Transport Miejski i Regionalny (skrót TMiR)
Czasopismo wydawane od 2004 roku jako kontynuacja tytułu „Transport Miejski", wydawanego od 1982 r.

Redaktor naczelny
Prof. dr hab. inż. Wiesław Starowicz (Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji RP, Oddział w Krakowie)
starowicz@sitk.org.pl

Sekretarz redakcji
Mgr Janina Mrowińska (Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji RP, Oddział w Krakowie)
mrowinska@sitk.org.pl

Rada naukowo-programowa
Prof. PK dr hab. inż. Andrzej Szarata (Politechnika Krakowska) – przewodniczący, członkowie: profesor Tom Rye (Transport Research Institute, Edynburg, Wielka Brytania), prof. dr hab. inż. Antoni Szydło (Politechnika Wrocławska), profesor Igor Taran (Narodowy Górniczy Uniwersytet, Katedra Zarządzania w Transporcie, Dniepropietrowsk, Ukraina), profesor Ming Zhong (Intelligent Transport Systems Research Center, Wuhan, Chiny)

Redaktorzy tematyczni
prof. dr hab. inż. Stanisław Gaca (Politechnika Krakowska – inżynieria ruchu), dr inż. Ryszard Janecki (Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji RP, Oddział w Krakowie), mgr inż. Mariusz Szałkowski (Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne SA w Krakowie – transport miejski), prof. UE dr hab. Robert Tomanek (Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach – ekonomika transportu), dr inż. Jacek Malasek – aktualności ze świata

Redaktor statystyczny
Dr inż. Jolanta Zurowska (Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji RP, Oddział w Krakowie)

Redaktor językowy i streszczenia w języku angielskim
Mgr Agata Mierzyńska (Urząd Miasta Krakowa)

Projekt graficzny okładki
Mgr inż. arch. Lucyna Starowicz

Adres redakcji
ul. Siostrzana 11, 30-804 Kraków
tel./fax 12 658 93 74
e-mail: tmir@sitkrp.org.pl
Strona w Internecie: http://tmir.sitk.org.pl

Wydawca
Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji Rzeczpospolitej Polskiej
ul. Czackiego 3/5, 00-043 Warszawa
www.sitkrp.org.pl

Nakład
800 egzemplarzy

Skład
Tomasz Wojtanowicz

Druk
Wydawnictwo PiT Kraków
ul. Ułanów 54/51, 31-455 Kraków, tel.: 12 290-32-10

Deklaracja o wersji pierwotnej czasopisma
Główną wersją czasopisma jest wersja papierowa
Artykuły w wersji elektronicznej są dostępne na stronie czasopisma z półrocznym opóźnieniem

Bazy indeksujące artykuły TMiR
Baza BAZTECH – http://baztech.icm.edu.pl/
Baza Index Copernicus – http://indexcopernicus.com/

Prawa autorskie
Copyright © Transport Miejski i Regionalny, 2020

Informacje dodatkowe
Za treść i formę ogłoszeń oraz reklam Redakcja nie odpowiada.

Spis treści

Innowacyjny transport 3
Mobilność po lockdownie
Mobility after lockdown

Andrzej Bąk 5
Analiza dostępności pieszej stacji Szybkiej Kolei Aglomeracyjnej w województwie małopolskim
Analysis of pedestrian accessibility to the agglomeration fast railway (SKA) station in Małopolskie Voivodeship

Natalia Czołgosz, Daniel Karpowicz, Klaudia Berus 11
Wpływ wysokości podłogi na czas wymiany pasażerskiej w tramwajach
Impact of floor height on the time of passenger exchange in trams

Jakub Kaczorowski, Marcin Pinkosz 15
Transport a rewitalizacja – wpływ budowy metra na Targówek Mieszkaniowy w Warszawie
Transport and revitalisation – the impact of the construction of metro on the Targówek Mieszkaniowy in Warsaw

Adam Machelski, Bartosz Grzeczka 20
Wielokryterialna analiza podziału miasta Poznania na obszary z lokalizacjami przeznaczonymi pod instalację i obsługę stacji do ładowania pojazdów elektrycznych
Multi-criteria analysis of the division of the Poznań city into areas with locations designated for installation and operation of electric vehicle charging stations

Bartosz Rydel, Patryk Chwedczuk 25
Rozwiązanie problemu zmiany trakcji w kontekście funkcjonowania kolei dojazdowej
Solving the problem of changing the traction in the context of operation of the access rail

Reklama w „Transporcie Miejskim i Regionalnym"

Koszt reklamy w czasopiśmie wynosi:

4. strona okładki (kolor)	5000 zł + VAT
2., 3. strona okładki (kolor)	3500 zł + VAT
jedna strona wewnątrz numeru (cz.-b.)	1500 zł + VAT
jedna strona wewnątrz numeru (kolor)	2500 zł + VAT

Cena tekstów sponsorowanych oraz wkładek tematycznych do uzgodnienia.
W przypadku reklam w kilku kolejnych numerach możliwy upust do 20%.
Zgłoszenia w sekretariacie redakcji – Janina Mrowińska, tel. (12) 658-93-74

Punktacja artykułów

Nowy Komunikat Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 31 lipca 2019 r. w sprawie wykazu czasopism naukowych wraz z przypisaną liczbą punktów w obszarze transportu obejmuje tylko niektóre wydawane w Polsce anglojęzyczne czasopisma. Pomimo, że *Transport Miejski i Regionalny* nie znajduje się na liście, Redakcja podjęła decyzję o dalszym wydawaniu czasopisma, chcąc być platformą aktualnej wiedzy dla samorządów, zarządców transportu, operatorów i przewoźników.

Prenumerata TMiR w 2020 roku

Cena egzemplarza – **25 zł** (zagraniczna – **12 euro** z kosztami przesyłki)
Koszt prenumeraty półrocznej – **150 zł** (zagraniczna – **72 euro** z kosztami przesyłki)
Koszt prenumeraty rocznej – **300 zł** (zagraniczna – **144 euro** z kosztami przesyłki)
Studenci – 50% zniżki (na podstawie kserokopii aktualnej legitymacji studenckiej)
Zamówienia: Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji Rzeczpospolitej Polskiej Oddział w Krakowie
Sklep internetowy: *http://www.sitk.org.pl/sklep* (prenumerata oraz sprzedaż numerów archiwalnych)
Płatność: konto: 43 1240 4722 1111 0000 4859 0666

Streszczenia angielskie – Abstracts in English

Andrzej Bąk

Analysis of pedestrian accessibility to the agglomeration fast railway (SKA) station in Małopolskie Voivodeship

Abstract: Appropriate space planning can improve transport accessibility, especially so-called spatial accessibility. The purpose of the article is to estimate the number of people living within the range of an acceptable pedestrian access to the Fast Agglomeration Railway (SKA) stations of the Krakow agglomeration. The article discusses the types of transport accessibility. The research method using free and open software and a source of publicly available data has been presented. The results of the analysis for the SKA rail-system have been described and discussed. The importance of individual stations in the system was assessed in terms of pedestrian access. The significance of the agglomeration railway for individual municipalities was also shown.

Key words: transport accessibility, railway transport, gis.

Natalia Czołgosz, Daniel Karpowicz, Klaudia Berus

Impact of floor height on the time of passenger exchange in trams

Abstract: The article presents the effect of researches conducted on different types of trams of the Municipal Transport Company (MPK) in Wrocław. The research was carried out on the trams Skoda 16T and 19T, Moderus Beta, Konstal 105NaWr, Protram 205WrAS, on many lines and stops in Wrocław, at different times of day. Analysis of the results showed that this impact is not significant.

Key words: high-floor tram, low-floor tram, passenger exchange.

Jakub Kaczorowski, Marcin Pinkosz

Transport and revitalisation – the impact of the construction of metro on the Targówek Mieszkaniowy in Warsaw

Abstract: Targówek Mieszkaniowy is one of areas of Warsaw struggling with road congestion, lack of job opportunities and a long travel time to the centre. The part of the area has been covered by the Integrated Revitalization Program, thanks to which a number of activities in the social and infrastructural spheres are carried out. In September 2019, next section of the second line of the Warsaw Metro was opened, which improved the accessibility of the area by public transport. The authors analyse the condition before the metro was put into operation, as well as the possibilities offered to Targówek Mieszkaniowy to access a new form of transport in the context of revitalization. In December 2019, a survey was conducted among the residents of the area regarding the metro and associated issues, questions have also related to knowledge of revitalization issues. Many answers came as a surprise to the authors and allowed them to look at the changes carried out in the area from a different perspective. This has resulted in conclusions which can be used as recommendations for the city authorities for further actions.

Key words: metro, revitalization, public collective transport, Targówek Mieszkaniowy.

Adam Machelski, Bartosz Grzeczka

Multi-criteria analysis of the division of the Poznań city into areas with locations designated for installation and operation of electric vehicle charging stations

Abstract: This article presents application of the methodology of multi-criteria decision support to determine the attractiveness of the location of publicly available vehicle charging stations on the example of the City of Poznań. The authors participated in the special team within the structures of the Municipality of Poznań, responsible for coordinating the activities of municipal units in the field of electro mobility, including developing a formula for selecting investors/operators for charging points. The team decided to divide potential locations of charging stations into equally attractive groups. Five criteria have been defined against which each location was assessed and then a model of preference for the decision-maker was defined. Using the ELECTRE III method, a final ranking was determined, ranked from best to worst and then allocated to the final groups.

Key words: multi-criteria decision support (WWD), ELECTRE III, electro mobility.

Bartosz Rydel, Patryk Chwedczuk

Solving the problem of changing the traction in the context of operation of the access rail

Abstract: In recent years, efforts have been made to reduce as much as possible the harmful environmental impact of diesel traction vehicles. Therefore, when designing modern traction systems, designers try to minimize their discharge of diesel oil and lubricants by using modern internal-combustion engines. In recent years, other types of propulsion have also been sought, including a hybrid drive, in which the traction motors are powered from high-performance energy storage (battery cells, capacitors) or from storage tanks supported by energy generated by the current set installed on the locomotive – creative (internal combustion engine, AC generator, rectifier). The first hybrid vehicles have been created on the basis of cars, buses, trolleybuses and trams. It has only been a dozen or so years of work to develop a hybrid propulsion system with the use of locomotives most often intended for shunting and shunting traffic. In Poland, preliminary work on the creation of a hybrid propulsion system, in application to modernized diesel shunting locomotives, began in 2010.

Key words: rail, rail traction, hybrid, exhaust emissions, access rail.

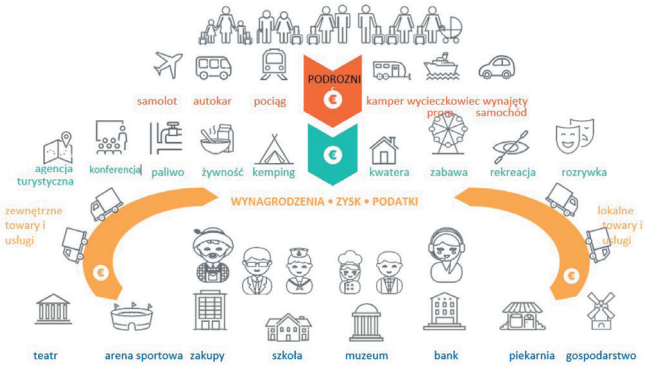
Innowacyjny transport

Mobilność po lockdownie

Z obecną reaktywacją gospodarki po przekroczeniu już zapewne szczytowego zagrożenia pandemią COVID-19, wiązane są duże nadzieje na wzrost świadomości społecznej, obejmującej m.in. zmianę zachowań komunikacyjnych w kierunku mobilności bardziej przyjaznej środowisku.

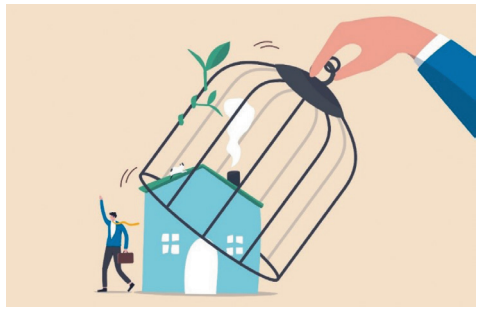
Nadzieję na bardziej racjonalne korzystanie z samochodów i dalszy rozwój mobilności zrównoważonej wyrażają w swoich modyfikowanych według zasady „nic nie będzie już takie jak wcześniej" strategiach rozwojowych zarówno Komisja Europejska, jak i naukowcy oraz władze największych światowych metropolii. Te optymistyczne prognozy może niestety pokrzyżować obserwowana wszędzie obawa przed ciągle przecież realnym zagrożeniem zakażenia się podczas podróży środkami transportu zbiorowego. Gdy odległość uznaje się za zbyt dużą na pokonanie jej pieszo lub na rowerze, często wybór pada na własny samochód, uważany (zapominając o wypadkach drogowych) za aktualnie najbardziej bezpieczny środek transportu.

Komisja Europejska zwraca uwagę na konieczność odbudowy zaufania do bezpiecznego korzystania z pojazdów komunikacji zbiorowej, również z powodu konieczności szybkiego ożywienia turystyki, będącej w wielu krajach (również w Polsce) bardzo ważną gałęzią gospodarki.



Podczas gdy ważny w Polsce sektor turystyki, którego wkład do PKB wynosi 22 mld euro (tj. około 5% polskiego PKB), zatrudnia 800 tysięcy osób (czyli około 5% ogółu zatrudnionych) – w Niemczech obejmuje 5,4 mln zatrudnionych, w Grecji 26% ogółu zatrudnionych, a w Chorwacji stanowi aż 25% PKB.

Reakcję Komisji Europejskiej na spowodowane pandemią trudności w sektorze transportu miejskiego wywołało wystąpienie POLIS (sieci miast i regionów europejskich do spraw transportu innowacyjnego) z 7 maja 2020 roku. Za niewątpliwą zasługę POLIS uznać należy zwrócenie uwagi na możliwość wykorzystania zaistniałej sytuacji do wzmożenia działań mających na celu stworzenie na terenach zurbanizowanych lepszych warunków dla osób poruszających się pieszo, na rowerach i korzystających ze środków transportu zbiorowego. W opublikowanych już 15 maja wytycznych odnośnie odbudowy po lockdownie usług przewozowych Komisja Europejska wiele uwagi poświęciła transportowi miejskiemu.



Wytyczne Komisji Europejskiej odnośnie organizacji mobilności miejskiej w okresie osłabiania restrykcji pandemicznych obejmują cztery zagadnienia:

- transport zbiorowy,
- współdzielone środki transportu,
- ruch pieszy i rowerowy,
- popularyzacja najlepszych rozwiązań.

W pojazdach transportu zbiorowego zaleca się przestrzeganie dystansu społecznego, izolację kierowcy od pasażerów i automatyczne otwieranie drzwi. Zalecenia te powinny być szeroko rozpowszechniane w ramach kampanii społecznej, organizowanej we współpracy z Ministerstwem Zdrowia, w szczególności odnośnie obowiązku zakładania w pojazdach maseczek. W miarę wzrostu liczby pasażerów należy liczyć się z koniecznością zwiększenia na liniach najbardziej obciążonych częstotliwości kursów.

Firmy organizujące korzystanie z pojazdów współdzielonych powinny zadbać o bezpieczeństwo kierowców i pasażerów. Pojazdy wypożyczane powinny być dezynfekowane po każdym ich użyciu, a te, działające w systemie *carsharingu,* co najmniej raz dziennie. Częstą dezynfekcją powinny zostać objęte pojazdy i stacje rowerów miejskich. Elektryczne rowery i hulajnogi należy dezynfekować co najmniej podczas każdego ładowania akumulatorów.

Należy rozważać możliwość czasowego ograniczania powierzchni jezdni przeznaczonej dla ruchu samochodowego, w celu poprawy warunków ruchu pieszego i rowerowego, przy jednoczesnym zmniejszeniu dopuszczalnej prędkości pojazdów. Tego rodzaju działania podjęto m.in. w Berlinie (na zdjęciu) i w Londynie.

Komisja Europejska jednocześnie zachęca do wymiany doświadczeń w zakresie bezpiecznej mobilności, obiecując jednocześnie opracowanie zbiorczej analizy, na bazie której powstaną zalecenia odnośnie sprawdzonych metod rozwoju mobilności zrównoważonej, zgodnej z założeniami Europejskiego Zielonego Ładu *(POLIS Newsletter*, 28.05.2020).

Obawa pasażerów przed powrotem do korzystania ze środków transportu zbiorowego jest zmorą zarządów wielu miejskich firm autobusowych. Zagadnienie to analizuje m.in. opracowany przez brytyjski ośrodek badawczy (The Chartered Institute of Logistics and Transport) raport nt. odbudowy rynku przewozów autobusowych po lockdownie w celu ograniczenia emisji transportowych. Promująca autobusy kampania społeczna koncentruje się na skróceniu czasu podróży dzięki nowym pasom drogowym tylko dla autobusów oraz na zakupie nowych, komfortowych i bezemisyjnych autobusów elektrycznych.

Z przeprowadzonych przez Brytyjczyków badań wynika, że podczas szczytu pandemii liczba pasażerów w autobusach zmniejszyła się o 95%, a w pociągach o 90%. Przewiduje się, że bez podjęcia niezbędnych działań, po ponownym uruchomieniu gospodarki, podział zadań przewozowych ulegnie radykalnej zmianie. Udział autobusów w przewozach pasażerskich spadnie z 5 do 2,5%, a w przypadku kolei z 2 do 0,5%. Jednocześnie udział ruchu pieszego wzrośnie z 27 do 33%, a ruchu rowerowego z 2 do 4%. Zachodzi również obawa, że niezbyt racjonalne korzystanie z samochodu przy przejazdach na odległość poniżej 8 kilometrów, stanowiących obecnie 58% podróży samochodem, jeszcze wzrośnie. Wzrostu udziału samochodów w dojazdach do pracy należy się także spodziewać w wyniku obserwowanego również w Polsce przenoszenia się na czas epidemii do zamiejskich domów letnich (*Rebuilding the bus market to meet the decarbonosing challenge in a post-Covid-19 world, CILT*, 2020).

Chociaż praca zdalna jest w Londynie nadal bardzo popularna, centrum miasta ponownie zostało zakorkowane przez samochody, co oznacza, że przesiadła się do nich część korzystających przed epidemią z transportu zbiorowego. Złagodzenie problemów ruchowych ma spowodować podniesienie od 22 czerwca 2020 roku opłat za wjazd do centrum z 11,5 do 15 GBP i ich obowiązywanie przez 7 dni tygodnia w godzinach 7–22 – dotychczas opłatę uiszczano tylko od poniedziałku do piątku w godzinach 7–18. Jednocześnie, w związku z rekordowym zainteresowaniem rowerami miejskimi (np. 132 979 wypożyczeń w weekend 30–31 maja 2020) ich liczba – dzięki sponsoringowi Santander – wzrosła ostatnio o 1700 do ponad 14 000, przy czym pracownicy służby zdrowia i policjanci mogą z nich nadal (na czas epidemii) korzystać bezpłatnie (*Traffic Technolody Today*, 18.06.2020).

Również skupieni w inicjatywie światowej grupy klimatycznej C40 merowie aglomeracji miejskich, m.in. Aten, Buenos Aires, Hongkongu, Londynu, Los Angeles i Sydney, w swojej odezwie nakłaniają mieszkańców miast do odrodzenia mobilności w duchu poszanowania środowiska i zwalczania wykluczenia komunikacyjnego osób niepełnosprawnych i najuboższych, którzy podczas pandemii ucierpieli najbardziej. Przeciwdziałanie ociepleniu klimatu i konieczność zapewnienia wszystkim – również tym nie posiadającym samochodu – niezbędnej dostępności komunikacyjnej chociażby do miejsc pracy skłania do rozwoju systemu transportu zbiorowego oraz mikromobilności, czyli korzystania z rowerów i elektrycznych hulajnóg *(Traffic Technology Today*, 7.05.2020).

Obecny kryzys wywołany spodziewaną przecież pandemią jest skutkiem braku odpowiedniej reakcji na wcześniejsze ataki wirusów SARS, MERS czy Ebola. Bogatsi o aktualne doświadczenia starajmy się zabezpieczyć przed pradawnymi wirusami i bakteriami budzącymi się właśnie w lodowcach, topniejących z powodu ocieplenia klimatu. Wąglik, który zarażał ludzi na Półwyspie Jamalskim przed czterema laty, okazał się uśpioną bakterią dziesiątkującą przed wiekami stada reniferów (*Teraz Środowisko*, 10.04.2020)

JACEK MALASEK
dr inż. Instytut Badawczy Dróg i Mostów, ul. Instytutowa 1, 03-302 Warszawa
Tel: +48 22 390 02 02, e-mail: jmalasek@ibdim.edu.pl

ANDRZEJ BĄK
Koło Naukowe Transportu TRANSIT, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, tel.: +48790694488, e-mail: Bak.Andrzej@student.pk.edu.pl

Analiza dostępności pieszej stacji Szybkiej Kolei Aglomeracyjnej w województwie małopolskim[1]

Streszczenie: Odpowiednie planowanie przestrzeni może wpływać na poprawę dostępności transportowej, a szczególnie tak zwanej dostępności przestrzennej. Celem artykułu jest oszacowanie liczby osób mieszkających w zasięgu akceptowalnego dojścia pieszego do stacji Szybkiej Kolei Aglomeracyjnej aglomeracji krakowskiej. W artykule przytoczono pojęcie dostępności komunikacyjnej i jej rodzaje. Zaprezentowano metodę badawczą z wykorzystaniem wolnego i otwartego oprogramowania oraz źródła ogólnodostępnych danych. Przedstawiono i omówiono wyniki analizy dla systemu Szybkiej Kolei Aglomeracyjnej. Oceniono znaczenie poszczególnych stacji w systemie pod kątem dostępności pieszej, a także pokazano znaczenie kolei aglomeracyjnej dla poszczególnej gmin.
Słowa kluczowe: dostępność transportowa, transport kolejowy, GIS.

