

## RUCH NA DROGACH SZYBKIEGO RUCHU W OTOCZENIU MIAST, CZ. II – ZASTOSOWANIE METODY

### WSTĘP

Metodę analiz przedstawioną w I części artykułu, wykorzystującą hierarchiczność budowy modeli ruchowo-sieciowych, zilustrowano, stosując ją do analiz związanych z układami komunikacyjnymi trzech miast: Kalisza, Kielc i Tarnowa. Wybór miast wynikał z ich położenia na skrzyżowaniach ważnych szlaków komunikacyjnych oraz planów rozwoju dróg szybkiego ruchu w ich otoczeniu. Ponadto dla tych miast możliwe było uzyskanie wiarygodnych danych o ruchu lokalnym oraz podstawowych danych charakteryzujących miasto<sup>1</sup>.

Dla każdego miasta przygotowano warianty rozwiązań przyszłego układu komunikacyjnego. Ponieważ jako zadanie podstawowe traktowano badanie związków ruchowych pomiędzy miastem/ obszarem zurbanizowanym i drogą charakteryzującą się wysokimi parametrami ruchu, a nie projektowanie rozwiązań układów komunikacyjnych Kalisza, Kielc i Tarnowa, stąd przy tworzeniu wariantów nie analizowano możliwości rzeczywistej lokalizacji dróg szybkiego ruchu. Zaproponowane modele należy więc traktować jako teoretyczne, chociaż we wszystkich miastach starano się by *wariant I* możliwie wiernie odwzorowywał planowany przebieg przyszłych dróg szybkiego ruchu, tzn. był zbliżony do odpowiednich zapisów w planach zagospodarowania przestrzennego miast.

*Wariant II* układu, w przypadku Kalisza i Tarnowa, zbudowano w taki sposób by droga szybkiego ruchu była odsunięta od centrum miasta na odległość ok. 15km.

W Kielcach, ze względu na stosunkowo duże oddalenie istniejącej drogi ekspresowej (6-12 km od centrum miasta), funkcjonującej w ciągu drogi Nr 7, zbadano warianty jej bliższego usytuowania w stosunku do centrum miasta. W *wariancie II* przyjęto założenie o rozwoju drogi ekspresowej S7 na północ i południe od Kielc (wzdłuż drogi Nr 7) i braku kontynuacji drogi o wysokich parametrach w obszarze miasta. W ten sposób zbudowano teoretyczny model miasta ze zbiegającymi się do niego promieniście drogami szybkiego ruchu i dla potrzeb prowadzonych analiz nie uwzględniający istniejącej drogi ekspresowej S7. W *wariancie III* ustalono przebieg trasy w odległości średnio 2 km od centrum, w szwie pomiędzy obszarem centralnym, a dzielnicami mieszkaniowymi położonymi w zachodniej części miasta

---

<sup>1</sup> W badaniach wykorzystano dane udostępnione przez Instytut Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej, Oddział w Krakowie.

Z uwagi na hierarchiczny sposób tworzenia modeli ruchowo-sieciowych, dla każdego badanego przypadku, opracowano także warianty rozwiązań zewnętrznego układu komunikacyjnego, w skali całej sieci drogowej. Na podstawie studiów prowadzonych w ostatnich latach przez zespół Instytutu Dróg i Mostów PW, w tym m.in. w ramach studium [6] zdecydowano, aby analizy przeprowadzić dla roku 2015, a w modelu sieci drogowej Polski uwzględnić istnienie podstawowego szkieletu dróg szybkiego ruchu tzn. autostrad A1, A2, i A4. Dodatkowo, ze względu na analizowanie układów komunikacyjnych Kalisza i Kielc do badań włączono także autostradę A8 i drogę ekspresową S7.

## MODELE RUCHOWO-SIECIOWE W STANIE ISTNIEJĄCYM

Zgodnie z metodyką analiz opisaną w I części artykułu, pierwsze etapy prac dotyczyły analizy stanu istniejącego oraz weryfikacji modeli ruchowo-sieciowych badanych obszarów.

