

PRACE GEOGRAFICZNE

258. Rosik P., Pomianowski W., Goliszek S., Stępnia M., Kowalczyk K., Guzik R., Kołoś A., Komornicki T., 2017, *Multimodalna dostępność transportem publicznym gmin w Polsce (MULTIMODACC)*
259. Matuszkiewicz J.M., Solon J., Kowalska A., Wolski J., Affek A., Degórski M., Grabińska B., Kozłowska A., Plit J., Pawlicki R.W., 2017, *Historyczne zmiany pokrywy leśnej na pograniczu mazursko-kurpiowskim w aspekcie rozwoju zrównoważonego krajobrazu*
260. Śleszyński P., Bański J., Degórski M., Komornicki T., 2017, *Delimitacja Obszarów Strategicznej Interwencji państwa: obszarów wzrostu i obszarów problemowych*
261. Stępnia M., Wiśniewski R., Goliszek S., Marcińczak S., 2017, *Dostępność przestrzenna do usług publicznych w Polsce*
262. Degórska B., 2017, *Urbanizacja przestrzenna terenów wiejskich na obszarze metropolitalnym Warszawy. Kontekst ekologiczno-krajobrazowy*
263. Kuchcik M., 2017, *Warunki termiczne w Polsce na przełomie XX i XXI wieku i ich wpływ na umieralność*
264. Chmielewski T.J., Śleszyński P., Chmielewski Sz., Kułak A., 2018, *Ekologiczne i fizjonomiczne koszty bezładny przestrzennego*
265. Kaczmarek H., 2018, *Ewolucja strefy brzegowej nizinnych zaporowych zbiorników wodnych w warunkach dużych wahań poziomu wody na przykładzie Zbiornika Jeziorsko na Warcie*
266. *Studia nad regionalizacją fizycznogeograficzną Polski*, pod red. M. Kistowskiego, U. Myga-Piątek, J. Solona
267. Rosik P., Komornicki T., Goliszek S., Śleszyński P., Szarata A., Szejgiec-Kolenda B., Pomianowski W., Kowalczyk K., 2018, *Kompleksowe modelowanie osobowego ruchu drogowego w Polsce. Uwarunkowania na poziomie gminnym*
268. Gierszewski P., 2018, *Hydrologiczne uwarunkowania funkcjonowania geosystemu Zbiornika Włocławskiego*
269. Bański J., 2019, *Waloryzacja zasobów lokalnych i ich zróżnicowanie przestrzenne w regionach Polski Wschodniej*
270. Rosik P., Komornicki T., Goliszek S., Duma P., 2020, *Dostępność potencjałowa regionów w Europie – zasięg przestrzenny, długość podróży i efekt granicy (EU-ROAD-ACC)*
271. Bochenek W., 2020, *Prawidłowości obiegu wody na obszarze beskidzko-pogórskim Karpat Zachodnich na przykładzie zlewni Bystrzanki w świetle zmian klimatu i działalności człowieka*
272. Rosik P., Komornicki T., Goliszek S., Szejgiec-Kolenda B., Duma P., 2020, *Monitoring uwarunkowań rozkładu ruchu w transporcie ciężarowym w Polsce (2005-2015)*
273. Sudra P., 2020, *Rozpraszanie i koncentracja zabudowy na przykładzie aglomeracji warszawskiej po 1989 r.*
274. Wiśniewski R., Mazur M., Śleszyński P., Szejgiec-Kolenda B., 2020, *Wpływ zmian demograficznych w Polsce na rozwój lokalny*
275. Kiszka K., 2021, *Ruchy osuwiskowe w świetle badań dendrogeomorfologicznych na podstawie analizy Osuwiska Sawickiego w Beskidzie Niskim*

**Świat dostępności – metody i komponenty.
Przykłady analiz empirycznych
przestrzeni Polski**

**Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego
Polska Akademia Nauk**

PRACE GEOGRAFICZNE

Nr 276

Piotr Rosik

**Świat dostępności –
metody i komponenty.
Przykłady analiz empirycznych
przestrzeni Polski**

**The world of accessibility: methods and
components. Cases of empirical
analyses in Poland's space**



Komitet Redakcyjny:
Redaktor naczelny: Piotr Rosik
Sekretarz redakcji: Ewa Jankowska
Członkowie: Dorota Gazicka-Wójtowicz
Tomasz Ryger

Rada Redakcyjna: Andrzej Affek
Dariusz Brykała
Tomasz Komornicki
Bolesław Domański
Sylwia Dołzbłasz
Radosław Dobrowolski
Mariusz Kistowski
Daniel Michniak
Tadeusz Stryjakiewicz

Recenzja: Robert Guzik
Tomasz Komornicki

Publikacja finansowana ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych projektowi badawczemu, nr 2016/21/B/HS4/01578: „Sprzężenia zwrotne między mobilnością i dostępnością – uwarunkowania teoretyczne (autorski model NeST box) a rzeczywistość polskiej przestrzeni (MA-trix)”

Zdjęcie na okładkę: Patryk Duma, Piotr Rosik

Projekt graficzny serii: Tomasz Ryger

Opracowanie redakcyjne i techniczne: Ewa Jankowska

Adres Redakcji IGiPZ PAN
ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa
e-mail: prace.geograficzne@twarda.pan.pl
www.igipz.pan.pl/prace-geograficzne.html

© Copyright by Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania
im. Stanisława Leszczyckiego, Polska Akademia Nauk, Warszawa 2021



PL ISSN 0373-6547
ISBN 978-83-61590-76-7

Druk i oprawa: Partner Poligrafia Andrzej Kardasz
Grabówka ul. Szosa Baranowicka 77, 15-523 Białystok

Spis treści

Przedmowa	9
1. Wstęp.....	11
1.1. Cele opracowania	11
1.2. Struktura opracowania	13
2. Definicja dostępności	17
3. Metody badania dostępności.....	23
3.1. Dostępność mierzona wyposażeniem infrastrukturalnym	24
3.2. Dostępność bazująca na lokalizacji.....	25
3.2.1. Dostępność mierzona odległością	25
3.2.2. Dostępność kumulatywna.....	28
3.2.3. Dostępność potencjałowa.....	29
3.2.4. Dostępność potencjałowa polskiej przestrzeni – badania w IGiPZ PAN, w tym wskaźnik WMDT.....	32
3.3. Dostępność uwzględniająca efekty konkurencji.....	37
3.3.1. Iloraz potencjałów.....	37
3.3.2. Model podwójnej ograniczonej interakcji przestrzennej.....	41
3.3.3. 2SFCA	43
3.4. Dostępność spersonalizowana	45
3.4.1. Dostępność w geografii czasoprzestrzeni	46
3.4.2. Dostępność życiowa i Big Data	49
3.4.3. Dostępność mierzona maksymalizacją użyteczności	52
3.4.4. Dostępność bazująca na aktywnościach (ABA).....	53
4. Komponenty dostępności	55
4.1. Komponenty dostępności a wymiary dostępności	55
4.2. Komponent transportowy.....	57
4.2.1. Miara oporu przestrzeni	58
4.2.2. Forma oporu przestrzeni	64
4.2.3. Parametryzacja oporu przestrzeni. CATCH-time a długość podróży.....	65
4.2.4. Względność dostępności w ujęciu indywidualnym i programów inwestycyjnych	67
4.2.5. Poprawa dostępności w wyniku pojedynczych inwestycji lub programów inwestycyjnych – ujęcie przestrzenne	71
4.2.6. Podatność/wrażliwość, odporność, wytrzymałość i niezawodność sieci a zmiana dostępności	77
4.2.7. Gałąź i typ transportu. Multimodalność.....	83
4.3. Komponent użytkowania przestrzeni	89
4.3.1. Cele podróży a motywacje podróży	89
4.3.2. Źródła podróży	99
4.3.3. Potencjał własny	101
4.3.4. Zasięg przestrzenny badania	104
4.4. Komponent indywidualny	111
4.5. Komponent czasowy	112
4.6. Powiązania między komponentami dostępności.....	116

5. Atrybuty dostępności, wykluczenie transportowe, równość w poziomie dostępności	121
5.1. Atrybuty dostępności „A”	121
5.2. Wykluczenie transportowe oraz równość w poziomie dostępności	123
5.2.1. Wykluczenie transportowe	123
5.2.2. Równość w poziomie dostępności.....	124
5.2.3. Wartość graniczna i equalisandum	125
5.3. Metody wyznaczania peryferii.....	128
5.3.1. Koncepcja rdzeń-peryferie (poziom makro, mezo i mikro).....	128
5.3.2. Indeksy peryferyjności (wartość graniczna i pierwszy decyl).....	129
6. Model uwarunkowań dostępności (model NeST box).....	133
6.1. NeST box model – podstawowe założenia.....	133
6.2. Integracja modelu NeST box z metodami, komponentami i wymiarami dostępności	135
7. Kierunki przyszłych badań.....	139
Literatura.....	143
The world of accessibility: methods and components. Cases of empirical analyses in Poland’s space – Summary	161

Contents

Przedmowa	9
1. Introduction	11
1.1. Study objectives	11
1.2. Study framework	13
2. Definition of accessibility.....	17
3. Methods of researching accessibility	23
3.1. Accessibility as measured by infrastructure development	24
3.2. Location-based accessibility	25
3.2.1. Distance-measured accessibility	25
3.2.2. Cumulative accessibility.....	28
3.2.3. Potential accessibility	29
3.2.4. Spatial distribution of potential accessibility in Poland – research conducted by the IGSO PAS.....	32
3.3. Accessibility taking into account competition effects.....	37
3.3.1. Potential quotient.....	37
3.3.2. Doubly-Constrained Spatial Interaction Model.....	41
3.3.3. 2SFCA	43
3.4. Person-based accessibility measure.....	45
3.4.1. Accessibility in space-time geography.....	46
3.4.2. Lifelong accessibility and Big Data	49
3.4.3. Accessibility as measured by utility maximisation	52
3.4.4. Activity-based accessibility (ABA).....	53
4. Accessibility components.....	55
4.1. Accessibility components and accessibility dimensionsi	55
4.2. Transport componenty	57
4.2.1. Measuring distance decay	58
4.2.2. Form of distance decay.....	64
4.2.3. Parameterisation of distance decay, CATCH-time and travel length.....	65
4.2.4. Relativity of accessibility in individual and investment programme terms	67
4.2.5. Improving accessibility through individual investments or investment programmes – the spatial approach	71
4.2.6. Vulnerability/sensitivity, robustness, resilience and reliability of the network and change in accessibility	77
4.2.7. Mode and type of transport - Multimodality.....	83
4.3. Land-use component	89
4.3.1. Destinations and travel motivations.....	89
4.3.2. Travel origins.....	99
4.3.3. Selfpotential.....	101
4.3.4. Spatial extent of the study	104
4.4. Individual component	111
4.5. Temporal component	112
4.6. Relationships between accessibility components	116

5. Attributes of accessibility, transport exclusion, equality in the level of accessibility.....	121
5.1. "A" accessibility attributes.....	121
5.2. Transport exclusion and equality in the level of accessibility.....	123
5.2.1. Transport exclusion	123
5.2.2. Equality in the level of accessibility	124
5.2.3. Threshold and equalisandum.....	125
5.3. Methods of delimiting the periphery.....	128
5.3.1. The core-periphery concept (macro, meso and micro levels).....	128
5.3.2. Peripherality indices (threshold and first decile).....	129
6. Accessibility conditions model (NeST box)	133
6.1. NeST box model – key assumptions	133
6.2. Integration of the NeST box model with accessibility methods, components and dimensions	135
7. Future lines of research	139
Literature.....	143
The world of accessibility: methods and components. Cases of empirical analyses in Poland's space – Summary	161

Przedmowa

Monografia „Świat dostępności – metody i komponenty. Przykłady analiz empirycznych przestrzeni Polski” jest efektem prac autora podejmowanych przede wszystkim w Instytucie Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN od 2008 r. W tym czasie w badaniach nad dostępnością z autorem współpracowało wiele osób, głównie aktualnych lub byłych pracowników IGiPZ PAN, które stworzyły swoistego rodzaju *think tank* dostępnościowy. Szczególną rolę w rozwoju metodycznym i empirycznym miał dr hab. Marcin Stępniaak. Jego intelektualny wkład i pomoc w rozumieniu świata dostępności jest nie do zastąpienia. Wkład ten jest szczególnie widoczny w sytuacji gdy od paru lat dr hab. Marcin Stępniaak nie jest już pracownikiem IGiPZ PAN. Jest on ponadto współautorem wielu prac badawczych, które zostały uwzględnione jako przykłady badań empirycznych przestrzeni Polski, a także autorem kilkunastu rycin w niniejszym opracowaniu. Jego opracowanie dotyczące dostępności do usług (Stępniaak i in., 2017) stało się też inspiracją, a niektóre fragmenty zostały wykorzystane za zgodą autora w niniejszej publikacji.

Badania nad dostępnością w IGiPZ PAN nie byłyby możliwe, gdyby nie prof. Tomasz Komornicki, kierownik kilkunastu projektów związanych z bezpośrednim lub pośrednim wykorzystaniem metod analizy dostępności. To właśnie prof. Tomasz Komornicki umożliwił autorowi pracę w IGiPZ PAN. Był i jest kierownikiem Zakładu Przestrzennego Zagospodarowania, w którym prace nad dostępnością, w szczególności modelem potencjału, a także nad Wskaźnikiem Międzygałęziowej Dostępności Transportowej (WMDT) stały się swoistego rodzaju perpetuum mobile analiz dostępnościowych. Prof. Tomasz Komornicki stał się również jednym z recenzentów niniejszego opracowania, a jego celne uwagi przyczyniły się do poprawy i udoskonalenia wstępnej wersji pracy.

Na różnych etapach badań nad dostępnością różne osoby współpracowały z autorem. Podwaliny pod model prędkości ruchu stworzył prof. Przemysław Śleszyński, którego prace dotyczące dostępności, przede wszystkim z wykorzystaniem izochron, sięgają jeszcze lat 1990. W późniejszym okresie autor współpracował głównie z dr. Sławomirem Goliszkiem, stając się również

promotorem jego pracy doktorskiej. W ostatnich latach dr Sławomir Goliszek stał się głównym wykonawcą w projektach związanych z tematyką dostępności (choć nie tylko), w których autor jest kierownikiem, co wynika głównie z bardzo wysokich umiejętności pracy w środowisku GIS dr. Sławomira Goliszka. Jest on również autorem kilkunastu rycin zamieszczonych w niniejszej monografii. W ostatnim czasie do zespołu dołączył również mgr Patryk Duma, niezastąpiony w pomocy przy analizie danych. Jest on również współautorem wielu rycin w niniejszym opracowaniu. Z kolei odpowiednią szybkość prac z modelem dostępności potencjałowej umożliwia aplikacja OGAM (*Open Graph Accessibility Model*), stworzona przez dr. Wojciecha Pomianowskiego, który jest również autorem dwóch rycin oraz fragmentu tekstu zamieszczonych w niniejszej monografii.

Oddzielne podziękowania należą się recenzentowi, tj. dr. Robertowi Guzikowi, który w pierwszych latach prac autora nad dostępnością był (i pozostał nim nadal) autorytetem w omawianej dziedzinie. Bardzo dogłębna recenzja książki, również pod względem metodycznym, skutkowałą znaczącą poprawą i podwyższeniem jakości opracowania. Podziękowania kierowane są również do mgr Julii Wójcik, która z dużą starannością i sumiennością przeczytała całość pierwszej wersji manuskryptu, a jej uwagi jako osoby nie związanej bezpośrednio z tematyką dostępności, pozwoliły na znaczną poprawę całości, tak by monografia była „dostępna” również czytelnikowi nie znającemu meandrów komponentów, wymiarów lub atrybutów dostępności. Osobne podziękowania należą się mgr Ewie Jankowskiej, z którą autor współpracuje w ramach Prac Geograficznych IGiPZ PAN, za staranną redakcję i skład nie tylko tej monografii, ale również wielu poprzednich opracowań autora.

Ostatnie podziękowania, co nie znaczy, że mniej ważne, kierowane są do rodziny autora, żony Dominiki oraz trójki dzieci: Liwki, Ksawerego i Kamila. Autor ma to szczęście, że czas podróży do pracy, tj. IGiPZ PAN, w którym powstała niniejsza monografia z warszawskiego Żoliborza, w którym mieszka, jest na tyle krótki by cieszyć się codziennie dobrą dostępnością do najbliższej rodziny. Dodatkowo, w okresie przebywania w Warszawie, tj. od 2008 r. autorowi znacznie poprawiła się dostępność drogowa do Poznania i Wielkopolski, z których pochodzi i do których z przyjemnością często wraca. Tym samym autor może wnioskować na własnym przykładzie, że dobra dostępność daje szczęście. Dużo zatem dobrej dostępności, niezależnie od motywacji, autor życzy wszystkim Czytelnikom niniejszego opracowania! Oby Dostępność była z Wami!

1. Wstęp

1.1. Cele opracowania

Większość ludzi, zapewne również Czytelnik/czka, zna słowo „dostępność” i prawie każdy intuicyjnie potrafi wskazać z czym dla niego/niej się to słowo wiąże i jakie ma znaczenie. Ale dostępność niejedno ma imię. W ostatnich latach mocno propaguje się rządowy program Dostępność Plus, kierowany przede wszystkim dla osób z niepełnosprawnościami i seniorów. Dostępność jest również kojarzona z usługami telekomunikacyjnymi i informatycznymi, jak chociażby tak rozpowszechniony termin jak: dostęp do internetu. W czasach pandemii COVID-19 często mówi się o dostępie lub też braku dostępu różnych kategorii produktów w związku z wydłużeniem się łańcuchów dostaw. W obliczu wzrostu cen nieruchomości niepokoi brak dostępu mieszkań dla młodych.

Tak, dostępność ma różne oblicza. W niniejszym opracowaniu nacisk został położony na dostępność związaną z przemieszczaniem się ludzi, a raczej z możliwością przemieszczenia się z punktu A (źródło podróży) do punktu B (cel podróży), co można interpretować jako dostępność transportową (lub dostępność przestrzenną), chociaż autor woli angielski termin *accessibility*. W wersji anglojęzycznej terminu dostępność zawiera się bowiem cały przekrój możliwych podejść do tematu, a dokładne wyjaśnienie terminu zawarte jest zazwyczaj we wstępie i części metodycznej danego artykułu lub książki. Generalnie, tak rozumiana dostępność ma swoje: (1) **komponenty** (komponent transportowy, użytkowania przestrzeni, indywidualny i czasowy), (2) **wymiary** (źródła podróży, cele podróży, opór przestrzeni, ograniczenia, bariery, typ (rodzaj) transportu, zasięg przestrzenny badania, spójność społeczno-ekonomiczna i terytorialna, dynamika) i (3) **atrybuty** (osiągalność finansowa, dostępność organizacyjna, dostępność węzłów sieci, akceptowalność usługi). Komponenty, wymiary i atrybuty składają się na świat dostępności. Świat ten opisywany od dekad w literaturze naukowej, w Polsce jak dotąd nie doczekał się swojej

syntezy w postaci opracowania monograficznego, o ile w ogóle synteza przy tak skomplikowanym i wielowątkowym terminie może zostać stworzona.

Każde opracowanie monograficzne ma pewne cele naukowe, pytania badawcze na które autor próbuje znaleźć odpowiedź. W przypadku niniejszej monografii zestaw celów jest dość złożony.

Po pierwsze, książka „**Świat dostępności – metody i komponenty. Przykłady analiz empirycznych przestrzeni Polski**” łączy aspekt teoretyczny, związany z przeglądem metod badawczych oraz komponentów dostępności, z ujęciem empirycznym, poprzez ukazanie przykładów weryfikacji empirycznej poszczególnych zagadnień omawianych na gruncie teoretycznym. Tym samym jest to pierwsza próba połączenia w jednej publikacji przeglądu dorobku światowego w zakresie analizy dostępności z podaniem przykładów zastosowania poszczególnych metod, komponentów, wymiarów lub atrybutów dla zobrazowania problematyki transportowej i przestrzennej na poziomie krajowym i regionalnym w Polsce. Przykłady empiryczne z przestrzeni Polski, głównie z wcześniejszych prac autora lub współpracowników będących pracownikami Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, pojawiają się odpowiednio w rozdziale trzecim, czwartym i piątym. W rozdziale trzecim stanowią egemplifikację różnego typu metod dostępności, w rozdziale czwartym – komponentów i wymiarów dostępności, a w rozdziale piątym – atrybutów dostępności, wykluczenia transportowego i kwestii równości.

Po drugie, monografia jest efektem prac projektowych związanych z grantem Narodowego Centrum Nauki 2016/21/B/HS4/01578, pt. „**Sprzężenia zwrotne między mobilnością i dostępnością – uwarunkowania teoretyczne (autorski model NeST box) a rzeczywistość polskiej przestrzeni (MA-trix)**”. Jednym z celów grantu było przedstawienie autorskiego modelu uwarunkowań teoretycznych dostępności w postaci modelu NeST box w oparciu o koncepcję czterech uwarunkowań dostępności (sieciowych, przestrzennych, związanych z podróżą oraz indywidualnych), a także integracja modelu z metodami, komponentami i wymiarami dostępności opisywanymi w rozdziałach 2-5 opracowania. Prezentację modelu przedstawiono w rozdziale szóstym co ma związek z syntetyzowaniem zawartych we wcześniejszych rozdziałach zagadnień właśnie w modelu NeST box.

Po trzecie, celem niniejszego opracowania jest swoistego rodzaju kompilacja zagadnień poruszanych przez autora na gruncie teoretycznym i empirycznym w pracy naukowej poświęconej tematyce dostępności w ostatnich kilkunastu latach. Tym samym, monografia ma stanowić podsumowanie dotychczasowych prac autora dotyczących dostępności (w tym niektóre fragmenty wcześniejszych prac), syntezę prac zarówno ściśle naukowych jak i projektowych, swoistego rodzaju przegląd lub też kompendium wiedzy, mający charakter w pewnym sensie podręcznikowy, ale jednak utrzymany w ramach metodyki opracowań naukowych. We wnioskach niniejszego opracowania starano się zaakcentować najnowsze trendy i wyzwania związane z omawianą tematyką, tak by zawarty w rozdziałach 2-5 przegląd podejść, metod, komponentów, wymiarów

i atrybutów miał charakter możliwie otwarty i nie stanowił bynajmniej pożegnania autora pracy z omawianą tematyką, a jedynie syntezę ponad dekady „przygody z dostępnością”.

Po czwarte, autor ma nadzieję, że przedstawiona pozycja ma, oprócz wartości naukowych, również charakter podręcznika akademickiego i może służyć jako dodatkowa literatura przedmiotu np. w zakresie geografii transportu, a także jako źródło informacji metodycznych i definicyjnych dla tej części wykładów na uczelniach ekonomicznych, wydziałach nauk o ziemi lub wydziałach transportu, na których porusza się tematykę dostępności. Potencjalną wartość dodaną książki autor upatruje również na różnych szczeblach władzy samorządowej i rządowej, gdzie np. w ramach Regionalnych Planów Transportowych porusza się często tematykę poprawy dostępności w wyniku realizacji inwestycji infrastrukturalnych lub też w wyniku zmian organizacyjnych.

1.2. Struktura opracowania

Na niniejszą monografię składa się siedem rozdziałów. Po wstępie, w którym przedstawiono cel i strukturę opracowania, w rozdziale drugim zapoznano czytelnika z definicją dostępności. Zwrócono uwagę na relacje między dostępnością i mobilnością, a także na terminy takie jak osiągalność finansowa, dostępność organizacyjna oraz akceptowalność usługi. Wyróżniono definicje dostępności komunikacyjnej, dostępności transportowej oraz dostępności przestrzennej. Przedstawiono najważniejsze ośrodki zajmujące się tematyką dostępności w Europie, Stanach Zjednoczonych oraz innych krajach, ze szczególnym uwzględnieniem klastra szóstego sieci NECTAR. Na zakończenie tego rozdziału wskazano główne ośrodki badań dostępności w Polsce.

Rozdział trzeci poświęcony został przedstawieniu metod badania dostępności. Przegląd rozpoczęto od najprostszych metod, gdzie dostępność mierzona jest wyposażeniem infrastrukturalnym, przez popularne metody bazujące na lokalizacji (dostępność mierzona odległością, dostępność kumulatywna i dostępność potencjałowa). W ramach dostępności potencjałowej opisano w osobnym podrozdziale ewolucję badań związanych z tzw. Wskaźnikiem Międzygałęziowej Dostępności Transportowej. W dalszej kolejności omówiono bardziej zaawansowane metody analizy dostępności, do których należą dostępność uwzględniająca efekty konkurencji (tu pokrótce omówiono iloraz potencjałów, model podwójnej ograniczonej interakcji przestrzennej oraz 2SFCA), by zakończyć przegląd metod na dostępności spersonalizowanej, tj. dostępności w geografii czasoprzestrzeni, dostępności mierzonej maksymalizacją użyteczności i dostępności bazującej na aktywnościach (ABA). Dodatkowo uwzględniono również pewien element dyskusyjny dotyczący tzw. dostępności życiowej i wykorzystania Big Data w analizie dostępności.

Rozdział czwarty stanowiący największą część monografii jest przeglądem najważniejszych aspektów świata dostępności w oparciu o szkielet czterech komponentów dostępności (transportowego, użytkowania przestrzeni, czasowego i indywidualnego) i wymiarów dostępności (źródeł podróży, celów podróży, oporu przestrzeni, ograniczeń, barier, typu transportu, gałęzi transportu, zasięgu przestrzennego badania, spójności społeczno-ekonomicznej i terytorialnej oraz dynamiki). Rozdział rozpoczyna się uszeregowaniem wymiarów dostępności w ramach czterech komponentów dostępności, by w dalszej kolejności omawiać poszczególne wymiary i komponenty.

W ramach komponentu transportowego, obok miary (czas, koszt i pozostałe elementy stanowiące tzw. uogólniony koszt, w tym model prędkości ruchu i wartość czasu podróży) i formy oporu przestrzeni (przegląd funkcji matematycznych) szczególny nacisk położono na parametryzację oporu przestrzeni oraz długość podróży (w tym opisano autorską koncepcję tzw. CATCH-time). W dalszej kolejności przedstawiono wstępny zarys względności dostępności w ujęciu indywidualnym oraz programów inwestycyjnych, w kontekście wpływu parametryzacji oporu przestrzeni (krótkie a długie podróże) na wielkość zmiany dostępności oraz zróżnicowania dostępności.

W dalszej kolejności ukazano różne aspekty ujęcia dynamicznego dostępności w postaci poprawy dostępności w wyniku pojedynczych inwestycji lub programów inwestycyjnych oraz wpływu podatności/wrażliwości, odporności, wytrzymałości i niezawodności sieci na zmianę dostępności. Całość rozważań dotyczących komponentu transportowego zamyka podrozdział dotyczący gałęzi i typu transportu, gdzie szczególny nacisk położono na aspekt multimodalności w kalkulacji dostępności (ujęcie unimodalne, multimodalne i intermodalne).

W dalszej części rozdziału czwartego opisano najważniejsze wymiary wchodzące w komponent użytkowania przestrzeni do których zaliczono m.in. cele podróży. Przedstawiono najważniejsze relacje między celami podróży a motywacjami podróży, w podziale według obligatoryjności, częstotliwości i długości podróży i na tej podstawie wykonano wielokryterialną klasyfikację motywacji podróży oraz macierz mobilnościowo-dostępnościową, w której zestawiono metody badania dostępności z motywacjami podróży. Wskazano na różnice w spektrum stosowania metod dostępności w zależności od poziomu centralności usług pożytku publicznego. Na zakończenie przedstawiono pewną niszę w kontekście badań dostępności do których należą podróże długie, przede wszystkim odwiedziny krewnych i znajomych.

W dalszej kolejności opisano kolejne wymiary stanowiące komponent użytkowania przestrzeni, do których zaliczono: źródła podróży, potencjał własny oraz zasięg przestrzenny badania. W zakresie źródeł podróży wskazano na tzw. dostępność aktywną i pasywną, a także na ogólną miarę atrakcyjności źródła podróży w zależności od ważenia celów podróży. Potencjał własny opisano w kontekście jego istotności w badaniu w zależności od cech lokalizacji i wymiarów dostępności. Zasięg przestrzenny badania opisano dla zasięgu regionalnego (wojewódzkiego) i międzynarodowego, gdzie zwrócono uwagę na

indeksy peryferyjności, bariery na granicach, tzw. efekt granicy oraz dokonano przeglądu badań europejskich i transgranicznych dostępności.

W kolejnych podrozdziałach przedstawiono najważniejsze kwestie związane z komponentem indywidualnym i czasowym, ukazującym zróżnicowanie dostępności w ciągu doby (wskazano na możliwości wykorzystania GTFS i map Google) oraz na zakończenie rozdziału czwartego – przedstawiono przykład wpływu dwóch komponentów (transportowego i użytkowania przestrzeni) na ostateczne wyniki dostępności potencjałowej oraz ukazano schemat powiązań między komponentami dostępności.

Rozdział piąty poświęcony został atrybutom dostępności, wykluczeniu transportowemu i równości w dostępie. Przedstawiono cztery atrybuty dostępności „A”, a następnie opisano najważniejsze pojęcia związane z wykluczeniem transportowym (wykluczenie fizyczne, geograficzne, z dostępu do usług, ekonomiczne, czasowe, oparte na strachu i związane z ograniczeniami przestrzennymi) i równością (ujęcie pozytywne, normatywne, wertykalne i horyzontalne) wskazując na istotność wartości granicznych i tzw. eualisandum. W kontekście podejścia egalitarnego opisano wskaźnik dyspersji dostępności (PAD). Przedstawiono również różnice między podejściem egalitarnym, utylitarnym, rawlsianizmem i sufficientaryzmem. Całość zamykają metody wyznaczania peryferii, w oparciu o pierwszy/najgorszy decyl jednostek, decyl ludności i wartość graniczną.

Rozdział szósty to podstawy autorskiego modelu czterech (tj. sieciowych, przestrzennych, związanych z podróżą i indywidualnych) uwarunkowań dostępności w postaci modelu NeST box. Przedstawiono podstawowe założenia modelu oraz ukazano integrację modelu NeST box z metodami, komponentami i wymiarami dostępności.

Całość monografii zamykają najważniejsze kierunki i uwarunkowania rozwoju badań nad dostępnością w najbliższej przyszłości, do których zdaniem autora należą: (1) Big Data; (2) opór przestrzeni; (3) przestrzenne efekty zewnętrzne; (4) wrażliwość/podatność, krytyczność i narażenie; (5) rozwój nowych form transportu; (6) przystępność kosztowa i kwestie równości; (7) długotrwałe efekty pandemii COVID-19; (8) analizy porównawcze i ewaluacja z wykorzystaniem wskaźników dostępności.

2. Definicja dostępności

Dostępność jest powszechnie używanym terminem w planowaniu transportowym, planowaniu miejskim oraz geografii (Geurs, van Wee, 2004). Jak wskazują Spiekermann i Neubauer (2002) dostępność ma istotne znaczenie w polityce transportowej, ponieważ jest podstawowym produktem systemu transportowego i determinuje przewagę określonego miejsca/rejonu transportowego/jednostki statystycznej w stosunku do innych lokalizacji. Jak wskazuje Gould (1969) dostępność jest jednym z tych powszechnie stosowanych wyrażeń, które każdy używa, ale trudność przynosi poprawne zdefiniowanie oraz zmierzenie tego zjawiska. Przede wszystkim problemem jest właściwe ujęcie relacji między dostępnością, a zachowaniem użytkownika sieci transportowej. Generalnie za poprawne można uznać stwierdzenie, że nie ma jednej, uniwersalnej i powszechnie uznanej za obowiązującą, definicji dostępności transportowej (Baradaran, Ramjerdi, 2001).

Jedną z najczęściej cytowanych w literaturze przedmiotu definicją dostępności jest definicja Hansena (1959), według której dostępność określa potencjalną szansę, możliwość zajścia interakcji. Handy i Niemeier (1997) podkreślają, że interakcje należy rozumieć w szerokim sensie, zarówno ekonomicznym jak i społecznym. Bruinsma i Rietveld (1998) wskazują na jeszcze inne możliwości definicyjne takie jak atrakcyjność węzła sieci przy uwzględnianiu masy innych węzłów i kosztów dotarcia do tych węzłów za pomocą sieci. Ingram (1971) wskazuje podobną definicję, w świetle której dostępność to inherentna właściwość miejsca, związana z pewną formą pokonywania oporu przestrzeni, np. odległości fizycznej lub czasowej. Z kolei według Dalvi i Martina (1976), dostępność to łatwość dotarcia do dowolnej aktywności, z dowolnego miejsca, z wykorzystaniem określonego systemu transportowego. Podobnej definicji użyli Wegener i in. (2001), którzy wskazują, że wskaźniki dostępności opisują konkretną lokalizację w stosunku do szans, działalności lub zasobów znajdujących się w innych lokalizacjach, gdzie pod pojęciem lokalizacji można rozumieć region, miasto lub korytarz transportowy.

Dostępności (*accessibility* lub *access*) nie należy mylić z **ruchliwością** lub **mobilnością** (*mobility*), ponieważ ruchliwość oznacza faktyczne przemieszczanie się, a dostępność jedynie możliwość skorzystania z szans, jakie stwarzają różne funkcje systemu transportowego. Dostępność jest zatem czynnikiem sprawczym podróży, a nie jej rezultatem (Taylor, 1999). Natomiast ostatnie trendy w metodyce dostępności wskazują, że granica między dostępnością a ruchliwością coraz bardziej się zaciera i do oceny dostępności bazującej na aktywnościach w coraz większym stopniu potrzebne są szczegółowe dane o ruchliwości mieszkańców.

W ujęciu ogólnym, dostępność odzwierciedla fundamentalną zasadę ludzkiej aktywności oraz ludzkiego postępowania, jaką jest dążenie człowieka do maksymalizacji kontaktów przy minimalnej aktywności, tzn. trudu, wysiłku, jaki trzeba podjąć przy utrzymywaniu tychże kontaktów (Karlqvist, 1975). Podobnego zdania jest Vickerman (1974), który wskazuje, że wśród ekonomistów dostępność jest synonimem minimalizacji kosztów przemieszczania się. Istotnym zagadnieniem definicyjnym jest w polskiej literaturze rozróżnienie **osiągalności** i **dostępności**. Istnieje możliwość rozdziału definicyjnego dostępności na przestrzenną, społeczną i ekonomiczną (Taylor, 1999). W świetle powyższego podziału dostępność społeczna oraz ekonomiczna są związane z cechami indywidualnymi użytkownika sieci (środki finansowe, status, położenie społeczne), które z kolei warunkują „osiągalność” atrakcyjnego obiektu lub celu podróży. Natomiast **dostępność przestrzenna** wiąże się z pokonywaniem przestrzeni niezależnie od posiadanych przez użytkownika sieci środków finansowych. Tymczasem w wielu opracowaniach w literaturze światowej dostępność różni się w zależności od cech indywidualnych użytkownika sieci (komponent indywidualny), w tym m.in. od jego dochodu (Geurs, van Eck, 2001). Dostępność szacowana z uwzględnieniem komponentu indywidualnego jest zatem definicyjnie bardziej zbliżona do osiągalności. W niniejszym opracowaniu szerzej ten aspekt został opisany w kontekście czterech „A” atrybutów dostępności, tj. **osiągalności finansowej** (*affordability*), **dostępności organizacyjnej** (*availability*), **dostępności przestrzennej** (*accessibility*) i **akceptowalności usługi** (*acceptability*).

Istnieje pewien konsensus w przypadku wzajemnych zależności między pojęciami **dostępności komunikacyjnej** i **dostępności transportowej**. Komunikacja to transport i łączność (Potrykowski i Taylor, 1982). Z tego względu dostępność komunikacyjna może być definiowana jako dostępność transportowa oraz dostępność z wykorzystaniem środków zapewniających łączność. Można tu też nadmienić pojęcie mobilności wirtualnej (*virtual travel*) i wyobrażonej (*imaginative travel*) uwzględniającej przemieszczanie się w przestrzeni z wykorzystaniem środków łączności (Sheller i Urry, 2006).

Generalnie w polskiej literaturze przedmiotu często stosuje się termin **dostępność transportowa**, jednak w literaturze światowej termin *transport accessibility* lub *transportation accessibility* jest stosowany bardzo rzadko, choć również zdarzają się tu wyjątki (Chen i in., 2020). Większość autorów wykorzystuje w tytułach i abstraktach termin *accessibility* lub *access*, bardzo szeroki

w interpretacji, uwzględniający wszystkie rodzaje i typy dostępności. Następnie już w samej treści opracowania autorzy przywołują właściwą im definicję dostępności wraz z wykorzystywaną metodą badawczą.

Problemem jest wybór metod oraz narzędzi analizy dostępności, które możliwie najwierniej pokazałyby międzynarodowe, międzyregionalne lub też lokalne różnice w możliwościach, jakie daje użytkownikowi sieci system transportowy, czyli odpowiedź na dwa podstawowe pytania: (1) **do czego** (lub też od czego) dostępność ma być mierzona, (2) **dla kogo** tak zmierzona dostępność jest właściwa. Przykładowo w swojej ogólnej teorii dostępności Levinson i Wu (2019) rozpoczynają wywód od słowa Gdzie (i) (*Where*) przy czym dzielą w tym miejscu przestrzeń na małe jednostki geograficzne rozumiejąc jednostkę geograficzną dla której obliczana jest dostępność zarówno jako każdy punkt w przestrzeni jak i każdego człowieka. W ostatnich dekadach, wraz z rozwojem Systemów Informacji Geograficznej oraz tzw. *Big Data* (w tym dotyczące preferencji mieszkańców) analizy dostępności w coraz większym stopniu bazują na punktach adresowych, metrach i sekundach, określając dostępność dla każdego człowieka w dowolnym punkcie miasta o dowolnej porze dnia.

Jak już wspomniano, w polskiej literaturze przedmiotu funkcjonuje również termin **dostępność przestrzenna** (Komornicki i in., 2010a). Generalnie **dostępność przestrzenną** można utożsamiać z **dostępnością transportową**, przy założeniu, że:

- sposobami pomiaru odległości może być czas lub koszt jej pokonania, a nie tylko odległość fizyczna,
- istnieje możliwość analizy różnic w dostępności wynikających z cech indywidualnych użytkownika sieci transportowej,
- dostępność może być mierzona również wyposażeniem infrastrukturalnym danego obszaru.

Tematyka dostępności transportowej jest bardzo widoczna w światowej literaturze przedmiotu od drugiej wojny światowej. Koncepcja dostępności, wraz z rozwijającymi się modelami potencjału i grawitacji, jest szeroko stosowana w studiach transportowych i planistycznych. W krajach Europy Zachodniej tematyka dostępności transportowej została rozpowszechniona wraz z przyspieszeniem procesu integracji europejskiej. W polityce transportowej integracja znalazła swój oddźwięk w planowanej od początku lat dziewięćdziesiątych budowie tzw. transeuropejskich sieci transportowych TEN-T. Jednym z priorytetów związanych z rozwojem tej sieci jest dążenie do możliwie najwyższej spójności terytorialnej. Badania dostępności były i są powiązane z koncepcją peryferyjności i spójności regionalnej. Pionierskie badania zostały przeprowadzone przez Keeble i in. (1982, 1988) dla Komisji Europejskiej już w latach osiemdziesiątych, a w następnym dekadach badania te były kontynuowane przez m.in.: Spiekermann i Wegener (1996), Brócker (1989) w Niemczech, Bruinsma i Rietveld (1998) w Holandii, Gutiérrez i in. (1996) w Hiszpanii, Linneker i Spence (1992) w Wielkiej Brytanii, czy też Erlandsson i Lindell (1993) w Szwecji. Przeprowadzono szereg analiz, których efektem były próby

oszacowania międzyregionalnych lub w przypadku modeli ogólnoeuropejskich (model SASI, tj. Społeczno-Ekonomiczne i Przestrzenne Efekty Inwestycji Infrastrukturalnych w Transporcie i Poprawy Systemu Transportowego (*Socio-Economic and Spatial Impacts of Transport Infrastructure Investments and Transport System Improvements*) (Schürmann i in., 1997) oraz projekt IASON, tj. Zintegrowana Ocena Przestrzennych, Ekonomicznych i Sieciowych Efektów Inwestycji w Transporcie i Polityki Transportowej; *Integrated Appraisal of Spatial Economic and Network Effects of Transport Investments and Policies*) (Bröcker i in., 2001), a w ostatnich latach przede wszystkim projekt ESPON TRACC (Spiekermann i in., 2015) w celu uchwycenia także międzynarodowych (w obrębie Unii Europejskiej) różnic w dostępności transportowej.

Poza Europą na uniwersytecie w Minnesocie istnieje laboratorium dostępności prowadzone przez Owena, które przeprowadza m.in. ocenę dostępności w USA, tj. pomiar dostępności do miejsc pracy różnymi środkami transportu w całych Stanach Zjednoczonych w ujęciu stałego monitoringu (dane dostępne za lata 2014-2019) (<https://access.umn.edu/publications/america/>).

W ujęciu międzynarodowym prężnie działa **Cluster 6: Accessibility** w ramach sieci NECTAR (*Network on European Communications and Transport Activities Research*) grupujący naukowców z różnych krajów zajmujących się tematyką dostępności. Klaster „Dostępność” rozpoczął działalność w 2008 roku. Zorganizowano 19 wydarzeń w ramach klastra, opublikowano zbiór książek i wydań specjalnych poświęconych modelowaniu dostępności (Martín i van Wee, 2011; Reggiani i Martín, 2011; Geurs i in., 2015), dostępności i planowania osiedli miejskich (De Montis i Reggiani, 2013), wpływowi dostępności na działalność społeczną i gospodarczą (De Montis i Reggiani, 2013), dostępności i przestrzennym interakcjom (Condeço-Melhorado i in., 2015), pomiarowi oporu przestrzeni w analizie dostępności (Geurs i Östh, 2016), dostępności, planowaniu transportu i polityce transportowej (Condeço-Melhorado i Geurs, 2017) oraz powiązaniom między dostępnością, równością i efektywnością (Geurs i in. 2016).

W Polsce do 2000 r. do nielicznych autorów, zajmujących się problematyką dostępności transportowej należeli m.in.: Chojnicki (1966; Chojnicki i in., 2011), Czyż (2002), Domański (1978), Lijewski (1986), Potrykowski (1980), Taylor (1979, 1999), Ratajczak (1992, 1999), Warakomska (1992), Stryjek i Warakomska (1980), Sobczyk (1985) oraz Powęska (1990).

W ostatnich dwóch dekadach badania dostępności rozwijane są w Polsce (poza ośrodkiem warszawskim) zwłaszcza na Uniwersytecie Jagiellońskim w Krakowie (Guzik, 2003; Guzik i in., 2010; Guzik i Kołoś, 2021), na Uniwersytecie Adama Mickiewicza w Poznaniu (Gadziński, 2010, 2015; Gadziński i Beim, 2010, Chojnicki i in., 2011; Beim i in., 2019; Beim, 2014) oraz na Uniwersytecie Łódzkim (Wiśniewski, 2014, 2015; Borowska-Stefańska i in., 2018, 2019), a także wśród ekonomistów, np. w ośrodku trójmiejskim (Kozłak, 2009), szczecińskim (Kwarciański, 2016) oraz warszawskim (Wolański i in., 2016). Wpływem dostępności na rozwój społeczno-ekonomiczny zajął się również na Uniwersytecie Warszawskim Rokicki (Rokicki i Stępnia, 2018), a w kontekście transportu

miejskiego, na Politechnice Krakowskiej Puławska-Obiedowska (Puławska-Obiedowska, 2018).

Poza wyżej wymienionymi ośrodkami, wiodącym ośrodkiem w dziedzinie badań dostępności w ostatnich latach stał się IGiPZ PAN w Warszawie, gdzie podejmowane są liczne analizy przypadków oraz prace koncepcyjno-teoretyczne, związane z szerszym zastosowaniem problematyki dostępności transportowej. Są to m.in. publikacje autorstwa w kolejności alfabetycznej: Goliszka (2021a, 2021b; Goliszek i Połom, 2016), Komornickiego (2003; Komornicki i in., 2008, 2010a, 2010b, 2013), Niedzielskiego (2006, 2021; Niedzielski i Śleszyński, 2008; Niedzielski i Kucharski, 2019), Pomianowskiego (2018), Rosika (2012; Rosik i in., 2011, 2012, 2015, 2017, 2020, 2021a, 2021b; Rosik i Stępniaak, 2015), Stępniaaka (2013; Stępniaak i in., 2013, 2017, 2019; Stępniaak i Rosik, 2013a, 2013b, 2016, 2018) oraz Śleszyńskiego (2014; Śleszyński i Komornicki, 2009). Ponadto należy w tym miejscu podkreślić dwa wydania czasopisma EUROPA XXI, będące pokłosiem analiz prowadzonych ze współudziałem pracowników IGiPZ PAN w dwóch projektach ESPON, tj. ESPON TRACC (*TRansport ACCessibility at regional/local scale and patterns in Europe*) (EUROPA XXI, 24; w szczególności Stępniaak i in., 2013) i ESPON SeGI (*Indicators and Perspectives for Services of General Interest in Territorial Cohesion and Development*) (EUROPA XXI, 23, w szczególności Stępniaak i Rosik, 2013b).

Analizy te, jak i wiele innych powstałych w IGiPZ PAN, również w kontekście rozwoju metodologii Wskaźnika Międzygałęziowej Dostępności Transportowej, oraz inne dotyczące dostępności, zostały opisane bardziej szczegółowo w dalszych rozdziałach niniejszej książki.

3. Metody badania dostępności

W literaturze panuje duża różnorodność w klasyfikacji i konceptualizacji metod badania dostępności (Bruinsma i Rietveld, 1998; Baradaran i Ramjerdi, 2001; Geurs i van Eck, 2001; Geurs i van Wee, 2004; Gutiérrez, 2001; Spiekermann i Neubauer, 2002; Rosik, 2012). Bruinsma i Rietveld (1998) wyróżniają aż jedenaście alternatywnych sposobów mierzenia dostępności. Baradaran i Ramjerdi (2001) piszą o pięciu podejściach teoretycznych. Geurs i van Wee (2004) wymieniają cztery podstawowe grupy metod, a Geurs i van Eck (2001) opisali trzy grupy metod (w tym kilka podgrup). Trzy podejścia zostały wyodrębnione przez Gutiérreza (2001) oraz (przy wskaźnikach złożonych) przez Spiekermann i Neubauera (2002).

Pewnym nadrzędnym podziałem jest ten na:

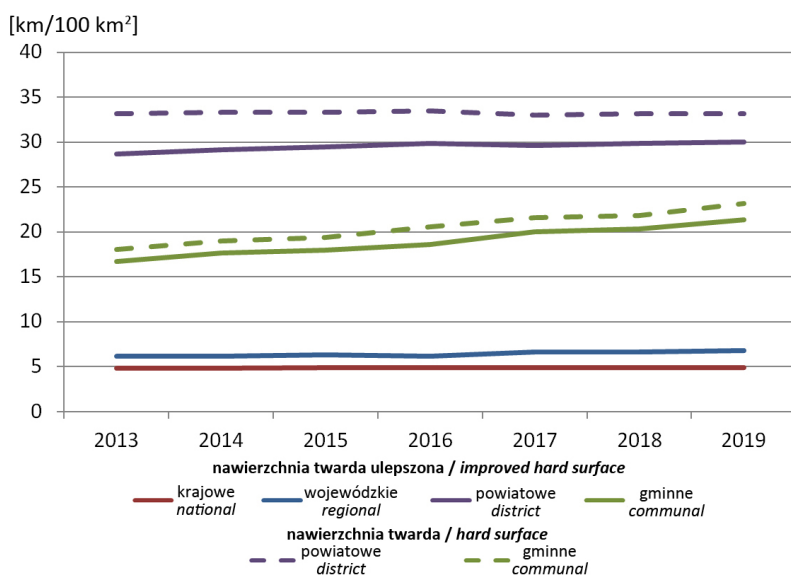
- **dostępność mierzona wyposażeniem infrastrukturalnym** (*infrastructure based*),
- **dostępność bazującą na lokalizacji** (*location-based*), w tym szereg metod analizy dostępności, m.in. dostępność mierzona odległością, dostępność kumulatywna i dostępność potencjałowa,
- **dostępność spersonalizowaną** (*person-based*),
- **dostępność bazującą na użyteczności** (*utility-based*) – modele maksymalizacji użyteczności z wyboru różnych rozwiązań transportowych.

Treść rozdziału poświęconego metodom badania dostępności bazuje na publikacji Komornickiego i in. (2010a), rozdział 3: Metodyka pomiaru dostępności transportowej, w tej części, której współautorem był autor niniejszego opracowania. Można określić, że jest to wydanie drugie przeglądu metod badania dostępności, znacznie zmienione i pogłębione, przede wszystkim w kontekście bardziej zaawansowanych metod badawczych.

3.1. Dostępność mierzona wyposażeniem infrastrukturalnym

Dostępność mierzona wyposażeniem infrastrukturalnym to dostępność szacowana z wykorzystaniem wskaźników wyposażenia infrastrukturalnego danego obszaru (najczęściej jednostki statystycznej), np. ilości i jakości obiektów liniowych i punktowych infrastruktury transportu (np. gęstość sieci drogowej, liczba stacji kolejowych, liczba parkingów *park and ride*, przepustowość portów lotniczych itd.). Ten rodzaj dostępności można inaczej określać jako dostępność liczoną za pomocą wskaźników prostych. Do wskaźników prostych zalicza się:

- **liczba składników infrastruktury**, np. długość dróg lub linii kolejowych, liczba stacji lub przystanków, parkingów P&R, istnienie portu lotniczego, wodnego-śródlądowego, morskiego itd.,
- **jakość składników infrastruktury**, np. długość dróg wyższych klas, tj. autostrad i dróg ekspresowych lub kolei dużej prędkości, średnia prędkość gałęzi transportu wynikająca z modelu ruchu na danym obszarze, wskaźnik potrzeb remontowych, przepustowość portów lotniczych,
- **poziom kongestii**, np. prawdopodobieństwo zatłoczenia na określonym procencie odcinków sieci) wynika z natężenia ruchu oraz jakości infrastruktury (przepustowość, liczba pasów ruchu, torów itd.



Ryc. 3.1. Gęstość dróg według poszczególnych kategorii w województwie podlaskim w latach 2013-2019

Fig. 3.1. Road density by categories in Podlaskie voivodeship in the years of 2013-2019

Źródło: BDL GUS.

Zaletami wskaźników prostych są: możliwość uzyskania danych statystycznych oraz wysoka łatwość interpretacji wyników przez decydentów politycznych (Geurs i van Wee, 2004). Wskaźniki wyposażenia infrastrukturalnego dostarczają istotne informacje o stanie wewnątrzregionalnej infrastruktury, również

w ujęciu dynamicznym (jak na ryc. 3.1), umożliwiają również analizę porównawczą z innymi jednostkami podobnego szczebla administracyjnego (np. w przeliczeniu na liczbę mieszkańców). Wadą tego podejścia jest fakt, że wskaźniki wyposażenia infrastrukturalnego nie uwzględniają celów podróży leżących poza granicami analizowanego obszaru (Spiekermann i Neubauer, 2002), a także w niewystarczający sposób pokazują relacje między wyposażeniem infrastrukturalnym a zagospodarowaniem przestrzennym.

3.2. Dostępność bazująca na lokalizacji

Szczególną uwagę należy poświęcić najczęściej stosowanym metodom analizy dostępności, które znajdują się w zestawie badań dostępności bazujących na lokalizacji. Metody te polegają na obliczaniu dostępnych działalności/aktywności (*activities*), zasobów (*assets*) lub możliwości (*opportunities*) w kontekście ich dystrybucji w przestrzeni i oporu przestrzeni pomiędzy źródłem a celem podróży. W tym zestawie wskaźników wspólną ich cechą jest fakt, iż złożone są z dwóch funkcji, które wzajemnie na siebie oddziałują, tj. funkcji działalności dostępnych u celu podróży (*activity function*) i funkcji oporu przestrzeni w postaci kosztu uogólnionego (dystansu, czasu, kosztu lub wysiłku) (*impedance function*). W ogólnej postaci wskaźnik dostępności przyjmuje postać:

$$A_i = g(M_j) f(c_{ij}) \quad (3.1)$$

gdzie: A_i to dostępność rejonu transportowego i , $g(M_j)$ to funkcja działalności/aktywności, która determinuje atrakcyjność 'masy' (M_j) mierzonej np. liczbą ludności w rejonie transportowym j , a $f(c_{ij})$ to funkcja oporu przestrzeni, która reprezentuje koszt uogólniony dotarcia do aktywności/zasobów/możliwości w rejonie transportowym j .

W ramach wskaźników dostępności bazujących na lokalizacji można wyróżnić trzy grupy wskaźników: (1) dostępność mierzona odległością; (2) dostępność kumulatywna; (3) dostępność potencjałowa.

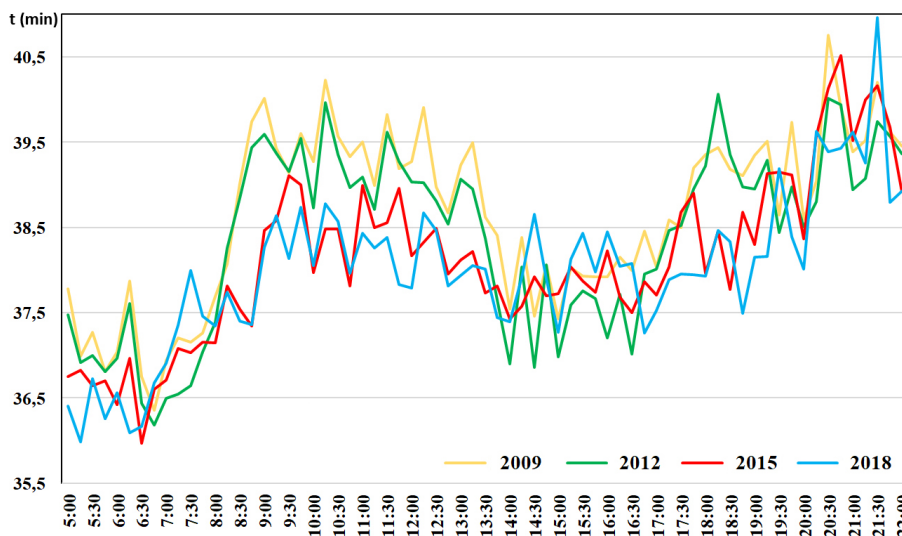
3.2.1. Dostępność mierzona odległością

Dostępność mierzona odległością (*distance, travel-cost* lub *connectivity measure*) (m.in. Gutiérrez, 2001; Spiekermann i Neubauer, 2002; Geurs i van Eck, 2001) jest często w literaturze przedmiotu określana alternatywnie, w zależności od przyjętej miary oporu przestrzeni, jako podejście bazujące na koszcie podróży (Baradaran i Ramjerdi, 2001; Spiekermann i Neubauer, 2002) lub dostępność czasowa (Guzik, 2003). Odległość można zatem definiować szeroko jako: odległość

fizyczną (euklidesową), fizyczną rzeczywistą (np. drogową), czasową lub ekonomiczną do celu lub zbioru celów podróży (Warakomska, 1992), a pod pojęciem dostępności mierzonej odległością można rozumieć: dostępność fizyczną (odległość fizyczna), dostępność czasową (czas przejazdu) oraz dostępność ekonomiczną (koszt przejazdu) (Guzik, 2003). Dostępność mierzoną odległością można podzielić na:

- **dostępność mierzoną odległością do jednego celu podróży**, określaną w literaturze również jako **dostępność względną** (*relative accessibility*) i definiowaną jako stopień powiązania dwóch miejsc/punktów/lokalizacji w przestrzeni (Ingram, 1971); najprostszą miarą jest tutaj odległość fizyczna, czyli prosta poprowadzona między źródłem podróży i celem podróży; można wyróżnić również odległość fizyczną rzeczywistą (odległość drogową), odległość czasową (np. czas podróży między danym punktem adresowym, a najbliższym węzłem autostradowym, najbliższym portem lotniczym, najbliższym szpitalem) oraz odległość ekonomiczną (koszt podróży; np. koszt biletu tramwajowego do centrum miasta).
- **dostępność mierzoną odległością do zbioru celów podróży**; jeżeli przyjmuje się więcej niż jeden cel podróży, wówczas mówi się o tzw. **dostępności integralnej** lub **całkowitej** (*integral/total accessibility*) (Ingram, 1971) ten typ dostępności bazuje na tzw. **dostępności topologicznej**, definiowanej w metodach grafowych jako suma oddaleń z danego węzła w sieci do wszystkich pozostałych (Garrison, 1960; Taylor, 1999; Ratajczak, 1999; Guzik, 2003); miarą dostępności mierzonej odległością do zbioru celów podróży jest zatem odległość całkowita (suma odległości) lub odległość średnia, tj. średnia odległość fizyczna, drogową, czasowa lub ekonomiczna między źródłem podróży, a pozostałymi interesującymi dla użytkownika sieci celami podróży (np. średni koszt podróży do miast powyżej 100 tys. mieszk. na obszarze kraju, całkowity czas podróży do dziesięciu największych miast europejskich lub średni czas podróży do galerii handlowych na obszarze miasta itd); dla niektórych autorów ten typ miary dostępności powinien być uwzględniony jako podtyp dostępności konturowej lub też kumulatywnej (Geurs i van Eck, 2001; por. rozdz. 3.2.2).

Dostępność mierzona odległością (podobnie jak dostępność mierzona czasem i obrazowana z wykorzystaniem izochron) jest często stosowana przez geografów dla ukazania maksymalnych, dopuszczalnych z punktu widzenia celów polityki transportowej, czasów przejazdu do danych lokalizacji (ujęcie normatywne). Przykładowo, zakłada się, że celem polityki transportowej jest zagwarantowanie 90% mieszkańców kraju możliwości dojazdu transportem publicznym do najbliższego szpitala w czasie do 1 godziny od miejsca zamieszkania stanowiącego źródło podróży. Przykładami badań dostępności mierzonej odległością są: Lutter i inni (1992), Gutiérrez i Urbano (1996), Schürmann i inni (1997). W ujęciu dynamicznym można również wykorzystywać ten wskaźnik dostępności mierzonej odległością do analizy łącznego średniego czasu dojazdu do wszystkich rejonów transportowych na uwzględnionym obszarze badania (ryc. 3.2).



Ryc. 3.2. Zróżnicowanie dobowe średniego czasu dojazdu transportem publicznym do wszystkich rejonów transportowych w Szczecinie w latach 2009/2012/2015/2018

Fig. 3.2. Daily variation in the average travel time by public transport to all transport regions in Szczecin in the years 2009/2012/2015/2018

Źródło: Goliszek (2021a).

Zaletami wskaźników dostępności mierzonej odległości są: łatwość dostępu do danych, łatwość w odbiorze wyników oraz połączenie komponentu transportowego z komponentem użytkowania przestrzeni. Poważną wadą jest jednak brak uwzględnienia wzajemnych zależności między oboma komponentami. Wskaźniki dostępności mierzonej odległości nie uwzględniają różnic w wielkości celów przeznaczenia (np. atrakcyjność miasta z 1 mln mieszkańców i miasta ze 110 tys. mieszk. jest taka sama, przy założeniu badania odległości do miast powyżej 100 tys.). Ponadto wraz ze zwiększeniem zasięgu przestrzennego badania (a co się z tym wiąże – liczby potencjalnych celów podróży), wartość wskaźnika dostępności mierzonej odległości maleje. Dzieje się tak, ponieważ odległość do potencjalnych celów podróży jest sumowana lub uśredniana i nie zakłada się spadku atrakcyjności celu podróży wraz ze wzrostem odległości między źródłem a celem podróży (co ma miejsce przy dostępności potencjałowej). Ponadto, przy dużej liczbie celów podróży i ich względnie równomiernym przestrzennym rozmieszczeniu, dochodzi do wyrównania przeciętnych czasów podróży dla wszystkich uwzględnianych w badaniu rejonów transportowych. Inną wadą badań dostępności mierzonej odległości (podobnie jak i innych metod bazujących na lokalizacji) jest fakt, iż nie bierze się pod uwagę również komponentu indywidualnego, tj. zróżnicowania społeczno-ekonomicznego użytkowników sieci.

