

OBIEKTOWE WSKAŹNIKI GENERACJI RUCHU CIĘŻAROWEGO

Tomasz Kulpa

dr inż., Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, tel.: +48 12 628 2828, e-mail: tkulpa@pk.edu.pl

Streszczenie. Przy planowaniu nowej inwestycji pojawia się pytanie, jaki wpływ będzie miała jej lokalizacja na zwiększenie potencjału ruchotwórczego rejonu komunikacyjnego, w którym się znajduje. Odpowiedź na nie jest problematyczna zarówno w przypadku ruchu związanego z pracą oraz zakupami jak i dostawami. Zwykle w takich przypadkach wykorzystywane są wskaźniki generacji ruchu, niestety w Polsce nadal trudno dostępne. W artykule przedstawiono wyniki polskich badań nad generacją ruchu ciężarowego przez różne typy obiektów. Wyniki poszczególnych badań porównano ze sobą. Podjęto próbę stworzenia modelu potencjałów ruchotwórczych dla pojedynczych generatorów ruchu, który może być wykorzystany w procesie oceny wpływu planowanej inwestycji na przyległą sieć drogową.

Słowa kluczowe: transport ładunków, modelowanie potencjałów ruchotwórczych, wskaźniki generacji ruchu.

1. Wprowadzenie

Badania generacji ruchu pasażerskiego i ciężarowego związanego z pojedynczymi obiektami prowadzi się w Polsce niezwykle rzadko. Administratorzy obiektów zwykle nie dostrzegają takiej potrzeby lub posługują się własnymi badaniami, szerzej niepublikowanymi. Jednak coraz częściej mamy do czynienia z sytuacją, w której inwestor realizujący duży obiekt handlowy lub magazynowy partycypuje w przebudowie sąsiadującej infrastruktury transportowej. Z punktu widzenia inwestora zasadnym byłoby wiedzieć, jak duży ruch, zarówno osobowy jak i ciężarowy, będzie generowany przez powstający obiekt. Daje to podstawę do negocjacji z urzędem miasta lub gminy wysokości partycypacji w kosztach przebudowy układu drogowego. Z drugiej strony właściwy urząd, znając szacunkowy poziom generacji ruchu, może z góry narzucić na inwestora udział w kosztach przebudowy infrastruktury.

Z punktu widzenia planowania systemów transportowych generacja ruchu przez pojedyncze obiekty jest częścią składową pierwszego etapu klasycznego czterostadiowego modelu, jakim jest wyznaczenie potencjałów ruchotwórczych. W odniesieniu do ruchu ciężarowego znajomość generacji ruchu pojedynczych obiektów jest niezwykle istotna z uwagi na powiązanie początku i końca przewozu ładunku z konkretnym, łatwym do zlokalizowania punktem.

Obiektowy model potencjałów ruchotwórczych ma dwojakie zastosowanie. Z jednej strony możliwe jest określenie ruchu generowanego przez dany obiekt na etapie planowania. Z drugiej strony potencjał ruchotwórczy dużych generatorów ruchu ciężarowego (np. zakłady produkcyjne, centra logistyczne) może służyć do oszacowania, o ile zwiększy się potencjał rejonu komunikacyjnego w wyniku zlokalizowania określonego obiektu w gminie. Zatem obiektowe generatory ruchu współtworzą potencjał ruchotwórczy rejonu komunikacyjnego.

Celem artykułu jest podsumowanie dotychczasowych polskich badań nad generacją ruchu ciężarowego przez pojedyncze obiekty oraz propozycja wskaźników generacji ruchu dla różnych typów obiektów.

2. Przegląd literatury

Modele obiektowe odnoszą się do pojedynczych generatorów ruchu. Każdy obiekt, nawet dom jednorodzinny, jest pojedynczym generatorem ruchu, również ciężarowego (np. związane z wywozem śmieci lub dostawą przesyłek kurierskich). Niemniej z punktu widzenia skali na ogół badane są obiekty duże, takie jak: centra logistyczne, zakłady produkcyjne lub wielkopowierzchniowe obiekty handlowe. Z reguły w modelach obiektowych określane są wskaźniki generacji ruchu (ang. trip generation rates), które określają liczbę rozpoczętych i zakończonych jazd samochodów ciężarowych (lub innych pojazdów), względnie tonaż wyekspediowanych lub przyjętych ładunków:

- na 1000 m² powierzchni użytkowej lub powierzchni zabudowy (ta druga jest łatwiejsza do określenia),
- na jednego pracownika,

bądź inną jednostkę charakteryzującą dany obiekt.

