy wyliczyć:

- ▶ liczbę kursów realizowanych przez każdą z linii w ciągu 1 dnia roboczego,
- ▶ liczbę kursów realizowanych przez każdą z linii w ciągu 1 dnia wolnego,
- ▶ zapotrzebowanie na tabor niezbędny do obsługi linii na zadanych parametrach – wyliczoną wartość należy podać z dokładnością do 1 miejsca po przecinku,
- ▶ roczną pracę eksploatacyjną dla danej linii,
- ▶ koszty funkcjonowania każdej linii transportu zbiorowego.

ZAŁOŻENIA

- ▶ wyliczenia liczby kursów powinny odnosić się do jednego kierunku,
- ▶ zapotrzebowanie na tabor wyliczane jest dla największej częstotliwości w dniu roboczym z uwzględnieniem czasu potrzebnego na przejazd w obu kierunkach oraz postojów na pętłach,

38 | Problematyka planowania transportu zbiorowego...

- ▶ roczna praca eksploatacyjna jest odpowiedzią na pytanie, ile kilometrów przejadą wszystkie pojazdy obsługujące daną linię w ciągu jednego roku – należy uwzględnić tutaj kursy realizowane w obu kierunkach, tj. na odcinkach A–B oraz B–A,
- ▶ liczba dni roboczy w roku to 258, a wolnych 107.

Tabela na odpowiedzi

Numer linii	Liczba kursów w dzień roboczy	Liczba kursów w dzień wolny	Zapotrzebowanie na tabor	Roczna praca eksploatacyjna [wozokm]	Koszt [zł]

Wszystkie wyniki znajdziesz na końcu opracowania. Sprawdź swoje obliczenia, a następnie przejdź do części praktycznej w kolejnym rozdziale.

2. Praktyka – PTV LINES

2.1. Podstawowe pojęcia

2.1.1. Przystanek / Punkt przystankowy

Przystanek (*stop point*) ma na celu połączenie pasażerów z transportem zbiorowym. Są to miejsca, w których pojazdy zatrzymują się i ruszają, a pasażerowie wsiadają i wysiadają. Jeśli są dwa kierunki, zwykle są dwa przystanki o tej samej nazwie, różniące się np. numerem. W PTV Lines punkty przystankowe to georeferencyjne lokalizacje na mapie w postaci punktu. Przystanki są przypisane do systemu transportowego linii i dla pasażerów.

2.1.2. System transportowy

Każdy system transportowy (*transport systems*) musi zostać zdefiniowany przy uwzględnieniu parametrów, na podstawie których zostaną dokonane obliczenia. Są nimi:

- ▶ nazwa systemu transportowego,
- ▶ średnia prędkość niezbędna do wyliczenia czasu przejazdu między dwoma przystankami,
- ▶ promień zasięgu pokazujący przy rysowaniu okrągły obszar zasięgu obszaru, który może być obsługiwany przez dany punkt przystankowy,
- ▶ typ pojazdu lub pojazdów przypisanych do danego systemu transportu.

Dodatkowo należy zdecydować, czy dodawany system transportowy jest bezpośrednio związany z drogą, czy nie. System transportu związany z drogą sprawia, że rysowane trasy linii podążają za siecią ulic, a także uwzględniają kierunek ruchu. Dodatkowo możliwe do wyboru będą tylko punkty zatrzymania po prawej stronie drogi (w przypadku ruchu prawostronnego). Systemy transportu niezwiązane z drogą wykorzystują linie proste i biorą pod uwagę punkty zatrzymania po obu stronach drogi.

Trasa linii nie może zatrzymać się w punkcie przystankowym, który nie obsługuje jej systemu transportowego. Symbol przystanku na mapie zmieni się na przekreślone kółko.

2.1.3. Typ pojazdu

Typy pojazdów (*vehicle types*) służą do rozróżnienia pojazdów używanych w jednym systemie transportowym, np. jedna linia autobusowa może używać zarówno autobusów przegubowych w godzinach szczytu, aby pomieścić większą liczbę pasażerów, jak i autobusów krótszych, np. do 8 metrów, w godzinach, kiedy nie ma aż tylu podróżnych (więcej o samych autobusach było w rozdziale 1). W PTV Lines istnieje możliwość przypisania odpowiednich parametrów kosztowych, innych do małego i innych do dużego autobusu. Każdy typ pojazdu posiada:

- ▶ nazwę,
- ▶ koszty za przejechany kilometr,
- ▶ koszty za godzinę jazdy.

Typ pojazdu może być przydzielony do jednego lub więcej systemów transportowych. Typ pojazdu można również przypisać do konkretnego odjazdu w rozkładzie jazdy.

2.1.4. Linia

PTV Lines działa na zasadzie zorganizowania Linii transportu zbiorowego (*lines*). To właśnie linia zawiera wszystkie trasy linii w obu kierunkach. Linie mają swoje nazwy i kolory, aby była łatwość w rozróżnieniu przez planistę lub analityka. Linia może być obsługiwana przez jeden określony system transportu, ale wiele typów pojazdów.





2.1.5. Trasa

Trasa linii (*line route*) przedstawia graficzny przebieg kursu pojazdu transportu zbiorowego w sieci drogowej. Kształt trasy linii może być dodany ręcznie lub zaimportowany z danych zewnętrznych. Trasy mogą być dodawane za pomocą linii prostych od przystanku do przystanku, co znacząco skraca trasę w porównaniu do tej w rzeczywistości, lub za pomocą automatycznego trasowania po istniejącej drodze. Linia składa się z różnych tras linii, które określają przebieg linii oraz czasy przejazdu i postoju. Początkowe czasy przejazdu są obliczane na podstawie prędkości powiązane-go systemu transportowego. Trasy mają swoje nazwy i są zazwyczaj klasyfikowane według kierunku.

Istnieją różne sposoby wprowadzania tras na mapie. Po rozpoczęciu tworzenia trasy linii wyświetlane są symbole opisane w tabeli 6. Oznaczają one różne tryby trasowania (wyrysowywania linii w programie).






W trakcie dodawania nowej trasy punkty przystankowe ze zwykłych czarnych kropek zmieniają swój wygląd na mapie. Poniżej znajduje się tabela 7 wyjaśniająca, co oznacza każdy możliwy symbol.

Tabela 6. Symbole w PTV Lines

Symbol	Tryb	Skrót klawiszowy	Opis
	Tryb automatycznego routingu	–	To jest tryb domyślny. Znajduje najkrótsze ścieżki między przystankami. Gdy używasz tego trybu, kursor wskazuje, czy trasa przebiega zgodnie z siecią transportu publicznego (priorytet) czy siecią drogową
	Tryb trasowania ulic	Ctrl	Tryb trasowania ulic dostosowuje trasę do istniejących ulic
	Tryb linii prostej	Shift	Tryb linii prostej wyznacza trasę wzdłuż linii prostej
	Ekskluzywny tryb trasowania PT	Alt	Ten tryb umożliwia utworzenie trasy wzdłuż maksymalnie dwóch istniejących tras linii. Wprowadź punkt początkowy, kliknij istniejącą trasę linii, a następnie kliknij inną, jeśli chcesz. Uwaga: Jeśli nie ma pasującej trasy transportu publicznego, nie zostanie wyświetlony żaden wynik. Zalecamy korzystanie z tego trybu tylko wtedy, gdy chcesz mieć pewność, że podążasz wyłącznie liniami transportu zbiorowego

Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 7. Rozróżnienie symboli przystanków w PTV Lines

Symbol	Opis
	Trasa linii nie kończy się na tym przystanku
	Trasa linii kończy się na tym przystanku
	Ustawieś trasę linii tak, aby się tu nie kończyła
	Na tym przystanku nie ma odpowiedniego systemu transportu dla trasy linii
	Kliknij ten symbol, aby usunąć punkt trasy, kliknij w dowolnym miejscu na trasie, aby dodać nowy punkt trasy i przeciągnij punkty trasy, aby zmienić trasę. Aby skrócić trasę linii, po prostu kliknij pierwszy lub ostatni punkt trasy. Kliknij go prawym przyciskiem myszy, aby zobaczyć opcje trasowania

Źródło: [24].

2.1.6. Kurs

Trasa linii ma rozkład jazdy związany z kursami (*trips*), które można dodawać jako pojedyncze kursy lub w grupach za pomocą rozkładu jazdy (*timetable*). Kursy mogą być przypisane do konkretnych dni tygodnia lub do wszystkich dni, mogą również obowiązywać w konkretnych godzinach w trakcie dnia ze stałym interwałem czasowym odjazdów lub za pomocą pojedynczych kursów.

2.1.7. Scenariusze

Scenariusz przedstawia pojedynczy stan planowania. Zawiera on zasoby transportu publicznego, reprezentowane przez linie i ich rozkład jazdy. Na przykład, jeśli chcesz utworzyć wariant linii, powinieneś zduplikować scenariusz, nad którym pracujesz i utworzyć nowy wariant linii w nowym scenariuszu. Następnie możesz porównać scenariusze. Porównywanie scenariuszy odbywa się w oknie podstawowym *The Service Designer view*, a następnie pojawia się on po kliknięciu opcji *compare*.

W odniesieniu do scenariuszy możliwe są m.in. następujące działania:

► dodawanie scenariusza

W celu dodania nowego scenariusza należy kliknąć przycisk *add scenario*, następnie nadać mu nazwę i ewentualnie dodać pliki zewnętrzne. Proces tworzenia nowego scenariusza w przypadku załączenia danych dodatkowych może trochę potrwać.

► duplikowanie scenariuszy

W celu stworzenia kopii istniejącego już scenariusza należy powrócić do podstawowego widoku PTV Lines (*Service Designer*), następnie kliknąć w symbol kopiowania znajdujący się przy scenariuszu, który chcesz skopiować. Po kliknięciu scenariusz zostanie dodany do listy scenariuszy. Przydatne może być kliknięcie w symbol w celu nadania nowej nazwy skopiowanemu scenariuszowi w celu rozróżnienia dwóch scenariuszy.

► porównywanie scenariuszy

Niezwykle przydatną funkcją jest porównywanie scenariuszy. Przydaje się to w momencie, gdy chcesz wiedzieć, jaka jest różnica np. pomiędzy stanem istniejącym a planowanym. Tak jak w poprzednich opcjach, cofasz się do początkowego ekranu PTV Lines (*Service Designer*) i wybierasz opcję porównania *compare* w scenariuszu, który chcesz porównać. Pojawi się okno, w którym należy wybrać scenariusze (jeden lub więcej) z listy dostępnych do dokonania analizy porównawczej.


Spowoduje to pojawienie się sześcioramiennego grafu pokazującego wskaźniki wynikowe (o tym więcej w podrozdziale 2.1.8) odpowiadające danym scenariuszom.

Wyniki możliwe są do pobrania również za pomocą pliku.csv – wystarczy w tym celu kliknąć przycisk pobierz (*download*).

▶ eksportowanie całych scenariuszy

Istnieje również możliwość wyeksportowania scenariusza jako pliku kompatybilnego z PTV Visum albo jako pliku.gtfs. Należy w tym przypadku z widoku ekranu podstawowego (*Service Designer*) kliknąć przycisk eksportu w rzędzie, w którym znajduje się scenariusz, który chcesz wyeksportować.

▶ importowanie linii z innego scenariusza

Przydatną opcją jest import konkretnej linii transportu zbiorowego z jednego scenariusza do drugiego. W tym celu będąc w widoku mapy, należy kliknąć w przycisk  znajdujący się na dole listy linii dodanych już do scenariusza. Następnie wybrać opcję importu *import lines*. Wybrać scenariusz, a następnie linię, którą chcesz zaimportować do obecnie otwartego scenariusza. Na koniec należy zaimportować wybraną linię. W trakcie importu zostały zachowane takie dane, jak: wszystkie trasy i kursy przypisane do linii, punkty przystankowe, jeśli nie istniały już w scenariuszu punkty przystankowe o takiej samej nazwie w odległości 5 metrów od istniejących w importowanej linii. Jeśli punkty przystankowe istniały już w scenariuszu, zostaną one przypisane do importowanej linii. Analogicznie jest z typami i środkami transportu – jeśli nie istniały w scenariuszu, zostaną przekopiiowane razem z linią.

Istotnym czynnikiem jest koszt danego środka transportu. W przypadku skopiowania linii, która używa np. autobusów i w pierwotnym scenariuszu, z którego została skopiowana będzie miała inny koszt niż w obecnym, zostanie ona przekalkulowana na nowo z kosztami przypisanymi, takimi jak w obecnym scenariuszu.

2.1.8. Wskaźniki wynikowe

Całą konfigurację wskaźników wynikowych można ustawić w zakładce *configuration* poprzez kliknięcie przycisku koła zębatego, a następnie wybór opcji *performance indicators*. Wskaźnikami wynikowymi przeliczanymi w skali roku w PTV Lines są:

- ▶ kursy (*trips*),
- ▶ czas przejazdu (*travel time*),
- ▶ długość podróży (*length*),
- ▶ praca eksploatacyjna w wozogodzinach (*service time*),
- ▶ praca eksploatacyjna w wozokilometrach (*service km*),
- ▶ koszty (*costs*) – rozróżnione na koszt wozogodzin (*time*), koszt wozokilometrów (*distance*), koszt całkowity (*total*),
- ▶ liczba pojazdów (*vehicles*) – czyli zapotrzebowanie na tabor do obsługi danej linii.

Aby zmienić przeliczanie, żeby było inne niż w skali roku, należy przejść do opcji dni analizy (*valid days*) w zakładce *configuration*, aby ustalić współczynnik eksploatacji.

2.2. Wprowadzenie do PTV Lines

W tym podrozdziale wyjaśniono, do czego służy PTV Lines i jakie działania można w nim wykonywać. PTV Lines umożliwia testowanie i porównywanie wielu scenariuszy zarządzania transportem zbiorowym, tak aby znaleźć równowagę między korzyściami dla pasażerów a kosztami operatora. Zdefiniowane przez użytkownika dane społeczno-ekonomiczne pomagają dowiedzieć się więcej o obszarach obsługiwanych przez transport zbiorowy. Interesujące nas scenariusze można przenieść do modelu makroskopowego w celu szczegółowej oceny i prognozy popytu.

Poniżej opisano jak PTV Lines liczy poszczególne wskaźniki wynikowe. Zrozumienie tego jest istotne, żeby móc ocenić wyniki swojej pracy.

Kursy (*trips*)

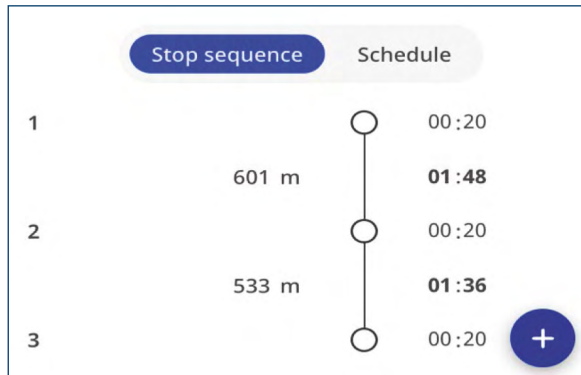
Kursy są określane na podstawie rozkładu linii i jej kursów w przeliczeniu na liczbę dni, w których te kursy się odbywają, np. jeśli linia kursuje tylko w niedzielę, a niedziel w jednym roku jest 52, to należy przemnożyć 52 razy liczbę kursów wynikającą z rozkładu jazdy, np. 10 – w wyniku czego otrzymujesz 520 kursów. Obliczenia te w formie teoretycznej zostały omówione w pierwszym rozdziale – jeżeli został on przez Ciebie pominięty, zachęcamy do jego przeczytania.

Czas przejazdu (*travel time*)

Czas przejazdu jest liczony jako suma czasu potrzebnego na przejechanie odcinków pomiędzy przystankami i czasów postojów na przystankach na całej trasie. Rysunek 4 pokazuje wyliczenia, że łączny czas przejazdu to 4 minuty i 24 sekundy.



W Polsce z reguły czas postojów na przystanku jest wliczony w czas przejazdu od przystanku do przystanku. W takim wypadku przy imporcie danych od jednostki zarządzającej transportem zbiorowym czas postojów na przystanku wyniesie 00:00, a czasy przejazdu będą wydłużone o czas postojów. Najczęściej spotykanym wyjątkiem od tej reguły będą tzw. postoje wyrównujące planowane na liniach okrężnych, czyli takich, które mają tak naprawdę jeden przystanek końcowy. Jednakże zawsze warto przy pracy na konkretnym przykładzie upewnić się, jaki system wyliczania czasu przejazdu jest stosowany w interesującym nas mieście.



Rysunek 4. Składowe czasu całkowitego przejazdu transportu zbiorowego

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

Długość trasy (*length*)

Jest to dystans liczony jako suma odcinków pomiędzy przystankami w kilometrach.

Praca eksploatacyjna w wozogodzinach (*service time*)

Praca eksploatacyjna w wozogodzinach wyliczana jest poprzez pomnożenie czasu przejazdu przez liczbę kursów i liczbę dni, w których są realizowane.

Praca eksploatacyjna w wozokilometrach (*service km*)

Praca eksploatacyjna w wozokilometrach to wynik mnożenia długości trasy przez liczbę kursów i przez liczbę dni, w których kursy są realizowane.

Koszty (*costs*) – rozróżnione na koszt wozogodzin (*time*), koszt wozokilometrów (*distance*), koszt całkowity (*total*)

Koszt uzależniony jest od przypisanego kosztu do środka transportu. Przykładowo zakładając, że do autobusu przypisano koszt 5 zł za kilometr i 250 zł za godzinę, to:

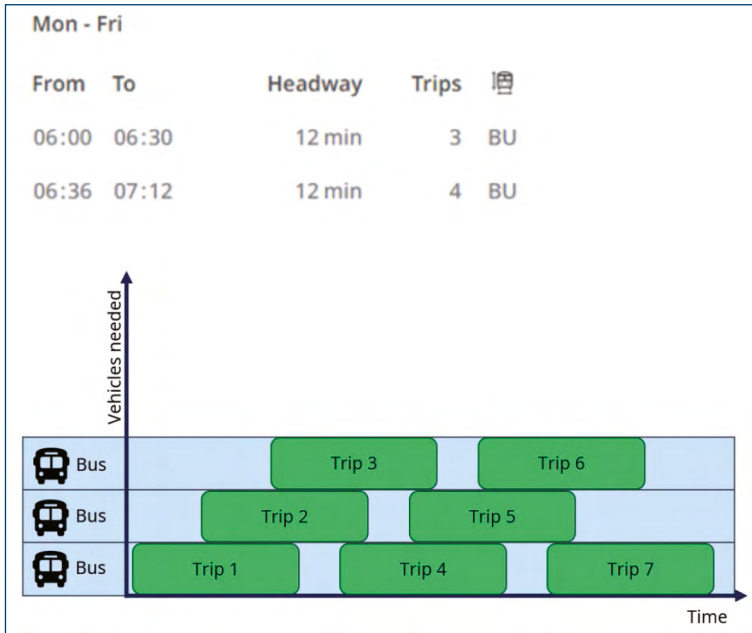
- ▶ koszt czasu to wynik mnożenia pracy eksploatacyjnej w wozogodzinach przez 250 zł (koszt pojazdu na godzinę),
- ▶ koszt dystansu to wynik mnożenia pracy eksploatacyjnej w wozokilometrach przez 5 zł (koszt za kilometr),
- ▶ koszt całkowity to suma kosztu dystansu i kosztu czasu.



W praktyce miejskiej w większości polskich miast koszty wynikają bezpośrednio z pracy eksploatacyjnej wyrażonej w wozokilometrach. Koszty pracy kierowców są osobną grupą kosztów, które wynikają z całego czasu ich pracy, a nie jedynie kosztu obsługi danej linii na trasie.

Zapotrzebowanie na tabor (vehicles)

Zapotrzebowanie na tabor to wyliczenie, ile pojazdów jest potrzebnych, żeby móc zrealizować dany rozkład jazdy. Jeśli przejazd w obie strony (wraz z ewentualnymi postojami) trwa krócej niż częstotliwość odjazdów, wtedy będzie wymagany tylko jeden pojazd. W przeciwnym wypadku należy zapewnić kolejne pojazdy do obsługi linii. Zasadę tę ilustruje rysunek 5.



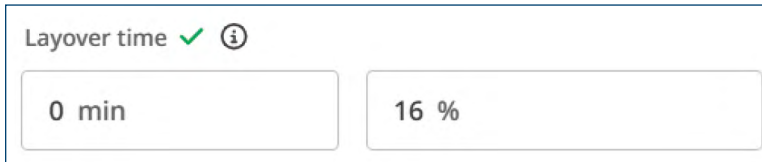
Rysunek 5. Sposób przeliczania zapotrzebowania na tabor w PTV Lines

Źródło: [24].

Od 6:00 do 6:30 wykonywane są 3 kursy, a od 6:36 do 7:12 4 kursy. Autobus wykonujący trasę trwającą 12 minut po wykonaniu swojego pierwszego kursu Trip 1 zdąży dopiero wykonać kurs 4 (Trip 4) w ramach rozkładu jazdy. Zatem konieczne będzie uruchomienie dodatkowych dwóch autobusów, które wykonają kurs 2 i 3.

Choć obecna wersja PTV Lines nie wspiera planowania pracy pojazdów można w przybliżony sposób ustalić, ile pojazdów będzie potrzebnych do obsługi każdej

z linii. Możliwe jest również skonfigurowanie dla każdego systemu transportowego długości postoju wyrównawczego. Okno konfiguracyjne zostało przedstawione na rysunku 6.



Rysunek 6. PTV Lines – konfiguracja czasu trwania postojów wyrównawczych

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

Okno to pozwala na wpisanie dwóch wartości postojów wyrównawczych. Pierwsza to wartość w minutach, druga to wyrażony w procentach czas trwania kursu, który ma zostać dodany jako postój wyrównawczy. Przykładowo jeśli kurs trwał 50 minut, a postój po nim ma trwać 16% czasu jego trwania, to będzie on wynosił 8 minut. Jeśli w powyższym oknie wpiszesz wartości w oba pola, do obliczeń zostanie przyjęty dłuższy czas trwania postoju.

