

ROZDZIAŁ 2 METODYKA BADAWCZA I ŹRÓDŁA DANYCH

2.1. Sieć kolejowa

W analizach wykorzystano wektorową bazę sieci kolejowej udostępnioną przez PKP PLK S.A. Zawierała ona 7289 odcinków linii kolejowych i 6394 węzłów (stacji kolejowych i przystanków oraz kilkadziesiąt innych typów węzłów infrastruktury technicznej – posterunki, mijanki, itp.). Baza ta została rozdzielona na ruch dalekobieżny, regionalny i lokalny. W analizach dostępnościowych posługiwano się podkładem dla ruchu dalekobieżnego (3220 odcinków). Odcinki posiadały informację o numerze tzw. „szprychy” (ryc. 2.1-2.3) oraz inwestorze dla docelowego horyzontu 2040 (CPK, PLK).

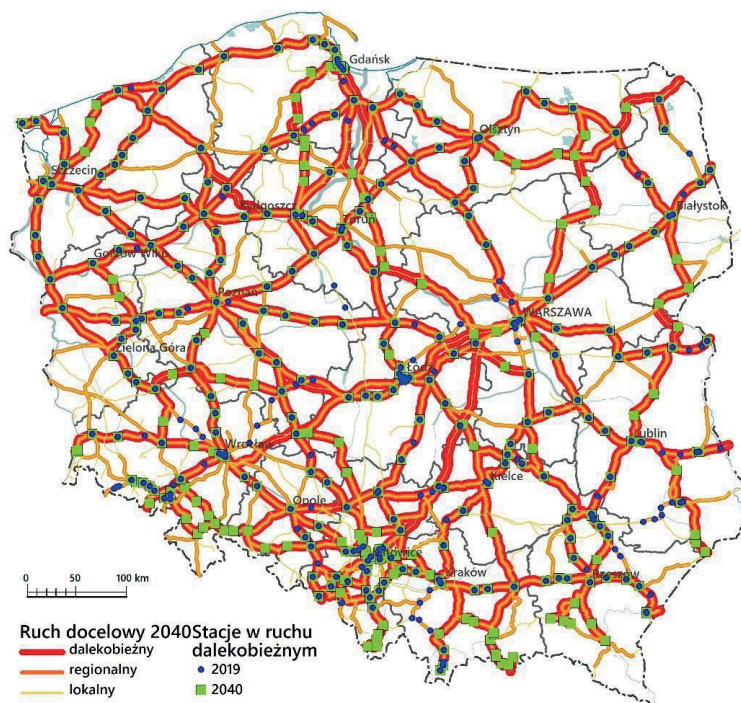
2.2. Model prędkości ruchu

Baza udostępniona przez CPK/PLK zawierała m.in. informacje o zakładanych prędkościach w ruchu pasażerskim w przekroju 2019 i 2040, zobrazowane na ryc. 2.4. W przypadku sieci kolejowej z powodu ograniczeń technicznych nie zbudowano własnego modelu prędkości ruchu, ale przyjęto czasy przejazdów obliczone przez PKP PLK S.A.¹ między 2526 (rok 2019) i 2852 (rok 2040) węzłami dla ruchu kolejowego (Pasażerski Model Transportowy). Na tej podstawie przygotowano analizy izochronowe. Wytyczenie izochron w terenie bazowało na pseudopodkładzie sieci kolejowej, zbudowanym na macierzy powiązań między węzłami, zdefiniowanymi jako centroidy gmin z dostępem do sieci kolejowej (ryc. 2.5).

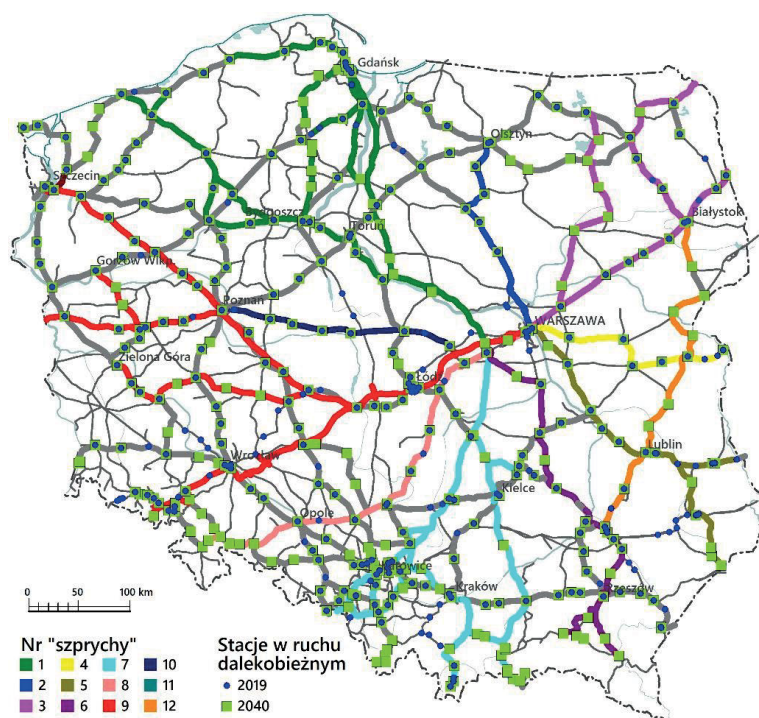
¹ Za przygotowanie danych w macierzy dla 2019 i 2040 r. serdecznie dziękuję Panom Michałowi Pyzikowi i Adamowi Machelskiemu z działu kolejowego CPK.



