

Prof. dr hab. inż. Agnieszka Bitkowska

Politechnika Warszawska

ORCID: 0000-0002-2817-8244

e-mail: agnieszka.bitkowska@pw.edu.pl

Mgr inż. Krzysztof Łabędzki

Politechnika Warszawska

ORCID: 0000-0002-1213-2815

e-mail: krzysztof.labedzki@pw.edu.pl

W kierunku *smart mobility*. Proces transportu publicznego z perspektywy pandemii COVID-19 na przykładzie metropolii Warszawa

Towards smart mobility. The public transport process from the perspective of the COVID-19 pandemic on the example of the Warsaw metropolis

Streszczenie

Rozwój procesu transportu publicznego odgrywa istotną rolę z perspektywy budowania inteligentnych miast (*smart city*), a zwłaszcza inteligentnego transportu (*smart mobility*). Popyt wśród pasażerów na usługi transportowe wpływa na długoterminowe planowanie i krótkoterminowe działania w zakresie kontroli transportu publicznego z wykorzystaniem nowoczesnych rozwiązań technologicznych, w tym Industry 4.0. Artykuł prezentuje uwarunkowania procesu transportu publicznego podczas pandemii COVID-19 w metropolii Warszawa. Przedstawiono analizy w zakresie realizacji procesu transportu publicznego wraz z perspektywą podążania w kierunku *smart mobility*.

Słowa kluczowe

inteligentne miasto, proces transportu publicznego, COVID-19

Abstract

The development of the public transport process is important from the perspective of building smart cities, and in particular intelligent transport (*smart mobility*). Passenger demand for services influences long-term planning and short-term activities in the field of public transport control using modern technological solutions, including Industry 4.0. The article presents the concept of the public transport process during the COVID-19 pandemic in the Warsaw metropolis. Analyses regarding the implementation of the public transport process were presented, along with the perspective of moving towards smart mobility.

Keywords

smart city, smart transport, public transport, passenger transport process, COVID-19

JEL: M3, L21, L22

Wstęp

Koncepcję *smart mobility* należy rozpatrywać jako element *smart city* w kontekście zdolności miast do adaptacji rozwiązań Przemysłu 4.0, w tym rozwiązań cyfrowych oraz upowszechnienia systemów cyberfizycznych (Pieriegud, 2018;

Gierszewska, 2020; Rostek, 2023). Nie ulega wątpliwości, że wspomniana koncepcja staje się trendem globalnym, który jednoznacznie wspiera zasady zrównoważonego rozwoju, będąc jednocześnie jednym z filarów miast XXI w. (Tundys & Wiśniewski, 2023). Nowa perspektywa zmian aglomeracji miejskich – aglomeracja przyszłości – będzie

bazować na cyfrowych platformach, jak też na synergii sieci fizycznych i wirtualnych, a także infrastruktury transportowej (Pieriegud, 2018; Gierszewska, 2020). Ostatnie trzy dekady w Polsce to okres ogromnych zmian politycznych, gospodarczych i społecznych (Kudlak i in., 2023), a jednym z kluczowych obszarów jest transport publiczny. Zagadnienia związane z mobilnością pomagają miastom podnieść jakość i komfort podróży (Schulz i in., 2020; Pawłowska, 2017). Należy podkreślić, iż pandemia COVID-19 w znaczny sposób wpłynęła na transport publiczny w aglomeracjach miejskich, co też spowodowało wahania popytu wśród pasażerów na realizowane usługi (Kieu & Cai, 2018). W kontekście prowadzonych rozważań postawiono pytanie badawcze: w jakim kierunku zmierza realizacja procesów transportu publicznego w metropolii Warszawa po pandemii COVID-19? Celem głównym artykułu jest przybliżenie koncepcji *smart mobility* w aspekcie realizacji transportu publicznego podczas pandemii COVID-19 w metropolii Warszawa. W pracy badawczej skorzystano z metody *desk research* i przeprowadzono analizę realizacji procesu transportu publicznego w latach 2018–2022 wraz z uwzględnieniem perspektywy dążenia do rozwiązań *smart mobility*. Upowszechnienie się tej koncepcji w poszczególnych aglomeracjach uzależnione jest od poziomu rozwoju i dostępności infrastruktury transportowej oraz technologicznej, jak też adaptacji mieszkańców do implementowanych rozwiązań.

Smart mobility a uwarunkowania procesu transportu publicznego

Koncepcja *smart mobility* staje się coraz bardziej istotnym obszarem badań naukowych, zarówno od strony teoretycznej, jak i przede wszystkim pragmatycznej. Idea inteligentnej mobilności jest implementowana w sieciach transportowych w obszarze planowania miejskiego, a także planowania transportu. Wypracowanie ujednoliconej definicji *smart mobility* jest niełatwym zadaniem, co może również wynikać z faktu, iż idea ta nieustannie ewoluuje. Zbiór wybranych definicji zaprezentowano w tabeli 1.

Smart mobility jest koncepcją dotyczącą wydajnego, płynnego i zindywidualizowanego podróżowania mieszkańców pomiędzy wyznaczonymi miejscami, w obszarze administracyjnym miasta lub poza jego granicami (Pyza, 2009). Umożliwia wszystkim mieszkańcom sprawne i bezpieczne przemieszczanie się do wybranych destynacji w granicach i poza granicami administracyjnymi metropolii (Curtis i in., 2019). Na terenie Rzeczypospolitej Polskiej ustawodawca zdefiniował pojęcie publicznego transportu zbiorowego jako powszechnie dostępny regularny przewóz osób wykonywany w określonych odstępach czasu i po określonej linii komunikacyjnej, liniach komunikacyjnych lub sieci komunikacyjnej. Sieć komunikacyjna to układ linii komunikacyjnych obejmujących obszar działania organizatora publicznego transportu zbiorowego lub część tego obszaru; linia komu-