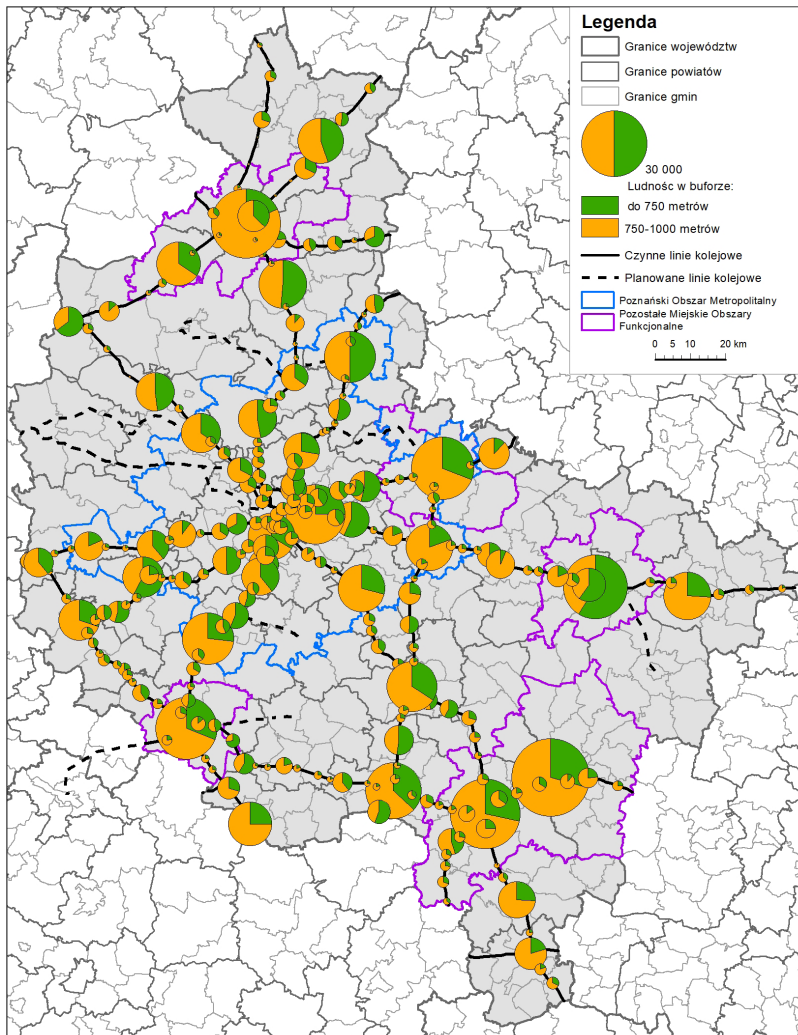
3.2.2. Dostępność kumulatywna

Dostępność kumulatywna (*cumulative accessibility*) (m.in. Keeble i in., 1982; Spiekermann i Neubauer, 2002) to metoda zwana również **dostępnością kumulatywną do możliwości** (*cumulative opportunity measure*), **dostępnością konturową** (*contour ccessibility*) lub **dostępnością obliczaną z wykorzystaniem izochron** (*isochronic accessibility*). Określana jest też niekiedy alternatywnie jako **dostępność dzienna** (*daily accessibility*) w przypadku gdy powrót do źródła podróży jest możliwy tego samego dnia.

Dostępność kumulatywna jest mierzona przez oszacowanie zbioru celów podróży dostępnych w zakładanym określonym/maksymalnym czasie, przy określonym/maksymalnym koszcie lub wysiłku podróży; np. liczba stacji kolejowych w zasięgu 50 km, liczba mieszkańców dostępna w czasie 15 min, liczba miejsc na studiach oferowana przy koszcie biletu kolejowego do 30 zł w jedną stronę itd. Przy tzw. dostępności dziennej, gdy zakłada się powrót do miejsca zamieszkania w tym samym dniu, zazwyczaj maksymalny czas trwania podróży służbowej w jedną stronę mieści się w granicach 3 do 5 godzin (Spiekermann i Neubauer, 2002).

Najczęściej metoda ta jest wykorzystywana przy ocenie dostępności do rynku pracy (liczba miejsc pracy w czasie podróży do np. 45 minut) lub usług (np. liczba szpitali dostępna w czasie 1 godziny, liczba szkół średnich dostępna transportem publicznym w czasie 30 minut itd.). Metoda kumulatywna może być jednak z powodzeniem stosowana do wielu celów podróży w kontekście ich zasięgu rynkowego, np. liczba ludności zamieszkałej wokół centrów handlowych lub stacji kolejowych (ryc. 3.3).

Zalety i wady dostępności kumulatywnej są analogiczne do zalet i wad dostępności mierzonej odległością. Obie miary są łatwo interpretowalne i często wykorzystywane np. w regionalnych planach transportowych. Dodatkową zaletą dostępności kumulatywnej jest zawężenie obszaru badania do konkretnej odległości fizycznej, czasowej lub ekonomicznej pozwala uniknąć uchybień związanych ze zbyt szerokim zasięgiem obszaru badawczego. Przy dostępności dziennej wskaźnik nie obrazuje jednak różnic w atrakcyjności celów podróży odległych przykładowo o 3 godziny i 1 godzinę. Rozwiązaniem tego problemu jest szczegółowy podział na izochrony (co 15 minut), który pozwala wychwycić bardziej dostępne i mniej dostępne cele podróży. Jednak również i w tym przypadku, w ramach zasięgu każdej z izochron 15-minutowych, nadal brakuje zróżnicowania atrakcyjności celów podróży. Najpoważniejszą wadą tej metody jest istnienie wielkości granicznej, powyżej której cele podróży nie są uwzględniane w badaniu. Przykładowo analiza dostępności do miejsc pracy do 45 minut uwzględnia niewielki zakład pracy w odległości 44 minut, a całkowicie eliminuje z obliczeń dużą fabrykę zlokalizowaną w odległości 46 minut. Wady dostępności mierzonej odległością lub dostępności kumulatywnej doprowadziły do wykształcenia metody obliczania dostępności z wykorzystaniem modelu potencjału.



Ryc. 3.3. Liczba mieszkańców zamieszkała w buforze do 750 m i 1500 m wokół stacji kolejowych w województwie wielkopolskim (poza stacjami w mieście Poznań)

Fig. 3.3. The number of inhabitants lived in the buffer up to 750 m and 1500 m around the railway stations in the Greater Poland

Źródło: Rosik (2019). Opracowanie kartograficzne: S. Goliszek

3.2.3. Dostępność potencjałowa

Słowo „potencjalny” jest jednym ze słów składowych niektórych definicji dostępności transportowej. Przykładowo, dostępność może być rozumiana jako potencjalna możliwość zajścia interakcji (Hansen, 1959). Dostępność potencjałowa (*potential accessibility*) to właśnie dostępność mierzona możliwością zajścia interakcji między źródłem podróży a zbiorem celów podróży, przy uwzględnieniu dwóch komponentów determinujących dostępność – transportowego oraz

użytkowania przestrzeni – które w modelu potencjału są ze sobą ściśle powiązane. Wskaźniki dostępności potencjałowej bazują na założeniu, że atrakcyjność celu podróży wzrasta wraz z jego rozmiarem (komponent użytkowania przestrzeni) i maleje w miarę wydłużania się odległości fizycznej, czasowej lub ekonomicznej (komponent transportowy). Charakter spadku atrakcyjności celu podróży wraz z wydłużaniem się odległości obrazuje tzw. **funkcja oporu przestrzeni** (*distance decay function*). Powiązanie między komponentami na poziomie regionalnym można przedstawić za pomocą ogólnego wzoru dostępności potencjalnej:

$$A_i = \sum_j f_1(M_j) f_2(c_{ij}) \quad (3.2)$$

gdzie: A_i – dostępność rejonu transportowego i , funkcja $f_1(M_j)$ – komponent użytkowania przestrzeni, czyli funkcja atrakcyjności masy, M_j – masy (atrakcje) dostępne w regionie j , funkcja $f_2(c_{ij})$ – komponent transportowy, czyli funkcja oporu przestrzeni, c_{ij} – łączna odległość fizyczna, czasowa (czas) lub ekonomiczna (koszt) związana z podróżą z rejonu transportowego i do rejonu transportowego j .

Termin **dostępność potencjałowa** pochodzi od słowa „**potencjał**”, a nie od słowa „potencjalny” (prawdopodobny, możliwy) co jest powodem wielu nieporozumień i kontrowersji. Z tego względu zespół badawczy w IGI PAN pod koniec 2010 roku zaproponował zmianę polskiej wersji nazwy metody z „dostępności potencjalnej” na „dostępność potencjałową”. Dostępność potencjałowa oznacza przy rozwinięciu tego terminu dostępność szacowaną za pomocą modelu potencjału, natomiast w grupie modeli określanych jako „dostępność potencjałowa” znajdują się różne warianty dostępności mierzonej za pomocą wskaźników potencjału lub modeli grawitacji. Zresztą dostępność potencjałowa w literaturze przedmiotu jest również nazywana zamiennie metodami analizy dostępności opartymi na **grawitacji** (*gravity-based accessibility measures*). W polskiej literaturze przedmiotu przegląd modeli grawitacji i potencjału w badaniach przestrzenno-ekonomicznych przedstawił już w latach sześćdziesiątych Chojnicki (1966).

Generalnie potencjał geograficzny ma swoje źródło w teorii matematyki oraz fizyki (Ratajczak, 1999), a jego koncepcja jest analogiczna do potencjału elektrycznego (Stewart, 1947). Wskaźniki dostępności potencjałowej, znane geografom od czasów drugiej wojny światowej, zostały zaangażowane z początku do celu uchwycenia potencjału rynkowego (ekonomicznego) w analizie lokalizacji (Harris, 1954). Jednym z pierwszych autorów odnoszących się bezpośrednio do dostępności i chyba najczęściej cytowanym w literaturze przedmiotu był Hansen (1959). Najprostszym wskaźnikiem użytym przez Hansena (1959) (nazwanym też wskaźnikiem typu Hansena) jest dostępność rozumiana jako suma ilorazów atrakcji (mas) celów podróży i czasów (kosztów) podróży do tych celów. W późniejszych latach formułę zastosował również m.in. Keeble i in. (1982), Rich (1978) lub Linneker i Spence (1992). Wskaźnik Hansena wygląda następująco (oznaczenia jak we wzorze 3.2):

$$A_i = \sum_j \frac{M_j}{c_{ij}^\alpha} \quad (3.3)$$

gdzie: α to wykładnik *alfa*, najczęściej zakłada się, że jest równy jeden (Frost i Spence, 1995)

Przy uwzględnieniu w badaniu **dostępności wewnętrznej** (potencjału własnego) wskaźnik Hansena przyjmuje postać:

$$A_i = \frac{M_i}{c_{ii}} \sum_j \frac{M_j}{c_{ij}^\alpha} \quad (3.4)$$

gdzie: M_i – masa (atrakcja) dostępna w regionie i (masa własna), c_{ii} – odległość fizyczna, czasowa lub ekonomiczna przejazdu wewnątrz rejonu transportowego.

Przy zastosowaniu funkcji wykładniczej (eksponenta) wskaźnik dostępności potencjałowej z wykorzystaniem potencjału własnego przyjmuje natomiast postać:

$$A_i = M_i \exp(-\beta c_{ii}) + \sum_j M_j \exp(-\beta c_{ij}) \quad (3.5)$$

gdzie: współczynnik *beta* (β) oznacza wrażliwość użytkownika sieci na wzrost fizycznej, czasowej lub ekonomicznej odległości podróży.

Pierwszym składnikiem w powyższym wzorze jest tzw. potencjał własny (szerzej o potencjale własnym w ramach komponentu użytkowania przestrzeni w podrozdziale 4.3.3.).

Dostępność potencjałowa ma wiele zalet. W odróżnieniu od dostępności mierzonej odległością i dostępności kumulatywnej, dostępność potencjałowa uwzględnia zależności między komponentem użytkowania przestrzeni, a komponentem transportowym (ryc. 3.4).



Ryc. 3.4. Waga masy celu podróży w dostępności potencjałowej i kumulatywnej wraz z wydłużającym się czasem podróży

Fig. 3.4. Destination's attractiveness for potential and cumulative accessibility

Źródło: opracowanie własne.

Dostępność potencjałowa (podobnie jak i inne metody bazujące na lokalizacji) wymaga mniej czasochłonnych i wymagających odrębnych badań ankietowych danych niż metody uwzględniające komponent indywidualny (tzn. dostępność mierzona w geografii czaso-przestrzeni lub dostępność mierzona maksymalizacją użyteczności). Dostępność potencjałowa to podejście stosunkowo łatwe w obliczeniach (można wskaźniki obliczyć w programie excel, w środowisku R lub np. wykorzystując specjalnie dedykowaną dostępności potencjałowej aplikację OGAM (*Open Graph Accessibility Model*) autorstwa Pomianowskiego), wykorzystywaną w badaniach dostępności w IGiPZ PAN, w szczególności przy tzw. wskaźniku międzygałęziowej dostępności transportowej (WMDT).

Wadą dostępności potencjałowej jest duża wrażliwość na: wybór formy funkcyjnej, wysokość parametrów funkcji oporu, sposób demarkacji przestrzeni, sposób w jaki został uwzględniony potencjał własny oraz rozumienie pojęcia atrakcyjności masy. Nieznaczne różnice w wysokościach parametrów mogą skutkować znacznymi różnicami w ostatecznych wynikach. Ponadto, jak wskazuje Chojnicki (1966) model potencjału zakłada istnienie nieograniczonego przestrzennie kontinuum i z tego względu nie może być stosowany w badaniu przestrzennie ograniczonych zależności. Zawsze zaistnieje bowiem problem relatywnie niższej dostępności obszarów na krańcu zasięgu przestrzennego badania. Inną wadą, podnoszoną często przez decydentów, jest fakt, że wyniki modelu potencjału nie są łatwe w interpretacji, ponieważ dostępność potencjałowa nie ma jednostek (w odróżnieniu od dostępności mierzonej odległością lub dostępności kumulatywnej). Z tego względu rezultaty badań dostępności potencjałowej są często podawane w ujęciu relatywnym, tj. w formie procentowych zmian dostępności potencjałowej poszczególnych obszarów w stosunku do pewnego wyjściowego poziomu, np. stanu w roku rozpoczęcia programu rozwoju infrastruktury transportu w danym kraju. Inną wadą podstawowych wskaźników dostępności potencjałowej jest fakt, iż nie uwzględniają one efektów konkurencji, tzn. wzajemnych relacji między popytem i podażą. Ponadto wyniki dostępności opartej na lokalizacjach są wrażliwe na wielkość rejonu transportowego, co w literaturze zostało nazwane jako tzw. problem zmiennej jednostki odniesienia (MAUP; *modifiable areal unit problem*).

3.2.4. Dostępność potencjałowa polskiej przestrzeni – badania w IGiPZ PAN, w tym wskaźnik WMDT

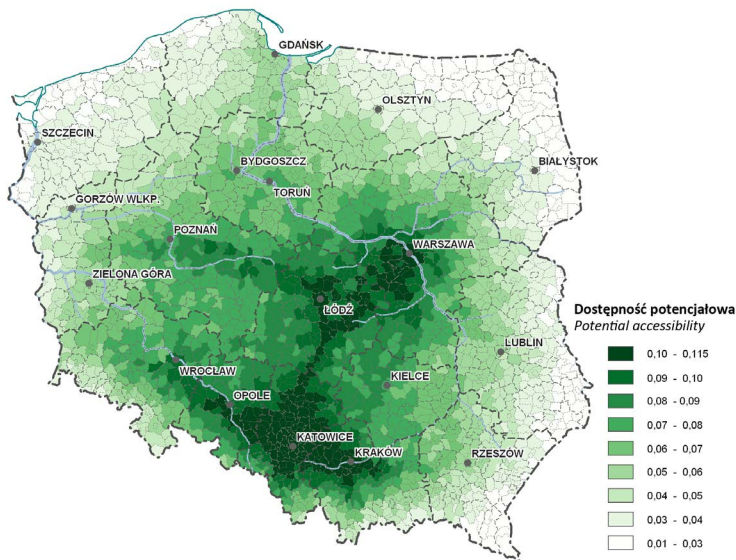
Podrozdział poświęcono przede wszystkim pracom związanym z modelem potencjału, które trwają w IGiPZ PAN od 2008 r. i w których autor niniejszego opracowania brał udział, przede wszystkim w kontekście rozwoju tzw. **wskaźnika międzygałęziowej dostępności transportowej (WMDT)**. Niemniej na wstępie należy nadmienić, że nie są to jedyne prace nad dostępnością prowadzone w IGiPZ PAN, a prace nad kolejnymi wersjami wskaźnika WMDT są

wypadkową rozwijanych od wielu lat badań naukowych w zakresie szeroko rozumianej geografii transportu (w tym dostępności przestrzennej) oraz zapotrzebowania na nowoczesne narzędzia ewaluacyjne, które pojawiło się wraz z intensyfikacją procesów inwestycyjnych w transporcie polskim (por. wstęp niniejszego opracowania).

Wskaźnik międzygałęziowej dostępności transportowej WMDT w jego pierwszej wersji został opracowany w 2008 r. przez zespół badawczy pracowników Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN na potrzeby projektu: „*Opracowanie metodologii liczenia wskaźnika międzygałęziowej dostępności transportowej terytorium Polski oraz jego oszacowanie*” (Komornicki i in., 2008).

Wskaźnik WMDT był w Polsce pierwszą próbą obliczenia zmian dostępności w wyniku realizacji inwestycji infrastrukturalnych na poziomie powiatowym w kontekście międzygałęziowym (transport drogowy, kolejowy oraz lotniczy w transporcie pasażerskim oraz transport drogowy, kolejowy oraz wodny-śródlądowy w transporcie towarowym). W roku 2010 miała miejsce **pierwsza aktualizacja wskaźnika**. Dokonano wówczas dużego uszczegółowienia podkładu sieci drogowej i kolejowej oraz wprowadzono pewne zmiany w założeniach ogólnych modelu prędkości ruchu (motoryzacja indywidualna) (raport pod tym samym tytułem co Komornicki i in. (2008) z dopiskiem: „Aktualizacja 2010”).

Doświadczenia w budowie modeli dostępności (w tym wskaźnika WMDT) opisano w monografii: „*Dostępność przestrzenna jako przesłanka kształtowania polskiej polityki transportowej*” (Komornicki i in., 2010a). W 2010 r. wskaźnik WMDT został wykorzystany po raz pierwszy w szerszym kontekście ewaluacyjnym w przygotowanym w IGiPZ PAN raporcie: „*Ocena wpływu inwestycji infrastruktury transportowej realizowanych w ramach polityki spójności na wzrost konkurencyjności regionów (w ramach ewaluacji ex post NPR 2004-2006)*” (Komornicki i in., 2010b). Z kolei w projekcie badawczym pt. „*Narzędzie ewaluacyjno-badawcze dostępności transportowej gmin w podukładach wojewódzkich*” (Rosik i in., 2011) realizowanym w ramach IV konkursu dotacji Ministerstwa Rozwoju Regionalnego zespół IGiPZ PAN podjął się rozszerzenia możliwości aplikacji komputerowej wykorzystywanej do badań dostępności. W nowej wersji aplikacja, nazwana OGAM (*Open Graph Accessibility Model*), autorstwa Pomianowskiego (2012), została otwartym narzędziem opartym na teorii grafów i daje możliwość obliczania wskaźników dostępności potencjałowej na dowolnej sieci przygotowanej wcześniej w programie GIS. Dokonano również rozbudowy sieci drogowej o odcinki dróg powiatowych i gminnych, tak by możliwe było podłączenie wszystkich miast i wsi będących siedzibą gminy jako węzłów do modelu dostępności i by rezultaty modelu były możliwe do zaprezentowania na niższym poziomie agregacji, tj. na poziomie gminnym (ryc. 3.5). Aplikacja OGAM dała możliwość dowolnej zmiany parametrów modelu prędkości ruchu co pozwoliło na stworzenie oryginalnego modelu ruchu



Ryc. 3.5. Wskaźnik Drogowej Dostępności Transportowej w 2011 r. Dostępność krajowa do ludności

Fig. 3.5. Road Accessibility Indicator in 2011. Accessibility to population

Źródło: Rosik i in. (2011).

dla pojazdów ciężarowych. Wprowadzono także możliwość uwzględnienia (lub nie) potencjału własnego oraz zastosowania dowolnie zdefiniowanych postaci funkcji oporu przestrzeni.

Wskazany postęp umożliwił podjęcie **monitoringu dostępności**, który stał się kolejnym ważnym kierunkiem badawczym, również pod kątem rozbudowy metodyki związanej ze **wskaźnikiem WMDT**. Docelowo ambicją stało się stworzenie stałego systemu monitoringu zmian dostępności i mobilności w ujęciu międzygałęziowym w Polsce, szczególnie w okresie po akcesji w struktury Unii Europejskiej. Pierwsza próba monitoringu zmian dostępności potencjałowej na poziomie gminnym w wyniku realizacji inwestycji na sieci dróg ekspresowych i autostrad w Polsce w długiej perspektywie czasowej, tj. w latach 1995-2030 miała miejsce w ramach projektu: „*Monitoring spójności terytorialnej gmin w skali krajowej i międzynarodowej w latach 1995-2030 (w tym monitoring zmian dostępności w latach 2004-2006 i 2007-2013 oraz według zapisów KPZK 2030)*” (V Konkurs Dotacji Ministerstwa Rozwoju Regionalnego) (Rosik i in., 2012), który dotyczył zmian dostępności w ujęciu krajowym i międzynarodowym. Podstawy metodyczne obliczania dostępności potencjałowej na **poziomie międzynarodowym** (cele podróży na kontynencie europejskim) zostały określone w 2012 roku w autorskiej monografii „*Dostępność lądowa przestrzeni Polski w wymiarze europejskim*” (Rosik, 2012). W ujęciu międzynarodowym badania dostępności potencjałowej zostały również wykorzystane w kolejnych latach m.in. w analizie zmian dostępności polsko-słowackiego pogranicza (m.in. Więckowski i in., 2014). Ewaluacja inwestycji infrastrukturalnych (autostrad

i dróg ekspresowych) za pomocą wskaźnika WMDT ograniczonego do transportu drogowego (motoryzacja indywidualna) z wykorzystaniem środków unijnych była jednym z tematów badawczych w badaniu ewaluacyjnym: „*Wpływ budowy autostrad i dróg ekspresowych na rozwój społeczno-gospodarczy i terytorialny Polski*” (Komornicki i in., 2013). Wyżej opisane doświadczenia pozwoliły na udoskonalenie metodyki wskaźnika WMDT i dostosowanie do wymagań związanych z pełnym i stałym monitoringiem zmian dostępności w wyniku realizacji inwestycji współfinansowanych ze środków unijnych.

Wskaźnik Międzygałęziowej Dostępności Transportowej stał się m.in. wskaźnikiem realizacji celu głównego w Strategii Zrównoważonego Rozwoju Transportu do 2030 roku (2019). Kolejne tury monitoringu wskaźnika odbyły się w latach 2014-2015, 2017 i 2020-2021. Kolejne etapy monitoringu wskaźnika miały tę samą nazwę, tj.: „*Oszacowanie oczekiwanych rezultatów inwestycji za pomocą miar dostępności transportowej dostosowanych do potrzeb dokumentów strategicznych i operacyjnych dotyczących perspektywy finansowej 2014-2020*” przy czym badanie z lat 2014-2015 dotyczyło również okresu programowania 2007-2013, a badanie z lat 2020-2021 dotyczyło również okresu programowania 2021-2027 (Rosik i in., 2021a; Komornicki i in., 2018) (por. ryc. 3.6).

W ramach ostatniego badania (ale również i w poprzednich badaniach poświęconych wskaźnikowi WMDT) obliczono wskaźniki międzygałęziowe i gałęziowe zgodnie z tabelą 3.1.

Tabela 3.1. Wskaźniki międzygałęziowe i gałęziowe (wskaźniki gałęziowe; wskaźniki syntetyczne na poziomie typu transportu; wskaźnik syntetyczny międzygałęziowy; brak obliczania wskaźników)

Gałąź transportu	Transport osobowy/pasażerski	Transport towarowy	Wskaźnik syntetyczny gałęziowy	Wskaźnik syntetyczny międzygałęziowy
Drogowy	WDDT osobowy	WDDT towarowy	WDDT	
Kolejowy	WKDT pasażerski	WKDT towarowy	WKDT	
Lotniczy	WLDT			
Żegluga śródlądowa		WŻDT		
Wskaźnik syntetyczny	WMDT pasażerski	WMDT towarowy		WMDT syntetyczny

Wykorzystane skróty:

WDDT – Wskaźnik Drogowej Dostępności Transportowej,

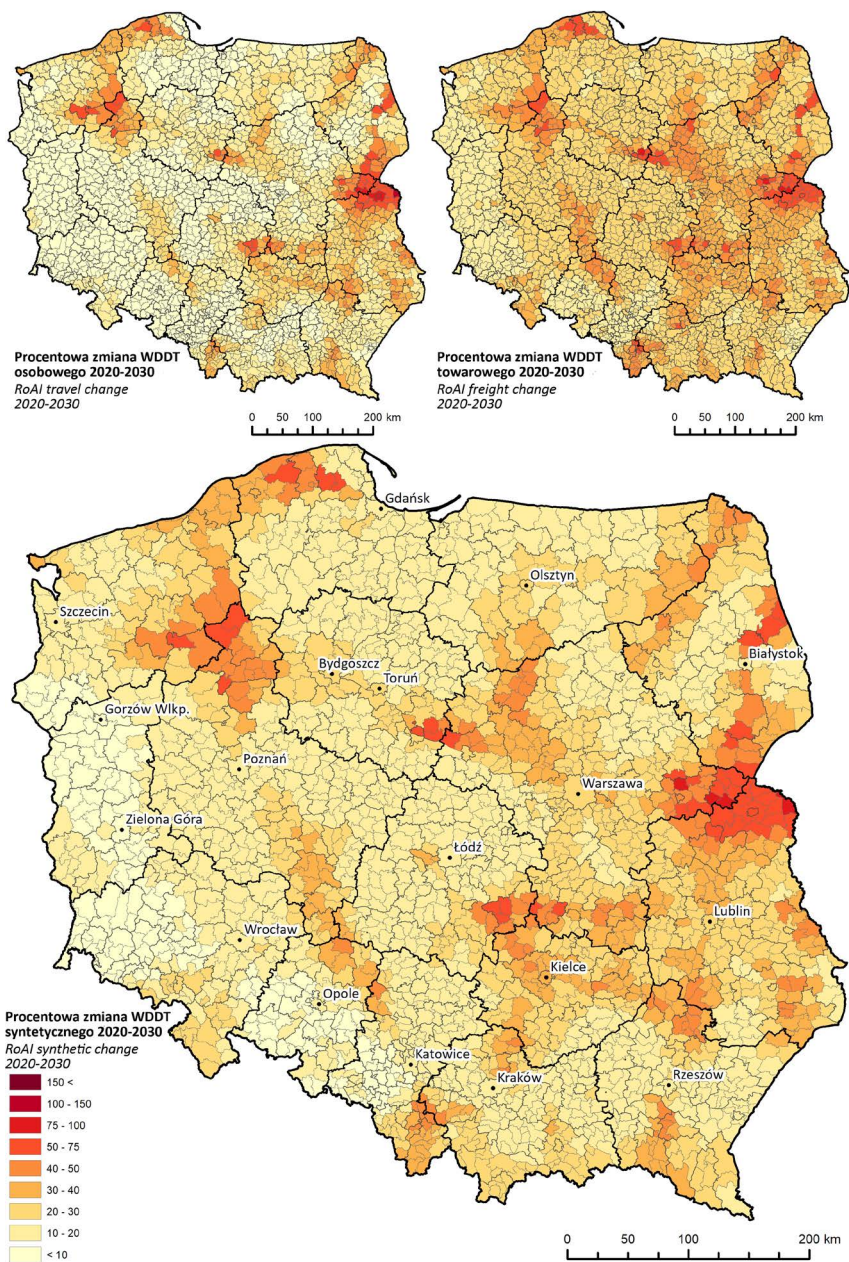
WKDT – Wskaźnik Kolejowej Dostępności Transportowej,

WLDT – Wskaźnik Lotniczej Dostępności Transportowej,

WŻDT – Wskaźnik Wodnej-Śródlądowej Dostępności Transportowej,

WMDT – Wskaźnik Międzygałęziowej Dostępności Transportowej.

Źródło: Rosik i in. (2021a)



Ryc. 3.6. Procentowa zmiana wskaźnika WDDT (Wskaźnik Drogowej Dostępności Transportowej; osobowy, towarowy i syntetyczny) w latach 2020-2030

Fig. 3.6. Percentage change in Road Accessibility Indicator (passenger, freight and synthetic; 2020-2030)

Źródło: Rosik i in. (2021a). Opracowanie kartograficzne: S. Goliszek

Wszystkie opisane etapy rozwoju metodologii obliczania wskaźnika dostępności potencjałowej w Polsce nawiązywały do zasad opisanych w literaturze przedmiotu oraz stosowanych równoległe na poziomie europejskim.

Analogiczne prace dla terytorium Unii Europejskiej (później dla tzw. przestrzeni ESPON) prowadzone były m.in. w ramach projektów IASON, ESPON 1.2.1., ESPON 1.3.1, ESPON TRACC i ESPON SeGI. Realizowały je międzynarodowe konsorcja badawcze, których uczestnikiem był w kilku wypadkach IGiPZ PAN oraz członkowie zespołu opracowującego metodykę obliczania wskaźnika WMDT. Zapewniło to kompatybilność wyników względem rezultatów badań międzynarodowych.

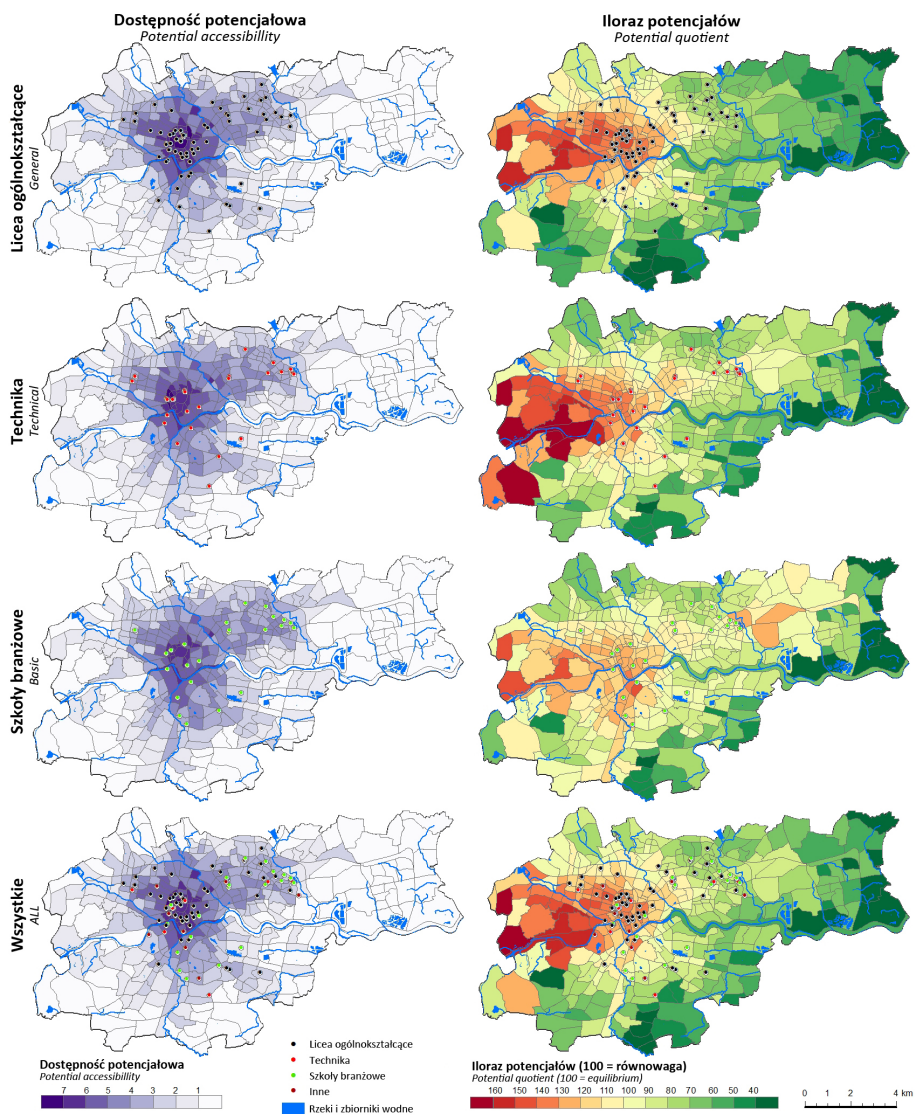
3.3. Dostępność uwzględniająca efekty konkurencji

Tradycyjne modele potencjału nie uwzględniają **efektów konkurencji** (*competition effects*), tzn. sytuacji gdy przykładowo na rynku pracy zakłady pracy konkurują o pracowników, a pracownicy konkurują o miejsca pracy. Analogiczna sytuacja może mieć miejsce również w przypadku dostępności do niektórych usług zdrowotnych (np. specjalistyczne szpitale) lub edukacyjnych (np. uniwersytety).

Aby uwzględnić efekty konkurencji, można zasugerować trzy możliwe podejścia. Pierwszym podejściem jest próba włączenia wpływu konkurencji poprzez podzielenie możliwości związanych z celami podróży znajdujących się w pewnym zasięgu (izochronie) od źródła podróży (tzw. potencjał podaży) w rejonie transportowym i przez potencjał popytu związany ze źródłem podróży w rejonie transportowym i (Weibull, 1976; Knox, 1978; Van Wee i in., 2001). Zdaniem Geursa i van Wee (2004) podejście to jest użyteczne, jeżeli odległość podróży pomiędzy źródłem a celem podróży jest stosunkowo niewielka, jak np. w przypadku usług podstawowych takich jak apteki, przedszkola lub szkoły podstawowe. To podejście jest zbliżone do analizy dostępności na bazie wyposażenia infrastrukturalnego (jeżeli dotyczy np. obszaru jednostki statystycznej). Wadą tego podejścia jest fakt, iż nie uwzględnia przestrzennych interakcji np. między pracownikami a miejscami pracy znajdującymi się w sąsiadujących ze sobą jednostkach statystycznych/rejonach transportowych.

3.3.1. Iloraz potencjałów

Drugim podejściem jest wykorzystanie **ilorazu potencjałów** (lub alternatywnie różnicy potencjałów) poprzez porównanie dwóch potencjałów, tj. potencjału podaży (w zasięgu od każdego źródła podróży) i potencjału popytu (w zasięgu od każdego celu podróży) (Breheny, 1978; Joseph i Bantock, 1982). Podejście to jest przydatne jest w analizie dostępności w takich motywacjach podróży, gdzie dostępne możliwości/placówki usługowe mają ograniczenia w pojemności (np. w analizie obiektów rekreacyjnych typu baseny lub kluby fitness).



Ryc. 3.7. Iloraz potencjałów (z prawej) i dostępność potencjalowa (z lewej) do różnych typów szkół ponadpodstawowych w Krakowie
 Fig. 3.7. Potential accessibility of different types of upper secondary school and potential quotient
 Źródło: Rosik i in. (2021b). Opracowanie kartograficzne: S. Goliszek

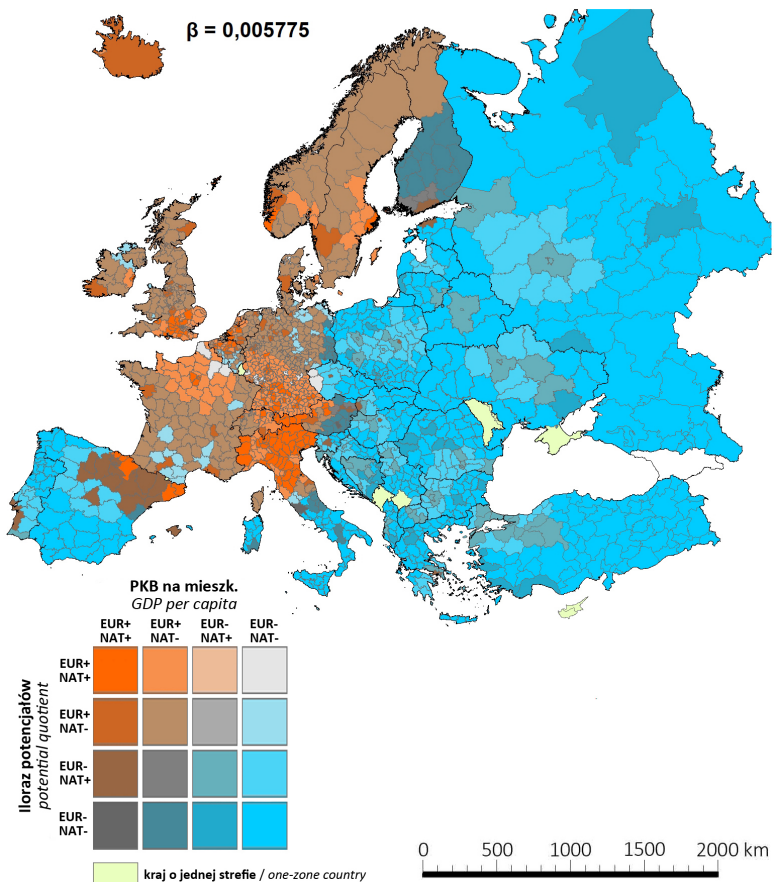
Iloraz potencjałów jest również przydatny do szacowania dostępności ofert pracy (Weibull, 1976) czy lekarzy pierwszego kontaktu (Knox, 1978). Może być on również stosowany do modelowania dostępności do szkół średnich (Guzik, 2003). W tym przypadku liczba uczniów/studentów tworzy potencjał edukacyjny (podażowy) (E_i), a liczba osób w wieku szkolnym tworzy potencjał populacyjny (popytowy) (P_i). Postać tego równania jest następująca:

$$A_i = \frac{D_i F(t_{ii}) + \sum_j^n D_j F(t_{ij})}{O_i F(t_{ii}) + \sum_j^n O_j F(t_{ij})} = \frac{E_i}{P_i} \quad (3.6)$$

gdzie: D_i, D_j – liczba uczniów w szkołach zlokalizowanych odpowiednio w rejonie transportowym i lub j ; O_i, O_j – liczba uczniów w wieku szkolnym zamieszkałych w rejonach transportowych i oraz j ; t_{ii} – czas podróży wewnętrznej w rejonie transportowym i ; t_{ij} – czas podróży transportem publicznym pomiędzy rejonami transportowymi i oraz j .

Wyniki analizy ilorazu potencjałów wskazują duży wyższy kontrast między rejonami transportowymi, nawet między sąsiadującymi ze sobą, co daje duży “potencjał” do wykorzystania tej metody w ujęciu aplikacyjnym, w celu wsparcia decyzyjnego władz samorządowych.

Jak wskazuje się w Rosik in. (2020a) iloraz potencjałów okazał się obiecującym narzędziem do analizy różnic międzyregionalnych na kontynencie europejskim, zarówno w wymiarze europejskim, jak i wewnątrz krajowym. Nadwyżka potencjału ekonomicznego nad potencjałem ludnościowym może wynikać z bliskości geograficznej, a także wysokiej jakości połączeń międzyregionalnych z centrami działalności gospodarczej. Na poziomie międzynarodowym najważniejszym czynnikiem wpływającym na wynik jest bliskość europejskiego rdzenia, a w przypadku obszarów przygranicznych – bliskość krajów znacznie różniących się pod względem dochodów. W zależności od potrzeb wynikających z zakresu przestrzennego, np. kontekst europejski lub krajowy, a także wybranej w badaniu motywacji podróży, np. dojazdy do pracy lub migracje, iloraz potencjałów, w szczególności w porównaniu z PKB na mieszkańca, może być dobrym miernikiem rozróżnienia obszarów rdzeniowych i peryferyjnych, w tym także może być wykorzystany do rozwinięcia koncepcji peryferii wewnętrznych w Europie (ryc. 3.8), tzw. *inner peripheries*. Dla długich podróży (por. rozwinięcie definicyjne długich podróży w rozdziale 4.3.1) widać, iż pojawiają się regiony, które niezależnie od zasięgu przestrzennego badania (wymiar wewnątrz krajowy czy też ogólnoeuropejski) charakteryzują się jednoczesną nadwyżką potencjału ekonomicznego nad potencjałem ludnościowym (EUR +, NAT +) i PKB na mieszkańca poniżej średniej (EUR -, NAT -). Są to Pas-de-Calais, Aisne i Ardeny we Francji, a także Karlowe Wary i Pilzno w Czechach oraz niektóre inne małe rejony transportowe w południowej części Niemiec. W tych regionach bliskość bogatych rynków nie spowodowała poprawy ich względnej pozycji ekonomicznej w sensie PKB per capita w stosunku do sąsiadów. W dokładnie odwrotnym przypadku dla potencjału ekonomicznego niższego niż potencjał ludnościowy w obu wymiarach przestrzennych (EUR -, NAT -) i PKB na mieszkańca powyżej średniej (EUR +, NAT +) można zauważyć regiony miejskie, takie jak Rzym, Graz i Drezno (ryc. 3.8).



Ryc. 3.8. Typologia regionów w Europie w zależności od relacji* między PKB na mieszkańca a ilorazem potencjału na poziomie wewnątrz europejskim (EUR) i wewnątrz krajowym (NAT) dla wartości CATCH-time równej 120 minut w 2015 r.

* W przypadku PKB na mieszkańca EUR +/- i NAT +/- oznaczają odpowiednio wartość powyżej / poniżej średniej w Europie i średniej dla kraju; dla ilorazu potencjału EUR +/- i NAT +/- oznaczają nadwyżkę / niedobór potencjału ekonomicznego w stosunku do potencjału ludnościowego odpowiednio na poziomie wewnątrz europejskim i wewnątrz krajowym

Fig. 3.8. Typology of regions in Europe depending on the relationship* between GDP per capita and potential quotient at the intra-European (EUR) and intranational (NAT) level for CATCH-time values 120 minutes in 2015

*For GDP per capita, EUR +/- and NAT +/- means the value above/below respectively the intra-European and intranational average; for potential quotient, EUR +/- and NAT +/- means the surplus/shortage of economic potential relative to population potential at the intra-European and intranational level respectively

Źródło: Rosik i in. (2020a).

3.3.2. Model podwójnej ograniczonej interakcji przestrzennej

Trzecie podejście oparte jest na czynnikach równoważących (*inverse balancing factors*) w modelu podwójnie ograniczonej interakcji przestrzennej (*doubly constrained spatial interaction model*) Wilsona (Wilson, 1971). Na wstępie warto zwrócić uwagę na bliski związek między dostępnością potencjałową a modelami grawitacji (Wilson, 1971). Związek ten jest tak silny, że w niektórych przeglądach literaturowych modele grawitacji są nazwą zamiennie stosowaną z dostępnością potencjałową. Według Chojnickiego (1966) podstawowa różnica między potencjałem a grawitacją polega na tym, że modele potencjału, analogicznie do pojęcia potencjału grawitacyjnego, przedstawiają „potencjalne” oddziaływanie mas j na jedną masę (ośrodek, obszar) i , natomiast modele grawitacji, zbliżone do siły lub energii grawitacyjnej, pokazują wielkość wzajemnego oddziaływania dwóch mas, tj. masy i oraz masy j . Chojnicki (1966) wskazuje ponadto na pierwotność pojęcia grawitacji w stosunku do pojęcia potencjału.

Przestrzenne interakcje między rejonem transportowym i oraz rejonem transportowym j są zgodne z formułą:

$$Z_{ij} = a_i b_j O_i D_j f(c_{ij}) \quad (3.7)$$

gdzie: Z_{ij} – przestrzenne interakcje (wielkość przepływów) między rejonem transportowym i a rejonem transportowym j , a_i , b_j – czynniki równoważące (określane również jako parametry konkurencji), O_i – masy (atrakcje) dostępne w źródle podróży tj. rejonie transportowym i , np. liczba mieszkańców (potencjalnych pracowników), D_j – masy (atrakcje) dostępne w celu podróży tj. rejonie transportowym j , np. liczba miejsc pracy, $f(c_{ij})$ – funkcja oporu przestrzeni.

Czynniki równoważące a_i i b_j przyjmują postać:

$$a_i = \frac{1}{\sum_j b_j D_j f(c_{ij})} \quad (3.8)$$

$$b_j = \frac{1}{\sum_i a_i O_i f(c_{ij})} \quad (3.9)$$

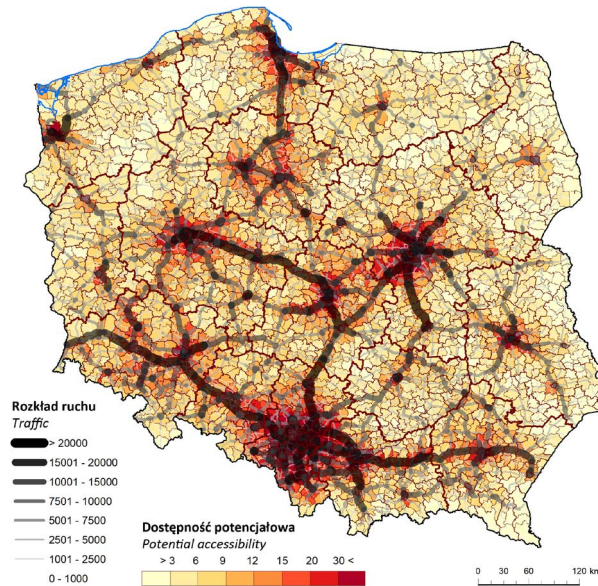
Czynnik równoważący a_i zapewnia, że wielkość przepływów mających swój początek w rejonie transportowym i (np. liczba dojazdów do pracy) odpowiada masie (atrakcjom) dostępnych w rejonie transportowym i (np. liczbie pracowników). Z kolei czynnik równoważący b_j zapewnia, że wielkość przepływów mających swój koniec w rejonie transportowym j (np. liczba dojazdów do pracy) odpowiada masie (atrakcjom) dostępnych w rejonie transportowym j (np. liczbie miejsc pracy). Ponieważ oba parametry są wzajemnie od siebie zależne, powinny być estymowane wielokrotnie (iteracyjnie), aż do osiągnięcia równowagi (Geurs i van Eck, 2001). Według Ratajczaka (1999), mimo że modele przestrzennych interakcji Wilsona bazują głównie na termodynamice, a nie na teorii grawitacji, to jednak opisują, podobnie jak modele potencjału, to samo pole oddziaływań, które występuje pomiędzy masami.

Jak wskazują Geurs i van Eck (2001) **model podwójnie ograniczonej interakcji przestrzennej** wykorzystywany jest wówczas, gdy konkurencja występuje zarówno po stronie popytowej jak i podażowej, tzn. np. na rynku pracy, gdy pracownicy konkurują o miejsca pracy, a pracodawcy konkurują o pracowników. W sytuacji, gdy konkurencja ma miejsce tylko po stronie popytu, lub tylko po stronie podaży (np. w przypadku sieci handlowych, które konkurują o klientów, ale klienci nie konkurują ze sobą o dostęp do sieci handlowych lub w publicznej ochronie zdrowia, gdy odwrotnie, szpitale nie konkurują o pacjentów, ale pacjenci mogą konkurować ze sobą o dostęp do szpitala), wykorzystuje się **model pojedynczej ograniczonej interakcji przestrzennej** (*single constrained spatial interaction model*), w którym formuła dotycząca czynnika równoważącego a_i przypomina tradycyjny wzór na dostępność potencjałową, lub raczej odwrotność tego wzoru.

Zaletą modelu podwójnie ograniczonej interakcji przestrzennej jest możliwość uchwycenia efektów konkurencji (Geurs i van Eck, 2001), szczególnie gdy występują zarówno po stronie popytowej jak i podażowej. Wadą wskaźnika jest to, iż jest on trudno zrozumiały przez decydentów, szczególnie w kontekście potrzeby wielokrotnej iteracji. Z kolei model pojedynczej ograniczonej interakcji przestrzennej na zalety i wady analogiczne do modeli potencjału.

W Polsce jak dotąd modele grawitacji w analizie dostępności zostały użyte przykładowo w analizie rynku pracy w Warszawie przez Niedzielskiego (2006), Niedzielskiego i Śleszyńskiego (2008) oraz Kowalskiego (2017). Trudności w estymowaniu modelu interakcji z ograniczeniem podwójnym skutkują jednak relatywnie rzadkim (w porównaniu do badań potencjałowych) stosowaniem modeli grawitacji przy badaniach dostępności transportowej (Geurs i van Wee, 2004).

Warto jednak odnieść się do relacji między potencjałem a grawitacją w kontekście **kartograficznym**. O ile wyniki analiz dostępności **potencjałowej** dotyczące zróżnicowania dostępności w przestrzeni są zazwyczaj prezentowane w formie **kartogramu** (choć część kartografów uważa, że lepszym rozwiązaniem, z racji zwyczajowego przypisania wyników do węzła, byłby kartodiagram), o tyle prezentacja wyników modeli **grawitacji**, gdzie przedmiotem analizy są potoki ruchu na sieci, zazwyczaj jest w formie **kartodiagramu wstęgowego**. Poniżej zaprezentowano przykład jednoczesnej prezentacji wyników modelu grawitacji (z wykorzystaniem oprogramowania VISUM, por. Rosik i in., 2018) oraz modelu potencjału dla dojazdów na zakupy, gdzie atrakcją jest liczba supermarketów, hipermarketów, domów towarowych i domów handlowych (2010), a funkcja oporu przestrzeni jest eksponentą z parametrem $\beta = 0,069315$, co daje tzw. CATCH-time dla 10 minut (bardzo krótkie podróże; pojęcie CATCH-time, por. rozdział 4.2.3) (ryc. 3.9). Rycina ukazuje, że potencjał i grawitacja to dwie strony tego samego medalu i przy założeniu tożsamesgo oporu przestrzeni oraz atrakcyjności celu podróży (w tym przypadku centra handlowe) obszary o wysokim potencjale charakteryzują się jednocześnie wysokim obciążeniem ruchu. Pewnym wyjątkiem są autostrady i drogi ekspresowe przenoszące ruch również poza obszarami wysokiego potencjału (ryc. 3.9).



Ryc. 3.9. Hipotetyczny rozkład średniobowego natężenia ruchu pojazdów osobowych w 2010 r. dla dojazdów na zakupy (ujęcie modelowe gdy cały ruch na sieci jest w jednej motywacji) na tle rozkładu dostępności potencjalowej dla dojazdów na zakupy

Fig. 3.9. Theoretical distribution of traffic of passenger vehicles in 2010. All traffic in one motivation - shopping (including external traffic). Potential accessibility to supermarkets

Źródło: opracowanie własne. Opracowanie kartograficzne: S. Goliszek

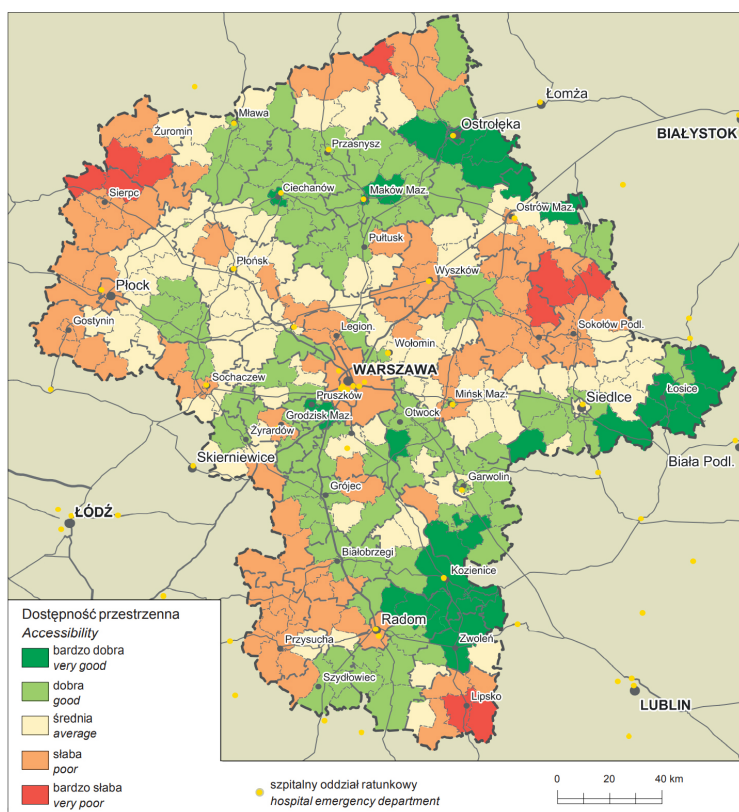
3.3.3. 2SFCA

Specjalnym przypadkiem modelu grawitacyjnego przestrzennych interakcji jest 2SFCA (*two-step floating catchment area method*), w polskiej literaturze również pod nazwą **dwuetapowej metody analizy obszarów rynkowych** (Stępnia, 2013). Metoda ta szczególnie często jest stosowana do oceny dostępności do placówek ochrony zdrowia. Jak wskazuje Stępnia (2013) badania z wykorzystaniem 2SCFA składają się z dwóch etapów. W pierwszym etapie wyznaczany jest zasięg obszaru rynkowego każdej placówki świadczącej usługi (potencjalnego celu podróży) uwzględnionej w badaniu, na podstawie przyjętej wartości granicznej (np. obszar ograniczony izochroną 45-minutową). Dla każdej placówki oblicza się indywidualny wskaźnik liczby miejsc danej placówki przypadających na zsumowaną liczbę mieszkańców (potencjalnych klientów, np. pacjentów) zamieszkujących obszar rynkowy. W drugim etapie nacisk położony jest na miejsca zamieszkania, względnie węzły systemu od strony źródła podróży (np. centroid jednostki administracyjnej itp.). Dla każdego ze zdefiniowanych źródeł podróży wyznaczany jest obszar rynkowy, tak jak w pierwszym etapie, za pomocą przyjętej wartości granicznej. Następnie, dla każdego miejsca zamieszkania obliczany jest wskaźnik dostępności poprzez zsumowanie wartości uzyskanych na pierwszym etapie dla

wszystkich placówek znajdujących się na obszarze indywidualnego obszaru rynkowego związanego z miejscem zamieszkania (ryc. 3.10).

Jak wskazuje Stępnia (2013) do zalet metody 2SFCA, oprócz faktu uwzględniania konkurencji, jest to, iż wyniki są łatwe w interpretacji oraz porównywalne w zakresach czasowych i przestrzennych. Pewnym problemem w przypadku stosowania izochrony jest wada dostępności kumulatywnej, którą jest przyjęta wartość graniczna zasięgu obszaru rynkowego. Innym problemem jest różna percepcja obszaru rynkowego w centrum (miasto) i na peryferiach (obszar wiejski).

Rodzina miar FCA (*floating catchment area*) jest dość duża. Istnieje wiele metod opartych na FCA, z których każda zawiera pewne ulepszenia, np. ulepszona 2SFCA (E2SFCA), 2SFCA z wykorzystaniem nieparametrycznych estymatorów jądrowych (KD2SFCA) lub trój etapowa metoda analizy obszarów rynkowych (3SFCA) (Bryant i Delamater, 2019).



Ryc. 3.10. Dostępność przestrzenna SOR mierzona metodą 2SFCA na podstawie liczby łóżek oddziału w województwie mazowieckim

Fig. 3.10. Spatial accessibility to hospital emergency departments by 2SFCA method based on No. of beds in unit

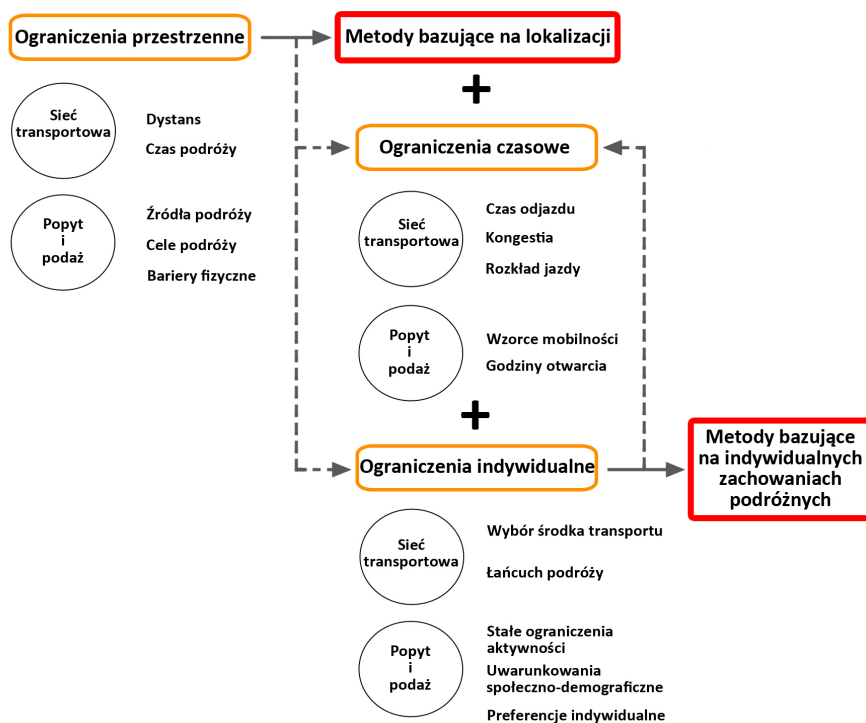
Źródło: Stępnia (2013).

3.4. Dostępność spersonalizowana

Metody analizy dostępności uwzględniające indywidualne zróżnicowania w poziomie dostępności są trudne do określenia w języku polskim. Na wstępnym etapie prac nad dostępnością w IGiPZ PAN korzystano z błędnego określenia dostępność spersonifikowana (personifikacja w bezpośrednim rozumieniu oznaczałoby nadawanie cech ludzkich dostępności). Wydaje się, że lepszym określeniem odnoszącym się do tego zbioru metod analizy dostępności jest termin **dostępność spersonalizowana** (*person-based accessibility*), odnosząca się do poszczególnych ludzi i ich aktywności, a nie do miejsc.

W ramach zbioru metod dostępności spersonalizowanej wyróżnia się dwie najważniejsze grupy metod, tj. metody oparte na geografii czasoprzestrzeni i metody oparte na teorii użyteczności.

W ujęciu ogólnym ewolucja modeli opartych na lokalizacjach w kierunku modeli bazujących na zachowaniu człowieka jest pochodną dodawania zmiennych w postaci ograniczeń czasowych i indywidualnych, zgodnie ze schematem przedstawionym na ryc. 3.11.



Ryc. 3.11. Schemat ukazujący metody analizy dostępności. Od modeli bazujących na lokalizacji do modeli bazujących na zachowaniu człowieka

Fig. 3.11. From place-based to person-based models

Źródło: Fransen i Faber (2019)

Podsumowując, modele **dostępności mierzonej w geografii czasoprzestrzeni** (*space-time geography*) są, wraz z **dostępnością mierzoną maksymalizacją użyteczności** oraz **dostępnością bazującą na aktywnościach**, nazywane również modelami bazującymi na zachowaniu człowieka/uczestnika ruchu, w skrócie **dostępnością spersonalizowaną** (*person-based accessibility measure*). W odróżnieniu od metod dostępności, które oparte są na lokalizacjach, modele wykorzystujące czasoprzestrzeń mają silne oparcie w behawioryzmie. Behawioryzm ujawnia się przez obserwację harmonogramu działań użytkownika ruchu (lub członków gospodarstwa domowego) (Neutens i in., 2008).

3.4.1. Dostępność w geografii czasoprzestrzeni

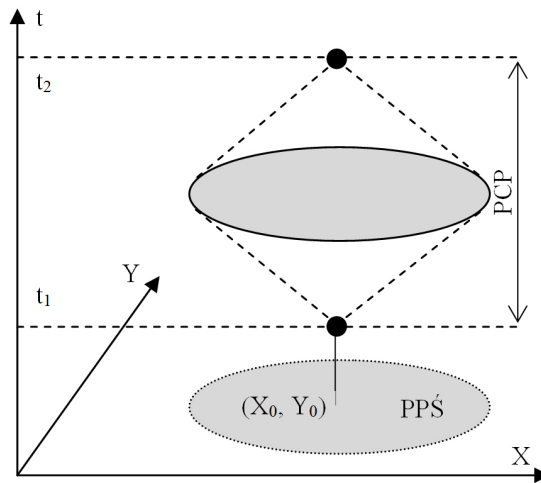
Jednym z głównych twórców teoretycznych podstaw modeli **geografii czasoprzestrzeni** (szwedzka geografia czasu) jest Hägerstrand (1970), który opublikował w 1970 r. pracę pod znamienym tytułem: „Co z ludźmi w naukach regionalnych?” (*What about people in regional science?*). Głównym wyróżnikiem tej grupy modeli jest wyraźne podkreślenie znaczenia wymiaru czasowego i przestrzennego, a przede wszystkim ograniczeń czasowych i przestrzennych w dostępności transportowej użytkownika sieci. Do ograniczeń należą czynności obowiązkowe wykonywane codziennie przez uczestnika ruchu, do których zalicza się godziny spędzone w miejscu pracy i miejscu zamieszkania, odwożenie członków rodziny do pracy, szkoły, przedszkola, itp. Z kolei do czynności dobrowolnych należą np. zakupy, rozrywka, wyjścia rekreacyjne, turystyczne, odwiedziny znajomych (por. podrozdział 4.3.1). Istotność ograniczeń w metodzie analizy dostępności opartej na geografii czasoprzestrzeni podkreślają Baradaran i Ramjerdi (2001), którzy określają bezpośrednio opisywaną metodę jako **podejście oparte na ograniczeniach** (*constraints-based approach*).

Czasoprzestrzeń (trzy wymiary) jest reprezentowana przez tzw. **pryzmę czasoprzestrzeni** (*space-time prism*) lub też **przestrzeń potencjalnych ścieżek** (*potential path space*), do której wchodzi zarówno **dwuwymiarowa powierzchnia potencjalnych ścieżek** (*potential path area*; PPA) jak i czas. Pryzma czasoprzestrzeni jest określona przez zbiór potencjalnych ścieżek w ramach czasu i przestrzeni dostępnych w ramach ograniczeń czasowoprzestrzennych. Na przestrzeń potencjalnych ścieżek mają wpływ następujące czynniki (Neutens, 2008):

- lokalizacje kotwiczne (*anchor locations*) – lokalizacje czynności obowiązkowych dla uczestnika ruchu (miejsce zamieszkania, miejsce pracy, przedszkole, itp.),
- ramy czasowe, które użytkownik ruchu może przeznaczyć na czynności dobrowolne i podróżowanie; Hägerstrand (1970) zwraca uwagę na limity biologiczne związane z potrzebą snu, regularnego spożywania posiłków itd.