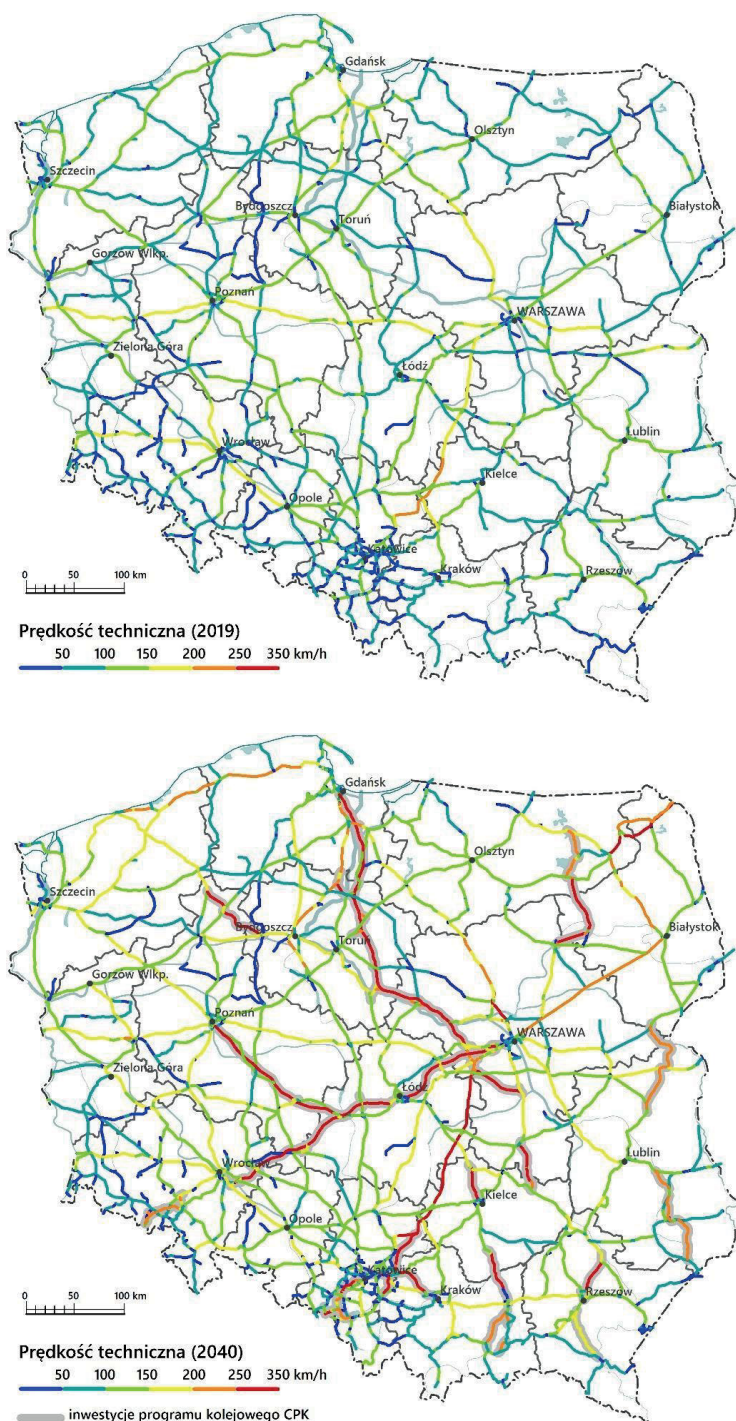
Ryc. 2.1. Sieć linii kolejowych w 2019 i 2040 r.
Źródło: na podstawie danych CPK/PLK.



