

DĘBOWSKA-MRÓZ Marzenna, ROGOWSKI Andrzej

ANALIZA ZMIAN NATEŻENIA RUCHU DROGOWEGO NA WYBRANYCH CIĄGACH KOMUNIKACYJNYCH W RADOMIU

Streszczenie

W artykule mówiono podstawowe cele, zakres i zastosowanie pomiarów ruchu drogowego. Szczególną uwagę zwrócono na znaczenie pomiarów natężenia ruchu drogowego. Dokonano porównania i analizy natężenia ruchu drogowego na kilku wybranych ciągach komunikacyjnych miasta Radomia z uwzględnieniem struktury rodzajowej i kierunkowej. Uwzględniono skrzyżowania na ciągu ulic spełniających rolę obwodnicy (północnej i wschodniej) wraz z niektórymi ważnymi skrzyżowaniami sąsiednimi.

Analiza wskazuje, że wzrost liczby pojazdów w obszarze miasta nie ma bezpośredniego wpływu na wzrost natężenia dla konkretnych analizowanych skrzyżowań. Standardowo wybierany zakres czasu, dla których dokonywane są pomiary, nie zawsze jest odpowiedni dla konkretnych skrzyżowań. Dla prawidłowej oceny niezbędne jest dokonywanie systematycznych badań w porównywalnych warunkach.

WSTĘP

Procesy i zjawiska oraz zmiany zachodzące w systemie transportu drogowego mają charakter dynamiczny i zróżnicowany. Zmiany te zachodzą w sposób ciągły i zależą od czasu analizy oraz lokalizacji miejsc i obszarów w których analizujemy te procesy i zjawiska. Charakterystyka zmian oraz opis ich przebiegu jest możliwy dzięki wykonaniu stosownych pomiarów i badań ruchu drogowego. Jednym z ważniejszych parametrów umożliwiających ilościową charakterystykę tych zmian jest natężenie ruchu, jego rozkład przestrzenny i czasowy oraz struktura rodzajowa i kierunkowa.

1. POMIARY I BADANIA RUCHU DROGOWEGO

– CELE, ZASTOSOWANIE

Pomiary i badania ruchu drogowego są prowadzone dla bardzo różnych celów doraźnych i długofalowych, a potrzeby i wymagania w tym zakresie są zróżnicowane w zależności od specyfiki położenia analizowanych obszarów [1, 3, 6]. Uzyskane wyniki stanowią podstawę analiz i decyzji podejmowanych w planowaniu, projektowaniu rozwiązań drogowych, a także w rozwiązywaniu problemów dotyczących zarządzania oraz organizacji ruchu drogowego. Bez znajomości tych danych nie można sobie również wyobrazić prognozowania i sterowania ruchem, czy też planowania i projektowania elementów sieci dróg miejskich i zamiejskich z uwzględnieniem wpływu transportu na środowisko [6].

Podstawowym celem pomiarów i badań ruchu jest [1, 3, 6]:

- poznanie i opisanie praw rządzących ruchem oraz jego modelowanie,

- dostarczaniu danych do analizy potrzeb ruchowych i tendencji zmian na obszarach objętych studiami transportowymi a także do planowania sieci infrastruktury transportowej,
- dostarczanie danych do projektowania, ekspertyz i oceny efektywności poszczególnych elementów i urządzeń systemu transportowego, ocena ich oddziaływań,
- analiza ruchu jako zjawiska socjologicznego.

Pomiary i badania ruchu nie powinny być traktowane tylko jako podstawa projektowania systemów transportowych, infrastruktury, tras i skrzyżowań czy organizacji ruchu. Znaczenie pomiarów i badań ruchu jest znacznie szersze. Prowadzone obserwacje i analizy swym zasięgiem obejmują również zjawiska towarzyszące życiu człowieka i potrzeby wywołujące konieczność przemieszczania się z miejsca na miejsce. Możemy też przy okazji ich wykonywania poznać skłonności, przyzwyczajenia uczestników i użytkowników systemu oraz rozkład tych zależności w odniesieniu do poszczególnych elementów infrastruktury transportowej.

Dane, które umożliwiają opracowanie podstawowych charakterystyk ruchowych mogą być uzyskiwane w drodze: pomiarów manualnych wykonywanych przez obserwatorów lub pomiarów automatycznych, w drodze ankietowania i wywiadów, technikami telewizyjnymi lub pośrednio metodami obliczeniowymi.

Badanie ruchu i ich wyniki są wykorzystywane w zróżnicowanym zakresie oraz przy okazji realizacji różnorodnych analiz i ocen związanych z funkcjonowaniem istniejących i nowo projektowanych rozwiązań w systemie transportu drogowego. Większość badań nie jest objęta odpowiednimi instrukcjami bądź przepisami, które określają ich zakres i wymagania ilościowo-jakościowe. Do najważniejszych obszarów zastosowania prowadzonych pomiarów i badań zaliczamy [6]:

- studia transportowe (do planowania systemów transportu miejskiego i zamiejskiego wraz ze sprawdzaniem prognoz),
- analizy ekonomiczne,
- projektowanie dróg i ulic,
- określanie hałasu drogowego,
- organizację ruchu,
- utrzymanie dróg,
- studia wypadkowości,
- studia wpływu rozwoju gospodarczego terenu na ruch,
- inne, związane z ochroną środowiska, zużyciem energii i modelowaniem ruchu.

Na podstawie pomiarów i badań ruchu opracowywane są charakterystyki ruchu drogowego będące podstawą oceny np. pracy miejskich i zamiejskich sieci drogowych, planowania rozdziału nakładów i robót drogowych w zakresie rozwoju i utrzymania dróg. Dostarczają danych do projektowania i eksploatacji urządzeń drogowych, a ponadto służą poznaniu praw rządzących ruchem. Badania ruchu umożliwiają określenie następujących charakterystyk ruchu:

- natężenia ruchu (jego wielkości, struktury i wahań),
- prędkości (chwilowej, jazdy, podróży),
- rodzaju, wielkości i rozkładu przestrzennego ruchu,
- zależności w strumieniu ruchu,
- cech parkowania,
- wypadkowości,
- przepustowości dróg i skrzyżowań,
- mierników efektywności funkcjonowania obiektów drogowych (straty czasu, kolejki, zatrzymania, itp.),
- oddziaływań na środowisko (hałas, spaliny, drgania, itd.).

Oprócz wymienionych powyżej zagadnień pomiary i badania ruchu obejmują swym zakresem również analizy cech charakteryzujących inne czynniki decydujące o specyfice ruchu drogowego. Analizy i badania obejmują również cechy pojazdu i człowieka jako użytkownika wykorzystującego poszczególne elementy infrastruktury drogowej (kierowca, pasażer, pieszy). Poznanie charakterystycznych cech pojazdów oraz człowieka jako użytkownika drogi jest niezbędne w rozwiązywaniu problemów projektowych i konstrukcyjnych modeli ruchu.

2. NATĘŻENIE RUCHU DROGOWEGO

Natężenie ruchu jest jedną z najważniejszych cech charakteryzujących strumień i potok ruchu. Określa ono wielkość potoku pojazdów, pieszych lub pojedynczego strumienia ruchu obserwowanego w danym przekroju drogi, usytuowanym na odcinku między skrzyżowaniami, na wlocie skrzyżowania lub innym elemencie infrastruktury przeznaczonej dla uczestników ruchu drogowego, która jest wyrażona liczbą pojazdów rzeczywistych (pieszych) lub pojazdów umownych przejeżdżających (przechodzących) rozważany przekrój drogi w określonej jednostce czasu. Stosowanymi jednostkami czasu są godzina (h) i doba (24 h), okresy 15-minutowe, a także w niektórych analizach sekundowe natężenia ruchu (intensywności). Wartość natężenia pojazdów może być wyrażona w pojazdach rzeczywistych (P) lub w pojazdach umownych (E).

Wartości dobowego natężenia ruchu są charakterystykami ogólnymi obciążenia układu komunikacyjnego i stanowią podstawę planowania nakładów robót inwestycyjnych oraz utrzymaniowych. Godzinowe natężenie ruchu jest przyjmowane najczęściej jako podstawa oceny i wymiarowania elementów układu takich jak przekroje dróg i ulic, typy i parametry skrzyżowań i węzłów itp. Natężenie ruchu charakteryzują jego:

- wartość,
- rozkład (na trasy, na środki itp.),
- wahania czasowo-przestrzenne,
- struktura rodzajowa i kierunkowa.

Wartość i rozkład natężeń ruchu na sieci dróg lub ulic przedstawia się na wykresie potoków ruchu (rys. 1, 2).