Tabela 1. Wybrane definicje *smart mobility*

Autor/autorzy	Definicje
Pavic i in. (2020, s. 2)	Odnosi się do zaawansowanego wielosektorowego systemu transportu, w którym głównymi aktorami są: operatorzy sieci oraz podmioty handlowe
Lyons (2018, s. 4)	Oznacza łatwość, wygodę, przystępność i dostępność podróżowania do miejsca przeznaczenia przy minimalnym wpływie na środowisko i innych uczestników
Khemmar i in. (2022, s. 2)	Oznacza wykrywanie obiektów, estymację odległości, śledzenie, segmentację semantyczną; analizę i interpretację danych z otoczenia dla pojazdu autonomicznego z wykorzystaniem czujników (sensorów) i na ich podstawie dostosowanie działań, analizę sceny i rozumienie uzyskanych danych o otaczającym ją środowisku dla pojazdu autonomicznego w otaczającym go środowisku za pomocą czujników (sensorów), przetworzenie tych danych i dostosowanie do tych informacji
Nikitas i in. (2020, s. 3)	Obejmuje w szczególności kluczowe inicjatywy w swoim zakresie, odnosząc się również do połączonych i autonomicznych pojazdów. Wspiera działania, które z perspektywy technologii wspierają transport, m.in. Internet Rzeczy, Internet
So i in. (2020, s. 1)	System, który zapewnia dostosowane do potrzeb usług mobilności opartych na zrozumieniu preferencji użytkownika i wizji miasta poprzez wykorzystanie powstającej infrastruktury ICT

Źródło: opracowanie na podstawie literatury przedmiotu.

Tabela 2. Wybrane definicje transportu publicznego

Autor/autorzy	Definicje
Grobelny (2009)	Obejmuje tylko taki zakres czynności, które wiążą się z czynnym i biernym zaangażowaniem taboru przewozowego określonej gałęzi transportu. Proces transportowy, w zależności od liczby gałęzi transportu uczestniczących w jego realizacji, może obejmować jeden lub więcej procesów przewozowych
Goździewska (2012, s. 765)	Zespół różnorodnych czynności związanych ze środowiskiem transportowym, występujących w czasie i przestrzeni, których wykonanie jest niezbędne, aby środek transportu mógł dokonać przemieszczenia ładunków lub osób
Łukasik & Olszańska (2016, s. 644)	Posiada swój cel, który wynika z przyjętej strategii, zachodzi tu potrzeba ścisłego związku pomiędzy celami przedsiębiorstwa transportowego a oczekiwaniami klienta
Jerzyło & Wawrzyńska (2017, s. 1746)	Podczas jego organizowania należy dobrać odpowiedni środek transportu, wyznaczyć trasę zawierającą jak najmniejszą liczbę elementów ograniczających przejazd oraz uzyskać odpowiednie pozwolenia na transport
Schaefer i in. (2021, s. 210)	Codziennie, rutynowe przejazdy zorganizowane na wyznaczonych relacjach dla każdego użytkownika
Sukhov i in. (2022, s. 239)	Komplementarne podejście do świadczonej usługi oraz opracowywanie skutecznego podejścia w celu uatrakcyjnienia usługi
Przybyłowski i in. (2021, s. 2)	Ustrukturyzowane realizowanie przewozu pasażerów z zachowaniem odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa i komfortu

Źródło: opracowanie na podstawie literatury przedmiotu.

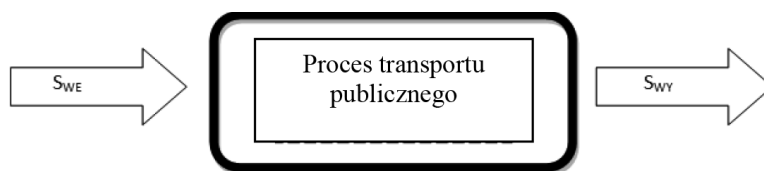
nikacyjna stanowi zaś połączenie komunikacyjne na: a) sieci dróg publicznych albo b) liniach kolejowych, innych szynowych, linowych, linowo-terenowych, albo c) akwenach morskich lub wodach śródlądowych – wraz z oznaczonymi miejscami do wsiadania i wysiadania pasażerów na liniach komunikacyjnych, po których odbywa się publiczny transport zbiorowy¹. W kontekście tak postrzeganego transportu publicznego możemy zastosować podejście procesowe. W tabeli 2 zostały zaprezentowane wybrane definicje transportu publicznego (w rozumieniu publicznego transportu zbiorowego).

Perspektywę procesu transportu publicznego – ujęcie systemowe wraz z wejściem i wyjściem – zaprezentowano na rysunku 1.

Na wejściu do procesu (S_{WE}) otrzymujemy informację dotyczącą zapotrzebowania na usługi przewozowe pasażerów, a na wyjściu z procesu (S_{WY}) otrzymujemy informację o realizacji usługi przewozowej wraz z oceną jakości. Wewnątrz procesu mamy do czynienia z połączonymi ze sobą poszczególnymi czynnościami, będącymi w gestii operatora transportu publicznego, skutkującymi wykonaniem przewozów pasażerów. Operatorem publicznego transportu zbiorowego jest samorządowy za-

kład budżetowy oraz przedsiębiorca uprawniony do prowadzenia działalności gospodarczej w zakresie przewozu osób, który zawarł z organizatorem publicznego transportu zbiorowego umowę o świadczenie usług w zakresie publicznego transportu zbiorowego, na linii komunikacyjnej określonej w umowie². Proces rozpoczyna się przygotowaniem, a następnie wydaniem decyzji o gotowości do prowadzenia usługi przewozowej. Później następuje sprawdzenie wszystkich systemów towarzyszących realizacji usługi. Kiedy powyższe wymogi są spełnione, następuje przyjęcie pierwszych pasażerów i realizacja czynności. W czasie trwania przewozu operator monitoruje ruch, a w przypadku wystąpienia jakiegokolwiek zagrożenia następuje interwencja i wstrzymanie procesu. Konsekwencją jest zapytanie, czy można kontynuować świadczenie przewozu. W przypadku negatywnej odpowiedzi prowadzi się podproces wspomagający, aby móc z powrotem świadczyć usługę podstawową. Na zakończenie zamykany jest potok pasażerski, a następnie sporządza się dokumentację wykonawczą i statystyczną. Po ich opracowaniu proces uważa się za zakończony i następują działania przygotowawcze do świadczenia usługi przewozowej następnego dnia. Wielu ekspertów podkreśla, iż ko-

Rysunek 1. Schemat procesu transportu publicznego w ujęciu systemowym



Legenda: S_{WE} – zapotrzebowanie na usługę przewozową, S_{WY} – ocena jakości usługi przewozowej

Źródło: opracowanie własne.

nieczne jest, aby w sposób wydajny i ekonomiczny zharmonizować proces transportu publicznego z potrzebami zainteresowanych/interesariuszy (Kang i in, 2020).