W badaniach pojedynczych generatorów ruchu, jak również w tworzeniu modeli potencjałów ruchotwórczych dla tego typu obiektów dominują Amerykanie. Można przytoczyć co najmniej kilkadziesiąt przykładów tego typu badań. W amerykańskich publikacjach można znaleźć badania: portów morskich [1,5,8], terminali kontenerowych [6], ferm kurzych [4], sklepów spożywczych [11], elewatorów zbożowych [19] oraz obszarów o różnym przeznaczeniu [2,17]. Publikowane były też raporty, w których prezentowano wyniki badań nad generacją ruchu i w których zestawiono wskaźniki generacji ruchu dla różnych obiektów i różnych części kraju [12,13,15,16,18,20,21]. Można stwierdzić, że badania amerykańskie, pomimo że bardzo szerokie, często były wykonywane 20-30 lat temu. Jednocześnie można zauważyć duże różnice wskaźników generacji ruchu dla tych samych typów obiektów, ale badanych w innych okresach czasu lub w innych rejonach kraju. W przypadku portów morskich na uwagę zasługuje zastosowanie sztucznych sieci neuronowych.

Na tym tle badania europejskie wyglądają skromnie. Można tu przytoczyć badania holenderskie [7] dotyczące firm z różnych sektorów gospodarki. W Polsce

badania zorientowane tylko na identyfikację generowanego ruchu ciężarowego prowadzone były we Wrocławiu [22], w ramach prac dyplomowych realizowanych na Politechnice Krakowskiej [3,9,14] oraz w ramach badań własnych autora [10].

3. Wyniki badań i model potencjałów ruchotwórczych

W tej części artykułu przedstawione zostaną wyniki badań polskich. Przytoczone i porównane zostaną wyniki uzyskane w badaniach własnych autora i pozostałych badaniach. Przedstawione zostaną wyniki i modele dla czterech typów obiektów: centrów logistycznych, zakładów produkcyjnych, wielkopowierzchniowych sklepów budowlanych i wielkopowierzchniowych centrów handlowych. W tekście i tabelach wykorzystywane będą następujące skrótly:

- SD – lekkie samochody ciężarowe (dostawcze) o dopuszczalnej masie całkowitej (DMC) poniżej 3,5 t,
- SC – samochody ciężarowe bez przyczep,
- SCP – samochody ciężarowe z przyczepami i ciągniki siodłowe z naczepami.

3.1. Centra logistyczne

Biorąc pod uwagę specyfikę centrów logistycznych przeprowadzono pomiar dobowy dla dwóch tego typu obiektów, różniących się od siebie formą użytkowania, w ramach badań własnych autora. W CL1 (Panattoni Park, Skawina) powierzchnie magazynowe wynajmowane są przez różne firmy, natomiast CL2 (MIX Electronics, Skawina) wykorzystywane jest tylko przez jedną firmę zajmującą się sprzedażą artykułów gospodarstwa domowego.

Uzyskane z pomiarów potencjały ruchotwórcze zostały przedstawione w tab. 1 w wierszach nazwanych A. W kolejnych wierszach (B i C) przedstawiono odpowiednio wskaźniki generacji ruchu na 1000 m² powierzchni zabudowy oraz wskaźniki generacji ruchu na 1 ar powierzchni terenu.