Dla każdego z miast zbudowano modele podstawowej sieci ulicznej z uwzględnieniem w nich 3 kategorii ulic (tab. 4) oraz dokonano podziału na rejony komunikacyjne:

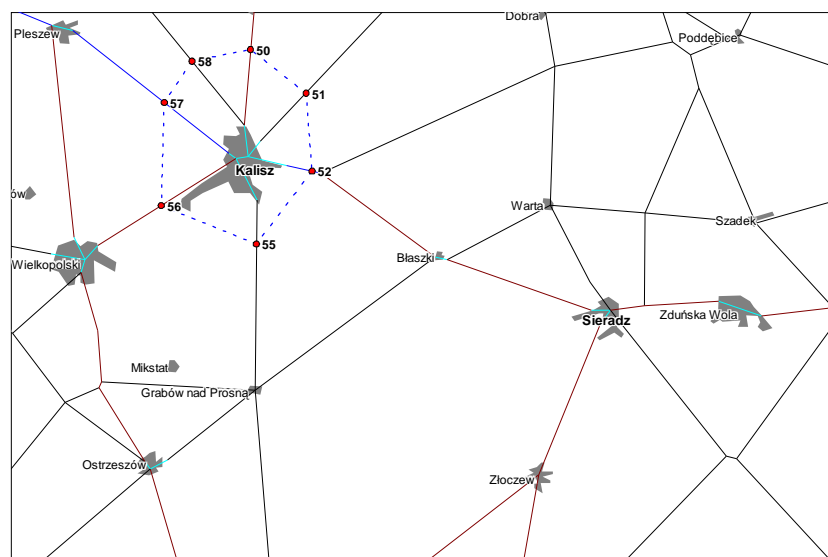
- § Kalisz – 42 rejony komunikacyjne,
- § Kielce – 73 rejony komunikacyjne,
- § Tarnów – 34 rejony komunikacyjne.

Tabela 4 Zestawienie długości odcinków w modelach sieci analizowanych miast [w km].

Miasto	GP	G	Z	suma
Kalisz	-	29,7	58,2	87,9
Kielce	11,8	39,8	85,9	137,5
Tarnów	-	38,6	51,6	90,2

Modele sieci ulicznej powiązano z krajowym modelem sieci drogowej za pośrednictwem dróg krajowych. W tym celu na kordonie miast (rys. 4) zdefiniowano punkty połączeń układu miejskiego i zamiejskiego (Kielce – 11 punktów, Kalisz – 7 punktów, Tarnów – 5 punktów).

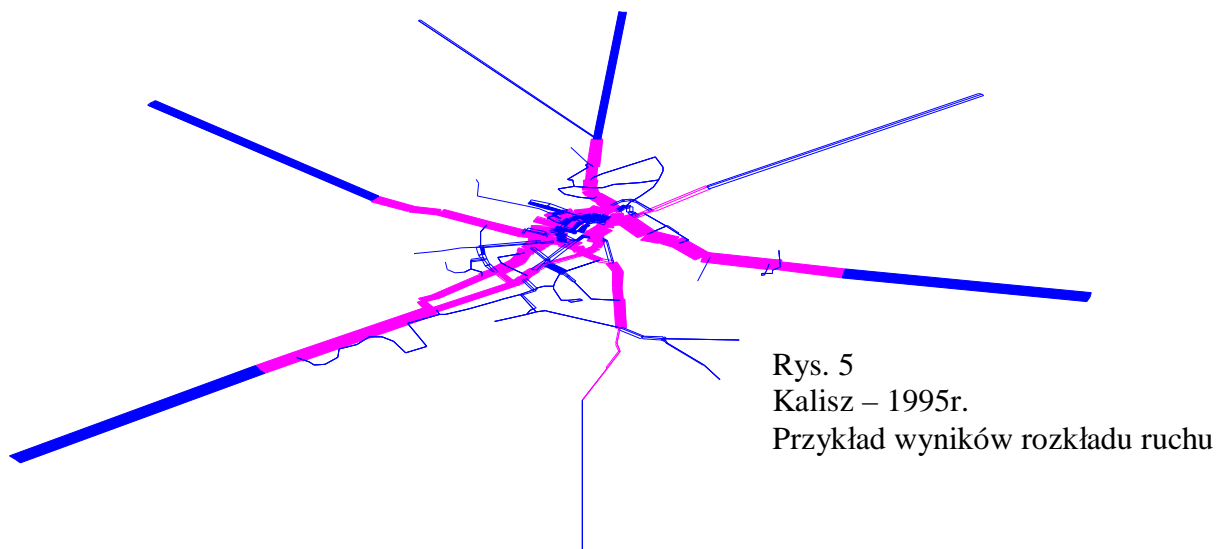
Rys. 4  
Kalisz - 1995 r.  
Przykład krajowego modelu sieci drogowej – punkty na kordonie miasta



