

Ewa Kulińska, Joanna Rut  
Politechnika Opolska

Piotr Partyka<sup>1</sup>

## Ograniczenia zjawiska kongestii z wykorzystaniem elastycznych pasów ruchu

Postęp komunikacyjny niesie za sobą konsekwencje w postaci zwiększającej się liczby pojazdów silnikowych, powstawania zatorów w sieci drogowej i zakłóceń obniżających płynność ruchu. Następstwem tych zjawisk jest kongestia transportowa w układach drogowych miast, co oznacza zatłoczenie na szlakach komunikacyjnych i zatory<sup>2</sup>. Nasilenie się ruchu drogowego powoduje spadek atrakcyjności miast, a przede wszystkim ich centrów, co skłania do zmiany organizacji ruchu pojazdów zmotoryzowanych. Aby ograniczyć zjawisko kongestii zaczęto poszukiwać rozwiązań stanowiących punkt równowagi między wykorzystaniem i usprawnieniem ruchu w istniejącej sieci komunikacyjnej, a budową nowych, kapitałochłonnych rozwiązań transportowych. Jednym z rozwiązań usprawniających przepływ osób i ładunków bez konieczności budowy nowych dróg są Inteligentne Systemy Transportowe.

### Koncepcja elastycznych pasów ruchu

Rozwiązaniem problemu zatłoczenia polskich miast nie jest jedynie poszerzanie istniejących dróg o kolejne pasy ruchu. Takie działania często przynoszą efekt odwrotny od zamierzonych. Opracowanie zadań mających na celu ograniczenie zjawiska kongestii wymaga indywidualnego podejścia. Nie ma dwóch identycznych miast, każde różni się swoim charakterem (miasto turystyczne, przemysłowe), liczbą mieszkańców, czy – w aspekcie logistycznym – dostępnymi gałęziami transportu. Czynniki te mają bezpośredni wpływ na kierunek i tempo rozwoju miasta.

Wszelkie działania, które dążą do optymalizacji transportu w mieście powinny rozpocząć się od przeprowadzenia szczegółowych badań i analiz w zakresie pomiaru natężenia ruchu, zachowań kierowców i pasażerów, warunków pogodowych, dostępności specjalistycznych firm, a także wielu innych czynników mających wpływ na jakość transportu w mieście. Badania tego typu powinny być wieloetapowe i obejmować możliwie jak najdłuższy okres czasu. Dopiero po opracowaniu i przeanalizowaniu wyników można zaproponować działania optymalizujące.

Jednym z możliwych do zastosowania rozwiązań w tym zakresie są systemy telematyczne. Ich pracę można zaobserwować przykładowo na autostradach w postaci komunikatów ostrzegawczych na tablicach zmiennych treści. Innym przy-

kładem rozwiązań telematycznych są tablice na przystankach tramwajowych informujące pasażerów w czasie rzeczywistym o rozkładzie jazdy środków komunikacji zbiorowej.

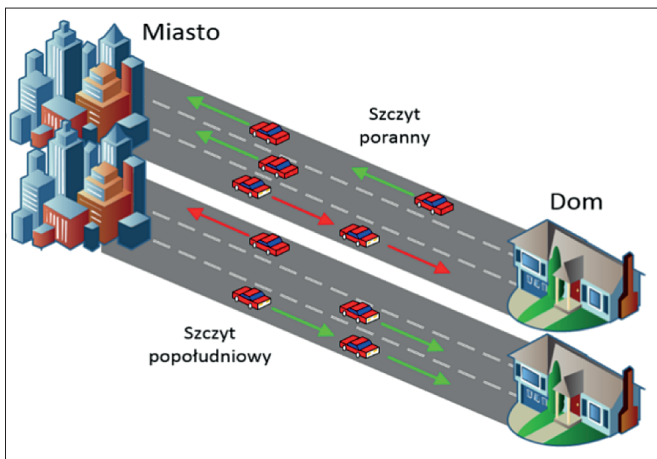
Najczęściej spotykanymi i odgrywającymi ogromną rolę w sterowaniu ruchem są pętle indukcyjne zlokalizowane z reguły na skrzyżowaniach dróg. Mają one za zadanie wykrycie nadjeżdżających pojazdów z różnych stron skrzyżowania. Informacja ta przekazywana jest do sterownika, a następnie do sygnalizacji świetlnej w postaci światła umożliwiającego jazdę. Istota sygnalizacji świetlnej sprzężonej z pętlami indukcyjnymi polega na reagowaniu w czasie rzeczywistym na zmieniające się natężenie ruchu i dostosowanie optymalnych interwałów czasowych dla przejeżdżających pojazdów. Połączenie wielu takich skrzyżowań na prostym odcinku tworzy już mały system zarządzania ruchem, który pozwala usprawnić przepływ pojazdów.

Rozwiązania tego typu nie wymagają rozbudowy istniejących skrzyżowań, mimo to w wyraźny sposób przyczyniają się do usprawnienia ruchu, a tym samym zredukowania czasu przejazdu. Niezauważalnym przez wielu uczestników ruchu jest wykorzystanie możliwości przepustowych pasa ruchu w jednostce czasu (na przykład 1 doby). W przypadku dróg, które składają się z trzech pasów ruchu (dwa pasy w jedną stronę i jeden w kierunku przeciwnym) często następuje nierównomierne ich obciążenie. Zjawisko takie może być zauważalne jeżeli wcześniej wspomniana droga stanowi drogę dojazdową do miasta. W godzinach szczytu porannego odcinek dwóch pasów ruchu na przykład w stronę centrum miasta będzie obciążony równomiernie, podobnie jak odcinek wylotowy z miasta, którego poranne obciążenie jest niewielkie. Sytuacja zmienia się w szczycie popołudniowym, kiedy to pojedynczy pas ruchu (hipotetycznie) musi obsłużyć tą samą liczbę pojazdów wyjeżdżających z miasta. Prowadzi to do zauważalnego obciążenia i dużego natężenia ruchu na jednym pasie ruchu.

Jednym ze sposobów umożliwiających pełne wykorzystanie możliwości przepustowych drogi jest koncepcja elastycznych pasów ruchu. Zasada ich działania polegałaby na możliwości otwarcia pasa ruchu w kierunku, na którym panuje większe obciążenie w pewnych porach, co przedstawia rysunek 1. Tak zaimplementowane rozwiązanie pozwala na maksymalne wykorzystanie przepustowości istniejących rozwiązań, a tym samym nie jest tak kapitałochłonne jak budowa nowej drogi.

<sup>1</sup> P. Partyka jest absolwentem Politechniki Opolskiej. Artykuł recenzowany.

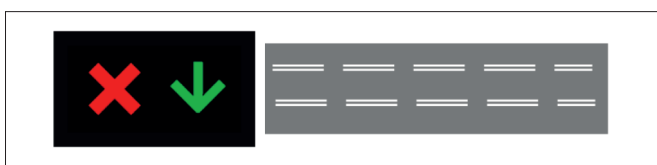
<sup>2</sup> Wappa P., Halicka K., Znaczenie i źródło kongestii transportowej na przykładzie białostockiej aglomeracji miejskiej, „Ekonomia i Zarządzanie”, 2011, T. 3, nr 4, s. 63-64.



Rys. 1. Schemat działania elastycznych pasów ruchu.

Zgodnie z rozporządzeniem w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie, minimalna szerokość pasa ruchu zależy od kategorii drogi i wynosi od 2,5 m (drogi dojazdowe) do 3,75 m (autostrady poza terenem zabudowanym). Maksymalna szerokość pasa ruchu na terenie zabudowanym wynosi od 3,5 m (autostrada), przez 3,0 m (droga zbiorcza), do 2,5 m (dwupasowa droga dojazdowa)<sup>3</sup>. Zastosowanie elastycznych pasów ruchu jest możliwe na drogach z minimum trzema pasami ruchu. Im większa liczba pasów ruchu, tym więcej możliwości usprawnienia przepływu pojazdów.