Tabela 1. Porównanie wskaźników generacji ruchu dla dwóch centrów logistycznych, pomiar dobowy {jazd/dobę}

| Centrum logistyczne | Dobowa liczbajazd samochodów ciężarowych (A) | | | | | | |
|---------------------|---|-------|-------|-----------------------|-------|-------|-------|
| | Dobowy wskaźnik generacji ruchu na 1000 m ² powierzchni zabudowy (B) | | | | | | |
| | Dobowy wskaźnik generacji ruchu na 1 ar powierzchni terenu (C) | | | | | | |
| | Potencjal wytwarzający | | | Potencjal absorbujący | | | |
| | SD | SC | SCP | SD | SC | SCP | |
| CL1 | A | 19 | 34 | 33 | 34 | 45 | 42 |
| | B | 1,056 | 1,889 | 1,833 | 1,889 | 2,5 | 2,333 |
| | C | 0,049 | 0,088 | 0,085 | 0,088 | 0,116 | 0,108 |
| CL2 | A | 17 | 31 | 30 | 10 | 18 | 27 |
| | B | 1,545 | 2,818 | 2,727 | 0,909 | 1,636 | 2,455 |
| | C | 0,049 | 0,089 | 0,086 | 0,029 | 0,051 | 0,077 |

Źródło: opracowanie własne

Wyniki dobowych pomiarów ruchu potwierdzają wstępne przypuszczenia o zróżnicowaniu wartości wskaźników generacji ruchu dla potencjału wytwarzającego i absorbującego. Nierówności te występują dla wszystkich typów pojazdów, czego przyczyną może być daleki transport (międzynarodowy, krajowy) związany z obiektem. Potwierdzenie tej tezy możliwe byłoby po wykonaniu badań ankietowych wśród kierowców lub uzyskaniu bazy danych od administratora obiektu. Zauważalne jest również zróżnicowanie wskaźników generacji ruchu pomiędzy centrami logistycznymi CL1 i CL2. Wynika to głównie z innego charakteru obu obiektów.

Analizując dalej specyfikę centrów logistycznych przeprowadzono badanie na tym samym obiekcie (CL Półtanka 82 w Krakowie) w ciągu dwóch dni w odstępie tygodnia. Wyniki pomiarów oraz obliczone na ich podstawie wskaźniki generacji ruchu przedstawiono w tab. 2. Badane centrum logistyczne funkcjonuje w godzinach 6:00 – 18:00.

Tabela 2. Porównanie wskaźników generacji ruchu dla centrum logistycznego dla dwóch dni pomiarowych, okres pomiaru 6:00 – 18:00 {jazd/12 godzin}

| Nr pomiaru | Data pomiaru | <i>Liczbajazd samochodów ciężarowych oraz, Wskaźnik generacji ruchu na 1000 m² powierzchni zabudowy</i> | | | | | |
|------------|--------------------------|--|-----------|------------|------------------------------|-----------|------------|
| | | <i>Potencjał wytwarzający</i> | | | <i>Potencjał absorbujący</i> | | |
| | | <i>SD</i> | <i>SC</i> | <i>SCP</i> | <i>SD</i> | <i>SC</i> | <i>SCP</i> |
| 1 | 20-10-2011 (czwartek) | <u>23</u> | <u>11</u> | <u>8</u> | <u>31</u> | <u>15</u> | <u>9</u> |
| | | 5,1 | 2,5 | 1,8 | 6,9 | 3,4 | 2,0 |
| 2 | 27-10-2011 (czwartek) | <u>18</u> | <u>5</u> | <u>13</u> | <u>23</u> | <u>11</u> | <u>14</u> |
| | | 4,0 | 1,1 | 2,9 | 5,1 | 2,5 | 3,1 |

Źródło: opracowanie własne

Również w tym przypadku zauważalna jest spora różnica pomiędzy wskaźnikami generacji ruchu dla potencjału wytwarzającego i absorbującego. Poza tym zauważyć można zróżnicowanie pomiędzy poszczególnymi dniami pomiarowymi, co potwierdza dużą losową zmienność ruchu ciężarowego.

