

ANALIZA ROZWIĄZAŃ STREFOWEGO USPOKOJENIA RUCHU¹

ARKADIUSZ KSIĄŻEK

mgr inż., doktorant w Katedrze Systemów Komunikacyjnych Politechniki Krakowskiej, 607-880-829, arek.ksiazek@gmail.com

Streszczenie. Wprowadzanie uspokojenia ruchu w obszarach śródmieścia jest jednym ze środków realizacji polityki transportowej zrównoważonego rozwoju. Kompleksowo przygotowane plany wdrożenia stref o ruchu uspokojonym, zawierające cały szereg środków miejscowych oraz liniowych, zaczynają pojawiać się również w polskich miastach. Przykładem może być Poznań, który realizuje właśnie pierwszy etap wprowadzania „strefy 30” w ścisłym centrum miasta [1]. Od 2009 roku funkcjonuje również w Puławach obszar kompleksowo uspokojonego tzw. miasteczka holenderskiego. Pojawienie się tego typu rozwiązań w naszym kraju jest bardzo pozytywnym zjawiskiem, ale należy zwrócić uwagę na konieczność właściwego przeprowadzenia procesu przygotowania do wdrożenia tego typu inwestycji. Podobnie jak każda większa inwestycja drogowa, również wprowadzanie rozwiązań z zakresu uspokojenia ruchu powinno być poprzedzone przygotowaniem modelu symulacyjnego pozwalającego ocenić oddziaływanie propozycji na ruch drogowy w najbliższym otoczeniu, a także w całym mieście. Artykuł zawiera przegląd budowlanych środków uspokojenia ruchu oraz przedstawia propozycje możliwości modelowania symulacyjnego tych środków. Sugerowane narzędzia do analizy omówione są na podstawie modelu wykonanego dla miasta Bielsko-Biała. W modelu tym zaproponowano wprowadzenie trzech wariantów strefy ruchu uspokojonego w centrum miasta zawierających szereg środków punktowych i liniowych. Do oceny rozwiązań wykorzystano program Visum, który umożliwił sprawdzenie efektów wdrożenia uspokojenia ruchu na rozkład ruchu w mieście. Artykuł wskazuje dalsze kierunki prac i możliwości rozwinięcia metod oceny stref ruchu uspokojonego.

Słowa kluczowe: uspokojenie ruchu, zrównoważony transport, modelowanie ruchu, transport miejski

Strategia zrównoważonego rozwoju

Założenia strategii zrównoważonego rozwoju zostały wpisane do wiążących dokumentów przedstawiających wieloletnie plany kierunków rozwoju wielu z polskich miast. W odniesieniu do systemu transportowego realizuje się to poprzez zwiększenie udziału wykorzystania innych niż samochód sposobów przemieszczania się. Podstawą takiej polityki jest wprowadzenie na określonym obszarze ograniczeń dla komunikacji indywidualnej przy jednoczesnym zwiększaniu atrakcyjności transportu zbiorowego. Newralgicznym obszarem dla tej strategii jest centrum miasta, gdzie koncentruje się zastosowanie środków mających zredukować ruch samochodowy. Wprowadza się m.in. zakazy ruchu, opłaty za wjazd do centrum, zawężenia przekrojów ulic, priorytety dla komunikacji zbiorowej, opłaty za parkowanie czy też redukcję liczby miejsc parkingowych. Transport publiczny w mieście powinien charakteryzować się niezawodnością, dobrą dostępnością, wygodą oraz małą uciążliwością dla środowiska. Ważnym aspektem

polityki zrównoważonego rozwoju jest także wspieranie współdziałania różnych środków transportu. Budowa węzłów przesiadkowych oraz obiektów typu Park and Ride pozwala na integrację podsystemów transportowych, dzięki czemu mieszkańcy dalszych dzielnic oraz miejscowości okalających nie zwiększają zatłoczenia w samym mieście. Pozwala to również na oszczędności w funkcjonowaniu komunikacji zbiorowej, gdyż nieopłacalne jest utrzymywanie gęstej sieci linii autobusowych w oddalonych od centrum obszarach o niskiej koncentracji zabudowy. Miasto powinno prowadzić politykę równomiernego rozłożenia miejsc pracy, usług i zabudowy mieszkalnej, nie dopuszczając do ich koncentracji w oddzielnych rejonach, gdyż powoduje to większe zapotrzebowanie na podróże. Władze miejskie powinny hamować tendencje miasta do rozlewania się na coraz większym obszarze. Strategia zakłada wspieranie najbardziej ekologicznych form podróży, a więc rowerowych i pieszych poprzez budowę odpowiedniej infrastruktury.

Jednym ze środków wprowadzania restrykcji w obszarze centrum miasta jest wdrażanie rozwiązań z zakresu uspokajania ruchu, gdyż w sposób naturalny utrudnia ono swobodne poruszanie się pojazdów. Przez uspokojenie ruchu należy rozumieć działalność o charakterze organizacyjnym, budowlanym i prawnym, której celem jest zmniejszenie negatywnego wpływu ruchu samochodowego na otoczenie, modyfikacja zachowań kierowców i poprawa warunków dla niezmotoryzowanych użytkowników drogi, poprzez zastosowanie odpowiednich środków [2]. Uspokojenia ruchu nie należy traktować jedynie jako środka wprowadzenia restrykcji i ograniczenia liczby pojazdów lub wyłącznie jako elementu redukującego prędkość. Całościowa koncepcja odpowiednio ukształtowanego uspokojonego śródmieścia skutkuje efektem synergii, pozwalając na poprawę warunków nie tylko drogowych, ale również mieszkaniowych, ekologicznych czy handlowych. Poprawie ulega nie tylko poziom zatłoczenia, ale też bezpieczeństwo ruchu drogowego, warunki środowiskowe, ekonomiczne, społeczne czy też krajobraz miejski.