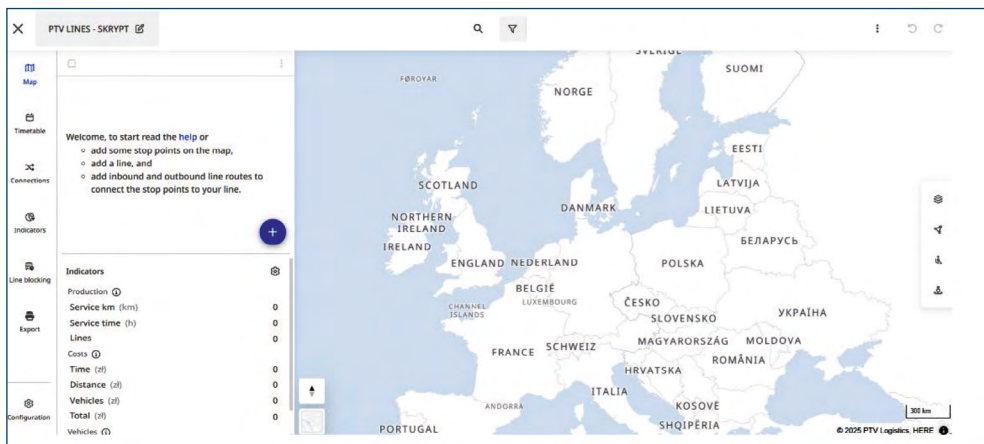


Należy pamiętać, że to tylko przybliżone obliczenia. W rzeczywistości koniecznym jest zapewnienie przerw prowadzącym, co może wpłynąć na większe zapotrzebowanie na pojazdy. W wielu miastach plan pracy pojazdów sporządza się w taki sposób, aby jeden pojazd obsługiwał w ciągu dnia więcej niż jedną linię, co pozwala na zmniejszenie liczby pojazdów potrzebnych do obsługi sieci.

2.3. Praca z interfejsem w PTV Lines

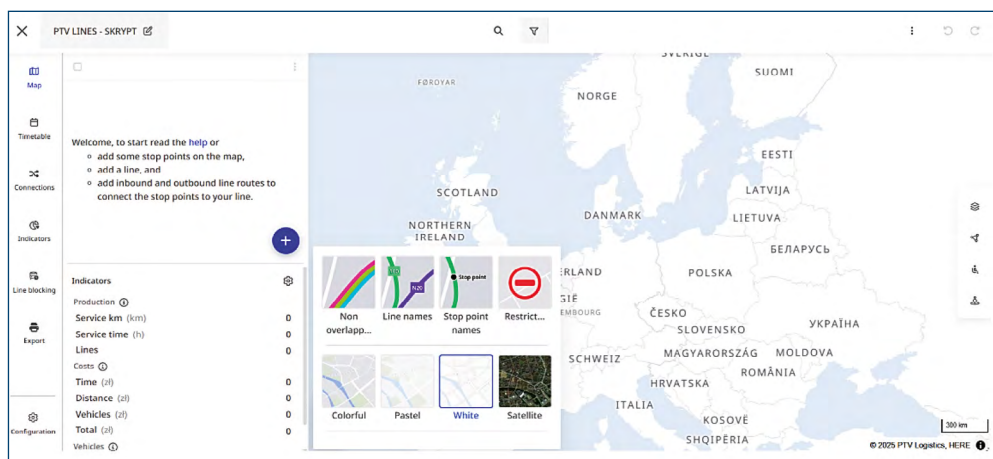
Zanim zaczniesz pracę z narzędziem PTV Lines, warto poznać podstawowe funkcje interfejsu – co, gdzie i jak kliknąć. Najłatwiejszym początkiem będzie zalogowanie się, a następnie stworzenie zupełnie nowego pustego scenariusza. Okno powinno wyglądać podobnie, jak prezentuje rysunek 7. Aby poruszać się po mapie, kliknij i przytrzymaj lewy przycisk myszy, a do powiększania użyj kółka myszy.

Istnieją obecnie cztery rodzaje map (rysunek 8). W lewym dolnym rogu mapy można zmienić rodzaj podkładu mapy. W przypadku kiedy nie importowałeś żadnych danych, a chcesz znać lokalizację przystanku, warto zmienić widok mapy na ortofotomapę. Można również zaznaczyć opcję *Stop point names*, aby wyświetlały się nazwy przystanków. Te będą widoczne dopiero od odpowiedniego przybliżenia się do widoku sieci.



Rysunek 7. PTV Lines – interfejs

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

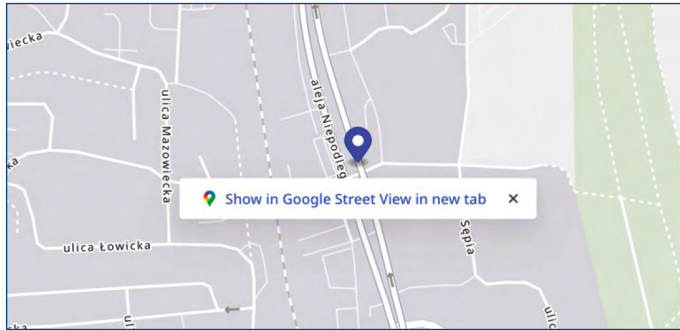


Rysunek 8. PTV Lines – rodzaje map

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

Przydatną funkcją jest również kliknięcie prawym przyciskiem myszy na mapę, aby móc bezpośrednio przenieść się do widoku Street View w Google Maps (rysunek 9).

Okno podzielone jest na dwie części – prawą, która zajmuje większość i jest mapą, oraz lewą, gdzie znajdują się różne opcje wyboru (w dalszej części rozdziału zostały opisane bardziej szczegółowo). Najważniejsze symbole i funkcje ich przycisków przedstawia tabela 8.



Rysunek 9. PTV Lines – odnośnik do Street View w Google Maps

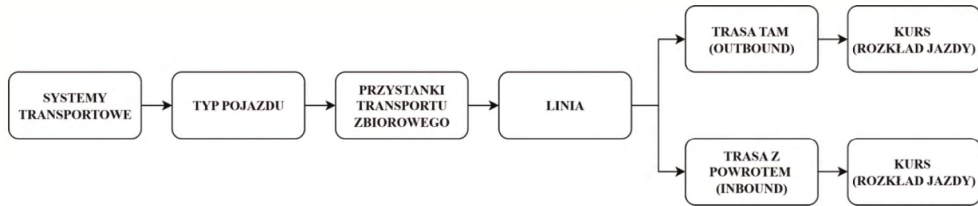
Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

Tabela 8. PTV Lines – opis najważniejszych symboli

Symbol	Opis
	Użyj symbolu, aby dodać linie, trasy linii, podróże i punkty postoju
	Kliknij tutaj, aby uzyskać dostęp do Pomocy (lub naciśnij klawisz F1) i innych ustawień
	Otwórz Konfigurację, aby dodać systemy transportowe, ustawić dni ważności i wybrać wskaźniki wynikowe
	Użyj filtra znajdującego się u góry widoku, aby ograniczyć wyświetlanie do określonego systemu transportu lub linii
	Cofnij i ponów wszelkie zmiany
	Zarządzaj swoimi danymi w tle
	Importuj i wyświetlaj dane dotyczące miejsca pochodzenia i miejsca docelowego
	Oblicz liczbę pasażerów
	Analizuj i przedstawiaj dostępność miejsc
	Kliknij strzałkę w lewym górnym rogu, aby zamknąć widok i powrócić do przeglądu scenariuszy

2.4. Podstawy pracy z narzędziem PTV Lines

W tym podrozdziale przejdziemy krok po kroku co zrobić, aby dodać przystanek, dodać linie transportu zbiorowego, wstawić jej trasę oraz rozkład jazdy. Schemat kolejności poszczególnych kroków został przedstawiony jako rysunek 10. Opisane zostaną również definicje, co jest czym w PTV Lines.



Rysunek 10. Schemat poszczególnych kroków w PTV Lines


Źródło: Opracowanie własne.

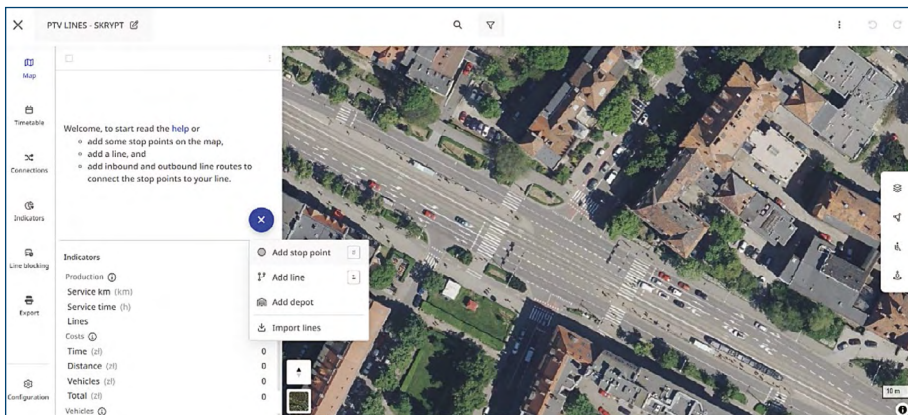
Zadanie 2. Podstawy PTV Lines

W utworzonym nowym scenariuszu dodaj poszczególne elementy:

1. Dodaj nowy przystanek (Add stop)

W oknie początkowym przybliż na mapie do dowolnie wybranego miasta.

Na potrzeby pokazania rozwiązania tego zadania dodamy przystanki w mieście Sopot. Pozostając w zakładce „Map” (po lewej stronie interfejsu), należy znaleźć na mapie Sopotu dowolny przystanek autobusowy, a następnie kliknąć w  (rysunek 11) i w celu dodania przystanku wybrać opcję **Add stop point** (lub kliknąć **s** na klawiaturze).




Rysunek 11. PTV Lines – dodawanie nowego przystanku

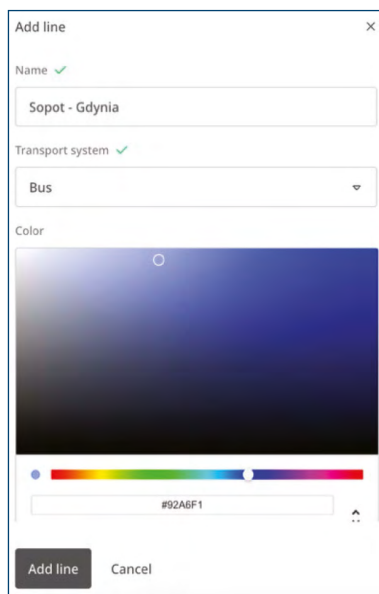
Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

Kliknij na mapie w miejscu, gdzie znajduje się przystanek, nadaj mu nazwę, np. Przystanek 1, i przypisz do niego odpowiedni system transportu. Póki co jest przypisany tylko system autobusowy „Bus” jako ustawienie początkowe.

W ten sam sposób dodaj kolejnych 5 przystanków: dwa po tej samej stronie jezdni i trzy po przeciwnej. Przyda się to w kolejnym etapie tworzenia linii transportu zbiorowego.

2. Dodaj nową linię transportu zbiorowego (Add line)

Dalej pozostań w zakładce „Map” i ponownie kliknij w ten sam przycisk , jednak tym razem wybierz opcję **Add line** (lub kliknij **l** na klawiaturze). Pojawi się okno, w którym nadaj nazwę, np. „Sopot - Gdynia”, wybierz jaki to system transportu – „Bus” (ponieważ nie dodawałeś jeszcze żadnego innego systemu transportowego, masz na obecnym etapie w ustawieniach początkowych tylko do wyboru „Bus”). Na koniec wybierz dowolny kolor, który będzie symbolizował tę linię. Po uzupełnieniu kliknij w lewym dolnym rogu „Add line”. Rysunek 12 przedstawia uzupełnione okno nowej linii transportu zbiorowego.



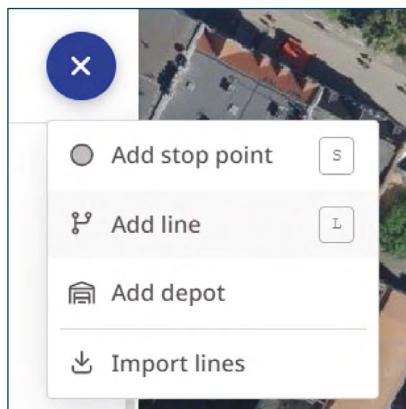
Rysunek 12. PTV Lines – dodawanie nowej linii

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

Linia przeważnie jest dwukierunkowa. Osobno dodaj każdy z kierunków za pomocą tras. O trasach jest opisane więcej w następnym punkcie.

3. Dodaj trasę transportu zbiorowego (Add line route)

W tym celu kliknij  i wybierz opcję **Add line route** lub kliknij **r** na klawiaturze (rysunek 13).



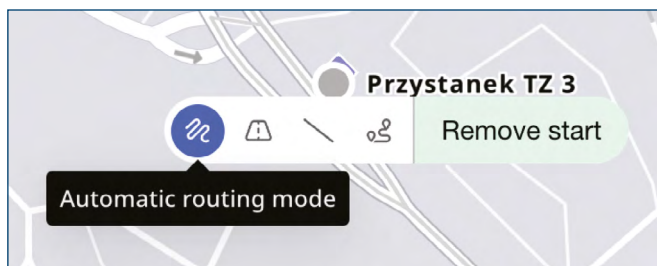
Rysunek 13. PTV Lines – dodawanie trasy

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

Uwaga od Autorów: W najnowszej wersji PTV Lines (luty 2026) wprowadzono dodatkowy moduł **Line blocking**, którego funkcjonalność została opisana w podrozdziale 2.7 niniejszego opracowania. Z uwagi na fakt, że zmiana ta została wdrożona bezpośrednio przed publikacją materiału, na części dalszych zrzutów ekranu moduł ten nie jest jeszcze widoczny. Należy również mieć na uwadze, że oprogramowanie pozostaje w fazie dynamicznego rozwoju, dlatego jego interfejs może w kolejnych wersjach różnić się od przedstawionego w niniejszym skrypcie.

Należy uzupełnić informacje: nadać nazwę, np. 101, a następnie wzdłuż drogi (tu może się okazać ułatwieniem zmiana znowu widoku mapy na uproszczony) narysować trasę transportu zbiorowego zgodnie z kierunkiem jazdy, klikając prawy przycisk myszy na mapie, tak aby trasa objęła wcześniej trzy narysowane przystanki.

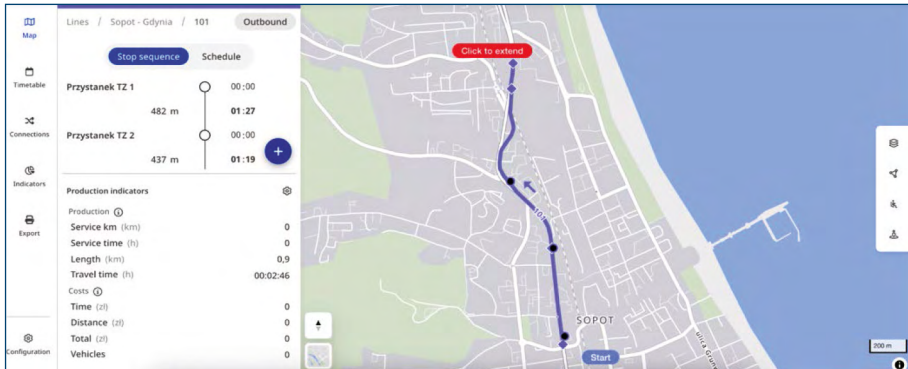
Po utworzonej linii należy ustalić trasę transportu zbiorowego – w tym celu najprościej użyć narzędzia, które będzie automatycznie przypisywać przystanki znajdujące się na rysowanej po mapie trasie (rysunek 14) zgodnie z istniejącymi drogami.



Rysunek 14. PTV Lines – możliwości rysowania linii

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

Rysunek 15 przedstawia widok narysowanej trasy.




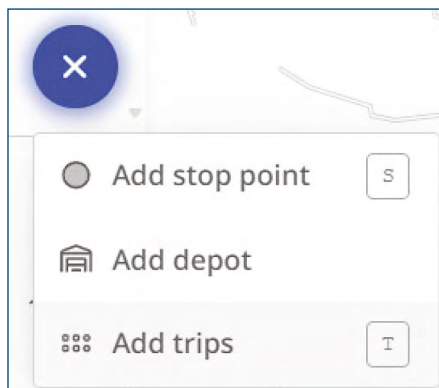
Rysunek 15. PTV Lines – narysowana linia transportu zbiorowego

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

Po lewej stronie w okienku „Stop sequence” automatycznie wyliczył się czas, jaki będzie potrzebny na przejechanie narysowanej trasy, a także odległość. W celu urealistycznienia należy dodać czas potrzebny na wymianę pasażerów na przystanku. W miejscach, gdzie widnieje 00:00 przy nazwie przystanku, można wpisać np. 00:20, w wyniku czego czas przejazdu wydłuży się o 20 sekund.

4. Dodaj kursy (Add trips)

Kolejnym krokiem jest zdefiniowanie kursów dodanej linii 101. W tym celu kliknij  i wybierz opcję **Add trips** lub użyj skrótu klawiszowego **t** (rysunek 16).



Rysunek 16. PTV Lines – dodawanie kursu

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

Pojawi się okno (rysunek 17), w którym należy zdefiniować kursy. W pierwszej części zaznacz dni, w których dana linia ma kursować. Dla tego przykładu zaznacz wszystkie. Następnie musisz przypisać godzinę początkową („From”), godzinę końcową kursowania („To”) i częstotliwość („Headway”), czyli co ile minut ma być kolejny kurs. W analizowanym przykładzie przyjęto początek na godzinę 5:30, koniec na 21:30, a częstotliwość co 20 minut. Na koniec kliknij „Add trips”.

Rysunek 17. PTV Lines – dodawanie kursów, częstotliwość odjazdów

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

Narzędzie PTV Lines w tym momencie dokona stworzenia rozkładu jazdy (*time-table*) i przekalkuluje wskaźniki wynikowe (rysunek 18). Więcej o samych kalkulacjach w podrozdziale 2.1.8.

Service time (h)	1124
Length (km)	0,9
Travel time (h)	00:03:46
Costs ⓘ	
Time (zł)	56 177
Distance (zł)	16 468
Total (zł)	72 646
Vehicles	1

Rysunek 18. PTV Lines – wskaźniki wynikowe dla przykładu

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

5. Rozkład jazdy (Timetable)

Klikając po lewej stronie w ikonę **Timetable** (rysunek 19), można zobaczyć utworzony w poprzednim kroku rozkład jazdy. Po prawej stronie u góry widnieje opcja eksportu rozkładu jazdy „Download timetable” – po kliknięciu w ten przycisk na komputer zostanie pobrany plik w formacie .csv z rozkładem jazdy.

From	To	Headway	Trips
05:30	21:30	20 min	49 Bus

From	To	Headway	Trips
05:30	21:30	20 min	49 Bus

Service time (h)	1124
Length (km)	0,9
Travel time (h)	00:03:46
Costs	
Time (zł)	56 177
Distance (zł)	16 468
Total (zł)	72 646
Vehicles	1

Przystanek TZ 1	Przystanek TZ 2	Przystanek TZ 3
05:30	05:32	05:33
05:50	05:52	05:53
06:10	06:12	06:13
06:30	06:32	06:33
06:50	06:52	06:53
07:10	07:12	07:13
07:30	07:32	07:33
07:50	07:52	07:53
08:10	08:12	08:13

Rysunek 19. PTV Lines – widok rozkładu jazdy

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

From	To	Headway	Trips
06:30	21:30	30 min	31 Bus

From	To	Headway	Trips
07:30	21:30	40 min	22 Bus

Production indicators	
Service km (km)	14 308
Service time (h)	976
Length (km)	0,9
Travel time (h)	00:03:46
Costs	
Time (zł)	48 807
Distance (zł)	14 308
Total (zł)	63 115
Vehicles	1

Przystanek TZ 1	Przystanek TZ 2	Przystanek TZ 3
06:30	06:32	06:33
07:00	07:02	07:03
07:30	07:32	07:33
08:00	08:02	08:03
08:30	08:32	08:33
09:00	09:02	09:03
09:30	09:32	09:33
10:00	10:02	10:03
10:30	10:32	10:33

Rysunek 20. PTV Lines – wprowadzanie zmian w rozkładzie jazdy

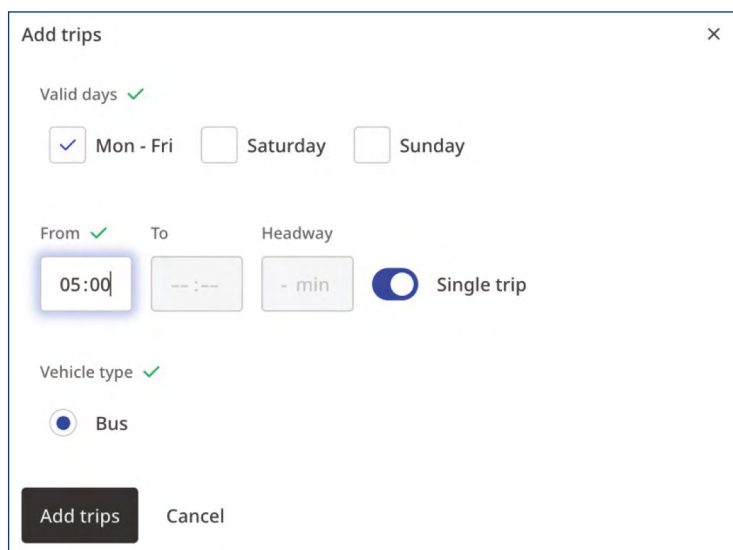
Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

W tym miejscu możliwe jest również wprowadzanie zmian w stworzonym rozkładzie jazdy. Dla przykładu zmień częstotliwość odjazdów w soboty z co 20 minut na co 30 minut i żeby pierwszy kurs zaczynał się o godzinie 6:30, a w niedziele zmień częstotliwość z co 20 minut na co 40 minut i żeby pierwszy kurs zaczynał się o 7:30. Powyższy rysunek 20 pokazuje, w którym miejscu dokonuje się wyżej wymienionych zmian.

PTV Lines automatycznie ponownie przeliczył wskaźniki wynikowe pod nowy zmodyfikowany rozkład jazdy.

6. Dodawanie pojedynczego kursu (*Single trip*)

Istnieje możliwość dodawania również pojedynczego kursu, który nie zależy od rozkładu jazdy stworzonego w poprzednim kroku. Powiedzmy, że potrzebujesz jednego odjazdu w przedziale dni od poniedziałku do piątku o godzinie 5:00. W tym celu ponownie kliknij i wybierz opcję „Add trips” lub użyj skrótu klawiszowego „t”, jednak tym razem zaznacz aktywną opcję **Single trip**. Spowoduje to wyszarzenie się opcji „To” i „Headway”. Pozostałe opcje nie ulegną zmianie. Zatem zaznacz, że kursy mają odbywać się Mon-Fri od godziny („From”) 5:00 i kliknij „Add trips” (rysunek 21).