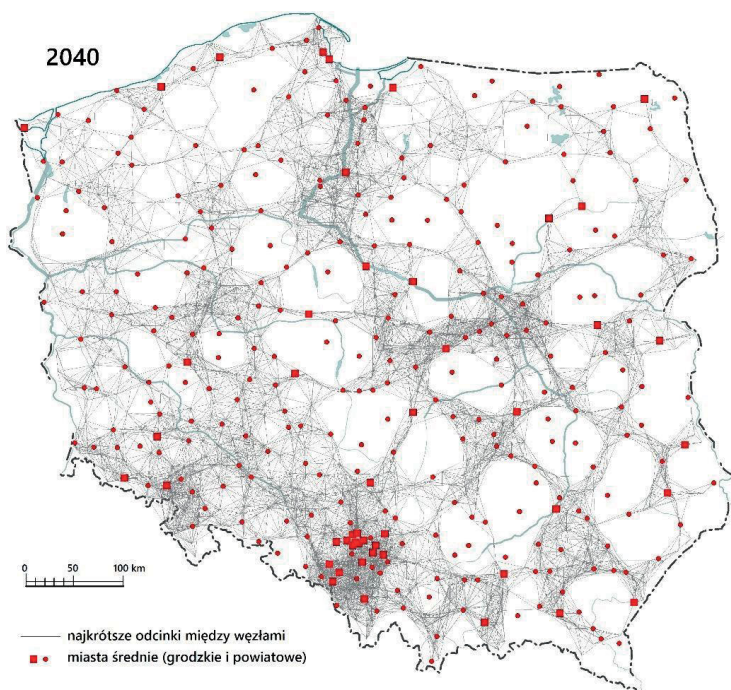
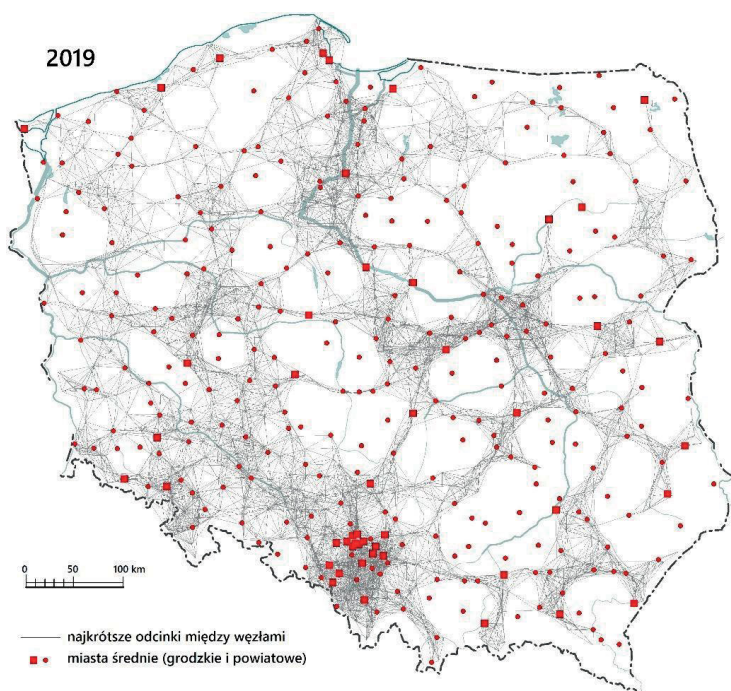
Ryc. 2.2. Sieć linii kolejowych w 2040 r. według ruchu (dalekobieżny, regionalny, lokalny)
Źródło: na podstawie danych CPK/PLK.



Ryc. 2.3. Sieć kolejowa w ruchu dalekobieżnym w 2040 r. z podziałem na tzw. „szprychy” (1-12)
 Źródło: na podstawie danych CPK/PLK.



Ryc. 2.4. Sieć kolejowa wykorzystana w analizach wraz z prędkościami w przekroju 2019 i 2040 r.
Źródło: na podstawie danych PKP PLK S.A.



Ryc. 2.5. Pseudopodkład sieci kolejowej wykorzystany w analizach izochronowych (zaznaczono tylko odcinki <35 km)
 Źródło: na podstawie danych PKP PLK S.A.

2.3. Sieć drogowa

Jako uzupełniającą, w części analiz wykorzystano bazę sieci drogowej użytą w projekcie oceny zmian dostępności przestrzennej, wykonaną dla EuroPAP News [Śleszyński, 2022b]. Podkład ten jest aktualny na koniec 2021 r., co nie ma większego znaczenia w związku z przekrojem kolejowym z 2019 r. (ten ostatni w latach 2019-2021 nie zmienił się znacząco). Sieć topologiczną dróg (odcinki, węzły) zbudowano na bazie danych Głównej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad (GDDKiA) o przebiegu dróg krajowych i wojewódzkich, przetworzonych wcześniej (dla roku 2004) dla potrzeb tzw. Wskaźnika Międzygałęziowej Dostępności Transportowej [Komornicki i in., 2010a]. Ponieważ dla analizowanych przekrojów czasowych nie istnieją porównywalne dane techniczno-funkcjonalne (np. klasa dróg, ich szerokość, stan nawierzchni itp.), konieczne było uzupełnienie nowszymi informacjami (pozyskanymi częściowo z GDDKiA)². W ten sposób powstała jednolita i ujednolicona wektorowa baza danych, zawierająca informacje o wszystkich drogach krajowych i wojewódzkich, składająca się z około 38 tys. odcinków, dla których obliczono prawdopodobne prędkości ruchu.

