

# FORMY I CHARAKTERYSTYKI PARAMETRÓW SPLOTOWEGO MODELU POŚREDNICH MOŻLIWOŚCI DLA RUCHÓW DO PRACY W DUŻYCH AGLOMERACJACH<sup>1</sup>

---

**Christoph Glogowski**

dr. inż. arch., Kolberger Str. 24E, D - 76139 Karlsruhe,  
tel.: +49 0721 / 4024668, e-mail: dr.ch.glogowski@  
kabelbw.de

**Tadeusz Zipser**

prof. dr hab., Politechnika Wrocławska, 50-317 Wroc-  
ław, ul. B. Prusa 53/55, tel.: +48 71 328 3158,  
e-mail: tadeusz.zipser@pwr.wroc.pl

---

***Streszczenie.** Problematyka właściwego doboru parametrów i określenie ich wartości liczbowych w modelach wymiany ruchu stanowi kluczowe zagadnienie dla ich właściwego zastosowania. Modele oparte na klasycznej teorii pośrednich możliwości, jakkolwiek z definicji jednoparametrowe, doczekały się wielu publikacji odnoszących się do sterującego procesem rozkładu podróży parametru selektywności. Hipoteza splotowa wprowadza jednak dwa rozkłady prawdopodobieństwa, wykładniczy z selektywnością jako parametrem i rozkład równomierny, którego zakres i wartości liczbowe należy dopiero określić, aby uzyskać właściwy typ rozkładu splotowego. Problematyka ta stoi w centrum uwagi niniejszego opracowania. Analizie poddano rozkłady podróży do pracy uzyskane na podstawie wyników badań empirycznych. Określone na ich podstawie typy występujących rozkładów, zakres i wartości liczbowe parametrów skonfrontowano następnie z teoretycznymi wykresami rozkładów splotowych. Zwrócono przy tym uwagę na przestrzenne aspekty występowania poszczególnych wariantów splotu. Powyższe rozważania zilustrowano na przykładzie trzech aglomeracji, Wrocławia, Frankfurtu n. Menem i Kassel.*

***Słowa kluczowe:** teoria pośrednich możliwości, hipoteza rozkładu splotowego, model wymiany ruchu, parametry modelowe*

## 1. Wprowadzenie

Problematyka właściwego doboru parametrów oraz określenie ich wartości liczbowych w modelach wymiany ruchu stanowi kluczowe zagadnienie dla ich optymalnego zastosowania. Modele oparte na klasycznej teorii pośrednich możliwości, jakkolwiek z definicji jednoparametrowe, doczekały się wielu publikacji odnoszących się do sterującego procesem rozkładu podróży parametru selektywności [1, 2]. Parametr ten, jak stwierdzono w przeprowadzonych przez autorów wielostronnych studiach, posiada uniwersalny charakter, a jego wartości liczbowe korelują z wielkościami i stopniem rozwoju struktur jednostek osadniczych [3].

---

<sup>1</sup> Wkład autorów w publikację: Glogowski C. 50%, Zipser T. 50%

Ponieważ model pośrednich możliwości (intervening opportunities) nie jest tak popularny, a nawet tak znany jak starszy od niego model grawitacji, celowe jest przypomnienie jego zasadniczych, wyróżniających cech wersji, która jest tu rozważana. Powstała ona na Politechnice Wrocławskiej w ramach szeroko zakrojonych prac wykorzystujących w różny sposób i dla różnych celów ideę modelu pośrednich możliwości. Zasadnicze różnice między mechanizmem tego modelu, a sposobem działania różnych odmian modelu grawitacji (łącznie z pokrewnym modelem A. G. Wilsona) są następujące:

1. Model pośrednich możliwości (MPM) określa prawdopodobieństwo jedynie zakończenia podróży w danym obszarze, które odnosi się do ustalonej liczby podróży rozpoczynanych (źródeł) w pewnym rejonie. Nie może zachodzić nierówność sumy podróży rozesłanych z rejonu, a liczbą tychże źródeł, nie ma więc potrzeby przywracania (na ogół iteracyjnego) tej zgodności. Może nastąpić jedynie niedobór wynikający z faktu, że część podróży, jako niezaspokojona znalezieniem właściwego celu musi udać się dalej poza układ (lub wywołać rezygnację).
2. Bezpośrednia odległość między źródłem ruchu, a wchodzącym w rachubę celem nie ma żadnego znaczenia. Decyduje jedynie kolejność rozważanych okazji.
3. Prawdopodobieństwo akceptacji rozważanego celu zależy od czynników cywilizacyjnych, takich jak zróżnicowanie ofert, specjalizacja, podział pracy, itd. i w związku z tym należy oczekiwać ich uniwersalnego i powtarzalnego wymiaru.

Z powyższych cech wynika cecha następna i ogólna polegająca na tym, że model ten w równym stopniu informuje o przepływach wewnątrz dużej struktury zagospodarowania, jak i o siłach tę strukturę kształtujących. Może więc służyć do symulacji zawiązywania się układów, szczególnie pod kątem kształtu i nasilenia koncentracji.

Niezgodności bilansu przy celach, to znaczy braku równości liczby ruchów kończonych w rejonie, a liczbą znajdujących się w nim możliwości zakończenia podróży (celów), to kłopotliwa sytuacja obciążająca wszystkie modele wymiany ruchu (w modelach grawitacyjnych dotycząca także bilansu źródeł). Prowadzi to do technik wyrównywania bilansu procedurami, które zniekształcają założony mechanizm i dlatego trudne są do zinterpretowania. Chociaż pod tym względem kluczowy parametr modelu pośrednich możliwości, czyli selektywność kontaktu jest w silniejszym stopniu odbiciem motywów lokalizacyjnych, to jednak i on jest trudny do zaadaptowania do szczegółowych fluktuacji penetrowanego zbioru celów. To wydaje się być powodem dlaczego „pośrednie możliwości” znacznie lepiej symulują sytuację wielko-skalowej wymiany ruchu niż szczegółowe aplikacje wewnątrz tkanki miejskiej. Dlatego już w końcu lat 70. w zespole Politechniki Wrocławskiej wprowadzono znaczącą modyfikację do klasycznej postaci modelu pochodzącej z opracowania Chicago Area Transportation Study (CATS) z roku 1960. Modyfikacja ta dążyła do dostosowania wyników wykresów kumulatywnych przestrzennych rozkładów zakończeń podróży do zaobserwowanych regularności

w odchyleniach od spodziewanych „klasycznych” rozkładów. Należy zaznaczyć, że obserwuje się je w specyficznym układzie współrzędnych, to jest w odniesieniu do liczby potencjalnych zakończeń podróży, a nie jako funkcję pokonanej odległości.

Jako matematyczny aparat oddający dość wiernie charakter zaistniałych kilku rodzajów deformacji okazał się model operujący splotem dwu rozkładów prawdopodobieństwa: jednego będącego klasycznym rozkładem modelu pośrednich możliwości, czyli rozkładem wykładniczym prawdopodobieństwa oraz drugiego, który jest odpowiednikiem „białego szumu” w teorii informacji – rozkładu jednostajnego o różnym zasięgu i różnym usytuowaniu na osi  $x$ -ów.

Hipoteza splotowego rozkładu prawdopodobieństwa akceptacji okazji wprowadza, więc do mechanizmu modelowego dwie funkcje, funkcję wykładniczą z selektywnością  $p$  (w anglojęzycznych publikacjach oznaczana jest symbolem  $L$ ) jako zasadniczym parametrem oraz funkcję prostokątną. Określenie parametrów drugiej z nich wyznacza zarówno zakres jej wielkości, jak i przesądza o typie zastosowanej w modelowaniu rozkładu podróży funkcji wynikowej.

W prezentowanym artykule ograniczono się do analiz obu funkcji i ich parametrów badając kumulatywne rozkłady zakończeń podróży do pracy uzyskane na podstawie danych empirycznych dla wybranych układów miejskich o różnym stopniu rozwoju struktury przestrzenno - funkcjonalnej oraz roli w otaczającym ją systemie osadniczym.

Określone na tej podstawie kształty wykresów kumulatywnego wzrostu liczby zakończonych podróży skonfrontowano z przebiegami dystrybuant rozkładów teoretycznych o różnym doborze parametrów i wielkościach ich zakresów. Zwrócono również uwagę na przestrzenne aspekty występowania poszczególnych wariantów funkcji splotowej. Powyższe rozważania zilustrowano przykładami aglomeracji Wrocławia oraz Frakfurtu n. Menem i Kassel, posiłkując się również wynikami uzyskanymi dla innych miast.

## 2. Warianty rozkładów splotowych

### 2.1. *Rozkład wykładniczy*

Podstawowym rozkładem modelu wymiany ruchu pozostaje nadal rozkład wykładniczy, logiczne jest więc spostrzeżenie, że na jego parametr, selektywność podróży  $p$  należy zwrócić szczególną uwagę. Dobranie właściwej wielkości selektywności, szczególnie dla kategorii ruchów do pracy jest stosunkowo proste, zwłaszcza, że w toku szerego prac badawczych, przeanalizowano wiele empirycznych rozkładów penetracji zbiorów okazji dla krajowych jednostek osadniczych w różnych przedziałach czasowych. Autorzy artykułu uzupełnili je o analizy wykonane dla wybranych miast niemieckich, opierając się na danych uzyskanych ze spisu powszechnego i spisu zatrudnienia przeprowadzonych równocześnie w 1987 roku.

Przeprowadzone obliczenia wartości liczbowych parametru selektywności wykonano korzystając ze wzoru wyprowadzonego bezpośrednio z formuły pośrednich możliwości i zapisanego jako:

$$p = \frac{h \frac{I}{R}}{a} \quad (1)$$

gdzie:

$a$  - liczba okazji zawartych w badanym rejonie,

$h \frac{I}{R}$  - logarytm naturalny z odwrotności  $R$  rozumianej jako ułamek potrzeb niezaspokojonych w badanym rejonie.