Analiza procesu transportu publicznego w metropolii Warszawa w latach 2018–2022 z uwzględnieniem COVID-19

Proces transportu publicznego w metropolii Warszawa nieustannie ewoluuje i podlega zmianom. Znaczny ruch pasażerów spowodował konieczność rozbudowy infrastruktury transportowej oraz stosowania nowych rozwiązań celem poprawy komfortu i jakości przemieszczania się pasażerów. Zjawiskiem, które w istotny sposób wpłynęło na realizację procesu transportu publicznego, była pandemia COVID-19. Choroba ta po raz pierwszy została odnotowana w Wuhan w Chinach pod koniec 2019 r. Według danych z 17 lipca 2021 r. do WHO zgłoszono ponad 190 mln potwierdzonych laboratoryjnie przypadków COVID-19 i ponad 4 mln zgonów (Xiajun, 2021). Na przełomie lat 2019–2020 szybkie rozprzestrzenianie się COVID-19 na całym świecie spowodowało znaczne obostrze-

nia, w tym zwłaszcza w realizacji procesów transportu publicznego (Young, 2020; Parry, 2020). W odniesieniu do Warszawy, gdzie układ komunikacji jest rozbudowany oraz zawiera znaczną liczbę węzłów komunikacyjnych, miało to ogromne znaczenie.

Pandemia COVID-19 na terenie metropolii Warszawa w znaczny sposób wpłynęła na zmiany w realizacji procesów transportu publicznego oraz liczbę przewiezionych pasażerów. W latach 2020–2021 można było zaobserwować znaczny spadek liczby osób korzystających z komunikacji publicznej w porównaniu z okresem 2018–2019 (tabele 3 i 4). Spadek wyniósł prawie 40%. W roku 2022 zanotowano nieznaczny wzrost tej liczby (o 6,6%) w stosunku do początkowego okresu pandemii COVID-19.

Obliczenie liczby pasażerów korzystających z transportu publicznego w ramach procesu transportu pasażerskiego w metropolii Warszawa co roku odbywa się z wykorzystaniem tego samego systemu szacunkowego. Dane są otrzymywane ze sprzedaży biletów, wartości przyjętych współczynników przesiadkowości, a także danych z taboru liczonych na wyjściu z pojazdu i systemu bramek biletowych na stacjach metra. Elementami procesu transportu publicznego Warszawy są: infrastruktura komunikacyjna, operatorzy – podmioty realizujące przewozy na zlecenie miasta wykorzystujące różnorodne środki komunikacji: autobusy,

Tabela 3. Liczba przewiezionych pasażerów w metropolii Warszawa w latach 2018–2022

Wyszczególnienie	2018	2019	2020	2021	2022
Razem	1 183 861 117	1 201 651 190	726 242 018	809 430 917	863 445 768
Spadek [%]			39,56*	32,64*	28,15*

* W stosunku do roku 2019.

Źródło: opracowanie własne na podstawie informatorów statystycznych ZTM (b.d.).

tramwaje, kolej aglomeracyjną i metro, a także system sprzedaży biletów³. Pod tym względem stolica wyróżnia się na tle pozostałych miast w kraju. Różnorodność przewozów pasażerskich determinuje złożoność procesów potrzebnych do zaspokojenia potrzeb mieszkańców.

Rok 2020 był najtrudniejszy w całej historii warszawskiej komunikacji miejskiej ze względu na wprowadzone rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 13 marca 2020 r. w sprawie ogłoszenia od dnia 13 marca 2020 r. na obszarze Rzeczypospolitej Polskiej stanu zagrożenia epidemicznego⁴, limity w komunikacji miejskiej oraz zalecenie poruszania się tylko w niezbędnych celach.

Narzucone obostrzenia były zróżnicowane w poszczególnych okresach. Pierwszy okres to marzec–maj 2020 r., czas tzw. twardego lockdownu, gdzie wypełnienie pojazdów komunikacji miejskiej nie mogło przekraczać 30% miejsc siedzących i stojących. Kolejny okres przypadł na miesiące letnie, tj. czerwiec–wrzesień 2020 r. Wystąpił tu efekt zwiększenia dostępności miejsc siedzących i stojących w komunikacji miejskiej do poziomu 50%. W ostatnim, najdłuższym okresie, obejmującym czas od października 2020 r. do kwietnia 2021 r., utrzymano limit miejsc z okresu wakacyjnego, co miało pozytywny wpływ na ruch pasażerski. Ogólna sytuacja pandemiczna z czasem zaczęła ulegać poprawie, a było to spowodowane poprawą sytuacji zdrowotnej, w tym większą dostępnością szczepionek przeciw wirusowi SARS-CoV-2, a także większą świadomością społeczeństwa dotyczącą pandemii (Łabędzki, 2021).

W pierwszym roku pandemii odnotowano znaczący spadek liczby przewiezionych pasażerów (na poziomie ok. 40%), natomiast w kolejnym roku spadek wynosił jedynie ok. 10,5% w odniesieniu do lat poprzednich. Wywołany pandemią COVID-19 spadek zysków ze sprzedaży biletów nie doprowadził do sytuacji kryzysowej w komunikacji miejskiej m.st. Warszawy. Nie zaburzyło to również funkcjonowania miejskich operatorów transportu publicznego. Zgodnie z umowami wieloletnimi (tabela 5) należy wnioskować, że wpływ pandemii COVID-19 nie doprowadził do drastycznego kryzysu, a realizacja procesów transportu przebiegała w sposób zrównoważony. Działania zapobiegawcze, jakie zostały podjęte przez Zarząd Transportu Miejskiego, dotyczyły utrzymania częstotliwości kursowania środków transportu w godzinach szczytów komunikacyjnych sprzed pandemii COVID-19. Było to podyktowane potrzebą zapewnienia komfortu podróżowania pasażerom oraz zachowania dystansu społecznego. Pasażerowie nie mieli odczucia pogorszenia funkcjonowania procesów transportu publicznego w czasie pandemii COVID-19, a jedyną zmianą było ograniczenie dostępności środków transportu w godzinach pozaszczytowych, w których podróżni przemieszczają się rzadziej.

