

Stanisław KRAWIEC, Grzegorz KAROŃ, Ireneusz CELIŃSKI, Aleksander SOBOTA

WARUNKI RUCHU W SIECI DROGOWEJ KONURBACJI GÓRNOŚLĄSKIEJ W LATACH 2007-2008

Streszczenie. Katedra Inżynierii Ruchu od 1994 roku prowadzi systematycznie cykliczne pomiary i analizy ruchu drogowego w konurbacji górnośląskiej. W artykule przedstawiono wybrane wyniki analizy warunków ruchu w korytarzach sieci drogowej Katowic na tle warunków ruchu w konurbacji górnośląskiej. Wykorzystano dane pomiarowe z lat 2007-2008 oraz analizę skutków nieplanowanych zamknięć tunelu zlokalizowanego pod rondem im. gen. Jerzego Ziętka, w wyniku zaistniałych zdarzeń drogowych. Podjęto również problem identyfikacji przyczyn powstawania zakłóceń ruchowych i wskazania rozwiązań zapobiegawczych w tym zakresie. Wyniki pomiarów opracowano z użyciem pakietu statystycznego Statistica i Statgraphics [12,16,17,18,19].

ROAD TRAFFIC CONDITIONS ON TRANSPORT NETWORK OF UPPER SILESIA AGGLOMERATION IN RECENT YEARS 2007 – 2009

Summary. Department of Traffic Engineering conducts serial measurements and analysis of traffic volume in center of Katowice. In the article was presented analysis of traffic conditions in selected sections of Upper Silesian network between 2007 and 2009 years. Results of measurements was presented with using of statistic package Statistica and Statgraphics. In article took up an effort of identification of traffic turbulence.

1. WPROWADZENIE

W artykule przedstawiono wybrane wyniki analizy ruchu na odcinku drogi krajowej 79, przebiegającym przez centrum Katowic, częściowo w tunelu. Celem analizy było sprawdzenie, czy istnieją przyczyny lub przesłanki wynikające z rozkładu potoków ruchu, wskazujące na wyższe niż w innych częściach sieci prawdopodobieństwo zaistnienia zdarzeń drogowych, skutkujących nieplanowanym zamknięciem tunelu i powstawaniem uciążliwych zatorów. Analizę przeprowadzono na podstawie badań i pomiarów natężenia ruchu z lat 2007-2008. Na zakończenie wskazano działania usprawniające organizację ruchu w przypadku wystąpienia takich zakłóceń.

Zamknięcia tego elementu układu drogowego Katowic dotychczas związane były głównie z losowymi zdarzeniami drogowymi, tam występującymi. W czasie ich likwidacji, zaburzenia ruchu generowały zakłócenia w całym układzie drogowym śródmieścia Katowic. W takich przypadkach, niejednokrotnie obserwowano przeciążenie sieci drogowej centrum Katowic nawet w promieniu¹ do 3,5 km od tunelu [24,26].

¹ Zaobserwowano to między innymi na ulicach Francuskiej, Warszawskiej, Wojewódzkiej i Krasińskiego.

Dla przykładu, pojedynczy strumień pojazdów (na 1 pasie ruchu) [5], blokowany na skutek takiego zdarzenia, generował długie kolejki pojazdów (rzędu 3,5 km) [24,26]. Oznacza to, że w takim przypadku na skutek zatrzymania pojedynczego strumienia ruchu, w kolejce oczekiwało ok. 1000 pojazdów (na całej długości ulicy Chorzowskiej w Katowicach, dwa pasy ruchu) co daje statystycznie ok. 1250 osób oczekujących w korku, w pojazdach indywidualnych i około 4000 w pojazdach komunikacji zbiorowej. Dodatkowo, zaburzenia te oddziaływały pośrednio na cały system drogowy centrum Katowic, dezorganizując ruch na większym obszarze.

2. WSKAŹNIK MOTORYZACJI ORAZ KOMPLEKSOWE BADANIA RUCHU (KBR) W KONURBACJI GÓRNOŚLĄSKIEJ

W krajach Europy zachodniej wskaźnik motoryzacji² waha się od ponad 500 do blisko 700 pojazdów na 1000 mieszkańców, w USA, Japonii i Kanadzie przekracza 700 pojazdów na 1000 mieszkańców [4], w Krakowie, w 2004 roku wskaźnik ten wynosił 458 pojazdów na 1000 mieszkańców [25]. W tablicy 1 przedstawiono wskaźniki motoryzacji w województwie śląskim, w latach 2006-2008.

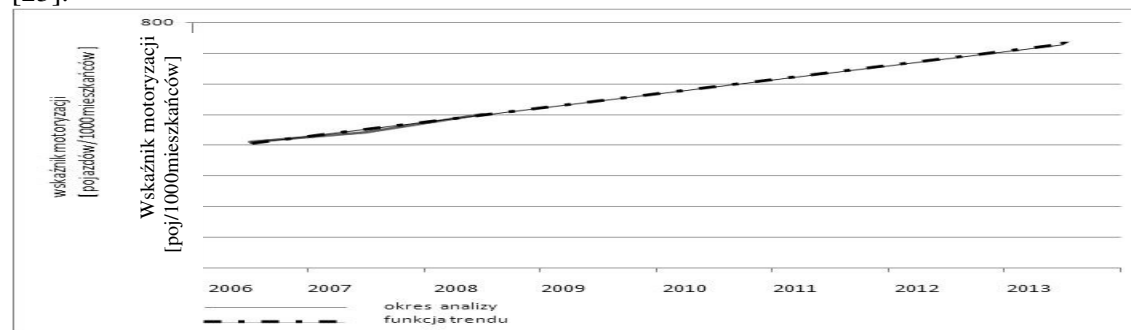
Tablica 1

Wskaźnik motoryzacji w województwie śląskim w latach 2006 – 2008

Rok	Liczba samochodów [liczba pojazdów]	Liczba ludności [liczba mieszkańców]	Wskaźnik motoryzacji [pojazdy/1000 mieszkańców]
2006	1 915 937	4 669 137	410,34
2007	2 053 875	4 654 115	441,30
2008	2 332 561	4 645 665	502,09

Zródło: Opracowanie własne na podstawie [23]

Na rys. 1 przedstawiono prognozę wzrostu wskaźnika motoryzacji w województwie śląskim, w horyzoncie 2009-2013. Przy zachowaniu dotychczasowego trendu liniowego należy oczekiwać przekroczenia liczby 700 pojazdów na 1000 mieszkańców w 2013 roku [23].



Rys. 1. Wskaźnik motoryzacji w województwie śląskim w latach 2006-2008 oraz prognoza do 2013 roku

Fig. 1. Number of motor vehicles per 1000 inhabitants in Silesian Voivodship at 2006-2008 years, and 2013 year forecast

W modelowaniu i prognozowaniu ruchu [9,12,14,15] nie można miarodajnie wykorzystywać wskaźnika motoryzacji, ponieważ jest on obliczany w odniesieniu do całkowitej liczby mieszkańców. W rzeczywistości natomiast ruchliwość komunikacyjna

² Wskaźnik motoryzacji określa liczbę samochodów przypadających na 1000 mieszkańców [7,16].