Środki uspokojenia ruchu

Uspokojenie ruchu w rozwiązaniach obszarowych przynosi wiele korzyści nie tylko dla ruchu drogowego, ale również dla całego otoczenia. Do dyspozycji jest cały szereg środków, które pozwalają osiągnąć zamierzone przez projektanta cele. Środki te możemy również podzielić ze względu na sposób ich wdrażania. Po pierwsze można oddziaływać za pomocą przepisów prawnych. Pozwala to na wprowadzenie ograniczeń prędkości, miejscowych lub

¹ © Transport Miejski i Regionalny, 2013.

strefowych, zakazów ruchu czy też na usankcjonowanie parkowania, czyli umieszczenie zakazów lub określenie dopuszczalnej formy postojów. Środkiem uspokajania ruchu mogą być także rozwiązania z zakresu zagospodarowania przestrzennego. Wprowadza się odpowiednią hierarchizację ulic w mieście, nadając im zróżnicowane funkcje, a także ustanawiając strefy ograniczeń w ruchu lub jego całkowitego wyłączenia i pozostawienia wyłącznie powierzchni dla pieszych. Kolejnym rodzajem środków są rozwiązania z zakresu organizacji ruchu. Do dyspozycji jest tutaj na przykład ustawienie urządzeń ostrzegawczych, sygnalizacji świetlnej, wprowadzanie priorytetów dla transportu zbiorowego czy też ustanowienie ograniczeń dostępności. Najbardziej obszerną jest grupa budowlanych środków uspokojenia ruchu. Mają one przede wszystkim oddziaływać na chwilowe prędkości pojazdów, a także przez rozmaite zawężenia na natężenia ruchu. Projektant może proponować np.:

- bramy wjazdowe w formie znaków, konstrukcji, zmiany przekroju czy ukształtowania zieleni;
- pasy dzielące lub wyspy środkowe z zielenią lub jako wyspy azylu dla pieszych;
- sprzedające ostrzeżenie w formie serii poprzedzających pasów powodujących wibrację i skłaniających do obniżenia prędkości;
- wygięcie pasa ruchu;
- mini ronda lub małe ronda;
- skrzyżowania skanalizowane;
- zatoki parkingowe;
- zamknięcia ulic, wlotów skrzyżowań lub określonych relacji na skrzyżowaniach;
- zmiany przekroju jezdni;
- szykany;
- zwężenia, a także zwężenia optyczne np. za pomocą brukowania;
- progi (listwowe, podrzutowe, wyspowe);
- wyniesione tarcze skrzyżowania;
- wyniesione przejścia dla pieszych;
- zmiany kolorów, rodzajów nawierzchni;
- zmiany ukształtowania zieleni;
- ciągi pieszo-rowerowe, ścieżki rowerowe, deptaki.

Możliwości modelowania symulacyjnego środków uspokojenia ruchu

Do właściwej oceny zmian w funkcjonowaniu układu transportowego, które przynoszą za sobą nowe inwestycje, niezbędne jest wykonanie modelu symulacyjnego. Oprócz studiów wykonalności dla pojedynczych nowych ulic czy obwodnic należałoby również dokonać analiz symulacyjnych przy wdrażaniu restrykcji w centrum miasta takich, jak kompleksowe rozwiązanie uspokojenia ruchu. Środki uspokojenia ruchu mają działanie przede wszystkim punktowe lub liniowe, wpływają na prędkość pojazdu, zmuszają do zmiany toru jazdy, powodują wzmożoną uwagę u kierowców. To sugeruje podejście mikrosymulacyjne w modelowaniu. Mikroskopowe modele ruchu drogowego opisują każdy pojedynczy pojazd znajdujący się w sieci drogowej

oraz wzajemne interakcje pomiędzy pojazdami i stanem sieci drogowej [3].

Jednakże w związku z całościowym charakterem propozycji uspokajania ruchu w centrach miast należy wypracować inne podejście. Wprowadzenie odpowiedniej hierarchii sieci ulic śródmieścia, zawężenia przekrojów, pasów jezdni wraz ze środkami punktowymi skutkują współdziałaniem wszystkich elementów i zmianą zachowań komunikacyjnych w obszarze znacznie szerszym niż samo centrum miasta. Aby zbadać funkcjonalność tak rozumianej inwestycji, konieczne jest szersze ujęcie, w skali całego miasta lub przynajmniej dużego wycinka śródmieścia wraz z układem obwodnicowym centrum. Restrykcje z założenia powinny powodować zmianę w wyborze drogi pomiędzy źródłem i celem, a także w podziale zadań przewozowych. Dlatego lepiej sprawdzą się modele makroskopowe, które pozwalają na większą skalę obliczeń symulacyjnych. Charakteryzują się one opisaniem ruchu drogowego za pomocą wielkości zagregowanych, czyli np. natężenia ruchu na odcinku czy średniej prędkości pojazdów. Do celów opisywanych analiz najkorzystniejsze jest uszczegółowienie modelu makroskopowego do skali mezoskopowej. Publikacja [4] opisuje modele mezoskopowe, w których ruch odwzorowany jest za pomocą grup pojazdów. W przypadku skali mikroskopowej przedstawia się zachowanie kierowców pojedynczych pojazdów, natomiast tutaj zachowania zagregowane są dla całej grupy pojazdów. Mezoskopowe modele dynamicznych sieci drogowych charakteryzują się większą szczegółowością, dzięki czemu pozwalają wierniej oddać warunki panujące w sytuacji tworzących się zatłoczeń komunikacyjnych. Zarazem, dzięki mniejszemu poziomowi szczegółowości, są mniej kosztowne obliczeniowo od modeli mikroskopowych.

