

**RAMOWA KONCEPCJA KONTYNUACJI
ROZWOJU ZINTEGROWANEGO SYSTEMU
ZARZĄDZANIA RUCHEM (ZSZR)
W WARSZAWIE**

Wersja 1.1

Opracowanie wykonane na zlecenie m.st. Warszawy

Warszawa, grudzień 2009

Wykonawcy tematu

Suchorzewski Consulting
Transplan Consulting
OpenSky Systems and Services, Sp. z o.o.

Zespół autorski

- Małgorzata Barańska
- Mariusz Kaczmarek
- Andrzej Kobuszewski
- Krzysztof Modelewski
- Piotr Olszewski
- Wojciech Suchorzewski

Konsultacje:

- Marek Buda
- Stanisław Gaca

Spis treści

Streszczenie.....	5
1. Wstęp.....	9
1.1. Zakres opracowania.....	9
1.2. Dotychczasowe prace nad koncepcją systemu.....	10
2. Ocena techniczno-funkcjonalna zbudowanego dotychczas Systemu oraz inwentaryzacja sterowania sygnalizacją w Warszawie	15
2.1 Opis istniejącego Systemu	15
2.2 Zakres funkcjonalny Systemu w świetle planów i ustaleń.....	18
2.3 Ocena istniejącego Systemu.....	20
2.4 Inwentaryzacja systemu sterowania sygnalizacją poza obszarem ZSZR.....	22
3. Ocena aktualności Studium Wykonalności wykonanego w 2004 r.	25
3.1. Zakres Studium	25
3.2. Aktualność Studium Wykonalności opracowanego w 2004 roku.	27
3.3 Wnioski	30
4. Ocena propozycji rozbudowy Systemu przedłożonych przez specjalistyczne firmy	33
4.1 Przedmiot oceny	33
4.2 Propozycja firmy Peek Traffic	33
4.3 Propozycja firmy ADT Fire and Security	34
4.4 Propozycja firmy Siemens	35
4.5 Porównanie propozycji i wnioski.....	37
5. Wieloaspektowa analiza możliwości rozwoju Systemu.....	39
5.1 Aspekt jednorodności (unifikacji).....	39
5.2 Aspekt otwartości – architektura systemu.....	40
5.3 Aspekt integracji funkcjonalnej	42
5.4 Aspekt realizacyjny (wykonawczy)	44
5.5 Aspekt bezpieczeństwa	45
5.5.1 System Zarządzania Bezpieczeństwem Informacji.....	45
5.5.2 System łączności	47
5.6 Aspekt efektywności	50
5.7 Podsumowanie analizy	51
6. Wariantowe koncepcje rozwoju systemu	54

6.1	Uwarunkowania tworzenia koncepcji	54
6.2	Funkcje i struktura systemu	56
6.3	Warianty rozwoju.....	58
6.3.1	Wstęp.....	58
6.3.2	Wariant I.....	59
6.3.3	Wariant II	62
6.3.4	Analiza porównawcza	64
6.4	Zadania z podziałem na etapy realizacji	64
6.5	Koszty	65
6.6	Czynniki ryzyka	67
6.7	Inne.....	68
6.7.1	Organizacja zarządzania ruchem.....	68
6.7.2	Koordinacja zarządzania ruchem	73
6.7.3	Podstawy prawne.....	74
	Wykaz opracowań wykorzystanych przez autorów	76

Załącznik 1. Mapa sterowników w Warszawie

Załącznik 2. Mapa planowanych inwestycji drogowych

Załącznik 3. Wykaz skrzyżowań objętych systemem w etapie 1.

Załącznik 4. Zakres analizowanych w opracowaniu skrzyżowań

Spis tabel

Tabela 2.1. Zakres funkcjonalny Zintegrowanego systemu Zarządzania Ruchem.....	19
Tabela 2.2 Inwentaryzacja skrzyżowań z sygnalizacją na terenie m.st. Warszawy.....	23
Tabela 3.1. Średni czas przejazdu tramwaju w ciągu Al. Jerozolimskich	30
Tabela 4.1 Porównanie propozycji trzech firm	37
Tabela 5.1 Porównanie wariantów struktury Systemu.....	39
Tabela 5.2. Przykładowe możliwości implementacji nowych funkcjonalności.....	44
Tabela 5.3 Podsumowanie analizy wieloaspektowej	53
Tabela 6.1 Warianty rozwoju ZSZR	64
Tabela 6.2 Zestawienie kosztów inwestycji.....	66
Tablica 6.3. Poziom zatrudnienia w Centrum ZR – przykład WWDK.....	72

Spis rysunków

Rys. 1.1. Zakres terytorialny pierwszego etapu budowy Zintegrowanego Systemu Zarządzania Ruchem w Warszawie.....	13
Rys. 1.2. Zintegrowany System Zarządzania Ruchem w Warszawie – etap I, Obszar I	14
Rys. 2.1 Strona Internetowa ZSZR (http://zszr.zdm.waw.pl)	18
Rys. 2.2 Rozmieszczenie skrzyżowań z sygnalizacją w centralnej części miasta	24
Rys. 5.1 Istniejąca architektura ZSZR	41
Rys. 5.2. Warianty dołączenia nowego podsystemu	42
Rys. 5.3 Podłączenie urządzeń z wykorzystaniem wydzielonego medium światłowodowego	48
Rys. 5.4 Sposób wykorzystania alternatywnych systemów łączności	49
Rys. 6.1 Docelowa struktura funkcjonalna ZSZR.....	57
Rys. 6.2 Inne metody informowania podróżnych o warunkach ruchu.....	58
Rys.6.3. Wariant I	61
Rys. 6.4. Wariant II	63
Rys. 6.5 Sieć dróg krajowych objętych zakresem działania systemu zarządzania ruchem GDDKiA w 2012 roku, propozycja projektu Connect.....	73

Streszczenie

Zakres opracowania wykonanego na zlecenie z m.st. Warszawy obejmuje następujące zadania: (i) ocena techniczno-funkcjonalna zrealizowanego I etapu Zintegrowanego Systemu Zarządzania Ruchem (ZSZR); (ii) ocena wykonanego w 2004 r., Studium Wykonalności dla ZSZR pod względem jego aktualności oraz przydatności do określenia kierunków dalszego rozwoju Systemu; (iii) wieloaspektowa analiza możliwości rozwoju Systemu; (iv) ocena propozycji realizacji następnych etapów budowy Systemu przedłożonych przez specjalistyczne firmy; (v) wariantowe koncepcje rozwoju systemu.

Analiza funkcji i efektywności uruchomionego w listopadzie 2008 Systemu była podstawą wniosku, że zainicjowano tworzenie nowoczesnego, w pełni funkcjonalnego systemu zarządzania ruchem w mieście. Jednakże w obecnej chwili stanowi on jedynie załączek takiego systemu. Realizowana jest tylko część funkcji, składających się na dynamiczne zarządzanie ruchem (zarządzanie ruchem w czasie rzeczywistym). Jako przyczyny zidentyfikowano: (i) mały zasięg terytorialny systemu sterowania (dwa ciągi i jednego wąskiego obszar) nie pozwala na pełne wykorzystanie możliwości optymalizacyjnych algorytmów sterowania; (ii) braki kadrowe (3,5 etatu umożliwia na obsadę operatorską Centrum jedynie w godzinach biurowych w dni powszednie); uniemożliwia to zarządzanie ruchem na bieżąco i szybkie reagowanie na sytuacje nietypowe; (iii) przy obecnych podstawach prawnych ZR podział kompetencji między pomiędzy Centrum a Inżynierem Ruchu utrudnia dynamiczne zarządzanie ruchem; (iv) ograniczona współpraca z policją, strażą pożarną i Centrum Kryzysowym; (v) niewykorzystanie możliwości znaków VMS.

Analiza Studium Wykonalności 2004 wykazała, że: (i) kierunki rozwoju systemu zarządzania ruchem w m.st. Warszawie, założone w tym Studium, były zgodne z założeniami dotyczącymi polityki transportowej miasta, zaktualizowanej w 2009 r.; (ii) zaproponowane funkcje systemu i rozwiązania techniczno-organizacyjne odpowiadają obecnemu stanowi rozwoju systemów ITS z dwoma wyjątkami (brak funkcji krótkoterminowych prognoz ruchu – dla okresu najbliższych 10-15 minut) oraz pominięcie istotnej części funkcji „informowanie użytkowników” przy zastosowaniu różnorodnych środków przekazu; (iii) struktura systemu, zakładająca tworzenie obszarów sterowania i korytarzy, może być uznana za odpowiadającą aktualnym tendencjom; biorąc pod uwagę zmiany, jakie nastąpiły po 2004 roku oraz doświadczenia z realizacji I etapu, wskazana jest jednak szczegółowa analiza podziału miasta

na obszary/korytarze i etapowania; (iv) wyniki analizy efektywności funkcjonalnej i ekonomicznej oraz wskaźniki rezultatu zawarte w Studium 2004 są w znacznym stopniu nieaktualne. W konsekwencji zaproponowano: (i) uznanie Studium 2004 za wystarczającą podstawę do podjęcia strategicznej decyzji o realizacji II etapu rozwoju systemu w najbliższym okresie (np. do roku 2012); (ii) zakres opracowań umożliwiających podjęcie decyzji o przystąpieniu do realizacji dalszych etapów ZSZR oraz wystąpienie o dofinansowanie ze środków UE.

W opracowaniu podsumowano także propozycje rozbudowy Systemu ZSZR przedstawione miastu w ostatnich miesiącach przez firmy: Peek Traffic Sp. z o. o., ADT Fire and Security Sp. z o. o. oraz Siemens Sp. z o. o. Ocena była utrudniona faktem, że są to propozycje nieformalne, a więc każda ma inny zakres i format. W propozycjach każda firma przedstawia jak wyobraża sobie dalszy rozwój systemu Zarządzania Ruchem w mieście.

Rozważono wiele aspektów rozwoju systemu (jednorodność, otwartość, integracja funkcjonalna, efektywność, bezpieczeństwo). Wyniki analizy wskazują na celowość dywersyfikacji systemu pod względem dostawców i metod sterowania.

Podstawą sformułowania wariantów rozwoju Systemu było założenie, że pełnić on będzie następujące funkcje: (i) monitorowanie ruchu i warunków zewnętrznych (np. warunków atmosferycznych); (ii) sterowanie i optymalizacja ruchu; w tym priorytetowe traktowanie pojazdów transportu publicznego; (iii) wykrywanie zdarzeń i zarządzanie zdarzeniami; (iv) krótkoterminowe prognozowanie ruchu na następne 15-30 min; (v) informowanie użytkowników, środków masowego przekazu oraz centrów zarządzania komunikacją publiczną, flotami pojazdów komercyjnych, centrum ratownictwa, itp.; (vi) zarządzanie parkowaniem; (vii) monitoring i kontrola urządzeń zainstalowanych w centrum ZR i zewnętrznych; (viii) gromadzenie danych.

Sformułowano dwa warianty rozwoju systemu: (i) Wariant I – *korytarzowo-obszarowy* - niewielkie obszary w obszarze centralnym (sieć) i system korytarzy; (ii) Wariant II – *obszarowo-korytarzowy* - kilka obszarów o większej powierzchni i krótsze korytarze. Na liście proponowanych korytarzy objętych Systemem znalazły się także trasy obwodnicowe takie jak Trasa Siekierkowska. Wyróżniono dwie kategorie korytarzy: (i) A - korytarze z ciągiem skrzyżowań z sygnalizacją; w tym przypadku główną funkcją Systemu jest optymalizacja sterowania; nie oznacza to rezygnacji z innych funkcji; (ii) B - korytarze z ciągami drogowymi kategorii GP, w których główne funkcje to monitoring, zarządzanie zdarzeniami i informowanie użytkowników. Jako przesłankę dodatkową przyjęto, że jednym

z priorytetów jest konieczność zapewnienia optymalnej funkcjonalności systemu transportu w czasie trwania imprez EURO 2012.

W każdym z wariantów przewidziano wzbogacenie funkcji Centrum ZR o automatyczne wykrywanie zdarzeń i zarządzanie nimi oraz rozbudowę serwisu www tak, aby przedstawiał warunki ruchu na całej sieci drogowej Warszawy. Wymagałoby to instalacji sieci strategicznych stacji pomiarowych oraz wdrożenia modelu ruchu dla całej Warszawy w celu wykonywania krótkoterminowych prognoz ruchu.

Podstawową przesłanką przyjętą przy formułowaniu Wariantu I było dążenie do jak najszybszego objęcia zakresem Systemu elementów systemu obciążonych największym ruchem i zastosowanie w nich zaawansowanych rozwiązań zarządzania ruchem. W I etapie (realizacja do 30 kwietnia 2012 r.) nastąpiłoby włączenie do ZSZR: (i) skrzyżowań zlokalizowanych na obszarze Pragi otaczającym Stadion Narodowy (Obszar P1), w ciągu ul. Żwirki i Wigury oraz Jana Pawła II; (ii) rozszerzenie systemu monitoringu i informowania użytkowników; (iii) wzbogacenie funkcji Systemu, w tym Centrum ZR. W II etapie (w okresie 2013-2020) miałyby miejsce rozszerzanie funkcji Systemu oraz zakresu sieci objętego Systemem przez włączenie do Systemu podsystemów sterowania sygnalizacją świetlną w 11 korytarzach, oraz obszarze III (lewobrzeżne śródmieście) oraz rozszerzanie sieci/ciągów objętych systemem monitoringu i dalsze rozszerzenie funkcji Systemu.

W wariacie II nastąpiłoby dodawanie dużych obszarów przy założeniu włączenia do Systemu wszystkich skrzyżowań z sygnalizacją świetlną zlokalizowanych w danym obszarze. Nie wyklucza to włączenia także korytarzy, jednak z ograniczeniem funkcji Systemu. Ze względu na dużą liczbę skrzyżowań (często drugo- i trzecio-rzędnych) zlokalizowanych w obszarach, rozwiązanie to prowadzi do zwolnienia tempa instalowania zaawansowanych rozwiązań w korytarzach. Działania I etapu realizacji projektu (realizacja do 31 maja 2012 r.) byłyby identyczne, jak w przypadku wariantu I. W II etapie (do roku 2020) nastąpiłoby rozszerzanie funkcji Systemu oraz zakresu sieci objętego Systemem przez włączenie do Systemu podsystemów sterowania sygnalizacją świetlną w 4 Obszarach (lewobrzeżne śródmieście, Żoliborz, Wola, Mokotów) i 11 korytarzach (jednak przy ograniczonym zakresie stosowania zaawansowanych metod zarządzania, np. monitoringu i zarządzania zdarzeniami).

Dla każdego wariantu określono granice obszarów, lokalizację korytarzy, liczbę skrzyżowań objętych systemem i liczbę elementów rozproszonych (detektory, sterowniki, doposażenie pokładowe pojazdów transportu publicznego itp.). Oszacowano także koszty realizacji wariantu, w tym koszty elementów rozproszonych, łączności i rozwoju Centrum ZR.

W sumie, analiza stanu rozwoju ZSZR wykazała, że – dla realizacji celów sformułowanych w Strategii Zrównoważonego Rozwoju Systemu Transportowego Warszawy do 2015 roku i na lata kolejne [3] - niezbędna jest intensyfikacja działań zmierzających do objęcia Systemem znacznie większego obszaru Miasta. Z prac wykonanych w ramach niniejszego opracowania wynikają poniższe wnioski i propozycje: (i) obecnie funkcjonujący System stanowi dobry punkt wyjścia do dalszego rozwoju ZSZR; nie wyklucza to wykorzystania innych, poza zastosowanymi, rozwiązań technologicznych i organizacyjnych; (ii) zastosowanie różnorodnych rozwiązań nie oznacza, że konieczne będzie tworzenie kilku Centrów Zarządzania Ruchem; (iii) z przeanalizowanych dwóch wariantów pokrycia obszaru Warszawy systemem ZSZR jako preferowany proponuje się przyjąć Wariant korytarzowo-obszarowy (WI), zakładający położenie nacisku na objęcie systemem 11 korytarzy (trasy promieniste i obwodowe); nie wyklucza to objęcia systemem wybranych obszarów strefy centralnej; (iv) najpilniejszym zadaniem, warunkującym wdrożenie systemu ZSZR w czasie rzeczywistym jest zintegrowanie działań Miejskiego Inżyniera Ruchu i CZR. Sformułowano kilka wariantów struktury organizacyjnej spełniającej ten warunek; (v) rozwój systemu uzależniony jest od zaangażowania pełnokwalifikowanej kadry pracowników; zaproponowano również utworzenie Pracowni Inżynierii Ruchu; (vi) pożądane jest prowadzenie kampanii informującej o zaletach wynikających z wdrożenia systemu ZSZR.

1. Wstęp

1.1. Zakres opracowania

Podstawą opracowania jest umowa o dzieło nr 0-I-2-5/0-037/09 zawarta dnia 12.10.2009 r. z M.St. Warszawą o wykonanie opracowania pt. „Ramowa koncepcja kontynuacji rozwoju Zintegrowanego Systemu Zarządzania Ruchem”. Zgodnie z umową zakres opracowania obejmuje następujące zadania:

1. Ocena techniczno-funkcjonalna zbudowanego dotychczas Systemu, opisująca zamierzone i osiągnięte rezultaty w świetle ustaleń zawartych w „Strategii zrównoważonego rozwoju systemu transportowego Warszawy do 2015 roku i na lata kolejne”.
2. Ocena wykonanego w 2004 r., przez Instytut Badawczy Dróg i Mostów w Warszawie (IBDiM) Studium Wykonalności dla Zintegrowanego Systemu Zarządzania Ruchem (ZSZR) pod względem aktualności oraz przydatności do określenia kierunków dalszego rozwoju Systemu (dalszych etapów rozbudowy Systemu).
3. Wieloaspektowa analiza możliwości rozwoju Systemu obejmująca:
 - aspekt jednorodności (unifikacji);
 - aspekt otwartości;
 - aspekt integracji funkcjonalnej;
 - aspekt realizacyjny (wykonawczy);
 - aspekt bezpieczeństwa.
4. Ocena propozycji realizacji następnych etapów budowy Systemu przedłożonych przez specjalistyczne firmy.
5. Wariantowe koncepcje rozwoju systemu (minimum 2 warianty rozwoju Systemu) o zakresie obejmującym następujące elementy:
 - funkcje i struktura systemu;
 - spis zadań z podziałem na etapy realizacji;
 - schematyczne plany sytuacyjne z lokalizacją elementów systemu;
 - wstępna wycena na podstawie wskaźników kosztów typowych elementów Systemu (bez uwzględnienia kosztów budowy/przebudowy infrastruktury drogowej);

- wykaz czynników ryzyka.

Zespół autorski pragnie wyrazić podziękowanie dla kierownictwa i pracowników jednostek miejskich (BDiK, ZDM, i in.), za udostępnienie informacji i stworzenie możliwości wymiany poglądów w odniesieniu do kluczowych dylematów. Szczególne podziękowania kieruje pod adresem mgr Piotra Krukowskiego za wsparcie merytoryczne i organizacyjne (pomoc w uzyskaniu informacji od innych podmiotów).

1.2. Dotychczasowe prace nad koncepcją systemu

Modernizacja systemu zarządzania ruchem została uznana za jeden ze środków realizacji polityki transportowej dla Warszawy uchwalonej przez Radę Warszawy w dniu 27 listopada 1995 roku (Załącznik do Uchwały, Cel A, punkt 1).

Koncepcję systemu sprecyzowano w „Studium opłacalności systemu centralnego sterowania ruchem w Warszawie”, wykonanym w 1997 roku na zlecenie Zarządu Dróg Miejskich przez Instytut Dróg i Mostów Politechniki Warszawskiej przy współpracy Wydziału Transportu PW i BPRW. Projekt przewidywał utworzenie i sukcesywne rozwijanie Systemu Centralnego Zarządzania Ruchem (CEZAR) realizującego następujące funkcje:

- centralne sterowanie sygnalizacją (System Centralnego Sterowania Sygnalizacją – SCSS) zainstalowaną na ok. 300 skrzyżowań;
- monitorowanie ruchu na wybranych kluczowych trasach, w tunelach i w newralgicznych punktach miasta w celu wykrywania wypadków i incydentów wymagających interwencji oraz ostrzegania i informowania kierowców przez znaki o zmiennej treści,
- informowanie o sytuacji ruchowej, czasowych ograniczeniach w ruchu, zalecanych objazdach itp. (radio RDS/TMC, internet i in.).

Założono, że system ma uwzględniać priorytety dla pojazdów komunikacji zbiorowej oraz współpracować ściśle z projektowanym równolegle Systemem Zarządzania Ruchem Pojazdów Komunikacji Zbiorowej.

System miał objąć 7 podobszarów sterowania na skrzyżowaniach przy użyciu sygnalizacji świetlnej oraz odcinki arterii, które objęte byłyby nadzorem (Trasa Łazienkowska, Wisłostrada, Trasa Toruńska). W pierwszej kolejności uruchomiony miał być w rejonach pilotażowych: fragment Mokotowa i Trasy Łazienkowskiej. W następnej kolejności system CEZAR objąłby najbardziej newralgiczny rejon Warszawy, - Śródmieście, z dalszymi

promienistymi arteriami łączącymi Centrum z pozostałymi podobszarami. Zakończenie realizacji systemu zaplanowano na 2005 rok.

Pracą systemu zarządzać miało Centrum Zarządzania Ruchem, w którym, poza stanowiskiem operatora systemu znajdować się miały stanowiska „oficerów łącznikowych” ZTM, policji, straży pożarnej, Inżyniera Technicznego Miasta i mediów.

Koszt realizacji systemu oszacowano na 60 mln zł (bez VAT, ceny z 1996 r.). Roczne koszty utrzymania oszacowano na ok. 1,3 mln zł.

W analizie efektywności uwzględniono koszty: inwestycyjne, eksploatacji systemu, eksploatacji pojazdów oraz czasu użytkowników. Wewnętrzna Stopa Zwrotu (IRR) w wysokości 91% świadczyła o dużej efektywności projektu..

W grudniu 1997 r. Rada m.st. Warszawy podjęła uchwałę o przystąpieniu do realizacji systemu i zapewnieniu jego wieloletniego finansowania. Jako jednostkę odpowiedzialną za przygotowanie i wdrożenie projektu wyznaczono Zarząd Dróg Miejskich. Powołano Zespół Sterujący złożony z przedstawicieli współdziałających służb i jednostek oraz ekspertów. W 1998 roku przygotowano dokumentację dla przetargu na: projekt, dostawę, montaż, uruchomienie i wdrożenie systemu, czyli zainstalowanie systemu „pod klucz”. Ogłoszenie przetargu zostało początkowo opóźnione przez ofertę EBOR udzielenia pożyczki na realizację przedsięwzięcia. Miasto nie skorzystało z tej możliwości. Ostatecznie w grudniu 2000 r. ogłoszono 2-stopniowy przetarg.. Wpłynęło 9 ofert, a do II fazy zakwalifikowano 3 oferentów: Nederland Harlem, Siemens i SignalbauHuber. Po przeprowadzeniu konsultacje z wybranymi oferentami przygotowano kompletną specyfikację (SIWZ) dla II etapu przetargu. Ostateczną wersję dokumentów przetargowych przekazano do b. Wydziału Drogownictwa UM st. Warszawy we wrześniu 2002 roku.

Przewidywano, że I etap realizacji systemu (39 skrzyżowań na Mokotowie, Trasa Łazienkowska, Centrum Zarządzania z nowoczesnym systemem informowania kierowców) zostanie rozpoczęty w 2004 roku. Analiza efektywności wykazała, że po zakończeniu II etapu (rok 2006 – objęcie systemem znacznej części miasta) oszczędności czasu podróży (samochodem, tramwajami i autobusami) w skali miasta osiągną poziom 8-9%, zaś oszczędności paliwa 6-7%.