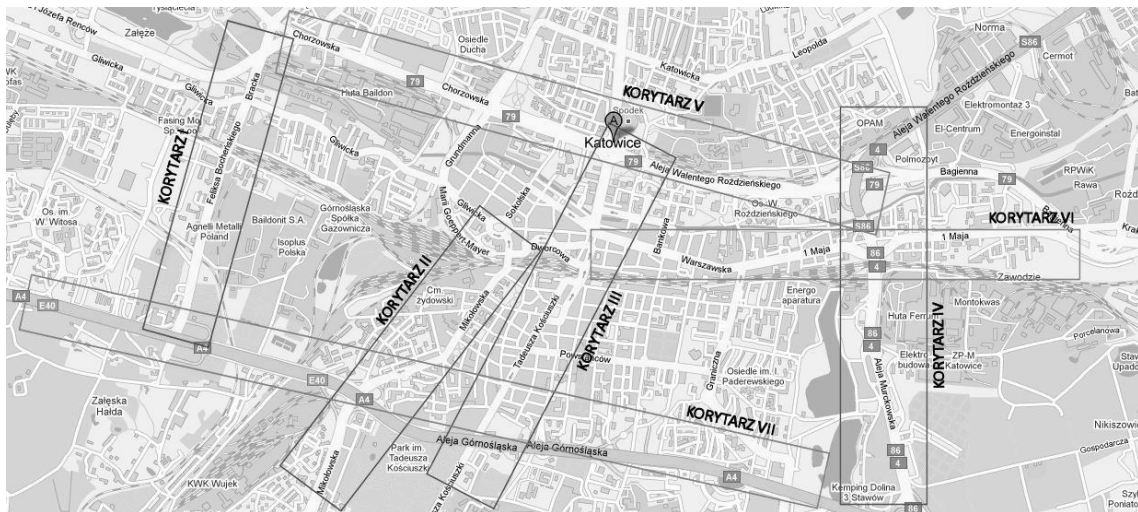
mieszkańców w dużym stopniu zależy od grupy wiekowej oraz motywacji podróży. Źródłem miarodajnych danych o ruchu w sieci oraz zachowaniach komunikacyjnych mieszkańców są badania i pomiary przeprowadzane w sposób kompleksowy. Kompleksowe badania ruchu (KBR) to akronim określający reprezentatywną inwentaryzację ruchu pojazdów i pieszych wraz ze szczegółowym opisem zachowań komunikacyjnych mieszkańców w analizowanym obszarze w jego otoczeniu [6,8]. W wyniku badań KBR można opracować model ruchu, który wraz z modelem sieci i modelem obszaru stanowi matematyczne odwzorowanie systemu transportowego, będące narzędziem analityczno-planistycznym.

Ostatnie badania KBR w konurbacji górnośląskiej przeprowadzono w 1998 roku, mimo że tego typu badania, aby były przydatne w modelowaniu ruchu powinny być przeprowadzane cyklicznie. W tym miejscu można przywołać metodologię i zalecenia Niebieskiej Księgi [11,12] w zakresie sporządzania analiz i prognoz ruchu. Analizy te powinny być weryfikowane na podstawie badań i pomiarów co najmniej na etapie budowy modeli ruchu. Dodatkowo wyniki prognoz powinny być również weryfikowane celem aktualizacji modeli prognostycznych w przyszłości [7,13,21].

Podczas wykonywanej analizy nie był jeszcze dostępny wiarygodny model ruchu, który można by było wykorzystać w analizie i prognozie ruchu. Niemniej jednak można stwierdzić, że mieszkańcy miast systematycznie „uzależniają się” od komunikacji indywidualnej. Wysoki wskaźnik motoryzacji w powiązaniu ze wzrastającymi potrzebami komunikacyjnymi mieszkańców (wzrostem ruchliwości komunikacyjnej) oraz wzrostem zamożności społeczeństwa (posiadanie drugiego lub trzeciego samochodu w rodzinie staje się powszechne [4]), a dodatkowo niska i niedostosowana do potrzeb oferta publicznego transportu zbiorowego skutkują znacznym obciążeniem sieci, potokami samochodów indywidualnych. Takie zachowania komunikacyjne wpływają negatywnie na procesy transportowe oraz warunki ruchu panujące w sieci i coraz częściej odczuwana jest znaczna kongestia, zarówno w kontekście trudnych warunków ruchu drogowego, jak i w wymiarach ekonomicznym, społecznym [6].

3. OBSZAR ANALIZY

Obszar analizy obejmuje ściśle centrum Katowic z odcinkiem drogi krajowej DK79, który w ścisłym centrum przebiega w tunelu pod rondem im. gen. Jerzego Ziętka. Odcinek ten stanowi jedną z dwóch podstawowych arterii komunikacyjnych obszaru w układzie wschód-zachód i wraz z pozostałymi drogami głównymi, obsługującymi ruch na kierunkach wschód-zachód oraz północ-południe przypisany został do jednego z sześciu wyróżnionych korytarzy transportowych. W układzie północ-południe określono korytarze transportowe I-IV, natomiast w układzie wschód-zachód korytarze V-VII, które zaprezentowano na rys. 2.

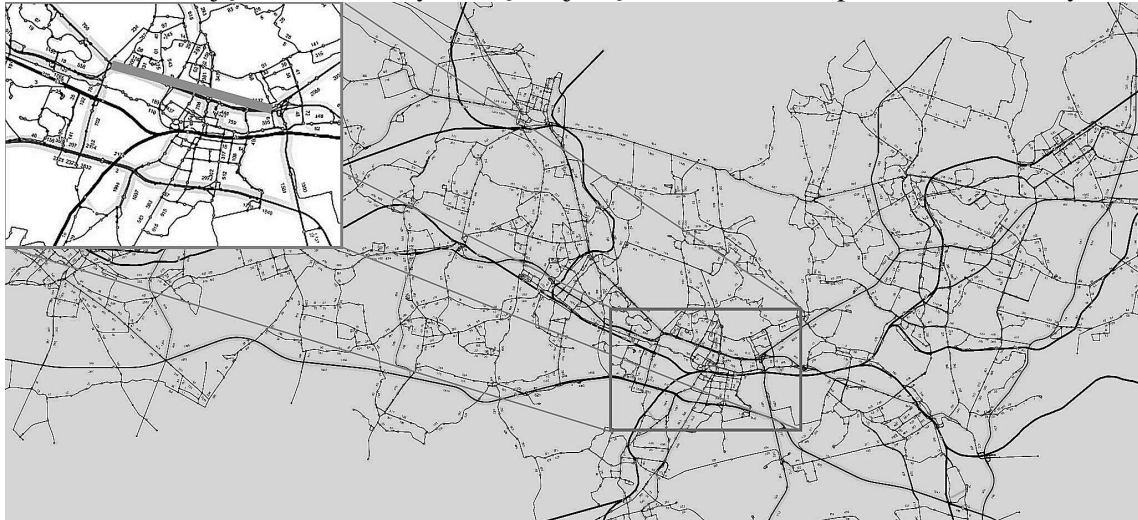


Rys. 1. Korytarze transportowe analizowanego układu drogowego
Fig. 2. Transport corridors at analysed area

Charakterystyka wyszczególnionych korytarzy transportowych:

- I - ciąg ulic: Bocheńskiego – Bracka – Żłota w Katowicach (Katowice-Chorzów),
- II - ulice: Mikołowska – Sokolska w Katowicach (Mikołów-Katowice),
- III - ulice: Kościuszki – Warszawska – Korfańskiego w Katowicach (Mikołów-Katowice),
- IV - droga krajowa nr1 (Cieszyn – Gdańsk),
- V - ciąg ulic: Chorzowska – Roździeńskiego w Katowicach (Katowice-Sosnowiec),
- VI - ulice: Warszawska – 1 Maja w Katowicach (Katowice-Sosnowiec) ,
- VII - autostrada A4 (Kraków – Wrocław).