Powyższy wzór, łatwy do zastosowania w praktyce, ma również tą przewagę nad metodami wiążącymi selektywności z charakterystykami rozkładów ruchu takimi jak przykładowo średnia długość podróży, że w pełni uniezależnia pomiar parametru od wzorca, na podstawie którego przeprowadzana jest równocześnie jego kalibracja. Ten ostatni aspekt poruszany był jako generalny mankament badań amerykańskich testujących zgodności parametrów modelowych zarówno w modelach pośrednich możliwości, jak i w modelach grawitacyjnych [4].

Jak podkreślono na wstępie wartość parametru selektywności ma uniwersalny charakter, stąd istnieje możliwość przyjmowania do modelowania konkretnych wartości liczbowych znanych z badań empirycznych dla innych jednostek osadniczych. Również rozkład wartości parametru  $p$  w miarę oddalania się do źródła ruchu przebiega zasadniczo według podobnego wzorca. Prawidłowości te zilustrowano zestawiając wartości selektywności dla wybranych rejonów komunikacyjnych takich miast jak Wrocław, Frankfurt n. Menem i Kassel.

*Tabela 1. Selektywności ruchów do pracy wybranych rejonów komunikacyjnych*

Rejony komunikacyjne			Potencjał rejonu		Wartość selektywności (p) x 10-6		
Nr.	Nazwa rejonu	Nr. Rej.	Źródła	Cele	Rejon źródłowy	R = ca. 50%	średnia dł. podr.
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Wrocław 1972</b>							
1.	Sródmiście - południe	2.	15 056	27 282	1,95	4,69	9,84
2.	ul. Sienkiewicza	4.	13 790	7 240	3,75	4,20	7,18
3.	pl. Grunwaldzki	5.	17 080	21 032	3,26	6,64	7,98
4.	ul. Jedności Narodowej	6.	17 909	2 531	3,90	6,64	6,64
5.	pl. Św. Macieja (pl. Engelsa)	7.	15 422	11 593	4,20	6,14	8,41
6.	ul. Swobodna - zachód	18.	4 094	644	24,88	6,32	6,79
7.	Huby, ul. Borowska	20.	6 033	5 502	6,66	5,52	7,62

8.	Biskupin	31.	4 423	1 299	19,01	8,45	8,19
9.	Karlowice	43.	3 685	5 636	11,90	8,35	10,20
10.	Liczba źródeł i celów całego układu		249 068	256 103	cały układ	wartości średnie	
11.					13,1	11,53	15,92
<b>Frankfurt n. Menem 1987</b>							
1.	Innenstadt - Ost	2.	2 645	13 501	53,36	29,60	4,50
2.	Westend - Ost	4.	5 024	17 909	36,49	13,80	4,53
3.	Nordend - Ost	7.	15 400	6 697	53,57	5,63	4,10
4.	Bornheim	9.	13 037	7 850	46,47	5,89	4,46
5.	Griesheim	19.	10 775	12 941	36,75	16,40	4,45
6.	Bockenheim	12.	12 564	17 559	31,97	9,57	4,46
7.	Sachsenhausen	13.	8 652	8 123	63,21	8,56	4,17
8.	Höchst	36.	3 824	7 433	80,30	23,31	3,86
9.	Liczba źródeł i celów całego układu		319 993	557 848			
<b>Kassel 1987</b>							
1.	Karthäuser Straße	3.	2 373	14 782	45,10	45,10	11,10
2.	Frankfurter Tor	4.	2 720	1 905	236,90	18,72	14,02
3.	Wehlheiden	7.	3 286	1 926	221,91	23,96	15,82
4.	Vorderer Westen	10.	6 109	6 584	92,10	33,40	16,50
5.	Kirchditmold	21	2 910	1 075	317,28	18,14	15,76
6.	Holländische Straße	24.	3 404	3 517	111,08	17,01	11,24
7.	Fasanenhof	29.	3 804	3 924	79,43	16,43	13,42
8.	Weserspitze	30.	4 116	4 300	115,94	33,59	13,24
9.	Liczba źródeł i celów całego układu		89 051	122 150			

Źródła: *Komplexowe badania ruchu we Wrocławiu 02.03.1972 cz. III BSiPK i KM, Wrocław, 1973.*

*Ausgewählte Strukturdaten über Bevölkerung am 25 Mai 1987 nach Gemeinde und Gemeindeteilen.*

*Ergebnisse der Volkszählung 1987. HLS, Wiesbaden, 1990.*

*Ausgewählte Strukturdaten über Arbeitsstätten und beschäftigten in den bessischen gemeinden und Gemeindeteilen am 25 Mai 1987.*

*Ergebnisse den Arbeitsstättenzählung 1987. HLS, Wiesbaden, 1990.*

*Berufsauspendler am 25 Mai 1987 nach Wohnsitzgemeinden und ausgewählten Zielgemeinden am 25 Mai 1987.*

*Ergebnisse der Volkszählung 1987. HLS, Wiesbaden, 1990.*

*Obliczenia własne.*

## 2.2. Rozkład prostokątny

Rozkład prostokątny wprowadzony został do modelu splotowego jako efekt stwierdzonych na podstawie wielu analiz kumulatywnych wykresów rozkładów podróży odstępstw od klasycznej reguły pośrednich możliwości w penetrowaniu zasobów okazji. Z operacyjnego punktu widzenia są one równoznaczne ze zmianą w kolejności penetrowania zbioru celów, względnie jego rozrzedzenia. Te przypad-

ki przesunięcia kolejności mogą być interpretowane, jako efekt szczególnej zaostrejzonej konkurencji w określonym miejscu układu, bądź jako fakt, że rozmiary rejonu źródłowego wywołują znaczące różnice między poszczególnymi konkretnymi źródłami ruchu, co do zgodności z percepcją przestrzeni zakładaną w umownym środku ciężkości rejonu.

Dość wyrazista interpretacja jest tu możliwa dzięki wspomnianej okoliczności, że zapewniona jest zawsze zgodność bilansowa przy źródle i wykres może być traktowany jako jednoznaczny obraz prawdopodobieństwa przestrzennego rozkładu zakończenia podróży.

Interpretowany najogólniej jako strefa zakłóceń wyboru decyzji spowodowanych wpływem różnorodnych uwarunkowań, jako funkcja gęstości zapisany jest następująco:

$$f(x) = \frac{I}{d-b} \quad \text{dla } b \leq x \leq d \quad (2)$$

$$0 \quad \text{dla } x < b \text{ lub } x > d$$

gdzie:  $b$  i  $d$  to dowolne stałe, przy czym  $b < d$ .

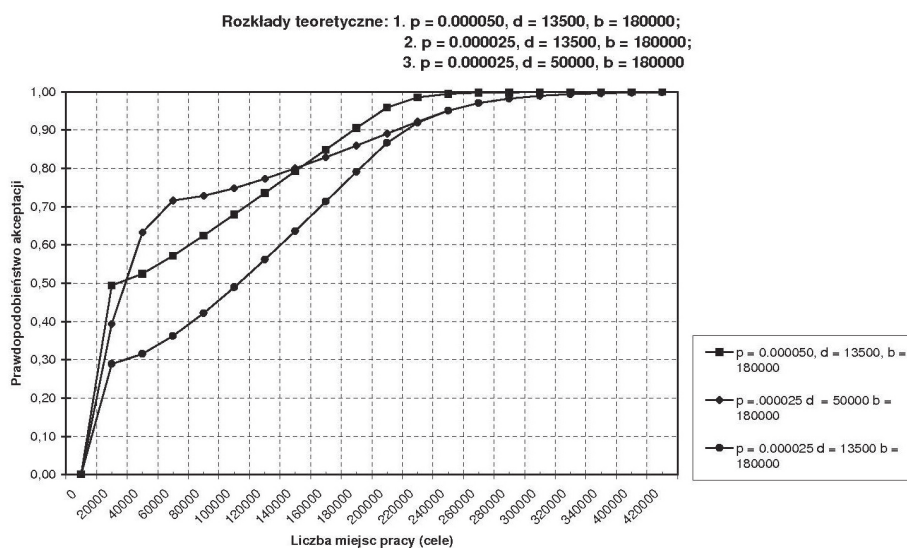
Istotną cechą w interpretacji tego rozkładu jest jego typowo matematyczny charakter, niezwiązany bezpośrednio z czynnikami np. socjoekonomicznymi. Na obecnym etapie badań nie stwierdzono także istotnych prawidłowości, zarówno, gdy chodzi o jego zakres, wielkości, jak i lokalizację na osi  $x$ .

### 2.3. Rozkład splotowy

O charakterze rozkładu splotowego, będącego z definicji zmodyfikowaną wersją oryginalnych funkcji, przesądza w głównej mierze wielkość oraz położenie na osi  $x$  przedziału wartości  $\langle b, d \rangle$ . Dla potrzeb modelowania komunikacyjnego przyjęto więc trzy podstawowe warianty lokalizacji tego zakresu, co określa jednocześnie typ wykresu splotowego.

- Typ I.        dla  $d = 0$  oraz  $b > 0$ ,
- Typ II.      dla  $d < 0$  oraz  $b > 0$  i
- Typ III.     dla  $d > 0$  oraz  $b > 0$

Nie omawiając tutaj szczegółowo poszczególnych rozkładów, zilustrowano jedynie wpływ wartości zmiennych obu funkcji ( $p$  i  $\langle b, d \rangle$ ) na wynikowy kształt wykresu.