Do prawidłowego funkcjonowania elastycznych pasów ruchu niezbędne są elementy zapewniające bezpieczeństwo takiego rozwiązania. Podstawowymi są odpowiednie znaki drogowe. W przypadku grupy znaków poziomych niezbędne jest umieszczenie znaku P – 5 (stawianego między skrzyżowaniami i informującego kierowców o zmiennym kierunku jazdy) z wykorzystaniem sygnalizatora S – 4. Znaki zostały przedstawione na rysunku 2.



Rys. 2. Znak drogowy S-4, P-5.

Należy jednak wziąć pod uwagę, że stosowanie elastycznych pasów ruchu nie jest uniwersalne, czyli system opracowany dla jednego skrzyżowania niekoniecznie sprawdzi się na innym. Koncepcja elastycznych pasów ruchu musi być rozwiązaniem dedykowanym dla każdego z odcinków, na jakim miałyby zostać wprowadzona. Przy projektowaniu należy wziąć pod uwagę szereg czynników, takich jak:

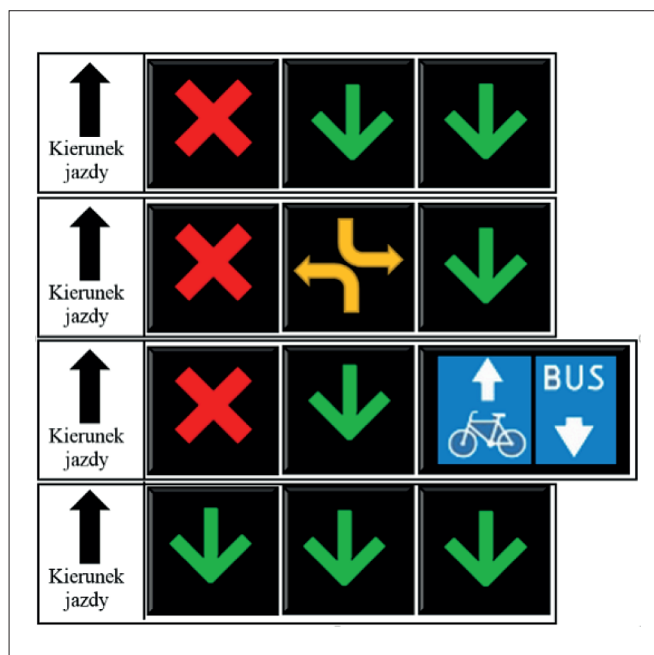
- ilość wjazdów na drogę podporządkowaną
- istniejące przejścia dla pieszych
- szerokość jezdni

- stan techniczny drogi
- obecność istniejących sygnalizatorów świetlnych
- inne parametry wpływające na jakość i bezpieczeństwo przejazdu.

Wychodząc od podstawowego modelu z wykorzystaniem trzech pasów ruchu, możliwe jest ich wykorzystanie w różnych wariantach:

- zastosowanie zmiennego kierunku jazdy na obu pasach ruchu w układzie 2+1
- zastosowanie dwóch pasów dla ruchu pojazdów, przy czym środkowy pas jest przeznaczony na skręcanie
- zastosowanie dwóch pasów dla ruchu pojazdów, przy czym prawy lub lewy pas przeznaczony jest dla rowerzystów i transportu zbiorowego w jedną stronę
- wykorzystanie pasa ruchu w całości jako droga jednokierunkowa.

Przedstawione na rysunku 3 układy znaków dają wstępne wyobrażenie o ilości możliwych rozwiązań. Ich liczba zdecydowanie rośnie wraz ze zwiększeniem się liczby pasów ruchu, na których system może zostać zaimplementowany, a co się z tym wiąże, większe możliwości regulacji przepływu ruchu.



Rys. 3. Przykładowe warianty wykorzystania elastycznych pasów ruchu.

Elastyczne pasy ruchu mogłyby funkcjonować w kilku trybach pracy, podobnie jak obecnie stosowana sygnalizacja świetlna. Pierwszy tryb to stałoczasowy, czyli otwarcie lub zamknięcie poszczególnych pasów ruchu o ściśle określonych godzinach. Jeżeli koncepcja znalazłaby zastosowanie na terenie miasta, działanie można by podporządkować godzinom szczytu (czyli przykładowo od 5:00 do 12:00 dla szczytu porannego i od 12:00 do 17:00 dla szczytu popołudniowego). Rozwiązanie to jest korzystne ze względu na przyzwyczajenia kierowców. Pod dłuższym czasie korzystania z odcinka drogi objętym elastycznymi pasami, zmiany będą coraz mniej zauważalne.

<sup>3</sup> Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie, §15 (Dz. U. z 1999 r. Nr 43, poz. 430).

Kolejny sposób to zmiennoczasowy, dynamiczny. Ten tryb pozwoliłby przewidywać z wyprzedzeniem nagłe natężenie w ruchu pojazdów. Wynikałoby to ze wskazań czujników i detektorów znajdujących się w pewnej odległości od elastycznego odcinka drogi. Czujnikami mogą być wcześniej wspomniane pętle indukcyjne lub kamery, które rejestrowałyby ilość nadjeżdżających pojazdów. Warunkiem jest ich dostateczna odległość, aby w przypadku stwierdzenia konieczności „przełączenia” pasów ruchu, pojazdy jadące w przeciwnym kierunku zdążyły go opuścić.

## Możliwości zastosowania elastycznych pasów ruchu – wyniki badań

Badania nad możliwością zastosowania elastycznych pasów ruchów prowadzono w Opolu. Analizowano skrzyżowania na ul. Niemodlińskiej o największym obciążeniu na tej bardzo ważnej arterii komunikacyjnej miasta<sup>4</sup>. Ulica Niemodlińska stanowi jedno z niewielu połączeń zachodniej części Opola z centrum (jest to także fragment drogi wojewódzkiej nr 435 o długości około 4 km w granicach administracyjnych miasta, którym zarządza Miejski Zarząd Dróg w Opolu). Jej początek to skrzyżowanie ulic Wrocławskiej–Nysy Łużyckiej–Niemodlińskiej. Jako droga wojewódzka stanowi drogę dojazdową do Opola dla takich miast, jak Niemodlin, Nysa. Jednocześnie stanowi alternatywę dla podróżujących chcących dojechać do południowej części Opola. Najbardziej problematyczne skrzyżowania na tej ulicy to: Niemodlińska – Wrocławska – Nysa Łużyckiej; Niemodlińska – Spychalskiego; Niemodlińska – Koszyka – Prószkowska. Największy problem w ciągu ulicy Niemodlińskiej stanowi odcinek między skrzyżowaniem Niemodlińska – Wrocławska – Nysa Łużyckiej i Niemodlińska – Spychalskiego. Ze względu na duże natężenie pojazdów dojeżdżających do centrum miasta z osiedla Koszyka, zachodniej strony ulicy Niemodlińskiej, a także od strony ulicy Prószkowskiej, odcinek ten stanowi jedno z najbardziej zatłoczonych miejsc w Opolu. Ograniczenie jazdy do trzech pasów ruchu powoduje tworzenie się tak zwanego „wąskiego gardła”. Rozwiązanie tego problemu przyniosłaby modernizacja mostu nad Kanałem Ulgi, a tym samym umożliwienie jazdy dwoma pasami ruchu w obu



Rys. 4. Lewoskręt do ulicy Krapkowickiej.