Lokalizację obszaru analizy w większej części sieci Katowic przedstawiono na rys 3.



Rys. 2. Obszar analizy – ważniejsze potoki ruchu w transporcie drogowym oraz badany odcinek jako „wąskie gardło” sieci drogowej w konurbacji
Fig. 3. Analysed area – main road traffic stream and the bottleneck of the road network

Korytarz V to badany odcinek drogi krajowej 79, przebiegający przez śródmieście Katowic w ciągu ulic Chorzowska – Roździeńskiego, przyjęto jako najważniejsze „wąskie gardło” obszaru analizy i przyległego otoczenia. Zdarzenia drogowe występujące na nim powodowały

całkowity paraliż komunikacyjny miasta, który trwał kilka godzin [24,26], a zasięg całkowitego zatrzymania ruchu wynosił (w niektórych przypadkach) 3500 [m].

W przypadku zdarzenia drogowego (które zazwyczaj ma charakter losowy) funkcje ruchowe korytarza V może przejąć droga w korytarzu VII, jest to jednak droga o ograniczonej dostępności dla ruchu lokalnego (miejskiego). Dodatkowo korzystanie z pozostałych dróg łączących te korytarze może być znacznie utrudnione ze względu na ich duże obciążenie, nawet w warunkach normalnych. Droga w korytarzu VI jako droga w bezpośrednim sąsiedztwie korytarza V przeciążona zostaje ruchem jako pierwsza. Wynika to z małej liczby dróg o niewielkiej długości łączących te korytarze (3 w obszarze analizy). Ponadto, droga S86 na odcinku od Sosnowca do zbiegu korytarzy IV i V (rys. 2) jest co roku systematycznie remontowana z uwagi zły stan nawierzchni i wiaduktów. Powoduje to często liczne zakłócenia w ruchu związane z zamknięciami pasów lub jezdni.

4. PODSTAWOWE ZAŁOŻENIA ANALIZY

Zachowania komunikacyjne mieszkańców konurbacji wykazują okresowe zmiany:

- związane z wyborem środka transportu – nadal przeważa komunikacja zbiorowa, jednak rokrocznie obserwuje się tendencje zmiany proporcji udziałów środków transportu na rzecz komunikacji indywidualnej, co powoduje nasilenie się kongestii,
- w wyborze trasy przejazdu związanej z celem podróży – w wyniku zmian generatorów ruchu (zmiany lokalizacji i potencjałów ruchu szkół, zakładów pracy, punktów usługowych),
- w wyborze trasy przejazdu związanej z modernizacją i rozbudową sieci drogowej, a co za tym idzie wyborem alternatywnych tras przejazdu.

W latach 2006-2009, w analizowanym obszarze, szczególnie wybór trasy przejazdu (rozkład potoków ruchu) w istotnym stopniu wpływał na warunki ruchu w sieci. Wiązało się to między innymi z pracami modernizacyjnymi na jednym z największych węzłów drogowych w Polsce – węzeł ul. Murckowska. Problem kilkuletniej modernizacji tego węzła jest związany z przedmiotową tematyką ze względu na jej wpływ na rozkład potoków ruchu w całej sieci.

Charakterystyki ruchu w głównych arteriach transportowych należy zdefiniować, dla warunków równowagi, które są formułowane na wiele sposobów [22], m.in. jako agregaty odpowiednich charakterystyk na skrzyżowaniach. Wynika z tego, że oczekiwane opóźnienie pojazdu i -tego potoku ruchu jest sumą, oczekiwanych opóźnień w skrzyżowaniach elementarnych [16]:

$$w_i(q_1, q_2, \dots, q_i, \dots, q_n) = \sum_{j=1}^i w_i^{(j)}(q_1, q_2, \dots, q_i, \dots, q_n),$$

gdzie:

- w_i - oczekiwanie opóźnienie i – potoku ruchu,
- w^j - oczekiwanie opóźnienie w j -tym skrzyżowaniu elementarnym,
- q_i - natężenie i -tego potoku ruchu w poszczególnych skrzyżowaniach elementarnych.

Optymalizacja ruchu w pojedynczym węźle determinuje opóźnienia globalnie w całej sieci. Efektywne wykorzystanie skrzyżowania w danym potoku ruchu (zgodnie z teorią płynności ruchu) zależy od pozostałych potoków ruchu. Jest to więc organizacja ruchu doskonalona w sposób ewolucyjny przez doskonalenie poprzednich wariantów organizacji ruchu [22]. W związku z powyższym, w artykule postawiono tezę, że układ drogowy analizowanego obszaru jest tak efektywny, jak jego najbardziej obciążona arteria, a więc analizowany w przedmiotowej pracy odcinek drogi w tunelu pod rondem. Jest to typowe

kryterium, związane z wyborem „wąskiego gardła” w sieci. Opóźnienia w i-tym potoku ruchu (generowane na tym odcinku sieci) są składowymi opóźnień pojawiających się w innych węzłach sieci (również w analizowanym obszarze) – powstaje propagacja zaburzeń ruchu na całej sieci drogowej śródmieścia Katowic.

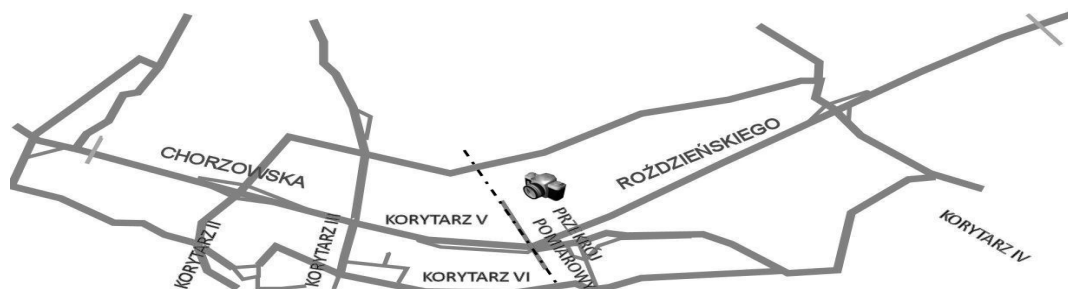
Ocena warunków ruchu powinna obejmować możliwie długi okres. Coraz częściej warunki ruchu określane są wspólnym mianem: kongestią. Zjawisko kongestii ruchu definiowali w swoich pracach: Troutbeck (2002), Cassidy i Ahn (2005), Lebacque (1996), Jin i Zhang (2003) [1]. Kongestia występuje głównie na skutek wyczerpania się przepustowości technicznej skrzyżowania – węzła krytycznego. Powoduje to występowanie tzw. fali zaburzeń w sieci drogowej, przyległej do węzła krytycznego i kongestii wtórnej w innych węzłach i na odcinkach międzywęzłowych. Obszar zakłócenia zależy od długości dróg średnicowych łączących węzły i rodzaju regulacji ruchu (sterowania ruchem), zastosowanej w analizowanej sieci.