Lokalne ograniczenia przepustowości

Przykładowe analizy symulacyjne wprowadzenia strefy ruchu uspokojonego wykonano w programie do makrosymulacji firmy PTV – Visum. Do obliczeń użyto prostego modelu ze statycznym rozkładem ruchu. Wadą proponowanego sposobu modelowania jest brak uwzględnienia możliwości wystąpienia lokalnych ograniczeń przepustowości. Zwłaszcza dla środków uspokojenia ruchu zawężających przekrój drogi oraz ciągów o bardzo ograniczonych możliwościach poruszania się dla pojazdów wystąpić mogą kolejki pojazdów. Kolejki te mogą wpływać na ruch poprzez sąsiadujące skrzyżowania również na następne odcinki sieci ulicznej. Utrudnienia postępują w górę strumienia ruchu. Aktywacja lokalnych ograniczeń przepustowości skutkuje szybkim wzrostem gęstości pojazdów i pogorszeniem warunków ruchu, co powoduje ograniczenie przepustowości całego ciągu drogowego. Prowadzi to do sytuacji, w której kierowcy tym bardziej skłonni są wybrać trasy alternatywne, skorzystać z komunikacji zbiorowej lub w ogóle zrezygnować z podróży. W celu przeanalizowania tego typu scenariuszy program Visum został wyposażony w moduł Blocking-Back, który pozwala na zobrazowanie sytuacji, w której na odcinku drogowym występuje lokalne ograniczenie przepustowości. Publikacja [5] wskazuje, że LOP powstają w momencie, gdy natężenie ruchu dopły-

wającego do danego odcinka jest większe niż natężenie ruchu odpływającego w jednostce czasu. Funkcja Blocking-Back Model pozwala w obliczeniach wziąć pod uwagę sytuację, w której popyt na skorzystanie z infrastruktury drogowej jest większy niż podaż wynikająca z przepustowości sieci. Moduł identyfikuje odcinki, na których dochodzi do ograniczenia przepustowości, a następnie ogranicza natężenie dopływające, obliczając jednocześnie długości kolejek pojazdów. Jeżeli długość kolejki przekracza długość odcinka, sprawdzany jest zasięg kolejki na poprzedzających odcinkach, gdzie korygowane są również wartości natężeń [3]. Funkcja Blocking-back wypełnia przestrzeń pomiędzy statycznymi procedurami rozkładu, które nie mają żadnego odniesienia czasowego i nie pozwalają na modelowanie czasów oczekiwania związanych z zatłoczeniem oraz dynamicznymi procedurami, które wymagają długich czasów obliczeniowych [6]. Procedura jest znacznie szybsza od jakiegokolwiek dynamicznego rozkładu, wymaga mniej pamięci i może ponadto dostarczać informacji na temat zjawiska kongestii. Wymaga jednak bardzo szczegółowego odzwierciedlenia warunków panujących na ciągach komunikacyjnych i skrzyżowaniach.

Opis wykonanego modelu

Analizy symulacyjne, o których mowa w tym artykule, przeprowadzono na przykładzie Bielska-Białej. Wykorzystano w tym celu gotowy model miasta wykonany w programie Visum. Zawiera on odwzorowaną sieć uliczną miasta, na której przeprowadzono rozkład ruchu. Rozkład opiera się na więźbie ruchu zawierającej podróże komunikacją indywidualną między rejonami. Potencjały ruchotwórcze w poszczególnych rejonach zostały wyznaczone na podstawie danych społeczno-gospodarczych Bielska-Białej. Miasto zostało podzielone na 30 rejonów komunikacyjnych, w tym na dwadzieścia pięć rejonów wewnętrznych oraz na pięć rejonów zewnętrznych. Taka liczba rejonów podyktowana jest ograniczeniami studenckiej licencji programu Visum, na której, w ramach pracy magisterskiej [7], dokonano opisywanych analiz. W celu wyboru najważniejszego zakresu wprowadzenia uspokojenia ruchu przygotowano trzy warianty proponowanych restrykcji, a także uwzględniono w modelu planowane w mieście inwestycje, które pozwalają na właściwe funkcjonowanie układu drogowego po wprowadzeniu rozwiązań z zakresu uspokojenia ruchu w centrum. Ocenie poddano prognozę wykonaną na rok 2015 i 2025.

Charakterystyka układu komunikacyjnego miasta Bielska-Białej

Bielsko-Biała jest średniej wielkości miastem, które podobnie jak większość polskich miast musi radzić sobie ze sporym zatłoczeniem dróg generującym duże straty finansowe oraz środowiskowe. Układ komunikacyjny Bielska-Białej powoduje, że cały ruch tranzytowy, a także ruch pomiędzy odległymi dzielnicami miasta przebiega przez najatrakcyjniejsze tereny ścisłego śródmieścia. Głównymi ulicami w mieście są: ulica 3 Maja, a więc część drogi wojewódzkiej nr 942 prowadzącej ruch z Katowic w stronę Szczyrku i Wisły, oraz ulica Żywiecka, czyli droga krajowa nr 69 w kierunku Żywca.