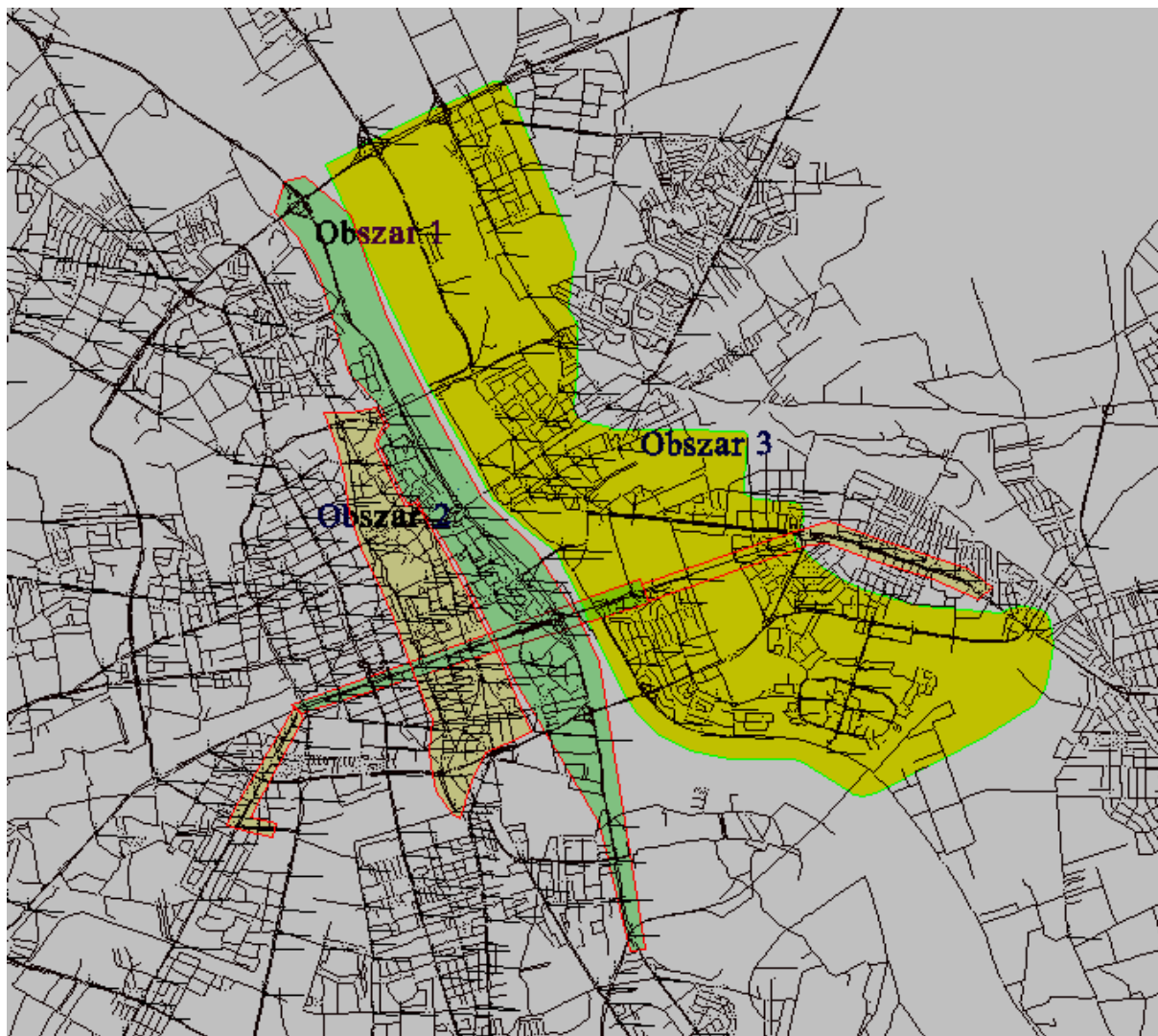
W końcu roku 2002 przerwano realizację projektu według pierwotnej wersji. W latach 2003-2004 opracowano nowy dokument, dotyczący pierwszego etapu realizacji systemu zarządzania ruchem: Studium Wykonalności - Zintegrowany System Zarządzania Ruchem -

Etap I: 2005 – 2007.¹ Studium było podstawą do wystąpienia o dofinansowanie projektu ze środków unijnych.

W Studium założono wdrażanie systemu „w dwóch płaszczyznach” - rozbudowy terytorialnej (włączanie kolejnych obszarów) oraz w „płaszczyźnie funkcjonalnej”. Etap I, który miał być zrealizowany w latach 2005-2007, obejmował realizację systemu zarządzania ruchem w trzech obszarach (rys.1.1):

- Obszar I – obszar Powiśla, Wisłostrada od mostu S. Grota-Roweckiego do mostu Siekierkowskiego oraz Al. Jerozolimskie na odcinku Rondo Waszyngtona – Plac Zawiszy (ze względu na współfinansowany z funduszy strukturalnych UE projekt modernizacji trasy tramwajowej w ciągu Al. Jerozolimskich)
- Obszar II – część obszaru Śródmieścia między skarpą a Marszałkowską oraz między ul. Słomińskiego i Al. Armii Ludowej; obszar ten miał również objąć przylegające do centrum odcinki ulic Grochowskiej, Al. Waszyngtona oraz Grójeckiej;
- Obszar III - obszar centralnej części Pragi Północ, Pragi Południe i Targówka.

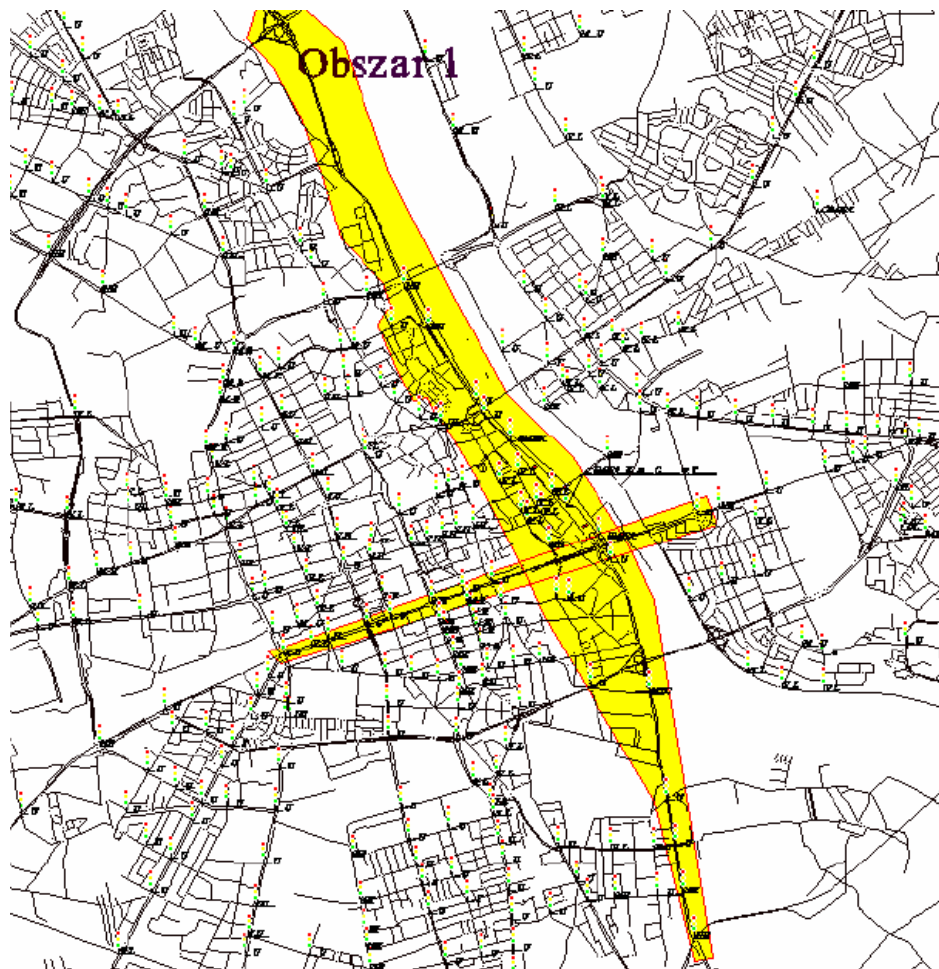
¹ IBDiM, wrzesień 2004.



Rys. 1.1. Zakres terytorialny pierwszego etapu budowy Zintegrowanego Systemu Zarządzania Ruchem w Warszawie.

W pierwszej połowie 2005 roku dokonana została aktualizacja Studium, mająca na celu dostosowanie jego zakresu do wymogów stawianych przy zgłaszaniu projektów do dofinansowania ze środków unijnych. Zakres Studium scharakteryzowano w sposób bardziej szczegółowy w punkcie 3 niniejszego Opracowania, którego celem była ocena stopnia aktualności omawianego Studium

Ostatecznie, w 2004 roku, podjęto decyzję o rozpoczęciu realizacji systemu od projektu pilotażowego - obszar I - Wisłostrada i Powiśle oraz Al. Jerozolimskie (rys.1.2). Jednym z głównych powodów wyboru tego obszaru była chęć zintegrowania z projektowanym systemem zarządzania ruchem istniejącego systemu sterowania ruchem w tunelu pod Wisłostradą oraz projektem modernizacji trasy tramwajowej w ciągu Al. Jerozolimskich.



Rys. 1.2. Zintegrowany System Zarządzania Ruchem w Warszawie – etap I, Obszar I

W wyniku przeprowadzonego postępowania przetargowego w dniu 9.06.2006 roku podpisana została między Miastem Stołecznym Warszawa (reprezentowanym przez Zarząd Dróg Miejskich) a firmą Siemens Sp. z o.o. (w konsorcjum z Siemens AG) umowa na zaprojektowanie i wdrożenie Zintegrowanego Systemu Zarządzania Ruchem w obszarze I. Wartość projektu brutto wynosiła 34 mln PLN. Projekt uzyskał dofinansowanie z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Zintegrowanego Programu Operacyjnego Rozwoju Regionalnego.²

W listopadzie 2008 roku zakończono odbiory techniczne systemu objętego projektem.

Bardziej szczegółowa charakterystyka i wyniki analizy efektywności wdrożonego Zintegrowanego Systemu Zarządzania Ruchem (etap I) przedstawiona jest w punkcie 2 Opracowania.

² Priorytet 1 – Rozbudowa i modernizacja infrastruktury służącej wzmocnieniu konkurencyjności regionów w zakresie Działania 1.6. Rozwój transportu publicznego w aglomeracjach.

2. Ocena techniczno-funkcjonalna zbudowanego dotychczas Systemu oraz inwentaryzacja sterowania sygnalizacją w Warszawie

2.1 Opis istniejącego Systemu

Pierwszy etap budowy Systemu w tzw. Obszarze I ukończono w listopadzie 2008 roku. System swoim zasięgiem obejmuje 37 skrzyżowań:

- w Alejach Jerozolimskich na odcinku od Ronda Waszyngtona do Placu Zawiszy;
- na Powiślu, w obrębie ulic: Grodzkiej, Browarnej, Kruczkowskiego, Ludnej, Czerniakowskiej;
- wzdłuż Wisłostrady i ulicy Czerniakowskiej od mostu Grota-Roweckiego do Trasy Siekierkowskiej.

Poza urządzeniami sygnalizacji świetlnej na skrzyżowaniach na System składają się następujące elementy:

- Centrum Zarządzania Ruchem zlokalizowane w siedzibie ZDM,
- system łączności światłowodowej zapewniający komunikację ze wszystkimi sterownikami sygnalizacji świetlnej, tablicami zmiennej treści oraz 22 kamerami zamontowanymi na 20 skrzyżowaniach oraz kamerami i systemem sterującym w tunelu Wisłostrady,
- podsystemy informacji o sytuacji w ruchu drogowym, środowisku oraz o niebezpieczeństwie (na znakach o zmiennej treści i stronie internetowej zsZR.zdm.waw.pl).

Centrum Zarządzania

Centrum Zarządzania znajduje się w siedzibie ZDM przy ulicy Chmielnej 120. W Centrum umieszczono salę operatorską, serwerownię, pokój inżyniera ruchu oraz pomieszczenia zaplecza socjalnego. Sala operatorska jest wyposażona w sprzęt komputerowy, konsole operatorskie (służące do sterowania kamerami CCTV) oraz urządzenia zapewniające łączność. Na ścianie wizyjnej oraz na ekranach komputerów wyświetlane są obrazy z kamer wideo, umożliwiając podgląd sytuacji na drogach. Interfejs użytkownika umożliwia dostęp do wszystkich funkcji i podsystemów. Oprogramowanie SITRAFFIC Scala integruje wszystkie elementy systemu i umożliwia zdalną obsługę urządzeń i podsystemów. Według instrukcji dostawcy [5]:

„Program umożliwi sprawne działania operatorskie, między innymi: monitorowanie stanu pracy urządzeń zainstalowanych w terenie, zarządzanie informacją o stanach ruchu, prognozowanie ruchu, wprowadzanie zmian w parametrach sterowania ruchem, zarządzanie priorytetami dla pojazdów komunikacji zbiorowej, kontrola zdarzeń, wykonywanie analiz jakościowych i ilościowych, przygotowywanie oraz symulacje strategii dla ruchu.”

Obecnie sprzęt, oprogramowanie zainstalowane w Centrum Zarządzania Ruchem oraz wykupione licencje umożliwiają podłączenie do systemu SITRAFFIC Scala sygnalizacji świetlnej na 250 skrzyżowaniach. Jest możliwe dołączenie do systemu większej liczby skrzyżowań. Wymagałoby to jednak wykupienia dodatkowych licencji.

Pozyskiwanie danych i łączność

Źródłem danych dla systemu są detektory i stacje pomiarowe. W system włączone są pętle indukcyjne, kamery wideodetekcji i stacje pomiarowe Traffic Eye Universal (TEU) działające w podczerwieni. Przy pomocy TEU do Centrum Zarządzania Ruchem przekazywane są dane o aktualnym natężeniu ruchu i prędkościach pojazdów.

Źródłem danych o otoczeniu i stanie środowiska są stacje pogodowe i stacje pomiaru zanieczyszczenia powietrza. Stacje te pozwalają na monitorowanie aktualnych warunków i odpowiednie reagowanie systemu lub operatorów na otrzymywane informacje.

Wszystkie dane dostępne są w czasie rzeczywistym, a także są archiwizowane, by mogły służyć do analizy inżynierom ruchu.

Do systemu włączono infrastrukturę związaną ze sterowaniem ruchem w tunelu Wisłostrady, wraz z modułem wideodetekcji, pozwalającym wykrywać zdarzenia w tunelu, np. zatrzymany pojazd. Na obszarze miasta objętym Systemem Zarządzania rozmieszczone są 22 szybkoobrotowe kamery pozwalające na zbliżenia obrazu, połączone w podsystem monitoringu wizyjnego, obejmujący newralgiczne punkty ulic objętych systemem. Dzięki kamerom operator może np. szybko wykryć kolizję lub wypadek i powiadomić odpowiednie służby. Kamery dają również obraz warunków ruchu na poszczególnych wlotach skrzyżowań. Obraz z kamer przechowywany jest przez 30 dni, po czym jest nadpisywany kolejnymi strumieniami wideo.

System łączności światłowodowej zapewnia komunikację ze wszystkimi sterownikami sygnalizacji świetlnej działającymi w Obszarze I, tablicami zmiennej treści oraz 22 kamerami zamontowanymi na 20 skrzyżowaniach, oraz z kamerami i systemem sterującym w tunelu Wisłostrady.

Sterowanie ruchem

W ramach Systemu realizowane są dwie metody sterowania sygnalizacją: metoda optymalizacji sieciowej MOTION na Wisłostradzie i na Powiślu (28 skrzyżowań) oraz metoda TASS (polegająca na selekcji predefiniowanych planów sterowania) w Alejach Jerozolimskich (9 skrzyżowań).

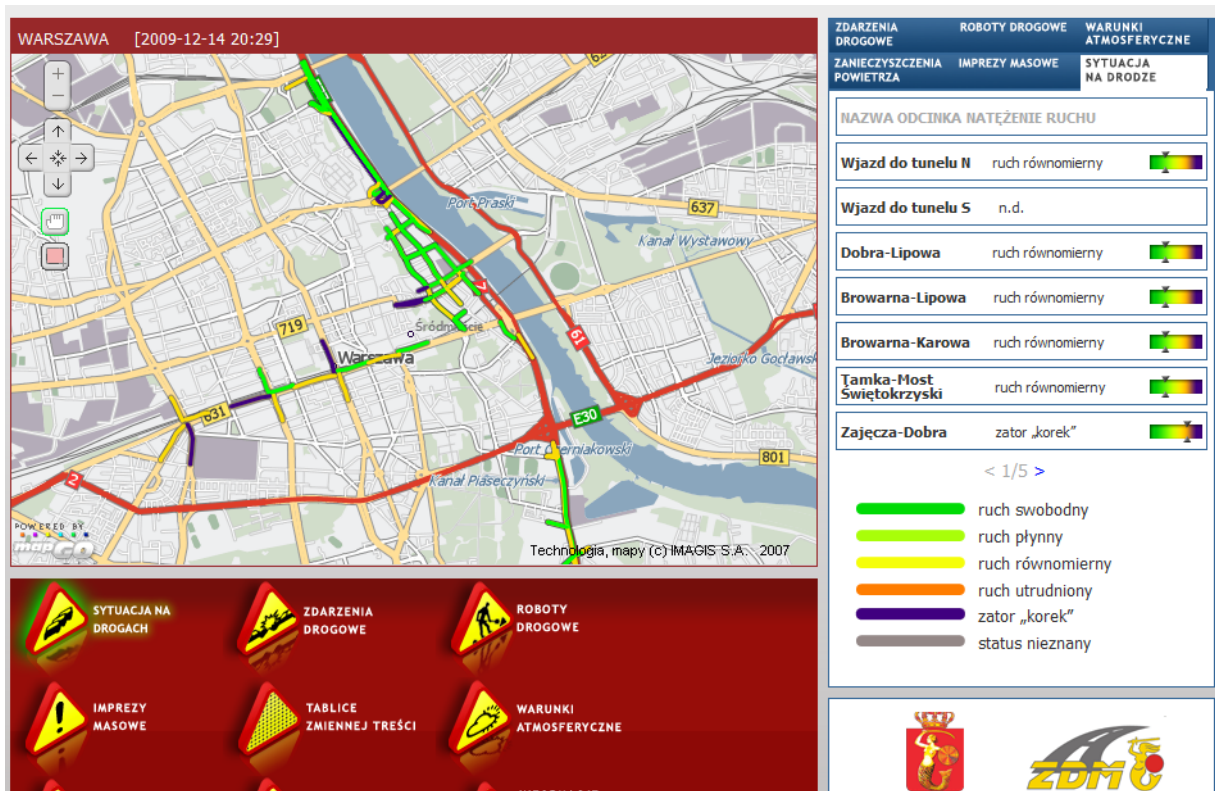
System SITRAFFIC Scala umożliwia operatorom sterowanie i monitorowanie wszystkich podsystemów z jednego centralnego miejsca. Zmniejsza to znacząco koszty obsługi sterowników i sygnalizacji oraz umożliwia szybkie i efektywne reagowanie na usterki i zdarzenia drogowe (informowanie policji, służb ratunkowych i kierowców) oraz wprowadzanie zmian w sygnalizacji na danym skrzyżowaniu i w jego okolicach. Dane związane ze wszystkimi elementami systemu oraz podsystemami przechowywane są w zintegrowanej bazie danych.

Jedną z najważniejszych funkcji systemu jest udzielanie priorytetu tramwajom poruszającym się w ciągu Al. Jerozolimskich. 160 tramwajów wyposażono w nadajniki, które umożliwiają łączność pojazdów szynowych z systemem i przyznawania przez sterownik sygnalizacji świetlnej pierwszeństwa przejazdu tramwajowi. Obecnie systemem priorytetu objętych jest 9 skrzyżowań w ciągu Alej Jerozolimskich, od Ronda Waszyngtona do Placu Zawiszy.

Informowanie kierowców

Strona internetowa <http://zsZR.zdm.waw.pl> (rys. 2.1) zawiera aktualne informacje o sytuacji w ruchu drogowym w obrębie Obszaru I (pięć poziomów swobody ruchu oznaczonych kolorami), o robotach drogowych w całej Warszawie, o warunkach atmosferycznych oraz o zanieczyszczeniu powietrza uzyskane z kilku miejskich stacji pomiarowych. Na stronie internetowej systemu można też oglądać odświeżane statyczne obrazy z kamer.

W pięciu miejscach Obszaru I zostały zainstalowane tablice VMS (zmiennej treści) aby przekazywać kierowcom informacje o zdarzeniach na drodze. Są one sterowane automatycznie. Oprogramowanie daje możliwość wyświetlania na nich dodatkowych znaków i komunikatów (np. w sytuacjach nietypowych). Wykorzystanie tej możliwości jest jednak ograniczone obowiązującymi przepisami nakazującymi akceptację każdej kombinacji znaków i komunikatów przez Inżyniera Ruchu (w trybie administracyjnym). Lista działań, które mogą podjąć operatorzy jest obecnie bardzo skąpa.



Rys. 2.1 Strona Internetowa ZSZR (<http://zsZR.zdm.waw.pl>)

2.2 Zakres funkcjonalny Systemu w świetle planów i ustaleń

W niniejszym punkcie przedstawiono wyniki analizy, której celem było określenie, w jakim stopniu działający obecnie system odpowiada zamierzeniom i oczekiwaniom wyrażonym w planach i dokumentach opracowanych przed zamówieniem systemu.

System został zamówiony i zrealizowany na podstawie Studium Wykonalności ZSZR opracowanego w roku 2004. Tabela 2.1 zawiera informacje, umożliwiające porównanie zakresu funkcjonalnego Systemu przewidywanego w Studium Wykonalności, w koncepcji opracowanej przez dostawcę oraz faktycznie zrealizowanego.

Tabela 2.1. Zakres funkcjonalny Zintegrowanego systemu Zarządzania Ruchem

Funkcja	Zakres planowany w Studium Wykonalności	Zakres planowany w Koncepcji Siemens	Zakres wdrożony
Pozyskiwanie informacji			
- dane o ruchu	Tak	Tak, Obszar I	Tak, Obszar I
- wykrywanie zdarzeń	(brak)	Tak	Wprowadzane poza systemem
- monitoring sytuacji w tunelu	Tak	Tak	Tak
- dane o środowisku	Tak	Tak	Tak
- monitoring wizyjny skrzyżowań	Nie	Tak	Tak, Obszar I
- monitoring pracy urządzeń	?	Tak, Obszar I	Tak, Obszar I
Sterowanie ruchem			
- adaptacyjne na skrzyżowaniach	Tak	Tak	Tak, Obszar I
- w tunelu Wisłostrady	Tak	Tak	Tak
- priorytety dla tramwajów	Tak	Al. Jerozolimskie	Al. Jerozolimskie
- priorytety dla autobusów	Tak		Nie
- priorytety dla pojazdów spec.	Tak	Tak	Nie
Analizy ruchu i archiwizacja danych			
- bieżące warunki ruchu	(brak)		Tak, Obszar I
- prognozy krótkoterminowe	(brak)		Nie
- archiwizacja danych		Tak	Tak
Dostarczanie informacji			
- poprzez VMS	Tak	Wokół obszaru I	Ogranicz. Zakres
- przez Internet	(brak)	Tak, Obszar I	Tak, Obszar I
- przez radio, RDS	(brak)	Tak	Nie
Zarządzanie			
- zdarzeniami	(brak)	Tak	Nie
- parkingami	Kolejny etap	Tak	Nie
- taborem i dostawą towarów	Kolejny etap		Nie
- robotami drogowymi	Kolejny etap	Tak	Nie
Nadzór			
- namierzanie poj. skradzionych	Kolejny etap		Nie
- identyfikacja pojazdów niebezpiecznych	Kolejny etap		Nie
- identyfikacja pojazdów o przekroczonej dozwolonej masie	Kolejny etap		Nie

Jeśli chodzi o pozyskiwanie informacji o ruchu, to funkcjonuje ono zgodnie z planami w Obszarze I, natomiast brak jest funkcji automatycznego wykrywania zdarzeń, przewidywanej

w Koncepcji opracowanej przez wykonawcę. Centrum Zarządzania Ruchem nie ma uzgodnionych z Inżynierem Ruchu strategii reagowania na tego typu sytuacje – na przykład odpowiednich komunikatów dla znaków zmiennej treści (VMS).

Według Koncepcji ZSZR [5], „pracownicy ZDM będą posiadać najwyższe uprawnienia i ponosić będą pełną odpowiedzialność za funkcjonowanie systemu UTC³, oraz realizować wszelkie funkcje, które są niezbędne do funkcjonowania systemu. Personel firmy SIEMENS zapewni przeszkolenie na stanowisku roboczym pracowników ZDM.

Personel Operacyjny ma za zadanie opracowywać i rozwijać plany reagowania na wydarzenia (wypadki, zatory), monitorować codzienne funkcjonowanie systemu oraz zbierać, analizować i rozpowszechniać informacje dla uczestników ruchu drogowego.”

Zgodnie z obowiązującymi przepisami, każda zmiana parametrów programu sygnalizacji oraz każda treść wyświetlana na znaku zmiennej treści (VMS) musi zostać zatwierdzona przez Inżyniera Ruchu m. st. Warszawy, podlegającego Biuru Drogownictwa i Komunikacji Urzędu m. st. Warszawy. W Centrum Zarządzania Ruchem nie przebywa na stałe nikt z rzeczzonego biura, co w praktyce oznacza niemożność szybkiego reagowania na wyjątkowe sytuacje ruchowe w mieście.

W większości sytuacji System funkcjonuje bez potrzeby ingerencji operatorów. Ich funkcje ograniczają się do obserwacji funkcjonowania systemu i zgłaszania poprawek, które usprawniłyby jego działanie.