- możliwe do uzyskania prędkości ruchu w określonym czasie; na terenach miejskich również uwzględnione ulice jednokierunkowe, zakazy zawracania oraz zróżnicowanie kongestii w różnych dzielnicach (Kim i Kwan, 2003),
- minimalny czas potrzebny do realizacji czynności obowiązkowych i dobrowolnych.

Pryzmę czasoprzestrzeni konstruuje się przy założeniu, że uczestnik ruchu zlokalizowany w momencie czasu t_1 w węźle źródła podróży (X_0, Y_0) ma w momencie t_2 być z powrotem w tym samym węźle (ryc. 3.12). Dostępny czas dla wszystkich czynności/aktywności to różnica między momentami czasu w postaci $t_2 - t_1$. Poszczególni autorzy modyfikowali pryzmę czasoprzestrzeni poprzez zróżnicowanie prędkości w modelu ruchu, wprowadzanie wielomotywuacyjnych podróży i zmian w harmonogramie zajęć uczestnika ruchu (Baradaran i Ramjerdi, 2001).



Ryc. 3.12. Powierzchnia potencjalnych ścieżek (PPS) oraz pryzma czasoprzestrzeni (PCP)

Fig. 3.12. Demonstration of PPA and PPS

Źródło: Baradaran i Ramjerdi (2001, s. 34).

Powierzchnia potencjalnych ścieżek (*potential path area*; PPA) bywa często utożsamiana z przestrzenią potencjalnych ścieżek. Przegląd PPAs, jak i tzw. przestrzeni aktywności (*activity spaces*, ASs) wykonali Patterson i Farber (2015). PPAs odnoszą się do zakresu przestrzeni, w którym jednostki mogą uczestniczyć w działaniach podlegających ograniczeniom czasowym i innym (w tym np. dostępność środków transportu). Z kolei, **przestrzenie aktywności** (ASs), odnoszą się do tych lokalizacji, z którymi jednostki mają bezpośredni kontakt w wyniku codziennych działań. PPAs mają swoje źródło w publikacjach Hägerstranda (1970) i Lenntorpa (1976), natomiast włączenie po raz pierwszy wszystkich dziennych PPAs do pryzmy czasoprzestrzeni, jako Daily PPA lub DPPA było dziełem Kwana (1999).

Również na początku lat 1970. geografowie behawioralni rozpoczęli stosowanie terminu przestrzenie aktywności (ASs) (Horton i Reynolds, 1970; Brown and Moore, 1970). Termin przestrzenie aktywności jest najczęściej używany, choć

zdarzają się w literaturze transportowej, geograficznej i zdrowia, też określenia typu: przestrzeń świadomości (*awareness space*) (Brown and Moore, 1970) lub pola podróży (*travel fields*) (Zahavi, 1979). Metody operacjonalizacji ASs można podzielić na pięć kategorii: elipsy i okręgi, podejście oparte na sieci (*network-based approach*), podejście oparte na funkcji jądra gęstości (*Kernel density*), minimalne wielokąty wypukłe (*minimum convex-hull polygons*) i inne (szerzej w Patterson i Farber (2015)). Patterson i Farber (2015) wyróżniają sześć głównych celów, dla których stosuje się analizę PPA i ASs. Jednym z tych celów jest obliczanie dostępności do celów podróży/destynacji/możliwości.

W literaturze przedmiotu można znaleźć wiele badań na ten temat. Kwan, a za nim inni autorzy, zastosowali koncepcje czasoprzestrzenne do obliczania dostępności do możliwości (Kim i Kwan, 2003; Kwan, 1998, 1999; Weber, 2003; Weber i Kwan, 2002). Za nimi podążyli inni autorzy (Casas i in., 2009; Neutens i in., 2012; Widener i in., 2013). Neutens i in. (2010) zaczęli również uwzględniać postępy związane z pracą Burnsa (1979), rozszerzoną przez Millera (1999) w celu ważenia możliwości w zależności od indywidualnych korzyści/użyteczności lub tego, co określa się miarami Burnsa-Millera.

Podczas gdy dostępność do możliwości jest ogólnie uważana za rzecz pozytywną, w ostatnich latach wykorzystano pojęcie dostępności do określenia **narażenia/ekspozycji** (*exposure*) – pojęcia używanego zarówno w negatywnym, jak i pozytywnym znaczeniu. Przykładowo, Kestens i in. (2010) odnoszą się do ekspozycji na sklepy owocowo-warzywne jako pozytywnego aspektu dostępności, ale do ekspozycji na restauracje typu fast food jako negatywnego zjawiska. Inne prace dotyczące ekspozycji w kontekście dostępności to m.in. Kestens i in. (2010), Lebel i in. (2011) oraz Zenk i in. (2011).

Podobnie bardzo interesujące jest spojrzenie na aspekty pozytywne i negatywne w kontekście wielkości ASs. Susilo and Kitamura (2005) wskazują, że wysoka mobilność ma dwojakie implikacje – osoba jest zdolna do wykonywania różnych czynności w różnych miejscach (wartość pozytywna) oraz że musi podróżować w celu zaspokojenia swoich potrzeb (wartość negatywna).

Podsumowując, dostępność mierzona w geografii czasoprzestrzeni ma niewątpliwą zaletę w postaci uwzględniania czasowych ograniczeń aktywności człowieka i wielomotywacyjnych podróży podejmowanych przez uczestników ruchu z podziałem na cechy społeczno-ekonomiczne, płeć, wiek lub grupę etniczną. Słabymi stronami tej grupy modeli są: trudność w uzyskaniu danych dotyczących harmonogramu dziennych zajęć uczestników ruchu oraz ich niekompletność, a także zbyt duże skomplikowanie modelu przy założeniu zmiennych prędkości ruchu (Baradaran i Ramjerdi, 2001). Mimo znacznego postępu, jaki dokonał się w technikach GIS-owskich, stworzenie poprawnego algorytmu podróży nadal stwarza geografom problem. Jest to jedna z przyczyn zawężenia badania do obszaru metropolitalnego, dzielnic miast oraz próby badawczej, a nie całej populacji. Przykładem jest model PESASP (*Program Evaluating the Set of Alternative Sample Paths*), używany przy analizach transportu publicznego w miastach, dostępności miejsc pracy dla kobiet w różnych

etapach życia oraz dostępu do usług edukacyjnych lub ochrony zdrowia dla ludzi starszych na terenach wiejskich. Na wyższym poziomie agregacji, ze względu na brak odpowiednich danych, nie podejmuje się badań dostępności mierzonej w geografii czasoprzestrzeni. Modele te ponadto kładą nacisk na stronę popytową i z tego względu nie są odpowiednie do badań efektów konkurencji np. na rynku pracy (Geurs i van Eck, 2001).

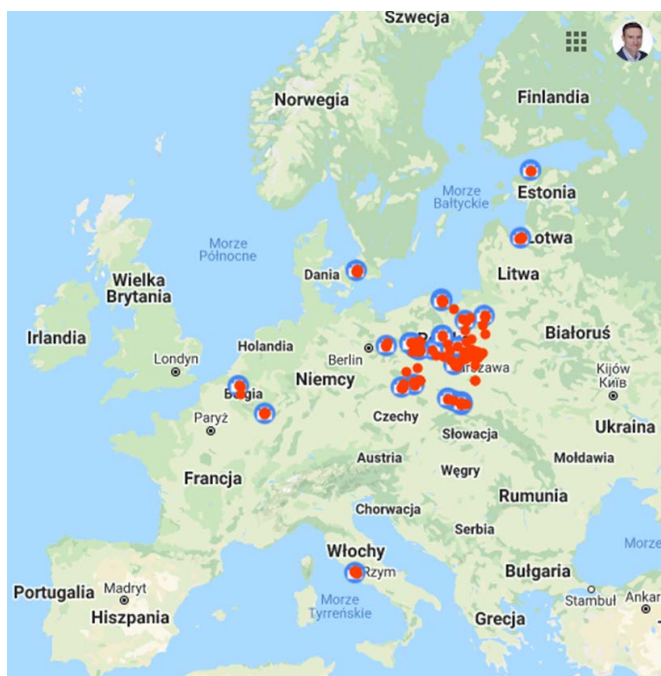
3.4.2. Dostępność życiowa i Big Data

W „kultowym” artykule Hägerstranda (1970) autor powołał się na koncept *ścieżki życia* (*life path*), której częścią są roczne, miesięczne, tygodniowe i dzienne ścieżki życia. Ścieżka życia zaczyna się od momentu urodzin a kończy się w momencie śmierci. W raju, czy też w ogrodzie Eden, jak wskazuje Hägerstrand (1970) nie było żadnych ograniczeń, Adam i Ewa mieli wszystkiego pod dostatkiem i mogli korzystać z wszystkich dobroci ogrodu za wyjątkiem kosztowania owoców drzewa poznania dobra i zła. Jednak w naszym codziennym zwyczajnym życiu ścieżki życia zostają złapane w całe sieci ograniczeń (*net of constraints*). Hägerstrand (1970) konkluduje, że życie jest długą serią małych zdarzeń, z których większość stanowi rutynę (np. seria podróży dom-praca-dom wykonywanych regularnie w przeciągu roku), ale część stanowi **krytyczne bramy** (np. przeprowadzka, zmiana miejsca pracy, trybu życia np. podczas pandemii COVID-19).

Hägerstrand już w 1970 r. wskazywał na **telekomunikację** (telefon), dzięki której znacząco wzrosła dostępność (brak potrzeby wykonywania podróży w ramach danej aktywności/spotkania się z drugim człowiekiem). W epoce internetu, gdy jak wskazuje Friedman (2005) – świat jest płaski, dostępność w coraz większym stopniu zależy od dostępności szerokopasmowego internetu, a nie dostępności do najbliższego przystanku. Pandemia COVID-19 pokazała, że tradycyjny model codziennych podróży dom-praca-dom uległ załamaniu i w wielu branżach jest wysoce prawdopodobne, że powrót do tradycyjnej formy pracy sprzed pandemii nie jest opłacalny ani dla pracodawców ani dla pracowników. Z kolei zakupy przez internet, również ograniczyły potrzebę wykonywania wyjazdów na zakupy, do sieci handlowych itd. Uczniowie i studenci zaczęli wykorzystywać zdalną naukę do podniesienia własnych kwalifikacji. Wzrost znaczenia komunikacji on-line i COVID-19 mają duże znaczenie dla percepcji dostępności.

Jak wskazują Gupta i in. (2021) głównym paradoksem **ery internetu** było to, że narzędzia cyfrowe, które umożliwiają współpracę na większe odległości, doprowadziły do jeszcze większej koncentracji działalności gospodarczej w nielicznych, gęstych obszarach miejskich. Z kolei **pandemia COVID-19** doprowadziła do częściowego zahamowania tego trendu. Rozproszenie działalności jest szczególnie silne w kontekście zróżnicowania czynszów, ale jest widoczne

również dla sprzedaży, co sugeruje, że niektóre z efektów czynszowych mogą utrzymywać się nawet po zakończeniu pandemii. Te przesunięcia wydają się być związane z praktykami dotyczącymi pracy w domu, co sugeruje, że mogą się one utrzymywać w zakresie, w jakim pracodawcy nadal będą zezwalać na pracę zdalną. Zgodnie zatem z konkluzjami Gupta i in. (2021) pandemia COVID-19 zmieniła, tj. wypłaszczyła, percepcję dostępności rdzeń-peryferie w układach miejskich. To jak długo wypłaszczenie będzie się utrzymywać zależy od tego jak będzie się zachowywać rynek pracy i jak będzie wyglądała praca hybrydowa itd.



Ryc. 3.13. Historia lokalizacji autora opracowania dla roku 2019
 Fig. 3.13. Locations of the author's trips in the year of 2019
 Źródło: timeline.google.com

Na ścieżkę życia duży wpływ zatem mają **szoki zewnętrzne** (jak np. pandemia COVID-19) jak i szoki indukowane wewnętrznymi potrzebami (np. przeprowadzka, migracje, zmiana pracy). W kontekście empirycznym ścieżkę własnego życia można rejestrować z wykorzystaniem narzędzia google Oś czasu w Mapach Google, która zawiera prawdopodobnie odwiedzone miejsca i przebyte trasy określone na podstawie Historii lokalizacji. Autor niniejszego opracowania prześledził lata 2019-2021 i może stwierdzić, że zarówno w codziennym życiu, jak i przede wszystkim w dalekich podróżach pandemia COVID-19 miała duży wpływ na jego percepcję dostępności, szczególnie w zakresie dostępności do usług w transporcie lotniczym (ostatni lot realizowany w 2019 r., por. ryc. 3.13).

Badanie ludzkiej mobilności, indywidualnych ruchów w czasie i przestrzeni, jest częścią geografii człowieka od czasów Hägerstranda, ale tym, co obecnie się różni, jest skala i zakres dostępnych danych przestrzennych. W ostatnich latach

nastąpił, na bezprecedensową skalę, wysyp danych dotyczących indywidualnych przestrzeni aktywności (obszarów geograficznych, w których ludzie prowadzą swoje działania społeczne) dla całych populacji zebranych przez urządzenia mobilne. Mobile Big Data zapewniają niezbędne informacje np. do badania rozprzestrzeniania się wirusa w czasie pandemii COVID-19, zrozumienia zmian w codziennych interakcjach i mobilności ludzi oraz śledzenia procesu powrotu do tzw. normalności, względnie śledzenia tzw. nowej normalności w mobilności.

Mobilne Big Data odnoszą się do wszystkich Big Data zawierających informacje przestrzenne (lokalizacja geograficzna zdarzeń) i czasowe (specyfika czasowa zdarzenia). Dane te pokazują zachowania ludzi w przestrzeni i czasie za pośrednictwem unikalnych narzędzi technologicznych, np. inteligentnych lub mobilnych urządzeń, takich jak telefony komórkowe, karty komunikacji miejskiej lub zegarki sportowe, a także aplikacje używanych na tych urządzeniach, takich jak Twitter, Facebook lub Google (Poom i in., 2020). Dane obejmują zapisy szczegółowych połączeń zbieranych przez operatorów sieci komórkowych, a także dane z mobilnych systemów operacyjnych (np. Android lub iOS) uzyskiwane za pośrednictwem GPS i innych sygnałów, które są dostępne tylko dla twórców tych systemów (np. Google lub Apple). Geograficznie zlokalizowane posty na platformach mediów społecznościowych, takich jak Twitter i Instagram, są trzecim przykładem mobilnych Big Data (Poorthuis i in., 2019; Toivonen i in., 2019). Istnieją ponadto tysiące aplikacji mobilnych z funkcjami opartymi na lokalizacji, np. dostawcy prognoz pogody, aplikacje sportowe lub firmy dostarczające żywność, które gromadzą dane o lokalizacji osób w sposób bardziej sporadyczny lub z ukrycia. Wprowadzenie sieci 5G i internetu rzeczy (*internet of things*; IoT) otwiera dalsze możliwości w zakresie mobilnego tworzenia i gromadzenia danych Big Data, w tym środki i możliwości ciągłego monitorowania lokalizacji ludności (Poom i in., 2020).

Jak wskazują Poom i in. (2020) analiza Big Data umożliwiła wgląd w wiele różnych zjawisk społecznych i procesów społeczno-przestrzennych, w tym w sytuacje kryzysowe. Przykłady obejmują np. analizy dotyczące mobilności ludności i dojazdów do pracy (Ahas i in., 2015; Järv i in., 2012), identyfikację przepływów migracyjnych (Kamenjuk i in., 2017) i mobilności transgranicznej (Silm i in., 2020), analizę (nie)równości między grupami ludności i segregacji przestrzennej (Moya-Gómez i in., 2021; Mooses i in., 2016; Shelton i in., 2015; Silm i in., 2018) lub charakteryzowanie zachowań turystycznych (Campagna i in., 2015; Raun i in., 2016; Saluveer i in., 2020). Tym samym Big Data pozwalają obrazować zmiany w percepcji dostępności w poszczególnych motywacjach podróży.

3.4.3. Dostępność mierzona maksymalizacją użyteczności

Innym sposobem włączenia zachowań użytkowników sieci transportowej (komponent indywidualny) jest mierzenie dostępności maksymalizacją użyteczności podróżujących. Podejście to odwołuje się do **modelowania popytu na transport** (*travel demand modelling*) oraz teorii użyteczności. Jest tym samym bezpośrednio powiązane z teorią mikroekonomii, tzn. że **preferencje konsumenta** traktuje się jako miernik wartości i zysków związanych z wyborami podejmowanymi przez uczestnika ruchu (Geurs i van Eck, 2001). Dostępność jest rozumiana jako wynik wyboru między zbiorem możliwych rozwiązań transportowych. Każde z tych rozwiązań jest jednym ze sposobów realizacji konkretnej potrzeby użytkownika sieci. Podróżujący będzie dążył do **maksymalizacji użyteczności** zgodnie z formułą (Baradaran i Ramjerdi, 2001):

$$A_i^n = \max_{i,j} U_{j/i}^n \quad (3.10)$$

gdzie: U – oczekiwana użyteczność, n – uczestnik ruchu (podróżujący), j – cel podróży, i – źródło podróży, oraz:

$$U_{j/i}^n = v_j^n - \beta c_{ij}^n + \varepsilon_{ij} \quad (3.11)$$

gdzie: v – miara atrakcyjności alternatywy j dla podróżującego n , obserwowalna przez tworzącego model, ε – stochastyczna, losowa i nieobserwowalna część użyteczności ($\varepsilon = 0$ dla podróżującego, ale nieznaną dla tworzącego model).

Jak wskazują Geurs i van Eck (2001) rozwój modeli dostępności mierzonej maksymalizacją użyteczności prowadził, przede wszystkim w Stanach Zjednoczonych, do połączenia omawianego podejścia z modelami geografii czasoprzestrzeni. Maksymalizacja oczekiwanej użyteczności w ramach pryzmy czasoprzestrzeni jest szacowana bazując na logistycznym modelu decyzyjnym (Miller, 1999).

Sweet (1997) zaproponował by użyteczność łączną w kontekście dostępności podzielić na oddzielne miary/komponenty w zależności od tego jaki komponent dostępności, tj. transportowy czy użytkownika przestrzeni bierzemy pod uwagę. Łączna użyteczność jest zatem sumą użyteczności:

- związanych z celem podróży, w sensie jego atrakcyjności (w ujęciu ilościowym, tj. wielkość jak i jakościowym), niezależnie od kosztów transakcyjnych związanych z dotarciem do tego celu,
- związanych z indywidualną percepcją użyteczności celu podróży przez danego uczestnika ruchu (np. cmentarz w pobliżu może być bardzo użyteczny dla wdowy odwiedzającej grób męża, ale mniej użyteczny dla mieszkańców nie posiadających grobów bliskich w tej lokalizacji),
- związanych z połączeniem pierwszego i drugiego komponentu użyteczności; jest to parametr resztowy użyteczności, który jest pochodną wyboru przez uczestnika ruchu danego celu podróży; zazwyczaj jest on utożsamiany z kosztami transportu związanymi z dotarciem przez uczestnika ruchu do celu podróży lub też innymi kosztami transakcyjnymi.

Warto zaznaczyć, że relatywnie niewiele badań empirycznych dostępności transportowej zostało przeprowadzonych w oparciu o maksymalizację użyteczności. Rzadkość badań dostępności mierzonej maksymalizacją użyteczności wynika z trudności związanych z uzyskaniem danych dotyczących indywidualnych preferencji podróżującego oraz trudności z interpretacją wyników przez planistów i decydentów politycznych. W celu przezwyciężenia trudności w interpretacji wskaźników, częstym zabiegiem jest ujęcie zmian dostępności w wielkościach pieniężnych (Handy, Niemeier, 1997). Zazwyczaj miary użyteczności są wyprowadzane z wielomianowego modelu logitowego (*multinomial logit model*) wyboru miejsca docelowego lub zagnieżdżonego modelu logitowego (*nested logit model*) wyboru miejsca docelowego i środka transportu (Dong i in., 2006).

Do zalet mierzenia dostępności maksymalizacją użyteczności należy przede wszystkim mocne „zakotwiczenie” w teorii mikroekonomii oraz uwzględnianie indywidualnych zachowań użytkownika sieci. Miary oparte na użyteczności reprezentują zatem dostępność na poziomie indywidualnym zgodnie z indywidualnymi preferencjami (Pirie, 1979) i w ten sposób można uchwycić różnice w preferencjach. Inną zaletą jest to, że oczekiwana maksymalna użyteczność może być wyprowadzona z każdej sytuacji wyboru, a zatem dostępność mierzona na podstawie modelu może uwzględniać wpływ wszystkich gałęzi transportu, w tym samochodu prywatnego oraz transportu publicznego na dostępność. To właśnie ten rodzaj rozszerzenia jest wykorzystywany w modelu dostępności opartej na aktywności (szerzej w kolejnym podrozdziale). Ponadto modele maksymalizacji użyteczności wykazują malejące efekty skali, tzn. że zależność między zwiększeniem dostępności, a wzrostem korzyści dla użytkownika sieci ma charakter nieliniowy. Rezultatem są wyższe korzyści osiągnięte przy realizacji inwestycji infrastrukturalnych na obszarach peryferyjnych, z niskimi wskaźnikami dostępności, co może być interesujące z punktu widzenia polityki spójności terytorialnej (Geurs i van Wee, 2004).

3.4.4. Dostępność bazująca na aktywnościach (ABA)

Miara dostępności oparta na aktywności (*activity-based accessibility measure*; ABA) wywodzi się z teorii użyteczności losowej (*random utility theory*), a zatem również należy do klasy miar dostępności opartych na użyteczności omówionych w poprzednim podrozdziale. Główną wartością dodaną miary ABA jest to, że uwzględnia ona wpływ łańcucha podróży (*trip chaining*), pełny zestaw aktywności dziennych oraz plan tychże aktywności. Miary dostępności oparte na aktywnościach zostały po raz pierwszy przedstawione w pracy Ben-Akiva i Bowman (1998).

ABA jest generowana na podstawie modelu opartego na planie aktywności dziennych (*day activity schedule*; DAS), w którym każda z podróży nie jest

analizowana niezależnie, lecz w ramach systemu/harmonogramu aktywności. Celem jest odzwierciedlenie w modelu w możliwie najbardziej realny sposób zachowań i wyborów uczestników ruchu podczas podróży i aktywności (Dong i in., 2006). Jak wskazują Dong i in. (2006), plan aktywności dziennych został zaproponowany przez Ben-Akivę i in. (1996), wykorzystany empirycznie dla danych dla Bostonu (Bowman, 1995; Bowman i Ben-Akiva, 2001) oraz Portland, Oregon przez Bradley i in. (1998). W ramach DAS wzorce aktywności odnoszą się do zestawów aktywności i do tzw. tourów (gdy podróż zaczyna się i kończy w tej samej lokalizacji). DAS opiera się na założeniu, że określa te aktywności i motywacje podróży, które są nadrzędne, lokując je w miejscu zamieszkania lub na trasie touru odznaczając dodatkowo takie charakterystyki jak sekwencyjność, pora dnia, lokalizacja aktywności i przystanków/zatrzymań, wybór środka transportu itd. Plan aktywności składa się z pięciu poziomów wyborów. Najwyższym poziomem jest wybór wzorca dziennej aktywności (*day activity pattern*). Na niższych poziomach określa się porę dnia, cel podróży i środek transportu dla tourów mających źródło w miejscu zamieszkania, dla subtourów mających źródło w miejscu pracy itd. Wyższe poziomy wyborów warunkują niższe poziomy. Jeżeli uczestnik ruchu pozostanie w domu (np. dzień wolny od pracy, praca w domu), nie będzie mógł pójść do sklepu lub zjeść obiad w restauracji przy jego miejscu pracy (Dong i in., 2006). Istnieje wiele zaawansowanych modeli wykorzystujących w praktyce metody bazujące na aktywnościach. Krótki przegląd w Fransen i in. (2018) wskazuje m.in. na następujące modele: wykorzystywany w Sacramento model SACSIM (Bradley i in., 2010), oparty na otwartym oprogramowaniu openAMOS (Pendyala i in., 2012) lub ALBATROSS (Arentze i in., 2000).

Podsumowując, miary dostępności oparte na aktywnościach łączą w sobie zarówno teorię maksymalizacji użyteczności, jak i plan aktywności dziennych, który niewątpliwie nawiązuje do geografii czasoprzestrzeni i prac Hägerstranda (1970). Jednak metody oparte na czasoprzestrzeni traktują zmienne w modelu (uczestnictwo, lokalizację, porę dnia, środek transportu itd.) jako zmienne egzogeniczne i obowiązkowe aktywności. Z kolei miary dostępności oparte na aktywnościach traktują aktywności jako zmienne endogeniczne bazując na mikroekonomicznym podejściu maksymalizacji użyteczności (Dong i in., 2006). Dzięki tym charakterystykom ABA można ukazywać różnice w dostępności między osobami w gospodarstwie domowym podróżującymi transportem indywidualnym lub publicznym, podróżującymi w szczycie i poza szczytem, pracującymi i pozostającymi w domu itd.

4. Komponenty dostępności

W literaturze przedmiotu wyróżnia się cztery komponenty jako integralne „części składowe” dostępności, w tym dwa podstawowe komponenty: **komponent transportowy** (*transport component*) i **komponent użytkowania przestrzeni** (*land-use component*) oraz dwa „uzupełniające”, tj. **komponent czasowy** (*temporal component*) oraz **komponent indywidualny** (*individual component*) (Geurs i van Eck, 2001).

4.1. Komponenty dostępności a wymiary dostępności

Struktura pracy w niniejszym opracowaniu oparta jest na komponentach dostępności. Jednak w ramach komponentów można uwzględniać również różne **wymiary dostępności** (*accessibility dimensions*). Wskaźniki dostępności są bardzo wrażliwe na wykorzystanie właśnie wymiarów dostępności. Spiekermann i Neubauer (2002) wyróżniają kilka wymiarów dostępności:

- **źródła podróży** (*origins*) – dostępność może być obliczana dla różnych grup społecznych, wiekowych lub zawodowych lub dla różnych podmiotów gospodarczych; w niniejszym opracowaniu źródła podróży zostały szerzej opisane w ramach komponentu użytkowania przestrzeni;
- **cele podróży** (*destinations*) – dostępność może być obliczana dla różnych możliwości, zasobów i aktywności dostępnych w tzw. destynacji, w tym również takich uogólnień jak liczba ludności lub PKB, a także usług zdrowotnych, edukacyjnych, turystycznych itd; w niniejszym opracowaniu cele podróży zostały szerzej opisane w ramach komponentu użytkowania przestrzeni z uwzględnieniem relacji między celami podróży a motywacjami podróży;

- **opór przestrzeni** (*spatial impedance*) – opór przestrzeni rozumiany jest jako funkcja jednej lub wielu cech związanych z pokonywaniem odległości fizycznej, czasowej lub kosztowej między źródłem podróży a celem podróży; zakłada się możliwość wielu form funkcyjnych (liniowych i nieliniowych) oraz parametrów; w niniejszym opracowaniu opór przestrzeni został szerzej opisany w ramach komponentu transportowego w podrozdziałach dotyczących miary i formy oporu przestrzeni, a także pośrednio również w podrozdziale dotyczącym względności dostępności w ujęciu indywidualnym i programów inwestycyjnych;
- **ograniczenia** (*constraints*) – pokonywanie odległości między źródłem a celem podróży związane jest z pokonywaniem ograniczeń na poszczególnych odcinkach sieci, zarówno w formie regulacji (ograniczenia prędkości, brak zezwolenia na wjazd w danym okresie itd.), jak i warunków drogowych (kongestia, spadki terenu, itd.); w niniejszym opracowaniu ograniczenia zostały szerzej opisane w ramach komponentu transportowego w podrozdziale dotyczącym miary oporu przestrzeni;
- **bariery** (*barriers*) – rozszerzeniem oporu przestrzeni są aprzestrzenne bariery w postaci barier politycznych, formalno-prawnych, ekonomicznych oraz psychologicznych; ze względu na fakt, iż bariery te dotyczą przede wszystkim funkcjonowania granic państwowych zostały one w niniejszym opracowaniu przedstawione szerzej w postaci tzw. efektu granicy w ramach komponentu użytkowania przestrzeni w podrozdziale poświęconym zasięgu przestrzennemu badania;
- **typ (rodzaj) transportu** (*types of transport*) – wskaźniki dostępności można obliczać dla transportu pasażerskiego lub towarowego; w niniejszym opracowaniu wymiar typu transportu został szerzej opisany w ramach komponentu transportowego, w podrozdziale uwzględniającym również wymiar gałęzi transportu;
- **gałąź transportu** (*modes*) – wskaźniki dostępności można obliczać dla transportu drogowego, kolejowego, lotniczego, wodnego-śródlądowego, a także w ujęciu multimodalnym; w niniejszym opracowaniu wymiar gałęzi transportu został szerzej opisany w ramach komponentu transportowego, w podrozdziale uwzględniającym wymiar typu transportu, również z uwzględnieniem aspektu multimodalności;
- **zasięg przestrzenny badania** (*spatial scale*) – wskaźniki dostępności można obliczać w wymiarze lokalnym, regionalnym, krajowym, kontynentalnym, a nawet globalnym; dodatkowo obliczenia powinny uwzględniać potencjał własny (brak uwzględnienia potencjału własnego ogranicza zasięg przestrzenny badania); w niniejszym opracowaniu zasięg przestrzenny badania szerzej opisano w ramach komponentu użytkowania przestrzeni, został poprzedzony podrozdziałem dotyczącym potencjału własnego;
- **spójność społeczno-ekonomiczna i terytorialna** (*equity*) – wskaźniki dostępności mogą być obliczane dla różnych grup społecznych lub obszarów w celu identyfikacji nierówności pomiędzy bogatymi a biednymi, centrum

a peryferiami lub obszarami miejskimi i wiejskimi; w niniejszym opracowaniu spójność społeczno-ekonomiczna i terytorialna została szerzej opisana poza opisem komponentów w rozdziale piątym poświęconym atrybutom dostępności, wykluczeniu transportowemu i równości;

- **dynamika** (*dynamics*) – wskaźniki dostępności mogą być obliczane dla różnych punktów w czasie, w celu ukazania zmian dostępności w wyniku inwestycji infrastrukturalnych lub w szerszym ujęciu w ramach polityki transportowej; w niniejszym opracowaniu wymiar dynamiki został szerzej opisany w ramach komponentu transportowego w podrozdziale poświęconym poprawie dostępności w wyniku pojedynczych inwestycji lub programów inwestycyjnych – ujęcie przestrzenne, a także pośrednio w podrozdziale podatność/wrażliwość, odporność, wytrzymałość i niezawodność sieci a zmiana dostępności.

Liczba wymiarów dostępności jest zatem relatywnie duża i w zasadzie nieograniczona. Dla dowolnego pomiaru dostępności można wziąć pod uwagę dowolną liczbę wymiarów i parametrów z nimi związanych. Każdy wariant wyboru prowadzi do innych wyników. Analiza dostępności przypomina zatem grę w **jednorękiego bandytę** (maszyna wrzutowa), przy czym **wymiary dostępności są walcami**, których dowolne ustawienie (konfiguracja wymiarów) daje każdorazowo inny wynik symulacji. Na wynik ten, niezależnie od przyjętego wymiaru (kombinacji wymiarów) mają wpływ uwarunkowania dostępności (sieciowe, przestrzenne, związane z podróżą i indywidualne), przy czym częściowo wymiary zazębiają się z uwarunkowaniami, przez co przyjęta klasyfikacja w przedstawionym w rozdziale szóstym modelu uwarunkowań dostępności (NeST box model) nie jest całkowicie rozłączna. W ramach opisu poszczególnych komponentów i wymiarów dostępności starano się tak dobrać przykłady dotyczące przestrzeni Polski, by uwypuklić możliwości jakie daje analiza dostępności (zwłaszcza z wykorzystaniem modelu potencjału) właśnie w kontekście metafory maszyny wrzutowej.

4.2. Komponent transportowy

Komponent transportowy warunkuje łatwość (względnie trudność) odbycia podróży między dwoma punktami w przestrzeni określonej gałęzią transportu. Łatwość odbycia podróży jest zdeterminowana charakterem i jakością usług transportowych (Handy i Niemeier, 1997). Komponent ten można scharakteryzować według (Geurs i van Eck, 2001):

- podaży infrastruktury, jej lokalizacji i charakteru – tj. maksymalnych prędkości, liczby pasów (torów) itp., rozkładu jazdy oraz kosztów transportu,
- popytu ze strony podróżnych,

- charakteru użytkowania sieci, który jest następstwem relacji między podażą i popytem na infrastrukturę; charakter użytkowania sieci implikuje przestrzenną dystrybucję i natężenie potoków ruchu oraz czas, koszt lub pozostałe elementy kosztu uogólnionego poniesione przez podróżnego.

4.2.1. Miara oporu przestrzeni

Miarą oporu przestrzeni w najprostszej formie może być dystans między źródłem a celem podróży. Dystans ten może być rozumiany jako:

- odległość euklidesowa, tj. odległość równa długości odcinka łączącego źródło podróży z celem podróży,
- odległość drogowa,
- odległość wynikająca z tzw. kosztu uogólnionego.

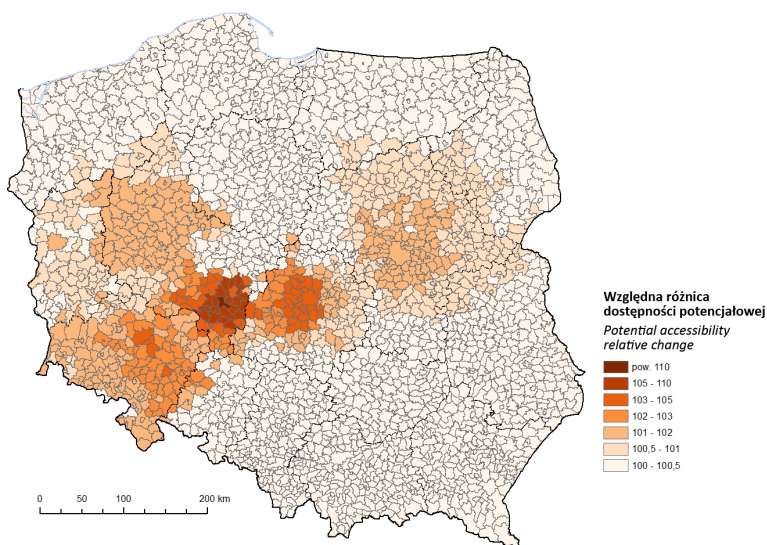
W zależności od środka transportu, różne miary oporu przestrzeni składają się na tzw. **koszt uogólniony**. Są to **czas**, **koszt** oraz/lub **pozostałe elementy** kosztu uogólnionego związanego z podróżą. W transporcie publicznym każdą z miar można dodatkowo podzielić, w zależności od etapu podróży, na składowe w postaci dojazdu/odejścia, przesiadki oraz czasu/kosztu/wysiłku związanego z przebywaniem w środku transportu (autobusie, pociągu, samolocie) (tab. 4.1).

Większość analiz dostępności prowadzonych w Polsce opiera się na czasie jako wybranej mierze oporu przestrzeni. Przykładem empirycznym znaczenia innych składników kosztu uogólnionego w poprawie/pogorszeniu poziomu dostępności potencjałowej w podróżach długich niech będzie symulacja różnic procentowych w dostępności w wyniku spadku cen biletów pociągów Kolei Dużej Prędkości (tzw. „Y”) o $\frac{1}{4}$ względem ceny wyjściowej w podróżach biznesowych (szczegółowe założenia modelu w Rosik i in. (2017); (ryc. 4.1). W ujęciu procentowym zasięg oddziaływania obniżenia cen biletów Kolei Dużej Prędkości obejmuje całą Ziemię Kaliską (poprawa poziomu dostępności w długich podróżach rzędu ok. 10%). Zmiany są widoczne również przede wszystkim na Dolnym Śląsku (tu działa efekt niskiej bazy dostępności), w aglomeracji łódzkiej, centralnej Wielkopolsce oraz aglomeracji warszawskiej, czyli wszędzie tam gdzie planowano węzły „Y”.

Tabela 4.1. Miary oporu przestrzeni w transporcie osób i ich składowe

Miary oporu przestrzeni	Typ transportu			
	Samochód osobowy (motoryzacja indywidualna)	Transport publiczny		
		Dojście/odejście	W środku transportu	Przesiadka
Czas	<ul style="list-style-type: none"> • Dojście do miejsca parkingowego ze źródła podróży • Czas podróży (w samochodzie) • Kongestia (natężenie ruchu) • Szukanie miejsca parkingowego • Czas przejścia z miejsca parkingowego do celu podróży 	<ul style="list-style-type: none"> • Czas dojścia do stacji/przystanku początkowego (access time) • Czas oczekiwania na środek transportu na stacji/przystanku • Czas na wyjście ze środka transportu • Czas przejścia ze stacji/przystanku końcowego do celu podróży (egress time) 	<ul style="list-style-type: none"> • Czas podróży (w środku transportu) (in vehicle time) • Czas możliwego opóźnienia 	<ul style="list-style-type: none"> • Czas przesiadki/przesiadek (transfer time)
Koszt	<ul style="list-style-type: none"> • Koszty stałe (prawo jazdy, zakup samochodu, ubezpieczenie) • Koszty zmienne (koszty paliwa, koszty użytkowania) • Koszty parkingowe • Koszty związane z opłatami za przejazd • Wartość czasu podróży w pojeździe 	<ul style="list-style-type: none"> • Koszty biletów dojazdu od źródła podróży do stacji/przystanku początkowego • Koszty biletów dojazdu od stacji/przystanku końcowego do celu podróży • Wartość czasu dojazdu od źródła podróży do stacji/przystanku początkowego • Wartość czasu dojazdu od stacji/przystanku końcowego do celu podróży 	<ul style="list-style-type: none"> • Koszty biletów • Wartość czasu podróży (w środku transportu) 	<ul style="list-style-type: none"> • Wartość czasu oczekiwania na przystanku/stacji/lotnisku
Pozostałe elementy	<ul style="list-style-type: none"> • Dyskomfort podróży (hałas, kongestia) • Wysilek fizyczny • Niezawodność • Stres • Ryzyko wypadku drogowego 	<ul style="list-style-type: none"> • Wysilek fizyczny, dyskomfort i bezpieczeństwo podróży związane z dojazdem od źródła podróży do stacji/przystanku początkowego i od stacji/przystanku końcowego do celu podróży 	<ul style="list-style-type: none"> • Dyskomfort podróży (m.in. hałas, zatłoczenie) • Wysilek fizyczny związany z podróżą • Bezpieczeństwo podróży • Dostępność usług w czasie podróży (np. umożliwiających pracę) • Dostępność miejsc siedzących 	<ul style="list-style-type: none"> • Dyskomfort przesiadki (w tym hałas, zatłoczenie, niepewność) • Informacja w punkcie przesiadkowym • Czystość i nowoczesność miejsca przesiadkowego • Wysilek fizyczny związany z podróżą • Bezpieczeństwo przesiadki • Dostępność usług i udogodnień (możliwość posiłku oraz zakupów)

Źródło: opracowanie własne z wykorzystaniem Geurs i van Eck (2001), Schakenbos i in. (2016).



Ryc. 4.1. Różnice procentowe w dostępności. Efekt spadku cen biletów pociągów KDP o ¼ ceny wyjściowej w podróżach biznesowych

Fig. 4.1. Percentage variations in accessibility. Effect of decrease in HSR fare prices by 1/4 in relation to the initial price in high income business trips

Źródło: Rosik i in. (2017). Opracowanie kartograficzne: S. Goliszek

Funkcja, która uwzględnia zarówno czas, koszt jak i pozostałe elementy kosztu uogólnionego związanego z podróżą jest znana pod nazwą funkcji uogólnionego kosztu podróży (*generalised cost function*) (Geurs, van Eck, 2001). Generalnie wzór na uogólniony koszt podróży to suma iloczynów poszczególnych miar oporu przestrzeni i ich wyceny w formie pieniężnej (Schürmann i Talaat, 2000):

$$c_{ijm} = v_m t_{ijm} + c_m d_{ijm} + u_m k_{ijm} \quad (4.1)$$

gdzie: c_{ijm} – uogólniony koszt podróży między rejonami transportowymi i oraz j gałęzią transportu m , t_{ijm} , d_{ijm} i k_{ijm} to czas podróży, odległość podróży i wygoda (komfort) podróżowania między rejonami transportowymi i oraz j gałęzią transportu m , v_m – wartość czasu podróży gałęzią transportu m , c_m – koszt kilometra podróży, u_m – pozostałe elementy kosztu uogólnionego związanego z podróżowaniem gałęzią transportu m .

Czas podróży. Kalkulację czasu podróży między dowolną parą miejsc przeprowadza się za pomocą algorytmu najkrótszej ścieżki (*shortest path algorithm*) dostępnego przykładowo w programach typu ArcGIS (nakładka Network Analyst) lub TransCAD (Baradaran, Ramjerdi, 2001). W zależności od stosowanego **modelu ruchu**, gałęzi transportu oraz rodzaju transportu (pasażerski lub towarowy) uwzględnia się różne **ograniczenia warunkujące czas podróży** danym odcinkiem sieci. Bariery mogą wynikać z:

- **regulacji**, takich jak np. limity prędkości według kategorii drogi, obniżenie prędkości na terenie zabudowanym, zakaz ruchu pojazdów o określonej

ładowności na poszczególnych kategoriach dróg i maksymalna liczba godzin kierowcy zawodowego w przypadku transportu ciężarowego,

- **warunków podróży** dotyczących np. natężenia ruchu (kongestia), ukształtowania powierzchni terenu, liczby zakrętów, warunków pogodowych itd.

W **transportie indywidualnym** i w **transportie ciężarowym** w Polsce model ruchu w skali krajowej (modele krajowe, np. te w użyciu przez Generalną Dyрекcję Dróg Krajowych i Autostrad) zazwyczaj bazuje na przepustowościach kilkunastu lub kilkudziesięciu kategorii dróg (w podziale na miejskie i zamiejskie), by następnie np. w programie VISUM, z wykorzystaniem **funkcji oporu odcinka**, tj. funkcji wyznaczającej opór odcinków na trasie transportowej między węzłami transportowymi rozpoczęcia i zakończenia podróży dla potrzeb modelowania rozkładu ruchu w sieci transportowej. Opór odcinka dla potoku ruchu oznacza zdefiniowany związek pomiędzy natężeniem ruchu a czasem przejazdu odcinka. Najczęściej wykorzystywaną funkcją oporu odcinka jest funkcja BPR, gdzie zmiennymi warunkującymi prędkość na danym odcinku sieci są: (1) długość odcinka i ; (2) prędkość w tzw. ruchu swobodnym na odcinku i ; (3) prędkość średnia na odcinku i obciążonym ruchem drogowym; (4) przepustowość odcinka i ; (5) natężenie ruchu drogowego na odcinku i ; (6) parametry funkcji; por. Cascetta (2001) lub Szarata (2010).

W ramach prac w IGiPZ PAN wykorzystuje się inny sposób modelowania, który umożliwia spojrzenie na sieć bez informacji o natężeniu ruchu na poszczególnych odcinkach sieci. Źródłem danych dotyczących prędkości ruchu samochodów osobowych w badaniach prowadzonych przez autora niniejszego opracowania jest przede wszystkim **model prędkości ruchu opracowany przez zespół pracowników IGiPZ PAN** rozwijany dla potrzeb analiz izochronowych i dostępności potencjałowej (Komornicki i Śleszyński, 2009; Śleszyński, 2014; Rosik i Śleszyński, 2009; Komornicki i in., 2010a; Rosik i in., 2011; Rosik, 2012; Więckowski i in., 2014). W modelu tym (modelach) uwzględnia się czynniki często pomijane w typowych modelach inżynierskich, a silnie wpływające na warunki jazdy i tym samym

prędkość ruchu. Stąd oszacowana prędkość ruchu nie jest „swobodna”, a ma za zadanie możliwie przybliżyć średnią możliwą do uzyskania prędkość w przemieszczeniach, z uwzględnieniem przepisów kodeksu drogowego, parametrów techniczno-funkcjonalnych dróg i warunków ruchu (Rosik i Śleszyński, 2009). Model prędkości samochodów osobowych oraz ciężarowych wykorzystywany m.in. w kalkulacji wskaźnika WMDT, został opracowany przy założeniu wpływu trzech zmiennych na prędkość pojazdów, tj.:

- liczby ludności w buforze 5 km w otoczeniu odcinka,
- obszaru zabudowanego,
- ukształtowania terenu.

Źródłem powyższych zmiennych są wykorzystywane w IGiPZ PAN bazy danych. Skrótowa charakterystyka baz danych została przedstawiona w tab. 4.2.

Tabela 4.2. Źródła danych o parametrach w modelu prędkości ruchu stosowanym w analizach IGiPZ PAN, m.in. w raportach poświęconych Wskaźnikowi Międzygałęzowej Dostępności Transportowej

Nazwa parametru	Opis	Źródło danych	Sposób agregacji danych
Ludność	Liczba ludności w buforze 5 kilometrów	Rozmieszczenie ludności w rejonach spisowych i miejscowościach w 2008 roku	Średnia dla stumetrowych fragmentów tworzących dany odcinek
Obszar zabudowany	Odsetek obszaru zabudowanego w buforze 100 metrów. Stumetrowy odcinek traktowano jako przebiegający przez teren zabudowany w przypadku gdy wynik obliczeń przekraczał 30%	Warstwa „obszar zabudowany” ze zbiorów IGiPZ PAN (Cyfrowa Mapa Polski 1:100 tys.)	Odsetek długości odcinka znajdujący się na terenie zabudowanym
Ukształtowanie terenu	Wartość odchylenia standardowego różnic wysokości w heksagonie o powierzchni 3 km ²	Baza wysokościowa numerycznego modelu terenu według SRTM-3 dla Polski (Śleszyński 2012)	Średnia dla stumetrowych fragmentów tworzących dany odcinek

Źródło: Komornicki i in. (2010a)

Prędkości wyjściowe na sieci drogowej w Polsce oblicza się na podstawie modelu prędkości ruchu wykorzystywanego do obliczania wskaźnika WMDT (wskaźnik międzygałęzowej dostępności transportowej; Komornicki i in., 2008), gdzie prędkość wynika z liczby ludności w buforze odcinka, spadków terenu oraz obszaru zabudowanego na przebiegu odcinka (Rosik i Śleszyński, 2009). Funkcje, które opisują w modelu zależności między prędkością pojazdu a zmiennymi ją warunkującymi mają s-kształtny charakter. Redukcja prędkości ma charakter ciągły w zależności od wspomnianych trzech czynników. Przy niskich wartościach zmiennych redukujących prędkość krzywa opada lekko skutkując niewielkimi spadkami prędkości. Przy większych wartościach zmiennych redukujących prędkość, spadek prędkości jest już znacznie wyższy. Przy bardzo wysokich wartościach zmiennych warunkujących prędkość, jest ona coraz niższa choć jej spadek nie jest już tak duży (granica funkcji jest prędkość minimalna, bliska zerowej, dla zmiennych warunkujących prędkość dążących do nieskończoności).

Ogólny wpływ poszczególnych zmiennych w modelu na prędkość pojazdów na odcinku drogi oblicza się za pomocą tzw. „zasady najslabszego ogniwa”. Zasada ta polega na tym, że przy obliczaniu średniej prędkości na danym odcinku wybiera się minimalną prędkość, wynikającą z wpływu poszczególnych zmiennych warunkujących prędkość. Tym samym występujące ograniczenia nie sumują się, a prędkość średnia pojazdów na dowolnym odcinku drogi w Polsce wynika zatem ze wzoru (4.2):

$$v_i = \min\{f_{L_i}, f_{Z_i}, f_{U_i}\} \quad (4.2)$$

gdzie: v_i – prędkość na odcinku drogi i , f_{L_i} – prędkość wynikająca z wpływu ludności zamieszkałej w buforze 5 km od odcinka drogi i , f_{Z_i} – prędkość wynikająca z wpływu obszaru zabudowanego na odcinku drogi i , f_{U_i} – prędkość wynikająca z wpływu spadków terenu na odcinku drogi i .

W odróżnieniu od transportu indywidualnego, w **transporcie publicznym** na wartość czasu wpływają wartość czasu dojazdu/odejścia oraz czas przesiadki. Zagadnienia te poruszono szerzej w podrozdziale poświęconym gałęzi i typu transportu (podrozdział 4.2.7). W warunkach miejskich, a także na wszystkich odcinkach sieci obciążonej wysokim natężeniem ruchu, na czas podróży wpływa w dużym stopniu pora dnia oraz to, czy podróż odbywa się w szczycie czy poza godzinami szczytu. Wraz z pojawieniem się nowych możliwości technicznych (wykorzystanie danych API lub GTFS) zaistniały możliwości badania zmian dostępności w każdej minucie lub nawet sekundzie doby. Ten aspekt został szerzej omówiony przy tzw. komponencie czasowym.

Wartość czasu podróży. Problemem pojawiającym się przy szacowaniu uogólnionego kosztu podróży jest wycena czasu w kategoriach pieniężnych (Rosik i Kowalczyk, 2015). Kluczowym elementem uogólnionego kosztu podróży jest koszt jednostkowy czasu podróźnego, a co się z tym wiąże **wartość czasu podróży** (*value of time*). W Polsce jak dotąd brakuje kompleksowych badań ruchu na poziomie krajowym na podstawie których zaistniałaby możliwość (wzorem krajów zachodnich) właściwej wyceny w pieniądzu wartości czasu oraz wygody podróżowania różnymi środkami transportu publicznego (autobus, pociąg, samolot). Generalnie wśród metod określających wycenę czasu podróży można wyróżnić (Tarski, 1976; Bąk i Ważna, 2014):

- metodę produkcyjną, gdzie praca człowieka, w tym roboczo-godzina spędzona w podróży wyceniana jako jeden z czynników produkcji,
- metodę dochodową, tj. czas spędzony w podróży liczony według otrzymywanego wynagrodzenia,
- metodę kosztową, tj. przy założeniu substytucji czasu oraz kosztu podróży,
- metodę dochodowo-kosztową, tj. przy uwzględnieniu substytucji między czasem wolnym a czasem pracy oraz między środkami transportu.

W podróżach prywatnych wartość czasu określa się z wykorzystaniem **metody gotowości do płacenia** (*willingness to pay*), czyli określeniu jaką kwotę pasażerowie byliby skłonni zapłacić za skrócenie czasu podróży. W wyjazdach służbowych natomiast wykorzystuje się podejście oparte na oszczędności kosztów z punktu widzenia pracodawcy (Hoszman, 2013). **Wartość czasu** zależy od wielu czynników, z których najczęściej badanymi w literaturze przedmiotu są: gałąź transportu i motywacja podróży, dochód podróźnego oraz składnik czasu podróży (czas podróży, czas przesiadki, czas dojazdu/odejścia) (szerzej na ten temat w Rosik i in., 2017). W Polsce Hoszman (2013) obliczył, że w 2011 r. wartość godziny podróży wynosiła dla przejazdów służbowych – od ok. 65 zł/h dla podróży autobusem, przez ok. 80 zł/h w przypadku samochodu lub pociągu do ok. 110 zł/h dla podróży samolotem, a w wyjazdach prywatnych na długich dystansach (poza podróżami do pracy) analogiczne wartości wyniosły od ok. 24 zł/h dla podróżujących autobusem, przez ok. 33 zł/h dla podróżujących samochodem lub pociągiem do ok. 50 zł/h dla wybierających transport lotniczy. Również według badań Gorlewskiego (2011) wartość zaoszczędzonej godziny podróży dla korzystających z kolei kształtowała się na poziomie ok. 30-36 zł. Zestawienie

najważniejszych wartości czasu według środków transportu i motywacji podróży (PLN/h) w 2015 r. w Zintegrowanym Modelu Krajowym powstałym w Centrum Unijnych Projektów Transportowych przedstawiono w tabeli 4.3.

Tabela 4.3. Zestawienie najważniejszych wartości czasu według środków transportu i motywacji podróży (PLN/h) w Polsce w 2015 r.

Środek transportu	Podróż służbowa	Dojazdy do pracy	Podróże inne
Samochód osobowy	49,29	16,42	14,94
Autobus	28,83	9,63	8,71
Pociąg	47,12	12,33	11,13

Źródło: *Zintegrowany Model Ruchu* (2021)

Autorzy opracowania Rosik i in. (2017) oszacowali w 2015 r. wartość czasu na podstawie stawki godzinowej netto na 19,12 zł. Sukcesywny i relatywnie szybki wzrost wynagrodzeń w Polsce skutkuje również szybkim wzrostem wartości czasu i w 2021 r. wartość godziny podróży obliczona na podstawie średniego wynagrodzenia wzrosła już do ponad 30 zł.

4.2.2. Forma oporu przestrzeni

W modelach dostępności wykorzystuje się dla funkcji oporu przestrzeni różne **funkcje matematyczne**. Chojnicki (1966) wymienia następujące funkcje oporu przestrzeni: funkcję rozkładu normalnego, logarytmiczno-normalnego, wykładniczego, logarytmiczno-wykładniczego, hiperbolicznego (potęgowego), potęgowego w postaci logarytmicznej oraz rozkładu funkcji Gamma. Do najczęściej używanych w literaturze przedmiotu należą (Geurs i Ritsema van Eck 2001):

- funkcja potęgowa (m.in. Hansen, 1959; Fotheringham, 1982),
- funkcja wykładnicza (m.in. Dalvi i Martin, 1976; Spiekermann i Schürmann, 2007),
- funkcja rozkładu normalnego Gaussa (m.in. Ingram, 1971),
- funkcja log-logistyczna (m.in. Geurs i Ritsema van Eck, 2001).

Cechą funkcji potęgowej jest dosyć szybki spadek atrakcyjności celu podróży na krótszych dystansach, co wynika bezpośrednio z wysokiej stromizny funkcji. Według Fotheringham i O'Kelly'ego (1989) funkcja potęgowa jest bardziej odpowiednia przy analizie krótkich odległości (np. w podróżach wewnątrzaglomeracyjnych), podczas gdy funkcja wykładnicza oraz przede wszystkim S-kształtne funkcje: logistyczna i rozkładu normalnego są właściwsze przy badaniu dostępności na dłuższych dystansach (np. w podróżach międzyaglomeracyjnych). Do podobnych wniosków dochodzi również Ingram (1971). Jedną z zalet funkcji logistycznej jest fakt, iż punkt przegięcia funkcji znajduje się dla 50% prawdopodobieństwa wystąpienia podróży, co implikuje, że ogólna percepcja spadku atrakcyjności celu podróży wraz z wydłużaniem się odległości jest

jednakowa zarówno dla krótkich, jak i dłuższych dystansów (Geurs i Ritsema van Eck, 2001).

Według Geursa i Ritsema van Eck (2001) funkcjami oporu, które najlepiej obrazują rzeczywiste zachowania użytkowników są funkcje wykładnicza oraz logistyczna. Funkcję wykładniczą wykorzystywano również wielokrotnie w badaniach ogólnoeuropejskich (np. Spiekermann i Schürmann, 2007). Z powyższych względów w niniejszym opracowaniu użyto funkcji wykładniczej eksponencjalnej, mając na uwadze, że badania dotyczą zarówno podróży krótkich (na których lepiej sprawdza się funkcja potęgowa i wykładnicza) jak i dłuższych (na których właściwsze wydaje się być użycie funkcji wykładniczej lub funkcji S-kształtnych).

4.2.3. Parametryzacja oporu przestrzeni. CATCH-time a długość podróży

Kolejnym wymiarem analizy dostępności jest uwzględnienie **długości podróży**, czyli podróży krótkich i długich. Przy uwzględnieniu wykładniczej funkcji oporu przestrzeni:

$$f(t_{ij}) = \exp(-\beta t_{ij}) \quad (4.3)$$

gdzie: parametr β różnicuje szybkość z jaką maleje atrakcyjność celu podróży. Zakłada się, że dla podróży krótkich atrakcyjność celu podróży maleje szybciej (wysoka wartość parametru β) niż dla podróży długich (niska wartość parametru β).

Jeżeli wziąć pod uwagę międzynarodowy wymiar analizy, nie mówiąc już o całym kontynencie, istnieje potrzeba użycia innych wartości parametrów krzywej oporu przestrzeni niż na poziomie lokalnym lub regionalnym (Rosik i in., 2015). Im bardziej globalnie patrzymy i im dłuższa jest podróż, tym łagodniejsza staje się funkcja oporu przestrzeni. Dlatego w badaniach europejskich najczęściej stosuje się wskaźnik dostępności dla podróży długich (Schürmann i Talaat, 2000; Schürmann i in. 1997), a w miarę zmniejszania zasięgu przestrzennego analizy, np. na poziomie krajowym (Reggiani i in., 2011) lub na poziomie regionalnym (Handy i Niemeier, 1997; Martínez i Viegas, 2013), autorzy stopniowo skracają czas podróży odpowiadający tzw. *half-life* (taki czas podróży dla którego atrakcyjność celu podróży spada dwukrotnie, por. akapit poniżej tab. 4.4), aby lepiej odzwierciedlał potrzeby związane z regionalnym lub lokalnym rynkiem pracy, w tym codzienne dojazdy do miejsc pracy, szkół itp. (Rosik i in., 2015).

Tabela 4.4. Wartość parametru β w funkcji oporu przestrzeni – przegląd literatury przedmiotu na poziomie europejskim i krajowym

Autorzy	Zasięg przestrzenny	β parametr	Szczegóły badania
Schürmann i Taalat (2000)	Europejski	0,003	Drogowy
Stępnia i Rosik (2013a)	Europejski	0,005775	Drogowy
Schürmann i Taalat (2000)	Europejski	0,007	Drogowy
Schürmann i in. (1997)	Europejski	0,010	Drogowy
Reggiani i in. (2011)	Krajowy	0,009	Dojazdy do pracy w Niemczech
Stępnia i Rosik (2013a)	Krajowy	0,023105	Drogowy
Stępnia i in. (2013)	Krajowy	0,034657	Dostępność do ludności
Geurs i van Eck (2001)	Krajowy	0,039	Krajowe Badanie Ruchu w Holandii
Spiekermann i in. (2015)	Krajowy	0,04621	Dostępność do lekarzy

Źródło: Rosik i in. (2015).

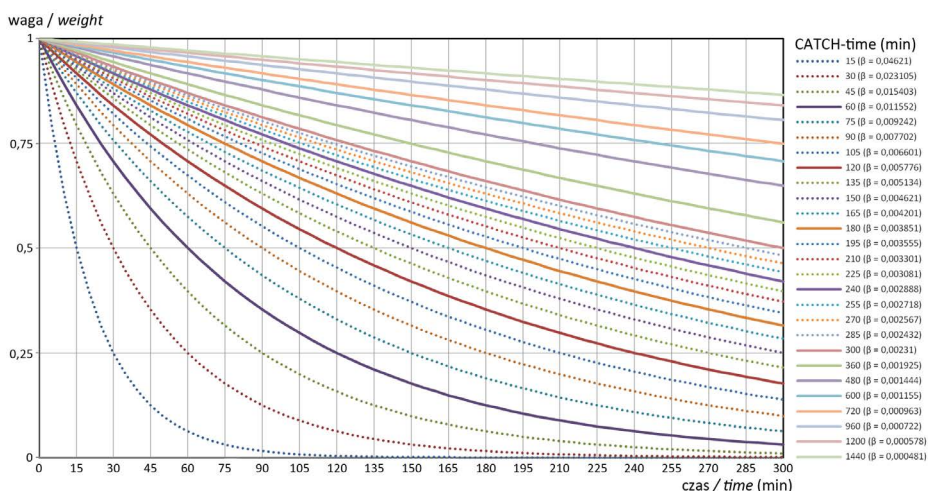
Aby zbadać wpływ długości podróży na zmianę poziomu dostępności potencjałowej, potrzebny jest szereg symulacji dla różnych wartości parametru β (Stępnia i Rosik, 2018). Najczęściej dla różnicowania długości podróży podaje się wartość czasu podróży, dla którego atrakcyjność celu podróży przy wykorzystaniu danej funkcji oporu przestrzeni spada do połowy. Można w tym celu wykorzystać pojęcie half-time (Spiekermann i in., 2015) lub half-life (Östh i in., 2014; Rokicki i Stępnia, 2018). Autor niniejszego opracowania sugeruje alternatywną propozycję, czyli tłumaczenie na język angielski wyrażenia: „Czas dla którego atrakcyjność celu podróży spada do około połowy”, co można tłumaczyć jako: *Time that Cuts Attractiveness To a Circa Half*, w skrócie **CATCH-time**.

Przykładowo w ramach projektu EU-ROAD-ACC (Rosik i in., 2020a) analizę potencjałowej dostępności drogowej dla kontynentu europejskiego przeprowadzono dla **dwudziestu** różnych wartości parametru β , różnicując między podróżami bardzo krótkimi ($\beta = 0,046210$; spadek atrakcyjności celu podróży do połowy już przy 15 minutach podróży; **CATCH-time** równy 15 minut), aż do bardzo długich podróży ($\beta = 0,00231$; spadek atrakcyjności celu podróży do połowy przy 300 minutach podróży; **CATCH-time** równy 300 minut), przy czym interwały różnicujące **CATCH-times** określono na 15 minut, tj. cztery w jednej godzinie (ryc. 4.2).