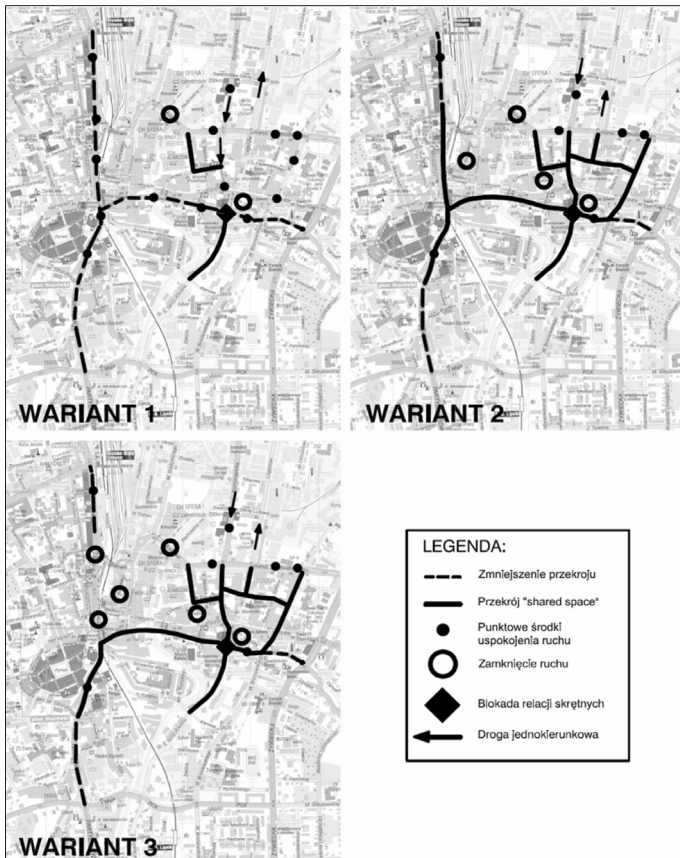
Są to szerokie, czteropasowe ulice o ściśle ruchowym charakterze. Spięte są drogami relacji wschód-zachód, wzdłuż których umiejscowionych jest wiele obiektów handlowych i biurowych będących celami podróży, w tym bardzo pojemne i darmowe parkingi przy centrum handlowym „Sfera”, które pozwalają na wjazd i pozostawienie samochodu w samym centrum miasta. Śródmieście Bielska-Białej pozbawione jest rozwiązań skłaniających do wyboru środków transportu zbiorowego w podróżach docelowych. W 2006 roku została oddana w całości do użytku Śródmiejska Obwodnica Zachodnia, która z jednej strony krzyżuje się z drogą ekspresową S1 do Cieszyna, natomiast z drugiej z drogą krajową 69. W ubiegłym roku ukończono również budowę Wschodniej Obwodnicy miasta realizowanej w ciągu drogi ekspresowej S69 łączącej Bielsko-Białą przez Żywiec z przejściem granicznym w Zwardoniu. W ramach analiz zbadano również efektywność nowej obwodnicy, a także innych, zawartych w studium inwestycji. Wprowadzono planowaną trasę W-Z przebiegającą na obrzeżu centrum i spinającą Śródmiejską Obwodnicę Zachodnią z drogą krajową 69 oraz dalej, drogą krajową 52 w kierunku Krakowa, a także ulicę Nowopiekarską, która biegnie w tym samym kierunku, na północ od centrum, przecinając uprzemysłowione rejony Bielska-Białej skupiające bardzo wiele miejsc pracy.

Warianty uspokojenia ruchu

Do analiz przygotowano trzy warianty uspokojenia ruchu różniące się stopniem restrykcyjności (rys. 1). Pierwsza propozycja zawiera zawężenia przekrojów głównych ulic oraz wprowadzanie ulic jednokierunkowych. Na przykład ulica 3 Maja (fot. 1) przewidziana jest jako ciąg o przekroju 1x2. Zaoszczędzone miejsce można przeznaczyć na zmianę organizacji przestrzeni, dodanie zieleni miejskiej, elementów małej architektury, ścieżki rowerowe czy nieliczne miejsca parkingowe. Inną ewentualnością jest przeznaczenie zewnętrznych pasów na pasy tylko dla komunikacji zbiorowej. Co prawda nie realizuje się wtedy w pełni celów poprawy warunków środowiskowych czy zmiany krajobrazu miejskiego, ale osiągnąć można bardzo dobre warunki obsługi transportem publicznym na tym newralgicznym ciągu, bardzo silnie obłożonym ruchem autobusów komunikacji miejskiej.



Fot. 1. Obecny przekrój ul. 3 Maja w Bielsku-Białej (fot. A. Książek)



Rys. 1. Schematy przedstawiające proponowane rozwiązania w obszarze centrum miasta (trzy warianty)

Drugi rodzaj uspokojenia ruchu zakłada przebudowę głównych ulic w centrum na przekrój stosowany na zachodzie jako *shared space*, czyli o przestrzeni współdzielonej. W celu jego realizacji przebudowuje się przekrój całej ulicy, likwidując podział na jezdnie, chodniki czy ścieżki rowerowe. Na takim obszarze nie występują żadne znaki drogowe, a przestrzeń nie jest wydzielana krawężnikami. Poszczególne części strefy różnią się np. kolorem lub rodzajem nawierzchni [8] (fot. 2). Ulica ukształtowana jest jako wspólna powierzchnia dla wszystkich użytkowników drogi. Skrzyżowania na takim ciągu są skrzyżowaniami równorzędnymi. Rozwiązanie to powoduje, że kierowcy muszą jechać powoli i ostrożnie, spodziewając się w każdej chwili konieczności ustąpienia pierwszeństwa pieszemu, rowerzyście lub pojazdowi z drogi bocznej. Taka sytuacja pozwala stworzyć środowisko miejskie, które jest bardziej przyjazne dla mieszkańców, a dodatkowo powoduje, że ruch uliczny staje się wolniejszy, bardziej uważny, a ulice są mniej zatłoczone i bezpieczniejsze [9].

Trzeci z zaproponowanych rodzajów strefy ruchu uspokojonego zakłada zamknięcie dla ruchu samochodów osobowych centralnego odcinka ulicy 3 Maja z pozostawieniem tylko ruchu pojazdów transportu zbiorowego. Ulica 3 Maja, a więc droga wojewódzka nr 942, która w latach 70. XX wieku nabrała obecnego charakteru, przecina centrum, powodując odseparowanie dwóch części miasta, a więc śródmieścia Bielska i Białej. Jednocześnie przez tę ulicę przebiega trasa większości linii autobusowych w mieście. W związku z tym bardzo istotne jest uspokojenie ruchu na tym ciągu, poprawa warunków dla pieszych, połączone



Fot. 2. Przykład rozróżnienia funkcji za pomocą rodzaju nawierzchni
Źródło: www.fietsberaad.nl

z dbałością o jak największą sprawność i jakość obsługi transportem zbiorowym.