Ponadto, jednym z celów Systemu miało być zapewnianie priorytetu w ruchu ulicznym środkom naziemnego transportu publicznego, tj. tramwajom i autobusom. Priorytet jest realizowany jedynie w przypadku tramwajów wyposażonych w odpowiednie działające nadajniki, na odcinku Alej Jerozolimskich, od Placu Zawiszy do Ronda Waszyngtona.

2.3 Ocena istniejącego Systemu

Istniejący System posiada niewątpliwie potencjał stania się w pełni funkcjonalnym systemem zarządzania ruchem w mieście, jednakże w obecnej chwili stanowi on jedynie załączek takiego systemu. Jak wykazano powyżej, wiele funkcji składających się na dynamiczne zarządzanie ruchem jest realizowane w sposób połowiczny lub wcale. Jako przyczyny tego stanu rzeczy można wymienić:

³ UTC – Urban Traffic Control – System Sterowania Ruchem w Mieście

- Niedobór kadrowy i braki w wykszoleniu personelu. Obecne etaty pozwalają na obsadę operatorską Centrum jedynie w godzinach biurowych w dni powszednie, czyli przez około 40 godzin ze 168 godzin w tygodniu (mniej niż 25% czasu). W praktyce uniemożliwia to zarządzanie ruchem na bieżąco i szybkie reagowanie na sytuacje nietypowe, zdarzenia i awarie.
- Problemy organizacyjno-kompetencyjne pomiędzy Centrum a Inżynierem Ruchu. Częściowo jest to spowodowane obowiązującymi przepisami, które nie ułatwiają dynamicznego zarządzania ruchem – w praktyce każda zmiana organizacji ruchu (czyli np. oznakowania) musi być zatwierdzona przez Inżyniera Ruchu w trybie administracyjnym. Jednakże wydaje się że stała obecność przedstawiciela Inżyniera Ruchu w Centrum usprawniłaby znacznie ten proces i umożliwiła prowadzenie prac rozwojowych np. opracowywanie scenariuszy/strategii reagowania w sytuacjach nietypowych.
- Ograniczona współpraca z Policją. Szybkie reagowanie na wypadki, awarie i sytuacje kryzysowe często wymaga współdziałania z Policją lub Strażą Miejską. Policja powinna dysponować w Centrum wydzielonym stanowiskiem, z którego przejmowałaby zarządzanie ruchem w sytuacjach kryzysowych lub planowanych zdarzeń szczególnych. Stwarzałoby to możliwości zarządzania ruchem w czasie rzeczywistym w sytuacjach „nietypowych”.
- Zbyt mały zasięg terytorialny systemu sterowania. Obecny System ogranicza się do dwóch ciągów i jednego wąskiego obszaru co nie pozwala na pełne wykorzystanie możliwości optymalizacyjnych algorytmów sterowania.
- Ograniczenia techniczne VMS-ów. Znaki VMS ustawione przed tunelem Wisłostrady są predefiniowane i mogą wyświetlać jedynie 2 wartości ograniczenia prędkości: 50 i 30 km/h. W związku z tym pożądane ustawienie ograniczenia prędkości w tunelu na 70 km/h nie jest możliwe i znaki wyświetlają praktycznie zawsze 50 km/h. Znaki te zainstalowane były przed realizacją ZSZR.

Wszystkie wymienione wyżej słabości zrealizowanego ZSZR w istotnym stopniu obniżają jego efektywność. Jako najpilniejsze należałoby uznać wydłużenie godzin pracy operatorów oraz stworzenie możliwości zarządzania ruchem w sytuacjach nietypowych przez delegowanie do Centrum Zarządzania Ruchem upoważnionego przedstawiciela Inżyniera Ruchu i ściślejszą współpracę z Policją (np. wydzielone stanowisko, z którego Policja

przejmowałaby zarządzanie ruchem w przypadku sytuacji kryzysowych lub planowanych zdarzeń szczególnych.

2.4 Inwentaryzacja systemu sterowania sygnalizacją poza obszarem ZSZR

W ramach niniejszego opracowania dokonano nie tylko oceny zbudowanego dotychczas fragmentu Systemu ZR, ale również zebrano i przeanalizowano dane o sterownikach sygnalizacji poza obszarem ZSZR. Ogółem obecnie na terenie m. st. Warszawy funkcjonują 704 sterowniki, w tym 667 zlokalizowanych poza ZSZR⁴. Wyniki inwentaryzacji w formie tabel i map przedstawione są w załącznikach.

Rozmieszczenie skrzyżowań z sygnalizacją na terenie Warszawy pokazuje rys. 2.2. Tabela 2.2 przedstawia podsumowanie inwentaryzacji; skrzyżowania sklasyfikowane są według typów zastosowanych sterowników. W systemie ZSZR działa 37 sterowników firmy Siemens. Warunkiem podłączenia sterownika do Systemu w celu monitoringu jego pracy, jest możliwość implementacji protokołu komunikacji OCIT 1.1. Natomiast warunkiem włączenia sterownika do optymalizacji obszarowej jest instalacja modułu Motion MX. Sterowniki na obszarze poza ZSZR podzielono więc na 3 grupy według możliwości technicznych podłączenia ich do Systemu:

- sterowniki firmy Siemens oraz Signalbau Huber (Actros) z możliwością instalacji modułu MX oraz protokołu OCIT 1.1 (kolor czarny na rys. 2.2),
- sterowniki innych firm (Peek, Nederlands Haarlem) z możliwością implementacji protokołu OCIT 1.1 (kolor zielony na rys. 2.2),
- inne sterowniki, których nie można podłączyć do Systemu (kolor żółty na rys. 2.2).

Jak widać z tabeli 2.1 i rys. 2.2 jest w Warszawie ponad 80 skrzyżowań, które można by włączyć do Systemu w pełnym zakresie – niestety nie są one korzystnie usytuowane (z wyjątkiem ciągu ulicy Jana Pawła II).

⁴ Dane o zainstalowanych sterownikach zawarte w dwóch dokumentach dostarczonych przez ZDM różniły się.

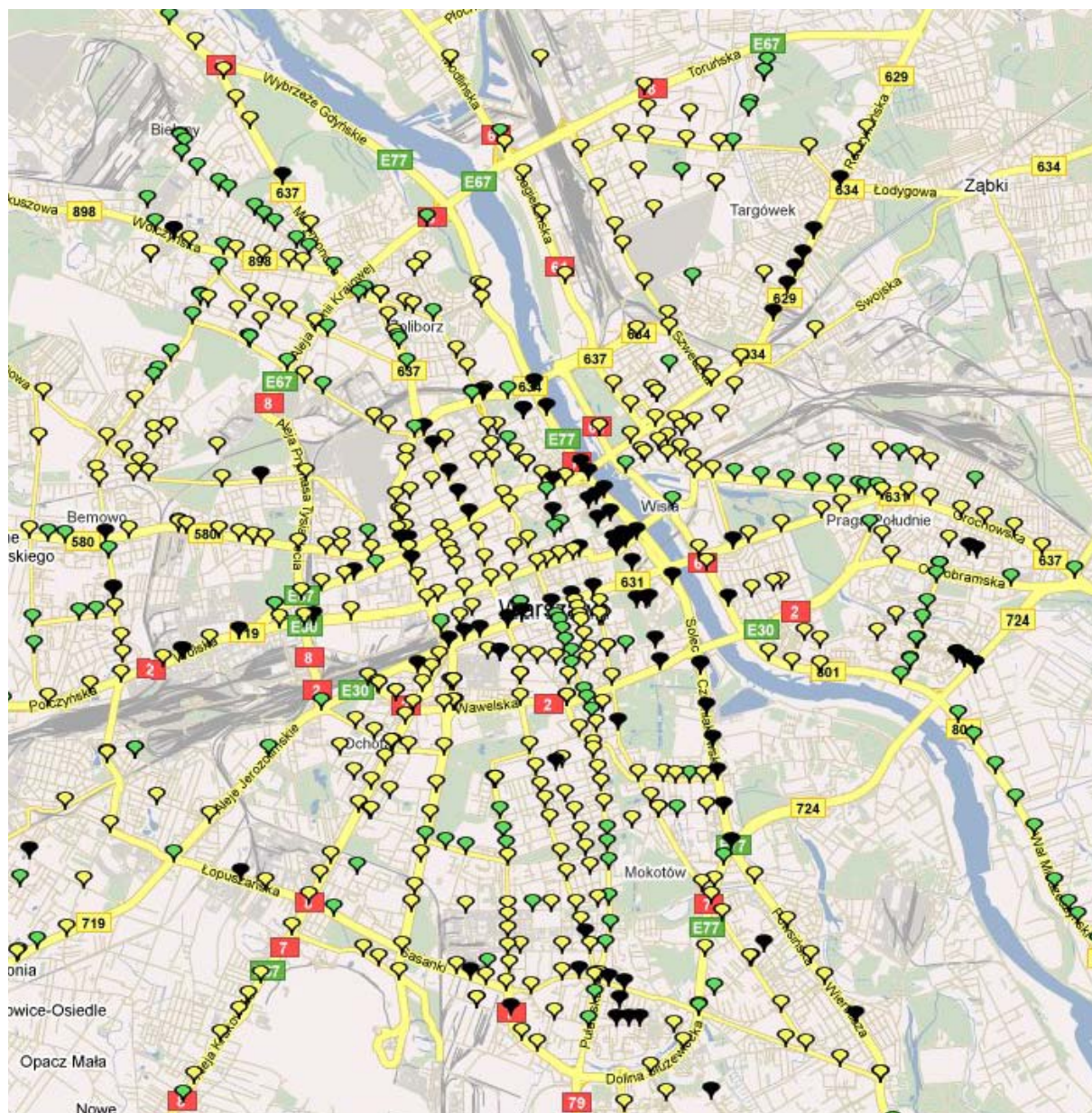
Tabela 2.2 Inwentaryzacja skrzyżowań z sygnalizacją na terenie m.st. Warszawy

Typ sterownika	Liczba skrzyżowań z typem sterownika			
	w Systemie ZSZR	poza Systemem ZSZR		
		z MX*	tylko z OCIT**	Pozostałe
Siemens	37	73	-	-
Actros	-	9	-	-
Peek	-	-	92	-
NH	-	-	86	-
Inne	-	-	-	407
Razem	37	82	178	407

*z możliwością instalacji modułu MX oraz protokołu OCIT 1.1

** z możliwością implementacji protokołu OCIT 1.1

Ramowa koncepcja kontynuacji rozwoju Zintegrowanego Systemu Zarządzania Ruchem (ZSZR) w Warszawie



Rys. 2.2 Rozmieszczenie skrzyżowań z sygnalizacją w centralnej części miasta

3. Ocena aktualności Studium Wykonalności wykonanego w 2004 r.

3.1. Zakres Studium

Celem analizy Studium Wykonalności pt. „Zintegrowany System Zarządzania Ruchem - Etap I: 2005 – 2007”, opracowanego w 2004 r., przez IBDiM, jest ocena jego aktualności oraz przydatności dla:

- określenia kierunków dalszego rozwoju Systemu, w tym etapowania,
- wnioskowania o dofinansowanie dalszych etapów ze środków unijnych.

Zakres Studium, opracowanego w 2004 roku (Studium 2004), obejmował następujące rozdziały:

1. Podsumowanie – wnioski z analizy.
2. Definicja projektu.
3. Ogólna charakterystyka projektu:
 - otoczenie społeczno-gospodarcze projektu oraz system transportu;
 - powiązanie ze strategią rozwoju transportu publicznego, sformułowaną przez władze miasta w 2004 roku;
 - ogólna charakterystyka projektu (cele, struktura logiczna, komplementarność z innymi działaniami/programami, rezultaty i produkty, kryteria oceny i monitoring,
 - analiza instytucjonalna (wykonalność, trwałość projektu),
 - plan wdrożenia projektu – harmonogram realizacji i koszty.
- 4 Analiza techniczna:
 - kierunki rozwoju systemów zarządzania ruchem,
 - charakterystyka Zintegrowanego Systemu Zarządzania Ruchem w Warszawie (ZSZR,
 - analiza opcji ZSZR,
 - założenia dotyczące wdrażania ZSZR,
 - koszty inwestycyjne.

5. Analizy ruchowe:

- modele ruchu z weryfikacją modelu ruchu samochodowego i dla komunikacji zbiorowej dla obszaru Warszawy,
- analiza wariantów – bezinwestycyjnego i inwestycyjnego,
- zasady wyceny korzyści wynikających z realizacji wariantów inwestycyjnych.

6. Analiza finansowa i ekonomiczna wraz z analizą wrażliwości.

7. Analiza oddziaływania na środowisko.

8. Promocja projektu.

Jako podstawową funkcję systemu przewidziano (punkt 4.2) **efektywne zarządzanie sygnalizacją świetlną**. Założono, że umożliwi to także uruchomienie innych podsystemów takich jak:

- *„podsystem informacji o sytuacji ruchowej dzięki zastosowaniu znaków zmiennej treści;*
- *podsystem informacji o środowisku przy wykorzystaniu stacji pogodowych i tablic zmiennej treści;*
- *podsystem monitoringu i sterowania ruchem w obrębie tuneli;*
- *podsystem nadawania priorytetów dla komunikacji zbiorowej (szynowej i kołowej);*
- *podsystem uprzywilejowania dla pojazdów specjalnych (np. karetki pogotowia, policja, straż pożarna itp.).”*

Wymieniono także inne podsystemy (system zarządzania parkingami, powiadamiania o niebezpieczeństwie; zarządzania robotami drogowymi), które „wdrażane będą w kolejnych latach w miarę rozbudowy stosownej infrastruktury miejskiej, niezbędnej do ich uruchomienia.” Dalsze podsystemy, jak np. podsystem zarządzania taborem i dostawami towarów wdrażane będą pod warunkiem podjęcia stosownych działań przez podmioty takie jak Zarząd Transportu Miejskiego, Tramwaje Warszawskie, Miejskie Zakłady Autobusowe, Policja i inne.

Etap I, który miał być zrealizowany w latach 2005-2007, obejmował realizację systemu zarządzania ruchem w trzech obszarach (rys.1.1):

- Obszar I – obszar Powiśla, ograniczony ulicami Grodzka, Browarna, Kruczkowskiego, Ludna, Czerniakowska, Wisłostrada od mostu S. Grota–Roweckiego do mostu Siekierkowskiego; obszar ten miał objąć także swoim zasięgiem Al. Jerozolimskie na odcinku Rondo Waszyngtona – Plac Zawiszy (ze względu na finansowany z funduszy strukturalnych UE projekt modernizacji trasy tramwajowej w ciągu Al. Jerozolimskich od pętli Banacha do pętli Gocławek);
- Obszar II - obszar Śródmieścia ograniczony ulicami: Nowy Świat, Krakowskie Przedmieście, Miodowa, Słomińskiego, Andersa, Marszałkowska, Waryńskiego, Al. Armii Ludowej, Al. Ujazdowskie; obszar ten miał również objąć ulice: Grochowska od ulicy Podolskiej do Ronda Wiatraczna, Al. Waszyngtona oraz ulicę Grójecką od Placu Zawiszy do ulicy Banacha;
- Obszar III - obszar Pragi Północ, Pragi Południe i Targówka ograniczony ulicami: Ostrobramska, Ateńska, Grochowska, Żąbkowska, 11-go Listopada, Odrowąża, Kondratowicza, Wysokiego, Wybrzeże Helskie i Szczecińskie, Wał Miedzeszyński oraz Al. Stanów Zjednoczonych.

Wspomniana w punkcie 1.2 aktualizacja Studium 2004, wykonana w pierwszej połowie roku 2005 roku, miała na celu dostosowanie jego zakresu do wymogów stawianych przy zgłaszaniu projektów do dofinansowania ze środków unijnych.

Po oddaniu Systemu do eksploatacji zlecono wykonanie pomiarów ruchu na wybranych ciągach [6] oraz weryfikację wskaźników rezultatu [8] obliczonych w ramach prac nad studium wykonalności, opracowanego w 2004 roku.

3.2. Aktualność Studium Wykonalności opracowanego w 2004 roku.

Podstawą sformułowania wniosków, dotyczących aktualności wykonanego w 2004 r., przez IBDiM Studium Wykonalności dla ZSZR, oraz jego przydatności do określenia kierunków dalszego rozwoju Systemu (dalszych etapów rozbudowy Systemu) były:

- analiza zakresu Studium,
- analiza aktualności analiz ruchowych i programów inwestycyjnych, zgodności ze strategiami rozwoju systemu transportu; szczególną wagę przywiązano do wyników weryfikacji wskaźników rezultatu projektu [8],
- doświadczenia I etapu realizacji systemu,

- analiza kierunków postępu w rozwiązaniach kategorii ITS (Inteligentnych Systemów Transportu).

Wyniki I etapu realizacji systemu analizowane były, m.in., przez:

- Biuro Inżynierii Transportu sp.j. Cejrowski i Krych w Poznaniu (BIT),
- Instytut Badawczy Dróg i Mostów (IBDiM).

Biuro BIT otrzymało zlecenie wykonania pomiarów i oceny efektywności systemu na obszarze Alei Jerozolimskich, Wisłostrady i Powiśla [6]. Wyniki pomiarów wykonanych w listopadzie 2008 roku porównano z wynikami pomiarów przeprowadzonych przed uruchomieniem systemu w 2006 r.

Na analizowanym odcinku Al. Jerozolimskich (Pl. Zawiszy – Rondo Waszyngtona) stwierdzono:

- skrócenie czasu przejazdu tramwaju od 3,6% do 9,1%; tylko w jednym przypadku (kierunek wschód-zachód w szczycie porannym) czas wydłużył się o 6,7%;
- znaczne skrócenie czasu przejazdu samochodem - dla kierunków ruchu o wyższym natężeniu rzędu 31-38%; równie znacząca była redukcja liczby zatrzymań.

W przypadku Wisłostrady oszczędności czasu różniły się znacznie w zależności od odcinka, kierunku i pory dnia. Dla odcinka północnego wahały się one od 3,6% do nawet 60%. Gorsze efekty odnotowano na odcinku południowym.

Pozostałe ciągi Powiśla nie były przedmiotem badań w roku 2006.

Wyniki pomiarów BIT nie zostały wykorzystane we wspomnianym w punkcie 3.1 opracowaniu IBDiM pt. „Weryfikacja wskaźników rezultatu dla Studium Wykonalności. Zintegrowany System Zarządzania Ruchem. Etap I: 2005-2009”, wykonanym w 2009 roku [8]. W opracowaniu tym skupiono się na 3 miarach: zanieczyszczeniach powietrza, czasu przejazdu tramwaju na odcinku Pl. Zawiszy, Rondo Waszyngtona i koszcie pasażerokilometra Tramwajów Warszawskich. Czas przejazdu tramwajów przyjęto na podstawie danych Tramwajów Warszawskich, a nie pomiarów BIT.

Wyniki przeprowadzonych analiz podsumowano w poniższych punktach.

1. Tło społeczno-gospodarcze – jest wciąż aktualne.
2. Istnieje zgodność założeń dotyczących roli zaawansowanych rozwiązań zarządzania ruchem przyjmowanych w poprzednich i najbardziej aktualnych dokumentów.

Najbardziej aktualny dokument, to Strategia Zrównoważonego Rozwoju Systemu Transportowego Warszawy do 2015 i na lata kolejne, uchwalona przez Radę m.st. Warszawy dn.9.07.2009 r. Sformułowania tej strategii dotyczące podstawowych celów polityki i narzędzi jej realizacji nie różnią się od przyjętych za podstawę w Studium Wykonalności.

3. Nastąpiły pewne zmiany w programach inwestycyjnych, dotyczących dróg i transportu publicznego (metro, tramwaje). Zmiany te nie będą miały istotnego wpływu na projektowanie dalszego rozwoju Systemu Zarządzania Ruchem.
4. Cytowane wcześniej (w punkcie 3.1 niniejszego Opracowania) podstawowe funkcje Systemu, sprecyzowane w Studium Wykonalności (punkt 4.2), odpowiadają aktualnemu stanowi rozwoju zaawansowanych systemów zarządzania ruchem. Wśród zidentyfikowanych luk wymienić trzeba pominięcie funkcji: zarządzania zdarzeniami, krótkoterminowych prognoz ruchu (dla okresu najbliższych 10-30 minut) oraz informowania użytkowników przy zastosowaniu nowoczesnych metod informowania o warunkach ruchu innych niż znaki zmiennej treści (np. na stronach internetowych). Nowoczesne środki przekazu aktualnych informacji i inne środki zarządzania odgrywają kluczową rolę w oddziaływaniu na popyt na podróże, wybór środka transportu, czas realizacji podróży i bezpieczeństwo ruchu drogowego.
5. Harmonogram realizacji projektu zakładał oddanie do użytku systemu w obszarach I, II i III do roku 2007. w pierwszym etapie rozwoju systemu. Dla kolejnych obszarów i etapów nie określono horyzontu czasowego, a jedynie kolejność ich wdrożenia. Koszty etapu I oszacowano na 80,03 mln zł (z VAT). Program ten został zrealizowany tylko w części. System uruchomiono jedynie w obszarze I, w roku 2008.
6. Prognozy ruchu oraz efektów uruchomienia ZSZR dla użytkowników opracowane zostały w Studium Wykonalności przy założeniu szybszej, niż to miało miejsce, realizacji projektu. Przy przyjętych założeniach, dotyczących oszczędności czasu użytkowników samochodów, oraz kosztów eksploatacji transportu zbiorowego, ekonomiczną stopę zwrotu (EIRR) dla roku 2020 oszacowano w wysokości 43,2-51,04% (w zależności od wariantu inwestycyjnego). Wskaźniki te dotyczyły całości systemu. Obliczenia przeprowadzono przy założeniach dotyczących znacznego skrócenia czasu przejazdu tramwaju w ciągu Al. Jerozolimskich. Temat ten rozwinięto poniżej.

W tabeli 3.1 zestawiono wartości czasów przejazdu tramwajów dla odcinków Al. Jerozolimskich przewidywane w Studium Wykonalności – 2004 oraz w wykonanej w 2009 roku przez IBDiM „Weryfikacji wskaźników rezultatu dla Studium Wykonalności. Zintegrowany System Zarządzania Ruchem. Etap I: 2005-2009.”

Tabela 3.1. Średni czas przejazdu tramwaju w ciągu Al. Jerozolimskich

	Średni czas przejazdu – min. - w roku					
	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Studium Wykonalności – 2004, Odc. Banacha – Rondo Wiatraczna – wariant I	39	35	31	28		
Weryfikacja – 2009 – Odc. Pl. Zawiszy – Rondo Waszyngtona	15	15	15	15	15	14

Uwaga: kursywą wyróżniono czasy prognozowane

Jak widać, efekt uruchomienia systemu (skrócenie czasu o ok. 7%) był znacznie gorszy od oczekiwanego (28%). Potwierdziły to badania BIT, z których wynika, że średni czas przejazdu spadł o ok. 5 %.

3.3 Wnioski

1. Kierunki rozwoju systemu zarządzania ruchem w m.st. Warszawie, założone w Studium Wykonalności 2004 są zgodne z ustaleniami dotyczącymi polityki transportowej miasta, zaktualizowanej w 2009 r.
2. Zaproponowane funkcje systemu i rozwiązania techniczno-organizacyjne odpowiadają obecnemu stanowi rozwoju systemów ITS. Trzy zidentyfikowane, istotne luki, to (i) brak funkcji zarządzania zdarzeniami; (ii) funkcji krótkoterminowych prognoz ruchu (dla okresu najbliższych 10-30 minut), (iii) pominięcie funkcji „informowanie użytkowników” przy zastosowaniu nowoczesnych metod komunikacji, w tym Internetu.
3. Struktura systemu, zakładająca tworzenie obszarów sterowania i korytarzy, może być uznana za odpowiadającą aktualnym tendencjom. Biorąc pod uwagę zmiany, jakie nastąpiły po 2004 roku (zmiany w planach rozwoju systemu i uwarunkowań zewnętrznych), oraz doświadczenia z realizacji I etapu, wskazana jest jednak szczegółowa analiza podziału miasta na obszary/korytarze i etapowania.
4. Doświadczenia I etapu budowy systemu stwarzają podstawy do głębszej analizy aspektów takich jak jednorodność (unifikacja), otwartość, integracja funkcjonalna i bezpieczeństwo.