Wprowadzenie

Transport nierozłącznie wiąże się z gospodarką przestrzenną. Sieć transportowa tworzy arterie, a przestrzenie między nimi wypełnia tkanka zabudowy. Dobre planowanie przestrzeni, szczególnie dróg dojścia do stacji i przystanków sieci transportowej, może wpływać na podejmowane przez podróżnych decyzje.

Szybka Kolej Aglomeracyjna (SKA) to regionalny system transportu kolejowego uruchomiony na zlecenie województwa małopolskiego. Funkcjonuje on na trzech liniach łączących Kraków z miastami północnej i zachodniej Małopolski [10]:

- SKA1: Kraków Lotnisko – Kraków Główny – Wieliczka Rynek Kopalnia,
- SKA2: Sędziszów – Kraków Główny (docelowo linia ma być wydłużona do Skawiny),
- SKA3: Tarnów – Kraków Główny (docelowo linia ma być wydłużona do Trzebini).

Celem artykułu jest przedstawienie szacunkowej analizy dostępności pieszej do Szybkiej Kolei Aglomeracyjnej. Jako miarę dostępności użyto liczbę mieszkańców w zasięgu akceptowalnego dojścia pieszego.

Dodatkowym celem jest wykorzystanie tylko wolnego i otwartego oprogramowania, a także ogólnodostępnych informacji.

Dostępność transportowa

Słowo „dostępny" według internetowego słownika języka polskiego posiada cztery podstawowe znaczenia. Oznacza coś, do czego można dojść bez przeszkód, nietrudne do zdobycia, łatwe do przyswojenia lub łatwe w nawiązywaniu kontaktu [9]. Podobnie jest z dostępnością transportową. Według Gadzińskiego dostępność systemu transportowego to „relacja pomiędzy jego otoczeniem społecznym (lokalną społecznością charakteryzującą się określonym zestawem zachowań przestrzennych) a infrastrukturą transportową i środkami transportu" [2, s. 118–121]. Wyróżnia on sześć rodzajów dostępności:

- techniczną – możliwość podróży danym środkiem transportu przez daną osobę, np. dostosowanie taboru do potrzeb osób o ograniczonej mobilności;
- informacyjną – możliwość otrzymania informacji o częstotliwości kursowania, trasie, rozkładzie jazdy;
- przestrzenną – możliwość dojścia do środka transportu, np. długość dojścia, konieczne do pokonania przeszkody w terenie (schody, mury, skarpy);
- ekonomiczną – możliwość poniesienia kosztów podróży, np. ceny biletu;
- regulaminową – możliwość legalnego odbycia podróży, np. ograniczenia podróży z bagażem lub rozmiaru bagażu;
- czasową – możliwość poświęcenia czasu na odbycie podróży, np. częstotliwość kursów, czas podróży.

Mierząc dostępność przestrzenną, należy zwrócić uwagę na definicję Banistera oraz Marshalla (przytaczanego przez Faron), gdzie „dostępność struktury funkcjonalno–przestrzennej rozumiana jest jako łatwość osiągnięcia celów podróży, w zależności od położenia względem siebie źródła i celu podróży (w ujęciu długości i czasu odbycia podróży), w odniesieniu do różnych środków transportu (dojście do przystanku) i infrastruktury drogowej (sieci ulic, ścieżek rowerowych, chodników)". Z definicji tej można wprost wyjąć, że miarą dostępności przestrzennej będzie odległość lub czas, a mierzone będą jako dojście lub dojazd do przystanku po istniejącej sieci komunikacyjnej.

W przypadku mierzenia dostępności pieszej należy założyć, że dany obiekt stanowiący cel podróży jest dostępny przestrzennie dla użytkownika, jeśli znajduje się on w akceptowalnej odległości dojścia pieszego od źródła podróży. Na akceptowalną odległość dojścia wpływ ma nie tylko odległość i czas potrzebny na jej pokonanie, ale też inne czynniki. Gehl wśród tych czynników wskazuje na formę zagospodarowania obszaru, gęstość siatki ulicznej, liczbę skrzyżowań, ulokowanie przejść dla pieszych oraz czas oczekiwania na sygnalizacji świetlnej [3, s. 119–133]. Także subiektywny odbiór atrakcyjności przestrzeni może mieć znaczenie. Podróż przez przestrzeń nudną lub nieatrakcyjną będzie wpływać

[1] ©Transport Miejski i Regionalny, 2020.

na mniejszą skłonność do pokonania danego dystansu [3, s. 127–129]. Biorąc pod uwagę wszystkie te czynniki, Gehl wskazuje, że powszechnie uznawaną akceptowalną długością dojścia w mieście jest 500 m [3, s. 121]. Faron przywołuje badania amerykańskie, w których wskazuje się, że 400 m to maksymalna akceptowalna odległość, jaką skłonny jest przejść pieszy, by dojść do celu [1, s. 45]. Przytacza również, że według różnych badań, odległości do przystanków powinny się kształtować maksymalnie w zależności od zabudowy: do 300 m w centrum, do 500 m w zabudowie wysoko-intensywnej lub wielorodzinnej, do 1000 m w zabudowie nisko-intensywnej lub jednorodzinnej [1, s. 46]. Istotnym czynnikiem mającym wpływ na akceptowalną odległość pieszą do stacji, przystanku, jest atrakcyjność samego środka transportu – jego szybkość przemieszczania się [8]. Autorzy artykułu powołują się na Walkera, który twierdzi, że maksymalna odległość, jaką jest skłonny pokonać pieszy, wynosi 400 m, a dla szybkich środków transportu (metro, *bus rapid transit*) nawet 1000 m. Potwierdza to praktyka inżynierska i planistyczna, np. w opracowaniu „Zintegrowany system transportu w Legnicko-Głogowskim Obszarze Funkcjonalnym" autorzy wskazują, że na terenie analizowanego obszaru akceptowalny zasięg dojścia pieszego do kolei wynosi 1000 m [4, s. 24–26, s. 213–215].

Do wyznaczania odległości do danego punktu służą dwie podstawowe metody:

- metoda buforów – odległość mierzona w linii prostej bez uwzględnienia istniejących dróg dojścia, stosowana głównie do opracowań małoskalowych lub przybliżonych szacunków;
- analiza sieciowa – odległość mierzona wzdłuż sieci infrastruktury komunikacyjnej, stosowana w opracowaniach wielkoskalowych.

Metoda badawcza

Analizę sieciową przeprowadzono w darmowym i otwartym programie QGIS 3.10.2-A Coruña. Analizowano dojście od wejścia na perony każdej stacji lub przystanku obsługiwanego przez SKA (źródło podróży, źródło analizy). Punkty te zostały wcześniej zinwentaryzowane metodą foto, tzn. zostały zwektoryzowane na podstawie analizy zdjęć satelitarnych i lotniczych. Zwektoryzowano jedynie legalne drogi dojścia na perony.

Siatkę dróg dojścia stanowiła sieć drogowa pobrana z bazy OpenStreetMap (OSM) [13] [15] [16]. Pobrano obiekty liniowe ze znacznikiem „highway" znajdujące się w lub przebiegające przez gminy mające co najmniej jeden punkt wspólny z poligonowym buforem o wielkości 5 km od wejść do stacji (warstwa gmin). Źródłem granic administracyjnych dla gmin była paczka pochodząca z państwowego Rejestru Granic przygotowana przez GIS Support Sp. z o.o [14]. Z pobranych wykazu ulic usunięto te, wzdłuż których ruch pieszych jest niemożliwy:

- autostrady i drogi ekspresowe oraz ich łącznice wjazdowe i zjazdowe na węzłach – selekcja wyrażeniem: „highway" in ('motorway', 'motorway_link', 'trunk', 'trunk_link'),
- drogi proponowane do budowy – selekcja wyrażeniem: „highway" = 'proposed';
- drogi o zakazie ruchu pieszego (jeśli taki został zakodowany w metadanych odcinka przez autorów OSM – selekcja wyrażeniem: „foot"='no').

Dokonano poprawy topologii posiadanych warstw tak, by zwektoryzowane wejścia na perony znajdowały się na węzłach sieci komunikacyjnej. W ten sposób uzyskano warstwę wejść na perony. Dane z OSM cechują się pewną niedoskonałością wynikającą z błędów w wektoryzacji lub jakości uzupełnienia metadanych przez autorów OSM. Konieczne okazało się więc uzupełnienie sieci drogowej poprzez zwektoryzowanie niektórych dróg dojścia do stacji lub przystanków: Tarnów, Baidoliny, Łuczyce, Niedźwiedź, Słomniki, Smroków, Dziadówki, Klimontów, Bochnia, Baranówka, Kraków Lotnisko. Ponadto należało usunąć zwektoryzowane przez autorów OSM nielegalne dojście do stacji Kraków Batowice. W ten sposób uzyskano warstwę drogową.

Za pomocą programu QGIS i jego rozszerzenia (wtyczki) QGIS Network Analysis Toolbox 3 (QNEAT3) dokonano wyznaczenia odległości dojścia wzdłuż sieci drogowej od źródeł podróży dla każdej ze stacji lub przystanków oraz dla całości systemu. Ustawiono następujące parametry analizy:

- algorytm analizy QNEAT3: Iso-Area as Polygon (from Layer);
- warstwa sieci: warstwa drogowa;
- warstwa punktów startowych: selekcja punktów odpowiadająca poszczególnym stacjom lub przystankom albo dla całości systemu SKA wszystkie punkty z warstwy wejść na perony;
- zasięg analizy: 4000 m;
- cięcie izoliniowe: 500 m;
- wielkość komórki rasta: 10 m (wartość domyślna);
- kryterium optymalizacji: najkrótszy (dzięki temu analiza dotyczyła najkrótszego dystansu);
- tolerancja topologii: 10 m (dzięki temu uniknięto problemów z ewentualnymi niedoskonałościami topologii sieci lub nieoznaczonymi przejściami dla pieszych przez drogi jednojezdniowe).

Uzyskane wyniki stanowią zinterpolowane warstwy rastrowe minimalnej odległości od punktów źródłowych analizy (dalej: rastrowe warstwy dostępności) oraz utworzone na ich podstawie warstwy izopoligonów odległości dojścia o cięciu 500 m.

W celu zastosowania jako miary liczby ludności w zasięgu dostępności danej stacji dokonano szacunkowego wyznaczenia liczby ludności przypadającej na zabudowania. W tym celu z OSM pobrano obiekty poligonowe z znacznikiem „building" znajdujące się na terenie analizowanych gmin [13] [15] [16]. Dokonano przekształcenia tych obiektów na ich punktową reprezentację – centroidy. Ponadto z uzyskanej warstwy usunięto punkty reprezentujące obiekty niemieszkalne (selekcja po atrybucie „type").

Z uwagi na wspomnianą już niedoskonałość danych z OSM spośród pozostałych obiektów należało usunąć obiekty, których nazwa wskazywała, że są również obiektami niemieszkalnymi, np. nazwa obiektu stanowiła nazwę sieci sklepów wielkopowierzchniowych, a które błędnie miały wypełniony atrybut „type". W ten sposób uzyskano punktową reprezentację budynków mieszkalnych – warstwę zabudowy.

Dane dla ludności pozyskano w formie siatki poligonów o wymiarach około 1x1 km pochodzących z Narodowego Spisu Ludności z 2011 roku [12]. Wybrano tylko poligony wchodzące w zasięg analizy. Uzyskano w ten sposób warstwę ludności. Następnie, korzystając z wbudowanych narzędzi QGIS, policzono, ile punktów z warstwy zabudowy znajduje się w poszczególnych poligonach warstwy ludności – sumaryczną liczebność zabudowy. Informację tę dopisano do warstwy ludności.

Punktom warstwy zabudowy, za pomocą wtyczki QGISA *Point sampling tool,* przypisano informacje o odpowiadających im:

- z rastrowych warstw dostępności:
  - odległościach od poszczególnych stacji lub przystanków,
  - odległościach do najbliższej stacji lub przystanku;
- z warstwy ludności:
  - liczbie ludności,
  - sumarycznej liczebności zabudowy w poligonie;
- z warstwy gmin – nazwie gminy.

Metadane tak uzyskanej warstwy dostępności zabudowy załadowano do arkusza kalkulacyjnego z pakietu LibreOffice, gdzie dokonano dalszych analiz.

Utworzono nową kolumnę zawierającą stosunek liczby ludności do sumarycznej liczebności zabudowy dla każdego rekordu (wcześniej w programie QGIS reprezentowanego przez punkt na warstwie dostępności zabudowy).

Za pomocą formuł pakietu LibreOffice obliczono ogólną dostępność systemu SKA w granicach 1000 m zasięgu akceptowalnego dojścia. Dla każdej stacji lub przystanku kolejowego obliczono:

- liczbę osób zamieszkujących w zasięgu:
  - od 0 do 500 m,
  - od 500 (bez 500) do 1 000 m,
  - dodatkowo od 1000 (bez 1000) do 1500 m;
- sumę ludności w akceptowanym zasięgu dojścia do 1000 m – dostępność stacji;
- procent, jaki stanowi liczba ludności w zasięgu:
  - od 0 do 500 m,
  - od 500 (bez 500) do 1000 m,
  - dodatkowo od 1000 (bez 1000) do 1500 m,

  w stosunku do sumy dostępności do stacji;
- znaczenie stacji lub przystanku – stosunek dostępności stacji do dostępności systemu wyrażony jako procent.

Dla każdej gminy objętej analizą (warstwa gminy) obliczono:

- liczbę mieszkańców gminy;
- liczbę osób zamieszkujących w zasięgu:
  - od 0 do 500 m,
  - od 500 (bez 500) do 1000 m,
  - dodatkowo od 1000 (bez 1 000) do 1 500 m,

  od którejkolwiek ze stacji kolejowych;
- sumę ludności w akceptowanym zasięgu dojścia do 1000 m – dostępność gminy,
- procent, jaki stanowi liczba ludności w zasięgu:
  - do 500 m,
  - do 1000 m,
  - do 1500 m,

  w stosunku do liczby mieszkańców gminy;
- znaczenie gminy dla sieci SKA – stosunek dostępności gminy do dostępności systemu wyrażony jako procent.

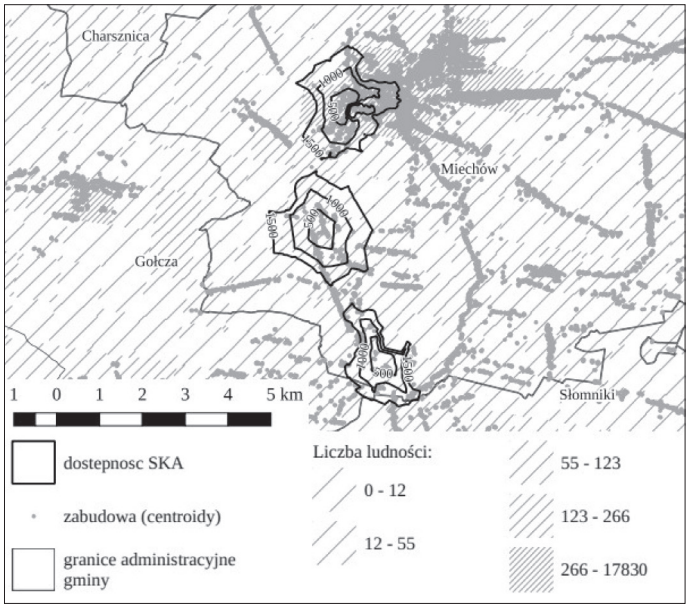
Wyniki obliczeń

W zasięgu akceptowalnego 1 km dojścia pieszego do stacji lub przystanków SKA zamieszkuje 120 010 osób (tab. 1, 2, mapa 1). Prezentowane wyniki obejmują gminy, dla których, na skutek analizy stwierdzono, że w zasięgu 1,5 km od stacji kolejowej mieszka choć jeden mieszkaniec.

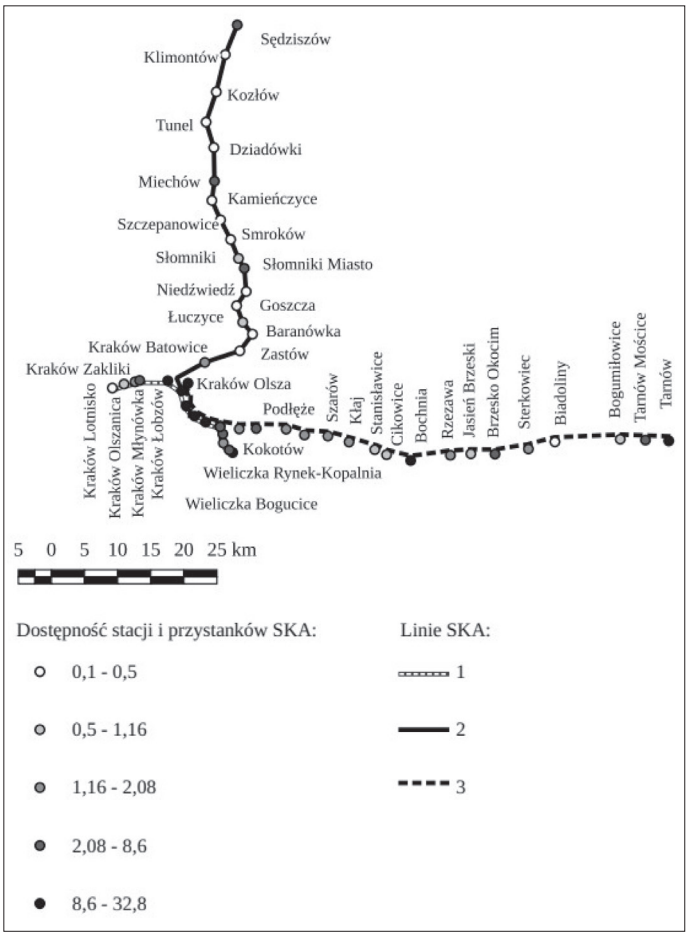
Najwięcej osób mieszka w zasięgu stacji Kraków Łobzów (39 380), a następnie Kraków Główny (35 090). Spośród stacji zlokalizowanych poza Krakowem najwięcej osób zamieszkuje w zasięgu stacji Tarnów (20 622), Wieliczka Rynek-Kopalnia (11 832), Bochnia (11 743). Najmniej osób mieszka w zasięgu przystanku Niedźwiedź (103), Szczepanowice (146), Dziadówki (157) (tab. 1, mapa 2).

W akceptowalnym zasięgu dojścia pieszego w Sędziszowie mieszka aż 2537 mieszkańców, co stanowi 19,6% wszystkich mieszkańców. Jest to największy, stosunek osób mających do pokonania, do stacji lub przystanku SKA, mniej niż 1 km do liczby mieszkańców gminy. Za Sędziszowem plasują się: Bochnia (gmina miejska) (5370; 17,8%), Wieliczka (9 844; 17,5%), Słomniki (1884; 19,6%). Dalej gminy: Kłaj, Miechów, Rzezawa, Kocmyrzów-Luborzyca, Niepołomice, Tarnów (miasto) i Kraków mają jeszcze wyniki wyższe od analogicznego wyniku liczonego dla całego systemu, w którym tylko 9,4% (120 010) mieszkańców gmin mieszka w odległości dojścia do 1 km do stacji. Najniższą dostępnością cechują się gminy Gołcza, Liszki, Tarnów (gmina wiejska), w których osoby mieszkające najbliżej stacji mieszkają już poza akceptowalną długością dojścia. Nieco lepiej SKA obsługuje gminy Wojnicz (4; 0,03%), Książ Wielki (4; 0,1%), Zabierzów (30; 0,1%) (tab. 2, mapa 3).

Największe znaczenie dla systemu ma Kraków. Jest nie tylko centrum aglomeracji i miastem węzłowym systemu SKA, ale także 62,1% osób mieszkających w akceptowalnym zasięgu pieszego dojścia do stacji lub przystanków mieszka na terenie Krakowa. Za stolicą regionu uplasowało się miasto Tarnów (10,1%), a następnie miasto Bochnia (4,5%) i Wieliczka (8,2%). Najmniejszym znaczeniem znowu cechują się gminy Wojnicz oraz Książ Wielki (0,003%), Zabierzów (0,03%) (tab. 2, mapa 4).



