



Badanie przydatności punktów kamerowych Automatycznego Rozpoznawania Tablic Rejestracyjnych do monitorowania pasów autobusowych w m.st. Warszawa

---

# **Badanie przydatności punktów kamerowych ARTR (Automatyczne Rozpoznawanie Tablic Rejestracyjnych) do monitorowania pasów autobusowych w m.st. Warszawie**



Niniejszy dokument przygotował Instytut Transportu Samochodowego, z siedzibą przy ul. Jagiellońskiej 80, 03-301 Warszawa. Jest on przeznaczony tylko i wyłącznie do wiadomości Biura Drogownictwa i Komunikacji Urzędu m.st. Warszawa oraz osób trzecich, którym Urząd m.st. Warszawa udostępni niniejszy dokument.

Sprawozdanie zostało przygotowane zgodnie z postanowieniami umowy zawartej pomiędzy Urzędem m.st. Warszawy z siedzibą przy pl. Bankowym 3/5, 00-950 Warszawa, a Instytutem Transportu Samochodowego z siedzibą przy ul. Jagiellońskiej 80, 03-301 Warszawa z dnia 22 lutego 2010 r. Instytut Transportu Samochodowego nie ponosi odpowiedzialności wobec osób trzecich, którym zostanie udostępniony niniejszy dokument.

---



## Spis treści

<i>Streszczenie</i> .....	5
<i>Summary</i> .....	6
<i>Podziękowanie</i> .....	7
<i>Słownik</i> .....	8
1. Wprowadzenie do systemów ARTR.....	10
1.1. Ogólne informacje na temat systemów ARTR.....	11
1.2. Algorytmy używane w systemach ARTR.....	14
1.3. Problemy związane z eksploatacją systemów ARTR.....	16
1.4. Dodatkowe funkcjonalności systemów ARTR .....	17
2. Dane techniczne badanych systemów ARTR .....	20
2.1. Założenia ogólne .....	21
3. Referencyjny system rejestracji .....	22
3.1. Ogólne informacje o systemie.....	23
3.2. BOSCH NWC0495-11.....	30
3.3. BOSCH LTC0630-51 .....	33
3.4. BOSCH LTC0498-51 .....	37
3.5. BOSCH LTC0620/50 .....	40
3.6. VideoJet X20.....	45
4. Metodyka badań.....	49
4.1. Założenia ogólne .....	50
4.2. Przyjęty harmonogram .....	52
4.3. Warunki meteorologiczne .....	54
4.4. Błędy pomiarowe.....	58
5. Wyniki pomiarów i analiza porównawcza .....	61
5.1. Skuteczność rozpoznawania tablic rejestracyjnych.....	62
5.2. Szybkość dostarczania danych na serwer .....	65
5.3. Zestawienie danych dla poszczególnych firm .....	66
5.3.1. Firma 1.....	66



Badanie przydatności punktów kamerowych Automatycznego Rozpoznawania Tablic Rejestracyjnych  
do monitorowania pasów autobusowych w m.st. Warszawa

---

5.3.2.	Firma 2.....	68
5.3.3.	Firma 3.....	71
5.3.4.	Firma 4.....	74
5.4.	Zbiornicze zestawienie danych .....	77
5.4.1.	Skuteczność rozpoznawania tablic rejestracyjnych.....	77
5.4.2.	Czas dostarczenia danych na serwer FTP .....	84
5.4.3.	Komentarz do wyników .....	90
6.	Wnioski .....	91
6.1.	Przyczyny powstawania błędów odczytu tablic.....	92
6.2.	Montaż i obsługa techniczna punktów kamerowych.....	96
6.3.	Sposób przetwarzania danych.....	98
6.4.	Problemy związane z systemami ARTR.....	100
7.	LISTA ZAŁĄCZNIKÓW .....	103

## Streszczenie

Instytut Transportu Samochodowego (ITS) działając na zlecenie Urzędu m.st. Warszawa przygotował opracowanie w zakresie opisu i wniosków przeprowadzonych badań przydatności punktów kamerowych ARTR do monitorowania pasów autobusowych w m.st. Warszawa. Podstawą niniejszego opracowania są przeprowadzone przez Instytut Transportu Samochodowego testy czterech komercyjnie dostępnych systemów ARTR. Podstawą badań był pomiar skuteczności rozpoznawania tablic rejestracyjnych pojazdów i opóźnienia w przesyłaniu danych na zdalny serwer udostępniony przez ITS.

Celem opracowania jest przekazanie informacji dotyczących problemów i wskazanie potencjalnych zagrożeń związanych z montażem i eksploatacją w warunkach rzeczywistych punktów kamerowych do automatycznego rozpoznawania tablic rejestracyjnych. Zakres opracowania obejmuje:

- informacje ogólne na temat systemów ARTR (rozdział 1),
- opis techniczny urządzeń ARTR zastosowanych w testach (rozdział 2),
- opis techniczny systemu referencyjnego (rozdział 3),
- plan badań i zastosowane procedury (rozdział 4),
- zestawienie wyników badań dotyczących skuteczności punktów kamerowych i opóźnień w przesyłaniu danych (rozdział 5),
- podsumowanie i wnioski zawierające opis głównych problemów związanych z montażem i eksploatacją punktów ARTR (rozdział 6).

Instytut Transportu Samochodowego nie dokonał w niniejszym dokumencie oceny jakościowej poszczególnych systemów.

## Summary

Motor Transport Institute (ITS) acting on behalf of the Capital City of Warsaw Municipal Office has prepared an analysis consisting of description and conclusions drawn from conducted study of Automatic License Plate Recognition systems, which can be used to monitor bus lanes in the city of Warsaw. Basis for this analysis are tests made by Motor Transport Institute of four commercially available ALPR systems. Tests include measurement of the license plate recognition effectiveness and data transmission delays from ALPR points to the ITS remote Server.

The aim of this analysis is to provide information about possible problems and to identify potential hazards that can be associated with installation and operation of ALPR points in real conditions. Analysis includes:

- General information about ALPR systems (section 1),
- Technical description of each ALPR system (section 2),
- Technical description of the reference system (section 3),
- Study methodology and procedures (section 4),
- Study results, license plate recognition effectiveness and data transmission delays (section 5),
- Summary and conclusions describing main problem associated with installation and operation of ALPR points (section 6).

Motor Transport Institute in the following document doesn't make quality assesement of ALPR systems.



## **Podziękowanie**

Instytut Transportu Samochodowego składa podziękowania pracownikom Biura Drogownictwa i Komunikacji Urzędu Miasta Stołecznego Warszawy za organizacyjną i merytoryczną pomoc podczas badań systemów ARTR. Dziękujemy również za cenne uwagi, które przyczyniły się do powstania ostatecznej wersji raportu.

Składamy wyrazy wdzięczności pracownikom wszystkich firm za wzięcie udziału w testach systemów ARTR. Dziękujemy również pracownikom firmy Robert BOSCH sp. z o.o. za użyczenie urządzeń dla potrzeb systemu referencyjnego zbudowanego przez ITS i wsparcie techniczne w okresie trwania testów. Dziękujemy firmie MB7 Mariusz Brzozowski za pomoc w przygotowaniu i montażu systemu referencyjnego oraz pracownikom Pogotowia Drogowego Zarządu Dróg Miejskich za pomoc w zapewnieniu bezpieczeństwa grup montażowych w czasie trwania testów.

## Słownik

<b>ARTR/ANPR/ALPR</b>	Automatyczne Rozpoznawanie Tablic Rejestracyjnych ang. <i>Automatic Number Plate Recognition</i> ang. <i>Automatic License Plate Recognition</i>
<b>CCTV</b>	ang. <i>Closed Circuit Television</i> , telewizja przemysłowa
<b>CPU</b>	ang. <i>Central Processing Unit</i> , urządzenie cyfrowe, jednostka centralna, procesor
<b>FTP</b>	ang. <i>File Transfer Protocol</i> , protokół umożliwiający przesyłanie danych w postaci plików na serwer poprzez sieć TCP/IP; także serwer plików
<b>ITS</b>	Instytut Transportu Samochodowego; także ang. <i>Intelligent Transport Systems</i> , technologie telematyczne do zarządzania transportem
<b>GPRS</b>	ang. <i>General Packet Radio Service</i> technologia wykorzystująca sieć GSM do przesyłania danych w pakietach
<b>GSM</b>	ang. <i>Global System for Mobile Communications</i> najpowszechniejszy standard telefonii komórkowej
<b>OCR</b>	ang. <i>Optical Character Recognition</i> , technika rozpoznawania znaków w obrazie graficznym





<b>Urządzenie ARTR</b>	Urządzenie do przetwarzania danych z zainstalowanym oprogramowaniem do rozpoznawania numerów tablic rejestracyjnych
<b>Punkt kamerowy ARTR</b>	Urządzenie do automatycznego rozpoznawania tablic rejestracyjnych, składające się z urządzenia ARTR, kamery i modułu transmisji danych
<b>Operator</b>	Osoba dokonująca manualnego rozpoznania numeru rejestracyjnego pojazdu

## 1. Wprowadzenie do systemów ARTR



## 1.1. Ogólne informacje na temat systemów ARTR

Rozwój technologiczny i wzrost zapotrzebowania na informatyczne systemy wspomagające nadzór nad bezpieczeństwem publicznym spowodowały gwałtowną ekspansję monitoringu przemysłowego w ośrodkach miejskich. Wraz ze wzrostem mocy obliczeniowych komputerów możliwa stała się automatyzacja procesu analizy obrazu, co przełożyło się na radykalne zwiększenie efektywności działania systemów CCTV. Jedną z najpopularniejszych metod tzw. „inteligentnej” analizy obrazu służącej do rozpoznawania pojedynczych pojazdów jest zastosowanie systemu Automatycznego Rozpoznawania Tablic Rejestracyjnych.

Pierwszy system ARTR powstał w 1976 roku w Wielkiej Brytanii, w ośrodkach badawczo-naukowych tamtejszej policji. Prototypowy system został wdrożony trzy lata później w dwóch lokalizacjach: na drodze A1 łączącej Londyn z Edynburgiem i w tunelu Dartford niedaleko Londynu. W 1981 roku dzięki systemowi ARTR wykryto po raz pierwszy skradziony pojazd. Obecnie w Londynie ARTR stosuje się między innymi do nadzoru nad strefą o ograniczonym ruchu tzw. ang. *Coggestion Charge Zone*.

System ARTR stanowi jeden z najważniejszych składników systemu ITS, który umożliwia nie tylko rozpoznawanie numerów rejestracyjnych pojazdów i obliczanie statystyk ich liczebności, ale także odróżnianie różnych typów pojazdów. Niektóre systemy umożliwiają kategoryzowanie pojazdów nie tylko ze względu na rozpoznaną tablicę rejestracyjną, ale także markę i kolor nadwozia.

Jakość działania samego systemu ARTR zależy w dużej mierze od oprogramowania służącego do rozpoznawania znaków w pliku graficznym tzw. OCR, które pozwala na bardzo szybkie i skuteczne rozpoznawanie tablic rejestracyjnych. Większość producentów i dostawców nowoczesnego sprzętu ARTR gwarantuje ponad 90% skuteczność w zakresie poprawności rozpoznawania numeru rejestracyjnego. Istnieją także dostawcy sprzętu ARTR, którzy w swoich ofertach wspominają nawet o 98% skuteczności.

Jednak w warunkach rzeczywistych, czyli w pobliżu pasa drogowego, gdzie są montowane kamery systemów ARTR dane producentów i dostawców okazują się zbyt optymistyczne. Nowoczesny i dobrze działający system jest w stanie poprawnie zidentyfikować 90-94% tablic rejestracyjnych wszystkich zarejestrowanych pojazdów, a to tylko przy bardzo dobrych warunkach pogodowych. Starsze systemy ARTR dobrze rozpoznają zaledwie 60-80% pojazdów.

Producent sprzętu decyduje o wartościach parametrów determinujących sposób w jaki, tzw. „silnik” jego oprogramowania będzie rozpoznawał numery rejestracyjne. Można wyróżnić następujące metody stosowane w rozpoznawaniu tablic rejestracyjnych:

- użycie korelacji i dopasowywania szablonów (ang. *template matching*) – to technika segmentacji obrazu oparta na wykrywaniu kształtów i porównywaniu ich z kształtami-szablonami,
- zastosowanie analizy strukturalnej (ang. *structural analysis*) – metoda wykorzystująca drzewo decyzyjne oceniające geometryczne rysy konturów każdego ze znaków w obrazie,
- sztuczne sieci neuronowe (ang. *artificial neural networks*), czyli struktury matematyczne symulujące działanie ludzkich neuronów.

Standardowy punkt kamerowy wykorzystujący system ARTR składa się z kilku elementów:

- wysokiej jakości kamery z oświetlaczem,
- oprogramowania OCR do optycznego rozpoznawania znaków,
- komputera – jednostki centralnej (CPU) dokonującej rozpoznania i analizy numeru z tablicy rejestracyjnej,
- pamięci i bazy danych magazynujących obrazy,
- modułu transmisyjnego.

Punkt ARTR jest zazwyczaj zintegrowany z zewnętrznym systemem zarządzania. Ponadto każdy punkt ARTR oprócz rozpoznawania numerów rejestracyjnych

pojazdów może realizować dodatkowe funkcje. Przykładowy proces przetwarzania danych w systemie ARTR obejmuje:

- rejestracja obrazu,
- przetwarzanie obrazu,
- lokalizacja i wyodrębnienie tablicy rejestracyjnej na obrazie,
- segmentacja znaków,
- rozpoznanie znaków,
- analiza składni,
- interpretacja tablicy np. poprzez porównanie rozpoznanej tablicy rejestracyjnej z posiadaną bazą danych,
- klasyfikacja tablicy rejestracyjnej,
- zapis tablicy w bazie danych,
- transmisja danych do systemu nadrzędnego.

Dostawcy rozwiązań z zakresu ARTR zapewniają usługi w zakresie komunikacji M2M (maszyna - maszyna). Zatem integralną częścią tych systemów jest integracja z centrami monitoringu i zarządzania mająca na celu wykrywanie wykroczeń i przestępstw oraz karanie sprawców. Ostatecznymi odbiorcami systemów ARTR są centra mandatowania i centra alarmowe. Monitoring wizyjny wraz z technologiami informatycznymi wspomagającymi analizę obrazu stał się nieodłącznym elementem współczesnej urbanizacji. Dzisiaj najpowszechniej stosuje się ARTR w następujących miejscach:

- parkingi,
- drogi publiczne,
- obiekty strzeżone,
- przejścia graniczne,
- stacje benzynowe.

Systemy ARTR należą do klasy inteligentnych systemów transportowych. Na podstawie normy ISO 14813-1 z 2007 r. „ITS service domains, service groups and services” możemy zaliczyć je do domeny systemów zarządzania ruchem i działalności operacyjnej.

## 1.2. Algorytmy używane w systemach ARTR

Technologia optycznego rozpoznawania numeru rejestracyjnego pojazdu polega na konwersji zawartości informacyjnej zakodowanej w obrazie tablicy, na alfanumeryczny ciąg znaków alfabetu. Celem tej operacji jest dalsze przetwarzanie danych, polegające na rejestrowaniu w bazie danych, porównywaniu z bazami danych numerów rejestracyjnych lub przesyłanie w celu archiwizacji lub dalszego przetwarzania. Kolejne etapy analizy polegają na zlokalizowaniu pojazdu na obrazie, odnalezieniu tablicy rejestracyjnej i jej odczytaniu. Umożliwia to szybką identyfikację pojazdu bez potrzeby instalowania dodatkowych urządzeń, w tym nadajników działających w paśmie podczerwieni lub wykorzystujących fale radiowe.

Rozpoznawanie odbywa się w sposób ciągły, tj. analizowana jest każda klatka obrazu z kamery, lub poprzez wyzwolenie przez czujnik wykrywający obecność pojazdu. Urządzeniem wyzwalającym może być pętla indukcyjna lub fotokomórka.

Obraz tablicy rejestracyjnej jest zazwyczaj dzielony na siedem części zawierających kolejne litery lub cyfry numeru pojazdu. Podział następuje w wyniku wstępnego przetwarzania obrazu i może być wykonany na przykład przy użyciu metody tzw. „pływającej ramki”, czyli przez śledzenie obrazu znajdującego się wewnątrz prostokąta poruszającego się wzdłuż obrazu tablicy, aż do momentu, kiedy program wykryje wewnątrz ramki literę lub cyfrę. Następnie ramka jest przesuwana dalej wzdłuż tablicy aż do uzyskania obrazów wszystkich znaków numeru rejestracyjnego.

Kolejnym etapem rozpoznawania jest analiza obrazów zawierających poszczególne litery i cyfry. Do tego celu może być zastosowana sztuczna sieć neuronowa. W celu przygotowania sieci do procesu rozpoznawania znaków zawartych w obrazie musi być ona poddana procesowi uczenia, w którym na wejściu sieci są prezentowane kolejne przykłady znaków podobnych do tych, które znajdują się na tablicach rejestracyjnych a sieć podejmuje próbę rozpoznania znaku. Po każdym cyklu nauczania modyfikowane są współczynniki wagowe połączeń neuronów w sieci aż do uzyskania dostatecznej skuteczności procesu. Wykorzystanie



sztucznych sieci neuronowych do rozpoznawania numerów rejestracyjnych pojazdów jest jedną z najczęściej stosowanych metod.

W celu zwiększenia skuteczności systemów ARTR stosowane są często zaawansowane techniki geometrycznego i optycznego przetwarzania danych oraz algorytmy syntaktyczne sprawdzające rozpoznany numer rejestracyjny pod względem poprawności składni. W przypadku kontroli syntaktycznej sprawdzana jest poprawność występowania określonych rodzajów cyfr i liter w określonych miejscach tablicy rejestracyjnej, w aspekcie zgodności z przepisami prawa dotyczącymi tablic rejestracyjnych.

Pierwszym etapem przetwarzania obrazu zarejestrowanego przez kamerę ARTR jest ustalenie położenia tablicy rejestracyjnej. Metoda polegająca na poszukiwaniu tablicy w obrębie obrazu poprzez porównywanie fragmentów obrazu ze wzorcem oraz metoda poszukiwania na podstawie jej parametrów takich jak kształt i kolor, są bezcelowe i nieefektywne. Dotyczy to zwłaszcza sytuacji, w której rozpoznawane tablice mają różne kolory, czyli w istocie tablic rejestracyjnych spoza Europy. Zatem metody rozpoznawania numerów rejestracyjnych powinny wykorzystywać cechę wspólną wszystkich tablic jaką jest wysoki kontrast między znakami znajdującymi się na tablicy a tłem. Taki sposób rozpoznawania jest często wykorzystywany w praktyce.

Jak podają producenci oprogramowania dla systemów ARTR skuteczność oprogramowania mieści się w granicach 95 ÷ 99% jednak dotyczy to sytuacji wzorcowej, tj. przy odpowiednim oświetleniu, dobrej przejrzystości powietrza, braku innych przeszkód, utrudniających działanie oprogramowania.

### 1.3. Problemy związane z eksploatacją systemów ARTR

Główne problemy związane z rozpoznawaniem numerów rejestracyjnych pojazdów są związane z:

- zanieczyszczeniem i zniekształceniem tablic rejestracyjnych,
- zastosowaniem przez właściciela pojazdu w obszarze tablicy: śrub mocujących, opasek zabezpieczających lub nakładek odblaskowych utrudniających działanie fotoradarów (rys. 1),
- zamontowaniem tablic w nietypowych miejscach, jak np. w przypadku samochodu Alfa Romeo 156 (rys. 2),
- niedostatecznym oświetleniem tablic, uniemożliwiającym wykonanie fotografii o dostatecznej jakości,
- zbyt dużą prędkością pojazdu, uniemożliwiającą uzyskanie fotografii o wystarczającej ostrości,
- niekorzystnymi warunkami pogodowymi powodującymi zmniejszenie przejrzystości powietrza lub niekorzystnymi warunkami oświetlenia, jak na przykład tzw. efekt flary, powodowany przez intensywne oświetlenie słoneczne.



Rys. 1. Fotografia nakładki utrudniającej rozpoznanie numeru rejestracyjnego





Rys. 2. Niestandardowe miejsce montażu tablicy rejestracyjnej utrudniające rozpoznanie numerów rejestracyjnych – przypadek samochodu Alfa Romeo 159

#### 1.4. Dodatkowe funkcjonalności systemów ARTR

Oprócz rozpoznawania numerów rejestracyjnych systemy ARTR realizują dodatkowe funkcje, do których należą:

- obsługa pojazdów o różnych uprawnieniach, czyli tzw. białych, szarych i czarnych list numerów rejestracyjnych pojazdów,
- rozpoznawanie rodzaju pojazdów (osobowy, ciężarowy/autobus, jednoślad),
- gromadzenie danych dla potrzeb systemów pobierania opłat za użytkowanie dróg w miastach, mających na celu redukcję zatłoczenia (ang. *Congestion Charging*),
- pomiar punktowej i odcinkowej prędkości pojazdu,
- rejestrowanie pojazdów przejeżdżających na czerwonym świetle,
- rozpoznawanie pojazdów specjalnych.