Kluczowy dla wyników jest przyjęty model prędkości ruchu, pozwalający obliczać różnice w czasie przejazdu na poszczególnych odcinkach dróg. W tym celu zaadaptowano rozwiązania, stosowane wielokrotnie w podobnych analizach w Instytucie Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN. W studiach z zakresu dostępności przestrzennej dla ustalenia najbardziej prawdopodobnej prędkości jazdy samochodem osobowym wykorzystywane są tam dane o koncentracji zaludnienia, pokryciu i ukształtowaniu terenu (w tym trójwymiarowy model wysokościowy) i inne zmienne. Szczegółowe opisy, w tym założenia, algorytmy i parametry obliczeniowe modeli prędkościowych zostały opublikowane [Śleszyński, 2009, 2015; Rosik i Śleszyński, 2009; Rosik 2012]. Wartości prędkości ruchu według typów dróg zestawiono w tabeli 2.1. Przedstawiono je też na mapie (ryc. 2.6).

Tabela 2.1. Ustalane prędkości ruchu dla różnych klas i typów dróg, przyjęte w opracowaniu (z zaokrągleniem do pełnych km/h)

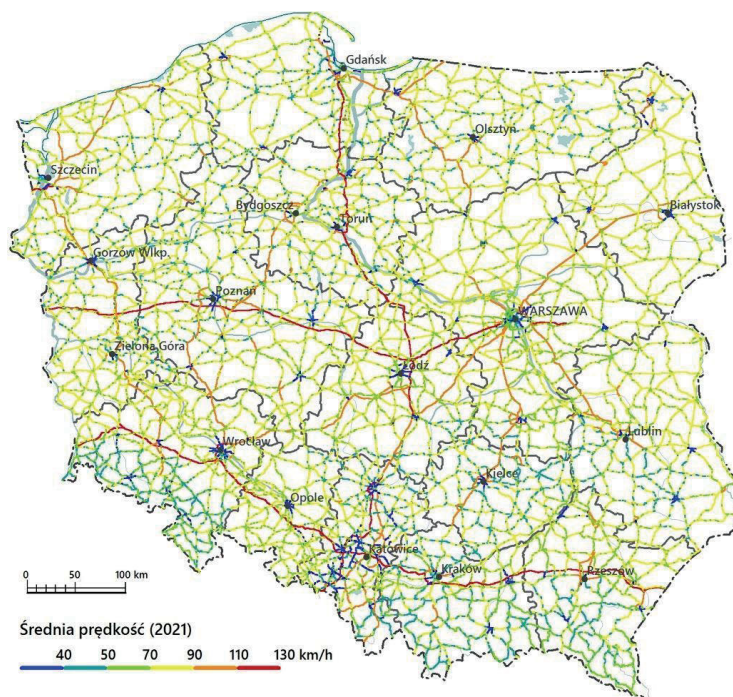
Klasa i typ drogi (w nawiasach: 1, 2 – liczba jezdni; a, b – szerokość drogi)		Obszary niezabudowane			Obszary zabudowane (klasa 1 według Corine Land Cover 2018)*		
		typ krajobrazu			typ krajobrazu		
nazwa	oznaczenie	niziny i kotliny	pobrzeża, pojezierza i wyżyny	góry	niziny i kotliny	pobrzeża, pojezierza i wyżyny	góry
Autostrada	A	130	127	124	124	120	116
Droga ekspresowa (2)	E2	110	108	106	105	102	99

² Chciałbym w tym miejscu podziękować Panu Łukaszowi Kubiakowi z Departamentu Strategii i Studiów GDDKiA za pomoc w przygotowaniu tych danych.

Tabela 2.1 c.d.

Klasa i typ drogi (w nawiasach: 1, 2 – liczba jezdni; a, b – szerokość drogi)		Obszary niezabudowane			Obszary zabudowane (klasa 1 według Corine Land Cover 2018)*		
		typ krajobrazu			typ krajobrazu		
nazwa	oznaczenie	niziny i kotliny	pobrzeża, pojezierza i wyżyny	góry	niziny i kotliny	pobrzeża, pojezierza i wyżyny	góry
Droga ekspresowa (1)	E1	100	98	88	95	92	89
Droga krajowa (2)	K2	100	98	88	95	92	89
Droga krajowa (a)	K1a	90	86	77	60	57	51
Droga krajowa (b)	K1b	85	81	73	50	48	46
Droga wojewódzka (2)	W2	100	95	86	70	68	66
Droga wojewódzka (a)	W1a	85	81	73	55	50	45
Droga wojewódzka (b)	W1b	80	72	65	50	45	41

* w miastach powyżej 50 tys. mieszkańców prędkość ruchu była ograniczana o kolejne 30% z uwagi na sygnalizację świetlną. Źródło: Śleszyński [2022b], na podstawie uproszczonego modelu prędkości ruchu [Śleszyński, 2015].