Mapa 1. Graficzna wizualizacja dostępności pieszej na przykładzie fragmentu gminy Miechów
Źródło: opracowanie własne



Mapa 2. Znaczenie stacji lub przystanku [%]
Źródło: opracowanie własne

Tabela 1

Dostępność stacji lub przystanków kolejowych

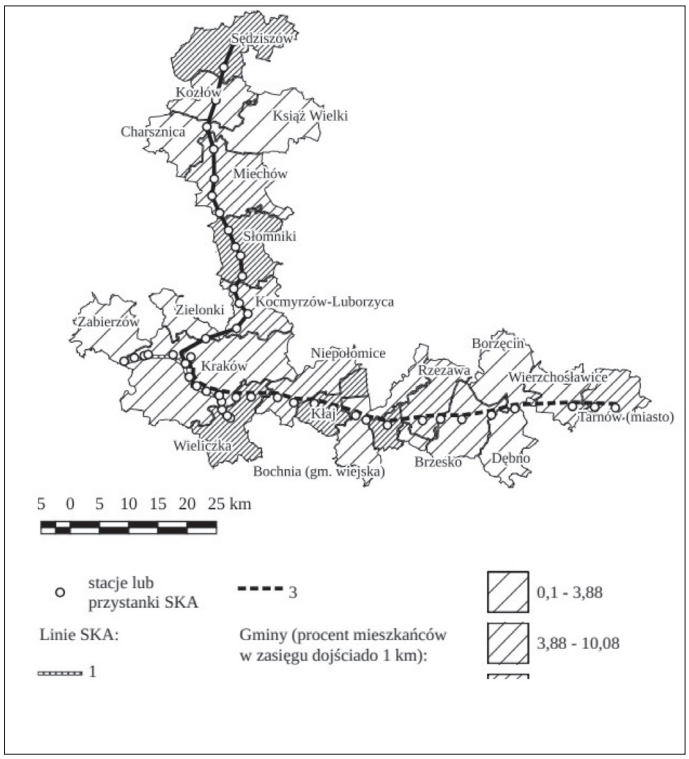
Nazwa stacji lub przystanku kolejowego	Linia SKA	Dostępność stacji	Udział procentowy dostępności ludności w zasięgu akceptowalnego dojścia pieszego do stacji			Znaczenie stacji lub przystanku [%]
			<0; 500>	(500; 1 000>	(1 000; 1 500>	
cały system	1, 2, 3	120 010	24,3	75,7	125,2	100,0
Baranówka	2	446	35,8	64,2	111,1	0,4
Biadoliny	3	539	15,8	23,0	61,2	0,4
Bochnia	3	11 743	14,1	31,5	54,4	9,8
Bogumiłowice	3	1 080	13,4	59,8	26,8	0,9
Brzesko Okocim	3	2 659	7,2	25,8	67,0	2,2
Cikowice	3	842	31,6	23,0	45,4	0,7
Dziadówki	2	157	7,7	22,7	69,6	0,1
Goszcza	2	655	11,4	43,4	45,1	0,5
Jasień Brzeski	3	735	19,9	16,8	63,4	0,6
Kamieńczyce	2	571	22,8	56,6	20,7	0,5
Klimontów	2	246	0,4	15,2	84,4	0,2
Kłaj	3	1 560	16,6	31,5	51,9	1,3
Kokotów	3	2 050	13,7	25,1	61,1	1,7
Kozłów	2	636	16,9	37,3	45,8	0,5
Kraków Batowice	2	1 729	7,0	11,5	81,6	1,4
Kraków Bieżanów	1, 3	10 308	3,7	24,2	72,2	8,6
Kraków Bieżanów Drożdżownia	1	10 318	6,2	26,3	67,5	8,6
Kraków Główny	1, 2, 3	35 090	7,8	29,2	63,0	29,2
Kraków Lotnisko	1	210	3,3	22,1	74,6	0,2
Kraków Łobzów	1	39 380	13,0	30,8	56,2	32,8
Kraków Młynówka	1	2 857	11,0	33,0	55,9	2,4
Kraków Olsza	3	30 600	11,8	31,9	56,4	25,5
Kraków Olszanica	1	838	10,4	18,6	71,0	0,7
Kraków Płaszów	1, 3	11 064	7,5	20,8	71,8	9,2
Kraków Prokocim	1	22 073	7,3	38,4	54,3	18,4
Kraków Zabłocie	1, 3	24 598	10,7	28,1	61,2	20,5
Kraków Zakliki	1	2 442	6,8	62,6	30,6	2,0
Łuczyce	2	957	6,0	49,1	44,9	0,8
Miechów	2	3 762	18,2	25,0	56,9	3,1
Niedźwiedź	2	103	10,1	23,8	66,1	0,1
Podłęże	3	2 179	12,6	53,4	34,0	1,8
Rzezawa	3	2 323	19,0	30,9	50,1	1,9
Sędziszów	2	5 120	6,6	42,2	51,3	4,3
Słomniki	2	903	2,9	19,3	77,8	0,8
Słomniki Miasto	2	3 315	12,7	33,1	54,2	2,8
Smroków	2	263	16,2	27,8	56,0	0,2
Staniątki	3	1 829	17,4	43,1	39,5	1,5
Stanisławice	3	1 275	17,5	39,2	43,3	1,1
Sterkowiec	3	1 600	21,7	35,1	43,1	1,3
Szarów	3	1 392	9,4	29,3	61,3	1,2
Szczepanowice	2	146	20,2	10,4	69,4	0,1
Tarnów	3	20 622	3,7	38,0	58,3	17,2
Tarnów Mościce	3	5 846	12,8	47,5	39,7	4,9
Tunel	2	230	29,8	21,4	48,8	0,2
Węgrzce Wielkie	3	2 689	7,9	42,2	50,0	2,2
Wieliczka Bogucice	1	1 698	7,5	16,8	75,7	1,4
Wieliczka Park	1	8 265	6,1	27,7	66,2	6,9
Wieliczka Rynek-Kopalnia	1	11 832	13,2	37,0	49,8	9,9
Zastów	2	569	1,3	21,5	77,1	0,5

Źródło: opracowanie własne

Tabela 2

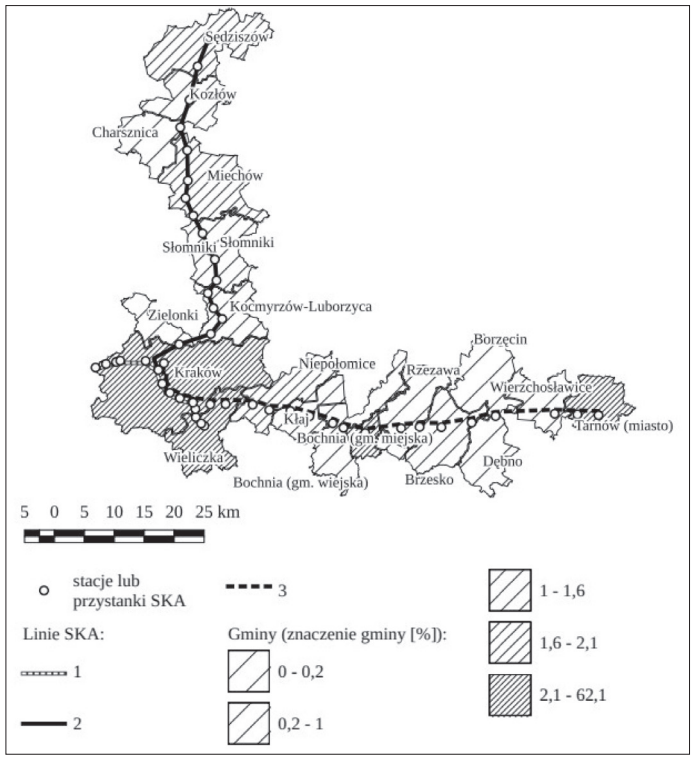
Dostępność gmin									
Gmina	Liczba ludności	Liczba osób zamieszkujących w zasięgu			Dostępność gminy	Procent, jaki stanowi liczba ludności w zasięgu w stosunku do liczby ludności			Znaczenie gminy[%]
		(0; 500>	(500; 1 000>	(1 000; 1 500>		<0; 500>	<0; 1 000>	<0; 1 500>	
Cały system	1 279 039	29 111	90 899	150 280	120 010	2,3	9,4	21,1	100,0
Bochnia (gmina miejska)	30 250	1 668	3 702	6 373	5 370	5,5	17,8	38,8	4,5
Bochnia (gmina wiejska)	19 305	491	694	850	1 185	2,5	6,1	10,5	1,0
Borzęcin	8 484	70	33	100	102	0,8	1,2	2,4	0,1
Brzesko	35 758	674	1 247	2 232	1 920	1,9	5,4	11,6	1,6
Charsznica	7 288	65	47	64	112	0,9	1,5	2,4	0,1
Dębno	14 571	25	177	510	202	0,2	1,4	4,9	0,2
Gołcza	4 690	0	0	2	0	0,0	0,0	0,0	0,0
Kłaj	10 334	390	898	1 676	1 288	3,8	12,5	28,7	1,1
Kocmyrzów-Luborzyca	13 951	301	1 168	1 649	1 469	2,2	10,5	22,3	1,2
Kozłów	4 913	108	236	292	343	2,2	7,0	12,9	0,3
Kraków	761 545	18 187	56 395	102 038	74 581	2,4	9,8	23,2	62,1
Książ Wielki	5 503	4	0	0	4	0,1	0,1	0,1	0,0
Liszki	17 704	0	0	1	0	0,0	0,0	0,0	0,0
Miechów	19 657	853	1 320	2 514	2 173	4,3	11,1	23,8	1,8
Niepołomice	24 213	598	1 952	1 453	2 550	2,5	10,5	16,5	2,1
Rzezawa	11 312	436	763	1 567	1 199	3,9	10,6	24,4	1,0
Sędziszów	12 948	331	2 206	2 841	2 537	2,6	19,6	41,5	2,1
Słomniki	13 774	511	1 373	2 706	1 884	3,7	13,7	33,3	1,6
Tarnów (gm. wiejska)	24 506	0	0	4	0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tarnów (miasto)	115 222	1 526	10 605	14 257	12 131	1,3	10,5	22,9	10,1
Wieliczka	56 205	2 606	7 238	8 597	9 844	4,6	17,5	32,8	8,2
Wierzchosławice	10 639	142	650	327	792	1,3	7,4	10,5	0,7
Wojnicz	13 432	0	4	14	4	0,0	0,0	0,1	0,0
Zabierzów	24 531	8	22	63	30	0,0	0,1	0,4	0,0
Zielonki	18 303	118	172	153	290	0,6	1,6	2,4	0,2

Źródło: opracowanie własne



Mapa 3. Procent jaki stanowi liczba ludności w zasięgu 1 km dojścia w stosunku do sumy dostępności do stacji

Źródło: opracowanie własne



Mapa 4. Znaczenie gminy[%]

Źródło: opracowanie własne

Dyskusja wyników

Należy zaznaczyć, że powyższa analiza dostępności przestrzennej, pieszej mierzonej po sieci ulic w zasięgu akceptowalnego zasięgu dojścia, nie wyczerpuje tematu mierzenia potencjału i dostępności systemów transportowych, takich jak Szybka Kolej Aglomeracyjna. Stanowi ona jedynie jeden z możliwych elementów kompleksowej analizy. Kompleksowa analiza mogłaby zawierać przykładowo badania możliwości poruszania się alternatywnymi środkami transportu, w tym innymi systemami transportu publicznego, dostępności cenowej, taktu połączeń, dostępności mierzonej jako czas i kosztów podróży od drzwi do drzwi (różne środki transportu, przesiadki, parkowanie).

W tym kontekście należy wskazać, że znaczenie SKA w systemie krakowskiej komunikacji miejskiej (KKM) ogranicza brak pełnej integracji taryfowej. Istnieją bilety umożliwiające zarówno podróż SKA, jak i KKM, bilet wspólny 70 min [6], imienny bilet zintegrowany [7], jednak nie jest to pełna integracja taryfowa. Może się to przekładać na codzienne wybory pasażerów i skutkować niewybieraniem systemu SKA – z uwagi na posiadanie już biletu wyłącznie na KKM.

Należy mieć na uwadze, że podkrakowskie gminy obsługiwane są przez linie aglomeracyjne KKM, które stanowić mogą konkurencję wobec dojazdu SKA. Dla przykładu gmina Zabierzów obsługiwana jest przez KKM, ale także, po linii kolejowej LK133 (E30), obsługiwana jest pociągami regionalnymi.

Zabierzów dobrze też obrazuje sytuację, gdy stacja lub przystanek SKA nie pełnią roli obsługi najbliższego otoczenia. Na terenie gminy znajduje się tylko przystanek zlokalizowany przy terminalu lotniska Kraków-Balice, którego głównym celem jest obsługa lotniska, a nie mieszkańców sąsiedztwa. Podobnie część przystanków obsługuje na co dzień większe otoczenie niż zasięg dojścia pieszego, dzięki możliwości skorzystania z parkingów P+R (parkuj i jedź) [11] lub komunikacji dowozowej [10].

Podsumowanie

W artykule przedstawiono pomiary dostępności stacji Szybkiej Kolei Aglomeracyjnej obsługującej Kraków. Analizie poddano dostępność przestrzenną – odległość dojścia pieszego w granicach akceptowalnej odległości dojścia wynoszącej 1000 m. Ponadto uwzględniono wyniki dla dojścia mieszczącego się w zasięgu 1500 m. Zastosowano pomiar długości dojścia wzdłuż istniejącej sieci dróg i chodników, czyli analizę sieciową. Za miarę dostępności przyjęto liczbę ludności mieszkającej we wskazanych zasięgach dostępności. Wykorzystano przy tym wolne i otwarte oprogramowanie oraz ogólnodostępne źródła danych.

Uzyskane wyniki pokazują znaczenie, jakie poszczególne stacje lub przystanki mają w obsłudze swojego najbliższego otoczenia. Ukazują też wagę pieszego dojścia dla funkcjonowania gmin objętych systemem oraz samego systemu SKA. Ponadto, jak pokazują załączone wyniki dostępności stacji lub przystanków SKA do 1500 m, w przypadku wielu stacji przystanków oraz gmin istnieje potencjał do poprawy dostępności poprzez stworzenie nowych dróg dojścia lub poprawę subiektywnej atrakcyjności już istniejących. Działania takie wymagają jednak szczegółowych analiz urbanistycznych.

Literatura

1. Faron A., *Wpływ wybranych czynników struktury funkcjonalno-przestrzennej miasta na podział zadań przewozowych* [praca doktorska], Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Lądowej, 2013. Wydruk komputerowy.
2. Gadziński J., *Funkcjonowanie lokalnego systemu transportowego na tle współczesnych procesów urbanizacyjnych. Przykład aglomeracji poznańskiej,* Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań 2013.
3. Gehl J., *Miasta dla ludzi,* Wyd. RAM, Kraków 2014.
4. Bocian A. i in., *Zintegrowany system transportu w Legnicko-Głogowskim Obszarze Funkcjonalnym,* Wrocław, Instytut Rozwoju Terytorialnego, 2015.

Dokumenty elektroniczne online.

5. *Autobusowe linie dowozowe* [online], [dostęp: 18.02.2019], https://malopolskiekoleje.pl/index.php/trasy/autobusowe-linie-dowozowe.
6. *Cennik biletów jedno- i wieloprzejazdowych* [online], [dostęp: 18.02.2019], http://www.mpk.krakow.pl/pl/bilety2/cenniki-biletow-jedno-i-wieloprzejazdowych/.
7. *Cennik biletów okresowych* [online], [dostęp: 18.02.2019], www.mpk.krakow.pl/pl/bilety2/cenniki-biletow-okresowych/.
8. Dybalski J., *Jak daleko do przystanku to za daleko?* [online], [dostęp: 16.02.2019], https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/jak-daleko-do-przystanku-to-za-daleko-2440.html.
9. *Słownik języka polskiego,* PWN [online], [dostęp: 15.02.2019], https://sjp.pwn.pl/sjp/dostepny;2453691.html.
10. *Transport kolejowy* [online], [dostęp: 15.02.2019], https://www.malopolska.pl/dla-mieszkanca/transport/szybka-kolej-aglomeracyjna-ska.
11. *Usługi parkingowe* [online], [dostęp: 18.02.2019], https://mka.malopolska.pl/uslugi-parkingowe.

Bazy danych online:

12. *Dane w siatce kilometrowej,* GUS [online], [dostęp: 10.02.2019], https://geo.stat.gov.pl/start/-/asset_publisher/jNfJiIujcyRp/content/id/36734.
13. *OpenStreetMap* [online], [dostęp: 12.02.2019], https://www.openstreetmap.org.
14. *Państwowy Rejestr Granic* [online], [dostęp: 10.02.2019], https://gis-support.pl/granice-administracyjne/.
15. *Województwo małopolskie (Lesser Poland Voivodeship)* [online], [dostęp: 13.02.2019], https://download.geofabrik.de/europe/poland/malopolskie.html.
16. *Województwo świętokrzyskie (Świętokrzyskie Voivodeship)* [online], [dostęp: 13.02.2019], https://download.geofabrik.de/europe/poland/swietokrzyskie.html.

NATALIA CZOŁGOSZ
Koła Naukowego Transportu Szynowego działającego w Politechnice Wrocławskiej, e-mail: nataliaczolgosz@gmail.com
DANIEL KARPOWICZ
Koła Naukowego Transportu Szynowego działającego w Politechnice Wrocławskiej, e-mail: daniel_karpowicz@wp.pl
KLAUDIA BERUS
Koła Naukowego Transportu Szynowego działającego w Politechnice Wrocławskiej, e-mail: klaudiaberus@gmail.com

Wpływ wysokości podłogi na czas wymiany pasażerskiej w tramwajach[1]

Streszczenie: Artykuł omawia wpływ wysokości podłogi tramwaju oraz wysokości peronu na czas wymiany pasażerskiej i, w konsekwencji, na uzyskiwane czasy przejazdów tramwajów. Badania zostały przeprowadzane na tramwajach Skoda 16T i 19T, Moderus Beta, Konstal 105NaWr, Protram 205WrAS, na wielu liniach i przystankach Wrocławia, w różnych porach doby. Analiza wyników wykazała, że wpływ ten nie jest znacząco istotny.
Słowa kluczowe: tramwaj wysokopodłogowy, tramwaj niskopodłogowy, wymiana pasażerska.

Wprowadzenie

Celem niniejszego artykułu była analiza tezy stawianej przez jedną ze stron trwającej od dłuższego czasu dyskusji środowisk związanych z wrocławską komunikacją zbiorową. Debatę zapoczątkowano po rozstrzygnięciu przetargu na nowy tabor szynowy dla miejskiego przewoźnika. W jego wyniku zaplecze taborowe MPK Wrocław powiększyło się o dwa typy tramwajów Moderus Beta: MF 19AC i MF 24AC. W sumie w latach 2015–2019 na wrocławskich torach pojawiło się 46 tramwajów obu typów. Główną kwestią podnoszoną w dyskusjach była wysokość podłogi w nowych pojazdach: tramwaje typu Moderus Beta posiadają tylko jedne drzwi w obszarze niskiej podłogi, która stanowi tylko 25% powierzchni podłogi dostępnej dla pasażerów. Zwolennicy wyboru tego typu tramwajów wskazywali na konieczność szybkiej wymiany parku taborowego miejskiego przewoźnika i niższe koszty zakupu w stosunku do tramwajów w całości niskopodłogowych. Ich oponenci twierdzili, że MPK nie powinno kupować tramwajów z tak małym udziałem niskiej podłogi, jako argumenty podając m.in. komfort korzystania z pojazdów, dostępność dla osób o ograniczonej sprawności, z wózkami dziecięcymi, większym bagażem oraz czasem wymiany pasażerskiej, który miał być dłuższy w tramwajach wysokopodłogowych [1] [2]. Celem artykułu jest weryfikacja tezy o krótszym czasie wymiany pasażerskiej w przypadku obsługi połączenia taborem w pełni niskopodłogowym.

Założenia do pomiarów

Typy tramwajów

Do celów badawczych tramwaje kursujące we Wrocławiu zostały podzielone na dwie grupy. Pierwszą grupę stanowią tramwaje określone jako wysokopodłogowe, do których zaliczono:

- różne warianty modernizacji tramwaju Konstal 105Na, w tym Protram 105NaWr (za wyjątkiem tramwajów bez drzwi odskokowo przesuwnych, posiadające trzy pary drzwi na wagon);
- tramwaje Protram 205Wras oraz Protram 204Wras,
- tramwaje Moderus Beta (ze względu na niewielki udział powierzchni niskopodłogowej).

Drugą grupę stanowią tramwaje określone jako niskopodłogowe:

- Skoda 16T,
- Skoda 19T.

W artykule zrezygnowano z prowadzenia porównania dla pozostałych modeli, takich jak Pesa Twist 2010N czy tramwaje zabytkowe, ze względu na ich niewielki udział ilościowy w eksploatowanym we Wrocławiu taborze oraz parametry wejść i wysokości podłogi znacznie odróżniające je od pozostałych typów.

Ze względu na parametry techniczne pierwszą grupę stanowią tramwaje w całości wysokopodłogowe lub posiadające tylko jedne drzwi niskopodłogowe, o 4 lub 5 parach drzwi dwuskrzydłowych i jednej jednoskrzydłowej, z drzwiami odskokowo – przesuwnymi, o zbliżonej wysokości wysokiej podłogi, z dwoma wąskimi stopniami między podłogą a drzwiami. Drugą grupę stanowią dwa bliźniacze modele. Tramwaje Skoda 16T i 19T różnią się od siebie głównie układem wnętrza oraz liczbą kabin motorniczego: Skoda 16T jest tramwajem jednokierunkowym z pojedynczą kabiną, natomiast Skoda 19T jako pojazd dwukierunkowy jest wyposażona w dwie kabiny. Są to tramwaje o 4 parach drzwi dwuskrzydłowych niskopodłogowych oraz dwóch parach drzwi jednoskrzydłowych w części wysokopodłogowej. Część wysokopodłogowa jest znacznie niżej nad główką szyny niż w pierwszej grupie tramwajów i, aby się do niej dostać, pasażer musi pokonać tylko jeden szeroki i niski stopień.