Stosowane są dwa rodzaje pomiaru prędkości pojazdu:

- punktowy – wykonywany na krótkim odcinku drogi podczas zbliżania się do stacjonarnego urządzenia pomiarowego. Wynikiem pomiaru jest chwilowa



wartość prędkości pojazdu. Najbardziej znanym sposobem pomiaru prędkości punktowej jest zastosowanie radaru lub fotoradaru,

- odcinkowy – wykonywany na odcinku drogi o znanej długości. W rzeczywistości mierzony jest czas przejazdu i na tej podstawie obliczana jest średnia prędkość pojazdu na danym odcinku.

W przypadku systemów ARTR pomiar prędkości punktowej jest wykonywany na podstawie analizy kolejnych fotografii pojazdu zarejestrowanych przez pojedynczą kamerę. Każdy z pasów ruchu wymaga osobnej analizy. Standardem jest, że zainstalowane kamery generują około 25 klatek na sekundę. Umożliwia to wykonanie serii zdjęć dla każdego pojazdu przejeżdżającego przez punkt pomiarowy. Prędkość punktowa jest obliczana na podstawie wektora przesunięcia tablicy rejestracyjnej i czasu między kolejnymi zdjęciami. Obraz pojazdu wraz z numerem rejestracyjnym oraz wyznaczoną prędkością jazdy może być przesyłany do centrum zarządzania lub centrum mandatowania. Opcjonalnie, w wypadku przekroczenia dopuszczalnej prędkości, na tablicy zmiennej treści może być wyświetlany numer rejestracyjny oraz prędkość, z jaką poruszał się pojazd.

Zdecydowanie lepsze efekty przynosi zastosowanie systemów odcinkowego pomiaru prędkości, bowiem w przypadku pomiaru punktowego kierowcy zmniejszają prędkość bezpośrednio przed radarem, zwiększając ją często bezpośrednio za nim. Pierwsze systemy odcinkowego pomiaru prędkości zastosowano w Wielkiej Brytanii w 1990 roku. Obecnie są one stosowane w wielu krajach europejskich – np. we Włoszech, Holandii i Austrii. Na początku i na końcu odcinka pomiarowego umieszczana jest kamera. Zdjęcia wykonane przez kamery są analizowane przez program komputerowy, który na podstawie numeru rejestracyjnego identyfikuje pojazd określając dokładny czas wjazdu i wyjazdu z odcinka pomiarowego. Na podstawie czasu przejazdu i długości odcinka obliczana jest średnia prędkość.

Kolejną funkcją urządzeń ARTR może być rejestrowanie pojazdów przejeżdżających na czerwonym świetle. Kierowcy wykorzystują często „fazę żółtą” sygnalizacji świetlnej do wjeżdżania na skrzyżowanie, zamiast do jego opuszczania, jak nakazuje kodeks drogowy. Przy rosnącym zatłoczeniu dróg coraz częściej kierujący pojazdami



wjeżdżają na skrzyżowanie również na czerwonym świetle. Staje się to przyczyną poważnych kolizji i wypadków.

Takim praktykom prewencyjnie przeciwdziałać może system monitorowania pojazdów przejeżdżających przez skrzyżowanie na czerwonym świetle. Jest on zbudowany z komputera sterującego, co najmniej jednej kamery pogładowej i kamer do rozpoznawania tablic rejestracyjnych. Kamera pogładowa obejmuje obszar całego skrzyżowania i jest skierowana tak, aby był widoczny sygnalizator świetlny oraz pojazd wjeżdżający na skrzyżowanie. Dodatkowo nad każdym z pasów ruchu zainstalowane są kamery do rozpoznawania tablic rejestracyjnych. Komputer sterujący jest podłączony bezpośrednio do sterownika sygnalizacji świetlnej, z którego są przekazywane informacje o zmianach faz pracy sygnalizatorów. Po rozpoczęciu „fazy żółtej” komputer sterujący uruchamia rejestrowanie obrazu z kamer dokumentujących przebieg zdarzeń na skrzyżowaniu, w tym wykroczeń. Proces rejestracji jest zatrzymywany po zakończeniu „fazy czerwonej”. Każde zdjęcie wykonane przez kamerę zawiera dokładny czas jego wykonania, co ułatwia przygotowanie materiału dowodowego dokumentującego wykroczenie.

Niektóre urządzenia ARTR umożliwiają również rozpoznawanie pojazdów specjalnych. Sprawa wykorzystania wydzielonych pasów ruchu przez pojazdy uprzywilejowane podejmujące interwencję nie budzi żadnych zastrzeżeń. W dobie zrównywania praw krytykowane bywa jednak używanie tych pasów jezdni przez pojazdy z wyłączonymi sygnałami świetlnymi i dźwiękowymi. Ich szybszy powrót do bazy może oznaczać szybszą realizację kolejnego wezwania, jednak nie zawsze jest to dobrze postrzegane przez pozostałych użytkowników dróg i może budzić społeczny sprzeciw. Niezależnie od tego niektóre systemy ARTR umożliwiają rozpoznawanie pojazdów uprzywilejowanych. Funkcja ta jest szczególnie pożądana w przypadku, kiedy informacja o pojeździe poruszającym się wydzielonym pasem ruchu może być przesłana do systemu sterowania ruchem, który udzieli priorytetu ruchu w pożądanym kierunku, skracając czas przejazdu.

## 2. Dane techniczne badanych systemów ARTR



## 2.1. Założenia ogólne

W testach systemów ARTR wzięły udział cztery firmy: P.H.U. „Telsat” Grzegorz Kawka, Computex Telecommunications Sp. z o.o., Sprint Sp. z o.o. i Cat Traffic Sp. z o.o. Każda z firm na potrzeby badań zainstalowała w wyznaczonym przez Urząd Miasta punkcie montażu jeden z oferowanych przez nią systemów ARTR. Wyjątkiem była Firma Telsat, która zainstalowała trzy systemy, spośród których tylko jeden był poddawany badaniom na potrzeby testu. Każda z firm mogła w sposób dowolny skonfigurować zainstalowany przez nią zestaw urządzeń, jednak niedopuszczalne było wprowadzanie zmian technicznych w czasie trwania testów. Każda z firm złożyła, przed przystąpieniem do testu, deklarację wybranej konfiguracji urządzeń

i do testów mogła używać wyłącznie tych urządzeń. Na czas testów wszystkie systemy zostały zainstalowane w podobnym położeniu – na takiej samej wysokości nad poziomem jezdni i przy podobnym kącie osi obiektywu kamery względem osi pasa ruchu. Nie nałożono na systemy żadnych ograniczeń co do odległości strefy detekcji od miejsca montażu. Umożliwiło to optymalny wybór strefy detekcji, przez każdą z firm. Montaż systemów nastąpił z odpowiednim wyprzedzeniem w stosunku do dnia rozpoczęcia testów systemów. W rezultacie każda z firm miała możliwość optymalizacji parametrów swoich systemów, w celu osiągnięcia jak najlepszych wyników badań.

Dane techniczne ocenianych przez ITS punktów kamerowych, zostały umieszczone w Załączniku 1 do raportu. Załącznik zawiera wyłącznie dane udostępnione przez firmy. Instytut nie ingerował w treść tych danych. Dane zostały umieszczone w załączniku ze względu na założenie, że na podstawie treści raportu nie będzie możliwa identyfikacja żadnej z firm biorących udział w testach, a dane techniczne urządzeń mogłyby posłużyć do takiej identyfikacji.

### 3. Referencyjny system rejestracji



### 3.1. Ogólne informacje o systemie

Do wykonania badań wykorzystany został system rejestracji obrazu składający się z urządzeń firmy Robert BOSCH sp. z o.o. W badaniu, kamery ocenianych systemów zostały skierowane na cztery różne odcinki pomiarowe. Z tego względu system referencyjny składał się z czterech kamer rejestrujących obraz z prędkością 25 klatek/sekundę w jakości 4CIF (ang. *4 x Common Intermediate Format*). Każda z kamer referencyjnych była przeznaczona do nagrywania obrazu z odcinka pomiarowego, na który skierowana była kamera jednego z badanych systemów. Kamera referencyjna i kamera testowana były umieszczone obok siebie i były skierowane na ten sam odcinek pasa ruchu. Dodatkowo, w celu dokładnego ustalenia strefy detekcji testowanego systemu, na jezdni zaznaczone zostały, przy pomocy kolorowej farby, granice strefy detekcji, w której były rozpoznawane numery rejestracyjne przejeżdżających pojazdów. Do systemu referencyjnego nie były wykorzystywane oświetlacze podczerwieni, zwiększające ilość światła nocą, aby nie zaburzyć pracy testowanych systemów.

System referencyjny został umieszczony na dwóch bramownicach oznaczonych A i A1 znajdujących się na al. Jerozolimskich przed Rondem Zesłańców Syberyjskich (od strony Pruszkowa) w Warszawie. Lokalizacja została zaproponowana przez Biuro Drogownictwa i Komunikacji Urzędu m.st. Warszawy. Lokalizacja poszczególnych systemów na bramownicach została ustalona w drodze losowania. Na każdej z bramownic zamontowane zostały po dwa systemy analizowanych firm oraz dwie kamery referencyjne podłączone równolegle do jednego rejestratora BOSCH VideoJet X20, umieszczonego w skrzynce zainstalowanej na podstawie bramownicy. Każdy z rejestratorów nagrywał obraz z kamer referencyjnych na podłączonym do niego zewnętrznym twardym dysku o pojemności 320GB. Wybrany do analizy materiał był pobierany z rejestratora przy użyciu połączenia kablowego na komputer przenośny. Użyto w tym celu dołączonego do rejestratorów oprogramowania firmy BOSCH. Pobierany materiał był zapisywany w postaci filmu w formacie *wmv*.



Badanie przydatności punktów kamerowych Automatycznego Rozpoznawania Tablic Rejestracyjnych  
do monitorowania pasów autobusowych w m.st. Warszawa

---

Kamery:

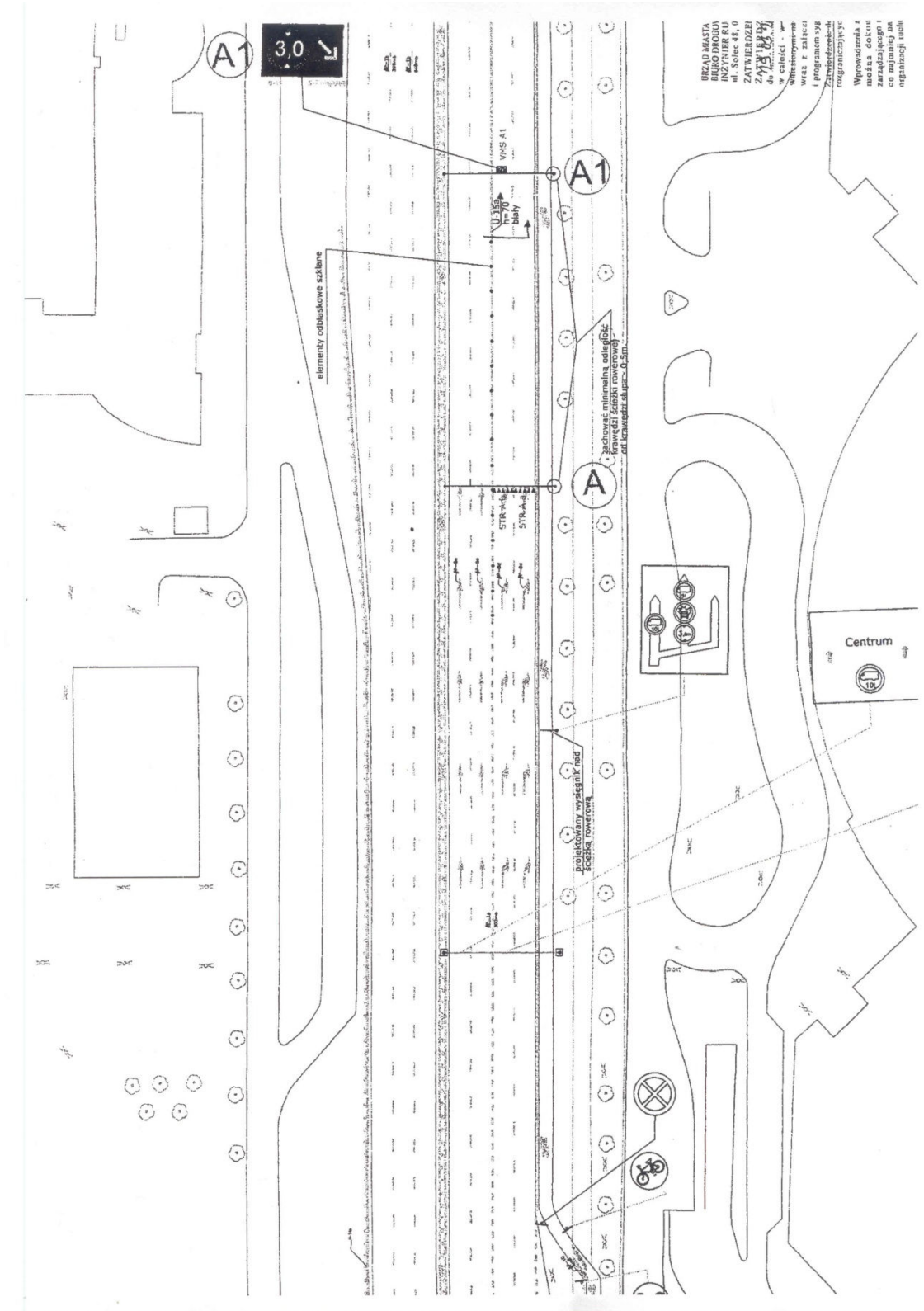
- BOSCH NWC0495-11,
- BOSCH LTC0630-51,
- BOSCH LTC0498-51,
- BOSCH LTC0620/50.

Rejestratory:

- VideoJet X20.



Badanie przydatności punktów kamerowych Automatycznego Rozpoznawania Tablic Rejestracyjnych do monitorowania pasów autobusowych w m.st. Warszawa

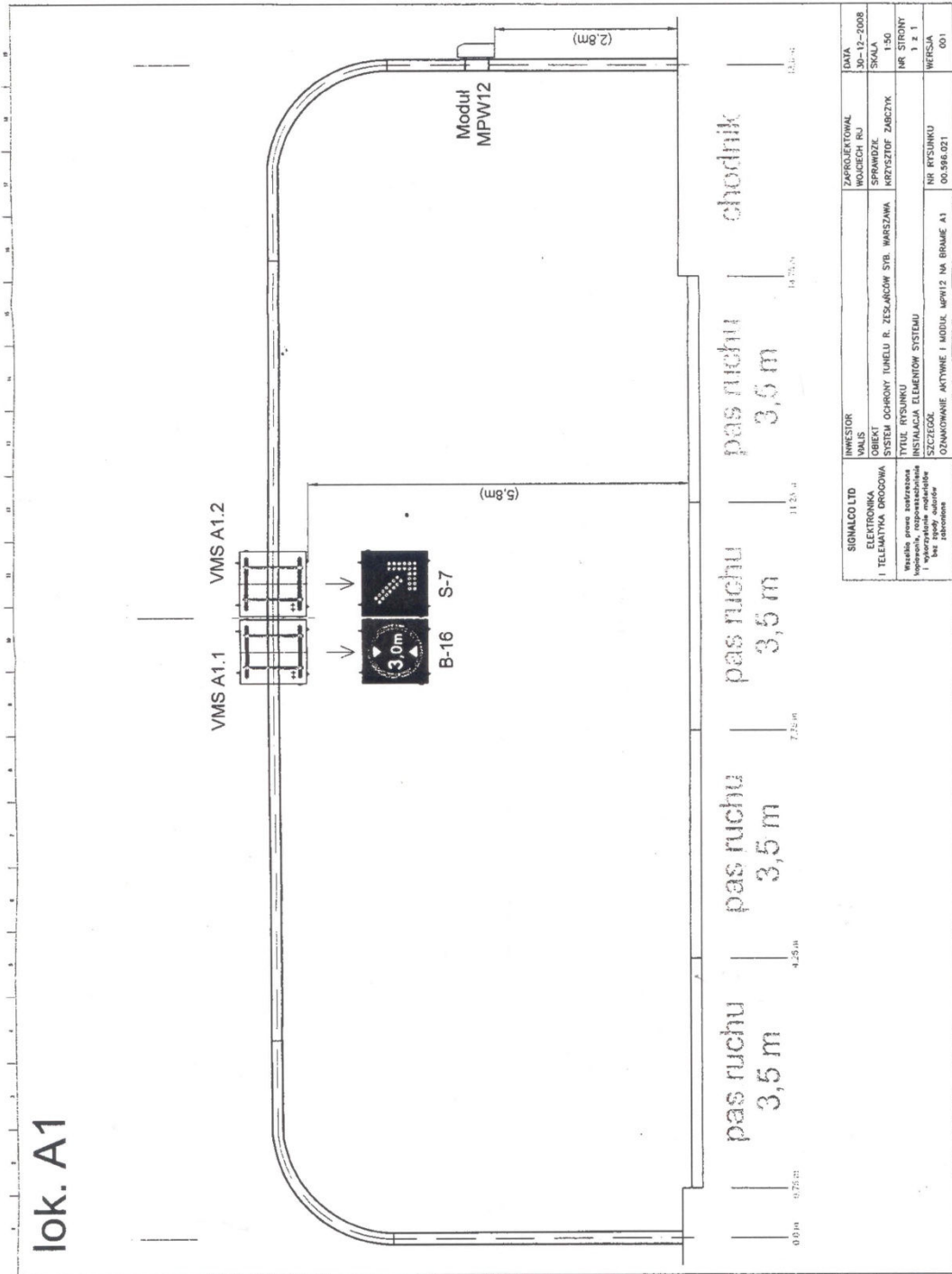


Rys. 3. Schemat ogólny rozmieszczenia bramownic

Źródło: Zarząd Dróg Miejskich

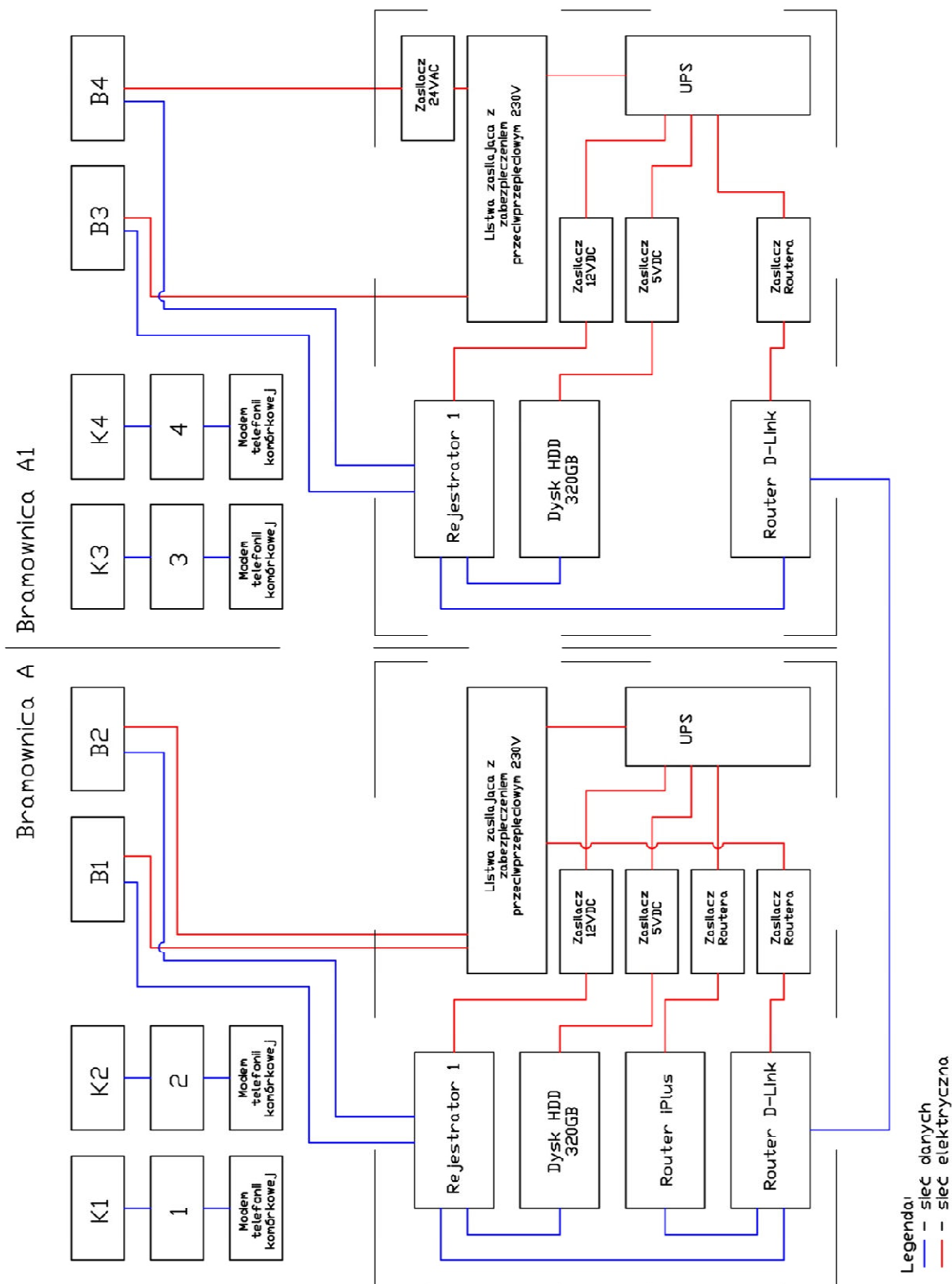


Badanie przydatności punktów kamerowych Automagicznego Rozpoznawania Tablic Rejestracyjnych do monitorowania pasów autobusowych w m.st. Warszawa