Tabela 4.5. Wartości parametru β dla wartości **CATCH-time** wynoszących 30, 60, 90 i 120 minut wykorzystywane w opracowaniu kartograficznym

Spadek atrakcyjności celu podróży do połowy, tzw. CATCH-time (t_{ij} w minutach jeżeli $f(t_{ij}) = 0,5$)	β parametr	t_{ij} (w minutach) jeżeli $f(t_{ij})$ wynosi		
		0,75	0,25	0,1
30	0,023105	12,5	60,0	99,7
60	0,011552	24,9	120,0	199,3
90	0,007702	37,4	180,0	299,0
120	0,005775	49,8	240,0	398,7

Źródło: Rosik i in. (2020a).



Ryc. 4.2. Funkcja oporu przestrzeni w zależności od przyjętego parametru β (wartości CATCH-time od 15 do 300 minut w 15-minutowych interwałach i dalej do 1400 minut)

Fig. 4.2. Distance decay function depending on the adopted β parameter (CATCH-time values from 15 to 300 minutes in 15-minute intervals and to 1400 minutes)

Źródło: Rosik i in. (2020a).

4.2.4. Względność dostępności w ujęciu indywidualnym i programów inwestycyjnych

Względność dostępności w ujęciu indywidualnym. Parametryzacja funkcji oporu przestrzeni jest kluczowym aspektem pomiaru dostępności. W części dotyczącej źródeł podróży wskazano, iż ogólny poziom dostępności danego miejsca lub dostępności indywidualnej zależy od ważenia poszczególnych celów/motywacji podróży. To prawda. Należy jednak wskazać dwa skrajne przypadki indywidualnej dostępności by ukazać znaczenie szybkości spadku funkcji oporu przestrzeni dla percepcji dostępności.

Pierwszy przypadek/skrajność dotyczy całkowitego braku możliwości wykonania podróży przez osobę niepełnosprawną przykutą do łóżka. Opór przestrzeni dla tejże osoby jest skrajnie duży, szczególnie gdy jest to np. osoba umierająca, która pozostanie w tej lokalizacji do końca życia. Opór przestrzeni skutkuje brakiem istotności zróżnicowania odległości do poszczególnych celów podróży. Cele te, wszystkie, niezależnie czy położone dwa metry dalej czy po drugiej stronie globu – są jednakowo niedostępne dla każdej osoby przybitej do łóżka niezależnie od jej miejsca zamieszkania na Ziemi.

Wyobraźmy sobie sytuację, że wszyscy ludzie na Ziemi, tam gdzie się w tej chwili znajdują zostają nagle unieruchomieni i stają się marionetkami w rękach Kreatora Dostępności. Z racji braku możliwości wykonania jakiegokolwiek ruchu, ich chwilowa dostępność wynosi zero, niezależnie od położenia na kuli ziemskiej. Załóżmy, że Kreator Dostępności w swojej łaskawości decyduje się

na zwiększenie dostępności wszystkich ludzi ale maksymalnie do 100 metrów. W nowej sytuacji gwałtownie rośnie dostępność wszystkich mieszkańców globu, ale rośnie nierównomiernie ponieważ zależy od miejsca zamieszkania. Pojawiają się nierówności w dostępności, które rosną w miarę wydłużania przez Kreatora Dostępności możliwości komunikacyjnych poszczególnych ludzi. Pytanie brzmi jak długo dostępność będzie wzrastała i kiedy dalszy wzrost dostępności skutkuje zmniejszaniem (a nie zwiększaniem) się różnic w dostępności? By odpowiedzieć na to pytanie należy wyobrazić sobie drugą skrajną sytuację.

Drugą skrajnością jest astronauta, który wybrał się w kilkuletnią podróż kosmiczną przy której zaszła wysoka dylatacja czasu, tzn. czas biegł znacznie wolniej w rakiecie niż na Ziemi i po powrocie okazało się, że Kreator Dostępności stworzył możliwość przemieszczania się po powierzchni Ziemi z prędkością zbliżoną do prędkości światła z użyciem pojazdów indywidualnych parkowanych w sypialni. Przy takich możliwościach niezależnie w jakim miejscu na Ziemi się znajdzie astronauta po powrocie ma on identyczną dostępność związaną z możliwością wykonania bardzo długich podróży w bardzo krótkim czasie. Brak jest różnic w poziomie dostępności między ludźmi, ale też brak jest dalszych możliwości poprawy dostępności (zakłada się, że prędkość światła jest maksymalną możliwą prędkością).

Podsumowując, zarówno przy bardzo krótkich podróżach, jak i przy bardzo długich podróżach następuje pewne wyrównywanie percepcji poziomu dostępności niezależnie od lokalizacji źródła podróży. Wszystkie źródła/cele podróży w skrajnych warunkach zerowej lub nieskończonej dostępności są równo dostępne. Można odnieść ten paradoks do teorii względności Einsteina i pojęcia **obserwatora**, który u Einsteina oznacza możliwość przeprowadzenia pomiarów w określonym czasie i miejscu, pomiarów, których zadaniem jest zmierzenie odległości i czasu jakie uległy zmianie pomiędzy dwoma zdarzeniami w czasoprzestrzeni. Przenosząc się na grunt dostępności, obserwatorem może być **agent** (np. osoba niepełnosprawna lub astronauta), który porównuje swoją dostępność sprzed wypadku/choroby skutkującej wysoką niepełnosprawnością lub sprzed podróży kosmicznej do dostępności w nowych warunkach. O ile w punkcie wyjścia dla agentów (osoby niepełnosprawnej i astronauty) przestrzeń miała znaczenie i była zróżnicowana pod względem dostępności, o tyle po zmianie sytuacji (u osoby niepełnosprawnej na niekorzyść, u astronauty – na korzyść) przestrzeń, w tym zróżnicowanie i lokalizacja celów podróży, a także uogólniony koszt (czas) przestają mieć jakiegokolwiek znaczenie.

Względność dostępności programów inwestycyjnych. Powyższy przykład dwóch skrajnych warunków percepcji dostępności na poziomie indywidualnym można odnieść do **systemów transportowych i procesów inwestycyjnych** w kontekście poprawy i zróżnicowania dostępności. W tym przypadku można, podobnie jak na poziomie pojedynczych ludzi, wyobrazić sobie dwie skrajne sytuacje.

W pierwszym przypadku zakłada się funkcjonowanie systemu transportowego, np. drogowego, jednolitego, pozbawionego całkowicie dróg wyższych klas. W polskich warunkach byłaby to sieć jednojezdniowych dróg krajowych

lub wojewódzkich, która swoim zasięgiem pokryłaby całą Polskę. Wszystkie połączenia międzygminne byłyby realizowane z wykorzystaniem tejże sieci. Jest to zatem wariant bazowy, który w warunkach teoretycznych łączyłby w linii prostej wszystkie rejony transportowe, przy czym prędkość poruszania się po sieci byłaby stała i wynosiła np. 90 km/h.

W drugim przypadku można wyobrazić sobie analogiczny system połączeń ale z tą różnicą, że zamiast dróg jednojezdniowych sieć połączeń międzygminnych stanowiłyby autostrady. Wówczas w warunkach teoretycznych sieć ta łączyłaby w linii prostej wszystkie rejony transportowe, przy czym prędkość poruszania się po sieci byłaby stała i wynosiła, np. zgodnie z aktualnie obowiązującymi przepisami, 140 km/h.

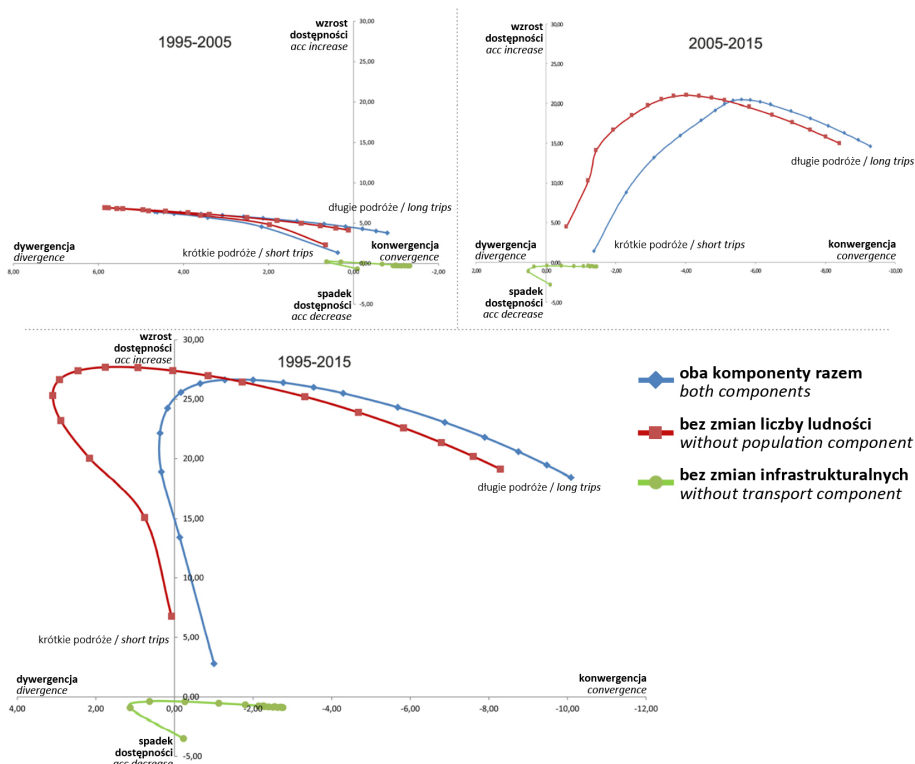
Interesujące z punktu widzenia poprawy dostępności, jak i zmiany zróżnicowania międzyregionalnego dostępności są wszystkie etapy znajdujące się pomiędzy dwoma skrajnymi przypadkami i odpowiedź na pytanie jak poszczególne inwestycje transportowe lub całe programy inwestycyjne wpływają na poprawę dostępności i jej zróżnicowanie. W tym celu zrealizowano badanie własne, które zostało wykonane na poziomie gminnym dla dwóch okresów 1995-2005 i 2005-2015 dla dostępności drogowej na bazie kilku tysięcy inwestycji drogowych realizowanych w tym okresie w Polsce.

Wybór konkretnego parametru β w bardzo dużym stopniu wpływa na ostateczną zmianę zarówno poziomu dostępności, jak i regionalnego zróżnicowania (ryc. 4.3). Wysokie wartości parametru β (bardzo krótkie podróże) skutkują dużymi różnicami przestrzennymi w poziomie dostępności (wiele hot-spotów wysokiej dostępności i rozległe obszary peryferyjne), a proces inwestycyjny i zmiany demograficzne na przestrzeni dekady (1995-2005 lub 2005-2015) lub dwóch (1995-2005) dla krótkich podróży w niewielki sposób wpływają na ostateczne wyniki dostępności i spójności terytorialnej. W warunkach krótkich podróży bardzo ograniczony zasięg mają tzw. przestrzenne efekty zewnętrzne związane z efektem zmiany dostępności na obszarach położonych daleko od podejmowanych inwestycji. Ponadto dla bardzo krótkich podróży kluczowe jest właściwe podejście do modelowania tzw. potencjału własnego, gdzie nawet drobne niuanse w parametrach modelu mogą stanowić o dużych zmianach wyników, zarówno w zakresie poprawy poziomu dostępności jak i jej zróżnicowania.

Wraz ze spadkiem wartości parametru β (wydłużanie się średniego czasu podróży) wzrost dostępności jest coraz bardziej widoczny. Dla średnich podróży (tj. dla wartości CATCH-time równych 10-30 min) rozszerza się zakres przestrzenny obszarów, które zyskują na polityce inwestycyjnej, chociaż nadal jest on ograniczony, nie uwzględnia skrajnych peryferii i koncentruje się na sieci korytarzy drogowych między głównymi ośrodkami (aglomeracjami). Tym samym w polskich warunkach, gdzie proces inwestycyjny w badanym okresie koncentrował się na głównych połączeniach między metropoliami, w efekcie rosła polaryzacja i różnice w dostępności między centrami rozwoju a peryferiami.

Dalsze zmniejszanie wartości β (wydłużanie podróży) ukazuje dalszy wzrost dostępności, przy czym maksymalna poprawa dostępności jest uzyskana przy

wartości parametru β równej 0,0173289 (co daje wartość CATCH-time równą 40 min). Przy dalszym wydłużaniu podróży coraz bardziej widoczne są przestrzenne efekty zewnętrzne inwestycji obserwowane nawet w odległych regionach, co w konsekwencji prowadzi do przyspieszenia tzw. konwergencji dostępnościowej. Jednak z drugiej strony poprawa dostępności w skali kraju jest już wyraźnie niższa, co oznacza prymat równości nad efektywnością dla dłuższych podróży.



Ryc. 4.3. Zmiana poziomu dostępności (oś OY) i jej zróżnicowania (oś OX) w wyniku inwestycji drogowych (wersja bez zmian liczby ludności) i zmian demograficznych (wersja bez zmian infrastrukturalnych) w latach 1995-2005, 2005-2015 i 1995-2015 w Polsce w zależności od długości podróży

Fig. 4.3. The interplay between efficiency (accessibility gains) and equity (accessibility dispersion) by accessibility components and gradient of the distance decay function (relative change): 1995-2005 (upper left); b: 2005-2015 (upper right), c: 1995-2015 (bottom)

Źródło: Stępnik i Rosik (2018).

Co interesujące, w warunkach „*population constant*”, czyli przy braku uwzględnienia zmian demograficznych (linie czerwone, ryc. 4.3), biorąc pod uwagę jedynie zmiany infrastrukturalne, maksymalna poprawa dostępności jest przy krótszych podróżach i przy wyższej dywergencji dostępnościowej (w porównaniu do uwzględniania zmian w obu komponentach), co prawdopodobnie wynika z równoległego do programu inwestycyjnego procesu suburbanizacji. Suburbanizacja łagodzi polaryzację przestrzenną tworząc dość rozległe strefy wysokiej, ale nie najwyższej (jak w samych miastach) dostępności.

Podsumowując, parametryzacja modelu ma decydujące znaczenie, gdy ewaluacja zmiany dostępności w wyniku procesu inwestycyjnego, obejmuje również wpływ tego procesu na poziom spójności terytorialnej. Zastosowanie wyższych wartości parametru β (typowe dla podróży krótkich) sugeruje istnienie procesu polaryzacji (dywergencja dostępnościowa) przy jednocześnie niskiej skali zmian dostępności. Z kolei zmniejszenie parametru β , czyli wydłużenie podróży do średniej długości, daje jako wynik procesu inwestycyjnego wyższą poprawę dostępności, ale też jednocześnie skutkuje silniejszą dywergencją dostępnościową. Dalszy proces spadku parametru β (wydłużanie podróży) skutkuje niewielkim spadkiem poprawy dostępności, a jednocześnie bardziej widoczną konwergencją dostępności i zmniejszeniem dysproporcji regionalnych. Można założyć w skrajnym przypadku bardzo długich podróży, że odległość nie ma już większego znaczenia, skutkując przestrzenią egalitarną, oznaczającą równą lub zbliżoną dostępność dla wszystkich mieszkańców Polski.

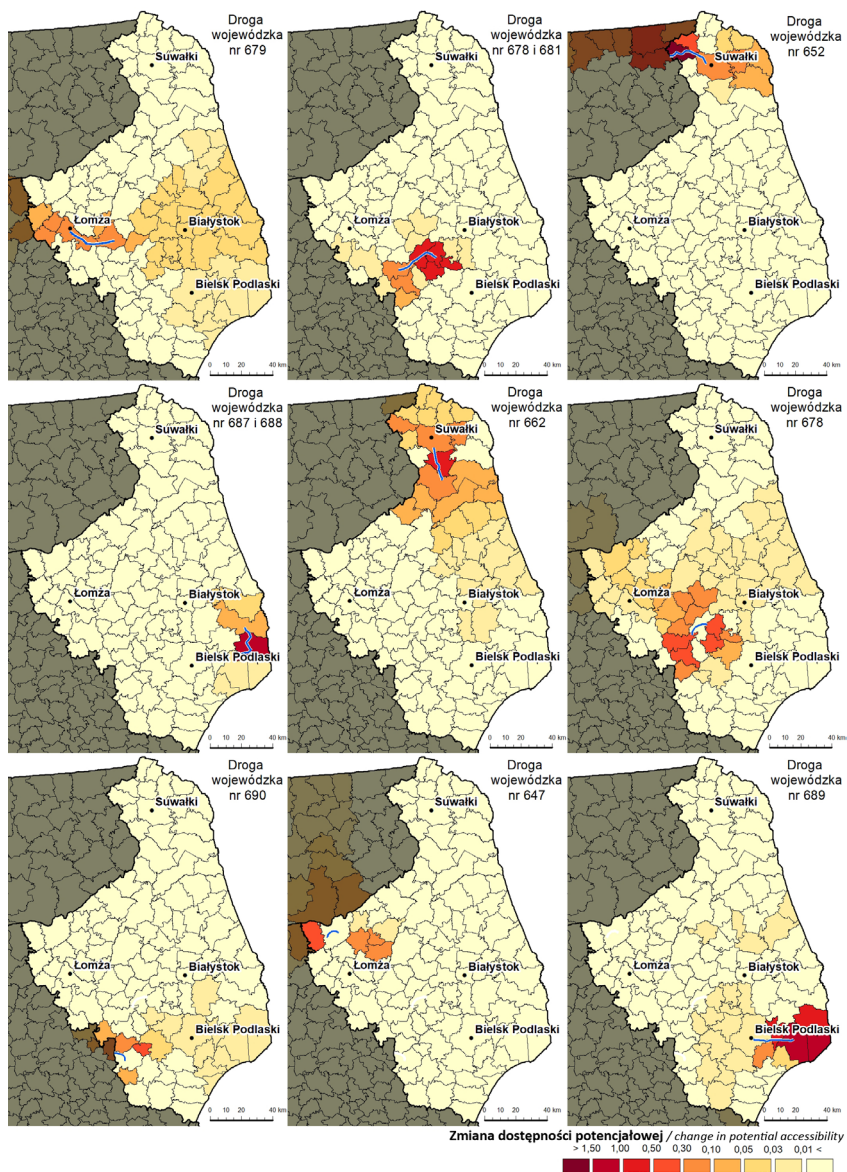
4.2.5. Poprawa dostępności w wyniku pojedynczych inwestycji lub programów inwestycyjnych – ujęcie przestrzenne

Ujęcie dynamiczne jest niezbędne w badaniach oceny efektów zmian dostępności w wyniku realizacji inwestycji infrastrukturalnych. Model dostępności potencjałowej daje ogromne możliwości wykorzystania wskaźnika potencjału do **priorytetyzowania** projektów i **etapowania** inwestycji infrastrukturalnych w zależności od efektów tych inwestycji na zmiany dostępności (np. w przeliczeniu na sumę nakładów inwestycyjnych lub długość inwestycji), zarówno na poziomie poszczególnych projektów, a także działań inwestycyjnych na poziomie regionalnym (por. ryc. 4.4 dla wybranych inwestycji na drogach wojewódzkich w województwie podlaskim) i makroregionalnym.

W ujęciu kartograficznym poprawa dostępności w wyniku realizacji pojedynczych inwestycji infrastrukturalnych przyjmuje postać charakterystycznego **wachlarza zmian dostępności** na obu końcach inwestycji. Jest on szczególnie widoczny przy inwestycjach dużych, takich jak koleje dużej prędkości, autostrady lub drogi ekspresowe. Najmniejsze efekty poprawy dostępności są w osi prostopadłej do środka analizowanego odcinka/segmentu trasy. Największe zmiany są przy węzłach, szczególnie początkowym i końcowym. Możliwe są również duże zmiany w centralnej części inwestycji jeżeli inwestycja przebiega przez obszar dotąd słabo obsługiwany przez daną gałąź transportu, jak w przypadku symulacji poprawy dostępności dla linii kolejowej dużej prędkości „Y” łączącej Warszawę z Poznaniem i Wrocławiem przez słabo dostępne do tej pory węzły aglomeracji ostrowsko-kaliskiej i łódzkiej (por. ryc. 4.5).

W przypadku prezentacji zmian dostępności wynikających z realizacji wszystkich **inwestycji transportowych**, np. dla danej gałęzi, w *danym okresie czasu*, np. w ciągu dekady lub dwóch. Przy takim ujęciu kluczową rolę ma fakt,

czy jest to ujęcie procentowe (względne lub relatywne), czyli iloraz, czy też jest to ujęcie bezwzględne (absolutne) w postaci różnicy między stanem końcowym a początkowym.



Ryc. 4.4. Zasięg przestrzenny zmian dostępności wynikający z realizacji wybranych inwestycji na drogach wojewódzkich w województwie podlaskim

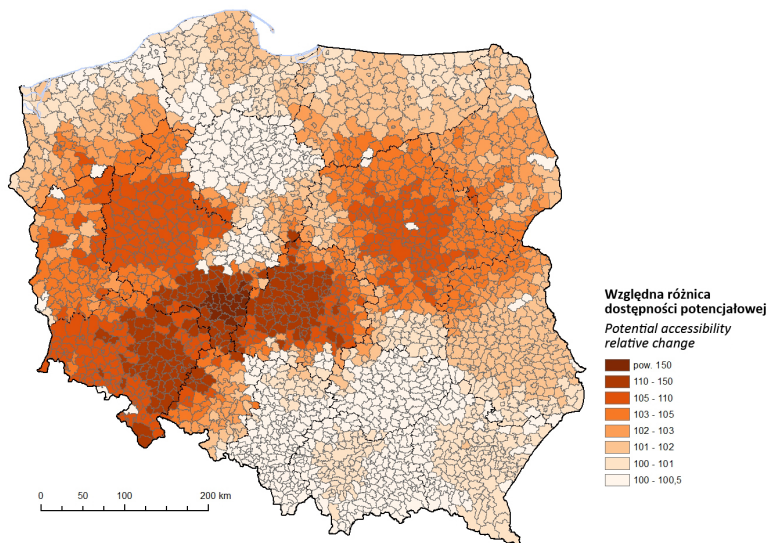
Fig. 4.4. Spatial extent of changes in regional accessibility as a result of the implementation of investments on voivodeship (regional) roads in the Podlaskie voivodeship

Źródło: Komornicki i in. (2021); opracowanie kartograficzne: S. Goliszek.

Tabela 4.6. Zmiana dostępności w wyniku realizacji wybranych inwestycji na drogach wojewódzkich na Podlasiu

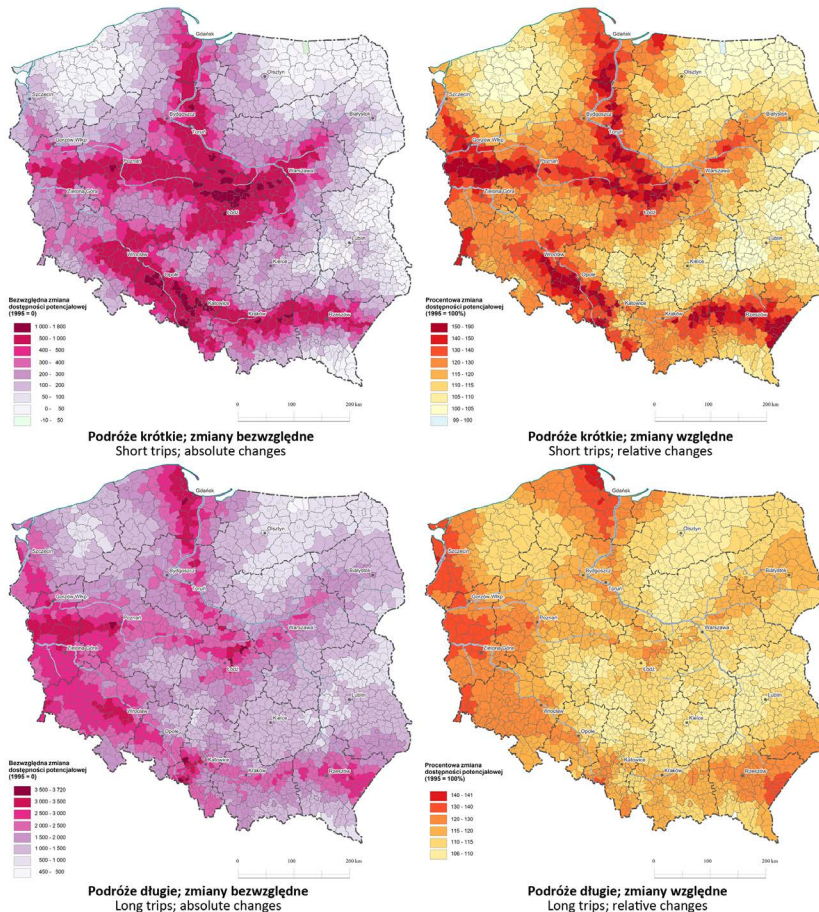
Nazwa inwestycji	Zmiana dostępności (%)	Zmiana dostępność (%) / długość inwestycji (km)	Zmiana dostępność (%) / koszt (mln)
Łomża – Mężenin – przebudowa drogi wojewódzkiej Nr 679	1,1548	0,0390	0,0128
Jeżewo Stare – Sokoly – przebudowa drogi wojewódzkiej Nr 671	0,5672	0,0312	0,0078
Roszki Wodźki – Wysokie Mazowieckie – przebudowa drogi wojewódzkiej Nr 678	0,5065	0,0224	0,0056
Dąbrowa Białostocka – Sokółka – przebudowa drogi wojewódzkiej Nr 673	0,3431	0,0127	0,0021
Bielsk Podlaski – Hajnówka – przebudowa drogi wojewódzkiej Nr 689	0,2823	0,0120	0,0030
Obwodnica Filipowa – Suwałki – przebudowa drogi wojewódzkiej Nr 652	0,1391	0,0074	0,0025
Kleszczele – Siemiatycze – przebudowa drogi wojewódzkiej Nr 693	0,1283	0,0035	0,0009
Juszkowy Gród – Zwodzieckie – przebudowa drogi wojewódzkiej Nr 687	0,0540	0,0019	0,0005

Źródło: Komornicki i in. (2021)



Ryc. 4.5. Różnice procentowe w dostępności. Efekt Kolei Dużej Prędkości „Y” (Warszawa-Łódź-Nowe Skalmierzyce-Poznań/Wrocław) dla 10 pociągów w ciągu doby dla każdej trasy Fig. 4.5. Percentage variations in accessibility. Effect of high-speed rail „Y”. 10 trains per day for each route
Źródło: Rosik i in. (2017); opracowanie kartograficzne S. Goliszek.

Ze struktury modelu potencjału wynika, że zmiany względne są znacznie wyższe od bezwzględnych na peryferiach obszaru badania ze względu na tzw. *efekt niskiej bazy*. Obszary charakteryzujące się niskim stanem początkowym dostępności w ujęciu procentowym zyskują znacznie więcej niż te położone centralnie i mające wyższą „bazę”. Z kolei w regionach centralnych zmiany dostępności w ujęciu bezwzględnym są często wyższe niż na obszarach peryferyjnych (szczególnie w podróżach krótkich). Przykładem niech będą bezwzględne (różnica) i względne (iloraz) zmiany dostępności krajowej w podróżach krótkich i długich w latach 1995-2015 (ryc. 4.6). Warto dodać, że w prezentacji kartograficznej dla zmian względnych zastosowano identyczne przedziały, natomiast dla zmian bezwzględnych przy braku możliwości wykorzystania równych przedziałów w podróżach krótkich i długich podjęto decyzję o prezentacji w postaci przedziałów o równej rozpiętości (z wyjątkiem przedziałów skrajnych).



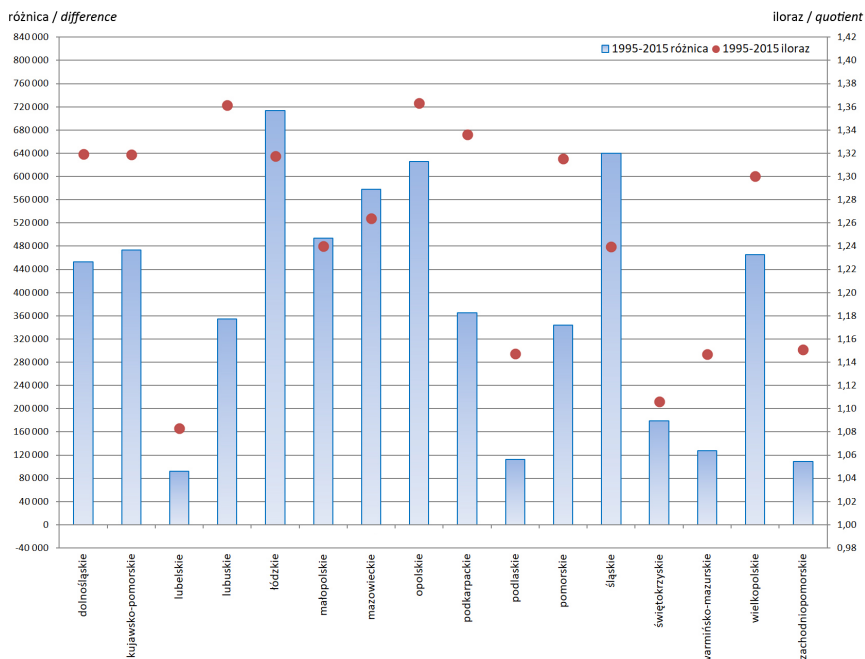
Ryc. 4.6. Bezwzględne (różnica) i względne (iloraz) zmiany dostępności w podróżach krótkich i długich w latach 1995-2015

Fig. 4.6. Absolute and percentage changes in potential accessibility for short and long trips in the years of 1995-2015

Źródło: Rosik i in. (2012); opracowanie kartograficzne M. Stępnik

Rozkład zmian dostępności w podróżyach krótkich, zaprezentowany w postaci ilorazu (zmiany względne; prawy górny róg ryciny), przyjmuje podobną postać do rozkładu zmian dostępności w podróżyach długich przedstawionych w postaci różnicy (zmiany bezwzględne; lewy dolny róg ryciny). Podobieństwo rozkładów wynika z tego, że na obu rozkładach nie są preferowane ani regiony peryferyjne (jak w podróżyach długich pokazanych w ujęciu względnym), ani obszary centralne (jak w podróżyach krótkich pokazanych w ujęciu bezwzględnym). Tym samym rozkład zmian względnych dostępności w podróżyach krótkich oraz rozkład zmian bezwzględnych dostępności w podróżyach długich są raczej rozwiązaniem pośrednim (ryc. 4.6).

Na poziomie wojewódzkim zmiany względne i bezwzględne dostępności w latach 1995-2015 w podróżyach krótkich można przedstawić w formie wykresu. W ujęciu bezwzględnym największymi beneficjentami wzrostu dostępności są województwa łódzkie, śląskie, opolskie oraz w mniejszym stopniu mazowieckie i małopolskie. Z kolei najmniej zyskały w ujęciu bezwzględnym województwa: lubelskie, podlaskie, zachodniopomorskie oraz warmińsko-mazurskie. Dla trzech peryferyjnych regionów: lubuskiego, podkarpackiego oraz pomorskiego odpowiednia prezentacja zjawiska (podanie wyników w formie względnej lub bezwzględnej) znacznie zmienia sytuację. Zmiany dostępności podane w ujęciu względnym w tych województwach są jednymi z najwyższych w kraju, a podane w wartościach bezwzględnych – zaledwie w połowie „stawki” (ryc. 4.7).

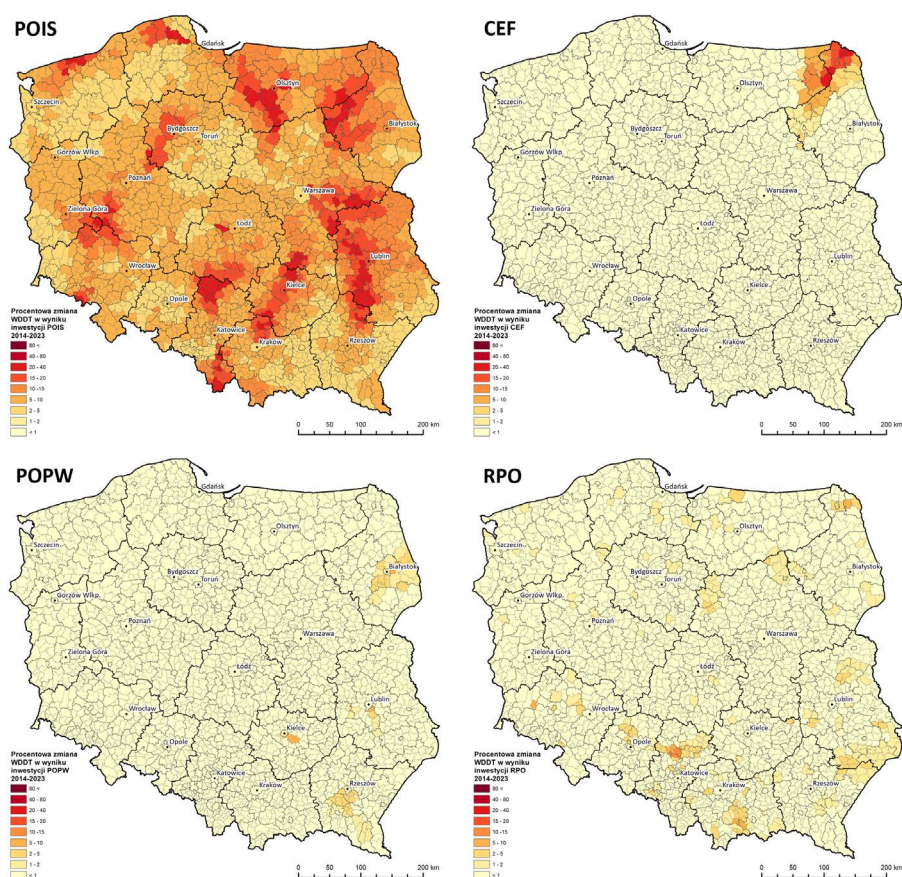


Ryc. 4.7. Zmiany względne (iloraz) i bezwzględne (różnica) krajowej dostępności drogowej w latach 1995-2015 (podróże krótkie; $\beta=0,02$)

Fig. 4.7. Absolute and percentage changes in potential accessibility within the years of 1995-2015 (short trips; $\beta=0,02$)

Źródło: Rosik i in. (2012)

Osobną kwestią jest efekt netto poprawy dostępności wynikający z inwestycji realizowanych w danym programie inwestycyjnym, np. przy współudziale środków unijnych. W ramach prac związanych ze Wskaźnikiem Międzygałęziowej Dostępności Transportowej tego typu efekt netto badany jest odpowiednio dla następujących programów: CEF (*Connecting Europe Facility* / instrument Łącząc Europę), POIS (Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko), POPW (Program Operacyjny Polska Wschodnia) oraz RPO (Regionalny Program Operacyjny).



Ryc. 4.8. Zmiana procentowa Wskaźnika Drogowej Dostępności Transportowej WDDT syntetycznego w wyniku inwestycji współfinansowanych z POIS/CEF/POPW/RPO w okresie programowania 2014-2020 (efekt netto inwestycji współfinansowanych z POIS/CEF/POPW/RPO; zmiana względna między dostępnością na koniec 2023 r. z uwzględnieniem inwestycji POIS/CEF/POPW/RPO, a dostępnością w 2023 r. bez inwestycji POIS/CEF/POPW/RPO)

Fig. 4.8. Percentage change in the synthetic Road Accessibility Indicator RoAI as a result of investments co-financed from POIS / CEF / POPW / ROP in the programming period 2014-2020

Źródło: Rosik i in. (2021a); opracowanie kartograficzne S. Goliszek.

Dla analizy wykonanej w ramach badania Rosik i in. (2021) dla czterech wyżej wymienionych programów dla okresu programowania 2014-2020 największe zmiany dostępności niesie ze sobą największy z programów, czyli

POIS. Na ryc. 4.8 widać rozległe wachlarze poprawy dostępności wzdłuż najważniejszych inwestycji w ciągach dróg ekspresowych i autostrad, w tym nacisk położony na poprawę dostępności w Polsce Wschodniej. Uzupełnieniem tego programu są inwestycje realizowane w ramach POPW, aczkolwiek ich zasięg (drogi wojewódzkie) podobnie jak w przypadku RPO (również drogi wojewódzkie) ma raczej lokalny charakter. Na Suwalszczyźnie duże znaczenie ma natomiast realizacja w ramach CEF jedynego dużego odcinka dróg wyższych klas poza POIS, tj. północnego odcinka drogi ekspresowej S61 (ryc. 4.8).

Warto mieć na względzie, że model potencjału wykorzystywany w IGiPZ PAN, który posłużył do wykonania wyżej wymienionych symulacji zmian dostępności w wyniku realizacji inwestycji i programów infrastrukturalnych, bazuje na modelu prędkości ruchu, który nie uwzględnia zmian w natężeniu ruchu (jest to w dużym uproszczeniu ruch swobodny). Tymczasem nowe inwestycje infrastrukturalne skutkują zarówno ruchem przeniesionym z jednojezdniowych dróg równoległych jak i ruchem wzbudzonym, który pojawia się jako bezpośredni rezultat lepszej dostępności. W skrajnym przypadku, np. w centrach miast jeżeli występuje zbyt duży ruch wzbudzony może nastąpić sytuacja, że budowa nowej drogi w krótszym lub dłuższym okresie daje pogorszenie dostępności w wyniku kongestii.

4.2.6. Podatność/wrażliwość, odporność, wytrzymałość i niezawodność sieci a zmiana dostępności

W Polsce sprzężenia zwrotne między dostępnością i mobilnością w kontekście struktury sieci (przede wszystkim sieci drogowej) mogą być analizowane w kontekście realizacji nowych inwestycji, względnie modernizacji fragmentów sieci. W krajach dysponujących zaawansowaną i nowoczesną infrastrukturą jest analiza wpływu na zmiany dostępności i rozkładu ruchu na sieci wyłączeń z użytkowania jej poszczególnych odcinków. Nurt ten może być ogólnie nazwany **studiami wrażliwości/podatności** (*vulnerability studies*). Poniższy rozdział został napisany z dużym wykorzystaniem fragmentów niepublikowanej pracy doktorskiej W. Pomianowskiego pt. „Wpływ struktury sieci transportowej na dostępność przestrzenną” (Pomianowski, 2018) oraz dzięki współpracy z zespołem geografów z Uniwersytetu Łódzkiego, w tym przede wszystkim M. Borowską-Stefańską (Borowska-Stefańska i in., 2018, 2019; Andrei i in., 2017).

Jak wskazuje Pomianowski (2018), w XX wieku analizy podatności/wrażliwości, odporności, wytrzymałości i niezawodności sieci były podejmowane w kontekście łączności, tj. do badania sieci przesyłowych, zwłaszcza telekomunikacyjnych (Grubestic i in., 2007; O’Kelly, Kim, 2007). W pierwszych dwóch dekadach XXI wieku nastąpiły serie katastrofalnych zdarzeń, takich jak trzęsienia ziemi, huragany, powodzie, pożary, tsunami oraz doszło do szeregu zamachów terrorystycznych. Odpowiedzią na te wydarzenia było zwiększenie

zainteresowania tematyką podatności/wrażliwości, odporności, wytrzymałości i niezawodności sieci i powstanie w ostatnich latach dwóch wydań specjalnych Transportation and Research (2012 – *Network vulnerability in large-scale transport networks* (Taylor, 2012); 2015 – *Resilience of Networks* (Caschili i in., 2015)) oraz większych opracowań zbiorowych (np. Murray i Grubestic, 2007) poświęconych wyłącznie tym zagadnieniom.

Podstawowym pojęciem wykorzystywanym w literaturze w tym zakresie jest ang. *vulnerability*, które może być tłumaczone na język polski jako **podatność** lub **wrażliwość**. Podobnie jak w przypadku analizy terminu dostępność, również w przypadku podatności/wrażliwości w literaturze przedmiotu nie ma ogólnie przyjętych definicji tych pojęć (Jenelius i Mattson, 2015; Chen i in., 2012, Einarsson i Rausand, 1998; Berdica, 2002; Holmgren, 2004; Jenelius i in., 2006). **Podatność sieci** (*network vulnerability*) można zdefiniować jako podatność na zakłócenia. W tym sensie podatność sieci transportowej może być traktowana jako problem zmniejszonej dostępności z powodu różnych zakłóceń (Chen i in., 2007, s. 243).

Wspomniane zakłócenia mogą spowodować znaczne ograniczenie usług sieciowych (Berdica, 2002). **Zdolność do obsługi** danego odcinka, trasy, sieci drogowej (*serviceability*) opisuje możliwość korzystania z tego połączenia/trasy/sieci drogowej w danym okresie. D'Este i Taylor (2003) stwierdzają, że węzeł jest podatny jeśli utrata (lub znaczna degradacja) niewielkiej liczby połączeń wychodzących z niego znacząco zmniejsza dostępność węzła (Jenelius i in., 2006, s. 540).

Z kolei **krytyczność** (*criticality*) danego elementu sieci (odcinka, węzła, grupy odcinków lub węzłów) w sieci obejmuje zarówno prawdopodobieństwo wyłączenia tego elementu sieci, jak i konsekwencje tego wyłączenia dla całego systemu/sieci. Im bardziej krytyczny jest dany element, tym poważniejsze jest uszkodzenie całego systemu w przypadku jego utraty. Jeśli prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia jest wysokie, element jest **słaby** (*weak*), a jeżeli konsekwencje są duże, komponent jest **ważny** (*important*). Jeżeli element sieci jest zarówno słaby, jak i ważny, to oznacza to, że ten odcinek/węzeł jest krytyczny (por. Nicholson i Du, 1994).

Podatność na zagrożenia można podzielić na dwie części, jedną zawierającą prawdopodobieństwo wystąpienia niebezpiecznego zdarzenia i drugą, którą można nazwać **narażeniem/ekspozycją** (*exposure*), zawierającą konsekwencje wystąpienia zdarzenia w określonym miejscu. Narażenie jest zatem zależne od miejsca. Podobnie, podążając za Nicholsonem i Du (1994), można nazwać konsekwencje dla zbioru miejsc, w których występuje uszkodzony odcinek sieci lub grupa odcinków sieci, **znaczeniem** (*importance*) tego odcinka lub grupy odcinków (Jenelius i in., 2006).

Podsumowując, jak wskazuje Pomianowski (2018), w kontekście wrażliwości/podatności sieci należy wyodrębnić dwa aspekty wpływu na spadki dostępności. W postaci pytań badawczych aspekty te brzmiałyby następująco:

- w jakim stopniu wybrana krawędź przyczynia się do spadku dostępności (połączenia w sieci),
- w jakim stopniu wierzchołki grafu (węzły, rejony transportowe) tracą na dostępności (węzły sieci).

Oba aspekty dynamiki są mierzone zmianą czasu lub **dostępności**. Tworzą układ, w którym miary jednego aspektu są logicznie niezależne od miar drugiego. Miary pierwszego typu zostały nazwane odpowiednio **krytycznością** (*criticality*) lub **ważnością** (*importance*). Miary drugiego aspektu **wrażliwością/podatnością** (*vulnerability*) lub **ekspozycją** (*exposure*).

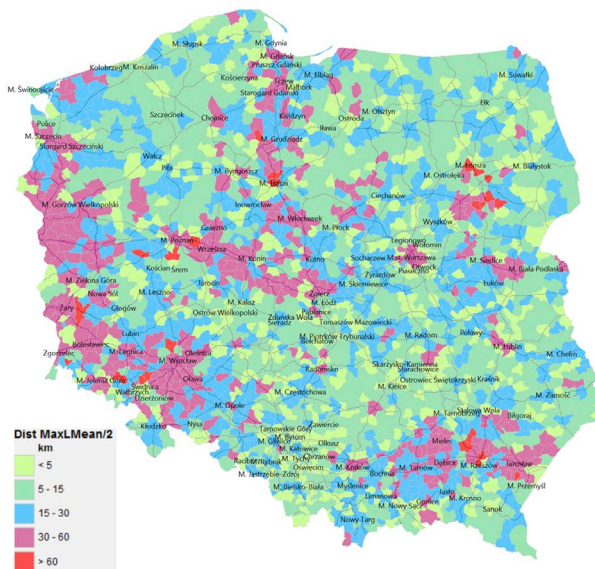
Przykładowo w pracy Jeneliusa i in. (2006) autorzy wyróżnili trzy wskaźniki ekspozycji wierzchołków dla scenariusza średniego (uszkodzenie losowo wybranego odcinka sieci):

- ekspozycja globalna, czyli przyrost czasu dla jednostkowej pary źródło-cel,
- ekspozycja ważona popytem, czyli przyrost czasu jednostkowej podróży,
- niezaspokojony popyt – odnoszący się wyłącznie do tych wierzchołków, które w wyniku przecięcia straciły całkowicie połączenie z resztą sieci.

Jak wskazuje Pomianowski (2018), „mimo, że we wzorach nie figuruje dostępność w postaci jawnej, to procedura ważenia czasu popytem prowadzi efektywnie do obliczenia dostępności potencjałowej. Podział na wskaźniki globalne i ważne jest, zdaniem autorów, w dużej mierze podziałem światopoglądowym, czyli decyzją o tym, czy przyjąć perspektywę równych szans (*equal opportunities perspective*), w której każdy ośrodek niezależnie od liczby mieszkańców ma równy wkład do wyniku, czy też równości społecznej (*social efficiency perspective*), w której wyniki cząstkowe są ważne ludnością i która faworyzuje mieszkańców dużych aglomeracji.”

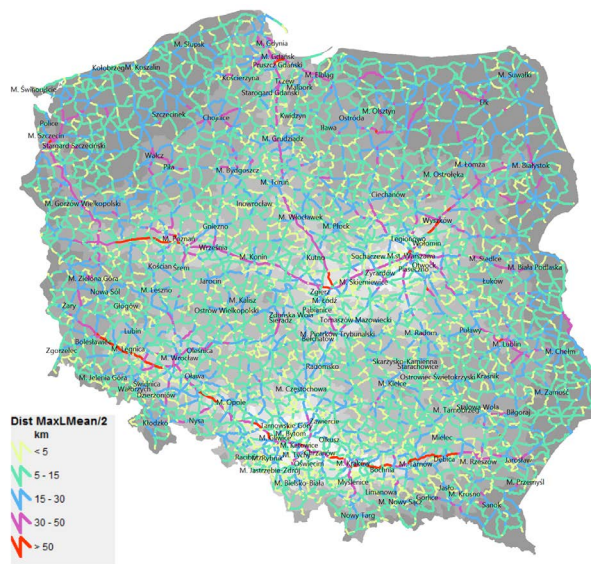
Znaczenie odcinków w Polsce było jednym z tematów pracy doktorskiej Pomianowskiego (2018), w której ukazuje on nowe podejście metodyczne i oblicza miary wrażliwości w podziale na aspekt wierzchołkowy i krawędziowy. Miary uzyskane w aspekcie wierzchołkowym mają mówić o **ekspozycji wierzchołka** na zmiany zachodzące na otaczających krawędziach. Zdaniem Pomianowskiego (2018) interesujące są tutaj trzy pytania: (1) Jaka jest wielkość tej wrażliwości? (2) Jak duży zbiór odcinków oddziałuje (rozproszenie)? (3) Jak daleko są położone (zasięg)? Z kolei w aspekcie krawędziowym należy otrzymać miary, które mówią o **oddziaływaniu odcinka** na otaczające wierzchołki. Tym razem pytania brzmią następująco: (1) Jaka jest wielkość tego oddziaływania? (2) Ile węzłów jest pod jej wpływem (rozproszenie)? (3) Jak daleko są położone (zasięg)? Przeprowadzona w pracy analiza oparta na teorii grafów wykazała, że efekty zmian w sieci nie wychodzą terytorialnie znacznie poza zasięg tzw. **wachlarza serwisowego odcinka**, natomiast siła oddziaływania i liczba obiektów wywierających najsilniejszy wpływ (krawędzie grafu) lub będących pod najsilniejszym wpływem (węzły grafu), określona jako **grupa wpływu**, pozostawała każdorazowo do ustalenia empirycznie. Dla wszystkich odcinków sieci drogowej przeprowadzono kilka symulacji zmiany prędkości, łącznie z całkowitym wykluczeniem z ruchu. Powstały skutek tego efekt zmiany dostępności, został zapisany w postaci tzw. **profilu dostępnościowego odcinka**. Następnie obliczono zestaw wskaźników podsumowujących każdy profil, dzielących się na negatywne (efekt zmniejszenia prędkości) i pozytywne (efekt zwiększenia) oraz na sumaryczne (efekt dla całego grafu) i kluczowe (efekt dla grupy wpływu). Właśnie dla

wskaźników kluczowych było możliwe obliczenie liczebności grupy wpływu i jej zasięgu terytorialnego, prowadzących do odpowiedzi na wcześniej postawione pytania badawcze. Wskaźniki były skonstruowane w sposób lustrzany, a więc przy użyciu identycznych wzorów dla obu aspektów badania. Wskaźnik zasięgu ekspozycji kluczowej, efektywnej, negatywnej mówi o tym, w jakiej średniej odległości znajduje się kluczowa grupa odcinków mających negatywny wpływ na wskazany wierzchołek sieci. Istnieje dość duża grupa rejonów, dla których ten wskaźnik przekracza 30 km. Należą do nich prawie wszystkie wielkie miasta, co można tłumaczyć obecnością w pewnym oddaleniu od centrum obwodnic rozpraszających ruch w miarę wielokierunkowo. Jak wskazuje Pomianowski (2018) interesujące są też dość duże i zwarte obszary koncentracji tego zjawiska na terenie Dolnego Śląska i woj. lubuskiego. Są to obszary peryferyjne, a jednocześnie – podłączone do sieci za pośrednictwem autostrad. Oddziaływanie jest odsunięte, ponieważ czynnik fizycznej odległości jest zmodyfikowany dużą prędkością (ryc. 4.9).



Ryc. 4.9. Wierzchołki: zasięg ekspozycji kluczowej, efektywnej, negatywnej
 Fig. 4.9. Span of Node key effective impact (negative)
 Źródło: Pomianowski (2018).

Oddziaływanie negatywne o dużym zasięgu koncentruje się wzdłuż najważniejszych dróg wyższych klas, w szczególności widoczna jest „kluczowość” odcinków autostrad koncentrujących ruch z różnych kierunków, tj. A2 – na zachód od Poznania i A4 – na zachód od Wrocławia oraz na wschód od Krakowa (ryc. 4.10).



Ryc. 4.10. Odcinki: zasięg oddziaływania kluczowego, efektywnego, negatywnego
 Fig. 4.10. Span of Link key effective impact (negative)
 Źródło: Pomianowski (2018).

W literaturze termin podatność, stosowany w odniesieniu do sieci transportu drogowego, jest mylony z terminem **niezawodność** (*reliability*). Immers i in. (2004) definiują niezawodność jako stopień pewności, z jakim podróżny jest w stanie oszacować swój czas podróży. Zależy on od rozkładu prawdopodobieństwa i stabilności czasów podróży (*travel time reliability*), od dostępnych informacji oraz alternatywnych opcji podróży (Jenelius i in., 2006; Mattsson i Jenelius, 2015; Xiao i in., 2017), również podlegających zmianie pod wpływem wypadków drogowych (Hojati i in., 2016). W odróżnieniu od terminu podatność/wrażliwość, niezawodność odnosi się do mniejszych fragmentów sieci (np. pojedynczego odcinka) i nie ma z natury charakteru systemowego, choć może być agregowana (Carrion i Levinson, 2012).

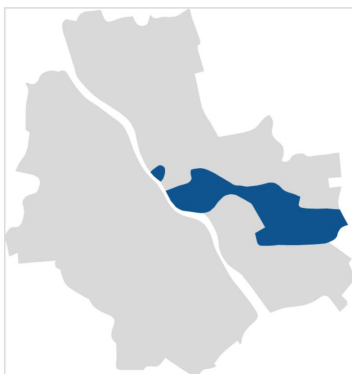
Przeciwnościem podatności/wrażliwości jest **odporność** lub też **stabilność** (*robustness*) (Mattsson i Jenelius, 2015). Podatność opisuje słabość sieci, a odporność opisuje siłę sieci. Odporność to zdolność sieci do utrzymania swojej funkcjonalności w warunkach odbiegających od normalnych (Knoop i in., 2012).

Zmniejszona dostępność skutkująca zmniejszeniem podatności/wrażliwości sieci, względnie jej niezawodności, może być konsekwencją różnego rodzaju czynników, zarówno o pochodzeniu naturalnym jak i antropogenicznym, takich jak:

- kataklizmy:
 - trzęsienia ziemi,
 - huragany,
 - powodzie (w Polsce specjalizuje się w tym temacie: Borowska-Stefańska i in., 2018, 2019),
 - skażenia,

- pożary,
- osuwiska itd.,
- wypadki drogowe,
- katastrofy budowlane,
- zamachy terrorystyczne,
- blokady, protesty,
- imprezy masowe,
- roboty drogowe skutkujące zwężeniami odcinków i brakiem ich pełnej przepustowości,
- skrajne warunki atmosferyczne (grad, ulewa, burza itd.),
- skrajna kongestia (najczęściej wynikająca z jednego z wyżej wymienionych czynników).

W Polsce w ostatnich latach znanym przykładem jest pożar Mostu Łazienkowskiego w Warszawie, którego konsekwencje były zauważalne (przede wszystkim dla prawobrzeżnej Warszawy) zarówno w formie zmian dostępności jak i rozkładu ruchu w poszczególnych motywacjach podróży. Efekt ten został uwypuklony w Warszawskim Badaniu Ruchu (2015).



Ryc. 4.11. Obszar objęty badaniem dotyczącym skutków zamknięcia Mostu Łazienkowskiego dla zmiany zachowań komunikacyjnych

Fig. 4.11. The area covered by the study on the effects of closing the Łazienkowski Bridge on changing transport behavior

Źródło: WBR (2015)

Identyfikacja sprzężeń zwrotnych między realnym spadkiem dostępności w wyniku wystąpienia zdarzenia, a rozkładem ruchu na sieci i zmianą zachowań komunikacyjnych jak dotąd w Polsce nie znalazła, poza Warszawskim Badaniem Ruchu (2015), odpowiedniego odzwierciedlenia w badaniach empirycznych.

Ostatnim z pojęć odnoszących się do zagadnień związanych z podatnością/wrażliwością, odpornością, wytrzymałością i niezawodnością sieci jest tzw. rezyliencja (*resilience*), tłumaczona też w polskiej literaturze przedmiotu jako sprężystość (Werner i in., 2015) lub wytrzymałość (Pomianowski, 2018), która określa predyspozycje systemu do zniesienia zaburzeń przy zachowaniu kluczowych parametrów działania oraz powrót do stanu normalnego. Innymi słowy jest to zdolność do regeneracji sieci. Pojęcie odnosi się do mechaniki zachowania

systemu w czasie. Przewiduje ono, że 1) istnieje stan równowagi naturalny dla systemu i że 2) system jest zdolny do regeneracji.

Jak wskazano w podsumowaniu niniejszego opracowania, w literaturze światowej kierunek badań wskazujący na konsekwencje spadku dostępności w wyniku różnych zdarzeń lub zagrożeń jest bardzo rozpowszechniony, podczas gdy w Polsce, poza nielicznymi wyjątkami, brakuje szerszych analiz podejmowych w tym temacie przez środowisko geografów transportu. Z drugiej strony, można zaryzykować tezę, iż w relacji do rzeczywistych zagrożeń powodziowych lub terrorystycznych dotyczących ułamka sieci (głównie drogowej) liczba artykułów poświęconych tej tematyce w zachodniej literaturze przedmiotu jest nieproporcjonalnie duża w stosunku do innych zagadnień dotyczących całych sieci.

4.2.7. Gałąź i typ transportu. Multimodalność

Analizy dostępności transportowej można podzielić na badania o charakterze unimodalnym i multimodalnym. Transport dzieli się ze względu na analizowaną gałąź transportu na: morski, śródlądowy, kolejowy, drogowy (w tym indywidualny oraz autobusowy), lotniczy i rurociągowy. Dodatkowo można wyróżnić również transport napędzany siłą człowieka, w tym transport pieszy i rowerowy oraz mikromobilność (skutery elektryczne, hulajnogi elektryczne itd.). Na różnych poziomach przestrzennych dominują analizy do różnych gałęzi transportu. Na poziomie miasta w ostatnich latach nastąpił wysyp badań poświęconych różnym aspektom dostępności w transporcie miejskim, rowerowym lub w kontekście mikromobilności (w tym oferta współdzielona). Na poziomie regionalnym lub krajowym w Polsce analizy dostępności poświęcone są głównie transportowi drogowemu i kolejowemu. Z kolei na poziomie kontynentalnym lub globalnym dominują badania dostępności w transporcie lotniczym lub morskim (por. Spiekermann i in., 2015).

W przypadku dostępności do tych sieci/gałęzi, które swoim obszarem nie pokrywają wszystkich rejonów transportowych, np. w **transporcie kolejowym**, istnieje całe spektrum możliwych podejść w analizie dostępności. Wyniki mogą się różnić w zależności od następujących założeń:

- **gałąź transportu**, która służy do przesiadki na pociąg; jeżeli to jest tylko dostępność piesza poziom dostępności gwałtownie spada poza buforem ok. 1-1,5 km od stacji kolejowych, jeżeli jest to dostępność transportem autobusowym – bardzo dużo zależy od założeń związanych z czasami dojścia/odejścia (poza zintegrowanymi węzłami przesiadkowymi) i czasami przesiadki;
- **prędkości na sieci**; jeżeli są to maksymalne prędkości techniczne (jak przy wskaźniku WMDT) to transport kolejowy stanowi ważną alternatywę wobec transportu indywidualnego; jeżeli są to prędkości rozkładowe (prędkości wynikające z rozkładów jazdy), które są zazwyczaj kilka, kilkanaście,

a w niektórych przypadkach nawet kilkadziesiąt procent niższe od prędkości technicznych – wówczas analiza porównawcza dostępności wskazuje zazwyczaj na znaczną przewagę transportu indywidualnego (z oczywistych względów w transporcie indywidualnym przyjęty model prędkości również ma tutaj znaczenie);

- **czasy dojścia/odejścia** (*access/egress time*) oraz **czasy przesiadki** (*transfer time*); percepcja czasu podróży nie jest stała i zmienia się w zależności od poszczególnych części podróży, takich jak czas dojścia/odejścia i czas przesiadki; wartość czasu dojścia/odejścia zależy od środka transportu wykorzystywanego w tych etapach podróży oraz motywacji podróży; najwyżej czas dojścia/odejścia jest wyceniany dla wyjazdów rekreacyjnych (nawet prawie dwukrotnie wyżej niż czas spędzony w pociągu), najmniej – dla dojazdów do pracy; bardzo duże różnice w wycenie czasu dojścia/odejścia są w zależności od środka transportu; o ile czas dojazdu metrem lub tramwajem do stacji kolejowej jest dla podróżnego mniej „kosztowny” niż czas podróży pociągiem, o tyle dojazd autobusem jest zdecydowanie bardziej uciążliwy; z powyższych względów Wardman (2001) rekomenduje zastosowanie dwukrotnej wagi dla czasu dojścia i odejścia do i z przystanku, jak i czasu oczekiwania na stacji lub przystanku w relacji do czasu spędzonego w środku transportu; ponadto wartość czasu na przesiadkę lub transfer w porcie lotniczym może być niższa niż np. dla lokalnego autobusu ze względu na dyskomfort oczekiwania (Wardman, 2001); wycena czasu przesiadki może zależeć również od dostępności usług i udogodnień, szczególnie jeżeli motywacją podróży jest turystyka lub rekreacja; jeżeli transfer ma miejsce na dużej stacji, która gwarantuje dostępność usług i udogodnień podróżny jest skłonny poświęcić dodatkowe parę minut czasu dla przesiadki właśnie na dużej stacji (Cascetta i Carteni, 2014); wycena czasu przesiadki zależy w dużej mierze od... czasu przesiadki, nie może być on zbyt krótki, tak by nie był stresujący, ani zbyt długi, tak by nie był męczący; optymalną wartością według Schakenbos i in. (2016) jest czas wynoszący 8 minut; czas krótszy jak i dłuższy powinny być dodatkowo „karane” chociaż podróżny dla niektórych kombinacji środków transportu np. metro-pociąg w przypadku multimodalnego dworca może być skłonny traktować jako właściwe nawet przesiadki 3-minutowe.

Z kolei podział ze względu na **przedmiot (typ) transportu** to podział na transport pasażerski i towarowy. Dla jednych gałęzi transportu analiza dostępności dotyczy głównie transportu pasażerskiego (np. w transporcie miejskim, rowerowym lub autobusowym), dla innych, ze względu na dominujący udział transportu towarów – głównie transportu towarowego (np. żegluga śródlądowa). Przy konstrukcji wskaźników syntetycznych dostępności (takich jak np. WMDT) pozostaje zawsze problem znaczenia/istotności transportu pasażerskiego i towarowego. Ten pierwszy z pewnością ma większe znaczenie dla mieszkańców kraju, użytkowników systemu transportowego, natomiast rola tego drugiego jest większa z punktu widzenia całej gospodarki. Z tego względu

przy konstrukcji wskaźnika WMDT, który łączy oba typy transportu, każdy z nich wchodzi do wskaźnika w 50%.