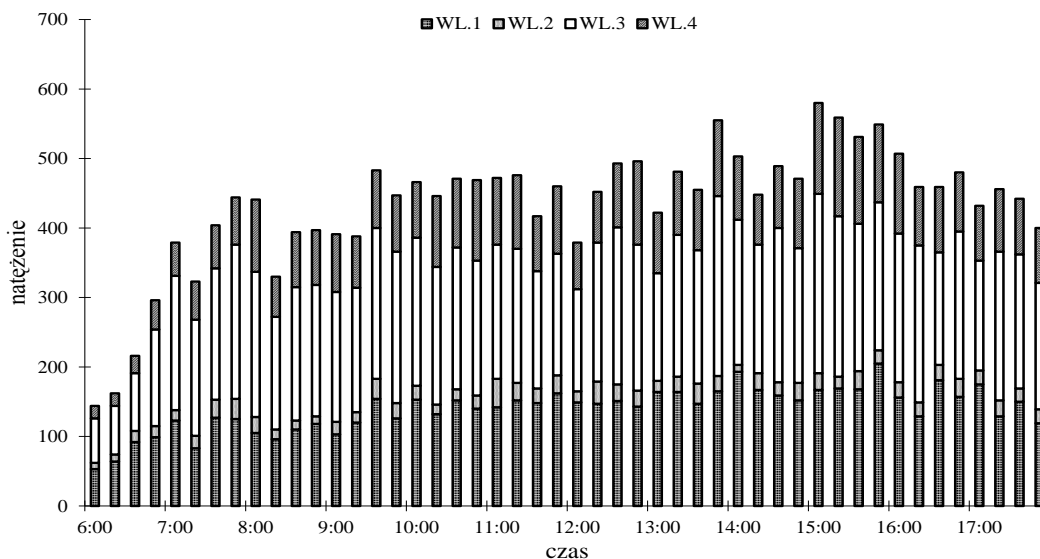
Wahania natężenia ruchu powodowane są przez następujące czynniki [1, 3, 6]:

- czas (pora roku, dzień tygodnia, pora dnia, przedział czasu w godzinie),
- rodzaj ruchu,
- rodzaj drogi (ulicy),
- struktura rodzajowa ruchu,
- stopień wykorzystania przepustowości analizowanego elementu infrastruktury transportowej (drogi, skrzyżowania).

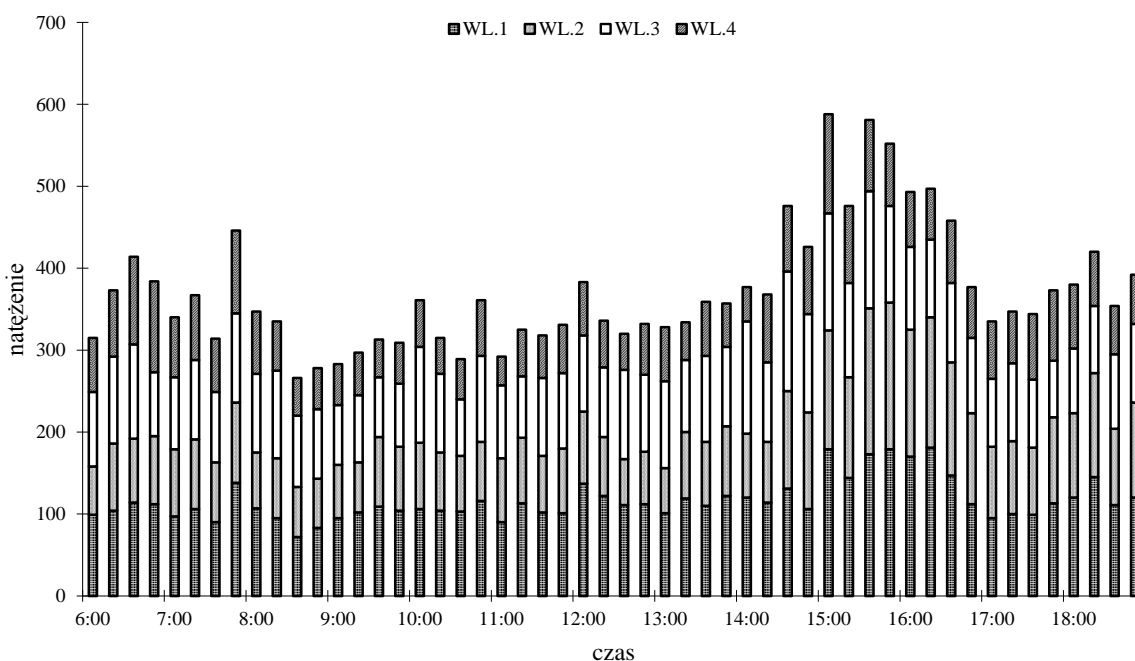
Znajomość wartości natężeń ruchu umożliwia określenie tendencji rozkładu ruchu na sieci drogowej, zmienności natężeń ruchu w poszczególnych godzinach, dniach i miesiącach, struktury rodzajowej i kierunkowej, sporządzanie prognoz obciążenia tras drogowych i analizę wykorzystania ich przepustowości oraz obciążenia konstrukcji jezdni. Analizy ruchu mają na celu ustalenie pewnych prawidłowości z uwzględnieniem złożoności zagadnień ruchowych, a następnie rodzaj tych prawidłowości oraz ich cechy charakterystyczne.

Badania wahań ruchu w ciągłych pomiarach pozwalają na ustalenie:

- godzin występowania szczytowych natężeń ruchu (np. dla prowadzenia badań wyrwykowych);
- ustalenia udziału szczytowych natężeń ruchu w cyklu dobowym;
- współczynników przeliczeniowych dla transponowania wyników pomiarów natężeń ruchu.



Rys. 1. Rozkład natężenia ruchu na skrzyżowaniu Kielecka – Okulickiego – Malczewskiej w Radomiu
 Źródło: opracowanie własne.



Rys. 2. Rozkład natężenia ruchu na skrzyżowaniu Żółkiewskiego – Chrobrego w Radomiu
 Źródło: opracowanie własne.

Pomiary natężenia ruchu i ich analizy wykonywane są oddzielnie dla ruchu miejskiego i zamiejskiego. Ruch miejski charakteryzuje się znacznie większymi spiętrzeniami w godzinach szczytu niż inne rodzaje ruchu. Szczyt poranny w ruchu miejskim charakteryzuje się zwykle większą ostrością od szczytu popołudniowego, który z kolei jest bardziej rozciągnięty w czasie.

Na przebieg wahań dobowych wpływa również dzień tygodnia, wyraźne są różnice wahań w dni robocze, soboty i niedziele. Zależności te w odniesieniu do wybranych ciągów komunikacyjnych w Radomiu autorzy prezentują w następnej części niniejszej publikacji.

3. POMIARY NATĘŻENIA RUCHU DROGOWEGO W MIASTACH

Badania ruchu prowadzone w miastach różnej wielkości wskazują na ciągły wzrost zatłoczenia sieci ulicznej (kongestii). U podłoża tego zjawiska leży wiele czynników. Jednym z nich jest wzrost ruchliwości. Wzrost ruchliwości mieszkańców to bardzo często pochodna wzrastającego popytu na transport indywidualny, brak sukcesywnego rozwoju sieci oraz infrastruktury ulicznej, powolne realizowanie postulatów racjonalnej polityki transportowej, opartej o założenia polityki zrównoważonego rozwoju. Niestety w ciągu najbliższych lat problemy te będą się dalej nasilać, prowadząc do coraz większych problemów transportowych. W większych miastach Polski praca transportowa wykonana przez ruch samochodowy jest już ponad dwukrotnie większa od pracy wykonywanej środkami transportu publicznego [1, 2, 3]. Transportem drogowym przewożone jest 80% towarów oraz 56% pasażerów [3, 7]. Obecnie zjawisko zatłoczenia sieci ulicznej można zauważyć najczęściej podczas okresów szczytowych. Często można zaobserwować, iż w pewnych obszarach miasta zjawisko zatłoczenia motoryzacyjnego występuje przez znaczny okres doby. W wyniku pogarszających się warunków ruchu może następować zmiana zachowań komunikacyjnych. Zmiana ta może objawiać się poprzez zmianę wyboru czasu podróży, rezygnację z podróży lub ograniczenie jej długości, rezygnację z podróży własnym samochodem na rzecz komunikacji zbiorowej [1, 3]. Jednak bardzo trudnym procesem jest zmiana nawyków kierowców, zwłaszcza do rezygnacji z podróży własnym samochodem i wyboru środka komunikacji zbiorowej. Znaczna część kierowców jest dużo bardziej skłonna wybrać inny czas podróży, zmienić trasę podróży lub nawet zrezygnować z podróży niż przesiąść się do komunikacji zbiorowej. Zjawisko zatłoczenia sieci ulicznej dodatkowo nasila brak dostatecznej sieci drogowej (zwłaszcza ulic o układzie obwodowym), gwałtowny wzrost inwestycji drogowych oraz ciągle niski stopień wyposażenia ulic w infrastrukturę techniczną [3]. Zjawisko zatłoczenia motoryzacyjnego widoczne jest przede wszystkim na pewnych ciągach komunikacyjnych, gdzie przepustowość jest znacznie ograniczona. Choć przepustowość tych samych elementów stopniowo wzrasta przez akceptowanie mniejszych odstępów czasu [1, 2, 3], to jednak wzrost natężenia ruchu postępuje dużo szybciej. Często przekłada się to na prędkość poruszających się w sieci transportowej pojazdów. Niezależnie od dopuszczalnych limitów wartość prędkości chwilowej zmienia się zależnie od pory dnia, tygodnia, miesiąca, roku.