Dla oceny warunków ruchu należy określić następujące charakterystyki ruchu:

- natężenie ruchu –zarówno dla godzin szczytu porannego, jak i popołudniowego (ewentualnie tylko porannego); w przypadku sieci objętej kongestią, gdzie rozkład dobowy natężenia ruchu zbliża się do jednorodnego wskazane jest wykonywanie pomiarów natężenia w godz. 6.00-22.00,
- średnie straty czasu,
- średni odstęp czasu między pojazdami,
- profil natężenia ruchu (zmienność ruchu),
- rozkład natężenia ruchu: godzinowy, dobowy, tygodniowy, miesięczny,
- rozkład strumieni zgłoszeń,
- rozkład kierunkowy w węzłach analizowanego odcinka [2].

5. BADANIA I ANALIZA WARUNKÓW RUCHU

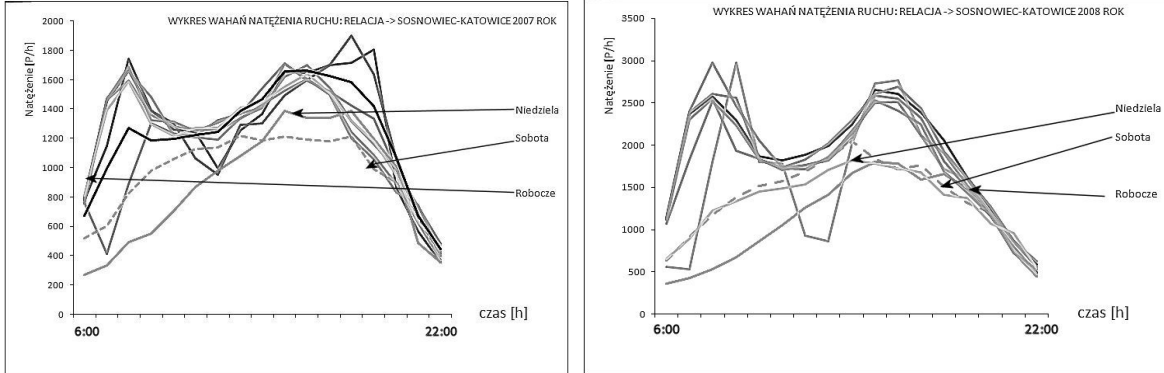
Pomiary natężenia ruchu, przeprowadzone w godzinach od 06.00 do 22.00 w przekroju pomiarowym, pokazanym na rys. 4 obejmowały oba analizowane kierunki ruchu: Sosnowiec – Katowice i Katowice – Sosnowiec. Wyniki pomiarów prezentowane są w interwałach jedno godzinnych z uwagi na jednorodność natężenia ruchu pojazdów zarówno w okresie godzin szczytu, jak i w okresach kilkugodzinnych w dobie. Zaobserwowano również jednorodność ruchu w tygodniu. Wyniki zestawiono dla dwóch okresów lat 2007 i 2008: 28-31 marca oraz 01-05 kwietnia – w postaci dwóch ciągów chronologicznych od 28 marca do 5 kwietnia, dzień po dniu – badano zatem zmienność w wybranych latach na przestrzeni 9 kolejnych dni kalendarzowych. W obydwu przypadkach uwzględniono ruch weekendowy. Badania wykonano zgodnie z ogólnie przyjętą metodyką [20].



Rys. 3. Przekrój pomiarowy na analizowanym korytarzu transportowym

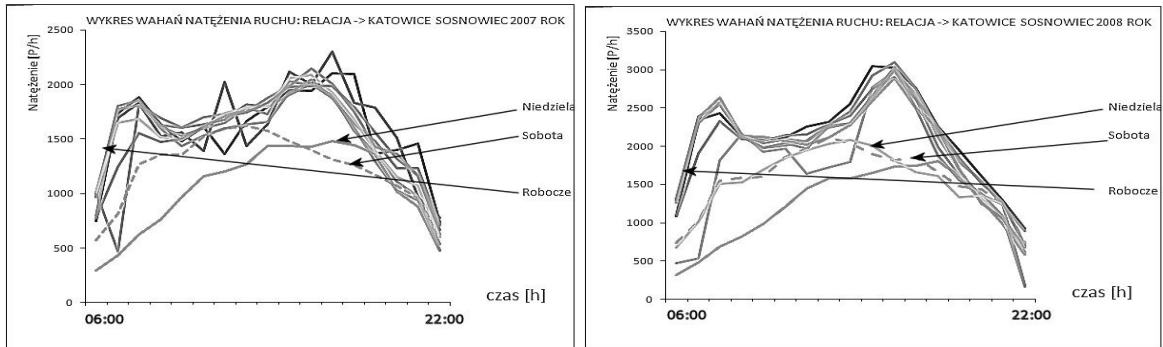
Fig. 4. Measuring point at the corridor

Na rys. 5 przedstawiono okresowewahania natężenia ruchu dla relacji Sosnowiec – Katowice w 2007 roku (rys. 5a) i w 2008 roku (rys. 5b), a na rys. 6 dla kierunku przeciwnego. Średnią dla całego okresu pomiarowego oznaczoną linią ciągłą w kolorze czarnym. Niedziele oznaczono linią ciągłą w kolorze czerwonym, sobotę linią przerywaną w kolorze czerwonym. Dni tygodnia (robocze) przedstawiono kolorowymi liniami ciągłymi.



Rys. 4. Wykres wahań natężenia ruchu dla relacji Sosnowiec – Katowice
a) 2007 rok, b) 2008 rok

Fig. 5. Diagram of traffic volume fluctuation at Sosnowiec – Katowice direction
a) 2007 year, b) 2008 year

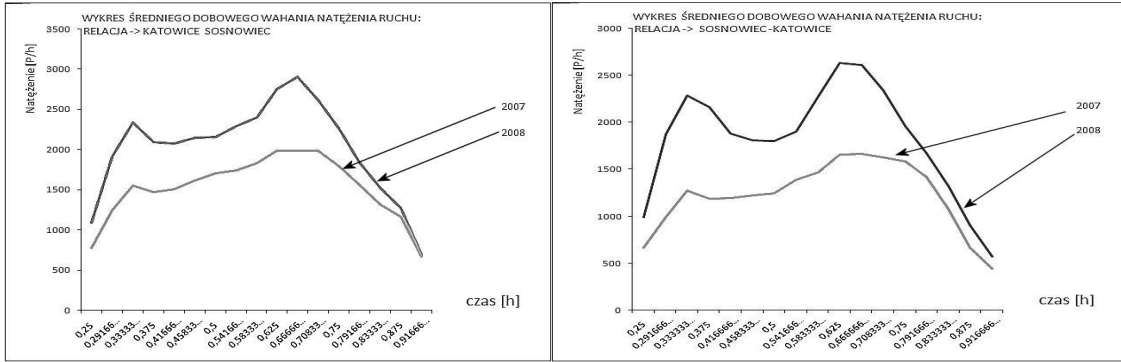


Rys. 5. Wykres wahań natężenia ruchu dla relacji Katowice – Sosnowiec
a) 2007 rok, b) 2008 rok