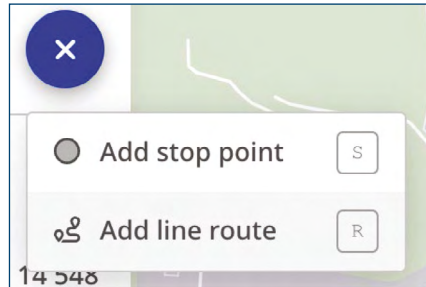
Rysunek 21. PTV Lines – dodawanie pojedynczego kursu

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

Pojedynczy przejazd został dodany do rozkładu jazdy, a parametry wynikowe ponownie przeliczone i zaktualizowane.

7. Dodaj do istniejącej linii trasę w przeciwnym kierunku

W tym punkcie należy rozróżnić, że tworzenie kierunku przeciwnego tej samej linii to nie to samo, co tworzenie kierunku przeciwnego innej linii, nawet jeśli mają one częściowo ten sam przebieg w terenie. Żeby stworzyć kierunek przeciwny do stworzonej już wcześniej linii, kliknij w interesującą cię linię, następnie zmień z „Outbound” na „Inbound” i kliknij w  (rysunek 22). Wybierz opcję **Add line route** lub kliknij **r** na klawiaturze.

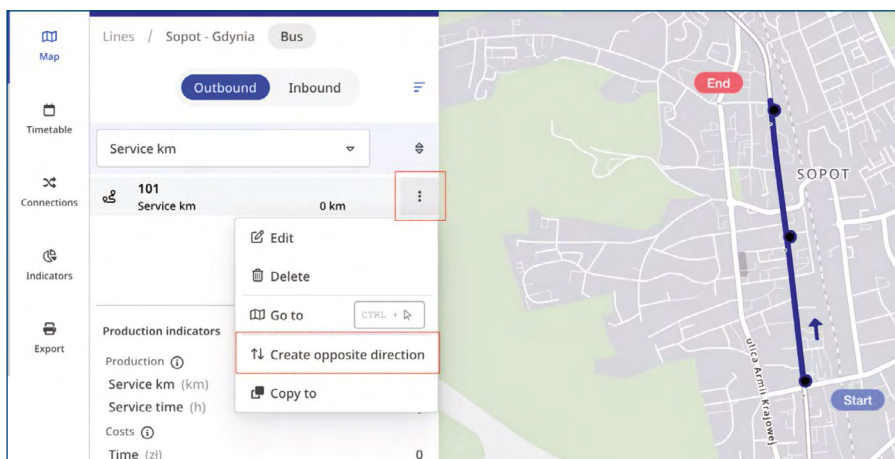


Rysunek 22. PTV Lines – dodawanie trasy w przeciwnym kierunku

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

Tak jak poprzednio, wytycz trasę, zaznacz przystanki, przypisz rozkład jazdy.

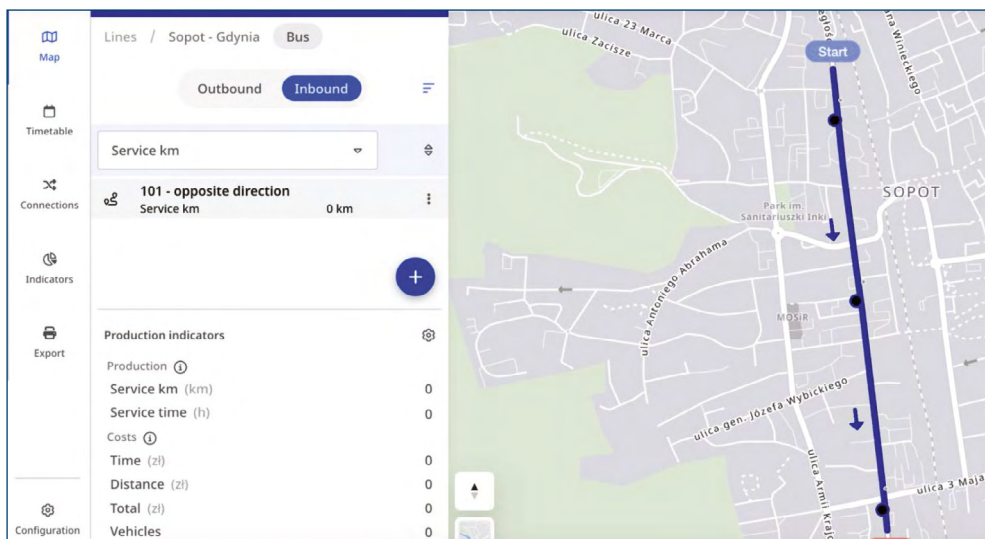
Istnieje też druga opcja zrobienia tego samego automatycznie. W tym celu kliknij w trzy pionowe kropki (rysunek 23) – pojawią się one dopiero po najechaniu kursorem w tym miejscu. Rozwinie się menu, w którym musisz wybrać opcję **Create opposite direction**. Zatwierdź przyciskiem **Go to**.



Rysunek 23. PTV Lines – dodawanie automatyczne przeciwnego kierunku

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

Trasa o takiej samej długości zostanie automatycznie wygenerowana, a jeśli istnieją przystanki na jej przebiegu, to zostaną automatycznie dodane do trasy. Jeżeli pierwotna trasa była jako „tam” (Outbound), to nowa przeciwna trasa powstanie w kierunku przeciwnym „z powrotem” (Inbound) – rysunek 24.



Rysunek 24. PTV Lines – kurs w przeciwnym kierunku

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

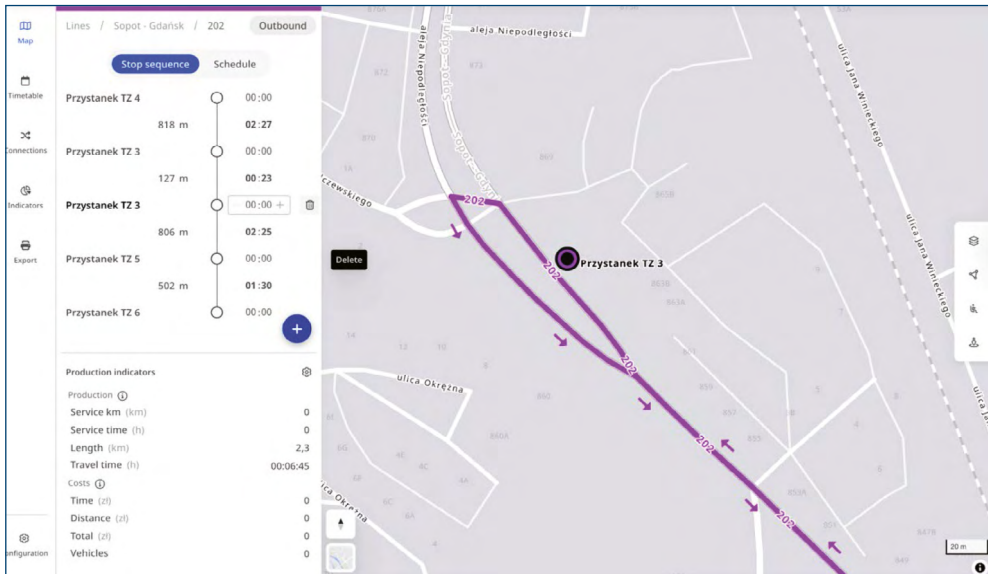
Tak dodaną trasę należy uzupełnić o rozkład jazdy.

8. Dodaj nową linię o przeciwnym kierunku.

W celu przeciwważenia zdobytych dotychczas umiejętności dodaj drugą linię biegnącą w przeciwnym kierunku do pierwszej narysowanej.

Wróć do widoku mapy, klikając wiersz nazwy linii. Wstaw przebieg drugiej linii na mapie, wykorzystując wcześniej narysowane trzy przystanki. Niech odjazdy będą realizowane we wszystkie dni tygodnia od 5:00 do 20:00 z częstotliwością co 40 minut. Postój na przystanku tym razem niech trwa 40 sekund.

Używając opcji automatycznego przypisywania przystanków na trasie rysowania, może zdarzyć się tak, że przypisze się do trasy przystanek, którego nie chcesz. W tym celu można np. kliknąć na dany przystanek, automatycznie zaznaczy się on po lewej stronie, a następnie kliknij ikonę śmietnika w celu usunięcia go z właśnie rysowanej trasy (rysunek 25).



Rysunek 25. PTV Lines – usuwanie przystanku na linii

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

9. Dodaj nowy środek i system transportu – trolejbus

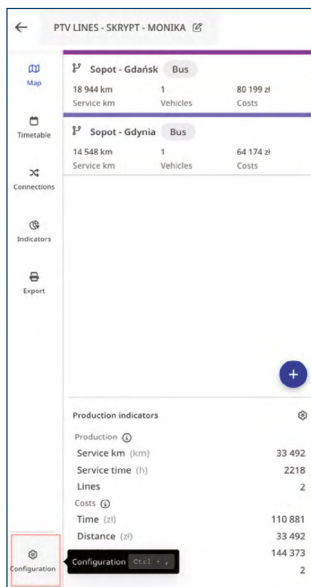
W PTV Lines istnieje rozróżnienie zarówno typów pojazdów, jak i systemów transportu. Systemy transportowe wskazują bezpośrednio rodzaj infrastruktury, z której mogą korzystać, np. pociągi mają zupełnie inne przystanki niż autobusy, poruszają się również po torach, a nie po nawierzchni drogowej. Zatem istotne jest rozróżnienie różnych systemów transportowych w wykonywanej analizie. Każda linia transportu zbiorowego może mieć przypisany tylko jeden system transportowy, np. autobus.

Inaczej wygląda sytuacja punktów przystankowych – istnieje możliwość, że jeden punkt przystankowy może obsługiwać zarówno autobusy, trolejbusy, czy nawet tramwaje, czyli może obsługiwać wiele linii transportu zbiorowego.

ROZWIĄZANIE

Aby dodać nowy typ pojazdu (środek transportu), wejdź w opcję konfiguracja (Configuration) w lewym dolnym rogu ekranu (rysunek 26).

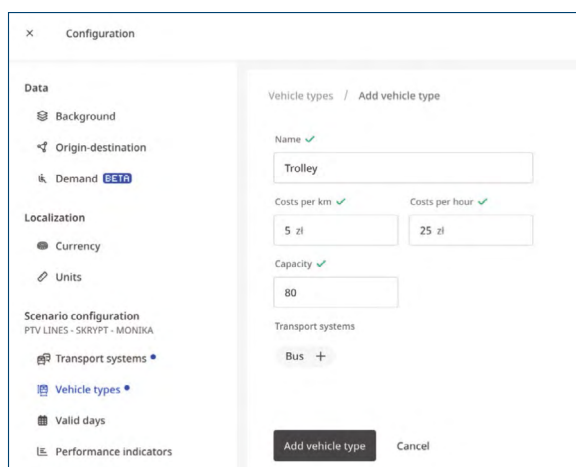
W zakładce tej możesz np. zmienić walutę, w której dokonujesz analizy – kliknij opcję „Currency”. Możliwa jest również zmiana systemu metrycznego – kliknij opcję „Units”. Na potrzeby tego ćwiczenia nie jest to potrzebne.



Rysunek 26. PTV Lines – dodawanie nowego typu pojazdu krok 1

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

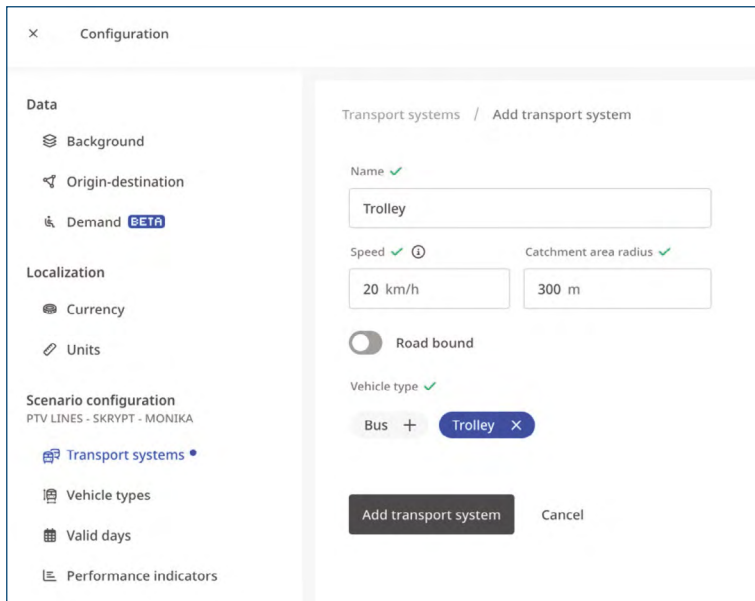
Aby dodać nowy typ pojazdu, kliknij w zakładkę **Vehicle types**. Uzupełnij przykładowe dane: załóż, że trolejbus ma koszt 5 zł za km i 25 zł za godzinę, a w swoim pojeździe może pomieścić 80 pasażerów, nadaj też nazwę „Trolley” (rysunek 27).



Rysunek 27. PTV Lines – dodawanie nowego typu pojazdu krok 2

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

Po dodanym nowym typie pojazdu „Trolley” możesz przypisać go do nowego Systemu transportowego. Kliknij w opcję **Transport systems**, nadaj nazwę „Trolley” i określ przykładowe parametry: niech jego prędkość będzie 20 km/h, a promień zasięgu (odległość od przystanku – Catchment area radius) 300 metrów – na podstawie tej wartości zostanie wyrysowana izochrona. Na końcu przypisz go do pojazdów „Trolley” i kliknąć „Add transport system” (rysunek 28).



Rysunek 28. PTV Lines – dodawanie nowego systemu transportu

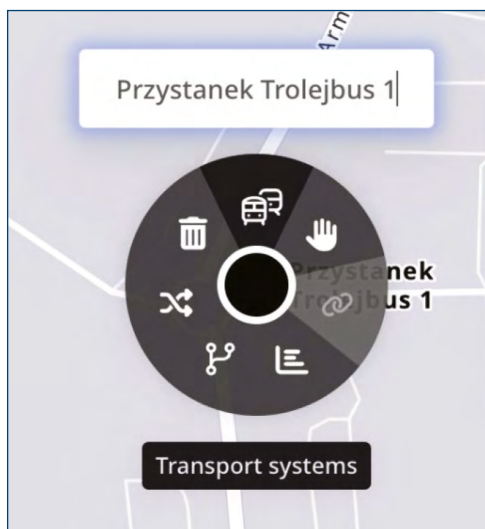
Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

10. Dodaj przystanki i trasy dla nowego systemu transportu „Trolley”

Dodaj 2 przystanki trolejbusowe, a jeden z istniejących zmień tak, aby obsługiwał również trolejbusy.

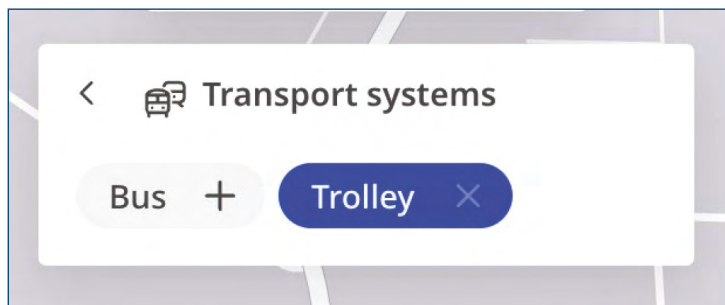
Przystanki trolejbusowe dodajesz w ten sam sposób, jak został opisany wyżej (kliknij „s”, następnie kursorem na mapie wybierz miejsce, gdzie ma być przystanek). Po dodaniu przystanku nadaj mu nazwę, np. „Przystanek Trolejbus 1”. Wybierz opcję „Transport systems” (rysunek 29).

Przypisz odpowiedni (w tym przypadku „Trolley”) system transportu (rysunek 30).



Rysunek 29. PTV Lines – edycja przystanku w zależności od systemu transportu

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.



Rysunek 30. PTV Lines – przypisywanie odpowiedniego systemu transportu

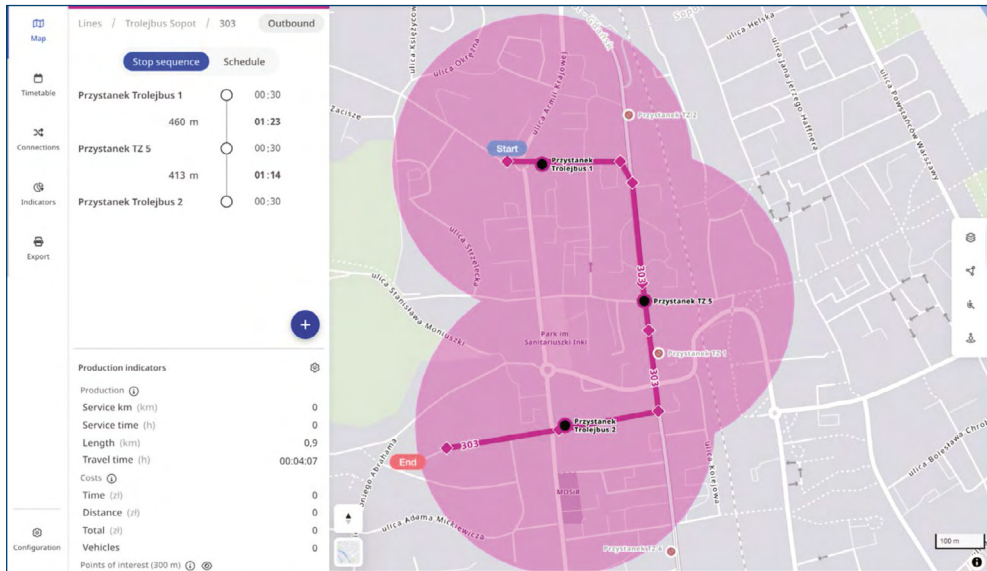
Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

11. W analogiczny sposób dodaj drugi przystanek „Przystanek Trolejbus 2”.

Aby edytować obsługiwane przez przystanek systemy transportu, kliknij w dany przystanek i ponownie z koła opcji wybierz „Transport systems” i przypisz do niego również „Trolley”.

Dodaj nową linię trolejbusową analogicznie do poprzednio dodawanych linii autobusowych. Pamiętaj, aby w systemie transportowym linii przypisać „Trolley”.

Gotowa linia powinna wyglądać tak jak to wskazuje rysunek 31.



Rysunek 31. PTV Lines – dodana linia trolejbusowa (przykład)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

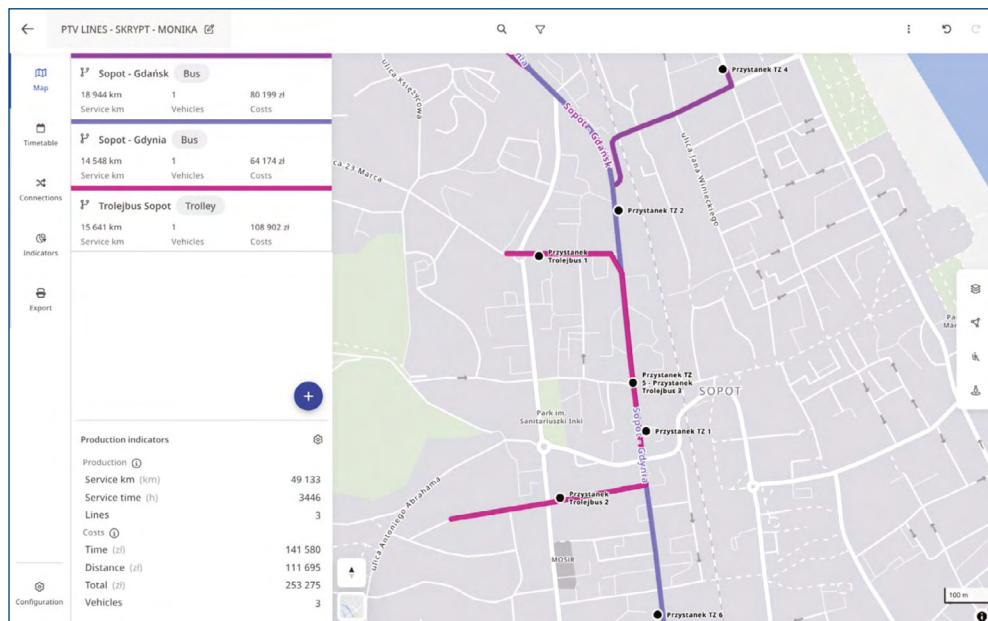
Można zauważyć, że przystanki, które nie miały przypisanego systemu transportu „Trolley”, automatycznie stały się niedostępne do przypisania do nowej rysowanej linii.

Z uwagi na to, że w poprzednim kroku został ustawiony promień zasięgu na 300 metrów, taki też obszar został pomalowany kolorem przypisanym do linii, obrazując dostępność obszarową do przystanku.

Należy również przypisać, tak jak zostało to poprzednio opisane, trasy i rozkład odjazdów.

Przykład: odjazdy we wszystkie dni tygodnia od 6:00 do 22:00 co 20 minut. Czas postoju na przystanku to 30 sekund.

Efekt wykonanego ćwiczenia powinien wyglądać tak, jak przedstawia to rysunek 32: dwie linie autobusowe w dwóch kierunkach, jedna linia trolejbusowa w jednym kierunku. Jeden wspólny przystanek autobusowo-trolejbusowy, który przyda się w następnym kroku.