Do wykonania rozkładów ruchu w miastach wykorzystano system VISUM. Dla celów modelowania ruchu przyjęto rozkład proporcjonalny. Punktem wyjścia do wykonania rozkładów były modele sieci miast w stanie istniejącym i sumaryczne macierze podróży przygotowane na podstawie:

- istniejących danych o ruchu wewnętrznym (na podstawie danych IGPIK O/Kraków),
- danych o ruchu zewnętrznym (tranzytowym i typu źródło-cel), uzyskanych dzięki wykorzystaniu krajowego modelu ruchowo-sieciowego.

Na rys. 5 przedstawiono przykład obciążenia Kalisza ruchem sumarycznym w roku 1995.



Rys. 5  
Kalisz – 1995r.  
Przykład wyników rozkładu ruchu

Wyniki zweryfikowano poprzez porównanie z wynikami badań rzeczywistych natężeń ruchu wykonanych w miastach lub na wlotach do miast:

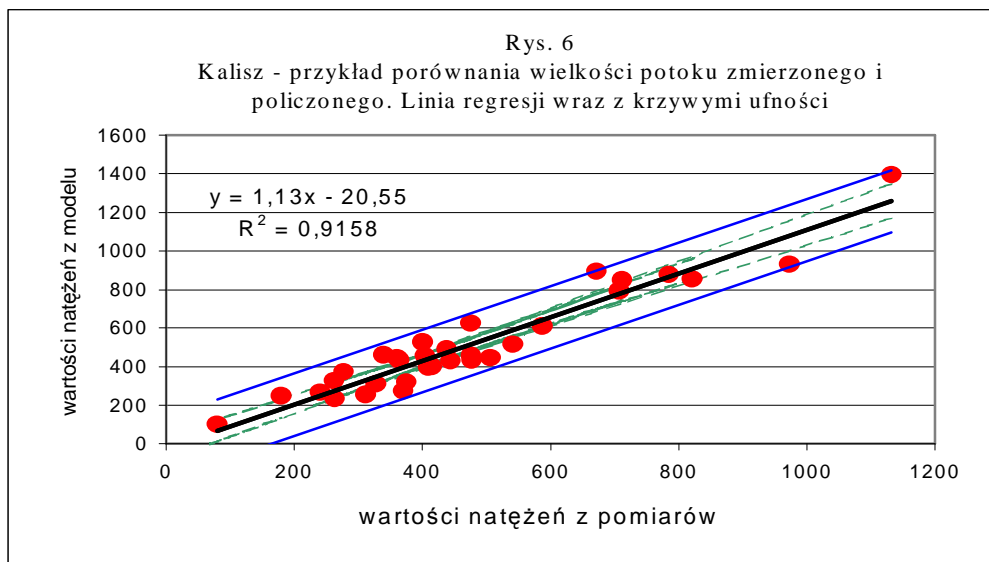
- § w Kielcach badania w okresie 22-24.10 1996 r. →18 punktów kontrolnych,
- § w Kaliszu badania w czerwcu 1995r. →32 punkty kontrolne,
- § w Tarnowie badania w lipcu 1997r. →20 punktów kontrolnych.

We wszystkich trzech przypadkach uzyskano dobry stopień zgodności wyników modelu z pomierzonymi wartościami natężeń. Przyjmując  $\alpha=1$  oraz  $\beta=0$ , jako wartości współczynników linii regresji, odpowiadające największej możliwej zgodności wyników teoretycznych i empirycznych (gdy  $y = x$  wyniki modelu pokrywają się dokładnie z wynikami pomiarów), uzyskano:

- istotnie bliskie jedności współczynniki  $\alpha$  funkcji regresji, dla trzech analizowanych przypadków mieszczące się w przedziale 0.90÷1.13
- bliskie zeru wartości współczynników  $\beta$  funkcji regresji, oznaczające przesunięcie prostej regresji w stosunku do prostej o równaniu  $y = x$  o  $\pm 10\%$

- bliskie jedności (0,92÷0,96) współczynniki korelacji, świadczące o silnej korelacji między rozpatrywanymi wynikami.

Przykład ilustracji graficznej zgodności pomierzonych wartości natężeń ruchu na ulicach trzech badanych miast z wartościami uzyskanymi z modelu przedstawiono na rys. 6.