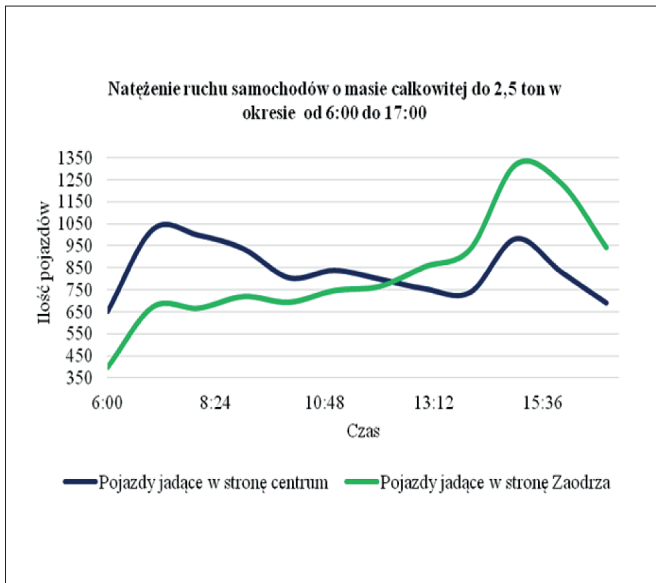
kierunkach. Jest to jednak mało realne ze względu na dużą kapitałochłonność takiej inwestycji, a także ograniczające przestrzeń budynki mieszkalne, zlokalizowane w bliskim sąsiedztwie mostu.

Szczyt poranny przypada na godziny od 7:00 do 9:00, natomiast popołudniowy od 14:00 do 16:00. Dla pojazdów wjeżdżających do centrum Opola ruch jest utrudniony ze względu na ograniczenie jazdy z dwóch do jednego pasa ruchu. Powoduje to zator sięgający częstokroć aż do skrzyżowania z ulicą Prószkowską–Koszyka. Problem ten nie dotyczy kierunku przeciwnego. Podobna sytuacja ma miejsce w godzinach szczytu popołudniowego, kiedy to pojazdy korkują ulicę aż do skrzyżowania Wrocławska–Nysa Łużyckiej. W tej sytuacji problematyczny jest pas ruchu prowadzący do lewoskrętu na ulicę Krapkowicką, zakończony wysepką (rysunek 4).

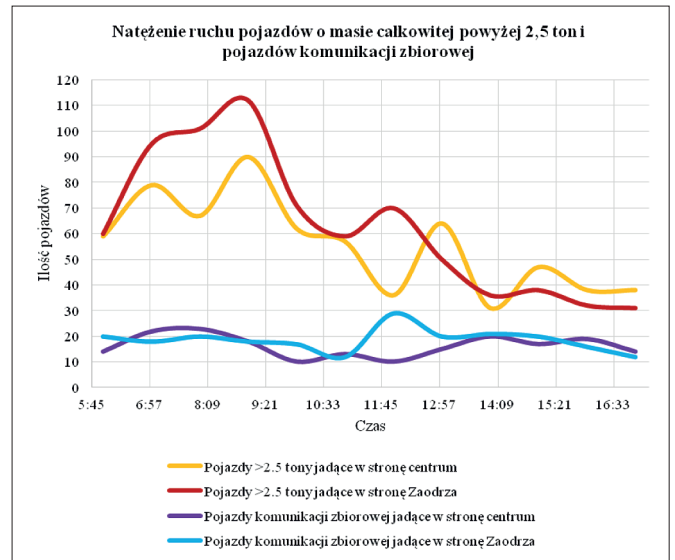
Przedstawione czynniki przyczyniają się do tego, że omawiany odcinek ulicy Niemodlińskiej jest uciążliwy dla pojazdów, szczególnie w godzinach szczytu. Potwierdza to badanie natężenia ruchu. Prowadzono je w grudniu 2013 roku w godz. 6:00 do 19:00. Pomiarów dokonano w miejscu, w którym jazda ogranicza się do trzech pasów ruchu. Przeprowadzone badanie miało na celu zaobserwowanie różnic ilości pojazdów przejeżdżających ulicą Niemodlińską w różnych porach dnia, z uwzględnieniem szczytu porannego i popołudniowego. Pomiar dokonywany był w trzech kategoriach. Pierwsza to ruch samochodów o masie całkowitej do 2,5 t z podziałem na kierunek jazdy. W skład tej grupy pojazdów wchodziły samochody osobowe i małe pojazdy dostawcze. Drugą grupę stanowiły pojazdy o masie całkowitej powyżej 2,5 t, (duże pojazdy dostawcze, samochody ciężarowe, śmieciarki, koparki i inne o znacznym rozmiarze). Trzecia grupa to pojazdy komunikacji zbiorowej (z uwzględnieniem autobusów komunikacji miejskiej) różnych przewoźników.

Największą grupę pojazdów stanowi grupa pierwsza (rysunek 5). Prezentuje natężenie ruchu samochodów o masie całkowitej do 2,5 t z podziałem na pojazdy jadące w stronę centrum i w stronę Zaodrza. Godziny szczytu porannego i popołudniowego są tu wyraźnie widoczne. Granatowa linia, ilustrująca ilość pojazdów jadących w stronę centrum, różnie dynamicznie, aż osiąga maksimum między godziną 7:00, a 8:00. Liczba pojazdów, jaka przejechała w tym czasie, wynosi około 1 000 pojazdów przypadających na jeden pas ruchu w kierunku centrum. Ruch odbywający się w przeciwnym kierunku jest wyraźnie mniejszy i waha się w okolicy liczby 660 pojazdów. Moment przewagi liczby pojazdów jadących w stronę Zaodrza zaczyna się w okolicach godziny 13:00. Na wykresie jest to wyraźnie widoczne w miejscu przecięcia się dwóch wykresów. Od tego momentu rozpoczyna się szczyt popołudniowy, a tym samym następuje przewaga pojazdów jadących w stronę Zaodrza. Największy ruch przypada między godziną 14:00 a 15:00, kiedy to liczba pojazdów sięga ponad 1 300 aut. Od tego momentu następuje systematyczny spadek. Należy przypuszczać, że w godzinach nocnych linie wykresu przetną się ponownie.

<sup>4</sup> W Opolu jest więcej zatłoczonych ulic, jednakże na tej występują wiadukty, most nad Kanałem Ulgi, czy blisko postawione budynki, które uniemożliwiają ewentualne poszerzenie ulicy. Fragment ten stanowi „wąskie gardło” i jedno z bardziej korkujących się miejsc w Opolu w godzinach szczytu. Zastosowanie elastycznych pasów ruchu na tym odcinku, pozwoliłoby na znaczne upłynnienie ruchu.



Rys. 5. Natężenie ruchu pojazdów o masie całkowitej do 2,5 t.  
Źródło: wyniki badań.



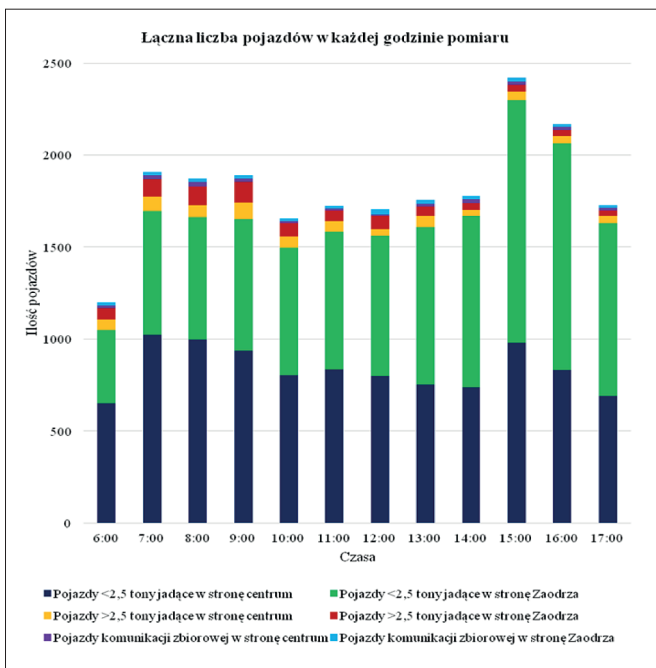
Rys. 6. Natężenie ruchu pojazdów o masie całkowitej powyżej 2,5 t i pojazdów komunikacji zbiorowej.  
Źródło: wyniki badań.