5. Analiza efektywności funkcjonalnej i ekonomicznej oraz wskaźniki rezultatu zawarte w Studium 2004 są w znacznym stopniu nieaktualne. Nie można bowiem uznać za wystarczającą aktualizację zaproponowaną w opracowaniu IBDiM, wykonanym w 2009 r.
6. Wnioski sformułowane w punktach 1-5 stwarzają podstawy do sformułowania następującej propozycji dotyczącej wykorzystania Studium Wykonalności 2004 w procesie przygotowania i realizacji kolejnych etapów rozwoju ZSZR. Proponuje się:
 - uznanie Studium 2004 za wystarczającą podstawę do podjęcia strategicznej decyzji o realizacji II etapu rozwoju systemu w najbliższym okresie (np. do roku 2012);
 - po akceptacji koncepcji zakresu II etapu (sformułowanej w niniejszej ekspertyzie na podstawie Studium i wyników innych analiz) zlecenie w ramach jednego zamówienia opracowania dokumentów umożliwiających podjęcie decyzji o przystąpieniu do realizacji oraz wystąpienie o dofinansowanie ze środków UE:
 - i. „Rezultaty Studium Wykonalności wraz z analizą kosztów i korzyści” (zakres ograniczony do zdefiniowanego przez niniejsze opracowanie etapu II); zakres spełniać powinien wymagania zdefiniowane w ramach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko;
 - ii. Projekt „Wniosku Aplikacyjnego” o dofinansowanie opartego na wynikach opracowania wymienionego w pkt i;ze względu na krótki czas do zakończenia naboru wniosków te 2 dokumenty powinny powstać niemal równocześnie.
 - równoległe z procesem realizacji II etapu, zlecenie opracowania nowej wersji Studium Wykonalności dla pozostałych obszarów i kolejnych etapów; alternatywą jest aktualizacja Studium 2004, jednak w zakresie znacznie szerszym, niż wykonana w 2009 roku przez IBDiM.

Jak wiadomo, opracowanie „Rezultaty studium wykonalności wraz z analizą kosztów i korzyści” jest zalecane w przypadku „projektów, których wykonalność została potwierdzona na etapie wcześniejszych studiów i analiz; nie zastępuje on pełnego opracowania studium wykonalności, gdzie potencjalny projekt jest poddawany analizom, nie tylko ekonomiczno-

finansowym, ale także technicznym, prawnym, środowiskowym, etc. Opracowywanie dokumentu „Rezultaty studium wykonalności wraz z analizą kosztów i korzyści” jest szczególnie przydatne dla przygotowywanych obecnie projektów transportowych, których wykonalność została już zbadana i stwierdzona w przeszłości, ale:

- nie ma ostatnio wykonywanych lub zaktualizowanych studiów wykonalności,*
- istnieją wątpliwości, co do kompletności merytorycznej studiów, które zostały opracowane w ostatnim czasie,*
- beneficjent chciałby uporządkować i usystematyzować informacje zawarte w aktualnym studium wykonalności celem przedstawienia projektu w bardziej przyjaznej dla oceniającego formie”.*

Alternatywą dla powyższej propozycji jest przystąpienie natychmiast do opracowania nowej wersji studium wykonalności (lub szerszej aktualizacji Studium 2004); oznacza to jednak odsunięcie w czasie realizacji dalszych etapów ZSZR.

4. Ocena propozycji rozbudowy Systemu przedłożonych przez specjalistyczne firmy

4.1 Przedmiot oceny

Przedmiotem oceny są propozycje rozbudowy Systemu ZSZR przedstawione miastu w ostatnich miesiącach przez firmy: Peek Traffic Sp. z o. o., ADT Fire and Security Sp. z o. o. (poprzednio TYCO) oraz Siemens Sp. z o. o. Ocena porównawcza jest o tyle utrudniona, że są to propozycje o różnym zakresie i formie. W propozycjach każda firma przedstawia jak wyobraża sobie dalszy rozwój systemu Zarządzania Ruchem w mieście.

4.2 Propozycja firmy Peek Traffic

Propozycja firmy Peek Traffic Sp. z o. o. zawarta jest w liczącym 16 stron dokumencie zatytułowanym „Koncepcja rozbudowy ZSZR w m.st. Warszawa” z datą 19.10.2009. Zgodnie z deklaracją autorów dokument opisuje propozycję rozbudowy systemu: „przy założeniu wykorzystania istniejącej infrastruktury oraz zachowaniu otwartości stosowanych rozwiązań”. W rozdziale drugim przedstawiony jest opis i charakterystyka stanu istniejącego ZSZR w zakresie sterowania ruchem, informowania kierowców oraz monitoringu wideo. Rozdział 3 rozważa możliwości rozbudowy Systemu w kilku aspektach:

- Aspekty techniczne – chodzi tu głównie o wykorzystanie zakupionej przez miasto licencji na podłączenie do systemu SITRAFFIC Scala 250 skrzyżowań oraz dalsze zastosowanie protokołu OCIT 1.1 do komunikacji ze sterownikami i protokołu VDV do realizacji priorytetu dla pojazdów transportu publicznego.
- Aspekty formalne – chodzi o to, żeby rozbudowa Systemu ZR odbywała się: „z zachowaniem zasad otwartości i konkurencyjności oferowanych rozwiązań”. Jako dobry przykład zachowania tych zasad podawana jest rozbudowa podobnego systemu w Krakowie.
- Aspekty inżynierii ruchu – autorzy zalecają koncentrację modelowania i prognozowania ruchu w wyspecjalizowanej jednostce która mogłaby powstać przy Centrum ZR. Dzięki analizom i prognozom możliwe byłoby doskonalenie zarządzania ruchem oraz identyfikacja korytarzy i obszarów najbardziej wymagających koordynacji sterowania. Dalszym krokiem byłoby wdrożenie zbierania danych i modelowania ruchu w czasie rzeczywistym („na żywo”).

Sformułowano również sugestie dotyczące rozbudowy Systemu przy założeniu, że obok istniejącego systemu sterowania ruchem SITRAFFIC Scala może powstać drugi równoważny system (np. system UTOPIA) który „powinien współdziałać z istniejącym na zasadzie wymiany informacji w oparciu o wspólny protokół komunikacyjny (w tym wypadku OCIT 1.1)”. Nie jest jasne czy taka obustronna komunikacja między systemami sterowania jest możliwa. Wiadomo jedynie, że sterowniki firm innych niż Siemens można podłączyć tak, aby ich stany pracy były przy pomocy protokołu OCIT „widoczne” dla systemu SITRAFFIC Scala. Autorzy propozycji zalecają następujące działania:

- przeprowadzenie testów podłączenia sterowników innych producentów do serwera systemu SITRAFFIC Scala dla poznania funkcjonalności jaka jest możliwa do uzyskania na drodze takiej rozbudowy;
- dalsza rozbudowa sieci łączności w mieście oparta na architekturze i protokole TCP/IP w obszarach gdzie planowany jest rozwój systemu;
- wdrożenie drugiego, równoważnego do SITRAFFIC Scala, systemu sterowania ruchem na obszarze centrum;
- wdrożenie podsystemów sterowania w obszarach odległych od centrum i ich integracja w Systemie ZR;
- zcentralizowanie modelowania i analiz sieci transportowej w Centrum Zarządzania Ruchem.

4.3 Propozycja firmy ADT Fire and Security

Firma ADT Fire and Security Sp. z o. o. przedstawiła miastu propozycję rozbudowy Systemu ZSZR w liście do Zastępcy Prezydenta m.st. Warszawy, Pana Jacka Wojciechowicza. Dokument, liczący 15 stron, otrzymano w Biurze Drogownictwa i Komunikacji 10 lipca 2009. Autorzy listu w pierwszym rzędzie przedstawiają zalety systemu SCATS oraz jego wdrożenia na świecie i w miastach polskich. System SCATS jest opisany jako rozwiązanie otwarte i elastyczne, którego wdrożenie nie wymaga wymiany sterowników sygnalizacji na nowe. Efektywność systemu SCATS jest udokumentowana badaniami w wielu miastach świata.

Szczególnie dokładnie autorzy propozycji opisali zastosowanie systemu SCATS w Obszarowym Systemie Sterowania i Zarządzania Ruchem w Łodzi, gdzie system objął 61 skrzyżowań. Łącznie z Systemem Zarządzania Komunikacją Miejską, system ten kosztował

10,5 mln złotych (nie licząc prac budowlanych na skrzyżowaniach). Istniejące sterowniki można podłączać do systemu przy pomocy modułu SOTU.

Jeśli chodzi o rozbudowę Systemu ZR w Warszawie, firma ADT Fire and Security proponuje potraktowanie Pragi, jako oddzielnego obszaru sterowania i stworzenie dla niego nowego systemu sterowania w oparciu o system SCATS. Istniejące sterowniki można dostosować do pracy z nowym systemem przy pomocy modułów SOTU co znacznie obniży koszty. Jako pilotażowe wdrożenie systemu SCATS proponuje się ciąg ulic: Wał Miedzeszyński – Wybrzeże Szczecińskie – Wybrzeże Helskie, obejmujący 8 skrzyżowań. Proponuje się włączenie do nowego systemu także sterownika na Rondzie Waszyngtona, które jest częścią obecnego ZSZR.

W podsumowaniu autorzy przyznają, że chociaż system SCATS jest przygotowany do komunikacji z innymi systemami przez specjalny port ITS, to: „warunkiem takiej współpracy jest udostępnienie protokołów komunikacyjnych drugiego systemu”. Niewątpliwymi zaletami rozwiązań systemów sterowania składających się z elementów dostarczonych przez różnych producentów są:

- uniezależnienie miasta od jednego dostawcy systemu,
- możliwość zapewnienia konkurencyjności i wyboru dostawcy przy rozbudowie,
- możliwość wykorzystania atutów różnych systemów na różnych obszarach i w różnych warunkach ruchu,
- zwiększenie gamy różnego rodzaju rozwiązań ITS możliwych do współpracy z danym systemem ZR.

4.4 Propozycja firmy Siemens

Firma Siemens Sp. z o. o. przedstawiła swoją koncepcję w liczącym 16 stron dokumencie o tytule: „Propozycja rozbudowy Zintegrowanego Systemu Zarządzania Ruchem w Warszawie do roku 2012”. Na wstępie autorzy przyznają, że obecny System Sitraffic Scala nie wykorzystuje w pełni swojego potencjału: w systemie działa jedynie 37 sterowników sygnalizacji z maksymalnej liczby 250 sterowników, które można podłączyć przy pomocy protokołu OCIT. Możliwa jest też integracja informacji z innych systemów przy pomocy interfejsu komunikacyjnego OCPI (Open Content Provider Interface). Ze względu na mały obszar działania wpływ systemu na ruch w skali miasta jest niewielki co „wpływa istotnie na odbiór społeczny systemu”.

W dalszej części dokument zawiera propozycję rozbudowy systemu zarówno w zakresie funkcjonalnym jak i terytorialnym w perspektywie do roku 2012. W zakresie funkcjonalnym autorzy proponują niżej opisane działania.

- Wdrożenie modelu ruchu dla całej Warszawy w celu krótkoterminowego (15-30 min.) prognozowania ruchu. Wymaga to podłączenia do systemu około 200 stacji pomiarowych (istniejących lub nowych lokalizacji). Dzięki modelowi możliwa byłaby prezentacja przewidywanych warunków ruchu: stanu zatłoczenia, czasów przejazdu.
- Rozbudowa funkcjonalna strony internetowej systemu: wizualizacja warunków ruchu w całym mieście (z modelu j.w.), możliwość planowania podróży na podstawie przewidywanych czasów przejazdu, informacja o zdarzeniach drogowych.
- Instalacja 40 tablic informacyjnych (VMS) w punktach strategicznych na obszarze całego miasta.
- Automatyczna detekcja zdarzeń przy pomocy wideodetektorów VIP/T. Urządzenia te służą do wykrywania wypadków lub zatrzymanych pojazdów i powinny być w pierwszym rzędzie instalowane np. na mostach.
- Opracowanie zasad korzystania z danych archiwizowanych przez System w celu analiz ruchowych.
- Wprowadzenie możliwości wzajemnego korzystania ze swoich kamer przez Centrum Zarządzania Ruchem i Centrum Zarządzania Kryzysowego (Policję).

W zakresie rozbudowy terytorialnej autorzy proponują włączenie do systemu sterowania ruchem następujących ośmiu korytarzy:

- Wał Miedzeszyński - Wybrzeże Szczecińskie - Wybrzeże Helskie (12 skrzyżowań)
- ul. Żwirki i Wigury (11 skrzyżowań)
- Al. Niepodległości (12 skrzyżowań)
- ul. Marszałkowska (9 skrzyżowań)
- Al. Sikorskiego - Dolina Służewiecka (9 skrzyżowań)
- Al. Solidarności - ul. Radzymińska (10 skrzyżowań)
- Al. Waszyngtona (5 skrzyżowań)
- ul. Grójecka (7 skrzyżowań)

4.5 Porównanie propozycji i wnioski

Jak wspomniano na wstępie, porównanie propozycji rozbudowy Systemu ZSZR przedstawionych przez firmy: Peek Traffic, ADT Fire and Security oraz Siemens jest o tyle utrudnione, że każda ma nieco inny zakres i format. Tablica 4.1 przedstawia zestawienie najważniejszych cech propozycji trzech firm.

Tabela 4.1 Porównanie propozycji trzech firm

Dostawca	Peek Traffic	ADT Fire and Security	Siemens
System sterowania	UTOPIA/SPOT	SCATS	MOTION
Używane protokoły	Protokół udostępniany przez firmę Mizar, TCP/IP, w niektórych sterownikach także OCIT	?	OCIT, VDV
Możliwość podłączenia sterowników innych dostawców	Tak	Tak, z modulem SOTU	Tylko wyposażone w moduł MX
Propozycja rozbudowy sterowania ruchem	Nowy serwer	Nowy serwer	Podłączanie nowych sterowników do istniejącego systemu
Zasięg terytorialny	Obszar określony ogólnie: Centrum oraz korytarze	Praga, obszar pilotażowy 8 skrzyżowań	8 korytarzy, 72 skrzyżowania
Nowe funkcje	Model ruchu do analiz sieci drogowej i wspomaganie decyzji - wyspecjalizowana jednostka Centrum		Model ruchu dla całej Warszawy, 40 tablic VMS, wykrywanie zdarzeń

Jakkolwiek w każdej z przedstawionych propozycji są pewne cenne elementy, żadna z nich nie obejmuje całej Warszawy czyli nie przedstawia wizji docelowego Systemu ZR. Propozycja firmy ADT Fire and Security wdrożenia pilotażowego na korytarzu z ośmioma skrzyżowaniami nie wydaje się wystarczająca dla przetestowania systemu SCATS. Należy również zauważyć, że SCATS jest systemem o scentralizowanej metodzie sterowania a więc innej niż stosowane w metodach MOTION i UTOPIA.

W propozycjach firm Siemens oraz Peek Traffic przejawia się troska o pełne wykorzystanie przez miasto zakupionych już licencji na podłączenie do istniejącego systemu 250 sterowników. Niezależnie od tego, Peek proponuje równoległe wdrożenie nowego serwera z metodą sterowania UTOPIA/SPOT. Wykonalność takiego rozwiązania zależy od możliwości połączenia i efektywnej wymiany informacji przez obydwa serwery.

Zarówno Peek jak i Siemens podkreślają potrzebę wdrożenia modelu ruchu dla całej Warszawy, który mógłby służyć do analiz sieci, testowania strategii sterowania oraz do wykonywania krótkoterminowych prognoz ruchu. W koncepcji Siemens pojawia się ponadto cenna propozycja wdrożenia modułu wykrywania zdarzeń.

5 Wieloaspektowa analiza możliwości rozwoju Systemu

5.1 Aspekt jednorodności (unifikacji)

Przy planowaniu rozbudowy istniejącego Systemu, rozważone powinny być następujące dwa warianty struktury systemu:

- jednorodny System dla całego obszaru Warszawy;
- System niejednorodny, z dwoma lub większą liczbą podsystemów pochodzących od różnych dostawców. Nowe podsystemy służyłyby do zarządzania ruchem w kolejnych obszarach i/lub korytarzach.

Każdy wariant ma swoje wady i zalety, co pokazuje Tabela 5.1. Dywersyfikacja dostawców jest niewątpliwie pożądana dla Miasta, jednakże przed podjęciem takiej decyzji konieczne jest upewnienie się, czy współpraca systemów jest wykonalna pod względem technicznym (protokoły wymiany informacji) oraz organizacyjnym (deklaracje współpracy dostawców). Sprawdzeniu kompatybilności technicznej mogłaby służyć proponowana w niniejszym opracowaniu stacja testowa, pozwalająca na podłączanie do Systemu i testowanie sterowników różnych producentów.

Stanowisko testowe utworzone w niezależnym laboratorium pozwoliłoby na przeprowadzanie testów zgodności sterowników z Systemem. Stanowisko takie mogłoby powstać na podstawie ustalonej procedury sprawdzenia zgodności..

Tabela 5.1 Porównanie wariantów struktury Systemu

Wariant struktury systemu	Zalety	Wady
Struktura jednorodna (System Siemens'a)	kompatybilność podsystemów, urządzeń i protokołów większa łatwość obsługi i szkolenia personelu	uzależnienie od jednego dostawcy wyższy koszt rozbudowy
Struktura niejednorodna	dywersyfikacja dostawców – potencjalnie niższe ceny, możliwość włączenia polskich producentów większa efektywność – lepsze dostosowanie metod sterowania do potrzeb	trudności w komunikacji i integracji systemów większa trudność obsługi i szkolenia personelu

5.2 Aspekt otwartości – architektura systemu

System ZSZR podzielony jest na 4 warstwy. Pierwszą z nich jest warstwa Urzędzeń drogowych, na które składają się następujące urządzenia:

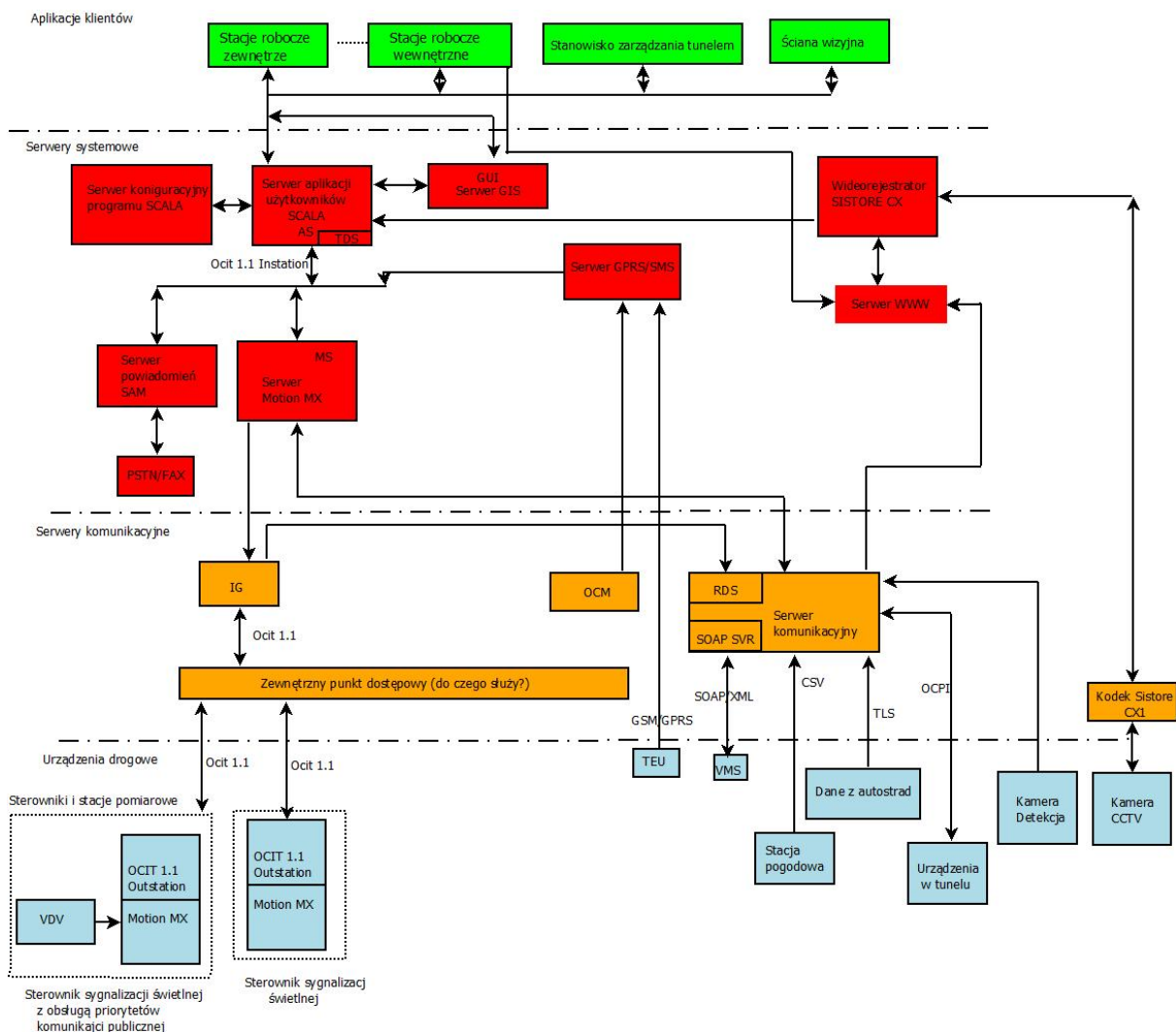
- sterowniki sygnalizacji świetlnej z obsługą priorytetów dla komunikacji publicznej (obecnie tylko tramwaje) – wyposażone w otwarty protokół VDV R09.16, obsługę protokołu komunikacyjnego OCIT 1.1 Outstation oraz moduł Motion MX umożliwiający sterownikowi realizację programów sterowania przez algorytm MOTION;
- sterowniki sygnalizacji świetlnej bez obsługi priorytetów dla komunikacji publicznej – wyposażone w obsługę protokołu komunikacyjnego OCIT 1.1 Outstation oraz moduł Motion MX umożliwiający sterownikowi realizację programów sterowania przez algorytm MOTION;
- stacje pomiarowe TEU (Traffic Eye Universal) – komunikujące się poprzez zamknięty protokół z serwerem Sitraffic Scala poprzez moduł GPRS/SMS;
- znaki zmiennej treści – wyposażone w interfejs SOAP/XML, który jest nieodpłatnie udostępniany na życzenie każdemu producentowi tablic i znaków zmiennej treści;
- stacje pogodowe – stacje pogodowe wymieniają informacje wykorzystując format CSV (Comma-Separated Values);
- dane z urzędzeń autostradowych – wyposażone są obsługą protokołu TLS (Technical Specifications for section stations);
- urządzenia znajdujące się w tunelu pod Wisłostradą - dane wymieniane pomiędzy systemem zarządzania tunelem (z wykorzystaniem programu SCADA)⁵ a serwerem komunikacyjnym wymieniane są w postaci protokołu OCPI (Open Content Provider Interface), definiującym strukturę danych jakie mają być wymieniane w formacie XML i mechanizm przesyłania danych według SOAP;
- kamery detekcji – przesyłają dane do serwera komunikacyjnego, który przekształca je na dane zgodne z serwerem Motion MX;
- kamery monitoringu wideo – umożliwiając podgląd, przesyłają cyfrowy obraz do wideo rejestratorów, gdzie jest on zapisywany i przetrzymywany przez 30 dni, po czym nadpisywany;

⁵ Supervisory Control and Data Acquisition - uniwersalne oprogramowanie stosowane w automatyzacji różnych obiektów

Ramowa koncepcja kontynuacji rozwoju Zintegrowanego Systemu Zarządzania Ruchem (ZSZR) w Warszawie

- wyposażenie pojazdów TP w urządzenia – komputery pokładowe umożliwiające predykcję czasu przejazdu do skrzyżowania (wybór sterowania zapewniającego priorytet) oraz łączności ze sterownikami.

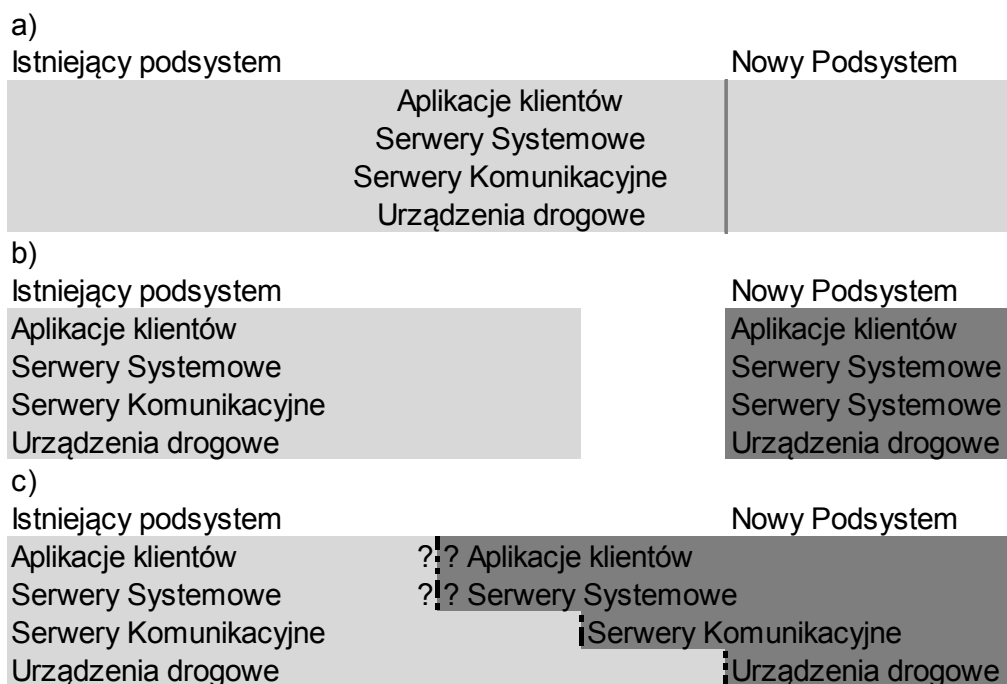
Drugą warstwą systemu są serwery komunikacyjne, pełniące rolę „konwertera protokołów”, umożliwiając aplikacji Sitraffic Scala komunikację z urządzeniami drogowymi. Serwery systemowe będące w trzeciej warstwie umożliwiają dostęp operatorom do funkcji zarządzania ZSZR. Tutaj znajduje się m.in. serwer aplikacji Scala oraz serwer GIS. Warstwa ta służy także do gromadzenia i przechowywania danych. Podgląd i ingerencja w parametry systemu (warstwa 4) jest zapewniona dzięki konsolom operatorskim. Dzięki podzieleniu ZSZR na 4 funkcjonalne warstwy i ich analizie przez zespół projektowy inni producenci urządzeń lub systemów ITS mogą w łatwy sposób określić w którym miejscu mogą się podłączyć, aby zapewnić wymianę danych z istniejącym Systemem.