Oprócz tego każdy z wariantów zakłada również zamknięcie dla samochodów osobowych mostu na rzece Białej w ciągu ulicy Mostowej przy centrum handlowym „Sfera”. Poza tymi środkami wprowadzono również punktowe elementy, które wpływają m.in. na zmniejszenie prędkości, a przez to na poprawę bezpieczeństwa ruchu drogowego. Zaproponowano wyniesienie tarcz niektórych skrzyżowań, przebudowę przejść dla pieszych z zawężeniem pasa jezdni i wygięciem toru jazdy oraz progi wyspowe (fot. 3). Rozwiązanie takie zostało zastosowane na ciągach prowadzących komunikację zbiorową ze względu na zachowanie komfortu podróży pasażerów i płynności jazdy. Rozmiar progów jest tak dobrany, że rozstaw kół autobusu jest większy od szerokości progu, co pozwala na przejazd bez zmiany prędkości, podczas gdy kierowcy samochodów osobowych muszą zwolnić i przejechać po progu wyspowym.



Fot. 3. Przykład zastosowania progów wyspowych (fot. A. Książek)

Propozycja modelowania środków uspokojenia ruchu

Dla elementów takich jak progi, wyniesienia, zawężenia czy szynki zasadnym byłoby przyjęcie dokładnej ścieżki poruszania się pojazdu i określenie profilu prędkości wzdłuż drogi. Do takich zastosowań służą programy mikrosymulacyjne, jak np. Visum. W programach tego typu nie bada się wpływu wprowadzenia kompleksowego uspokojenia ruchu w całej strefie na rozkład ruchu w mieście i zachowania komunikacyjne mieszkańców. W zwią-

ku z tym zdecydowano się przedstawić punktowe środki uspokojenia ruchu w postaci czasu, który potrzebny jest pojazdom na pokonanie odcinka, na którym zastosowano tego typu przeszkodę. Straty czasu związane są z koniecznością pokonania przeszkody oraz ze stratami wynikającymi z hamowania i przyspieszania. Wydłużenie czasu przejazdu przez odcinek może wpłynąć na wybór ścieżki dla relacji źródło–cel. W programie Visum, w miejscu zastosowania środka, który będzie oddziaływał na czas przejazdu, zaproponowano wprowadzenie dodatkowego węzła. W jego właściwościach ustawiono czas t_0 , będący karą za przejazd pojazdu przez to miejsce. Aby prawidłowo określić wartość współczynnika t_0 wykonano pomiary oddziaływań zastosowanych środków na czas przejazdu odcinka.

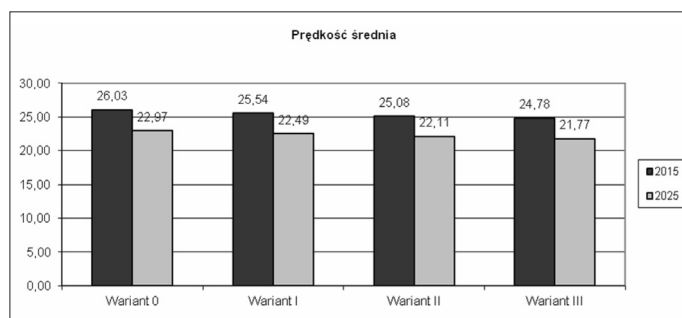
Pomiary dokonano w miejscach o warunkach zbliżonych do tych, w których proponuje się ich zlokalizowanie. Badanie polegało na zmierzeniu czasu przejazdu odcinka, na którym znajdował się środek uspokojenia ruchu i porównaniu go z czasem przejazdu dla odcinka testowego pozbawionego utrudnień. Dla wyniesionych tarcz skrzyżowań pomiarów dokonano na dwóch istniejących skrzyżowaniach tego typu w Bielsku-Białej. Wykonano 80 par pomiarów, dla których obliczone odchylenie standardowe ma wartość w przybliżeniu $s=1,02$, co świadczy o niewielkim rozrzucie wyników. W wyniku obliczeń wyznaczono wpływ podwyższonej tarczy skrzyżowania, który wyniósł 2,69 sekundy. Do analiz w programie Visum wprowadzono wartość t_0 równą 3 sekundy mającą odwzorować straty ponoszone przez kierowców w tego typu miejscu.

W przypadku progów wyspowych skorzystano z faktu lokalizacji takiego rozwiązania na drodze przekraczającej samo centrum miejscowości Ustroń, na której zdecydowano się wprowadzić ruch uspokojony w 2007 roku. Pomiar objął 86 wyników przejazdu odcinkiem pomiarowym i tyle samo odcinkiem obejmującym próg wyspowy. Otrzymano średni wynik 2,2 sekundy, który w związku z ograniczeniem programu Visum został zaokrąglony do wartości 2s i ta wartość została użyta w celach symulacji wpływu progów wyspowych na ruch na odcinku drogi. Odchylenie standardowe wyniosło w tym przypadku $s=1,5$, co jest wynikiem akceptowalnym.

Inne budowlane środki uspokojenia ruchu, takie jak szykany i zawężenia, mają również wpływ na przepustowość danego odcinka. Duże ograniczenia w ruchu pociągają za sobą przede wszystkim zmianę przekroju drogi. W związku z tym dla takich odcinków zaproponowano zmianę typu połączenia, dla którego w programie Visum przyporządkowano różne wartości przepustowości odcinka oraz prędkości komunikacyjnej. Największe zmiany pociągają za sobą oczywiście zamknięcie odcinków dróg dla samochodów osobowych lub dla całego ruchu. W opisywanym modelu zastosowano taki środek w różnych wariantach, zamykając określony kierunek ruchu, blokując wybrane relacje skrętne na skrzyżowaniach lub wyłączając całe odcinki ulic.