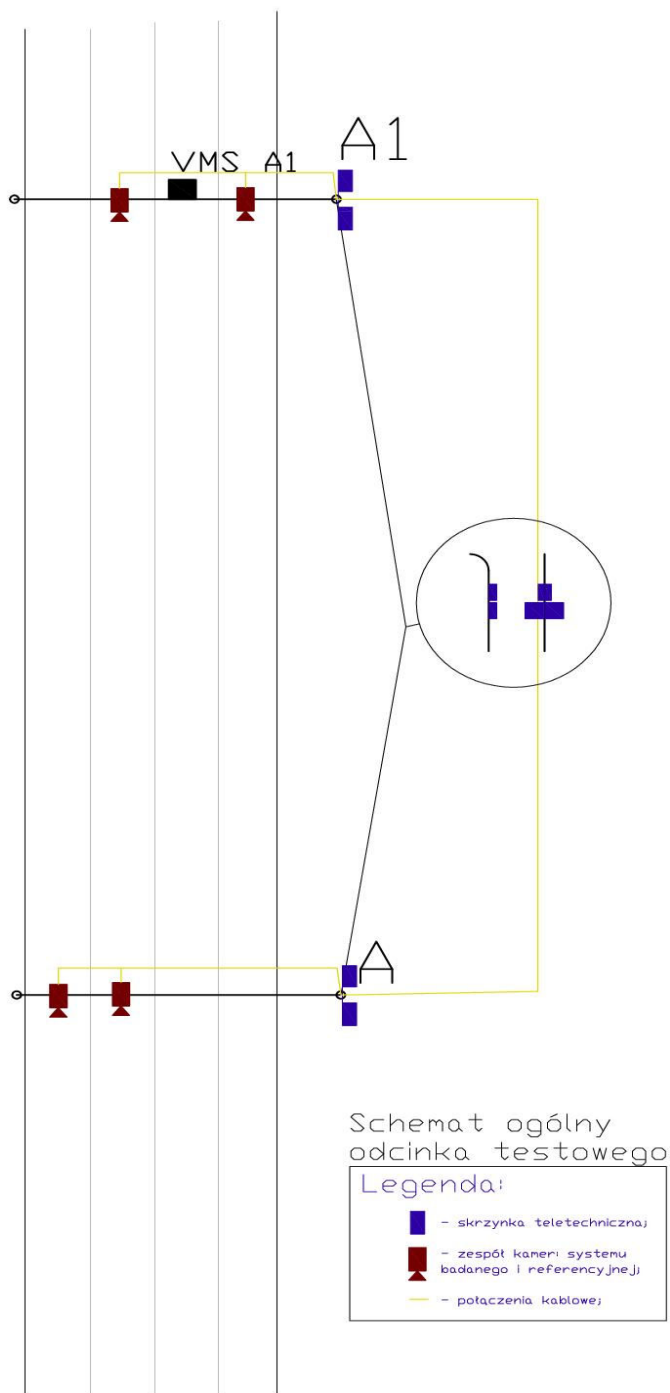


Rys. 5. Widok bramownicy A1

Źródło: Zarząd Dróg Miejskich



Rys. 6. Schemat układu systemu referencyjnego, gdzie: K1-K4 – oznaczenia kamer badanych systemów, 1-4 – oznaczenia badanych systemów ARTR, B1-B4 – oznaczenia kamer systemu referencyjnego ITS



Rys. 7. Schemat ogólny odcinka testowego

### 3.2. BOSCH NWC0495-11

<b>Certyfikaty i świadectwa</b>	
Standardy bezpieczeństwa	EN 60950-1 (CE)
	UL 60950-1; CAN/CSA E 60950-1
Odporność	EN 50130-4 (CE)
Emisja	EN 55022 Klasa B (CE)
	EN 61000-3-2 (CE); EN 61000-3-3 (CE)
	FCC CFR 47 Część 15, Klasa B
	AS/NZS CISPR 22 (równoważne CISPR 22)
Wibracje	kamera z obiektywem o masie 500 g zgodnie z IEC 60068-2-6
<b>Dane techniczne</b>	
<b>Parametry elektryczne</b>	
<b>Zasilanie</b>	
Napięcie wejściowe	+11 ÷ +36 VDC (700 mA)
	12 - 28 VAC (700 mA)
	zasilanie przez sieć Ethernet
Pobór prądu	maks. 8 VA
Złącze	2-stykowe złącze wciskane
<b>Sygnal wizyjny</b>	
Standardy sygnału wizyjnego	MPEG-4, M-JPEG
Struktura GOP	I, IP
Przepływność danych	9,6 kb/s - 6 Mb/s (stała i zmienna)
Przetwornik obrazu	1/3", CCD z wybieraniem międzyliniowym

<b>Macierz przetwornika obrazu</b>		
PAL	752 x 582	
NTSC	768 x 494	
<b>Rozdzielczość i częstotliwość odświeżania</b>	PAL	NTSC
4CIF:25/30 obrazów/s	704 x 576	704 x 480
2CIF:25/30 obrazów/s	704 x 288	704 x 240
połowiczna D1:25/30 obrazów/s	352 x 576	352 x 480
CIF:25/30 obrazów/s	352 x 288	352 x 240
QCIF:25/30 obrazów/s	176 x 144	176 x 120
<b>Wyjście wizyjne</b>	1x	
Sygnał	analogowe, całkowity sygnał wizyjny (NTSC lub PAL)	
Złącze	BNC, 75 Ω	
Stosunek sygnału/szum	50 dB	
<b>Czułość</b>	(przysłona F1.2, amplituda sygnału wizyjnego 50%, współczynnik odbicia sceny 89%)	
Tryb nocny	0,08 lx	
Kolor	0,59 lx	
<b>Minimalne oświetlenie</b>		
Tryb nocny	0,0038 lx	
Kolor	0,024 lx	
Kompensacja tła	wyłączona / wybór obszaru działania / regulacja poziomu	
Wzmocnienie	automatyczne, ustawiane do maks. 28 dB	
Balans bieli	ATW (2500 - 10 000 K) / AWB względem stałego poziomu / ręczny	

Automatyczny poziom czerni	włączony / wyłączony
Zwiększenie czułości	wyłączone, automatyczne – ciągle maks. 10x
Zakres dynamiki	maks. 32 x
<b>Sygnal wizyjny</b>	
Dynamiczna redukcja szumów	wyłączona / automatyczna
Regulacja konturów	regulowany poziom zwiększenia ostrości
<b>Migawka elektroniczna</b>	Stała, bez migotania, domyślna
PAL (automatyczna)	1/50 - 1/500 000 s (automatyczna)
NTSC (automatyczna)	1/60 - 1/500 000 s (automatyczna)
Wejście alarmowe	znam. +5 VDC, maks. +40 VDC
Wyjście przekaźnikowe	maks. 30 VAC lub +40 VDC, obciążenie ciągle 10 VA (maks. 0,5 A)
<b>Sterowanie z poziomu oprogramowania</b>	
Konfiguracja urządzenia	przez przeglądarkę sieciową lub program Configuration Manager
Detekcja ruchu	włączona / wyłączona
Kompensacja migotania	50 / 60 Hz
Korekcja apertury	pozioma i pionowa, symetryczna
Oprogramowanie układowe	Flash ROM, zdalna aktualizacja
<b>Sieć</b>	
Protokoły	Telnet, RTP, HTTP, ARP, TCP, UDP, IP, ICMP, IGMPv2/v3
Sieć Ethernet	10/100 Base-T, z automatycznym wykrywaniem, komunikacja pół- lub pełnodupleksowa, RJ45



Całkowite opóźnienie urządzenia	100 ms (MPEG-4)
PoE	zgodność z IEEE 802.3af
<b>Parametry mechaniczne</b>	
Wymiary	59 x 67 x 123 mm
Masa	ok. 0,45 kg
Instalacja	otwór gwintowany 1/4" na górze i na dole
Kolor	szary, czarny i bordowy
Mocowanie obiektywu	C / CS, maks. występ 5 mm
<b>Parametry środowiskowe</b>	
Temperatura pracy	0 ÷ +40°C
Temperatura przechowywania	-25 ÷ +70°C
Wilgotność względna	20 – 80%, względna, bez kondensacji

### 3.3. BOSCH LTC0630-51

<b>Certyfikaty i świadectwa</b>	
Standardy bezpieczeństwa	UL1950-1, CSA 22.2 nr 950-1, EN60950-1 (CE), EN61000-3-2 2000 +A2:2005, EN61000-3-3 1995 +A1:2001 +A2:2005
Odporność	EN50130-4 (CE), EN50121-4 (CE)

Badanie przydatności punktów kamerowych Automatycznego Rozpoznawania Tablic Rejestracyjnych do monitorowania pasów autobusowych w m.st. Warszawa

Emisja	EN55022 klasa B,		
	EN50121-4		
	FCC część 15, klasa B		
	EN6100-3,		
Wibracje	Kamera z obiektywem o masie 500 g zgodnie z IEC 60068-2-6		
<b>Dane techniczne</b>			
<b>Parametry elektryczne</b>			
<b>Zasilanie</b>			
Napięcie wejściowe	230 VAC $\pm$ 10% 50 Hz		
Pobór prądu	70 mA		
Przetwornik obrazu	1/2" CCD z wybieraniem międzyliniowym		
<b>Aktywne elementy obrazu</b>			
Model PAL	752 x 582		
Model NTSC	768 x 494		
<b>Czułość (3200 K, współczynnik odbicia sceny 89%, F1.2)</b>	obraz pełny (100 IRE)	obraz użyteczny (50 IRE)	obraz użyteczny (30 IRE)
Kolor	1,40 lx	0,31 lx	0,0991 lx
Kolor + SensUp 10x	0,14 lx	0,031 lx	0,00991 lx
Monochrom.	0,57 lx	0,121 lx	0,0391 lx
Monochrom. + SensUp 10x	0,057 lx	0,0121 lx	0,00391 lx
Rozdzielczość pozioma	540 linii TV		
Stosunek sygnał / szum	>50 dB		
Wyjście wizyjne	całkowity sygnał wizyjny 1 Vpp, 75 $\Omega$		



Badanie przydatności punktów kamerowych Automatycznego Rozpoznawania Tablic Rejestracyjnych do monitorowania pasów autobusowych w m.st. Warszawa

Synchronizacja	wewnętrzna, siecią zasilającą, sygnałem HV lub Genlock (Burst lock)
Migawka	Auto (1/50 [1/60] - 1/10000) do wyboru, Auto (1/50 [1/60] - 1/50000) automatycznie, bez migotania, stały poziom
Zwiększenie czułości	możliwość wyłączenia lub ustawienia w zakresie do 10x
Tryb dualny	tryb kolorowy, tryb monochromatyczny, tryb automatyczny
Automatyczny poziom czerni	automatyczny - ciągły, wyłączony
Mechanizm dynamiczny	XF-Dynamic, 2X-Dynamic, SmartBLC
Zakres dynamiki	96 dB (16-bitowy procesor obrazu)
Dynamiczna redukcja szumów	automatyczna, wł. / wył.
Ostrość	regulowany poziom zwiększenia ostrości
SmartBLC	wł. / wył.
Automatyczna regulacja wzmocnienia (AGC)	włączona lub wyłączona (0-30 dB)
Odwroćcie szczytowych wartości bieli	wł. / wył.
Balans bieli	automatyczne śledzenie balansu bieli, funkcja ATWhold i ustawiany ręcznie (2500 - 10000K)
Wyjście alarmowe	wizyjna detekcja ruchu lub protokół Bilinx
Wejście alarmowe (TTL)	przełączane, znam. +3,3 V, maks. +40 VDC
Alarmowe wyjście przekaźnikowe	30 VAC lub +40 VDC, obciążenie ciągle maks. 0,5 A, 10 VA
Wejście zewnętrznego źródła synchronizacji	75 $\Omega$ lub wysokiej impedancji
Kompensacja kabla	maks. długość kabla koncentrycznego 1000 m bez zewnętrznych wzmacniaczy (automatyczna konfiguracja z komunikacją Bilinx po kablu koncentrycznym)

Badanie przydatności punktów kamerowych Automatycznego Rozpoznawania Tablic Rejestracyjnych do monitorowania pasów autobusowych w m.st. Warszawa

Identyfikator kamery	maks. 17 znaków, wybór pozycji wyświetlania
Generator wzorów testowych	Color bars 100% (paski koloru 100%), Greyscale 11-step (11-stopniowa skala szarości), Sawtooth 2H (piła 2H), szachownica, siatka, płaszczyzna UV
Rodzaje obiektywów	automatyczne wykrywanie – przysłona sterowana ręcznie, napięciem DC lub sygnałem wizyjnym z nadrzędnym sterowaniem przysłony Sterowanie napięciem DC: obciążenie ciągłe maks. 50 mA. Sterowanie sygnałem wizyjnym: 11,5 ±0,5 VDC, obciążenie ciągłe maks. 50 mA
Mocowanie obiektywu	CS (maks. wystawanie 5 mm), możliwość mocowania C dzięki dołączonemu pierścieniowi
Tryby	6 programowalnych trybów fabrycznych
Zdalne sterowanie	dwukierunkowa komunikacja Bilinx po kablu koncentrycznym
Wizyjna detekcja ruchu	jeden w pełni programowalny obszar
Maskowanie stref prywatności	cztery odrębne obszary, w pełni programowalne
Sterowanie kamerą	menu ekranowe z przyciskami (wielojęzyczne)
<b>Właściwości fizyczne</b>	
Wymiary	58 x 66 x 122 mm bez obiektywu
Masa	450 g bez obiektywu
Kolor	RAL 9007 Metallic Titanium
Mocowanie kamery	dół (izolowane) i góra, gwint 1/4" 20 UNC
<b>Właściwości otoczenia</b>	
Temperatura pracy	-20 ÷ +55°C
Temperatura przechowywania	-40 ÷ +70°C
Wilgotność – praca	20 - 93%, względna
Wilgotność – przechowywanie	maks. 98%, względna

### 3.4. BOSCH LTC0498-51

<b>Certyfikaty i świadectwa</b>	
Standardy bezpieczeństwa	UL1950-1, CSA 22.2 nr 950-1, EN60950-1 (CE), EN61000-3-2 2000 +A2:2005, EN61000-3-3 1995 +A1:2001 +A2:2005
Odporność	EN50130-4 (CE), EN50121-4 (CE)
Emisja	EN55022 klasa B, EN50121-4 FCC część 15 klasa B, EN6100-3,
Wibracje	kamera z obiektywem o masie 500 g zgodnie z IEC 60068-2-6
<b>Dane techniczne</b>	
<b>Parametry elektryczne</b>	
<b>Zasilanie</b>	
Napięcie wejściowe	230 VAC ±10% 50 Hz
Pobór prądu	70 mA
<b>Aktywne elementy obrazu</b>	
Model PAL	752 x 582
Model NTSC	768 x 494

Badanie przydatności punktów kamerowych Automatycznego Rozpoznawania Tablic Rejestracyjnych do monitorowania pasów autobusowych w m.st. Warszawa

<b>Czułość (3200 K, współczynnik odbicia sceny 89%, F1.2)</b>	obraz pełny (100 IRE)	obraz użyteczny (50 IRE)	obraz użyteczny (30 IRE)
Kolor	2,4 lx	0,59 lx	0,24 lx
Kolor + SensUp 10x	0,24 lx	0,059 lx	0,024 lx
Monochrom.	-	0,08 lx	0,038 lx
Monochrom. + SensUp 10x	-	0,008 lx	0,0038 lx
Rozdzielczość pozioma	540 linii TV		
Stosunek sygnał / szum	>50 dB		
Wyjście wizyjne	całkowity sygnał wizyjny 1 Vpp, 75 Ω		
Synchronizacja	wewnętrzna, siecią zasilającą, sygnałem HV lub Genlock (Burst lock)		
Migawka	Auto (1/50 [1/60] - 1/10000) do wyboru Auto (1/50 [1/60] - 1/50000) automatycznie bez migotania, stały poziom		
Zwiększenie czułości	możliwość wyłączenia lub ustawienia w zakresie do 10x		
Tryb dualny	tryb kolorowy, tryb monochromatyczny, tryb automatyczny		
Automatyczny poziom czerni	automatyczny - ciągły, wyłączony		
Mechanizm dynamiczny	XF-Dynamic, 2X-Dynamic, SmartBLC		
Zakres dynamiki	120 dB (20-bitowy procesor obrazu)		
Dynamiczna redukcja szumów	automatyczna, wł. / wył.		
Ostrość	regulowany poziom zwiększenia ostrości		
SmartBLC	wł. / wył.		
Automatyczna regulacja wzmocnienia (AGC)	włączona lub wyłączona (0 dB)		



Badanie przydatności punktów kamerowych Automatycznego Rozpoznawania Tablic Rejestracyjnych do monitorowania pasów autobusowych w m.st. Warszawa

Odwrócenie szczytowych wartości bieli	wł. / wył.
Balans bieli	automatyczne śledzenie balansu bieli, funkcja ATWhold i ustawiany ręcznie (2500 - 10000K)
Wyjście alarmowe	wizyjna detekcja ruchu lub protokół Bilinx
Wejście alarmowe (TTL)	przełączane, znam. +3,3 V, maks. +40 VDC
Alarmowe wyjście przekaźnikowe	30 VAC lub +40 VDC, obciążenie ciągłe maks. 0,5 A, 10 VA
Wejście zewnętrznego źródła synchronizacji	75 $\Omega$ lub wysokiej impedancji
Kompensacja kabla	maks. długość kabla koncentrycznego 1000 m bez zewnętrznych wzmacniaczy (automatyczna konfiguracja z komunikacją Bilinx po kablu koncentrycznym)
Identyfikator kamery	maks. 17 znaków, wybór pozycji wyświetlania
Generator wzorów testowych	Color bars 100% (paski koloru 100%), Greyscale 11-step (11-stopniowa skala szarości), Sawtooth 2H (piła 2H), szachownica, siatka, płaszczyzna UV
Rodzaje obiektywów	automatyczne wykrywanie – przysłona sterowana ręcznie, napięciem DC lub sygnałem wizyjnym z nadrzędnym sterowaniem przysłony Sterowanie napięciem DC: obciążenie ciągłe maks. 50 mA. Sterowanie sygnałem wizyjnym: 11,5 $\pm$ 0,5 VDC, obciążenie ciągłe maks. 50 mA
Mocowanie obiektywu	CS (maks. wystawanie 5 mm), możliwość mocowania C dzięki dołączonemu pierścieniowi
Tryby	6 programowalnych trybów fabrycznych
Zdalne sterowanie	dwukierunkowa komunikacja Bilinx po kablu koncentrycznym
Wizyjna detekcja ruchu	jeden w pełni programowalny obszar
Maskowanie stref prywatności	cztery odrębne obszary, w pełni programowalne
Sterowanie kamerą	menu ekranowe z przyciskami (wielojęzyczne)

<b>Właściwości fizyczne</b>	
Wymiary	58 x 66 x 122 mm bez obiektywu
Masa	450 g bez obiektywu
Kolor	RAL 9007 Metallic Titanium
Mocowanie kamery	dół (izolowane) i góra, gwint 1/4" 20 UNC
<b>Właściwości otoczenia</b>	
Temperatura pracy	-20 ÷ +55°C
Temperatura przechowywania	-40 ÷ +70°C
Wilgotność – praca	20 - 93%, względna
Wilgotność – przechowywanie	maks. 98%, względna

### 3.5. BOSCH LTC0620/50

<b>Certyfikaty i świadectwa</b>	
Standardy bezpieczeństwa	EN 60950-1 (CE)
	UL 60950-1; CAN/CSA E 60950-1
Odporność	EN 50130-4 (CE)



Emisja	EN 55022 Klasa B (CE)
	EN 61000-3-2 (CE); EN 61000-3-3 (CE)
	FCC CFR 47 Część 15, Klasa B
	AS/NZS CISPR 22 (równoważne CISPR 22)
Wibracje	kamera z obiektywem o masie 500 g zgodnie z IEC 60068-2-6
<b>Dane techniczne</b>	
<b>Parametry elektryczne</b>	
<b>Zasilanie</b>	
Napięcie wejściowe	+11 ÷ +36 VDC (700 mA)
	12 - 28 VAC (700 mA)
	zasilanie przez sieć Ethernet
Pobór prądu	maks. 8 VA
Złącze	2-stykowe złącze wciskane
<b>Sygnal wizyjny</b>	
Standardy sygnału wizyjnego	MPEG-4, M-JPEG
Struktura GOP	I, IP
Przepływność danych	9,6 kb/s - 6 Mb/s (stała i zmienna)
Przetwornik obrazu	1/3", CCD z wybieraniem międzyliniowym
<b>Macierz przetwornika obrazu</b>	
PAL	752 x 582
NTSC	768 x 494