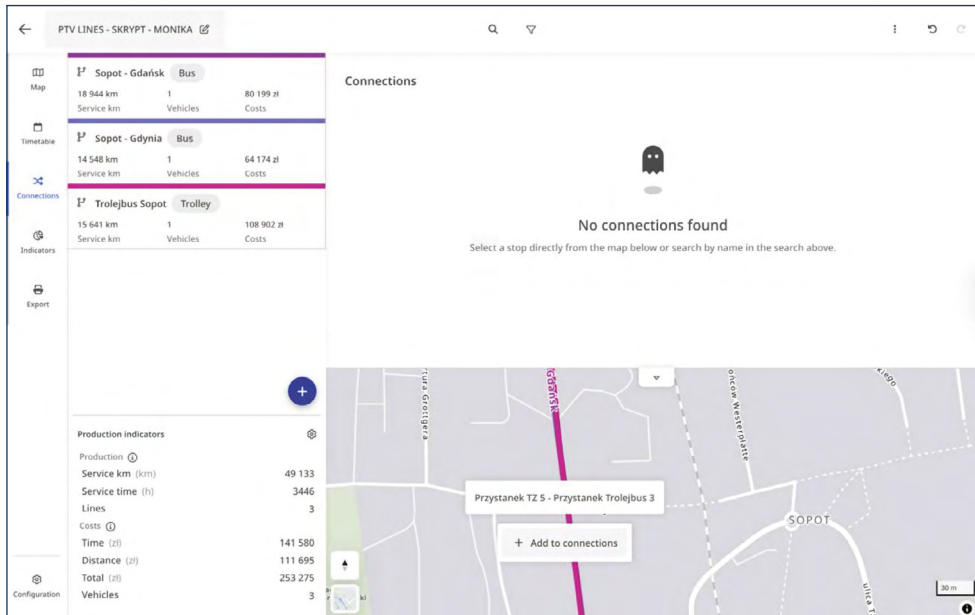
Rysunek 32. PTV Lines – widok interfejsu gotowego przykładu

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

12. Dodaj punkt przesiadkowy

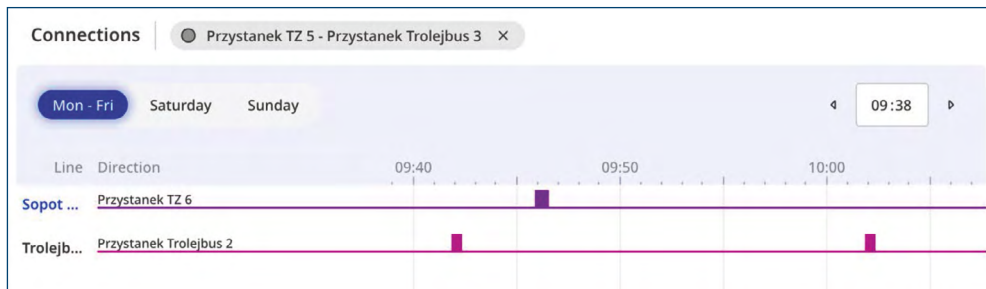
Żeby dodać punkt przesiadkowy, musisz wybrać przystanek, na którym zatrzymują się co najmniej dwie linie transportu zbiorowego. W tym przykładzie będzie to przystanek „Przystanek 2-Przystanek Trolejbus 3”. Po lewej stronie okna kliknij w zakładkę „Connections”, a ponieważ nie ma obecnie w tym scenariuszu jeszcze stworzonego żadnego połączenia przesiadkowego, należy kliknąć w przystanek i wybrać opcję „+Add to connections” (rysunek 33).

Po dodaniu przystanku pojawi się w górnej części ekranu oś czasu z rozróżnieniem na dni tygodnia, na której można zauważyć, ile i w jakich godzinach jest przyjazdów i odjazdów z analizowanego przystanku (rysunek 34).



Rysunek 33. PTV Lines – punkt przesiadkowy

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.



Rysunek 34. PTV Lines – punkt przesiadkowy (analiza)

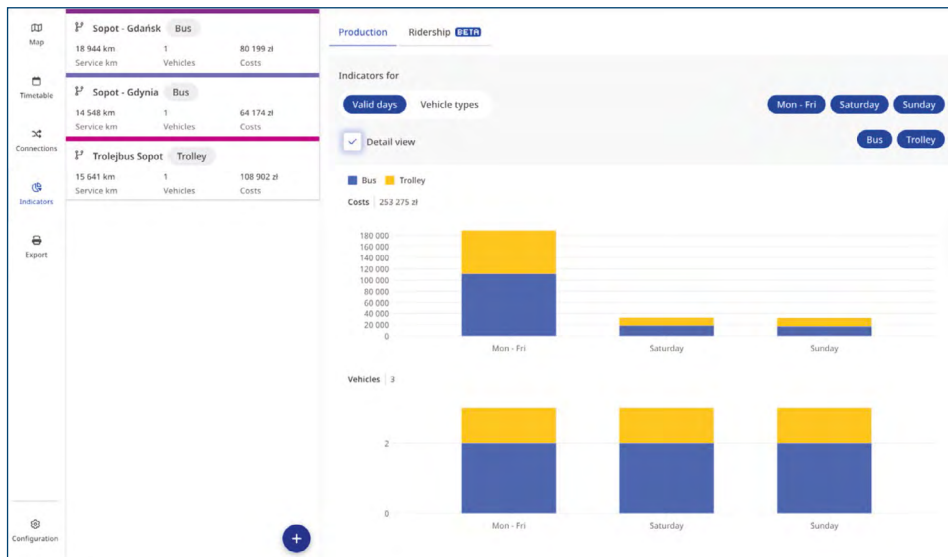
Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

Czy przyjazdy te są zsynchronizowane? A może w danym momencie na przystanek przyjeżdża zbyt wiele pojazdów i należałoby zmienić rozkłady jazdy w celu uniknięcia strat czasu?

Zaznaczając wybrane przedziały czasowe, na osi czasu po lewej stronie pojawi się odniesienie do rozkładu jazdy w tym miejscu. Można to np. edytować, czyli opóźnić/przyspieszyć, tak aby odjazdy były zsynchronizowane albo żeby czas postoju w tej danej chwili był wydłużony.

13. Wskaźniki wynikowe (Indicators)

Niezwykle przydatna jest zakładka Wskaźniki wynikowe (Indicators) po lewej stronie okna interfejsu (rysunek 35). Zakładka ta pozwala zarówno na zbiorcze, jak i indywidualne analizy kosztów analizowanego scenariusza. Można z niej odczytać, jakie koszty generuje jaki system transportowy i w jakie dni tygodnia. Pozwala to na bardzo wygodne porównanie analizowanych zmian.



Rysunek 35. PTV Lines – wskaźniki wynikowe

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

2.5. Dane GTFS

General Transit Feed Specification (GTFS) to standard służący do udostępniania danych o transporcie zbiorowym. Informacje zawarte w pliku GTFS to m.in. lokalizacja przystanków transportu zbiorowego, rozkłady jazdy, trasy linii itp. Zarządcy transportu zbiorowego korzystają z plików GTFS w celu przekazywania informacji podróżnych, ale również dla wszelakich informacji użytych w aplikacjach do informowania np. o czasie odjazdu pojazdów poszczególnych linii.

W praktyce można podzielić dane GTFS na dwie kategorie – takie, które mają dane statyczne, jak rozkłady jazdy, trasy itp., nazywane „GTFS Schedule”. Drugi typ danych to dane dynamiczne, które umożliwiają aktualizację informacji o transporcie zbiorowym w czasie rzeczywistym np. o opóźnieniach pojazdów względem rozkładu jazdy – takie dane to „GTFS Realtime”.

Dane GTFS można wykorzystać na wiele sposobów, np. do analiz transportowych czy badań nad planowaniem rozwoju transportu zbiorowego na danym obszarze. Więcej o wykorzystaniu danych GTFS możesz przeczytać np. w artykule [4], gdzie pokazano przykład, jak zostały zwizualizowane dane o transporcie zbiorowym z Kanady. Kolejny przykład scharakteryzowano w [5], gdzie opisano przetwarzanie danych zarówno „Realtime”, jak i „Schedule”.

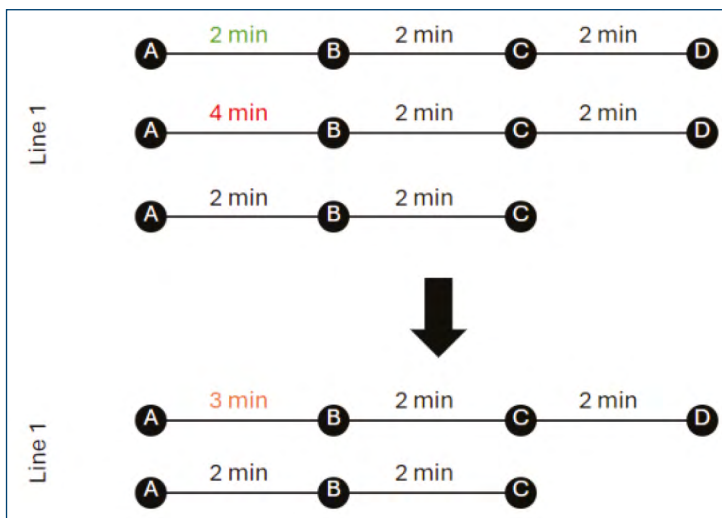
Zadanie 3. Zaimportuj dane GTFS do PTV Lines z dowolnie wybranego miasta

Żeby uniknąć manualnego dodawania przystanków lub linii transportu zbiorowego do PTV Lines, również można w sposób automatyczny zaimportować dane GTFS. W tym celu analogicznie jak w poprzednim ćwiczeniu należy znaleźć w Internecie udostępnione dane GTFS z interesującego nas miasta.

W celu przeprowadzenia tego ćwiczenia upewnij się, jaki jest twój zakres licencji PTV Lines, jakie ma ograniczenia – do ilu linii (do limitu 50 linii można użyć przykładowo danych GTFS z Częstochowy albo Elbląga).

Na tym etapie będzie konieczne podjęcie decyzji, czy chcesz połączyć trasy linii podczas importu.

Ponieważ nie masz wpływu na dane GTFS, a gdy importujesz plik zawierający więcej tras linii niż chcesz w swoim scenariuszu, istnieje możliwość połączenia odpowiednich tras linii bezpośrednio podczas importowania pliku. Jest to szczególnie przydatne podczas pracy z danymi opartymi na rzeczywistych czasach wykonania. Według źródła [24] przykład linii przed i po połączeniu tras schematycznie przedstawia rysunek 36.



Rysunek 36. PTV Lines – łączenie linii

Źródło: [24].

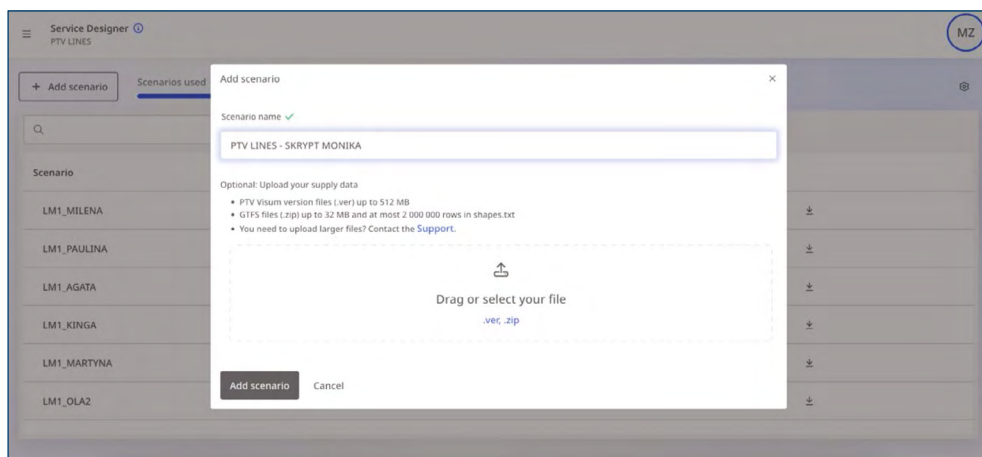
Trasy linii z identycznymi sekwencjami przystanków, ale różnymi czasami przejazdu są łączone. Czasy przejazdu są uśrednione, a liczba używanych pojazdów, czasy obsługi i koszty mogą się nieznacznie zmienić.

ROZWIĄZANIE

W przykładzie zaimportowano dane z miasta Elbląg. Dane zostały udostępnione za pomocą strony internetowej <https://mkuran.pl/gtfs/elblag.zip>. Po kliknięciu w link na komputer powinien pobrać się plik `elblag.zip`.

1. Otwórz nowy scenariusz

Kliknij w **+Add scenario**, aby dodać nowy scenariusz, będąc w oknie podstawowym (Service Designer). Nadaj mu nazwę. Następnie z dysku komputera przeciągnij w środkowe okno plik `.zip` z danymi GTFS (rysunek 37). Analogicznie dodaje się pliki `.ver` z programu PTV Visum, ale o tym będzie w późniejszych podrozdziałach. Na koniec kliknij „Add scenario”. Sam proces dodawania danych może trochę potrwać – w zależności od liczby przystanków, linii transportu zbiorowego, a także parametrów komputera.

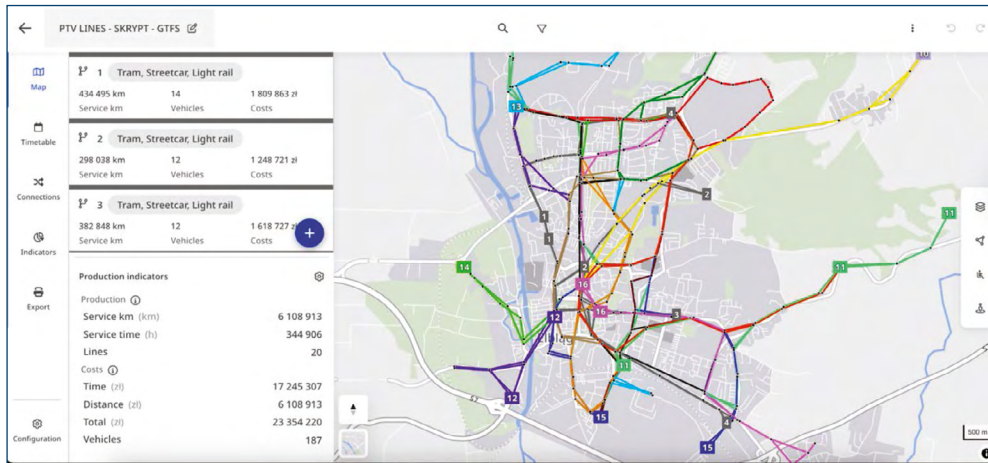


Rysunek 37. PTV Lines – dodawanie danych GTFS

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

Po załadowaniu się danych kliknij w utworzony scenariusz. Dane z pliku GTFS powinny być widoczne zarówno w spisie linii po lewej stronie, jak i na mapie (rysunek 38).

Można zauważyć również, że automatycznie dodały się nowe typy pojazdów i systemy transportu. Na przykładzie Elbląga są to np. tramwaje, a także ich realne rozkłady jazdy przypisane do pliku GTFS.



Rysunek 38. PTV Lines – gotowy widok zaimportowanych danych GTFS

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

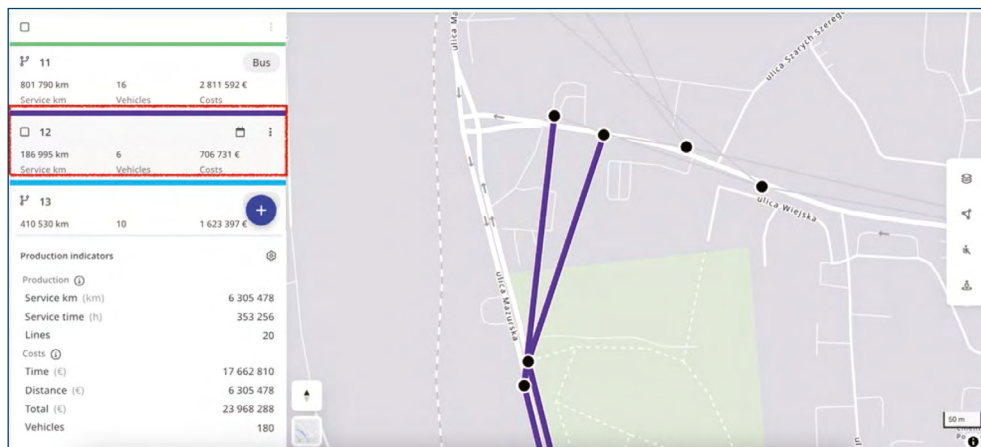
Po imporcie danych widać, że odcinki nie zawsze podążają idealnie za drogami na mapie. Przykładem może być wschodni odcinek linii nr 11, gdzie różnica pomiędzy realną trasą wytyczoną po drodze a zaimportowaną z pliku GTFS znacznie się różni. Wpływa to na obliczenia, ponieważ PTV Lines kalkuluje wskaźniki wynikowe i ich wartości na podstawie odległości.

2. Korekta przebiegu linii

Możliwa jest edycja przebiegu trasy linii na mapie. Z uwagi na to, że w przykładzie z Elbląga nie wszystkie linie przebiegają zgodnie z układem drogowym, to w celu otrzymania poprawnych wyliczeń należy dokonać korekty przebiegu trasy linii.

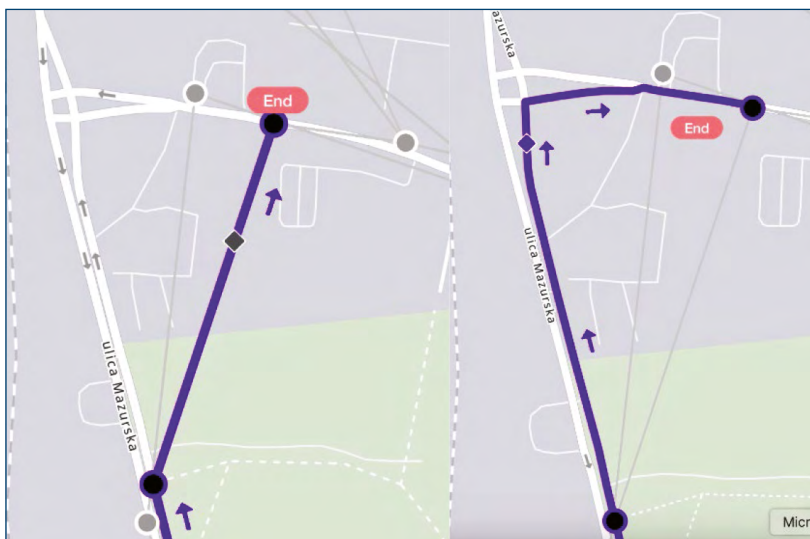
Po lewej stronie ekranu wybierz linię, którą chcesz edytować (rysunek 39), np. niech to będzie linia nr 12. Po kliknięciu linia zaznaczy się, a pozostałe zmienią widok na szare cienkie linie.

Następnie wybierz, który kurs chcesz edytować, np. ten, który został nazwany „Al. Odrodzenia”. Po kliknięciu w niego widok przebiegu zmieni się na rysunku i najeżdżając myszką na kreskę symbolizującą linię kursor zmieni się (rysunek 40).



Rysunek 39. PTV Lines – edycja przebiegu linii – wybór linii

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.



Rysunek 40. PTV Lines – zmiana geometrii

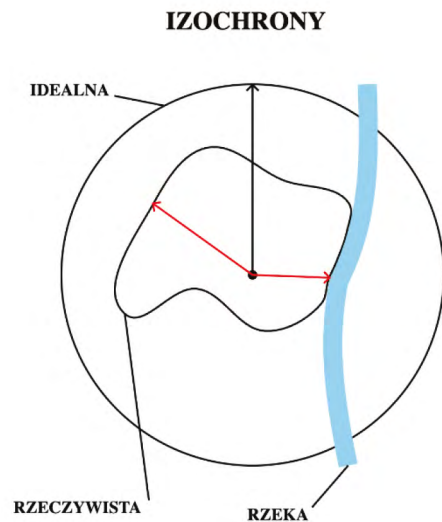
Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

Kliknięcie w ten szary romb pozwala na edytowanie przebiegu linii tak, aby dostosować ją do układu drogowego. W celu otrzymania poprawnych wyników dla całego miasta należy poprawić przebieg wszystkich linii.

2.6. Analiza dostępności – wyrysowanie izochron

Izochrona jest linią na mapie, która opisuje zakres obszaru, w obrębie którego można dotrzeć w takim samym czasie. Daje to możliwość przestrzennego zobrazowania dostępności transportowej. Izochrony mają najczęściej odzwierciedlenie opisywane w czasie np. dojścia pieszego. Stąd też są powszechnie wykorzystywane do oceny dostępności mieszkańców do transportu zbiorowego w miastach. Jest to możliwe dzięki wyznaczeniu obszarów obsługi z przystanków znajdujących się w obszarze danej sieci. Izochrony są kluczowym narzędziem w analizie dostępności usług publicznych (np. szkół, szpitali, urzędów) oraz w ocenie jakości obsługi transportowej obszarów miejskich. W planowaniu sieci transportu zbiorowego umożliwiają identyfikację tzw. białych plam, czyli miejsc, które są słabo dostępne lub charakteryzują się wykluczeniem transportowym. Dzięki analizie izochron możliwe jest wskazanie potrzeb rozbudowy sieci, lokalizacji nowych przystanków, zmian w trasowaniu linii czy częstotliwości kursów.

W warunkach idealnych izochrony są kołem, czyli zapewniają pełną dostępność transportową od swojego punktu centralnego – źródła ruchu. W rzeczywistości jednak na siatkę dostępności należy narzucić pewne ograniczenia infrastrukturalne związane z przemieszczaniem się pieszo. Będą to budynki, które najczęściej trzeba obejść, aby móc kontynuować trasę w danym kierunku. Istotnymi ograniczeniami są również naturalne ograniczenia, takie jak rzeki, czy te wynikające z infrastruktury drogowej. W takich okolicznościach rzeczywisty zakres możliwego do osiągnięcia obszaru z danego źródła może się różnić. Mowa wtedy o izochronie rzeczywistej, która odzwierciedla rzeczywistą dostępność pieszą użytkowników z danego punktu (rysunek 41).

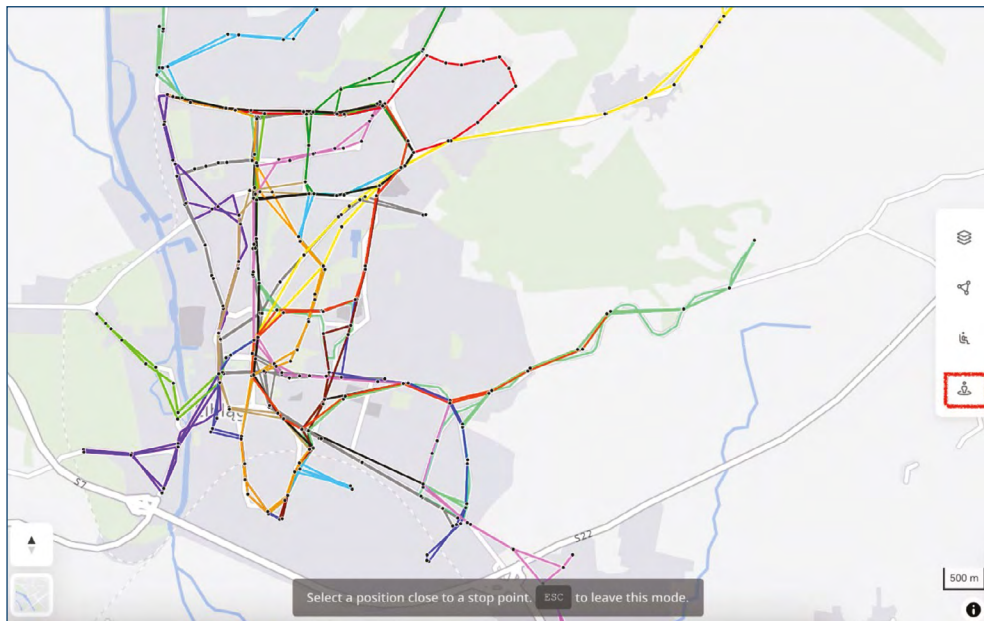


Rysunek 41. Izochrony – różnica między idealną a rzeczywistą

Źródło: Opracowanie własne.