Rysunek 6 przedstawia grupy pojazdów o masie całkowitej powyżej 2,5 t, a także pojazdy komunikacji zbiorowej. Godziny porannego szczytu dla pierwszej podgrupy pojazdów są wyraźnie widoczne dla jadących w stronę Zaodrza. Może być to poddyktowane rozpoczęciem porannej zmiany przez wiele firm i ich wyjazd poza granice Opola. Podgrupa tych pojazdów stanowi maksimum w badanym okresie i waha się w granicach 110. Po szczycie porannym ruch w obu kierunkach wyraźnie maleje aż do momentu szczytu popołudniowego, w którym to odznacza się nagły wzrost liczby pojazdów do 64, jadących w stronę centrum. Na rysunku 7 nie ma wyraźniej różnicy między szczytami porannymi i popołudniowymi, jak miało to miejsce na rysunku 6, niemniej jednak ta podgrupa pojazdów nie jest najczęstszym

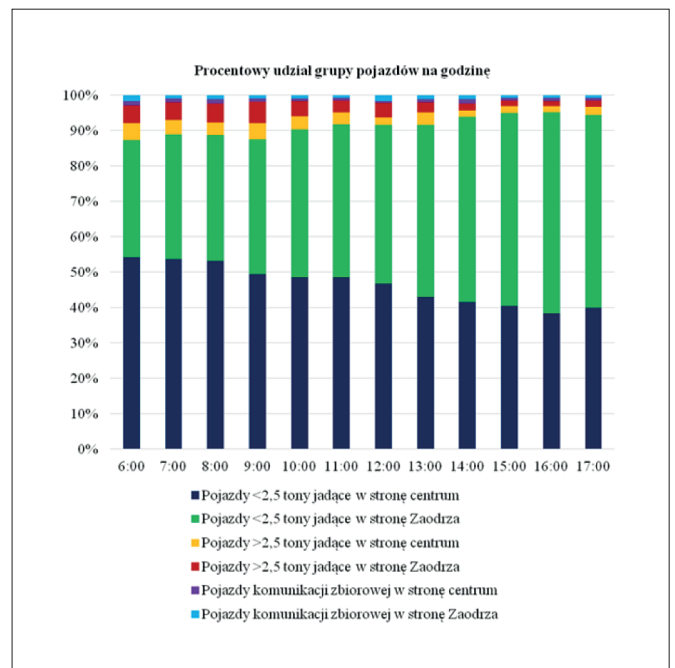
użytkownikiem tego odcinka ulicy. Niepewność pomiarowa dla tej grupy pojazdów wynosi +/- 2 pojazdy dla każdej godziny.

Ostatnia podgrupa pojazdów obejmuje pojazdy komunikacji zbiorowej, a wyniki pomiarów przedstawione zostały także na rysunku 6. Badany okres czasu nie wykazuje wyraźnych rozbieżności między szczytem porannym a popołudniowym. Liczba pojazdów jest względnie stała i oscyluje w granicach od 10 do 30 pojazdów.

Rysunek 7 przedstawia łączną ilość pojazdów na każdą godzinę pomiaru. Badanie kolejny raz wyraźnie prezentuje godziny szczytu. Wskaźnik ten jest ważny ze względu na wskazanie, w jakich godzinach infrastruktura drogowa (w tym most nad Kanałem Ulgi) jest najbardziej obciążona.

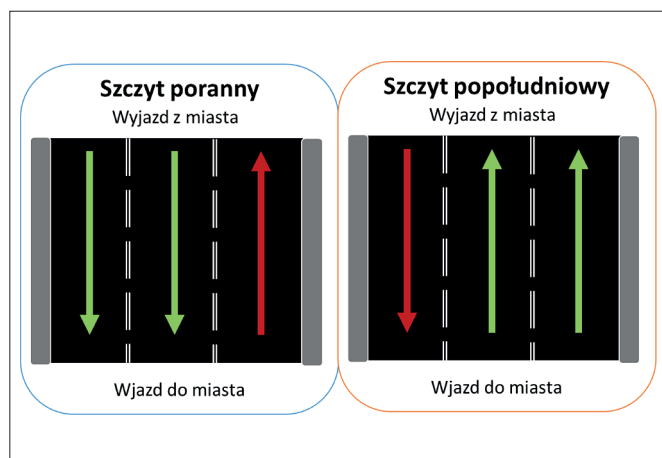


Rys. 7. Łączna liczba pojazdów na każdą godzinę badania.  
Źródło: wyniki badań.



Rys. 8. Procentowy udział grup pojazdów w poszczególnych godzinach badania.  
Źródło: wyniki badań.

Oprócz godzin szczytu porannego, podczas którego ilość pojazdów jest względnie stała i nie przekracza liczby 2 000, bardziej dotkliwy dla infrastruktury jest szczyt popołudniowy kiedy to liczba pojazdów zbliża się do wartości 2 500. Tak gwałtowny wzrost jest kolejnym powodem, dla którego odcinek ulicy Niemodlińskiej korkuje się.



Rys. 9. Schemat organizacji ruchu w myśl koncepcji elastycznych pasów ruchu.

Rysunek 9 przedstawia procentowy udział poszczególnych grup pojazdów z uwzględnieniem godziny dokonania pomiarów. Łatwo zauważyć, że w godzinach szczytu porannego pojazdy jadące w stronę centrum stanowią największy odsetek pojazdów i ich udział systematycznie maleje aż do godziny 17:00. Analogiczna sytuacja dotyczy pojazdów jadących w stronę Zadzra. Ich procentowy udział nie jest znaczny w godzinach porannych, jednak w godzinach popołudniowych już tak.

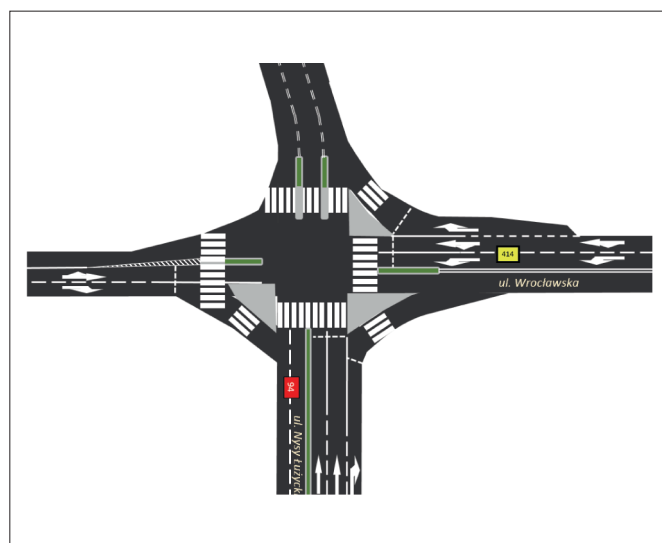
Problem, jaki dotyczy ulicy Niemodlińskiej, mógłby być zredukowany przez zastosowanie elastycznych pasów ruchu. Jest to koncepcja nowa w Europie, choć spotykana w miastach amerykańskich. Elastyczne pasy ruchu pozwalają na regulację przepływu pojazdów w godzinach, w jakich jest to najbardziej potrzebne.