Rys. 1. Rozkłady teoretyczne dla kilku wartości parametrów splotowych

### 3. Analizy rozkładów podróży kategorii dom - praca

Podane powyżej teoretyczne przesłanki splotowej hipotezy teorii pośrednich możliwości skonfrontowano z empirycznymi wynikami badań penetracji okazji w różnych kategoriach przejazdów. Bliższa analiza wyników pokazała jednak, że najodpowiedniejszą dla tego typu porównań jest jednak kategoria dom - praca. Ponieważ rola i znaczenie tej kategorii w całodobowym rozkładzie podróży jest powszechnie znane, podkreślić w tym miejscu należy jedynie fakt, że stosunkowo łatwo definiuje się dla niej źródła i cele, a do dyspozycji stoi szeroki wachlarz danych z różnorodnych badań pomiarów ruchu dla wielu jednostek osadniczych.

Splotowa forma modelu pozwoliła otrzymać bardzo dobre odzwierciedlenia sytuacji rzeczywistych we Wrocławiu i Wałbrzychu już w pierwszej iteracji, gdy współczynniki korelacji sięgające 0,98 dla porównań rzeczywistych i wymodelowanych wierszy, kolumn i pierścieni oddalenia dotyczyły rejonów wysyłających od 70% (Wrocław) do 76% (Wałbrzych) wszystkich ruchów do pracy (współczynniki korelacji wyższe niż 0,8 - tab. 2.).

Tabela 2. Współczynniki korelacji ruchów do pracy w rejonach komunikacyjnych Wałbrzycha. Model splotowy, korelacja całości układu: 0,9114

WAŁBRZYCH: KORELACJA W PIERŚCIENIACH WG ŹRÓDEŁ	
NR REJONU	I PRZYBLIŻENIE
1	0,9829
2	0,9378
3	0,9802

4	0,9406
5	0,9846
6	0,8884 <i>minimum</i>
7	0,8988
8	0,9678
9	0,9887
10	0,9766
11	0,9869
12	0,9832
13	0,9923
14	0,9792
15	0,9797
16	0,9971
17	0,9916
18	0,9898
19	0,9616
20	0,9620
21	0,9817
22	0,8990

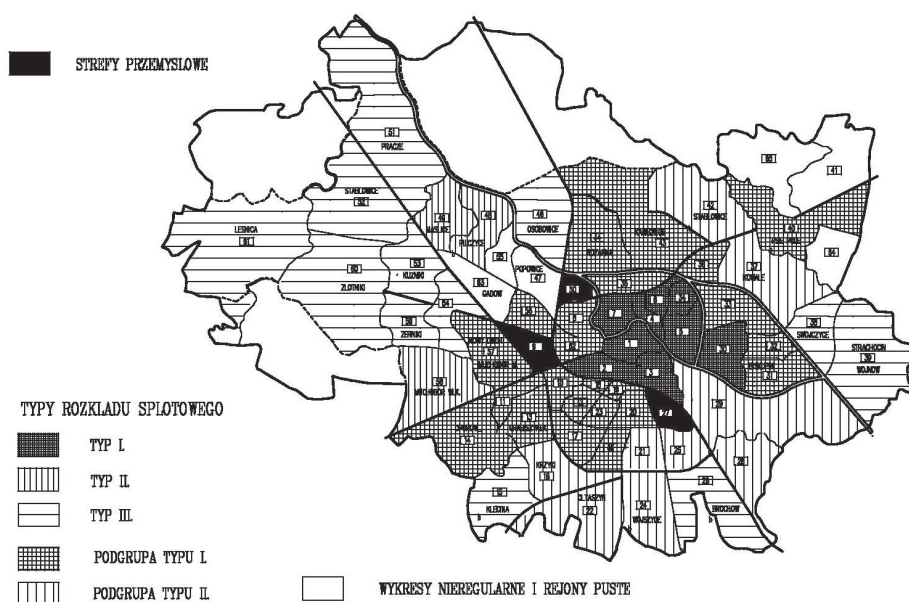
Oczywiście, aby doprowadzić do zupełnej zgodności trzeba było i tu zastosować postępowanie iteracyjne (tzw. cofanie nadwyżek i ponowne ich rozesłanie), co nie jest jednak sprzeczne z zasadą mechanizmu modelu i dotyczy tylko fluktuacji jednego parametru, a przede wszystkim dotyczy niewielkiej części ruchu.

### 3.1. Analizy rozkładów podróży w obszarze aglomeracji wrocławskiej

Pierwsze w kraju, szeroko zakrojone badania, pod kątem zastosowania idei pośrednich możliwości, więźb wymian ruchu pomiędzy rejonami komunikacyjnymi przeprowadzone zostały dla aglomeracji wrocławskiej, wykorzystując dane zebrane w toku kompleksowych badań ruchu w okresie od listopada 1971 do listopada 1972 [5] oraz z badań ankietowych z roku 1965 [6]. Zebrany materiał obejmował nie tylko rzeczywiste więźby wymiany ruchu dla wszystkich rejonów komunikacyjnych miasta, również uzyskano aktualne dla nich tabele dostępności.

Otrzymane wykresy dystrybuant rozkładów podróży dla obydwu przedziałów czasowych (1965 i 1972) stały się bazą dla pierwszych empirycznych analiz przebiegu samych krzywych i dalej, typologii rozkładów oraz ich przestrzennego rozmieszczenia. Posługując się podaną w punkcie 2.3 typologią wykresów można wysunąć sugestie, że dominującymi rozkładami były rozkłady typu I i II, a jedynie rejonu peryferyjne, znacznie oddalone od rdzenia aglomeracji charakteryzował typ III. Dla żadnego rejonu nie zaobserwowano natomiast typowego, klasycznego rozkładu wykładniczego. Występowanie poszczególnych rozkładów dla rejonów komunikacyjnych 1972 r. pokazano na rys. 2.



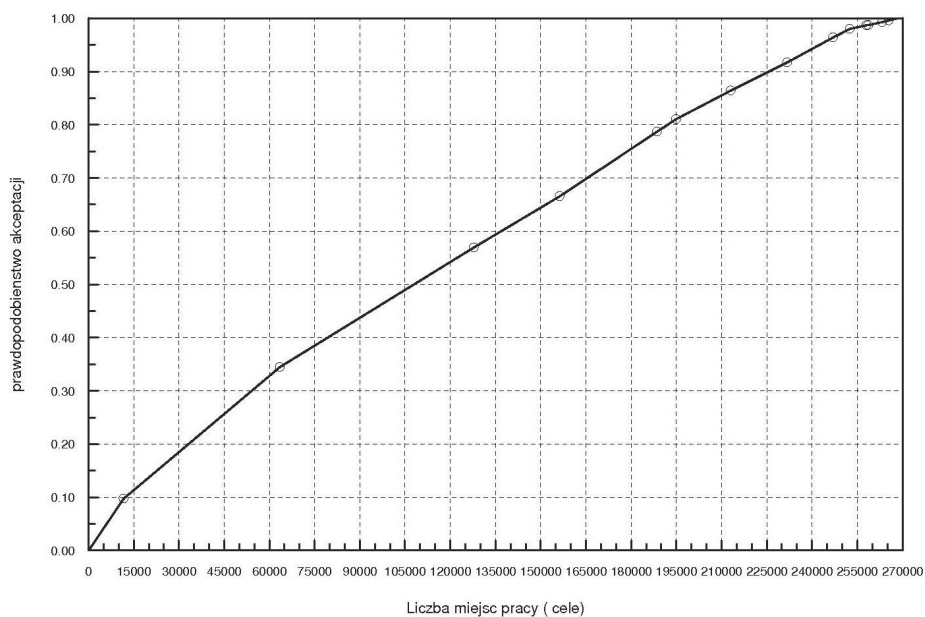


Rys.2. Wrocław 1965- 1972 - przestrzenne rozmieszczenie typów rozkładów podróży

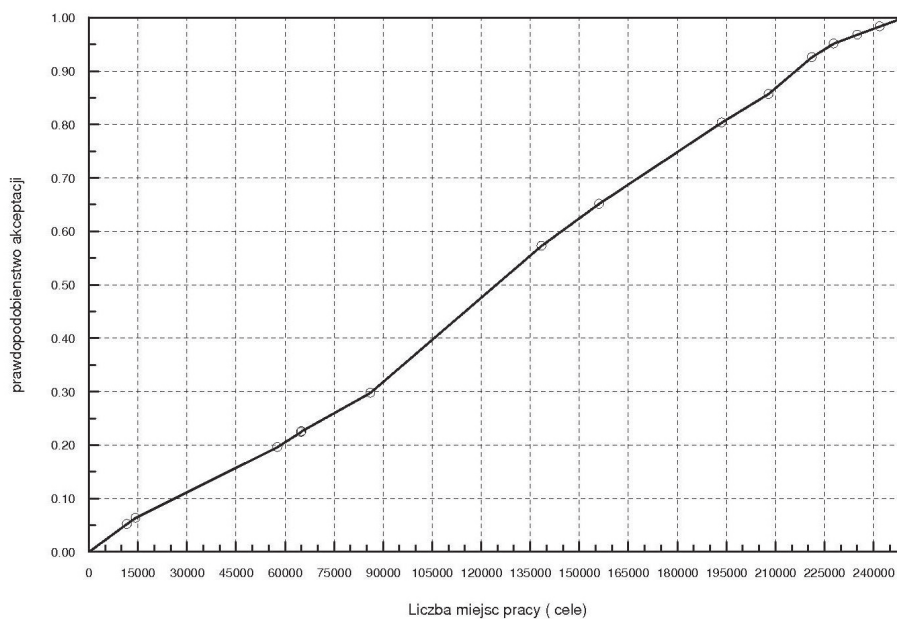
Przestrzenne rozmieszczenie poszczególnych typów rozkładów spłotowych cechuje dominacja I typu w ścisłym centrum aglomeracji. Jeżeli dodać warianty tego typu rozkładu, można zauważyć, że rozmieszczenie ich pokrywało się ze zwartym obszarem śródmiejskim. Co nie jest też niespodzianką, osiedla podmiejskie i peryferyjne, zwłaszcza w części zachodniej aglomeracji charakteryzował III typ rozkładu o przesuniętych strefach zakłóceń w przebiegu procesu akceptacji okazji.