Wybór badanych drzwi

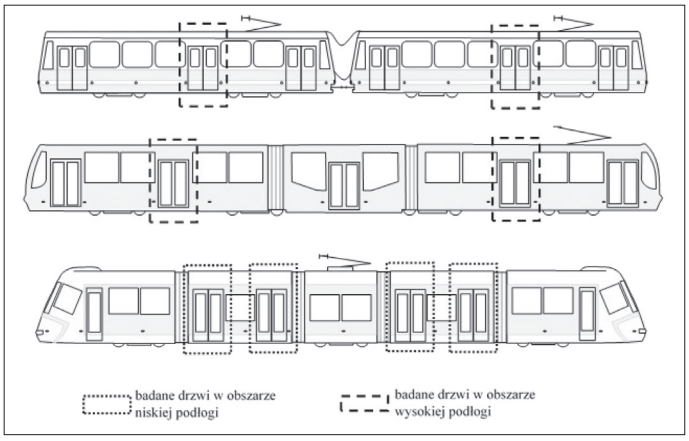
Badania przeprowadzano w obszarze tylko jednych, wybranych drzwi tramwaju. Taki tryb pomiarów ma zminimalizować różnicę pomiędzy poszczególnymi tramwajami tylko

[1] ©Transport Miejski i Regionalny, 2020. Procentowy udział wkładu autorów w publikację: N. Czołgosz 34%, D. Karpowicz 33%, K. Berus 33%.

do wysokości podłogi oraz zwiększyć dokładność pomiarów. Do pomiarów zostały wskazane:

- w przypadku tramwajów wysokopodłogowych:
  - drzwi środkowe wagonów w tramwajach dwuwagonowych,
  - drzwi 2 i 4, licząc od czoła tramwaju, w składach 3-członowych;
- w przypadku tramwajów niskopodłogowych:
  - wszystkie dwuskrzydłowe drzwi tramwajów.

Rysunek 1 ilustruje rozmieszczenie badanych drzwi w poszczególnych typach tramwajów.



Rys. 1. Rozmieszczenie badanych drzwi w tramwajach, kolejno od góry: Konstal 105Na i pochodne, Moderus Beta/Protram 205Wras, Skoda 16T/19T

Dla tramwajów wysokopodłogowych wybór powyższych drzwi miał na celu wyeliminowanie drzwi niskopodłogowych (dla tramwajów 205WrAS i Moderus Beta), wyeliminowanie drzwi jednoskrzydłowych, wyeliminowanie drzwi skrajnych, w których pasażerowie mają tylko jeden kierunek rozchodzenia się po wnętrzu tramwaju oraz, które ze względu na skos pudła wagonu, są bardziej oddalone od krawędzi peronu niż pozostałe.

Dla tramwajów niskopodłogowych wybór powyższych drzwi miał na celu wyeliminowanie drzwi skrajnych – jednoskrzydłowych. Za pozostałymi drzwiami układ wnętrza jest zbliżony w obu typach tramwajów, dlatego nie zostały one rozróżnione podczas pomiarów.

Metodyka pomiarów

Zmierzono czas wymiany pasażerskiej, bez innych elementów składających się na czas postoju pojazdu takich jak:

- czas od zatrzymania pojazdu do uaktywniania możliwości otwarcia drzwi (w przypadku programacji) lub do naciśnięcia przycisku otwierania drzwi przez motorniczego,
- czas pomiędzy uaktywnieniem możliwości otwarcia drzwi a naciśnięciem przycisku przez pasażera,
- czas otwierania drzwi,
- czas pomiędzy zakończeniem wymiany pasażerskiej a rozpoczęciem zamykania drzwi,
- zamykanie drzwi,
- zaryglowanie drzwi i odblokowanie możliwości jazdy tramwaju.

Aby wyeliminować wpływ pozostałych czynności na otrzymywane wyniki, pomiar czasu wymiany pasażerskiej był rozpoczynany w chwili rozwarcia się drzwi na szerokość zbliżoną do szerokości ludzkich ramion, a jego zakończenie następowało w chwili przekroczenia obrysu pudła przez ostatniego z pasażerów z pierwszej „fali" wymiany pasażerskiej. Dzięki temu udało się uniknąć wpływu czasu pomiędzy pierwszą grupą pasażerów a pasażerami dobiegającymi lub dochodzącymi do tramwaju już podczas jego postoju.

Oprócz pomiaru czasu oraz zliczania liczby pasażerów podczas obserwacji odnotowywano także występowanie dodatkowych okoliczności, które mogły wpłynąć na czas wymiany pasażerskiej: zatłoczenie tramwaju, przemieszczanie się pasażerów o ograniczonej sprawności ruchowej oraz osób wprowadzających do pojazdu wózki dziecięce; dodatkowo uwzględniono wysokość peronu dla poszczególnych pomiarów – we Wrocławiu znajdują się przystanki, z których wejście do pojazdu rozpoczyna się z wysokości główki szyny. Takie rozwiązanie zastosowano między innymi w obszarze jednego z największych wrocławskich węzłów przesiadkowych – przystanku plac Grunwaldzki, który obsługuje przesiadki na autobusy m.in. w kierunku nieobjętej siecią tramwajową dzielnicy Psie Pole, część autobusów podmiejskich, a dodatkowo znajduje się w otoczeniu dużych generatorów potoków pasażerskich, jakimi są kampusy trzech wrocławskich uczelni, biurowce oraz centrum handlowe.

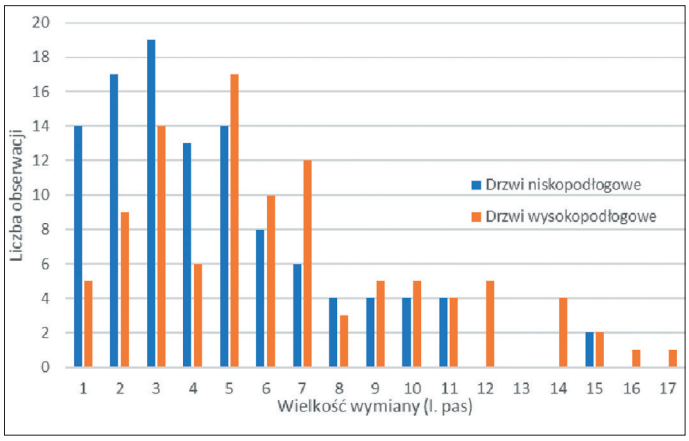
Dodatkowo na mniejszej próbie przeprowadzono pomiary preferowanych przez pasażerów drzwi, którymi najchętniej wsiadają do tramwajów, oraz jak kształtuje się maksymalna wymiana pasażerów przypadająca na jedne drzwi. Na poszczególnych przystankach sprawdzano, jaka była największa liczba wsiadających i wysiadających pojedynczymi drzwiami. To właśnie ta wartość determinuje całkowity czas wymiany pasażerskiej pojazdu.

Przebieg pomiarów

Pomiary przeprowadzono w dniach 6 stycznia–10 lutego 2020 w różnych porach doby, obejmowały zasięgiem wszystkie regularne linie tramwajowe we Wrocławiu. Większość pomiarów skupiona była w okolicach centrum miasta, Dworca Głównego, placu Grunwaldzkiego oraz ulicy Legnickiej, jednak całościowy obszar badań obejmuje swoim zasięgiem zdecydowaną większość wrocławskiej sieci tramwajowej.

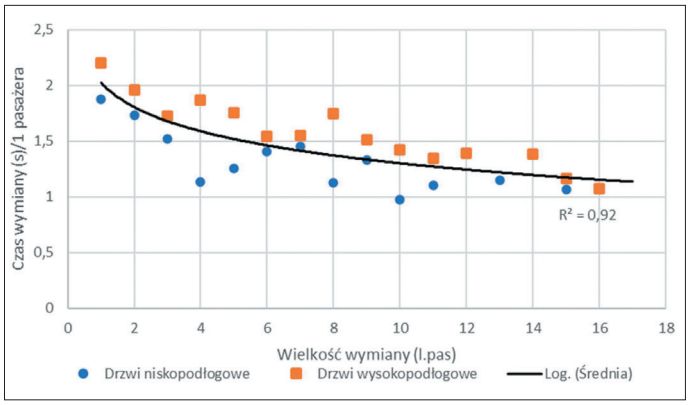
Wyniki pomiarów

Poniższe wykresy prezentują wyniki przeprowadzonych pomiarów, obrazując liczbę osób wsiadających i wsiadających w określonym czasie lub czas potrzebny na wejście i wyjście z pojazdu określonej liczby osób. Przeprowadzono ponad 200 pomiarów tak, aby liczba pomiarów dla tramwajów wysoko- i niskopodłogowych przekraczała 100, z czego około 1/3 pomiarów odbyło się na przystankach z peronem na wysokości główki szyny, dalej nazywanym niskim peronem. Wykres przedstawiony na rysunku 2 prezentuje strukturę zbadanych wymian. Dominowały wymiany w zakresie od 1 do 7 pasażerów, wartości te stanowiły ponad 75% wszystkich pomiarów.



Rys. 2. Struktura zaobserwowanych wymian pasażerskich

Pierwszą analizą przeprowadzoną na wynikach badań było określenie, jak liczba wymienianych na przystanku pasażerów wpływa na całościowy czas wymiany. Wykres na rysunku 3 pokazuje, że im większa wymiana, tym krótszy czas przypada na jednego pasażera, niezależnie od typu drzwi. Gdy wielkość wymiany pasażerskiej wynosi 1 osobę, czas na nią potrzebny to średnio około dwóch sekund, podczas gdy przy wymianie 10 pasażerów czas ten spada do około 1,4 sekundy.



Rys. 3. Wykres zależności tempa wymiany pasażerskiej od wielkości wymiany

Jednocześnie można zauważyć, iż w przypadku drzwi niskopodłogowych tylko dwa punkty znajdują się powyżej logarytmicznej linii trendu dla średniej z obu typów drzwi, podczas gdy dla drzwi wysokopodłogowych tylko dwa punkty znajdują się poniżej tej linii.

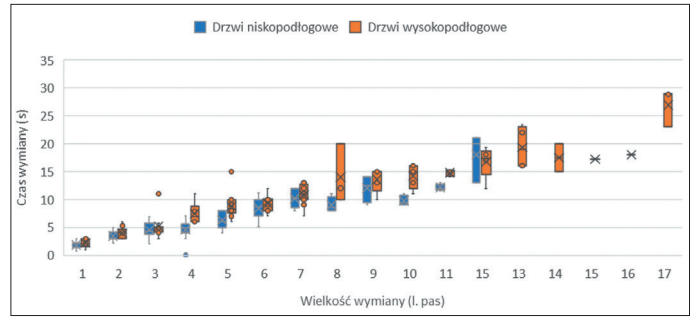
Wpływ wysokości podłogi na czas wymiany pasażerskiej

Jak wynika z tabeli 1 oraz z rysunku 4, niezależnie od liczby pasażerów wsiadających i wysiadających, w przypadku drzwi niskopodłogowych, czas wymiany pasażerskiej jest krótszy średnio o 2 sekundy, a więc o około 20%. Średnie odchylenie standardowe jest większe w przypadku drzwi wysokopodłogowych. Najprawdopodobniej wynika to z faktu, że w przypadku osób o ograniczonej mobilności, starszych, poruszających się o kulach lub z ciężkim bagażem, wysokość podłogi za drzwiami tramwaju miała większe znaczenie niż w przypadku osób w pełni mobilnych.

Tabela 1

Czas wymiany pasażerskiej zależnie od wielkości wymiany i typu drzwi

Wielkość wymiany [liczba pasażerów]	Drzwi niskopodłogowe		Drzwi wysokopodłogowe	
	średni czas [s]	odchylenie standardowe	średni czas [s]	odchylenie standardowe
1	1,9	0,6	2,2	0,7
2	3,5	0,8	3,9	1,0
3	4,6	1,2	5,2	1,8
4	4,5	1,7	7,5	1,8
5	6,3	1,3	8,8	1,9
6	8,5	1,9	9,2	1,4
7	10,2	1,6	10,9	1,7
8	9,0	1,2	14,0	4,3
9	12,0	2,1	13,6	2,0
10	9,8	0,8	14,2	1,9
11	12,1	0,5	14,8	0,5
Średnia:	**7,5**	**1,3**	**9,5**	**1,7**



Rys. 4. Czas wymiany pasażerskiej zależnie od wielkości wymiany i typu drzwi

Podczas pomiarów zaobserwowano, że już jedna taka osoba potrafi zauważalnie wydłużyć czas wymiany pasażerskiej w przypadku drzwi wysokopodłogowych, podczas gdy w przypadku drzwi niskopodłogowych nie miało to aż takiego wpływu na czas wymiany. Ze względu na niewielką wartość próby, pomiar ten nie może być w pełni wiarygodny, jednak kolejne, podczas których zarejestrowano wsiadanie lub wysiadanie osoby o kulach lub z wózkiem dziecięcym, potwierdzają tę obserwację (tabela 2).

Tabela 2

Wpływ osób z ograniczoną mobilnością na czas wymiany pasażerskiej

	Wymiana z osobą z ograniczoną mobilnością		Ogółem	
Typ drzwi:	wysokopodłogowe	niskopodłogowe	wysokopodłogowe	niskopodłogowe
Czas na jednego pasażera [s/pas]	2,4	1,5	1,7	1,4

W przypadku porównywania drzwi wysoko- i niskopodłogowych brano pod uwagę tylko dane z pomiarów wymian pasażerskich o wielkościach 1–11, ze względu na niewielką liczbę lub braki danych w przypadku większych wymian pasażerskich.

Wpływ wysokości peronu na czasy wymiany pasażerskiej

Kolejnym aspektem, który wzięto pod uwagę podczas pomiarów, była wysokość peronu. Tabele 3 i 4 przedstawiają tempo wymiany pasażerskiej, zależnie od wysokości peronu i wysokości podłogi w tramwaju.

Tabela 3

Wpływ wysokości peronu na tempo wymiany pasażerskiej				
	Wysoki peron		Niski peron	
Wielkość wymiany [liczba pasażerów]	Średni czas wymiany [s]	Odchylenie standardowe	Średni czas wymiany [s]	Odchylenie standardowe
1	2,0	0,7	2,3	0,9
2	3,9	1,1	4,2	0,7
3	4,9	1,6	5,8	2,0
4	5,7	2,0	6,0	1,2
5	7,2	1,8	8,3	1,7
6	9,0	1,8	9,6	2,1
7	10,5	1,9	10,6	1,2
Średnio:	**6,2**	**1,5**	**6,7**	**1,4**

Z pomiarów wynika, że wysokość peronu ma wpływ na czas wymiany pasażerskiej – przy wyższym peronie jest on krótszy, ale nie jest to wartość tak znacząca jak wysokość podłogi w tramwaju. Czasy przy wysokim peronie są o około 10% krótsze niż przy niskim. Ze względu na niewielką liczbę lub braki danych w przypadku większych wymian pasażerskich przy porównaniu niskich i wysokich peronów brano pod uwagę tylko pomiary dla wielkości wymiany pasażerskiej od 1 do 7 pasażerów.

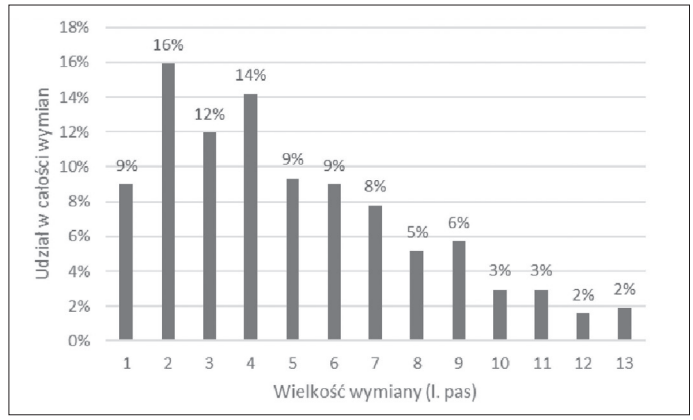
Tabela 4

Czas wymiany pasażerskiej zależnie od wysokości podłogi i peronu				
	Wysoki peron		Niski peron	
Wielkość wymiany [liczba pasażerów]	Średni czas wymiany dla drzwi niskopodłogowych [s]	Średni czas wymiany dla drzwi wysokopodłogowych [s]	Średni czas wymiany dla drzwi niskopodłogowych [s]	Średni czas wymiany dla drzwi wysokopodłogowych [s]
1	1,9	2,4	2,0	3,0
2	3,5	4,3	4,2	4,5
3	4,7	5,2	4,6	7,3
4	4,7	7,1	5,5	6,3
5	6,3	8,3	6,5	8,9
6	8,3	9,4	9,8	9,0
7	10,2	10,8	9,0	11,0
Średnio:	**5,7**	**6,8**	**5,9**	**7,1**

Jak wynika z danych zaprezentowanych w tabeli 4, różnica w tempie wymiany pasażerskiej pomiędzy peronem wysokim, a niskim jest zbliżona, niezależnie od wysokości podłogi w tramwaju: w obu przypadkach wynosi ona niecałe 20%.

Wnioski i podsumowanie

Zaprezentowane tabele oraz wykresy pokazują, że zarówno wysokość podłogi, jak i peronu, mają wpływ na czas wymiany pasażerskiej. Zarówno niska podłoga, jak i wysoki peron skracają ten czas. Wyniki jednak nie pokazują, czy te różnice mają realny wpływ na czas przejazdu tramwaju. Czasem determinującym całkowity czas wymiany pasażerskiej na przystanku jest maksymalny czas wymiany pasażerskiej dla konkretnych drzwi. Dlatego też w ostatnim etapie pomiarów zbadano, jakie są maksymalne wartości wymiany pasażerskiej dla pojedynczych drzwi na trasie linii 10, na jej śródmiejskim odcinku. Wyniki przedstawia rysunek 5.



Rys. 5. Maksymalne wielkości wymian pasażerskich dla pojedynczych drzwi

Dla ilustracji wpływu wysokości podłogi na czas przejazdu tramwaju przyjęto trasę składającą się z 25 przystanków, której przejazd zajmuje tramwajowi wysokopodłogowemu około 45 minut. Porównywalną trasę ma wrocławska linia tramwajowa 33. Na podstawie rysunku 5 założono następujące wartości maksymalnej wymiany pasażerskiej dla pojedynczych drzwi:

Tabela 5

Przykładowe maksymalne wymiany pasażerskie											
Max. wielkość wymiany	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Liczność	2	4	3	4	3	2	2	2	1	1	1

Następnie, na podstawie tabeli 3, obliczono zysk czasowy, który na całej trasie przejazdu wynosi blisko minutę. Przyśpieszenie tej wielkości nie spowoduje znaczącego uatrakcyjnienia komunikacji zbiorowej, prawdopodobnie nie pozwoli też na istotne zwiększenie wykorzystania taboru poprzez ograniczenie liczby pojazdów potrzebnych do obsługi linii. Czas przejazdu może zostać zauważalnie skrócony poprzez zastosowanie tramwajów niskopodłogowych, na przykład w sytuacji, kiedy te kilka sekund zaoszczędzone na pojedynczym przystanku pozwoli zdążyć na sygnał zezwalający na wjazd na skrzyżowanie (pionową kreskę). Oszacowanie tych wartości wymagałoby jednak rozpatrywania ich dla konkretnych przykładów skrzyżowań i linii tramwajowych. Oczywiście, jak zaznaczono wcześniej, krótszy czas wymiany pasażerskiej nie jest jedyną zaletą pojazdów niskopodłogowych i nie należy rozważać ich zakupu tylko na podstawie czasu wymiany pasażerskiej.

Literatura

1. Czubiński R., *UMWD: Częściowo niska podłoga w MPK Wrocław to mniejsze zło* [online], Transport Publiczny, 2017 [dostęp 5 luty 2020], https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/umwd-czesciowo-niska-podloga-w-mpk-wroclaw-to-mniejsze-zlo-56159.html
2. *Wielkie emocje po decyzji MPK o zakupie tramwajów Moderus Beta{OPINIE}*, Gazeta Wyborcza, Wrocław 2017 [dostęp 5 luty 2020], https://wroclaw.wyborcza.pl/wroclaw/7,35771,22218075,wielkie-emocje-po-decyzja-mpk-o-zakupie-tramwajow-moderus-beta.html

JAKUB KACZOROWSKI
Koło Naukowe Gospodarki Przestrzennej Politechniki Warszawskiej, Politechnika Warszawska, e-mail: jkkaczorowski@gmail.com
MARCIN PINKOSZ
Koło Naukowe Gospodarki Przestrzennej Politechniki Warszawskiej, Politechnika Warszawska, tel.: 664230256, e-mail: marcinrp7@gmail.com

Transport a rewitalizacja – wpływ budowy metra na Targówek Mieszkaniowy w Warszawie[1]

Streszczenie: Targówek Mieszkaniowy jest jednym z rejonów Warszawy zmagających się z kongestią, brakiem miejsc pracy i problemem długiego czasu dojazdu do centrum. Jego część została objęta Zintegrowanym Programem Rewitalizacji, dzięki czemu na osiedlu przeprowadza się szereg działań w sferze społecznej oraz infrastrukturalnej. We wrześniu 2019 roku oddano do użytku kolejny odcinek drugiej linii warszawskiego metra, co poprawiło dostępność obszaru z wykorzystaniem transportu publicznego. Autorzy analizują stan sprzed oddania metra do użytku, a także możliwości, jakie daje osiedlu dostęp do nowej formy transportu w kontekście rewitalizacji. W grudniu 2019 roku przeprowadzono ankietę wśród mieszkańców rejonu dotyczącą oceny metra i jego wpływu na osiedle, pytania dotyczyły także znajomości kwestii rewitalizacji. Wiele odpowiedzi było zaskoczeniem dla autorów i pozwoliło spojrzeć na zmiany przeprowadzane na Targówku Mieszkaniowym z innej perspektywy. Dzięki temu powstały wnioski, które można wykorzystać jako zalecenia dla władz miasta przy dalszych działaniach.
Słowa kluczowe: metro, rewitalizacja, publiczny transport zbiorowy, Targówek Mieszkaniowy.