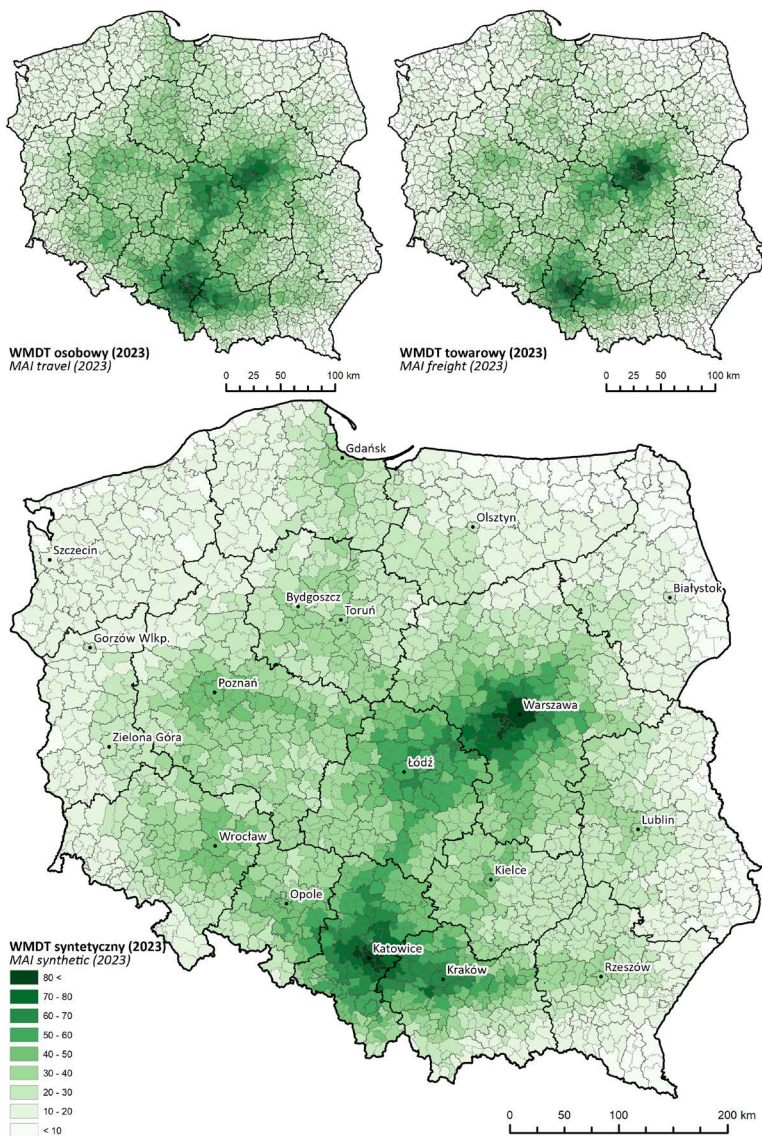
Szczególnie skomplikowana jest jednoczesna analiza dostępności dla wielu gałęzi, czyli ujęcie multimodalne. Istnieją tu trzy możliwe podejścia do obliczenia dostępności przy uwzględnieniu więcej niż jednej gałęzi podróży:

1. W pierwszym podejściu, oblicza się wskaźniki dostępności oddzielnie dla każdej gałęzi transportu uzyskując wskaźniki unimodalne (np. niezależnie dla motoryzacji indywidualnej, transportu autobusowego, kolejowego i lotniczego). Przy niskim poziomie agregacji rejonów transportowych (np. na poziomie powiatów lub gmin) tylko motoryzacja indywidualna i ewentualnie transport autobusowy mają „strukturę sieci pająka”, tzn. wszystkie rejonu transportowe są „podłączone” do najbliższego węzła sieci (por. Bruinsma i Rietveld, 1998). Następnie można **integrować wskaźniki unimodalne** dostępności np. na bazie udziałów w pracy przewozowej poszczególnych gałęzi, zarówno w transporcie pasażerskim jak i towarowym, lub dla wskaźników syntetycznych, uwzględniających zarówno transport pasażerski/osobowy jak i towarowy (jak przy wskaźniku WMDT (Rosik i in., 2021a); (ryc. 4.12).
2. W drugim podejściu, konstruuje się jeden wskaźnik, wspólny dla wszystkich gałęzi, nazywany też **wskaźnikiem multimodalnym**. Istnieją dwie metody stosowane w podejściu multimodalnym. Jednym z rozwiązań jest wybór najszybszej lub najmniej kosztownej gałęzi transportu dla każdej relacji między źródłem a celem podróży, przy ignorowaniu pozostałych gałęzi dla danej relacji. Można również uśredniać czas lub koszt podróży różnymi gałęziami transportu. Popularne jest też podejście bazujące na zagregowanym wskaźniku multimodalnym wykorzystujące tzw. kompozytowy koszt uogólniony określony wzorem (Schürmann i Talaat, 2000):

$$\bar{c}_{ij} = -\frac{1}{\lambda} \sum_m \exp(-\lambda c_{ijm}) \quad (4.4)$$

gdzie: c_{ij} – kompozytowy uogólniony koszt podróży między rejonami transportowymi i oraz j gałęzią transportu m , λ – wrażliwość na zmianę kosztu uogólnionego.

3. W trzecim podejściu, powstaje **wskaźnik intermodalny**, który uwzględnia możliwość przesiadek w podróży między dwiema lub więcej gałęziami transportu. Wskaźnik jest szczególnie istotny w transporcie towarowym (łańcuchy logistyczne), oraz w transporcie pasażerskim na dłuższych dystansach (Spiekermann i Neubauer, 2002). Wskaźnik intermodalny wymaga obliczenia najkrótszych ścieżek podróży dla intermodalnego kosztu uogólnionego przy uwzględnieniu czasu, kosztu i niewygody związanych z przesiadkami. Wskaźnik intermodalny (z uwzględnieniem czasu oraz kosztu uogólnionego) na poziomie całego kraju został zastosowany między innymi w modelu MULTIMODACC (Rosik i in., 2017).



Ryc. 4.12. Wskaźnik Międzygałęziowej Dostępności Transportowej WMDT (pasażerski, towarowy i syntetyczny) - wartość docelowa w 2023 r.

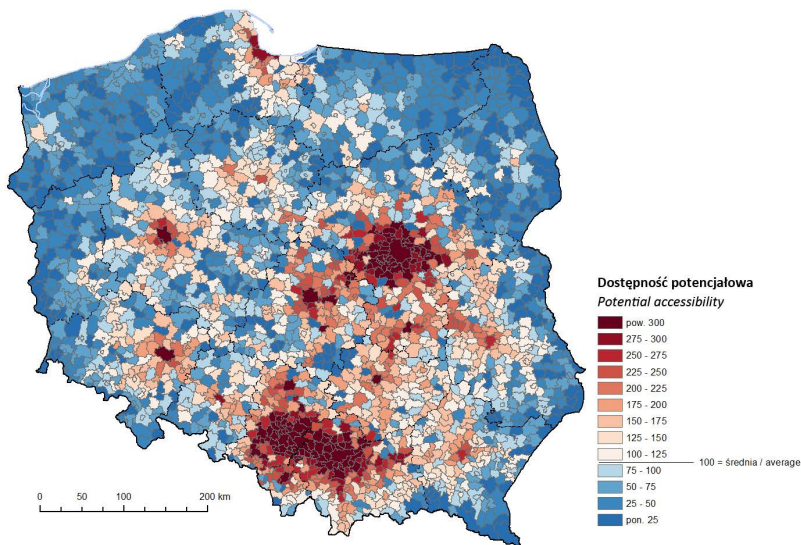
Fig. 4.12. Multimodal Accessibility Indicator (passenger, freight, synthetic) in 2023

Źródło: Rosik i in. (2021a). Opracowanie kartograficzne: S. Goliszek

W Polsce zróżnicowanie przestrzenne w ujęciu multimodalnym, tj. uzyskane w ramach symulacji autobus+kolej+samolot z możliwością wykonywania przesiadek między gałęziami transportu pokazuje, że dostępność transportem multimodalnym cechuje układ bipolarny z wyraźnymi biegunami górnośląsko-krakowskim oraz warszawskim. Te dwa najważniejsze bieguny/strefy wyższej dostępności nie ograniczają się jedynie do obszarów stricte podmiejskich, ale

swoim zasięgiem obejmują również dalsze tereny, oddalone o kilkadziesiąt kilometrów od aglomeracji/konurbacji. Z kolei strefa wyższej dostępności w biegunie łódzkim wydaje się być oddzielona od bieguna warszawskiego i porównywalna pod względem dostępności do biegunów wrocławskiego, poznańskiego oraz Trójmiasta. Można zatem powiedzieć, że dostępność transportem multimodalnym ma charakter układów koncentryczno-promienistych w wierzchołkach heksagonu (Warszawa, Kraków, Katowice, Wrocław, Poznań i Gdańsk), z dołączeniem dwóch istotnych układów koncentryczno-promienistych pozaheksagonalnych w postaci połączeń do i z Lublina i Rzeszowa. Aglomeracja bydgosko-toruńska jest gorzej dostępna niż takie ośrodki jak Radom, Kielce lub Częstochowa. Układy peryferyjne (zarówno w sensie peryferii zewnętrznych jak i wewnętrznych) są bardzo zbliżone do tych uzyskanych w ramach dostępności autobusowej (dobra dostępność Polski południowo-wschodniej, którą cechuje gęsta sieć autobusowa) lub w wariantcie autobus+kolej (dobra dostępność gmin położonych wzdłuż linii kolejowych, przede wszystkim tych odchodzących promieniście od ośrodków aglomeracyjnych, np. Poznania lub Wrocławia) (ryc. 4.13).

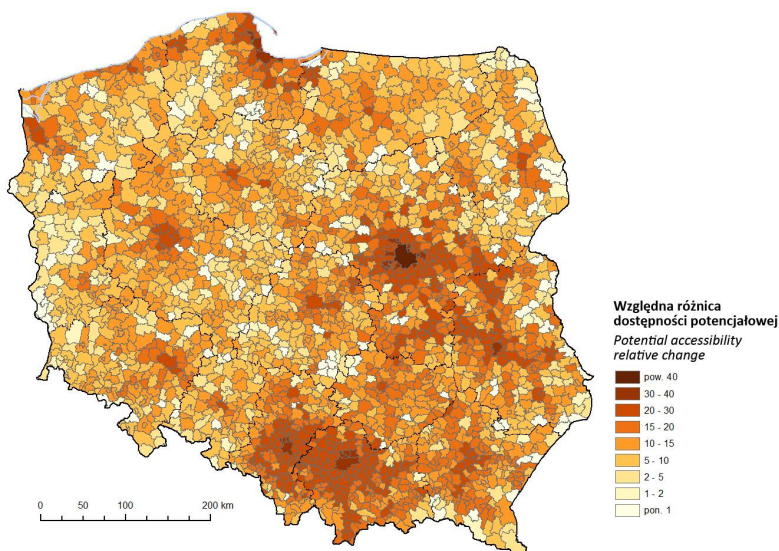
Odrębnym zagadnieniem jest relacja między dostępnością w transporcie indywidualnym a dostępnością w transporcie publicznym. W polskiej literaturze przedmiotu tematyką tą zajęli się w kontekście dostępności do obiektów handlowych w Warszawie Niedzielski i Kucharski (2019) oraz Niedzielski (2021). Wskaźnikiem, który określa różnice w dostępności między transportem publicznym a indywidualnym jest tzw. **zróznicowanie modalne dostępności** (*modal accessibility disparity*; MAD; Kwok i Yeh, 2004). Niedzielski i Kucharski



Ryc. 4.13. Multimodalna dostępność transportem publicznym gmin w Polsce. Dostępność autobusowo-kolejowo-lotnicza (wariant multimodal) – podróże długie ($\beta = 0,0116$)

Fig. 4.13. Multimodal accessibility by public transport in Poland. Bus-rail-air accessibility (multimodal variant) – long-distance trips ($\beta = 0,0116$)

Źródło: Rosik i in. (2017). Opracowanie kartograficzne: S. Goliszek



Ryc. 4.14. Różnice w dostępności. Autobus+kolej+samolot / Samochód. Wariant samochód = 100%. Podróże długie ($\beta = 0,0116$)

Fig. 4.14. Variations in accessibility. Bus+rail+air / Car. Car variant = 100%. Long-distance trips ($\beta = 0,0116$)

Źródło: Rosik i in. (2017). Opracowanie kartograficzne: S. Goliszek

(2019) na podstawie przeglądu literatury na poziomie miast (głównie literatury amerykańskiej) dowodzą, że wskaźnik ten w miastach USA, gdzie tradycyjnie dostępność transportem indywidualnym jest wyższa niż publicznym, jest generalnie niższy niż w miastach europejskich i azjatyckich, gdzie dobrze rozwinięty jest transport publiczny a dostępność transportem indywidualnym jest mocno ograniczona (-0,99 – -0,96 w Cincinnatti i Los Angeles, przez np. -0,24 – -0,22 w Helsinkach i Warszawie, aż do nawet 0,85-0,94 w Hong Kongu).

W Polsce badanie porównawcze dostępności w transporcie indywidualnym i publicznym (ujęcie multimodalne) zaprezentowano w publikacji Rosik i in. (2017). Relacja między transportem indywidualnym a transportem multimodalnym w Polsce potwierdza wielokrotnie lepszą dostępność samochodem niż transportem publicznym. Średnia dostępność transportem publicznym w ujęciu multimodalnym w Polsce wynosi mniej niż 12% dostępności transportem indywidualnym. Tylko w Warszawie i w Ząbkach dostępność multimodalna przekracza 40% dostępności transportem indywidualnym. Najmniejsza przewaga transportu indywidualnego nad publicznym cechuje trzy aglomeracje: warszawską, krakowską i trójmiejską oraz konurbację górnośląską. W mniejszym stopniu również relatywnie dobra dostępność w transporcie publicznym w relacji do transportu indywidualnego cechuje Wrocław, Poznań, Szczecin, Rzeszów i Lublin z Puławami. Wśród obszarów przygranicznych relatywnie dobra dostępność transportem publicznym cechuje atrakcyjne turystycznie Pobrzeże Bałtyku oraz zachodnią część Karpat. Z kolei bardzo wysoka wielokrotna przewaga dostępności transportem indywidualnym nad publicznym ma charakter mozaikowo-wyspowy na obszarach pozaaglomeracyjnych w części

centralnej kraju (widoczny peryferyjny obszar styku województw łódzkiego i świętokrzyskiego) oraz wzdłuż granicy wschodniej i zachodniej (ryc. 4.14).

4.3. Komponent użytkowania przestrzeni

Na poziom dostępności transportowej, obok cech systemu transportowego, wpływa rozmieszczenie w przestrzeni szans, możliwości lub potrzeb, istotnych dla użytkownika sieci transportowej. Wśród wielu określeń charakteryzujących komponent użytkowania przestrzeni, najtrafniejszym wydaje się być określenie atrakcyjności (atrakcji) danej lokalizacji (najczęściej masy związanej z węzłem) jako celu podróży w systemie transportowym (Handy i Niemeier, 1997). Według Geursa i van Wee (2004) komponent użytkowania przestrzeni można określić według:

- przestrzennego zróżnicowania podaży atrakcji (celów podróży) i ich cech charakterystycznych,
- przestrzennego zróżnicowania popytu na atrakcje i jego cech charakterystycznych,
- relacji między podażą i popytem w przestrzeni, co jest szczególnie istotne przy wystąpieniu tzw. efektów konkurencji, tj. wówczas gdy atrakcje mają „ograniczoną wydajność” i ich podaż nie równoważy wysokiego popytu na nie (np. miejsca pracy, szpitale lub szkoły).

Tym samym w odniesieniu do komponentu użytkowania przestrzeni skoncentrowano się na opisie czterech wymiarów, tj.:

- celów podróży (również w szerszym ujęciu wraz z motywacjami podróży),
- źródeł podróży,
- potencjału własnego,
- zasięgu przestrzennego badania.

4.3.1. Cele podróży a motywacje podróży

Jednym z podstawowych pytań w badaniu dostępności transportowej, jest pytanie o cechy charakterystyczne celu podróży, tj. co stanowi o atrakcyjności celu podróży dla użytkownika sieci transportowej i w jaki sposób zmierzyć tą atrakcyjność? Atrakcyjność oznacza dla podróżującego potencjalną użyteczność szans zlokalizowanych w celu podróży (Baradaran i Ramjerdi, 2001). Atrakcyjność może być mierzona w wielkościach fizycznych (np. liczba ludności) jak i ekonomicznych (np. wielkość PKB). Właśnie liczba ludności (potencjał demograficzny) oraz dochód (potencjał ekonomiczny) mierzony PKB są najczęstszymi wyborami miary atrakcyjności mas na poziomie całej Europy (Spiekermann i Neubauer, 2002). Według Keeble i in. (1982), PKB jest najlepszym dostępnym wskaźnikiem

charakteryzującym rozmiar aktywności ekonomicznej regionu. Z kolei Linneker i Spence (1992) uważają, że liczba osób zatrudnionych, jako ekonomiczna miara komponentu użytkowania przestrzeni, ma więcej zalet niż PKB.

Funkcja atrakcyjności masy może przybierać różne formy. Najczęściej stosowaną jest funkcja liniowa (według wielkości masy). Jednak można rozważyć zastosowanie funkcji nieliniowej, w celu uchwycenia tzw. **efektów aglomeracji** (*agglomeration effects*) np. dla podkreślenia hierarchii administracyjnej ośrodków lub w celu wskazania na relatywnie większą liczbę podróży wykonywanych między rdzeniem a otoczeniem aglomeracji. Według Baradarana i Ramjerdi'ego (2001) szanse, jakie oferuje dana lokalizacja (masa) powinny uwzględniać również szanse dostępne w sąsiednich lokalizacjach. Uwzględnienie efektów aglomeracji jest jednak stosunkowo skomplikowane i rzadko stosowane. Jednym z zastosowań w ostatnich latach w Polsce jest model ruchu PKP PLK (analiza dotyczyła prognozowania ruchu a nie zróżnicowania dostępności), gdzie wykorzystano tzw. Wskaźnik Większych Miast (WWM). Wskaźnik Większych Miast miał za zadanie wskazać, w jakim otoczeniu znajduje się rozpatrywany rejon transportowy. W tym rozumieniu większymi miastami były miejscowości o znacząco większej liczbie ludności od rozpatrywanego. WWM miał na celu prawidłowe oddanie wpływu otoczenia rejonu na jego generację ruchu. Wartość Wskaźnika Większych Miast zależała od czasu przejazdu pomiędzy rejonami transportowymi, a to oznaczało, iż mogła się ona zmieniać wraz ze zmianami dokonywanymi w sieci transportowej (Konarski i in., 2018).

Jednak podstawowym błędem w badaniach dostępności jest wyznaczenie *a priori* zmiennej charakteryzującej atrakcyjność masy, bez uwzględnienia motywacji podróży (Vickerman, 1974). Generalnie, przy dużym poziomie ogólności można wyróżnić sześć podstawowych **motywacji podróży** (*travel purposes*) w transporcie pasażerskim:

- dojazdy do pracy,
- wyjazdy na zakupy,
- podróże biznesowe,
- wyjazdy w celu osiągnięcia usług zdrowotnych, edukacyjnych i innych (dojazdy do szkoły, uczelni, szpitala),
- wyjazdy rekreacyjne i turystyczne,
- wizyty (towarzyskie, rodzinne, itp.).

Dla każdej z wyżej wymienionych motywacji podróży można założyć inny **cel podróży** (w sensie miejsca w przestrzeni). Dla dojazdów do pracy, celem podróży dla użytkownika sieci będą miejsca pracy. Dla wyjazdów „na zakupy”, atrakcyjność celu podróży można zmierzyć biorąc pod uwagę wielkość powierzchni handlowej, obrotów handlowych, lub jakość i ceny wybranych grup towarów na danym obszarze (region, węzeł). W przypadku wyjazdów w celu osiągnięcia usług zdrowotnych przykładowymi miarami atrakcyjności celów podróży są liczba lekarzy rodzinnych oraz liczba łóżek w szpitalach. Dla usług edukacyjnych ważne mogą być: liczba szkół podstawowych, średnich, wyższych lub liczba studentów. Przy wyjazdach rekreacyjnych i turystycznych wiele potencjalnych

zmiennych może wpływać na ocenę atrakcyjności celu podróży. Przykładowo, dla narciarzy ważne będą takie wskaźniki jak długość stoków narciarskich lub liczba miejsc noclegowych. Dla każdego użytkownika sieci inne zmienne będą miały większe znaczenie przy wyborze celu podróży. Wybór ma charakter subiektywny i z tego względu oszacowanie atrakcyjności turystycznej (rekreacyjnej) mas jest znacznie trudniejsze niż przy dojazdach do pracy, wyjazdach „na zakupy” lub wyjazdach w celu osiągnięcia usług. Z podobnymi trudnościami wiąże się oszacowanie celu podróży przy wyjazdach towarzyskich i rodzinnych.

Istnieje wiele możliwych podejść do grupowania **motywacji podróży**. System klasyfikacyjny motywacji podróży w zależności od przyjętego kryterium można podzielić na:

1. Kryterium obligatoryjności podróży:

- podróże **obligatoryjne** (związane z miejscem pracy, nauki, a także obowiązkami służbowymi),
- podróże **fakultatywne** (wyjazdy na zakupy, odwiedziny krewnych i znajomych, podróże rekreacyjne i turystyczne itd.).

2. Kryterium częstotliwości podróży:

- podróże **codzienne** (np. dojazdy do pracy lub szkoły),
- podróże **regularne** (całe spektrum podróży niecodziennych, ale też niesporadycznych wykonywanych regularnie kilka razy w tygodniu lub miesiącu, np. wyjazdy na zakupy, dojazdy na uczelnie w trybie zaocznym, wyjazdy przedstawicieli handlowych itp.),
- podróże **sporadyczne** (np. wyjazdy turystyczne).

3. Kryterium długości podróży:

- podróże **krótkie** (najczęściej definiowane jako te poniżej 100 km; zazwyczaj są to podróże obligatoryjne codzienne, takie jak dojazdy do pracy lub szkoły, ale również część podróży fakultatywnych, np. wyjazdy na zakupy),
- podróże **długie** (najczęściej definiowane jako te powyżej 100 km; większość podróży turystycznych oraz duża część odwiedzin znajomych i krewnych oraz podróży służbowych).

W literaturze przedmiotu nie ma jednoznacznej definicji **podróży długich** (zwanych też w literaturze polskiej dalekimi). Zazwyczaj kryterium różnicującym długość podróży jest pokonany dystans w kilometrach lub milach. Jednak w wielu analizach podróże długie definiowane są na podstawie czasu pokonywania dystansu lub czasu trwania całej podróży (podróże jednodniowe, z noclegiem, powyżej pewnej liczby noclegów) (por. tab. 4.7).

Problemem jest również fakt, iż próg różnicujący podróże krótkie i długie może być postawiony, w sensie dystansu, zarówno na 20 km (jak w badaniach ruchu we Włoszech), do aż 200 km (jak w analogicznych badaniach w Belgii) (Zimmer i Schmied, 2008). W badaniach transportowych wykonywanych w Wielkiej Brytanii w ramach *National Traffic Survey* dystans ten zaczyna się od 50 mil (83 km) (*Office for National Statistics*, 1998), a najczęściej wykorzystywany w badaniach jest próg 100 km (badania transportowe wykonywane na poziomie europejskim w ramach projektu DATELINE lub na poziomie krajowym np. w Szwecji; *Swedish*

Institute for Transport and Communication Analysis 2003). W USA w badaniach transportowych prowadzonych przez *Bureau of Transportation Statistics* próg różnicowania podróży długich wynosi aż 100 mil (167 km).

Tabela. 4.7. Badania podróży w gospodarstwach domowych z informacją o podróżach długich

Badanie	Zasięg przestrzenny	Rok badania	Codziennie dzienniki podróży	Definicja podróży długich
INVERMO	Niemcy	1999-2002	nie	>100 km
MiD	Niemcy	2002	tak	podróże z noclegiem
Micro Census	Szwajcaria	2005	tak	>3 godzin podróże z noclegiem
DATELINE	EU15 + Szwajcaria	2001/2002	nie	>100 km
MEST/TEST	Francja, Portugalia, Szwecja, Wielka Brytania	1996/1997	nie	>100 km
KITE	Szwajcaria, Czechy, Portugalia	2008/2009	nie	>100 km

Źródło: Frei i in. (2010).

Podróże długie są relatywnie rzadkimi wydarzeniami, przynajmniej w porównaniu do podróży wykonywanych codziennie. Jednak ze względu na pokonywane odległości stanowią one znaczny udział w pracy przewozowej. Według Rich i Mabit (2011) podróże długie (ponad 100 km) stanowią nawet ok. 50% pracy przewozowej (w pasażerokilometrach) wykonywanej w Europie (obliczenia na podstawie macierzy podróży opracowanej w projekcie TRANSTOOLS). Z kolei według badań prowadzonych przez *Bureau of Transportation Statistics* w USA podróże długie (rozumiane jako podróże powyżej 100 mil (167 km) stanowią ponad 20% pracy przewozowej (Limtanakool i in. 2006). Z kolei w Wielkiej Brytanii długie podróże (rozumiane jako podróże o dystansie przekraczającym 50 mil) to jedynie około 2,3% wszystkich podróży, jednak stanowią prawie 30,2% łącznej pracy przewozowej (Rohr i in. 2010).

Do celów niniejszego opracowania dokonano podziału na główne i pozostałe motywacji podróże (por. tab. 4.8).

Biorąc pod uwagę metody dostępności wyróżnione w niniejszym opracowaniu można określić w ujęciu macierzowym, które motywacje podróży najlepiej badać z wykorzystaniem poszczególnych metod badawczych. Powstaje w ten sposób macierz mobilnościowo-dostępnościowa (*mobility-accessibility MA-trix*). Przykład takiego ujęcia macierzowego został przedstawiony w tabeli 4.8.

Istnieją motywacje podróży, które w naturalny sposób można badać z uwzględnieniem wielu metod dostępności. Przykładem jest dostępność do usług zdrowotnych, którą Rosik i in. (2020c) analizowali z wykorzystaniem czterech metod badawczych. Również w przypadku dostępności do miejsc pracy lub dostępności do usług edukacyjnych oraz w innych przypadkach, gdzie występują efekty konkurencji i ograniczona podaż (np. dostępność torów na pływalniach

Tabela 4.8. Wielokryterialna klasyfikacja motywacji podróży

Motywacja podróży	Fakultatywność a obligatoryjność podróży	Częstotliwość podróży	Długość podróży / opór przestrzeni	Atrakcyjność celu podróży (potencjał atrakcji ruchu)	
				Czynnik ilościowy	Czynnik jakościowy
Główne motywacje podróży					
Dojazdy do pracy	Obligatoryjne	Codzienne	Krótkie	Liczba miejsc pracy	Wysokość wynagrodzenia i inne
Wyjazdy na zakupy	Fakultatywne	Sporadyczne lub regularne	Krótkie	Liczba hipermarketów, supermarketów itd...	Powierzchnia sklepów; wysokość cen
Dojazdy do szkoły	Obligatoryjne	Codzienne lub regularne (studia zaoczne)	Krótkie/długie	Liczba miejsc na uczelni/w szkole	Jakość systemu edukacji
Podróże biznesowe	Obligatoryjne	Sporadyczne lub regularne	Długie/krótkie	Liczba podmiotów gospodarczych/spółek	Charakter powiązań biznesowych
Odwiedziny znajomych i krewnych	Fakultatywne	Sporadyczne	Długie/krótkie	Miejsca zamieszkania rodziny/ znajomych	Intensywność relacji międzyludzkich
Podróże turystyczne	Fakultatywne	Sporadyczne	Długie	Liczba miejsc noclegowych	Jakość usług turystycznych
Pozostałe motywacje podróży					
Rekreacyjne	Fakultatywne	Sporadyczne	Krótkie/długie	Liczba możliwych miejsc rekreacji	Jakość miejsc rekreacji
Związane z usługami pożytku publicznego np. usługi służby zdrowia, wizyty w urzędzie itd.	Obligatoryjne / Fakultatywne	Sporadyczne	Krótkie/długie	Lokalizacja usług	Jakość usług
Praca za granicą / praca wakacyjna/sezonowa	Obligatoryjne	Sporadyczne	Długie	Dostępność i liczba miejsc pracy	Wysokość wynagrodzenia i inne

Źródło: opracowanie własne.

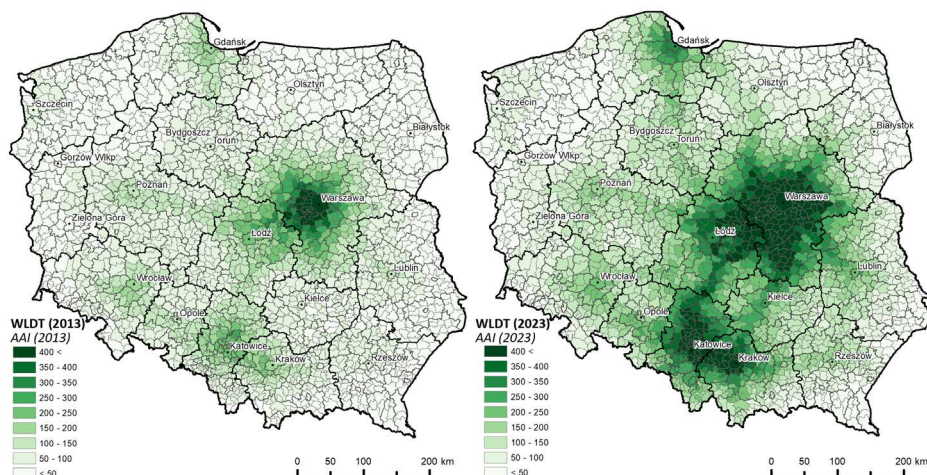
krytych) można wykorzystywać metody związane z uwzględnianiem zarówno popytu jak i podaży, takie jak iloraz potencjałów, 2SFCA lub model podwójnej ograniczonej interakcji przestrzennej. Można zatem tego typu motywacje określić mianem **motywacji z dużym spektrum możliwości analizy dostępności**.

Długość podróży związana jest z poziomem centralności **usług pożytku publicznego** (*centrality of services of general interest*). Bardzo krótkie lub krótkie podróże wykonywane są do tych usług, których poziom centralności jest niski. Są to podróże związane z codziennymi aktywnościami, do celów dość rozproszonych, dostępnych powszechnie w relatywnie niedużym oddaleniu, na poziomie osiedla, dzielnicy, miejscowości, w skrajnym przypadku – gminy. Do usług tych należą np. żłobki i przedszkola, szkoły podstawowe, apteki, przychodnie, lokalne sklepy itp. W analizie dostępności najczęściej wykorzystuje się w tym przypadku metodę najbliższej odległości, znacznie rzadziej inne metody, np. dostępność kumulatywną lub potencjałową. Warto jednak zaznaczyć, że w przypadku niektórych usług, takich, jak żłobka lub przedszkola na nowych osiedlach deweloperskich pojawiają się efekty konkurencji (szczególnie w zakresie dostępu do placówek państwowych). Tym samym w wyjątkowych przypadkach zaleca się w analizach dostępności uwzględniać efekty konkurencji. Generalnie są to jednak cele podróży i **motywacje z małym spektrum możliwości analizy dostępności**.

Średnim poziomem centralności usług pożytku publicznego charakteryzują się szkoły średnie i szpitale powiatowe, szpitalne oddziały ratunkowe, ale również np. stacje kolejowe (Milbert i in., 2013). W tym przypadku, obok metody najbliższej odległości, stosuje się również i inne, np. odsetka populacji zamieszkałej w izochronie dojazdu do szpitala powiatowego, metody 2SFCA do oceny dostępności do szpitalnych oddziałów ratunkowych (Stępniaak, 2013) i inne.

Wysoki poziom centralności usług pożytku publicznego cechuje w Polsce te usługi, które są dostępne zazwyczaj w mieście wojewódzkim, względnie w ośrodkach subregionalnych. Są to uczelnie wyższe, szpitale wojewódzkie, ale również i porty lotnicze. Dominującym typem analizy dostępności dla tego typu usług o dużym stopniu koncentracji jest dostępność kumulatywna i wykorzystywanie izochron w celu ukazania odległości czasowej dojazdu do portu lotniczego lub uczelni wyższej. W przypadku uczelni wyższych interesującym rozwiązaniem jest również dostępność potencjałowa, przy czym atrakcyjność masy (uczelni) należy w tym przypadku określać z wykorzystaniem zarówno czynnika ilościowego (liczba studentów), jak i jakościowego (ranking uczelni). Ten typ analizy jest możliwy również w przypadku analizy dostępności do szkół średnich (również w oparciu o ranking). Z drugiej strony, uczniowie i studenci mają różne motywacje nauki, i nie każdy kieruje się rankingiem w wyborze uczelni. Z tego względu analiza dostępności powinna brać również pod uwagę uwarunkowania indywidualne (komponent indywidualny). Z kolei w przypadku dostępności do portów lotniczych można wykorzystywać dostępność potencjałową z zaznaczeniem, że atrakcyjność celu podróży rozumie się jako przepustowość portów lotniczych. W Polsce badania tego typu prowadzi się w ramach wskaźnika

WLDT (wskaźnik lotniczej dostępności transportowej), gdzie z jednej strony bierze się pod uwagę czas dotarcia do portu lotniczego transportem indywidualnym, który w ujęciu dynamicznym zmienia się w wyniku rozbudowy sieci drogowej (głównie dróg ekspresowych i autostrad), a z drugiej strony przepustowość portów lotniczych, która w Polsce w ostatnich dwóch dekadach zmieniała się bardzo dynamicznie w wyniku inwestycji w portach lotniczych (ryc. 4.15).



Ryc. 4.15. Wskaźnik Lotniczej Dostępności Transportowej WLDT - wartość bazowa w 2013 r. (mapa z lewej strony) oraz wartość docelowa w 2023 r. (mapa z prawej strony)

Fig. 4.15. Air Accessibility Indicator in 2013 and 2023

Źródło: Rosik i in. (2021a). Opracowanie kartograficzne: S. Goliszek

Osobną kategorią są **podróże długie**, szczególnie te o charakterze fakultatywnym, jak podróże turystyczne lub odwiedziny krewnych i znajomych. Obie wspomniane motywacje stanowią dominujący udział w podróżach długich w Polsce (*Krajowe i zagraniczne wyjazdy Polaków...* (2011) oraz *Turystyka i wypoczynek...* (2010)). W obu przypadkach analiza dostępności jest również bardziej złożona i wymagająca odrębnych założeń metodycznych.

W badaniach GUS (*Turystyka i wypoczynek...*, 2010) **podróże turystyczno-wypoczynkowe** są podzielone na trzy kategorie: 1. wypoczynek, rekreacja, wakacje; 2. zwiedzanie (architektura, kultura, przyroda); 3. uprawianie turystyki kwalifikowanej. Według GUS: „Zgodnie z międzynarodową definicją turystyki, badanie dotyczyło więc szeroko rozumianych **wyjazdów turystycznych**, tj. wyjazdów poza miejsce zamieszkania zarówno w celu wypoczynkowym, rekreacyjnym, poznawczym, jak i zawodowym (delegacja, załatwianie interesów), religijnym, rodzinnym, leczniczym itp. W badaniu uwzględniano także wyjazdy do uzdrowiska związane z leczeniem sanatoryjnym. Zgodnie z zaleceniami Unii Europejskiej do wyjazdów turystycznych nie zaliczano natomiast wyjazdów, które łączą się z pracą lub nauką poza miejscem stałego zamieszkania (np.: dojazdy ucznia lub studenta do szkoły) oraz wyjazdów związanych z pobytem w szpitalu w innej miejscowości niż miejsce zamieszkania, a także

wyjazdów wynikających ze specyfiki pracy (np.: marynarzy, pilotów, kierowców oraz wyjazdów na kontrakty za granicę). Każdy zbadany szczegółowo wyjazd turystyczny bądź podróż turystyczna wiązały się z przynajmniej jednym noclegiem poza miejscem stałego zamieszkania.” Z kolei przykładowo według Singh (2008) podróże turystyczne dzielą się w zależności od motywacji na:

- **motywacje biznesowe** (np. przedstawiciele handlowi, uczestnictwo w konferencjach i spotkaniach biznesowych) i powiązane z wykonywaną pracą (np. personel pokładowy, kierowcy ciężarówek itd.),
- **motywacje związane z rozwojem cielesnym i relaksem** (np. wyjazdy do sanatorium, wyjazdy rekreacyjne, do SPA, odpoczynek na działce),
- **motywacje kulturalne i edukacyjne** (np. wyjazdy szkoleniowe, uczestnictwo w wydarzeniach kulturalnych, przedstawieniach, koncertach),
- **motywacje związane z rozrywką** (np. wydarzenia sportowe, wyjazdy na nietrutynowe zakupy, wizyty w parkach tematycznych),
- **motywacje społeczne i interpersonalne** (odwiedziny znajomych i krewnych, udział w uroczystościach rodzinnych typu wesela lub pogrzeby),
- **motywy religijne** (np. wyjazdy pielgrzymkowe).

Z punktu widzenia dostępności w podróżach turystycznych można wyróżnić dwie grupy motywacji:

(a) związane z **podróżami dojazdowymi i powrotnymi do/z obszarów recepcji** ruchu turystycznego):

– krótkotrwałe – wyjazdy weekendowe, tj. 2-4 dni w zależności od długości tzw. weekendu,

– długotrwałe – wyjazdy na 5 dni i więcej;

(b) **podróże na obszarze recepcji**, tj. związane z przebywaniem i osiągnięciem celu podróży w wybranym jednym lub kilku obszarach recepcji turystycznej (podróże realizowane w ramach pobytu).

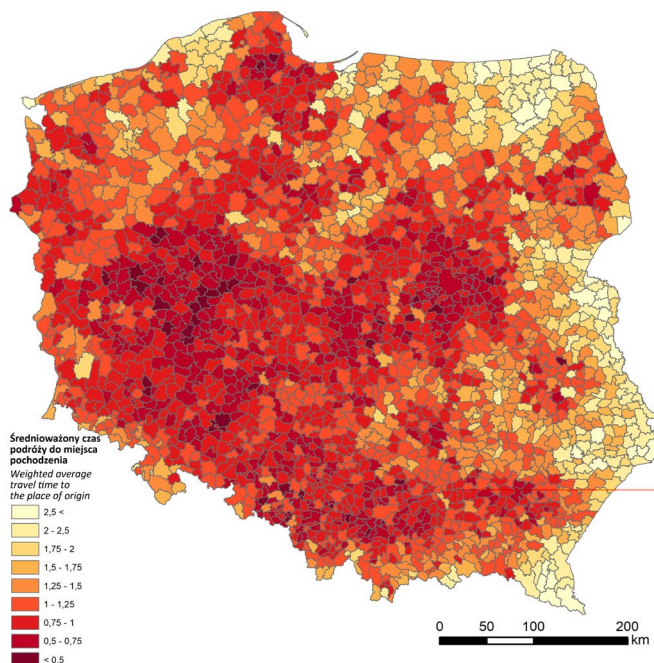
W pierwszej grupie motywacji związanych z dojazdem/powrotem do/z obszarów recepcji podejściem wykorzystywanym w literaturze jest głównie dostępność potencjałowa (Więckowski i in., 2014). Problemem jest właściwe określenie atrakcyjności turystycznej poszczególnych celów podróży. W Polsce na poziomie gminnym może to być np. liczba miejsc noclegowych (Rosik i in., 2018). Z kolei w podróżach na obszarze recepcji dostępność można mierzyć z wykorzystaniem dużego spektrum metod badawczych, w tym również z uwzględnieniem efektów konkurencji, jak np. w sezonie zimowym w odniesieniu do dostępności stoków narciarskich.

Szczególnie interesującą i mało rozpoznaną pod kątem analizy dostępności motywacją podróży jest szczególny przypadek podróży turystycznych jakim są **odwiedziny krewnych i znajomych**. Seaton i Tie (2015), a także Backer i Morrison (2017) podkreślają, że motywację tę można porównać do kopciuszka, nierozpoznanego i marginalizowanego w opracowaniach, w porównaniu do jej siostr w długich podróżach do których należą podróże biznesowe i turystyczne, z którymi wiąże się większe strumienie pieniężne. Tymczasem motywacja odwiedzin krewnych i znajomych jest starszą formą turystyki. Wskazuje się

ponadto na potrzebę wyróżnienia odrębnych segmentów dla odwiedzin krewnych i odwiedzin znajomych. King i in. (2013) dzielą odwiedzin krewnych i znajomych na odrębne typy w zależności od **typów migracyjnych** (klasyfikacja zmieniona w odniesieniu do polskich warunków):

- **migranci za pracą** (*labour migrants*), którzy zazwyczaj odwiedzają krewnych i znajomych w swoim dawnym kraju/regionie w okresie wakacyjnym lub w okresie ferii szkolnych oraz w zależności od możliwości (dystans, czas, możliwości finansowe, czasowe itd.) również w okresie świąt takich jak, tu przykład z Polski: Boże Narodzenie, Nowy Rok, Wielkanoc, Wszystkich Świętych; są to też podróże związane z uroczystościami rodzinnymi, takimi jak wesela, chrzciny, urodziny lub pogrzeby;
- **wysoko wykwalifikowani ekspaci** (*highly skilled expats*), pracujący na kontraktach np. w międzynarodowych korporacjach, w krajach lub miastach poza miejscem zamieszkania najbliższej rodziny; są to osoby, które regularnie odwiedzają swoje rodziny, a regularność tych wizyt oczywiście zależy od dystansu i kosztu; do kategorii tej zalicza się również dyplomatów, pracowników organizacji charytatywnych, NGOs itd.;
- **migranci związani ze stylem życia** (*lifestyle migrants*), którzy regularnie odwiedzają swoje rodzinne strony; są to głównie emeryci posiadający drugie domy, np. w krajach śródziemnomorskich, ale również na Mazurach, nad Bałtykiem lub na Podhalu; „powroty” w rodzinne strony mogą wiązać się dla tych osób również z faktem korzystania z wielu lepszych lub tańszych usług, takich jak np. wizyta u stomatologa, zakupy w centrum handlowym itd. lub zmiana pory roku (w przypadku krajów śródziemnomorskich ucieczka w rodzinne strony przed letnim upałem, a w przypadku domu na Mazurach – ucieczka przed zimowym mrozem);
- **diaspora** (*diasporic populations*), wykonująca podróże do kraju rodzinnego z różnych powodów i w różnym przekroju w zależności od pokolenia; podróże te są związane zarówno bezpośrednio z turystyką i podróżami sentymentalnymi w celu odkrywania swoich korzeni, ale często są powiązane z wizytami wśród krewnych i dawnych znajomych; są to zatem często podróże wielomotywacyjne;
- **migracje wahadłowe** (*circular migration*), związane np. z sezonowymi pracami w rolnictwie lub sektorze budowlanym, ograniczone systemem wizowym (np. podróże pracowników z Ukrainy między Polską a Ukrainą), dla których powroty w rodzinne strony są często uwarunkowane warunkami zatrudnienia; w zależności od okoliczności (przede wszystkim odległość, czas i koszt podróży) powroty te mogą być generowane regularnie, np. na weekend co tydzień lub dwa (np. dla pracowników opieki migrujących z Polski do Niemiec na obszarze przygranicznym) lub w trybie np. co dwutygodniowym zamienienie dwa tygodnie w Polsce, dwa za granicą (np. dla kierowców ciężarówek pracujących w Skandynawii).

W zależności od typu migranta inaczej należy badać jego dostępność do stron rodzinnych. W ujęciu międzynarodowym bardzo duży jest udział podróży lotniczych, w ujęciu krajowym – głównie podróże te są realizowane z wykorzystaniem samochodu prywatnego (Rosik i Kowalczyk, 2015), rzadziej koleją lub innymi środkami transportu, np. BlaBlaCar. Do tego dochodzi problem tradycyjnych odwiedzin znajomych zamieszkałych w innych rejonach transportowych, które nie są związane z migracjami. Wyżej zarysowane problemy wskazują na to, iż analiza dostępności dla tej motywacji podróży jest wyjątkowo skomplikowana i musi być mniej lub bardziej spersonalizowana. W ujęciu migracji wewnątrz krajowych dobrym punktem wyjścia dla indywidualnego podejścia jest baza migracji międzygminnych udostępniana rokrocznie przez GUS. Na tej podstawie mnożąc macierz czasów podróży samochodem osobowym przez macierz migracji międzygminnych oraz dzieląc przez sumę wymeldowań otrzymuje się dla każdej gminy średni, ważony potokiem migracyjnym, czas podróży do miejsca pochodzenia (ryc. 4.16).



Ryc. 4.16. Średnioważony czas podróży do miejsca pochodzenia na podstawie macierzy migracji międzygminnych (GUS) oraz czasów podróży samochodem osobowym w 2019 r.

Fig. 4.16. Weighted average travel time to the place of origin basen on the intermunicipal migration matrix and road travel times in 2019

Źródło: opracowanie kartograficzne P. Duma.

Można wnioskować, iż na tych obszarach kraju, które charakteryzują się stabilnym, policentrycznym rynkiem pracy, jak np. Wielkopolska, średni ważony czas podróży do miejsca pochodzenia jest relatywnie krótki, ponieważ mieszkańcy, jeżeli w ogóle migrują, to głównie do sąsiednich gmin. Najdłuższy

średnioważony czas podróży do miejsca pochodzenia dotyczy obszarów peryferyjnych, tj. północnej części pogranicza Mazur i Podlasia, wschodniej części województwa lubelskiego, Bieszczad lub obszaru między Słupskiem a Lęborkiem (ryc. 4.16).

Powyższy przykład jest tylko wstępem do planowanych szerszych badań w tym zakresie. Kompleksowa analiza dostępności indywidualnej w kontekście migracji wewnętrznych w Polsce wymagałaby odrębnych badań ankietowych ukazujących czynniki wpływające na częstotliwość wykonywania podróży przez migrantów w zależności od uogólnionego kosztu podróży (dystans, czas i koszt podróży), długości bycia migrantem wewnętrznym (w latach lub dekadach), okresu życia (okres studencki, przed posiadaniem dzieci, rodziny z dziećmi w wieku przedszkolnym i wczesnoszkolnym, rodziny bez dzieci lub z nastoletnimi i dorosłymi dziećmi itd.). Jest to bardzo interesujący kierunek badań, jak dotąd nierozpoznany w Polsce.

4.3.2. Źródła podróży

Niezależnie od wyboru motywacji podróży (*travel purpose*) i celu podróży (*destination*), **źródłem podróży** (*origin*) dla transportu pasażerskiego będzie zwykle miejsce zamieszkania. Jednak nie można wykluczyć, że użytkownik sieci transportowej rozpocznie podróż w swoim miejscu pracy, lub w innej, dowolnie wybranej przez niego lokalizacji (Handy i Niemeier, 1997). Według Pirie'ego (1979), dla podróży, które nie są dojazdami do pracy, założenie, że źródłem podróży jest miejsce zamieszkania, jest założeniem kontrfaktycznym. Nie uwzględnia bowiem, że część podróży jest wielomotywacyjna (*Multi-Purpose/ Multi-Site trips*). Przykładem wielomotywacyjnej podróży jest wyjazd z miejsca pracy (dojazdy do pracy), na zakupy, połączony z odwiedzinami rodziny (wyjazd „do innych ludzi”) i spacerem w parku (wyjazd rekreacyjny). Przy podróżach wielomotywacyjnych źródłem kolejnej podróży jest cel podróży poprzedniej, a nie miejsce zamieszkania. Mimo, że podróżujący nie wraca do znacznie oddalonego miejsca zamieszkania, dostępność miejsc rekreacji może być dla niego bardzo wysoka ze względu na bliskość miejsca pracy. Według Piriego (1979), aż 30% wszystkich podróży ma charakter wielomotywacyjny.

Innym rozpoznany w literaturze problemem jest kierunek badania dostępności w źródle podróży, to znaczy, to czy badamy jak łatwo dostać się do danego punktu z zewnątrz, czyli uogólniony koszt dotarcia z rejonu transportowego *j* do rejonu transportowego *i*, tzw. **dostępność pasywna** (*pasive accessibility*), czy też interesuje nas to co możemy osiągnąć z rejonu transportowego *i* w rejonach transportowych *j*, czyli tzw. **dostępność aktywna** (*active accessibility*). Dostępność pasywna jest istotna wówczas gdy mówimy o możliwościach dotarcia klientów/pracowników/kurierów itd. do danej lokalizacji np. w przypadku centrów handlowych lub centrów logistycznych, gdzie bada się zasięg rynkowy, tj. np. liczbę

ludności, potencjalnych klientów, zamieszkałych w izochronie wokół centrum handlowego lub logistycznego (Levinson i Wu, 2019; Cascetta i in., 2013). Ten typ analizy może być też kluczowy w kontekście porównawczym między centrami biznesowymi (wówczas dotyczy liczby pracowników zamieszkałych np. w ramach określonej izochrony).

Ogólna miara atrakcyjności źródła podróży. Ważenie celów podróży. Wartość lokalizacji w sensie miary dostępności ogólnej, zależy od wielu różnych rodzajów możliwości/destynacji, do których można dotrzeć z danej lokalizacji. Jak wskazują Levinson i Wu (2019), miara dostępności obejmująca wiele typów miejsc docelowych może być ważona w celu uzyskania jednej zagregowanej miary (Hou i in., 2019). Można sumować różne rodzaje możliwości (Bentlage i in., 2013), jeśli odpowiednio zważymy je. Przyjęte wagi dla poszczególnych aktywności (podróży) dla danej lokalizacji mogą wynikać z następujących agregatów:

- czasu spędzonego w miejscu docelowym (np. uczestnik ruchu ma blisko do pracy ale w pracy spędza osiem godzin, przez to aktywność ta jest bardziej istotna dla niego niż inne aktywności);
- czasu spędzonego w podróży, tzn. te podróże (lub też motywacje), które zajmują dłuższy czas znaczą odpowiednio więcej we wskaźniku dostępności;
- znaczenia danych aktywności do ogólnego dobrostanu, dla codziennego funkcjonowania, np. korzystanie z toalety, które (zazwyczaj) nie zajmuje dużo czasu, ale brak toalety w pobliżu może mieć duże negatywne konsekwencje dla satysfakcji z życia i poczucia dobrej dostępności danego miejsca; analogicznie, relatywnie rzadko korzystamy ze szpitali, ale dostępność tego rodzaju placówek dla pewnych grup wiekowych lub kobiet w ciąży może być aspektem kluczowym, ważnym w ocenie dostępności danego miejsca, czy wyborze miejsca zamieszkania (Levinson i Wu, 2019);
- wyceny zewnętrznej wynikającej z wyceny rynkowej danej nieruchomości.

Ważenie poszczególnych motywacji podróży jest jeszcze bardziej kłopotliwe w licznym gospodarstwie domowym, gdzie każdy z uczestników okazuje się mieć inne priorytety oraz inną dzienną ścieżkę życia (komponent indywidualny). Dodatkowo wycena znaczenia poszczególnych motywacji podróży może różnić się w zależności od pory dnia, dni tygodnia czy pory roku (komponent czasowy; por. wielokryterialną klasyfikację podróży w tab. 4.8). Ponadto na ogólną ocenę dostępności danego miejsca może mieć wpływ fakt, iż brak jest w relatywnej bliskości jednego z kluczowych celów, mimo że wszystkie inne są bardzo dobrze dostępne. Tym samym ogólna percepcja dostępności może być większa, gdy w danej lokalizacji istnieją dobre warunki do wypełnienia wszystkich motywacji podróży, nawet tych realizowanych okazjonalnie. Przykładem może być tu dostępność portu lotniczego, wykorzystywanego przez daną rodzinę raz do roku. Jak wskazują Levinson i Wu (2019) miasto z wieloma sklepami i żadnymi miejscami pracy jest tak samo mało atrakcyjne do życia jak miasto z wieloma miejscami pracy ale bez sklepów. Innymi słowy dobra dostępność danej lokalizacji oznacza pewną harmonię multimotywacyjną w kontekście dostępności do poszczególnych celów.

4.3.3. Potencjał własny

Ze źródłem podróży związany jest również problem tzw. **potencjału własnego masy** (*selfpotential*) lub też inaczej – **dostępności wewnętrznej** (*internal accessibility*). Potencjał własny mówi o wpływie masy własnej rejonu transportowego na jego dostępność transportową (Rosik, 2009). Tym samym jest on związany z celami podróży znajdującymi się w ramach rejonu transportowego stanowiącego źródło podróży. Przy szacowaniu potencjału własnego duże znaczenie mają aspekty komponentu transportowego, takie jak przede wszystkim czas podróży wewnątrz rejonu transportowego. Z tego względu potencjał własny łączy w sobie zagadnienia związane zarówno z komponentem użytkowania przestrzeni, jak i komponentem transportowym.

Potencjał własny jest w wielu analizach transportowych pomijany lub traktowany na marginesie. Tymczasem jak wskazują Frost i Spence (1995) może on wynosić (w przypadku dużych miast) nawet do 30-60% potencjału ogółem, w zależności od przyjętych wielkości parametrów modelu. Z tego względu w niniejszym opracowaniu podjęto się próby oceny w jakich warunkach potencjał własny jest szczególnie istotny oraz podano przykład roli potencjału własnego w szacowaniu dostępności w przestrzeni Polski na poziomie gminnym. Warto przy tym zaznaczyć, że niektóre metody analizy dostępności, np. iloraz potencjałów, skutkują zmniejszeniem wagi potencjału własnego.

Przy uwzględnieniu potencjału własnego wzór 4.4 na dostępność przyjmuje postać:

$$A_i = M_i \exp(-\beta t_{ii}) + \sum_j M_j \exp(-\beta t_{ij}) \quad (4.5)$$

gdzie: M_i – masa (atrakcja) dostępna w regionie i (masa własna), t_{ii} – odległość czasowa (czas) podróży wewnątrz rejonu transportowego i .

Pierwszy element sumy we wzorze 4.5 można interpretować jako potencjał własny, czyli masę własną rejonu transportowego odpowiednio ważoną czasem podróży wewnątrz rejonu transportowego. W celu oszacowania przeciętnego czasu podróży wewnątrz jednostki statystycznej potrzebna jest informacja dotycząca:

- wielkości obszaru tej jednostki (w celu obliczenia promienia rejonu transportowego),
- gęstości zaludnienia i rozkładu gęstości zaludnienia wewnątrz jednostki,
- przeciętnej odległości fizycznej podróży wewnątrz jednostki (w relacji do jej promienia),
- przeciętnej prędkości podróży wewnątrzregionalnej.

Na podstawie powyższych wartości można wyliczyć przeciętny czas podróży wewnątrz rejonu transportowego. Najczęściej potencjał własny oblicza się przy uwzględnieniu pewnych założeń upraszczających. Po pierwsze, zakłada się zazwyczaj, że kształt jednostki statystycznej jest kolisty (Stewart, 1947). Wówczas promień jednostki wynosi:

$$r_i = \sqrt{\frac{P_i}{\pi}} \quad (4.6)$$

gdzie: r_i – promień rejonu transportowego i , P_i – powierzchnia rejonu transportowego i .

Znając promień jednostki statystycznej można obliczyć **przeciętną odległość fizyczną podróży wewnątrz rejonu transportowego**:

$$\bar{s}_{ii} = \delta r_i \quad (4.7)$$

gdzie: δ (delta) – przeciętna odległość fizyczna podróży wewnątrz rejonu transportowego w relacji do promienia rejonu transportowego i .

Według Stewarta (1947) parametr delta wynosi 0,5. Taki wybór ma podstawy w naukach fizycznych, gdzie elektryczny potencjał jest równy połowie promienia. Wybór taki jest racjonalny przy założeniu, że gęstość cechy charakteryzującej potencjał masy (np. gęstość zaludnienia) jest równa na całym obszarze jednostki statystycznej. Tym samym długość przeciętnej podróży wewnątrz rejonu transportowego określa się często na podstawie długości jego promienia (przy założeniu, że powierzchnię rejonu transportowego przyrównuje się do koła) (Rosik, 2009). Taką odległość podróży wewnętrznej w rejonie transportowym założyli w swoich analizach m.in. Rich (1978) oraz Gutiérrez i in. (2011). Wówczas czas podróży wewnątrz rejonu transportowego będzie wynikał ze wzoru:

$$t_{ii} = \frac{0,5 \sqrt{\frac{P}{\pi}}}{\bar{v}_{ii}} \times 60 \quad (4.8)$$

gdzie: t_{ii} – czas podróży wewnątrz rejonu transportowego (min), (\bar{v}_{ii}) – średnia prędkość podróży wewnątrz rejonu transportowego (km/h), P – powierzchnia rejonu transportowego (km²).

Przy obliczaniu czasów podróży wewnątrz rejonu transportowego najczęściej zakłada się przeciętne prędkości niższe niż w podróży między rejonami, co wynika z tego, że podróże wewnątrz rejonu w znacznym stopniu koncentrują się na drogach lokalnych, na których można osiągać znacznie niższe prędkości. W przypadku ustalenia średniej prędkości podróży transportem publicznym wewnątrz rejonu transportowego nie jest to zadanie łatwe ponieważ rejon różnią się między sobą pod kątem gęstości zaludnienia oraz koncentracji ludności. Różny jest również stan sieci transportu publicznego. Przykładowo w projekcie MULTIMODACC (Rosik i in., 2017) założono, że średnia prędkość wewnątrz rejonu transportowego wynosi:

- 20 km/h w transporcie indywidualnym (analogicznie jak w Stępnia i Rosik, 2013, oraz Rosik i in. 2015),

- 10 km/h w transporcie publicznym w miastach na prawach powiatu (założono, że w tych miastach istnieje transport miejski),
- 5 km/h (co odpowiada prędkości pieszej) w pozostałych rejonach transportowych (gminy nie będące miastem na prawach powiatu).

Potencjał własny rejonu transportowego jest bardziej istotny (relatywnie wysoki w relacji do dostępności regionu ogółem) przy (Rosik, 2009):

- szacowaniu dostępności dużych mas,
- badaniu dostępności rejonów transportowych oddalonych od dużych mas,
- wysokim poziomie agregacji badania,
- wysokiej wrażliwości podróżującego na wydłużanie się odległości czasowej podróży (wysokie wartości parametru β w funkcji wykładniczej oporu przestrzeni),
- dużym zróżnicowaniu gęstości zaludnienia między centrum a peryferiami rejonu transportowego, tj. małej przeciętnej odległości fizycznej podróży wewnątrzregionalnej w stosunku do promienia jednostki statystycznej (tab. 4.9).

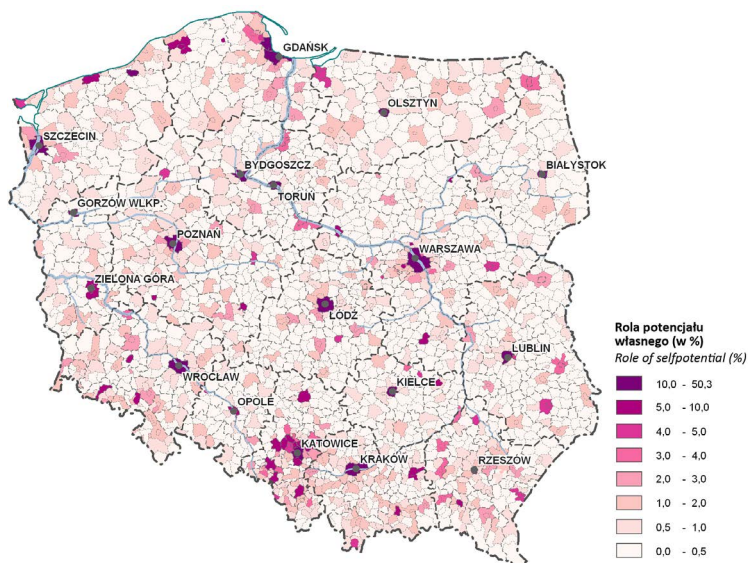
Tabela 4.9. Istotność uwzględniania potencjału własnego w badaniach dostępności

Cechy lokalizacji i wymiary dostępności	Charakterystyka wymiaru	Istotność potencjału własnego
Masa (atrakcja) własna	wysoka (duże miasta)	duża
	mała (rejonny miejsko-wiejskie i wiejskie)	mała
Masa (atrakcja) sąsiednich rejonów transportowych	wysoka (obszary w bliskości dużych miast)	mała
	niska (obszary oddalone od dużych miast)	duża
Poziom agregacji	wysoki (NUTS 0-4)	duża
	niski (LAU2)	mała
Długość podróży	długie	mała
	krótkie	duża
Koncentracja gęstości w rejonie transportowym	wysoka	mała
	niska	duża

Źródło: opracowanie własne.

Dla Polski badanie roli potencjału własnego dla wyników analizy dostępności potencjałowej wykonano w 2011 r. (Rosik i in., 2011). Wyniki są następujące. Potencjał własny jest najważniejszy w miastach. Przy założeniu relatywnie niewielkiej prędkości wynoszącej $v=20$ km/h oraz średniej długości podróży wewnątrz rejonu komunikacyjnego wynoszącej połowę promienia uwzględnienie potencjału własnego w największych miastach Polski podwyższa ponad 10% ich ogólną dostępność. W Warszawie znaczenie potencjału własnego jest najwyższe. Jego uwzględnienie powoduje, że dostępność Warszawy wzrasta o 50%. Na kolejnych miejscach znalazły się: Białystok (25%), Poznań (24%), Kraków (24%), Szczecin (22%), Wrocław (22%), Gdańsk (20%) i Łódź (20%). Rola potencjału własnego zależy zatem nie tylko od masy własnej rejonu transportowego, ale również od takich czynników jak: powierzchnia całkowita rejonu transportowego,

odległość od innych dużych mas/miast oraz wielkość mas jednostek sąsiadujących (por. tab. 4.9). Przykładowo, wysoka rola potencjału własnego Białegostoku jest uwarunkowana właśnie lokalizacją tego miasta, w pobliżu którego nie ma innych dużych miast. Warto wskazać, że oprócz 18 miast, które pełnią funkcje wojewódzkie (w tym Zielona Góra i Gorzów Wlkp. oraz Bydgoszcz i Toruń) jedynymi miastami dla których uwzględnienie potencjału własnego w analizie podwyższa dostępność o ponad 10% są Gdynia, Sopot oraz Koszalin (ryc. 4.17).