Fig. 6. Diagram of traffic volume fluctuation at Katowice – Sosnowiec direction
a) 2007 year, b) 2008 year

Wykresy przedstawiają typowy obraz ruchu na drogach miejskich z charakterystycznymi dwoma wyraźnie wydłużonymi szczytami: przedpołudniowym (6.00-10.00) i popołudniowym (12.00-19.00) o zbliżonych wartościach natężenia ruchu. Zauważalny jest znaczny wzrost poziomu natężenia ruchu w analizowanym przekroju, w ciągu jednego roku o kilkadziesiąt procent oraz duży poziom natężenia ruchu w dni świąteczne.

Na rys. 7 przedstawiono wahania natężenia ruchu w obydwu relacjach porównując poziomy wahań natężenia w latach analizy. Relację Katowice – Sosnowiec zaprezentowano na rys. 7a, natomiast na rys. 7b relację Sosnowiec – Katowice.



Rys. 6. Porównanie średnich wahań natężenia ruchu:

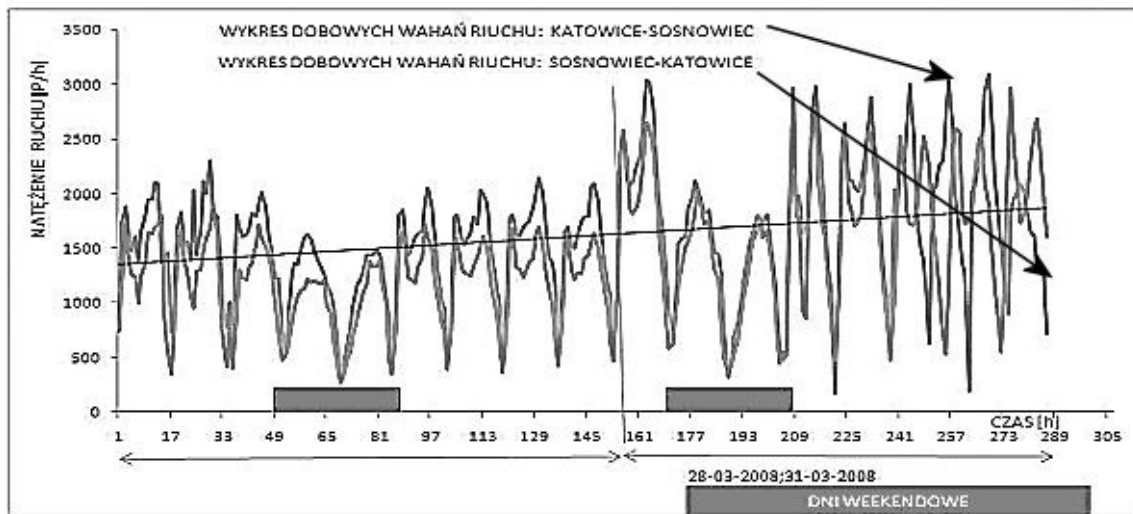
- a) Katowice – Sosnowiec
- b) Sosnowiec – Katowice

Fig. 7. Comparison of fluctuation of average traffic road volume:

- a) Katowice – Sosnowiec
- b) Sosnowiec – Katowice

Zaobserwowany wzrost natężenia ruchu w okresie 2007-2008 (rys. 7) waha się od kilkunastu do kilkudziesięciu procent, w zależności od pory dnia. Stan ten można wiązać ze wzrostem wskaźnika motoryzacji (ok. 7%). Ponadto w 2007 roku udostępniono tunel pod rondem do użytku publicznego po raz pierwszy a dopiero potem w 2008 roku ustabilizował się na nim poziom ruchu.

Na rysunku 8 przedstawiono wykresy wahań natężenia ruchu w obydwu relacjach porównując poziomy wahań natężenia w kolejnych dniach pomiarowych.



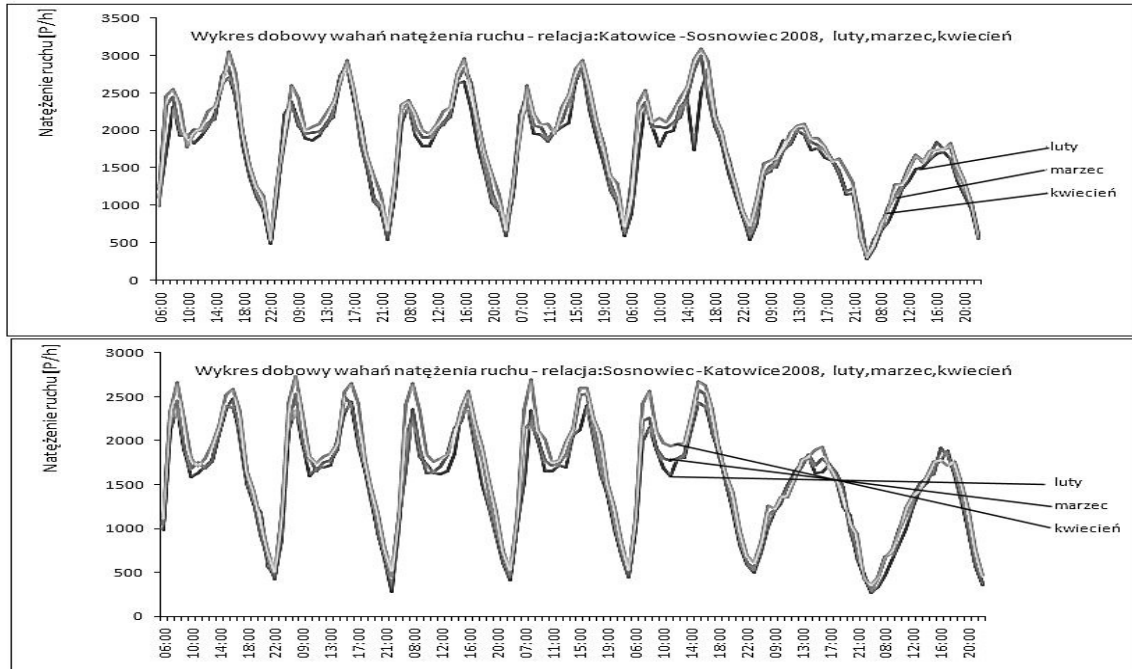
Rys. 7. Wykres dobowych wahań natężenia ruchu na obu relacjach

Fig. 8. Twenty four hours fluctuation of traffic road on both roads

Przedstawione charakterystyki dotyczą porównania zmienności warunków ruchu w dwóch następujących po sobie latach. Następnie porównano zmienność warunków ruchu na przestrzeni wybranego roku. Do pomiarów wybrano 2008 rok. Wybór podyktowany został

tym, że analizowany przekrój drogowy został istotnie zmodernizowany przed 2007 rokiem. W związku z tym, charakterystyki sporządzone przed 2008 rokiem mogą nie odzwierciedlać istniejących obecnie preferencji komunikacyjnych użytkowników tej drogi. Do analizy przyjęto dane z kolejnego, pełnego tygodnia kalendarzowego, rozpoczynanego w danym miesiącu. Analizie poddano miesiące luty – kwiecień (miesiące miarodajne dla analizy ruchu [26]).