Rys. 5.1 Istniejąca architektura ZSZR

5.3 Aspekt integracji funkcjonalnej

Przy założeniu maksymalnego wykorzystania istniejących zasobów ZSZR i objęcia jednorodnym systemem całego obszaru ZSZR żaden kluczowy podsystem⁶ nie może zostać dołączony i zintegrowany bez udziału dostawcy Sitraffic Scala, co najmniej ze względu na zamkniętość protokołów w warstwie serwerów systemowych i wspólny interfejs wszystkich podsystemów (warstwa "Aplikacje klientów").



Rys. 5.2. Warianty dołączenia nowego podsystemu

Drugą możliwością przy niejednorodnym systemie w mieście jest dołączenie innych podsystemów równolegle w sposób niezależny od systemu Sitraffic i z nim niezintegrowany. Za wyborem takiego rozwiązania może przemawiać niewielki obszar objęty obecnym systemem. Niestety należy też pamiętać, że obszar ten jest obszarem centralnym, który powinien zostać zintegrowany z otoczeniem. Wprowadzanie do Systemu pewnych nowych funkcjonalności, które nie są kluczowe, takich jak np. śledzenie ładunków niebezpiecznych, itp. może odbywać się poza systemem Sitraffic Scala.

⁶ Wyjątkiem jest system naprowadzania na parkingi

Trzecią możliwością jest dołączenie innych podsystemów w sposób zachodzący na siebie. Przykładowo zarówno Sitraffic Scala (do realizacji strategii sterowania ruchem TASS) jak i system informacji o ruchu pojazdów transportu publicznego w mieście mogłyby korzystać z tych samych informacji przekazywanych przez pojazdy TP przez protokół VDV R09.16. Innym przykładem może być podłączenie urządzeń obsługujących protokoły takie jak np. OCIT 1.1, VDV R09.16, SOAP/XML do realizacji programów sterowania, a informacja o ruchu przekazywana dla podróżnych może być otwartym formacie XML.

W pierwszym wypadku mamy do czynienia ze ściślejszą integracją funkcjonalną z systemem, natomiast w trzecim stopień powiązania/integracji będzie mniejszy, a w drugim systemy nie będą zintegrowane .

Wybór drugiej możliwości wiąże się z budową i eksploatacją nowego interfejsu (lub wielu interfejsów), a także rozbudową o urządzenia systemowe/komunikacyjne. W efekcie otrzymujemy drugi niezależny, niezintegrowany obszarowo system, aczkolwiek działający poprawnie w zakresie danego, nowego podsystemu. W tym rozwiązaniu w jednym obszarze niektóre funkcje mogą się dublować.

Wybór trzeciej możliwości niesie ze sobą nowe szanse i nowe zagrożenia. Z jednej strony pozwala na dostęp do nowych funkcjonalności, oferowanych przez różnych dostawców z drugiej jednak niesie ze sobą ryzyko niewłaściwej integracji danego nowego podsystemu na całym obszarze ZSZR.

Wydaje się, że pierwszy wariant ma najwięcej zalet (czytelny schemat organizacyjny, szybszy przepływ informacji, zintegrowana baza danych) i powinien być preferowany. Wachlarz wyboru nowych podsystemów jest jednak bardzo szeroki (Patrz Tabela 5.2.). W przypadku każdego nowego podsystemu przed wyborem możliwości jego realizacji należy zdefiniować, czy podsystem może funkcjonować samodzielnie, czy też potrzebuje integracji funkcjonalnej. W przypadku konieczności integracji podsystemów trzeba bardzo szczegółowo wyspecyfikować oczekiwaną funkcjonalność zintegrowanych systemów, a następnie zbadać w jaki sposób można ją osiągnąć (np.: wyjaśnienie z dostawcą systemu Sitraffic Scala zasad ewentualnego udostępnienia protokołów, lub informacji itp.). Nie bez znaczenia są również aspekty eksploatacji nowego podsystemu.

Tabela 5.2. Przykładowe możliwości implementacji nowych funkcjonalności

Podsystem	Funkcje	Możliwy, dodatkowy zakres integracji i implementacji wybranych funkcjonalności
Sterowanie ruchem	Metoda sterownia ruchem	Patrz punkty 4.5., 5.1. i 5.2.
	Priorytet dla pojazdów TP	Rozszerzenie podsystemu
	Monitoring pracy urządzeń	Automatyczne powiadamianie obsługi technicznej i administratorów np. generowany e-mail (obecnie w fazie realizacji).
Zarządzanie Zdarzeniami	Wideodetekcja	Podgląd i archiwizacja obrazu z kamer wideodetekcji. Automatyczne wykrywanie zdarzeń, Udostępnienie funkcji dla policji.
	Monitoring wizyjny	Wykrywanie zdarzeń, możliwe wykorzystanie istniejących i przyszłych kamer służących do monitoringu. Udostępnienie funkcji dla policji. Automatyczna rejestracja zdarzeń.
Informowanie o warunkach ruchu i środowiska	Informacje o zdarzeniach	Automatyczne i manualne generowanie komunikatów w predefiniowanych sytuacjach
	System informacji o warunkach środowiska	Automatyczne i manualne wyświetlanie komunikatów w zdefiniowanych przypadkach na VMS-ach
	Dynamiczne informacje o ruch pojazdów TP	Informacje w odchyleniach rozkładu jazdy na podstawie analizy ruchowej i prognozy krótkoterminowej
	Podsystem naprowadzania na wolne miejsca parkingowe	Informacje o wolnych miejscach parkingowych na parkingach kubaturowych. Budowa podsystemu

5.4 Aspekt realizacyjny (wykonawczy)

Należy rozważyć dwie metody rozszerzania terytorialnego zakresu Systemu:

- krok po kroku (np. dodając kolejne skrzyżowania);
- dodawania kolejnych obszarów/korytarzy.

Obie metody nie wykluczają się wzajemnie i można stosować je równolegle, w miarę pojawiających się możliwości finansowania rozbudowy Systemu. Rozszerzanie polegające na dodawaniu całych obszarów można stosować, jeżeli jest możliwość pozyskania finansowania zewnętrznego dla takiego dużego projektu. Natomiast metoda krok po kroku ma zastosowanie, np. gdy następuje remont/przebudowa trasy/ciągu i związana z tym modernizacja urządzeń sterowania. Można wykorzystać tę okazję do wymiany sterowników i podłączenia ich do Systemu.

Aspekty wdrożeniowe systemu sterowania i zarządzania ruchem w Warszawie powinny być przedmiotem analiz nie tylko w perspektywie EURO 2012, ale przede wszystkim stanu docelowego, to jest objęcia systemem wszystkich istotnych fragmentów miasta:

- badania efektywności sterowania na modelu sieci, jako miernik poziomu jakości sterowania w postępowaniu przetargowym oraz oceny efektów uzyskanych po wdrożeniu systemu (badania „przed i po”);
- dywersyfikacja dostawców (co najmniej dwóch) sprzyja jakości (konkurencyjność zamiast pozycji monopolistycznej jednego dostawcy) uzyskiwanych rozwiązań, przy stosunkowo niewielkich nakładach integracyjnych w CZR, która przy obecnym poziomie rozwoju systemów komputerowych jest niewątpliwie możliwa i stosowana,
- nie bez znaczenia w obecnej sytuacji Warszawy jest też możliwość równoczesnego wdrażania systemu sterowania i zarządzania ruchem w dwóch i więcej fragmentach miasta przez kilku dostawców, co znakomicie przyspieszy jego rozwój i przyczyni się do osiągnięcia stanu docelowego w perspektywie około 10-ciu lat, wyjście poza którą, może zdezaktualizować całość przedsięwzięcia (ITS trzeciej generacji, wymiana informacji pojazd-pojazd i pojazd-infrastruktura).

5.5 Aspekt bezpieczeństwa

5.5.1 System Zarządzania Bezpieczeństwem Informacji

Zintegrowany System Zarządzania Ruchem zbiera, przetwarza, przechowuje i dystrybuuje dane, które mają znaczenie strategiczne w zarządzaniu i sterowaniu ruchem w mieście. Są to m.in. dane ruchowe, dane z kamer CCTV, pogodowe i środowiskowe. Ze względu na rolę jaką pełni ZSZR w mieście Warszawa, w kolejnych etapach rozszerzenia ZSZR wprowadzenie systemu zarządzania bezpieczeństwem informacji (SZBI) jest jednym z kluczowych zadań.. W celu zapewnienia wysokiego poziomu bezpieczeństwa należy opracować dokument „Polityka Bezpieczeństwa Informacji” (PBI), który określi, zgodnie z

obowiązującymi przepisami prawa, normami i regulacjami wewnętrznymi, zasady bezpiecznego zarządzania informacją. W skład PBI wchodzi m.in. definicje ogólnych i szczegółowych obowiązków w odniesieniu do zarządzania bezpieczeństwem informacji, klasyfikacja informacji (z uwzględnieniem ich wartości, wymagań prawnych i krytyczności dla ZSZR), konsekwencje naruszenia PBI (jasne zdefiniowanie obszarów i odpowiedzialności, co sprowadza się do opracowania procedur, które określają, kto i kiedy ma dostęp do danych elementów systemu lub innych jednostek jak np. policja czy straż pożarna oraz jak powinny być zgłaszane występujące incydenty), określenie ryzyka związanego z dostępem stron zewnętrznych (bezpieczeństwo zasobów ludzkich), zasady korzystania z poczty elektronicznej, Internetu i urządzeń przenośnych. Celem nadrzędnym opracowania Polityki Bezpieczeństwa Informacji jest zapewnienie możliwości prawidłowego działania z ryzykiem ograniczonym do minimum.

W opracowaniu Polityki Bezpieczeństwa Informacji należy brać pod uwagę Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 11 października 2005 r. w sprawie minimalnych wymagań dla systemów teleinformatycznych. Stwierdzono tam:

§3.1 „Podmiot publiczny opracowuje, modyfikuje w zależności od potrzeb oraz wdraża politykę bezpieczeństwa dla systemów teleinformatycznych używanych przez ten podmiot do realizacji zadań publicznych” oraz (pkt 2), iż „przy opracowaniu polityki bezpieczeństwa (...), podmiot publiczny powinien uwzględniać postanowienia Polskich Norm z zakresu bezpieczeństwa informacji.” Minimalny zestaw norm w tym zakresie obejmuje:

1. PN-ISO/IEC 27001:2007
Technika informatyczna -- Techniki bezpieczeństwa -- Systemy zarządzania bezpieczeństwem informacji -- Wymagania
2. PN-I-13335-1:1999
Technika informatyczna -- Wytyczne do zarządzania bezpieczeństwem systemów informatycznych -- Pojęcia i modele bezpieczeństwa systemów informatycznych
3. PN-ISO/IEC 17799:2007
Technika informatyczna -- Techniki bezpieczeństwa -- Praktyczne zasady zarządzania bezpieczeństwem informacji

5.5.2 System łączności

System łączności jest krytycznym zasobem, którego awaria może przyczynić się do przerwania funkcjonowania Zintegrowanego Systemu Zarządzania Ruchem. W Systemie łączności należy wyróżnić 5 następujących warstw:

- 1 warstwa urządzeń końcowych, która będzie obsługiwać urządzenia podsystemu obszarowego sterowania ruchem, monitorowania ruchu, tablice elektroniczne o zmiennej treści, kamery monitoringu, itp.;
- 2 warstwa dostępową, która zbiera informację z urządzeń końcowych;
- 3 warstwa operatora łączności, która stanowi zespół usług oferowanych przez operatora telekomunikacyjnego zarówno zewnętrznego (komercyjnego), jak i wewnętrznego – wydzielona infrastruktura na potrzeby ZSZR;
- 4 warstwa dystrybucji, która zbiera informację z urządzeń dostępowych;
- 5 warstwa zarządzająca, która obejmuje wszelkie aplikacje związane z funkcjonowaniem pozostałych podsystemów, a także zarządzająca dostępem do urządzeń.

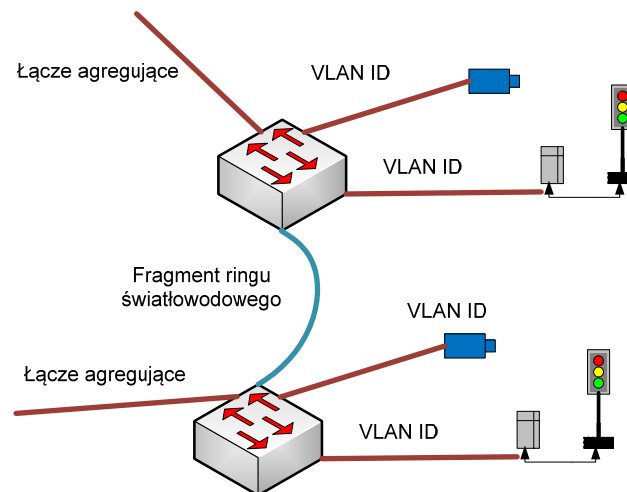
W warstwie operatora, do rozbudowy systemu łączności, proponuje się wykorzystanie światłowodowej łączności przewodowej jako podstawowego medium transmisyjnego (przełączniki połączone w pierścień światłowodowy). W przypadku, gdy nie ma możliwości wykorzystania wydzielonego połączenia światłowodowego można zastosować inne media transmisyjne (rysunek 5.3).

Uzasadnieniem wykorzystania w pierwszej kolejności łącz światłowodowych jest to, iż dają one możliwość zastosowania **konfiguracji pierścieniowych** (inaczej **ringów światłowodowych**) charakteryzujących się:

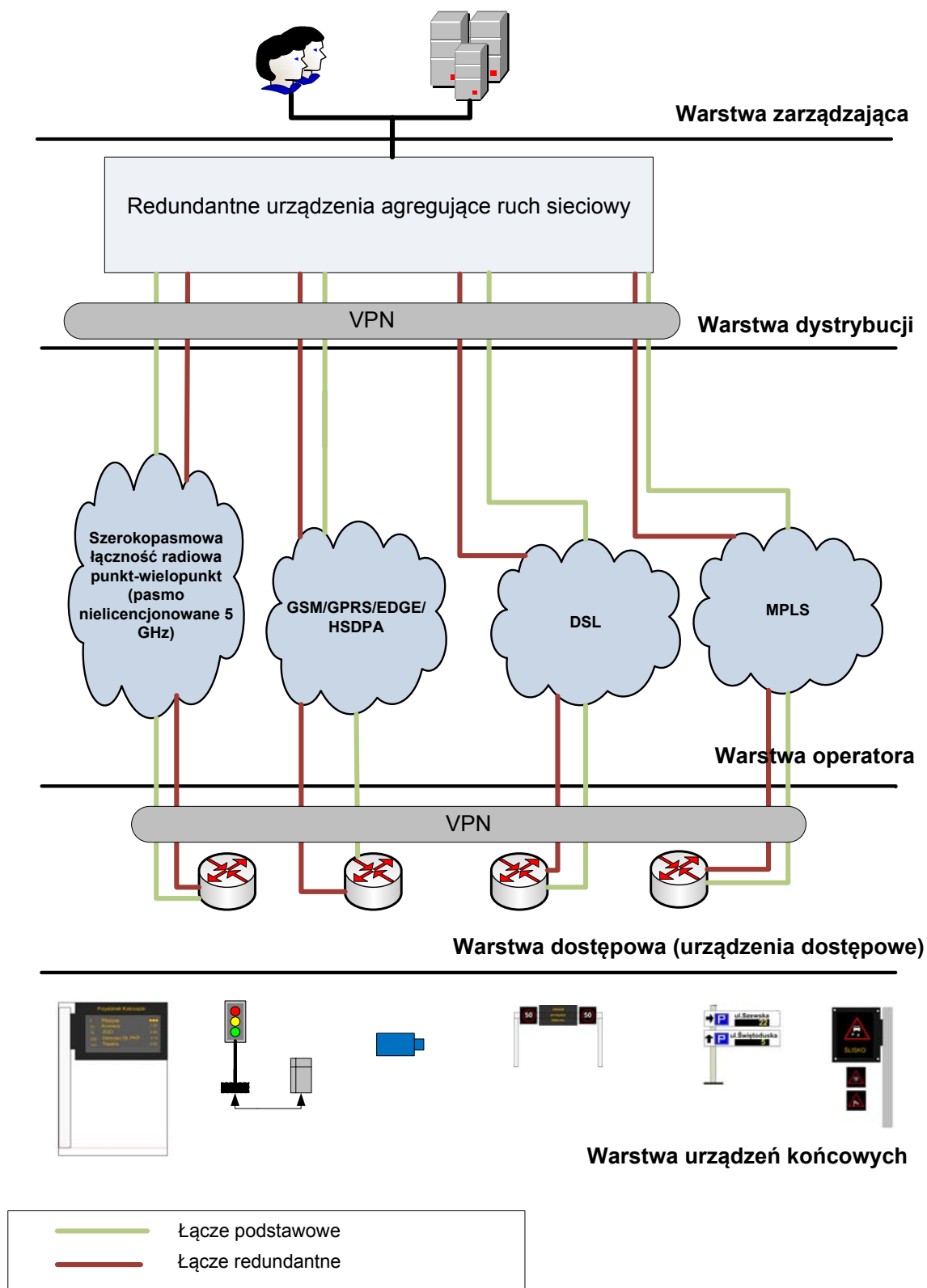
- wysokim poziomem niezawodności, co jest szczególnie ważne przy znacznych przepustowościach łącz i związanej z tym potrzebie zabezpieczenia przed możliwością utraty dużej ilości ważnych danych;
- samonaprawialnością, polegającą na szybkim przywróceniu przepustowości pierścienia zaraz po wystąpieniu awarii jego elementu;
- możliwością rekonfiguracji w bardzo krótkim czasie.

Dodatkowym argumentem przemawiając na korzyść wydzielonej łączności światłowodowej jest fakt, iż jako urządzenia (w warstwie dostępowej) można stosować przełączniki Ethernet

(mniejszy narzut informacji oraz łatwiejsze skalowanie sieci poprzez wykorzystanie sieci VLAN, serwera uwierzytelniającego RADIUS, list ACL i protokołów IGMP snooping, RSTP/MSTP, SNMP v3 oraz mechanizmów QoS). W przypadku zastosowania łączy dzierżawionych istnieje konieczność zastosowania routerów, które zapewniając równie wysoki stopień bezpieczeństwa (poprzez sieć VPN i monitorowanie urządzeń poprzez protokół SNMP v3), powodują większe obciążenie łącza oraz zwiększenie czasu zbieżności w przypadku awarii. W szczególnych przypadkach routery można traktować jako punkty agregujące ruch ze skrzyżowań połączonych ze sobą ringiem światłowodowym, a mających łącze poprzez sieć publiczną. Rysunki znajdujące się poniżej przedstawiają sposób wykorzystania łączy światłowodowych oraz łączy alternatywnych.



Rys. 5.3 Podłączenie urządzeń z wykorzystaniem wydzielonego medium światłowodowego



Rys. 5.4 Sposób wykorzystania alternatywnych systemów łączności

5.6 Aspekt efektywności

Efektywność systemu sterowania i zarządzania ruchem jest pojęciem złożonym i odnosi się co najmniej do kilku funkcji systemu:

- sterowanie lokalne - fazowe czy grupowe, stała sekwencja faz czy generowana na bieżąco?
- koordynacja ruchu – sztywna czy elastyczna, liniowa czy obszarowa (choćby układ rozgałęziony Y)?
- priorytet dla TP – lokalny czy systemowy, w powiązaniu z dynamicznym rozkładem jazdy (ang. scheduling) i zarządzaniem ruchem pojazdów TP?
- sterowanie i zarządzanie przepływami – bramkowanie lokalne czy systemowe, rozłożone w czasie i przestrzeni?
- wyznaczanie stanu ruchu w sieci ulic – tylko bieżącego, czy także predykcja w horyzoncie czasowym od 15 do 30 min na „szybkim” modelu ruchu?

W systemach komputerowych rozproszonych istnieje trend rozwojowy lokalizujący możliwie jak najwięcej inteligencji jak najniżej, poprzez dekompozycję algorytmów sterowania i zarządzania procesem. Ruch uliczny niewątpliwie do takich procesów należy i w nowszych metodach sterowania i zarządzania tym procesem stosuje się coraz bardziej inteligentne sterowniki lokalne - SL (np. SCOOT scentralizowany, a zdecentralizowana UTOPIA (SPOT), realizujące zasadniczo ten sam algorytm Milera, ale na różnych poziomach), pozostawiając na poziomie centralnym funkcje optymalizacji koordynacji (stabilizacji) i zarządzania dynamicznego. Systemy zdecentralizowane cechuje też większa odporność na zakłócenia oraz niezawodność, gdyż SL mogą wymieniać dane pomiędzy sobą bez pośrednictwa centrali, utrzymując np. koordynację ruchu w pewnym fragmencie sieci (trzecia generacja ITS), pomimo braku reakcji CZR.

Jednym z coraz ważniejszych zadań systemów sterowania i zarządzania ruchem w miastach jest wpływanie na rozkład przestrzenny ruchu w sieci ulic, szczególnie w warunkach zatłoczenia. Poza sterowaniem maksymalizującym przepustowość krytycznych skrzyżowań i odcinków sieci, należy dążyć do równoważenia obciążeń tras alternatywnych, a gdy to nie wystarcza do ograniczania dopływów (np. przez „bramkowanie”) poprzez stopniową akumulację pojazdów indywidualnych w strefach wlotowych przesyconych obszarów (systemy kolejkowe masowej obsługi). Do przesyceń dochodzi nie tylko na skutek zbyt dużych dopływów głównych, ale także niekontrolowanych dopływów bocznych, co wymaga szybkiej reakcji na zatłoczenie (ze względu na opóźnienia transportowe) i stąd powinna być

realizowana na poziomie SL, pomiędzy najbliższym otoczeniem skrzyżowań krytycznych (w tym na rozwidleniach arterii Y) ograniczająca dopływy boczne, jak i do dalszych skrzyżowań ograniczających dopływy główne, ewentualnie, w tym przypadku, za pośrednictwem CZR.

Realizacja efektywnego priorytetu systemowego dla TP wymaga przesyłania informacji o położeniu tramwaju i autobusu TP nie tylko do najbliższych SL, ale i dalszych SL (nie koniecznie poprzez CZR) oraz dynamicznego podejmowania decyzji dyspozytorskich w sytuacjach znacznego rozregulowania. Uzyskany dzięki temu wzrost jakości (regularność i punktualność) transportu publicznego winien przyczynić się do wzrostu zainteresowania podróżujących TP (także w modzie mieszanym P&R – wzrastająca rola systemu parkingów buforowych na obrzeżach śródmieścia i naprowadzania kierowców do wolnych miejsc postojowych), skutkujące poprawą rozkładu modalnego ruchu oraz zmniejszeniem zatłoczenia.

Uzyskanie wyższych funkcji zarządzania ruchem wymaga predykcji ruchu na „szybkim” jego modelu, w celu dostarczania informacji o spodziewanych stanach ruchu w sieci ulic z wyprzedzeniem czasowym. Wymaga to wykorzystania nie tylko danych z bieżących pomiarów, ale także prognozy z „szybkiego modelu”. Umożliwia to bardziej efektywne dynamiczne sterowanie i zarządzanie ruchem, zarówno bierne (informacja dla kierowców i pasażerów) jak i czynne (np. bramkowanie), zapobiegające niekorzystnym tendencjom. Szerzej winna być także wykorzystywana detekcja wideo, która staje się tańsza i łatwiejsza w utrzymaniu od pętli indukcyjnych, dostarczając więcej informacji o stanach ruchu, nie tylko w przekrojach drogi, ale przede wszystkim przestrzenną, trudną do uzyskania i kosztowną w systemach tradycyjnych.