Utrzymanie stabilności ekonomicznej i funkcjonalności operatorów transportu zbiorowego w metropolii Warszawa wynikało oprócz ciągłości umów także z ustalonych stawek przewozowych dla poszczególnych podmiotów (tabela 6). Zgodnie z umowami stawka w każdym roku funkcjonowania w latach 2019–2022 była ustalana oraz zmie-

Tabela 4. Pasażerowie przewiezieni przez operatorów komunikacji metropolii Warszawskiej w latach 2018–2022

Operator	2018	2019	2020	2021	2022
Miejskie Zakładu Autobusowe	608 109 631	598 945 712	352 410 091	400 169 852	403 032 807
Tramwaje Warszawskie	286 513 713	296 465 085	168 882 369	185 871 513	247 221 160
Metro Warszawskie	234 599 894	241 848 472	162 266 214	180 602 565	160 818 910
Szybka Kolej Miejska	18 934 300	22 035 040	14 933 487	14 581 112	17 760 180
Warszawska Kolej Dojazdowa	4 723 855	5 141 821	2 697 557	2 592 532	3 657 416
Koleje Mazowieckie	30 979 724	37 215 060	25 052 300	25 613 343	30 955 295
Razem	1 183 861 117	1 201 651 190	726 242 018	809 430 917	863 445 768
Spadek [%]			39,56*	32,64*	28,15*

* W stosunku do roku 2019.

Źródło: opracowanie własne na podstawie informatorów statystycznych ZTM (b.d.).

Tabela 5. Zestawienie dat obowiązywania umów pomiędzy Zarządem Transportu Miejskiego w Warszawie a operatorami komunikacyjnymi działającymi na terenie m.st. Warszawy

Operator	Okres obowiązywania umowy	
	od	do
Miejskie Zakłady Autobusowe	01.01.2018	31.12.2027
Tramwaje Warszawskie	06.08.2008	31.12.2027
Metro Warszawskie	02.12.2009	31.12.2027
Szybka Kolej Miejska	01.01.2010	31.12.2027
Warszawska Kolej Dojazdowa	01.04.2009	31.01.2023
Koleje Mazowieckie	01.02.2021	31.07.2023

Źródło: opracowanie własne na podstawie informatorów statystycznych ZTM (b.d.).

Tabela 6. Stawka za pracę przewozową operatorów komunikacyjnych w metropolii Warszawa [zł]

Rok	Tramwaje Warszawskie	Miejskie Zakłady Autobusowe	Metro Warszawskie	Szybka Kolej Miejska	Koleje Mazowieckie	Warszawska Kolej Dojazdowa
2019	6,76	9,18	9,83	10,30	29,13	23,00
2020	15,21	9,00	12,55	11,21	31,07	24,00
2021	15,92	9,05	13,21	12,20	31,85	24,00
2022	16,30	10,82	13,89	12,50	32,65	24,60

Źródło: jak w tabeli 3.

niana za porozumieniem stron w formie pisemnej. Pandemia COVID-19 wpłynęła również na podmioty świadczące przewozy pasażerskie w Warszawie. Władze miasta analizowały sytuację pandemiczną oraz kondycję finansową budżetu miasta. Podjęte decyzje miały na celu zachowanie stabilności ekonomicznej operatorów komunikacyjnych. Stopniowo zwiększano stawki za pracę przewozową. Zabieg ten pomógł w miarę łagodnie przejść cały okres krytyczny dla komunikacji i utrzymać funkcjonowanie operatorów na założonym poziomie finansowym.

Wieloletnie umowy zawarte z miastem stołecznym Warszawa mają na celu utrzymanie założonego poziomu funkcjonowania całego procesu przewozowego, nawet w czasie kryzysu pandemicznego. Dzięki takim działaniom zachowano ciągłość funkcjonowania oraz stabilność ekonomiczną przedsiębiorstw, operatorów oraz możliwości realizacji procesów transportu przewozowego. Tabela 7 prezen-

tuje realizację pracy przewozowej przez każdego z operatora na poziomie ponad 99% w każdym z prezentowanym roku. Natomiast udział procentowy każdego z nich jest zachowany zgodnie z możliwościami podałowymi dostępnych miejsc dla pasażerów. W treści umów wieloletnich, zawartych między Zarządem Transportu Miejskiego a operatorami: Tramwaje Warszawskie (TW), Miejskie Zakłady Autobusowe (MZA), Metro Warszawskie (MW), Szybka Kolej Miejska (SKM), Koleje Mazowieckie (KM) oraz Warszawska Kolej Dojazdowa (WKD), zapisane jest z podziałem na każdy rok, ile kilometrów pokonają wszystkie środki transportu danego operatora w danym roku obowiązywania umowy (planowane wozokm). Następnie każdy operator samodzielnie podsumowuje wykonaną pracę przewozową (wykonane wozokm) i na podstawie faktur rozlicza się ze zleceniodawcą. Tabela 7 prezentuje zakontraktowaną pracę przewozową w relacji do rzeczywistego wykonania powierzchni zadań.