System został wprowadzony w czerwcu 2013 roku na drodze 5400 South w Taylorsville w Salt Lake County (USA). Swoim zasięgiem obejmuje odcinek 1,9 mili i składa się z siedmiu pasów ruchu. W godzinach szczytu droga obsługuje cztery pasy w jednym kierunku, dwa w przeciwnym i jeden pas między nimi służący do skręcania<sup>5</sup>. Elastyczne pasy ruchu opierają się o bardzo prostą zasadę funkcjonowania. Umożliwienie jazdy dodatkowymi pasami ruchu w godzinach szczytu na rzecz pasów, które nie są tak obciążone. Schematycznie przedstawia to rysunek 9.

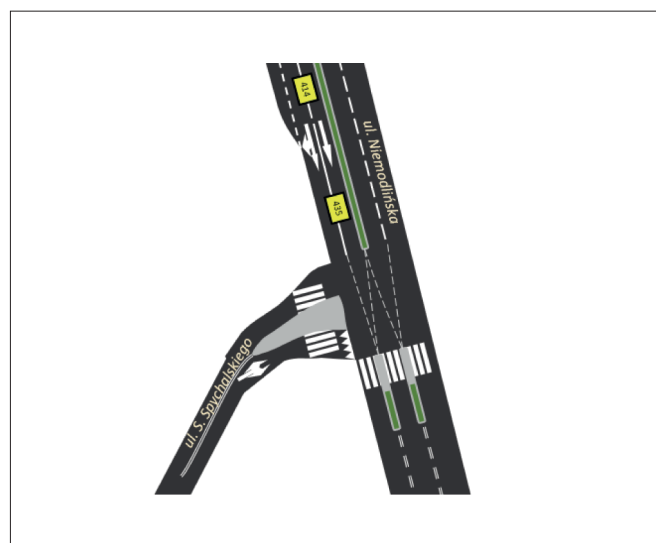
Rozwiązanie takie pozwala na efektywne wykorzystanie wszystkich dostępnych pasów ruchu. Zredukowanie czasu przejazdu wpływa na jakość podróży jak i jakość świadczonych usług. Dla implementacji takiej organizacji ruchu w Opolu niezbędne są narzędzia telematyczne, związane z organizacją sprawnie działającego systemu zarządzania ruchem na wybranym odcinku ulicy Niemodlińskiej. Wprowadzenie zmian rozplanowano trzyetapowo.

Pierwszy etap obejmuje zmiany konstrukcyjne na skrzyżowaniu. Wiąże się to z usunięciem krótkiego pasa zieleni. Ze względów bezpieczeństwa należałoby wybudować dwa pasy zieleni o długości 30 m i szerokości 1 m. Zabieg ten pozwoliłby na oddzielenie każdego z pasów ruchu, dodatkowo posłużyłby jako miejsce na ustawienie znaków zmiennej treści między jezdniami. Schematycznie zostało to pokazane na rysunkach 10 i 11. Nie jest konieczne poszerzenie istniejących wjazdów i zjazdów ze skrzyżowania, a pozostałe elementy skrzyżowania również nie ulegają zmianom. Usunięcia wymaga również wysepka. Przystanek autobusowy wymagałby niewielkiej modernizacji, która obejmowałaby wydzielenie zatoczki wjazdowej. Możliwe to jest do wykonania przy wykorzystaniu części chodnika. Wjazdy i wyjazdy na ulicę Niemodlińską, jak i lokalizacja pozostałych przystanków komunikacji miejskiej, pozostają bez zmian.

Kolejny etap obejmuje zmiany w znakach pionowych i poziomych. Począwszy od skrzyżowania Wrocławska – Niemodlińska – Nysy Łużyckiej układ pionowych znaków przedstawia rysunek 12. Górny bieg, czyli okolice skrzyżowania Niemo-

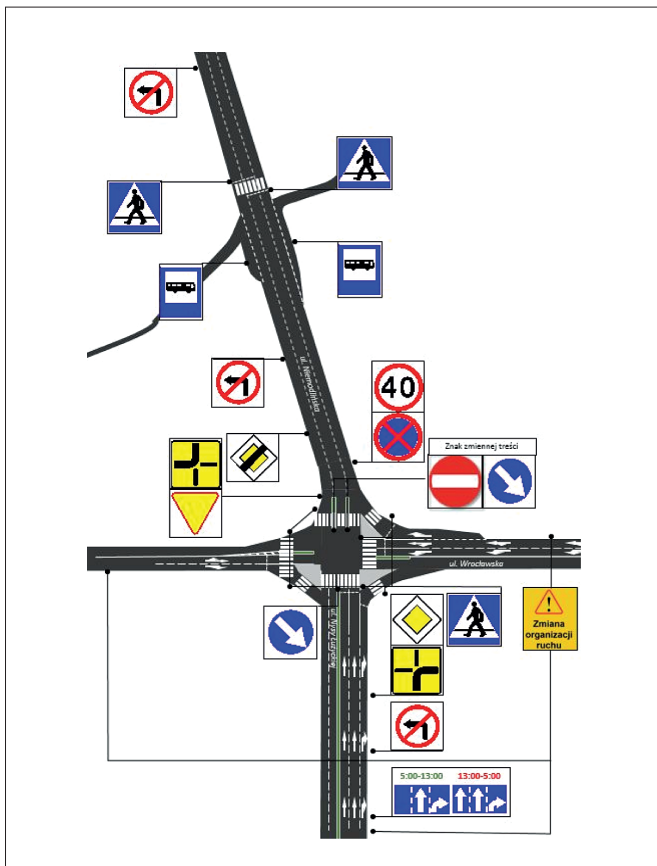


Rys. 10. Propozycja nowej struktury skrzyżowania Wrocławska-Nysy Łużyckiej-Niemodlińska. Źródło: opracowanie własne.

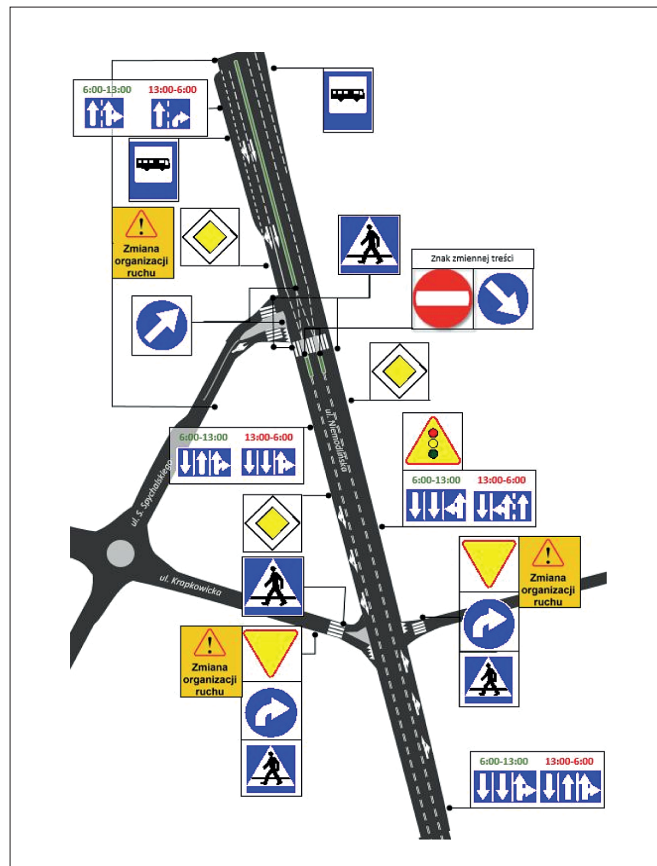


Rys. 11. Propozycja nowej struktury skrzyżowania Niemodlińska-Spychalskiego. Źródło: opracowanie własne.

<sup>5</sup> <http://www.sltrib.com/sltrib/politics/56543467-90/accidents-data-direction-flex.html.csp> (dostęp: 20.12.2013).



Rys. 12. Propozycja rozmieszczenia znaków pionowych od strony skrzyżowania Wrocławska-Niemodlińska- Nysy Łużyckiej.  
Źródło: opracowanie własne.