3.2. Wielkopowierzchniowe sklepy budowlane

W pracy dyplomowej [9], której konsultantem był autor niniejszego artykułu, dyplomant miał do dyspozycji zapis wjazdów i wyjazdów samochodów realizujących dostawy do jednego z wielkopowierzchniowych sklepów budowlanych w Krakowie (sklep OBI przy ul. Wielickiej) z 75 kolejnych dni. Niestety, formularz nie zawierał podziału na typy samochodów ciężarowych (SD, SC i SCP). Na podstawie wpisanej w arkuszu marki pojazdów oraz czasów rozładunku zostały one sklasyfikowane do dwóch grup: samochody lekkie (o DMC do 3,5 tony, czyli samochody dostawcze) oraz samochody ciężkie (o DMC powyżej 3,5 tony, czyli SC i SCP). Zauważono wyraźne zróżnicowanie w liczbie dostaw pomiędzy grupami dni: poniedziałek, środa i piątek oraz wtorek i czwartek, co zostało potwierdzone analizą wariancji i testami istotności dla dwóch wartości średnich

[9]. W okresie 9:00 – 12:00 realizowanych było przeszło 50% przyjęć towaru. Dostawy odbierane były przez obsługę sklepu tylko w godzinach 8:00 – 16:00. Wskaźniki generacji ruchu opracowane w ramach [9] na podstawie danych uzyskanych od administracji sklepu zostały przedstawione w tab. 3 w wierszach 4 i 5. W wierszach 1, 2 i 3 zamieszczono wskaźniki generacji ruchu uzyskane w ramach badań własnych autora dla trzech różnych wielkopowierzchniowych sklepów budowlanych.

Tabela 3. Wskaźniki generacji ruchu dla wielkopowierzchniowych sklepów budowlanych – tylko dostawy

| Obiekt | Data pomiaru | Wskaźnik generacji ruchu na 1000 m ² powierzchni zabudowy [jazd/dobę] | | | |
|-------------------------------------|---|--|------|------|---------|
| | | Potencjał wytwarzający i absorbujący | | | |
| | | SD | SC | SCP | Łącznie |
| Leroy-Merlin, Modlniczka | 27-10-2011 (czwartek) | 1,3 | 0,56 | 0,44 | 2,3 |
| OBI, Kraków, ul. Bora-Komorowskiego | 27-10-2011 (czwartek) | 0,93 | 0,65 | 0,19 | 1,8 |
| Castorama, Kraków, ul. Sławka | 28-10-2011 (piątek) | 2,3 | 1,3 | 0,23 | 3,9 |
| OBI, Kraków, ul. Wielicka | 02-11-2009÷15-01-2010, łącznie 75 dni (poniedziałki, środy, piątki) | 1,6 | 1,2 | | 2,8 |
| | 02-11-2009÷15-01-2010, łącznie 75 dni (wtorki, czwartki) | 1,9 | 1,3 | | 3,2 |

Źródło: opracowanie własne

Nadal zauważalne są różnice pomiędzy wskaźnikami generacji dla poszczególnych obiektów. Rozbieżności są mniejsze dla SC oraz SCP traktowanych łącznie i sięgają kilkunastu procent. Nieco większe rozbieżności zauważalne są dla samochodów dostawczych, co przekłada się na różnice w sumarycznym wskaźniku generacji ruchu. Niemniej uzyskane wyniki można uznać za obiecujące i potwierdzające słuszność przyjętego kierunku badań. Należy przypomnieć, że w tab. 3 przedstawiono wskaźniki generacji ruchu tylko dla realizacji dostaw towarów do sklepów. Nie są tu ujęci klienci sklepów dojeżdżający np. samochodami dostawczymi.

3.3. Wielkopowierzchniowe centra handlowe

W ramach pracy dyplomowej [14], konsultowanej przez autora niniejszego artykułu, stworzono model potencjałów ruchotwórczych dla dostaw do dużych centrów handlowych w Krakowie. Pomiaru ruchu wykonane zostały w godzinach 8:00 – 16:00 i obejmowały rejestrację godziny wjazdu i wyjazdu samochodów realizujących dostawy w podziale na trzy grupy: SD, SC i SCP.