Wprowadzenie

Miasta są miejscem zamieszkania ponad połowy populacji świata, są siłą napędową globalnej gospodarki i dają możliwość poprawy sytuacji społecznej, oferując różnorodne i stabilne warunki życia. Sieć transportu publicznego łączy społeczności i otwiera nowe możliwości, także w zakresie rozwoju gospodarczego. Transport publiczny wpływa na życie ludzi: na ich dostęp do pracy, edukacji, form spędzania czasu wolnego oraz relacji społecznych. Jest on także kluczowym elementem w rewitalizacji, regeneracji i wsparciu rozwoju obszarów zdegradowanych [1].

Mieszkańcy obszarów zdegradowanych często są uzależnieni od transportu publicznego, więc jego ograniczony zasięg czy niewydolność ogranicza ich dostęp do możliwości społeczno-ekonomicznych, a także powoduje wykluczenie społeczne, jeśli jedynym optymalnym sposobem dojazdu jest samochód. Indywidualny transport samochodowy nie jest dostępny dla każdego mieszkańca, może obniżać poziom bezpieczeństwa, infrastruktura, jakiej wymaga, zajmuje cenną przestrzeń, a także zwiększa zanieczyszczenie powietrza [1][2].

Wpływ transportu publicznego na obszary zdegradowane

Zależność rewitalizacji od transportu może zostać podzielona na efekty dla *ludzi* – minimalizując wykluczenie społeczne i dając lepsze możliwości rozwoju, oraz *miejsc* – wspierając m.in. rozwój ekonomiczny przez rozwój rynku nieruchomości i usług. Transport publiczny uznawany jest jako czynnik wpływający na rozmaite obszary problemowe. Wpływ na problemy materialne i niedostatek miejsc pracy osiągany jest przez zapewnienie połączenia z miejscami pracy za pomocą środka transportu niedrogiego, szybkiego, niezawodnego, bezpiecznego, dostępnego dla każdego i o wysokiej zdolności przewozowej. Zachęca to także do tworzenia nowych miejsc zatrudnienia w rejonie stacji lub przystanków. Wygodny transport publiczny zapewnia dojazd do szkół o wysokim poziomie kształcenia. Jednocześnie zachęca do lokowania w obszarze zdegradowanym nowych szkół, a także do korzystania z już istniejących, do których mogą dojeżdżać uczniowie z całego miasta, podnosząc rangę obszaru i poziom kształcenia [1].

Transport publiczny poszerza możliwości zdrowego podróżowania (w tym dostępu do terenów zieleni), dostępnego również dla osób o ograniczonej mobilności. Widoczna jest również poprawa bezpieczeństwa, bowiem zmniejszając zależność od samochodu, umożliwia się przekształcanie ulic na przyjazne dla osób niezmotoryzowanych. Takimi działaniami zmniejsza się liczbę wypadków oraz równoważy wykorzystanie przestrzeni publicznej, co pozwala na podniesienie poczucia bezpieczeństwa, a w konsekwencji i na lepsze samopoczucie. Dzięki pozyskaniu miejsca do działalności lokalnej i interakcji socjalnej poprawia się zdrowie psychiczne i fizyczne mieszkańców oraz zmniejsza izolację [1]. Warto zwrócić uwagę, że opracowania nie wskazują jako czynnika transportowego rewitalizacji jedynie budowy nowych tras, ale także poprawę częstotliwości kursowania, pojemności, dostępności, czasu podróży i liczby kierunków, do których można się szybko dostać transportem publicznym. Ważnymi kwestiami są również: zmniejszenie ruchu samochodów i promowanie zrównoważonej mobilności przez infrastrukturę, przyjazny system opłat, poprawę jakości infrastruktury transportowej, w tym takich elementów jak jej oświetlenie czy windy, oraz podniesienie jakości przestrzeni publicznych [2].

Jako przykład poprawy sytuacji przez rewitalizację obszaru z użyciem transportu publicznego można wskazać rewitalizację starówki w Miśni w Niemczech w 2013 roku (26 km od Drezna), która znajdowała się w stanie upadku gospodarczego i stawała się obszarem coraz bardziej zdegradowanym. Dotychczasowa obsługa terenu opierała się na szybkiej kolei miejskiej S-Bahn, której stacje znajdowały się jednak na obrzeżach obszaru. Zbudowanie stacji w cen-

[1] ©Transport Miejski i Regionalny, 2020. Procentowy udział wkładu autorów w publikację: J. Kaczorowski 50%, M. Pinkosz 50%

trum starówki poprawiło dostępność obszaru i sprzyjało rozwojowi gospodarczemu oraz wzrostowi zatrudnienia w obszarze. Jednocześnie zrewitalizowano przestrzeń w okolicy stacji, a sama starówka stała się obiektem zainteresowania turystów. Kolejnym przykładem, związanym z inwestycjami w rejonie osiedli mieszkaniowych, jest osiedle Meden Rudnik w bułgarskim Burgas, o niszczejącej tkance miejskiej i trudnej sytuacji społeczno-ekonomicznej, leżące w oddaleniu od centrum i miejsc pracy (fot. 1). Dotychczas obsługiwane przez trolejbusy, blokowane w zatorach drogowych, poprawiło swoją dostępność dzięki inwestycji: zbudowaniu wydzielonego korytarza dla szybkich autobusów (BRT) o wysokiej częstotliwości kursowania, wraz z terminalami integrującymi z innymi środkami transportu. Skutkiem inwestycji była lepsza dostępność do miejsc pracy i centrum miasta, wyższa jakość tkanki miejskiej oraz rozwój inwestycyjny w rejonie i obszarach przylegających [1].

Fot. 1. Autobus BRT zbliża się do nowego przystanku w Burgas
Źródło: Lina Glawinowa / chernomorie-bg.com

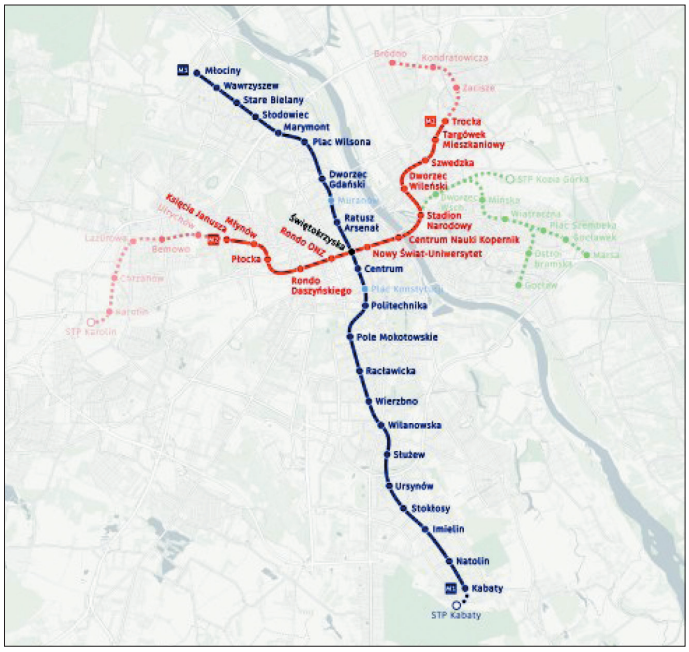
Rewitalizacja a Targówek Mieszkaniowy po budowie metra

W grudniu 2019 roku przeprowadzono badanie dotyczące wpływu budowy przedłużenia linii metra M2 na obszar rewitalizacji wyznaczony w rejonie Targówka Mieszkaniowego. Warszawa stworzyła Zintegrowany Program Rewitalizacji do 2022 roku (ZPR), który ma za zadanie równoważenie szans rozwojowych tych części Warszawy, które są dotknięte kryzysem. Targówek Mieszkaniowy został wytypowany jako jeden z obszarów do rewitalizacji. Warto nadmienić, że rozbudowa metra nie jest częścią Zintegrowanego Programu Rewitalizacji, jednak – wraz z inwestycjami towarzyszącymi – jest wskazana jako mająca duże znaczenie dla rozwoju obszaru i przyczyniająca się do poprawy jakości życia na Targówku Mieszkaniowym [3].

Osiedle Targówek Mieszkaniowy zostało zrealizowane w latach 1972–1978 na terenie 77 hektarów w miejscu jednorodzinnej zabudowy Targówka. W miejscu regularnej siatki ulic starego Targówka powstał zupełnie nowy układ, gdzie ciągi komunikacyjne i zabudowa mieszkalna tworzą kręgi, a największy z nich mieści w sobie klub sportowy z boiskiem, park miejski i teatr [4][5]. Osiedle charakteryzuje się zróżnicowaną zabudową wielorodzinną do kilkunastu kondygnacji wysokości (rys. 1). Uzupełniona jest ona niezbędną infrastrukturą, czyli szkołą podstawową z boiskami, przedszkolami publicznymi, przychodniami, biblioteką dla dzieci i młodzieży, klubem osiedlowym, pocztą i oddziałami banków, a także zielenią, m.in. w formie skweru „Wiecha" w centralnej części osiedla. W tym rejonie znajdują się również domy z początku XX wieku, enklawy zabudowy jednorodzinnej oraz kilka kompleksów nowych wielorodzinnych budynków mieszkaniowych. Na obszarze nie powstaje obecnie wiele nowych mieszkań, w związku z tym liczba mieszkańców nie zmienia się znacznie; brakuje miejsc pracy – Targówek Mieszkaniowy jest typową „sypialnią", skąd do pracy czy miejsc rozrywki trzeba dojechać.

Rys. 1. Struktura osiedla Targówek Mieszkaniowy (zabudowa mieszkaniowa i pozostała, drogi i linia metra)
Źródło: opracowanie własne

Linia M2 jest drugą linią metra warszawskiego, która w docelowym kształcie ma przebiegać równoleżnikowo przez całe miasto (rys. 2). Regularne połączenia na odcinku centralnym ruszyły 8 marca 2015 roku, a na odcinku od Pragi do Targówka, uwzględniającym obszar opracowania, 15 września 2019 roku. Dzięki inwestycji mieszkańcy okolic stacji Trocka i Targówek Mieszkaniowy, a także osoby przyjeżdżające z okolicznych osiedli i miejscowości, uzyskały możliwość wygodniejszego i szybszego dojazdu do pozostałych części miasta, bowiem pociągi linii metra M2 kursują bezkolizyjnie z prędkością do 60 km/h i częstotliwością w szczycie co 3–4 minuty, poza szczytem około 4–6 minut, a w weekendy co 6–7 minut [6]. Dojazd do węzła przesiadkowego przy Dworcu Wileńskim (autobusy, tramwaje, kolej) zapewniony jest w 4 minuty, a do centrum miasta i węzła przesiadkowego z linią metra M1 przy stacji Świętokrzyska w 11 minut. Dojazd do centrum biurowego przy rondzie Daszyńskiego zajmuje metrem 15 minut, do stacji metra Politechnika (linia M1) 19 minut, a do Dworca Gdańskiego 21 minut. Dzięki tej inwestycji Targówek Mieszkaniowy uzyskał połączenie z całą strefą śródmiejską przy liniach metra w przeciągu ok 20 minut (bez czasu dojścia do stacji) [7]. W przyszłości, po budowie dalszych etapów metra, Targówek Mieszkaniowy uzyska szybkie połączenie z Bemowem i Bródnem. W przypadku realizacji budowy linii metra M3 stacja Stadion Narodowy zapewni również przesiadkę na trzecią linię, umożliwiając wygodny dojazd na Dworzec Wschodni i na Pragę-Południe.



Rys. 2. Schemat funkcjonującej sieci metra w Warszawie oraz planowanej rozbudowy
Źródło: Wikimedia Commons / Obywatel A.N.

Dotychczas rejon Targówka Mieszkaniowego obsługiwały jedynie autobusy, które bywały przepełnione. Ich czas przejazdu był znacznie wydłużony z powodu kongestii na ulicach Radzymińskiej i Świętego Wincentego, dwóch głównych drogach obsługujących rejon.

Fot. 2. Budowa stacji metra Targówek Mieszkaniowy w 2017 roku
Źródło: opracowanie własne

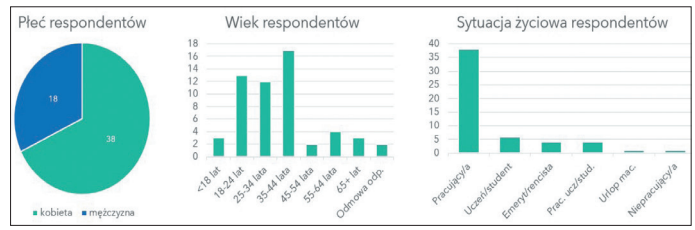
Ogromne zmiany zaszły na terenie wokół stacji metra. Przed budową było tu wiele nieuporządkowanej zieleni niskiej i wyższej, która nie nadawała się do wykorzystania jako miejsce wypoczynku lub interakcji społecznej. Uporządkowano ją oraz wytyczono nowe szerokie chodniki oraz przejścia dla pieszych. W 2019 roku zakończyła się towarzysząca budowie metra przebudowa tzw. małej obwodnicy Targówka, będącej głównym kręgiem komunikacyjnym osiedla – w ramach prac powstały nowe chodniki, 3 km ścieżek rowerowych, ścieżka do biegania, nowe miejsca parkingowe, zasadzono 211 drzew i prawie 30 000 krzewów. Dzięki temu przestrzeń stała się bardziej przyjazna dla mieszkańców, a Targówek Mieszkaniowy zyskał na atrakcyjności wizualnej [8] (fot. 3 i 4).

Fot. 3. Rejon wejścia na stację metra Targówek Mieszkaniowy
Źródło: opracowanie własne

Fot. 4. Chodnik i ścieżka biegowa przy małej obwodnicy Targówka
Źródło: opracowanie własne

Badanie ankietowe wśród mieszkańców Targówka Mieszkaniowego

W celu uzyskania informacji na temat postrzegania zmian wynikających z budowy metra na Targówek Mieszkaniowy wśród jego mieszkańców, wykonano w grudniu 2019 roku badanie ankietowe metodą CAWI wśród grupy 56 mieszkańców, zróżnicowanej pod względem wieku, płci i statusu zawodowego (rys. 3).



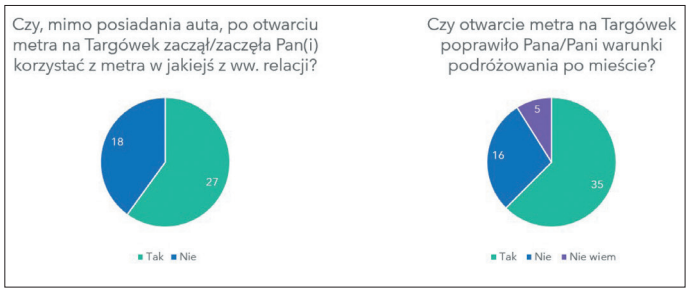
Rys. 3. Metryczka respondentów ankiety
Źródło: opracowanie własne

Ponad połowa respondentów wskazała, że mieszka na osiedlu ponad 10 lat, co może wskazywać na niewielką wymianę mieszkańców obszaru, być może wynikającą z jego małego postrzeganego potencjału. 91% ankietowanych deklarowało znajomość pojęcia rewitalizacji, a 79% wskazało, że wie, czym rewitalizacja różni się od remontu czy modernizacji – co jest wynikiem zaskakującym. Prowadzący badanie zakładają jednak zbyt wysokie przeświadczenie

ankietowanych o znajomości terminu i w przypadku zastosowania pytania w formie otwartej, udział poprawnych odpowiedzi byłby dużo niższy – problem nierozpoznawania różnicy między tymi pojęciami jest bowiem powszechny zarówno wśród mieszkańców, jak i włodarzy miast [9]. Jednocześnie tylko 22% wiedziało przed wzięciem udziału w ankiecie, że Targówek Mieszkaniowy jest także podobszarem rewitalizacji – może to wynikać z nieodpowiedniego sposobu lub zakresu promocji ZPR.

77% ankietowanych zadeklarowało, że korzystało na co dzień z transportu publicznego w przynajmniej jednej z relacji podróży (praca, szkoła, uczelnia, zakupy, rozrywka, inne). Jednocześnie widoczny jest liniowy spadek wykorzystania transportu publicznego wraz z rosnącym wiekiem respondenta i ponowny powrót do komunikacji publicznej wśród osób w wieku od 55 lat wzwyż.

W kwestii badania zmian zachowań transportowych, aż 60% osób posiadających samochód zadeklarowało, że po otwarciu metra na Targówek zaczęło z niego korzystać w co najmniej jednej relacji (rys. 4). Jednocześnie 63% osób wskazało, że otwarcie metra na Targówek poprawiło ich warunki podróżowania po mieście, a przeciwnego zdania było 29%.



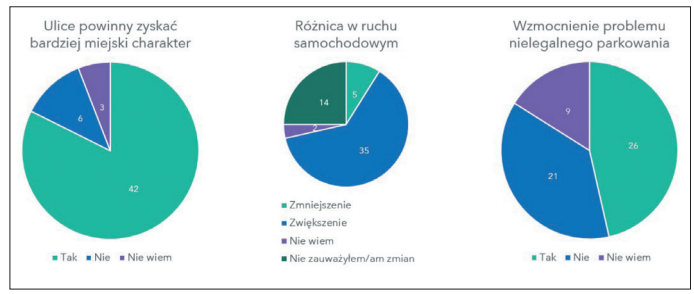
Rys. 4. Zmiany zachowań transportowych mieszkańców Targówka Mieszkaniowego
Źródło: opracowanie własne

Kolejne pytania, w formie otwartej umożliwiały ocenę zmian w obszarze po otwarciu dalszego odcinka linii metra. Zjawiska pozytywne wskazało jedynie 44% ankietowanych. Mieszkańcy najczęściej zwracali uwagę na większą czystość, ład i porządek w okolicy oraz szybszy/łatwiejszy dojazd, a także dużą liczbę nowych nasadzeń drzew i uporządkowanie zieleni. Wskazywano także kwestię nowych chodników, powoli pojawiających się nowych lokali usługowych, remonty nawierzchni dróg. Jeden z respondentów użył również określenia „odpeerelizowanie osiedla".

Znaczna część odpowiedzi (82%) dotyczyła jednak zmian negatywnych. Najczęściej powtarzały się trzy problemy: likwidacja lub zmiana tras linii autobusowych i zmuszenie do przesiadania się, zatory drogowe (szczególnie na ulicy Trockiej, prowadzącej do stacji metra) oraz brak miejsc parkingowych, które są zajmowane przez przyjeżdżających do metra, a także niedostatek miejsc parkingowych przy blokach. Jako negatywny wpływ wskazywano także niższą częstotliwość kursowania autobusów oraz wzrost przypadków nielegalnego parkowania. Mieszkańcy znacznie częściej zauważali zatem bezpośrednio dotyczące ich i widoczne negatywne efekty budowy metra niż niewidoczne czy długofalowe skutki pozytywne.

Szanse dla Targówka Mieszkaniowego wynikające z budowy metra to według ankietowanych wzrost wartości nieruchomości, poprawa skomunikowania osiedla, powstanie alternatywy dla samochodu, łatwość przemieszczania się w godzinach szczytu, nowe lokale usługowe, handlowe i miejsca kultury. Zaznaczyli także, że dzięki metru zauważana zaczyna być atrakcyjna lokalizacja osiedla w niedużym oddaleniu od centrum. Ankietowani wskazali także większe zainteresowanie osób młodych oraz powstanie impulsu do rozwoju i inwestycji. Jako zagrożenia, poza tymi wskazanymi w zmianach negatywnych, zwracano uwagę na napływ samochodów zza miasta i osób spoza osiedla, brak parkingu Parkuj i Jedź, większe zanieczyszczenie powietrza, utratę lokalnego klimatu, zagęszczenie zabudowy wraz z wycinką zieleni, potencjalny brak miejsc w placówkach oświaty oraz wyższe ceny wynajmu i czynszów.

Jednym z celów budowy metra było zmniejszenie ruchu samochodów na drogach osiedla. Jednak mieszkańcy Targówka Mieszkaniowego dostrzegli odwrotny efekt – jedynie 9% zauważało zmniejszenie ruchu samochodowego, 25% – brak zmian, a aż 61% wzrost ruchu samochodów (rys. 5). W kwestii poprawy przestrzeni publicznej kolejne negatywne zjawisko zauważyła prawie połowa respondentów – wskazali oni, że zwiększyła się liczba nielegalnie parkujących samochodów (np. na terenach zieleni, na chodnikach). Warto zwrócić na to uwagę, bowiem w ten sposób budowa metra stała się jak na razie w oczach mieszkańców katalizatorem problemów, a nie ich rozwiązaniem.