4. CHARAKTERYSTYKA OBSZARU ANALIZY

Infrastruktura transportu drogowego Radomia stanowi węzeł komunikacyjny o znaczeniu regionalnym. Przesądza to o kształtowaniu sieci dróg z koniecznym przebiegiem przez miasto i determinuje łączenie funkcji dróg i ulic w jego obszarze (tranzyt, ruch lokalny), dominujące kierunki ruchu tranzytowego to:

- północ – południe: Warszawa – Radom – Kielce – Kraków,
- wschód – zachód: Łódź – Radom – Lublin.

Pozostałe kierunki mają charakter regionalny, gdzie przeważa ruch docelowy generowany przez Radom. Podstawową sieć połączeń o znaczeniu regionalnym i międzyregionalnym stanowią:

- droga krajowa nr 7: Warszawa – Kielce – Kraków,
- droga krajowa nr 9: Rzeszów – Radom,
- droga krajowa nr 12: Lublin – Zwoleń – Łódź,
- droga wojewódzka nr 737: Radom – Kozienice,
- droga wojewódzka nr 740: Radom – Przytyk,
- droga wojewódzka nr 744: Radom – Starachowice.

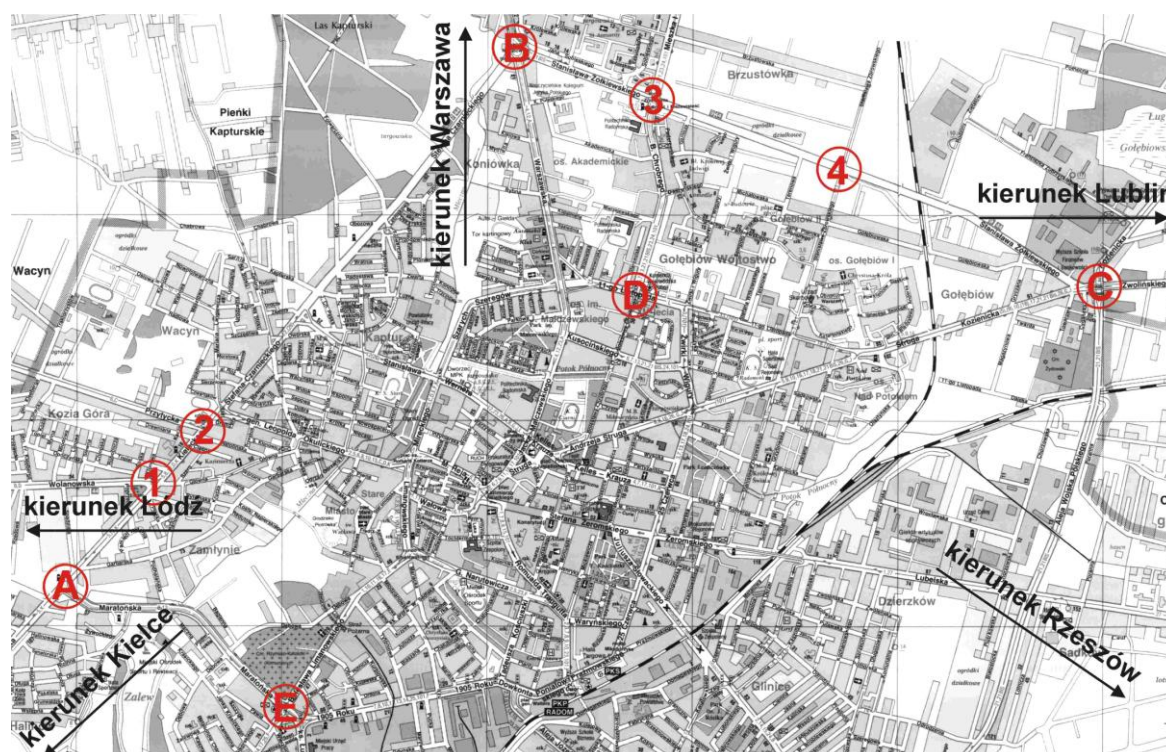
Tab. 1. Kategorie dróg i ulic w Radomiu

Wyszczególnienie drogi	Liczba	Długość w km
Krajowe	8	27,9
Wojewódzkie	5	8,1
Powiatowe	84	109,2
Gminne	192	188,4
Razem	289	333,6

Źródło: www.radom.pl

Ważnymi ciągami ulicznymi powiązаныmi z zewnętrznym układem komunikacyjnym miasta, jednocześnie stanowiącymi kontynuację dróg krajowych i wojewódzkich na terenie miasta, są następujące ciągi komunikacyjne (rys. 3):

- Kielecka – Czarnieckiego – Warszawska – przedłużenie drogi krajowej nr 7,
- Żółkiewskiego – Al. Wojska Polskiego – Słowackiego – przedłużenie drogi krajowej nr 9,
- Zwolińskiego – Żółkiewskiego – Czarnieckiego – Wolanowska – kontynuacja drogi krajowej nr 12,
- Kozienicka – przedłużenie drogi wojewódzkiej nr 737,
- Przytycka – przedłużenie drogi wojewódzkiej nr 740,
- Wierzbicka – przedłużenie drogi wojewódzkiej nr 744.



- 1 – skrzyżowanie Kielecka – Wolanowska – Główna
- 2 – skrzyżowanie Kielecka – Malczewskiej – Czarnieckiego – Okulickiego
- 3 – skrzyżowanie Żółkiewskiego – Mieszka I – Chrobrego
- 4 – skrzyżowanie Żółkiewskiego – Energetyków – Zbrowskiego
- A – skrzyżowanie Kielecka – NSZZ Solidarność – Maratońska
- B – skrzyżowanie Czarnieckiego – Warszawska – Żółkiewskiego (tzw. rondo warszawskie)
- C – skrzyżowanie Kozienicka – Zwolińskiego – Wojska Polskiego – Żółkiewskiego (tzw. rondo kozienickie)
- D – skrzyżowanie Chrobrego – 11 Listopada
- E – skrzyżowanie Maratońska – Limanowskiego – 1905 Roku

Rys. 3. Analizowane skrzyżowania w układzie drogowym Radomia

Źródło: opracowanie własne.

Ograniczenia w sprawnym funkcjonowaniu układu komunikacyjnego miasta spowodowane są głównie przez:

- niski standard dróg (małe parametry, zły stan nawierzchni),
- nakładanie się ruchu tranzytowego i lokalnego, towarowego i osobowego,
- brak tras obwodowych, które eliminowałyby ruch tranzytowy z miasta.

Autorzy postanowili przeanalizować, jak w ciągu ostatnich kilku lat zmieniła się wielkość natężenia ruchu, jego rozkład przestrzenny i czasowy w odniesieniu do wybranych ciągów komunikacyjnych w Radomiu. Analizą objęto wyniki pomiarów i badań natężeń ruchu na wybranych skrzyżowaniach w okresie między 1997 a 2013 rokiem. Badania obejmują kilkadziesiąt różnych skrzyżowań.

Trudność w analizie polega na tym, że badania te wykonywane były przez różne podmioty, różnych obserwatorów i dla różnych celów, w tym dla Miejskiego Zarządu Dróg i Komunikacji w Radomiu i przez studentów Wydziału Transportu i Elektrotechniki UTH w Radomiu w ramach zajęć z przedmiotu Inżynieria ruchu drogowego. Z tych też powodów badania przeprowadzane były w różnych miesiącach i różnych dniach tygodnia i w różnych godzinach, nie zawsze obejmujących jednocześnie szczyt poranny i popołudniowy i, co najistotniejsze, w różnych latach dla różnych „zestawów” skrzyżowań. Dodatkową trudność stanowił fakt rozbudowy i zmian układu komunikacyjnego Radomia (co samo w sobie w większości przypadków było zjawiskiem korzystnym dla jakości ruchu w mieście), co powodowało dodatkowe zaburzenia w ruchu (i wymuszoną zmianę organizacji i strumieni ruchu). Stąd wybór skrzyżowań do analizy jest kompromisem wynikającym przede wszystkim z dostępności danych (ich jednorodności) i oceny ważności danych skrzyżowań dla układu komunikacyjnego Radomia. Istotny jest również fakt, że w jednym artykule brak jest miejsca do analizy kilkadziesiątu, czy nawet kilkunastu skrzyżowań. Zdecydowano się analizować natężenia godzinne w godz. 15-16 – na większości skrzyżowań w tych godzinach obserwowano natężenia szczytowe. W wyniku przeprowadzonej analizy wybrano 4 skrzyżowania – 2 w ciągu ulicy Kieleckiej i 2 w ciągu ulicy Żółkiewskiego oraz pomocniczo 5 skrzyżowań. Ciąg ulic Kielecka-Czarneckiego i ul. Żółkiewskiego mają zasadnicze znaczenie dla układu komunikacyjnego Radomia, szczególnie dla ruchu tranzytowego na kierunkach Kielce (Kraków), Łódź i Piotrków Trybunalski, Warszawa, Lublin i w połączeniu z ul. Wojska Polskiego w kierunku Rzeszowa (rys. 3). Do pełnego zamknięcia „obwodnicy północno-wschodniej”¹ należałoby uwzględnić jeszcze skrzyżowania: Kielecka-Maratońska, tzw. „rondo warszawskie” i tzw. „rondo kozienickie”, jednakże dla tych skrzyżowań nie ma dostatecznej liczby danych pomiarowych (zostały uwzględnione jako skrzyżowania pomocnicze). Dla pozostałych rozpatrywanych skrzyżowań dostępne są dane dla 4 lat (1997, 2005, 2006, 2009).