<b>Rozdzielczość i częstotliwość odświeżania</b>	PAL	NTSC
4CIF:25/30 obrazów/s	704 x 576	704 x 480
2CIF:25/30 obrazów/s	704 x 288	704 x 240
połowiczna D1:25/30 obrazów/s	352 x 576	352 x 480
CIF:25/30 obrazów/s	352 x 288	352 x 240
QCIF:25/30 obrazów/s	176 x 144	176 x 120
<b>Wyjście wizyjne</b>	1x	
Sygnał	analogowe, całkowity sygnał wizyjny (NTSC lub PAL)	
Złącze	BNC, 75 Ω	
Stosunek sygnału/szum	50 dB	
<b>Czułość</b>	(przystosowana F1.2, amplituda sygnału wizyjnego 50%, współczynnik odbicia sceny 89%)	
Tryb nocny	0,08 lx	
Kolor	0,59 lx	
<b>Minimalne oświetlenie</b>		
Tryb nocny	0,0038 lx	
Kolor	0,024 lx	
Kompensacja tła	wyłączona / wybór obszaru działania / regulacja poziomu	
Wzmocnienie	automatyczne, ustawiane do maks. 28 dB	
Balans bieli	ATW (2500 - 10 000 K) / AWB względem stałego poziomu / ręczny	
Automatyczny poziom czerni	włączony / wyłączony	
Zwiększenie czułości	wyłączone, automatyczne – ciągłe maks. 10x	
Zakres dynamiki	maks. 32 x	

<b>Sygnal wizyjny</b>	
Dynamiczna redukcja szumów	wyłączona / automatyczna
Regulacja konturów	regulowany poziom zwiększenia ostrości
<b>Migawka elektroniczna</b>	Stała, bez migotania, domyślna
PAL (automatyczna)	1/50 - 1/500 000 s (automatyczna)
NTSC (automatyczna)	1/60 - 1/500 000 s (automatyczna)
Wejście alarmowe	znam. +5 VDC, maks. +40 VDC
Wyjście przekaźnikowe	maks. 30 VAC lub +40 VDC, obciążenie ciągłe 10 VA (maks. 0,5 A)
<b>Sterowanie z poziomu oprogramowania</b>	
Konfiguracja urządzenia	przez przeglądarkę sieciową lub program Configuration Manager
Detekcja ruchu	włączona / wyłączona
Kompensacja migotania	50 / 60 Hz
Korekcja apertury	pozioma i pionowa, symetryczna
Oprogramowanie układowe	Flash ROM, zdalna aktualizacja
<b>Sieć</b>	
Protokoły	Telnet, RTP, HTTP, ARP, TCP, UDP, IP, ICMP, IGMPv2/v3
Sieć Ethernet	10/100 Base-T, z automatycznym wykrywaniem, komunikacja pół- lub pełnodupleksowa, RJ45
Całkowite opóźnienie urządzenia	100 ms (MPEG-4)
PoE	zgodność z IEEE 802.3af

Badanie przydatności punktów kamerowych Automatycznego Rozpoznawania Tablic Rejestracyjnych  
do monitorowania pasów autobusowych w m.st. Warszawa

---

<b>Parametry mechaniczne</b>	
Wymiary	59 x 67 x 123 mm
Masa	ok. 0,45 kg
Instalacja	otwór gwintowany 1/4" na górze i na dole
Kolor	szary, czarny i bordowy
Mocowanie obiektywu	C / CS, maks. występ 5 mm
<b>Parametry środowiskowe</b>	
Temperatura pracy	0 ÷ +40°C
Temperatura przechowywania	-25 ÷ +70°C
Wilgotność względna	20 – 80%, względna, bez kondensacji

### 3.6. VideoJet X20

<b>Certyfikaty i świadectwa</b>	
Bezpieczeństwo	IEC 60950
Zgodność	EN55103-1 (Sprzęt wideo i audio)
	EN50130-4 (Systemy alarmowe)
	EN55022 ITE
	EN55024 ITE
	EN50121-4 (Zastosowania w transporcie kolejowym)
	EN61000-3-2
	EN61000-3-3
Klasa ochrony	EN60068-2-6 Fc (Wibracja sinusoidalna)
	EN60068-2-30 Db (Wilgotne, ciepłe pomieszczenia)
	EN60068-2-1 Ab (Przechowywanie w niskiej temperaturze)
	EN60068-2-2 Bb (Przechowywanie w wysokiej temperaturze)
	EN60068-2-14 Na (Zmiana temperatury)
<b>Parametry elektryczne</b>	
Zasilacz	Zewnętrzny zasilacz lub zewnętrzny akumulator
Napięcie wejściowe	10 do 30 VDC
Pobór mocy	ok. 22 VA przy pełnym wyposażeniu
<b>Wejście/wyjście</b>	
<b>Sygnal wizyjny</b>	2 wejścia
Złącze	BNC
Impedancja	75 $\Omega$ , z przełączanym dopasowaniem
Sygnal	Analogowy kompozytowy, 0,7–1,2 Vpp, NTSC lub PAL
<b>Dźwięk</b>	2 monofoniczne wejścia liniowe, 1 monofoniczne wyjście liniowe

Złącze	2 gniazda stereo 3,5 mm
Wejście liniowe sygnału	9 k $\Omega$ (typowo), 5,5 Vpp (maks.)
Wyjście liniowe sygnału	3,0 Vpp przy 10 k $\Omega$ / 1,7 przy 16 k $\Omega$ (typowo)
<b>Alarm</b>	4 wejścia
Złącze	Zaciskowe (nieizolowany styk zwierny)
Rezystancja załączenia	10 $\Omega$ (maks.)
<b>Przełącznik</b>	4 wyjścia
Złącze	Zacisk
Sygnał	30 Vpp (SELV), 2 A
<b>Port COM</b>	Zaciskowy, RS-232/422/485
<b>Sygnał wizyjny</b>	
<b>Standardy</b>	H.264 Baseline Profile (ISO/IEC 14496-10), MPEG-4, M-JPEG, JPEG
<b>Szybkość przesyłania danych</b>	9,6 kb/s do 6 Mb/s w każdym kanale
<b>Rozdzielczość</b>	Poz. x pion. PAL/NTSC
4CIF (tylko MPEG-4)	704 x 576/480 (25/30 obrazów/s*)
2CIF	704 x 288/240 (25/30 obrazów/s*)
2/3 D1	464 x 576/480 (25/30 obrazów/s*)
1/2 D1	352 x 576/480 (25/30 obrazów/s*)
CIF	352 x 288/240 (25/30 obrazów/s*)
QCIF	176 x 144/120 (25/30 obrazów/s*)
Struktura GOP	I, IP
Całkowite opóźnienie sygnału IP	120 ms
Częstotliwość odświeżania	1 do 50/60 (PAL/NTSC)

<b>Dźwięk</b>	
Standard	G.711; 300 Hz do 3,4 kHz
Przepływowość binarna	80 kb/s przy częstotliwości próbkowania 8 kHz
<b>Sieć</b>	
Sieć Ethernet	2 porty 10/100 Base-T z automatycznym wykrywaniem, komunikacja pół- lub pełnodupleksowa, RJ45
SFP	1 gniazdo SFP (Small Form-factor Pluggable) 1Gb/s na opcjonalny standardowy moduł GBIC SFP
Protokoły	RTP, Telnet, UDP, TCP, IP, HTTP, HTTPS, FTP, DHCP, IGMP V2/V3, ICMP, ARP, RTSP, SMTP, SNTP, SNMP (V1, MIB-II), 802.1x
Szyfrowanie	TLS 1.0, SSL, AES (opcja)
<b>Sterowanie</b>	
Aktualizacja oprogramowania	Pamięć Flash ROM, programowana zdalnie
Konfiguracja	Configuration Manager lub przeglądarka internetowa
<b>Połączenia</b>	
CompactFlash	1 gniazdo CF opcjonalnej karty pamięci CompactFlash typu I i II
Porty USB	2 porty USB 2.0, maks. 2.5 W każdy
<b>Parametry mechaniczne</b>	
Wymiary	61 x 160 x 178 mm
Ciężar	Ok. 1,5 kg z dyskiem twardym
<b>Parametry środowiskowe</b>	
Temperatura pracy	-30°C ÷ +60°C
Wilgotność względna	0 ÷ 95%, bez kondensacji
Wartość termiczna	maks. 75 BTU/h przy pełnym wyposażeniu



Rys. 8. Skrzynki z zainstalowanymi urządzeniami systemu referencyjnego



## 4. Metodyka badań



## 4.1. Założenia ogólne

Systemy ARTR mogą znacząco różnić się zarówno pod względem wykorzystywanych urządzeń jak i rodzaju wykorzystanego w nich oprogramowania. Głównym zadaniem tych systemów jest skuteczne rozpoznawanie numerów tablic rejestracyjnych, co może służyć jako narzędzie informatycznego wsparcia procesów wykonywanych np. przez służby państwowe. Wiele systemów, oferowanych na rynku, jest reklamowana przez sprzedawców jako „niemal niezawodne”, co odzwierciedlają wpisy kart katalogowych urządzeń mówiące o 98% rozpoznawalności znaków z czytelnych tablic (co pokazuje też „laboratoryjne” podejście do tematu badań). Jednak ruch drogowy charakteryzuje się dużą zmiennością i nieprzewidywalnością warunków i ze względu na to wszelkie deklarowane dane w systemach tego typu powinny być weryfikowane poprzez testy w warunkach drogowych. Metoda badawcza zastosowana w testach powinna w jak największym stopniu odwzorowywać realne (brane pod uwagę przy planowaniu systemu) wymagania co do systemów ARTR oraz w jak najwiarygodniejszy sposób badać faktyczne możliwości właściwe tym systemom.

W badaniach do porównania wykorzystano dwa wskaźniki skuteczności systemu:

- skuteczność odczytania tablicy rejestracyjnej przejeżdżającego pojazdu,
- szybkość przesłania, przez analizowany system, danych o wykrytym pojeździe na udostępniony w tym celu serwer FTP.

Analizowane systemy miały przysyłać na serwer dane dotyczące każdego pojazdu, który znalazł się w strefie detekcji, tj. dwa pliki:

- tekstowy zawierający między innymi numer tablicy rejestracyjnej,
- fotografię tablicy rejestracyjnej w postaci pliku jednego z popularnych formatów graficznych.

Dla każdego analizowanego systemu ITS udostępnił indywidualny folder na serwerze FTP o pojemności 10GB.



W celu określenia skuteczności odczytu numeru tablicy rejestracyjnej wykonane zostało porównanie nagranych za pomocą systemu referencyjnego filmu z danymi przesłanymi na serwer FTP. Materiał nagrany za pomocą systemu referencyjnego poddany został obróbce polegającej na manualnym odczytaniu przez operatora numeru tablicy rejestracyjnej i porównaniu go z numerem odczytanym przez testowany system oraz zapisaniu daty i godziny (z dokładnością do 1s) pojawienia się pojazdu na materiale wizyjnym. Odczyt numeru rejestracyjnego wykonany przez oceniany system był uznawany za nieprawidłowy, w przypadku kiedy:

- nie zostały odczytane wszystkie znaki na tablicy rejestracyjnej znajdującej się w strefie detekcji,
- co najmniej jeden znak numeru tablicy rejestracyjnej został odczytany błędnie,
- system nie wykrył tablicy rejestracyjnej.

Szybkość przesłania, przez analizowany system, danych na serwer FTP była wyznaczana na podstawie różnicy czasów między momentem przejazdu pojazdu (czas zarejestrowany na referencyjnym filmie pobranym z rejestratora) i momentem otrzymania danych na serwer FTP. W celu synchronizacji systemu referencyjnego i systemów testowanych użyty został serwer czasu Głównego Urzędu Miar – *tempus1.gum.gov.pl*, z którego korzystały rejestratory i serwer FTP. Za moment przejazdu pojazdu uznawany był moment, w którym przedni zderzak pojazdu przekroczył koniec strefy detekcji, tzn. krawędź strefy położoną bliżej kamery referencyjnej (bramownicy).

Na potrzeby badania wykorzystano różne warunki oświetleniowe i atmosferyczne, w celu sprawdzenia ich wpływu na dokładność odczytu numeru tablicy rejestracyjnej. W celu wykonania analizy wpływu oświetlenia wyniki pomiarów, na potrzeby badania wyróżnione zostały następujące cztery pory dnia:

<b>Pora dnia</b>	<b>Czas</b>
Świt	5.00-7.00
Dzień	7.00-18.30
Zmierzch	18.30-20.30
Noc	20.30-5.00

Pory dnia zostały wybrane na podstawie danych dotyczących czasu wschodu i zachodu słońca.

Skuteczność rozpoznawania tablic została obliczona jako iloraz liczby pojazdów z poprawnie rozpoznanymi numerami tablic rejestracyjnych do całkowitej liczby pojazdów, które przejechały przez strefę detekcji pomnożony przez 100%. Za pojazd znajdujący się w strefie detekcji uznawany był pojazd, którego cała tablica rejestracyjna znalazła się w obszarze detekcji. W związku z tym w testach nie uwzględniano pojazdów, poruszających się między pasami lub poruszających się częściowo w obrębie strefy detekcji. Przyjęcie takiego założenia było konieczne ze względu na jednoznaczne określenie warunków zakwalifikowania pojazdu do pomiaru skuteczności.

## 4.2. Przyjęty harmonogram

Ze względu na charakterystykę miejsca, w którym wykonywane były pomiary i rozmieszczenia punktów pomiarowych (poszczególne systemy były skierowane na indywidualne strefy detekcji), niemożliwe było osiągnięcie dla wszystkich, biorących udział w testach firm, jednakowych warunków ruchowych na badanych pasach ruchu. Pasy różniły się ze względu na natężenie i strukturę poruszających się po nim rodzajów pojazdów. Dwa pasy prowadziły na wiadukt i drogę w kierunku centrum miasta. Poruszały się nimi głównie pojazdy osobowe, motocykle i autobusy, jak również samochody dostawcze o masie do 10 ton. Kolejny pas prowadził do tunelu, przez który mogły przejeżdżać pojazdy o masie do 5 ton i wysokości do 3m, które nie przewoziły ładunków niebezpiecznych. Czwarty pas prowadził w kierunku

Ronda Zesłańców Syberyjskich. Ruch po tym pasie nie był ograniczony ze względu na dopuszczalną masę i wysokość pojazdów i był oznakowany jako droga tranzytowa. W godzinach szczytu na dwóch skrajnych prawych pasach występowały stany kongestii. Z tych powodów na różnych pasach ruchu zaobserwowano różne poziomy swobody ruchu oraz różna była prędkość pojazdów. Kierowcy już przed strefami detekcji, stosując się do znaków drogowych, zmieniali pas ruchu (Rys. 9).



Rys. 9. Bramownice wykorzystane w testach i oznakowanie pionowe przed bramownicami

Przyjęty w badaniu harmonogram pobierania danych był dostosowany do bieżącej sytuacji meteorologicznej w sposób taki, aby możliwe było przeprowadzenie badań systemów ARTR przy jak największej różnorodności warunków drogowych. Pomiary zostały zaplanowane od 09.04.2010r., od godziny 12:00 do 30.04.2010r., do godziny 23:59.

Godziny, dla których zaplanowano nagrywanie materiału służącego do oceny, zostały tak dobrane, aby możliwe było osiągnięcie różnorodnych warunków oświetlenia na drodze, z jednoczesnym utrzymaniem wysokiego natężenia ruchu. Aby osiągnąć wyżej wymienione cechy materiału pobieranego do analizy założony został następujący harmonogram dobowy:

- świt – materiał nagrany w godzinach od 5:00 - 7:00,
- dzień – 2 godzinny odcinek czasu nagrany pomiędzy 7:00 - 18:30,
- wieczór – materiał nagrany w godzinach 18:30 - 20:30,
- noc – materiał nagrany w godzinach 20:30 - 22:30.

Do badań został wykorzystany dodatkowy materiał spoza założonych pór, nagrany w nocy od 23:30, 26.04.2010r. do 00:30, 27.04.2010r. Wybór tego materiału był spowodowany intensywnymi opadami deszczu w porze nocnej, a takie warunki nie wystąpiły w założonych wcześniej porach dnia.

### 4.3. Warunki meteorologiczne

W badaniach wykonanych na potrzeby opracowania uwzględniono możliwość zbadania wpływu występujących na drodze warunków meteorologicznych na skuteczność rozpoznawania znaków tablic rejestracyjnych przez systemy ARTR. Określenie dla każdej próbki danych szczegółowych warunków meteorologicznych zawierających takie dane jak: temperatura powietrza, wilgotność powietrza, ciśnienie atmosferyczne, wielkość opadu atmosferycznego i wielkość promieniowania słonecznego, umożliwiło określenie wpływu warunków panujących na drodze na jakość działania systemu. Dodatkowo określone zostały również warunki drogowe jako subiektywna ocena operatora wynikająca z obserwacji nagranych materiału filmowego. Ze względu na porę roku w której zaplanowane zostały testy niemożliwe było określenie wpływu opadów śniegu na skuteczność systemów ARTR.

Warunki meteorologiczne, panujące na drodze, mogą znacząco wpłynąć na jakość rejestrowanego przez kamery obrazu. Zarówno skrajne warunki oświetleniowe jak



i opady atmosferyczne mogą powodować utrudnienia w rejestracji obrazu poruszających się pojazdów.

Wpływ oświetlenia jest bardzo istotny zarówno w zakresie niedoświetlenia sceny (w nocy), jak i prześwietlenia sceny (np. w słoneczne południe), lub nietypowego oświetlenia (padającego pod dużym kątem – wschody i zachody słońca). W pierwszym i drugim przypadku kamery stosowane w systemach ARTR niwelują niekorzystny wpływ oświetlenia zewnętrznego przez użycie oświetlacza, który doświetla scenę i powoduje wzrost kontrastu tablicy rejestracyjnej w stosunku do reszty rejestrowanego obrazu (co powoduje również lepszą czytelność znaków). Dużo poważniejszym zagadnieniem okazał się wschód i zachód słońca które mogą powodować np. bezpośrednie oświetlenie soczewki kamery (daszki montowane na kamerach mogą, choć nie zawsze niwelują ten problem). Wpływ oświetlenia może się również okazać znaczący w przypadku silnego oświetlenia drogi mokrej na skutek deszczu (np. przez latarnię uliczną, podświetlenie reklam, lub słońce). Silne oświetlenie jezdni w takim przypadku może powodować silny odbłask od mokrej nawierzchni w kierunku kamery i powodować spadek jakości rejestrowanego obrazu.

Opady deszczu i warunki panujące po deszczu mogą również powodować dodatkowe problemy związane z odczytywaniem znaków tablic rejestracyjnych. Światło z oświetlacza w czasie deszczu może ulegać rozproszeniu lub zakrzywieniu i nie doświetlać sceny w dostateczny sposób. Duży wpływ na skuteczność systemów może mieć woda unoszona z jezdni na skutek przejazdu samochodu. Za pojazdem powstaje w czasie jego przejazdu charakterystyczna „mgiełka”, która może powodować nieczytelność numerów tablicy rejestracyjnej jadącego za nim kolejnego pojazdu. Warunki deszczowe, lub panujące bezpośrednio po opadach deszczu powodują również silniejsze zabrudzenie tablic rejestracyjnych pojazdów, co znacząco zmniejsza ich czytelność.

Należy więc podkreślić że problemy związane z wpływem warunków meteorologicznych wynikają najczęściej z wpływu kombinacji różnych pór dnia, warunków atmosferycznych i efektów z nimi związanych.



W badaniach wyróżnione zostały następujące warunki meteorologiczne:

- deszcz,
- mgła,
- słońce,
- zachmurzenie.

W miejscu montażu punktów kamerowych ARTR, w czasie testów, nie zaobserwowano mgły. Wynika to z często występujących w miejscu badań prądów powietrznych. W miejscu wybranym do badań droga stanowi odcinek prostej, co sprzyja napływowi powietrza z innych części miasta i uniemożliwia powstawanie mgły.



Tab. 1. Tabela warunków meteorologicznych dla wybranych do analizy materiałów filmowych. Dane meteorologiczne pochodzą ze stacji meteorologicznej zlokalizowanej przy ulicy Herbacianej w Warszawie (52° 10' 53"N 20° 52' 13"E 110m n.p.m.), około 7 kilometrów od punktu, w którym wykonywano badania.