Zadanie 4. Analiza dostępności w PTV Lines

Przydatną funkcją w PTV Lines jest analiza dostępności transportu zbiorowego. W tym celu należy kliknąć po prawej stronie mapy w ikonkę ludzika (rysunek 42).



Rysunek 42. PTV Lines – analiza dostępności

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

Po prawej stronie pojawi się okno, gdzie należy kliknąć „Place starting point”, a następnie kliknąć na mapie miejsce, od którego chcesz zacząć podróż. Następnie okno zmieni swój wygląd (rysunek 43), w którym definiujesz w jaki dzień tygodnia, o której godzinie i jaki maksymalny czas chcesz przeznaczyć na podróż. Następnie, ile maksymalnie przesiadek dopuszczasz w podróży. Na samym dole pojawia się kolorystyczna skala w zależności od maksymalnego czasu podróży.

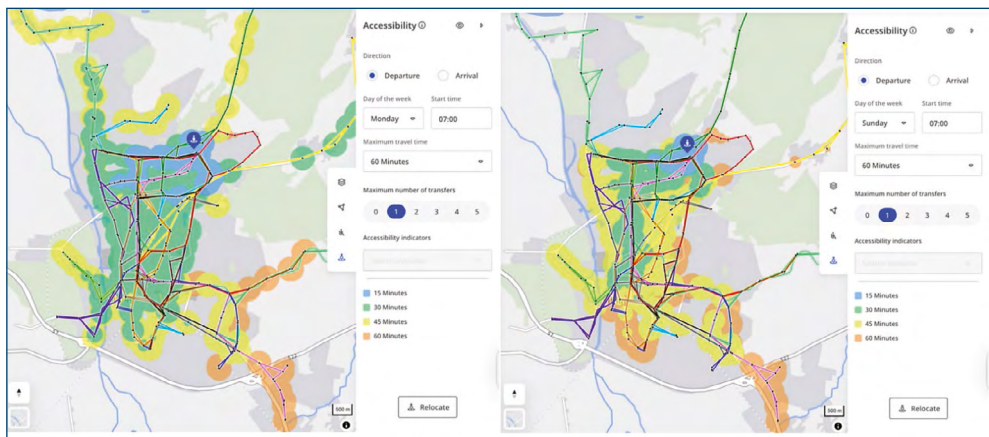
Chcąc dowiedzieć się, gdzie jesteś w stanie dojechać w 60 minut (ponieważ w Elblągu najtańszy bilet jest na strefę I i jest on właśnie 60-minutowy) w poniedziałek o 7:00 i w niedzielę o 7:00, zakładając maksymalnie jedną przesiadkę (rysunek 44), zaznacz odpowiednie parametry.

The screenshot shows the 'Accessibility' settings panel in PTV Lines. It includes the following elements:

- Accessibility** header with an information icon and a right arrow.
- Monday** dropdown menu and **09:00** start time input field.
- Maximum travel time** dropdown menu set to **90 Minutes**.
- Maximum number of transfers** slider set to **2** (options: 0, 1, 2, 3, 4, 5).
- Accessibility indicators** section with a search bar labeled 'Search Indicator'.
- Legend for accessibility indicators:
 - 20 Minutes (blue square)
 - 40 Minutes (green square)
 - 60 Minutes (yellow square)
 - 90 Minutes (orange square)
- Relocate** button at the bottom.

Rysunek 43. PTV Lines – ustawienia analizy dostępności

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.



Rysunek 44. PTV Lines – analiza porównawcza dostępności transportu zbiorowego

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

Jak można zauważyć (rysunek 44), w niedzielę nie jesteś w stanie w czasie 60 minut dojechać w północne części Elbląga.

2.7. Brygadowanie (Line Blocking)

Więcej o tym, czym jest brygadowanie, opisano w podrozdziale 1.3 przy okazji rozkładu jazdy. Celem brygadowania w PTV Lines jest oszacowanie niezbędnej liczby pojazdów do obsłużenia zaplanowanego rozkładu jazdy. Istotne jest, aby wymagana liczba pojazdów była jak najmniejsza, co ograniczy zapotrzebowanie na tabor oraz kierowców. Żeby móc dokonać obliczeń, niezbędne jest zapoznanie się z definicjami poszczególnych elementów:

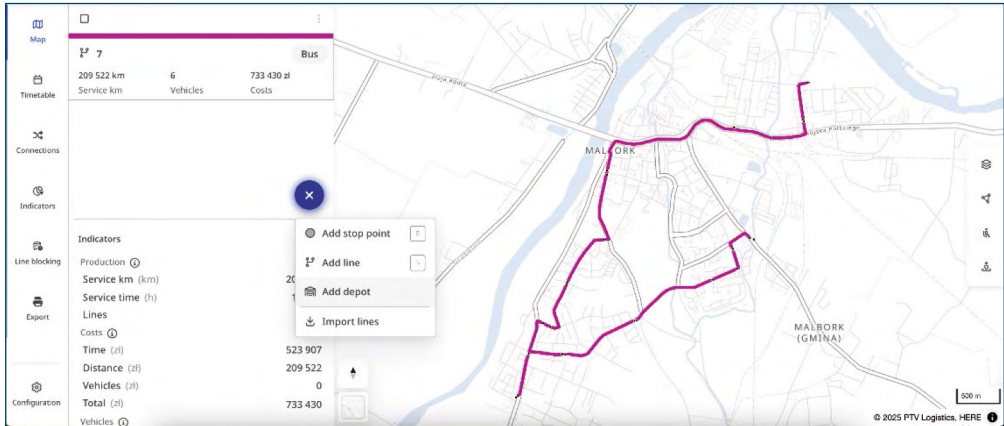
- ▶ Depot (zajezdnia) – jest to miejsce, w którym można zaparkować pojazd po niskich kosztach. Pracownicy mogą rozpoczynać i kończyć zmiany lub robić przerwy. Czas postoju na przystanku bazowym odnosi się bezpośrednio do okresu, w którym pojazd jest zaparkowany.
- ▶ Layover (postój) – przerwa w czasie pracy kierowcy lub pojazdu. Czasy postoju są definiowane dla każdego systemu transportowego oddzielnie. Minimalny czas postoju po każdym kursie można zmienić w ustawieniach.
- ▶ Deadhead (przejazd techniczny) – jest to przejazd bez pasażerów. Są to przejazdy do i z zajezdni oraz pomiędzy przystankami końcowymi/początkowymi w celu obsługi kursu.
- ▶ Block (brygada) – porcja pracy dla jednego pojazdu składająca się co najmniej z: wyjazdu i zjazdu do zajezdni oraz jednego kursu.

W PTV Lines obliczenia opierają się na algorytmie brygadowania z PTV VISUM.

Z założenia do jednej brygady mogą być przypisane kursy zaplanowane do realizacji tym samym typem pojazdu, ale nie muszą to być kursy tylko jednej linii. Gdy trasę przejazdu technicznego da się poprowadzić przez istniejące na mapie drogi, średnia prędkość przejazdu obliczana jest na podstawie parametrów jezdni, a gdy nie jest to możliwe, przyjmuje się średnią prędkość 15 km/h oraz dystans w linii prostej.

Zadanie 5. Dokonaj obliczeń liczby brygad

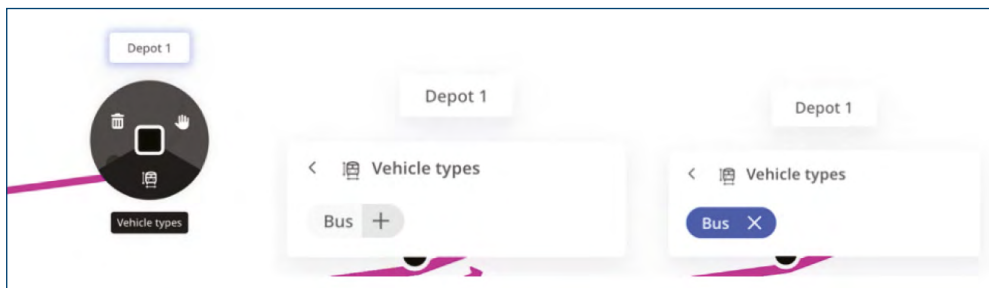
1. Na początku zdefiniuj, które przystanki będą przystankami w roli Zajezdni (Depot). W tym celu kliknij na niebieski plus i wybierz opcję „Add Depot”. Zajezdnie umieść bardzo blisko końcowego przystanku dodanej wcześniej linii (rysunek 45).



Rysunek 45. PTV Lines – dodawanie zajezdni

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

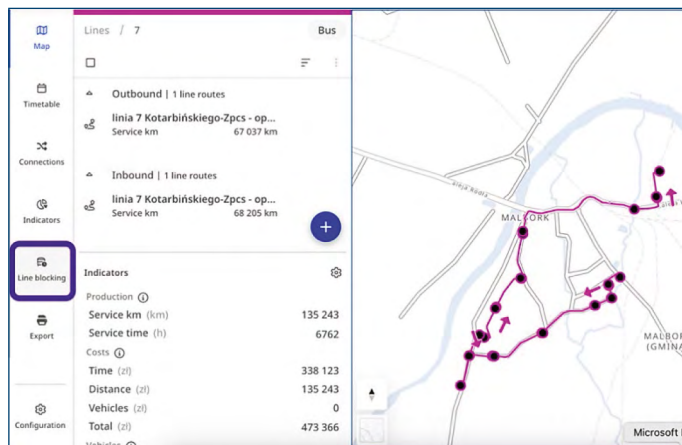
- Następnie zdefiniuj, jaki typ transportu może być obsługiwany przez zajezdnię. W tym celu kliknij kwadratową ikonę dodanej zajezdni i wybierz opcję pojazdu. Następnie z dostępnych opcji typów pojazdów wybierz ten, dla którego zajezdnia ma pełnić swoje funkcje. W poniższym przykładzie jest to zajezdnia dla autobusów. Po wybraniu typu pojazdu zmieni kolor na niebieski (rysunek 46).



Rysunek 46. PTV Lines – kolejność czynności przy przypisywaniu środka transportu do zajezdni

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

3. Przejdź do opcji „Line Blocking”, która znajduje się po lewej stronie okna (rysunek 47).



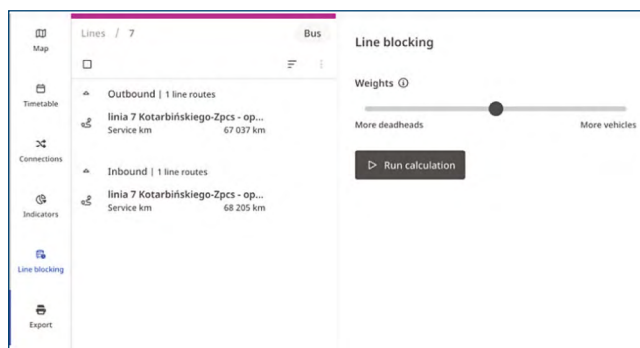
Rysunek 47. PTV Lines – brygadowanie

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

4. Suwakiem określ proporcję liczby używanych pojazdów z liczbą przejazdów technicznych.

Przesunięcie suwaka w kierunku „Więcej pojazdów” (more vehicles) zwiększa wykorzystanie pojazdów, minimalizując liczbę przejazdów technicznych, natomiast przesunięcie suwaka w kierunku „Więcej przejazdów technicznych” (more deadheads) zmniejsza liczbę pojazdów w eksploatacji, nawet jeśli skutkuje to dłuższymi lub częstszymi pustymi przejazdami. Wybierz ustawienie, które najlepiej odpowiada twoim celom operacyjnym.

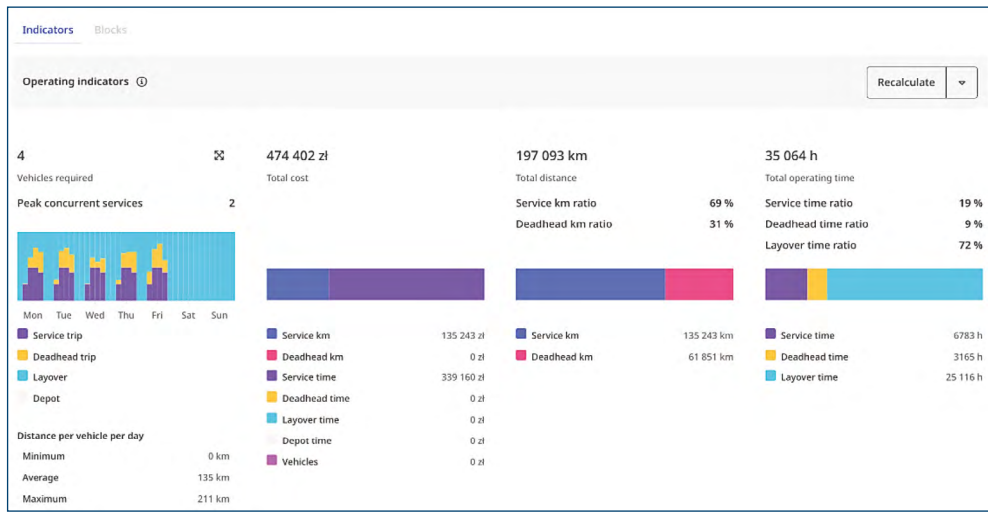
Następnie kliknij przycisk „Run calculation” w celu wykonania obliczeń (rysunek 48).



Rysunek 48. PTV Lines – parametry brygadowania

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

5. PTV Lines dokona obliczeń. Dla przykładowej linii program wyliczył zapotrzebowanie na 4 pojazdy, całkowity koszt oraz statystyki pokazujące, jaki procent kilometrów przejechanych przez pojazd stanowią trasy serwisowe, a jaki dojazd do zajezdni. Pozostałe dane przedstawiono na rysunku 49.



Rysunek 49. PTV Lines – brygadowanie wyniki

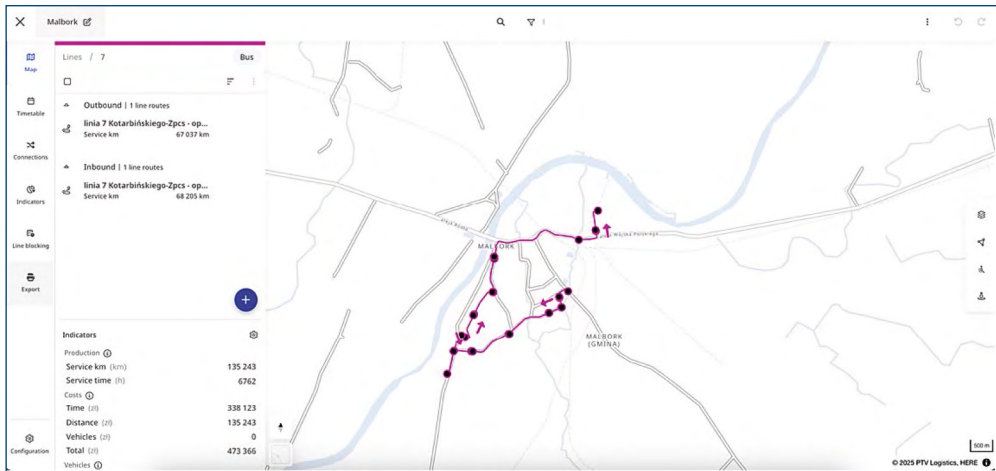
Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

Line Blockig został dodany do PTV Lines w lutym 2026 roku. Jest to nowa funkcja, która będzie jeszcze rozwijana w przyszłości, ponieważ w obecnej formie jest bardzo ograniczona.

2.8. Eksport widoku

Mapę zawierającą narysowane (lub zaimportowane) dane można w łatwy sposób eksportować do pliku .png.

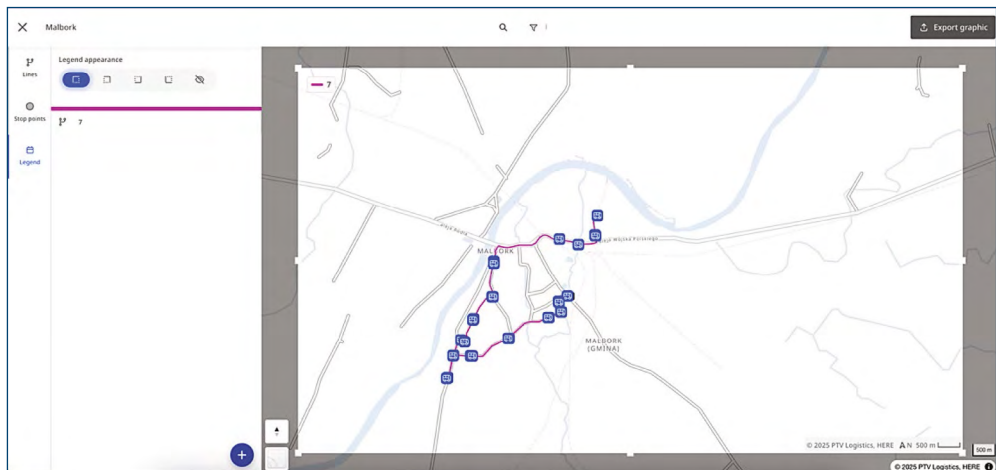
1. Kliknij po lewej stronie ikonę z drukarką „Export”.



Rysunek 50. PTV Lines – eksport widoku

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

2. Następnie po lewej stronie masz opcje graficzne do zmiany związane kolejno z linią, przystankiem, legendą. Dostosuj widok i zakres wydruku zgodnie z własnymi preferencjami. Na koniec kliknij przycisk w prawym górnym rogu ekranu „Export graphic”. Plik zostanie zapisany na komputerze (rysunek 51).



Rysunek 51. PTV Lines – opcje widoku do eksportu

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

2.9. Scenariusze

Co to są scenariusze i jak można na nich pracować opisano w podrozdziale 2.1.7. Za-tem teraz przyszedł czas na praktyczne wykorzystanie tej wiedzy. Niech za przykład posłużą nam dane z Częstochowy.

Zadanie 6. Analiza porównawcza scenariuszy

1. Stwórz nowy scenariusz za pomocą pliku GTFS z miasta Częstochowa i nadaj mu nazwę „Częstochowa”.

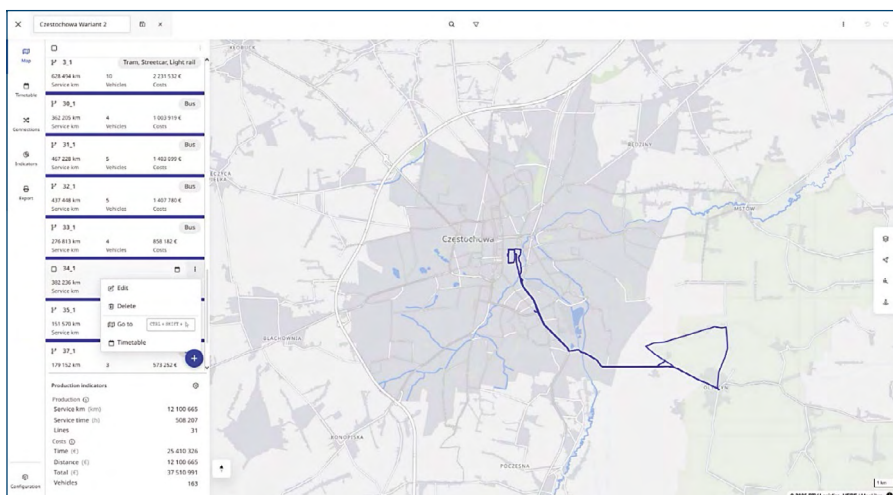
Pobierz najbardziej aktualne pliki .gtfs z miasta Częstochowa. Przydatną stroną internetową może okazać się <https://odt.org.pl/data> – zawarto tam dane transportowe z różnych miast. Aby zaimportować dane .gtfs z Częstochowy, można użyć dostępnych danych ze strony <https://mpk.czest.pl/public/cloud/index.php/s/utbhukj2pYM-6T?path=%2FDane%20rozk%C5%82adowe>.

2. Nowo utworzony scenariusz skopiuj i nadaj mu nazwę „Częstochowa Wariant 2”.

W widoku PTV Lines (Service Designer) kliknij w symbol kopiowania znajdujący się przy scenariuszu, który chcesz skopiować. Po kliknięciu scenariusz zostanie dodany do listy scenariuszy. Następnie zmień nazwę na „Częstochowa Wariant 2”.

3. W scenariuszu drugim dokonaj zmian.

Przykładem może być np. zrezygnowanie z linii 34_1, 11_1 i 12_1. W tym celu wykasuj linię 34_1. Klikając w trzy pionowe kropki przy danej linii, wybierz opcję „Delete” (rysunek 52).



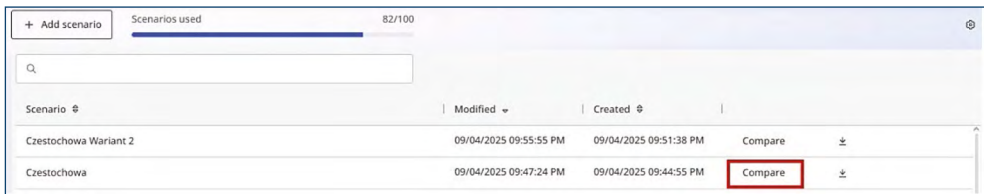
Rysunek 52. PTV Lines – usuwanie linii

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

To samo zrób z linią 12_1 i 11_1.

4. Przejdź do opcji porównywania scenariuszy

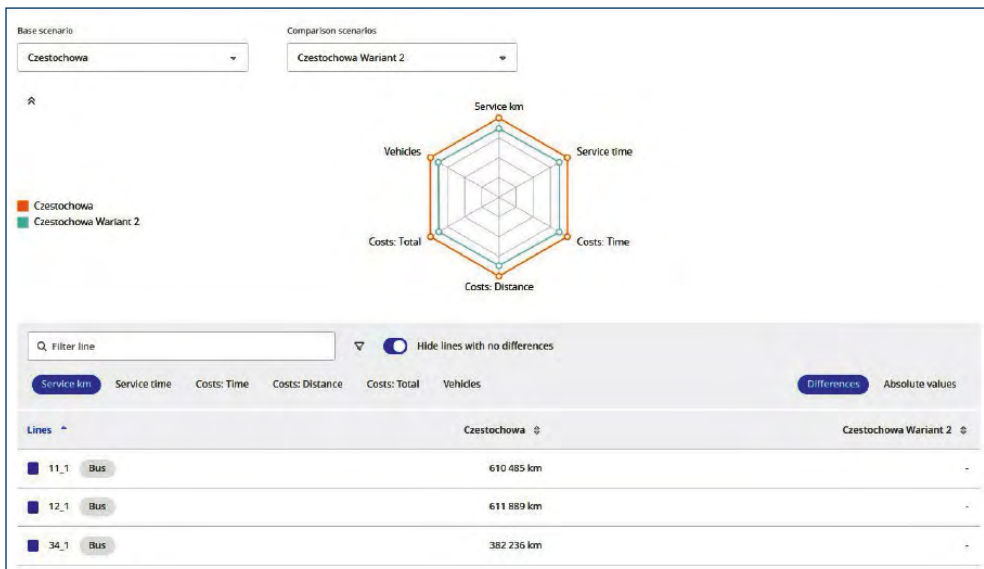
Aby porównać dwa scenariusze, wybierz opcję w głównym ekranie PTV Lines „Compare” (rysunek 53).