5. ROZKŁAD NATĘŻENIA RUCHU DROGOWEGO NA WYBRANYCH CIĄGACH KOMUNIKACYJNYCH W RADOMIU

Do analizy zmian rozkładu natężenia ruchu drogowego wybrano ciągi komunikacyjne przedstawione na rys. 3. Charakterystykę tych zmian przedstawiono poniżej. Dla ułatwienia analizy obszary podzielono na cztery skrzyżowania oraz dwa komunikacyjne.

¹ Jest to nazwa nieformalna. Ulice te nie są przystosowane do pełnienia roli obwodnic, zasadniczo też nie są przystosowane do obsługi ciężkiego ruchu towarowego. Obwodnica północna – wyprowadzająca ruch tranzytowy poza obszar Radomia (do kilkunastu kilometrów) jest w fazie projektowej (kilkukrotnie bez powodzenia próbowano ogłosić przetarg), ul. Wojska Polskiego i część ul. Żółkiewskiego mają w przyszłości zostać przebudowane do pełnienia roli obwodnicy. Jednak ruch towarowy (tranzytowy) innymi ulicami Radomia w praktyce byłby w ogóle niemożliwy.

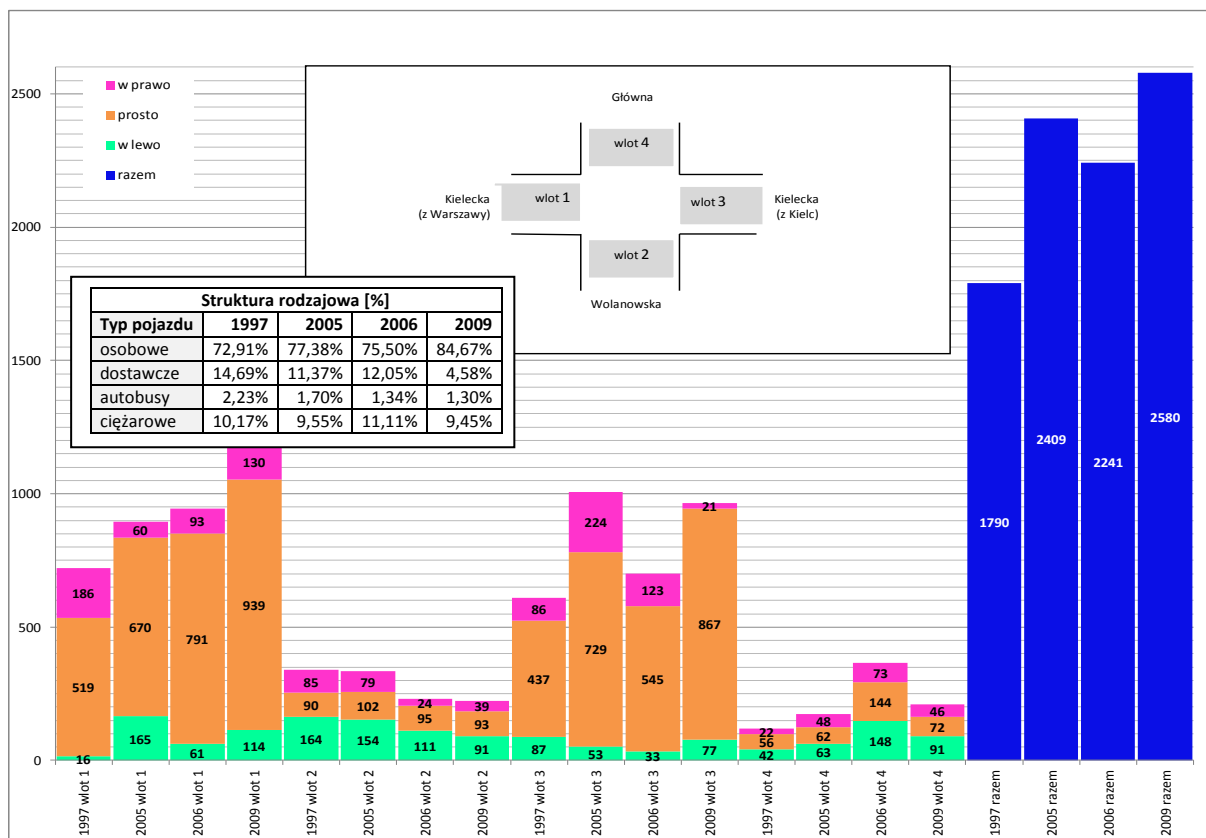
5.1. Skrzyżowanie ulic Kielecka – Wolanowska – Główna

Do 2007 roku skrzyżowanie to pełniło główną rolę w rozdziale potoku ruchu w kierunku i z kierunku Łodzi i Piotrkowa Trybunalskiego – ul. Wolanowska stanowiła główną arterię wylotową w tym kierunku. W 2007 roku przebudowane zostało skrzyżowanie ul. Kieleckiej i Maratońskiej (Rondo Łaskiego) z dobudowaniem łącznika do ul. Wolanowskiej (ul. NSZZ Solidarność) wyprowadzającym ruch w kierunku Łodzi (droga krajowa nr 12, ul. Maratońska stanowi odcinek drogi krajowej nr 12). Jednocześnie przebudowano ul. Wolanowską zewężając jej jezdnię i ograniczając jedynie do ruchu lokalnego. Oznacza to, że od roku 2008 ruch w relacjach Kielce (Kraków) – Piotrków Trybunalski (Łódź) odbywa się z pominięciem powyższego skrzyżowania – należałoby się więc spodziewać istotnego zmniejszenia natężenia ruchu na tym skrzyżowaniu. Jednak dane pokazują istotne zmniejszenie natężenia ruchu w roku 2006 (w stosunku do roku 2005) i istotny wzrost w roku 2009 (więc gdy ul. Wolanowska przeznaczona była już jedynie dla ruchu lokalnego)². Charakterystyczny jest spadek w roku 2006 natężenia w relacji na wprost (w kierunku Warszawy) z wlotu nr 3 (z kierunku Kielc), mimo że łącznik drogi krajowej nr 12 w kierunku Łodzi (ul. NSZZ Solidarność) nie był jeszcze wybudowany. W relacji odwrotnej (w kierunku z Warszawy w stronę Kielc) obserwuje się ciągły wzrost. Zwróćmy uwagę, że praktycznie wyeliminowany został prawoskręt z ul. Kieleckiej (wlot 3) w ul. Główną – lewoskręty (w ul. Wolanowską) mają znaczenie marginalne, przy jednak dość znacznym i rosnącym udziale prawoskrętów (w ul. Wolanowską) z wlotu nr 1 (z kierunku Warszawy) i bardzo zróżnicowanym udziale lewoskrętów (w ul. Główną). Istotnie zmieniła się struktura rodzajowa pojazdów. Znacznie wzrósł odsetek samochodów osobowych przy dużym spadku udziału samochodów dostawczych i w miarę stabilnym udziale samochodów ciężarowych. W sensie kryteriów statystycznych nie różnią się istotnie wskaźniki struktury rodzajowej (odsetek samochodów) pomiędzy latami 2005 i 2006, dla pozostałych lat: dla samochodów ciężarowych między rokiem 2009 a latami 1997, 2005 i 2006 oraz 1997 i 2005, dla samochodów dostawczych dla wszystkich lat, dla autobusów tylko między rokiem 1997 a latami 2005 i 2006, dla samochodów ciężarowych nie ma statystycznych różnic³. Dane przedstawiono na rys. 4.

W przypadku skrzyżowania Kielecka – Maratońska natężenia w godz. 15-16 wynoszą: 1997 – 1840, 2005 – 2348, 2006 – 2389, więc bardzo zbliżone do skrzyżowania Kielecka – Wolanowska – Główna, szczytowe odpowiednio: 1855, 2348, 2615. Struktura rodzajowa w odniesieniu do pojazdów osobowych i ciężarowych jest bardzo zbliżona (statystycznie nieistotna) w porównaniu ze skrzyżowaniem Kielecka – Wolanowska – Główna. Jedynie dla samochodów osobowych dla roku 2005 jest istotna różnica. Udział wynosi odpowiednio: dla samochodów osobowych 73,21%, 72,74%, 76,18%, dla samochodów ciężarowych 10,46%, 9,58%, 11,59%. W analizie należy, w aspekcie skrzyżowania Kielecka – Maratońska, uwzględnić jeszcze skrzyżowanie ul. Maratońska – Limanowskiego – 1905 Roku (jedno z najważniejszych skrzyżowań w układzie komunikacyjnym Radomia). Ulice Maratońska i 1905 Roku stanowią ciąg drogi krajowej nr 12.