Data	Godzina		Warunki meteorologiczne							Klasyfikacja warunków		
	początek	koniec	Temperatura powietrza [°C]		Wilgotność powietrza [%]		Ciśnienie atmosferyczne [≈hPa]	Opad atmosferyczny [mm/h]	Promieniowanie słoneczne [W/m <sup>2</sup> ]		Pora dnia [S/D/Z/N]	Warunki meteorologiczne [D/M/S/Z]
			min	max	min	max			min	max		
12	05:00	07:00	7	12	55	65	1008	0	100	250	S	S, Z
	11:00	12:00	15	17	35	45	1007,5	0	200	550	D	S
	19:00	20:00	11	12	50	65	1006,5	0		0	Z	Z
16	05:30	06:30	8	10	65	80	998,5	0	100	150	S	Z
	19:00	20:00	10	11	60	65	1001,5	0		0	Z	Z
	21:00	22:00	9,5	10	60	65	1001	0		0	N	Z
26	23:30	00:30	11	12	90	95	1006	6		0	N	D, Z
	05:00	06:00	10	11	85	90	1005	6	50	100	S	Z
27	08:00	09:00	10	11	85	90	1005	0	50	200	D	Z
	16:30	17:30	10	11	90	95	1008	5	0	50	D	D, Z
	19:00	20:00	9	10	90	95	1009	0		0	Z	D, Z
	20:30	21:30	9	10	90	95	1009,5	0		0	N	Z

#### 4.4. Błędy pomiarowe

Przeprowadzone badania obejmowały pomiar skuteczności rozpoznania tablic rejestracyjnych i pomiar czasu dostarczenia danych na zdalny serwer FTP. Wzorcowy materiał porównawczy do oceny skuteczności został opracowany przez operatorów na podstawie filmów zarejestrowanych przez kamery skierowane na strefy detekcji. Innym sposobem byłoby zastosowanie programu komputerowego, który przetwarzałby uprzednio zarejestrowane dane. Program nie podlegałby ograniczeniom, związanym z wydajnością systemu obliczeniowego, ponieważ mógłby przetwarzać dane już zarejestrowane z dowolnym opóźnieniem. Podczas badań programy w punktach kamerowych podlegały takiemu ograniczeniu, ponieważ musiały przetwarzać dane w czasie rzeczywistym minimalizując opóźnienie w dostarczeniu danych.

Mimo, że programy komputerowe są stale doskonalone nie są w stanie zastąpić inteligencji i spostrzegawczości człowieka, który jest w stanie rozpoznać numery rejestracyjne, nawet w przypadkach zanieczyszczonych, zniekształconych, uszkodzonych lub częściowo zasłoniętych tablic rejestracyjnych. Ponadto operator, przy rozpoznawaniu numerów rejestracyjnych, może wykorzystywać kilka źródeł danych, takich jak zdjęcia z badanych kamer, kamer referencyjnych i kamer kontekstowych. Nawet najlepsze oprogramowanie OCR nie gwarantuje stuprocentowej poprawności rozpoznawania znaków tablicy rejestracyjnej (najczęściej 80-99% w warunkach laboratoryjnych). Opracowanie danych przez operatora umożliwia bezbłędne rozpoznanie znaków tablicy rejestracyjnej i umożliwia mu rozpoznanie numeru rejestracyjnego pojazdu nawet w opisanych powyżej, trudnych przypadkach. Skuteczność programów OCR jest w takich przypadkach bardzo niska.

W związku z powyższym błąd pomiaru dotyczył jedynie czasu dostarczenia danych na serwer FTP udostępniony przez ITS.

Na całkowity czas jaki upływał między przejazdem pojazdu przez strefę detekcji a dostarczeniem pliku z danymi i odpowiednich fotografii na serwer składały się:

- czas analizy danych przez punkt ARTR,
- czas związany z przygotowaniem danych do wysłania, na który miało wpływ również tzw. kolejkowanie danych, stosowane przez niektóre firmy,
- czas transmisji danych na serwer FTP przez sieć komórkową,
- czas odebrania danych przez serwer FTP (poniżej 1s).

Przed rozpoczęciem testów firmy zostały poproszone o zsynchronizowanie zegarów z serwerem czasu Głównego Urzędu Miar, z którym był również zsynchronizowany zegar serwera FTP, na który były dostarczane dane. Również zegary systemów rejestrujących referencyjny obraz, który był podstawą do późniejszej oceny skuteczności punktów ARTR, były zsynchronizowane ze wspomnianym serwerem czasu. Należy zaznaczyć, że pomiar czasu był wykonywany z dokładnością do jednej sekundy. Mimo zsynchronizowania zegarów z tym samym wzorcowym źródłem czasu należy się spodziewać, że mogło następować odstrajanie zegarów ocenianych urządzeń jak, referencyjnych urządzeń zastosowanych przez ITS, jak również zegara serwera FTP.

Biorąc jednak pod uwagę karty katalogowe wspomnianych urządzeń należy zaznaczyć, że wartości odstrojeń zegara, nie powinny przekraczać w okresie badań 1s. Maksymalny całkowity błąd oceny czasu wprowadzany przez urządzenia wynosił zatem 2s i składały się na niego:

- błąd zegara czasu punktu ARTR,
- błąd zegara punktu rejestrującego obraz wzorcowy.

Dodatkowy błąd pomiaru czasu dostarczenia danych na serwer FTP mógł być związany z przyjęciem czasu rozpoznania pojazdu poruszającego się w obrębie przekroju pomiarowego. Długości przekrojów pomiarowych poszczególnych firm i czasy przejazdu pojazdów dla prędkości 150 km/h zostały podane z tabeli 2.

Tab. 2. Dane dotyczące przekrojów pomiarowych

Lp.	Oznaczenie firmy	Początek [m]	Koniec [m]	Długość [m]	Czas przejazdu dla 20 km/h [s]	Czas przejazdu dla 150 km/h [s]
1.	Firma 1	13,1	16,35	3,25	0,59	0,08
2.	Firma 2	26	20	6	1,08	0,14
3.	Firma 3	22,2	17,3	4,9	0,88	0,12
4.	Firma 4	23	18,5	4,5	0,81	0,11

Z powyższych danych wynika, że maksymalny czas przejazdu przez strefę detekcji wynosił 1,08 s a minimalny 0,08 s. Czas ten był zależny od prędkości wykrywanego pojazdu i długości strefy detekcji. Wykrywanie pojazdu przez urządzenie ARTR mogło następować w dowolnym punkcie strefy detekcji dlatego należy przyjąć, że dodatkowy błąd, który był spowodowany niejednoznacznością momentu wykrycia pojazdu był równy w przybliżeniu 1s.

Zatem całkowity maksymalny błąd pomiaru czas przejazdu detekcji był równy 3s i składał się na niego błąd zegarów systemu ARTR i systemu referencyjnego oraz czas niejednoznaczności detekcji pojazdu w strefie detekcji.

Należy zauważyć, że nawet w przypadku oceny systemów ARTR dla potrzeb wykrywania skradzionych pojazdów poruszających się po wydzielonych pasach autobusowych błąd oceny całkowitego maksymalnego czasu dostarczenia stanowi wartość pomijalnie małą.

## 5. Wyniki pomiarów i analiza porównawcza



## 5.1. Skuteczność rozpoznawania tablic rejestracyjnych

Na skuteczność rozpoznania tablic rejestracyjnych przez badane systemy miały wpływ m. in.:

- czynniki atmosferyczne,
- pora dnia,
- warunki oświetleniowe,
- struktura rodzaju pojazdów na danym pasie ruchu,
- fakt zastosowania lub niezastosowania analizy kontekstowej w analizie treści tablicy rejestracyjnej,
- przemieszczanie się pojazdów między pasami ruchu w obszarze detekcji.

Ponadto przetwarzanie danych w punktach ARTR odbywa się dwuetapowo. Pierwszy etap polegał na zarejestrowaniu pojedynczych klatek obrazu przez kamerę zainstalowaną nad pasem ruchu (na bramownicy). Drugi etap obejmował analizę pojedynczych klatek obrazu i rozpoznanie tablicy rejestracyjnej.

Wartość błędu rozpoznawania tablic rejestracyjnych (skuteczności) punktów ARTR jest więc zależna od wielu czynników, związanych zarówno z warunkami otoczenia, jak również z jakością samych kamer i algorytmu przetwarzania danych. Nie można na tym etapie badań jednoznacznie odpowiedzieć na pytanie, który z czynników ma największy wpływ na skuteczność systemów. Wymagałoby to czasochłonnych badań, podczas których przy ustabilizowanych, w określonym zakresie, pozostałych czynnikach zmieniany byłby jeden – podlegający badaniu. Można natomiast stwierdzić, że największe znaczenie w przypadku jakości rozpoznawania mają:

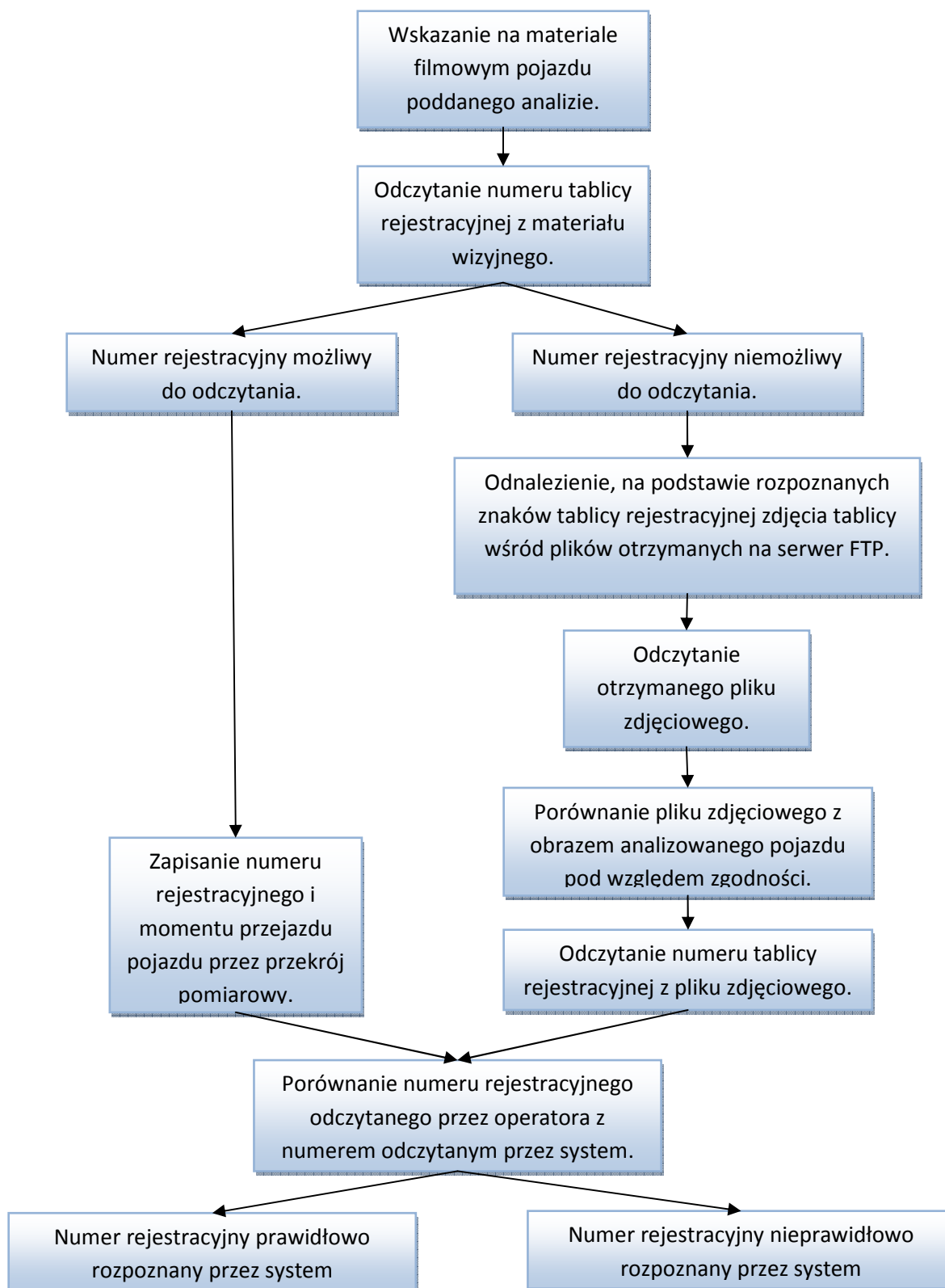
- warunki oświetleniowe – pora nocna wymaga zastosowania odpowiednich oświetlaczy,
- refleksy świetlne – światło oświetlające bezpośrednio obiektyw kamery,
- zastosowanie oprogramowania do analizy syntaktycznej, polegającej na sprawdzeniu zgodności rozpoznanej treści z przepisami prawa

dotyczącymi znaków na kolejnych pozycjach w numerze tablicy rejestracyjnej, w celu ostatecznego ustalenia rozpoznanego numeru rejestracyjnego.

Do uzyskania referencyjnego zbioru numerów rejestracyjnych pojazdów użyto filmu zawierającego pojazdy poruszające się w obrębie strefy detekcji. W nielicznych przypadkach, kiedy osoba zajmująca się rozpoznawaniem numeru miała wątpliwości co do zawartości tablicy rejestracyjnej posiłkowała się zdjęciami nadesłanymi przez firmy, aby wyeliminować ewentualny błąd. Jakość fotografii wykonanych przez badane systemy ARTR była wyższa niż jakość zdjęć z systemu referencyjnego, który miał służyć do nagrywania płynnego filmu – klatka po klatce. Oceniane punkty ARTR są systemami specjalizowanymi i wykonują fotografie, a nie jak system referencyjny filmy, więc materiał z nich otrzymany, rejestrowany był w dużo wyższej rozdzielczości. Skuteczność rozpoznawania numerów tablic rejestracyjnych była obliczana automatycznie za pomocą programu przygotowanego na potrzeby opracowania. W programie porównywana była lista numerów rejestracyjnych odczytanych przez operatora z listą numerów rejestracyjnych nadesłanych na serwer FTP. Na podstawie liczby dopasowanych numerów tablic rejestracyjnych w stosunku do ogólnej liczby tablic rejestracyjnych odczytanych przez operatora obliczana była procentowa skuteczność badanego systemu. Program dopasowywał numery tablic w dziesięciominutowym przedziale czasu (oknie czasowym), aby wyeliminować efekt powodowany przez kilkukrotny przejazd tego samego pojazdu w ciągu rozpatrywanego dnia.

Do analizy porównawczej materiału wizyjnego wykorzystano następujący schemat postępowania:

- wyznaczenie odcinków czasowych poddanych analizie,
- opracowanie materiału wizyjnego przez operatora, zgodnie ze schematem blokowym:



Rys. 10. Schemat blokowy opracowania materiału wizyjnego



Odczytanie numeru tablicy rejestracyjnej przez system było uznawane za błędne w przypadku, gdy:

- nie zostały odczytane wszystkie znaki na wykrytej tablicy rejestracyjnej,
- przynajmniej jeden znak numeru tablicy rejestracyjnej został odczytany błędnie,
- system nie wykrył tablicy rejestracyjnej.

Niewykrycie przez system tablicy rejestracyjnej, wynikające z jej braku lub zasłonięcia przez elementy nadwozia pojazdu, nie było brane pod uwagę w badaniu skuteczności rozpoznawania numerów tablic rejestracyjnych. Przejazd takiego pojazdu nie był uwzględniany podczas analizy filmu referencyjnego przez operatora.

## 5.2. Szybkość dostarczania danych na serwer

Szybkość dostarczania danych na serwer FTP została zbadana zgodnie z opisanymi poniżej założeniami. W badaniu porównywane były czasy przekroczenia przekroju pomiarowego przez przedni zderzak pojazdu i czasy dotarcia pliku do serwera FTP z rozdzielczością do jednej sekundy.

Do celów obliczenia podstawowych parametrów prędkości przesyłania danych na serwer FTP do programu, o którym mowa w punkcie 6.3 została dołączona opcja obliczania wartości średniej i odchylenia standardowego prędkości przesyłania danych. Wartości te były obliczane na podstawie różnicy czasów między czasem dotarcia danych z systemu na serwer FTP, a czasem, w którym operator stwierdził przekroczenie przekroju pomiarowego przez pojazd zarejestrowany przez system referencyjny.

W tabelach znalazły się takie oznaczenia pory dnia: S – wschód, D – dzień, Z – zachód, N – noc oraz oznaczenia warunków meteorologicznych: S – słońce, Z – zachmurzenie, D – deszcz.

### 5.3. Zestawienie danych dla poszczególnych firm

#### 5.3.1. Firma 1

Tab. 3. Zestawienie wskaźników oceny systemu Firmy 1

Data	Godzina pomiaru		Pora dnia	Warunki meteorologiczne	Liczba tablic rejestracyjnych	Skuteczność ocenianego systemu [%]	Średni czas dostarczenia [s]	Odchylenie standardowe czasu dostarczenia [s]
	początek	koniec						
12.04.2010	05:00	07:00	S	S, Z	640	78	138	2,1
	11:00	12:00	D	S	614	82,9	142	1,34
	19:00	20:00	Z	Z	529	76	146	1,05
				Średnia:		79,1	141,8	1,5
16.04.2010	05:30	06:30	S	Z	349	71,6	28	0,71
	19:00	20:00	Z	Z	527	75,7	34	10,3
	21:00	22:00	N	Z	491	78,2	36	16,6
				Średnia:		75,6	33,2	10,1
26.04.2010	23:30	00:30	N	D, Z	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
				Średnia:		b.d.	b.d.	b.d.
27.04.2010	05:00	06:00	S	Z	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
	08:00	09:00	D	Z	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
	16:30	17:30	D	D, Z	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
	19:00	20:00	Z	D, Z	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
	20:30	21:30	N	Z	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
				Średnia:		b.d.	b.d.	b.d.
				Średnia ogółem:		77,6	94,6	5,3

System Firmy 1 rozpoznawał prawidłowo w czasie testu od 71,6% do 82,9% tablic rejestracyjnych. Średnia skuteczność była równa 77,6% i była tylko nieznacznie niższa od średniej ważonej (ze względu na liczbę pojazdów) skuteczności dla wszystkich systemów ARTR równej 78,4%. Wyniki nie wskazują, by na skuteczność systemu wpływało oświetlenie (zarówno pod względem intensywności jak i kąta padania strumienia światła), lub jego brak. Średni czas dostarczania danych wahał się w poszczególnych dniach od około 33s do około 141s. Nie można jednoznacznie wskazać powodu takich rozbieżności. Mogą być one związane z wykorzystanym przez firmę systemem transmisji danych lub systemem kolejkowania danych. Średnia wartość czasu dostarczenia dla wszystkich dni była równa 94,6s i była około trzykrotnie wyższa od wartości średniej dla wszystkich firm, dla całego okresu badań. Średnie odchylenie standardowe czasu dostarczenia wahało się w różnych dniach od około 1,5s do około 10s. Tak duża rozbieżność może wskazywać na problemy związane z transmisją danych, ale nie można w sposób jednoznaczny wskazać jaka była przyczyna takich wartości odchylenia standardowego. Dla Firmy 1 nie wyznaczono parametrów systemu w dniach 26-27.04.2010 ze względu na wcześniejszy demontaż urządzeń firmy.

Przykładowe pliki zdjęciowe nadesłane przez firmę:

Przykładowe fotografie tablic rejestracyjnych:



Firma 1 nie nadsyłała zdjęć kontekstowych na serwer FTP udostępniony przez ITS.

### 5.3.2. Firma 2

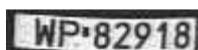
Tab. 4. Zestawienie wskaźników oceny systemu Firmy 2

Data	Godzina pomiaru		Pora dnia	Warunki meteorologiczne	Liczba tablic rejestracyjnych	Skuteczność ocenianego systemu [%]	Średni czas dostarczenia [s]	Odchylenie standardowe czasu dostarczenia [s]
	początek	koniec						
12.04.2010	05:00	07:00	S	S, Z	648	87	17	6,19
	11:00	12:00	D	S	663	82,2	19	0,51
	19:00	20:00	Z	Z	530	90,2	20	8,6
				Średnia:		86,2	18,6	4,8
16.04.2010	05:30	06:30	S	Z	309	40,8	22	0,5
	19:00	20:00	Z	Z	546	35,7	21	4,34
	21:00	22:00	N	Z	368	44,3	21	0,8
				Średnia:		39,6	21,3	2,3
26.04.2010	23:30	00:30	N	D, Z	38	57,9	32	12,9
					Średnia:	57,9	32,0	12,9
27.04.2010	05:00	06:00	S	Z	107	87,9	34	12,5
	08:00	09:00	D	Z	1253	49,5	31	0,9
	16:30	17:30	D	D, Z	1266	89,6	31	0,79
	19:00	20:00	Z	D, Z	639	92,6	32	0,94
	20:30	21:30	N	Z	329	95,1	33	4,15
				Średnia:		76,6	31,5	1,5
				Średnia ogółem:		72,4	26,1	2,6

Skuteczność systemu Firmy 2 w poszczególnych okresach była równa od 35,7% do nawet 95,1%. Średnia skuteczność równa 72,4% była niższa od średniej ważonej (ze względu na liczbę pojazdów) skuteczności dla systemów ARTR wszystkich firm równej 78,4%. Takie wyniki wskazują na pojawiające się problemy. Nie można wskazać, co było przyczyną tych problemów, ponieważ dla podobnych warunków oświetleniowych i atmosferycznych system osiągał krańcowo odmienne wyniki. Niska skuteczność może wynikać z problemów w działaniu systemu lub trudności w komunikacji z serwerem. Skutkiem tego była utrata danych. Dnia 16.04 system miał dużo niższą od średniej skuteczność. Średni czas dostarczania danych na serwer wahał się w poszczególnych dniach od 17s do 34s. Średnia wartość czasu dostarczenia danych dla całego okresu badań była równa 26,1s i była niższa od średniego czasu dla wszystkich systemów równego 31,1s. Średnie odchylenie standardowe czasów dostarczania wyniosło 2,6s i wahało się w granicach od 0,51s do 12,9s.