Ryc. 4.17. Rola potencjału własnego w polskiej przestrzeni

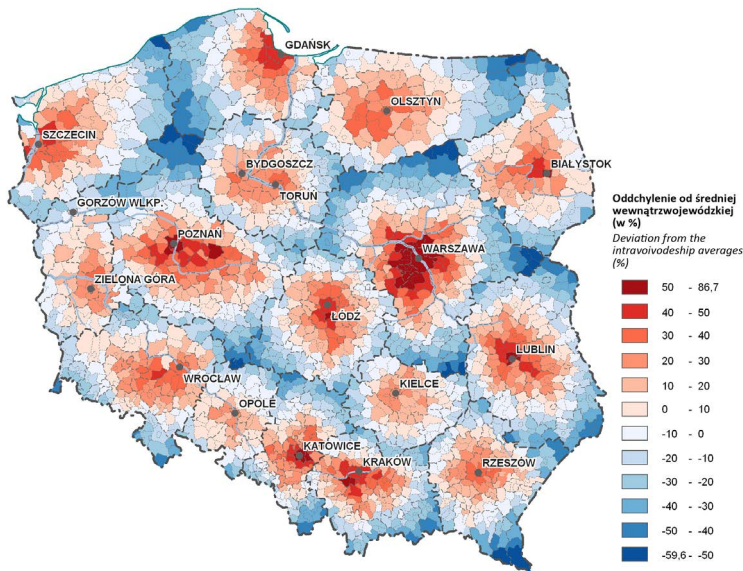
Fig. 4.17. The role of selfpotential in Poland

Źródło: Rosik i in. (2011); opracowanie kartograficzne M. Stępiak.

4.3.4. Zasięg przestrzenny badania

Zasięg przestrzenny badania zależy od celów analizy. Badanie może być przeprowadzone na poziomie całego globu, kontynentu (objęcie zasięgiem całego kontynentu), międzynarodowym (objęcie zasięgiem grupy państw), krajowym, regionalnym lub lokalnym. Im niższa wrażliwość użytkownika sieci na wzrost czasu lub kosztu podróży, tym większą powierzchnię należy badać (Bruinsma i Rietveld, 1998). W przypadku krótkich podróży (dojazdy do szkoły, szpitala, zakupy) częstym zabiegiem jest ograniczenie wielkości obszaru badawczego do miast lub obszarów metropolitalnych (Black i Conroy, 1977; Knox, 1978). Analiza na poziomie regionalnym (np. NUTS2) z kolei pozwala ukazać tzw. peryferie wewnętrzne regionu, tj. obszary znacząco różniące się pod względem dostępności od rdzenia regionu lub od średniej dostępności w regionie. Z oczywistych względów dla rozległych obszarowo jednostek statystycznych, względnie dla tych dysponujących słabymi połączeniami między rdzeniem a peryferiami

regionu różnice w poziomie dostępności między najlepiej i najslabiej dostępnymi gminami w regionie będą najwyższe. Przykładowo w Polsce najwyższe odchylenia od średniej wartości dostępności potencjałowej na poziomie regionalnym są w województwie mazowieckim i wielkopolskim, przede wszystkim na kierunkach na których brak jest dobrych połączeń infrastrukturalnych. Z kolei miejscem styku trzech peryferii wewnętrznych województw jest przede wszystkim Pomorze Środkowe i styk województw wielkopolskiego, zachodnio-pomorskiego i pomorskiego (ryc. 4.18).



Ryc. 4.18. Uśredniona potencjałowa dostępność drogowa wewnętrzna wojewódzka w 2011 r. (odchylenia od średniej w %)

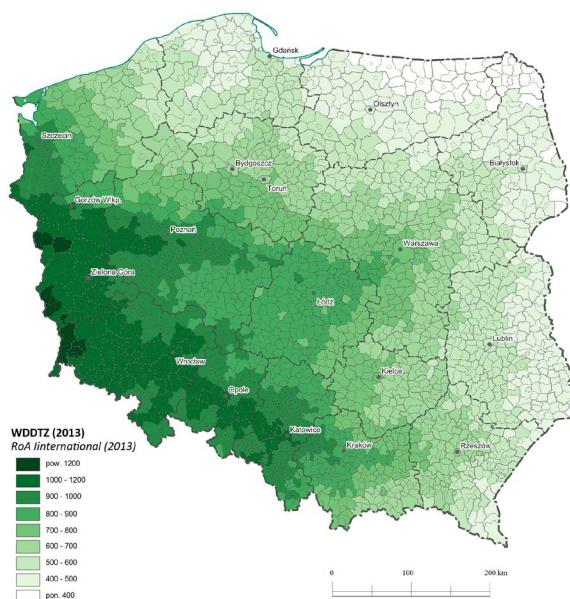
Fig. 4.18. The average potential intraregional road accessibility in 2011

Źródło: Rosik i in. (2011); opracowanie kartograficzne M. Stępiński.

W wielu opracowaniach obszar badawczy jest ograniczony granicami danego kraju. Przykładami są tutaj badania dostępności transportowej w Niemczech (Bröcker, 1989), Wielkiej Brytanii (Linneker i Spence, 1992), Hiszpanii (Holl, 2007), Finlandii (Kotavaara i in., 2011) lub Belgii (Vandenbulcke i inni, 2008). Konsekwencją nieuwzględniania w analizie powiązań międzynarodowych, jest niski poziom dostępności transportowej regionów przygranicznych. Najlepiej dostępne są wówczas regiony centralne, podczas gdy zależności między masami położonymi przy granicy państwa, a atrakcjami położonymi za granicą nie są brane pod uwagę.

Przy badaniu regionalnej dostępności Polski problem ten jest szczególnie widoczny w przypadku Szczecina i innych miast położonych przy granicy z Niemcami. Ograniczenie obszaru badawczego do terytorium Polski skutkuje nieuwzględnieniem silnych związków z Berlinem, który jest celem podróży o dużej atrakcyjności. Bliskość dużych „zagranicznych” mas w znaczny sposób podwyższa dostępność terenów przygranicznych, jeżeli tylko uwzględnić

je w analizie. Dlatego przy uwzględnieniu celów podróży poza granicami Polski uzyskany rozkład przestrzenny potencjałowej dostępności drogowej jest odmienny niż w przypadku wskaźników domykających się na granicach Polski. Obszary najlepszej dostępności są zlokalizowane wzdłuż granicy polsko-niemieckiej, a w szerszym ujęciu również wzdłuż granicy polsko-czeskiej oraz autostrad A2 (od Świecka do Poznania) oraz A4 (od Zgorzelca do Górnego Śląska). Tym samym widoczna jest także położona poza granicami kraju „masa” metropolii berlińskiej, a w mniejszym stopniu również obszary gęsto zaludnione w północnych Czechach. Spośród szlaków drogowych na mapie rozkładu widoczne są głównie autostrady. Peryferie w rozumieniu europejskim (obszary o najniższej wartości wskaźnika) koncentrują się w Polsce Wschodniej, przede wszystkim w województwie warmińsko-mazurskim, podlaskim oraz w Bieszczadach (ryc. 4.19).



Ryc. 4.19. Wskaźnik Drogowej Dostępności Transportowej osobowej z uwzględnieniem celów podróży za granicą na kontynencie europejskim w 2013 r.

Fig. 4.19. Road Accessibility Indicator taking into account destinations on the European continent (2013)

Źródło: Komornicki i in. (2013)

W przypadku powiązań międzynarodowych istnieją w mniejszym lub większym stopniu ograniczenia związane z tzw. efektem granicy (*border effect*). Efekt granicy może mieć dwojaki charakter.

Po pierwsze, istnienie granicy państwowej może wpływać na wydłużenie czasu podróży w związku z (1) gorszą infrastrukturą na obszarach przygranicznych, która występuje również w ramach strefy Schengen (Christodoulou i Christidis, 2019), (2) czasem postoju w kolejce na granicy oraz (3) czasem samej odprawy granicznej. Dwa ostatnie elementy występują wyłącznie wówczas gdy granica nie jest łatwo przenikalna, jak w ramach strefy Schengen. Łącznie wyżej

wymienione kategorie można zsumować jako **czas dojazdu i oczekiwania na przekroczenie granicy**.

Po drugie, istnienie granicy państwowej wpływa na percepcję atrakcyjności celów podróży. Różnica w percepcji atrakcyjności celu podróży wynika z istnienia barier politycznych, formalno-prawnych, ekonomicznych oraz psychologicznych (Komornicki, 1999; Więckowski, 2004; Rosik, 2012), ale również stymulant podróży (Rosik 2012). W skrajnym przypadku bariery antropogeniczne na granicy państwowej mogą całkowicie ograniczyć ruch osób lub towarów.

Rozwiązaniem problemu efektu granicy może być zastosowanie metody ilorazu potencjałów, lub też uwzględnienie pewnego bufora, np. (1) gmin lub powiatów otaczających województwo, (2) regionów z krajów sąsiednich, w przypadku gdy zasięg przestrzenny badania dotyczy całego kraju. To drugie rozwiązanie jest również stosowane w prognozowaniu ruchu, w celu właściwego uchwycenia tzw. ruchu zewnętrznego.

W literaturze światowej tzw. efekt granicy oznacza najczęściej różnicę pomiędzy wielkością przepływów (najczęściej handlowych) międzynarodowych oraz międzyregionalnych (w granicach danego kraju) wynikającą bezpośrednio z występowania granic państwowych (Helble, 2007). Efekt granicy występuje jako jedna ze zmiennych objaśniających w równaniu regresji, w którym zmienną objaśnianą jest wielkość eksportu. Innymi zmiennymi objaśniającymi mogą być również: wspólna granica (dla krajów sąsiadujących), wspólna waluta, wspólny język, różnice w cenach dóbr handlowych, a nawet dostępność dzienna dla podróży biznesowych (Helble, 2007). W ujęciu międzynarodowym efekt granicy w literaturze jest szerzej omawiany zarówno w kontekście handlu przez granicę amerykańsko-kanadyjską (McCallum, 1995; Helliwell, 1996), jak i w Europie (Wei, 1996; Nitsch, 2000; Head i Mayer, 2000; Head i Mayer, 2002; Chen, 2004; Capello i in., 2018; Gallego i Liano, Veruras, 2014; Sales-Olmedo i in., 2014).

Tabela 4.10. Badania efektu granicy w Unii Europejskiej

Autor	Zasięg przestrzenny	Okres czasowy	Efekt granicy	Pozostałe zmienne
Wei (1996)	EU-10	1982-1994	0,97-0,45	Wspólna granica, wspólny język
Nitsch (2000)	EU-10	1979-1990	2,51-1,99	Wspólna granica, wspólny język
Head i Mayer (2000)	EU-9	1976-1995	3,04-2,41	Wspólny język
Head i Mayer (2002)	EU-12	1993-1995	1,44	Wspólna granica, wspólny język
Chen (2004)	EU-7	1996	1,80	Wspólna granica

Źródło: Helble (2007).

Warto wspomnieć również o analizie przeprowadzonej przez Wolfa (2005), w której dokonał on szacunku efektu granicy w Polsce okresu międzywojnia (1918-1939). Według niego w porównaniu do wyżej wymienionych badań na granicy amerykańsko-kanadyjskiej oraz innych przeprowadzonych między krajami Unii Europejskiej Polska przestrzeń była w okresie międzywojnia dobrze zintegrowana, mimo ponad stuletniego okresu zaborów (Wolf 2005). W transporcie pasażerskim literatura przedmiotu, zapewne ze względu na trudności w uzyskaniu wiarygodnych danych o przepływach, jest znacznie bardziej uboga.

Można przywołać dwa szacunki efektu granicy dla pasażerskiego transportu lotniczego wykonane dla granicy Kanady i USA przez Hazledine (2009) oraz dla granic Niemiec przez Klodta (2004).

Dla przestrzeni Unii Europejskiej, od początku lat osiemdziesiątych badania dostępności były i są powiązane z koncepcją **peryferyjności** i spójności terytorialnej, m.in. pionierskie badania Keeble i in. (1982, 1988), gdzie oszacowano drogową dostępność potencjałową w dziewięciu (a w 1998 r. w dwunastu) krajach ówczesnej Wspólnoty Europejskiej. Analiza została wykonana na poziomie NUTS 1 i NUTS 2 i uwzględniała również bariery w postaci barier handlowych i morskich przejść granicznych w transporcie towarów. Z kolei Copus (1997, 1999) rozwinął tzw. **indeksy peryferyjności** (peryferyjność można rozumieć jako odwrotność dostępności) na poziomie NUTS 2 i NUTS 3. Model prędkości ruchu został przygotowany w oparciu o różnice w prędkościach na poszczególnych kategoriach dróg oraz różnice w czasie oczekiwania na przejściach granicznych. W połowie lat dziewięćdziesiątych oszacowano potencjałową dostępność drogową przestrzeni europejskiej (Schürmann i in., 1997).

W kolejnej dekadzie nastąpiły cykliczne badania dostępności potencjałowej przestrzeni Unii Europejskiej do ludności oraz PKB na poziomie NUTS 3, w tym wykonywane przez firmę Spiekermann&Wegener. Jako bariery uwzględniony został w tym badaniu czas oczekiwania na granicach państwowych. Z kolei Schürmann i Talaat (2000) rozszerzyli analizę atrakcyjności celów podróży o liczbę miejsc pracy (oprócz wcześniej wykorzystywanych: liczby ludności oraz PKB). Zostały wykonane niezależnie dwa modele prędkości ruchu, dla pojazdów osobowych oraz ciężarowych, przy uwzględnieniu limitów prędkości oraz czasów oczekiwania na granicach. W dalszych badaniach dokonano aktualizacji wskaźników dostępności drogowej, pokazano zmiany jakie były wynikiem rozbudowy sieci transportowych w powiększającej się Unii Europejskiej (Spiekermann i Schürmann 2007). Wskaźniki zostały oszacowane dla przestrzeni ESPON (kraje członkowskie Unii Europejskiej oraz Szwajcaria, Norwegia, Islandia i Liechtenstein).

W ujęciu transgranicznym analizy dostępności dotyczą najmniej dwóch krajów, ale w większości przypadków są analizami przeprowadzanymi w celu oszacowania dostępności pewnego, w miarę spójnego, regionu (lub makroregionu) Europy skupiającego kilka do nawet kilkunastu państw (tab. 4.11). Tym samym analizy o charakterze transgranicznym dotyczą tych wszystkich badań, które swoim zasięgiem obejmują więcej niż jedno państwo a mniej niż całą przestrzeń Unii Europejskiej. W krajach skandynawskich Spiekermann i Aalbu (2004) przeprowadzili analizę multimodalnej dostępności potencjałowej na wysokim poziomie dezagregacji, tj. na poziomie LAU 2. Podobne analizy zostały wykonane dla krajów basenu Morza Bałtyckiego. Spiekermann i Schürmann (2007) oszacowali multimodalną dostępnością potencjałową obszaru basenu Bałtyku. W Polsce analizę dostępności w ujęciu transgranicznym (granica ze Słowacją) analizowali m.in. Więckowski i in. (2014).

Można zauważyć również pewną korelację między czasem przeprowadzenia badań dostępności a zasięgiem Unii Europejskiej (lub przed 1993 r.

– Europejskiej Wspólnoty Gospodarczej). W badaniach z lat osiemdziesiątych lub tych z początku lat dziewięćdziesiątych brano pod uwagę dostępność dziewięciu lub dwunastu krajów (Keeble i in., 1982, 1988). Wraz z procesem rozszerzania Wspólnoty, powiększaniu ulegał również obszar badawczy: do piętnastu krajów (Wegener i in., 2001), dwudziestu pięciu (Schürmann i Talaat, 2000) oraz dwudziestu siedmiu (Spiekermann i Schürmann, 2007).

Tabela 4.11. Europejskie i transgraniczne badania dostępności potencjałowej

Autorzy (rok publikacji)	Źródła podróży	Cele podróży	Środki transportu	Zasięg przestrzenny
Keeble i in. (1982; 1988)	NUTS 1; NUTS 2	PKB	Samochodowy (towarowy)	EU9; EU12
Copus (1997,1999)	NUTS 2; NUTS 3	Ludność, PKB, miejsca pracy w NUTS 2/NUTS 3	Drogowy	EU15+2+12
Wegener i in. (2001)	NUTS 3	Ludność, PKB w komórkach rastrowych	Drogowy, kolejowy, lotniczy	EU15
Schürmann i Talaat (2000)	NUTS 0, NUTS 3	Ludność, PKB, miejsca pracy w NUTS 3	Drogowy (w tym towarowy)	EU15+12
Spiekermann i Schürmann (2007)	NUTS 3	Ludność w NUTS 3	Drogowy, kolejowy, lotniczy, multimodalny	EU27+2
Spiekermann i in. (2015)	NUTS 3	Ludność, PKB	Drogowy, kolejowy, lotniczy, multimodalny	EU27+2
Spiekermann i Aalbu (2004)	NUTS 3, LAU 2	LAU 2	Drogowy, kolejowy, lotniczy, multimodalny	Kraje skandynawskie
Więckowski i in. (2014)	Obszar pogranicza polsko-słowackiego (LAU 1)	Europa	Drogowy	Źródła podróży na obszarze pogranicza polsko-słowackiego; cele podróży w całej Europie
Komornicki i Spiekermann (2018)	Obszar Makroregionu Morza Bałtyckiego	Europa	Drogowy, kolejowy, lotniczy, multimodalny	Obszar BSR (w tym Białoruś i część Rosji)

Źródło: opracowanie własne z wykorzystaniem Spiekermann i in. (2015).

Najczęściej spotykane metody badania dostępności, również w badaniach na poziomie międzynarodowym, to: **podejście bazujące na koszcie podróży** (*travel-cost approach*) – np. średni ważony koszt podróży między wybranym węzłem a pozostałymi węzłami sieci (Gutiérrez, 2001; Spiekermann i Neubauer, 2002), **dostępność kumulatywna** (*cumulative accessibility*) – np. liczba ludności, którą można osiągnąć w konkretnym czasie podróży z wybranego węzła (Gutiérrez, 2001; Keeble i in., 1982; Spiekermann i Neubauer, 2002), i właśnie **dostępność potencjałowa** (*potential accessibility*) (Hansen, 1959; Bruinsma i Rietveld, 1998, Gutiérrez, 2001; Spiekermann i Neubauer, 2002; Spiekermann i Schürmann, 2007).

W przypadku badań na poziomie całego kontynentu, np. Europy, problematyczne staje się wytyczenie granic obszaru badawczego. Podstawową zaletą ograniczania zasięgu obszaru badawczego do krajów należących do Unii Europejskiej jest dostępność zestandaryzowanych danych statystycznych dla całego obszaru badawczego (Bruinsma i Rietveld, 1998). Problemem stają się jednak kraje graniczne Wspólnoty. Przykładowo z perspektywy Polski ważniejsza jest dostępność do leżących poza granicami UE Białorusi lub Ukrainy niż Portugalii. Z kolei dla Portugalczyków bardziej istotna może okazać się

dostępność do Maroka niż do Polski lub Finlandii. Z tego względu właściwym wydaje się rozszerzanie obszaru badawczego poza obszar Wspólnoty. W niektórych analizach uwzględniono Norwegię oraz Szwajcarię (Chatelus i Uljed, 1995 oraz Copus, 1997, 1999). Z kolei Spiekermann i Neubauer (2002) swoim badaniem objęli obszar krajów (lub ich części) położonych wokół Morza Bałtyckiego. Schürmann i inni (1997), natomiast dostępność całej przestrzeni europejskiej określili uwzględniając również terytorium Rosji i Turcji.

W badaniach na poziomie międzynarodowym lub krajowym wyniki dostępności są wrażliwe na wielkość rejonu transportowego, co w literaturze zostało nazwane jako tzw. problem zmiennej jednostki odniesienia (MAUP; *modifiable areal unit problem*). Na niższym poziomie agregacji (np. dla jednostek statystycznych LAU 1 lub LAU 2) analiza jest bardziej dokładna i ujawniają się wewnątrzregionalne różnice w dostępności, niezauważalne na poziomie NUTS 2 lub NUTS 3. Najczęstszym sposobem demarkacji regionów jest przypisanie dostępności transportowej jednostki statystycznej do węzła transportowego. Zakłada się wówczas, że obliczona dostępność węzła jest równa dostępności całego obszaru. Przy większej liczbie węzłów w jednostce statystycznej dostępność jednostki powinna być równa dostępności węzła położonego przy centroidzie, stolicy regionu, największym mieście lub centrum aktywności gospodarczej. Z tego względu, przy założeniu analizy dostępności na poziomie NUTS 2 lub NUTS 3, dostępność wszystkich mieszkańców jednostki statystycznej jest równa, niezależnie od odległości między węzłem, dla którego jest liczona dostępność danej jednostki, a rzeczywistym miejscem zamieszkania (Baradaran i Ramjerdi, 2001). Innymi słowy im niższy poziom agregacji tym bardziej prawdopodobne jest uzyskanie mocniej spolaryzowanego obrazu dostępności badanej przestrzeni. Jest to przede wszystkim widoczne dla gałęzi transportu, które swym zasięgiem nie obejmują całego obszaru badania, a jedynie wybrane węzły, tj. dla transportu kolejowego i lotniczego. Alternatywą jest użycie w badaniu syntetycznych danych rastrowych (*synthetic raster data*) alokowanych do komórek rastrowych (*raster cells lub grids*) o średnicy kilku lub kilkunastu kilometrów, znajdujących się wewnątrz jednostki statystycznej (Geurs i van Eck, 2001). Problemem jest wybór komórki rastrowej, przy wskazywaniu wartości dostępności dużych miast, takich jak np. Londyn lub Paryż (Bruinsma i Rietveld, 1998). Rozwiązaniem tego problemu może być kombinacja systemu węzłowego z systemem rastrowym. Przykładowo Spiekermann i Wegener (1996) dokonali dezagregacji danych dotyczących NUTS 3 do 70 tys. komórek rastrowych, każda szerokości 10 km. W następnym etapie badania autorzy zagregowali uzyskane wyniki dostępności z poziomu rastrowego na poziom regionalny i uzyskali w ten sposób dostępność poszczególnych jednostek statystycznych w systemie NUTS. Warto zauważyć, że na niskim poziomie agregacji (LAU 2 lub komórki rastrowe) istnieje również możliwość trójwymiarowej prezentacji graficznej różnic w dostępności.

Na zakończenie rozważań o zasięgu przestrzennym badania warto wspomnieć o badaniach dostępności w ujęciu globalnym. W tym ujęciu wskaźniki najczęściej odnoszą się, co naturalne, do transportu lotniczego. Przykładami

mogą być tu badania ESPON „*Europe in the World*” (ESPON, 2007) lub analizy globalnej lotniczej dostępności potencjałowej przestrzeni europejskiej do 120 portów lotniczych zlokalizowanych poza Europą (BAK *Basel Economics*, 2005). W transporcie lądowym próbą podjęcia badania na poziomie globalnym było opracowanie wykonane dla Komisji Europejskiej dotyczące dostępności samochodem i kolejną do 8500 miast na całym globie (Nelson, 2008).

4.4. Komponent indywidualny

Użytkownika sieci można scharakteryzować pod kątem wieku, płci, dochodu, wykształcenia i wielu innych cech charakterystycznych, które wpływają na jego ruchliwość. Według Geursa i Ritsema van Ecka (2001), **komponent indywidualny** związany jest z jednostkową, specyficzną mobilnością użytkownika sieci oraz jego cechami społeczno-ekonomicznymi. Determinują go trzy grupy czynników: potrzeby (*needs*), możliwości (*abilities*) oraz szanse (*opportunities*).

Potrzeby użytkownika sieci zależą od wieku, fazy życia, sytuacji rodzinnej, dochodu oraz poziomu wykształcenia. Przykładowo młodzi ludzie szukają szkoły jako celu podróży, podczas gdy dla ludzi starszych takim celem podróży znacznie częściej będą placówki ochrony zdrowia (Powęska, 1990). Dla kawalera/panny w młodym wieku ważna będzie dostępność miejsca zamieszkania transportem publicznym w porze nocnej w weekend. Dla osób pracujących, posiadających rodzinę, ten rodzaj dostępności jest już mniej istotny. Komponent indywidualny jest zatem związany z komponentem czasowym, tj. dostępnością atrakcji według pory dnia, tygodnia, a nawet roku. Dojazdy do pracy (do domu) zazwyczaj występują w porach zwiększonego ruchu rannego (popołudniowego), co wiąże się w warunkach kongestii ze znacznym wydłużeniem czasu przejazdu. Podobnie wyjazdy rekreacyjne mają miejsce głównie w weekendy.

Możliwości użytkownika sieci zależą z kolei od jego zdrowia (np. stopień niepełnosprawności) oraz zdolności potrzebnych do podróżowania (np. posiadanie prawa jazdy). W tym miejscu z komponentem indywidualnym jest również związane pojęcie *motility* (Kaufmann i in., 2004), a w szczególności drugi i trzeci element (pierwszy to dostęp – *access*) związany z **kompetencjami** (*competence*), czyli zdolnościami i fizycznymi oraz organizacyjnymi możliwościami oraz **indywidualnymi decyzjami** co do wykorzystania tych kompetencji (*appropriation*), tj. strategiami, motywacjami i zwyczajami agentów, wyborem różnych opcji zachowań.

Szanse są natomiast związane z wysokością dochodu oraz tej jego części, która jest przeznaczana na podróż. Ludzie relatywnie biedni lub też ci, którzy mają inne potrzeby (np. kupno lekarstw), nie mogą pozwolić sobie na podróż własnym samochodem. Wybierają zatem transport publiczny jako relatywnie tańszy środek podróżowania (Geurs i Ritsema van Eck, 2001).

To krótkie streszczenie komponentu indywidualnego zawiera jedynie ogólny zarys jego charakterystyk. Metodami dostępności adekwatnymi do potrzeb, możliwości i szans uczestników ruchu są zdecydowanie te, ujęte w ramach „koszyka” dostępności spersonalizowanej (m.in. dostępność w geografii czasoprzestrzeni, dostępność mierzona maksymalizacją użyteczności oraz dostępność bazująca na aktywnościach), szerzej opisane w rozdziale 3.4 niniejszego opracowania. Z kolei „możliwości” i „szanse” opisano szerzej w rozdziale 5. w kontekście atrybutów dostępności oraz wykluczenia transportowego.

4.5. Komponent czasowy

Komponent indywidualny jest związany z **komponentem czasowym**, tj. dostępnością atrakcji według pory dnia, tygodnia, a nawet roku. Dojazdy do pracy (do domu) zazwyczaj występują w porach zwiększonego ruchu rannego (popołudniowego), co wiąże się w warunkach kongestii (wysoka mobilność) ze znacznym wydłużeniem czasu przejazdu. Podobnie wyjazdy rekreacyjne mają miejsce głównie w weekendy (Burns, 1979). Z kolei przy podróżach na dłuższych dystansach różnice w porze dnia wydają się mieć niewielki wpływ na dostępność transportową (Baradaran i Ramjerdi, 2001).

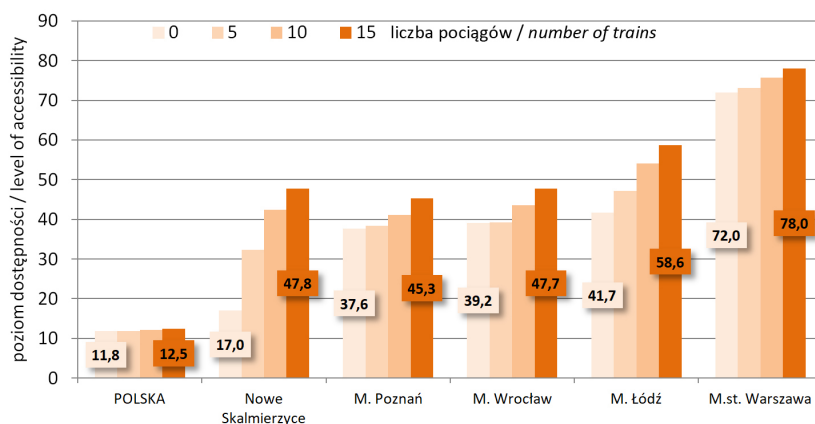
Jak wskazują Niedzielski i Kucharski (2019) w ostatniej dekadzie, wraz z pojawieniem się źródeł danych opartych na GPS lub Google (poprzez API lub Google Transit Feed Specification), w coraz większym stopniu w analizach wdrażane są aspekty dynamiczne, tj. zmienności czasów podróży, a co się z tym wiąże – dostępności, w zależności od pory dnia, jak w Hu i Downs (2019) lub Stępiak i in. (2019). Możliwy też jest pomiar dostępności (Niedzielski i Kucharski, 2019):

- dla różnych warunków na sieci, w celu wskazania, jak zmienia się poziom dostępności w zależności od różnych poziomów zatłoczenia, zmian w częstotliwości kursowania transportu publicznego itd. (Moya-Gómez i in., 2018, Thomas i in., 2018);
- dla różnych czasów otwarcia obiektów (Delafontaine i in., 2012);
- dla różnych rozkładów ludności w ciągu dnia (Järv i in., 2018).

Przykładem zastosowania analizy zmian dostępności w wyniku zmian częstotliwości kursowania transportu publicznego w Polsce jest symulacja poprawy dostępności w wyniku wzrostu częstotliwości kursowania pociągów Kolei Dużej Prędkości, tzw. „Y” w ciągu doby (ryc. 4.20 oraz ryc. 4.21). Poprawa dostępności jest tutaj pochodną skrócenia czasu przesiadki wynikającego z większej częstotliwości przekładającej się na krótszy czas oczekiwania na pojazd.

Obniżenie częstotliwości pociągów do 5 na dobę znacząco obniża dostępność Nowych Skalmierzyc, ale również i Łodzi. W przypadku innych miast straty nie są już tak spektakularne, np. dla Poznania większa różnica procentowa

w dostępności jest między wzrostem z 10 na 15 niż między 5 a 10. Natomiast wprowadzenie 5 składów na dobę w zasadzie mija się z celem i zmiany dostępności zarówno w skali kraju jak i poszczególnych miast (z wyjątkiem Nowych Skalmierzyc i Łodzi) są prawie niewidoczne (ryc. 4.20).



Ryc. 4.20. Różnice w poziomie dostępności. Efekt zmian częstotliwości kursowania pociągów KDP (0, 5, 10, 15 w ciągu doby) dla wybranych gmin

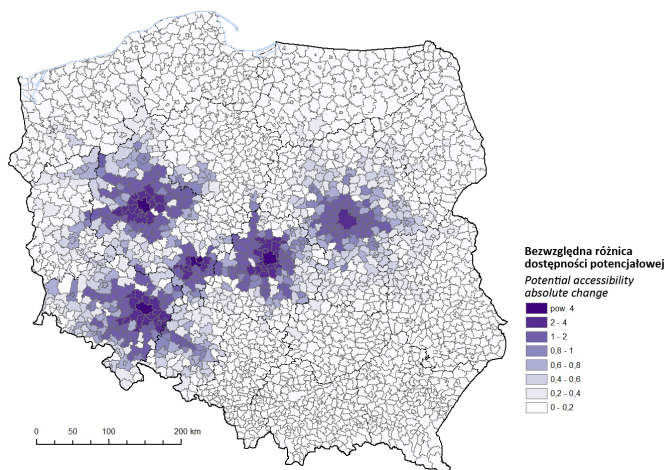
Fig. 4.20. Absolute variations in accessibility. Effect of variations in frequency of HSR services (0, 5, 10, 15 per day) concerning selected municipalities

Źródło: Rosik i in. (2017)

Z kolei w następstwie podwyższenia liczby składów z 10 do 15 pociągów w ciągu doby na linii „Y” średnia dostępność multimodalna w Polsce wzrasta o 2,52% (z 12,16 do 12,46). Wzrost ten jest jednak zdecydowanie nierównomierny, co przede wszystkim widać w ujęciu bezwzględny. Najwyższa poprawa dostępności jest ponownie widoczna w Nowych Skalmierzycach, Łodzi, Poznaniu, Wrocławiu i Kaliszu. Dwukrotnie niższa poprawa dostępności obserwowalna jest w Warszawie, aglomeracji warszawskiej oraz wzdłuż linii kolejowych rozchodzących się koncentrycznie z wyżej wymienionych miast wojewódzkich. Daleki zasięg oddziaływania inwestycji dotyczy przede wszystkim Dolnego Śląska, Opola oraz północnej Wielkopolski (ryc. 4.21).

Pomiar czasu podróży transportem publicznym w coraz większym stopniu opiera się na formacie danych **General Transit Feed Specification (GTFS)**. GTFS powstał w 2005 r. i szybko stał się uniwersalnym na całym świecie formatem zapisu informacji o rozkładach jazdy i lokalizacji przystanków, który umożliwia obliczanie wskaźników dostępności transportem publicznym dla wybranej godziny w ciągu doby. W ramach GTFS zapisywane są rozkłady jazdy w transporcie zbiorowym oraz inne dane geograficzne (współrzędne przystanków, trasy). Dane GTFS są publikowane w prostym formacie w notatniku, dzięki czemu w łatwy sposób z danych korzystają programiści do tworzenia aplikacji webowych (Karner, 2018). Dane GTFS zawierają pliki takie jak: nazwa podmiotu publikującego dane, daty funkcjonowania rozkładu jazdy, przystanki, trasy. W tym formacie danych

zapisuje się wszystkie agencje, które wykorzystują format do publikowania informacji o transporcie zbiorowym, co jest przydatne np. dla planistów, decydentów odpowiedzialnych za transport zbiorowy, władz miast, wszystkich osób i podmiotów korzystających z transportu publicznego w mieście (Delling i in., 2014; Goch i in., 2018; Goliszek i Połom, 2016; Goliszek, 2017).



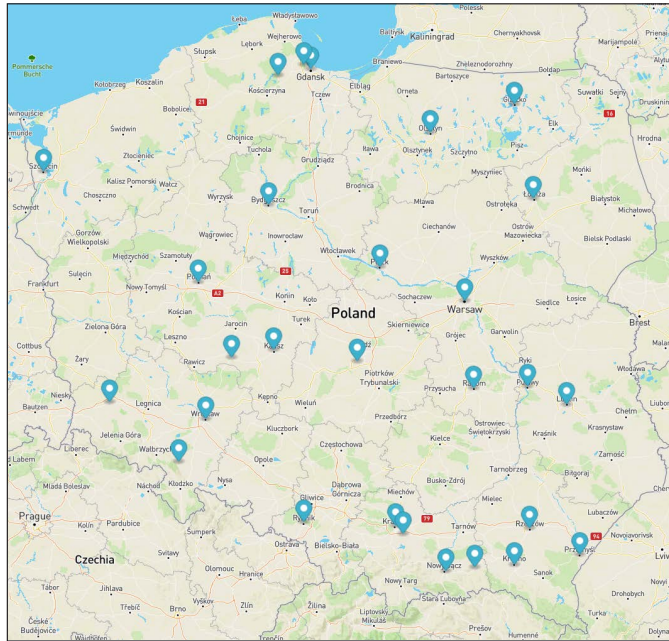
Ryc. 4.21. Różnice bezwzględne w dostępności. Efekt wzrostu częstotliwości kursowania pociągów KDP z 10 na 15 w ciągu doby

Fig. 4.21. Absolute variations in accessibility. Effect of increase in frequency of HSR services from 10 to 15 per day

Źródło: Rosik i in. (2017). Opracowanie kartograficzne: S. Goliszek

Oparty na otwartym oprogramowaniu system zwany **OpenTripPlanner** (<http://www.opentripplanner.org/>) jest narzędziem umożliwiającym obliczanie wskaźników dostępności transportem publicznym. Przykładowo Owen i in. (2016) bazując m.in. na OpenTripPlannerze przedstawiają możliwość obliczania dostępności transportem publicznym w godzinach szczytu rannego do miejsc pracy na bardzo niskim poziomie agregacji (USA zostało podzielone na 4879 obszarów analitycznych, z których każdy zawiera nie więcej niż 5000 tzw. „Census blocks”).

Jeszcze w 2016 r. w Polsce standard GTFS udostępniany on-line w okresie kilkuletnim dotyczył jedynie Szczecina, dla którego wskaźniki dostępności obliczyli m.in. Stępnia i Goliszek (2017), Stępnia i in. (2019), oraz Goliszek i Połom (2016). Do 2021 r., tj. w ostatnich pięciu latach nastąpił w Polsce bardzo duży postęp w tej dziedzinie i w połowie 2021 r. już kilkadziesiąt miast umożliwiło dostęp do danych o rozkładach jazdy w transporcie publicznym w standardzie GTFS (ryc. 4.22). Na obszarze samej Warszawy jest już sześciu dostawców danych GTFS (Koleje Mazowieckie, Komunikacja Miejska Łomianki, Metro Warszawskie, Szybka Kolej Miejska w Warszawie, Warszawska Kolej Dojazdowa i ZTM Warszawa).



Ryc. 4.22. Dostępność danych GTFS dla miast Polski (stan na 16.07.2021)
 Fig. 4.22. Availability of GTFS data for Polish cities in 16.07.2021
 Źródło: <https://transitfeeds.com/l/434-poland>

W kontekście wartości danych GTFS (rozkłady jazdy) do obliczania wskaźników dostępności Stępniak i in. (2019) zwracają uwagę na rozdzielność czasową (*temporal resolution*). O ile w przypadku transportu indywidualnego minuta opóźnienia nie stanowi dużej różnicy i nie jest zauważalna w wynikach dostępności, o tyle w transporcie publicznym nawet niewielkie opóźnienie może oznaczać ogromną stratę w poziomie dostępności i można wnioskować, że analizy powinny być prowadzone w 5-minutowych interwałach czasowych, względnie należy unikać systematycznych poborów danych w celu uniknięcia błędów (Stępniak i in., 2019; Owen i Murphy, 2018). Z oczywistych względów wpływ na precyzję badań ma fakt istnienia lub nie rytmicznych taktów częstotliwości kursowania transportu publicznego.

Z kolei w transporcie indywidualnym **mapy Google** wykorzystują **GPS** do monitorowania lokalizacji obiektu poprzez „przymocowanie” do niego urządzenia śledzącego GPS. Na najprostszym poziomie urządzenie śledzące jest wyposażone w odbiornik GPS i rejestruje jego aktualną lokalizację (współrzędne szerokości i długości geograficznej) w regularnych odstępach czasu. Średnia prędkość jest następnie obliczana poprzez podzielenie całkowitej przebytej odległości przez czas, jaki upłynął. Dane GPS z telefonów uczestników ruchu są obecnie wykorzystywane przez **Mapy Google** do **szacowania ruchu i prędkości w czasie rzeczywistym**. Dane te informują Google o szacunkach czasu podróży, zmniejszając średnie prędkości w okresach dużego natężenia ruchu lub zwiększając je poza godzinami szczytu. Do szacowania czasu podróży **Mapy**

Google wykorzystują także obowiązujące ograniczenia prędkości oraz historyczne wzorce ruchu drogowego. Po wprowadzeniu miejsca docelowego do Map Google pierwotne oszacowanie czasu podróży jest dokonywane na podstawie obowiązujących ograniczeń prędkości, aktualnych warunków ruchu drogowego oraz odległości między źródłem podróży a celem podróży. Czas podróży jest aktualizowany na podstawie aktualnych warunków ruchu drogowego i średniej prędkości jazdy uczestnika ruchu.

Porównanie różnic czasów podróży w transporcie indywidualnym (Google) oraz publicznym (GTFS) w ciągu doby jest interesującym tematem badawczym. Jak wskazuje Goliszek (2021a) zróżnicowanie dobowe poziomu dostępności transportem indywidualnym jest zdecydowanie mniejsze niż transportem publicznym. A zatem kongestia w godzinach szczytu w mniejszym stopniu wpływa na dostępność transportem indywidualnym niż zróżnicowanie dobowe rozkładów jazdy w transporcie publicznym, szczególnie w kontekście rzadkości lub nawet całkowitego braku połączeń tramwajowych lub autobusowych w porze wieczornej i nocnej.

4.6. Powiązania między komponentami dostępności

Dostępność transportowa jest determinowana przez sposób zagospodarowania przestrzeni (komponent przestrzenny) oraz przez system transportowy (komponent transportowy). Ponadto użytkownicy sieci mogą różnić się w ocenie dostępności, w zależności od ich cech społeczno-ekonomicznych (komponent indywidualny) oraz czasu odbywania podróży (komponent czasowy) (Handy i Niemeier, 1997). Wpływ poszczególnych komponentów na zmiany dostępności nie jest równomierny. Z tego względu w analizach warto obliczać tzw. efekt netto oddziaływania poszczególnych komponentów na zmianę dostępności. Przykładowo Rosik i Stępiak (2015) wykonali taką analizę ukazując wpływ czynnika demograficznego (komponent użytkownika przestrzeni) i czynnika infrastrukturalnego (komponent transportowy) na zmiany potencjałowej dostępności drogowej w okresie 1995-2015 w Polsce (ryc. 4.23 i 4.24).

Wpływ komponentu użytkownika przestrzeni. Zmiany demograficzne jakie miały wpływ na zróżnicowanie dostępności przestrzennej w Polsce w latach 1995-2015 dotyczyły następujących procesów:

- spowolnienia przyrostu naturalnego ze względu na spadek liczby urodzeń;
- nasilenia się migracji zewnętrznych (zwłaszcza po 2004 r.) przy stabilizacji imigracji do Polski co skutkowało ujemnym saldem migracji (proces ten zaczął się odwracać dopiero w późniejszych latach);
- procesu migracji z obszarów peryferyjnych i wybranych regionów przemysłowych (Górny Śląsk, Łódź) w kierunku tzw. metropolii sieciowej (Warszawa, Kraków, Wrocław, Poznań, Trójmiasto) (por. Korcelli i in., 2010);

- suburbanizacji z większości ośrodków wojewódzkich I subregionalnych w kierunku gmin otaczających te ośrodki.

Czynnik demograficzny odpowiada za ponad 5% wzrostu dostępności na obszarze Warszawy i na Kaszubach. Obszar wyraźnego pozytywnego wpływu czynnika demograficznego rozpościera się w formie odwróconej litery V między województwem lubuskim i północno-zachodnią Wielkopolską a Pomorzem i Mazowszem (z wyjątkiem południa regionu). Innym obszarem pozytywnego wpływu czynnika demograficznego na zmianę potencjału jest pogranicze województw małopolskiego i podkarpackiego, które jest obszarem mocno konserwatywnym, a duża liczba dzieci w rodzinie skutkuje wzrostem liczby ludności pomimo dość silnych czynników migracyjnych. W pozostałej części kraju czynnik demograficzny wpływa ujemnie na łączny potencjał, przy czym jego skala jest największa na pograniczu polsko-czeskim, w województwie opolskim i w północnej części województwa śląskiego oraz w południowo-wschodniej części województwa lubelskiego (ryc. 4.23).



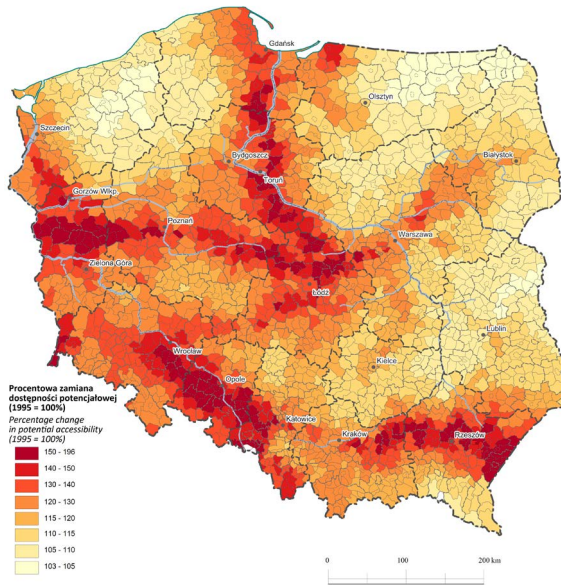
Ryc. 4.23. Wpływ czynnika ludnościowego na potencjałową dostępność drogową (1995-2015; zmiany procentowe)

Fig. 4.23. Impact of the population factor on the potential road accessibility (1995-2015; percentage changes)

Źródło: Rosik i Stępnik (2015); opracowanie kartograficzne M. Stępnik.

Wpływ komponentu transportowego. Przed 2000 r. wpływ demografii na dostępność drogową dla ludności był relatywnie wyższy ze względu na brak dużych projektów drogowych. Jednak łącznie przez całe dwie analizowane dekady czynnik infrastrukturalny jest znacznie ważniejszy niż czynnik demograficzny i ma znacznie większy wpływ na zmiany dostępności. Rozwój infrastruktury (przy założeniu braku zmian demograficznych) powoduje

w niektórych przypadkach prawie dwukrotny wzrost dostępności potencjałowej (w szczególności w gminach położonych wzdłuż korytarzy autostrad A2 i A4 oraz w mniejszym stopniu wzdłuż autostrady A1). W przeciwieństwie do czynnika demograficznego wpływ infrastruktury na zmiany dostępności jest zawsze „in plus” (ryc. 4.24), aczkolwiek abstrahując od zmian na poziomie całego kraju, można sobie wyobrazić sytuacje, szczególnie w centrach miast, gdy rozbudowa infrastruktury wiąże się ze spowalnianiem ruchu.

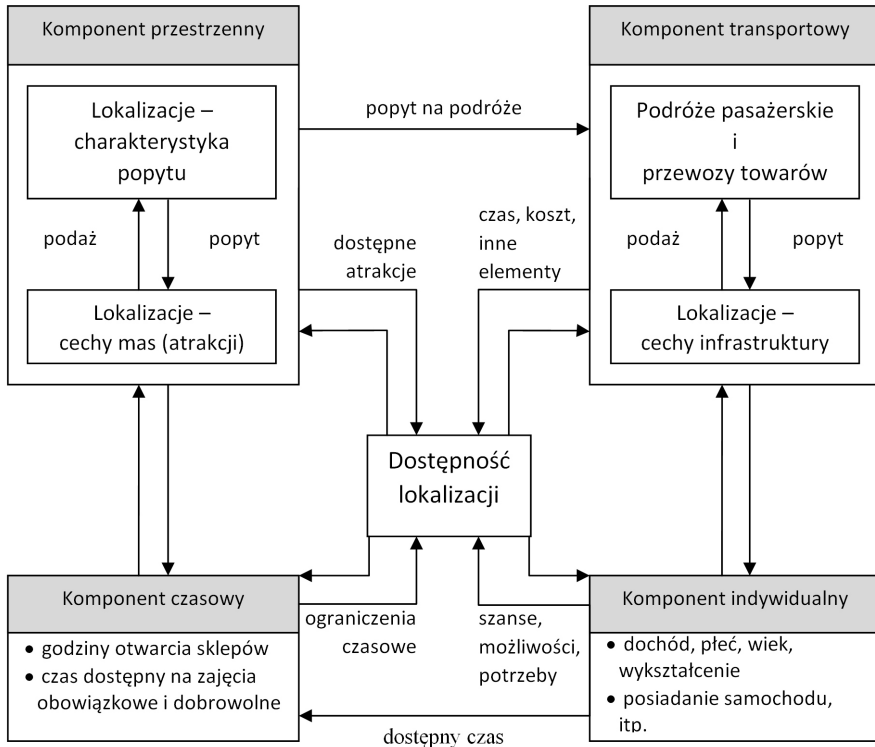


Ryc. 4.24. Wpływ czynnika infrastrukturalnego na potencjałową dostępność drogową (1995-2015; zmiany procentowe)

Fig. 4.24. Impact of the infrastructure factor on the potential road accessibility (1995-2015; percentage changes)

Źródło: Rosik i Sępniaak (2015); opracowanie kartograficzne M. Sępniaak.

W ujęciu teoretycznym charakter powiązań między komponentami dostępności a dostępnością transportową przedstawiono na ryc. 4.25. Warto zaznaczyć, że relacja między komponentami dostępności, a samą dostępnością może być sprzężeniem zwrotnym. Dostępność danej lokalizacji jest jednym z ważniejszych czynników przy podejmowaniu decyzji lokalizacyjnych (wpływ na komponent użytkowania przestrzeni). Dostępność warunkuje też liczba i charakter podróży, a co się z tym wiąże również czas, koszt i pozostałe elementy kosztu uogólnionego związanego z dotarciem do celu podróży (komponent transportowy) oraz liczbę użytkowników sieci o konkretnych cechach społeczno-ekonomicznych (komponent indywidualny), w określonym czasie (komponent czasowy) (Geurs i van Eck, 2001).



Ryc. 4.25. Powiązania między komponentami dostępności
 Fig. 4.25. Relationships between accessibility components
 Źródło: Geurs i van Eck (2001).

5. Atrybuty dostępności, wykluczenie transportowe, równość w poziomie dostępności

5.1. Atrybuty dostępności „A”

Dostępność można rozumieć nie tylko w ujęciu przestrzennym, ale również w szerokim ujęciu z uwzględnieniem osiągalności finansowej, kwestii organizacyjnych i akceptowalności usług. W literaturze poświęconej dostępności w transporcie publicznym spotyka się rozróżnienie, według pierwszych liter pojęć w języku angielskim, tzw. **czterech atrybutów dostępności „A”**, tj. (na podstawie Carruthers i in. 2005):

- **osiągalność finansowa** (*affordability*) – relatywna zdolność podróżnego lub gospodarstwa domowego do wykonania wysiłku związanego z podróżą, uwzględniająca materialny koszt podróży (np. miesięczne wydatki na transport, promocje biletowe) w relacji do możliwości finansowych podróżnego, np. dochodu lub wynagrodzenia,
- **dostępność organizacyjna** (*availability*) – możliwość wykonania podróży w odniesieniu do rozwiązań organizacyjnych, takich jak częstotliwość i regularność kursowania, rozkład jazdy, opóźnienia względem rozkładu, dostępność w porze nocnej, w weekendy, w sezonie letnim,
- **dostępność węzłów sieci** (*accessibility*) – dostępność przystanków, stacji lub terminali lotniczych względem źródła i celu podróży, dostępność parkingów park-and-ride, a w szerszym ujęciu również udogodnienia dla osób niepełnosprawnych,
- **akceptowalność usługi** (*acceptability*) – subiektywna ocena jakości usług transportu i minimalnych standardów związanych z preferencjami podróżnego, w tym bezpieczeństwa podróży.

Przy uwzględnieniu czterech atrybutów „A” dostępność różni się w zależności od podaży usług transportowych oraz popytu na te usługi po stronie podróżnego. **Podaż usług transportowych** oddziałuje na dostępność i osiągalność w następujący sposób:

- w ujęciu organizacyjnym jako dostępność organizacyjną, ale również jako osiągalność finansową (koszt usługi po stronie przewoźnika, który determinuje koszty biletów) a także poprzez poziom konkurencji między przewoźnikami – na akceptowalność usługi,
- w ujęciu infrastrukturalnym jako dostępność węzłów sieci, co częściowo może wynikać z rozwiązań organizacyjnych.

Popyt na usługi transportowe zależy od cech indywidualnych użytkownika sieci, w tym m.in. od:

- dochodu podróznego (osiągalność finansowa),
- preferencji co do czasu podróży (dostępność organizacyjna),
- preferencji co do dotarcia do węzła sieci (dostępność węzłów sieci),
- preferencji co do jakości usług transportowych (akceptowalność usługi).

Koncepcja czterech „A” jest możliwa nie tylko po stronie komponentu transportowego, ale także istnieje możliwość analizy czterech „A” po stronie komponentu użytkownika przestrzeni w kontekście dostępności do poszczególnych usług. Przykład wykorzystania koncepcji czterech „A” do przedstawienia barier w dostępie do usług zdrowotnych latynosów w USA, na podstawie Edward i Martin (2016), przedstawia się następująco (klasyfikacja uzupełniona również o Pechansky i Thomas (1981), którzy wyróżniają w kontekście dostępu do usług medycznych również pięte „A” w postaci dostosowania):

- **osiągalność finansowa** (*affordability*) – oznacza relację między opłatą dla świadczeniodawcy, a możliwościami i chęcią klienta do zapłacenia za usługę; w ramach osiągalności finansowej można uwzględnić m.in. koszty opieki zdrowotnej, brak ubezpieczenia zdrowotnego, ograniczone dochody pacjentów, liczbę osób pozostającą na utrzymaniu, nieświadomość możliwości finansowych, brak wsparcia lub interwencji ze strony rządu;
- **dostępność organizacyjna** (*availability*) oraz dostosowanie (*accomodation*) – oznacza zasoby, którymi dysponuje świadczeniodawca (np. personel i technologia) w kontekście potrzeb i preferencji pacjenta, oraz jego ograniczeń; są to m.in. takie kwestie jak: długi czas oczekiwania na przyjęcie, ograniczony czas na kontakt z lekarzem, ograniczona dostępność terminów wizyt, ograniczone godziny pracy przychodni, brak kompetencji językowych i kulturowych personelu medycznego, trudności w komunikacji między pacjentem a personelem, biurokracja związana z historią choroby, brak reklam i informacji związanych z możliwościami jakie daje publiczna służba zdrowia;
- **dostępność** (*accessibility*) – odnosi się do odległości geograficznej między miejscem zamieszkania pacjenta, a miejscem świadczenia usług; w szerszym ujęciu może być interpretowane również w kontekście braku ubezpieczenia zdrowotnego, braku legalnych dokumentów imigracyjnych, lub nawet negatywnego doświadczenia związanego z pobytem na izbie przyjęć (Edward i Martin, 2016);
- **akceptowalność usługi** (*acceptability*) – stopień komfortu pacjenta względem świadczeniodawcy; dotyczy to m.in. dyskryminacji ze względu na język, rasę, pochodzenie etniczne, status HIV, ale również kwestii samoleczenia

i medycyny tradycyjnej, zniechęcenia do leczenia ze względu na brak skuteczności leczenia, braku świadomości i edukacji społeczeństwa lub grup społecznych, braku profilaktyki, niepokoju emocjonalnego związanego z wizytą u lekarza, braku chęci pomocy ze strony świadczeniodawcy, złego traktowania pacjenta, braku wsparcia społecznego.

5.2. Wykluczenie transportowe oraz równość w poziomie dostępności

5.2.1. Wykluczenie transportowe

Atrybuty dostępności, ze względu na swój bardzo szeroki zakres rozumienia pojęcia dostępności, nierozzerwalnie wiążą się z pojęciem **wykluczenia transportowego** (*transport exclusion*) oraz związanym z nim wykluczeniem społecznym (*social exclusion*) (relacje pomiędzy oboma typami wykluczenia przedstawiła m.in. Lucas (2012)). Church i in. (2000) zidentyfikowali siedem kategorii, które oznaczają siedem szczególnych cech systemu transportowego, przyczyniających się i/lub związanych z wykluczeniem pewnych grup ludności. Zidentyfikowane siedem kategorii wykluczenia transportowego to:

- **wykluczenie fizyczne:** występuje przy barierach fizycznych, takich jak konstrukcja pojazdu, brak udogodnień dla osób niepełnosprawnych lub brak informacji o rozkładzie jazdy, ograniczają dostępność usług transportowych;
- **wykluczenie geograficzne:** występuje jeżeli miejsce zamieszkania danej osoby uniemożliwia jej dostęp do sieci transportowych, w tym transportu publicznego, np. na obszarach wiejskich/peryferyjnych;
- **wykluczenie z dostępu do usług:** występuje jeżeli odległość kluczowych obiektów, takich jak sklepy, szkoły, usługi opieki zdrowotnej lub miejsca rekreacji od miejsca zamieszkania danej osoby uniemożliwia dostęp do tych usług;
- **wykluczenie ekonomiczne:** występuje przy wysokich kosztach związanych z podróżą, które uniemożliwiają lub ograniczają dostęp do usług lub miejsc pracy;
- **wykluczenie czasowe:** występuje przy równoległych względem podróży wymaganiach dotyczących czasu, takich jak łączenie pracy, obowiązków domowych i opieki nad dziećmi, co w konsekwencji zmniejsza możliwości znalezienia wolnego czasu na podróż; termin ten określany jest również w literaturze jako **ubóstwo czasowe** (*time poverty*), które dotyka m.in. pracujące matki z małymi dziećmi (szerzej problem opisywany jest przez Priya i Uteng, 2009 oraz Schwanen, 2011), ale również mieszkańców obszarów peryferyjnych;

- **wykluczenie oparte na strachu:** występuje gdy obawy o bezpieczeństwo osobiste uniemożliwiają korzystanie z przestrzeni publicznej i/lub usług transportowych
- **wykluczenie związane z ograniczeniami przestrzennymi:** występuje gdy kwestie bezpieczeństwa lub zarządzania przestrzenią uniemożliwiają pewnym grupom dostęp do przestrzeni publicznej, np. dla społeczności zamkniętych lub w poczekalniach dla pasażerów klasy biznesowej w portach lotniczych.

5.2.2. Równość w poziomie dostępności

Z pojęciem wykluczenia transportowego i dostępności związany jest podział wskaźników dostępności na wskaźniki **pozytywne** (*positive*) – czyli takie które mierzą rzeczywisty stan dostępności) i wskaźniki **normatywne** (*normative*) – czyli takie, które pokazują postulowany bądź też optymalny stan dostępności, tj. dystrybucji przestrzennej źródeł i celów podróży oraz kosztu podróży z punktu widzenia decydentów/planistów/polityków (Horner i Murray, 2003; Tong i in., 2010; Niedzielski i Boschmann, 2014). Postulowany bądź optymalny poziom dostępności związany jest z pojęciami równości i sprawiedliwości społecznej. W polskiej literaturze zagadnieniem równości w kontekście poziomu dostępności zajmował się Stępniać. W poniższym fragmencie opracowania, tj. w podrozdziałach 5.2.2 i 5.2.3, wykorzystano fragmenty monografii Stępniać i in. (2017).

Zagadnienie równości dostępu czy też **równości poziomu dostępności** także jest zagadnieniem niejednoznacznym i wielowymiarowym (Martens i in. 2012), a do tego przysparzającym trudności z operacjonalizacją. Podstawę badań stanowią tutaj dwa główne wymiary równości w transporcie, zdefiniowane przez Litmana (2002): wymiar wertykalny i horyzontalny.

Badania równości w transporcie w **wymiarze wertykalnym** koncentrują się na różnicach w dostępności, których doświadczają przedstawiciele poszczególnych grup społeczno-zawodowych. W znacznej mierze mogą to być zatem badania a-przestrzenne, gdyż analizowaną cechą różnicującą poziom dostępności nie jest lokalizacja, a przynależność do danej grupy, status społeczny lub też różnice międzypokoleniowe itp. (Kaplan i in., 2014; El-Geneidy i in., 2015). Tym samym wymiar wertykalny związany jest z komponentem indywidualnym dostępności.

Analizy poziomu zróżnicowań dostępności w **wymiarze horyzontalnym** skupiają się najczęściej na przestrzeni jako czynniku warunkującym różnice dostępności (El-Geneidy i in., 2016). Jones i Lukas (2012) proponują powiązanie zagadnień wykluczenia społecznego i transportu poprzez trzy główne aspekty zjawiska: czasowy (Stępniać i Goliszek, 2017), społeczno-demograficzny oraz przestrzenny. Martens (2012, 2016) z kolei postuluje skoncentrowanie się na międzymodalnym wymiarze równości w dostępności przestrzennej. Tym samym abstrahując od nazewnictwa można ściśle powiązać aspekt równości

z czterema komponentami dostępności, tj. transportowym (gdzie rozważa się równość w poziomie dostępności w ujęciu modalnym), przestrzennym (wymiar horyzontalny), indywidualnym (wymiar wertykalny) i czasowym.

5.2.3. Wartość graniczna i equalisandum

Generalnie poziom dostępności w ujęciu przestrzennym zazwyczaj powieła podział centrum–peryferie (Martens i in., 2012), zatem fakt nierównomiernego rozkładu poziomu dostępności nie jest niczym niewłaściwym (van Wee i Geurs, 2011). Kluczowe pytanie brzmi: gdzie jest wartość graniczna (*threshold*) „naturalnego” zróżnicowania przestrzennego poziomu dostępności, a kiedy należy mówić już o „niesprawiedliwym” czy też „dysfunkcyjnym” układzie dostępności? O ograniczonej dostępności lub też jej braku (*inability to access*) możemy mówić w kategoriach normatywnych i relatywnych, tj. w oparciu o wartości względne i bezwzględne (Páez i in., 2012) (por. wskaźniki pozytywne i normatywne dostępności, podrozdział 5.2.2).

W przypadku tego pierwszego podejścia, interpretacja wyników analiz dostępności jest dokonywana poprzez pryzmat przyjętej wartości granicznej (*threshold*). Przekroczenie tej wartości oznacza brak/ograniczenie dostępności (np. powyżej 30 minut dojazdu do najbliższej apteki lub żłobka), a mieszkańcy tak zdelimitowanego obszaru mogą doświadczać wykluczenia społecznego (przynajmniej pod względem możliwości skorzystania z danej usługi).