² Maksymalne natężenia godzinne w szczycie popołudniowym wynosiły odpowiednio: 1997 r. – 1888 (14.30-15.30), 2005 r. – 2469 (14.15-15.15), 2006 r. – 2491 (13.45-14.45). 2009 r. – 2795 (14.45-15.45). Widać więc istotne przesunięcie godziny szczytu.

³ Weryfikowano hipotezę o równości wskaźników struktury na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ przy dwustronnym obszarze krytycznym, ze względu na licznosc prób (bardzo duże) korzystano z rozkładu granicznego estymatora wskaźnika struktury. Hipotezy weryfikowano dla każdej pary wskaźników struktury (dla poszczególnych lat) i dla każdego typu samochodu. Należy jednak podkreślić, że interpretacja wyniku, tzn. czy wskaźniki struktury istotnie się różnią nie powinna opierać się tylko na wyniku testu statystycznego – np. czy różnica 2 pkt proc. dla danego rodzaju pojazdów jest istotna z punktu widzenia ruchu drogowego powinien ocenić badacz uwzględniając różne dodatkowe czynniki (np. kategorię drogi, otoczenie itp.); przy takiej liczności prób, z punktu widzenia statystyki, jest to różnica istotna. Wartości bezwzględne testu dla weryfikacji hipotezy o równości udziału samochodów osobowych, dostawczych, ciężarowych i autobusów w strumieniu pojazdów na wybranych w skrzyżowaniach w Radomiu w poszczególnych latach zamieszczono w tabeli 2 zamieszczonej na końcu rozdziału 5.



Rys. 4. Struktura rodzajowa i natężenie pojazdów na skrzyżowaniu ulic Kielecka – Główna – Wolanowska w Radomiu, dla pomiarów z lat 1997, 2005, 2006, 2009
 Źródło: opracowanie własne.

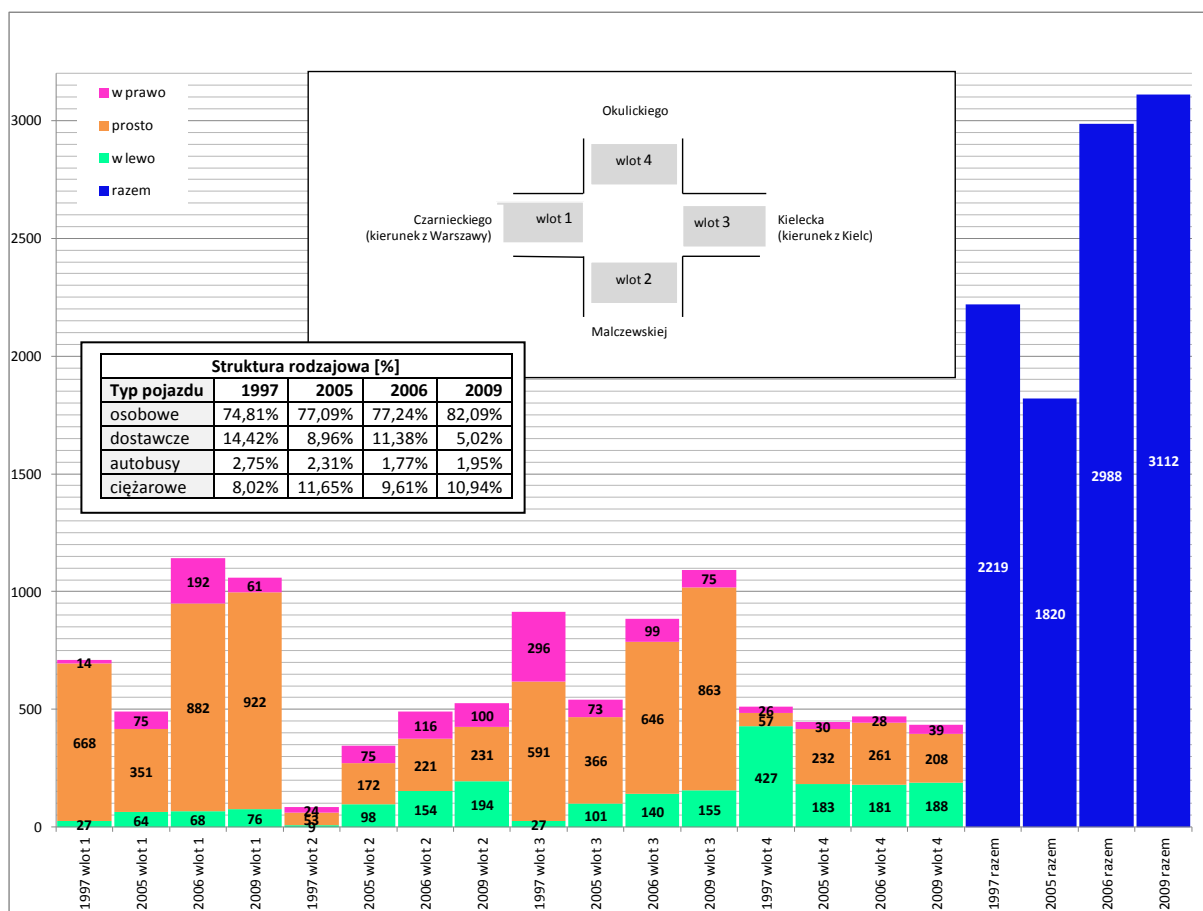
Natężenie ruchu na tym skrzyżowaniu stale rośnie (1997 – 2784 (2808), 2005 – 3111, 2006 – 3448, 2009 – 3951; poza rokiem 1997 są to natężenia w godzinie szczytu popołudniowego pomiędzy godz. 15-16) i są znacznie wyższe niż dla skrzyżowania Kielecka – Wolanowska – Główna. Można więc wnosić, że skrzyżowanie to ma znaczenie przede wszystkim dla ruchu lokalnego – świadczy o tym również udział samochodów ciężarowych na poziomie 3-4%, tranzyt z kierunku Łódź i Kielce w kierunku Rzeszowa odbywa się raczej ulicami Kielecką Czarnieckiego, Żółkiewskiego, Wojska Polskiego.

5.2. Skrzyżowanie ulic Kielecka – Okulickiego – Czarnieckiego – Malczewskiej

To drugie z ważnych skrzyżowań w ciągu drogi krajowej nr 7, przy czym ul. Okulickiego prowadzi w stronę centrum Radomia, łączy się (na Rondzie Kotlarza) z jednym z głównych ciągów komunikacyjnych Radomia (m.in. ul. Limanowskiego, która wraz z ul. Mireckiego, Szarych Szeregów i 11 Listopada z jednej strony i 1905 Roku, Dowkonta, Poniatowskiego, Prażmowskiego, 25 Czerwca z drugiej tworzy wewnętrzny „ring”); łączy się również z ul. Główną. Ul. Malczewskiej (dawniej Przytycka) stanowi wylot z Radomia w kierunku Tomaszowa Mazowieckiego (i drogi krajowej nr 48, jednak znaczenie tego połączenia z kierunku Warszawy jest znacznie ograniczone ze względu na możliwość wjazdu na drogę krajową nr 48 w Białobrzegach i ominięciu Radomia). Natężenie ruchu na tym skrzyżowaniu jest znacząco większe niż na skrzyżowaniu sąsiednim (poza rokiem 2005). Dotyczy to również natężeń szczytowych – odpowiednio rok 1997 – 1888, 2005 – 1923 (godz. 14.45-15.45), 2006 – 2988, 2009 – 3222 (godz. 14.45-15.45). Sugeruje to, że w tym okresie ul. Główna w znacznej mierze przejęła funkcje ul. Okulickiego (odcinka początkowego) – koresponduje to ze znacznym zwiększeniem skrętów w ul. Główną z ul. Kieleckiej w roku 2005. Struktura

rodzajowa pojazdów jest bardzo podobna, jednak wyraźnie widać zależność – gdy na jednym skrzyżowaniu rośnie udział samochodów osobowych z jednoczesnym zmniejszaniem się udziału pojazdów ciężarowych (w stosunku do roku poprzedniego) na drugim tendencja jest odwrotna (w tym samym roku). Podobnie jak dla wcześniejszego skrzyżowania spadł drastycznie w roku 2009 udział samochodów dostawczych. Zwraca również uwagę znikoma liczba prawoskrętów z ulicy Malczewskiej (w ul. Kielecką).