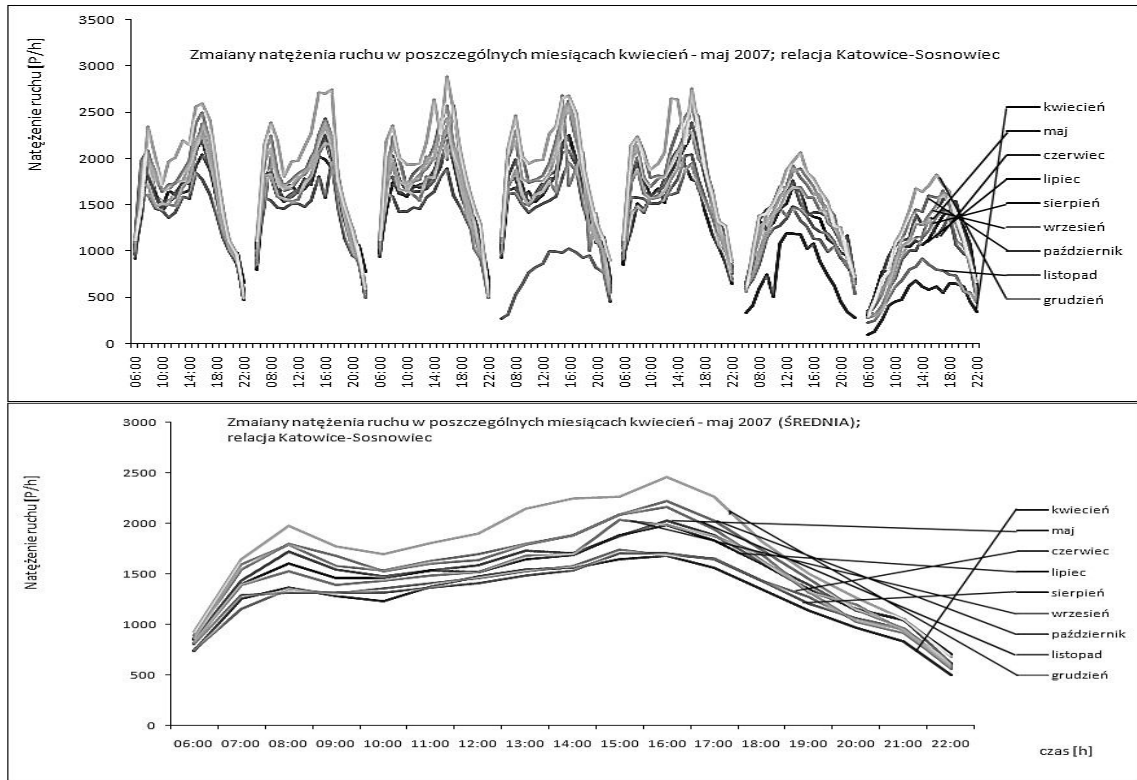
Na rysunku 9 zaprezentowano dobowy rozkład natężeń ruchu w 2008 roku dla obu kierunków. Również i w tym przypadku nie zaobserwowano wyraźnych zakłóceń.



Rys. 8. Dobowy rozkład natężenia ruchu w 2008 roku – porównanie dwóch kierunków

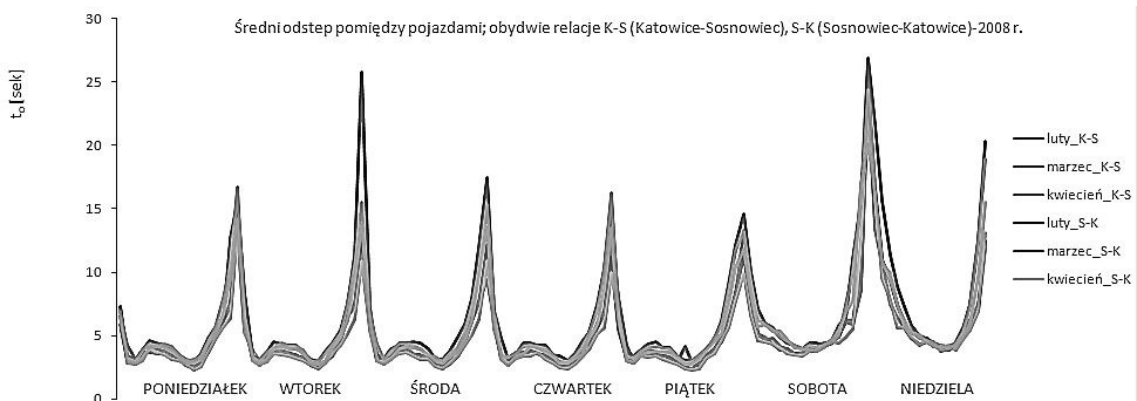
Fig. 9. Twenty four hours diagram of fluctuation of traffic road on both roads at 2008 year

W związku ze zmianami w analizowanym układzie drogowym w latach 2004-2007 (m.in. w wyniku wybudowania tunelu) przeprowadzono również podobną analizę wahań natężenia ruchu, jak dla 2008 roku. Porównano każdy pierwszy tydzień miesiąca. Z uwagi na proporcjonalne obciążenie relacji porównanie wykonano tylko dla relacji Katowice – Sosnowiec. Profile natężenia ruchu (rys. 10) w okresie 9 miesięcy nie wykazują istotnych różnic w stosunku do 2008 roku poza jednym przypadkiem. Dla jednego dnia (07-06-2007) wystąpiło istotne odchylenie w stosunku do średniej. Błąd ten może wynikać z niepoprawnych danych.



Rys. 9. Wykres dobowych wahań natężenia ruchu – porównanie w 2007 roku od kwietnia do grudnia
 Fig. 10. Twenty four hours diagram of fluctuation of traffic road , 2007 year (from april to december)

Na rys. 11 zaprezentowano wartość średniego odstępu czasu między pojazdami w obu kierunkach.