Nie omawiając szczegółowo rodzajów i przebiegu penetracji zbiorów okazji dla poszczególnych rejonów, wykorzystując natomiast fakt, że do dyspozycji stały dane z pomiarów ruchu dla dwóch przedziałów czasowych, 1965 i 1972 roku, porównano sporządzone odpowiednio dla nich wykresy dystrybuant rozkładów podróży. Trudność sprawiły różne w niektórych częściach miasta podziały na rejon komunikacyjny, niemniej większość badanych rejonów nie wykazywała się większymi różnicami terytorialnymi. Porównując wyniki dla omawianych okresów można ogólnie stwierdzić, że nie zaobserwowano istotnych różnic, jeśli chodzi o typy spłotów dla poszczególnych rejonów. Występujące natomiast różnice obejmowały niewielkie odchylenia przebiegu samych krzywych, co da się tłumaczyć zarówno zmianami systemów dostępności, jak i rozwijającym się zatrudnieniem i tworzeniem nowych miejsc pracy, co podnosiło chwilowo atrakcyjność zbioru okazji w niektórych częściach aglomeracji. Jako ilustracje tego zjawiska wybrano przykłady trzech rejonów, dwóch o stabilnej strukturze ludnościowej oraz jednego rejestrującego w tym przedziale czasowym znaczne przyrosty mieszkańców.

Pl. Św. Macieja (rej. nr 7), położony na styku Starego Miasta, dobrze skomunikowany z resztą aglomeracji, rejon o stabilnej strukturze ludnościowej i strukturze zatrudnienia. Odpowiednie rozkłady dystrybuant podano na rys. 3 i 4.



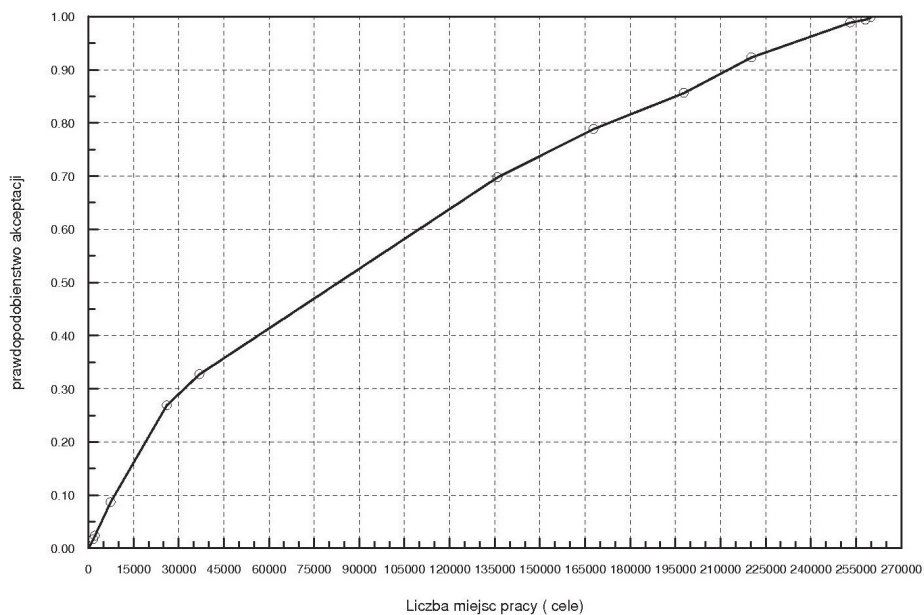
Rys. 3. Rejon nr 7 - Dystrybucja rozkładu podróży dla 1965 r.



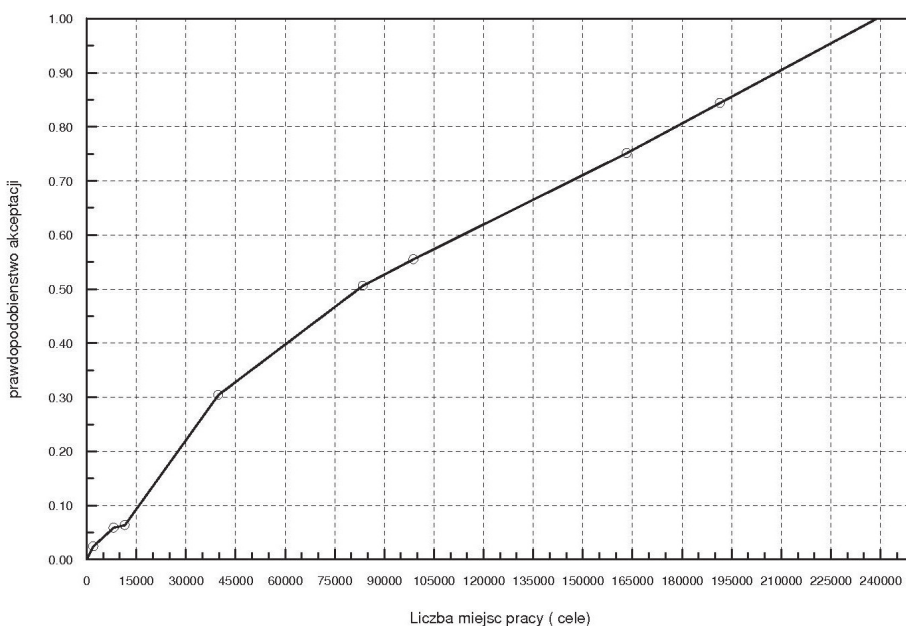
Rys. 4. Rejon nr 7 - Dystrybucja rozkładu podróży dla 1972 r.

Dla odmiany rejon Biskupina (rej. nr 31) to typowy obszar bliskiego obrzeża miasta, również stabilny zarówno, gdy bierze się pod uwagę miejsca pracy, jak

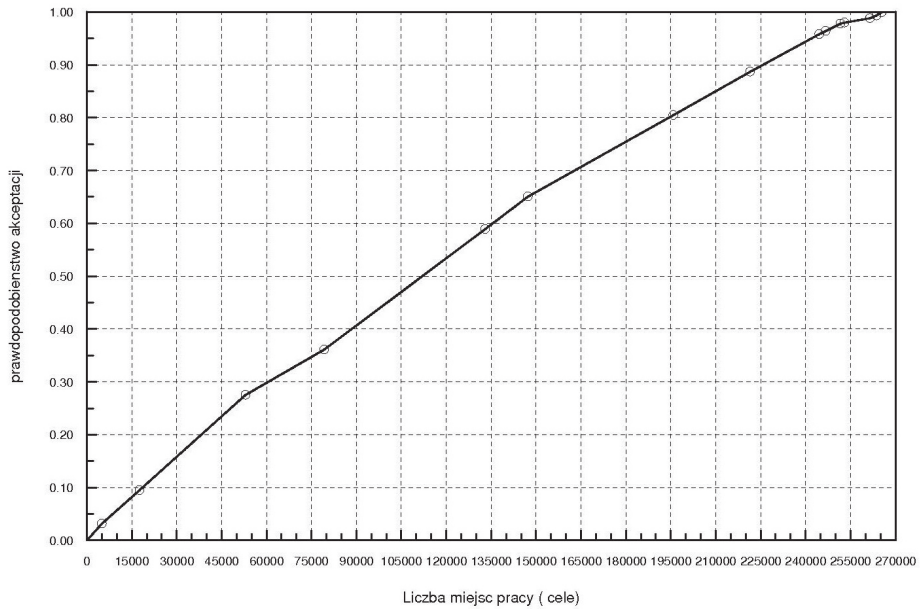
i strukturę społeczną ludności. System dostępności, sama jego geometria oraz najbliższe otoczenie, także charakteryzowały się dużym stopniem stabilności. Odpowiednie wykresy prezentują rys. 5 i 6.



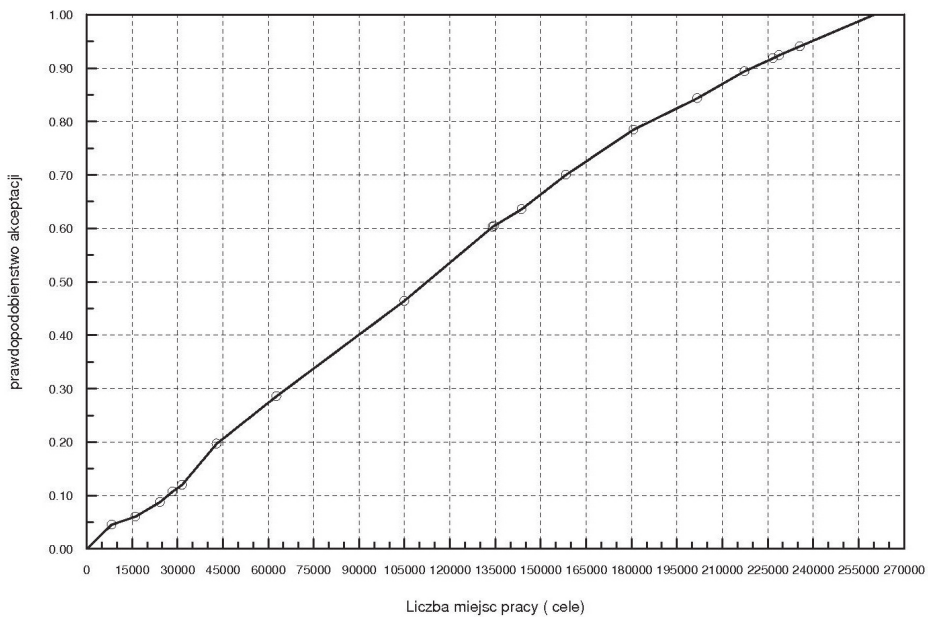
Rys. 5. Rejon nr 31 - Dystrybuanta rozkładu podróży dla 1965 r.