W sensie kryteriów statystycznych różnią się istotnie wskaźniki struktury pomiędzy poszczególnymi latami dla samochodów dostawczych, w przypadku autobusów różnica jest istotna jedynie między latami 1997-2005. W przypadku samochodów osobowych jedynie pomiędzy rokiem 1997 a 2005 i 2005 a 2006, a w przypadku samochodów ciężarowych pomiędzy latami 2005 i 2006 a rokiem 2009 nie ma statystycznie istotnej różnicy wskaźników struktury. Dane przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5. Struktura rodzajowa i natężenie pojazdów na skrzyżowaniu ulic Kielecka – Wolanowska – Czarnieckiego – Okulickiego w Radomiu, dla pomiarów z lat 1997, 2005, 2006, 2009
Źródło: opracowanie własne.

Ul. Czarnieckiego krzyżuje się z ul. Warszawską stanowiącą główny wylot z Radomia w kierunku Warszawy (droga krajowa nr 7) i jednocześnie jedną z głównych arterii wiodących do centrum miasta oraz z ul. Żółkiewskiego stanowiącą miejski odcinek drogi krajowej nr 9 (i dalej wylot w kierunku Lublina i Rzeszowa poprzez drogę krajową nr 12). Natężenia w godz. 15-16 dla lat 1997, 2005, 2006 wynoszą odpowiednio: 2268, 2789, 3283, a natężenia szczytowe: 2268, 2864, 3887. Struktura rodzajowa osobowe/ciężarowe: 67,99%/14,64%, 75,65%/11,84%, 69,20%/16,63%. Struktura ta wyraźnie różni się w latach 1997, 2006 od struktury skrzyżowania Kielecka – Okulickiego – Czarnieckiego – Malczewskiej, jednocześnie natężenie znacznie rośnie w kolejnych latach. Należy dodać, że

między skrzyżowaniami istnieje jeszcze tylko jedno istotne skrzyżowanie – z tym, że jest ono istotne dla ruchu lokalnego i samochodów osobowych. Należy więc wnosić, że różnice związane są z ruchem na kierunku Warszawa – Lublin i Rzeszów, jednak bez analizy tego kierunku, wnioski takie mogą być mylące⁴.

5.3. Skrzyżowanie ulic Żółkiewskiego – Mieszka I – Chrobrego

Ulica Żółkiewskiego stanowi miejski odcinek drogi krajowej nr 9 łącząc się z drogą krajową nr 7 (ul. Czarnieckiego) i nr 12 (ul. Zwolińskiego, dalej droga krajowa nr 9 i nr 12 biegną ul. Wojska Polskiego rozdzielając się na skrzyżowaniu z ul. Słowackiego – droga krajowa nr 9 biegnie ul. Słowackiego w kierunku Rzeszowa, droga krajowa nr 12 ul. Grzeczmarowski i Maratońską w kierunku Piotrkowa Trybunalskiego i Łodzi). Ciąg ulic Mieszka I i Chrobrego stanowi jedną z dwu głównych arterii komunikacyjnych między osiedlem Michałów (drugie co do wielkości osiedle mieszkaniowe Radomia) z centrum Radomia, ciągiem drugim jest ulica Warszawska (obydwie łączą się z „ringiem” wewnętrznym opisanym wyżej). Skrzyżowanie to było w ostatnim dziesięcioleciu kilkakrotnie przebudowywane (najpierw jako rondo, następnie w 2005 r. z sygnalizacją świetlną z budową drugiej jezdni ulicy Żółkiewskiego – dwie jezdnie kończą się na skrzyżowaniu z ul. Zbrowskiego i do ul. Zwolińskiego i Wojska Polskiego ul. Żółkiewskiego jest ulicą jednojezdniową, ul. Chrobrego, do ul. 11 Listopada, od lat 70-tych jest ulicą dwujezdniową⁵).

Analiza zmian natężeń dla skrzyżowania Żółkiewskiego – Mieszka I – Chrobrego jest utrudniona, ze względu na ograniczenia wynikające z przebudowy skrzyżowania co miało konsekwencje dla innych skrzyżowań, wyraźny spadek natężeń na wielu skrzyżowaniach, niekoniecznie w bezpośrednim sąsiedztwie, należy wiązać z tą przebudową – zmiana „utartych” szlaków przemieszczania się, głównie w ruchu lokalnym, objazdów dla ruchu tranzytowego zasadniczo nie było. Z tego też powodu wzrósł znacząco udział pojazdów ciężarowych, by w roku następnym powrócić do poziomu z roku 1997. Jednak w roku 2009 udział ten wynosił blisko 16%. Nie istnieją wprawdzie badania dla lat następnych, jednak autorzy dysponują wynikami badań tzw. ronda kozienickiego z roku 2013, dla którego struktura rodzajowa (nieznacznie wyższy odsetek samochodów ciężarowych) silnie powiązana jest ze skrzyżowaniem Żółkiewskiego – Mieszka I – Chrobrego, dla tego skrzyżowania udział samochodów ciężarowych w badaniach z roku 2013 wynosił 12,73%. Zwróćmy jednak uwagę, że w relacji (umownej) Zbrowskiego – Warszawska odsetek samochodów ciężarowych (w roku 2009) wynosił blisko 17%, a w relacji Warszawska – Zbrowskiego ponad 26%, gdy tymczasem w strumieniu ruchu z ul. Chrobrego tylko 2,7%. Zaskakujący jest jednak istotny wzrost o 2,55 pkt. proc.) udziału samochodów osobowych (choć w sensie statystyki nieistotny na poziomie $\alpha = 0,05$ dla obszaru krytycznego dwustronnego, choć istotny dla obszaru krytycznego jednostronnego), który wzrósł jeszcze w roku 2006, by spaść do poziomu 71% w roku 2009. Wzrost ten (w 2005 r.) odbył się „kosztem” samochodów dostawczych – ich udział spadł prawie dwukrotnie, by w latach następnych wzrosnąć o ok. 50% (co jednak stanowi ok. 75% udziału z roku 1997).

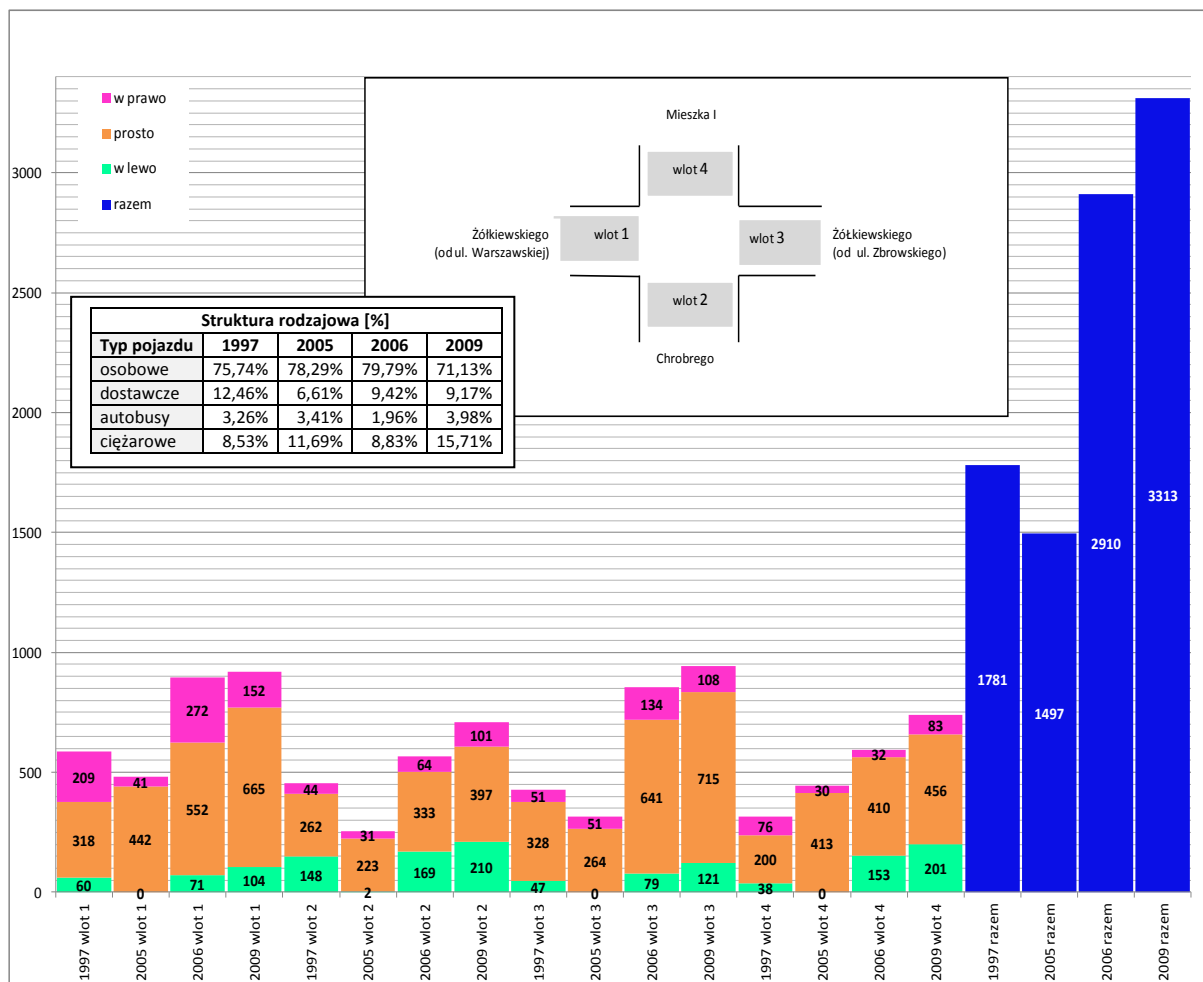
Przed przebudową w 2005 roku lewoskręty (ze wszystkich wlotów) jak i prawoskręty stanowiły niewielki odsetek strumienia ruchu – wyjątek stanowił tutaj skręt (w prawo) z ul. Żółkiewskiego w ul. Chrobrego. Po przebudowie szczególnie zwiększył się udział lewoskrętów z ul. Chrobrego w Żółkiewskiego (alternatywna wylot na Warszawę dla samochodów osobowych)

⁴ Istotne różnice występują w piątkowe popołudnia, gdy zwiększony jest ruch osobowy na kierunku Warszawa – Kraków.