Rys. 10. Wartość średniego odstępu pomiędzy pojazdami w obu kierunkach – porównanie z 2008 roku
 Fig. 11. Value of average delay among vehicles in the both directions – comparison data from 2008 year

Wartość średniego odstępu czasu między pojazdami obliczono z zależności:

$$t_0 = \frac{3600}{Q_n} [s],$$

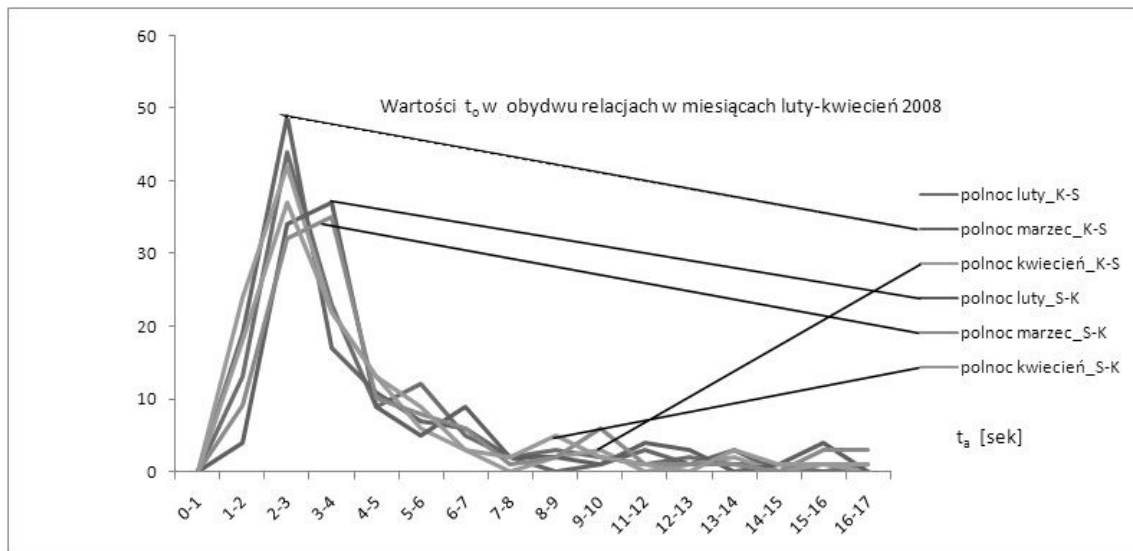
gdzie:

Q_n – natężenie ruchu [P/h],

t_o – średni odstęp czasu między pojazdami [s].

Charakterystyka zaprezentowana na rys. 11 wskazuje jednorodność ruchu, panującą od początku szczytu porannego do końca szczytu popołudniowego. Średni odstęp między pojazdami od godziny 6.00 do 18.00 (w analizowanym przekroju) to 4,59 [s]. Odchylenie standardowe wynosi 2,96 [s]. Średnia dla całej doby wynosi 5,46 [s] z odchyleniem standardowym 58,18 [s]. Wartości te wskazują jednorodność ruchu w okresie 6.00 – 18.00. Na rys. 11 zwraca uwagę fakt utrzymywania się stałych wartości odstępów czasu zarówno dla dni roboczych jak i świątecznych. Ponadto, zwrócić należy uwagę na jednorodny charakter ruchu na przestrzeni analizowanego okresu w obydwu kierunkach (także w odniesieniu do poszczególnych miesięcy).

Na rys. 12 zaprezentowano rozkład odstępów pomiędzy pojazdami w analizowanym przekroju, w okresie od lutego do kwietnia 2008 roku.



Rys. 11. Rozkład odstępów pomiędzy pojazdami w analizowanym przekroju w okresie od lutego do kwietnia 2008 roku

Fig. 12. Distributions of average delay among vehicles in section, 2008 year, from February to april

Za pomocą pakietów statystycznych Statistica i Statgraphics Centurion XVI wykonano weryfikację hipotez statystycznych, dotyczących rozkładu odstępów czasu pomiędzy pojazdami. Otrzymane wyniki dla obu kierunków ruchu wskazują na rozkład logarytmiczno-normalny, Gamma i Weibulla.

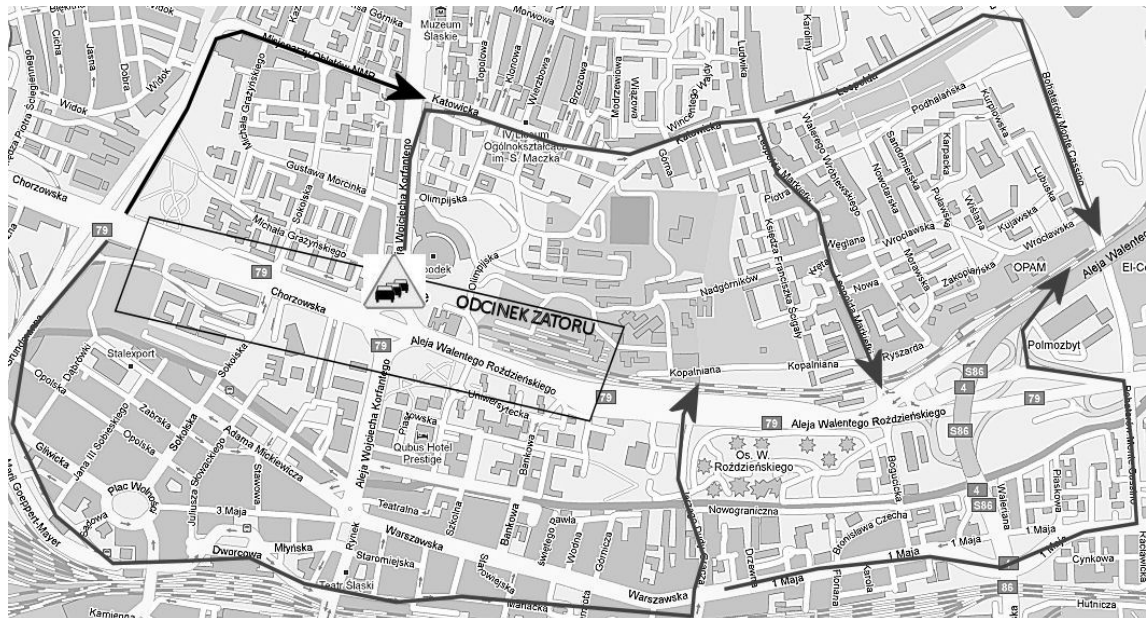
6. OCENA SYTUACJI RUCHOWEJ PODCZAS NIEPLANOWANYCH ZAMKNIĘĆ TUNELU

Analiza warunków ruchu w obszarze odcinka z tunelem nie wykazała istotnych odstępstw od przeciętnych warunków ruchu w sieciach z kongestią. Zdarzenia drogowe, powodujące zamykanie tunelu powodowane są prawdopodobnie (w głównym stopniu) przez czynnik ludzki. W związku z tym, przyjmując je jako zdarzenia losowe w dalszej części

artykułu wskazano propozycje usprawnienia ruchu w sytuacjach spowodowanych takimi zamknięciami tunelu.

Zaproponowano następujące środki poprawy warunków ruchu i zapobiegania zdarzeniom drogowym w tunelu (w nawiasie podano liczbę pojedynczą zakresu prac):

- usprawnienie likwidacji zdarzeń drogowych w tunelu (zakres I),
- identyfikacja i eliminacja przyczyn zdarzeń drogowych w tunelu (zakres II),
- wyznaczenie objazdów (rys. 13) - zakres III,
- separacje zakłóceń z jednego potoku na drugi w trakcie zatoru (zakres IV),
- skoordynowanie działań w zakresach I-II (zakres V).