Rys. 6. Rejon nr31 - Dystrybuanta rozkładu podróży dla 1972 r.



Rys. 7. Rejon nr 10 - Dystrybuanta rozkładu podróży dla 1965 r.



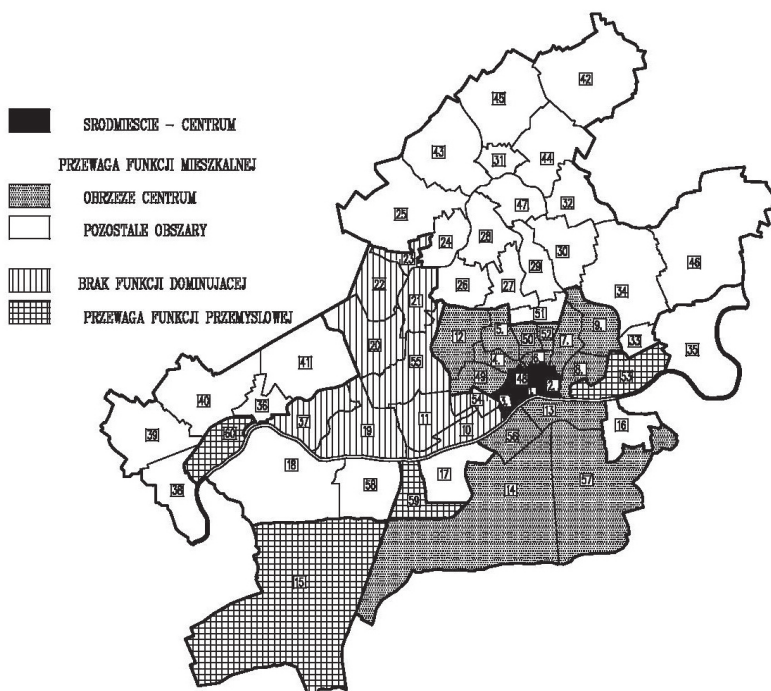
Rys. 8. Rejon nr 10 - Dystrybuanta rozkładu podróży dla 1972 r.

Dla odmiany rejon ul. Grabiszyńskiej i Gajowic (rej. nr 10) to obszar miasta, w którym dla omawianego okresu następował znaczny przyrost ludności, co w znacznym stopniu odbijało się w zmiennej, nie w pełni ustabilizowanej struk-

turze społecznej. Jednocześnie specyfika położenia rejonu w systemie dostępności wskazywała w obu przekrojach czasowych na strukturalne wady np. w połączeniach z południową częścią miasta. Pomimo to i w tym przypadku występujące odchylenia przebiegu krzywych mieściły się w granicach określonego typu rozkładu splitowego z lekkim zakłóceniem wzorca akceptacji w najbliższym zbiorze okazji.

### 3.2. Analizy rozkładów podróży w obszarze aglomeracji Frankfurtu nad Menem

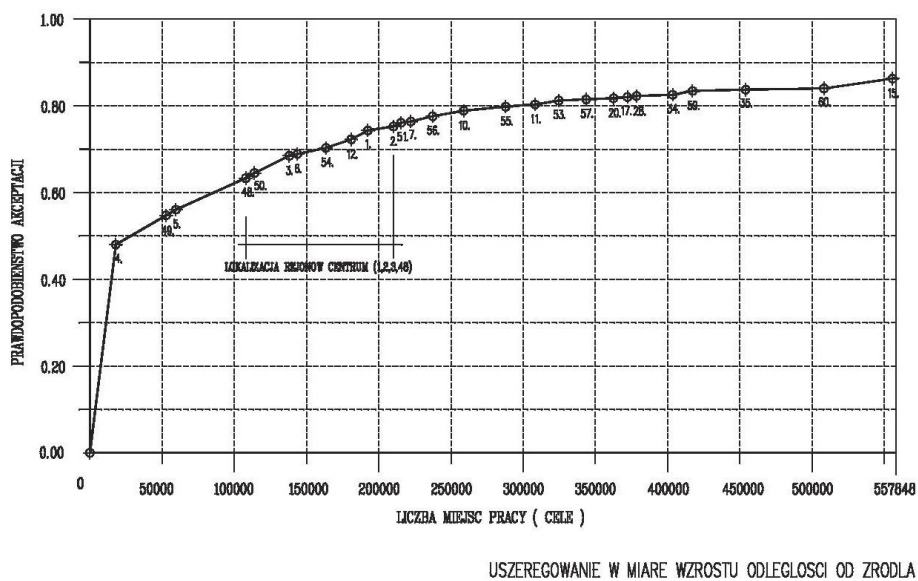
Frankfurt n. Menem stanowi dobry przykład aglomeracji zdecydowanie dominującej w systemie osadniczym dynamicznie rozwijającego się regionu (Rhein - Main Gebiet). Układ typowo otwarty (wyjazdy ca. 45300 oraz przyjazdy ca. 329179 osób) o ponad przeciętnym zatrudnieniu (ca. 557848 zatrudnionych przy potencjale źródłowym miasta ca. 298084 osób), ulegającym w badanym okresie (1987) dynamicznej restrukturalizacji. Również charakterystyczną cechą była i jest wyraźna dominacja rdzenia miasta (ca. 97628 miejsc pracy), przy jednoczesnych dużych skupiskach miejsc pracy na obrzeżu (lotnisko frankfurckie ca. 41180 zatrudnionych i zakłady Höchst ca. 30190 zatrudnionych) [7]. System komunikacyjny w badanym okresie to gęsta sieć komunikacji masowej i indywidualnej, zapewniająca dobrą dostępność komunikacyjną wszystkim rejonom miasta. Strukturę przestrzenno - funkcjonalną przedstawiono na rys. 9.



Rys. 9. Frankfurt n. Menem. Struktura przestrzenno - funkcjonalna

Przeprowadzone badania kumulatywnych rozkładów zakończeń podróży oparte zostały na zestawach danych opracowanych na podstawie wyników i materiałów narodowego spisu powszechnego [8] oraz spisu zatrudnienia [9] przeprowadzonych w 1987 roku. Również z tego źródła pochodzą tabele dostępności, obliczone dla wyjściowych rejonów komunikacyjnych o przyjętym bardzo drobnym podziale, co umożliwiło następnie precyzyjne lokalizowanie środków ciężkości zagregowanych dla celów prognostycznych i badawczych właściwych rejonów obliczeniowych (Planzelle). Ta dokładna i kompleksowa baza danych pozwoliła na opracowanie wyjątkowo precyzyjnych, a co najistotniejsze, w pełni porównywalnych z innymi miastami niemieckimi, analiz wzorców rozkładu penetracji zbiorów okazji.

Wykonane w ramach studiów VDRM (Verkehrsdatenbasis Rhein – Main 1991) matryce czasów przejazdów i odległości w sieci ulicznej uzupełnione przez autora referatu matrycą połączeń w liniach powietrznych uelastyczyły możliwości wykonania pomiarów oraz stały się punktem wyjścia do oceny oddziaływania systemu dostępności na rozkład rozplywu podróży dla stałego zbioru okazji. Rozszerzeniem tego toku rozumowania było skonfrontowanie dwóch systemów szeregowania rejonów komunikacyjnych, a mianowicie układu dowolnych kordonów czasowych lub odległościowych oraz uszeregowania poszczególnych rejonów w rangowej kolejności progresji odległości.



Rys. 10. Rejon 4 - Uszeregowane rejonów w miarę wzrostu odległości od źródła

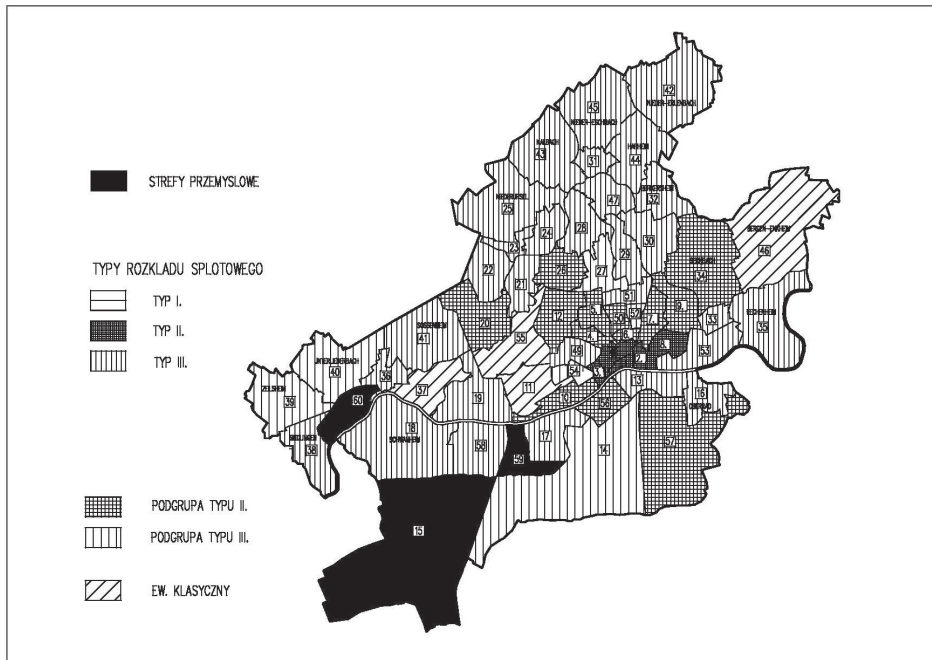
Bliższa analiza wszystkich wykresów dystrybuant rozkładów podróży pozwoliła wysunąć przypuszczenie, że przy dużej ilości przedziałów wyniki dla wszystkich tak zdefiniowanych systemów dostępności nie wykazują istotnych różnic. Podkreślić również należy, że przyjęcie tabeli odległości mierzonej w liniach powietrznych

przy odpowiednio dobranych wielkościach rejonów obliczeniowych i gęstym systemie dostępności nie wpływa na jakość i dokładność uzyskiwanych rezultatów. Przykład przebiegu wykresu dystrybuanty rozkładu podróży w systemie uszeregowania w rangowej kolejności wzrostu odległości pokazano na przykładzie rejonu nr 4 Westend.