5.7 Podsumowanie analizy

Tabela 5.2 stanowi podsumowanie analizy wieloaspektowej przeprowadzonej w tym rozdziale. Przedstawiono w niej trzy możliwe warianty rozbudowy systemu, które można z punktu widzenia stosowanych metod sterowania ruchem scharakteryzować następująco:

- **Sittraffic Scala - kontynuacja** – wariant ten oznacza rozbudowę obecnego jednorodnego systemu i stosowania metody optymalizacji sterowania Motion.
- **Sittraffic Scala i inne** - wariant ten może oznaczać wdrożenie obok systemu Siemens a także innych systemów sterowania na mniejszych obszarach/korytarzach. Firmy, które mogą dostarczać sprzęt i/lub metody sterowania to: Siemens, PEEK, SBH, Gevas, Vialis,

prawdopodobnie ZIR z Bytomia a w przyszłości być może także inni polscy producenci. Sterowniki te byłyby zgodne z OCIT 1.1.

- **Sitraffic Scala i drugi, dominujący system** - wariant ten oznacza wdrożenie obok systemu Siemens'a innego równoważnego systemu sterowania. Może to oznaczać podział Warszawy na prawobrzeżną (np. ADT & SCATS) i lewobrzeżną (Siemens & MOTION). Firmy, które mogą dostarczać sprzęt i/lub metody sterowania to: Siemens, PEEK, SBH, Gevas, Vialis, prawdopodobnie ZIR z Bytomia a w przyszłości być może także inni polscy producenci. Sterowniki te byłyby zgodne z OCIT 1.1.

W Tabeli 5.3 pokazano ranking wariantów A, B i C (1 = wariant najgorszy, 3 = wariant najlepszy) pod względem: poziomu dywersyfikacji dostawców sterowników, dywersyfikacji metod sterowania, łatwości przeprowadzania przetargów oraz łatwości obsługi Centrum ZR. Jakkolwiek ranking wariantów w poszczególnych aspektach może być przedmiotem dalszych dyskusji, podsumowanie wyników wydaje się wskazywać na wyższość wariantów B i C nad wariantem A.

Tabela 5.3 Podsumowanie analizy wieloaspektowej

macierz aspektów		warianty					
		A.		B.		C.	
		Sittraffic Scala kontynuacja		Sittraffic Scala i inne		Sittraffic Scala i drugi, dominujący	
		t	n	t	n	t	N
jednorodność	jeden system/metoda sterowania 1)	■			■		■
	wiele systemów/metod sterowania		■	■		■	
otwartość	tylko standardy otwarte (VDV SOAP)		■		■		■
	standardy otwarte oraz OCIT	■		■			■
	standardy otwarte + MOTION i OCIT	■			■		■
integracja funkcjonalna	nowe funkcjonalności w SiSCALA 2)	■			■		■
	nowe funkcjonalności poza SiSCALA 3)	■		■			■
realizacja	całe obszary	■		■		■	
	skrzyżowania krok po kroku	■		■		■	
bezpieczeństwo	własny system łączności 4)	■		■		■	
	różne, zewnętrzne systemy łączności		■		■		■
Poziom dywersyfikacji dostawców sterowników		1		2		3	
Poziom dywersyfikacji metod sterowania		1		3		2	
Łatwość przeprowadzania przetargów		1		3		2	
Łatwość obsługi Centrum ZR		3		1		2	

1. system/metoda sterowania (*control method*) - np. SCOOT, SCATS, MOTION, Utopia/SPOT dla kolejnych obszarów/korytarzy ZSZR
2. SiSCALA - system ZR firmy Siemens, działający w Warszawie
3. nowe funkcjonalności poza SiSCALA - np. system naprowadzania na wolne miejsca parkingowe dla wszystkich obszarów/korytarzy ZSZR
4. własny system łączności - zamknięty system łączności, zbudowany wyłącznie na potrzeby ZSZR

Wszystkie trzy warianty nie różnią się między sobą w aspektach realizacji oraz bezpieczeństwa. W sposób oczywisty wariant A jest najbardziej jednorodny oraz najlepiej zintegrowany funkcjonalnie w porównaniu do B i C. Największe różnice widoczne są w aspekcie otwartości: wariant C jest najbardziej otwarty (używane są tylko standardy otwarte), wariant B jest częściowo otwarty (standardy otwarte + OCIT), a wariant A najmniej (Standardy OCIT oraz Motion MX). Biorąc pod uwagę fakt, że prawie 300 sterowników w Warszawie posiada już możliwość implementacji protokołu OCIT (patrz Tabela 2.1), wydaje się że nie ma wariant B nie ma istotnej przewagi nad wariantem C.

6 Wariantowe koncepcje rozwoju systemu

6.1 Uwarunkowania tworzenia koncepcji

Przy formułowaniu wariantów rozwoju Systemu wzięto pod uwagę wyniki analiz:

- procesu tworzenia zainstalowanego Zintegrowanego Systemu Zarządzania Ruchem (ZSZR) – etap I;
- aktualności opracowanego w 2004 roku Studium Wykonalności, które było podstawą dalszych prac koncepcyjnych i procesu podejmowania decyzji;
- efektywności zainstalowanego systemu, eksploatowanego przez Zarząd Dróg Miejskich;
- propozycji dalszego rozwoju ZSZR, nadesłanych do Biura Drogownictwa i Komunikacji U.M. st. Warszawy (BDiK) przez dostawców urządzeń: Peek Traffic, ADT Fire and Security, Siemens;
- zamierzeń inwestycyjnych zapisanych w WPI oraz w planach innych jednostek i spółek miejskich (ZTM, ZDM, Tramwaje Warszawskie), w tym przebudowy skrzyżowań i sygnalizacji świetlnych, remontów/budowy torowisk tramwajowych oraz priorytetów dla tramwajów i autobusów.

Ważną przesłanką do sformułowania propozycji rozwoju ZSZR są także sformułowania dotyczące kierunków rozwoju systemu transportowego miasta, zawarte w akceptowanej przez Radę Miasta „Strategii Zrównoważonego Rozwoju Systemu Transportowego Warszawy do 2015 roku i na lata kolejne...”⁷ i innych dokumentach strategicznych. Znajdują się następujące stwierdzenia, dotyczące budowanego Zintegrowanego Systemu Zarządzania Ruchem (ZSZR)⁸:

„Z punktu widzenia funkcji, Zintegrowany System Zarządzania Ruchem będzie systemem otwartym. Przewiduje się uruchamianie poszczególnych podsystemów, w kolejnych latach, przy czym priorytetem będzie rozwój i efektywne sterowanie ruchem. Innymi elementami systemu będą:

- *podsystem informacji o sytuacji ruchowej dzięki zastosowaniu znaków zmiennej treści;*

⁷ Uchwała UCHWAŁA NR LVIII/1749/2009 RADY MIASTA STOŁECZNEGO WARSZAWY z dnia 9 lipca 2009 r. w sprawie Strategii Zrównoważonego Rozwoju Systemu Transportowego Warszawy do 2015 roku i na lata kolejne, w tym Zrównoważonego Planu Rozwoju Transportu Publicznego.

⁸ Punkt 2.6.12.

- *podsystem informacji o środowisku przy wykorzystaniu stacji pogodowych i tablic zmiennej treści;*
- *podsystem monitorowania i sterowania ruchem w obrębie tuneli;*
- *podsystem nadawania priorytetów dla komunikacji zbiorowej (tramwajów i autobusów);*
- *podsystem uprzywilejowania dla pojazdów specjalnych (np. karetki pogotowia, policja, straż pożarna itp.).*

W dalszej kolejności przewiduje się także wdrażanie:

- *podsystemu zarządzania parkingami;*
- *podsystemu powiadamiania o niebezpieczeństwie;*
- *podsystemu zarządzania robotami drogowymi.*

Po realizacji systemu w obszarach pilotowych, przewiduje się rozwój systemu, który stopniowo obejmie całe miasto. Przy etapowaniu dalszego rozwoju systemu uwzględnione będą potrzeby obsługi mistrzostw EURO 2012.”

Wśród zadań, w punkcie 4.3.3, dotyczącym rozwoju systemu drogowego⁹ znajduje się zadanie 4: „Lepsze wykorzystanie systemu transportowego poprzez wdrażanie systemów zarządzania ruchem”. W celu bardziej efektywnego wykorzystywania systemu drogowego „rozwijany będzie pod względem obszarowym i funkcjonalnym zintegrowany system zarządzania ruchem, docelowo obejmujący obszar całej Warszawy. Podkreślono, że „jedną z najważniejszych funkcji systemu będzie szybkie reagowanie w stanach awaryjnych (wypadki, kolizje, awarie) oraz informowanie użytkowników systemu o aktualnej sytuacji ruchowej w mieście. Możliwe będzie wykrywanie przeciążeń układu komunikacyjnego i odpowiednie reagowanie poprzez przygotowane specjalne strategie sterowania (np. ograniczanie dopływu ruchu do centrum miasta, ograniczanie ruchu na wybranych trasach drogowych, aktywne i dynamiczne sterowanie ruchem drogowym w stanach awaryjnych).” Uprzywilejowanie w ruchu pojazdów transportu publicznego (wraz z wprowadzeniem systemu zarządzania ruchem autobusów i tramwajów)” spowoduje „podwyższenie sprawności funkcjonowania transportu publicznego, głównie na tych trasach, na których występują najgorsze warunki ruchu autobusów i tramwajów. Kolejną funkcją Systemu będzie „zbieranie informacji o ruchu, zdarzeniach drogowych (wypadki, kolizje awarie, przeciążenia układu ulic), warunkach

⁹ Punkt 4.3.3. Zadania Strategii dotyczące rozwoju systemu drogowego Warszawy

atmosferycznych (np. gołoledź) i przekazywania informacji dla kierowców i służb miejskich. System monitorowania ruchu na wybranych kluczowych trasach, w tunelach i w newralgicznych punktach miasta umożliwi szybkie wykrywanie wypadków i incydentów wymagających interwencji oraz ostrzeganie i informowanie uczestników ruchu drogowego przez znaki o zmiennej treści. W przypadku ruchu tranzytowego możliwe będzie sterowanie przepływem ruchu poprzez system znaków/tablic zmiennowskazaniowych. W przypadku transportu materiałów niebezpiecznych możliwe będzie monitorowanie tras przejazdu, wprowadzanie ułatwień w ruchu, a także szybsze reagowanie w przypadku awarii.”

6.2 Funkcje i struktura systemu

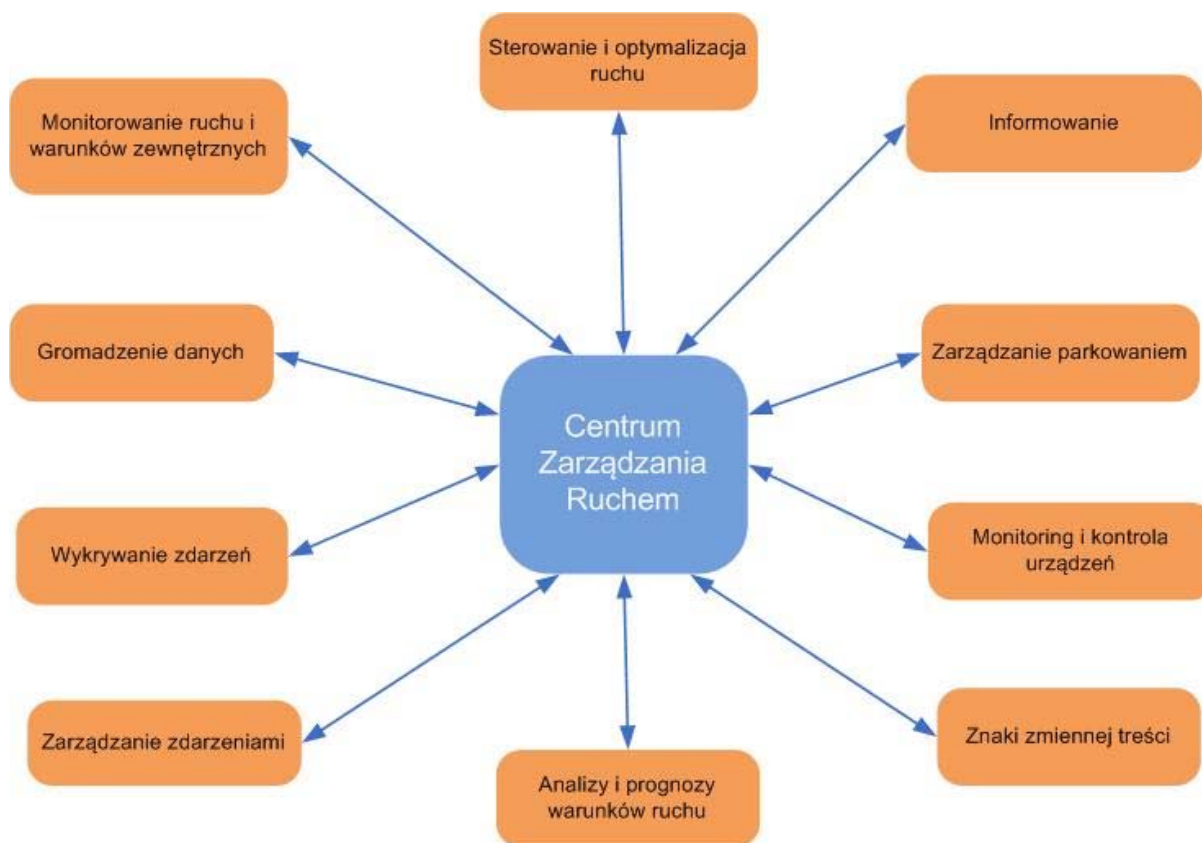
Zintegrowany System Zarządzania Ruchem pełnić będzie następujące funkcje:

- monitorowanie ruchu i warunków zewnętrznych (np. warunków atmosferycznych);
- sterowanie i optymalizacja ruchu; szczególnym zadaniem jest priorytetowe traktowanie pojazdów transportu publicznego (tramwaj, autobus);
- wykrywanie zdarzeń – automatyczne wykrywanie zdarzeń drogowych i ich odróżnienie od stanów zwykłych;
- zarządzanie zdarzeniami – zarządzanie zarówno zdarzeniami przewidywalnymi jak i losowymi w celu zminimalizowania oddziaływania zaistniałych zdarzeń na użytkowników sieci drogowej, w tym zmniejszenia niebezpieczeństwa wypadków;
- analizowanie danych o ruchu i wykonywanie krótkoterminowych prognoz warunków ruchu na sieci drogowej;
- informowanie – informacje dla użytkowników (w tym przy wykorzystaniu znaków zmiennej treści oraz różnych środków komunikacji), do środków masowego przekazu oraz centrów zarządzania komunikacją publiczną, flotami pojazdów komercyjnych, centrum ratownictwa, itp.;
- zarządzanie parkowaniem – na podstawie informacji o napełnieniu wybranych parkingów - nakierowanie kierowców na wolne miejsca parkingowe;
- monitoring i kontrola urządzeń zainstalowanych w centrum ZR i zewnętrznych (monitoringu, sterowania ruchem, informowania itp.);
- gromadzenie danych – zbieranie i przechowywanie danych ruchowych wraz z danymi o zdarzeniach, pogodzie itp., niezbędnych dla funkcjonowania modułów zarządzania

ruchem (w szczególności sterowania i optymalizacji ruchu i zarządzania strategicznego oraz działań planistycznych i projektowych.

Zakłada się, że Centrum ZR będzie współpracować ściśle z planowanym systemem zarządzania ruchem w Warszawskim Węźle Dróg Krajowych centrami policji, straży miejskiej, straży pożarnej, ratownictwa medycznego, oraz zarządzaniem kryzysowym. Konieczne jest określenie zasad dostępu do informacji i ich wymiany, które uwzględnić należy projektując rozbudowę Systemu ZR.

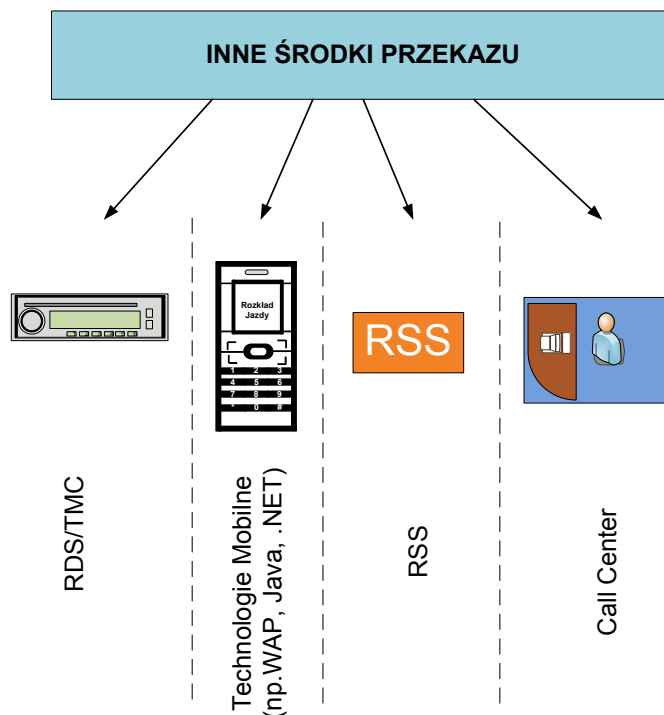
Strukturę funkcjonalną Systemu przedstawia rys. 6.1. Struktura fizyczna będzie zależała od przyjętego wariantu rozbudowy – system jednorodny (wariant A w Tabeli 5.2) czy też niejednorodny (warianty B i C).



Rys. 6.1 Docelowa struktura funkcjonalna ZSZR

Obecnie istniejąca strona internetowa <http://zszr.zdm.waw.pl> nie jest jedynym źródłem informacji o warunkach ruchu, które można wykorzystać. Docelowo system powinien

umożliwiać informowanie podróżnych za pomocą innych środków przekazu takich jak: urządzenia mobilne, technologia RSS, dyspozytorów pełniących dyżury telefoniczne oraz, jeśli takowy zostanie wybudowany, system przekazu informacji do odbiorników samochodowych RDS/TMC.



Rys. 6.2 Inne metody informowania podróżnych o warunkach ruchu

6.3 Warianty rozwoju

6.3.1 Wstęp

Sformułowano dwa warianty rozwoju systemu:

- Wariant I – *korytarzowo-obszarowy* - niewielkie obszary w obszarze centralnym (sieć) i system korytarzy;
- Wariant II – *obszarowo-korytarzowy* - kilka obszarów o większej powierzchni i krótsze korytarze.

Korytarze wybrano spośród ciągów drogowych o kluczowym znaczeniu. Większość z nich to wjazdowe drogi promieniste kategorii G, lub GP. W niektórych przypadkach ciągi te rozgałęziają się (np. ul. Pułkowa rozgałęziająca się na ul. Marymoncka i Wybrzeże Gdyńskie). Na liście proponowanych korytarzy objętych Systemem znalazły się także trasy obwodnicowe takie, jak Trasa Siekierkowska. Wyróżniono dwie kategorie korytarzy:

- A - korytarze z ciągiem skrzyżowań z sygnalizacją; w tym przypadku główną funkcją Systemu jest optymalizacja sterowania; nie oznacza to rezygnacji z innych funkcji, takich jak monitoring i zarządzanie zdarzeniami, informowanie oraz zarządzanie ruchem przy pomocy znaków zmiennej treści i przy użyciu innych środków komunikacji z użytkownikami;
- B - korytarze z ciągami drogowymi kategorii GP, w których główne funkcje to monitoring, zarządzanie zdarzeniami i informowanie użytkowników.

W obu wariantach, w związku z funkcją zarządzania zdarzeniami, konieczna jest rozbudowa podsystemu wykrywania zdarzeń (automatyczne detektory zdarzeń i strategiczne stacje pomiarowe) oraz wdrożenie modelu sieci dla całej Warszawy umożliwiającego wykonywanie prognoz krótkoterminowych.

W obu wariantach przyjęto również, zgodnie z obowiązującymi przepisami, że System obejmie swoim zakresem drogi krajowe, z wyjątkiem dróg ekspresowych, które zarządzane są (będą) przez Warszawski Oddział GDDKiA. Warianty współpracy/integracji ZSZR z projektowanym Systemem Zarządzania Ruchem w Warszawskim Węźle Dróg Krajowych przedstawiono w punkcie 6.7.1.

6.3.2 Wariant I

Podstawową przesłanką przyjętą przy formułowaniu wariantu I było dążenie do jak najszybszego objęcia zakresem Systemu elementów systemu obciążonych największym ruchem i zastosowanie w nich zaawansowanych rozwiązań zarządzania ruchem. Jak wiadomo, są to przede wszystkim:

- trasy promieniste doprowadzające do obszaru centralnego ruchu ze strefy podmiejskiej i dzielnic peryferyjnych;
- wybrane trasy obwodowe, w tym zwłaszcza trasy mostowe;
- elementy sieci w obszarze śródmiejskim.

Jako przesłankę dodatkową przyjęto, że jednym z priorytetów jest konieczność zapewnienia optymalnej funkcjonalności systemu transportu w czasie trwania imprez EURO 2012.

Konsekwencją przyjęcia wyżej sformułowanego założenia jest następująca propozycja działań wraz z ich etapowaniem:

1. Objęcie zakresem projektu w I etapie (realizacja do 30 kwietnia 2012 r.) :

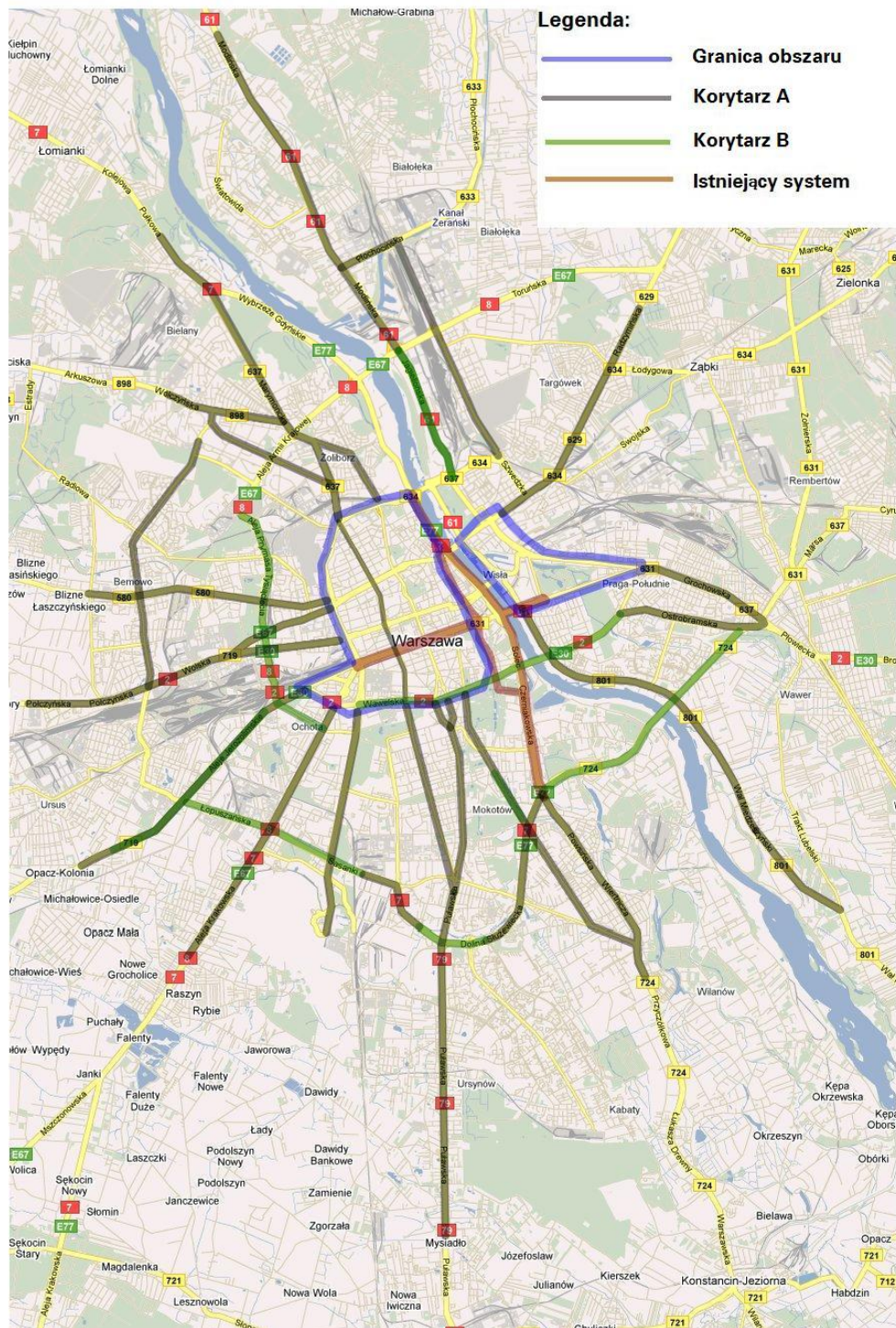
- włączenia do ZSZR skrzyżowań zlokalizowanych:
 - a. na obszarze Pragi otaczającym Stadion Narodowy (Obszar II)¹⁰,
 - b. w ciągu ul. Żwirki i Wigury na odcinku od ul. Lotników do Trasy Łazienkowskiej,
 - c. w ciągu Al. Jana Pawła II w związku z modernizacją trasy tramwajowej, planowaną przez Tramwaje Warszawskie (2010-2011), co pozwoli na instalację sterowników kompatybilnych z Systemem,
 - systemu monitoringu - śledzenie stanu w celu oceny warunków ruchu i wykrywania zdarzeń) oraz generowania danych do zarządzania ruchem i informowania użytkowników;
 - systemu informowania użytkowników obejmującego:
 - a. zainstalowanie znaków zmiennej treści na trasach dojazdowych do Stadionu Narodowego, w tym w ciągu ul. Żwirki i Wigury; część tych znaków zlokalizowana byłaby poza Obszarem II;
 - b. uruchomienie systemu informowania (na stronach internetowych i innymi środkami) o aktualnych warunkach ruchu i zalecanych trasach dojazdu do rejonu Stadionu Narodowego;
 - wzbogacanie funkcji Systemu, w tym Centrum ZR, o wymieniony wyżej system monitoringu i zarządzania zdarzenia i in.,
2. Rozszerzanie funkcji Systemu oraz zakresu sieci objętego Systemem (w okresie 2013-2020) przez:
- a. Włączenie do Systemu podsystemów sterowania sygnalizacją świetlną w 11 korytarzach, oraz obszarze III (lewobrzeżne śródmieście);
 - b. rozszerzanie sieci/ciągów objętych systemem monitoringu;
 - c. dalsze rozszerzenie funkcji systemu.