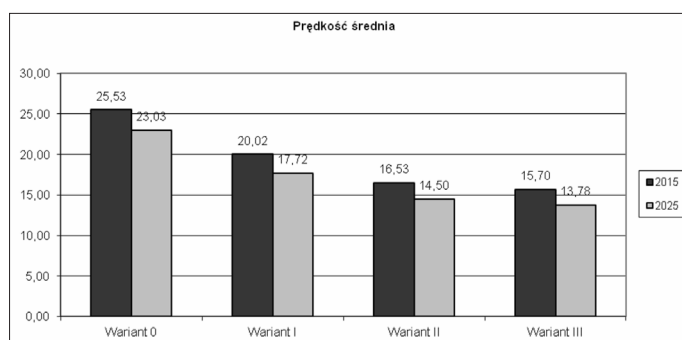
Wyniki przeprowadzonych analiz

Do oceny rozwiązań z zakresu uspokojenia ruchu wykorzystano funkcje programu Visum, która pozwala wyznaczyć pracę przewozową całej sieci drogowej lub wybranych jej odcinków. W wynikach przedstawiona jest praca przewozowa w pojazdokilometrach i w pojazdogodzinach. Ich iloraz obrazuje średnią prędkość pojazdów, co może być cenną informacją wspomagającą wybór najbardziej korzystnego wariantu (rys. 2). W związku z tym, że dla celów tej pracy najważniejsze są warunki panujące w centrum miasta, oceny dokonano również na wybranych ulicach. Opisywany obszar stanowi ściśle śródmieście, gdzie zgodnie z założeniami tego opracowania powinno dojść do zmiany zachowań komunikacyjnych, zmniejszenia natężenia i poprawy warunków środowiskowych.



Rys. 2. Porównanie średniej prędkości w całej sieci miejskiej

Jak widać z rysunku 2, wprowadzenie uspokojenia ruchu powoduje obniżenie prędkości w każdym z wariantów, jednak w skali całego miasta nie są to duże różnice. Proponowane zmiany nie stanowią więc uciążliwości dla kierowców na większym obszarze. Rysunek 3 przedstawia wartości średniej prędkości w poszczególnych wariantach tylko w wyciętej części stanowiącej obszar wprowadzenia restrykcji. Zauważyć można znaczący spadek prędkości związany z uspokojeniem ruchu w kolejnych wariantach. Sprzyja to bezpieczeństwu ruchu i warunkom środowiskowym.



Rys. 3. Porównanie prędkości średniej w obszarze uspokojenia ruchu

Obniżenie prędkości średniej wiąże się ze znacznym spadkiem pracy przewozowej wyrażonej w pojazdokilometrach przy, w przybliżeniu, stałym poziomie pracy przewozowej w pojazdogodzinach. Taka sytuacja pokazuje, że zmniejsza się liczba pojazdów w centrum miasta, a jednocześnie nie występuje nadmierne zatłoczenie dróg, które

mogłoby być spowodowane zmniejszonymi przekrojami ulic. Dzięki uwzględnieniu inwestycji odciążających centrum miasta średnia prędkość nawet w najbardziej restrykcyjnym wariantcie pozostaje na satysfakcjonującym poziomie. Z kolei brak restrykcji w centrum skutkuje wysokimi prędkościami jak na obszar śródmieścia – w wariantcie zerowym średnia przekracza 25 km/h. Kolejne rodzaje uspokojenia ruchu powodują coraz większe spadki prędkości średniej, choć przy drugim i trzecim rodzaju wartości te nie różnią się znacznie.

Analiza wyników symulacji prowadzi do wyboru wariantu najbardziej korzystnego, jeśli chodzi o rozkład ruchu w mieście. Przedstawione w tym artykule warianty uwzględniają planowane inwestycje, które okazały się, po przeprowadzeniu analiz, bardzo znaczące dla obsługi komunikacyjnej śródmieścia. Nowe połączenia pozwalają przeprowadzić ruch wokół centrum, dzięki czemu nie dochodzi do nadmiernych zatłoczeń. Analizy wykazały, że uwzględnienie inwestycji w modelowaniu jest korzystne ze względu na niską liczbę pojazdówgodzin oraz wysoką prędkość średnią. Celem wdrożenia ruchu uspokojonego do centrum miasta było wyprowadzenie nadmiernej liczby pojazdów ze śródmieścia i poprawa warunków ruchu w tym rejonie. Analiza parametrów dla wyodrębnionego obszaru centrum wskazuje korzyści płynące z wprowadzenia restrykcji. Wartości pracy przewozowej i prędkości średnich przekonują, że najkorzystniejsze są warianty II i III, które przedstawiają satysfakcjonujący poziom prędkości średniej połączony z niskimi natężeniami ruchu.

Porównanie kolejnych wariantów pokazuje coraz większe obniżenie prędkości średniej. Może to też przynieść korzyść w postaci zniechęcenia kierowców do wjazdu do centrum, a przez to również do większego udziału komunikacji zbiorowej w podróżach do i przez centrum miasta. Jeśli chodzi o ocenę wariantów niewynikającą z analiz symulacyjnych, to wariant drugi i trzeci niosą również za sobą więcej zalet dla pieszych użytkowników dróg. Poprawia się bezpieczeństwo i komfort poruszania się po ulicach, które podporządkowane są obecności pieszych. Należy również zwrócić uwagę na coraz większy koszt kolejnych rodzajów uspokojenia ruchu oraz trudniejszą ich realizację. Dlatego najlepszą propozycją wydaje się być etapowanie wprowadzania uspokojenia ruchu. Przy drugiej lub trzeciej wersji uspokojenia jako docelowej, wersja pierwsza mogłaby być etapem podstawowym. Pozwoliłoby to uniknąć elementu zaskoczenia drastycznymi zmianami zasad ruchu, a także rozłożyć koszty implementacji. Dodatkowo analiza wyników symulacji wskazała wysoką konieczność inwestycji w sieć drogową w Bielsku-Białej. Ruch tranzytowy, który powinien zostać wyprowadzony z centrum, musi być przeniesiony na nowe oraz przebudowane odcinki dróg. Przy kłopotach z finansowaniem i realizacją pełnego zakresu inwestycji zasadnym wydaje się pozostanie przy pierwszym rodzaju uspokojenia ruchu. Wariant drugi i trzeci powoduje w tym przypadku zbyt duży wzrost zatłoczenia w centrum i spadek prędkości średniej.