Niezależnie od spostrzeżeń dotyczących systemów dostępności, podstawowym celem badań, jak podkreślono na wstępie, było określenia typów i charakterystyk wykresów splotowych każdego rejonu komunikacyjnego. Otrzymane wykresy i tabele wynikowe, dla każdego rejonu w kilku opisanych powyżej systemach dostępności, nie odbiegały od oczekiwań opartych na teoretycznych przesłankach, niemniej zaobserwowano odchylenia od rezultatów wcześniej przeprowadzonych studiów. Podstawowym spostrzeżeniem jest fakt pełnego potwierdzenia splotowego charakteru wykresów dystrybuant rozkładów podróży, z jednym zastrzeżeniem, a mianowicie tym, że nie udało się wyodrębnić kształtu krzywej odpowiadającej I typowi splotu, który dla wcześniej wykonanych analiz charakteryzował zwłaszcza centralne obszary jednostek osadniczych. Wystarczy wskazać tu tylko na przykłady Wrocławia w obu przekrojach czasowych, badania aglomeracji warszawskiej czy też studia dla Eindhoven z roku 1973 (rejon centrum i dwa rejony bezpośredniego obrzeża) [10]. Również nietypowym zjawiskiem było pojawienie się wykresów niedających się jednoznacznie sklasyfikować jako krzywych splotowych, natomiast bardzo zbliżonych do rozkładu klasycznego. Zjawisko to wymaga bliższej analizy, a zwłaszcza wykonania szeregu obliczeń teoretycznych, niemniej można się w tym wypadku sugerować efektem ciągłego rozkładu okazji w przeważającej części struktury miejskiej dla kilku, jednocześnie uprzywilejowanych w systemie dostępności, rejonów. Podkreślić jednak należy, że na tym etapie badań pomimo wielokierunkowych i precyzyjnych analiz wyjściowych, odniesienie poszczególnych wykresów empirycznych do krzywych modelowych nie było jednoznaczne i co za tym idzie wymaga jeszcze dalszych porównań. Dotyczy to szczególnie II typu rozkładu z zakresem wartości ujemnych, które dla parametru  $d$  przyjmują wartości  $|-d| > b$  lub  $|-d| < b$ . Przestrzenne rozmieszczenie poszczególnych wstępnie sklasyfikowanych typów wykresów splotowych przedstawiono na rys. 11.

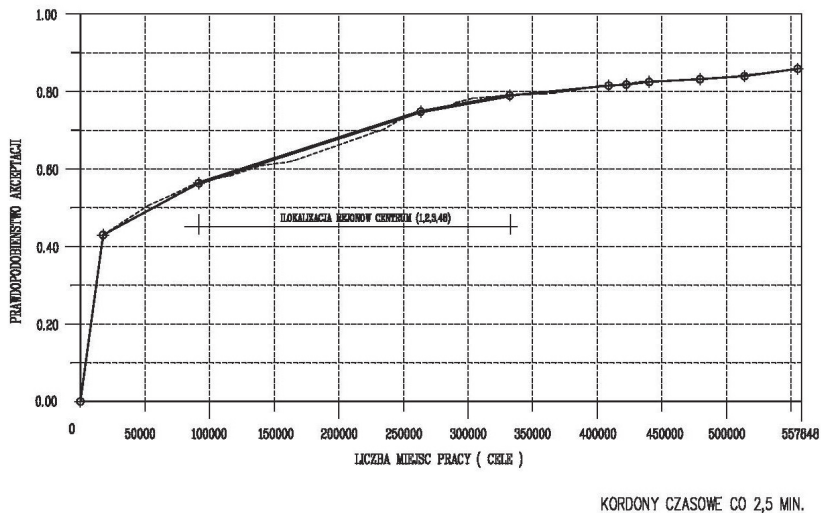
Jak można zauważyć, przestrzenna typologia rozkładów splotowych wykazuje duży stopień podobieństwa do obrazu struktury przestrzenno - funkcjonalnej (rys. 9), szczególnie w odniesieniu do rdzenia aglomeracji. Trudno przy obecnym zaawansowaniu badań wyjaśnić tę zbieżność, można jednak wysnuć przypuszczenie, że jest ona wywołana efektem specyfiki tego obszar z jego ogromnym zasobem różnorodnych aktywności. Jeżeli dodać do tego fakt, że okazje zlokalizowane w tym obszarze aglomeracji były akceptowane jako cele przez wszystkie rejony źródłowe, obraz specyfiki tej części miasta stanie się bardziej zrozumiały.

Analizując przebieg wykresów dystrybuant rozkładów podróży od punktu osiągnięcia wyżej opisanego podzbioru okazji stwierdzono wyraźne zakłócenia przebiegu krzywych, co potwierdza prawidłowość wysuniętej hipotezy o odmiennym mechanizmie procesu wyboru celu dla tego specyficznego zasobu okazji.



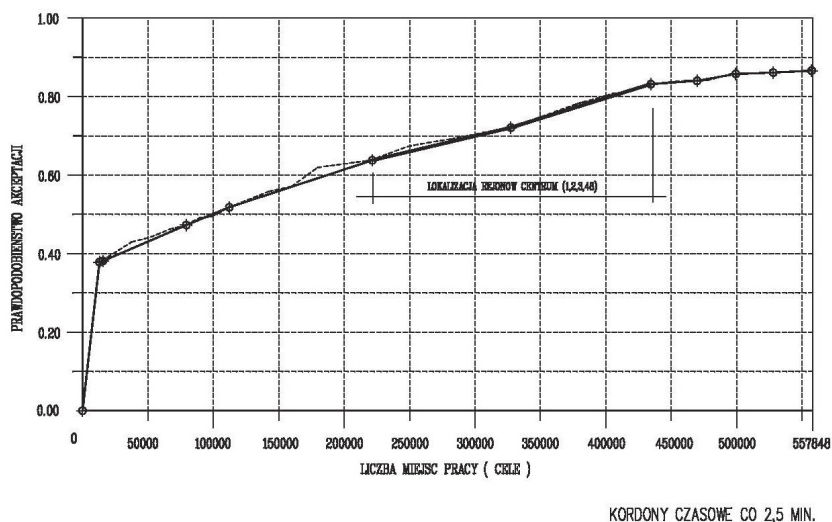
Rys.11. Frankfurt n. Menem - przestrzenne rozmieszczenie typów rozkładów podróży

Nie omawiając wszystkich wyników, jako ilustrację zaprezentowano wykresy dla rejonów Bockenheim (rejon nr 12 wchodzący w obszar najbliższego otoczenia centrum), Griesheim (rejon nr 19) i Bonames (rejon nr 31). Dwa ostatnie rejonu położone są w pewnym oddaleniu od centrum układu, charakteryzują się jednak odmienną strukturą funkcjonalno - przestrzenną (rys. 13).

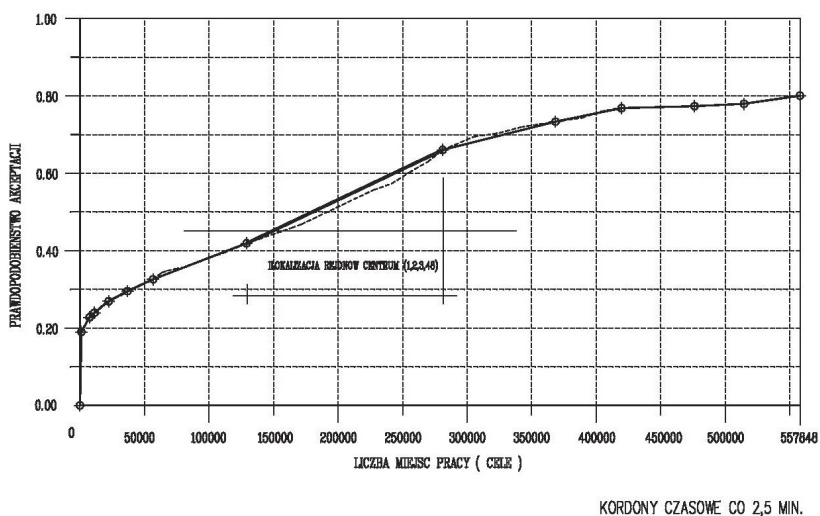


Rys. 12. Rejon 12 Bockenheim - dystrybuanta rozkładu podróży





Rys. 13. Rejon 19 Griesbeim - dystrybuanta rozkładu podróży



Rys. 14. Rejon 31 Bonames - dystrybuanta rozkładu podróży

Kończącym zagadnieniem omawianej problematyki dla przykładu Frankfurtu n. Menem jest analiza zakresu liczbowego strefy zakłóceń oraz próba określenia jej wielkości ( $d$  i  $b$ ). W pełni potwierdziła się także i w tym przypadku sugestia, że wartości te charakteryzują każdy rejon indywidualnie, w zależności od jego położenia w systemie dostępności. Jedynie zakres wielkości tego podzbioru okazji można ostrożnie określić, wyodrębniając strefę zakłóceń wiążącą się, jak sugerowano

uprzednio, z rdzeniem aglomeracji. Zestawienie liczbowe wartości  $d$  i  $b$  dla wybranych przykładów uzupełnione o potencjały aktywności rejonów, które stanowiły cele zakończeń podróży dla wszystkich źródeł i jako takie mogły oddziaływać na rozkład, co zostało już zasygnalizowane powyżej.