Tabela 4. Wskaźniki generacji ruchu dla centrów handlowych w Krakowie

| Lp. | Obiekt | Powierzchnia użytkowa obiektu [1000 m ²] ^{***} | Wskaźnik generacji ruchu [jazd/1000 m ² powierzchni użytkowej/8 godzin] ([jazd/1000 m ² /dobe] ^{**}) | | |
|-----|---------------------------------------|---|--|-------------|-------------|
| | | | SD | SC | SCP |
| 1 | CH Bonarka (Kraków) | 91,0 | 0,47 (0,94) | 0,52 (1,04) | 0,16 (0,32) |
| 2 | CH Galeria Krakowska | 60,0 | 1,30 (2,60) | 0,85 (1,70) | 0,23 (0,46) |
| 3 | CH Galeria Kazimierz (Kraków) | 36,2 | 1,33 (2,66) | 0,94 (1,88) | 0,17 (0,34) |
| 4 | CH Plaza (Kraków) | 30,4 | 1,09 (2,18) | 0,53 (1,06) | 0,07 (0,14) |
| 5 | CH M1 (Kraków) (pomiar 20-10-2011) | 53,7 | 0,52 (1,04) | 0,22 (0,44) | 0,26 (0,52) |
| 6 | CH M1 (Kraków) (pomiar 27-10-2011) | 53,7 | 0,69 (1,38) | 0,52 (1,04) | 0,24 (0,48) |
| 7 | Carrefour (Wrocław) | 36,7 | 2,23* | 1,63* | 0,33* |
| 8 | CH Korona (Wrocław) | 58,0 | 3,14* | 1,69* | 0,76* |

* wskaźniki dobowe cytowane za [22]

** wskaźniki dobowe rozszerzone na podstawie badań wrocławskich [22], współczynnik rozszerzenia z pomiaru 8-godzinnego do doby wynosi 2,00

*** dane pozyskane ze stron internetowych centrów handlowych (pozycje 1 ÷ 6) oraz z [22] (pozycje 7 i 8)

Źródło: opracowanie własne

Z uwagi na krótszy, w stosunku do godzin funkcjonowania centrów handlowych okres pomiaru, wskaźniki generacji ruchu dla badań wykonanych w Krakowie rozszerzono na okres doby, wykorzystując udziały dostaw w poszczególnych okresach doby z badań we Wrocławiu [22]. Po obliczeniu dobowych wskaźników dla Krakowa można zauważyć, że są one przeważnie niższe niż dla Wrocławia. Zauważalne są różnice pomiędzy wskaźnikami generacji ruchu dla CH M1 w Krakowie dla dwóch dni pomiarowych. W przypadku samochodów ciężarowych bez przyczep (SC) jest to różnica ponad dwukrotna. Również dla poszczególnych obiektów wskaźniki generacji ruchu różnią się od siebie, w ekstremalnym przypadku nawet pięciokrotnie (różnica pomiędzy CH Korona we Wrocławiu i CH Plaza w Krakowie dla SCP).

3.4. Zakłady produkcyjne

Kolejną grupą badanych obiektów były zakłady produkcyjne. W ramach badań własnych autor przeprowadził pomiar na sześciu zakładach produkcyjnych w Krakowie i okolicach uzyskując wyniki przedstawione w tab. 5. Dla dwóch zakładów produkcyjnych przeprowadzono pomiar dobowy, którego wyniki zostały wykorzystane do rozszerzenia pomiaru 12-godzinnego na okres doby.

Tabela 5. Średnie wskaźniki generacji ruchu dla badanych zakładów produkcyjnych (liczebność próby n=6) w okresie 6:00 – 18:00 [jazd/12 godzin]

| Jednostka powierzchni | Średnie wskaźniki generacji ruchu [jazd/jednostkę powierzchni/12 godzin] | | | | | |
|--|--|-------|-------|-----------------------|-------|-------|
| | Potencjał wytwarzający | | | Potencjał absorbujący | | |
| | SD | SC | SCP | SD | SC | SCP |
| 1000 m ² powierzchni zabudowy | 2,007 | 0,973 | 0,519 | 2,506 | 1,346 | 0,561 |

Źródło: opracowanie własne

Diametralnie inne wyniki uzyskali dyplomanci w pracy [3], której promotorem był autor artykułu. Na podstawie danych pozyskanych od administratorów dwóch małych zakładów produkcyjnych (Z1 – zakład produkujący meble i Z2 – zakład produkujący części do elektronarzędzi) obliczone zostały dobowe wskaźniki generacji ruchu. Okres, dla którego dostępne były wyniki pomiarów to odpowiednio 2 miesiące dla zakładu Z1 i 5 miesięcy dla zakładu Z2. Wyniki analiz przedstawiono w tab. 6.