Przykładowe pliki zdjęciowe nadesłane przez firmę:

Przykładowe fotografie tablic rejestracyjnych:



Przykładowe fotografie kontekstowe:



### 5.3.3. Firma 3

Tab. 5. Zestawienie wskaźników oceny systemu Firmy 3

Data	Godzina pomiaru		Pora dnia	Warunki meteorologiczne	Liczba tablic rejestracyjnych	Skuteczność ocenianego systemu [%]	Średni czas dostarczenia [s]	Odchylenie standardowe czasu dostarczenia [s]
	początek	koniec						
12.04.2010	05:00	07:00	S	S, Z	381	81,4	4	10,5
	11:00	12:00	D	S	350	84,3	2	0,96
	19:00	20:00	Z	Z	294	89,5	4	21,6
				Średnia:		84,7	3,3	10,4
16.04.2010	05:30	06:30	S	Z	212	79,7	3	12,2
	19:00	20:00	Z	Z	334	87,1	1	5,14
	21:00	22:00	N	Z	206	87,9	2	6,5
				Średnia:		85,2	1,8	7,5
26.04.2010	23:30	00:30	N	D, Z	107	84,1	0	6,39
					Średnia:	84,1	0,0	6,4
27.04.2010	05:00	06:00	S	Z	183	73,8	2	12,3
	08:00	09:00	D	Z	360	87,2	1	0,44
	16:30	17:30	D	D, Z	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
	19:00	20:00	Z	D, Z	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
	20:30	21:30	N	Z	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
				Średnia:		82,7	1,3	4,4
				Średnia ogółem:		84,4	2,3	8,0



System Firmy 3 osiągał bardzo zbliżone do siebie wartości skuteczności rozpoznawania tablic rejestracyjnych, w zakresie od 73,8% do 89,5%. Średnia wartość skuteczności tego systemu była równa 84,4% i była wyższa od średniej ważonej (ze względu na liczbę pojazdów) uzyskanej przez wszystkie systemy łącznie, równej 78,4%. Można zauważyć, że na skuteczność systemu mogły mieć wpływ warunki oświetleniowe, ponieważ uzyskiwał on najniższe wartości skuteczności w okresie porannym, jednak nie odbiegały one znacząco od jego średniej skuteczności. Nic nie wskazuje, aby na wyniki miały również wpływ warunki meteorologiczne. Średni czas dostarczania danych wyniósł 2,3s, przy minimalnym i maksymalnym czasie równym 0s do 4s, a średnie odchylenie standardowe czasu było równe 8s. W niektórych okresach odchylenie standardowe czasu było równe nawet około 21s, przy średnim czasie dostarczenia równym 4s. Takie wyniki są najprawdopodobniej spowodowane stosowanym w systemie kolejkowaniem przesyłanych danych. Dla Firmy 3 nie wyznaczono parametrów działania systemu w dniu 27.04.2010, po godzinie 10.00 ze względu na wcześniejszy demontaż urządzeń przez firmę.



Przykładowe fotografie kontekstowe i fotografie tablic rejestracyjnych:



### 5.3.4. Firma 4

Tab. 6. Zestawienie wskaźników oceny systemu Firmy 4

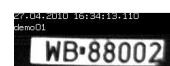
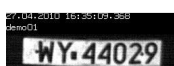
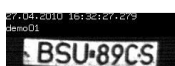
Data	Godzina pomiaru		Pora dnia	Warunki meteorologiczne	Liczba tablic rejestracyjnych	Skuteczność ocenianego systemu [%]	Średni czas dostarczenia [s]	Odchylenie standardowe czasu dostarczenia [s]
	początek	koniec						
12.04.2010	05:00	07:00	S	S, Z	600	86,7	1	4,91
	11:00	12:00	D	S	562	83,8	1	0,94
	19:00	20:00	Z	Z	497	81,7	1	0,93
				Średnia:		84,2	1,0	2,4
16.04.2010	05:30	06:30	S	Z	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
	19:00	20:00	Z	Z	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
	21:00	22:00	N	Z	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.
				Średnia:		b.d.	b.d.	b.d.
26.04.2010	23:30	00:30	N	D, Z	81	61,7	8	0,85
					Średnia:	61,7	8,0	0,9
27.04.2010	05:00	06:00	S	Z	166	92,8	8	5,3
	08:00	09:00	D	Z	562	89	8	2,89
	16:30	17:30	D	D, Z	295	92,5	8	4,54
	19:00	20:00	Z	D, Z	460	88,5	6	5,89
	20:30	21:30	N	Z	424	85,6	8	4,88
				Średnia:		89,0	7,5	4,5
				Średnia ogółem:		86,2	4,6	3,5



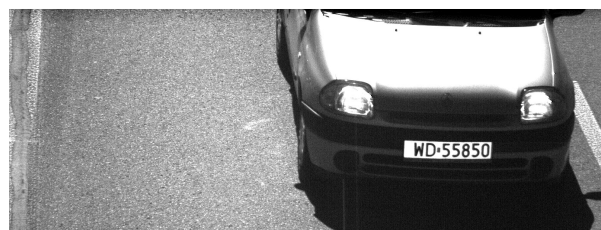
Firma 4 w czasie trwania testów osiągnęła średnią skuteczność rozpoznawania tablic rejestracyjnych na poziomie 86,2%, która była wyższa od średniej ważonej (ze względu na liczbę pojazdów) skuteczności dla wszystkich systemów ARTR równej 78,4%. Skuteczność w różnych okresach zmieniała się od 61,7% do 92,8%. Najniższy wynik skuteczności rozpoznawania tablic przez system wystąpił w okresie nocnym podczas opadów deszczu. Można podejrzewać, że takie połączenie warunków otoczenia w połączeniu z warunkami oświetleniowymi – sztuczne światło latarni ulicznych, mogło wpłynąć na skuteczność systemu. Jednocześnie nie można wykluczyć, że niska skuteczność w tym okresie wynikała z innych czynników. Skuteczność w okresie dnia, podczas deszczu równa nawet 92,5% wskazuje, że sam deszcz nie wpływa na skuteczność systemu. Średni czas dostarczania danych wyniósł 4,6s oscylując w zakresie od 1s do 8s. Był on zdecydowanie niższy od średniej ważonej (ze względu na liczbę pojazdów) czasów dostarczania danych dla wszystkich systemów równej 31,1s. Odchylenie standardowe czasu dostarczenia danych wyniosło 3,5s i wahało się od 0,9s do 5,89s. Parametry systemu nie zostały zbadane w dniu 16.04.2010 ze względu na awarię serwera FTP.

Przykładowe pliki zdjęciowe nadesłane przez firmę:

Przykładowe fotografie tablic rejestracyjnych:



Przykładowe fotografie kontekstowe:



## 5.4. Zbiornicze zestawienie danych

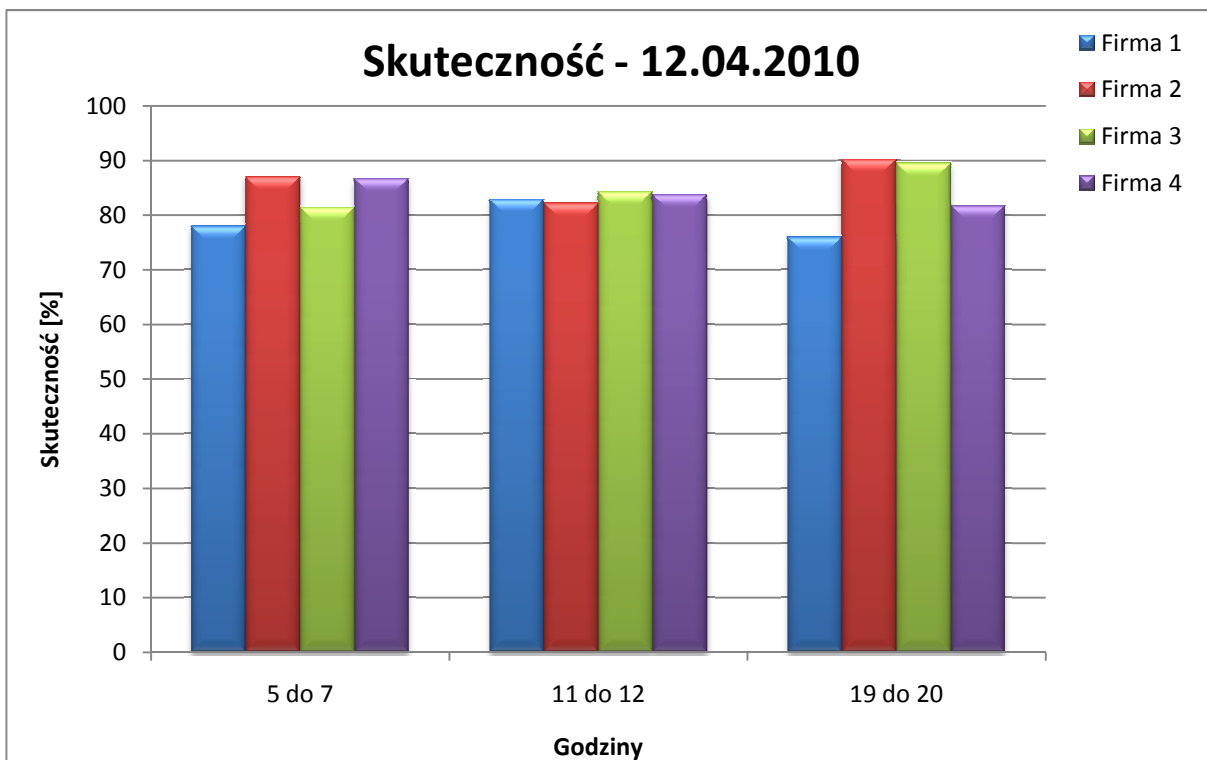
### 5.4.1. Skuteczność rozpoznawania tablic rejestracyjnych

Tab. 7. Zestawienie danych o skuteczności systemów ARTR

Data/godzina	Firma 1	Firma 2	Firma 3	Firma 4
<b>12.04.2010</b>	<b>Skuteczność [%]</b>			
5 do 7	78	87	81,4	86,7
11 do 12	82,9	82,2	84,3	83,8
19 do 20	76	90,2	89,5	81,7
<b>ŚREDNIO</b>	<b>79,09</b>	<b>86,19</b>	<b>84,71</b>	<b>84,22</b>
<b>16.04.2010</b>				
5.30 do 6.30	71,6	40,8	79,7	b.d.
19 do 20	75,7	35,7	87,1	b.d.
21 do 22	78,2	44,3	87,9	b.d.
<b>ŚREDNIO</b>	<b>75,55</b>	<b>39,58</b>	<b>85,23</b>	<b>b.d.</b>
<b>26.04.2010</b>				
23.30-0.30	b.d.	<b>57,9</b>	<b>84,1</b>	<b>61,7</b>
<b>27.04.2010</b>				
5 do 6	b.d.	87,9	73,8	92,8
8 do 9	b.d.	49,5	87,2	89
16.30 do 17.30	b.d.	89,6	b.d.	92,5
19 do 20	b.d.	92,6	b.d.	88,5
20.30 do 21.30	b.d.	95,1	b.d.	85,6
<b>ŚREDNIO</b>	<b>b.d.</b>	<b>91,27</b>	<b>82,68</b>	<b>88,46</b>

Tab. 8. Średnie ważone (ze względu na liczbę pojazdów) skuteczności i czasy dostarczenia danych na serwer FTP poszczególnych firm

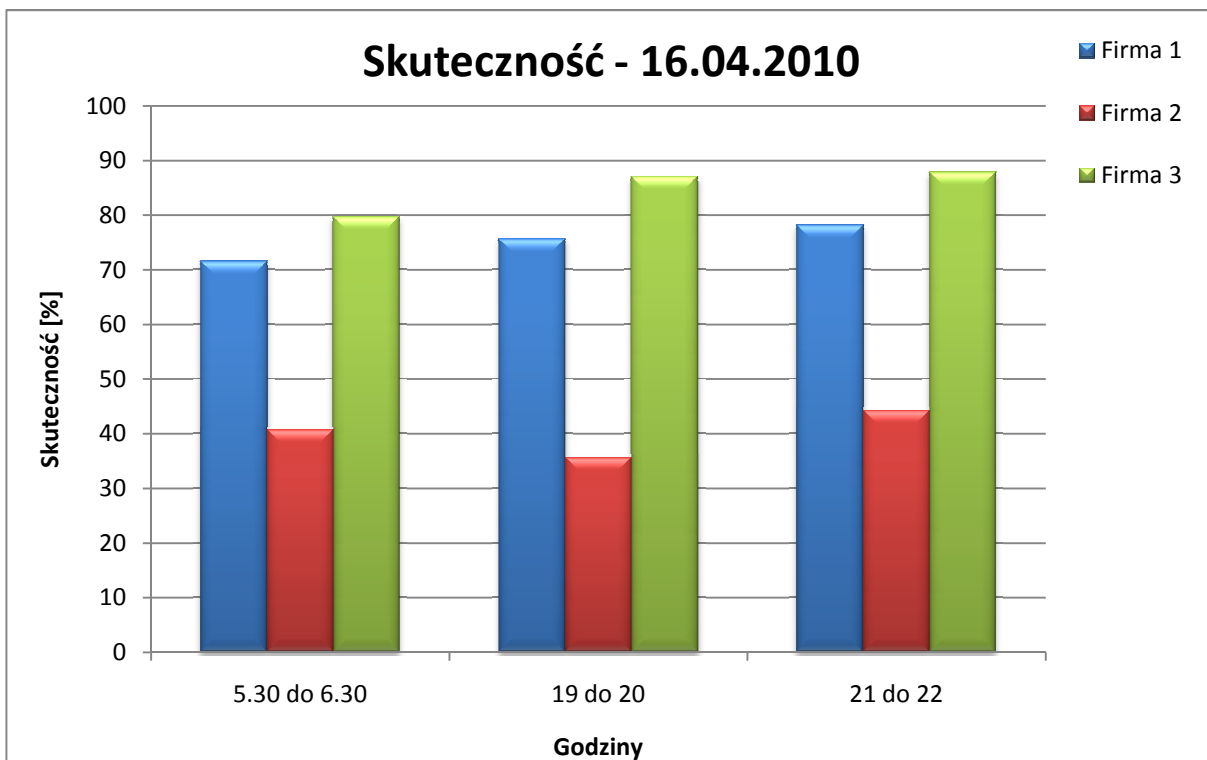
	Skuteczność [%]	Średni czas [s]	Liczba pojazdów
Firma1	77,6	94,6	3150
Firma2	72,4	26,1	6696
Firma3	84,4	2,3	2427
Firma4	86,2	4,6	3647
<b>Średnia ważona:</b>	<b>78,4</b>	<b>31,1</b>	



Rys. 11. Skuteczność rozpoznawania tablic rejestracyjnych w dniu 12.04.2010r.



Rys. 12. Średnia skuteczność rozpoznawania tablic rejestracyjnych 12.04.2010



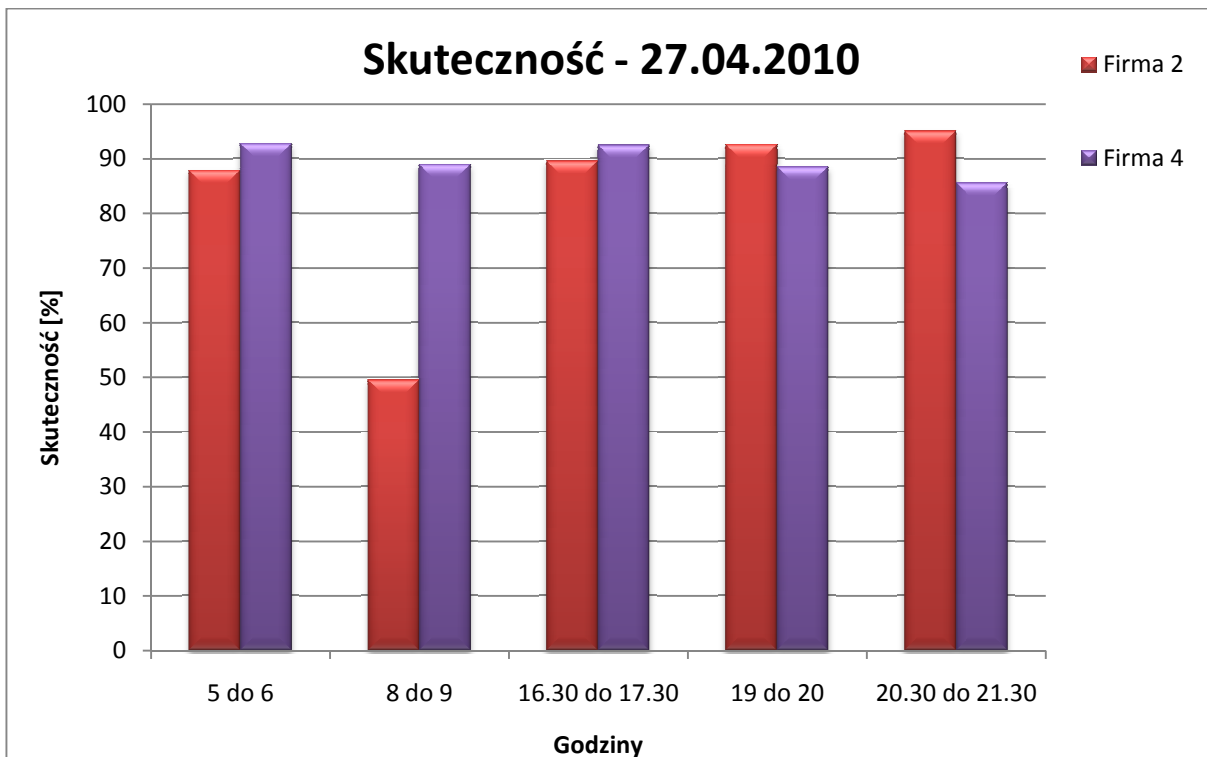
Rys. 13. Skuteczność rozpoznawania tablic rejestracyjnych w dniu 16.04.2010r.



Rys. 14. Średnia skuteczność rozpoznawania tablic w dniu 16.04.2010r.



Rys. 15. Średnia skuteczność rozpoznawania tablic w dniu 26.04.2010r.



Rys. 16. Skuteczność rozpoznawania tablic rejestracyjnych w dniu 27.04.2010r.





Rys. 17. Średnia skuteczność rozpoznawania tablic w dniu 27.04.2010r.



Rys. 18. Średnia ważona skuteczności rozpoznawania tablic

Badania skuteczności i czasu opóźnienia były prowadzone w dniach 12.04.2010r., 16.04.2010r., 26.04.2010r. i 27.04.2010r. Dnia 12.04.2010r. przeprowadzono pomiary skuteczności rozpoznawania tablic rejestracyjnych w godzinach 5.00-7.00, 11.00-12.00 i 19.00-20.00. Uzyskano średnią skuteczność równą:

- Firma 1 - 79,09%,
- Firma 2 - 86,19%,
- Firma 3 - 84,71%,
- Firma 4 - 84,22%.

Wartości skuteczności opisane w całym raporcie zostały obliczone jako średnia ważona zależna od liczby pojazdów (liczba pojazdów stanowiła w obliczeniach wagę). Taki sposób przeprowadzenia obliczeń spowodował, że wartości skuteczności stały się bardziej miarodajne. Wyeliminowano w ten sposób niekorzystny wpływ na wartość średnią okresów, w których wykryto niewielką liczbę pojazdów, tj. świtu i zmierzchu. W rozpatrywanym dniu firmy uzyskały średnią ważoną skuteczność równą 83,55%.

Dnia 16.04.2010r. w obliczeniach nie uwzględniono Firmy 4, co było spowodowane problemami z danymi na serwerze FTP. Problem leżał po stronie ITS. Pozostałe firmy uzyskały następujące średnie ważne skuteczności rozpoznawania tablic rejestracyjnych:

- Firma 1 – 75,55%,
- Firma 2 – 39,58%,
- Firma 3 – 85,23%.

Niska wartość średniej skuteczności uzyskana przez Firmę 2 była spowodowana brakiem danych dotyczących znacznej liczby pojazdów, które poruszały się w obszarze detekcji.

W dniach 26.04.2010r./27.04.2010 oceniano skuteczność systemów w porze nocnej, w godzinach 23.30 do 0.30, podczas intensywnych opadów deszczu. Firmy uzyskały następujące średnie ważone wartości skuteczności:

- Firma 2 – 57,90%,
- Firma 3 – 84,10%,
- Firma 4 – 61,70%.

Dane nie uwzględniają skuteczności Firmy 1, która zdemontowała wcześniej swoje urządzenia ARTR o czym poinformowała ITS. Firma nie zainstalowała ponownie swoich punktów kamerowych do końca testów.