⁵ Jako ciekawostkę można podać, że ulicą Chrobrego planowano poprowadzić linię tramwajową, stąd między jezdniami wydzielony był pas pod torowisko. Pas ten umożliwił obecnie wydzielenie lewoskrętów w ciągu ulicy Chrobrego. Więcej na ten planów tramwaju w Radomiu zob. T. Dyr (red.), *Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacji w Radomiu 1954-2004*, Wydawnictwo Autobusy Sp. z o.o. Radom 2004.

i z ul. Mieszka I w ul. Żółkiewskiego (wylot w kierunku Lublina, Koźmienic i alternatywna droga do Centrum M1). Dominujący jest kierunek na wprost, przy czym w relacji Zbrowskiego – Warszawska dominacja ta jest zdecydowanie większa niż w relacji odwrotnej.

Godzinne natężenia szczytowe w roku 2005 i 2006 „przypadły” na godz. 15-16 i wynosiły odpowiednio 1497 i 3313, w roku 1997 w godz. 14.30-15.30 – 1869 (wobec 1781 w godz. 15-16), w roku 2009 w godz. 15.15-16.15 – 2936 (2910). Dane przedstawiono na rysunku 6.

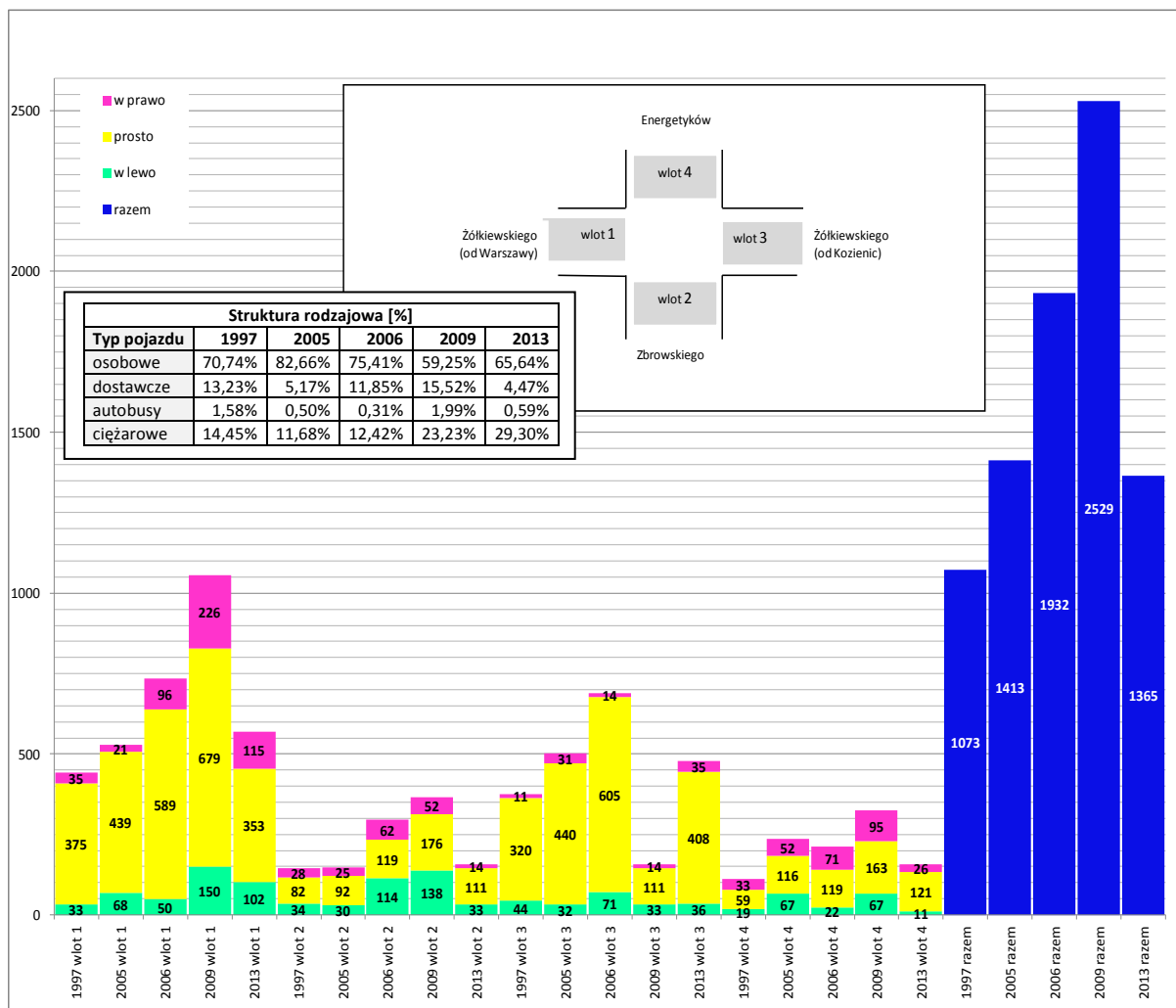


Rys. 6. Struktura rodzajowa i natężenie pojazdów na skrzyżowaniu ulic Żółkiewskiego – Mieszka I – Chrobrego w Radomiu, dla pomiarów z lat 1997, 2005, 2006, 2009
 Źródło: opracowanie własne.

5.4. Skrzyżowanie ulic Żółkiewskiego – Zbrowskiego – Energetyków

Skrzyżowanie Żółkiewskiego – Zbrowskiego – Energetyków ma znaczenie przede wszystkim dla ruchu lokalnego – ulica Zbrowskiego jest jedną z głównych arterii z obrzeży (i nie tylko) miasta w kierunku centrum, w planach rozwoju infrastruktury drogowej jej rola jest jeszcze większa. Jednak dla ruchu tranzytowego, szczególnie towarowego, stanowi ono przeszkodę. Skrzyżowanie posiada akomodacyjną sygnalizację świetlną do sterowania ruchem. Należy zaznaczyć, że brak tej sygnalizacji skutkowałby (przynajmniej w godzinach szczytu) całkowitą blokadą skrzyżowania na kierunku Warszawa – Lublin. Bezpośrednio za skrzyżowaniem znajduje się wiadukt kolejowy, dalsza część ul. Żółkiewskiego (do ronda koźmienickiego) jest mocno zdegradowaną ulicą jednojezdniową. W godzinach szczytu odcinek ten jest całkowicie „wypełniony” pojazdami, które blokują przejazd przez skrzyżowanie (na wprost) Żółkiewskiego – Zbrowskiego – Energetyków. Ruch towarowy na ul. Zbrowskiego praktycznie nie istnieje, na ul. Energetyków jest on rzędu 1%. W kolejnych latach pomiarów

natężenie systematycznie rosło do roku 2009 i wynosiło w latach 1997, 2005, 2006 i 2009 w godz. 15-16 odpowiednio 1073, 1413, 1932, 2529, a szczytowe natężenie godzinne odpowiednio: 1079, 1449, 1923, 2529. Zauważmy, że jest ono wyraźnie niższe niż na sąsiednim skrzyżowaniu Żółkiewskiego – Mieszka I – Chrobrego (w roku 2005 gdy przeprowadzany był remont i modernizacja są prawie identyczne), co wyraźnie podkreśla znaczenie ulic Chrobrego i Mieszka I. Charakterystyczna jest bardzo duża przewaga ilościowa w roku 2009 ruchu ul. Żółkiewskiego od skrzyżowania Żółkiewskiego – Mieszka I – Chrobrego nad pozostałymi wlotami, nawet w stosunku do ruchu z kierunku przeciwnego (wlot 3). Zaskakującym jest fakt, że natężenie ruchu w roku 2013 zmniejszyło się prawie dwukrotnie. Struktura rodzajowa pojazdów w każdym z lat pomiarowych była zdecydowania różna, poza udziałem autobusów, który zawsze był marginalny. Charakterystycznym są jednak bardzo duże różnice w udziale poszczególnych typów pojazdów, bez możliwości wskazania jakiejś ogólniejszej tendencji poza systematycznym wzrostem liczby pojazdów ciężarowych (od roku 2005) – w 2013 przekracza on 29%. Uwzględniając zasadniczo brak ruchu pojazdów ciężarowych na ulicach Zbrowskiego i Energetyków (poza rokiem 2009), udział pojazdów ciężarowych w ruchu na ul. Żółkiewskiego jest jeszcze większy i wynosi odpowiednio: wlot 1 – 16,9%, 15,9%, 13,9%, 37,1%, **35,1%**, wlot 3 – 19,2%, 14,9%, 17,5%, 15,9%, **41,3%**. Dane przedstawiono na rysunku 7.