Tabela 6. Wskaźniki generacji ruchu dla dwóch badanych zakładów produkcyjnych w okresie ich funkcjonowania [jazd/dobę]

| Lp. | Obiekt | Powierzchnia zabudowy obiektu [1000 m ²] | Wskaźnik generacji ruchu [jazd/1000 m ² powierzchni zabudowy/dobę] | | |
|-----|---|--|---|------|------|
| | | | SD | SC | SCP |
| 1 | Z1: Produkcja mebli | 4,5 | 0,95 | 0,00 | 0,16 |
| 2 | Z2: Produkcja części do elektronarzędzi | 12,9 | 0,47 | 0,00 | 0,09 |

Źródło: opracowanie własne

Analizując wyniki uzyskane w tab. 5 i tab. 6 można zauważyć duże różnice we wskaźnikach generacji ruchu. W przypadku zakładów wymienionych w tab. 6 nie występuje ruch samochodów ciężarowych bez przyczep (SC), natomiast wskaźniki generacji ruchu są kilkakrotnie niższe niż dla zakładów produkcyjnych objętych badaniami własnymi autora.

3.5. Obiektowy model potencjałów ruchotwórczych

W przypadku modelu obiektowego liczba dostępnych zmiennych objaśniających jest często ograniczona. Zwykle do dyspozycji pozostają: powierzchnia zabudowy lub powierzchnia użytkowa, rzadziej liczba pracowników. Powierzchnia zabudowy jest łatwa do oszacowania (np. na podstawie zdjęć satelitarnych lub map) i w przypadku centrów logistycznych oraz zakładów produkcyjnych jest zbliżona do magazynowej lub produkcyjnej powierzchni użytkowej. Z uwagi na częste występowanie kilku kondygnacji w centrach handlowych powierzchnia użytkowa jest lepszą zmienną i dość łatwo osiągalną na stronach internetowych tych obiektów. Natomiast liczba pracowników może niezbyt dobrze estymować potencjał ruchotwórczy, chociażby z uwagi na zaawansowane linie produkcyjne bądź procesy logistyczne nie wymagające dużego zaangażowania ludzi. Stąd zmienne objaśniające w modelu obiektowym ograniczono do powierzchni zabudowy i powierzchni użytkowej. Na podstawie uzyskanych wyników pomiarów podjęto próbę stworzenia modelu potencjałów ruchotwórczych dla centrów logistycznych, zakładów produkcyjnych, wielkopowierzchniowych sklepów budowlanych i wielkopowierzchniowych centrów handlowych.

Przyjęto następującą postać zależności:

$$G = a \cdot X, \quad (1)$$

gdzie:

G – potencjał wytwarzający lub absorbujący ruch,

a – parametr modelu,

X – zmienna objaśniająca.

W analizie regresji dla centrów logistycznych uzyskano współczynniki determinacji z zakresu od 0,62 do 0,94 i statystyczną istotność wszystkich współczynników regresji. W przypadku zakładów produkcyjnych współczynniki determinacji wahały się od 0,41 do 0,97 i tylko dla samochodów ciężarowych bez przyczep (SC) uzyskano statystycznie istotne współczynniki regresji. Dla wielkopowierzchniowych sklepów budowlanych jako wynikowe przyjęto wskaźniki generacji ruchu opracowane w ramach [9]. Wskaźniki generacji ruchu dla wielkopowierzchniowych centrów handlowych obliczono na podstawie wyników uzyskanych w ramach pracy dyplomowej [14], badań wrocławskich [22] oraz badań własnych [10]. Proponowane do wykorzystania wskaźniki generacji ruchu przedstawiono w tab. 7.