W dniu 27.04.2010 przeprowadzono ocenę systemów ARTR firm 2 i 4. W tym dniu Firma 4 zdemontowała o godzinie 10.30 swoje urządzenia. Firmy uzyskały średnią ważoną skuteczność na poziomie:

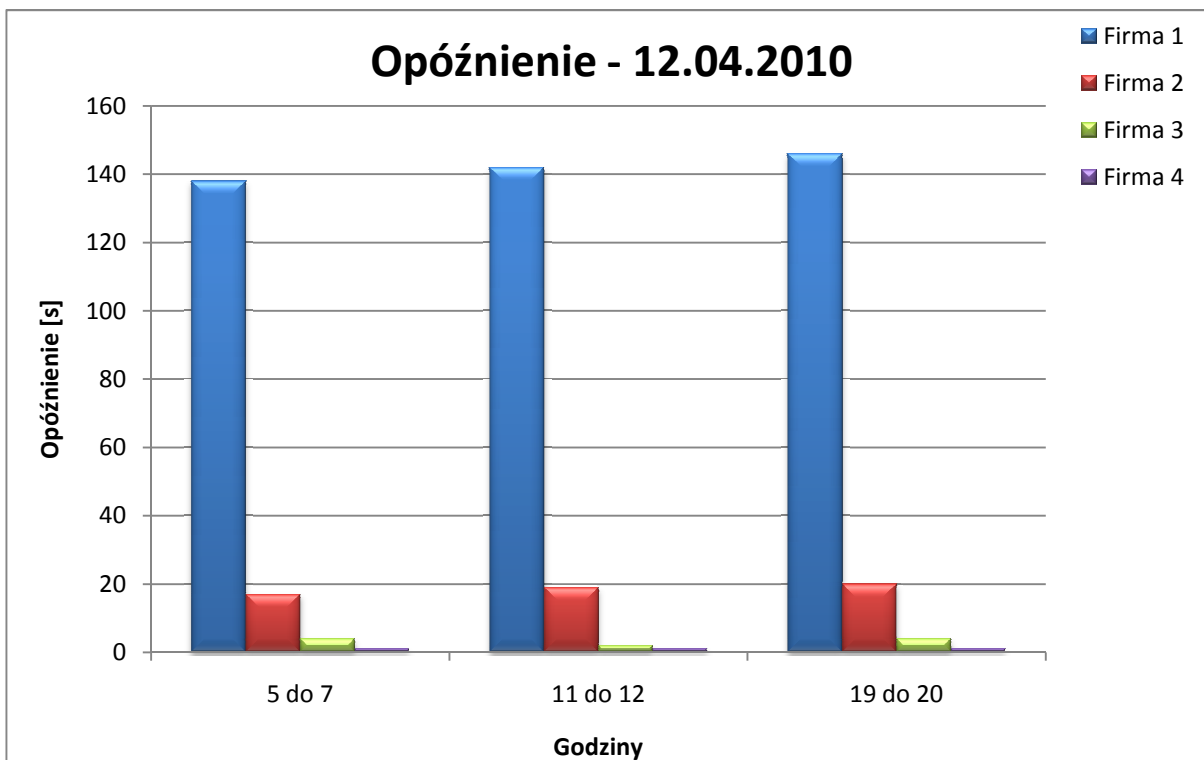
- Firma 2 – 95,1%,
- Firma 4 – 85,6%.

Na uwagę zasługuje wykres skuteczności w ujęciu godzinowym, na którym widoczne są wysokie skuteczności obu firm, z wyłączeniem spadku skuteczności urządzeń Firmy 2 w godzinach 8.00-9.00.

## 5.4.2. Czas dostarczenia danych na serwer FTP

Tab. 9. Zestawienie czasów opóźnień w dostarczaniu danych na serwer FTP

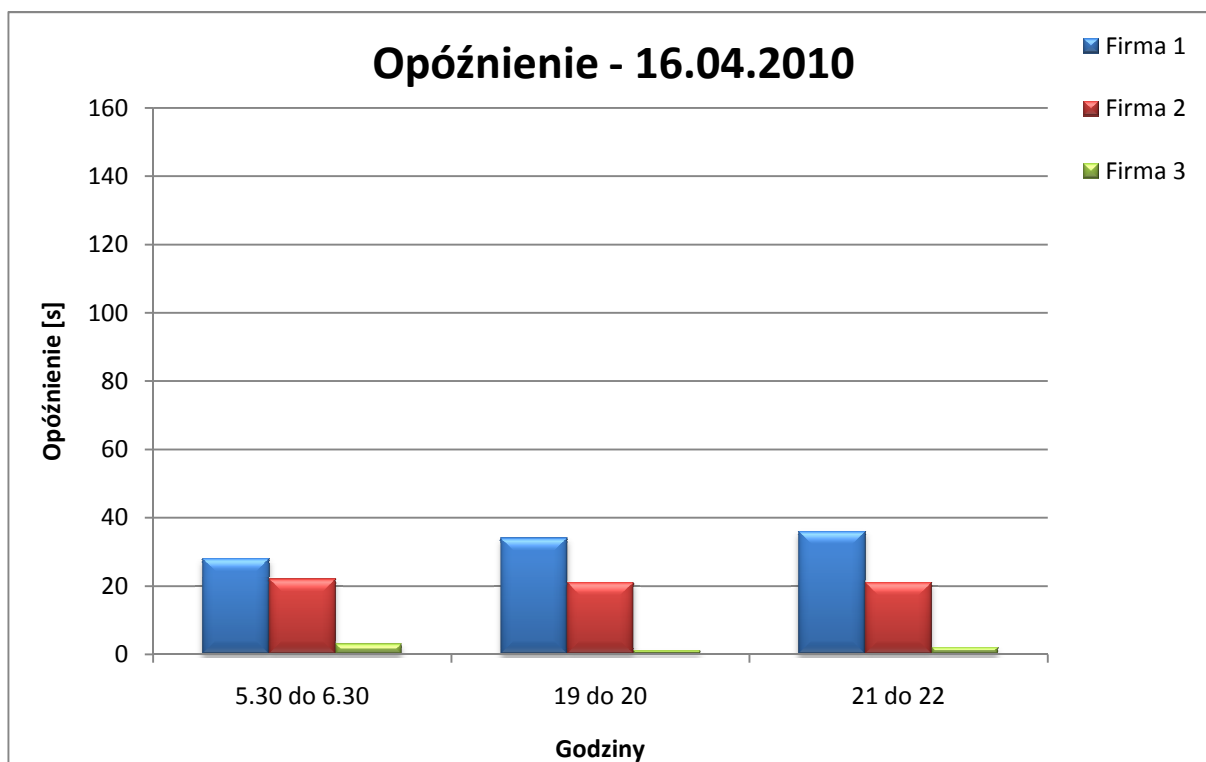
Data/godzina	Firma 1		Firma 2		Firma 3		Firma 4	
	Opóźnienie	Odchylenie standardowe	Opóźnienie	Odchylenie standardowe	Opóźnienie	Odchylenie standardowe	Opóźnienie	Odchylenie standardowe
12.04.2010								
5 do 7	138	2,1	17	6,19	4	10,5	1	4,91
11 do 12	142	1,34	19	0,51	2	0,96	1	0,94
19 do 20	146	1,05	20	8,6	4	21,6	1	0,93
Średnia	141,75	1,53	18,58	4,84	3,32	10,43	1,00	2,37
16.04.2010								
5.30 do 6.30	28	0,71	22	0,5	3	12,2	b.d.	b.d.
19 do 20	34	10,3	21	4,34	1	5,14	b.d.	b.d.
21 do 22	36	16,6	21	0,8	2	6,5	b.d.	b.d.
Średnia	33,19	10,11	21,25	2,30	1,84	7,50	b.d.	b.d.
26.04.2010								
23.30-0.30	b.d.	b.d.	32	12,9	0	6,39	8	0,85
27.04.2010								
5 do 6	b.d.	b.d.	34	12,5	2	12,3	8	5,3
8 do 9	b.d.	b.d.	31	0,9	1	0,44	8	2,89
16.30 do 17.30	b.d.	b.d.	31	0,79	b.d.	b.d.	8	4,54
19 do 20	b.d.	b.d.	32	0,94	b.d.	b.d.	6	5,89
20.30 do 21.30	b.d.	b.d.	33	4,15	b.d.	b.d.	8	4,88
Średnia	0	0	31,58	1,33	1,34	4,44	7,22	5,19



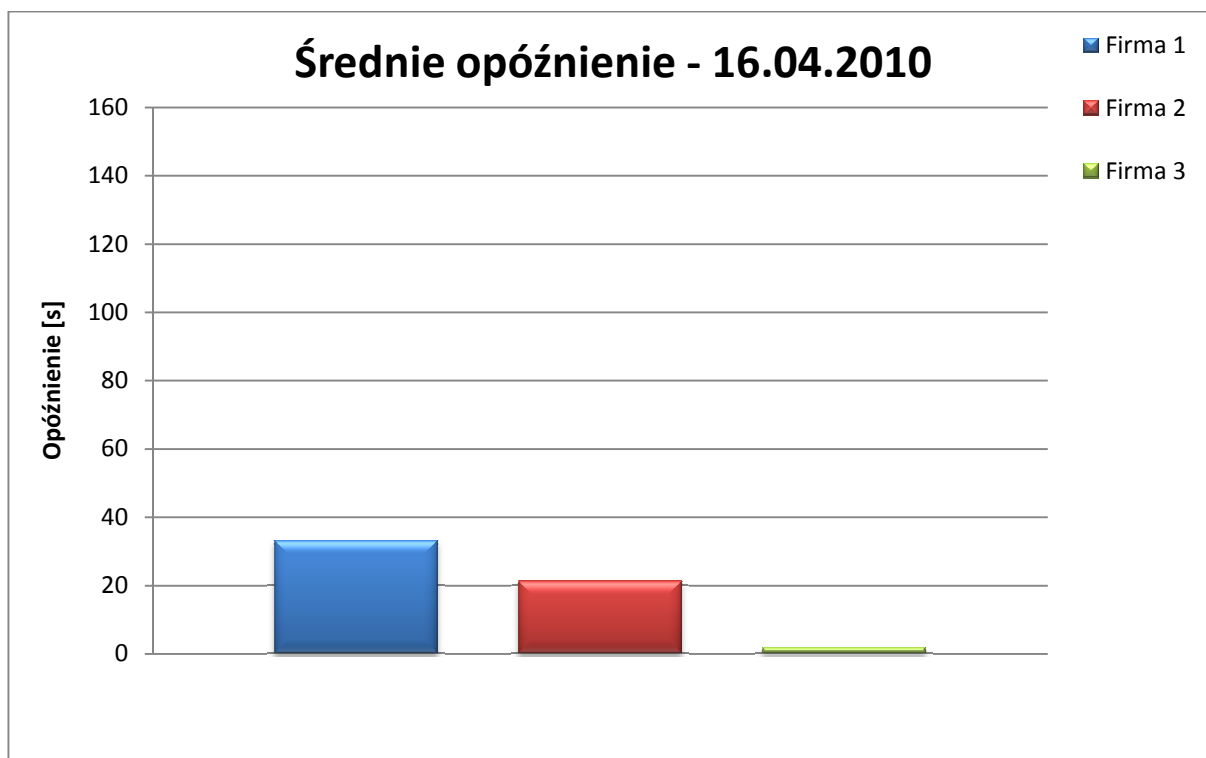
Rys. 19. Opóźnienie w dostarczeniu danych w dniu 12.04.2010r.



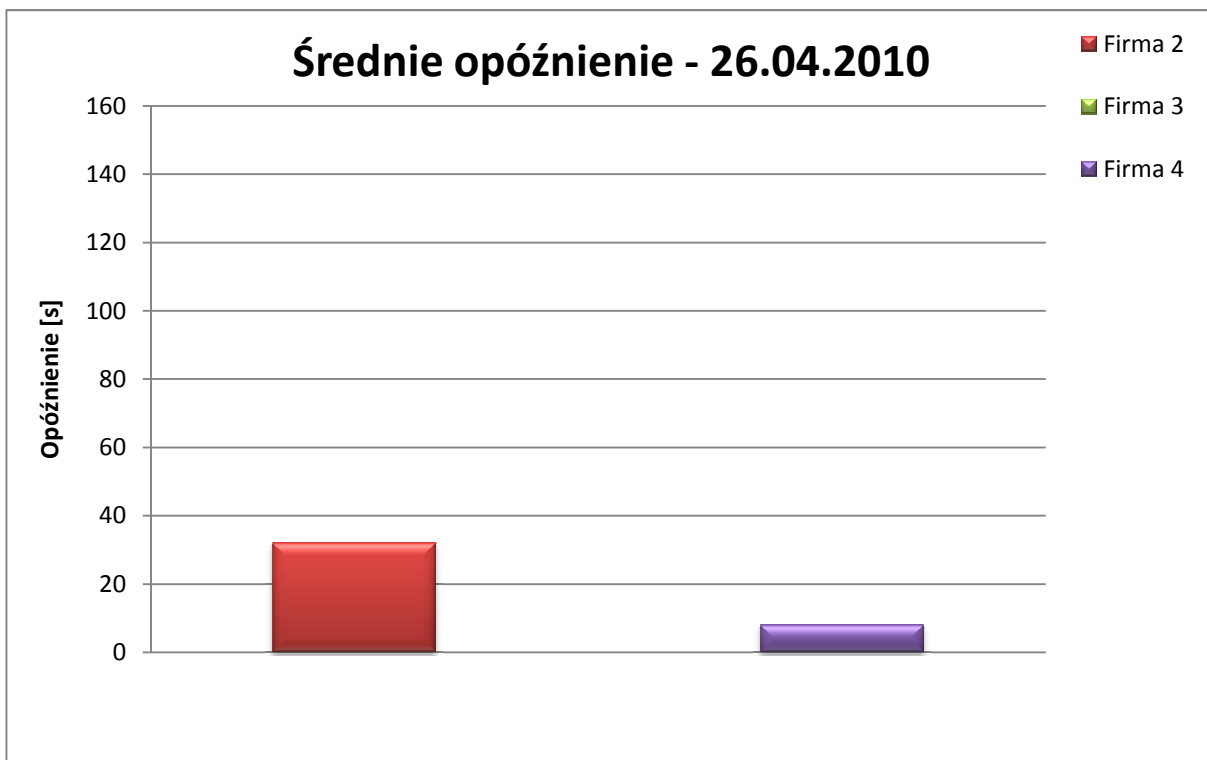
Rys. 20. Średnie opóźnienie w dostarczeniu danych w dniu 12.04.2010r.



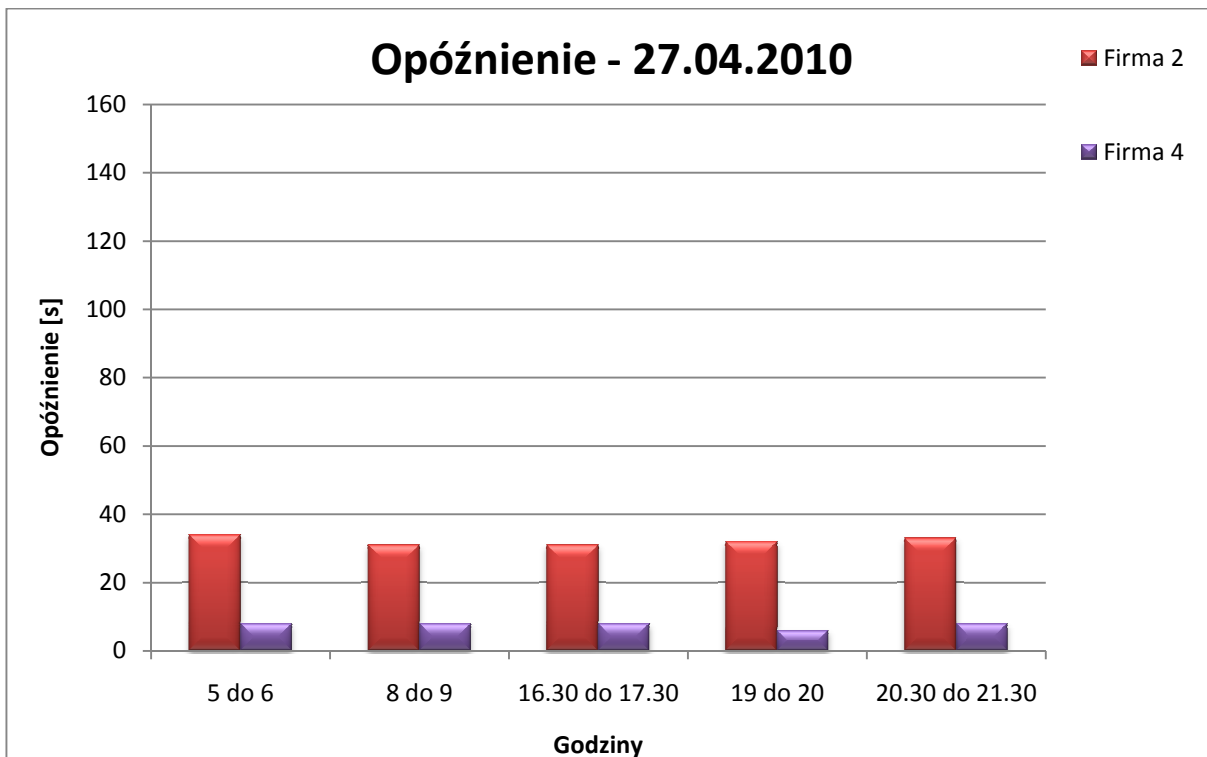
Rys. 21. Opóźnienie w dostarczeniu danych w dniu 16.04.2010r.



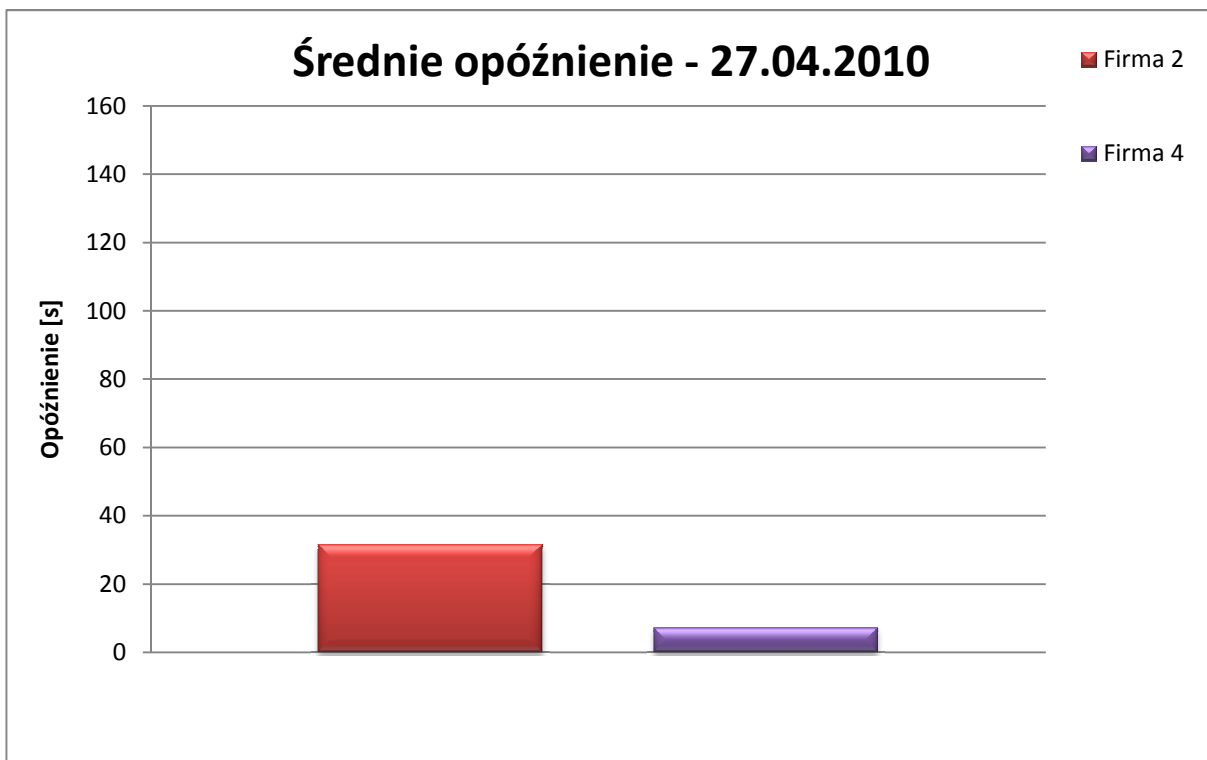
Rys. 22. Średnie opóźnienie w dostarczeniu danych w dniu 16.04.2010r.



Rys. 23. Średnie opóźnienie w dostarczeniu danych w dniu 26.04.2010r.



Rys. 24. Opóźnienie w dostarczeniu danych w dniu 27.04.2010r.



Rys. 25. Średnie opóźnienie w dostarczeniu danych w dniu 27.04.2010r.