## WARIANTOWE MODELE RUCHOWO-SIECIOWE DLA OKRESU PROGNOZY

Warianty sieci w rejonie analizowanych miast zbudowano biorąc pod uwagę planowany przebieg dróg szybkiego ruchu [7] oraz wyniki [6]. Łącznie dla potrzeb analiz układów regionalnych opracowano 5 modeli krajowej sieci drogowej, uwzględniających zróżnicowany przebieg dróg szybkiego ruchu i 7 wariantów ukształtowania sieci w otoczeniu miast:

dwa warianty przebiegu autostrady A8 w rejonie Kalisza:

§ **wariant I** z autostradą A8 przebiegającą po wschodniej stronie miasta, stycznie do granic administracyjnych, w odległości ok. 5 km od centrum miasta,

§ **wariant II** z autostradą A8 przebiegającą po wschodniej stronie miasta, w odległości ok. 15 km od granic administracyjnych Kalisza, w sąsiedztwie obecnego przebiegu drogi nr 8;

trzy warianty przebiegu drogi ekspresowej S7 w rejonie Kielc:

§ **wariant I** - droga ekspresowa S7 (Warszawa-Kielce-Kraków) przebiega po zachodniej stronie miasta, w odległości 6-12 km od centrum miasta,

§ **wariant II** - droga ekspresowa S7 jest doprowadzona wyłącznie do granic miasta; przyjęto teoretyczne założenie, że nie występuje, ekspresowe obejście miasta po stronie zachodniej,

§ **wariant III** - droga ekspresowa S7 jest usytuowana po zachodniej stronie miasta, nowy przebieg w stosunku do istniejącego obejścia drogowego w ciągu drogi krajowej Nr 7, w odległości ok. 2 km od centrum Kielc;

dwa warianty przebiegu autostrady A4 w rejonie Tarnowa:

- **wariant I** - autostrada A4 przebiega po stronie północnej miasta, stycznie do granic administracyjnych, w odległości ok. 3,5 km od centrum miasta; zachowano także bliskie usytuowanie przyszłej autostrady w stosunku do innych miast w regionie,
- **wariant II** - autostrada jest odsunięta od centrów miast; w przypadku Tarnowa przebieg autostrady wytyczono 16 km od centrum.

Wykorzystując opracowane wariantowe modele sieci drogowej oraz prognozowaną więźbę ruchu wykonano rozkłady ruchu na sieć.

### **KALISZ – WYNIKI ROZKŁADU RUCHU PROGNOZOWANEGO**

Wyniki wykonanych rozkładów dla dwóch wariantów przebiegu autostrady A8 przedstawiono na rys. 7-8. Analiza uzyskanych danych pozwala na wysunięcie następujących wniosków:

- 1) Autostrada przeprowadzona stycznie do granic administracyjnych miasta (*wariant I*), jest bardziej obciążona ruchem niż w *wariancie II* (przebieg autostrady ok. 15km od centrum miasta). W *wariancie I* na „południowo-zachodnim” wlocie do badanego obszaru, równoległym do drogi Nr 25: Wrocław-autostrada A2-Bydgoszcz, prognozuje się ruch na poziomie 2900 p/h<sup>2</sup>. Jest to obciążenie o 35% większe w stosunku do *wariantu II*. Na drugim, „północno-wschodnim” wlocie autostrady do badanego obszaru (kierunek z Łodzi i Sieradza) w obu wariantach ruch utrzymuje się na poziomie ok. 1900 p/h.
- 2) Większe obciążenie ruchem autostrady A8 w *wariancie I* wynika przede wszystkim z jej istotnej roli w obsłudze ruchu źródłowo-docelowego. Prognozuje się, że na wlocie „południowo-zachodnim” ruch źródłowo-docelowy na autostradzie będzie na poziomie ok. 200 p/h, a na wlocie „północno-wschodnim” – 210p/h. Stanowi to około ok. 57% całego ruchu źródłowo-docelowego do Kalisza i blisko 100% na kierunku Łódź-Wrocław. Z drugiej strony, w *wariancie II*, udział autostrady w obsłudze ruchu źródłowo-docelowego ogranicza się jedynie do kierunków z Łodzi i Sieradza i spada do poziomu 30% całego ruchu źródłowo-docelowego do miasta.
- 3) W obu wariantach autostrada pełni decydującą rolę w obsłudze ruchu tranzytowego na kierunku Łódź-Wrocław (1500 p/h, w *wariancie I* i 1900 p/h w *wariancie II*). W *wariancie II* na autostradzie A8 można oczekiwać wzrostu ruchu tranzytowego w stosunku do *wariantu I*. Analiza rozkładu ruchu przeprowadzona w skali sieci drogowej Polski doprowadziła do wniosku, że w *wariancie II*, odsunięcie autostrady A8 od Kalisza na odległość 15 km