Rysunek 53. PTV Lines – porównanie scenariuszy

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

Następnie wybierz drugi scenariusz do porównania. Dane wynikowe powinny być analogiczne do tych, które przedstawia rysunek 54. W taki oto sposób zarządca transportu może w łatwy sposób zobaczyć, jakie będą oszczędności po skasowaniu w tym przypadku trzech linii transportu zbiorowego.




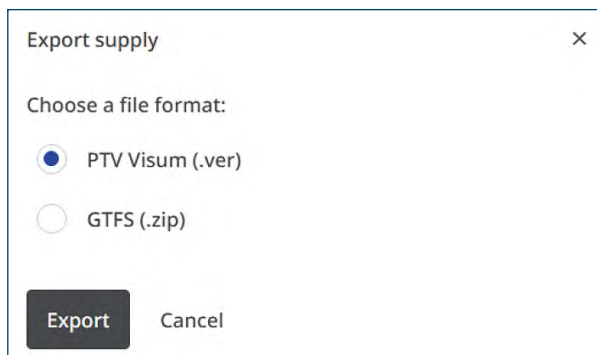
Rysunek 54. PTV Lines – dane wynikowe porównania scenariuszy

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

3. Połączenie pomiędzy PTV Lines a PTV Visum



3.1. Eksport z PTV Lines do PTV Visum

W celu eksportu zaplanowanej sieci publicznego transportu zbiorowego z PTV Lines do PTV Visum kliknij w prawym górnym rogu na przycisk , a następnie wybierz opcję „Export supply”. Potem koniecznie wybierz format eksportu. W oknie (rysunek 55) wybierz plik .ver i kliknij na przycisk „Export”.



Rysunek 55. PTV Lines – widok opcji eksportu sieci

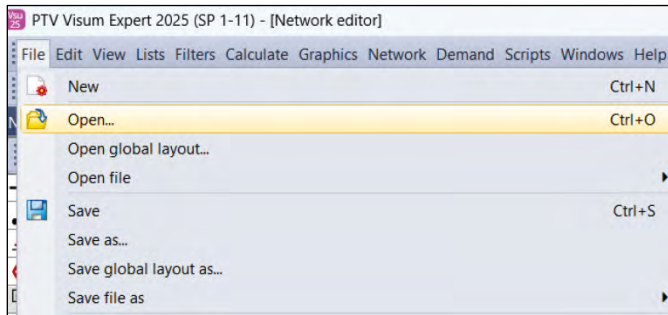
Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

Poczekaj aż plik zostanie wygenerowany. O zakończeniu procesu zostaniesz poinformowany poprzez zmianę wyglądu przycisku z  na .

Po kliknięciu w ten przycisk zostanie ci udostępniona opcja pobrania wygenerowanego pliku .ver – aby to zrobić, wybierz opcję „Download supply” i zapisz plik w wybranym miejscu na komputerze.

3.1.1. Import sieci do pustego pliku PTV Visum

W celu otwarcia pliku w PTV Visum wybierz z menu „File” opcję „Open...” i wskaż zapisany wcześniej plik (rysunek 56).

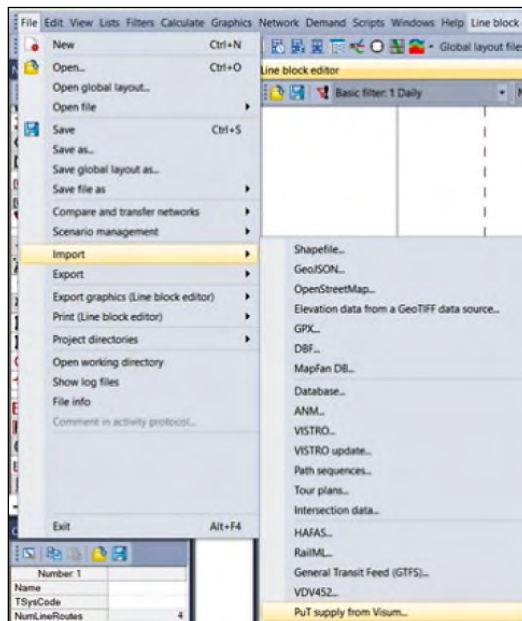


Rysunek 56. PTV Visum – otwieranie pliku z siecią

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Visum.

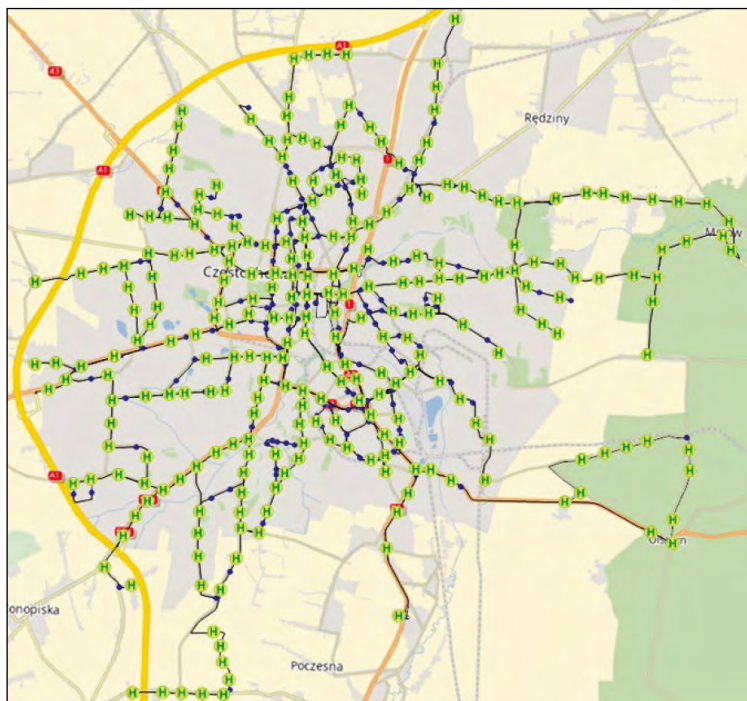
3.1.2. Import sieci do istniejącego pliku PTV Visum

Sieć stworzoną w PTV Lines możesz również zaimportować do istniejącego modelu PTV Visum. W tym celu wybierz z menu File → Import → PuT supply from Visum (rysunek 57).



Rysunek 57. PTV Visum – import sieci do istniejącego pliku .ver.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Visum.



Rysunek 58. PTV Visum – widok sieci po imporcie

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Visum.

Zaimportowana w ten sposób sieć zostanie nałożona na już istniejący model i pozwoli na przeprowadzenie bardziej zaawansowanych analiz. Przykład zaimportowanej sieci zaprezentowano na powyższym rysunku 58.

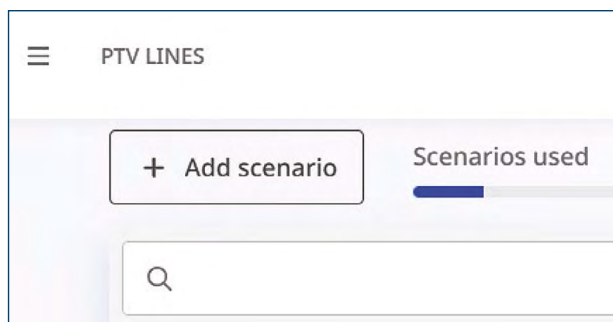
3.1.3. Podsumowanie

Import sieci do PTV Visum umożliwia bardziej zaawansowane prace związane z planowaniem oferty transportu zbiorowego. Rozłożenie ruchu na sieć w PTV Visum pozwoli na szczegółowe analizy związane z czasem podróży, czasem oczekiwania na przesiadkę czy też sprawdzeniem, czy nowa oferta jest w stanie przyciągnąć większą liczbę pasażerów. Ponadto w PTV Visum można uruchomić procedurę, której zadaniem jest skrócenie czasu oczekiwania pasażerów na przesiadkę („Headway offset optimization”) oraz przypisanie kursów do brygad w celu minimalizacji zapotrzebowania na tabor (procedura „Line blocking”).

3.2. Import plików z PTV Visum i GTFS do PTV Lines

3.2.1. Import sieci

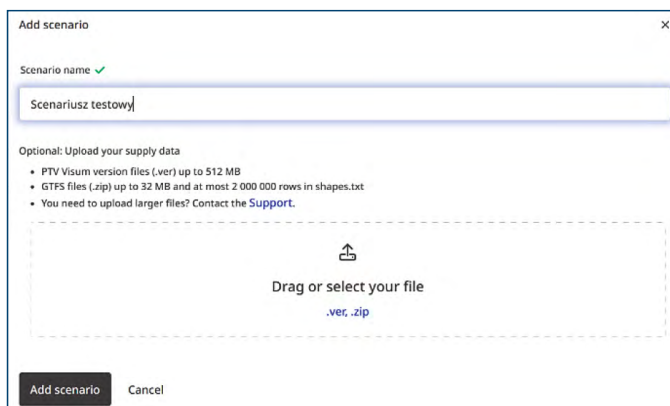
Do PTV Lines można bezpośrednio wczytywać pliki wygenerowane w PTV Visum lub rozkłady zapisane w standardzie GTFS. W tym celu w oknie głównym scenariuszy wybierz przycisk „Add scenario” (rysunek 59).



Rysunek 59. PTV Lines – import sieci z pliku .ver. (krok 1)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

W polu „Scenario name” możesz nadać nazwę scenariusza. W kolejnym kroku wybierz plik, który ma zostać zaimportowany do PTV Lines. Plik możesz przeciągnąć kursoriem na pole otoczone przerywaną ramką (rysunek 60).



Rysunek 60. PTV Lines – import sieci z pliku .ver. (krok 2)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

Po opisanych krokach okno zaprezentowane powiększy się tak, jak to przedstawione na rysunku 61.

Add scenario

Scenario name ✓

Scenariusz testowy

Optional: Upload your supply data

- PTV Visum version files (.ver) up to 512 MB
- GTFS files (.zip) up to 32 MB and at most 2 000 000 rows in shapes.txt
- You need to upload larger files? Contact the [Support](#).

Drag or select your file

.ver, .zip

scenariusz_testowy.ver
777 KB

Merge line routes with similar run times ⓘ

First day: DD.MM.RRRR

Last day: DD.MM.RRRR

ⓘ You can choose a specific week, otherwise the first week will be imported by default.

Add scenario Cancel

Rysunek 61. PTV Lines – import sieci z pliku .ver. (krok 3)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

Jeśli zaznaczysz pole „Merge line routes with similar run times” w sytuacji, gdy jedna linia ma różne czasy przejazdu pomiędzy tymi samymi przystankami w ciągu dnia, zostaną one uśrednione – więcej o uśrednianiu można przeczytać w podrozdziale o GTFS (szczegółowe objaśnienie znajduje się również na rysunku 38).

W ostatnim kroku wybierz datę, z jaką mają być zaimportowane rozkłady do PTV Lines. Następnie po kliknięciu w przycisk „Add scenario” zostanie on zaimportowany do PTV Lines.

Po wykonaniu importu rozkład pojawi się w PTV Lines.

3.2.2. Import plików GeoJSON

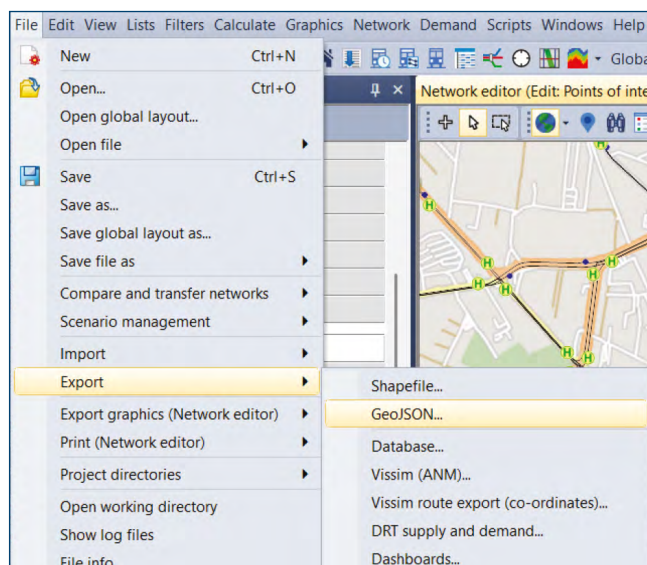
Kolejnym przydatnym formatem plików są pliki GeoJSON. Pliki te to specjalny format zapisu danych geograficznych. Format ten oparty jest na standardzie JSON (JavaScript Object Notation), a co za tym idzie umożliwia przechowywanie i wymianę informacji o obiektach geograficznych, takich jak punkty, linie, obszary wraz z ich atrybutami.

Sam format jest tekstowy. Pliki GeoJSON służą do reprezentacji geometrii obiektów geograficznych wraz z ich lokalizacją i adresem.

Do PTV Lines można zaimportować pliki z rozszerzeniem *.geojson*. Jest to format plików do przechowywania danych przestrzennych, zatem mogą być to informacje o dokładnym rozmieszczeniu szkół średnich czy też obrysy budynków mieszkalnych wraz liczbą osób, które w nich zamieszkują.

Poniższy przykład opisuje eksport danych przestrzennych z PTV Visum, a następnie import do PTV Lines.

W celu wyeksportowania danych geoprzestrzennych z PTV Visum wybierz kolejno menu File → Export → GeoJSON (rysunek 62).

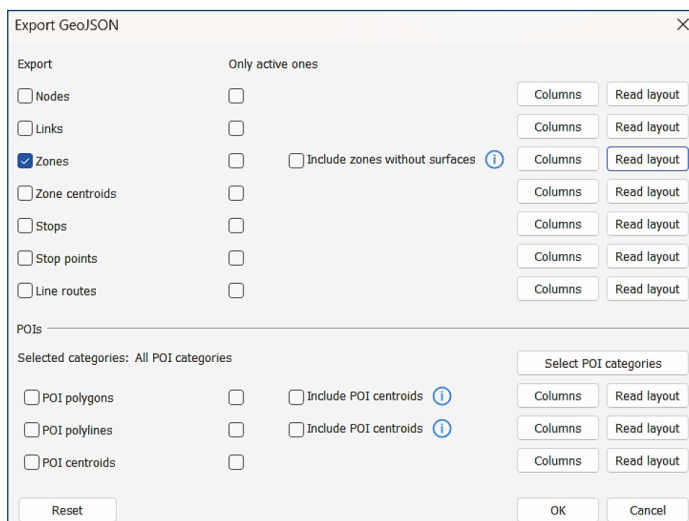


Rysunek 62. PTV Visum – eksport danych

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Visum.

W kolejnym kroku wskaż miejsce, w którym wyeksportowany plik bądź pliki mają zostać zapisane. Następnie w oknie analogicznym do tego, które przedstawiono na rysunku 63, wybierz typ danych do eksportu.

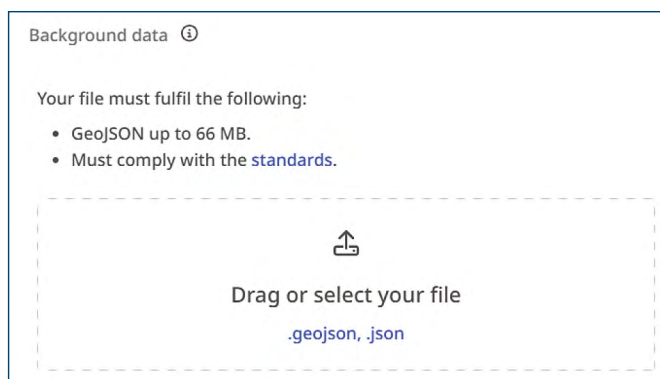
Możesz wyeksportować węzły („Nodes”), połączenia między nimi, czyli linki („Links”), rejon komunikacyjny („Zones”), centroidy („Zones centroids”), czyli punkty ciężenia w rejonach komunikacyjnych, lokalizacje słupków przystankowych („Stop points”) lub zespołów przystankowych („Stops”), a także tras linii transportu zbiorowego („Line routes”). Jeśli w modelu w PTV Visum zostały zdefiniowane punkty użyteczności publicznej (POI), również można je wyeksportować.



Rysunek 63. PTV Visum – eksport danych – zaznaczanie opcji do eksportu

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Visum.

Po kliknięciu w przycisk „Columns” w kolejnym oknie możliwe jest wybranie konkretnych atrybutów, jakie mają być wyeksportowane. Po kliknięciu w przycisk „OK” plik zostanie zapisany w wybranym wcześniej miejscu.



Rysunek 64. PTV Lines – eksport danych .geojson z PTV Visum do PTV Lines

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

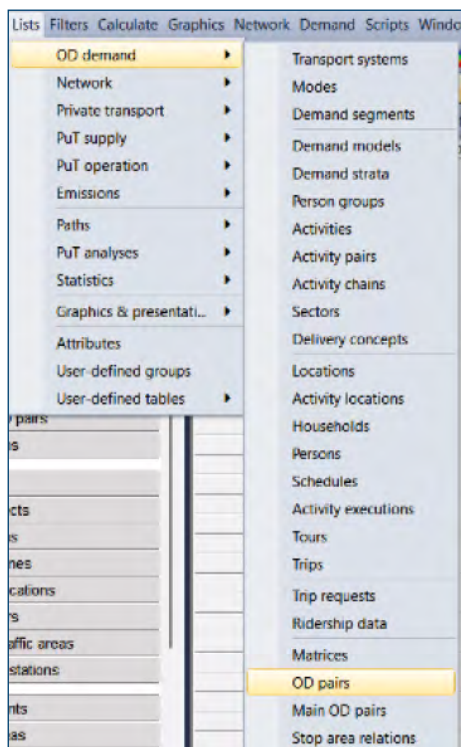
Aby zaimportować wygenerowany w PTV Visum plik (lub plik z zewnętrznego źródła) do wybranego scenariusza w PTV Lines, przejdź do jego konfiguracji. Można to zrobić klikając w przycisk „Configuration”, a następnie wybierając z menu wi-

dok „Background”. Następnie w oknie przedstawionym jako powyższy rysunek 64 należy przeciągnąć na pole otoczone szarą ramką wybrany plik lub kliknąć w nie raz, aby wybrać plik zapisany w pamięci komputera.

3.2.3. Import danych o popycie

Podobnie jak pliki .geojson, dane o popycie możesz przygotować we własnym zakresie lub zaimportować je z PTV Visum. Poniższy przykład opisuje eksport danych o popycie z PTV Visum, a następnie import do PTV Lines. W przypadku importu danych o popycie z zewnętrznego źródła można pominąć kroki wykonywane w PTV Visum.

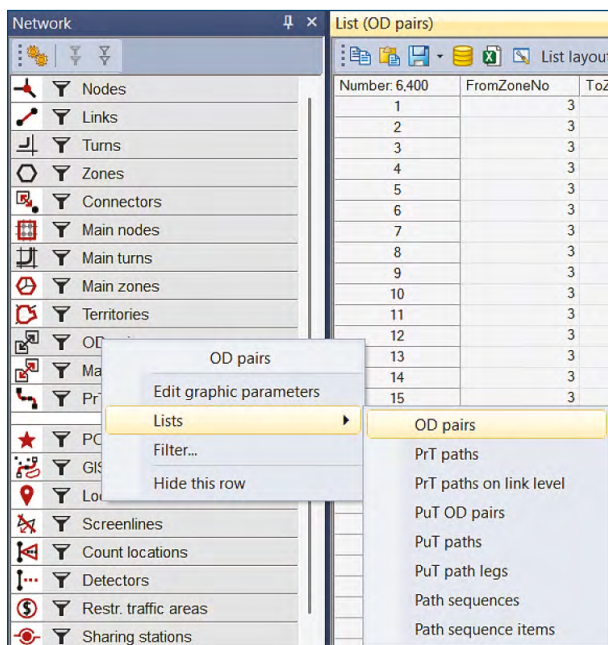
W celu wyeksportowania danych o popycie z PTV Visum wybierz kolejno menu Lists → OD paris → OD pairs (rysunek 65).



Rysunek 65. PTV Visum – wyświetlanie par źródło-cel (sposób 1)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Visum.

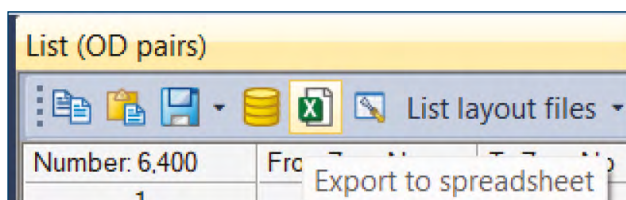
Lub w głównym oknie programu kliknij prawym przyciskiem myszy na „OD pairs” i wybierz menu Lists → OD pairs (rysunek 66).



Rysunek 66. PTV Visum – wyświetlanie par źródło-cel (sposób 2)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Visum.

Następnie wybierz opcję odpowiadającą za eksport danych do arkusza kalkulacyjnego, klikając na ikonę arkusza w tabeli „Export to spreadsheet” (rysunek 67).



Rysunek 67. PTV Visum – eksport par źródło-cel do pliku

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Visum.

Wyeksportowany plik będzie składał się z czterech kolumn przedstawionych jako rysunek 68.

	A	B	C	D
1	Number: 6,400	FromZoneNo	ToZoneNo	MatValue(1 Popyt)
2	1		3	3
3	2		3	4
4	3		3	9
5	4		3	10
6	5		3	19

Rysunek 68. Struktura pliku po eksporcie

Źródło: Opracowanie własne.

Pierwszą kolumnę usuń. Nazwy drugiej i trzeciej zamień kolejno na „From” i „To”. Czwartej nadaj nazwę według uznania, pamiętając, że z taką nazwą będzie wyświetlała się w PTV Lines. Po powyższych działaniach struktura pliku powinna wyglądać jak ta zaprezentowana na rysunku 69.

	A	B	C
1	From	To	Popyt 24h
2		3	3
3		3	4
4		3	9

Rysunek 69. Struktura pliku po modyfikacjach

Źródło: Opracowanie własne.