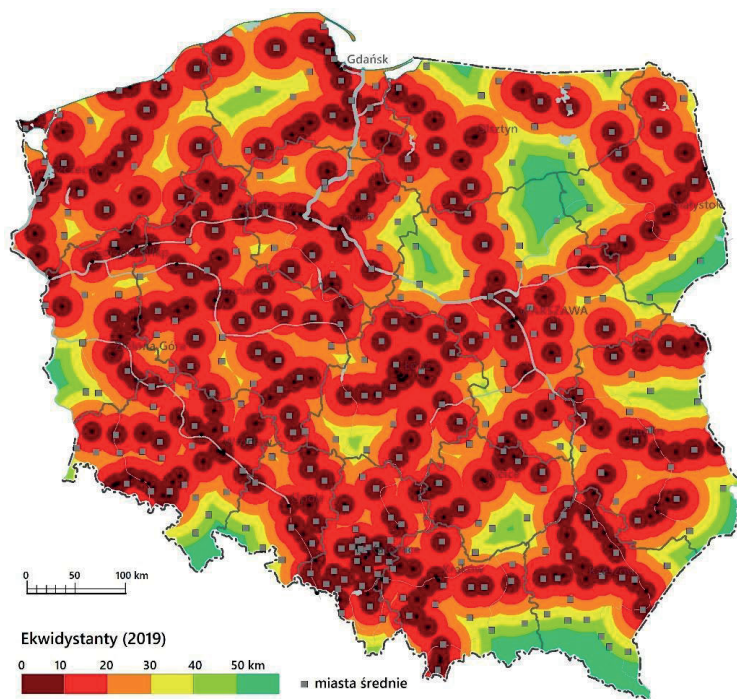
Ryc. 2.6. Przyjęte prędkości ruchu na drogach krajowych i wojewódzkich

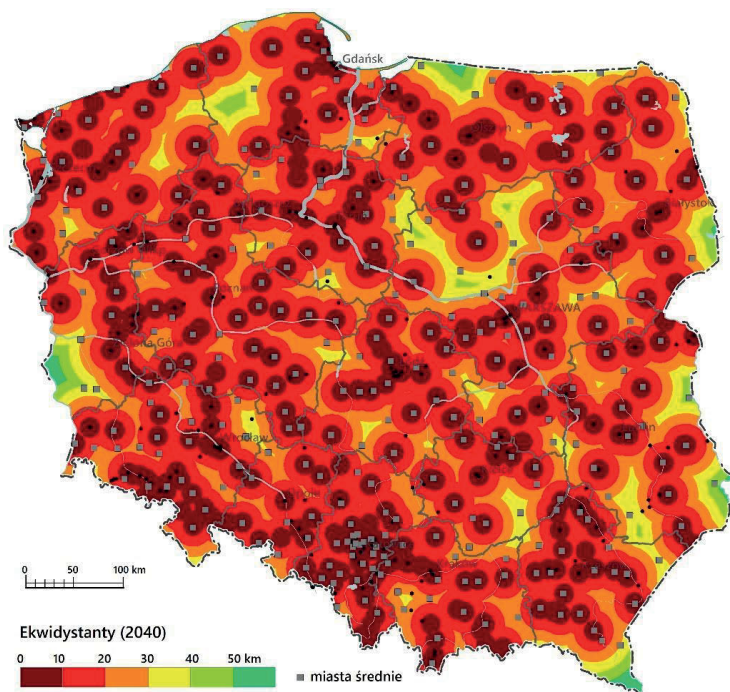
Źródło: [Śleszyński 2022b] na podstawie podkładów drogowych Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad (2004-2021) oraz modelu prędkości ruchu [Śleszyński, 2015].

2.4. Metody pomiaru dostępności i wskaźnikowania

W analizach oparto się przede wszystkim na analizach ekwidystansowych i izochronowych [Pietrusiewicz, 1996] oraz metodyce dostępności czasowej [Śleszyński, 2014], dostępności kumulatywnej oraz sprawności transportowo-osadniczej [Śleszyński, 2016]. Wymagało to zgromadzenia i przetworzenia stosunkowo dużej ilości danych (w tym baz o charakterze macierzowym). Szerokie wykorzystanie metod izochronowych i wskaźników dostępności kumulatywnej (liczba ludności w izochronie dostępu) oraz efektów skrócenia czasu podróży (także w przeliczeniu na efekty pieniężne) wynika z uniwersalności czasu jako porównywalnej jednostki odniesienia.

Dla potrzeb opracowania wykreślono ekwidystanty odległości do wszystkich stacji i przystanków kolejowych (ryc. 2.7), a także izochrony dostępności do Warszawy, 18 miast wojewódzkich oraz miast średnich: 48 miast na prawach powiatu i 269 miast będących siedzibami powiatów. Ponadto obliczono izochrony dostępności do usług różnego typu. Otrzymano 46 zbiorów danych (23×2 przekroje czasu), zawierających informację o czasie przejazdu do tych ośrodków z terenu całego kraju. Następnie obliczono, jaka część ludności mieszka w określonych typach dostępności, tj. na obszarach objętych ekwidystantami (np. do miast średnich). Najczęściej przyjmowano interwał 5-minutowy.





Ryc. 2.7. Ekwidystanty od stacji kolejowych w ruchu dalekobieżnym w 2019 i 2040 r.

W analizach ekwidystantowych stosowano teselację, tj. wyznaczenie obszaru oddziaływania w poligonach Voronoi (Woronoja). Jest to jedna z metod, pozwalających na wyznaczenie zlewni (*catchment area*) (ryc. 2.8).