*Tabela 3. Wielkości stref zakłóceń dla wybranych rejonów komunikacyjnych*

Rejony komunikacyjne		Strefa zakłócenia przebiegu rozkładu				potencjał centrum		
Nr.	Nazwa rejonu	Nr. rej.	początek	koniec	wielkość	centrum	centrum*	ogółem
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Bockenheim	12.	112000	280000	168000	97628	71319	168947
2.	Griesheim	19.	190000	380000	150000	97628	71319	168947
3.	Bonames	31.	160000	310000	150000	97628	71319	168947
4.	rejon centrum					1,2,3,48	5,6,8,12, 13,50,54	

### *3.2. Analizy rozkładów podróży w obszarze aglomeracji Kassel*

Ostatnim z omawianych w artykule przykładów jest przypadek aglomeracji Kassel. Miasto to, jako centrum regionu o spadkowych tendencjach, zarówno, jeśli chodzi o ludność, jak i miejsca pracy, jest oddalone od innych większych aglomeracji, takich jak najbliższej położona Getynga (ca. 50 km), poza niewielką fazą wzrostu w latach 1985 - 1993 wykazuje stagnację w strukturze ludnościowej. Cechą charakterystyczną samej struktury miejskiej jest duży procent wolnych terenów zielonych, dobry system komunikacji masowej kompletnie zmodernizowanej po zniszczeniach wojennych z węzłem w centrum układu oraz wykształcenie się kilku silnych lokalnych ośrodków centralnych z jednoczesnym ubytkiem tych funkcji w dawnym historycznym centrum. Zatrudnienie w dwóch rejonach centralnych (rejon nr 1 Stare Miasto i rejon nr 3 Karthäuserstr.) wynosiło 31.996 przy ogólnej liczbie 122.150 miejsc pracy. Również odbiegający od standardów innych miast niemieckich był w tym okresie, z jednej strony dynamiczny wzrost udziału komunikacji masowej w ogólnej sumie przejazdów przy jednocześnie niskiej, poniżej średniej heskiej, liczbie samochodów na 1000 mieszkańców.

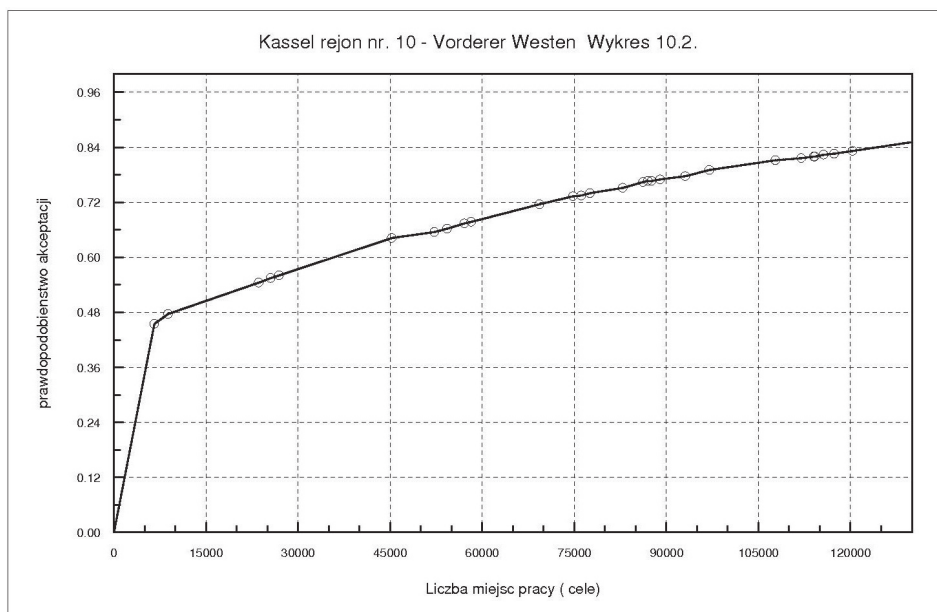
Przeprowadzone badania dojazdów do pracy oparte zostały, podobnie jak dla Frankfurtu n. Menem, na materiałach ze spisu powszechnego przeprowadzonego w 1987 roku [8, 9], uzupełnione jedynie o tabele dostępności udostępnione autorowi przez GVP des ZRK Kassel dla komunikacji masowej i indywidualnej w układzie 53 rejonów komunikacyjnych.

Rozkłady rozptyłu podróży, zarówno w układach kordonowych, jak i w uszeregowaniach rejonów w porządku rangowym narastającej odległości, zostały wyliczone odpowiednio dla wariantu komunikacji masowej i indywidualnej, co umożliwiło ich wzajemne porównanie. Jak się jednak okazało po przeprowadzeniu odpowiednich zestawień porównawczych, nie stwierdzono

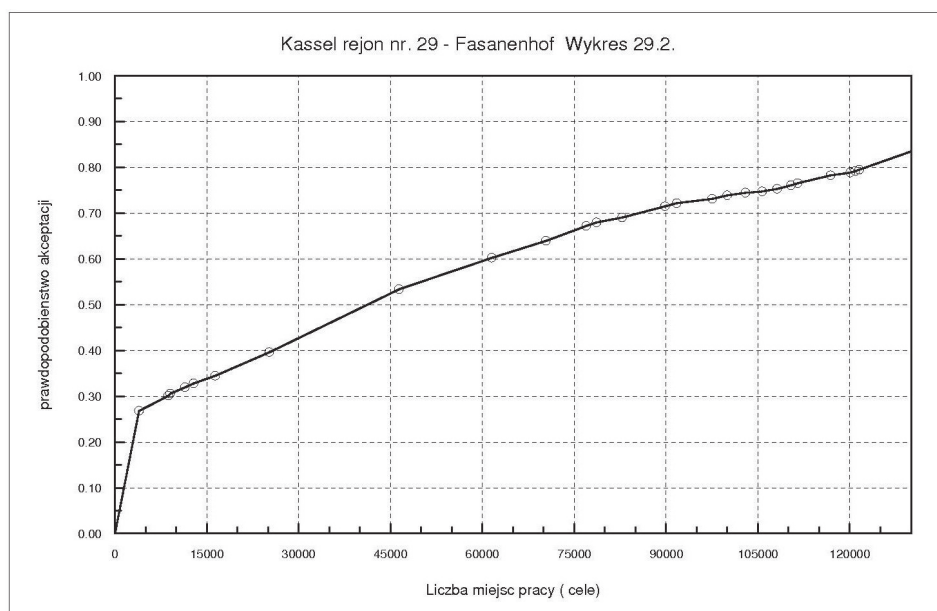
dla prawie wszystkich rejonów komunikacyjnych istotnych różnic w przebiegu samych krzywych splotowych. Wyjątkiem od tej prawidłowości był zaledwie jeden rejon (rejon nr 12 Brasselsberg), położony na obrzeżu aglomeracji i co wydaje się szczególnie istotnym, w niewielkiej odległości od zakładów VW w Baunatal (18.404 zatrudnionych) zlokalizowanych przy granicy administracyjnej miasta.

Analizując same liczby wyjazdów ze wszystkich rejonów źródłowych stwierdzono stosunkowo niski, jak na tę skalę wielkości miasta, procent akceptacji okazji w całokształcie oferowanych w systemie miejsc pracy. Odpowiednio dla 89.051 generowanych przejazdów i 122.150 oferowanych miejsc pracy, 12.826 osób (14,4%) opuściło jednak granicę miasta. Zjawisko to wymaga dalszych badań, chociaż można przypuszczać, że jest to efekt stałego przysuwania się miejsc pracy z obrębu samego miasta do jednostek osadniczych usytuowanych na głównych ciągach komunikacyjnych, pociągający za sobą również zatrudnionych.

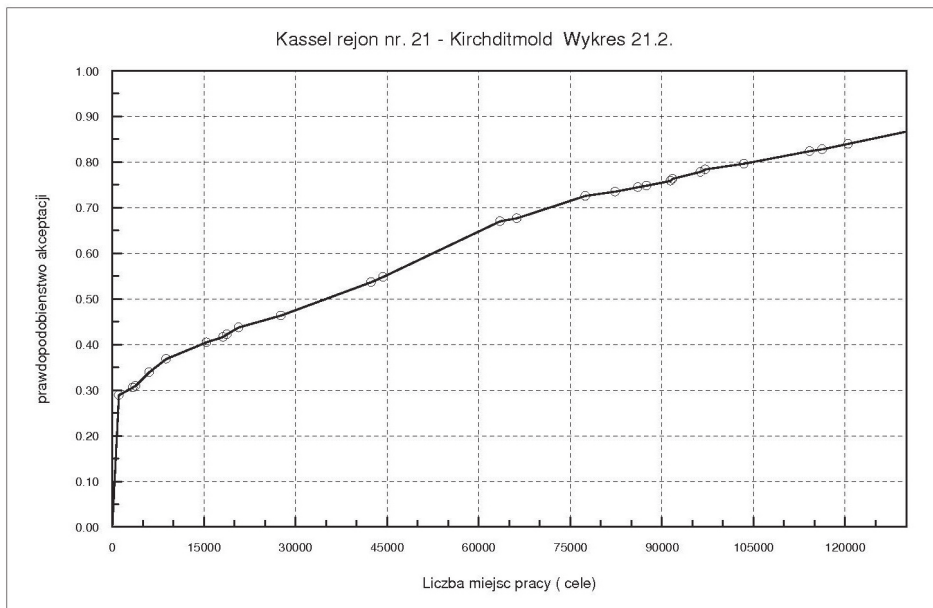
Wykonane dla wszystkich rejonów komunikacyjnych wykresy dystrybuant rozkładów podróży potwierdziły zasadniczo rezultaty znane z badań przeprowadzonych dla Frankfurtu n. Menem. Jedyną istotną różnicą był brak wykresu zbliżonego kształtem do rozkładu klasycznego, czego można było oczekiwać, porównując nieciągły rozkład miejsc pracy w układzie miasta oraz stosunkowo mocno zróżnicowany system podziału na rejon komunikacyjne. Także wykres I typu nie znalazł potwierdzenia w przebadanych rozkładach. Dominujące rozkłady, sploty typu II i III, jakkolwiek bardziej zdecydowane, jeśli uwzględnić kształt wykresu, nasuwają nadal pewne wątpliwości w prawidłowym dopasowaniu do właściwego dla nich typu splotu. Uwaga ta dotyczy szczególnie II typu rozkładu splotowego, gdzie zakres wartości ujemnych może przybierać różne wartości, co pociąga za sobą zmiany proporcji pomiędzy wartościami ujemnymi i dodatnimi. Jak zaznaczono uprzednio na obecnym etapie badań dokonano jedynie wstępnej analizy wyników. Dalsze i pogłębione badania są w tym wypadku konieczne, aby zjawisko to bliżej zanalizować. Jako ilustrujące charakterystyczne rozkłady podróży wybrano cztery różnie usytuowane w strukturze miasta rejon. Są to: rejon śródmiejski (rejon nr 10 Vorderer Westen), dalsze przedmieścia (rejon nr 29 Fasanenhof i rejon nr 21 Kirchdetmold) oraz nowe osiedle peryferyjne z lat 1965 (rejon nr 42 Wohnstadt Waldau).