Podsumowanie

Podsumowując przeprowadzone analizy, dzięki wykorzystaniu możliwości programu Visum sprawdzono zasadność wprowadzenia strefy ruchu uspokojonego w centrum Bielska-Białej oraz zbadano stopień konieczności realizacji planowanych inwestycji. Symulacje wykazały korzyści z wprowadzenia restrykcji w kolejnych wersjach uspokojenia ruchu. Zmniejszenie pracy przewozowej oraz prędkości średniej w centrum pozwoli na poprawę warunków środowiskowych, zwiększenie atrakcyjności centrum oraz podniesienie poziomu bezpieczeństwa ruchu. Bardzo ważnym środkiem przy realizacji tych celów było wyprowadzenie ruchu tranzytowego z centrum miasta. Teraz, po otwarciu Wschodniej Obwodnicy miasta, której efektywność również była mierzona, widać konieczność wprowadzenia restrykcji w centrum. Na ulicach śródmieścia ruch nieco się zmniejszył, ale stopień tych zmian jest niewystarczający. W dalszym ciągu duża liczba kierowców wybiera krótszą, ale bardziej uciążliwą drogę przez śródmieście.

Opisywane analizy zostały wykonane na modelu uwzględniającym jedynie komunikację indywidualną. Dla uzyskania pełnej funkcjonalności należałoby zadbać o dołączenie do analiz komunikacji publicznej. Wprowadzenie kompletnego systemu rozwiązań z zakresu uspokojenia ruchu całej strefy w centrum miasta pozwoli na wpłynięcie na podział zadań przewozowych. Dzięki tak zbudowanemu modelowi propozycje rozwiązań można od razu weryfikować w kontekście prawidłowego funkcjonowania komunikacji zbiorowej. Publikacja [10] wskazuje przykład Grazu, w którym dzięki wprowadzeniu uspokojenia ruchu w mieście zahamowano negatywną tendencję do wzrostu udziału komunikacji indywidualnej w podróżach, a nawet udało się nieznacznie obniżyć użycie samochodu osobowego. Dostępnych jest jednak niewiele badań na temat oddziaływania takich rozwiązań na podział zadań przewozowych. W związku z tym, w przypadku wdrażania kompleksowego uspokojenia ruchu na znacznym obszarze centrum miasta bardzo cenne będą badania takiego wpływu. Ankietowe badania preferencji nie dostarczają wystarczająco wiarygodnych danych. Dokładne badania „przed i po” pozwolą na sprawdzenie i skalibrowanie modelu symulacyjnego użytego do symulacji wprowadzanych rozwiązań.

Zawarte w artykule propozycje wywołają potrzebę przeprowadzenia zmian w funkcjonowaniu transportu zbiorowego. Dlatego należałoby wykonać opracowanie, które pozwoli poprawić jakość działania komunikacji zbiorowej. Zmiany w sieci ulic muszą pociągnąć za sobą zmiany w sieci linii autobusowych oraz nową marszrutyzację rozkładów ruchu o zdecydowanie większej częstotliwości. Zwłaszcza centrum miasta będzie wymagało zmian tak, aby dostosować się do nowych warunków na ulicach i zapewnić jak najlepszą dostępność do celów podróży w rejonie śródmieścia. Ograniczenia dla komunikacji indywidualnej i rozwiązania wyraźnie preferujące transport publiczny, takie jak zamknięcie mostu na rzece Białej, spowodują zwiększenie zapotrzebowania na obsługę miejskimi autobusami, co musi zostać w jak najwyższym stopniu spełnione. Aby jeszcze usprawnić transport

w mieście, opracowanie powinno również zawierać środki wspomagające funkcjonowanie komunikacji zbiorowej także na innych drogach, takie jak śluzy dla autobusów na skrzyżowaniach czy priorytety dla komunikacji publicznej w programie sygnalizacji. Dzięki kompleksowo wprowadzonym restrykcjom dla samochodów osobowych oraz poprawie oferty transportu zbiorowego można liczyć na trwałą, korzystną zmianę w podziale zadań przewozowych.