Tabela 7. Praca przewozowa w metropolii Warszawa w latach 2018–2022

Wyszczególnienie	TW	MZA	MW	SKM	KM	WKD	Razem
2018							
Planowane wozokm	52 896 722,00	120 185 591,97	35 780 709,60	14 140 904,43	5 455 965,52	537 738,76	228 997 632,28
Wykonane wozokm	52 793 614,00	119 615 460,24	35 567 539,50	13 817 057,88	5 426 197,55	536 207,04	227 756 076,21
Wykonanie [%]	99,81	99,53	99,40	97,71	99,45	99,72	–
Rzeczywisty udział w przewozach pasażerskich [%]	23,18	52,52	15,62	6,07	2,38	0,24	100,00
2019							
Planowane wozokm	54 215 163,00	119 719 157,56	14 965 659,34	5 801 945,15	552 399,64	232 492 290,88	231 306 789,32
Wykonane wozokm	54 072 341,00	118 785 116,44	37 153 726,20	14 967 417,06	5 777 261,48	550 927,14	231 306 789,32
Wykonanie	99,74	99,22	99,77	100,01	99,57	99,73	–
Rzeczywisty udział w przewozach pasażerskich [%]	23,38	51,35	16,06	6,47	2,50	0,24	100,00
2020							
Planowane wozokm	52 428 763,00	116 051 661,94	42 312 823,20	15 271 828,75	5 606 351,19	546 492,96	232 217 921,04
Wykonane wozokm	52 311 942,00	115 718 917,17	42 072 087,00	15 357 512,47	5 587 154,57	545 525,45	231 593 138,66
Wykonanie [%]	99,78	99,71	99,43	100,56	99,66	99,82	–
Rzeczywisty udział w przewozach pasażerskich [%]	22,59	49,97	18,17	6,63	2,41	0,24	100,00
2021							
Planowane wozokm	49 400 712,00	107 172 964,00	40 673 028,00	14 782 248,00	5 935 369,00	559 638,00	218 523 959,00
Wykonane wozokm	49 292 189,00	106 822 183,00	40 580 408,00	14 933 510,00	5 900 777,00	557 883,00	218 086 950,00
Wykonanie [%]	99,78	99,67	99,77	101,02	99,42	99,69	–
Rzeczywisty udział w przewozach pasażerskich [%]	22,60	48,98	18,61	6,85	2,71	0,26	100,00
2022 (I-IX)							
Planowane wozokm	51 440 446,00	112 621 100,38	45 070 143,20	15 031 948,45	5 725 911,86	521 281,28	230 410 831,17
Wykonane wozokm	51 259 944,00	111 917 634,81	44 474 668,20	16 027 929,62	5 265 270,55	559 291,17	229 504 738,35
Wykonanie [%]	99,65	99,38	98,68	106,63	91,96	107,29	–
Rzeczywisty udział w przewozach pasażerskich [%]	22,34	48,76	19,38	6,98	2,29	0,24	100,00

Oznaczenia: TW – Tramwaje Warszawskie, MZA – Miejskie Zakłady Autobusowe, MW – Metro Warszawskie, SKM – Szybka Kolej Miejska, KM – Koleje Mazowieckie, WKD – Warszawska Kolej Dojazdowa.
 Źródło: jak w tabeli 3.

Funkcjonowanie procesu transportu publicznego na terenie metropolii Warszawa odbywa się w trybie ciągłym. Zakontraktowana praca przewozowa w latach 2018–2022 obrazuje sprawność funkcjonowania procesów transportu. Potwierdzeniem tego jest wartość rzeczywistego wykonania przewozów przez operatorów komunikacji miejskiej wynosząca powyżej 99%, a nawet w niektórych przypadkach nawet przekraczająca 100%, co jest zjawiskiem prawidłowym z uwagi na możliwość incydentalnego zwiększenia przewozów w zależności od potrzeb zarządcy procesu transportu miejskiego – ZTM-u. Okres porównawczy rozpoczyna się rokiem 2018, w którym nie odnotowano żadnych niepokojących sytuacji. W latach 2019 i 2020 nie odnotowano dość istotnego obniżenia zleconej pracy przewozowej. Dopiero w latach 2021 i 2022 można zauważyć spadek poziomu zleconych zamówień na usługę. Czynnikiem wpływającym na ten stan rzeczy było wprowadzenie hybrydowego trybu pracy dla pracowników regulowane kodeksem pracy. Samorząd stolicy zlecił za pośrednictwem Zarządu Transportu Miejskiego wcześniejszą analizę potoków pasażerskich, które zdefiniowano jako liczbę pasażerów przemieszczających się na danym odcinku trasy w określonym kierunku oraz przedziale czasowym (Regulski & Abramczyk, 2017). Spowodowało to wprowadzenie korekt do planów przewozowych. Nie odnotowano radykalnych cięć w rozkładach jazdy w okresach szczytowych i pozaszczytowych. Zmiana nastąpiła z dniem 1 lipca 2023 r., kiedy to zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 14 czerwca 2023 r.⁵ odwołano na obszarze Rzeczypospolitej Polskiej stan zagrożenia epidemicznego. Zmiana ta skutkowałą pozyskaniem utraconych pasażerów w wysokości około 40% liczby z lat poprzednich. Powrót do stanu sprzed czasu pandemii może nastąpić w kolejnych latach, ponieważ pracodawcy wprowadzili system pracy hybrydowej, który jest połączeniem pracy stacjonarnej w biurze przedsiębiorcy oraz możliwości pracy w domu w wybrane dni tygodnia. Wpłynie to również na wzrost pasażerów podróżujących komunikacją miejską. Kolejnym czynnikiem oddziałującym na proces transportu w stolicy jest wzrost inflacji. Bezpośrednio wpływa ona na operatorów komunikacji miejskiej poprzez wzrost kosztów własnych, m.in. kosztów energii elektrycznej, kosztów paliw dla taboru drogowego oraz pozostałych kosztów ponoszonych przez te podmioty. Polityka finansowa organizatora i zarządcy procesu transportowego powinna być bardzo zachowawcza i wyważona. Przełoży się to na trafne działania i nie wpłynie na wydajność systemu komunikacji oraz nie doprowadzi do likwidacji operatorów uczestniczących w procesie transportu publicznego.

Rozwój procesów transportu publicznego w Warszawie w kontekście *smart mobility*

Rozwój nowoczesnych technologii Przemysłu 4.0, urbanizacja oraz zintensyfikowany przepływ mieszkańców stawiają wyzwania w zakresie realizacji procesu transportu pasażerskiego w metropolii Warszawa. Ważnym elementem staje się zapewnienie nowoczesnych rozwiązań w zakresie procesów transportowych komunikacji stołecznej. Ma to na celu zaspokojenie potrzeb mieszkańców z wykorzystaniem technologii informacyjno-komunikacyjnej (ICT) oraz pozostałych dostępnych narzędzi dostosowanych do potrzeb mieszkańców (Knight Frank London & Urząd m.st. Warszawy, 2018). W inteligentnym mieście transfer danych jest realizowany za pośrednictwem czujników IoT, co wpływa to na lepszą użyteczność koordynowania realizacji procesu transportu publicznego (m.in. sprawnego, bezpiecznego oraz efektywnego poruszania się po obszarze miejskim, sterowania sygnalizacją). Konieczne jest także właściwe zadbanie o akceptację technologii IoT ze strony mieszkańców, wsparte przez władze miasta (Walczak i in., 2023).