W oszacowaniu ekwiwalentu zaoszczędzonego czasu przyjęto, że czas poświęcony na przejazd jest tyle samo wart, jak gdyby były to godziny pracy [Śleszyński, 2017b]. Stąd też 1 godzina oszczędności w czasie jest równowarta stawce godzinowej, obliczonej poprzez podzielenie 12 miesięcznych wynagrodzeń netto przez 2000 godzin (250 dni) pracy w roku (jest to w przybliżeniu wartość wynikająca z rozkładu dni wolnych od pracy, np. w 2021 r. były to 252 dni i 1616 godzin pracy przy ośmiogodzinnym dniu pracy). Przyjęto stawki przeciętnego wynagrodzenia w powiecie w 2021 r.

W szczegółowych analizach dostępności do różnych usług (edukacja, kultura itd.) wykorzystano wskaźnik bazujący na dostępności do liczby placówek usługowych:

$$W = \frac{r}{R} \times 100 \text{ (wzór ogólny),}$$

$$W = \frac{u_x m_y}{U_x M_x} \times 100 \text{ (wzór szczegółowy)}$$

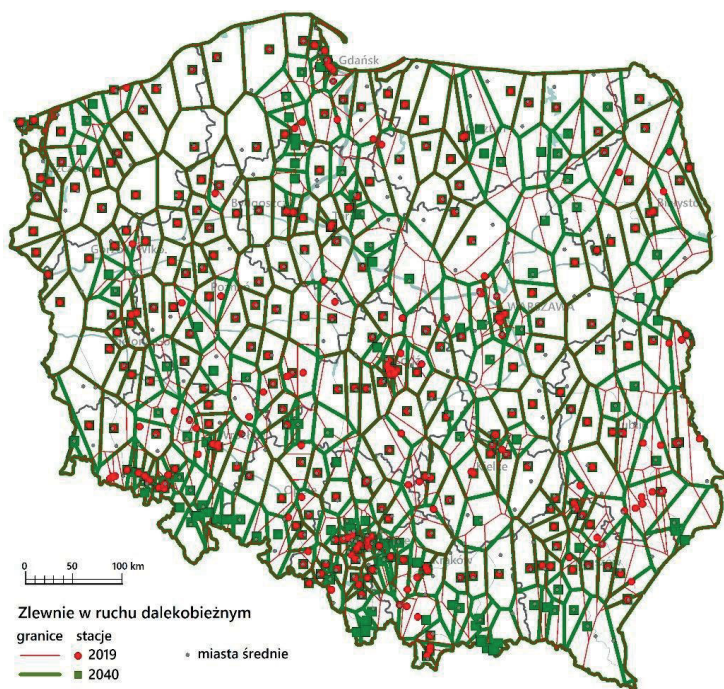
gdzie:

r – liczba relacji możliwych do osiągnięcia koleją w danym przekroju czasowym,

R – liczba wszystkich potencjalnych relacji między miastami (średnimi) i placówkami,

u_x – liczba placówek dostępnych koleją w roku x ,

U_x – liczba placówek ogółem w kraju,



Ryc. 2.8. Podział przestrzeni na poligony Voronoi z centroidem stacji dalekobieżnych w 2019 i 2040 r.

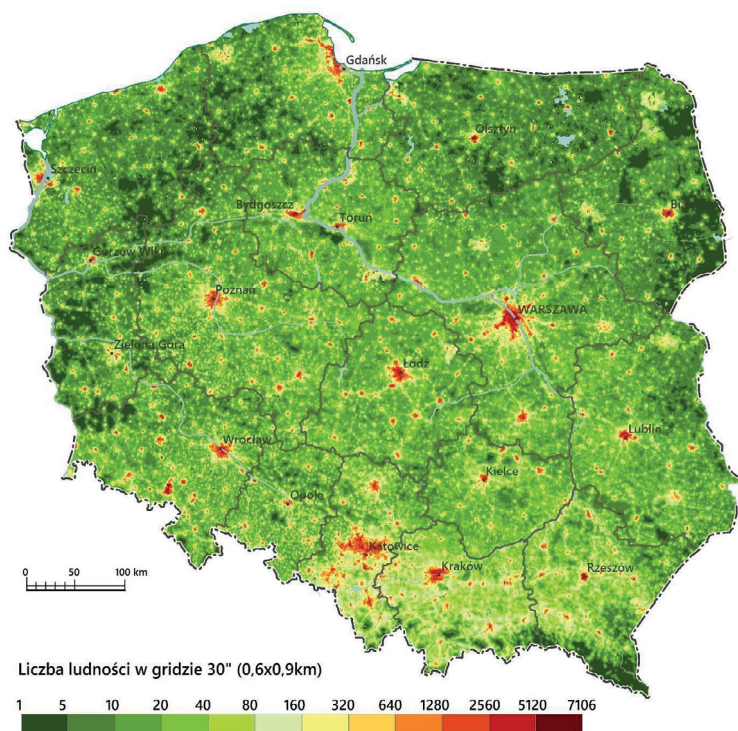
m_x – liczba miast z dostępem do kolei w roku x ,

M_x – liczba miast ogółem w kraju (miast średnich).