---

<sup>2</sup> Natężenie w p/h w obu kierunkach



powoduje ogólne skrócenie trasy na całym ciągu Piotrków-Wrocław. Wywołuje to wzrost atrakcyjności autostrady (skrócenie czasu przejazdu) z punktu widzenia ruchu tranzytowego, który jest przejmowany z istniejącej drogi Nr 8.

- 4) Analizowane różne przebiegi autostrady A8 wywołują istotne zmiany w rozkładzie ruchu tranzytowego w obszarze Kalisza. Główny potok ruchu tranzytowego pomiędzy Sieradzem/Łodzią a Wrocławiem przebiega po autostradzie A8. Drugi co do wielkości potok tranzytowy wystąpi na kierunku Wrocław - autostrada A2 - Bydgoszcz. W *wariancie I* potok ten sięga na autostradzie 950p/h. Stanowi to 86% ruchu tranzytowego na tym kierunku (pozostałe 14% wykorzystują istniejące drogi Nr 25 i Nr 470).

W *wariancie II*, potok tranzytowy na poziomie 980 p/h wykorzystuje wyłącznie drogi istniejące, zwiększając np. obciążenie drogi Nr 25 do 1400 p/h (w *wariancie I* – 400 p/h). Spodziewane zmiany w rozkładzie ruchu tranzytowego na tym kierunku mogą mieć zatem istotne znaczenie dla obciążenia wewnętrznego układu ulic Kalisza, bowiem w każdym z dwóch analizowanych przypadków ruch tranzytowy na kierunku Wrocław-autostrada A2-Bydgoszcz będzie wykorzystywał inny ciąg ulic miasta.

## **KIELCE – WYNIKI ROZKŁADU RUCHU PROGNOZOWANEGO**

Wyniki wykonanych rozkładów ruchu prognozowanego dla trzech wariantów przebiegu drogi ekspresowej S7 przedstawiono na rysunkach 9-11. Stwierdzono, że:

- 1) Droga ekspresowa S7 przeprowadzona zgodnie z *wariantem I*, będzie w roku 2015 obciążona ruchem na poziomie: 1450-2000 p/h. Przesunięcie przebiegu trasy w kierunku do centrum miasta (*wariant III*) wywołuje ogólny wzrost ruchu na drodze ekspresowej (od 24 do 38%).
- 2) Większe obciążenie ruchem drogi ekspresowej S7 w *wariancie III* jest wywołane przede wszystkim wzrostem roli tej drogi w obsłudze ruchu źródłowo-docelowego związanego z drogą Nr 7. W *wariancie III*, ruch źródłowo-docelowy stanowi ok. 11% ruchu na „północnym” wlocie drogi ekspresowej S7 oraz ok. 24% ruchu na wlocie „południowym”. Oznacza to także, że w *wariancie III*, w przeciwieństwie do *wariantu I* (0%), droga S7 uczestniczy w obsłudze ok. 36% całego ruchu źródłowo-docelowego do Kielc.
- 3) W *wariancie II* (zaniechanie do roku 2015 realizacji trasy szybkiego ruchu), zaobserwowano bardzo silne obciążenie układu ulic miejskich, w tym szczególnie ciągów doprowadzających do śródmieścia ruch zewnętrzny (2500 p/h na ul. Manifestu Lipcowego, 3400 p/h na ul. Krakowskiej).





W porównaniu do *wariantu II*, najbardziej korzystny wpływ na odciążenie w/w ciągów ulicznych ma trasa obwodowa o przebiegu jak w *wariancie III*, kiedy to ruch na ulicy Manifestu Lipcowego spada o ok. 42%, a na ulicy Krakowskiej o ponad 70%. Trasa S7 jak w *wariancie I* również wpływa korzystnie na rozkład ruchu w Kielcach, powodując zmniejszenie się ruchu na ul. Manifestu Lipcowego o ok. 42%, a na ul. Krakowskiej o 50%.