Stolica stara się reagować na bieżące potrzeby swoich mieszkańców, podejmując różnego rodzaju przedsięwzięcia. Skutkuje to ciągłym podnoszeniem standardu życia mieszkańców, turystów oraz osób dojeżdżających codziennie do pracy. Kompleksowym rozwiązaniem udostępnionym dla ogółu jest Warszawska Platforma IoT, która odpowiada za możliwość korzystania z e-usług, m.in.: wskaźnika jakości powietrza, dostępności miejsc parkingowych, lokalizacji przystanków transportu publicznego, ekopunktów oraz publicznych toalet. Za pośrednictwem technologii ICT umożliwia się komunikację oraz transfer danych (Łabędzki, 2022), co przekłada się na procesy transportu publicznego. Przykładem takich działań jest platforma internetowa Jakdojade.pl, pełniąca funkcję „inteligentnego planisty podróży”, który uwzględnia czas przejazdu oraz relację, np.: dom–praca–dom lub dom–szkoła–dom). Wynikiem tego jest otrzymanie najlepszej trasy, bazującej na rzeczywistych danych w osi czasu rzeczywistego. W procesie rozbudowy systemu transportu zbiorowego stolicy uwzględnia się wykorzystywane środki transportu oraz realizację powierzonych planów przewozowych. Od 2023 r. trwają prace nad rozbudową i wdrożeniem nowoczesnego systemu biletowego, który umożliwi zarządzanie niezbędną infrastrukturą oraz uwzględnienie potrzeby pasażerów z wykorzystaniem nowoczesnych technologii (m.in. certyfikowane karty EMV, dedykowany portal pasażera, aplikacja mobilna). Planowane rozwiąza-



nia przybliżyć Warszawę do *smart mobility* i zapewnić obsługę pasażera zgodną z najwyższymi standardami w opisanym obszarze.

Podsumowanie

Miasta i aglomeracje w Polsce będą dążyły w przyszłości do miana bardziej inteligentnych poprzez budowę złożonej struktury współzależnych sieci fizycznych i wirtualnych, platform cyfrowych bazujących na rozwiązaniach technologicznych Przemysłu 5.0 (Khanh i in., 2022). Znajdzie to odzwierciedlenie także w realizacji idei *smart mobility* i procesów transportu. Tworzenie efektywnego i sprawnego transportu miejskiego powinno w konsekwencji podnieść jakość i komfort podróży. Proces transportu publicznego jest istotny w ujęciu planowania i kontroli operacyjnej, aby projektować odpowiednie wartości zleconej pracy przewozowej. Idea inteligentnej mobilności opiera się na strategicznych zamierzeniach planistycznych miast dążących do miana *smart city*, regulujących kwestie transportu publicznego, zmieniających podejście do zarządzania ruchem i infrastrukturą komunikacyjną, jak też wykorzystujących zaawansowane rozwiązania technologiczne. Jest to istotne wyzwanie zarówno dla zarządzających, władz miejskich, jak i mieszkańców.

Istnieje zatem potrzeba rozbudowy infrastruktury technologicznej, przede wszystkim zintegrowanej z platformą transportową. Konieczne jest wdrażanie nowych modeli zarządzania miastami z uwzględnieniem zmian roli interesariuszy oraz efektywnym wykorzystaniem generowanych przez nich danych. Cyfrowa transformacja aglomeracji miejskich, w tym procesów transportu wspieranych technologiami Przemysłu 4.0 czy 5.0, jest zatem warunkiem niezbędnym wdrażania nowych koncepcji rozwoju miast przyszłości. Umożliwi to integrację urządzeń mobilnych wykorzystywanych przez mieszkańców, także w środkach transportu, czujników zainstalowanych w przestrzeni miejskiej, zintegrowanych platform analizy danych z procesami zarządzania przestrzenią miejską. Należy podkreślić, iż zaprezentowane analizy i wnioski nie wyczerpują do końca wszystkich możliwości. Dlatego kierunek przyszłych badań powinien obejmować analizę podjętych działań na rzecz budowy inteligentnego miasta, w tym *smart mobility*, budowania akceptacji i zaufania do rozwiązań technologicznych oraz poniesionych przez władze miast nakładów finansowych. W konsekwencji badania wpłyną na intensywniejszy rozwój procesów transportu publicznego. W dużych aglomeracjach miejskich istotne korzyści rozwojowe można zaś osiągać dzięki integracji wszystkich systemów w zakresie infrastruktury transportowej oraz technologicznej.

Przypisy/Notes

¹ Ustawa z dnia 13 maja 2022 r. o publicznym transporcie zbiorowym, Dz.U. 2022, poz. 1343.

² Tamże.

³ www.wtp.waw.pl

⁴ Dz.U. 2020, poz. 433.

⁵ Dz.U. 2023, poz. 118.

Bibliografia/References

- Bitkowska, A., & Łabędzki, K. (2021). Koncepcja inteligentnego miasta – definicje, założenia, obszary. *Marketing i Rynek*, (2), 3–11. <https://doi.org/10.33226/1231-7853.2021.2.1>
- Combined use of PLS-SEM and NCA. *Transportation Research Part A*, 158, 239–250. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2022.03.012>
- Curtis, A., Droste, N., Coomber, K., Guadanog, B., Mayshak, R., Hyder, S., Hayley, A., & Miller, P. (2019). Off the rails-Evaluating the nightlife impact of Melbourne, Australia's 24-h public transport trial. *International Journal of Drug Policy*, 63, 39–46. <https://doi.org/10.1016/j.drugpo.2018.10.006>
- Gierszewska, G. (red.). (2020). *Zarządzanie w przedsiębiorstwie N.0. Droga do przyszłości*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
- Grobelny, M. (2009). *Tramwaje na topie*. Portal Gospodarczy. <https://www.wnp.pl/wiadomosci/tramwaje-na-topie,-5519.html> (dostęp 18.11.2023).
- Goździewska, A. (2012). Analiza procesów transportowych przy budowie nawierzchni wybranych autostrad w Holandii. *Logistyka*, (6), s. 764–773.
- Jerzyło, P., & Wawrzyńska, A. (2017). Analiza procesu transportowego ładunków skonteneryzowanych i nienormatywnych na dolnej Wiśle w relacji Gdańsk–Warszawa. *Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe*, (12).
- Kang, M. J., Atacian, S., & Mahdi Amiripour, S. M. (2021). A procedure for public transit OD matrix generation using smart card transaction data. *Public Transport*, 13. <https://doi.org/10.1007/s12469-020-00257-7>
- Kerstin, J. S., Tuitjer, L., & Levin-Keitel, M. (2021). *Transport disrupted – substituting public transport by bike or car under COVID-19*. *Transportation Research Part A*, 153, 202–217. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2021.09.002>
- Khanh, Q. V., Hoai, N. V., Manh, L. D., Le, A. N., & Jeon, G. (2022). Wireless communication technologies for IoT in 5G: Vision, applications, and challenges. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 3229294. <https://doi.org/10.1155/2022/3229294>