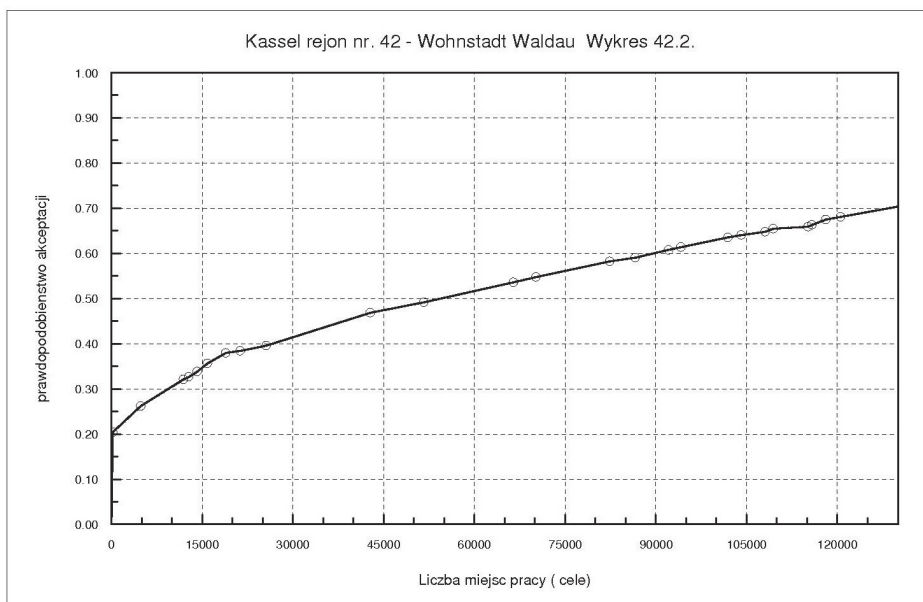
Rys. 15. Rejon nr 10 Vorderer Westen - dystrybuanta rozkładu podróży



Rys. 16. Rejon nr 29 Fasanenhof - dystrybuanta rozkładu podróży



*Rys. 17. Rejon nr 21 Kirchditmold - dystrybuanta rozkładu podróży*



*Rys. 18. Rejon nr 42 Wohnstadt Waldau - dystrybuanta rozkładu podróży*

#### 4. Podsumowanie

Przedstawione w skróconej formie wyniki badań i analiz rozkładów podróży do pracy dla zmiennych przedziałów czasowych oraz różnych struktur osadniczych mają istotną cechę wspólną. Jeżeli bowiem przyjmiemy za podstawę interpretacji rozkładów podróży hipotezę splotową, to uzyskane rezultaty w pełni ją potwierdzają. Zwłaszcza problematyka wyjaśnienia kształtów przebiegu funkcji akceptacji okazji, dostarczająca od końca lat 60. wielu problemów interpretacyjnych, ale praktycznie nieprzebadana empirycznie, została rozbudowana w oparciu o wiarygodny i wszechstronny materiał porównawczy. Szczególnie istotne są tutaj badania komunikacyjne miast niemieckich z uwagi na ich bazę danych, opartą na wynikach spisu powszechnego i stabilnym w czasie systemie podziału na rejony komunikacyjne. Takie, bowiem ujęcie problemów rozkładu ruchu w systemach osadniczych odróżnia się zdecydowanie od badań amerykańskich, niezających praktycznie pojęcia samego spisu powszechnego, a oparte jedynie o struktury charakterystyk parametrów przejazdów.

Przyjęta teoretycznie typologia rozkładów splotowych, zwłaszcza dla przesuniętych zakresów rozkładu jednostajnego znalazła pełne potwierdzenie praktycznie we wszystkich badanych przypadkach. Problematyczny jest jedynie typ I rozkładu, którego nie zaobserwowano dla rejonów Frankfurtu n. Menem i Kassel. Charakteryzował on jednak rejony centralne Wrocławia, śródmiejskie obszary aglomeracji Warszawy (1973 r.), dwa rejony centrum Eindhoven i co jest również interesujące, centrum miasta Lippstadt w Nadrenii - Westfalii [11]. W tym ostatnim przykładzie ten rodzaj rozkładu splotowego pojawił się również dla innej kategorii podróży, a mianowicie ruchów ogółem.

Rozkłady splotowe, przedstawione w niniejszym artykule wymagają jednak dalszych badań i testów. W centrum uwagi znajduje się problematyka opracowania aparatu matematycznego umożliwiającego skorelowanie wykresów teoretycznych z empirycznymi oraz ich dokładna typologia. Szczególnie interesujące wydaje się tutaj zastosowanie estymatorów, zwłaszcza wykorzystanie metody największej wiarygodności, powszechnie obecnie stosowanej w badaniach komunikacyjnych.

Również szacowanie podstawowego parametru modelu, a mianowicie selektywności  $p$ , musi być poddane rewizji. Dotychczasowe bowiem metody pomiarów, jakkolwiek wystarczające dla potrzeb modelu klasycznego, w przypadku modelowego aparatu splotowego nie dają w pełni zadowalających rezultatów. Jeżeli bowiem model splotowy reaguje na dysproporcje rozkładu celów z jego nadwyżkami przykładowo w strefach centralnych oraz nieciągłym rozkładem w innych częściach badanego obszaru, być może rozwiązania należy szukać w takim doborze parametru, aby zapewniał on teoretyczną równowagę całego analizowanego systemu. Tolerancję i elastyczność zapewniałby przy tak określonym głównym parametrze modelu rozkład jednostajny, a zwłaszcza dobór odpowiednich dla niego parametrów określających zakres i położenie na osi  $x$ . Ponieważ rozkład ten wymaga doboru parametrów praktycznie dla wielu rejonów, posiłkowanie się i w tym wypadku metodą największej wiarygodności wydaje się najbardziej odpowiednie.

Wymaga to jednak pogłębienia badań i przeanalizowanie większej ilości porównywalnych przykładów. Jest to celowe zwłaszcza, gdy chodzi o ruchy do pracy, dla których nawet klasyczny (niezmodyfikowany) model pośrednich możliwości daje rezultaty nieco lepsze niż model grawitacji [12].

## Literatura

- [1] Catanese A., *New perspectives in urban transportation research*. Lexington Books, 1972.
- [2] Ruiter E., *Improvement in understanding, calibrating and applying the opportunity model*. Highway Research Record, 165: 1-21, 1967.
- [3] Dobrowolski M., Głogowski K., Zipser T., *Zastosowanie modelowania symulacyjnego do oceny i prognozowania rozwoju wybranych elementów obszarów zurbanizowanych*. Prace Naukowe Ośrodka Badań Progностycznych Pol. Wrocł., 12 Seria: Studia i Materiały, 3, Wrocław, 1978.
- [4] Beyerle G., *Betrag zu den Verteilungsmodellen des städtischen Individualverkehrs*. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, 144, Bonn, 1973.
- [5] *Kompleksowe badania ruchu, cz. III. BStiPK i IM*, Wrocław, 1973.
- [6] *Wyniki pomiarów ruchu dla m. Wrocławia. BStiPK i IM*, Wrocław, 1965.
- [7] *Gebietsauswertung SrV 1998*. Frankfurt am Main. TU Dresden, Dresden, 1998.
- [8] *Innengemeindliche Berufsauspendler am 25. Mai. 1987. nach Herkunftsgemeindeteilen, Verkehrsmittel und Zeitaufwand. Ergebnisse der Volkszählung 1987*. HSL – Wiesbaden, Wiesbaden, 1990.
- [9] *Ausgewählte Strukturdaten über Arbeitsstätten und Beschäftigten in den hessischen. Gemeinden und Gemeindeteilen. Ergebnisse der Arbeitsstättenzählung am 25 Mai 1987*. HSL – Wiesbaden, Wiesbaden, 1990.
- [10] *Verkeers - en vervoersstudie agglomeratie Eindhoven. Deel 2. Onderzoek naar het huidige relatiepatroon, uitvoering en enkele resultaten. Samenwerkingsoorgaan agglomeratie Eindhoven*. Eindhoven, 1973.
- [11] Kallenberger W., *Beitrag zu den Opportunity – Modellen als Verkehrsverteilungsmodelle des individuellen Verkehrs*. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, 262: 71-145, 1978.
- [12] Zhao F., *Refinement of FSUTMS Trip Distribution Methodology*, Technical Memorandum No. 3, Florida International Univ. 2001.