Rys. 13. Propozycja rozmieszczenia znaków pionowych od strony skrzyżowania Niemodlińska-Spychalskiego.  
Źródło: opracowanie własne.

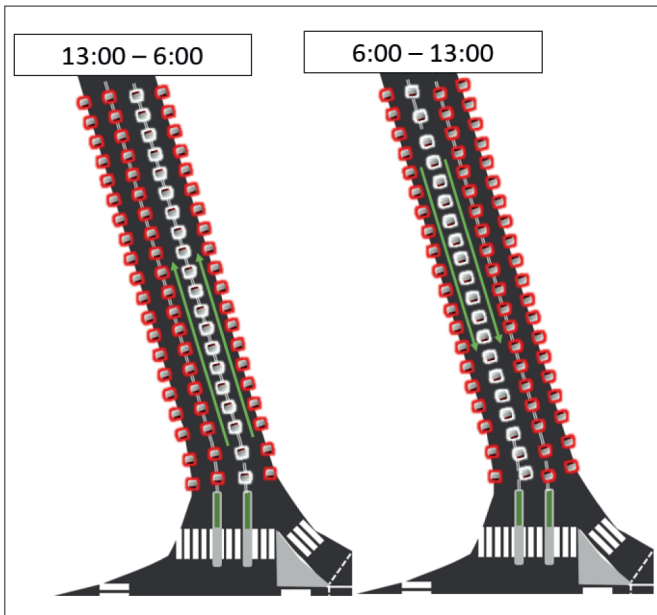
dlińska – Spychalskiego przedstawia rysunek 13. Na przedstawionym odcinku zastosowane byłyby dwa typy pionowych znaków drogowych: stałe i przymowe jako znaki zmiennej treści. Znaki przymowe dotyczyłyby grupy znaków uzupełniających (na rysunku 12 i 13 są one umieszczone na białym tle) z uwzględnieniem godzin, w jakich miałyby obowiązywać, czyli od 6:00 do 13:00 (faza 1) i od 13:00 do 18:00 (faza 2). Podobna sytuacja dotyczy znaków umieszczonych na pasach zieleni. Dla każdego z wjazdów na odcinek objęty elastycznymi pasami ruchu umieszczony byłby znak, który zmieniałby swoją treść w zakresie znaków C – 9 (nakaz jazdy z prawej strony znaku) i B – 2 (zakaz wjazdu). Znak ten dotyczyłby jazdy środkowym pasem ruchu. Pozostałe znaki stanowiłyby stałą treść, a ich rozmieszczenie nie odbiegałoby od stanu obecnego.

Trzeci etap obejmuje instalację sygnalizatorów świetlnych, a także znaków zmiennej treści. Jest to kluczowy etap dla prawidłowego funkcjonowania elastycznych pasów ruchu. Wykorzystanie odpowiednich znaków świetlnych ma wpływ na bezpieczeństwo, a także na uniknięcie paraliżu ze strony kierowców związanym z nową organizacją ruchu. Ze względu na zmienność kierunku jazdy środkowego pasa ruchu, zastosowanie aktywnych elementów odblaskowych jest wręcz niezbędne. Przykład rozmieszczenia takich znaków dla omawianej ulicy przedstawia rysunek 14. Aktywny element odblaskowy byłby elementem dwustronnym, wyposażonym w diody o barwie białej i czerwonej. Czas ich świecenia byłby stały niezależnie od pory dnia i stanowiłby dodatkowy element bezpieczeństwa jazdy na przykład w złych warunkach pogodowych.

Kolejna grupa znaków świetlnych dotyczy informowania kierowców o obowiązującym pasie ruchu z wykorzystaniem znaku S – 4. Rozmieszczenie konstrukcji stalowych, na których umieszczone byłyby znaki, prezentuje rysunek 15. Począwszy od ulicy Nysy Łużyckiej pierwsza tablica stanęłaby w odległości 250 m od skrzyżowania i informowałaby kierowców o otwartych pasach ruchu. W przypadku szczytu porannego, nad pierwszym pasem w stronę Zaodrza widniałby znak S – 7 informujący o nakazie opuszczenia pasa ruchu oraz dwa znaki S – 4 (sygnał zielony) zezwalające na jazdę po pasach ruchu, nad którymi są umieszczone. Pozwoliłoby to na uformowanie się kolumny pojazdów, która bez problemu włączy się w pojedynczy pas ruchu na ulicy Niemodlińskiej, a także drugiej kolumny dla pojazdów skręcających w prawo, w ulicę Wrocławską.

Ostatni etap dotyczy sygnalizacji świetlnej. Proponowane jej rozmieszczenie przedstawia rysunek 16 i 17. Początkowa faza projektu obejmowałaby sterowanie światłami o stałej częstotliwości zmiany świateł. Miałoby to na celu nie narzucanie zbyt gwałtownych zmian w organizacji ruchu. Natomiast czujniki umieszczone przy sygnalizatorach S – 4 zbierałyby dane o natężeniu ruchu, które po opracowaniu byłyby podstawą do wprowadzenia dynamicznej sygnalizacji na obu kluczowych skrzyżowaniach w przyszłości.

Zaproponowane rozwiązania zapewniłyby właściwe informowanie kierowców o aktualnej sytuacji na drodze, a tym samym nie stwarzałyby niebezpieczeństwa związanego



Rys. 14. Przykładowe rozmieszczenie aktywnych znaków odblaskowych.  
Źródło: opracowanie własne.

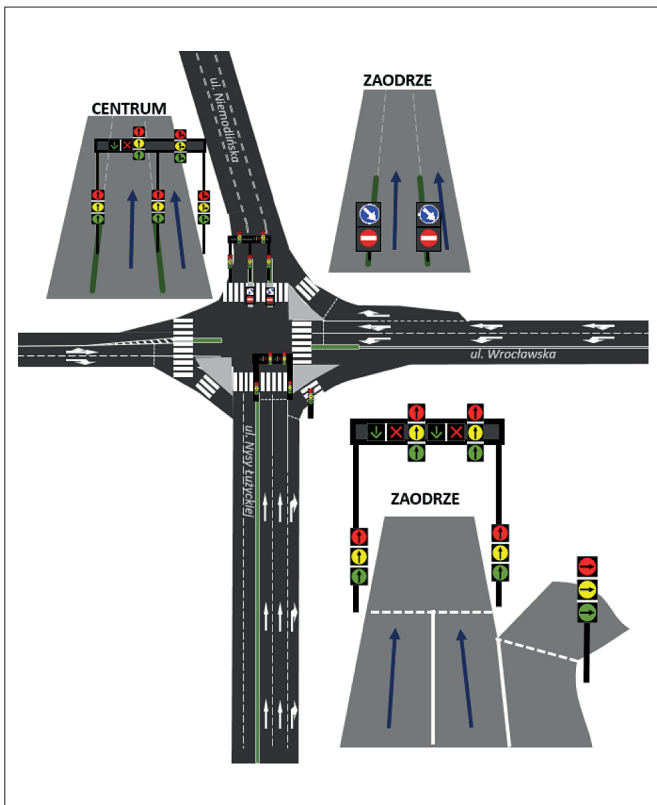


Rys. 15. Propozycja rozmieszczenia konstrukcji zawierających znaki S-4 i S-7.  
Źródło: opracowanie własne.