- Khemmar, R., Mauri, A., Dulompont, C., Gajula, J., Vauchey, V., Haddad, M., & Boutteau, R. (2022). Road and railway smart mobility: A high-definition ground truth hybrid dataset. *Sensors*, 22(1), 3922. <https://doi.org/10.3390/s22103922>
- Kieu, L. M., & Cai, C. (2018). Stochastic selective model of public transport passenger arrival process. *IET Intelligent Transport Systems*, 12(9), 1027–1035. <https://doi.org/10.1049/iet-its.2018.0085>
- Kisielnicki, J., & Sobolewska, O. (2022). *Organizacje sieciowe jako nośniki innowacyjnego rozwoju gospodarki*. Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego. <https://doi.org/10.7172/978-83-235-5796-8.swwz.9>
- Knight Frank London, & Urząd m.st. Warszawy. (2018). *Warszawa w kierunku Smart City*. <https://pawilonzodiak.pl/wp-content/uploads/2018/10/kfsmartwawa2018pl.pdf> (dostęp 16.11.2023).
- Kudlak, R., Kisiąła, W., & Kolsut, B. (2023). Determinanty posiadania samochodu w Polsce. Wyniki modelowania w ujęciu przestrzennym w latach 2005 i 2019. *Ekonomista*, (2), 152–173. <https://doi.org/10.52335/ekon/166246>
- Li, X., Li, A. J., & Du, B. (2021). COVID-19. *Steam Cell Research*, 55, 1–2. <https://doi.org/10.1016/j.scr.2021.102468>
- Lyons, G. (2018). Getting smart about urban mobility – Aligning the paradigms of smart and sustainable. *Transportation Research Part A*, 115, 4–14. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tra.2016.12.001>
- Łabędzki, K. (2022). Smart mobility – studium przypadku metropolii Warszawa. *Przegląd Organizacji*, (8), 29–38.
- Łukasik, Z., & Olszańska, S. (2016). Kształtowanie kosztów międzynarodowej obsługi transportowej w systemie Just-In-Time. *Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe*, (6), 643–646.
- Nikitas, A., Michalakopoulou, K., Njaya, E. T., & Karampatzakis, D. (2020). Artificial intelligence, transport, and the smart city: Definitions and dimension of new mobility era. *Sustainability*, 12(2789), 1–19. <https://doi.org/10.3390/su12072789>
- Parry, J. (2020). Pneumonia in China: Lack of information raises concerns among Hong Kong health workers, *BMJ*, 368. <https://www.bmj.com/content/bmj/368/bmj.m56.full.pdf> (dostęp 3.11.2023).
- Pawłowska, B. (2017). Transport jako element inteligentnego miasta. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, (475), 227–237. <https://doi.org/10.15611/pn.2017.475.20>
- Pieriegud, J. (2018). Aglomeracje przyszłości. Koncepcje i wyzwania w erze cyfrowej. W: J. Gajewski, W. Paprocki, & J. Pieriegud, (red.), *Mobilność w aglomeracjach przyszłości*. Europejski Kongres Finansowy. Centrum Myśli Strategicznych.
- Przybyłowski, A., Stelmak, S., & Suchanek, M. (2021). Mobility behaviour in view of the impact of the COVID-19 pandemic – public transport users in Gdansk. Case study. *Sustainability*, 13(1). <https://doi.org/10.3390/su13010364>
- Pyza, D. (2009). Wybrane aspekty modelowania obsługi transportowej w podsystemach dystrybucji. *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport*, (70), 139–149.
- Regulski, P., & Abramek, K. F. (2017). Analiza potoków pasażerskich komunikacji miejskiej na trasie przebiegającej wzdłuż linii kolejowej nr 406 na odcinku Szczecin Główny–Police. *Przewoźnicy i Systemy Transportowe*, (5), 30–31.
- Rostek, K. (2023). Key technologies in the digital transformation of finance. W: L. Gasiorkiewicz, & J. Monkiewicz (red.), *Digital Finance and the Future of the Global Financial System*. Disruption and Innovation in Financial Services (45–64). Routledge.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 14 czerwca 2023 r. w sprawie odwołania na obszarze Rzeczypospolitej Polskiej stanu zagrożenia epidemicznego, Dz.U. 2023, poz. 1118.
- Schaefer, K. J., Tuitjara, L., & Levin-Keitel, M. (2022). Transport disrupted – substituting public transport by bike or car under Covid-19. *Transportation Research Part A*, 153, 202–217. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2021.09.002>
- Schulz, T., Bohm, M., Gewald, H., & Krcmar, H. (2020). Smart mobility – an analysis of potential customers preference structure. *Electronic Markets*, 31, 105–124. <https://doi.org/10.1007/s12525-020-00446-z>
- So, J., An, H., & Lee, Ch. (2020). Defining smart mobility levels via text mining. *Sustainability*, 12, (9293), 1–14. <https://doi.org/10.3390/su122219293>
- Sukhov, A., Olsson, L. E., & Friman, M. (2022). Necessary and sufficient conditions for attractive public transport: Combined use of PLS-SEM and NCA. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 158, 239–250.
- Tundys, B., & Wisniewski, T. (2023). Smart mobility for smart cities – electromobility solution analysis and development directions. *Energies*, 16(1958). <https://doi.org/10.3390/en16041958>
- Ustawa z dnia 13 maja 2022 r. o publicznym transporcie zbiorowym, Dz.U. 2022, poz. 1343.
- Walczak, R., Koszewski, K., Olszewski, R., Ejsmont, K., & Kalman, A. (2023). Acceptance of IoT edge-computing-based sensors in smart cities for universal design purposes. *Energies*, 16(3), 1024. <https://doi.org/10.3390/en16031024>
- Winkowska, J. (2021a). Analiza wdrożeń smart city w Polsce i na świecie. *Akademia Zarządzania*, 5(3).
- Winkowska, J. (2021b). Koncepcje zarządzania rozwojem miast w świetle idei smart. *Akademia Zarządzania*, 5(4).
- WTP. (b.d.). Komunikacja w Warszawie. <https://www.wtp.waw.pl/komunikacja-w-warszawie/> (dostęp 17.11.2023).
- Young, C. (2020). COVID-19 The isolation that has brought us together. *Journal of the American College of Cardiology*, 75(20), 2639–2641. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.04.014>
- ZTM. (2022). Informator statystyczny ZTM z miesięcy: styczeń, luty, marzec, kwiecień, maj, czerwiec, lipiec, sierpień, wrzesień. <https://www.ztm.waw.pl/statystyki/> (dostęp 16.11.2023).
- ZTM. (b.d.). Informator statystyczny ZTM z lat: 2018, 2019, 2020, 2021, 2022. <https://www.ztm.waw.pl/statystyki/> (dostęp 16.11.2023).