Rys. 5. Postrzeganie zmian w charakterze ulic oraz w ruchu samochodowym i związanych z nielegalnie zaparkowanymi samochodami
Źródło: opracowanie własne

Jedynie 39% ankietowanych uważało, że poprowadzenie metra na Targówek sprawi, iż dzielnica straci częściowo status „sypialni miasta" i powstaną tu nowe miejsca pracy oraz usług, przeciwnego zdania było 49% respondentów. 72% to również odpowiedzi twierdzące na pytanie, czy powstanie metra na Targówek może spowodować zabudowanie przestrzeni zielonych na osiedlu.

Podsumowanie i wnioski

Mieszkańcy bardzo pozytywnie przyjęli samo metra jako środek transportu, który zapewnia im szybki dojazd w inne rejony, a wśród nich samych można zaobserwować zjawisko rezygnacji z użytkowania samochodu na rzecz komunikacji publicznej. Dzięki budowie metra uzyskali oni lepszy dostęp do usług, miejsc pracy, edukacji czy centrum miasta, poprawiła się także dostępność transportu dla osób o ograniczonej mobil-

ności oraz jakość przestrzeni publicznej i infrastruktury drogowej. Istnieje jednak wiele okoliczności, przez które mieszkańcy oceniają całość inwestycji stosunkowo negatywnie.

Powtarzającym się często elementem była kwestia likwidacji lub zmian tras linii autobusowych. Warto zastanowić się, czy zakres zmian przeprowadzonych w obszarze nie był za duży lub czy zmian nie powinno było się wprowadzać stopniowo – jednocześnie warto zauważyć, że mieszkańcy mogą potrzebować czasu na przystosowanie się do nowego środka transportu. Podobna nagła zmiana miała miejsce na Ursynowie, gdzie po otwarciu metra zlikwidowano, skrócono lub ograniczono kursowanie licznych linii autobusowych, co wywołało głośne protesty. Po kilku latach jednak mieszkańcy docenili zalety metra i są zadowoleni ze swojej sytuacji komunikacyjnej, a samo metro stało się kręgosłupem komunikacyjnym dzielnicy [10].

Drugim elementem negatywnym jest problem dojeżdżania na Targówek Mieszkaniowy większej liczby ludzi, co powoduje zatory drogowe, brak miejsc parkingowych, nielegalne parkowanie i zatłoczenie autobusów. Jest to problem bardziej kompleksowy i poważny, bowiem budowa metra powinna zdaniem autorów sprzyjać powstawaniu przyjaznych przestrzeni publicznych i ulic, natomiast przez dojeżdżanie osób do stacji metra, przede wszystkim samochodami, efekt wydaje się być odwrotny. Powtarzane przez mieszkańców problemy mogą w dużej części wynikać z dwóch zaniedbań ze strony miasta.

Pierwszym zaniedbaniem jest niepowstanie parkingu Parkuj i Jedź przy stacji metra Trocka, który powinien był ruszyć wraz z metrem, a był zapowiadany od kilku lat. Odkładanie decyzji doprowadziło do sytuacji, gdzie parking ruszy dopiero w 2023 lub 2024 roku. Rozwiązaniem tymczasowym ma być jednak powstanie modułowego parkingu demontowalnego w pobliżu stacji metra kosztem 25 milionów złotych – co jest dużym obciążeniem dla budżetu miasta jak na tymczasową inwestycję [11]. Drugim zaniedbaniem, wynikającym z tej samej przyczyny, jest niepowstanie wraz z metrem ulicy Nowotrockiej, której oddanie władze dzielnicy konsekwentnie zapowiadały na równoczesne z oddaniem stacji metra; sama inwestycja odkładana jest od wielu lat. Dzięki powstaniu tej ulicy ruch powinien w pewnym stopniu przesunąć się na nią z osiedlowej ul. Trockiej, jednak aktualna data rozpisania przetargu to 2021 rok [12].

Istnieje także zjawisko postrzegania metra jako zagrożenia w związku z przyjeżdżaniem na obszar osób niebędących mieszkańcami i możliwością utraty lokalnego folkloru czy klimatu, co pokrywa się ze zjawiskiem wykluczania ze społeczności osób przyjeżdzających do stolicy spoza miasta. Niektórzy w tym wypadku, mieszkańcy z dłuższym stażem, deklarują chęć wyprowadzenia się – z przyczyny zatorów drogowych, tłoku czy zanieczyszczeń („Starzy" mieszkańcy uciekają z tego syfu! Wciąż ktoś się wyprowadza, nawet mieszkający od urodzenia. Smród dusi w płucach nie tylko seniorów"; „Targówek już nigdy nie będzie spokojną dzielnica, jest coraz gorzej! Miało się polepszyć, jakoś tego nie widać, jest odwrotnie") – choć zdaniem autorów należy potraktować te deklaracje z przymrużeniem oka.

Wygląda więc na to, że o ile faktycznie osiedle zyskało lepszy dojazd dzięki powstaniu metra, o tyle przez najbliższe kilka lat negatywne skutki inwestycji będą mieć duży wpływ na odbiór inwestycji, bowiem obecnie, jak wskazuje jedna z mieszkanek, „generalnie fajnie, że metro jest, ale zrobiło się ciaśniej, mniej bezpiecznie, dziecko boi się przechodzić przez ulicę ze względu na notoryczny ruch". Natomiast w najbliższych latach należy spodziewać się też osiągania celów rewitalizacji, jeśli uda się skutecznie zniwelować negatywne skutki pojawienia się metra. Między innymi dzięki budowie metra osiedle może utracić miano starzejącej się „sypialni miasta", a stać się modnym miejscem do mieszkania dla młodszego pokolenia – tak stało się po powstaniu metra na Bielany, a także mogą powstać liczne usługi, biura i rozmaite miejsca pracy – tak, jak w przypadku okolic stacji Rondo Daszyńskiego. Należy więc cierpliwie czekać, wspierać działania pozostałymi elementami programu rewitalizacji, naprawiać błędy infrastrukturalne (i uczyć się na własnych błędach) oraz promować obszar, a może on, także ze wsparciem metra, powtórzy sukces innych dzielnic, czego może dowieść powtórzenie badania w zmodyfikowanej formie za kilka lat.

Literatura

1. International Association of Public Transport, Public transport as an instrument for urban regeneration, Bruksela 2018. https://www.uitp.org/public-transport-instrument-urban-regeneration (dostęp: 06.07.2020).
2. Lawles P., Dabinett G., Urban regeneration and transport investment: a research agenda, Environment and Planning A, Londyn 1995. https://journals.sagepub.com/doi/10.1068/a271029 (dostęp: 06.07.2020)
3. Zintegrowany Program Rewitalizacji m.st. Warszawy do 2022 roku.
4. Handzelewicz-Wacławek M., Wacławek Z., *Małżeństwo architektów*, Narodowy Instytut Architektury i Urbanistyki, 2019: https://niaiu.pl/2019/01/malgorzata-handzelewicz-waclawek-i-zbigniew-waclawek-malzenstwo-architektow/ (dostęp: 06.07.2020).
5. Pietrza-Pawłowska I., *Wielkomiejski rozwój Warszawy do 1918 r.*, Warszawa 1973.
6. Metro Warszawskie, Historia budowy metra w Warszawie, https://www.metro.waw.pl/historia-budowy-metra-w-warszawie (dostęp: 06.07.2020)
7. Warszawski Transport Publiczny: http://wtp.waw.pl (dostęp: 06.07.2020).
8. Przebudowa Targówka Mieszkaniowego w przyszłym roku, Zarząd Dróg Miejskich. https://zdm.waw.pl/aktualnosci/przebudowa-targowka-mieszkaniowego-w-przyszlym-roku (dostęp: 06.07.2020).
9. Ciarkowski B., Remont czy rewitalizacja?, Architektura i Biznes, 2020. https://www.architekturaibiznes.pl/remont-czy-rewitalizacja,2993.html (dostęp: 06.07.2020).
10. Radkowski M., Równo 24 lata temu otwarto warszawskie metro, Metro Warszawa, 2019: http://metrowarszawa.gazeta.pl/metrowarszawa/1,141636,17525474.html (dostęp: 06.07.2020).
11. Parking P+R na Trockiej będzie po 2023 roku. Wcześniej parking modułowy, http://www.targowek.info/2019/04/parking-pr-na-trockiej-bedzie-po-2023-roku-wczesniej-parking-modulowy/, Targówek.info, 2019 (dostęp: 06.07.2020).
12. Chełmiński J., *1,5 kilometra ulicy planowane od pół wieku. Teraz chwalą się „sukcesem"*, Gazeta Stołeczna, 2019: https://warszawa.wyborcza.pl/warszawa/7,54420,24564675.html (dostęp: 06.07.2020).

Wielokryterialna analiza podziału miasta Poznania na obszary z lokalizacjami przeznaczonymi pod instalację i obsługę stacji do ładowania pojazdów elektrycznych[1]

ADAM MACHELSKI
mgr inż., Koło Naukowe Inżynierów Transportu Publicznego Politechniki Poznańskiej, tel.: 607 117 834, e-mail: adam.machelski@interia.pl
BARTOSZ GRZECZKA
mgr inż., Koło Naukowe Inżynierów Transportu Publicznego Politechniki Poznańskiej, tel.: 726 816 227, e-mail: bartosz.grzeczka24@gmail.com

Streszczenie: Artykuł prezentuje wykorzystanie metodyki wielokryterialnego wspomagania decyzji do określenia atrakcyjności lokalizacji ogólnodostępnych stacji ładowania pojazdów na przykładzie miasta Poznania. Autorzy uczestniczyli w pracach specjalnego zespołu w strukturach Urzędu Miasta Poznania, odpowiedzialnego za koordynację działań miejskich jednostek w zakresie elektromobilności, w tym wypracowanie formuły wyboru inwestorów/operatorów dla poszczególnych punktów ładowania. W drodze prac zespołu koniecznym okazało się podzielenie potencjalnych lokalizacji stacji ładowania na równoatrakcyjne grupy. Zdefiniowano pięć kryteriów, względem których oceniono każdą z lokalizacji, a następnie określono model preferencji decydenta. Przy wykorzystaniu metody ELECTRE III określono ranking finalny szeregujący warianty od najlepszego do najgorszego, a następnie przydzielono do ostatecznych grup.
Słowa kluczowe: wielokryterialne wspomaganie decyzji (WWD), ELECTRE III.

Wprowadzenie

Wraz z wejściem w życie w 2018 roku ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych jednostki samorządu terytorialnego (JST) zostały zobowiązane do podjęcia stosownych działań ukierunkowanych na rozwój ekologicznych form przemieszczania się przy wykorzystaniu paliw alternatywnych. Za jeden z głównych celów określono zwiększenie udziału pojazdów napędzanych energią elektryczną oraz gazem ziemnym (skroplonym – LNG, jak i sprężonym – CNG) w strukturze wszystkich użytkowanych pojazdów. Jednym z elementów, które mają w rezultacie stopniowo zwiększać liczbę nisko- i zeroemisyjnych pojazdów na polskich drogach, jest rozwój infrastruktury ładowania.

W ustawie określono, że na terenie Poznania minimalna liczba punktów ładowania zainstalowanych do 31 grudnia 2020 roku w ogólnodostępnych stacjach ładowania powinna wynosić 210. W uzasadnieniu do ustawy wskazano, że infrastruktura do ładowania pojazdów elektrycznych w pierwszym okresie (lata 2019 i 2020) powinna być rozwijana w oparciu o zasady rynkowe. Idea realizacji miejskich działań proekologicznych znalazła się również w Strategii Rozwoju Miasta Poznania 2020+, w której, w priorytecie 3 o nazwie „Zielone, mobilne miasto" wskazano w pkt. 3.5.5 *wspieranie rozwoju elektromobilności* [10].

[1] ©Transport Miejski i Regionalny, 2020. Procentowy udział wkładu autorów w publikację: A. Machelski 50%, B. Grzeczka 50%

Ogólnodostępne stacje ładowania w Poznaniu

W celu zintensyfikowania prac w zakresie elektromobilności, a także mając na względzie konieczność scentralizowania koordynacji prac w mieście, powołano Zarządzeniem Prezydenta Miasta Poznania [9] zespół do spraw rozwoju sieci punktów ładowania zainstalowanych w ogólnodostępnych stacjach ładowania na terenie miasta Poznania. Z uwagi na interdyscyplinarną tematykę członkami zespołu zostali przedstawiciele wydziałów i biur Urzędu Miasta, a także jednostek organizacyjnych odpowiedzialni za różny zakres codziennych zadań.

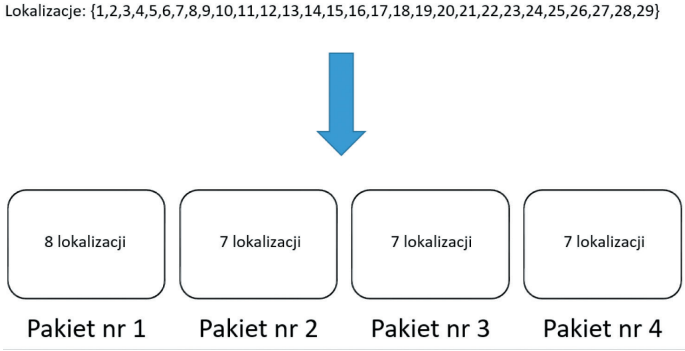
W trakcie spotkań ustalono wstępną koncepcję wyboru operatora/operatorów stacji ładowania: Zarząd Dróg Miejskich (zarządca dróg) ogłosi postępowanie na dzierżawę nieruchomości z przeznaczeniem na ogólnodostępne stacje ładowania przy istniejących miejscach postojowych dla pojazdów współdzielonych. Zainteresowani inwestorzy mieliby zgłaszać swoje oferty i na ich podstawie wybierani byliby poszczególni operatorzy (lub jeden operator) stacji ładowania w mieście. Mając na uwadze powyższe, w pierwszej kolejności wyznaczono 29 lokalizacji pod budowę stacji ładowania, dla których lokalny operator systemu dystrybucyjnego elektroenergetycznego potwierdził warunki przyłączeniowe (możliwość instalacji). Zgodnie z koncepcją wypracowaną przez zespół lokalizacje te miały zostać podzielone na 4 strefy – ideą podziału było takie pogrupowanie, aby w każdym z pakietów znajdowały się lokalizacje zarówno bardzo atrakcyjne (np. w centrum miasta, gdzie zakłada się częstsze korzystanie ze stacji), jak i te, gdzie pojazdy ładować się będą rzadziej, a które są niezbędne w zakresie zaspokojenia potrzeb mieszkańców miasta Poznania (np. w okolicach terenów rekreacyjnych). Powyższe „pakietowanie" uwarunkowane było jednak przede wszystkim chęcią zachowania konkurencji pomiędzy potencjalnymi inwestorami stacji ładowania, którzy to w ramach postępowania mieli składać swoje oferty na dzierżawę gruntów. Efektem podziału miały być 4 strefy po kolejno 8, 7, 7, 7 lokalizacji. Schemat grupowania został przedstawiony na rysunku 1.

W tym celu zespół podjął decyzję o wykonaniu analizy składającej się z:

- ustalenia atrakcyjności poszczególnych lokalizacji (ich hierarchizacja nastąpiła przy użyciu metod matematycznych – wielokryterialne wspomaganie decyzji),

- przypisanie poszczególnych lokalizacji do pakietów (autorska metoda zaakceptowana przez członków zespołu).

Ustalenia atrakcyjności poszczególnych lokalizacji dokonano za pomocą analizy wielokryterialnej przy wykorzystaniu metody ELECTRE III. Jest to jedna z powszechnie stosowanych metod z dziedziny wielokryterialnego wspomagania decyzji, dzięki której otrzymano finalny ranking analizowanych lokalizacji.



Rys. 1. Schemat podziału lokalizacji na równo atrakcyjne strefy
Źródło: opracowanie własne

Wielokryterialne wspomaganie decyzji w problemach decyzyjnych

Biorąc pod uwagę charakter problemu decyzyjnego opisanego w niniejszym artykule, w ocenie autorów zasadnym stało się wykorzystanie metod wielokryterialnego wspomagania decyzji (WWD). Jest to dziedzina naukowa wywodząca się z badań operacyjnych, która wyposaża decydenta w narzędzia (algorytmy obliczeniowe, procedury i metody matematyczno-informatyczne) umożliwiające rozwiązywanie złożonych problemów decyzyjnych, przy analizie których konieczne jest uwzględnienie wielu kryteriów, a często także wielu przeciwstawnych punktów widzenia. Powszechność sytuacji, w których podejmujemy decyzje o charakterze złożonym (biorąc pod uwagę kilka czynników), przyczyniła się do rozwoju wielokryterialnych metod wspomagania decyzji [7][10].

Różnorodność zastosowań metod WWD sprawiła, że z uwagi na cel problemu decyzyjnego można wyróżnić następującą klasyfikację:

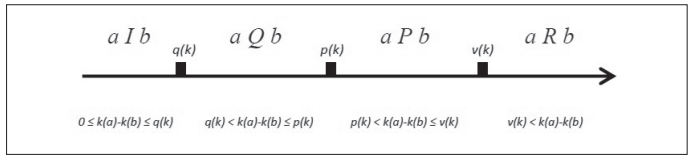
- metody wyboru (optymalizacji) – ukierunkowane na wybranie jednego wariantu (uważanego za najlepszy względem rozważanej rodziny kryteriów) spośród danego ich zbioru;
- metody szeregowania (rankingowe, porządkowania) – ukierunkowane na uszeregowanie wariantów od najlepszego do najgorszego;
- metody klasyfikacji (sortowania) – ukierunkowane na przydzielenie wariantów (czynności, działań) do wcześniej zdefiniowanych grup (klas, kategorii), zgodnie z przyjętymi normami.

Z uwagi na sposób budowania modelu preferencji decydenta, wśród metod WWD można wyróżnić:

- oparte na zasadzie wieloatrybutowej teorii użyteczności, w której to następuje agregacja wszystkich rozpatrywanych kryteriów do jednej funkcji użyteczności oraz zakładającą, że wszystkie pary wariantów są porównywalne, tzn. decydent zawsze będzie preferował jeden z wariantów lub uzna dwa warianty za nierozróżnialne względem problemu decyzyjnego;
- oparte na relacji przewyższania – zwane metodami syntezy przewyższającej z uwzględnieniem nieporównywalności pomiędzy rozważanymi wariantami – a zatem umożliwia reprezentowanie czterech podstawowych sytuacji dla pary wariantów: nierozróżnialności/równoważności ($a\ I\ b$), słabej preferencji ($a\ Q\ b$), silnej preferencji ($a\ P\ b$) oraz nieporównywalności ($a\ R\ b$) [1][5].

Metodą wykorzystującą relację przewyższania, która finalnie doprowadza do porządkowania skończonego zbioru wariantów jest ELECTRE III. W metodzie tej model preferencji decydenta definiowany jest poprzez wykorzystanie progów równoważności q, preferencji p i weta v, a także wag w dla każdego kryterium k.

Interpretacja powyższych progów przedstawia się następująco:



Rys. 2. Sposób definiowania relacji wariantów w modelu preferencji
Źródło: opracowanie własne

Opis problemu decyzyjnego

Problem decyzyjny polega na uszeregowaniu analizowanych lokalizacji w kolejności od najbardziej do najmniej atrakcyjnej z punktu widzenia potencjalnego operatora stacji ładowania – na tym etapie kończy się wykorzystanie metody ELECTRE III. W ramach dalszych prac nastąpiło przydzielenie powyższych lokalizacji do czterech „równoatrakcyjnych" grup. Etap ten nie dotyczył już stricte decydenta, a ma służyć jedynie Wydzierżawiającemu (Zarząd Dróg Miejskich) do przygotowania we właściwy sposób postępowania na dzierżawę nieruchomości z przeznaczeniem na ogólnodostępne stacje ładowania pojazdów. Decydent ma do wyboru 29 lokalizacji, które zostały wskazane jako miejsca przeznaczone na ogólnodostępne stacje ładowania pojazdów.

Kryteria oraz miary ocen

Na podstawie rejestru struktury własności gruntów miasta Poznania, a także innych uwarunkowań mających wpływ na możliwość budowy stacji ładowania (np. warunki przyłączeniowe, przestrzenne, estetyczne), wybrano 29 lokaliza-

cji, do oceny których zaproponowano 5 kryteriów – z uwagi na fakt, że decydentem jest operator stacji ładowania, kierunki preferencji określane są w oparciu o jego model biznesowy polegający na osiągnięciu zysku. Określenie miar wartości dla poszczególnych kryteriów zostało dokonane w oparciu o ogólnodostępne dane zamieszczone w Systemie Informacji Przestrzennej Miasta Poznania (SIP) zarządzanym przez Zarząd Geodezji i Katastru Miejskiego GEOPOZ [4], a także przez autorów niniejszego artykułu przy wykorzystaniu odpowiednich narzędzi. Kryteria uwzględniane w modelu preferencji:

- Liczba punktów ładowania w danej lokalizacji (K1) – oznaczająca maksymalną liczbę pojazdów, które mogą być ładowane jednocześnie w danej lokalizacji. Kryterium to jest maksymalizowane.
- Gęstość zaludnienia (K2) – wyrażone w liczbie mieszkańców zamieszkujących w promieniu 500 m od danej lokalizacji. Przyjęto założenie, że im większa jest gęstość zaludnienia wokół stacji ładowania, to tym częściej będzie dana stacja wykorzystywana. Kryterium to jest maksymalizowane.
- Odległość do przystanku tramwajowego (K3) – wyrażona w metrach. Jest to najkrótsza odległość wyznaczana poprzez zsumowanie długości odcinków ulic i chodników, jakimi mogą poruszać się piesi pomiędzy najbliższym przystankiem tramwajowym a daną lokalizacją. Miary ocen zostały zaokrąglone w górę do następujących wartości 250, 500, 750, 1000, 1250 i 1500 m, a także odnoszą się do przystanków tramwajowych – z uwagi na dostępność danych w takiej postaci w SIP. Przyjęto założenie, że użytkownicy stacji ładowania, którzy będą wykonywać podróże multimodalne, oczekiwać będą jak najkrótszej odległości do najbliższego przystanku, w związku z czym kryterium to jest minimalizowane.
- Odległość od środka miasta Poznania (K4) – wyrażona w metrach i wyznaczana jako dystans w linii prostej od lokalizacji stacji ładowania. Jako odniesienie przyjęto umowny punkt wyznaczony w centrum Poznania na skrzyżowaniu ulic Święty Marcin i Gwarna. Przyjęto założenie, że lokalizacje bliżej centrum będą częściej wykorzystywane niż peryferyjne z uwagi na większe zagęszczenie POI[2], które będą celami podróży. W związku z powyższym kryterium jest minimalizowane.
- Liczba POI (ang. *point of interest*) (K5) – wskazuje liczbę obiektów w promieniu 300 metrów wokół lokalizacji stacji ładowania. Kryterium to jest maksymalizowane.