- 4) We wszystkich analizowanych wariantach przebiegu drogi ekspresowej S7, uzyskano zbliżony charakter rozkładu ruchu tranzytowego, przy czym w odróżnieniu od *wariantów I i III*, w *wariancie II* cały ruch tranzytowy na kierunku drogi Nr 7 przebiega ciągiem ulic miejskich. Porównanie obu wariantów w których uwzględniono obwodową trasę ekspresową wykazuje, że przebieg trasy zgodny z *wariantem III*, powoduje przeniesienie się części (33%) ruchu tranzytowego na kierunku Warszawa/Radom-Tarnów na drogę ekspresową S7.

## **TARNÓW – WYNIKI ROZKŁADU RUCHU PROGNOZOWANEGO**

Wyniki wykonanych rozkładów dla dwóch wariantów przebiegu autostrady A4 przedstawiono na rys. 12-13 Analiza uzyskanych danych pozwala na wysunięcie następujących wniosków:

- 1) Przeprowadzenie autostrady A4 stycznie do granic administracyjnych Tarnowa - *wariant I* - powoduje jej większe obciążenie ruchem w stosunku do *wariantu II* (przebieg autostrady 16 km od centrum miasta). W *wariancie I* na „zachodnim wlocie autostrady do badanego obszaru” (od strony Krakowa), w roku 2015 prognozuje się ruch na poziomie 3000 p/h, o 7% więcej niż w przypadku wariantu II. Znacznie bardziej zróżnicowany wynik uzyskuje się w przypadku wlotu „wschodniego” – od strony Rzeszowa, gdzie w *wariancie I* prognozuje się ruch na poziomie 3700 p/h, a w *wariancie II* o 30% mniejszy.
- 2) Podobnie jak w przypadku Kalisza i Kielc większe obciążenie ruchem autostrady A4 w wariancie I wynika przede wszystkim z udziału tej drogi w obsłudze ruchu źródłowo-docelowego do miasta. Autostrada usytuowana bliżej Tarnowa pełni jednocześnie funkcję północnej obwodowej, decydując o rozrządzie blisko 56% (ok. 2000 p/h) całego ruchu źródłowo-docelowego. W *wariancie II* rola autostrady jest w tym zakresie zdecydowanie mniejsza, gdyż obsługuje ona jedynie ok. 17% ruchu źródłowo-docelowego do Tarnowa.
- 3) W obu wariantach autostrada A4 pełni podstawową rolę w obsłudze ruchu tranzytowego. Należy jednak zauważyć, że analizowany, zróżnicowany w obu wariantach przebieg autostrady spowodował znaczne zmiany w rozkładzie ruchu tranzytowego w rejonie miasta. W *wariancie I* prognozuje się, że autostrada będzie obsługiwać ok. 82% całego ruchu tranzytowego w rejonie Tarnowa w tym ok. 85% na kierunku wschód-zachód (pozostałe

15% istniejąca droga Nr 4) i ok. 90% ruchu tranzytowego z północy (droga Nr 73) w kierunku wschodnim i zachodnim. W *wariancie II* przewiduje się spadek udziału autostrady w obsłudze ruchu tranzytowego do ok. 73% głównie w wyniku zmniejszenia się (do ok. 70%) udziału tej drogi w obsłudze ruchu związanego z drogą Nr 73.

- 4) Porównanie wyników rozkładu ruchu w obu wariantach wskazuje na znaczny wpływ położenia autostrady A4 na funkcjonowanie istniejącej drogi Nr 4. W *wariancie I* prognozuje się na drodze Nr 4 ruch na poziomie ok. 620-720 p/h. Oddalenie przebiegu autostrady A4 od centrum miasta spowoduje znacznie większe obciążenie ruchem drogi Nr 4 do ok. 1760 p/h na wlocie „zachodnim” (wzrost blisko 3-krotny) i do ok. 1400 p/h na wlocie „wschodnim” (wzrost blisko 2-krotny).

Jest to spowodowane zmniejszeniem się roli autostrady A4 (w *wariancie II*) w obsłudze ruchu „źródłowo-docelowego” oraz zmianami w rozkładzie ruchu tranzytowego. Jest to szczególnie widoczne w przypadku „zachodniego” wlotu drogi Nr 4 do Tarnowa, gdzie prognozuje się wzrost ruchu tranzytowego z 10 p/h w *wariancie I* do ok. 520 p/h w *wariancie II*.