Przeprowadzenie dokładnych analiz określających skutki wprowadzenia strefy ruchu uspokojonego pomoże również przekonać kierowców i mieszkańców do planowanych rozwiązań. Badania opinii publicznej [11] pokazują, że społeczeństwo akceptuje wprowadzenie elementów uspokojenia ruchu, jeśli mają one wyraźnie wpłynąć na poprawę bezpieczeństwa. Każdy z badanych w ankietach elementów uzyskał przewagę opinii pozytywnych. Ze środków budowlanych największy sprzeciw budziły progi zwalniające, które obok ponad 50% głosów sprzyjających miały również prawie 40% głosów negatywnych. Przeciwnicy progów podkreślają możliwe zwiększenie hałasu, obawiają się o trwałość podzespołów samochodów często pokonujących progi zwalniające oraz zwracają uwagę na uciążliwość dla pojazdów komunikacji publicznej i służb ratunkowych. Ostatnia z tych uwag przestaje być aktualna przy zastosowaniu progów wyspowych, które uzyskują lepsze opinie użytkowników i mieszkańców. Jeśli chodzi o ocenę całościowych planów uspokojenia ruchu, największy sprzeciw, zgodnie z badaniami, budzą próby przebudowy rejonów gęsto zabudowanych z ulicami o dużych natężeniach ruchu. Mieszkańcy terenów, które mają zostać objęte uspokojeniem ruchu zwracają uwagę na pozytywne zmiany, jeśli chodzi o poprawę bezpieczeństwa ruchu, zmniejszenie uciążliwości środowiskowych i natężeń ruchu oraz ułatwienie w pieszym poruszaniu się po okolicy. Trudniej jest o poparcie wśród mieszkańców z terenów oddalonych od centrum. Przyzwyczajenie do wygodnego przemieszczania się do śródmieścia i krótszych podróży międzydzielnicowych przez centrum powoduje, że rozwiązania utrudniające dotychczasowe zachowania komunikacyjne będą budzić sprzeciw. W związku z tym publikacja [11] zwraca również uwagę na konieczność przeprowadzenia odpowiednich konsultacji oraz zaangażowania mieszkańców w proces przygotowywania koncepcji uspokojenia ruchu. Poparcie dla propozycji wzrasta znacząco, gdy lokalni kierowcy zostaną rzetelnie poinformowani o wszystkich korzyściach płynących z zastosowania elementów uspokojenia ruchu oraz gdy ich uwagi zostaną wzięte pod uwagę przy tworzeniu projektu.

Publikacja [10] definiuje trzy skale przestrzenne oddziaływania uspokojenia ruchu. Od oddziaływań miejscowych aż do skali makro mających na celu zmniejszenie natężeń ruchu oraz jego wpływu na ruch w całym mieście. Dla tego poziomu oddziaływania właściwego obszarem uspokojenia ruchu w śródmieściu konieczne jest przeprowadzanie szczegółowych analiz na przykład w sposób proponowany w tym artykule. Konieczne są dalsze badania prowadzące do budowy szczegółowego modelu pozwalającego badać lokalne oddziaływanie środków uspokojenia ruchu oraz całościowy

wpływ na ruch w sieci miejskiej. Skuteczność pojedynczych środków była wielokrotnie badana. Dostępne są wyniki analiz zmiany obserwowanych prędkości, zmniejszenia liczby kolizji, poprawy bezpieczeństwa ruchu [10,12]. Trudność występuje przy określeniu wpływu na natężenia ruchu. Różnice w badaniach „przed i po” wartości od kilku do kilkudziesięciu procent wskazują na duży wpływ indywidualnych warunków. Takie fragmentaryczne badania nie wystarczają do właściwej oceny kompleksowo rozumianych stref ruchu uspokojonego. Widać tutaj konieczność przeprowadzenia dalszych badań oraz wykonania obliczeń mikrosymulacyjnych, które umożliwią ocenę wpływu na zachowania kierowców oraz będą prowadzić do stworzenia narzędzia pozwalającego oddać te zachowania w modelu, a przez to pozwolą na świadome planowanie wprowadzenia stref z ruchem uspokojonym. Jeśli chodzi o model makroskopowy, koniecznym jest sprawdzenie jego funkcjonowania z uwzględnieniem podziału zadań przewozowych. Istotnym elementem mogącym poprawić jakość funkcjonowania modelu będzie próba wykorzystania modułu Blocking-Back. Może to wpłynąć pozytywnie na odzwierciedlenie warunków ruchu przy zawężonych przekrojach i przeszkodach uniemożliwiających płynny przepływ pojazdów.

Literatura

1. <http://www.zdm.poznan.pl/projekty-drogowe.php>
2. *Zasady uspokajania ruchu na drogach województwa pomorskiego*, GAMBIT Pomorski, Gdańsk.
3. Dybicz T., *Modelowanie i symulacje ruchu, rys historyczny i aktualnie stosowane oprogramowanie*, Zeszyt Naukowo-Techniczny SITK RP, oddział w Krakowie nr 148: *Modelowanie podróży i prognozowanie ruchu*, Kraków 2009.
4. Tarapata Z., Mierzejewski K., *Prognozowanie i symulacja skutków wystąpienia zagrożeń systemu komunikacyjnego aglomeracji*, „Symulacja w Badaniach i Rozwoju”, 2010, nr 1, Polskie Towarzystwo Symulacji Komputerowej, Warszawa 2010.
5. Dybicz T., VII Konferencja Naukowo-Techniczna, Skuteczne zmniejszanie zatłoczenia miast, Poznań 2009.
6. PTV Vision. Visum 11.5 Basics. PTV AG, Karlsruhe 2010.
7. Książek A., *Analiza wprowadzenia strefy ruchu uspokojonego w centrum miasta Bielska-Białej przy użyciu narzędzi symulacyjnych*, praca magisterska, Politechnika Krakowska 2011.
8. Beim M., *Doświadczenia krajów niemieckojęzycznych w zakresie strefowego uspokajania ruchu*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2011, nr 4.
9. Clarke E., *Shared Space – the alternative approach to calming traffic*, tec 09.2006.
10. Zalewski A., *Uspokojenie ruchu jako zagadnienie urbanistyczne*, Łódź 2011.
11. *Public perceptions of traffic calming*, Social Research Associates 2006.
12. Ewing R., *Impacts of Traffic Calming*, TRB 1999.
13. Gaca S., Suchorzewski W., Tracz M., *Inżynieria ruchu drogowego. Teoria i praktyka*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2008.
14. *Czteroletni Plan Inwestycyjny na lata 2011–2014*, Urząd Miasta Bielsko-Biała 2011.
15. *Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego Bielska-Białej*, Biuro Rozwoju Miasta Bielsko-Biała, Bielsko-Biała 2012.
16. *Strategia rozwoju Bielska-Białej do 2020 roku*, Bielsko-Biała 2006.