Zestawienie wartości kryteriów dla analizowanych lokalizacji przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Macierz ocen dla lokalizacji wyznaczonych pod budowę stacji ładowania

Lp.	Lokalizacja	K1	K2	K3	K4	K5
		Liczba punktów ładowania	Gęstość zaludnienia [liczba mieszkańców zamieszkujących w promieniu 500 m od danej lokalizacji]	Odległość do tramwaju [m]	Odległość od centrum [m]	POI [liczba obiektów w promieniu 300 metrów wokół lokalizacji stacji ładowania]
1	Długa	2	1992	250	1050	26
2	Garbary	2	1836	250	1220	7
3	Królowej Jadwigi	2	4128	500	1110	6
4	Kościuszki/ Libelta	4	2518	500	450	16
5	Al. Niepodległości	4	221	750	1000	6
6	Podgórna	2	1583	250	530	11
7	Północna	4	18	750	1240	3
8	Kościuszki/Taylora	2	134	250	200	19
9	Bukowska	2	1056	750	1600	3
10	Dąbrowskiego (1)	4	1558	250	2080	2
11	Dąbrowskiego (2)	2	3505	250	1010	6
12	Baraniaka	4	888	1500	3240	0
13	Rumuńska (stadion)	4	757	250	4240	0
14	Ewangelicka/Za Groblą	4	1992	250	1560	2
15	Piotrowo	4	738	250	1980	10
16	Gdańska	2	744	500	2310	1
17	Głogowska	4	186	250	1050	5
18	Rycerska	2	2773	1000	3490	1
19	Chwaliszewo	6	3483	500	1270	5
20	Poznańska	2	4472	250	1320	7
21	Św. Michała (Komandoria)	4	136	250	2790	0
22	Maratońska	4	1041	250	1060	6
23	Zwierzyniecka	4	788	500	960	3
24	Szydłowska	2	2423	500	2550	11
25	Wyspiańskiego	2	2291	500	2110	2
26	28 Czerwca	4	493	250	2830	2
27	Zgody	4	597	250	4060	0
28	Ks. Mieszka	4	3738	500	2510	3
29	Piaśnicka	2	1141	250	5070	2

Źródło: opracowanie własne

Eksperyment obliczeniowy

Do przeprowadzenia eksperymentu obliczeniowego koniecznym było zamodelowanie preferencji decydenta, co zgodnie z tokiem postępowania w metodzie ELECTRE III wyrażone zostało w postaci wag oraz progów dla każdego kryterium – tabela 2. Rozpoznanie aspektów kluczowych dla decydenta przy określaniu atrakcyjności dla poszczególnych lokalizacji zostało przeprowadzone przez członków zespołu [9] na podstawie informacji uzyskanych podczas spotkań z podmiotami świadczącymi swoje usługi w obszarze elektromobilności.

Wartości wag kryteriów określające, jak istotne dla decydenta jest dane kryterium k, zostały wyznaczone przy wykorzystaniu przez autorów innej metody wielokryterialnego wspomagania decyzji – AHP (ang. *Analytic Hierarchy Process),* co nie jest przedmiotem niniejszego artykułu.

[2] POI – ang. *point of interest* – obiekty użyteczności publicznej, tj. urzędy, placówki pocztowe, uczelnie, sklepy, rynki, centra handlowe.

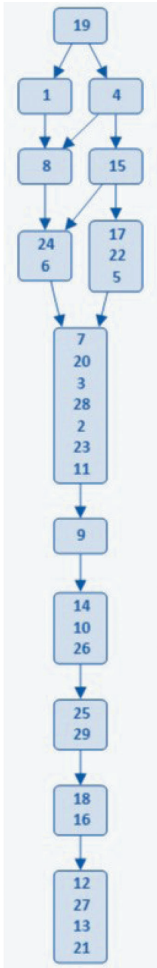
Tabela 2

Model preferencji dla kryteriów					
Kryterium	**K1**	**K2**	**K3**	**K4**	**K5**
Waga	0,246	0,134	0,037	0,175	0,408
Próg q	0,9	500	200	500	3
Próg p	1,1	3000	700	1000	10
Próg v	100	10 000	1200	5000	24

Źródło: opracowanie własne

Z przedstawionego modelu preferencji wynika, że najbardziej istotnym kryterium jest K5, czyli liczba POI w najbliższym otoczeniu stacji. Można intepretować to w ten sposób, że decydent przewiduje korzystanie ze stacji ładowania podczas załatwiania codziennych spraw przez użytkowników – na czas postoju samochodu będzie on ładowany.

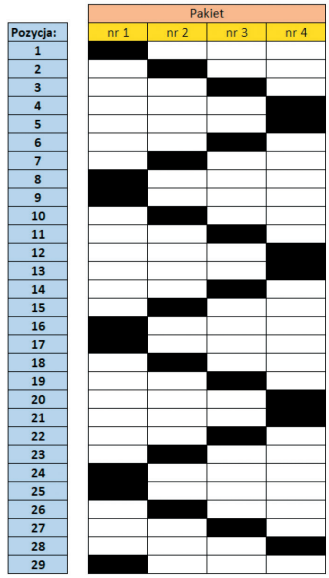
W ostatnim kroku procedury obliczeniowej następuje proces badania relacji przewyższania pomiędzy każdą parą lokalizacji w odniesieniu do każdego kryterium. Efektem jest ranking finalny w postaci grafu prezentujący końcowe uporządkowanie lokalizacji, który przedstawiono na rysunku 3. Na szczycie znajduje się najbardziej atrakcyjna lokalizacja, a na dole najmniej. Jeżeli kilka lokalizacji znajduje się w jednej ramce, oznacza to, że są one równoważne względem siebie. Z kolei ułożenie lokalizacji obok siebie w osobnych ramkach wskazuje relację nieporównywalności względem danych lokalizacji.



Rys. 3. Ranking finalny lokalizacji
Źródło: opracowanie własne przy użyciu programu MCDA Toolkit v1.3

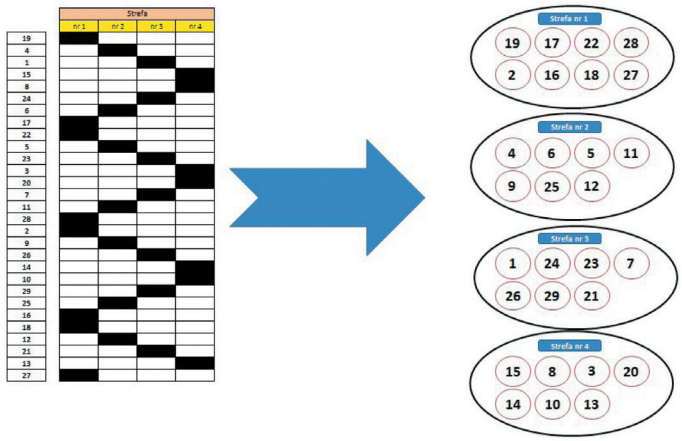
Przypisanie lokalizacji do stref

Posiadając informację o rankingu odwzorowującym relacje pomiędzy atrakcyjnością poszczególnych lokalizacji, można było przystąpić do utworzenia 4 stref („pakietów") według autorskiej metody autorów zaakceptowanej przez członków zespołu. Polegała ona na tym, że do kolejnych stref (biorąc pod uwagę kolejność od 1 do 4, a następnie od 4 do 1) przypisywano aktualnie najlepszą lokalizację, bez brania pod uwagę już wcześniej przypisanych. Przyjęto założenie, że pakiet, który będzie posiadał najlepszą lokalizację, musi zawierać również tę najmniej atrakcyjną. Opisana metoda przyporządkowywania została zilustrowana na rysunku 4.



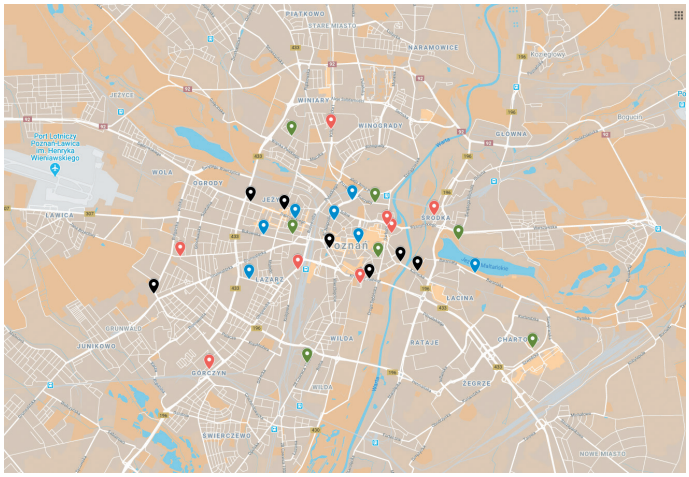
Rys. 4. Schemat przydziału lokalizacji z danego miejsca rankingowego do stref
Źródło: opracowanie własne

Aby móc dokonać ostatecznego przyporządkowania lokalizacji do poszczególnych pakietów, należało jeszcze uszeregować w kolejności 1–29 oznaczenia z grafu (rys. 3). W przypadku występowania relacji równoważności lub nieporównywalności kolejność ustalano losowo – należy w tym miejscu zaznaczyć, że celem analizy było jedynie względne określenie atrakcyjności poszczególnych lokalizacji i wynikający z tego podział na 4 strefy. Powyższe uszeregowanie oraz finalne przypisanie do pakietów zostało zaprezentowane na rysunku 5.



Rys. 5. Finalne pogrupowanie lokalizacji w strefy
Źródło: opracowanie własne

Na rysunku 6 na planie miasta Poznania naniesiono analizowane lokalizacje (tab. 1) z podziałem na strefy: strefa 1 – kolor czerwony, strefa 2 – kolor niebieski, strefa 3 – kolor zielony, strefa 4 – kolor czarny.



Rys. 6. Plan miasta Poznania z podziałem lokalizacji na strefy
Źródło: opracowanie własne przy wykorzystaniu Google Maps

Podsumowanie i wnioski końcowe

W artykule przedstawiono zastosowanie metody wielokryterialnego wspomagania decyzji ELECTRE III w trakcie prac nad przygotowaniem postępowania na dzierżawę nieruchomości z przeznaczeniem na ogólnodostępne stacje ładowania pojazdów w mieście Poznań. W oparciu o wyniki niniejszej analizy specjalnie powołany zespół urzędników dokonał w dalszym etapie podziału lokalizacji według własnej metody. Głównym celem powyższego procesu było podniesienie konkurencyjności pomiędzy potencjalnymi inwestorami ogólnodostępnych stacji ładowania.

Uwzględniając te działania, Zarząd Dróg Miejskich w Poznaniu ogłosił 12 grudnia 2019 roku [8], w którym oferenci określali stawkę za dzierżawę m^2 nieruchomości wchodzących w skład danego pakietu.

Zaprezentowaną metodykę podziału lokalizacji stacji ładowania na względnie równoatrakcyjne pakiety autorzy uznają za uniwersalną, ponieważ może zostać wykorzystana podczas kolejnych prac związanych z przygotowaniem postępowania na dzierżawę punktów ładowania w Poznaniu, a także w innych miastach. W zależności od posiadanych danych dotyczących analizowanych lokalizacji możliwe jest uwzględnienie także innych kryteriów niż te przedstawione w niniejszym artykule. W ocenie autorów wskazanym jest wykorzystywanie metod WWD do rozwiązywania tego typu zagadnień, gdyż zmniejsza to wpływ subiektywnych opinii w procesie podejmowania decyzji.

Zainteresowanie społeczeństwa rozwojem pojazdów elektrycznych i zarazem dedykowanej dla nich infrastruktury potwierdza się również w sondażach – w maju 2019 roku przeprowadzono badania ankietowe wśród 1534 osób, z których 28% ankietowanych zadeklarowało, że w ciągu 3 kolejnych lat rozważy zakup samochodu elektrycznego. W 2017 roku było ich 12%, a w 2018 roku – 17% [11]

Literatura

1. Kadziński M., *Nowe kierunki w analizie odporności oraz modelowaniu preferencji w wielokryterialnym wspomaganiu decyzji – streszczenie rozprawy doktorskiej*, Politechnika Poznańska, 2012.
2. Miechowicz W., Kiciński M., *Zastosowanie metodyki wielokryterialnego wspomagania decyzji (WWD) do oceny wariantów dojazdów mieszkańców powiatu poznańskiego do Poznania*, Zeszyty naukowe Politechniki Poznańskiej, 2001, nr 53.
3. Politechnika Poznańska – Zakład Logistyki, *Analiza wielokryterialna wybranych lokalizacji stref kibica*, Projekt wykonany na zlecenie Miasta Poznania, 2011.
4. Portal Systemu Informacji Przestrzennej Miasta Poznania: http://sip.geopoz.pl/sip/ (dostęp: 18.02.2020).
5. Solecka K., *Zastosowanie metod wielokryterialnego wspomagania decyzji w transporcie publicznym*, „Autobusy", 2016, nr 12.
6. Strategia Rozwoju Miasta Poznania 2020+: https://www.poznan.pl/mim/main/-,p,14886.html (dostęp: 18.02.2020).
7. Trzaskalik T., *Wielokryterialne wspomaganie decyzji. Przegląd metod i zastosowań*, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, 2014.
8. Zaproszenie do składania ofert na dzierżawę nieruchomości z przeznaczeniem na ogólnodostępne stacje ładowania pojazdów: https://zdm.poznan.pl/pl/zaproszenie-do-skladania-ofert-na-dzierzawe-nieruchomosci-z-przeznaczeniem-na-ogolnodostepne-stacje-ladowania-pojazdow (dostęp: 18.02.2020).
9. Zarządzenie nr 608/2018/P z dnia 29.08.2018 r. w sprawie powołania zespołu ds. rozwoju sieci punktów ładowania zainstalowanych w ogólnodostępnych stacjach ładowania na terenie miasta Poznania
10. Żak J., *Metodyka wielokryterialnego wspomagania decyzji w transporcie i logistyce*, „Logistyka", 2014, nr 3.
11. *Barometr Nowej Mobilności* 2019/20, Raport Polskiego Stowarzyszenia Paliw Alternatywnych, Warszawa 2019.

Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji RP
Oddział w Krakowie

zaprasza
do udziału w XIX Konferencji Naukowo-Technicznej:

NOWOCZESNE TECHNOLOGIE
I SYSTEMY ZARZĄDZANIA W TRANSPORCIE SZYNOWYM
NOVKOL 2020

02–04 grudnia 2020 r.,
Hotel NOSALOWY DWÓR RESORT & SPA

Kontakt:
SITK RP Oddział w Krakowie, ul. Siostrzana 11, 30-804 Kraków
tel: (12) 658-93-72, tel/fax: (12) 658-93-74
e-mail: anna.karpierz@sitkrp.org.pl
lub janina.mrowinska@sitkrp.org.pl

Więcej informacji na temat wydarzenia:
http://www.sitk.org.pl/nowoczesne-technologie-i-systemy-zarzadzania-w-transporcie-szynowym-novkol-20/

BARTOSZ RYDEL
Koła Młodych Logistyków Just In Time działającego przy Państwowej Wyższej Szkole Zawodowej im. Angelusa Silesiusa w Wałbrzychu, e-mail: bartek.rydel.1995@o2.pl
PATRYK CHWEDCZUK
Koła Młodych Logistyków Just In Time działającego przy Państwowej Wyższej Szkole Zawodowej im. Angelusa Silesiusa w Wałbrzychu, e-mail: chwedczukpatryk@gmail.com

Rozwiązanie problemu zmiany trakcji w kontekście funkcjonowania kolei dojazdowej[1]

Streszczenie: W ostatnich latach dąży się do jak największego ograniczenia szkodliwego oddziaływania pojazdów trakcji spalinowej na środowisko naturalne. Dlatego też konstruktorzy projektując nowoczesne układy trakcyjne, starają się zminimalizować zużycie przez nie oleju napędowego oraz środków smarnych poprzez zastosowanie nowoczesnych silników spalinowych napędu głównego. Ostatnio dąży się również do zastosowania innych rodzajów napędów, w tym napędu hybrydowego, w którym zasilanie silników trakcyjnych odbywa się z wysokowydajnych zasobników energii (ogniwa akumulatorowe, kondensatory) lub z zasobników wspomaganych energią wytworzoną przez zabudowany na lokomotywie zespół prądotwórczy (silnik spalinowy, prądnica prądu przemiennego, prostownik). Pierwsze pojazdy hybrydowe powstały na bazie samochodów, autobusów, trolejbusów i tramwajów. Dopiero od kilkunastu lat rozpoczęto prace nad stworzeniem układu hybrydowego napędu z zastosowaniem do lokomotyw przeznaczonych najczęściej do ruchu manewrowego i przetokowego. W Polsce pierwsze prace nad stworzeniem układu napędu hybrydowego, w zastosowaniu do modernizowanych spalinowych lokomotyw manewrowych, rozpoczęto w 2010 roku.
Słowa kluczowe: kolej, trakcja kolejowa, hybryda, emisja spalin, kolej dojazdowa.

Wprowadzenie

Sieć kolejowa w Polsce liczy 18,5 tysięcy km linii kolejowych, z czego ponad 63% jest zelektryfikowana i w porównaniu do innych państw europejskich jest to zadowalający wynik. Jednak fakt, iż ponad 1/3 sieci jest przystosowana do innego napędu niż elektryczny rodzi problemy natury logistycznej. W artykule opisano schemat działania sieci trakcyjnej oraz możliwość jego poprawy, wykorzystując pojazdy hybrydowe na przykładzie dwóch niefunkcjonujących linii kolejowych oraz jednej używanej w ruchu liniowym na obszarze Dolnego Śląska. U podstaw analizy leżą dwa założenia: połączenie tych linii z liniami zelektryfikowanymi oraz brak uzasadnienia do elektryfikacji tych linii ze względu na rachunek ekonomiczny.

Rodzaje trakcji wykorzystywanych w transporcie kolejowym

Trakcją nazywany jest sposób pozyskiwania energii w pojeździe szynowym. Do rodzajów napędu stosowanych na kolei zalicza się:

- napęd lektryczny – pojazdy z takim napędem odbierają energię elektryczną za pomocą odbieraków (pantografów),
- napęd spalinowy – w takich pojazdach spalanie paliwa wytwarza energię zamienianą w pracę mechaniczną,
- napęd parowy (obecnie już praktycznie nieistniejący w ruchu liniowym) – wykorzystujący silnik parowy.

Obecnie w Europie oraz Polsce dominują elektryczne tabory kolejowe, zasilane energią stałą z sieci trakcyjnej. Sieć trakcyjna to zespół urządzeń umożliwiających dostarczanie energii elektrycznej do pojazdów poruszanych silnikami elektrycznymi (fot. 1).

Fot. 1. Sieć trakcyjna
Źródło: https://pl.wikipedia.org/wiki/Sieć_trakcyjna#/media/Plik:Przewody_trakcyjne_na_polskich_torach_PKP.jpg

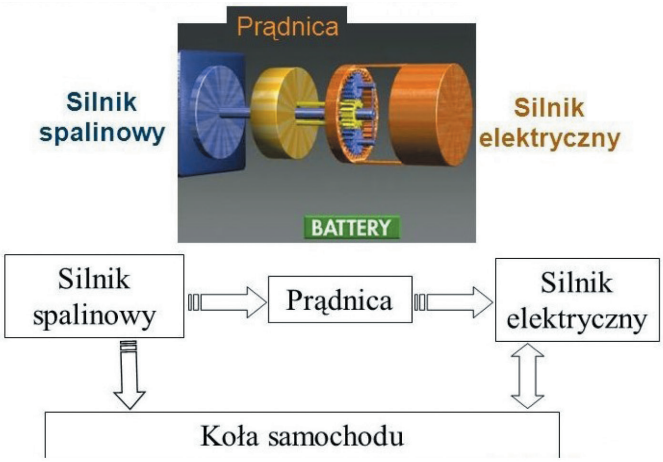
Sieć trakcyjna obejmuje sieć jezdną i sieć powrotną. Sieć jezdna służąca bezpośredniemu doprowadzeniu energii elektrycznej do pojazdu trakcyjnego za pośrednictwem odbieraków prądu składa się z zespołu przewodów wraz z osprzętem sieciowym i konstrukcji wsporczych, a sieć powrotna składa się z szyn toru kolejowego oraz ich połączeń elektrycznych przewodzących prąd trakcyjny.