Granice obszarów i lokalizację korytarzy zilustrowano na rys. 6.3. Korytarze podzielone zostały na dwie grupy, zdefiniowane w pkt 6.3.1.

Bardziej szczegółowe dane dotyczące zakresu i kosztów przedstawiono w punkcie 6.4.

¹⁰ Wprowadzono nową numerację obszarów sterowania (zmienioną w stosunku do proponowanej w Studium Wykonalności 2004.

Ramowa koncepcja kontynuacji rozwoju Zintegrowanego Systemu Zarządzania Ruchem (ZSZR) w Warszawie



Rys.6.3. Wariant I

Zakłada się realizację całości projektu do roku 2020. Umożliwiłoby to występowanie o dofinansowanie działań ze środków unijnych w kolejnym okresie rozliczeniowym.

6.3.3 Wariant II

W wariancie tym założono rozwój Systemu przez rozszerzanie zasięgu ZSZR przez dodawanie dużych obszarów przy założeniu włączenia do Systemu wszystkich skrzyżowań z sygnalizacją świetlną zlokalizowanych w danym obszarze. Nie wyklucza to włączenia także korytarzy, jednak z ograniczeniem funkcji Systemu. W szczególności zmniejszona byłaby liczba instalowanych znaków zmiennej treści w korytarzach. Ze względu na dużą liczbę skrzyżowań (często drugo- i trzeciorzędnych) zlokalizowanych w obszarach, rozwiązanie to prowadzi do zwolnienia tempa instalowania zaawansowanych rozwiązań w korytarzach.

Działania I etapu realizacji projektu (realizacja do 31 maja 2012 r.) byłyby identyczne, jak w przypadku wariantu I (punkt 6.3.2, podpunkt 1) i obejmowałyby:

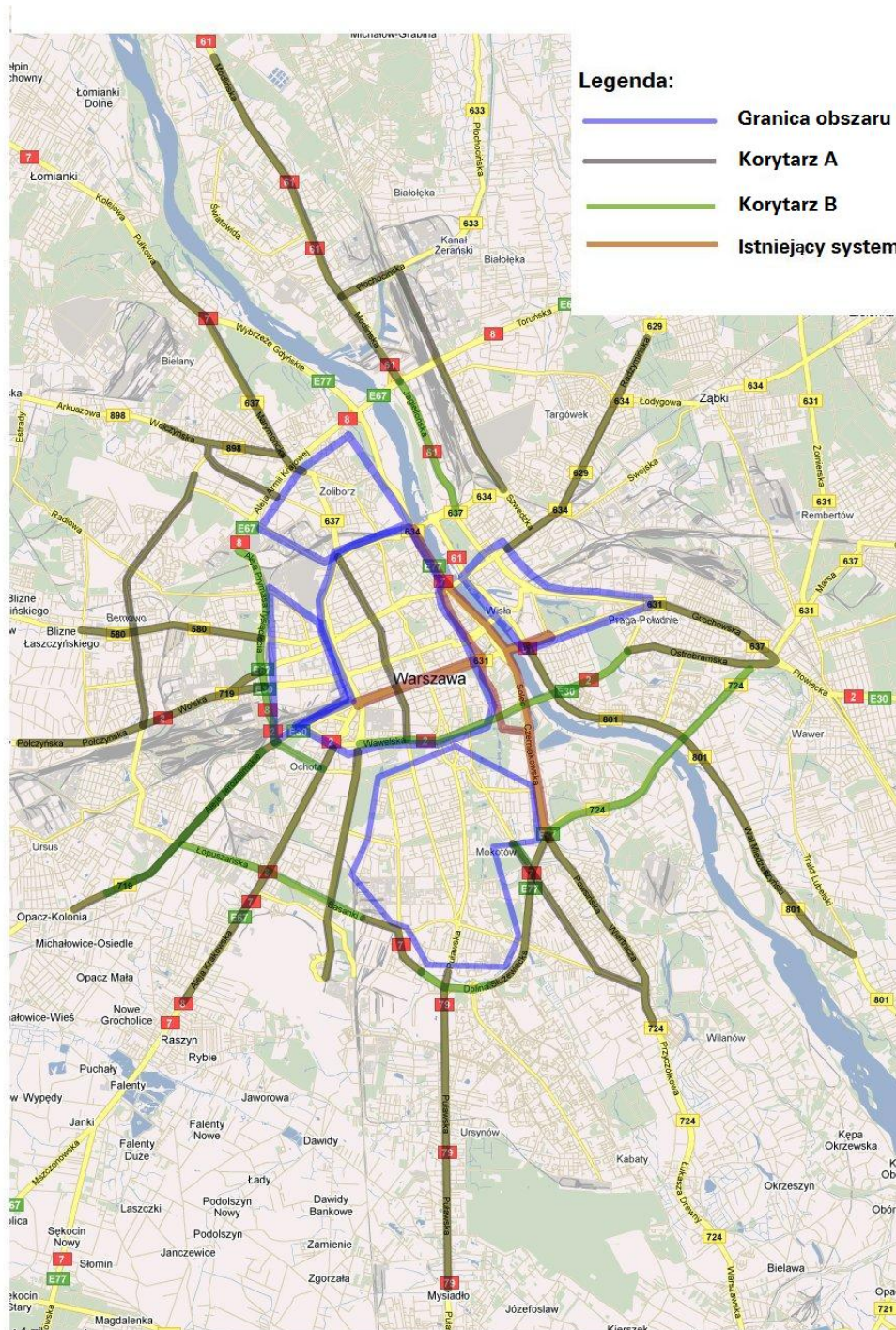
- włączenie do ZSZR skrzyżowań zlokalizowanych na obszarze Pragi otaczającym Stadion Narodowy (Obszar II), skrzyżowań w ciągu ul. Żwirki i Wigury na odcinku od ul. Lotników do Trasy Łazienkowskiej oraz ciągu Al. Jana Pawła II,
- system monitoringu i informowania użytkowników (znaki zmiennej treści na trasach dojazdowych do Stadionu, w tym w ciągu ul. Żwirki i Wigury, system informowania na stronach internetowych i innymi środkami);
- wzbogacanie funkcji Systemu, w tym Centrum ZR, o wymieniony wyżej system monitoringu i zarządzania zdarzeniami.

W II etapie (do roku 2020) nastąpiło by rozszerzanie funkcji Systemu oraz zakresu sieci objętego Systemem przez włączenie do Systemu podsystemów sterowania sygnalizacją świetlną w 4 Obszarach (lewobrzeżne śródmieście, Żoliborz, Wola, Mokotów) i 11 korytarzach (jednak przy ograniczonym zakresie stosowania zaawansowanych metod zarządzania, np. monitoringu i zarządzania zdarzeniami).

Granice obszarów i lokalizację korytarzy dla wariantu II zilustrowano na rys. 6.4. Podobnie, jak w wariancie I korytarze podzielone zostały na dwie grupy.

Bardziej szczegółowe dane dotyczące zakresu i kosztów przedstawiono w punkcie 6.4.

Ramowa koncepcja kontynuacji rozwoju Zintegrowanego Systemu Zarządzania Ruchem (ZSZR) w Warszawie



Rys. 6.4. Wariant II

6.3.4 Analiza porównawcza

Główne kryterium, to maksymalizacja efektów w całym okresie analizy. Przy porównywalnym koszcie inwestycji w wariantcie I systemem objęta byłaby w krótszym czasie większa liczba skrzyżowań obciążonych dużym ruchem. W rezultacie efekt koordynacji odczułaby szybciej większa liczba użytkowników.

Wniosek – wyższość wariantu I, w którym w krótszym okresie czasu wprowadzone byłyby zaawansowane metody zarządzania ruchem na elementach sieci drogowej obciążonej największym ruchem.

6.4 Zadania z podziałem na etapy realizacji

Dane dotyczące liczby skrzyżowań objętych systemem ZSZR dla wariantów I i II i etapów ich realizacji zestawiono w tabeli 6.1. Dane dotyczące innych elementów przedstawiono w tabeli 6.2.

Tabela 6.1 Warianty rozwoju ZSZR

Etap	Obszary	Korytarze	Liczba skrzyżowań	
			Wariant I Korytarzowo- obszarowy	Wariant II Obszarowo- korytarzowy
Stan istniejący	Obszar I – Wisłostrada-Powiśle		28	28
		Aleje Jerozolimskie	9	9
Etap II	P1 – Praga centrum		29	29
		ul. Żwirki i Wigury	12	12
		Al. Jana Pawła II	9	9
Etap III	L1 – Śródmieście		99	99
	L2 – Mokotów		0	72
	L3 – Wola		0	11
	L4 – Żoliborz		0	17
		ul. Modlińska	21	21
		ul. Radzymińska	8	8
		ul. Grochowska	10	10
		Wał Miedzeszyński	16	16
		Armii Ludowej	3	0
		Trasa Siekierkowska	17	17
		ul. Powsińska	17	14
		ul. Puławska	35	8
		ul. Grójecka	14	12
		Al. Jerozolimskie	7	6
		Al. Prymasa Tysiąclecia	5	5

		ul. Połczyńska	15	12
		ul. Powstańców Śląskich	16	16
		ul. Górczewska	14	11
		ul. Wólczyńska	19	17
		ul. Marymoncka	17	8
Suma			420	467

6.5 Koszty

Wstępna wycena kosztów i jej wynik we wierszu „SUMA” należy traktować jako rząd wielkości kosztów systemu, ponieważ wykonana została na podstawie średnich wartości wskaźników kosztów. Poszczególne funkcje systemu mogą zostać realizowane z zastosowaniem różnych technologii. Różne technologie mogą zostać zaadoptowane zarówno w warstwie elementów jądra (Core) systemu, jak i sterowników, detektorów, i urządzeń realizujących priorytet na skrzyżowaniach dla pojazdów transportu publicznego. Bardziej szczegółowe oszacowanie kosztów będzie wymagało podjęcia strategicznych decyzji (np. rodzaj danych transmitowanych do Centrum Zarządzania Ruchem).

Tabela 6.2 przedstawia zestawienie kosztów inwestycji dla Wariantów 1 i 2. W tabeli nie uwzględniono kosztów budowy/przebudowy infrastruktury drogowej.

Tabela 6.2 Zestawienie kosztów inwestycji

SKŁADOWE SYSTEMU ZSZR	LICZBA ELEMENTÓW		CENA	NAKLADY INWESTYCYJNE	
	W1	W2	JEDNOSTKOWA	W1	W2
	szt.	szt.	PLN netto	PLN netto	PLN netto
Centrum Zarządzania Ruchem				4 018 000,00	4 018 000,00
Sala operacyjna					
Wyposażenie dodatkowych stanowisk [kpl]	3,00	3,00	6 000,00	18 000,00	18 000,00
Serwerownia					
Serwery [kpl]	1,00	1,00	600 000,00	600 000,00	600 000,00
Bazy danych podstawowych i repozytoria danych [kpl]	1,00	1,00	200 000,00	200 000,00	200 000,00
Urządzenia sieciowe [kpl]	1,00	1,00	200 000,00	200 000,00	200 000,00
System dedykowany dla zewnętrznych partnerów CZRiTP	1,00	1,00	500 000,00	500 000,00	500 000,00
Oprgramowanie					
Wdrożenie modelu ruchu dla całej Warszawy [szt.]	1,00	1,00	1 500 000,00	1 500 000,00	1 500 000,00
Oprgramowanie podsystemu Sterującego ruchem [szt.]	1,00	1,00	1 000 000,00	1 000 000,00	1 000 000,00
Detekcja i sterowanie ruchem				46 909 600,00	49 932 400,00
Rozbudowa (lub wymiana na nowy) i oprogramowanie sterowników	266,00	298,00	75 000,00	19 950 000,00	22 350 000,00
Detektory ruchu	209	228	42 000,00	8 794 800,00	9 601 200,00
Wideodetekcja zdarzeń	30,00	20,00	35 000,00	1 050 000,00	700 000,00
Doposażenie pokładowe w pojazdach TP [kpl]	1 500,00	1 500,00	6 200,00	9 300 000,00	9 300 000,00
Infrastruktura drogowa dla priorytetów pojazdów TP [kpl]	349,00	381,00	5 200,00	1 814 800,00	1 981 200,00
Strategiczne stacje pomiarowe	200,00	200,00	30 000,00	6 000 000,00	6 000 000,00
Środki przekazu informacji				16 000 000,00	10 750 000,00
Bramownica informacyjno-pomiarowa [kpl]	40,00	25,00	350 000,00	14 000 000,00	8 750 000,00
Rozbudowa funkcjonalna serwisu WWW i innych środków przekazu	1,00	1,00	2 000 000,00	2 000 000,00	2 000 000,00
Podsystem łączności				16 356 000,00	17 764 000,00
Przyłącze do sieci teletransmisyjnych	349,00	381,00	12 000,00	4 188 000,00	4 572 000,00
Router przy punkcie dostępowym [szt.]	349,00	381,00	32 000,00	11 168 000,00	12 192 000,00
Urządzenia sieciowe [kpl]	1,00	1,00	1 000 000,00	1 000 000,00	1 000 000,00
Podsystem monitoringu				4 865 000,00	5 320 000,00
Widemonitoring na skrzyżowaniach - punkty kamerowe [kpl]	139,00	152,00	35 000,00	4 865 000,00	5 320 000,00
RAZEM				88 148 600,00	87 784 400,00
Prace projektowe w wysokości 15% wartości dostaw				13 222 290,00	13 167 660,00
Wydatki nieprzewidziane w wysokości 10 % nakładów inwestycyjnych				8 814 860,00	8 778 440,00
SUMA				110 185 750,00	109 730 500,00

Do wyceny przyjęto następujące założenia:

1. Centrum Zarządzania Ruchem zostanie rozbudowane na Chmielnej.

2. Do obliczeń przyjęto wskaźnik 60% skrzyżowań do wyposażenia w detektory w postaci 7 wideodetektorów/skrzyżowanie (nie wklucza to zastosowanie innych technologii o podobnej funkcjonalności). W Warszawie istnieje ok. 62 % sygnalizacji wyposażonych w detektory ruchu, jednak niektóre skrzyżowania wymagają uzupełnienia w zakresie instalacji detektorów, ponieważ dają one niepełny obraz. Na podstawie inwentaryzacji ustalono, iż w Warszawie ok. 40% skrzyżowań można przyjąć jako kompletnie wyposażone w system detektorów.
3. Policzono koszt przyłącza do istniejących sieci miejskich, lub sieci komercyjnych
4. Przyjęto instalację kamer obrotowych na 40% skrzyżowań proponowanego systemu

6.6 Czynniki ryzyka

Identyfikując czynniki ryzyka przyjęto jako punkt wyjścia, że są to zjawiska, które mogą wystąpić z wysokim prawdopodobieństwem i będą oddziaływać na poziom opłacalności przedsięwzięcia inwestycyjnego. W odniesieniu do projektu rozwijania ZSZR zidentyfikowano poniższe czynniki ryzyka.

1. Długotrwałość procesu projektowania i procedur przetargowych. Wpływa ono na opłacalność rozwoju Zintegrowanego Systemu Zarządzania Ruchem. Analizy ekonomiczne realizowane są dla konkretnych horyzontów czasowych; przedłużające się procedury związane z realizacją przedsięwzięcia mogą powodować dezaktualizację opracowań.
2. Kontynuacja budowy Zintegrowanego Systemu Zarządzania Ruchem nie figuruje w Wieloletnich Programach Inwestycyjnych Miasta Stołecznego Warszawy na lata 2009-2013 [4]. Brak planów wieloletniego finansowania inwestycji powoduje niemożność oszacowania dostępnych środków na rozwój Systemu, a co za tym idzie – zaplanowania jego etapowania. Wymusza to również przemieszczanie środków z przewidywanych inwestycji w celu realizacji nowych, nie ujętych w planach, przedsięwzięć.
3. Czynnikiem wpływającym na jakość i skuteczność działania Systemu może być niski poziom współpracy pomiędzy instytucjami mającymi wpływ na organizację i zarządzanie ruchem w Warszawie. Brak czynnej kooperacji pomiędzy Inżynierem

Ruchu, Zarządem Dróg Miejskich i służbami odpowiedzialnymi za bezpieczeństwo w mieście (Policja, Straż Miejska).

6.7 Inne

6.7.1 Organizacja zarządzania ruchem

W punkcie 2.2 zwrócono uwagę na słabe strony obecnego podziału funkcji między zlokalizowanym w BDiK Inżynierem Ruchu i eksploatującym Centrum ZR Zarządem Dróg Miejskich. Aktualnie funkcję Inżyniera Ruchu m.st. Warszawy sprawuje Zastępca Dyrektora Biura. Do jego kompetencji „należy w szczególności wykonywanie zadań i funkcji organu zarządzającego ruchem na drogach publicznych m.st. Warszawy w zakresie wynikającym z posiadanych upoważnień i pełnomocnictw Prezydenta Miasta”¹¹.

Przy obecnych uwarunkowaniach prawnych, wymagających akceptacji przez Inżyniera Ruchu każdej zmiany organizacji ruchu (w tym czasowej), uniemożliwia to zarządzanie ruchem w czasie rzeczywistym. Uzasadnia to poszukiwanie rozwiązań organizacyjnych umożliwiających operacyjną współpracę Inżyniera Ruchu z Centrum Zarządzania Ruchem, zlokalizowanym obecnie w ZDM.

Wnioskuje się rozważenie kilku wariantów zmian organizacyjnych. Jednym z nich jest utworzenie stanowiska upoważnionego przedstawiciela Inżyniera Ruchu w CZR – wariant I. Inne, to połączenie w jednej jednostce organizacyjnej obecnych funkcji Inżyniera Ruchu i operatora ZSZR – wariant II. Zintegrowanie funkcji Inżyniera Ruchu i CZR zwiększyłoby możliwości zarządzania ruchem w czasie rzeczywistym, jakie jest obecnie utrudnione przepisami prawnymi.

Poniżej przedstawiono propozycję kilku podwariantów, różniących się usytuowaniem jednostki organizacyjnej integrującej funkcje Inżyniera Ruchu i operatora ZSZR w strukturze Urzędu Miasta.

Wariant IIa – przeniesienie CZR z ZDM do BDiK..

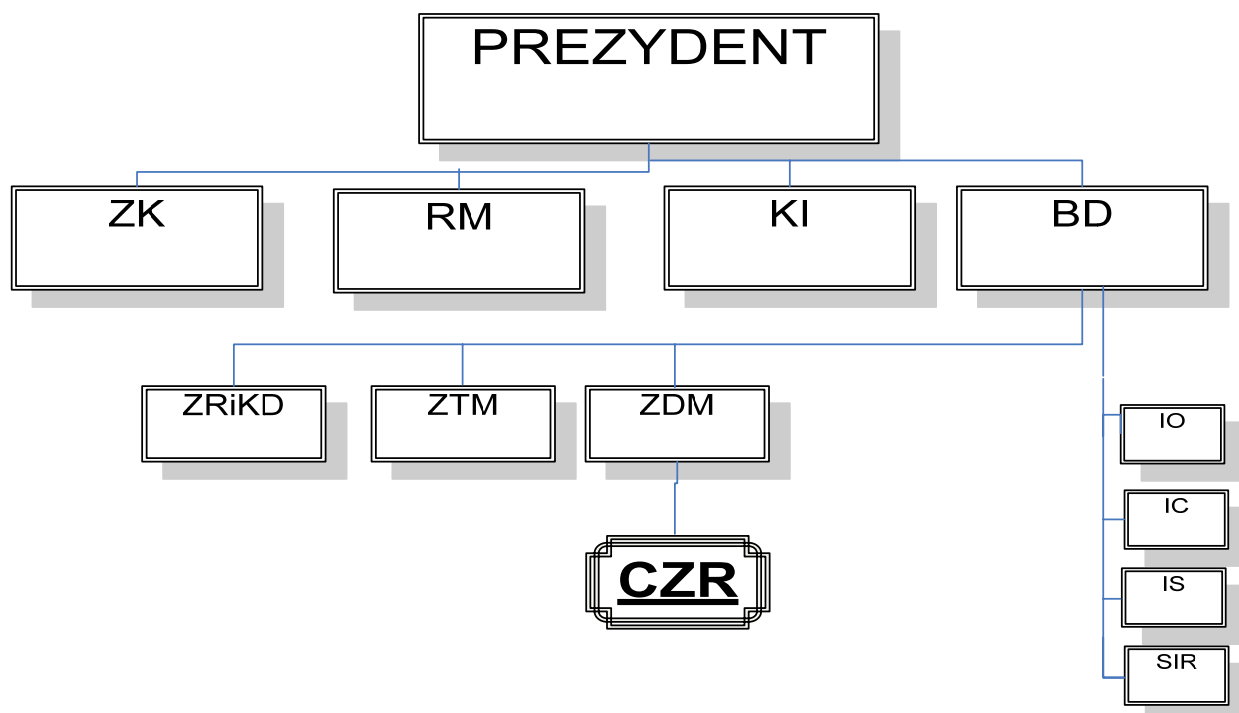
Wariant IIb - utworzenie wydzielonej jednostki - Zarząd Ruchu - podległej BDiK –, równoległej do ZDM, ZTM i ZRiKD.

Wariant IIc - utworzenie wydzielonej jednostki na poziomie BDiK - Biuro Zarządzania Ruchem - podległej Prezydentowi/Zastępcy Prezydenta.