Plik zapisz jako plik typu .csv, a następnie otwórz w dowolnym edytorze tekstowym. Jeśli domyślnie plik został wygenerowany z przecinkami jako separator, tak jak na rysunku 70, zmień je na średniki. W wielu edytorach tekstu można tego dokonać po znalezieniu opcji „Zamień wszystko” (rysunek 70). Tak przygotowane dane możesz zaimportować do PTV Lines.

WAŻNE – Wartości w polach „From” i „To” to numery rejonów komunikacyjnych, muszą więc odpowiadać jednemu wybranemu polu w pliku .geojson z tymi rejonami.

WAŻNE – Z PTV Visum został wyeksportowany dobowy popyt. W dalszej części będziesz pracować na popycie podzielonym na przedziały godzinowe. Aby zrobić to samodzielnie, wystarczy otworzyć wyeksportowany plik w dowolnym arkuszu kalkulacyjnym i dodać kolumny, w których będzie przechowywany popyt w wybranych

przedziałach godzinowych. W naszym przykładzie do przygotowania popytu podzielonego na godziny skorzystaliśmy z danych o nierównomierności czasowej przewozów w Zielonej Górze zaprezentowanej na rysunku 1 w podrozdziale 1.4. Zwróć uwagę, że nie stworzyliśmy osobnego przedziału dla każdego przedziału godzinowego, ale skumulowaliśmy przedziały godzinowe do kilku dłuższych okresów.

From	To	Popyt 24h
3	3	0
3	4	33
3	9	13
3	10	6

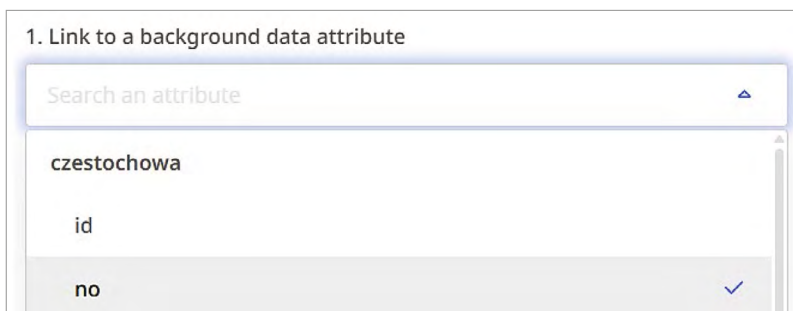
From;To	Popyt 24h
3;3	0
3;4	33
3;9	13
3:10	6

Rysunek 70. Nieprawidłowa (przecinek jak znak oddzielający) oraz prawidłowa (średnik jako znak oddzielający) struktura pliku .csv

Źródło: Opracowanie własne.

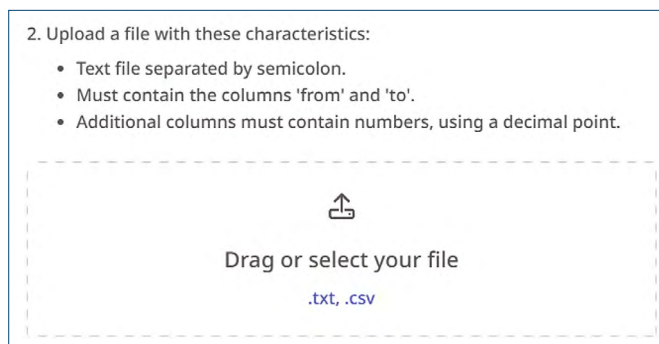
W celu importu danych o popycie w PTV Lines przejdź do konfiguracji poprzez wybranie przycisku „Configuration” w prawym dolnym rogu okna programu. Następnie wybierz menu „Origin-destination”.

W oknie przedstawionym jako rysunek 71 wybierasz pole, które w pliku z rejonami komunikacyjnymi zawiera ich numer. W tym przypadku jest to pole „no”. Następnie w dolnej części okna (rysunek 72) wybierz plik z popytem, który ma zostać zaimportowany do PTV Lines.



Rysunek 71. PTV Lines – powiązanie pliku z rejonami komunikacyjnymi z plikiem z danymi o popycie

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.



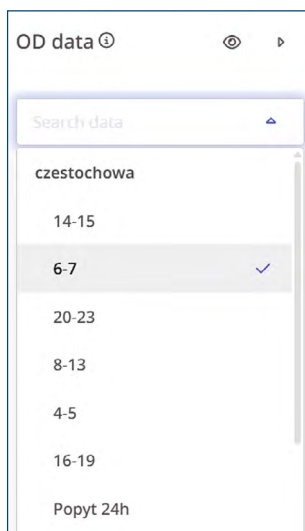
Rysunek 72. PTV Lines – import pliku z danymi o popycie

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

Po tych działaniach popyt zostanie poprawnie zaimportowany do PTV Lines. Pracę z nim opisano w dalszych podrozdziałach.

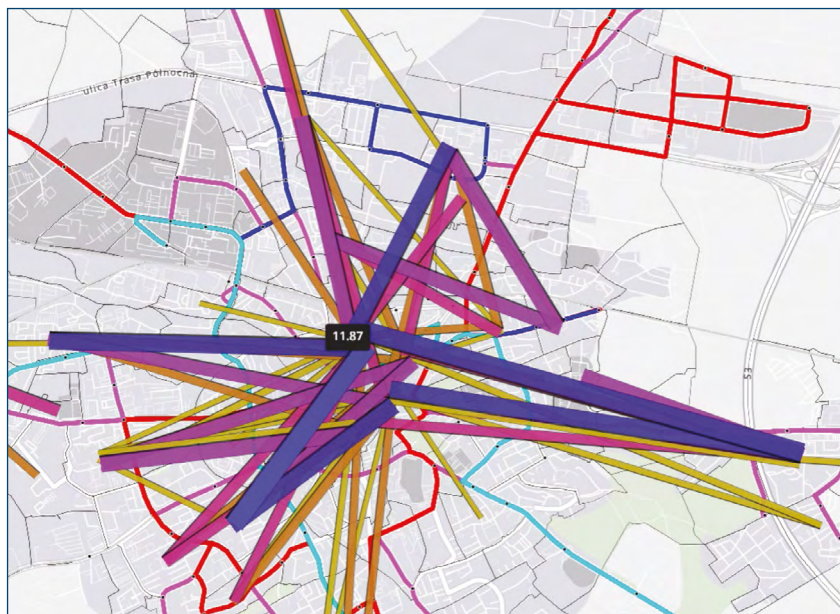
3.3. Wyświetlenie więźby ruchu transportu zbiorowego pomiędzy rejonami komunikacyjnymi

W celu wyświetlenia więźb ruchu w PTV Lines kliknij przycisk z prawej strony ekranu programu. Po kliknięciu rozwinię się menu, takie jak przedstawiono na rysunku 73.



Rysunek 73. PTV Lines – wybór więźby ruchu do wyświetlenia

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.



Rysunek 74. PTV Lines – widok więźb ruchu

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

Po wybraniu przedziału czasowego popytu zostanie on wyświetlony na mapie w formie więźb ruchu. Przykładowy widok więźb ruchu na mapie przedstawiono na rysunku 74.

3.4. Popyt w PTV Lines

3.4.1. Podstawy teoretyczne

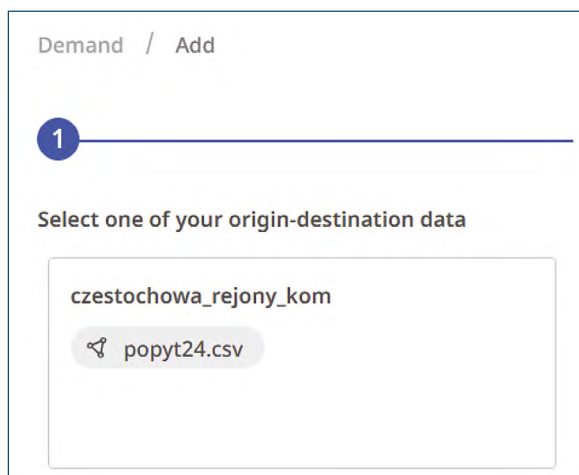
W klasycznych, czterostadiowych modelach ruchu w pierwszym kroku dla każdego z rejonów komunikacyjnych generowane są potencjały ruchotwórcze związane z tym, jak dużo podróży jest „produkowanych” przez dany rejon i jak dużo jest przez niego podróży „przyciąganych”. W drugim ustala się pomiędzy jakimi parami rejonów komunikacyjnych do nich dochodzi. W trzecim do każdej podróży przypisywany jest środek transportu, którym może być np. samochód, rower czy też transport zbiorowy. W czwartym podróże te nanosi się na zakodowaną sieć. Mamy wtedy do czynienia ze zjawiskiem **obciążania sieci** podróżami i w rezultacie potokami podróży w transporcie zbiorowym i potokami pojazdów w transporcie indywidualnym [25]. Budowa modelu symulacyjnego wymaga dostępu do bardzo rozbudowanej bazy danych wejściowych [26].

W PTV Lines modelowanie podróży jest uproszczone, dlatego też nie będziemy zagłębiać się szczegółowo w zasady funkcjonowania i budowania czterostadiowych modeli ruchu. Zainteresowanych tą tematyką odsyłamy np. do publikacji „Problematyka planowania komunikacyjnego” [27].

Uproszczenie modelowania w PTV Lines polega na ograniczeniu się tylko do obciążania sieci podróżami wykonywanymi wyłącznie z wykorzystaniem transportu zbiorowego.

3.4.2. Rozkład ruchu na sieć

Po umieszczeniu w PTV Lines rejonów komunikacyjnych i danych o popycie można rozłożyć ruch podróżnych na sieć publicznego transportu zbiorowego. W celu rozłożenia ruchu na sieć przejdź do konfiguracji i wybierz opcję „Demand”, następnie „Add demand”, a w kolejnym kroku plik z danymi o popycie powiązany już z plikiem zawierającym rejon komunikacyjny, a końcu wybierz w prawym dolnym rogu przycisk „Next” (rysunek 75).



Rysunek 75. PTV Lines – wybór danych o popycie do rozkładu ruchu na sieć

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

Kolejny widok (rysunek 76) pozwala na przypisanie wybranej części popytu do czasu. PTV Lines umożliwia rozłożenie popytu z uwzględnieniem interwałów godzinnych.

Po przypisaniu popytu w przedziałach czasowych widok okna powinien wyglądać tak jak ten zaprezentowany na rysunku 77. Ostatnim krokiem jest nadanie popytowi nazwy w polu „Demand name” oraz zatwierdzenie czynności poprzez kliknięcie w przycisk „Add demand”.

Demand / Add

Define the temporal distribution

Demand name ✓

czestochowa_rejony_kom

- 10-13
- 14-17
- 18-20
- 21-24
- 24h
- 4-5
- 6-10

	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00
Monday																									
Tuesday																									
Wednesday																									
Thursday																									
Friday																									
Saturday																									
Sunday																									

Back Add demand Cancel

Rysunek 76. PTV Lines – szczegółowe przypisanie popytu

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

Demand / Edit

Demand name ✓

Popyt24

czestochowa_rejony_kom

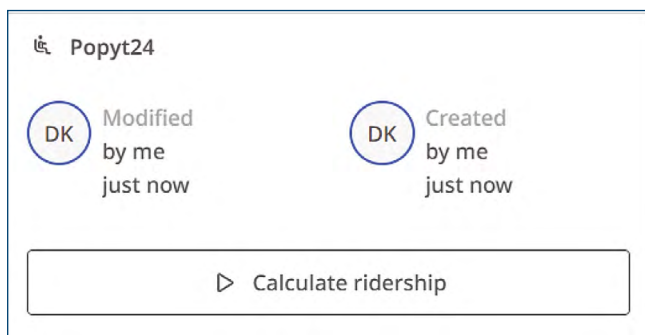
- 10-13
- 14-17
- 18-20
- 21-24
- 24h
- 4-5
- 6-10

	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00
Monday																									
Tuesday																									
Wednesday																									
Thursday																									
Friday																									
Saturday																									
Sunday																									

Rysunek 77. PTV Lines – przypisany popyt w przedziałach godzinowych

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.



Teraz w oknie „Demand” (rysunek 78) widoczny jest dodany popyt. Popyt można rozłożyć na sieć po kliknięciu w przycisk „Calculate ridership”.



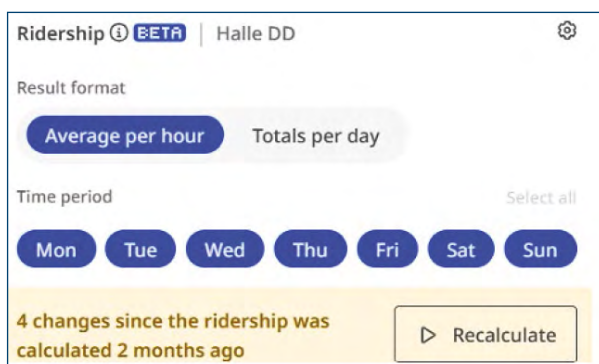
Rysunek 78. PTV Lines – uruchamianie rozkładu ruchu na sieć

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

3.4.3. Odczytywanie wyników rozkładu ruchu na sieć

Pracując w PTV Lines, możesz w prawym górnym rogu zaobserwować grafikę informującą czy wyświetlany popyt jest aktualny. Jeśli tak, zobaczysz , jeśli nie, . Zielona ikona zawsze zmieni się na pomarańczową, jeśli dokonasz jakiegokolwiek zmiany w rozkładzie. Jeśli chcesz uaktualnić popyt, wróć do opisanego wyżej menu i kliknij w przycisk „Recalculate ridership”.

Wyniki rozkładu ruchu można wyświetlać na mapie z podziałem na przedziały godzinowe (dla wszystkich lub wybranych dni) lub w formie podsumowania całego dnia (dla jednego lub wybranych dni). Aby wybrać żądany okres, skieruj kursor w prawy górny róg programu na ikonę opisaną powyżej (zielona lub pomarańczowa). Rozwinie się menu przedstawione na rysunku 79.



Rysunek 79. PTV Lines – wybór sposobu wyświetlania popytu na przewozy

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

W dolnej części okna przekazywana jest również informacja o tym, ile zmian zostało dokonanych od ostatniego przeliczenia oraz przycisk „Recalculate” pozwalający na jego ponowne przeliczenie.

Wyniki rozkładu ruchu na sieć w PTV Lines są również możliwe do odczytania zbiorczo, dla całej sieci, jak i fragmentarycznie dla jednej wybranej linii.

3.4.4. Zbiorcze wyniki rozkładu ruchu

Aby przejść do zbiorczych wyników rozkładu ruchu, w lewym menu programu wy-



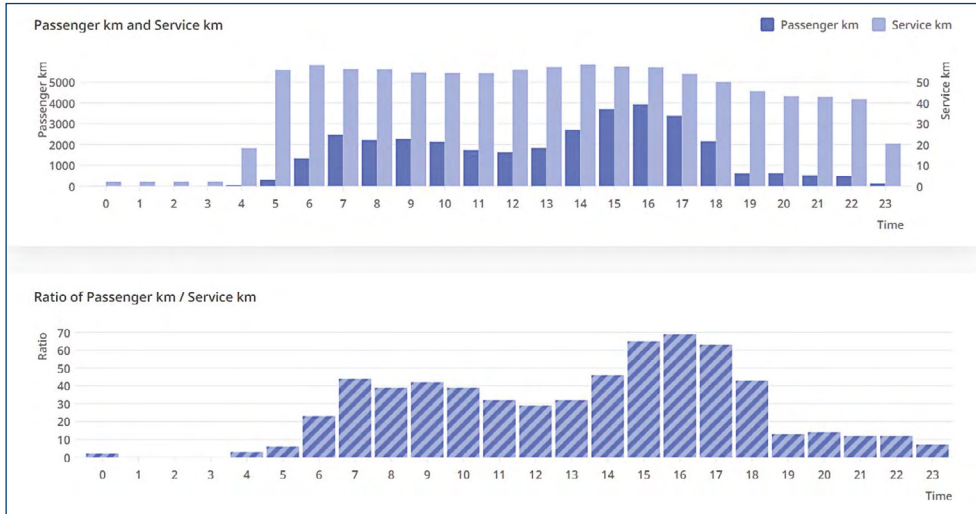
bierz przycisk „Indicators” **Indicators**, a następnie zakładkę „Ridership” **Ridership**. Odczytasz z tego widoku liczbę pasażerokilometrów, miejscokilometrów, przepełnionych kilometrów oraz wskaźnik zajętości miejsc w podziale godzinowym. Zaprezentowano to na rysunku 80.



Rysunek 80. PTV Lines – widok przedstawiający liczbę pasażero- i miejscokilometrów oraz stopień wykorzystania miejsc w pojazdach

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

W zakładce „Utilization” wyświetlane są informacje na temat pasażero- i wozokilometrów, a także ich stosunku do siebie. Przykładowe okno z wynikami zaprezentowano na rysunku 81.



Rysunek 81. PTV Lines – widok przedstawiający liczbę pasażerów i wozokilometrów oraz ich stosunek

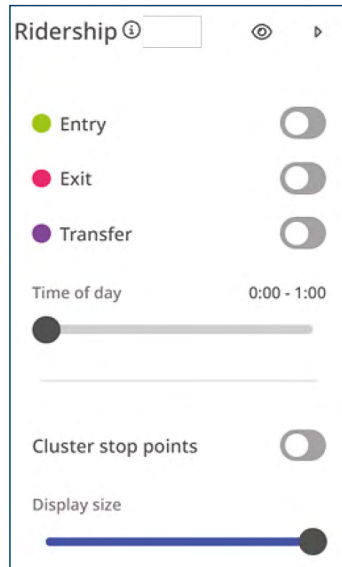
Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

Takie informacje pozwalają na bardzo szybkie zorientowanie się czy sieć jako całość w wystarczający sposób zaspokaja potrzeby transportowe mieszkańców.

3.4.5. Liczba osób korzystających z przystanków

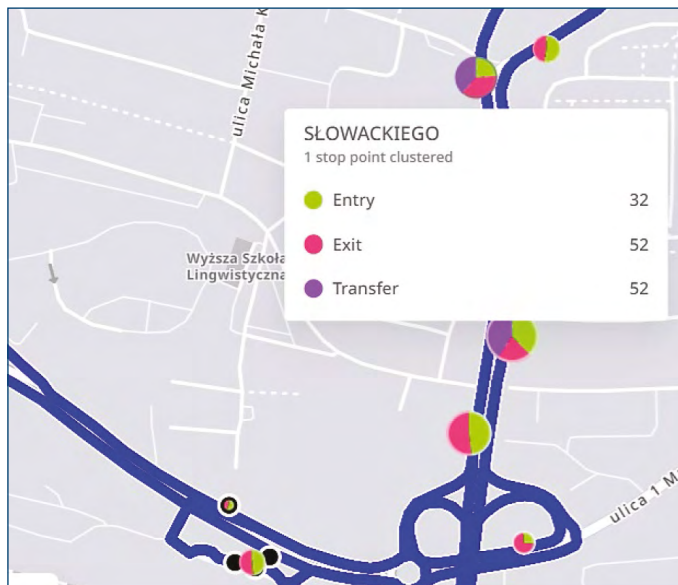
W PTV Lines można również odczytać z mapy liczbę pasażerów korzystających z przystanków w analizowanej sieci. Aby wyświetlić diagramy kołowe na mapie, w prawym menu programu wybierz przycisk „Ridership”. Rozwinie się okno konfiguracyjne zaprezentowane jako rysunek 82.

W oknie przedstawionym na rysunku 82 możesz skonfigurować co ma być wyświetlane na mapie. Przesuwając przyciski poprzez kliknięcie, możesz kolejno wyświetlić: liczbę wsiadających („Entry”), wysiadających („Exit”) oraz przesiadających się („Transfer”). Następnie przesuwając suwakiem, możesz wybrać jeden przedział godzinowy, z którego dane mają być wyświetlane na mapie. Opcja „Cluster stop points” pozwala na zagregowanie przystanków o tych samych nazwach do jednego punktu na mapie. Suwak w opcji „Display size” pozwala dostosować wielkość wykresów kołowych do preferencji użytkownika. W dole ekranu dostępny jest przycisk „Download indicators”, dzięki któremu wyświetlane informacje możesz pobrać na dysk. Przykładowy ekran z wynikami przedstawiono jako rysunek 83.



Rysunek 82. PTV Lines – wybór sposobu wyświetlania informacji o liczbie pasażerów korzystających z przystanków

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.



Rysunek 83. PTV Lines – wyświetlanie informacji o liczbie pasażerów korzystających z przystanków

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

3.4.6. Odczytywanie wyników rozkładu ruchu dla jednej linii

W celu odczytania wyników rozkładu ruchu dla jednej linii przejdź do widoku roz-



kładu jazdy **Timetable**, następnie wybierz jedną z linii z listy i kliknij w przycisk **Ridership profile**. Zostanie wyświetlone okno prezentujące liczbę pasażerów na poszczególnych odcinkach („Volume”) oraz dostępne będą dwie kolejne opcje wyświetlenia danych. „Occupancy rate” pozwoli wyświetlić procentowy udział zajętych miejsc w pojazdach na poszczególnych odcinkach, a opcja „Boarding and alighting” pozwoli na wyświetlenie sumy wsiadających i wysiadających pasażerów na kolejnych przystankach. Przyciski: „Outbound” i „Inbound” pozwalają na „przełączanie się” pomiędzy kierunkami jazdy. Przykładowe wyniki zaprezentowano jako rysunek 84.



Rysunek 84. PTV Lines – widok przedstawiający liczbę pasażerów na odcinkach międzypunktowych oraz procent wykorzystania miejsc w pojazdach

Źródło: Opracowanie własne na podstawie PTV Lines.

4. Przykładowe zadania z analizy transportu zbiorowego w PTV Lines

ZADANIA

Zadanie 7. Import danych GTFS – Częstochowa

Imię Nazwisko	Indeks	Data
---------------	--------	------

1. Zaimportuj dane GTFS z miasta Częstochowa jako scenariusz „Częstochowa 1”.
2. Skopiuj Scenariusz z zaimportowanymi już danymi GTFS – Częstochowa jako „Częstochowa 2”.
3. Znajdź przystanek Aleja Jana Pawła II – Uniwersytet znajdujący się na wschodnim wylocie skrzyżowania. Dodaj przystanek do Punktu Przesiadkowego („Connections”).
4. Wykonaj analizę w dzień „Niedziela”.
5. Linia autobusowa 30_1 powinna być skoordynowana z tramwajem 3_1. Dostosuj rozkład jazdy autobusu 30_1. Co druga para odjazdów (dwa kierunki) linii 3 powinna być zsynchronizowana z 30.
6. Porównaj scenariusze „Częstochowa 1” i „Częstochowa 2” dla linii 30. Uzupełnij wyniki dla linii autobusowej 30 w poniższej tabeli.