Nieco bardziej skomplikowana jest sytuacja w przypadku podejścia relatywnego. W tym przypadku punktem wyjścia do interpretacji wyników analiz dostępności jest zastosowana definicja przyjętego tzw. equalisandum (Golub i Martens, 2014). W zależności od zakładanego poglądu dotyczącego podstawy sprawiedliwego ustroju społecznego, w interpretacji wyników dostępności możemy odwołać się do różnych podejść filozoficznych (szczegółowy przegląd podejść można znaleźć m.in. w pracach: Thomopoulos i in., 2009; van Wee i Geurs, 2011; Martens, 2012; Martens i in., 2012; Martens i Golub, 2012), a przede wszystkim w książce Martensa (2016).

Zgodnie z podejściem egalitarnym, każdy powinien być traktowany równo, zatem w badaniach dostępności powinniśmy skupić się na zmniejszeniu dysproporcji pomiędzy poszczególnymi mieszkańcami, grupami ludności czy obszarami miasta. W ujęciu przestrzennym, podejście egalitarne będzie polegało zatem na identyfikacji obszarów o najwyższym i najniższym poziomie dostępności, a proponowane rozwiązania transportowe powinny prowadzić do zmniejszenia różnicy pomiędzy skrajnymi przypadkami. W literaturze europejskiej, prace utrzymane w tym nurcie uwzględniają w analizach zmiany poziomu spójności terytorialnej, wynikającej m.in. z realizacji poszczególnych inwestycji (m.in. López i in., 2008; Condeço-Melhorado i in., 2011; Ortega i in., 2012; Rosik i in., 2015; Stępnik i Rosik, 2016). Jednym z częścię stosowanych wskaźników

jest w tym przypadku wskaźnik Giniego (Lucas i in., 2015 i przegląd różnych wskaźników w: Ramjerdi, 2006).

W polskich studiach wykorzystywany jest za to **wskaźnik dyspersji PAD** (*potential accessibility dispersion*); np. Stępiak i Rosik (2013) zaproponowany przez Ortega i in. (2012). Wskaźnik dyspersji PAD jest oparty na współczynniku zmienności według następującego wzoru:

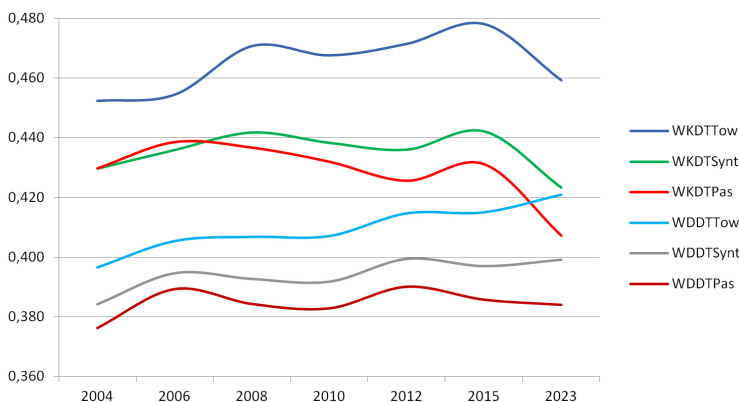
$$PAD = \frac{SD_{A_i}}{\frac{\sum A_i P_i}{\sum P_i}} \quad 5.1$$

gdzie: A_i jest wartością wskaźnika dostępności potencjalnej obliczoną dla rejonu transportowego i , P_i to liczba mieszkańców w rejonie transportowym i , a SD_{A_i} to odchylenie standardowe wartości A_i ważone liczbą ludności. Wyższe wartości PAD oznaczają bardziej spolaryzowany rozkład dostępności (większe różnice w poziomie dostępności między rejonami transportowymi)

W ujęciu dynamicznym zmniejszenie polaryzacji przestrzennej następuje w wyniku spadku wartości wskaźnika w czasie, a wzrost polaryzacji – w wyniku wzrostu wskaźnika. Pozytywnym zjawiskiem z punktu widzenia polityki spójności jest zatem spadek wartości wskaźnika. Przykładem zastosowania wskaźnika PAD w ujęciu ciągłego monitoringu zróżnicowania poziomu dostępności w Polsce jest wskaźnik WMDT (Wskaźnik Multimodalnej Dostępności Transportowej) (ryc. 5.1). W transporcie pasażerskim/osobowym spadek poziomu polaryzacji w transporcie drogowym jest już faktem obserwowanym (ma miejsce w roku 2015). Rozkład inwestycji planowanych powoduje, że sytuacja do 2023 r. będzie raczej stabilna. W przypadku kolei zmiana trendu, w stronę spadku zróżnicowania przestrzennego, jest dopiero przed nami. Do roku 2015 zróżnicowania rosły. W perspektywie roku 2023 mają się one spektakularnie zmniejszyć. Stanie się tak tylko w przypadku zrealizowania wszystkich planowanych obecnie inwestycji.

Z kolei zgodnie z **podejściem utylitarnym**, celem prowadzenia polityki dostępności powinno być maksymalne zwiększenie przeciętnego poziomu dostępności. Odzwierciedleniem tego podejścia, są m.in. prace ewaluacyjne prowadzone dla Ministerstwa Rozwoju (np. Komornicki i in. 2008, 2018), gdzie ocena poszczególnych inwestycji jest prowadzona przede wszystkim ze względu na ich efektywność w poprawie średniej dostępności na poziomie poszczególnych województw, kraju czy regionu.

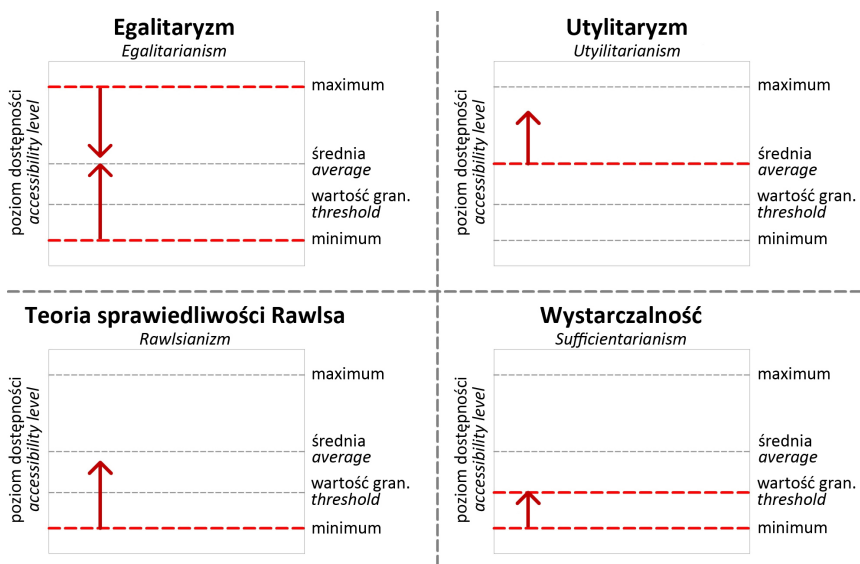
Z kolei w podejściu do badań dostępności nazwanym **rawlsianizmem** i opartym o Teorię sprawiedliwości Rawlsa (1971), główna uwaga jest skoncentrowana na obszarach o najniższym poziomie dostępności, a miarą sukcesu polityki transportowej czy przestrzennej jest poprawa dostępności dla mieszkańców tych obszarów.



Ryc. 5.1. Monitoring zróżnicowania dostępności pasażerskiej, towarowej i syntetycznej na podstawie dyspersji dostępności potencjałowej PAD dla wskaźnika WDDT (Wskaźnik Drogowej Dostępności Transportowej) i WKDT (Wskaźnik Kolejowej Dostępności Transportowej) w latach 2004-2023

Fig. 5.1. Monitoring of the dispersion of passenger, goods and synthetic accessibility on the basis of the PAD potential accessibility dispersion of WDDT (Road Accessibility Index) and WKDT (Railway Accessibility Index) indicators in 2004-2023

Źródło: Komornicki i in. (2018).



Ryc. 5.2. Porównanie różnych koncepcji sprawiedliwości społecznej z punktu widzenia postulowanego poziomu dostępności

Fig. 5.2. Comparison between varied concepts of social justice

Źródło: na podstawie Stępnia i in. (2017) (z drobnymi modyfikacjami)

Ostatnim z omawianych podejść jest tzw. **sufficientarianizm**, zgodnie z którym każdy powinien mieć „wystarczająco dobry” poziom dostępności (van Wee i Geurs, 2011; Lucas i in., 2015). Oznacza to, że żaden z mieszkańców badanego obszaru nie powinien mieszkać w miejscu, gdzie poziom dostępności jest niższy niż przyjęta wartość graniczna (*threshold*). Powoduje to, że takie podejście jest bodaj najbardziej subiektywne spośród wszystkich omawianych, gdyż interpretacja wyników zależy w ogromnym stopniu od przyjętej wartości granicznej. Jednocześnie, podejście takie stanowi dosyć istotny punkt odniesienia w wielu dokumentach planistycznych, tj. tych wszystkich, w których zakłada się, że np. odległość od miejsca zamieszkania do najbliższego przystanku komunikacji publicznej nie powinna przekraczać x metrów. Schematyczne porównanie poszczególnych podejść przedstawiono na ryc. 5.2.

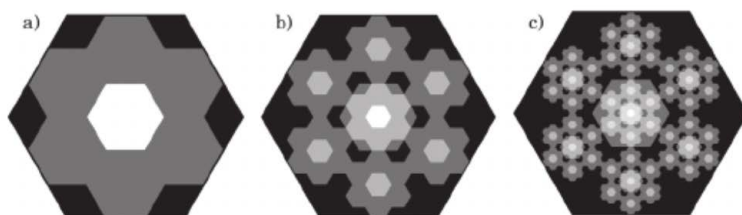
5.3. Metody wyznaczania peryferii

5.3.1. Koncepcja rdzeń-peryferie (poziom makro, mezo i mikro)

Peryferie można rozumieć nie tylko w ujęciu przestrzennym, ale również w ujęciu społecznym, politycznym czy instytucjonalnym (Copus, 2001; Wójcik i in., 2018; Bański i in., 2018). Peryferyjność w ujęciu przestrzennym może być rozumiana jako odwrotność dostępności (*accessibility*). Wysoki poziom peryferyjności, a co się z tym wiąże – słaba dostępność, determinuje potrzebę wykonania podróży. Przy niskiej dostępności do miejsc pracy oraz usług, np. na obszarach wiejskich zachodzi potrzeba wykorzystywania własnego samochodu (Taylor, 1999), co ma bardzo duże znaczenie w kontekście podziału modalnego (Rosik i Kowalczyk, 2015). Ponadto zamieszkiwanie z dala od większych ośrodków usługowych powoduje konieczność udania się tam w celu dokonania zakupów, skorzystania z pomocy lekarza, załatwienia spraw urzędowych, itd.

Źródła konceptu teoretycznego rdzeń-peryferie należy szukać w teorii ośrodków centralnych Christallera (1933), która tłumaczy uwarunkowania przestrzenne i funkcjonalne hierarchii ośrodków miejskich. Jak wskazuje Halás (2014) ujęcie hierarchiczne jest również zgodne z teorią fraktali. Zazwyczaj rdzeń stanowią miasta uszeregowane w zależności od liczby ludności, lub też w zależności od funkcji administracyjnej (Halás, 2008). Ze względu na fakt, iż peryferyjność jest zależna od skali przestrzennej można wyróżnić kilka poziomów analizy: od globalnego do lokalnego, przy czym każde z centrów zawiera obszary peryferyjne, a w każdym z peryferiów można wykazać jakieś centrum. Tym samym, to czy dany obszar będzie uznany za ekstremalne peryferium lub semiperyferium zależy od poziomu przestrzennej analizy.

Peryferyjność występuje zatem w różnych skalach przestrzennych: od poziomu makro-, przez mezo- do mikro- (Halás, 2008) z tymże poziom makro- może być rozumiany w sensie globalnym, kontynentalnym, międzynarodowym (grupa państw), krajowym, a nawet makroregionalnym i regionalnym, a poziomy mezo- i mikro- są uściśleniem poziomu peryferyjności na niższych skalach przestrzennych względem zdefiniowanego poziomu makro-. Każdorazowo model centrum-peryferie można analizować w układzie centrum, semiperyferie i peryferie, zgodnie z modelem przedstawionym na ryc. 5.3.



Ryc. 5.3. Teoretyczny model przestrzennej dystrybucji rdzenia (kolor biały), semiperyferii (kolor szary) oraz peryferii (kolor czarny) na poziomie makro- (a), mezo- (b) i mikro (c)
 Fig. 5.3. Theoretical model of core-periphery distribution at macro, mezzo and micro-level
 Źródło: Halás (2014)

5.3.2. Indeksy peryferyjności (wartość graniczna i pierwszy decyl)

Metodę wyznaczania peryferii przedstawiono na podstawie wyników Rosik i in. (2020c). W artykule badano indeksy peryferyjności w kontekście czterech usług ochrony zdrowia (apteki, przychodni, SOR-ów i szpitali wraz ze specjalistyczną opieką lekarską). Dostępność do każdej z czterech usług analizowano z wykorzystaniem dwóch miar dostępności, tj. najbliższej odległości – dla każdej z usług i odpowiednio – odsetek ludności gminy zamieszkałej w odległości do 10 min do najbliższej apteki, dostępność potencjałowa do przychodni, 2SFCA do SOR-ów oraz dostępność kumulatywna – do specjalistycznej opieki zdrowotnej.

W celu odpowiedniego wyznaczenia peryferii w Polsce na poziomie gminnym dla każdego z czterech rodzajów usług zdefiniowano wartości graniczne, które następnie wykorzystywano do wyznaczania obszarów peryferyjnych: wartość graniczną stałą (dla wskaźnika najbliższej odległości, odpowiednio 10 minut dla aptek i przychodni, 45 minut dla SOR-ów i 30 minut dla szpitali i specjalistycznej opieki lekarskiej), a także progi określone na podstawie dwóch rodzajów **pierwszych/najgorszych decyli**, tj.: (1) 10% jednostek (gmin) o najniższym poziomie dostępności do usług zdrowotnych; (2) 10% ludności charakteryzującej się najgorszym dostępem do danego rodzaju usług zdrowotnych. Wybór konkretnego decyla (liczba jednostek lub liczba ludności) w znacznym stopniu wpływa na liczbę jednostek uznanych za **pustynie zdrowotne** (*health deserts*) (tab. 5.1) ponieważ decyl ludności o najniższym poziomie dostępności to aż 27% wszystkich gmin w Polsce. Wynika to z faktu, że obszary o najniższym poziomie dostępności są w większości słabo zaludnione.

Tabela 5.1. Czasy, jednostki dostępności oraz liczba gmin uznanych za peryferyjne (pustynie zdrowotne) w zależności od przyjętej metody badania dostępności i metody wyznaczania peryferii

Miara dostępności	Metoda wyznaczania peryferii	Kwantyl	Apteki		Przychodnie		SOR		Szpitale i opieka specjalistyczna	
			Czas (min) lub jednostki dostępności (inne metody)	Liczba gmin	Czas (min) lub jednostki dostępności (inne metody)	Liczba gmin	Czas (min) lub jednostki dostępności (inne metody)	Liczba gmin	Czas (min) lub jednostki dostępności (inne metody)	Liczba gmin
Metoda najbliższej odległości	10% gmin	0,9	11,6	248	10,9	248	45,9	248	33,6	248
	10% ludności	0,9	9,2	635	8,7	637	38,0	544	27,4	587
	wartość graniczna		10,0	475	10,0	365	45,0	268	30,0	423
Inne metody	10% gmin	0,1	41,0	248	0,4	248	0,001	248	3,1	248
	10% ludności	0,1	57,2	621	0,6	688	0,003	516	5,2	633

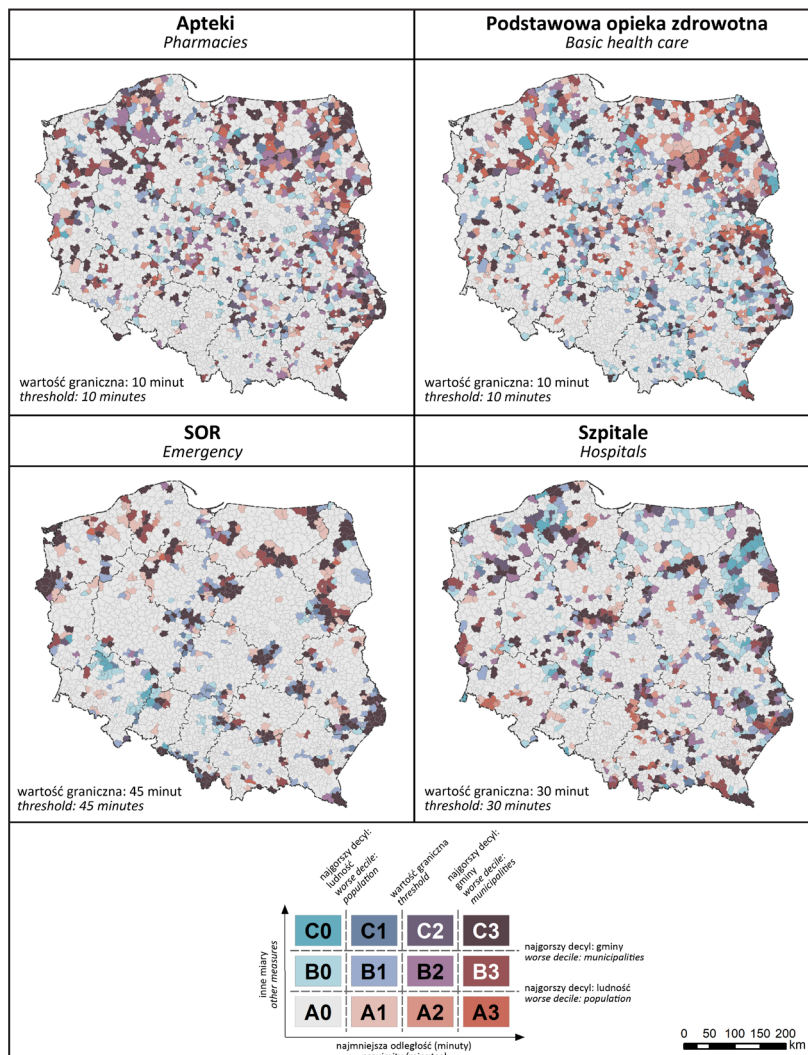
Źródło: Rosik i in. (2020c)

Niezależnie od rodzajów placówek zdrowotnych i metod badawczych, przestrzenne zróżnicowanie dostępności do usług medycznych w Polsce wynika z gęstości zaludnienia i rozmieszczenia placówek, a ponadto z ilości i jakości infrastruktury drogowej. Poziom dostępności jest najwyższy w aglomeracjach i dużych miastach. Jeśli jednak uwzględni się efekty konkurencji w ujęciu popyto-podażowym (2SFCA), efekt przewagi aglomeracyjnej słabnie. W przypadku usług zdrowotnych o wysokim stopniu centralizacji (np. szpitale) relatywnie lepsza dostępność do usług medycznych występuje wzdłuż głównych korytarzy transportowych (autostrad i dróg ekspresowych). Bardzo podobne jest zróżnicowanie dostępności do aptek i placówek podstawowej opieki zdrowotnej. Rozmieszczenie przestrzenne tych placówek jest mozaikowe i w dużej mierze związane z rozmieszczeniem ludności. W przypadku ratownictwa medycznego, szpitali i specjalistycznej opieki zdrowotnej rozkład dostępności jest odmienny. Zamiast rozkładu mozaikowego można zaobserwować zwarte obszary o lepszej lub gorszej dostępności.

Istnieją duże różnice w rozkładzie dostępności pomiędzy podejściem opartym na najbliższej odległości (podrozdział 3.2.1) a innymi metodami badawczymi. Wzorzec przestrzenny dostępności mierzonej najbliższą odległością charakteryzuje się łagodnymi przejściami między miejscami o wysokim i niskim poziomie dostępności, podczas gdy w przypadku innych metod obszary o bardzo wysokiej dostępności mogą sąsiadować z obszarami ocenianymi jako skrajnie peryferyjne, co jest związane przede wszystkim ze specyfiką izochrony. Dodatkowo, w przypadku efektów konkurencji (2SFCA), asymetryczne nagromadzenie placówek w aglomeracjach może prowadzić do występowania obszarów peryferyjnych nawet w niewielkiej odległości od miast. Generalnie wszystkie rodzaje

usług medycznych charakteryzują się niskim poziomem dostępności do usług na peryferiach, zarówno na obszarach przygranicznych, jak i na peryferiach wewnętrznych, tj. na granicach województw. Obszary peryferyjne to także słabo zaludnione obszary leśne, pojezierne i góry (ryc. 5.4).

W niniejszym opracowaniu ze względu na zakres tematyczny nie podjęto się dalszych szczegółowych analiz konsekwencji wykluczenia transportowego lub znaczenia dostępności/peryferyjności w kontekście efektów społeczno-ekonomicznych. Jest to bardzo szerokie zagadnienie wymagające oddzielnych studiów literaturowych.



Ryc. 5.4. Obszary peryferyjne według typów usług zdrowotnych (apteki, przychodnie, SOR i szpitale)

Fig. 5.4. Peripherality by accessibility to health care services (pharmacies, basic health care facilities, emergency health care facilities and hospitals)

Źródło: Rosik i in. (2020c). Opracowanie kartograficzne: M. Stępniaik

6. Model uwarunkowań dostępności (model NeST box)

6.1. NeST box model – podstawowe założenia

Dotychczasowy wywód w niniejszym opracowaniu opierał się na komponentach dostępności, w ramach których dokonano wyróżnienia poszczególnych wymiarów dostępności. Osobno opisano również atrybuty dostępności. Istnieje jednak możliwość integracji atrybutów, komponentów i wymiarów dostępności, która to integracja została przygotowana w oparciu o autorską koncepcję czterech uwarunkowań dostępności. W modelu wyróżniono następujące typy uwarunkowań:

- **sieciowe** (*network*); w postaci podaży rozumianej w szerokim tego słowa znaczeniu, tj. (1) podaży infrastruktury (element infrastrukturalny) i (2) podaży usług transportowych (element organizacyjny w postaci zarządzania siecią i taborem w transporcie publicznym oraz siecią drogową);
- **przestrzenne** (struktura przestrzenna) (*space*), czyli gęstość sieci osadniczej, poziom peryferyjności (od międzynarodowego, przez krajowy, regionalny do lokalnego), wzajemna lokalizacja produkcji i atrakcji;
- **związane z podróżą** (*travel*), czyli uogólniony koszt podróży, motywacja podróży, moment podróży i pozostałe czynniki,
- **indywidualne** (*household*) w postaci cech ekonomicznych, demograficznych i socjologicznych gospodarstwa domowego.

Autorska koncepcja czterech uwarunkowań dostępności została nazwana modelem budki łęgowej (z języka angielskiego **NeST box model**), gdzie N jest skrótem od *network*, czyli uwarunkowań sieciowych, S to skrót od *space*, czyli uwarunkowań przestrzennych, T określa *travel* czyli sytuację związaną z podróżą, a box jest jednocześnie synonimem źródła podróży, dostępności domu, jak i cech gospodarstwa domowego czyli *household*. Z budki łęgowej

korzystają ptaki, które mają utożsamiać podróżowanie i ruch, są więc naturalnym odniesieniem również do mobilności. Budka jest jednocześnie synonimem pewnego domknięcia metodycznego i pewną nadzieją autora, że uwzględnił wszystkie najważniejsze uwarunkowania związane z dostępnością w jednej „budce” lub „skrzynce” (tab. 6.1).

Tabela. 6.1. Model uwarunkowań dostępności NeST box

Ne	S	T	box
Network	Space	Travel	Household
Uwarunkowania sieciowe	Uwarunkowania przestrzenne	Uwarunkowania związane z podróżą	Uwarunkowania indywidualne
Infrastruktura i zarządzanie siecią drogową, siecią transportu publicznego i taborem	Struktura przestrzenna	Sytuacja związana z podróżą	Cechy ekonomiczne, demograficzne i socjologiczne gospodarstwa domowego
<p>1. Infrastruktura i zarządzanie siecią drogową:</p> <ul style="list-style-type: none"> - udział sieci drogowej dróg wyższej kategorii (w tym bezkolizyjnych dróg dwujezdniowych) w łącznej sieci, - liczba i jakość obiektów liniowych i punktowych infrastruktury drogowej • ogólna gęstość sieci drogowej, • liczba węzłów drogowych, • liczba miejsc parkingowych, • stan nawierzchni, • szerokość jezdni, - sposób zarządzania infrastrukturą. <p>2. Infrastruktura i zarządzanie siecią i taborem w transporcie publicznym:</p> <ul style="list-style-type: none"> - jakość taboru, - częstotliwość kursowania, - bezpośredniość (możliwość wykonania podróży bez przesiadki) - wysokość ceny, - poziom usług, - bezpieczeństwo, - komfort, - planowość, - niezawodność, - elastyczność, - bliskość/dostępność źródła i celu podróży do najbliższej stacji/przystanku i jej/jego charakter/węzłowość. 	<p>1. Gęstość sieci osadniczej.</p> <p>2. Poziom peryferyjności przestrzennej.</p> <p>3. Lokalizacja potencjału produkcji ruchu względem potencjału atrakcji ruchu.</p>	<p>1. Uogólniony koszt podróży:</p> <ul style="list-style-type: none"> - czas podróży, w tym wartość czasu podróży, - koszt podróży, • koszty parkingowe, • koszty paliwa, • opłaty autostradowe, • koszt biletów • pozostałe koszty stałe, - pozostałe elementy uogólnionego kosztu: • bezpieczeństwo, • komfort, • inne. <p>2. Motywacja podróży:</p> <ul style="list-style-type: none"> - podróże krótkie: • dojazdy do pracy, • wyjazdy na zakupy, • wyjazdy do szkoły, - podróże długie: • podróże biznesowe, • odwiedziny znajomych i krewnych • podróże turystyczne, - podróże wielomotywacyjne (wielolokalizacyjne). <p>3. Moment podróży:</p> <ul style="list-style-type: none"> - pora dnia, - pora tygodnia, - pora roku. <p>4. Pozostałe czynniki:</p> <ul style="list-style-type: none"> - wielkość zabieranego bagażu, - liczba podróżujących osób, - potrzeba wykorzystanie pojazdu w mieście docelowym, - warunki pogodowe. 	<p>1. Czynniki ekonomiczne:</p> <ul style="list-style-type: none"> - dochód, - elastyczność dochodowa popytu, - koszt zakupu samochodu, - koszty eksploatacyjne (utrzymania, ubezpieczenia i napraw pojazdów). <p>2. Czynniki demograficzne:</p> <ul style="list-style-type: none"> - struktura demograficzna (np. liczba osób pracujących, liczba dzieci itd.), - wiek, - płeć. <p>3. Czynniki socjologiczne:</p> <ul style="list-style-type: none"> - prestiż i pozycja społeczna, - styl życia, - przyzwyczajenia, nawyki, potrzeby, doświadczenia.

Źródło: opracowanie własne.

6.2. Integracja modelu NeST box z metodami, komponentami i wymiarami dostępności

Integracja modelu uwarunkowań dostępności NeST box z metodami badania dostępności jest relatywnie mało skomplikowana. Najprostsza metoda badawcza jaką jest badanie wyposażenia infrastrukturalnego danego obszaru (rozdział 3.1) jest powiązana jedynie z uwarunkowaniami sieciowymi. Większość metod badawczych bazujących na lokalizacji (rozdział 3.2), ale również metod uwzględniających efekty konkurencji (rozdział 3.3) odnosi się zarówno do komponentu transportowego jak i do komponentu użytkowania przestrzeni, czyli w modelu uwarunkowań dostępności NeST box – do uwarunkowań sieciowych i przestrzennych. Niewiele jest natomiast metod badawczych wykorzystujących dane empiryczne dotyczące uwarunkowań indywidualnych (dostępność spersonalizowana, rozdział 3.4), a jeszcze mniej metod – tych związanych bezpośrednio z podróżą (rozdział 3.4.4 – dostępność bazująca na aktywnościach). Łącznie wszystkie modele w tej ostatniej wymienionej grupie metod można kategoryzować pod nazwą dostępności spersonalizowanej, tj. odniesionej do zachowań transportowych indywidualnego podróżnego. W grupie tej znajdują się m.in. modele dostępności mierzonej w geografii czasoprzestrzeni. Mocną stroną tych modeli jest silne oparcie w behawioryzmie, który ujawnia się przez obserwację harmonogramu działań użytkownika ruchu (lub członków gospodarstwa domowego) (Hägerstrand, 1970; Neutens i in., 2008). Ujęcie komponentu czasowego i indywidualnego jest również możliwe w metodach uwzględniających efekty konkurencji (np. w przypadku dostępności do torów na pływalniach krytych w mieście, gdzie z jednej strony są ograniczenia po stronie podażowej w postaci godzin otwarcia poszczególnych torów dla klientów spoza szkół lub klubów, a z drugiej strony są ograniczenia indywidualne związane z rozkładem czasu wolnego klientów w ciągu dnia).

Model komponentów dostępności przedstawiony przez Geursa i van Ecka (2001) można określać jako system podzbiorów, z których każdy stanowi część jednego z czterech zbiorów uwarunkowań. Tym samym model NeST box jest niejako pewnym obudowaniem modelu komponentów dostępności. Różnice są jednak następujące.

1. **Uogólniony koszt podróży** jako miara oporu przestrzeni stanowi kluczową część komponentu transportowego u Geursa i van Ecka (2001), podczas gdy w modelu NeST box jest on częściowo widziany jako jedno z uwarunkowań związanych z podróżą. Takie rozwiązanie wynika z faktu, że poszczególne elementy kosztu uogólnionego wynikają nie tylko z jakości samej podaży infrastruktury i usług transportowych (jak u Geurs i van Eck 2001), ale również są pochodną takich indywidualnych czynników jak wybór ścieżki podróży (np. w celu uniknięcia opłat autostradowych), liczby osób biorących udział w podróży i motywacji podróży (możliwość obniżenia kosztu podróży przy dużej liczbie osób w pojeździe lub biletach miesięcznych w dojazdach do pracy), momentu podróży (rosnący koszt

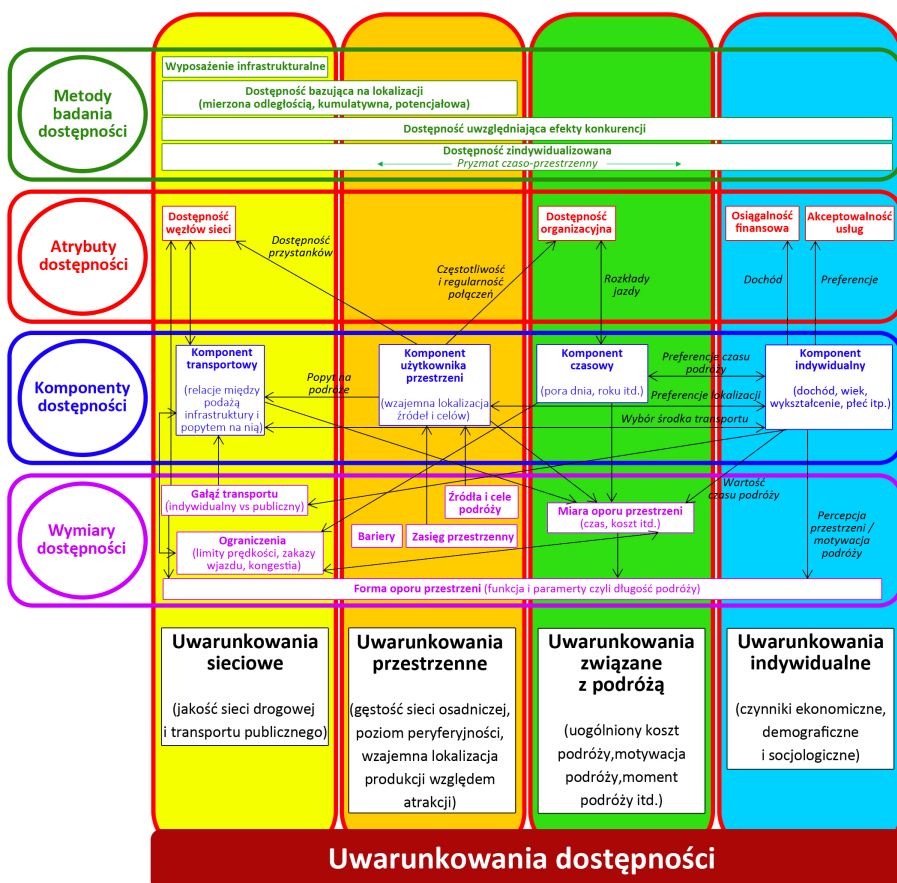
podróży w przypadku kongestii). Jednocześnie popytowe uwarunkowania komponentu transportowego (u Geursa i van Ecka (2001) w ramach tzw. komponentu transportowego) kwalifikują się jako uwarunkowania związane z przestrzenią (lokalizacje źródeł i celów), podróżą i podróżnym. W modelu NeST box komponent transportowy został ograniczony do kwestii podaży (podaż infrastruktury i podaż usług transportowych), chociaż autor modelu ma świadomość, że podaż infrastruktury oraz sposób zarządzania nią jest, lub też powinna być, odzwierciedleniem uwarunkowań popytowych.

2. **Motywacja podróży** – w modelu NeST box nacisk położony jest na motywację podróży. Docelowo, w przypadku jeżeli model uwarunkowań dostępności byłby w przyszłości rozwijany, dla każdej z motywacji podróży powinny zostać utworzone oddzielne „budki” uwarunkowań dostępności m.in. ze względu na fakt, iż rola poszczególnych uwarunkowań zmienia się znacząco wraz ze wzrostem długości oraz częstotliwości podróży. Przykładowo, można sobie wyobrazić odrębną budkę uwarunkowań dostępności dla motywacji odwiedziny krewnych i znajomych, np. uwarunkowaną czasem, który upłynął od momentu migracji, posiadaniem dzieci, wiekiem dziadków pozostających w obszarze będącym źródłem migracji itd. Tymczasem w modelu komponentów dostępności Geursa i van Ecka (2001) tematyka motywacji podróży jest ujęta w sposób marginalny. Autorzy z Holandii z uwarunkowań dostępności związanych z podróżą wyróżnili jedynie moment podróży tworząc na tej podstawie odrębny komponent czasowy.

Model uwarunkowań dostępności nawiązuje bezpośrednio lub pośrednio do większości wymiarów dostępności wskazywanych przez Spiekermanna i Neubauera (2002). **Źródła i cele podróży**, a także **zasięg przestrzenny analizy** dostępności oraz bariery są ściśle powiązane z uwarunkowaniami przestrzennymi. **Opór przestrzeni** (forma funkcyjna, parametry oraz miara oporu przestrzeni) jest kwestią indywidualną i poprzez uogólniony koszt podróży dotyczy konkretnej podróży, a także jej konkretnej motywacji podróży, a zatem uwarunkowań związanych z podróżą. Z kolei, jak ukazano w niniejszym opracowaniu, w modelu komponentów dostępności Geursa i van Ecka (2001) zdecydowanie jest to komponent transportowy). **Gałąź transportu** (u Spiekermanna i Neubauera podział na transport indywidualny i publiczny, z podziałem m.in. na kolej i transport lotniczy) oraz **ograniczenia** w modelu uwarunkowań są ściśle związane z podażą infrastruktury i zarządzaniem nią, a zatem – uwarunkowaniami sieciowymi. Wymiarem należącym do ograniczeń wykraczającym poza ramy uwarunkowań sieciowych jest kongestia mocno powiązana nie tylko z kwestiami sieciowymi, ale również z momentem podróży (uwarunkowania związane z podróżą). Rozróżnienie pór dnia, tygodnia i roku w przypadku opłat parkingowych również skutkuje zależnością między tym ograniczeniem (opłaty parkingowe) a momentem podróży. W skrajnym przypadku wprowadzenie wysokich opłat parkingowych przy niektórych motywacjach podróży (np. dla dojazdów do pracy) może wpływać na zmianę środka transportu (por. Rosik i Kowalczyk 2015) lub nawet rezygnację z podejmowania podróży.

Pewną trudnością jest uwzględnienie w modelu NeST box takich wymiarów jak spójność społeczno-ekonomiczna lub dynamika zjawiska. W pewnym sensie spójność w rozumieniu przewyższania nierówności społeczno-ekonomicznym dotyczy uwarunkowań związanych z podróżnym i jego dochodem, a spójność terytorialna – uwarunkowań przestrzennych i problemu peryferyjności. **Dynamika** zjawiska, tj. zmiana dostępności, może natomiast dotyczyć zarówno uwarunkowań sieciowych (nowe drogi, zmiany sposobu zarządzania infrastrukturą), przestrzennych (zmiany lokalizacji produkcji i atrakcji), ale również, w sensie indywidualnym – zmiany preferencji, percepcji dostępności, wartości czasu podróży, dochodu, struktury społecznej itd. Z kolei w niniejszym opracowaniu uwzględniono aspekty dynamiczne głównie w ramach opisu komponentu transportowego.

Pełny obraz integracji modelu uwarunkowań dostępności NeST box z metodami badania dostępności, atrybutami dostępności, komponentami dostępności oraz wymiarami dostępności został przedstawiony na ryc. 6.1.



Ryc. 6.1. Integracja metod badania dostępności, atrybutów, komponentów i wymiarów dostępności w modelu uwarunkowań dostępności (NeST box)

Fig. 6.1. Integration of methods, attributes, components and dimensions in the NeST box model

Źródło: opracowanie własne z wykorzystaniem Rosik (2016)

7. Kierunki przyszłych badań

Świat dostępności jest fascynujący. Wielość metod badawczych, komponentów, wymiarów, atrybutów i innych charakterystyk dostępności skutkuje nieograniczonym spektrum możliwych podejść do omawianej tematyki. W niniejszym opracowaniu omówiono jedynie pewien zarys teoretyczno-empirycznych możliwości „poruszania się” po świecie dostępności. Każda dowolna omówiona w pracy część tego świata może być analizowana w sposób bardziej kompleksowy i dogłębny. W tym kierunku zmierza również współczesna nauka by specjalizować się w poszczególnych aspektach, szczególnie na styku dostępności i innych zagadnień związanych z geografią transportu, socjologią transportu, planowaniem transportu, geoinformacją itd. Poniżej zaprezentowano, z wykorzystaniem Macharis i Geurs (2019) oraz van Wee (2016), najpopularniejsze naukowe trendy, które w najbliższych latach i dekadach będą cechować badania dostępności, zarówno na świecie jak i w Polsce, aczkolwiek w naszym kraju można zauważyć pewien niepokojący trend odchodzenia od tej tematyki młodego pokolenia naukowców.

Big data. Wykorzystanie unikalnych narzędzi technologicznych, np. inteligentnych lub mobilnych urządzeń, takich jak telefony komórkowe, karty komunikacji miejskiej lub zegarki sportowe, aplikacje używanych na tych urządzeniach, takich jak Twitter, Facebook lub Google, danych obejmujących zapisy szczegółowych połączeń zbieranych przez operatorów sieci komórkowych, danych z mobilnych systemów operacyjnych (np. Android lub iOS) uzyskiwanych za pośrednictwem GPS i innych sygnałów, które są dostępne tylko dla twórców tych systemów (np. Google lub Apple), a także geograficznie zlokalizowanych postów na platformach mediów społecznościowych, takich jak Twitter i Instagram, wśród naukowców zajmujących się tematyką dostępności, stało się już pewną rutyną i standardową praktyką. Niemniej wskazuje się, że trend ten jest jeszcze w początkowej, dynamicznej fazie rozwoju, a w przyszłości big data mogą przeorientować teorię dostępności i w większym stopniu zacieśnić relacje między dostępnością a mobilnością.

Opór przestrzeni. Funkcja oporu przestrzeni, zarówno wybór postaci funkcyjnej, jak i parametrów, daje ogromne możliwości, zarówno w kontekście: (1) weryfikacji empirycznej źródeł, takich lub innych zachowań uczestników ruchu, tego czy wynikają one z preferencji mieszkańców danych obszarów, czy też są konsekwencją układu transportowego i osadniczego, jak i: (2) w ujęciu czysto teoretycznym, związanych z przedstawioną w niniejszym opracowaniu względnością zmiany dostępności, w ujęciu zarówno indywidualnym (przykład osoby niepełnosprawnej oraz astronauty), jak i w ujęciu systemów transportowych (przykład przejścia z systemu jednojezdniowych dróg do systemu autostrad i dróg ekspresowych). Autora pracy fascynują różnice w zmianie poziomu jak i zróżnicowania dostępności wynikające wyłącznie z przyjętych założeń dotyczących długości podróży (krótkie vs długie). Szczególnie interesującą niszą naukową jest analiza dostępności dla długich podróży (np. podróży turystycznych, ale też odwiedzin znajomych i krewnych lub podróży biznesowych). W tym kontekście coraz większe znaczenie będzie miała dostępność do portów lotniczych oraz dostępność transportem lotniczym do destynacji w ujęciu kontynentalnym i globalnym.

Przestrzenne efekty zewnętrzne. Wpływ zmian dostępności, na przykładowo zmiany ceny nieruchomości lub lokalizację nowych zakładów produkcyjnych jest z jednej strony oczywisty, a z drugiej może zaskakiwać relatywnie mała liczba publikacji poświęconych tej tematyce. Zazwyczaj dostępność jest jednym z analizowanych aspektów poprawy warunków podróżowania w wyniku realizacji poszczególnych inwestycji transportowych, rzadziej np. w kontekście lokalizacji nowych usług lub inwestycji mieszkaniowych. Brakuje analiz historycznych ukazujących zmiany dostępności w wyniku rozwoju miast i układów transportowych, ale także zmieniających się zachowań mieszkańców, ukazujących wzajemne zależności między komponentami transportowym, użytkowaniem przestrzeni, czasowym i indywidualnym. W Polsce również rzadko aspekty przestrzennych efektów zewnętrznych są włączane do tradycyjnej analizy kosztów-korzyści (CBA).

Wrażliwość/podatność, krytyczność oraz narażenie. W literaturze światowej to od kilku dekad bardzo żywy kierunek badań wskazujący na konsekwencje spadku dostępności w wyniku różnych zdarzeń lub zagrożeń. W Polsce jak dotąd, poza nielicznymi wyjątkami, brak jest szerszych analiz podejmowanych przez środowisko geografów transportu. A przecież, w warunkach zmian klimatycznych i kryzysów politycznych, w coraz większym stopniu poszczególne elementy sieci będą podatne, a co się z tym wiąże również zamieszkujący te obszary mieszkańcy będą narażeni, na możliwie gwałtowne pogorszenie się dostępności. Odmiernym aspektem są predyspozycje systemu do zniesienia zaburzeń przy zachowaniu kluczowych parametrów działania oraz powrót do stanu normalnego, czyli rezyliencja systemów transportowych. Z drugiej strony, można zaryzykować tezę, iż w stosunku do rzeczywistych zagrożeń powodziowych lub terrorystycznych dotyczących ułamka sieci (głównie drogowej) liczba artykułów poświęconych tej tematyce w zachodniej literaturze przedmiotu jest zbyt duża w relacji do innych zagadnień dotyczących całej sieci.

Rozwój nowych form transportu. Ekonomia współdzielenia oraz mobilność jako usługa (MaaS), czyli zindywidualizowane usługi mobilnościowe, a także pojazdy autonomiczne są w ostatniej dekadzie bardzo popularnymi terminami, wokół których powstają setki artykułów, w tym również i te poświęcone zmianom dostępności w wyniku wprowadzania nowych usług transportowych. Konsekwencje, np. pojazdów autonomicznych będą jednak różne dla różnych grup społecznych, co ma związek z literaturą poświęconą segmentacji i równości w ujęciu społecznym. W każdym razie nie można wykluczyć, że w najbliższej dekadzie rozwój technologiczny przyniesie nowe rozwiązania mające wpływ na dostępność szerokich mas społecznych. Przykładowo, można wyobrazić sobie gwałtowny rozwój dronów załogowych umożliwiających dojazdy, a raczej dołoty do pracy. Bardziej racjonalne jest spojrzenie na zmiany dostępności wynikające z rozpowszechnienia samochodów elektrycznych, a przede wszystkim z wydłużeniem zasięgu umożliwiającego jazdę bez konieczności doładowywania baterii, co będzie miało duże konsekwencje w zakresie wydłużania się dla kierowców pojazdów elektrycznych promienia oddziaływania miast i rynków pracy.

Przystępność kosztowa i kwestie równości. Zagadnienie optymalnego poziomu dostępności dla wszystkich mieszkańców, czyli ujęcie normatywne problemu może być coraz bardziej istotne w warunkach nierównomiernego korzystania z postępu technologicznego, wzrostu zróżnicowania cen nieruchomości i dostępności między elitarnymi dzielnicami miast a obszarami peryferyjnymi. W zachodniej literaturze przedmiotu duże znaczenie ma analiza zróżnicowania dostępności pod względem etnicznym, co ma związek z segregacją ludności. W Polsce temat ten, wraz z napływem imigrantów, będzie powoli również zaznaczał się w literaturze. Przystępność kosztowa w transporcie publicznym wraz z bogaceniem się społeczeństwa staje się relatywnie mniej istotna i dotyczy w coraz większym stopniu obszarów peryferyjnych i marginalizowanych. Dużo większe znaczenie będzie miała analiza dostępności względem osób niepełnosprawnych oraz seniorów, w tym także relatywnie nowe i nierozpowszechnione w Polsce rozwiązania jak np. transport na żądanie. Zmniejszenie białych plam transportowych oraz wykluczenia transportowego, a tym samym poprawa dostępności na obszarach wiejskich, ale i również w niektórych przypadkach, nawet w aglomeracjach, to z pewnością ważne zadanie na najbliższą dekadę dla polskiej polityki transportowej.

Długotrwałe efekty pandemii COVID-19. Pandemia COVID-19 skutkuje krótkookresowymi i długookresowymi efektami w zakresie zarówno mobilności ogółem jak i wykorzystania poszczególnych środków transportu, co w warunkach coraz większych związków między dostępnością a mobilnością ma bardzo duże znaczenie, przede wszystkim w kontekście komponentu indywidualnego. Szczególnie interesujące są długookresowe konsekwencje dla dostępności utrzymującej się pracy zdalnej wykonywanej w miejscu zamieszkania, co w sposób radykalny zmienia percepcję dostępności dla pracowników mających możliwość korzystania z tej formy pracy. Pandemia COVID-19 zwiększyła zakres możliwości wyboru podjęcia podróży w różnych motywacjach w przeciągu dnia, co

znacznie skomplikowało i zindywidualizowało analizę dostępności opartej na aktywnościach. Generalnie, w wyniku zmniejszenia się znaczenia motywacji dojazdu do pracy, podróże w innych motywacjach są coraz bardziej istotne, np. dostępność do terenów rekreacyjnych, lokalnych restauracji lub mniejszych sklepów (w przypadku kolejnych obostrzeń dla galerii handlowych). Duża część usług, np. edukacyjnych lub zdrowotnych, realizowana jest nadal (ponad półtora roku od rozpoczęcia pandemii) w warunkach zdalnych, podczas gdy część usług powraca do tradycyjnych form wymagających mobilności, część pewnie już na stałe będzie realizowana zdalnie. W momencie oddawania niniejszego opracowania do druku trudno przewidywać rzeczywistość postpandemiczną (kolejne fale zakażeń, również w krajach o wysokiej wyszczepialności). Warto jednak wskazać, że już w połowie 2021 r. ruch samochodowy wrócił i nawet przekroczył poziom przedpandemiczny i może okazać się, że w dłuższej perspektywie trudniej będzie o powrót mieszkańców do transportu publicznego. Pandemia COVID-19 ma swoje konsekwencje również dla transportu towarów oraz przecięcia łańcuchów dostaw, co ma bardzo duże znaczenie dla dostępności i kosztu poszczególnych grup ładunków, zarówno dla producentów jak i konsumentów.

Analizy porównawcze i ewaluacja z wykorzystaniem wskaźników dostępności. Ze względu na wzrost możliwości wykorzystywania w analizach Big Data, a co się z tym wiąże, zwiększone spektrum metod mierzenia dostępności, coraz więcej publikacji poświęconych jest analizie porównawczej wyników w zależności od przyjętych założeń metodycznych. Konieczne jest więc pokazywanie decydom, osobom odpowiedzialnym za kreowanie polityki transportowej, jak zmiana parametrów modelu lub wybór innej metody mierzenia dostępności (np. metody bazujące na lokalizacji lub na aktywności) mają wpływ na ostateczne wyniki i rekomendacje. Rola wskaźników dostępności w prowadzeniu polityki transportowej może też ulegać zmianie wraz z zaawansowaniem prac inwestycyjnych w budowaniu podstawowych sieci transportowych dla różnych gałęzi transportu. W coraz większym stopniu znaczenie w Polsce będą miały aspekty multimodalne, w tym organizacyjne (jak np. wspólny bilet, synchronizacja rozkładów jazdy przewoźników itd.), a w mniejszym stopniu dostępność będzie bazowała na aspektach związanych z dalszą rozbudową układów sieciowych.

Literatura

- Ahas, R, Aasa, A, Yuan, Y, et al. (2015). Everyday space–time geographies: using mobile phone-based sensor data to monitor urban activity in Harbin, Paris, and Tallinn. *International Journal of Geographical Information Science* 29 (11), 2017-2039. <https://doi.org/10.1080/13658816.2015.1063151>
- Borowska-Stefańska, M., Wiśniewski, S., Andrei, M.-T. (2017). Accessibility to places of evacuation for inhabitants of flood-prone areas in the Mazovia province. *Geomatics and Environmental Engineering* 11 (3), 31-47. <https://dx.doi.org/10.7494/geom.2017.11.3.31>
- Arentze, T., Hofman, F., van Mourik, H., Timmermans, H. (2000). ALBATROSS: multi-agent, rule-based model of activity pattern decisions. *Transp. Res. Record: J. Transp. Res. Board* 1706, 136-144. <https://doi.org/10.3141/1706-16>
- Backer, E, Morrison, A.M. (2017). VFR travel: Is it still underestimated? *International Journal of Tourism Research* 19, 395-399.
- BAK *Basel Economics* (2005). Globale und kontinentale Erreichbarkeit. Ergebnisse der Modellerweiterung. Basel: BAK Basel Economics.
- Bański, J., Degórski, M., Komornicki, T., Śleszyński, P. (2018). The delimitation of areas of strategic intervention in Poland: A methodological trial and its results. *Moravian Geographical Reports* 26 (2), 84-94. <https://doi.org/10.2478/mgr-2018-0007>
- Baradaran S., Ramjerdi F. (2001). Performance of Accessibility Measures in Europe. *Journal of Transportation and Statistics* 4 (2/3), 31-48.
- Bąk, M., Ważna, A., 2014. Oszczędność czasu w transporcie pasażerskim w teorii i praktyce. *Logistyka*, 2.
- Beim, M., Błażeczek, A., Dąbrowska, A., Dębiak, P., Olczyk, A. (2019). *Badania dostępności publicznego transportu zbiorowego w podregionie pilskim. Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG*, 22 (4), 95-118.
- Beim M. (2014). *Wpływ dostępności transportem publicznym na rozwój społeczno-ekonomiczny województwa wielkopolskiego*. Poznań: Wielkopolskie Regionalne Obserwatorium Terytorialne, Urząd Marszałkowski Województwa Wielkopolskiego.
- Ben-Akiva, M., Bowman, J. L., Gopinath, D. (1996). Travel demand model system for the information era. *Transportation* 23, 241–266.
- Bentlage, M., Lüthi S., and Thierstein A. (2013). Knowledge creation in German agglomerations and accessibility—an approach involving non- physical connectivity. *Cities* 30, 47-58. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2012.07.003>
- Berdica, K. (2002). An introduction to road vulnerability: what has been done, is done and should be done. *Transport policy* 9 (2), 117-127. [https://doi.org/10.1016/S0967-070X\(02\)00011-2](https://doi.org/10.1016/S0967-070X(02)00011-2)
- Black J., Conroy M. (1977). Accessibility Measures and the Social Evaluation of Urban Structure. *Environment and Planning A* 9, 1013-1031.
- Borowska-Stefańska, M., Kowalski, M., Wiśniewski, S. (2019). The Measurement of Mobility-Based Accessibility – The Impact of Floods on Trips of Various Length and Motivation. *International Journal of Geo-Information* 8 (12), 534.
- Borowska-Stefańska, M., Wiśniewski, S. (2018). Changes in transport accessibility as a result of flooding: a case study of the Mazovia Province (Eastern Poland). *Environmental Hazards*, 1-28. <https://doi.org/10.1080/17477891.2017.1343177>

- Bowman, J.L. (1995). *Activity based travel demand model system with daily activity schedules*. M.S. Thesis at MIT.
- Bowman, J.L., Ben-Akiva, M. (2001). Activity-based disaggregate travel demand model system with activity schedules. *Transportation Research A* 35 (1), 1–28.
- Bradley, M., Bowman, J.L., Griesenbeck, B. (2010). SACSIM: An applied activity-based model system with fine level spatial and temporal resolution. *Journal of Choice Modelling* 3 (1), 5-31.
- Bradley, M.A., Portland Metro, Bowman, J.L., Cambridge systematics, (1998). *A system of activity-based models for Portland, Oregon*. USDOT report number DOT-T-99-02, produced for the Travel Model Improvement Program of the USDOT and EPA, Washington, DC.
- Breheny, M.J., 1978, The measurement of spatial opportunity in strategic planning. *Regional Studies* 12, 463-479.
- Bröcker J., 1989, How to eliminate certain defects of the potential formula. *Environment and Planning* 21, 817-830.
- Bröcker J., Kanacs A., Schürmann C., Wegener M., 2001, *Methodology for the Assessment of Spatial Economic Impacts of Transport Projects and Policies*. IASON Deliverable D2, Kiel/Dortmund.
- Brown, L. A., Moore, E. G. (1970). The intra-urban migration process: A perspective. *Geografiska Annaler: Series B – Human Geography* 52 (1), 1-13.
- Bruinsma F. R., Rietveld P. (1998). The accessibility of European cities: theoretical framework and comparison of approaches. *Environment and Planning* 30 (3), 499-521.
- Bryant, J. B., Delamater, P. L. (2019), Examination of spatial accessibility at micro- and macro-levels using the enhanced two-step floating catchment area (E2SFCA) method. *Annals of GIS*, 219-229. <https://doi.org/10.1080/19475683.2019.1641553>
- Burns, L. D. (1979). *Transportation, temporal, and spatial components of accessibility*. Toronto: Lexington Books.
- Campagna M, Floris R, Massa P, et al. (eds) (2015). *Planning Support Systems and Smart Cities. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*. Cham: Springer, 41-60. https://doi.org/10.1007/978-3-319-18368-8_3
- Capello, R., Caragliu, A., Fratesi, U. (2017). Measuring border effects in European cross-border regions. *Regional Studies* 52 (7), 986-996.
- Carrion C., Levinson D. (2012). Value of travel time reliability: A review of current evidence. *Transportation Research Part A* 46, 720-741.
- Carruthers R., Dick M., Anuja S. (2005). *Affordability of Public Transport in Developing Countries*. Washington D.C.: The World Bank Group.
- Casas, I., Horner, M. W., Weber, J. (2009). A comparison of three methods for identifying transportbased exclusion: A case study of children's access to urban opportunities in Erie and Niagara counties, New York. *International Journal of Sustainable Transportation* 3 (4), 227-245. <https://doi.org/10.1080/15568310802158761>
- Cascetta E. (2001). *Transportation Systems Engineering: Theory and Methods*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Cascetta E., Cartenì A. (2014). The hedonic value of railways terminals, A quantitative analysis of the impact of stations quality on travellers behaviour. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 61, 41-52.
- Caschili, S., Reggiani, A. & Medda, F. (2015). Resilience and Vulnerability of Spatial Economic Networks. *Netw Spat Econ* 15, 205-210. <https://doi.org/10.1007/s11067-015-9283-9>

- Chatelus, G., Uljed, A. (1995). *Union Territorial Strategies linked to the Transeuropean Transportation Networks*. Final Report to DG VII. Paris/Barcelona: INRETS-DEST/MCRIT.
- Chen N. (2004). Intra-national versus international trade in the European Union: Why do national borders matter? *Journal of International Economics* 63 (1), 93-118. [https://doi.org/10.1016/S0022-1996\(03\)00042-4](https://doi.org/10.1016/S0022-1996(03)00042-4)
- Chen, A., Yang, C., Kongsomsaksakul, S. and Lee, M. (2007). Network-based accessibility measures for vulnerability analysis of degradable transportation networks. *Networks and Spatial Economics* 7, 241–256.
- Chen, X., Kwan, M. P., Li, Q., Chen, J. (2012). A model for evacuation risk assessment with consideration of pre-and post-disaster factors. *Computers, environment and urban systems* 36 (3), 207-217. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2011.11.002>.
- Chen, Z., Li, Y., Wang, P. (2020). Transportation accessibility and regional growth in the Greater Bay Area of China. *Transportation Research Part D Transport and Environment*, 86. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102453>
- Chojnicki, Z. (1966). Zastosowanie modeli grawitacji i potencjału w badaniach przestrzenno-ekonomicznych. *Studia 14, KPZK PAN, Warszawa*.
- Chojnicki, Z., Czyż, T., Ratajczak, W. (2011). *Model potencjału. Podstawy teoretyczne i zastosowania w badaniach przestrzenno-ekonomicznych oraz regionalnych*. Poznań: Bogucki Wydawnictwo Naukowe.
- Christaller, W (1933). *Die zentralen Orte in Süddeutschland*. Jena: Fischer.
- Christodoulou, A., Christidis, P. (2019). Measuring Cross-Border Road Accessibility in the European Union. *Sustainability* 11 (15), 4000. <https://doi.org/10.3390/su11154000>.
- Church, A., Frost, M., Sullivan, K. (2000), Transport and social exclusion in London. *Transport Policy* 7 (3), 195-205.
- Condeço-Melhorado, A., Martín, J.C., Gutiérrez, J. (2011). Regional spillovers of transport infrastructure investment: A territorial cohesion analysis. *European Journal of Transport and Infrastructure Research* 11(4), 389-404, <https://doi.org/10.18757/ejtir.2011.11.4.2942>
- Condeço-Melhorado, A., Geurs, K.T. (2017). Accessibility and Policy Making. *European Transport Research Reviews*.
- Condeço-Melhorado, A., Reggiani, A., Gutiérrez, J. (red.) (2014). *Accessibility and Spatial Interaction*. Edwar Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781782540731>
- Copus, A. K. (1997). *A New Peripherality Index for European Regions*. Report prepared for the Highlands and Islands European Partnership, Aberdeen, Rural Policy Group, Agricultural and Rural Economics Department, Scottish Agricultural College.
- Copus, A. K. (1999). Peripherality and peripherality indicators, North. *The Journal of Nordregio* 10 (1), 11-15.
- Copus, A. K. (2001). From core-periphery to polycentric development: concepts of spatial and aspatial peripherality. *European Planning Studies* 9 (4), 539-552.
- Czyż, T. (2002). Application of the potential model to the analysis of regional differences in Poland. *Geographia Polonica* 75 (1), 13-24.
- D'Este, G. M., Taylor, M. A. P. (2003). Network vulnerability: an approach to reliability analysis at the level of national strategic transport networks. In: Bell, M.G.H., Iida, Y. (Eds.), *The Network Reliability of Transport*. Proceedings of the 1st International Symposium on Transportation Network Reliability (INSTR). Oxford: Pergamon, 23-44.
- Dalvi, M. Q., Martin, K. M. (1976). The measurement of accessibility: some preliminary results. *Transportation* 5, 17-42.