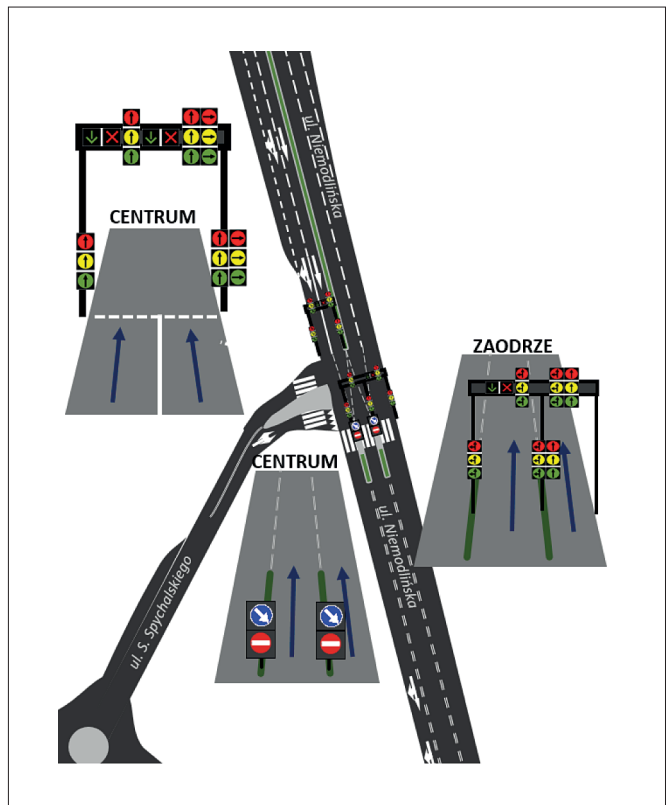
z nową organizacją ruchu. Przedstawione wyżej rozwiązanie i zasady jego funkcjonowania są pierwszym etapem implementacji większego systemu zarządzania ruchem dla Opola.

Zaproponowana koncepcja elastycznych pasów ruchu w początkowej fazie działałaby tylko w oparciu o stałe godziny zmiany kierunku jazdy dla pasów ruchu. Podyktowane jest to koniecznością zaznajomienia kierowców z takim rozwiązaniem. Rozwiązanie tego typu byłoby pilotażowe, a okres jego

trwania uwarunkowany jest czasem niezbędnym na zebranie danych o natężeniu ruchu na ulicy Niemodlińskiej. Opracowanie danych stanowi podstawę statystyczną, na której można opierać predykcje i przypuszczenia odnośnie uruchomienia różnych pasów ruchu o różnej porze dnia. Kolejnym aspektem przemawiającym za okresem pilotażowym jest zapoznanie i przyzwyczajanie kierowców do zastosowanego rozwiązania, a także możliwość rozbudowy systemu o kolejne elementy.



Rys. 16. Proponowane rozmieszczenie sygnalizacji i znaków zmiennej treści.  
Źródło: opracowanie własne.



Rys. 17. Proponowane rozmieszczenie sygnalizacji i znaków zmiennej treści.  
Źródło: opracowanie własne.

## Finansowanie zaproponowanych rozwiązań

Inteligentne Systemy Transportowe nabierają coraz większego znaczenia w infrastrukturze transportowej współczesnych miast. Na realizację działań z tym związanych przeznaczane są środki finansowe o coraz większej wartości. Potrzeba implementacji takich rozwiązań jest dostrzegana przez coraz więcej gmin czy miast, a pomoc w finansowaniu takich projektów udziela Unia Europejska.

Pod koniec lipca 2011 roku Centrum Unijnych Projektów Transportowych, które odpowiada za wdrażanie programów i projektów rozwoju infrastruktury transportowej, w szczególności współfinansowanych ze środków Unii Europejskiej, w okresie programowania 2007 – 2013 rozpatrzyło wnioski o dofinansowanie w ramach Priorytetu VIII – Bezpieczeństwo transportu i krajowe sieci transportowe Działanie 8.3: Rozwój inteligentnych systemów transportowych. Przewidziano na ten cel 140 mln euro z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego. Celem działania jest usprawnienie systemu zarządzania ruchem poprzez zastosowanie Inteligentnych Systemów Transportowych w transporcie drogowym, morskim, śródlądowym, miejskim, jak również intermodalnym i logistyczne<sup>6</sup>. Dotacje z tego programu przeznaczone są dla przedsiębiorstw, które prowadzą działalność w zakresie transportu pasażerskiego, towarowego oraz w zakresie usług logistycznych, zarządzających drogami lub infrastrukturą komunikacyjną. Zgłaszane przez te podmioty projekty obejmują również wdrożenie systemów teleinformatycznych<sup>7</sup>. Polskie miasta, które wzięły udział w konkursie, przedstawia tabela 1.

racyjnego dotyczącego gospodarki niskoemisyjnej, ochrony środowiska, przeciwdziałania i adaptacji do zmian klimatu, transportu i bezpieczeństwa energetycznego oraz koordynacji celów tematycznych 4 – 7, w trakcie którego przedstawiono priorytety inwestycyjne w transporcie do realizacji przy wykorzystaniu środków funduszy UE na lata 2014 – 2020. Warto zaznaczyć, że oprócz priorytetów związanych z rozwojem wszystkich gałęzi transportu, uwzględniono rozbudowę infrastruktury ITS.

Szacuje się, że koszt przebudowy skrzyżowania na potrzeby implementacji ITS waha się w granicach 500 000 zł. Najdrożej wychodzi oparcie ITS na systemie pętli indukcyjnych instalowanych w asfalcie na każdym skrzyżowaniu, ale zarazem jest to rozwiązanie wysoce skuteczne. Można również zastosować kamery (tańszy i mniej precyzyjny sposób) lub pokusić się o zbieranie danych od użytkowników, którzy udostępnią swoją pozycję geograficzną z urządzeń nawigacyjnych via Internet lub wręcz bluetooth. Zdecydowanie najciekawszym pomysłem jest połączenie tych wszystkich technologii – wykorzystujących zarówno „twardą infrastrukturę”, jak i analizujących ruch, na przykład komórek samych użytkowników ruchu<sup>8</sup>. Niemniej jednak szacunkowy koszt modernizacji ulicy Niemodlińskiej w zaproponowanej wersji oscylowałaby w granicach 1,5 – 2,0 mln zł.

Miasto Opole, aby uzyskać dofinansowanie w ramach podobnego konkursu (którego okres obowiązywania nie jest jeszcze określony) powinno opracować projekt szerszego systemu zarządzania ruchem z uwzględnieniem implementacji elastycznych pasów ruchu. Wartość merytoryczna takiego projektu byłaby znacznie wyższa i obejmowałaby

Tab. 1. Lista beneficjentów w Polsce w ramach: Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko 8.3: Rozwój inteligentnych systemów transportowych.

Lp.	Beneficjent	Tytuł projektu	Przyznane dofinansowanie UE (PLN)	Przyznane dofinansowanie UE (% całkowitej wartości projektu)
1.	Miasto Bydgoszcz	Inteligentne Systemy Transportowe w Bydgoszczy	56 286 661,70	84,44%
2.	Miasto Gliwice	Rozbudowa systemu detekcji na terenie miasta Gliwice wraz z modernizacją wybranych sygnalizacji świetlnych, etap I	24 068 497,31	85,00%
3.	Miasto Kraków	Rozwój systemu zarządzania transportem publicznym w Krakowie	32 643 680,23	85,00%
4.	Miasto Wrocław	Inteligentny system transportu „ITS Wrocław”	58 703 237,24	85,00%

Źródło: opracowanie własne na podstawie [14] (dostęp: 21.07.2013).

Jak widać w tabeli 1, ilość środków finansowych z UE stanowi znaczną wartość projektów, a będzie się ona systematycznie zwiększać. 13 maja 2013 roku w siedzibie Ministerstwa Rozwoju Regionalnego odbyło się posiedzenie Grupy roboczej ds. wsparcia przygotowania programu ope-

swoim zasięgiem większy obszar miasta, a tym samym uwzględniałaby większą liczbę warunków formalnych potrzebnych do przyznania środków z funduszu UE na lata 2014 – 2020. Środki przyznane Polsce na ten okres są obiecujące i opiewają na kwotę ponad 82,5 mld euro. W okresie tym

<sup>6</sup> <http://www.computerworld.pl/artykuly/375589/W.Polsce.powstaja.Inteligentne.Systemy.Transportowe.html> (dostęp: 20.12.2013).