Prof. dr hab. inż. Agnieszka Bitkowska

Kierownik Zakładu Zarządzania Produkcją Procesami i Projektami na Wydziale Zarządzania Politechniki Warszawskiej, przewodnicząca Zespołu Zarządzania Procesowego PW. Jej dorobek naukowy obejmuje ponad 200 publikacji w języku polskim i angielskim, głównie w zakresie zarządzania procesowego, oraz wdrożenia rozwiązań procesowych w praktyce przedsiębiorstw oraz uczelni. Członek rad naukowych konferencji oraz Naukowego Towarzystwa Informatyki Ekonomicznej.

Prof. dr hab. inż. Agnieszka Bitkowska

Head of the Production Process and Project Management Department at the Faculty of Management of the Warsaw University of Technology, Chairwoman of the WUT Process Management Team. Her scientific achievements include over 200 publications in Polish and English, mainly in the field of process management and the implementation of process solutions in the practice of enterprises and universities, member of scientific councils conference and the Scientific Society of Economic Informatics.

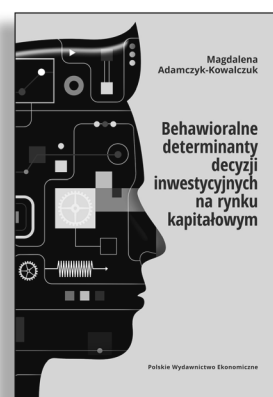
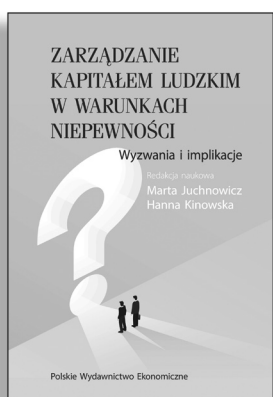
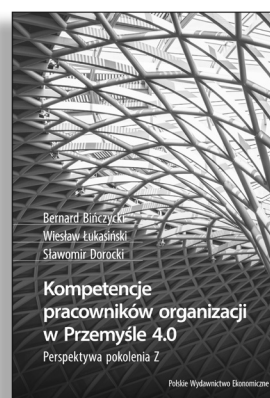
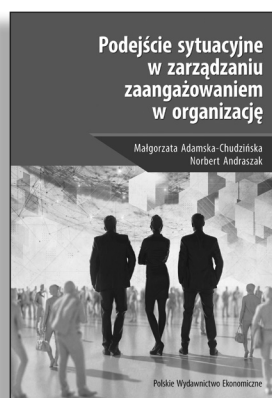
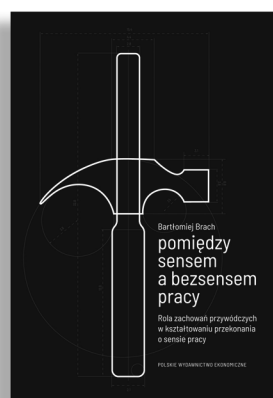
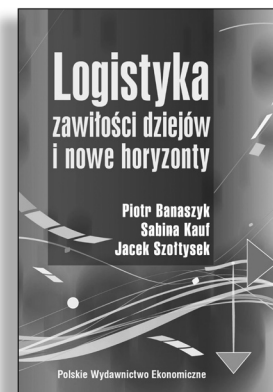
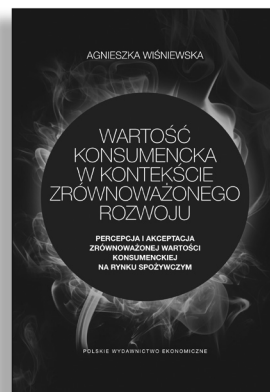
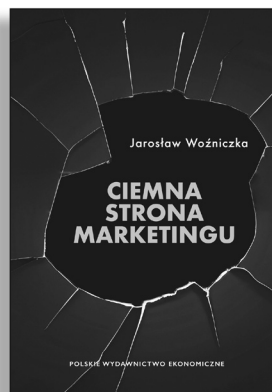
Mgr inż. Krzysztof Łabędzki

Asystent badawczo-dydaktyczny w Zakładzie Zarządzania Produkcją, Procesami i Projektami na Wydziale Zarządzania w Politechnice Warszawskiej, specjalista w dziedzinie transportu publicznego, autor publikacji z zakresu transportu publicznego i *smart city*.

Mgr inż. Krzysztof Łabędzki

Master of Engineering, an assistant of the Department of Production, Process and Project Management at the Faculty of Management at Warsaw University of Technology, a specialist in public transport, author of publications on public transport and smart city.

Zapraszamy do zakupu książek



Książki są dostępne na stronie: www.pwe.com.pl