Rys. 7. Struktura rodzajowa i natężenie pojazdów na skrzyżowaniu ulic Żółkiewskiego – Zbrowskiego – Energetyków w Radomiu, dla pomiarów z lat 1997, 2005, 2006, 2009, 2013

Źródło: opracowanie własne.

Zwróćmy uwagę, że na sąsiednim skrzyżowaniu, tzw. rondo kozienickie, natężenia są ok. dwukrotnie większe niż na rozpatrywanym skrzyżowaniu. Wynoszą dla lat 2005, 2006, 2013 odpowiednio w godz. 15-16: 2792, 4413 2659, a szczytowe godzinne odpowiednio: 2792, 4829, 2837⁶.

Tab. 2. Wartości bezwzględne testu dla weryfikacji hipotezy o równości udziału samochodów osobowych, dostawczych, ciężarowych i autobusów w strumieniu pojazdów na wybranych w skrzyżowaniach w Radomiu w poszczególnych latach

Typ pojazdu	Wartość bezwzględna testu w odniesieniu do poszczególnych lat i analizowanej struktury rodzajowej									
	1997-2005	1997-2006	1997-2009	1997-2013	2005-2006	2005-2009	2005-2013	2006-2009	2006-2013	2009-2013
Kielecka – Główna - Wolanowska										
osobowe	3,33	1,88	9,53		1,51	6,58		8,00		
dostawcze	3,18	2,46	11,65		0,71	8,91		9,51		
autobusy	1,24	2,16	2,36		1,01	1,17		0,12		
ciężarowe	0,67	0,96	0,79		1,75	0,12		1,90		
Kielecka - Malczewskiej - Czarnieckiego - Okulickiego										
osobowe	1,68	2,04	6,44		0,12	4,26		4,71		
dostawcze	5,33	3,26	11,86		2,66	5,42		9,08		
autobusy	0,89	2,38	1,93		1,29	0,85		0,51		
ciężarowe	3,88	1,98	3,54		2,25	0,76		1,72		
Żółkiewskiego - Chrobrego - Mieszka I										
osobowe	1,72	3,26	3,53		1,17	5,20		7,89		
dostawcze	5,62	3,30	3,69		3,17	2,96		0,33		
autobusy	0,24	2,79	1,30		2,94	0,96		4,64		
ciężarowe	3,00	0,35	7,21		3,02	3,67		8,19		
Żółkiewskiego - Zbrowskiego - Energetyków										
osobowe	7,05	2,79	6,52	2,67	5,04	15,07	10,26	11,31	6,11	3,90
dostawcze	7,09	1,10	1,77	7,78	6,67	9,66	0,86	3,50	7,37	10,58
autobusy	2,75	3,84	0,82	2,43	0,85	3,76	0,33	4,98	1,20	3,55
ciężarowe	2,04	1,57	5,96	8,69	0,65	8,85	11,54	9,20	12,07	4,13

Dla jednostronnego obszaru krytycznego wartości krytyczne testu na poziomie istotności $\alpha = 0,1; 0,05; 0,025; 0,005$ wynoszą odpowiednio 1,28; 1,64; 1,96; 2,58. Dla uzyskania wartości krytycznych testu na poziomie α dla dwustronnego obszaru krytycznego należy dla obszaru krytycznego przyjąć poziom istotności $0,5\alpha$.

Źródło: opracowanie własne.

PODSUMOWANIE

Rosnące natężenie ruchu drogowego stanowi bardzo poważne wyzwanie dla sprawnego funkcjonowania całego systemu transportowego, a szczególnie w obszarach miejskich ponieważ jakość funkcjonowania tego systemu przekłada się na jakość życia ludności i jakość realizowanych procesów gospodarczych w analizowanych obszarach.

Istniejące i nowo projektowane drogi i ulice muszą być dostosowane do potrzeb wszystkich uczestników ruchu zgodnie z obowiązującymi przepisami i zasadami urbanistyki. Szczególnie centra miast i obszary bezpośrednio do nich przylegającymi wymagają takiego

⁶ W roku 1997 rondo kozienickie nie istniało, a układ skrzyżowań był inny niż obecnie (m.in. ul. Wojska Polskiego nie miała styczności z ul. Kozienicką), tym niemniej natężenie wynoszące odpowiednio 1913 (1935) również niemal dwukrotnie przekraczało natężenie na skrzyżowaniu Żółkiewskiego – Zbrowskiego – Energetyków danymi dla roku 2009 autorzy nie dysponują.

podejścia do projektowania, które uwzględni zarówno cele dostępności, mobilności i efektywności transportu jak również ograniczenia wynikające z dbałości o bezpieczeństwo ruchu, estetykę i ochronę środowiska.

Analiza natężeń ruchu na wybranych skrzyżowaniach wskazuje, że wzrost liczby pojazdów w obszarze miasta nie ma bezpośredniego „przełożenia” na wzrost natężenia dla konkretnych analizowanych skrzyżowań, np. dla Radomia liczba pojazdów wynosiła w roku 2002 – 70 401, w roku 2009 – 100 991, w roku 2012 – 112 225, w tym samochodów osobowych odpowiednio 53 276, 79 620, 87 798⁷. Dla analizy zmian natężeń ruchu niezbędne jest dokonywanie systematycznych badań w tych samych warunkach, dla tych samych skrzyżowań. Istotnym jest również, że standardowo wybierany zakres czasu, dla których dokonywane są pomiary, nie zawsze jest odpowiedni dla konkretnych skrzyżowań (może nie obejmować szczytów godzinnych), niezbędne są wcześniejsze pomiary „pilotażowe”.

BIBLIOGRAFIA

1. Datka S., Suchorzewski W., Tracz M.: *Inżynieria ruchu*, WKiŁ, Warszawa 1999.
2. Dębowska-Mróż M, Rogowski A., *Znaczenie pomiarów i badań w identyfikacji bezpieczeństwa ruchu drogowego*, Logistyka nr 6/2009, materiały XIII Międzynarodowej Konferencji TRANSCOMP 2009, Komputerowe Systemy Wspomagania Nauki, Przemysłu i Transportu, Zakopane 2009 r.
3. Gaca S., Suchorzewski W., Tracz M.: *Inżynieria ruchu drogowego. Teoria i praktyka*, WKiŁ, Warszawa 2008 r.
4. *Pomiary natężenia ruchu kołowego*, materiały Miejskiego Zarządu Dróg i Komunikacji w Radomiu.
5. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 17 stycznia 2003 r. w sprawie rodzajów wyników pomiarów prowadzonych w związku z eksploatacją dróg, linii kolejowych, linii tramwajowych, lotnisk oraz portów, które powinny być przekazywane właściwym organom ochrony środowiska, oraz terminów i sposobów ich prezentacji, Dz. U. Nr 18, poz. 164.
6. Tracz M. (red.): *Pomiary i badania ruchu drogowego*, WKiŁ, Warszawa 1984.
7. *Wytyczne organizacji i przeprowadzenia generalnego pomiaru ruchu w 2010 roku na drogach krajowych*. Biuro Projektowo-Badawcze Dróg i Mostów Transprojekt-Warszawa Sp. z o.o. Warszawa, 2009.

⁷ Dane GUS, baza danych lokalnych, http://www.stat.gov.pl/bdl/app/strona.html?p_name=indeks.

ANALYSIS OF CHANGES IN TRAFFIC FLOW ON SELECTED TRAFFIC ROUTES IN RADOM

Abstract

The article said the basic objectives, scope and application traffic measurements. Special attention was paid to the importance of measuring traffic flow. The comparison and analysis of traffic flow on a few selected communication routes of the city of Radom, taking into account the type structure and direction. Been taken into account the crossing communication routes serving as the ring road (north and east), along with some of the neighbors important intersections. The analysis shows that increase in the number of vehicles in city area has no direct impact on the increase of intensity of analyzed in selected intersections. As standard selected the time range for which the measurements are performed, it is not always appropriate for specific of intersections. For a proper assessment it is necessary to make systematic studies under comparable conditions.

Autorzy:

mgr inż. **Marzena Dębowska-Mróz** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki, Radom 26-600; ul. Malczewskiego 29, tel. 48 361-77-85, fax 48 361-77-39; e-mail: m.mroz@uthrad.pl

dr inż. **Andrzej Rogowski** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki, Radom 26-600; ul. Malczewskiego 29, tel. 48 361-77-85, fax 48 361-77-39; e-mail: a.rogowski@uthrad.pl