Należy podkreślić, że transport kolejowy, w odróżnieniu od samochodowego, nie jest powszechnie dostępny o każdej porze dnia i nocy, ale jego ograniczeniem jest częstotliwość kursowania pociągów. Ponadto oczywiste różnice wynikają z indywidualnego charakteru przejazdów samochodem prywatnym w stosunku do transportu publicznego. Niniejsze opracowanie, z powodu braku wielu zmiennych dla 2040 r., jak np. godzin odjazdów i przyjazdów pociągów, musiało zawierać szereg uproszczeń lub analiza nie była możliwa.

2.5. Rozmieszczenie ludności

Do obliczeń liczby ludności w ekwidystantach i izochronach wykorzystano najnowszy zbiór danych dla Polski w siatce grid $0,6 \times 0,9$ km z projektu WorldPop (dostępny pod adresem <https://www.worldpop.org/geodata/summary?id=33283>) (ryc. 2.9). Niestety nie jest podana informacja o pochodzeniu danych źródłowych do tego gridu. Prawdopodobnie jest to przeliczenie danych z rejonów spisowych NSP 2011, zaktualizowane na 2020 r. według dostępnych danych GUS z gminnych bilansów ludności



Ryc. 2.9. Rozmieszczenie ludności w siatce grid 30'' (0,6x0,9 km)

Źródło: na podstawie danych WorldPop [<https://www.worldpop.org/geodata/summary?id=33283>, 15.05.2022].

według algorytmów wykorzystujących dopasowanie liczby ludności metodami dazy-metrycznymi [Dmowska, 2019]. Dodatkowe analizy porównawcze na podstawie pol-skich oryginalnych danych z NSP 2011 w już obliczonych ekwidystantach wykazały zbieżność na poziomie 99% (dla buforów 1-100 km) i 84% (dla buforów 1-10 km).

2.6. Identyfikacja usług

Usługi publiczne, a tym bardziej usługi ogółem są bardzo różnorodne i praktycznie nie ma możliwości, aby zbadać dostępność do wszystkich ich rodzajów, a na pewno zadanie to byłoby niezwykle czasochłonne i trudne do interpretacji. Dlatego zapro-po-nowano dwa rodzaje analiz:

- dostępności czasowo-przestrzennej do ośrodków różnej rangi osadniczej, wycho-dząc z założenia, że określony poziom hierarchiczny zawiera odpowiadający mu poziom usług. Wynika to z prawidłowości, że im większe miasto, tym bardziej wyspecjalizowane usługi jest w stanie utrzymać, gdyż wynika to wprost z popytu

konsumenckiego [Illeris, 2007]. Wskutek tego występuje hierarchiczna organizacja przestrzenna usług, w której największe ośrodki koncentrują usługi wyższego rzędu (np. uniwersytety, szpitale kliniczne, filharmonie).

- dostępności czasowo-przestrzennej do wybranych rodzajów usług, wybranych jako wiodące lub reprezentatywne (tabela 2.2). Zidentyfikowano łącznie 2246 lokalizacji usług (ryc. 2.10).

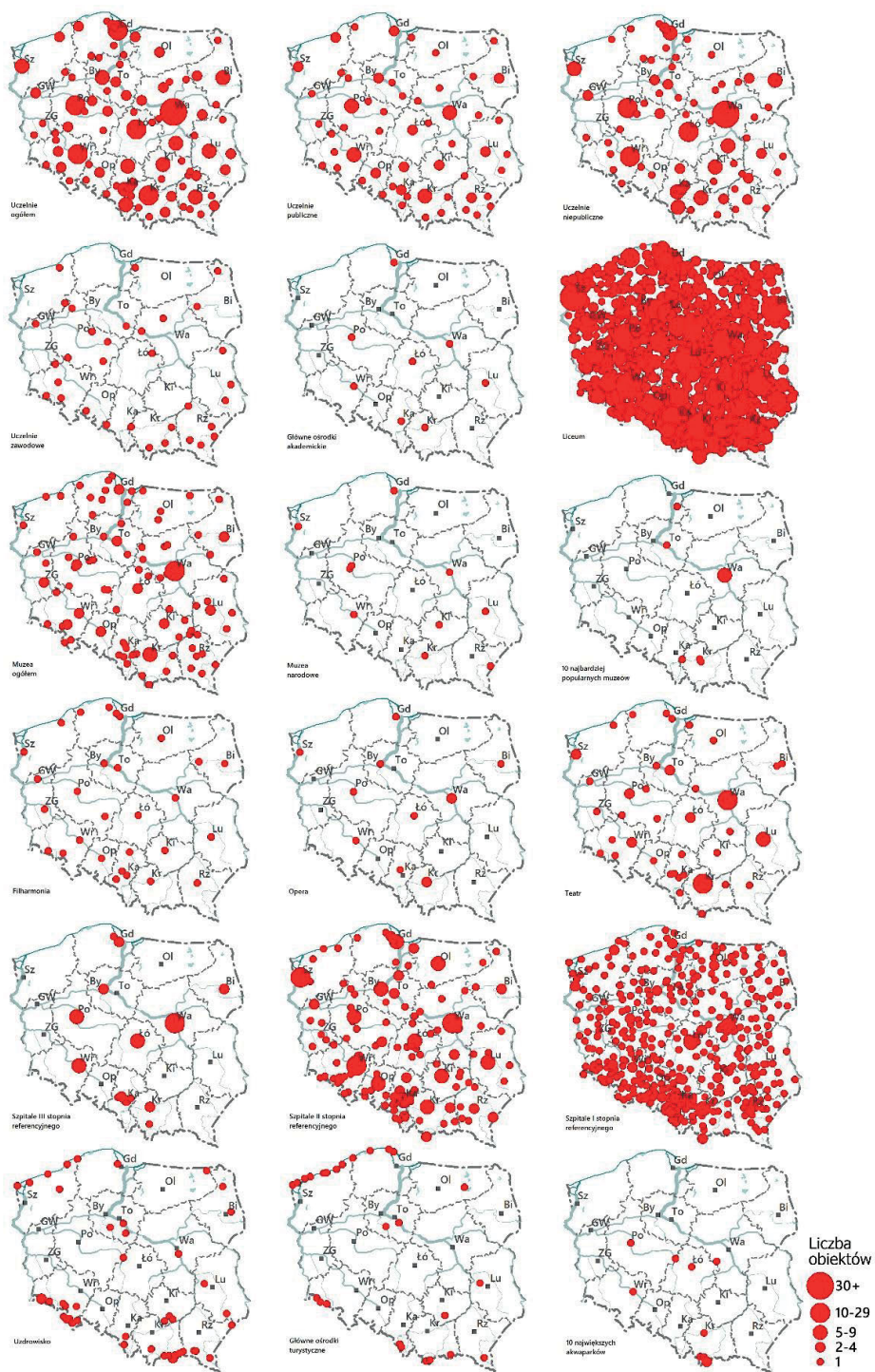
Tabela 2.2. Opis lokalizacyjny usług, wykorzystanych a w analizach