	Częstochowa 1	Częstochowa 2
Service km (km)		
Service time (h)		
Lines		
Time (€)		
Distance (€)		
Total (€)		
Vehicles		

Miejsce na widok mapy z analizy porównawczej.

Zadanie 8. Nowa wakacyjna linia autobusowa 900

Imię Nazwisko	Indeks	Data

1. Dodaj nowy typ pojazdu „Autobus Double-Deck”.
2. Dodaj nową linię 900: niech kursuje od dworca Gdańsk Zaspa (Braci Lewoniewskich, 80-465 Gdańsk 54.38986411294929, 18.591466185442453) do plaży w Brzeźnie (Gdańsk 54.40946029773488, 18.628682768975693) w obu kierunkach.
3. Narysuj przebieg linii, tak aby miała 10 przystanków.
4. Dodaj rozkład jazdy nowej linii obsługiwanej przez Double-Decki, niech linia kursuje w weekendy (sobota–niedziela) od 8:00 do 19:00 z częstotliwością co 30 minut. Kursowanie linii jest tylko w miesiącach lipiec i sierpień 2026. Dostosuj odpowiednią liczbę dni, dla których Lines ma dokonać analizy.
5. Podaj Wskaźniki Wynikowe dla utworzonej linii nr 900.

Uzupełnij wyniki w poniższej tabeli.

Service km (km)	
Service time (h)	
Lines	
Time (€)	
Distance (€)	
Total (€)	
Vehicles	

Dodaj widok mapy linii nr 900.

Zadanie 9. Dodaj linię autobusową w Sopocie

Imię Nazwisko	Indeks	Data
---------------	--------	------

1. Dodaj linię autobusową w mieście Sopot.
2. Niech linia przebiega z północy na południe miasta, mając przystanek pośredni przy dworcu SKM Sopot, niech swoim zasięgiem obejmie jak największą część miasta.
3. Linia kursuje poniedziałek–piątek 6:00–22:00 co 20 minut, sobota–niedziela 7:00–19:00 co 30 minut. Dokonaj analizy dla jednego tygodnia, zatem każdy dzień będzie analizowany jednokrotnie.

Uzupełnij wyniki w poniższej tabeli.

Service km (km)	
Service time (h)	
Lines	
Time (€)	
Distance (€)	
Total (€)	
Vehicles	

Dodaj widok mapy linii.

Zadanie 10. Import danych GTFS – Częstochowa 2

Imię Nazwisko	Indeks	Data
---------------	--------	------

1. Zaimportuj dane GTFS z miasta Częstochowa.
2. Według danych GTFS Częstochowa posiada trzy linie tramwajowe, zaproponuj czwartą linię tramwajową, która spowoduje rozwój sieci tramwajowej w północnej części miasta.

Załóż, że linia będzie miała taki sam przebieg jak linia 2 od południa do przystanku „Politechnika”, a następnie będzie skręcała w lewo w ulice Dekabrystów aż do przystanku Wręczycka (skrzyżowanie ulic św. Rocha – gen. Leopolda Okulickiego), przystanki niech będą zlokalizowane co 500 metrów.

3. Odjazdy co 10 minut od 5:00 do 22:00 we wszystkie dni tygodnia.

Uzupełnij wyniki w poniższej tabeli.

Service km (km)	
Service time (h)	
Lines	
Time (€)	
Distance (€)	
Total (€)	
Vehicles	

Dodaj widok mapy linii 4.

Zadanie 11. Badanie dostępności transportowej

Imię Nazwisko	Indeks	Data
---------------	--------	------

1. Zaimportuj dane GTFS z dowolnego miasta.
2. Zbadaj dostępność transportową w poniedziałek o godzinie 8:00.
3. Trasa ma trwać maksymalnie 45 minut.
4. Dopuszczalna liczba przesiadek to dwie.
5. Napisz wnioski, które obszary miasta są wykluczone w wyżej opisanym przypadku.
6. Dodaj widok mapy po dokonaniu analizy dostępności.

Wnioski

Dodaj widok mapy.

Zadanie 12. Juwenalia – transport dedykowany obsłudze imprezy masowej (1)

Imię Nazwisko	Indeks	Data
---------------	--------	------

1. Dla dowolnego miasta zlokalizuj obszar odbywających się w nim Juwenaliów jako imprezy masowej.
2. Zaproponuj umiejscowienie przystanku autobusowego znajdującego się w pobliżu imprezy.
3. Linia autobusowa „J” będzie dowozić studentów z Dworca Głównego (kolejowego/ SKM/autobusowego – w zależności od wybranego miasta) do zaproponowanego przystanku w punkcie 2 i z powrotem. Łącznie dwa przystanki.
4. Częstotliwość kursowania co 10 minut od godziny 17:00 do godziny 23:59.
5. Linia kursuje tylko przez jeden dzień.
6. Dokonaj analizy kosztów.

Service km (km)	
Service time (h)	
Lines	
Time (€)	
Distance (€)	
Total (€)	
Vehicles	

Zadanie 13. Juwenalia – transport dedykowany obsłudze imprezy masowej (2)

Imię Nazwisko	Indeks	Data
---------------	--------	------

1. Otwórz plik z siecią publicznego transportu zbiorowego w PTV Visum.
2. Wyeksportuj z PTV Visum dane o rejonach komunikacyjnych w formacie .geojson.
3. Wyeksportuj z PTV Visum dane o popycie.
4. Wykorzystując arkusz kalkulacyjny, zmień dobowy popyt z PTV Visum na godzinny z następującymi przedziałami czasowymi: 4-5, 6-9, 10-13, 14-17, 18-20, 21-24. Dane o popycie w przedziałach godzinowych może podać również prowadzący zajęcia lub możesz skorzystać z danych przedstawionych na rysunkach 1 lub 2.
5. Wczytaj plik z siecią publicznego transportu zbiorowego do PTV Lines.
6. Wczytaj rejony komunikacyjne do PTV Lines.
7. Wczytaj dane o popycie do PTV Lines.
8. Przypisz popyt do konkretnych godzin w PTV Lines.
9. Rozłóż ruch na sieć.
10. Odczytaj wartości.

Pasażerokilometrów	
Miejscokilometrów	
Zaproponuj, w których godzinach należy wzmocnić ofertę komunikacyjną w mieście, uzasadnij	

Spis skrótów klawiszowych

Skrót	Opis	Notatki
Ctrl+ Shift+ kliknij	Przejdź do linii, trasy linii lub podróży	Opcja „Przejdź do podróży” jest dostępna tylko w widoku „Połączenia i rozkład jazdy”
F1	Otwórz pomoc	
Ctrl+Z	Cofnij ostatnią czynność	
Ctrl+Y lub Ctrl+ Shift+Z	Powtórz ostatnią cofniętą czynność	
Ctrl+ kliknij	Wybierz wiele elementów	Dostępne wszędzie tam, gdzie obsługiwana jest edycja wielokrotna
Ctrl+,	Otwórz konfigurację	
Esc	Przerwij tryb / zamknij okno dialogowe	
S	Dodaj punkt zatrzymania	Dostępne tylko wtedy, gdy możliwe jest dodanie punktu zatrzymania
L	Dodaj linię	Dostępne tylko wtedy, gdy możliwe jest dodanie linii
R	Dodaj trasę linii	Dostępne tylko wtedy, gdy możliwe jest dodanie trasy linii
T	Dodaj podróżę	Dostępne tylko wtedy, gdy możliwe jest dodawanie podróży
Ctrl+F	Znajdź obiekty	
Ctrl+ Shift+L	Otwórz filtr	

Słownik tłumaczeń

Z uwagi na to, że póki co istnieje tylko anglojęzyczna wersja oprogramowania PTV Lines na potrzeby tego skryptu przetłumaczono część nazw anglojęzycznych na język polski. Należy mieć na uwadze, że niektóre określenia mogą się nazywać w inny sposób w innych opracowaniach bądź literaturze.

add line	dodaj linię
add line route	dodaj trasę
add scenario	dodaj nowy scenariusz
add stop point	dodaj przystanek
add trips	dodaj kurs
calculate ridership	rozłożenie popytu
Compare	analiza porównawcza
Configuration	konfiguracja
Costs	koszt
create opposite direction	wygeneruj kierunek przeciwny
Currency	waluta
Demand	popyt
distance costs	koszt wozokilometrów
Download	pobieranie
Headway	częstotliwość kursowania
Inbound	kurs „z powrotem”
Lenght	długość podróży
line route	trasa linii
Lines	linie transportu zbiorowego
Outbound	kurs „tam”
Recalculate	ponowne przeliczenie
service designer view	okno podstawowe PTV Lines
service km	praca eksploatacyjna w wozokilometrach
service time	praca eksploatacyjna w wozogodzinach
stop point	przystanek / przystanek transportu zbiorowego
time costs	koszt wozogodzin
Timetable	rozkład jazdy
total costs	koszt całkowity

transport systems	system transportowy
travel time	czas przejazdu
Trips	kurs linii
Units	jednostki
valid days	analizowane dni
vehicle types	typ pojazdu
Vehicles	liczba pojazdów

Rozwiązanie do zadania 1

Tabela 9. Wyniki do zadania 1

Numer linii	Liczba kursów dzień roboczy	Liczba kursów dzień wolny	Zapotrzebowanie na tabor [szt.]	Roczna praca eksploatacyjna [wozokm]	Koszt funkcjonowania [zł]
A1	86	61	8.4	708 686,20	6 760 866,35
A2	64	31	9.9	775 710,48	9 393 853,91
A3	58	45	8.2	845 354,46	13 999 069,86
A4	77	60	14.4	1 241 750,64	13 932 442,18
A5	116	51	15.8	929 210,10	17 998 799,64
B1	113	56	14.9	886 382,12	17 718 778,58
B2	76	46	12.7	1 095 019,20	10 939 241,81
B3	98	59	13.2	1 234 810,76	13 595 266,47
B4	82	54	12.0	1 120 993,08	13 833 054,61
B5	176	82	28.0	2 157 527,24	31 305 720,25
C1	100	71	18.3	1 711 930,22	30 421 000,01
C2	132	54	19.6	1 727 998,92	20 943 346,91
C3	72	36	5.7	533 337,84	8 368 070,71
C4	102	50	14.7	1 174 175,28	10 544 094,01
C5	134	94	21.6	1 784 307,40	19 930 713,66

Źródło: Opracowanie własne.

Bibliografia

1. Prochowski L., Żuchowski A. (2016), *Samochody ciężarowe i autobusy*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa. ISBN 978-83-206-1970-6.
2. Regulation (EU) 2018/858 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 on the Approval and Market Surveillance of Motor Vehicles and Their Trailers, and of Systems, Components and Separate Technical Units Intended for Suc.
3. Regulamin nr 107 Europejskiej Komisji Gospodarczej Organizacji Narodów Zjednoczonych (EKG ONZ).
4. Kapica D. (2020), *Ekologiczne aspekty transportu publicznego w Zielonej Górze*, Uniwersytet Zielonogórski, Zielona Góra.
5. Ustawa z dnia 20 czerwca 1997 r. Prawo o ruchu drogowym. Dz. U. 1997, nr 98, poz. 602.
6. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 2 marca 2011 r. w sprawie warunków technicznych tramwajów i trolejbusów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia. Dz. U. 2011, nr 65, poz. 344.
7. Ustawa z dnia 28 marca 2003 r. o transporcie kolejowym. Dz. U. 2003, nr 86, poz. 789.
8. Grace C. (2011), *Push-Pull trains in Britain*, „Railway TechnicalWeb Pages. Archive Paper”, No. 3, s. 3-5.
9. Zarząd Transportu Miejskiego Warszawa Informator Statystyczny ZTM Warszawa, https://www.ztm.waw.pl/wp-content/uploads/2025/07/www_06_BIULETYN_CZERWIEC_2025.pdf.
10. Stiasny M. (2008), *Atlas autobusów*, Poznański Klub Modelarzy Kolejowych, Poznań. ISBN 978-83-920757-4-5.
11. Magiera T., Rząsa K. (2011), *Czy koleje linowo-terenowe mogą stać się częścią transportu miejskiego?* „Transport Miejski i Regionalny”, nr 3, s. 29-32.
12. Olszyna G., Rokita T., Wójcik M. (2018), *Rozwiązania techniczne kolei linowych*, „Inżynier Budownictwa”, nr 1, s. 76-81.
13. Stachurski J. (1972), *Podnośniki i koleжки linowe*, PWN, Warszawa.
14. Korzeń M., Szczepanek W. (2022), *Analiza możliwości usprawnienia transportu zbiorowego we Wrocławiu przy wykorzystaniu tramwaju wodnego*. „Przegląd Komunikacyjny”, r. 7, nr 7, s. 2-8.
15. Tanko M., Burke M.I., Yen B. (2019), *Water Transit and Excess Travel: Discrete Choice Modelling of Bus and Ferry Trips in Brisbane, Australia*, „Transportation Planning Technology”, Vol. 42, No. 3, s. 1-13. doi:10.1080/03081060.2019.1576382.
16. Uber Boat Meet the Fleet, <https://www.thamesclippers.com/whats-on-board/fleet>.
17. Madej B., Pruciak K., Madej R. (2017), *Publiczny transport miejski: Zasady tworzenia rozkładów jazdy w komunikacji lokalnej (miejskiej i aglomeracyjnej)*, Akademia Transportu i Przedsiębiorczości, Warszawa. ISBN 9788394112622.
18. Kisielewski P. (2014), *Wybrane problemy optymalizacyjne strategicznego planowania w komunikacji miejskiej*, „Logistyka”, nr 6, s. 14337-14346.
19. Schröder M., Solchenbach I. (2006), *Optimization of Transfer Quality in Regional Public Transit*, „Berichte des Fraunhofer ITWM”, Vol. 84, s. 1-16.
20. Kisielewski P., Ulman B. (2016), *Planowanie rozkładów jazdy komunikacji miejskiej w aspekcie punktualności i synchronizacji kursów*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe”, r. 17, nr 12, s. 648-653.

21. Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o czasie pracy kierowców. Dz. U. 2004, nr 92, poz. 879,
22. Bryniarska Z., W.S. (2012), *Ocena wskaźnika systemów transportu zbiorowego w miastach*, Wydawnictwo Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji RP. Oddz. w Krakowie, Kraków.
23. Kapica D. (2021), *Ocena wskaźnikowa systemu transportu zbiorowego w Zielonej Górze*, „Transport Miejski i Regionalny”, nr 7-8, s. 35-39.
24. Help Mobility, <https://ptvgroup.tech/lines/subscription/042a13a7b47d41a38367497c38627869/help-mobility/>.
25. Ortuzar J., Willumsen L. (2012), *Modeling Transport*, John Wiley and Sons. doi:10.1109/MITS.2011.2178881.
26. Szarata A. (2012), *Analizy symulacyjne zmian w funkcjonowaniu systemu transportu w miastach*, „Transport Miejski i Regionalny”, nr 11, s. 44-48.
27. Banet K., Nosal Hoy K., Solecka, K. (2021), *Problematyka planowania komunikacyjnego: Skrypt do ćwiczeń projektowych*, Wydawnictwo PK, Kraków. ISBN 978-83-66531-61-1.

Spis rysunków

1.	Nierównomierność czasowa przewozów w Zielonej Górze i Piotrkowie Trybunalskim	24
2.	Nierównomierność czasowa przewozów w Krakowie w latach 2005 i 2010.....	24
3.	Typowe grupy oraz przykłady wpływów i wydatków miejskich przedsiębiorstw transportowych.....	34
4.	Składowe czasu całkowitego przejazdu transportu zbiorowego	45
5.	Sposób przeliczania zapotrzebowania na tabor w PTV Lines	46
6.	PTV Lines – konfiguracja czasu trwania postojów wyrównawczych	47
7.	PTV Lines – interfejs	48
8.	PTV Lines – rodzaje map	48
9.	PTV Lines – odnośnik do Street View w Google Maps	49
10.	Schemat poszczególnych kroków w PTV Lines.....	50
11.	PTV Lines – dodawanie nowego przystanku	50
12.	PTV Lines – dodawanie nowej linii	51
13.	PTV Lines – dodawanie trasy	52
14.	PTV Lines – możliwości rysowania linii	52
15.	PTV Lines – narysowana linia transportu zbiorowego	53
16.	PTV Lines – dodawanie kursu	53
17.	PTV Lines – dodawanie kursów, częstotliwość odjazdów	54
18.	PTV Lines – wskaźniki wynikowe dla przykładu	54
19.	PTV Lines – widok rozkładu jazdy	55
20.	PTV Lines – wprowadzanie zmian w rozkładzie jazdy	55
21.	PTV Lines – dodawanie pojedynczego kursu	56
22.	PTV Lines – dodawanie trasy w przeciwnym kierunku	57
23.	PTV Lines – dodawanie automatyczne przeciwnego kierunku	57
24.	PTV Lines – kurs w przeciwnym kierunku	58
25.	PTV Lines – usuwanie przystanku na linii	59
26.	PTV Lines – dodawanie nowego typu pojazdu krok 1	60
27.	PTV Lines – dodawanie nowego typu pojazdu krok 2	60
28.	PTV Lines – dodawanie nowego systemu transportu.....	61
29.	PTV Lines – edycja przystanku w zależności od systemu transportu	62
30.	PTV Lines – przypisywanie odpowiedniego systemu transportu.....	62
31.	PTV Lines – dodana linia trolejbusowa (przykład)	63
32.	PTV Lines – widok interfejsu gotowego przykładu	64
33.	PTV Lines – punkt przesiadkowy	65
34.	PTV Lines – punkt przesiadkowy (analiza)	65
35.	PTV Lines – wskaźniki wynikowe	66
36.	PTV Lines – łączenie linii	67
37.	PTV Lines – dodawanie danych GTFS.....	68
38.	PTV Lines – gotowy widok zaimportowanych danych GTFS	69
39.	PTV Lines – edycja przebiegu linii – wybór linii	70
40.	PTV Lines – zmiana geometrii.....	70
41.	Izochrony – różnica między idealną a rzeczywistą	71
42.	PTV Lines – analiza dostępności	72
43.	PTV Lines – ustawienia analizy dostępności	73

44.	PTV Lines – analiza porównawcza dostępności transportu zbiorowego	73
45.	PTV Lines – dodawanie zajezdni	75
46.	PTV Lines – kolejność czynności przy przypisywaniu środka transportu do zajezdni	75
47.	PTV Lines – brygadowanie	76
48.	PTV Lines – parametry brygadowania	76
49.	PTV Lines – brygadowanie wyniki	77
50.	PTV Lines – eksport widoku	78
51.	PTV Lines – opcje widoku do eksportu	78
52.	PTV Lines – usuwanie linii.	79
53.	PTV Lines – porównanie scenariuszy	80
54.	PTV Lines – dane wynikowe porównania scenariuszy	80
55.	PTV Lines – widok opcji eksportu sieci	81
56.	PTV Visum – otwieranie pliku z siecią	82
57.	PTV Visum – import sieci do istniejącego pliku .ver.	82
58.	PTV Visum – widok sieci po imporcie	83
59.	PTV Lines – import sieci z pliku .ver. (krok 1)	84
60.	PTV Lines – import sieci z pliku .ver. (krok 2)	84
61.	PTV Lines – import sieci z pliku .ver. (krok 3)	85
62.	PTV Visum – eksport danych	86
63.	PTV Visum – eksport danych – zaznaczanie opcji do eksportu	87
64.	PTV Lines – eksport danych .geojson z PTV Visum do PTV Lines	87
65.	PTV Visum – wyświetlanie par źródło-cel (sposób 1)	88
66.	PTV Visum – wyświetlanie par źródło-cel (sposób 2)	89
67.	PTV Visum – eksport par źródło-cel do pliku	89
68.	Struktura pliku po eksporcie	90
69.	Struktura pliku po modyfikacjach	90
70.	Nieprawidłowa (przecinek jak znak oddzielający) oraz prawidłowa (średnik jako znak oddzielający) struktura pliku .csv	91
71.	PTV Lines – powiązanie pliku z rejonami komunikacyjnymi z plikiem z danymi o popycie	91
72.	PTV Lines – import pliku z danymi o popycie	92
73.	PTV Lines – wybór więzby ruchu do wyświetlenia	92
74.	PTV Lines – widok więzby ruchu	93
75.	PTV Lines – wybór danych o popycie do rozkładu ruchu na sieć	94
76.	PTV Lines – szczegółowe przypisanie popytu	95
77.	PTV Lines – przypisany popyt w przedziałach godzinowych	95
78.	PTV Lines – uruchamianie rozkładu ruchu na sieć	96
79.	PTV Lines – wybór sposobu wyświetlenia popytu na przewozy	96
80.	PTV Lines – widok przedstawiający liczbę pasażero- i miejscokilometrów oraz stopień wykorzystania miejsc w pojazdach	97
81.	PTV Lines – widok przedstawiający liczbę pasażerów i wozokilometrów oraz ich stosunek ...	98
82.	PTV Lines – wybór sposobu wyświetlenia informacji o liczbie pasażerów korzystających z przystanków	99
83.	PTV Lines – wyświetlanie informacji o liczbie pasażerów korzystających z przystanków	99
84.	PTV Lines – widok przedstawiający liczbę pasażerów na odcinkach międzyprzystankowych oraz procent wykorzystania miejsc w pojazdach	100

Spis tabel

1.	Parametry techniczne i orientacyjne koszty wykorzystania pojazdów transportu zbiorowego	10
2.	Podsumowanie informacji o przerwach dla kierowców	19
3.	Przykładowe dane do zadania – grupa linii A	36
4.	Przykładowe dane do zadania – grupa linii B	36
5.	Przykładowe dane do zadania – grupa linii C	37
6.	Symbole w PTV Lines	41
7.	Rozróżnienie symboli przystanków w PTV Lines	41
8.	PTV Lines – opis najważniejszych symboli	49
9.	Wyniki do zadania 1	111

Spis zadań

1.	Obliczenia kosztów funkcjonowania transportu zbiorowego.....	36
2.	Podstawy PTV Lines.....	50
3.	Zaimportuj dane GTFS do PTV Lines z dowolnie wybranego miasta.....	67
4.	Analiza dostępności w PTV Lines.....	72
5.	Dokonaj obliczeń liczby brygad.....	74
6.	Analiza porównawcza scenariuszy.....	79
7.	Import danych GTFS – Częstochowa.....	101
8.	Nowa wakacyjna linia autobusowa 900.....	102
9.	Dodaj linie autobusową w Sopocie.....	103
10.	Import danych GTFS – Częstochowa 2.....	104
11.	Badanie dostępności transportowej.....	105
12.	Juwenalia – transport dedykowany obsłudze imprezy masowej (1).....	106
13.	Juwenalia – transport dedykowany obsłudze imprezy masowej (2).....	107



ISBN 978-83-67428-77-4