Tabela 7. Proponowane do wykorzystania wskaźniki generacji ruchu dla różnych typów obiektów

| Obiekt | Powierzchnia | Potencjał wytwarzający i absorbujący [jazd/1000 m ² powierzchni/dobę] | | |
|--|--------------|---|-----|-----|
| | | SD | SC | SCP |
| Centra logistyczne (n=8)* | zabudowy | 2,6 | 1,9 | 2,2 |
| Zakłady produkcyjne (n=6) | zabudowy | 0,7 | 0,4 | 0,9 |
| Wielkopowierzchniowe sklepy budowlane (n=75) | zabudowy | 1,8 | 0,9 | 0,3 |
| Wielkopowierzchniowe centra handlowe (n=8) | użytkowa | 2,0 | 1,3 | 0,5 |

* n oznacza liczbę obserwacji

Źródło: opracowanie własne

4. Podsumowanie i wnioski

Głównym wnioskiem płynącym z przeprowadzonych badań jest duża zmienność ruchu ciężarowego generowanego przez pojedyncze obiekty. Nawet w przypadku tych samych obiektów potencjały ruchotwórcze mogą się różnić się nawet dwukrotnie. Jednocześnie występuje silne zróżnicowanie ruchu generowanego przez obiekty pomiędzy kolejnymi dniami tygodnia. W efekcie średnie wskaźniki generacji ruchu mogą być obciążone błędem, wynikającym z dużej, w tym losowej, zmienności ruchu ciężarowego. Jednakże w opracowaniach przytoczonych w przeglądzie literatury używane są średnie wskaźniki, często obliczone z małych prób. Ponadto w zestawieniu wskaźników generacji ruchu w instrukcji QRFM [15] można zauważyć różnice w wartościach tych wskaźników dla tego samego typu obiektów zlokalizowanych w różnych częściach kraju (i to nawet o rząd wielkości).

Zmienne objaśniające, które można wykorzystać w modelach obiektowych ograniczają się do powierzchni użytkowej, powierzchni zabudowy lub liczby pracujących. W przypadku centrów logistycznych zmienną objaśniającą powinna być faktycznie wykorzystywana powierzchnia użytkowa, jednak dotarcie do tej informacji jest trudne z uwagi na jej nieujawnianie przez administratorów.

Ciekawe rezultaty uzyskano dla wielkopowierzchniowych centrów handlowych. Można zauważyć, że większa powierzchnia użytkowa niekoniecznie powoduje większą generację ruchu. Wśród krakowskich centrów handlowych przykła-

dem takiego zjawiska są CH Bonarka i CH Galeria Krakowska. Pomimo większej powierzchni użytkowej CH Bonarka, większy ruch generowany jest przez CH Galeria Krakowska. Wynika to prawdopodobnie z większej atrakcyjności drugiego centrum handlowego z uwagi na lokalizację w Śródmieściu Krakowa.

Podane w tabeli 5 wskaźniki odnoszą się do doby i wyrażają zarówno potencjał absorbujący jak i wytwarzający. Należy pamiętać, że zmienność ruchu w ciągu doby, udział i umiejscowienie w dobie godziny szczytu jak również sezonowe wahania ruchu będą zależne od typu i lokalizacji obiektu. Niemniej zaproponowane wskaźniki ruchu mogą służyć do szacowania wpływu danej inwestycji na warunki ruchu w przyległej sieci ulic na etapie planowania jego lokalizacji.

Reasumując, należy podkreślić, że przeprowadzone badania mają charakter pilotażowy. W trakcie ich prowadzenia częstym zjawiskiem była odmowa nie tylko udostępnienia danych, ale również wykonania pomiaru. Niemniej kierunek badań wydaje się słuszny i obiecujący. W dalszych analizach należałoby skupić się na innych typach obiektów oraz sukcesywnie rozszerzać dostępną już bazę danych. Po zbudowaniu bazy danych wskaźników generacji ruchu dla różnych typów obiektów w zależności od ich powierzchni możliwe będzie obliczenie potencjału ruchotwórczego rejonu komunikacyjnego na podstawie łatwo dostępnych zmiennych objaśniających (powierzchnia zabudowy, użytkowa). Może to prowadzić do ograniczenia konieczności wykonywania badań ankietowych w przedsiębiorstwach wykorzystujących samochody ciężarowe.