- De Montis, A., Reggiani, A. (red.) (2013). *Analysis and Planning of Urban Settlements: The Role of Accessibility, Cities*. <http://www.sciencedirect.com/science/journal/02642751/30>
- Delafontaine, M., Neutens, T., van de Weghe, N. (2012). A GIS toolkit for measuring and mapping space-time accessibility from a place-based perspective. *Int. J. Geogr. Inform. Sci.* 26 (6), 1131-1154.
- Delling, D., Pajor, T., Werneck, R. F. (2014). Round-based public transit routing. *Transportation Science* 49 (3), 591-604.
- Domański, R. (1978). Accessibility, efficiency, and spatial organization. *Environment and Planning A*. 11, 1189-1206.
- Dong, X., Ben-Akiva, M. E., Bowman, J. L., Walker, J. L. 2006, Moving from trip-based to activity-based measures of accessibility. *Transportation Research Part A* 40, 163-180.
- Edward, J, Hines-Martin, V. (2016). Examining perceived barriers to healthcare access for Hispanics in a southern urban community. *J Hosp Admin.* 5(2), 102.
- Einarsson, S., Rausand, M. (1998). An approach to vulnerability analysis of complex industrial systems. *Risk analysis* 18 (5), 535-546. <https://doi.org/10.1023/B:RI-AN.0000005928.84074.e4>
- El-Geneidy, A., Buliung, R., Diab, E., van Lierop, D., Langlois, M., Legrain, A. (2015). Non-stop equity: Assessing daily intersections between transit accessibility and social disparity across the Greater Toronto and Hamilton Area (GTHA). *Environment and Planning B: Planning and Design* 43 (3), 540-560. <https://doi.org/10.1177/0265813515617659>
- El-Geneidy A., Levinson D., Diab E., Boisjoly G., Verbich D., Loong C. (2016). The cost of equity : Assessing transit accessibility and social disparity using total travel cost. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 91, 302-316.
- Erlandsson, U., Lindell, C. (1993). *Svenska Regioners Kontakt- och Resemöj-Ligheter i Europa 1992*. Rapport och Notiser 119, Institutionen för kultur-geografi och ekonomisk geografi vid Lunds Universitet, Lund
- ESPON 3.4.1 (2007). *Europe in the World. Territorial Evidence and Visions*. Luxembourg: ESPON CU.
- Fotheringham, A. S. (1982). A new set of spatial-interaction models: the theory of competing destinations. *Environment and Planning A* 15, 15-36.
- Fotheringham, A. S., O'Kelly, M.E. (1989). *Spatial Interaction Models*. Dordrecht: Kluwer.
- Fransen, K., Faber, S. (2019). *Using person-based accessibility measures to assess the equity of transport systems, n book: Measuring Transport Equity*. Edition: 1st edition, Chapter: 4, Elsevier
- Fransen, K., Farber, S., Deruyter G., De Maeyer, P. (2017). *A spatio-temporal accessibility measure for modelling activity participation in discretionary activities.*, Travel Behaviour and Society. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tbs.2017.09.002>.
- Frei, A., Kuhnimhof, T., Axhausen, K. (2010). *Long distance travel in Europe today: Experiences with a new survey*. Paper presented at the Transportation Research Board 89th Annual Meeting, Washington, DC.
- Friedman, T. L. (2005). *The world is flat: A brief history of the twenty-first century*. Farrar, Straus and Giroux.
- Frost, M. E., Spence N. A. (1995), The rediscovery of accessibility and economic potential: the critical issue of self-potential. *Environment and Planning A* 27, 1833-1848.
- Gadziński, J. (2010). Ocena dostępności komunikacyjnej przestrzeni miejskiej na przykładzie Poznania. *Biuletyn Rozwój Regionalny i Polityka Regionalna* 13. Poznań: Bogucki Wydawnictwo Naukowe.

- Gadziński, J. (2015), The first rapid tram line in Poland: How has it affected travel behaviours, housing choices and satisfaction, and apartment prices? *Journal of Transport Geography*, (in press; <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.11.001>)
- Gadziński, J., Beim, M. (2010), *Public transport accessibility in Poznań*. REAL CORP reviewed paper. http://www.corp.at/archive/CORP2010_70.pdf.
- Gallego, N., Llano, C. (2014). The Border Effect and the Nonlinear Relationship between Trade and Distance. *Review of International Economics* 22 (5), 1016-1048.
- Garrison W. L. (1960). Connectivity of the interstate highway system. *Papers of the Regional Science Association* 6, 121-137.
- Geurs K. T., Ritsema van Eck J. R. (2001). *Accessibility measures: review and applications*. RIVM report 408505 006, Bilthoven: National Institute of Public Health and the Environment.
- Geurs K. T., van Wee B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *Journal of Transport Geography* 12, 127-140.
- Geurs, K.T., De Montis, A., Reggiani, A. (2015). (red.), Accessibility modelling, transport networks and location behaviour. *Computers, Environment and Urban Systems*. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2014.09.003>
- Geurs, K. T., Östh, J. (2016). (red.), Transport Impedance Measurement in Accessibility Analysis. *European Journal of Transport Infrastructure Research* 16 (2). <https://doi.org/10.18757/ejtir.2016.16.2.3138>
- Geurs, K.T., Patuelli, R., Dentinho, T. P. (2016). *Accessibility, Equity and Efficiency. Challenges for Transport and Public Services*. Edwar Elgar Publishing, <https://doi.org/10.4337/9781784717896>
- Goch K., Ochota Sz., Piotrkowska M., Kunert Z. (2018). Measuring dynamic public transit accessibility to local centres in Warsaw. *Urban Development Issues* 58, 29-40.
- Goliszek S. (2017). Space-time variation of accessibility to jobs by public transport – a case study of Szczecin, *Europa XXI* 33, 49-66.
- Goliszek S., Połom M. (2016). The use of general transit feed specification (GTFS) application to identify deviations in the operation of public transport at morning rush hour on the example of Szczecin, *Europa XXI*, 31, 51-60. <http://dx.doi.org/10.7163/Eu21.2016.31.4>
- Goliszek, S. (2021a). *Znaczenie komponentów dostępności transportowej w Szczecinie ze szczególnym uwzględnieniem transportu zbiorowego w latach 2009-2018* (niepublikowana praca doktorska – IGiPZ PAN).
- Goliszek, S. (2021b), GIS tools and programming languages for creating models of public and private transport potential accessibility in Szczecin, Poland. *Journal of Geographical Systems* 23 (3), 115-137. <https://doi.org/10.1007/s10109-020-00337-z>
- Golub A., Martens K. (2014). Using principles of justice to assess the modal equity of regional transportation plans. *Journal of Transport Geography*, 41, 1020. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.07.014>
- Gorlewski B. (2011). *Czynnik czasu jako ekonomiczna determinant w procesie podejmowania decyzji dotyczącej wyboru środka transportu – koleje dużej prędkości w Polsce*. badanie przygotowane w ramach działalności statutowej Kolegium Zarządzania i Finansów, SGH, Warszawa.
- Gould P. (1969). *Spatial Diffusion*, Resource Paper No. 17, Washington, DC: Association of American Geographers.

- Grubestic T. H., Murray A. T., Mefford J. M. (2007). Continuity in Critical Network Infrastructures: Accounting for Nodal Disruptions. W: Murray A. T., Grubestic T. H. (Eds.), *Critical Infrastructure. Reliability and Vulnerability*. Springer, 197-220. https://doi.org/10.1007/978-3-540-68056-7_10
- Gupta A., Peeters, J., Mittal, V., van Nieuwerburgh, S. (2021). *Flattering the curve: Pandemic – induced revaluation of urban real estate*. National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w28675>
- Gutiérrez J., Condeco-Melhorado A., López E., Monzón A. (2011). Evaluating the European added value of TEN-T projects: a methodological proposal based on spatial spillovers, accessibility and GIS. *Journal of Transport Geography* 19, 840-850.
- Gutiérrez J., Conzález R., Gómez G. (1996), The European high-speed train network: predicted effects on accessibility patterns. *Journal of Transport Geography* 4, 227-238.
- Gutiérrez J., Urbano P. (1996). Accessibility in the European Union: the impact of the trans-European road network. *Journal of Transport Geography* 4 (1), 15-25.
- Gutiérrez, J. (2001). Location, economic potential and daily accessibility: an analysis of accessibility impact of the high-speed line Madrid-Barcelona-French border. *Journal of Transport Geography* 9 (4), 229-242. [https://doi.org/10.1016/s0966-6923\(01\)00017-5](https://doi.org/10.1016/s0966-6923(01)00017-5)
- Guzik R. (2003). *Przestrzenna dostępność szkolnictwa ponadpodstawowego*, Kraków: Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ.
- Guzik R., Kołoś, A. (2021). Dostępność obszarów wiejskich do miast powiatowych w Polsce transportem publicznym w 2019 r. *Przegląd Geograficzny* 93 (2), 181-206. <https://doi.org/10.7163/PrzG.2021.2.3>
- Guzik, R., Zborowski, A., Kołoś, A., Micek, G., Gwosdz, K., Trzepacz, P., Chaberko, T., Kretowicz, P., Ciechowski, M., Dej, M., & Grad, N. (2010). Dostępność komunikacyjna i powiązania miast oraz delimitacja obszarów funkcjonalnych. W: B. Domański, A. Noworól (red.), *Małopolskie miasta – funkcje, potencjał i trendy rozwojowe* (88-134). Kraków: Małopolskie Obserwatorium Polityki Rozwoju, Małopolski Urząd Marszałkowski.
- Hägerstrand T. (1970). What about people in regional science? *People of the Regional Science Association* 24, 7-21.
- Halás M. (2008), Priestorová polarizácia spoločnosti s detailným pohľadom na periférne regióny Slovenska. *Sociologický časopis (Czech Sociological Review)* 44, 349-369.
- Halás M. (2014). Modelovanie priestorového usporiadania a dichotómie centrum – periféria. *Geografie* 119, 384-405.
- Handy, S. L., Niemeier, D. A. (1997). Measuring accessibility : an exploration of issues and alternatives. *Environment and Planning A* 29, 1175-1194. <https://doi.org/10.1068/a291175>
- Hansen, W. G. (1959). How accessibility shapes land-use. *Journal of American Institute of Planners* 25, 73-76. <https://doi.org/10.1080/01944365908978307>
- Harris, C. D. (1954). The market as a factor in the localization of industry in the United States. *Annals of the Association of American Geographers* 44, 315-348. <https://doi.org/10.1080/00045605409352140>.
- Hazledine T. (2009). Border effects for domestic and international Canadian passenger air travel. *Journal of Air Transport Management* 15, 7-13.
- Head K., Mayer T. (2000). Non-Europe: The magnitude and causes of market fragmentation in the EU. *Weltwirtschaftliches Archiv/Review of World Economics* 136 (2), 285-314.
- Head K., Mayer T. (2002), *Illusory border effects: Distance mismeasurement inflates estimates of home bias in trade*. CEPII Working Paper, January, Paris: Centre d'Etudes Prospectives at d'Informations Internationales.

- Helble M. (2007). Border effects estimates for France and Germany combining international trade and intranational transport flows. *Review of World Economics* 143 (3), 433-463.
- Helliwell J. (1996). Do national borders matter for Quebec's trade?, *Canadian Journal of Economics* 29 (3), 507-522.
- Hojati, A. T. (2014). Modelling the impact of traffic incidents on travel time reliability. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 65, 49-60.
- Holl A. (2007). Twenty years of accessibility improvements. The case of the Spanish motorway building programme. *Journal of Transport Geography* 15, 286-297.
- Holmgren, Å. (2004). *Vulnerability analysis of electric power delivery networks* (Doctoral dissertation, Mark Ochvatten).
- Horner, M. W., Murray A. T. (2003). A multi-objective approach to improving regional job-housing balance. *Regional Studies* 37, 135-46.
- Horton, F. E., & Reynolds, D. R. (1970). Action space formation: A behavioral approach to predicting urban travel behavior. *Highway Research Record* 322, 136-148.
- Hoszman A. (2013). Postrzeganie wartości czasu w transporcie – perspektywa przedsiębiorstwa i konsumenta. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, 754, Problemy Transportu i Logistyki* 21, 71-82.
- Hou, Y. V., Garikapati, S. E. Young, A. Nag, Grushka T. (2019). *The mobility energy productivity (mep) metric*. Technical report, National Renewable Energy Lab.(NREL), Golden, CO (United States).
- Hu, Y., Downs, J., 2019, Measuring and visualizing place-based space-time job accessibility, *J. Transp. Geogr.*, 74, 278-288
- Immers, L. H., Stada, J. E., Yperman, I., Bleukx, A. (2004). Robustness and resilience of transportation networks. In: *Proceedings of the 9th International Scientific Conference MOBILITA*, Bratislava, Slovenia, May 6-7.
- Ingram D. R. (1971). The Concept of Accessibility: a Search for an Operational Form. *Regional Studies* 5, 101-107.
- Järv O., Ahas R., Saluveer E., i in. (2012) Mobile phones in a traffic flow: A geographical perspective to evening rush hour traffic analysis using call detail records. *PLoS ONE* 7 (11), e49171.
- Järv, O., Tenkanen, H., Salonen, M., Ahas, R., Toivonen, T. (2018). Dynamic cities: location-based accessibility modelling as a function of time, *Appl. Geogr.* 95, 101-110.
- Jenelius E., Mattsson L. G. (2015). Road network vulnerability analysis: Conceptualization, implementation and application. *Computers, Environment and Urban Systems* 49, 136-147.
- Jenelius, E., Petersen, T., Mattsson, L. G. (2006). Importance and exposure in road network vulnerability analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 40 (7), 537-560, <https://doi.org/10.1016/j.tra.2005.11.003>
- Jones, P., Lucas, K. (2012), The social consequences of transport decision-making: clarifying concepts, synthesising knowledge and assessing implications. *Journal of Transport Geography* 21, 4-16. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.01.012>
- Joseph, A. E., Bantock, P. R. (1982). Measuring potential physical accessibility to general practitioners in rural areas: a method and case study. *Soc. Sci. Med.* 16, 85-90.
- Kamenjuk, P, Aasa, A, Sellin, J. (2017). Mapping changes of residence with passive mobile positioning data: The case of Estonia. *International Journal of Geographical Information Science* 31 (7), 1425-1447. <https://doi.org/10.1080/13658816.2017.1295308>.
- Kaplan, S., Popoks, D., Prato, C. G., Ceder, A. (2014). Using connectivity for measuring equity in transit provision. *Journal of Transport Geography* 37, 82-92. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.04.016>

- Karlqvist A. (1975). *Some theoretical aspects of accessibility-based location models, w: Dynamic Allocation of Urban Space*. A. Karlqvist, L. Lundqvist, F. Snickars, DC Health, Lexington, Mass.
- Karner A. (2018). Assessing public transit service equity using route-level accessibility measures and public data. *Journal of Transport Geography* 67, 24-32. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.01.005>
- Kaufmann, V., Bergman, M. M., Joye, D. (2004). Motility: Mobility as Capital, *International Journal of Urban and Regional Research*, 28 (4), 745-56.
- Keeble, D., Offord, J., Walker, S. (1988). *Peripheral Regions in a Community of Twelve Member States*. Luxembourg: Commission of the European Communities.
- Keeble, D., Owens, P. L., Thompson, C. (1982). Regional accessibility and economic potential in the European community. *Regional Studies* 16 (6), 419-432. <https://doi.org/10.1080/09595238200185421>.
- Kestens, Y., Lebel, A., Daniel, M., The'riault, M., & Pampalon, R. (2010). Using experienced activity spaces to measure foodscape exposure. *Health & Place* 16 (6), 1094–1103.
- Kim H.M., Kwan M.P. (2003), Space–time accessibility measures: A geocomputational algorithm with a focus on the feasible opportunity set and possible activity duration. *Journal of Geographical Systems* 5 (1), 71-91.
- King, R., Lulle, A., Mueller, D., Vathi, Z. (2013). *Visiting friends and relatives and its links with international migration: a three-way comparison of migrants in the UK*. Malmö: Willy Brandt Series of Working Papers in International Migration and Ethnic Relations.
- Klodt H. (2004). Border effects in passenger air traffic, *Kyklos* 57, 519-532.
- Knoop, V. L., Snelder, M., Van Zuylen, H. J. & Hoogendoorn, S. P. (2012). Link-level Vulnerability Indicators for Real-World Network. *Transportation Research Part A*. Vol. 46, Issue 5, June 2012, 843-854. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tra.2012.02.004>
- KNOX, P. L. (1978). The intraurban ecology of primary medical care: patterns of accessibility and their policy implications. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 4 (1), 415-435. <https://doi.org/10.1068/a100415>.
- Komornicki, T. (1999). Granice Polski. Analiza zmian przenikalności w latach 1990-1996, *Geopolitical Studies*, 5, Warszawa: IGiPZ PAN.
- Komornicki, T. (2003). Dostępność międzynarodowej komunikacji pasażerskiej na terenie Polski, W: M. Śmigielka, J. Słodczyk (red.), *Geograficzne aspekty globalizacji i integracji europejskiej*. 505-513, Opole: Oddział Opolski PTG, Uniwersytet Opolski.
- Komornicki, T., Rosik, P., Sępniak, M., Śleszyński, P., Goliszek, S., Pomianowski, W., Kowalczyk, K. (2018). *Ewaluacja i monitoring zmian dostępności transportowej w Polsce z wykorzystaniem wskaźnika WMDT*, Warszawa: Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju.
- Komornicki, T., Śleszyński, P. (red.) (2009). Studia nad lokalizacją regionalnych portów lotniczych na Mazowszu. *Prace Geograficzne*, 220, Warszawa: IGiPZ PAN.
- Komornicki, T., Śleszyński, P., Pomianowski, W., Rosik, P., Siłka, P., Sępniak, M. (2008) (2010). *Opracowanie metodologii liczenia wskaźnika międzygałęziowej dostępności transportowej terytorium Polski oraz jego oszacowanie; (+ aktualizacja)*, IGiPZ PAN na zlecenie MRR, Warszawa.
- Komornicki, T., Śleszyński, P., Rosik, P., Pomianowski, W. (2010a). Dostępność przestrzenna jako przesłanka kształtowania polskiej polityki transportowej, *Biuletyn KPZK 241*, Warszawa: Komitet Przestrzennego Zagospodarowania Kraju PAN.

- Komornicki, T., Bański, J., Śleszyński, P., Rosik, P., Świętek, D., Czapiewski, K., Bednarek-Szczepeńska, M., Stępiak, M., Mazur, M., Wiśniewski, R., Solon, B. (2010b). *Ocena wpływu inwestycji infrastruktury transportowej realizowanych w ramach polityki spójności na wzrost konkurencyjności regionów (w ramach ewaluacji ex post NPR 2004-2006)*, Warszawa: Ministerstwo Rozwoju Regionalnego.
- Komornicki, T., Rosik, P., Goliszek, S., Duma, P. (2021). Accessibility dimensions and changes in northeastern Poland, W: *Rural Accessibility in European Regions*, Routledge.
- Komornicki, T., Rosik, P., Śleszyński, P., Solon, J., Wiśniewski, R., Stępiak, M., Czapiewski, K., Goliszek, S. (2013). *Wpływ budowy autostrad i dróg ekspresowych na rozwój społeczno-gospodarczy i terytorialny Polski*, Warszawa: Ministerstwo Rozwoju Regionalnego.
- Komornicki, T., Spiekermann, K. (2018). *Accessibility of the Baltic Sea Region Past and future dynamics*, Research Report, VASAB.
- Konarski, A., Klikowski, M., Mikulski, B., Mokrzański, M., Pyzik, M. (2018). Model Ruchu na potrzeby PKP Polskich Linii Kolejowych SA – komponent pasażerski, *Transport Miejski i Regionalny*, 6, 10-19.
- Korcelli, P., Degórski, M., Drzazga, D., Komornicki, T., Markowski, T., Szlachta, J., Węclawowicz, G., Zaleski, J., Zaucha, J. (2010). Eksperycki projekt koncepcji przestrzennego zagospodarowania kraju do roku 2033, *Studia KPZK, CXXVIII*, Warszawa: KPZK PAN.
- Kotavaara, O., Antikainen, H., Rusanen, J. (2011). Population change and accessibility by road and rail networks: GIS and statistical approach to Finland 1970-2007. *Journal of Transport Geography* 19 (4), 926-935. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2010.10.013>.
- Kowalski, Ł. (2017). *Modelowanie optymalnej lokalizacji dla działalności sportowo-rekreacyjnej w regionie miejskim Krakowa*. Rozprawa doktorska, Uniwersytet Jagielloński. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33782.80960>
- Kozlak, A. (2009). Problematyka dostępności transportowej w badaniu i ocenie systemu transportowego w ujęciu przestrzennym. W: M. Michałowska (red.), *Transport w gospodarce opartej na wiedzy*. Katowice: Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Katowicach.
- Krajowe i zagraniczne wyjazdy Polaków w 2010 roku* (2011). Instytut Turystyki Sp.z o.o.
- Kwan, M.-P. (1998). Space-time and integral measures of individual accessibility: A comparative analysis using a point-based framework. *Geographical Analysis*, 30 (3), 191-216. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1998.tb00396.x>
- Kwan, M.-P. (1999). Gender and individual access to urban opportunities: A study using space-time measures. *The Professional Geographer*, 51 (2), 211-227. <https://doi.org/10.1111/0033-0124.00158>
- Kwarciński, T. (2016). *Dostępność publicznego transportu zbiorowego na obszarach wiejskich w Polsce*, Wyd. Nauk. Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin.
- Kwok, R.C.W., Yeh, A.G.O. (2004). The use of modal accessibility gap as an indicator for sustainable transport development, *Environment and Planning A*, 36, 921-936.
- Lebel, A., Kestens, Y., Pampalon, R., The'riault, M., Daniel, M., & Subramanian, S. V. (2011). Local context influence, activity space, and foodscape exposure in two Canadian metropolitan settings: Is daily mobility exposure associated with overweight? *Journal of Obesity*, 2012, 1-9.
- Lenntorp, B. (1976). Paths in space-time environments: A time-geographic study of movement possibilities of individuals. *Lund Studies in Geography Series B Human Geography*, 44.
- Levinson, D.M., Wu, H., 2020, Towards a general theory of access, *Journal of Transport and Land Use*, 13 (1). <https://doi.org/10.5198/jtlu.2020.1660>
- Lijewski, T. (1986). *Geografia transport Polski*, Warszawa: PWE.

- Limtanakool, N., Dijst, M., Schwanen, T. (2006). The influence of socio-economic characteristics, land use and travel time considerations on mode choice for medium- and longer-distance trips. *Journal of Transport Geography*, 14, 327-341.
- Linneker, B., Spence, N. A. (1992). Accessibility measures compared in an analysis of the impact of the M25 London Orbital Motorway on Britain. *Environment and Planning*, 24, 1137-1154.
- Litman, T. (2002). Evaluating transportation equity. *World Transport Policy & Practice*, 8, 50-65.
- López, E., Gutiérrez, J., Gómez, G. (2008). Measuring regional cohesion effects of Large-scale Transport Infrastructure Investments: An accessibility approach, *European Planning Studies*, 16, 277-301. <https://doi.org/10.1080/09654310701814629>
- Lucas, K., van Wee, B., Maat, K. (2015). A method to evaluate equitable accessibility: combining ethical theories and accessibility-based approaches, *Transportation*. <https://doi.org/10.1007/s11116-015-9585-2>
- Lucas, K. (2012). Transport and social exclusion: Where are we now? *Transport Policy*, 20, 105-113. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.01.013>
- Lutter, H., Pütz, T., Spangenberg, M. (1992). *Accessibility and peripherality of community regions: the role of road, long-distance railways and airport networks*, Report to DGX-VI, Commission of the European Communities, Bonn: Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung.
- Martens, K. (2012). Justice in transport as justice in accessibility: applying Walzer's "Spheres of Justice" to the transport sector, *Transportation*, 39, 1035-1053. <https://doi.org/10.1007/s11116-012-9388-7>
- Martens, K. (2016). *Transport Justice. Designing fair transportation systems*, New York & London: Routledge.
- Martens, K., Golub, A., Robinson, G. (2012). A justice-theoretic approach to the distribution of transportation benefits: Implications for transportation planning practice in the United States, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46, 684-695. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2012.01.004>
- Martin, J.C., van Wee, B. (2011). (red.), Accessibility Modelling, *European Journal of Transport Infrastructure Research*. <http://www.tbm.tudelft.nl/en/about-faculty/departments/engineering-systems-and-services/tlo-section/ejtir/back-issues/volume-11-2011/volume-11-issue-4/>
- Geurs, K., Macharis, C. (2019). The future of European communication and transportation research: a research agenda. *Region*, 6 (3), D1-D21. <https://doi.org/10.18335/region.v6i3.281>
- Martínez, L. M., Viegas, J. M. (2013). A new approach to modeling distance-decay functions for accessibility assessment in transport studies. *Journal of Transport Geography* 26, 87-96. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.08.018>.
- Mattsson, L.-G., Jenelius, E. (2015). Vulnerability and resilience of transport systems – A discussion of recent research. *Transportation Research Part A*, 81, 16-34.
- McCallum, J. (1995). National borders matter: Canada-U.S. regional trade pattern, *American Economic Review*, 85 (3), 615-623.
- Milbert, A., Breuer, I.M., Rosik, P., Stepniak, M., Velasco, X. (2013). Accessibility of services of general interest in Europe, *Romanian Journal of Regional Science*, 7, 37-65. Special Issue on Services of General Interest; <http://www.rrsa.ro/rjrs/V7SP1.Milbert.pdf>

- Miller, H. J. (1999). Measuring space-time accessibility benefits within transportation networks: Basic theory and computational procedures. *Geographical Analysis*, 31 (1), 1-26.
- Mooses, V, Silm, S, Ahas, R. (2016). Ethnic segregation during public and national holidays: A study using mobile phone data. *Geografiska Annaler, Series B: Human Geography* 98 (3), 205-219.
- Moya-Gómez, B., Stepiak, M., García-Palomarez, Frías-Martínez, E., Gutiérrez, J. (2021). Exploring night and day socio-spatial segregation based on mobile phone data: The case of Medellín (Colombia), Computers. *Environment and Urban Systems*, 89. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2021.101675>
- Moya-Gómez, B., Salas-Olmedo, M. H., García-Palomares, J.C., Gutiérrez, J. (2018). *Dynamic accessibility using big data: the role of the changing conditions of network congestion and destination attractiveness*, Networks Spatial Econ., 273-290
- Murray, A. T., Grubestic, T. H. (red.) (2007). *Critical Infrastructure. Reliability and Vulnerability*. Springer.
- Nelson, A. (2008). *Estimated travel time to the nearest city of 50,000 or more people in year 2000*. Ispra: Global Environment Monitoring Unit – Joint Research Centre of the European Commission.
- Neutens, T., Schwanen, T., Witlox, F., de Maeyer, P. (2008). My space or your space? Towards a measure of joint accessibility, Computers, *Environment and Urban Systems*, 32, 331-342.
- Neutens, T., Delafontaine, M., Scott, D. M., & De Maeyer, P. (2012). An analysis of day-to-day variations in individual space-time accessibility. *Journal of Transport Geography*, 23(0), 81-91. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.04.001>.
- Neutens, T., Schwanen, T., Witlox, F., & De Maeyer, P. (2010). Equity of urban service delivery: A comparison of different accessibility measures. *Environment and Planning A*, 42(7), 1613-1635.
- Nicholson, A. J., Du, Z. P. (1994). Improving network reliability: a framework. In: *Proceedings of 17th Australian Road Research Board Conference*, 1-17.
- Niedzielski, M. (2021). Grocery store accessibility: Different metrics – Different modal disparity results and spatial patterns, *Journal of Transport Geography*, 9611 s.
- Niedzielski, M., Kucharski, R. (2019). Impact of commuting, time budgets, and activity durations on modal disparity in accessibility to supermarkets, *Transportation Research Part D - Transport and Environment*, 75, 106-120.
- Niedzielski, M., Śleszyński, P. (2008). Analyzing accessibility by transport mode in Warsaw, *Geographia Polonica*, 81 (2), 61-78.
- Niedzielski, M. (2006). A spatially disaggregated approach to commuting efficiency, *Urban Studies*, 43(13), 2485-2502.
- Niedzielski, M. A. Boschmann, E. E. (2014). Travel time and distance as relative accessibility in the journey to work. *Annals of the Association of American Geographers* 104(6), 1156-1182.
- Nitsch, V. (2000). National borders and international trade: Evidence from the European Union, *Canadian Journal of Economics*, 33 (4), 1091-1105.
- O’Kelly, M. E, Kim, H. (2007). Survivability of Commercial Backbones with Peering: A Case Study of Korean Networks. W: Murray A.T., Grubestic T.H. (Eds.). *Critical Infrastructure. Reliability and Vulnerability*. Springer.
- Ortega, E., López, E., Monzón, A. (2012). Territorial cohesion impacts of high-speed rail at different planning levels, *Journal of Transport Geography*, 24, 130-141. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2011.10.008>.

- Östh, J., Reggiani, A., Galiazzi, G. (2014). Novel methods for the estimation of cost–distance decay in potential accessibility models. In: Condeço-Melhorado, A., Reggiani, A., Gutiérrez, J., (Eds.), *Accessibility and Spatial Interaction*. Cheltenham: Edward Elgar.
- Owen, A., Murphy, B., Levinson, D. (2016). *Access Across America: Transit 2015 Methodology, Final Report*, Accessibility Observatory Center for Transportation Studies, University of Minnesota.
- Owen, A., Murphy, B. (2018). *Temporal Sampling and Service Frequency Harmonics in Transit Accessibility Evaluation*, Transportation Research Board 97th Annual Meeting, 10.
- Páez, A., Scott, D. M., Morency, C. (2012). Measuring accessibility: positive and normative implementations of various accessibility indicators, *Journal of Transport Geography*, 25, 141–153. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.03.016>
- Patterson, Z., Farber, S. (2015). Potential Path Areas and Activity Spaces in Application: A Review, *Transport Reviews*. <https://doi.org/10.1080/01441647.2015.1042944>
- Penchansky, R., Thomas, J. W. (1981). The concept of access: definition and relationship to consumer satisfaction, *Med. Care*, 19 (2), 127–40, <https://doi.org/10.1097/00005650-198102000-00001>
- Pendyala, R., Konduri, K., Chiu, Y.-C., Hickman, M., Noh, H., Waddell, P., Gardner, B. (2012). Integrated land use-transport model system with dynamic time-dependent activity-travel microsimulation. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2303, 19–27. <http://dx.doi.org/10.3141/2303-03>
- Pirie, G. H. (1979). Measuring accessibility: a review and proposal, *Environment and Planning A* 11, 299–312.
- Pomianowski, W. (2018). *Wpływ struktury sieci transportowej na dostępność przestrzenną, niepublikowana praca doktorska*, IGiPZ PAN, Warszawa.
- Poom, A., Järv, O., Zook, M., Toivonen, T. (2020). COVID-19 is spatial: Ensuring that mobile Big Data is used for social good, *Big Data Soc.*, 7 (2). <https://doi.org/10.1177/2053951720952088>
- Poorthuis, A., Power, D., Zook, M. (2019) Attentional social media: Mapping the spaces and networks of the fashion industry. *Annals of the American Association of Geographers* 110 (4), 941–966. <https://doi.org/10.1080/24694452.2019.1664887>
- Potrykowski, M. (1980). Modele grawitacji i potencjału w badaniach przestrzeni transportowej. *Przegląd Zagranicznej Literatury Geograficznej*, 4, 121–139.
- Potrykowski, M., Taylor, Z. (1982). *Geografia transportu: Zarys problemów, modeli i metod badawczych*. Warszawa: PWN.
- Powęska, H. (1990). Dostępność przestrzenna usług medycznych a zachowania medyczne ludności, *Biuletyn informacyjny, IGiPZ PAN*, 61, Warszawa: IGiPZ PAN.
- Priya, T., Uteng, A. (2009). Dynamics of transport and social exclusion: Effects of expensive driver's license. *Transport Policy*, 16 (3), 130–139.
- Paławska-Obiedowska, S. (2018). *Modelowanie dostępności miejskiego transportu zbiorowego*. Praca doktorska, Politechnika Krakowska, Kraków.
- Ramjerdi, F. (2006). Equity measures and their performance in transportation, *Transportation Research Record. Journal of the Transportation Research Board* 1983, 67–74. <https://doi.org/10.3141/1983-10>
- Ratajczak, W. (1992). Dostępność komunikacyjna miast wojewódzkich Polski w latach 1948–1988, W: Z. Chojnicki, T. Czyż (red.), *Współczesne problemy geografii społeczno-ekonomicznej Polski*, Poznań: Wydawnictwo Naukowe UAM, 173–203.

- Ratajczak, W. (1999). *Modelowanie sieci transportowych*, Poznań: Bogucki Wydawnictwo Naukowe.
- Raun, J, Ahas R & Tiru. M. (2016). Measuring tourism destinations using mobile tracking data. *Tourism Management* 57, 202-212. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2016.06.006>
- Rawls, J. (1971). *A theory of justice*, Boston: Harvard University Press.
- Reggiani, A., Bucci, P., Russo, G. (2011). Accessibility and Impedance Forms: Empirical Applications to the German Commuting Network. *International Regional Science Review* 34, 230-252.
- Reggiani, A., Martin, J. C. (2011). (red.), *New frontiers in Accessibility Modelling*. <http://link.springer.com/journal/11067/11/4/page/1>
- Rich, D. C. (1978). Potential Models in Human Geography. *Concepts and Techniques in Modern Geography* 26, Norwich: University of East Anglia.
- Rich, J., Mabit, S. L. (2011). A long-distance travel demand model for Europe. *EJTIR*, 12 (1), 1-20.
- Rohr, Ch., Fox, J., Daly, A., Patrui, B., Patil, S., Tsang, F. (2010). *Modelling long-distance travel in the UK*. Association for European Transport and contributors, <http://abstracts.aetransport.org/paper/download/id/3371>
- Rokicki, B., Stępnia, M. (2018). Major transport infrastructure investment and regional economic development – An accessibility-based approach. *Journal of Transport Geography* 72, 36-49. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.08.010>
- Rosik, P. (2009). Potencjał własny oraz szacowanie parametrów modelu dostępności wewnętrznej na przykładzie Warszawy, *Czasopismo Geograficzne*, 80 (1-2), 78-95.
- Rosik, P. (2012). Dostępność lądowa przestrzeni Polski w wymiarze europejskim, *Prace Geograficzne*, 231, Warszawa: IGiPZ PAN.
- Rosik, P. (2016). Model uwarunkowań dostępności (NeST box) – integracja metod badawczych, atrybutów, komponentów i wymiarów dostępności, *Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG*, 19 (2).
- Rosik, P., Kowalczyk, K. (2015). Rozwój infrastruktury drogowej i kolejowej a przesunięcie modalne w Polsce w latach 2000-2010, *Prace Geograficzne* 248, Warszawa: IGiPZ PAN.
- Rosik, P., Pomianowski, W., Stępnia, M., Komornicki, T., Śleszyński, P. (2011). *Narzędzie ewaluacyjno-badawcze dostępności transportowej gmin w podukładach wojewódzkich*, Raport końcowy, IGiPZ PAN (materiał niedrukowany wykonany w ramach IV konkursu dotacji MRR).
- Rosik, P., Stępnia, M., Komornicki, T., Pomianowski W. (2012). *Monitoring spójności terytorialnej gmin w skali krajowej i międzynarodowej w latach 1995-2030 (w tym monitoring zmian dostępności w latach 2004-2006 i 2007-2013 oraz według zapisów KPZK 2030)*, Raport końcowy, IGiPZ PAN (materiał niedrukowany wykonany w ramach V konkursu dotacji MRR).
- Rosik, P., Śleszyński, P. (2009). Wpływ zaludnienia w otoczeniu drogi, ukształtowania powierzchni terenu oraz natężenia ruchu na średnią prędkość jazdy samochodem osobowym, *Transport Miejski i Regionalny*, 10, 26-31.
- Rosik, P. (2019). *Ekspertyza dla Urzędu Marszałkowskiego Województwa Wielkopolskiego*. Materiał niepublikowany. Materiał pomocniczy do Planu Zrównoważonego Rozwoju Publicznego Transportu Zbiorowego dla Województwa Wielkopolskiego.
- Rosik, P., Komornicki, T., Goliszek, S., & Duma, P. (2020a). Dostępność potencjałowa regionów w Europie – zasięg przestrzenny, długość podróży i efekt granicy (EU-ROAD-ACC). *Prace Geograficzne*, 270. Warszawa: IGiPZ PAN.

- Rosik, P., Komornicki, T., Goliszek, S., Duma, P. (2021a). *Oszacowanie oczekiwanych rezultatów interwencji za pomocą miar dostępności transportowej dostosowanych do potrzeb dokumentów strategicznych i operacyjnych perspektywy finansowej 2014-2020 (aktualizacja 2020/2021)*. Raport końcowy. https://www.ewaluacja.gov.pl/media/99991/Raport_koncowy_WMDT_2021_final.pdf
- Rosik, P., Komornicki, T., Goliszek, S., Śleszyński, P., Szarata, A., Szejgiec-Kolenda, B., Pomianowski, W., Kowalczyk, K. (2018). Kompleksowe modelowanie osobowego ruchu drogowego w Polsce. Uwarunkowania na poziomie gminnym. *Prace Geograficzne*, 267, Warszawa: IGiPZ PAN.
- Rosik, P., Pomianowski, W., Goliszek, S., Stępnia, M., Kowalczyk, K., Guzik, R., Kołoś, A. & Komornicki, T. (2017). Multimodalna dostępność transportem publicznym gmin w Polsce. *Prace Geograficzne*, 258. Warszawa: IGiPZ PAN.
- Rosik, P., Pomianowski, W., Komornicki, T., Goliszek, S., Szejgiec-Kolenda, B., Duma, P. (2020b). Regional dispersion of potential accessibility quotient at the intra-European and intranational level. Core-periphery pattern, discontinuity belts and distance decay tornado effect. *Journal of Transport Geography*, 82. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2019.102554>
- Rosik, P., Puławska-Obiedowska, S., Goliszek, S. (2021b), Public transport accessibility to upper secondary schools measured by the potential quotient : the case of Kraków, *Moravian Geographical Reports*, 29 (1), 15-26.
- Rosik, P., Stępnia, M. (2015). Monitoring of changes in road potential accessibility at municipality level in Poland, 1995-2015. *Geographia Polonica* 88 (4), 607-620. <https://doi.org/10.7163/GPol.0036>.
- Rosik, P., Stępnia, M., Komornicki, T. (2015). The decade of the big push to roads in Poland: Impact on improvement in accessibility and territorial cohesion from a policy perspective. *Transport Policy* 37, 134146. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2014.10.007>.
- Rosik, P., Stępnia, M., Wiśniewski, R., 2020c, Delineation of health care deserts using accessibility measures: the case of Poland, *European Planning Studies*, 29 (6), 1151-1173.
- Sales-Olmedo, M. H., Condeço-Melhorado, A., Gutiérrez J. (2014). Border effect and market potential: the case of the European Union. W: Condeço-Melhorado A., Reggiani A., Gutiérrez J., editors. *Accessibility and Spatial Interaction* Cheltenham, Northampton; Northampton, MA, USA: Edward Elgar Publishing, 133-155. <https://doi.org/10.4337/9781782540731.00014>
- Saluveer, E, Raun, J, Tiru, M, et al. (2020). Methodological framework for producing national tourism statistics from mobile positioning data. *Annals of Tourism Research* 81. <https://doi.org/102895.10.1016/j.annals.2020.102895>
- Schakenbos, R., La Paix, L., Nijenstein, S., Geurs, K. T. (2016). Valuation of a transfer in a multimodal public transport trip. *Transport Policy*, 46, 72-81.
- Schürmann, C., Spiekermann, K., Wegener, M. (1997). Accessibility Indicators. *Berichte aus dem Institut für Raumplanung*, 39, Dortmund: Institute of Spatial Planning, University of Dortmund.
- Schürmann, C., Talaat, A. (2000). Towards a European Peripherality Index, Final Report. Report for General Directorate XVI Regional Policy of the European Commission. *Berichte aus dem Institut für Raumplanung* 53, Dortmund: Institute of Spatial Planning, University of Dortmund.
- Schwanen, T. (2011). Car use and Gender: The Case of Dual earner Families in Utrecht, The Netherlands. W: Lucas, K., Blumenberg, E., Weinberger, R. (Eds.), *Auto Motives: Understanding Car use Behaviours*, Bradford: Emerald Publishing Ltd.

- Seaton, V. and Tie, C. (2015). Are Relatives Friends? Disaggregating VFR Travel 1994-2014. W: Backer, E. and King, B. (eds.). *VFR Travel Research: International Perspectives*. Bristol: Channel View, 28-45.
- Sheller, M., Urry, J. (2006). The new mobilities paradigm. *Environment and Planning A.*, 38, 207-226.
- Shelton, T, Poorthuis, A, Graham, M, i in. (2014). Mapping the data shadows of hurricane sandy: Uncovering the sociospatial dimensions of 'big Data'. *Geoforum* 52, 167-179. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2014.01.006>
- Silm, S, Ahas, R, Mooses, V. (2018). Are younger age groups less segregated? Measuring ethnic segregation in activity spaces using mobile phone data. *Journal of Ethnic and Migration Studies* 44 (11), 1797-1817. <https://doi.org/10.1080/1369183X.2017.1400425>
- Silm, S, Jauhiainen, J, Raun, J, i in. (2020). Temporary population mobilities between Estonia and Finland based on mobile phone data and the emergence of a cross-border region. *European Planning Studies* Epub ahead of print 2020. <https://doi.org/10.1080/09654313.2020.1774514>
- Singh, L. K. (2008). *Fundamental of tourism and travel*. Delhi: Gyan Publishing House.
- Sobczyk, W. (1985). *Dostępność komunikacyjna w układach osadniczych miast*. Warszawa: Komitet Badań Rejonów Uprzemysławianych PAN, PWN.
- Spiekermann, K., Neubauer, J. (2002). *European Accessibility and Peripherality: Concepts, Models and Indicators*. Stockholm: Nordregio Working Paper.
- Spiekermann, K., Schürmann, C. (2007). *Update of selected potential accessibility indicators, Final report*. Spiekermann & Wegener, Urban and Regional Research (S&W), RRG Spatial Planning and Geoinformation.
- Spiekermann, K., Aalbu, H. (2004). Nordic Peripherality in Europe, *Nordregio Report 2005*, 4, Stockholm.
- Spiekermann, K., Wegener, M., (1996). Trans-European networks and unequal accessibility in Europe. *European Journal of Regional Development* 4, 35-42.
- Spiekermann, K., Wegener, M., Květoň, V., Marada, M., Schürmann, C., Biosca, O., Ulied Segui, A., Antikainen, H., Kotavaara, O., Rusanen, J., Bielańska, D., Fiorello, D., Komornicki, T., Rosik, P., Stępnia, M., (2015). *TRACC Transport Accessibility at Regional/Local Scale and patterns in Europe. Final Report*. ESPON Applied Research, 1-274.
- Stanny, M., Rosner, A., Komorowski, Ł. (2018). *Monitoring rozwoju obszarów wiejskich. Etap III. Struktury społeczno-gospodarcze, ich przestrzenne różnicowanie i dynamika*, Warszawa: EFRWP, IRWiR PAN.
- Stewart, J. Q. (1947). Empirical mathematical rules concerning the distribution and equilibrium of population, *Geography Review* 37, 461-485.
- Stępnia, M. (2013), Wykorzystanie metody 2SFCA w badaniach dostępności przestrzennej usług medycznych, *Przegląd Geograficzny*, 85 (2), 199-218. <https://doi.org/10.7163/PrzG.2013.2.3>
- Stępnia, M., Goliszek, S. (2017). Spatio-Temporal Variation of Accessibility by Public Transport — The Equity Spatio-Temporal Variation of Accessibility by Public Transport — The Equity Perspective. W: Ivan, I., Singleton, A., Horák, J., Inspektor, T. [eds.], *The Rise of Big Spatial Data*. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, 241-261. Springer International Publishing.
- Stępnia, M., Pritchard, J. P., Geurs, K.T., Goliszek, S. (2019). The impact of temporal resolution on public transport accessibility measurement: Review and case study in Poland, *Journal of Transport Geography*, 75, 8-24. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2019.01.007>

- Stępnia, M., Rosik P., Komornicki T. (2013). Accessibility patterns: Poland case study. *EU-ROPA XXI* 24, 77-93.
- Stępnia, M., Rosik, P. (2013a). Accessibility improvement, territorial cohesion and spill-overs: a multidimensional evaluation of two motorway sections in Poland. *Journal of Transport Geography* 31, 154-163.
- Stępnia, M., Rosik, P. (2013b). Accessibility of Services of general interests at regional scale. *Europa XXI*, 23, 131-148.
- Stępnia, M., Rosik, P. (2016). From improvement in accessibility to the impact on territorial cohesion: the spatial approach. *Journal of Transport and Land Use* 9 (3), 1-13. <https://doi.org/10.5198/jtlu.2015.570>
- Stępnia, M., Rosik, P. (2018). The role of transport and population components in change in accessibility: the influence of the distance decay parameter. *Networks and Spatial Economics* 18 (2), 291-312. <https://doi.org/10.1007/s11067-017-9376-8>
- Stępnia, M., Wiśniewski, M., Goliszek, S., & Marcińczak, S. (2017). Dostępność przestrzenna do usług publicznych w Polsce. *Prace Geograficzne*, 261. Warszawa: IGiPZ PAN.
- Strategia Zrównoważonego Rozwoju Transportu do 2030 roku* (2019). Warszawa: Ministerstwo Transportu.
- Stryjek, B., Warakomska, K. (1980). Zasięg oddziaływania wybranych ośrodków przemysłowych w Polsce w świetle izochrony jednogodzinnej. *Przegląd Geograficzny*, 2, 321-337.
- Susilo, Y., Kitamura, R. (2005). Analysis of day-to-day variability in an individual's action space: Exploration of 6-week Mobidrive travel diary data. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1902(-1), 124-133. <https://doi.org/10.3141/1902-15>
- Sweet, R. J. (1997). An aggregate measure of travel unity, *Transportation Research B*, 31 (50), 403-416.
- Szarata, A. (2010). Kalibracja i możliwości weryfikacji wyników Kompleksowych Badań Ruchu narzędziami symulacyjnymi, Kompleksowe badania ruchu - teoria i praktyka - doświadczenia miast polskich. *Zeszyty naukowo-techniczne, SliTK RP Oddział w Krakowie; Materiały konferencyjne*, 93 (152), Kraków, 193-204.
- Śleszyński, P. (2016). Współczesne i prognozowane uwarunkowania demograficzno-migracyjne w rozwoju miejskiego systemu osadniczego Polski. *Konwersatorium Wiedzy o Mieście*, 1, 97-106.
- Śleszyński, P., Komornicki, T. (2009). Wpływ rozwoju sieci drogowej na obszary rynkowe istniejących i planowanych portów lotniczych (2008-2015). *Drogi. Lądowe, powietrzne, wodne*, 9, 91-99.
- Śleszyński, P. (2014). Dostępność czasowa i jej zastosowania. *Przegląd Geograficzny*, 86 (2), 171-215. <https://doi.org/10.7163/PrzG.2014.2.2>
- Tarski, I. (1976). *Czynnik czasu w procesie transportowym*, Warszawa: Wydawnictwa Komunikacji i Łączności.
- Taylor, Z. (1979). Przestrzenna dostępność miejskiego systemu transportowego Poznania. *Studia KPZK PAN*, 67, Warszawa.
- Taylor, Z. (1999). Przestrzenna dostępność miejsc zatrudnienia, kształcenia i usług a codzienna ruchliwość ludności wiejskiej. *Prace Geograficzne*, 171. Warszawa: IGiPZ PAN.
- Taylor, M. A. P. (red.) (2012). Network vulnerability in large-scale transport networks. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46 (5).

- Taylor, Z. (1997). Dostępność miejsc pracy, nauki i usług w obszarach wiejskich jako przedmiot badań geografii społeczno-ekonomicznej – próba analizy krytycznej. *Przegląd Geograficzny*, 69 (3 4), 261-283.
- Thomas, T., Mondschein, A., Osman, T., Taylor, B. D. (2018). Not so fast? Examining neighborhood-level effects of traffic congestion on job access. *Transport. Res. Part A: Policy Pract.*, 113, 529-541. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.04.015>
- Thomopoulos N., Grant-Muller S., Tight M. R. (2009). Incorporating equity considerations in transport infrastructure evaluation: Current practice and a proposed methodology. *Evaluation and program planning*, 32, 351-9. <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2009.06.013>
- Toivonen, T, Heikinheimo, V, Fink, C, i in. (2019). Social media data for conservation science: A methodological overview. *Biological Conservation*, 233, 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.023>
- Tong, D., W.-H. Lin, J. Mack, and D. Mueller. (2010). Accessibility-based multicriteria analysis for facility siting. *Transportation Research Record* 2174, 128-37.
- Turystyka i wypoczynek w gospodarstwach domowych w 2009 r.* (2010). Warszawa: GUS.
- Van Wee B., Geurs K. T. (2011). Discussing equity and social exclusion in accessibility evaluations. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 11, 350-367.
- Van Wee, B. (2016). Accessible accessibility research challenges. *Journal of Transport Geography*, 9-16. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.10.018>.
- Van Wee, B., Hagoort, M., Annema, J. A. (2001). Accessibility measures with competition. *Journal of Transport Geography*, 9, 199-208.
- Vandenbulcke, G., Steenberghen, T., Thomas, I. (2008). Mapping Accessibility in Belgium: a Tool for Land-use and Transport Planning? *Journal of Transport Geography*, 17, 39-53.
- Vickerman, R. W. (1974). Accessibility, Attraction, and Potential: a Review of Some Concepts and Their Use in Determining Mobility. *Environment and Planning A*, 6, 675-691.
- Warakomska, K. (1992). Zagadnienie dostępności w geografii transportu. *Przegląd Geograficzny*, 64 (1-2), 67-76.
- Wardman, M. (2001). Public transport values of time, Institute of Transport Studies, University of Leeds. *Working Paper*, 564.
- Warszawskie Badanie Ruchu 2015* (2016). Synteza, WBR, Sopot/Kraków/Warszawa.
- Weber, J. (2003). Individual accessibility and distance from major employment centers: An examination using space-time measures. *Journal of Geographical Systems*, 5 (1), 51-70. <https://doi.org/10.1007/s101090300103>
- Weber, J., & Kwan, M. (2002). Bringing time back in: A study on the influence of travel time variations and facility opening hours on individual accessibility. *The Professional Geographer*, 54 (2), 226-240. <https://doi.org/10.1111/0033-0124.00328>.
- Wegener, M., Eskelinen, H., Fürst, F., Schürmann, C., Spiekermann, K. (2001). Criteria for the Spatial Differentiation of the EU Territory: Geographical Position. *Forschungen* 102 (2), Bonn, Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung.
- Wei, S.-J. (1996). Intra-national versus international trade: how stubborn are nations in the global integration?, *NBER Working Paper*, 5531, National Bureau of Economic Research, Cambridge.
- Weibull, J. W. (1976). An axiomatic approach to the measurement of accessibility. *Regional Science and Urban Economics*, 6 (4), 357-379.
- Werner P., Rucińska D., Iwańczak B. 2015. Zintegrowany wskaźnik wrażliwości społecznej na zagrożenia naturalne w Polsce. *Prace i Studia Geograficzne*, 57, 21-24.

- Widener, M. J., Farber, S., Neutens, T., & Horner, M. W. (2013). Using urban commuting data to calculate a spatiotemporal accessibility measure for healthy food environment studies. *Health & Place*, 21, 1-9.
- Więckowski, M. 2004 Przyrodnicze uwarunkowania kształtowania się polsko-słowackich więzi transgranicznych. *Prace Geograficzne*, 195. Warszawa: IGiPZ PAN.
- Więckowski, M., Michniak, D., Bednarek-Szczepańska, M., Chrenka, B., Ira, V., Komornicki, T., Rosik, P., Stępiak, M., Szekely, V., Śleszyński, P., Świętek, D., Wiśniewski, R. (2014). Road accessibility to tourist destinations of the Polish-Slovak borderland: 2010-2030 prediction and planning. *Geographia Polonica*, 87 (1), 5-26. <http://dx.doi.org/10.7163/GPol.2014.1>
- Wilson, A. G. (1971). A family of spatial interaction models, and associated developments. *Environment and Planning* 3 (1), 1-32.
- Wiśniewski, S. (2016). Łódź accessibility by public transport. *EUROPA XXI*, 31, 61-79.
- Wiśniewski, S. (2015). *Zróżnicowanie dostępności transportowej miast w województwie łódzkim*. Łódź: Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego.
- Wolański, M., Paprocki, W., Mazur, B., Soczówka, A., Jakubowski, B., Czubak, M., Pieróg, M. (2016). *Publiczny transport zbiorowy poza miejskimi obszarami funkcjonalnymi: diagnoza, analiza zróżnicowania, oddziaływania społeczne, rekomendacje*. Warszawa: Oficyna Wydawnicza – Szkoła Główna Handlowa.
- Wolf, N. (2005). Path dependent border effects: the case of Poland's reunification (1918–1939). *Explorations in Economic History*, 42, 414-438.
- Wójcik, M., Dmochowska-Dudek, K., Jeziorska-Biel, P. & Tobiasz-Lis, P. (2018). Understanding strategies for overcoming peripherality: A Polish experience of transition. *Bulletin of Geography. Socio-economic Series*, 40 (40), 173-192. <http://doi.org/10.2478/bog-2018-0022>
- Xiao Y., Coulombel N., Palma A. (2017). The valuation of travel time reliability: does congestion matter? *Transportation Research Part B*, 97, 113-141.
- Zahavi, Y. (1979). *The UMOT-project*. US Department of Transportation: Report DOT-RSPA-DPB-2-79-3. Washington.
- Zenk, S. N., Schulz, A. J., Matthews, S. A., Odoms-Young, A., Wilbur, J., Wegrzyn, L., Stokes, C. (2011). Activity space environment and dietary and physical activity behaviors: A pilot study. *Health & Place*, 17 (5), 1150-1161. <http://dx.doi.org/10.1016/j.health-place.2011.05.001>
- Zimmer W., Schmied M. (2008). *Potentials for a modal shift from road to rail and ship – A methodological approach*. ETC/ACC Technical Paper 18.
- Zintegrowany Model Ruchu. Raport techniczny* (2021). Warszawa: CUPT, (materiał niepublikowany).

<https://www.thegiftexperience.co.uk/catalogue/lucky-slot-one-arm-bandit>

<https://transitfeeds.com/l/434-poland>

The world of accessibility: methods and components.

Cases of empirical analyses in Poland's space

Summary

Accessibility has many facets. This study focuses on accessibility involving people's travel, or to be more precise, on the ability to cover the distance from point A (origin) to point B (destination). Accessibility thus defined has its: (1) components (i.e. transport, land-use, individual and temporal components), (2) dimensions (i.e. travel origin and destination, distance decay, restrictions, barriers, mode of transport, extent of study area, socioeconomic and territorial cohesion, and dynamics) and (3) attributes (i.e. affordability, availability, nodal accessibility, and acceptability). The components, dimensions and attributes combine to form the world of accessibility. After having been a subject of academic writing for decades, that world has finally received its own comprehensive volume by Polish author.

The book, *Świat dostępności – metody i komponenty. Przykłady analiz empirycznych przestrzeni Polski* (roughly "The world of accessibility: methods and components. Cases of empirical analyses in Poland's space"), combines a theoretical approach, where the author reviews the relevant research methods and components of accessibility with an empirical take where he reviews these aspects using specific cases from Poland. This volume is a result of project work funded by the National Science Centre under grant no. 2016/21/B/HS4/01578. Among the grant's priorities was building a new model of a theoretical framework of accessibility in the form of a NeST box supported by a concept of four accessibility factors (network, spatial, travel and individual).

The book covers its topic in seven chapters. It begins with an introduction, which lays down the objectives and structure of the study and is followed by a chapter covering the definition of accessibility. Specific definitions of communication, transport, and spatial accessibility are given. Also covered are the most important research institutions engaged in the topic in Europe, the US and beyond, particularly including NECTAR cluster six. The chapter ends with a presentation of the major Polish bodies involved in accessibility research.

Chapter 3 is devoted to the methodology of accessibility research. It begins with the simplest methods where accessibility is measured by infrastructure facilities and follows with popular location-based methods (accessibility measured using distance, cumulative accessibility and potential accessibility). A section of Chapter 3 is devoted to the evolution of research on the Multimodal Transport Accessibility Indicator. The chapter goes on to discuss the more advanced methods of accessibility analysis, including the ones taking into account competition effects (i.e. potential quotient, double-restricted spatial interaction models and 2SFCA) completing the review with the person-based accessibility method (i.e. accessibility in time-space geography, accessibility measured with maximisation of utility and the method based on activities (ABA)). The authors also included the currently controversial concepts of life-path accessibility and the use of big data in accessibility analysis.

The fourth and longest chapter offers a review of the most important areas of the world of accessibility built around the four components and the dimensions of accessibility. Under

the transport component, special attention was attached to the parameterisation of distance decay and travel duration (including a description of the authors' own concept of CATCH-time) alongside the coverage of the distance decay metric (time, cost and other elements composing the overall cost, including the traffic velocity and time value model) and its format (a review of mathematical functions). The chapter then turns to a presentation of a preliminary outline of the theory of accessibility relativity from individual and investment programme perspectives in the context of how the parameterisation of distance decay (short vs. long trips) influences the scale of change in accessibility and the variability of accessibility. The authors discuss various aspects of the dynamic approach to accessibility, such as the improvement of accessibility due to single investment projects vs. larger investment programmes, and the impact of a network's exposure, robustness, resilience and reliability to accessibility change. Considerations devoted to the transport component are completed with a section on transport modes and types with particular attention placed on multimodality in the calculation of accessibility (unimodal, multimodal and intermodal approaches). The chapter goes on to present the most important dimensions building the land-use component. The most important relationships between trip destinations and their motivations, broken down into obligatoriness, frequency and duration of travel, are presented. This was used to develop a multi-criteria based classification of trip motivations and mobility vs. accessibility matrix bringing together methods of analysing accessibility with travel motivations. The authors present differences across the spectrum of accessibility research methods depending on the centrality of public services. This section ends with a presentation of a niche in the study of accessibility, namely long trips, primarily visits of relatives or friends. The chapter continues with successive dimensions seen as parts of the use of space and including origins, own potential and the spatial extent of the study. Included among trip sources are active and passive types of accessibility and the general metric of the trip source attractiveness depending on the weighting of the destination. Own potential is described in the context of its importance for a study depending on location features and on the dimensions of accessibility. The spatial extent of the study is described in both regional (voivodeship) and international contexts looking at peripherality indices, barriers at the border, the border effect, which is followed by a review of European and cross-border accessibility research. Subsequent sections relate major issues linked to the individual and temporal components, which reflect the daily variability of accessibility (including the potential use of GTFS and Google Maps as tools) and a case study showing the impact of two components (transport and land-use) on the final potential accessibility outcome.

Chapter 5 focuses on the attributes of accessibility, transport exclusion and access equality. A presentation is made of four "A" accessibility attributes, which is followed by a description of the most important concepts involved in transport exclusion (physical, geographical, service access, economic, temporal, fear-based and spatial-restriction based types of exclusion), pointing to the importance of boundary values and equalisandum. The potential accessibility dispersion index (PAD) is brought up in the context of the egalitarian approach. Differences between the egalitarian, utilitarian, Rawlsian and sufficientarian approaches are reviewed. The chapter ends with methods of periphery identification based on the first/worst decile of units, population decile and thresholds.

Chapter 6 presents the basics of the authors' own new model of four accessibility factors (network, spatial, travel and individual) developed in the form of a NeST box model. Basic

premises of the model are shared, as well as the integration of the NeST box model with methods, components and dimensions of accessibility.

The volume ends with a review of the major threads and considerations of accessibility research in the immediate future, namely: (1) Big Data; (2) distance decay; (3) external spatial effects; (4) sensitivity, criticality and exposure; (5) development of new forms of transport; (6) affordability and equality; (7) long-term effects of the COVID-19 pandemic; (8) comparative analyses and evaluation using accessibility indices.

Translated by Paweł Pilch

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN im. Stanisława Leszczyckiego wydaje następujące wydawnictwa ciągłe: *Geographia Polonica*, *Przegląd Geograficzny*, *Europa XXI*, *Prace Geograficzne*, *Studia Obszarów Wiejskich*, *Monografie IGiPZ PAN* (17 tomów).



Profesor Piotr Rosik jest zatrudniony w Instytucie Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, w Zakładzie Przestrzennego Zagospodarowania. Pracuje również w Katedrze Gospodarki Przestrzennej i Turyzmu na Wydziale Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu. Zajmuje się geografią transportu, geografią społeczno-ekonomiczną, polityką transportową i regionalną w różnych skalach przestrzennych, od lokalnej, przez regionalną, krajową do europejskiej. Jest autorem ponad stu krajowych i zagranicznych publikacji w tym zakresie. Brał udział w kilkudziesięciu projektach naukowych (w tym ESPON, NCN) i aplikacyjnych (na potrzeby samorządów wojewódzkich lub ministerstw). Większość projektów i publikacji dotyczyła szeroko rozumianego funkcjonowania układów transportowych w przestrzeni społeczno-ekonomicznej, w tym w szczególności modelowania i ewaluacji dostępności potencjałowej przestrzeni Polski z wykorzystaniem wielu wymiarów dostępności.

Książka „Świat dostępności – metody i komponenty. Przykłady analiz empirycznych przestrzeni Polski” łączy aspekt teoretyczny, związany z przeglądem metod badawczych oraz komponentów dostępności, z ujęciem empirycznym, poprzez ukazanie przykładów weryfikacji empirycznej poszczególnych zagadnień omawianych na gruncie teoretycznym. Jest to pierwsza próba połączenia w jednej publikacji przeglądu dorobku światowego w zakresie analizy dostępności z podaniem przykładów zastosowania poszczególnych metod, komponentów, wymiarów lub atrybutów dla zobrazowania problematyki transportowej i przestrzennej na poziomie krajowym i regionalnym w Polsce. Celem niniejszego opracowania jest też swoistego rodzaju kompilacja zagadnień poruszanych przez autora na gruncie teoretycznym i empirycznym w pracy naukowej poświęconej tematyce dostępności w ostatnich kilkunastu latach. Tym samym, monografia ma stanowić podsumowanie dotychczasowych prac autora dotyczących dostępności, syntezę prac zarówno ściśle naukowych jak i projektowych, swoistego rodzaju przegląd lub też kompendium wiedzy, mający charakter w pewnym sensie podręcznikowy, ale jednak utrzymany w ramach metodyki opracowań naukowych. Monografia jest ponadto efektem prac projektowych związanych z grantem Narodowego Centrum Nauki 2016/21/B/HS4/01578, pt. „Sprzężenia zwrotne między mobilnością i dostępnością – uwarunkowania teoretyczne (autorski model NeST box) a rzeczywistość polskiej przestrzeni (MA-trix)”.