<sup>7</sup> <http://www.dotacje-dla-firm.pl/dotacje/rozwoj-inteligentnych-systemow-transportowych,45.html> (dostęp: 20.12.2013).

<sup>8</sup> <http://www.computerworld.pl/artykuly/375589/W.Polsce.powstaja.Inteligentne.Systemy.Transportowe.html> (dostęp: 20.12.2013).



realizowanych będzie 6 krajowych programów operacyjnych. Program Infrastruktura i Środowisko otrzyma pulę 27 513,9 mln euro i należy przypuszczać, że przyszłe działania związane z finansowaniem ITS będą pochodziły z tej puli<sup>9</sup>.

Reasumując, największe możliwości pod względem finansowania zaproponowanych działań w zakresie optymalizacji transportu ulicy Niemodlińskiej niosą programy wsparcia pochodzące z Unii Europejskiej. Nie są one finansowane w całości, ale – jak pokazuje lista rankingowa – zakres finansowania osiąga nawet 85%. Pozostała część kwoty mogłaby pochodzić z budżetu miasta Opola.

## Wnioski

Korzyści, jakie niesłaby koncepcja optymalizacji transportu samochodowego oraz elastycznych pasów ruchu to przede wszystkim upłynnienie ruchu w godzinach szczytu. Kolejną korzyść to skrócenie czasu podróży, który przekładałby się bezpośrednio na jakość komunikacji miejskiej.

Optymalizacja transportu byłaby odczuwalna dla każdej gałęzi gospodarki transportowej funkcjonującej na terenie i w obrębie Opola. Uwidocznilioby się to w znacznym skróceniu czasu przeprawy przez Kanał Ulgi. Ograniczenia zjawiska kongestii w tym obszarze, niewątpliwie przełożyłyby się pozytywnie na środowisko poprzez ograniczenie emisji spalin.

Elastyczne pasy ruchu są tylko elementem usprawniającym poruszanie się po mieście i początkiem większych zmian. Jeżeli wprowadzenie takiego rozwiązania przyniosłoby wymierne korzyści, mogłoby być wykorzystywane praktycznie w każdym miejscu, w którym jest możliwość umieszczenia minimum trzech pasów ruchu. Zmienne pasy ruchu stałyby się elementem większej struktury Inteligentnego Systemu Transportowego. W połączeniu z inteligentnymi kamerami, pętlami indukcyjnymi i innymi środkami detekcji, pozwoliłoby to w sposób bieżący reagować na nagłe natężenie ruchu i dostosować odpowiednią liczbę pasów do jego rozładowania. Do tego niestety jeszcze długa droga, gdyż na takie rozwiązania trzeba przygotować wielu kierowców. Pociągającym jest fakt, że zarówno Unia Europejska jak i Polska uwzględniają w swoich planach rozbudowę struktury transportowej ITS.

Wdrażając koncepcję optymalizacji transportu samochodowego w Opolu, miasto stałoby się prekursorem elastycznych pasów ruchu na terenie Polski, a w wyniku tego mogłoby starać się o dofinansowanie kolejnych działań związanych z usprawnieniem ruchu pojazdów wykorzystujących ITS. Poszczególne narzędzia i rozwiązania w tym zakresie stanowiłyby element większej „układanki”, którą już teraz trzeba szczegółowo zaplanować.

## Streszczenie

Artykuł przedstawia jeden z wielu sposobów wykorzystania nowoczesnych rozwiązań w zakresie zarządzania transportem drogowym z wykorzystaniem telematyki, a w szer-

szym znaczeniu inteligentnych systemów transportowych. Zmiany, które wiążą się z implementacją ITS często dotyczą organizacji ruchu. Po przeprowadzeniu badania natężenia ruchu ulicy Niemodlińskiej w Opolu, stwierdzono wyraźne utrudnienia w postaci zatorów jakie powstają na niej w godzinach szczytu. Opracowano koncepcję zmiany organizacji ruchu z wprowadzeniem elastycznych pasów ruchu, co stanowi przedmiot publikacji.

## Reduction of congestion with the use of flexible lanes

### Abstract

The article shows one of many possibilities of using modern solutions within road transport management, with the use of telematics, and in the broader meaning intelligent transport systems. Changes, which are followed by implementation of ITS, often apply to road transport. Research on traffic intensity on the Niemodlińska Street in Opole, showed significant impediment which are caused by traffic jam that is formed there in rush hours. Main subject of the article is the conception of change of the traffic organization with the use of flexible lines, which was invented on those basis.

### LITERATURA / BIBLIOGRAPHY

1. <http://www.sltrib.com/sltrib/politics/56543467-90/accidents-direction-flex.html.csp> (dostęp: 20.12.2013).
2. <http://www.computerworld.pl/artykuly/375589/W.Polsce.powstaja.Inteligentne.Systemy.Transportowe.html> (dostęp: 20.12.2013).
3. <http://www.dotacje-dla-firm.pl/dotacje/rozwoj-inteligentnych-systemow-transportowych45.html> (dostęp: 20.12.2013).
4. [http://www.pois.gov.pl/2014\\_2020/Strony/82\\_5\\_mld\\_euro\\_dla\\_Polski\\_z\\_nowego\\_budzetu\\_UE\\_291113.aspx](http://www.pois.gov.pl/2014_2020/Strony/82_5_mld_euro_dla_Polski_z_nowego_budzetu_UE_291113.aspx) (dostęp: 20.12.2013).
5. <http://edroga.pl/inzynieria-ruchu/komunikacja-publiczna/1881-obszary-dysfunkcji-systemu-transportowego-miasta-cz-i> (dostęp: 29.01.2014).
6. Iwan S., Wdrażanie dobrych praktyk w obszarze transportu dostawczego w miastach, Wydawnictwo Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie, Szczecin 2013.
7. Kauf S., Logistyka jako narzędzie redukcji kongestii transportowej w miastach, LogForum, Poznań 2010, nr 1, s. 38.
8. Kauf S., Logistyka miasta, a technologie SMART, Studia Miejskie t. 6, Opole 2012, s. 22 – 23.
9. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie, §15 (Dz. U. z 1999 r. Nr 43, poz. 430).
10. Saniuk S., Modelling of virtual production networks, LogForum : Electronic Scientific Journal of Logistics . – 2011, Vol. 7, no 1, s. 23 – 33.
11. Saniuk S., Prototyping of acceptable variants of manufacturing networks, Transport & Logistics 2012, Vol. 12, iss. 22.
12. Strategia rozwoju transportu do 2020 roku (z perspektywą do 2030 roku), Ministerstwo Infrastruktury, Projekt, Warszawa 2011.
13. Szymczak M., Logistyka Miejska, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, Poznań 2008, s. 26.
14. Wappa P., Halicka K.: Znaczenie i źródło kongestii transportowej na przykładzie białostockiej aglomeracji miejskiej, Economy and Management – 4/2011, s. 63 – 64.
15. Witkowski K., Aspekt logistyczny zarządzania infrastrukturą komunalną miasta, [w:] XIV Konferencja logistyki stosowanej „Total Logistic Management” Zakopane 2010.

<sup>9</sup> [http://www.pois.gov.pl/2014\\_2020/Strony/82\\_5\\_mld\\_euro\\_dla\\_Polski\\_z\\_nowego\\_budzetu\\_UE\\_291113.aspx](http://www.pois.gov.pl/2014_2020/Strony/82_5_mld_euro_dla_Polski_z_nowego_budzetu_UE_291113.aspx) (dostęp: 20.12.2013).