Rodzaj usług	Badane poziomy szczegółowe	Liczba obiektów w Polsce	Liczba miast (gmin)	Źródło danych	Uwagi
Edukacja	uczelnie wyższe	313	92	MEiN	badane w podziale na uczelnie publiczne i niepubliczne oraz z wyróżnieniem PWSZ
	główne ośrodki akademickie	9	9	opr. własne	miasta, w których spełnione były warunki: lokalizacja uniwersytetu oraz co najmniej 2 rodzajów uczelni specjalistycznych (np. uniwersytet ekonomiczny, rolniczy lub co najmniej 10 uczelni ogółem. Warunki te spełniły: Gdańsk, Katowice (konurbacja), Kraków, Lublin, Łódź, Poznań, Warszawa, Wrocław
	liceum	876	862	MEiN	
Zdrowie	szpitale 1. stopnia referencyjnego	470	382	MZ	
	szpitale 2. stopnia referencyjnego	256	132	MZ	
	szpitale 3. stopnia referencyjnego	59	15	MZ	
	uzdrowiska	45	45	MZ	
Kultura	filharmonie	29	29	MKiDN	
	muzea narodowe	10	10	MKiDN	
	muzea krajowe	130	91	MKiDN	
	opery	13	10	MKiDN	
	teatry dramatyczne	86	38	Instytut Teatralny	

Tabela 2.2 c.d.

Rodzaj usług	Badane poziomy szczegółowe	Liczba obiektów w Polsce	Liczba miast (gmin)	Źródło danych	Uwagi
Turystyka i rekreacja	główne ośrodki turystyczne	20	20	GUS	gminy, w których w latach 2010-2014 odnotowano co najmniej 1,8 mln udzielonych noclegów (brak nowszych danych)
	parki wodne	10	10	parki-wodne. pl	suma lustr wody >2 tys. m2
Rynek pracy	ośrodki „wielkiej piątki”	5	około 100 (miastardzenie wraz ze strefami zewnętrznymi)	opr. własne	aglomeracje Warszawy oraz Krakowa, Poznania, Trójmiasta i Wrocławia

Źródło: opracowanie własne.



Ryc. 2.10. Lokalizacje usług, branych pod uwagę w analizach

2.7. Algorytmy obliczeniowe oraz wizualizacja graficzna, w tym kartograficzna

Wyniki analiz zobrazowano na mapach-kartogramach i kartodiagramach, wykresach oraz w zestawieniach tabelarycznych. Wykorzystano kilkadziesiąt podkładów wektorowych sieci miast, dróg (samochodowych i kolejowych), rzek, granic administracyjnych zgodnych z TERYT, siatki grid itp. Zbiór roboczy zawiera około 1,5 tys. plików informatycznych. Obliczenia techniczne dostępności wykonano w programie TransCAD 4.8, a wizualizację i część innych obliczeń (np. ekwidystantowych) w programie MapInfo Professional 12.5 i 16.0. Jeśli chodzi o wyznaczanie izochron, wykorzystany był tzw. algorytm zachłanny najkrótszej ścieżki [Dijkstra, 1959].