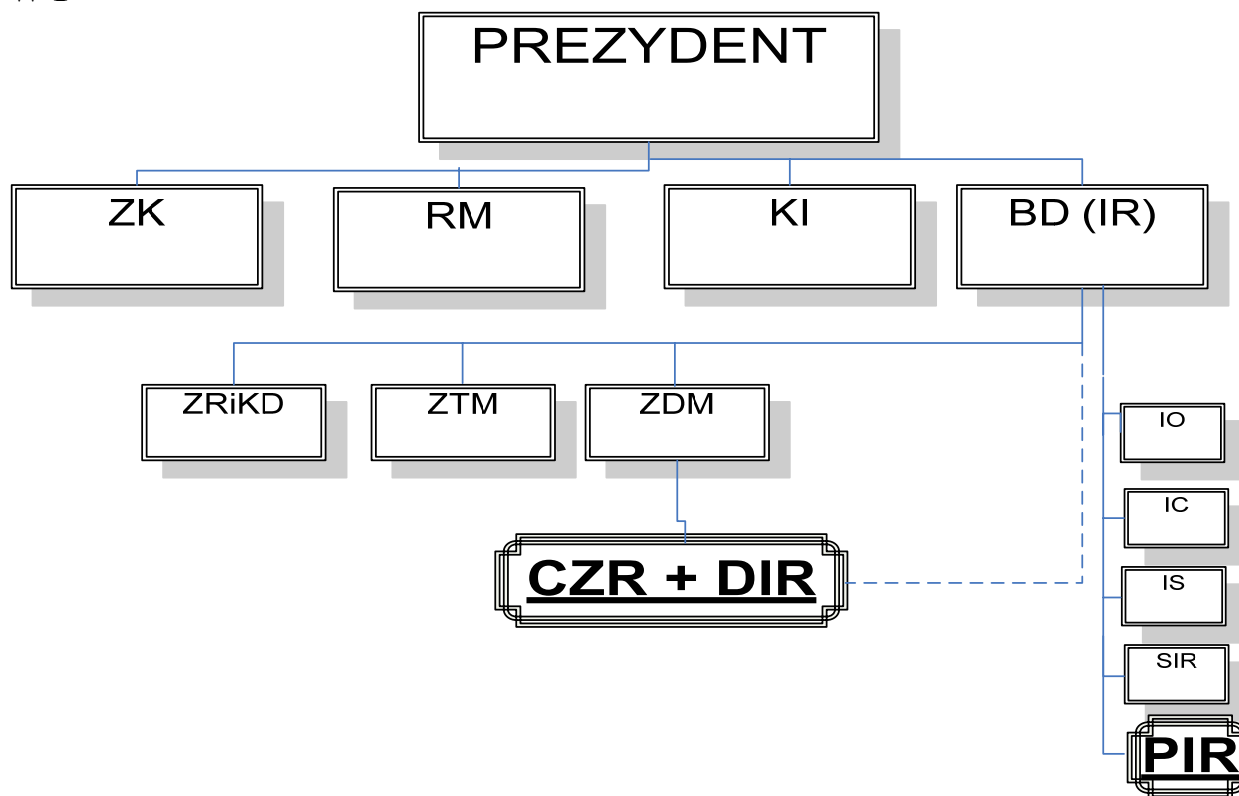
¹¹ http://bip.warszawa.pl/Menu_podmiotowe/Biura_Urzedu/BD/j_galas.htm

Na poniższych rysunkach przedstawiono schematy organizacyjne dla stanu istniejącego i czterech wariantów.

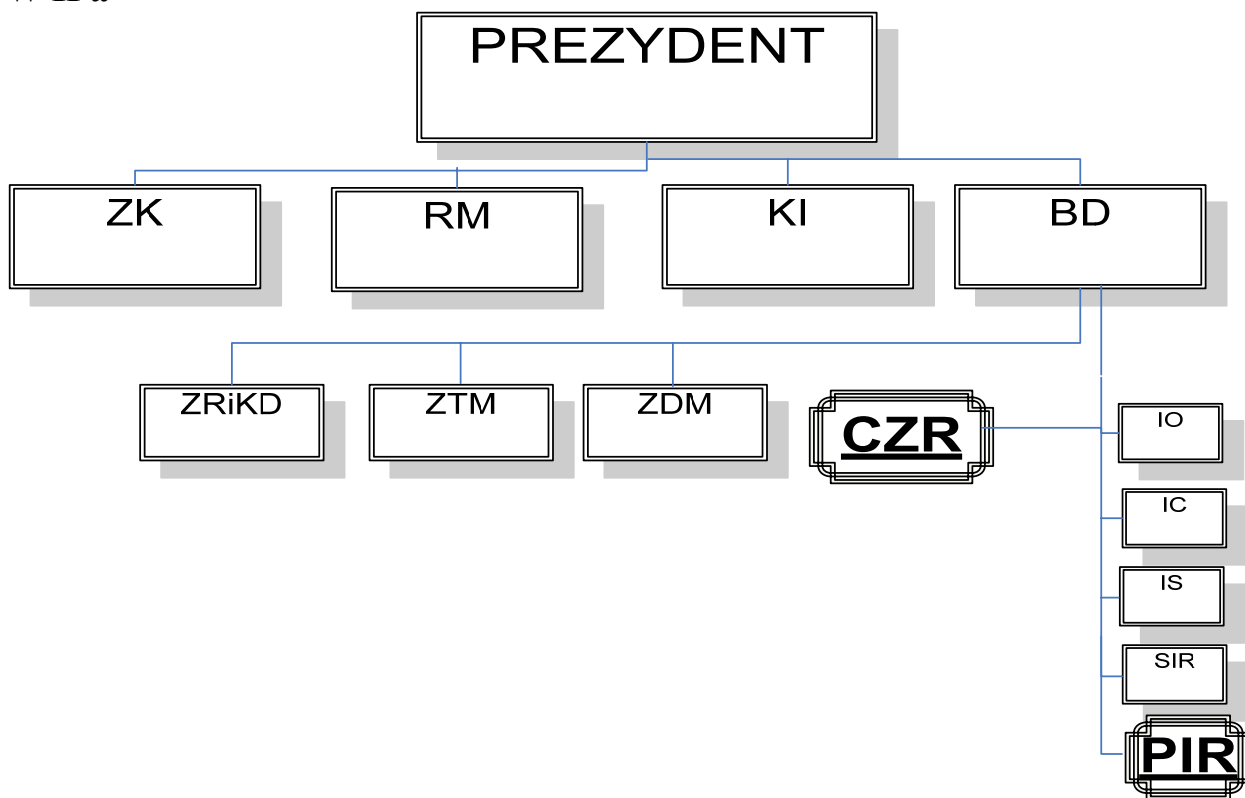
W 0



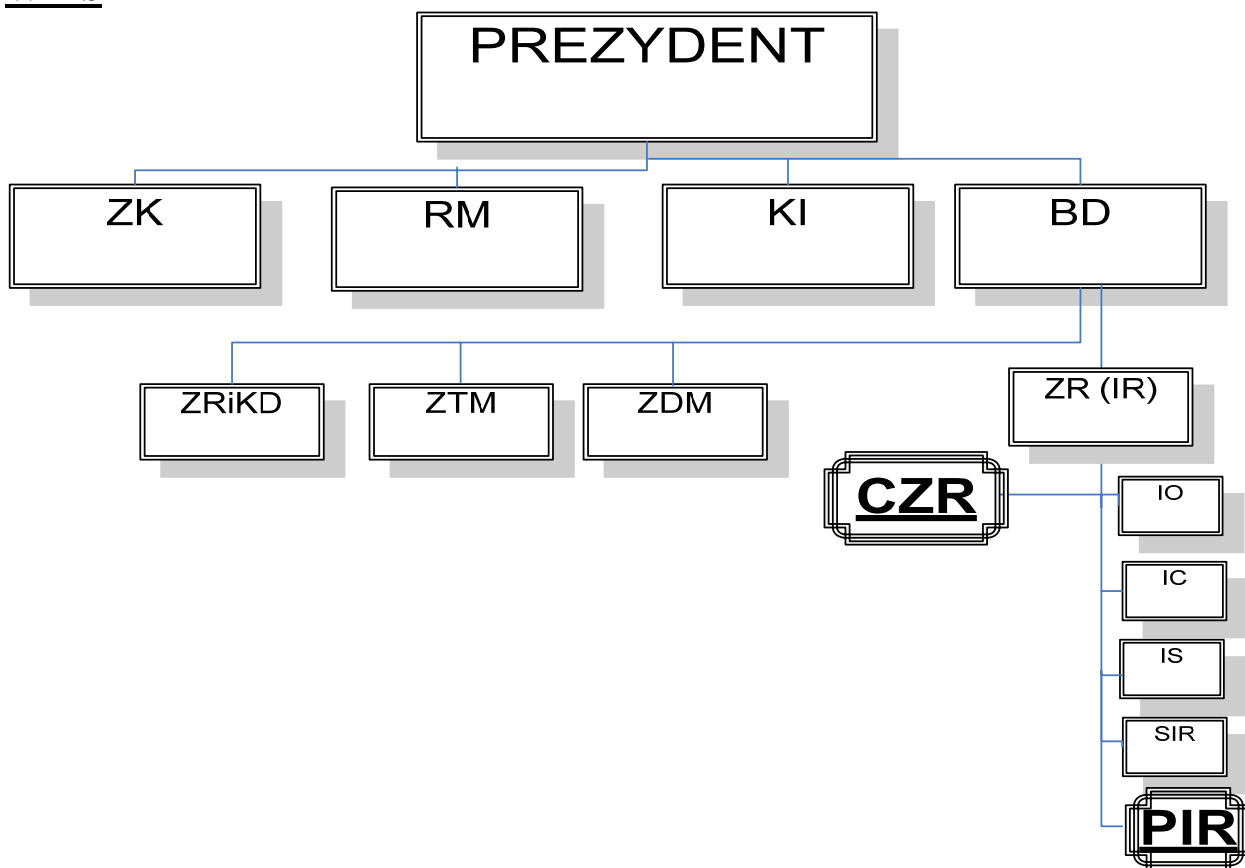
W I



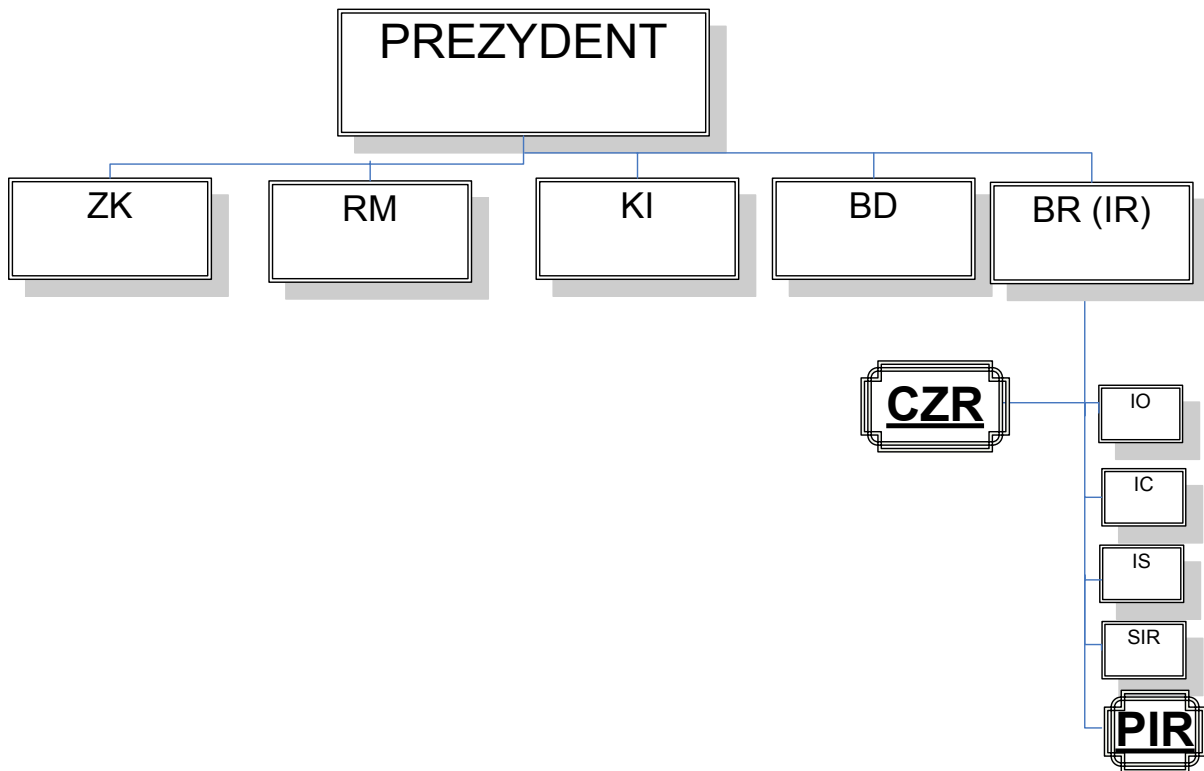
W II a



W II b



W IIc



Zastosowano następujące skróty:

Poziom I

BD – Biuro Drogownictwa i Komunikacji

IR – Inżynier Ruchu m.st.Warszawy

BR – Biuro ZR

KI – Biuro Koordynacji Inwestycji i Remontów w Pasie Drogowym

RM – Biuro Rozwoju Miasta

ZK – Biuro Bezpieczeństwa i Zarządzania Kryzysowego

Poziom II

ZDM – Zarząd Dróg Miejskich

ZRiKD – Zarząd Remontów i Konserwacji Dróg

ZTM – Zarząd Transportu Miejskiego

ZR – Zarząd Ruchu Drogowego

Poziom III

CZR – Centrum Zarządzania Ruchem

IC - Wydział Czasowej Organizacji Ruchu

IO -Wydział Stałej Organizacji Ruchu

IS - Wydział Sygnalizacji Światlnej

SIR - Samodzielne wieloosobowe stanowisko pracy ds. Inżynierii Ruchu

PIR – Pracownia Inżynierii Ruchu

Biorąc pod uwagę doświadczenia zagraniczne przewidziano także stworzenie – w strukturze jednostki Zarządzania Ruchem (w każdym wariantcie), stworzenie Pracowni Inżynierii Ruchu

(PIR)¹². W zakres jej działania wchodziłoby, m.in.: analiza danych, gromadzonych przez SZR i z innych źródeł, tworzenie i aktualizowanie modeli ruchu dla obszaru miasta (makroskopowych i mikroskopowych), opracowywanie wariantowych strategii ZR w czasie rzeczywistym itp. Status prawny tej jednostki mógłby być analogiczny do statusu Miejskiej Pracowni Urbanistycznej, podległej Biuru Architektury i Urbanistyki.

W każdym przypadku istnieje konieczność radykalnego wzmocnienia potencjału kadrowego jednostek zaangażowanych w zarządzaniu ruchem. Na plan pierwszy wysuwa się potrzeba radykalnego zwiększenia liczby etatów w CZR. Funkcjonowanie Centrum w ciągu całej doby wymaga (przy dwóch operatorach w godz. 6:00-22:00 i jednym w porze nocnej), co najmniej 8 etatów tylko dla obsługi stanowisk operatorskich. Liczba ta uwzględnia 5 dni pracy w tygodniu oraz urlopy i zwolnienia okolicznościowe (choroby i in.). Nie obejmuje natomiast kierownictwa, obsługi technicznej urządzeń, obsługi zgłoszeń oraz archiwizacji danych i analiz, w tym zatrudnienia w Pracowni Inżynierii Ruchu.

Dla porównania, w tablicy 6.3 przytoczono propozycję poziomu zatrudnienia w centrum zarządzania ruchem sformułowaną w koncepcji Systemu ZR w WWDK (tablica 6.3). Przy założeniu dwóch operatorów w godz. 6:00-22:00 konieczne jest zatrudnienie ok.25 osób.

Tablica 6.3. Poziom zatrudnienia w Centrum ZR – przykład WWDK

Stanowisko	WWDK		
	godz. szczytu	godz. między-szczytu	Noc
Kierownik centrum	1		
Inżynier ruchu	1		
Kierownik pokoju operatorskiego	1	1	1
Operatorzy	2	2	1
Obsługa zgłoszeń	1	1	
Inżynier systemu	1	1	1
Inżynier operacyjny	1	1	1
Suma	7	6	4

W celu popularyzacji i optymalnego wykorzystania systemu zarządzania ruchem pożądane byłoby prowadzenie kampanii informującej o zaletach wynikających z wdrożenia systemu ZSZR i o możliwościach wykorzystania informacji dotyczących aktualnych warunków ruchu w planowaniu podróży, warunkach pogodowych itp. Należałoby także promować wzorce

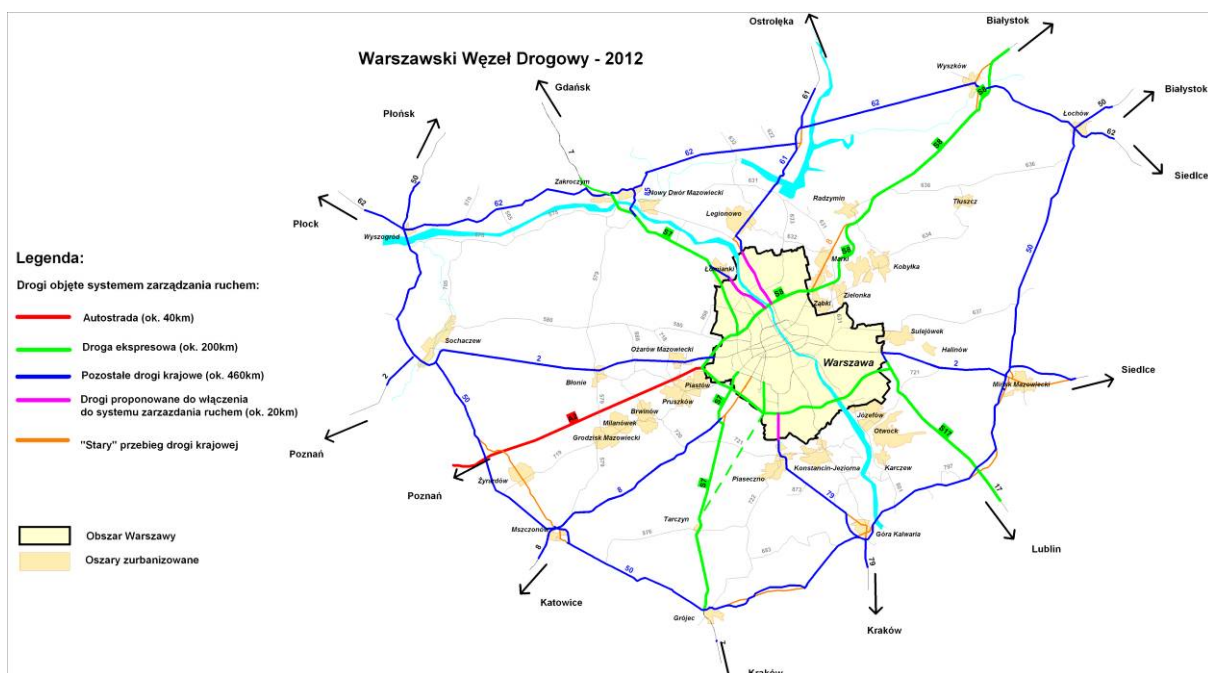
¹² Postulat stworzenia takiej jednostki sformułowano, m.in., w propozycji Peek [..]

bezpiecznych i efektywnych zachowań kierowców (np. jazda z odpowiednią prędkością, przez kolejne skrzyżowania, może przyczynić się do mniejszej liczby zatrzymań, a tym samym do oszczędności paliwa i redukcji emisji).

6.7.2 Koordynacja z systemem zarządzania ruchem na drogach krajowych

Jak to podkreślono w punkcie 6.3.1, warianty rozwoju ZSZR zakładają, że system obejmie swoim zakresem drogi krajowe (odcinki zlokalizowane w granicach m.st. Warszawy), z wyjątkiem projektowanych dróg ekspresowych, które zarządzane będą przez Warszawski Oddział GDDKiA.

Alternatywą jest rozwiązanie zaproponowane w koncepcji systemu zarządzania ruchem w Warszawskim Węźle Dróg Krajowych, opracowanej w 2008 roku w ramach projektu Connect [...]. Po rozważeniu kilku wariantów wybrano – jako preferowany – wariant, w którym Oddziałowe Centrum zarządzania ruchem Warszawskiego Oddziału GDDKiA zarządzałyby również ruchem na wlotowych odcinkach dróg krajowych, od granicy miasta do obwodnicy dróg ekspresowych (Trasa AK i Południowa Obwodnica Warszawy). Sieć dróg krajowych, które objęte byłyby zakresem działania systemu w 2012 roku pokazano na rys.6.5 Jest oczywiste, że wymagałoby to porozumienia i ścisłej współpracy między GDDKiA i władzami m.st. Warszawy. Wybór wariantu wpłynie na zakres działania obu centrów, jednak nie musi oznaczać istotnej zmiany kosztów inwestycyjnych i utrzymania urządzeń.



Rys. 6.5 Sieć dróg krajowych objętych zakresem działania systemu zarządzania ruchem GDDKiA w 2012 roku, propozycja projektu Connect.

W każdym przypadku konieczna będzie współpraca obu systemów.

6.7.3 Podstawy prawne

Kilkakrotnie były zgłaszane propozycje rozszerzenia zakresu zarządzania ruchem przez uzupełnienia paragrafu 2.1 rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dn. 23.09.2003 r. w sprawie szczegółowych warunków zarządzania ruchem na drogach oraz wykonywaniu nadzoru nad tym zarządzaniem (Dz.U. Nr 177, poz. 1729) o następujący punkt

„§ 2. 1. Działania w zakresie zarządzania ruchem realizowane są przez:

x) zarządzanie/sterowanie ruchem w czasie rzeczywistym, z uwzględnieniem wahań w natężeniu ruchu i warunków atmosferycznych, w tym doraźne zmiany organizacji ruchu poprawiające warunki i bezpieczeństwo ruchu w sytuacjach nadzwyczajnych.”

6.8 Uwagi końcowe

Analiza stanu rozwoju Zintegrowanego Systemu Zarządzania Ruchem wykazała, że – dla realizacji celów sformułowanych w Strategii ...[..]- niezbędne jest intensyfikacja działań zmierzających do objęcia Systemem znacznie większego obszaru Miasta. Z prac wykonanych w ramach niniejszego opracowania wynikają poniższe wnioski i propozycje.

- 1 Obecnie funkcjonujący System stanowi dobry punkt wyjścia do dalszego rozwoju ZSZR. Nie wyklucza to wykorzystania innych, poza zastosowanymi, rozwiązań technologicznych i organizacyjnych.
- 2 Zastosowanie różnorodnych rozwiązań nie oznacza, że konieczne będzie tworzenie kilku Centrów Zarządzania Ruchem.
- 3 Z przeanalizowanych dwóch wariantów pokrycia obszaru Warszawy systemem ZSZR jako preferowany proponuje się przyjąć **Wariant korytarzowo-obszarowy (WI)**, zakładający położenie nacisku na objęcie systemem 11 korytarzy (trasy promieniste i obwodowe). Nie wyklucza to objęcia systemem wybranych obszarów strefy centralnej.
- 4 Ze względu na bliskość EURO 2012 jako jeden z wariantów etapowania przyjęto objęcie Systemem - do rozpoczęcia mistrzostw – otoczenia Stadionu Narodowego (centrum Pragi i trasy doprowadzające). Nie wyklucza to rozwijania systemu w korytarzach.

- 5 Najpilniejszym zadaniem, warunkującym wdrożenie systemu ZRW czasie rzeczywistym jest zintegrowanie działań Miejskiego Inżyniera Ruchu i CZR. Sformułowano kilka wariantów struktury organizacyjnej spełniającej ten warunek.
- 6 Rozwój systemu uzależniony jest od zaangażowania pełnokwalifikowanej kadry pracowników – operatorów i analityków/projektantów. Zaproponowano utworzenie Pracowni Inżynierii Ruchu, działającej na zasadach analogicznych, jak w przypadku Miejskiej Pracowni Urbanistycznej (podległej Biuru Architektury i Urbanistyki).
- 7 W celu popularyzacji i optymalnego wykorzystania systemu zarządzania ruchem pożądane byłoby prowadzenie kampanii informującej o zaletach wynikających z wdrożenia systemu ZSZR i o możliwościach wykorzystania informacji dotyczących aktualnych warunków ruchu

Wykaz opracowań wykorzystanych przez autorów

1. Studium Wykonalności Zintegrowany System Zarządzania Ruchem Etap I: 2005 – 2007, Instytut Badawczy Dróg i Mostów, wrzesień 2004.
2. Koncepcja monitoringu i zarządzania ruchem w Warszawskim Węźle Dróg Krajowych z uwzględnieniem wielkiej obwodnicy Warszawy (drogi krajowe nr 50 i 62). Opracowanie w ramach projektu UE CONNECT – Koordynacja wdrażania Inteligentnego Systemu Transportu w krajach Europy Środkowo-Wschodniej. Krajowy koordynator projektu – IBDiM, koordynator tematu – Suchorzewski Consulting. 2008.
3. Strategia Zrównoważonego Rozwoju Systemu Transportowego Warszawy do 2015 roku i na lata kolejne, w tym Zrównoważony Plan Rozwoju Transportu Publicznego Warszawy – kwiecień 2009.
4. Wieloletnie Programy Inwestycyjne Miasta Stołecznego Warszawy na lata 2009-2013; Tekst jednolity po sesji 17.09.2009.
5. Koncepcja Zintegrowanego Systemu Zarządzania Ruchem w Warszawie – na terenie obszaru I. 2006, wersja 4.0.
6. Wykonanie pomiarów i ocena efektywności działania Systemu Zarządzania Ruchem w Warszawie na obszarze Alei Jerozolimskich, Wisłostrady i Powiśla. Biuro Inżynierii Transportu. Poznań, 14 listopada 2008.
7. Opinia do Studium Wykonalności Zintegrowanego Systemu Zarządzania Ruchem w Warszawie, etap I. Instytut Inżynierii Lądowej Politechniki Wrocławskiej; Wrocław, styczeń 2005.
8. Weryfikacja wskaźników rezultatu dla Studium Wykonywalności. Zintegrowany System Zarządzania Ruchem, Etap I: 2005-2009; Instytut Badawczy Dróg i Mostów; Warszawa, kwiecień 2009.