## **PODSUMOWANIE**

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki prac mających na celu wzbogacenie metodyki analizowania układów komunikacyjnych. Przedstawiono metodę opartą na hierarchicznym podejściu do budowy modeli ruchu w sieciach drogowych, umożliwiającą wykorzystywanie danych o ruchu pochodzących z krajowego modelu ruchowo-sieciowego do analiz związków ruchowych zachodzących w lokalnych sieciach drogowych. Metodę tę zweryfikowano na przykładzie analizy przeprowadzonej niezależnie dla trzech rzeczywistych układów komunikacyjnych związanych z miastami średniej wielkości. Badania wykonano dla:

- stanu istniejącego, wykorzystując dostępne wyniki badań ruchu do weryfikacji poprawności uzyskiwanych obciążeń sieci drogowej oraz
- okresu prognozy - rok 2015 - w celu zbadania wpływu modyfikacji układów drogowych uzupełnionych o drogi szybkiego ruchu na rozkład ruchu w sieci.

Za podstawową zaletę przedstawionej metody, należy uznać możliwość uwzględnienia zmian w rozkładach ruchu drogowego nie tylko w bezpośrednim otoczeniu analizowanego obszaru, ale w większej skali np. całej sieci drogowej. Ma to szczególnie znaczenie w przypadku analizowania układów sieci drogowej uzupełnionej o przebiegi dróg wyższych klas typu autostrada czy droga ekspresowa.

Metodę zastosowano do analiz rzeczywistych układów komunikacyjnych w otoczeniu trzech wybranych miast: Kalisza, Kielc i Tarnowa. Na podstawie uzyskanych wyników potwierdzono intuicyjnie stawianą tezę, że odsuniecie projektowanej drogi od miasta w mniejszym stopniu odciąża z ruchu istniejące układy dróg zamiejskich i miejskich. W każdym z analizowanych przypadków drogi o przebiegu bliższym centrum miasta, charakteryzowały się większym obciążeniem ruchem (Kalisz – do 35%, Kielce – 24-38%, Tarnów 7-30%). Było to wynikiem wzrastającej roli tych dróg (im bliżej miasta) w obsłudze ruchu źródłowo-docelowego. W Kaliszu zanotowano wzrost udziału DSR w obsłudze ruchu źródło-cel o 27%, w Kielcach o 36%, a w Tarnowie wzrost o 39%.

Ponieważ badane miasta pełniły funkcje węzłów komunikacyjnych, w których zbiegało się od 4 do 7 dróg krajowych, w przeprowadzonych analizach stwierdzono silny wpływ usytuowania przebiegu drogi szybkiego ruchu na rozkład ruchu tranzytowego. W każdym z analizowanych przypadków, autostrada lub droga ekspresowa położona bliżej miasta, oprócz obsługi ruchu tranzytowego z nią związanego, „gwarantowała” także znaczący udział w rozrządzie pozostałego ruchu tranzytowego. Prognozuje się, że w Kaliszu autostrada A8 (w *wariancie I*) może obsługiwać do 86% ruchu tranzytowego na kierunku Wrocław-autostrada A2-Bydgoszcz. W Kielcach droga ekspresowa S7 może obsługiwać ok. 33% ruchu tranzytowego na kierunku Radom-Tarnów, a w Tarnowie autostrada A4 może obsługiwać do 90% ruchu tranzytowego z północy w kierunkach wschodnimi zachodnim.

Wyniki przeprowadzonych analiz wskazują zatem, że usytuowanie przebiegu DSR w stosunku do centrum miasta wpływa na zmiany w rozkładzie ruchu tranzytowego i może decydować zarówno o odciążeniu układu ulic miejskich z ruchu tranzytowego jak i sposobie przeprowadzenia tego ruchu wybranymi ciągami dróg miejskich (przypadek Kalisza).

Stwierdzono zatem istnienie silnego związku pomiędzy układem drogowym w danym obszarze zurbanizowanym, położeniem drogi szybkiego ruchu w stosunku do miasta i poziomem ruchu na tej drodze. Uzyskane wyniki wskazują zatem na konieczność ostrożnego podejścia do kwestii lokalizacji przebiegów dróg szybkiego ruchu w obszarach zurbanizowanych.

## **BIBLIOGRAFIA:**

- [1] Studium układu autostrad i dróg ekspresowych. IDiM PW, Warszawa, 1996-1997.
- [2] Rozporządzenie Rady Ministrów, w sprawie ustalenia sieci autostrad i dróg ekspresowych (23.01.1996)