Lokomotywy elektryczne to bardzo rozbudowane, zaawansowane napędy wyposażone w silnik elektryczny, które w czasie rzeczywistym przekazują całą moc do napędu. Rozwiązania te powodują, że kolej jest jednym z efektywniejszych rodzajów transportu. Jedyną wadą takiego rozwiązania jest konieczność instalacji sieci trakcji kolejowej, która jest droga w budowie.

Istota napędu hybrydowego

Napęd hybrydowy to połączenie w jednym urządzeniu dwóch silników, w tym rozwiązaniu to najczęściej połączenie silnika spalinowego i elektrycznego (rys. 1). Silniki te

[1] ©Transport Miejski i Regionalny, 2020. Procentowy udział wkładu autorów w publikację: B. Rydel 50%, P. Chwedczuk 50%



Rys. 1. Napęd hybrydowy
Źródło: https://leftlane.pl/wp-content/uploads/2017/12/naped-hybrydowy-mieszany.jpg

mogą pracować na przemian lub jednocześnie, w zależności od potrzeb. Silnik elektryczny może być prądnicą i ładować akumulatory lub kondensator w wyniku napędzania silnikiem spalinowym lub w wyniku hamowania silnikiem.

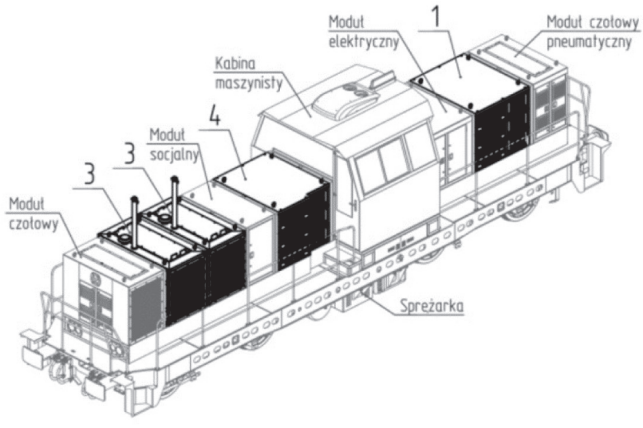
Rodzaje napędów hybrydowych :

- szeregowe – silnik spalinowy napędza silnik elektryczny, nadmiar energii zostaje przekazany do akumulatorów;
- równoległe – silnik spalinowy może bezpośrednio napędzać koła oraz działa równolegle z silnikiem elektrycznym, podczas hamowania silnik elektryczny pełni role generatora;
- szeregowo-równoległe – kombinacje łączące napęd równoległy z szeregowym.

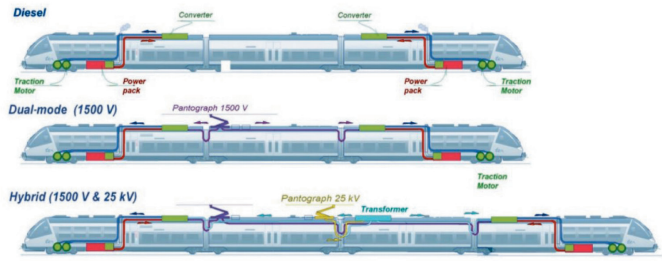
Napędy hybrydowe w pociągach

Przez pociągi hybrydowe najczęściej rozumie się lokomotywę lub zespół trakcyjny, gdzie funkcjonują dwa niezależne układy napędowe (najczęściej spalinowy i elektryczny).

Jeden silnik jest standardowy elektryczny, zasilany z sieci trakcyjnej, a drugi, spalinowy napędzany paliwem ON. Rozwiązanie tego typu ma na celu zapewnić płynność oraz komfort podróżowania, tam gdzie następuje zmiana trakcji i zachodzi konieczność zmiany taboru (co wiąże się z wysokimi kosztami oraz stratami czasowymi). W zależności od modelu i producenta różne składy mają różne parametry techniczne, takie jak prędkość maksymalna czy pojemność zbiornika paliwa (rys. 3).



Rys. 2. Układ ogólny lokomotywy hybrydowej (z czterema silnikami trakcyjnymi) z dwoma modułami zespołu prądotwórczego i dwoma modułami wysokowydajnych zasobników energii 1,4 –moduły zasobników energii, 3 – moduł prądotwórczy
Źródło: mgr inż. Piotr Michalak, Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR"



Rys. 3. Różnice w układach napędowych w pociągach
Źródło: Piotr Michalak, Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR"

We Francji, 9 października 2007 roku, odbyła się prezentacja pierwszego na świecie pociągu pasażerskiego AGC o napędzie hybrydowym spalinowo-elektrycznym, produkcji Bombardier Transportation. Pociąg hybrydowy w Troyen wykonany został jako 4-wagonowy w wersji dwunapięciowej. Cały zespół jest oparty tylko na 5 wózkach, środkowe wózki są wspólne dla sąsiednich wagonów. Takie rozwiązanie zmniejsza masę zespołu, a także poprawia komfort i bezpieczeństwo jazdy (rys. 4).

Podstawowe dane hybrydowego zespołu 4-wagonowego

Moc silników elektrycznych	[kW]	4×325 = 1300
Moc silników spalinowych	[kW]	2×588 = 1176, przy 1800 obr./min
Prędkość maksymalna zespołu	[km/h]	160 (trakcja elektryczna i spalinowa)
Przyspieszenie rozruchu	[m/s²] [m/s²]	0,67 (trakcja elektryczna) 0,47 (trakcja spalinowa)
Liczba miejsc do siedzenia		206
Długość zespołu	[m]	72,8
Wysokość podłogi	[m] [m]	0,59 (rejon wejść) 1,26 (pozostała część)
Maksymalny nacisk na oś	[t]	17 (zajęte wszystkie miejsca do siedzenia)

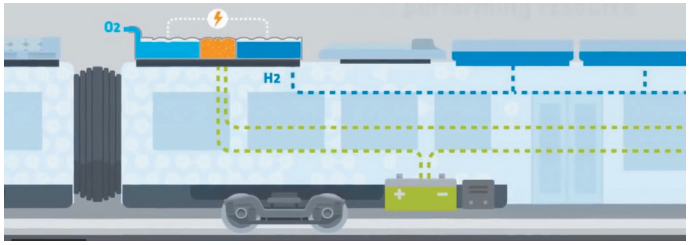
Rys. 4. Podstawowe dane hybrydowego zespołu na przykładzie AGC
Źródło: Marek Rabsztyn „Pociągi hybrydowe z Bombardiera o napędzie elektryczno-spalinowym na kolejach SNCF", Warszawa 2007

Zespoły AGC mogą być wykonywane w odmianie do ruchu intercity, do ruchu regionalnego lub podmiejskiego.

Napędy wodorowe w pociągach

Nowoczesny pociąg, zespół trakcyjny wyposażony w ogniwa paliwowe, które przekształcają wodór i tlen w energię elektryczną, eliminując tym samym szkodliwe emisje związane ze spalaniem paliwa (rys. 5).

Obecnie na podróż tym pierwszym na świecie bezemisyjnym pociągiem o niskim poziomie hałasu, osiągającym prędkość do 140 km/h, będą mieli pasażerowie sieci EVB Elbe-Weser. Dla LNVG pociągi Coradia iLint będą obsługiwały linię o długości prawie 100 km biegnącą przez Cuxhaven, Bremerhaven, Bremervörde i Buxtehude, zastę-



Rys. 5. Układ ogólny lokomotywy z napędem wodorowym produkcji Coradia iLint, zbudowany przez Alstom w Salzgitter w Niemczech
Źródło: http://www.umwd.dolnyslask.pl/urzad/aktualnosci/artykul/dolny-slask-przejmuje-nastepne-linie-kolejowe-od-pkp/?no_cache=1&cHash=3b8574e3c59a2cab821ead9d98b962bc

pując istniejącą flotę pociągów spalinowych. Nowe pociągi będą tankowane na mobilnej stacji tankowania wodoru. Gazowy wodór będzie wpompowywany do pociągów ze stalowego kontenera o wysokości ponad 12 m znajdującego się obok torów na stacji Bremervörde. Na jednym tankowaniu pociągi mogą jeździć po sieci przez cały dzień, dzięki pełnej autonomii, pokonując 1000 km. Zgodnie z harmonogramem stacjonarna stacja tankowania na terenie EVB zostanie uruchomiona w 2021 roku, kiedy Alstom dostarczy kolejne 14 pociągów Coradia iLint dla LNVG [6].

Funkcjonowanie kolei dojazdowych

W kontekście funkcjonowania kolei dojazdowej wykorzystanie napędów hybrydowych może rozwiązać wymienione powyżej problemy. Aby dokładnie nakreślić problem należy opisać funkcjonowanie kolei dojazdowej. Jest ona często rozumiana jako trasa, która wiedzie z głównej, magistralnej linii w kierunku mniejszych węzłów komunikacyjnych. Na potrzeby artykułu koleje dojazdowe potraktowano jako odgałęzienia z linii magistralnych, gdzie następuje konieczność zmiany trakcji. W przeszłości istniało wiele takich systemów, których rdzeniem zazwyczaj były miasta wielkości dzisiejszych miast powiatowych. Koleje te nie wytrzymały naporu konkurencji oraz przemian ustrojowych, przez co były sukcesywnie likwidowane (przyczynił się też do tego brak inwestycji w infrastrukturę oraz tabor), te, które funkcjonują do dziś, są wykorzystywane głównie w celach turystycznych. Powodami, które również przyczyniły się do likwidacji kolei dojazdowych są dynamiczny rozwój sieci drogowych, przez co oferty przewoźników samochodowych ulegały stopniowej poprawie, oraz dostęp do zagranicznych rynków samochodów używanych. Trudno jest oszacować, ile dokładnie systemów takiej kolei zlikwidowano, gdyż można przyporządkować je odmiennych kryteriom (takim jak rozstaw szyn czy okres funkcjonowania). Ponadto czasem dzielono te linie na mniejsze, a dopiero później likwidowano. Obecnie największą funkcjonującą koleją dojazdową jest warszawska WKD, z oczywistych przyczyn jej istnieniu nie zagrażała likwidacja. Na obszarach metropolitalnych stwarza się koleje aglomeracyjne, pełniące funkcje kolei dojazdowych. Przykładem takiej kolei jest Poznańska Kolej Metropolitalna czy rozwijana obecnie kolej aglomeracyjna we Wrocławiu.

Połączenia do mniejszych miejscowości, po tzw. liniach mało obciążonych, mają trudności z powodu likwidacji części infrastruktury – mijanek lub poczekalni dla pasażerów. Kolejnym problemem jest inny przebieg potoków pasażerskich w czasie budowy tych linii. Problemem natury technicznej są braki w spalinowych zespołach trakcyjnych (o lokomotywach spalinowych, pasażerskich nie wspominając). Większa część zamówień dotyczy elektrowozów lub elektrycznych zespołów trakcyjnych, przykładem takiego niedoboru mogą być Koleje Dolnośląskie. Na obsługiwanych trasach zespoły spalinowe obsługują połączenia z Wrocławia do Świdnicy, gdzie na 59 km całej trasy aż 49 km pociąg jedzie po trasie przystosowanej do obsługi elektrowozami. Według danych przewoźnika posiada on 25 pojazdów spalinowych oraz 32 elektryczne, nie wiadomo jednak, ile z nich zostało czasowo wycofanych z eksploatacji, w wyniku uszkodzeń po wypadkach. Innym przykładem niedostosowania możliwości przewozowych do rozkładu jazdy są Koleje Wielkopolskie, które były zmuszone wydzierżawić 2 pojazdy spalinowe od przewoźnika Arriva.

Propozycja wdrożenia pojazdów hybrydowych na przykładzie Dolnego Śląska

W związku z wolą samorządu województwa dolnośląskiego przejęcia niektórych nieczynnych od lat odcinków linii kolejowych z zamiarem ich odbudowy i przywrócenia regularnych przewozów pasażerskich przeprowadzono analizę ich wprowadzenia, z wykorzystanie pojazdów hybrydowych. Odcinki, które zamierza przejąć samorząd, o łącznej długości 340 km (docelowo), to linie, gdzie popyt na usługi transportowe nie jest wystarczający, aby uruchomił je podmiot prywatny. Obejmuje głównie odcinki o długości do 20 km, m.in. z Boguszowa-Gorc do Szczawna-Zdroju (dawna linia 291) czy do Karpacza (dawna 340). Obecnie najbardziej obciążoną przewozami, jest linia nr 274, dlatego też skupiono się na połączeniach wychodzących właśnie od niej.

Pierwszym omawianym przykładem będzie linia kolejowa nr 291, której obecnie nieistniejący fragment o długości 17,7 km został przejęty przez władze samorządowe. Dalsza część istnieje i prowadzony jest na niej sezonowy ruch pociągów z Wrocławia oraz Wałbrzycha do czeskiego Adrspachu. Trasa ta spełnia kryteria, o których wcześniej napisano. Jest ciekawym przypadkiem, gdyż zaczyna bieg, odchodząc od zelektryfikowanej linii nr 274, po czym krzyżuje się z nią ponownie przy wyjeździe ze stacji Boguszów-Gorce Wschód. Biorąc pod uwagę całość linii, to trasa z Wrocławia wynosiłaby 97 km. W pobliżu obecnie nieistniejącego odcinka mieszka około 60 tysięcy osób, co jest dodatkowym argumentem za prowadzeniem tam transportu kolejowego. Rewitalizacja tej linii powinna zakładać kurs z Wałbrzycha Szczawienko i pierwotnym szlakiem zmierzać w kierunku granicy – w tym wypadku wystarczyłby pojazd wyłącznie spalinowy. Natomiast kurs z Wrocławia powinien przechodzić linią nr 274 do stacji Szczawienko i dalej być realizowany trakcją spalinową. Atutem tego rozwiązania jest zajęcie pojazdu hybrydowego wyłącznie w weekendy lub w sezonie, co pozwoliłoby realizować nim inne zadania w pozostałym czasie. Byłoby to

urozmaicenie oferty przewozowej na obszarze Wałbrzycha, gdyż zapewniałoby możliwość trasowania części składów częściowo linią nr 291 i z powrotem na linię 274. Innym plusem takiego rozwiązania jest krótszy czas przejazdu, gdyż linia prowadząca przez Wałbrzych na długości 4 km składa się wyłącznie z łuków. W przypadku takiego rozwiązania długość trasy zmienia się z obecnych 127 do 117 km.

Drugim przypadkiem będzie linia kolejowa do Karpacza, która naturalnie powinna być dostosowana do ruchu pociągów regionalnych i dalekobieżnych, z racji funkcjonowania tu dużego ośrodka wypoczynkowego. Długość trasy z Jeleniej Góry to 17 km, na całość składają się dwa odcinki złożone z dwóch linii kolejowych – 340 oraz 308. Planowy ruch został zawieszony na początku XXI w. Linia ta wcześniej była jednotorowa i zelektryfikowana do czasu końca drugiej wojny światowej. Obecnie nie jest tam prowadzony ruch kolejowy, a przeznaczenie samej stacji w Karpaczu zostało zmienione. W końcowym okresie istnienia tej linii pokonanie trasy zajmowało aż 40 minut, co także miało wpływ na popyt. Jedyną drogą jest transport kołowy, przez pewien czas przewoźnik regionalny oferował zintegrowany bilet do Karpacza, na który składał się bilet kolejowy do Jeleniej Góry i następnie przesiadka do autobusu do Karpacza, oferta jednak została wycofana. Przesiadki są z reguły źle postrzegane przez pasażerów, co wpływa negatywnie na frekwencję. W przypadku wykorzystania taboru hybrydowego na stacji Jelenia Góra uniknięto by przesiadki z zespołu elektrycznego do spalinowego, oszczędzono czas, przeznaczany teraz na manewry na stacji. Takie rozwiązanie jest możliwe, gdyż stacja w Jeleniej Górze jest stacją początkową/końcową dla większości składów przez nią obsługiwanych, więc wprowadzenie wydłużonych kursów nie ingeruje mocno w rozkład jazdy i funkcjonowanie stacji.

Na obszarze Dolnego Śląska, między Jelenią Górą a Kłodzkiem, na liniach nr 274 i 285, brakuje bezpośredniego połączenia. Na tym 98 km odcinku, zelektryfikowany szlak ma długość 47 km (Jelenia Góra–Wałbrzych Gł.), pozostałe 51 km to odcinek między Kłodzkiem a Wałbrzychem, gdzie elektryfikacji nie ma. Według rozkładu jazdy, w dzień roboczy najszybsze połączenie na tym odcinku to 125 min w godzinach przedpopołudniowych, w odwrotnym kierunku, z Kłodzka do Jeleniej Góry – 116 min (przy przesiadkach odpowiednio 10 i 5 minut). Biorąc pod uwagę możliwości nowoczesnego taboru i poprawę parametrów linii, czas ten mógłby zostać skrócony, chociaż już obecnie czas poniżej 2 godzin jest konkurencyjny w stosunku do transportu kołowego. Warto w tym miejscu zaznaczyć, że nie funkcjonuje bezpośrednie połączenie autobusowe między tymi miejscowościami. Przejazdy z przesiadkami trwają minimum 240 minut, więc nie są konkurencyjne. Wykorzystanie taboru dwunapędowego umożliwiłoby tworzenia kursów z Jeleniej Góry przez południową część województwa z wykorzystaniem magistrali podsudeckiej do Nysy czy na Górny Śląsk. Biorąc pod uwagę rosnące zainteresowanie wykorzystywania kolei jako podstawowego środka komunikacji dalekobieżnej oraz faktem funkcjonowania takich połączeń w przeszłości, istnieją szanse na rozwój kolejowych połączeń hybrydowych.

Obecnie obowiązujące uwarunkowania infrastrukturalne, jak i taborowe (niedobór pojazdów trakcji spalinowej) mają znaczący wpływ na ograniczanie oferty niebędącej połączeniem ze stolicą województwa. Siatki połączeń przewoźników regionalnych mają charakter koncentryczny, gdzie do mniejszych miejscowości będących „na uboczu" głównych linii kolejowych kursują tylko wybrane pociągi, rzadziej spotyka się wahadłowo kursujące składy, które dowożą pasażerów do linii magistralnych. Szybko rosnąca w ostatnich latach liczba pasażerów oraz zwiększanie częstotliwości kursów spowodowały uszczuplenie rezerwy taborowej przewoźników, na czym proporcjonalnie najmniej skorzystały małe ośrodki miejskie. Zastosowanie pojazdów hybrydowych w ruchu liniowym pozwoli na większą elastyczność w tworzeniu rozkładu jazdy i nowych relacji, co przełoży się pozytywnie na wykorzystanie obecnie używanego taboru.

Literatura

1. Roczny Rozkład Jazdy Pociągów 2019, PKP Polskie Linie Kolejowe, Warszawa 2018.
2. Zalewski P., Siedlecki P., Drewnowski A., *Technologia Transportu Kolejowego*, Wydawnictwa Komunikacji Łączności, Warszawa 2013.
3. Raport Roczny za 2018, PKP Polskie Linie Kolejowe, 2018.
4. Rabsztyn M., *Pociągi hybrydowe z Bombardiera o napędzie elektryczno-spalinowym na kolejach SNCF,* Warszawa 2007.
5. https://www.kolejedolnoslaskie.pl/o-spolce-2/tabor/, [dostęp: 25.02.2020]
6. https://www.rynek-kolejowy.pl/mobile/pociagi-alstom-o-napedzie-wodorowym-wyjechaly-na-tory-w-dolnej-saksonii-swiatowa-premiera-88694.html, [dostęp: 25.02.2020]

Katedra Systemów Transportowych
na Wydziale Inżynierii Lądowej w Politechnice Krakowskiej

organizuje w roku akademickim 2020/2021
siódmą edycję studiów podyplomowych

„MIEJSKI TRANSPORT ZBIOROWY
– ZARZĄDZANIE, ORGANIZACJA, NOWOCZESNE
TECHNOLOGIE I INFORMATYCZNE WSPOMAGANIE"

1. Czas trwania studiów: dwa semestry **01.10.2020 r. – 30.06.2021 r.**
2. Liczba godzin: **160**, w tym 118 godzin wykładów i 42 godzin laboratoriów.
3. Tryb studiów: niestacjonarny, zjazdy sobotnio–niedzielne, 14 zjazdów (I semestr – 7 zjazdów, 82 godziny, II semestr – 7 zjazdów, 78 godzin). Na ostatnim zjeździe egzamin końcowy i obrona prac dyplomowych.
4. Miejsce studiów: Politechnika Krakowska, Kraków, ul. Warszawska 24.
5. Rekrutacja odbywać się będzie na podstawie zgłoszonych ankiet (ankieta dostępna ma stronie Katedry). Termin nadsyłanie zgłoszeń: **15.08.2020 r.**

Kierownik studiów:
prof. dr hab. inż. Wiesław Starowicz,
tel. , , 12 628 30 94end_of_the_skype_highlighting,
e-mail: wstar@pk.edu.pl

Obsługa administracyjna:
mgr inż. Danuta Schwertner, tel. 12 628 30 93, e-mail: dschwer@pk.edu.pl