Rys. 26. Średnia ważona opóźnienia w dostarczaniu danych





Wykonana analiza wielkości czasów dostarczania pakietów danych z informacjami, przez badane systemy na serwer FTP, pozwala zauważyć specyficzne właściwości tego procesu. Każdy z badanych systemów uzyskiwał podobne, właściwe firmie, czasy średnie dostarczenia pakietu danych na serwer przez cały okres badań. Nie zaobserwowano, w badanych okresach, zależności między czasem dostarczenia danych na serwer, a natężeniem ruchu na danym odcinku lub porą dnia. W otrzymanych wynikach, można zauważyć zależność między wielkością odchylenia standardowego czasu dostarczania danych na serwer a porą dnia. W okresach porannym, zmierzchu i nocnym można zauważyć większe odchylenie czasu dostarczania pakietów na serwer. W okresie dziennym odchylenie standardowe czasu dla każdej z firm przyjmowało podobne wartości. Na podstawie tych wyników, można założyć, że opóźnienie w dostarczaniu pakietu i odchylenie standardowe tego czasu mogą zależeć od właściwości sieci GSM/UMTS w danym dniu. Należy zaznaczyć, że firmy korzystały z usług różnych dostawców usługi polegającej na transmisji danych.

Podsumowując można stwierdzić, że średnia skuteczność systemów ARTR w rzeczywistych warunkach badań mieści się w przedziale 85%-90%. Średnie opóźnienie w dostarczeniu danych obliczone dla Firmy 2, Firmy 3 i Firmy 4 było równe 12,48 s. Firma 1 uzyskała średnie opóźnienie równe 87,47s. Opóźnienie większe niż w przypadku pozostałych firm było spowodowane technologią przesyłania danych, w której przewidziano użycie sieci VPN z szyfrowaniem danych. Pakiety danych z punktu kamerowego były w tym przypadku przesyłane na serwer obsługiwany przez Firmę 1, a następnie na serwer FTP udostępniony przez ITS.



#### 5.4.3. Komentarz do wyników

- dla firmy Firma 1 nie zostały przeprowadzone testy w dniach 26-27.04.2010, ze względu na wcześniejszy demontaż systemu przez tę firmę,
- brak wyników badań dla Firmy 4 w dniu 16.04.2010 był spowodowany problemami z serwerem FTP,
- dnia 27.04.2010 Firma 3 zdemontowała o godzinie 10.30 system ARTR. Z tego powodu niemożliwe było wykonanie oceny skuteczności w godzinach popołudniowych 27.04.2010r.

## 6. Wnioski



## 6.1. Przyczyny powstawania błędów odczytu tablic

W czasie analizy materiału zauważono trzy podstawowe przyczyny powstawania błędów w odczycie numeru tablicy rejestracyjnej pojazdów:

- nieprawidłowe odczytanie rozpatrywanego znaku ze względu na podobieństwo do innego znaku,
- nieprawidłowe odczytanie znaku ze względu na łączenie i niewłaściwy podział znaków występujących obok siebie
- nieprawidłowe odczytanie znaku ze względu na wpływ innych symboli znajdujących się na tablicy rejestracyjnej.

W pierwszym przypadku błąd odczytu wynikał z podobieństwa pomiędzy różnymi literami i ceframi. Najczęstsze błędy tego typu wynikały z wizualnego podobieństwa znaków: „0” i „O”, „S” i „5”, „U” i „V”, oraz znacznie rzadziej występujące: „D” i „O”, „l” i „T”, „2” i „Z”. Błędy odczytu znaków wynikały w większości przypadków z błędnej analizy fotografii tablicy rejestracyjnej przez program komputerowy w urządzeniu ARTR. Poziom błędów wzrastał wraz ze stopniem zanieczyszczenia tablicy rejestracyjnej. Drugi przypadek powstawania błędów polegał najczęściej na błędnym odczytaniu pary dwóch kolejnych znaków, z których oba były odczytywane błędnie lub były łączone w jeden znak. Na przykład znaki „L” oraz „l”, mogły być odczytane przez system jako litera „U”. Trzecia kategoria błędów wynikała z wpływu hologramu znajdującego się na tablicy rejestracyjnej. Najczęstsze przypadki błędu to łączenie znaku „l” oraz hologramów znak „F”, „E” lub „H”.

Błędy w odczytywaniu znaków tablic mogą powodować duże problemy w działaniu systemów sprawujących nadzór np. nad wydzielonymi pasami ruchu, ze względu na automatyczny charakter działania systemu. W przypadku porównywania odczytywanych przez system numerów tablic z bazą danych uprawnionych pojazdów mogą pojawić się przypadki, w których pojazd uprawniony do przejazdu zostanie zakwalifikowany jako nieuprawniony, lub rzadziej, pojazd nieuprawniony zostanie zakwalifikowany jako uprawniony.

W czasie badań zauważono również przypadki przesyłania przez systemy kilku zdjęć tej samej tablicy rejestracyjnej, z różnymi interpretacjami znajdujących się na nich znaków. W czasie testu, w takich przypadkach, jeśli przynajmniej jeden odczyt numeru tablicy rejestracyjnej był prawidłowy, błędne odczyty nie były uznawane za błędy systemu i nie były uwzględniane przy obliczaniu skuteczności rozpoznawania numerów. Jednak taki błąd może powodować zwiększenie ilości pracy wykonywanej przez operatorów na etapie porównania z listą pojazdów nieuprawnionych, w przypadku zamontowania systemu nad wydzielonymi pasami ruchu.

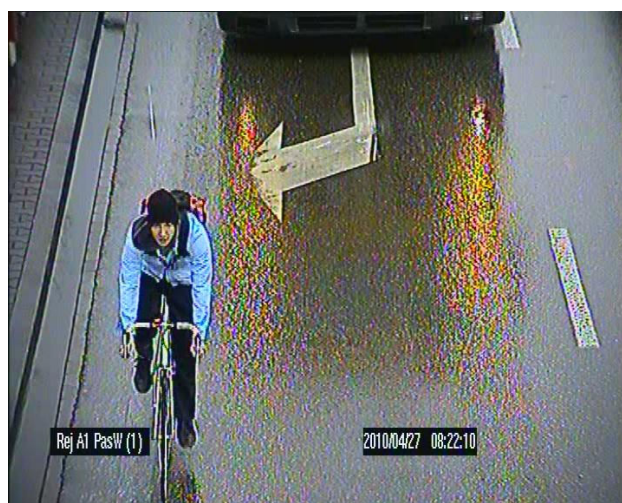
Błędy powstające w wyniku nieodczytania numerów tablicy rejestracyjnej wynikały najczęściej z błędnie wykrytych, przez system, granic tablicy rejestracyjnej, co skutkowało nieodczytaniem jednego ze znaków tablicy rejestracyjnej pojazdu.

Błędy systemów ARTR wynikające z niewykrycia przez system tablicy rejestracyjnej, w przypadku obecnie stosowanych tablic rejestracyjnych (czarne znaki na białym tle) były najrzadziej występującymi błędami tych systemów. Niektóre, z biorących udział w testach, systemów nie wykrywały pojazdów z tablicami rejestracyjnymi wydawanymi przed 2000 rokiem (białe znaki na czarnym tle). Na etapie analizy przyczyn powstawania błędów nie zauważono tendencji, żadnego z badanych systemów, do nieodczytywania numerów tablic w przypadku ich niestandardowego miejsca montażu w pojeździe. Należy jednak zwrócić uwagę, że wszystkie punkty kamerowe, które brały udział w testach były zainstalowane centralnie nad pasem ruchu. Należy się spodziewać, że montaż tych urządzeń w inny położeniu względem obszaru detekcji może powodować problemy z odczytem niestandardowo montowanych tablic.

Poniżej znajdują się przykłady pojazdów niestandardowych, które systemy ARTR często nie były w stanie zaklasyfikować jako pojazd oraz odczytać poprawnie tablicę rejestracyjną.



Rys. 27. Przykład pojazdu niestandardowego. System ARTR odczytał „Służba ocz” jako numer rejestracyjny i zaklasyfikował rozpoznany napis jako zagraniczną tablicę rejestracyjną



Rys. 28. Przykład pojazdu niestandardowego. Pojazd niezauważony przez system podobnie jak motocykliści



Rys. 29. Przykład zagranicznej tablicy rejestracyjnej. Tablica została poprawnie odczytana i zaklasyfikowana jako europejska tablica rejestracyjna



Rys. 30. Przykład tablicy rejestracyjnej zasłoniętej przez element nadwozia. Tablica niepoprawnie odczytana



Rys. 31. Przykład nieprawidłowo rozpoznanego pola tablicy rejestracyjnej

## 6.2. Montaż i obsługa techniczna punktów kamerowych

W czasie badań punktów ARTR ITS napotkał kilka trudności, związanych z montażem i obsługą techniczną punktów kamerowych. Pierwsze problemy były związane z montażem systemów. Montaż i regulacja jednej kamery może zająć (w zależności od usytuowania względem nadzorowanego pasa ruchu) około 0,5-1 godziny, wymaga użycia podnośnika koszowego i najczęściej blokowania pasa ruchu przez odpowiednie służby. Montaż skrzynki teletechnicznej na słupie, przy odpowiednim przygotowaniu zajmuje około 30 minut. Przy montażu zarówno kamery, jak i skrzynki potrzebnych jest nie mniej niż 2 do 3 przeszkolonych pracowników. Montaż powinien odbywać się przy odpowiednio wysokiej temperaturze, ze względu na wrażliwość przewodów elektrycznych na uszkodzenia mechaniczne występujące przy niższych temperaturach. Ocenia się, że montaż może się odbywać przy temperaturze powyżej 5°C. W czasie badań ujawnił się również inny problem, który w przypadku budowy systemu ARTR powinien być uwzględniony już na etapie planowania, polegający na trudnościach z doбором optymalnego rozmieszczenia kamer nad wybranym odcinkiem pasa ruchu. Usytuowanie kamery względem takiego odcinka znacząco wpływa na skuteczność urządzenia ARTR.

Kamery montowane były na bramownicy, na wysokości 6m nad pasem ruchu. Dostęp do nich był znacząco utrudniony, ponieważ część wykonywanych przy nich operacji wymagała pracy bezpośrednio przy kamerze, co powodowało potrzebę zmiany organizacji ruchu (blokowania pasa ruchu) i zabezpieczenia tej operacji przez odpowiednie służby drogowe. Prace mogły być prowadzone jedynie przy użyciu podnośnika koszowego. Prawdopodobnie montaż kamer na latarniach ulicznych lub specjalnie do tego przeznaczonych masztach usytuowanych na poboczu drogi pozwoliłby ograniczyć trudności związane z blokowaniem pasa ruchu na czas montażu i obsługi konserwacyjnej.

Dużym problemem w czasie wykonywania testów okazało się optymalne ustawienie parametrów kamer. Było ono zależne od punktu montażu kamery i wymagało wiedzy





zarówno z zakresu optyki, jak również znajomości dostępnych opcji i optymalnych wartości parametrów regulacji w kamerze. Prawidłowe ustawienie kamery w sposób pozwalający na otrzymanie wystarczająco dobrej jakości obrazu wymaga uwzględnienia:

- dużej szybkości ruchu pojazdów,
- natężenia oświetlenia, szczególnie w okresie nocnym (w tym przy zastosowaniu dodatkowych oświetlaczy),
- odległości obszaru detekcji od kamery,
- zmian dobowych w oświetleniu naturalnym i sztucznym (w tym z latarni ulicznych i innych zmiennych źródeł światła).

Należy również uwzględnić, że obudowy kamer wymagają regularnego oczyszczania przedniej szyby (szczególnie w okresie występowania opadów atmosferycznych). Zaniedbanie tej czynności skutkuje znaczącym spadkiem rozpoznawalności numerów rejestracyjnych, a w efekcie niską skutecznością systemu. W praktyce stosowane są obudowy kamer wyposażone w wycieraczki i spryskiwacze. Jednak zbiorniki na płyn do spryskiwaczy trzeba regularnie uzupełniać a duże zbiorniki znacząco zwiększają masę samych urządzeń. Z doświadczeń firm zajmujących się systemami ARTR wynika, że najskuteczniejszą metodą jest ręczne oczyszczanie szyby obudowy. Częstotliwość oczyszczania powinna być dobrana indywidualnie do każdego punktu kamerowego. Zależy ona od jego usytuowania względem jezdni, pory roku, natężenia opadów, siły wiatru, stopnia zanieczyszczenia jezdni i struktury rodzajowej ruchu. Konieczność oczyszczenia szyby można także wykrywać na podstawie gwałtownego spadku ilości danych przesyłanych przez system, w porównaniu do analogicznych, wcześniejszych okresów czasu.

Montaż systemów nad pasem ruchu na wysokości 6m pozwalał na zachowanie relatywnie dobrego kąta rejestracji obrazu przez kamery. Mimo dogodnego usytuowania kamer w pobliżu osi pasa ruchu, w czasie badania systemów, zarejestrowano przypadki, w których odległość między kolejnymi pojazdami była tak mała, że elementy nadwozia pojazdu zasłaniały tablicę rejestracyjną pojazdu znajdującego się za nim. Zdarzenia takie były najczęstsze w przypadkach,



gdy pojazdem poprzedzającym był pojazd ciężarowy lub autobus. W czasie projektowania usytuowania systemu należy zwrócić szczególną uwagę na możliwość zachowania prawidłowego kąta rejestracji obrazu. Należy również uwzględnić, że dla podniesienia skuteczności systemu powinno się zainstalować dodatkową kamerę rejestrującą tył pojazdu. Dodatkowo rozwiązanie to umożliwia wykrywanie motocykli, jako pojazdów wyposażonych tylko w tylną tablicę rejestracyjną. Zmniejszyłoby to szanse na niewykrycie pojazdów przez ich zasłonięcie przez pojazd poprzedzający i pojazdów pozbawionych przedniej tablicy rejestracyjnej.

Na konfigurację systemów po montażu przewidziano czas około jednego tygodnia. W tym czasie firmy miały możliwość sprawdzenia działania swoich systemów i komunikacji z serwerem FTP. Wszystkie systemy w dniu rozpoczęcia testów działały prawidłowo, jednak firmy nie ustrzegły się problemów, wynikających z komunikacji z serwerem FTP, ograniczonym pasmem transmisji danych, itp. Większość z tych problemów została usunięta w początkowej fazie działania systemów. Można założyć, że nie powinny się one pojawiać podczas normalnej eksploatacji. W systemie referencyjnym, po okresie próbnym, pojawiały się drobne problemy, głównie związane z ilością archiwizowanych danych. Liczba plików na serwerze FTP sięgała 200.000, co powodowało powolne działanie programów do przetwarzania danych. Jednak, ze względu na priorytety w zakresie przydzielania mocy obliczeniowej serwera nie zaobserwowano opóźnień w odbieraniu danych z badanych punktów kamerowych.

### **6.3. Sposób przetwarzania danych**

Podczas badań punktów kamerowych firmy biorące udział w testach przysyłały na serwer FTP dane zawierające między innymi numer rejestracyjny pojazdu poruszającego się po monitorowanym odcinku pasa ruchu. Przed rozpoczęciem badań przedstawiono firmom wymagania w zakresie formatu pliku dotyczącego sposobu kodowania danych o rozpoznanym pojeździe:



Badanie przydatności punktów kamerowych Automatycznego Rozpoznawania Tablic Rejestracyjnych  
do monitorowania pasów autobusowych w m.st. Warszawa

---

- data: DD.MM.RRRR,
- godzina: GG:MM:SS:MSMS (MS - milisekunda) – np. 14:23:11:46,
- numer\_rejestracyjny (np. „AK2332P”) – bez odstępów, wielkie litery,
- rodzaj pojazdu (opcjonalnie – jeżeli jest rozpoznawany)
  - O – osobowy,
  - C – ciężarowy,
  - A – autobus,
  - U – uprzywilejowany.

Przykładowy wzorcowy plik miał mieć następującą postać:  
12.04.2010,02:01;42,WE3107M,O

Firmy biorące udział w testach przesyłały następujące formaty plików (zachowana oryginalna forma):

- Firma 1:  
2010-04-08 09:50:17.000WI9J51 X\_EU 317 No not supported  
not supported;
- Firma 2:  
NO  
WGM79ML  
01  
xxxx/w01052010\_00042700\_WGM79ML\_01.jpg

Gdzie znakami „xxxx” oznaczono nazwę firmy usuniętą z pliku.

- Firma 3:  
#Format,SiteID,Camera,Dir,Year,Month,Day,Hour,Min,Sec,HSec,PlateX,Plate  
Y,PlateW,PlateH,Town,Plate,Found,PosN,PosE,Speed,Profile,Class  
0,1,0,0,2010,4,8,12,44,40,59,547,133,140,15,W,WU65518,1,0,0,0,0,99
- Firma 4:  
01.05.2010,00:00:56:615,demo01,WT39659,+083





Dla celów badań punktów ARTR dane przesyłane były w pliku tekstowym na serwer FTP. W przypadku dużego systemu, działającego na terenie miasta, dane powinny być przesyłane na serwer typu SQL w postaci komunikatów i przy użyciu protokołu transmisji danych, właściwych dla tego typu baz danych. Standaryzacja komunikatu wysyłanego przez punkty ARTR jest jednak bardzo ważna ponieważ umożliwi uniknąć dodatkowej pracy związanej z przetwarzaniem danych, a przede wszystkim umożliwi zastosowanie urządzeń ARTR wielu różnych producentów.

#### 6.4. Problemy związane z systemami ARTR

Przeprowadzone testy punktów kamerowych ujawniły problemy, które mogły pojawić się tylko w rzeczywistych warunkach drogowych. Pokazały również z jak złożonymi problemami jest związane zainstalowanie urządzeń ARTR. Przeprowadzenie testu w warunkach drogowych umożliwia uzyskanie wiarygodnych danych o rzeczywistej, a nie deklarowanej skuteczności i prędkości działania tego typu systemów.

Przeprowadzenie badań skuteczności i prędkości działania jest niezbędne zarówno na etapie realizowania przetargu, jako sposób weryfikacji deklarowanych skuteczności systemów, jak i w trakcie eksploatacji systemów, jako sposób stałej weryfikacji jakości działania urządzeń.

Różnorodność rozwiązań stosowanych w systemach ARTR powoduje znaczące rozbieżności zarówno w wynikach osiąganych przez systemy jak i w ich cenie. Wybór optymalnego rozwiązania wydaje się bardzo trudny. Można przypuszczać, że montaż punktów kamerowych ARTR w różnych konfiguracjach montażowych (bramownice, słupy na poboczu drogi) może powodować znaczne różnice w ich skuteczności. Zatem wybór odpowiedniego systemu lub systemów powinien być poprzedzony dodatkowymi badaniami zakładającymi przeprowadzenie testów ze względu na sposób montażu. Również prowadzenie testów na zasadach audytu poszczególnych punktów kamerowych umożliwi zachowanie wysokiej skuteczności całego systemu monitoringu.

Należy zwrócić uwagę na duże trudności przy wykonywaniu badań. Rejestracja, archiwizacja i opracowanie materiałów wizyjnych z systemu referencyjnego stanowi poważny problemem, ze względu na aspekty techniczne, jak też ze względu na dużą pracochłonność operacji. Aby zachować wiarygodność testów wymagane jest, aby analizowany materiał był nagrywany w trybie ciągłym w postaci filmu oraz by był opracowywany przez doświadczonego operatora. Niedopuszczalne jest użycie w celach testowych oprogramowania wspomagającego rozpoznawanie tablic jako elementu, który jest obciążony błędem.

W czasie wykonywania testów zespół Instytutu Transportu Samochodowego napotkał następujące problemy, na które należy zwrócić uwagę przy planowaniu badań w przyszłości:

- materiał nagrywany przez system referencyjny, ze względu na wysoką jakość, cechował się dużymi rozmiarami pojedynczych plików. Ich skopiowanie z rejestratora na komputer było bardzo czasochłonne zarówno przy użyciu bezprzewodowej sieci WiFi, jak też przy połączeniu bezpośrednim za pomocą przewodu LAN. Jedna godzina materiału filmowego zajmowała w przybliżeniu 2GB i stwarzała problemy przy późniejszym przetwarzaniu tych plików,
- pamięć zewnętrzna podłączona do rejestratora (dysk HDD 320GB) pozwalała na rejestrację obrazu z dwóch kamer bez nadpisywania danych przez 2-a do 3-ech dni (w zależności od parametrów oświetlenia i ruchu w badanym punkcie). Niemożliwa była transmisja materiału wizyjnego za pomocą połączenia Internetowego. Archiwizacja danych wymagała częstych wizyt zespołu roboczego w punkcie rejestracji, w celu nagrywania zarejestrowanych materiałów filmowych,
- opracowanie materiału filmowego przez operatora zajmowało od 6 do 12 godzin dla materiału o długości 1 godziny. Był to czas, w którym operator odczytywał numery tablic rejestracyjnych pojazdów i wprowadzał dane do odpowiedniego arkusza. Czas analizy był zależny od natężenia ruchu,



- porównywanie danych i obliczanie parametrów skuteczności oraz szybkości przesyłania przy tak dużej liczbie pojazdów wymagało wykorzystania programów komputerowych napisanych na potrzeby realizacji projektu.



## 7. LISTA ZAŁĄCZNIKÓW

**Załącznik 1.** Dane techniczne urządzeń ARTR udostępnionych przez firmy biorące udział w badaniach



**UWAGA:**

Wykorzystane w raporcie fotografie zostały wykonane przez pracowników Biura Drogownictwa i Komunikacji Urzędu Miasta St. Warszawy i pracowników Instytutu Transportu Samochodowego.