Bibliografia

- [1] Al-Deek H. M., Johnson G., Mohamed A., El-Maghraby A., Truck trip generation model for seaports with container/trailer operations. 79th Transportation Research Board Annual Meeting, Washington D.C., January 2000.
- [2] Balbach P., Tadi R. R., Truck trip generation characteristics of nonresidential land uses. ITE Journal, July, 1994, pp. 43–47.
- [3] Dominik R., Znachowski M., Badanie wielkości ruchu ciężarowego związanego z funkcjonowaniem obiektów magazynowych, handlowych i produkcyjnych. Praca dyplomowa, Politechnika Krakowska, 2013.
- [4] French L.J., Eck R.W., Trip generation characteristics of poultry-related facilities. July 1999.
- [5] Guan C.Q., Liu R., Container volume and truck trip generation at marine container terminals. A behavioral analysis, 87nd Transportation Research Board Annual Meeting, Washington D.C., January 2008.
- [6] Holguin-Veras J., Lopez-Genao Y., Salam A., Truck Trip Generation at Container Terminals: Results from a Nationwide Survey. Transportation Research Record No. 1790, Freight Transportation, 2002.

- [7] [Iding Mirjam H.E., Meester Wilhelm J., Tavasszy Lóri A., Freight trip generation by firms. Paper for the 42nd European Congress of the Regional Science Association, Dortmund, 2002.
- [8] Jurare A.S., Sarvareddy P.R., Travel Demand Modeling for Seaports. IIT Bombay Golden Jubilee International Conference and 8th International Workshop on Transportation Planning and Implementation Methodologies For Developing Countries, Mumbai 2008.
- [9] Kędroń, K., Badanie wielkości ruchu ciężarowego związanego z funkcjonowaniem wielkopowierzchniowych sklepów budowlanych w Krakowie. Praca dyplomowa, Politechnika Krakowska, 2010.
- [10] Kulpa, T., Modelowanie potencjałów ruchotwórczych w drogowych przewozach ładunków w skali regionu. Praca doktorska, Politechnika Krakowska, 2013, promotor: Andrzej Rudnicki.
- [11] McCornack E., et al., Truck trip generation by grocery stores. Research Project Agreement No. 61-7170, Final Report, August, 2010.
- [12] NCHRP Synthesis 298, Truck Trip Generation Data, Washington, D.C. 2001.
- [13] NCHRP Report 384, Forecasting Metropolitan Commercial and Freight Travel, Washington D.C., 2008.
- [14] Pigoń, A., Wielkość ruchu ciężarowego związana z funkcjonowaniem wybranych obiektów handlowych, Praca dyplomowa. Politechnika Krakowska, 2011.
- [15] Quick Response Freight Manual, Final Report. Federal Highway Administration, Washington D.C., September 1996.
- [16] Quick Response Freight Manual II, Final Report. Federal Highway Administration, Washington D.C., September 2007.
- [17] Shin H-S, Kawamura K., Business and site specific trip generation model for truck trips. Midwest Regional University Transportation Center, September, 2005.
- [18] Trip Generation Manual. San Diego Municipal Code, Land Development Code, 2003.
- [19] Tolliver D., Dybing A., Subhro M., Trip Generation Rates for Large Elevators: A North Dakota Case Study. The 85th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington DC, 2006.
- [20] Trip Generation, 8th ed.. Washington, D.C., USA: Institute of Transportation Engineers, 2008.
- [21] Truck Trip Generation Data, A Synthesis of Highway Practice, NCHRP Synthesis 298. Transportation Research Board, National Academy Press, Washington, D.C., 2001.
- [22] Zipsper T. z zespołem, Analiza badań komunikacyjnych ruchu samochodów ciężarowych na obszarze miasta Wrocławia. Wrocław 2000.