Rys. 12. Możliwe objazdy drogowe w przypadku zatrzymania ruchu w tunelu
Fig. 13. Possible road circuits in case of stop of traffic road in tunnel

Usprawnienie likwidacji zdarzeń drogowych w tunelu jest zadaniem służby utrzymania tego obiektu. W likwidacji zdarzeń drogowych uczestniczą zazwyczaj trzy i więcej służb z opracowanymi i sprawnie działającymi procedurami ratunkowymi (ratownictwo medyczne, policja, straż pożarna i inne). W tym zakresie można jedynie zoptymalizować czasy obsługi zdarzeń drogowych, które zachodzą w tunelu, głównie czasy dojazdu odpowiednich służb.

Powstawanie zatorów podczas losowego zamknięcia tunelu, ze względu na ich szybkie powstawanie, duży zasięg i długi czas rozładowania jest zasadniczym problemem, jaki dotyka znaczną część centralnego obszaru sieci transportowej analizowanej konurbacji. Na rys. 13 przedstawiono w schematyczny sposób analizowany układ drogowy. Liniami, w różnych odcieniach szarości, oznaczono alternatywne trasy objazdu w przypadku zamknięcia ruchu w tunelu. Dla wyznaczenia trasy objazdu istnieją zasadniczo dwa przebiegi, północny (ul. Katowicką i Leopolda) i południowy (przez centrum Katowic) ulicą Warszawską i dalej. Dla każdej z nich występuje kilka wariantów – w zależności od wyboru trasy w sieci. Problem związany z wyznaczeniem objazdów na czas zamknięcia tunelu związany jest z faktem, że w godzinach szczytu musi nastąpić przeniesienie bardzo dużego natężenia ruchu na i tak już przeciążony układ drogowy śródmieścia Katowic. Zakładając podzielenie tej „nadwyżki” na trasę objazdu północnego i południowego układ drogowy śródmieścia Katowic zostanie

przeciążony przez dodatkowe circa 1500 do 2000 [P/h]. Oznaczałoby to konieczność zbudowania na trasach objazdów dodatkowego pasa ruchu, aby zachować zadowalający poziom warunków ruchu. Jednak budowa dodatkowego pasa ruchu będzie zadaniem trudnym, a raczej niemożliwym ze względu na brak miejsca w przestrzeni śródmieścia Katowic. Rozważenia wymaga również konieczność przeniesienia pojazdów z relacji Sosnowiec – Katowice na inne drogi w centrum Katowic. Problem ten dotyczy około 3000 [P/h]. W tym przypadku istnieje jednak możliwość skierowania potoków pojazdów na drogi w korytarzach IV i VII.

7. PODSUMOWANIE

Zintegrowany obszarowy system zarządzania ruchem wydaje się być właściwym rozwiązaniem dla zmniejszenia skutków zamknięcia tunelu przez odpowiednią organizację objazdów, jak również odpowiednio wcześniejsze ich wskazanie kierowcom. Wskazanie objazdów o szerszym zasięgu, np. odpowiednio wcześniej już w Sosnowcu, umożliwi bardziej równomierne obciążenie pozostałych odcinków sieci. Ponadto, taki system mógłby jednocześnie wyeliminować inne problemy ruchu drogowego, występujące przede wszystkim w śródmieściu Katowic, np. uprzywilejowanie ruchu autobusów komunikacji miejskiej.

Bibliografia

1. Cassidy M.J., Ahn S.: Driver turn-taking behavior in congested freeway merges. *Transpn Res. Rec.* 1934, 2005, p. 140-147.
2. Chodur J.: Funkcjonowanie skrzyżowań drogowych w warunkach zmienności ruchu, monografia. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Monografia, nr 347, s. Inżynieria Lądowa, Kraków 2007.
3. Datka St., Suchorzewski W., Tracz M.: Inżynieria ruchu. WKiŁ, Warszawa 1999.
4. Dudenhöffer F.: Die Langfrist-Entwicklung des Automobilmarkts in Deutschland. *Internationales Verkehrswesen.* 2004, nr 4, s. 134-138.
5. Gaca S., Suchorzewski W., Tracz M.: Inżynieria ruchu drogowego. Teoria i praktyka. WKiŁ, Warszawa 2008.
6. Janecki R., Starowicz W.: Zachow. komunikacyjne mieszkańców Katowic i Siemianowic Śl. i ich skutki. *Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów*, 2000, Vol. 34, nr 4, s. 156 - 161.
7. Karoń G., Macioszek E., Sobota A.: Selected problems of transport Network model ling of Upper-silesian Agglomeration (In Poland), Vilnius Technika VGTU, Vilnius 2009.
8. Kompleksowe Badania Ruchu w Katowicach i Siemianowicach Śląskich. *Zeszyty Naukowo-Techniczne Oddziału Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji w Krakowie.* z. 73, Kraków 1999.
9. Leszczyński J.: Modelowanie systemów i procesów transportowych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1999.
10. Niebieska księga dla sektora transport publicznego. Jaspers, Warszawa grudzień 2008.
11. Niebieska księga dla sektora infrastruktury drogowej i transportu indywidualnego, *Niebieska Księga dla infrastruktury drogowej*”, Warszawa 2008 r.
12. Nisbet R., Miner G., Elder IV E.: *Handbook of Statistical Analysis and Data Mining Applications*, Elsevier Science & Technology Books, 2009.
13. Praca zbiorowa: BPRW S.A. – „Studium systemu komunikacyjnego dla miasta Łodzi”, Łódź 2004.

14. Raport DGA, Program inwestycyjny rozwoju trakcji szynowej na lata 2008-2013, analiza popytu, Sopot 2008.
15. Raport E&Y, Diagnoza stanu systemu transportowego oraz Plan rozwoju transportu zbiorowego w obszarze działania KZK GOP Katowice – Warszawa 2007.
16. Stanisław A.: Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL, na przykładach z medycyny. Tom 1. Statystyki podstawowe, StatSoft Polska, Kraków 2006.
17. Stanisław A.: Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL, na przykładach z medycyny. Tom 2. Modele liniowe i nieliniowe, StatSoft Polska, Karków 2007.
18. Stanisław A.: Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL, na przykładach z medycyny. Tom 3. Analizy wielowymiarowe, StatSoft Polska, Kraków 2007.
19. Statgraphics Centurion XVI; www.statgraphics.com (odsłona 05-12-2009).
20. Tracz M.: Pomiary i badania ruchu drogowego, WKiŁ, Warszawa 1984.
21. Warszawskie badanie ruchu 2005, BPRW S.A., Warszawa 2005.
22. Woch J.: Kształtowanie płynności ruchu w gęstych sieciach transportowych. PAN o/Katowice. Wyd. Szumacher, Kielce 1998.

Witryny internetowe:

23. <http://www.stat.gov.pl> (odsłona: 04-12-2009)
24. <http://katowice.naszemiasto.pl/wydarzenia/849903.html>
25. <http://www.krakow.pl/gospodarka/raport-2004/transport.pdf>
26. <http://moto.wp.pl/kat,1342,title,Olbrzymie-korki-po-wypadku-w-tunelu,wid,11568997,wiadomosc.html?ticaid=1938e>

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Romuald Szopa

Praca wykonana w ramach BK-296/RT5/2009