

System monitorowania zachowań kierujących pojazdami w Polsce

1. Wprowadzenie

Wdrażaniu różnego rodzaju środków poprawy bezpieczeństwa ruchu powinny towarzyszyć badania oraz analizy, służące ocenie skuteczności tych środków. Z takich ocen wynikają wnioski w zakresie ewentualnych potrzeb modyfikacji tych środków oraz formułowane mogą być zalecenia projektowe do dalszych, powszechnych zastosowań. Wspomniane badania odnoszą się zwykle do poszczególnych elementów z dużego zbioru czynników wpływających na zagrożenia bezpieczeństwa ruchu drogowego. Obok rozwiązań infrastrukturalnych dominującą rolę w kompleksie takich czynników odgrywają zachowania uczestników ruchu. Istotnym z uwagi na bezpieczeństwo ruchu drogowego elementem zachowań kierujących pojazdami jest wybór prędkości jazdy. Oddziaływania na te zachowania mogą być realizowane m.in. poprzez środki edukacyjne, prawne oraz techniczne, w tym związane z pojazdem i drogą. Skutki wypadków są w dużym stopniu zależne od wyposażenia pojazdu i stosowania przez ich użytkowników biernych środków bezpieczeństwa. Najbardziej popularnym z nich są pasy bezpieczeństwa.

Dokładne rozpoznanie aktualnego stanu zachowań kierujących w zakresie wyboru prędkości jazdy oraz stosowania pasów bezpieczeństwa przez użytkowników pojazdów, jest wraz z identyfikacją czynników wpływających na te zachowania, jednym z warunków planowania i skutecznego wdrażania różnych środków poprawy bezpieczeństwa ruchu. Ponieważ zachowania uczestników ruchu mogą się zmieniać w czasie, w tym także pod wpływem wdrażanych środków poprawy bezpieczeństwa ruchu, ich badania muszą mieć charakter stałego monitoringu. Takiemu kryterium odpowiada zamówiony przez Ministerstwo Infrastruktury i Krajową Radę Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego w 2002 roku projekt pt. „Analiza wybranych aspektów zachowania użytkowników dróg” [1]. Jest on elementem jednego z zadań ujętych w Krajowym Programie Poprawy Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego - GAMBIT'2000. Jest to zadanie B1/8 „Opracowanie projektu sieci stacji pomiarowych w celu prowadzenia reprezentatywnego monitoringu prędkości dla opisu stanu ruchu, podejmowania decyzji w zakresie zarządzania prędkością i prowadzenia analiz porównawczych”. Zadanie to wchodzi w skład kompleksu działań zatytułowanych „Wdrożenie środków poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego związanych z prędkością jazdy”.

Główne cele projektu sformułowane przez zamawiającego i uzupełnione przez wykonawców sprowadzały się do:

1. Opracowania metodyki badań prędkości i stosowania pasów bezpieczeństwa
2. Zbudowania systemu pomiarowego wraz z towarzyszącym mu systemem przetwarzania danych
3. Realizacji okresowych badań prędkości oraz stosowania pasów bezpieczeństwa i analizy ich wyników
4. Konstrukcji zależności liczby wypadków i ich ciężkości od parametrów ruchu oraz cech dróg
5. Opracowania strony internetowej z prezentacją najważniejszych wyników badań

Realizacja wymienionych celów poprzedzona została sformułowaniem szczegółowych zadań monitoringu ruchu. Przyjęto, że zadaniami tymi będą:

- ciągle pozyskiwanie danych do ogólnego opisu stanu prędkości na drogach i ulicach z ich podziałem na różne grupy,
- śledzenie zmian zachowań kierowców w zakresie prędkości w różnych okresach odniesienia – zmiany sezonowe i wieloletnie,
- pozyskiwanie danych w celu opisu zależności występujących pomiędzy pojazdami w potokach ruchu. W tym przypadku zakresem rejestracji objęto poza prędkością także natężenia ruchu, odstępy między pojazdami, strukturę rodzajową w potoku ruchu,
- pozyskiwanie danych do opisu stanu stosowania pasów bezpieczeństwa w pojazdach na drogach różnych grup,
- śledzenie zmian zachowań różnych grup użytkowników pojazdów w zakresie stosowania pasów bezpieczeństwa w różnych okresach odniesienia – zmiany sezonowe i wieloletnie,
- pozyskiwanie danych do budowy modeli opisujących zależności wypadków od prędkości i innych parametrów ruchu oraz od charakterystyk dróg.

Badania i opis stanu prędkości na sieci dróg i ulic mają szczególną wagę wobec bliskiego wprowadzenia zmiany ograniczenia prędkości na terenach zabudowy z 60 do 50 km/h. Zgromadzone dane są niezbędne do wykonania ocen rzeczywistej reakcji kierujących na tę zmianę. Wykonawcy projektu zwracają również uwagę na doniosłą wagę opisu zależności zachodzących w potokach ruchu, które służą głównie lepszemu poznaniu natury ruchu i uzyskaniu wiedzy o możliwościach oddziaływania na ten ruch. W praktyce wiedza ta może być wykorzystana do prognozowania ruchu oraz przy interpretacji różnych zjawisk powiązanych z bezpieczeństwem ruchu.

2. Opis budowy systemu monitorowania

Zgodnie z przyjętymi założeniami, pomiary prędkości pojazdów ograniczono do dróg krajowych na obszarze całego kraju, z wyłączeniem dróg ekspresowych i dróg szybkiego ruchu. W każdym z 16 województw wyznaczono 3 lokalizacje pomiarowe, co dało w efekcie 48 stanowisk badawczych na serię pomiarową. Przyjmując w początkowej fazie badań brak obiektywnych danych na temat zróżnicowania zachowań kierowców w poszczególnych regionach kraju, założono wybudowanie jednorodnej sieci pomiarowej na terenie całego kraju. W konsekwencji, opierając się na badaniach wstępnych, które objęły

444 punkty pomiarowe, wytypowano 32 lokalizacje pomiarowe o charakterze stałym (po dwie w każdym z województw, w tym jedną w każdym mieście wojewódzkim i jedną w obszarze niezabudowanym). Otrzymane w ten sposób lokalizacje stałe, w których założono okresowe prowadzenie badań, umożliwiającą wykonywanie analiz porównawczych w skali całego roku. Poza lokalizacjami stałymi wybrano dla każdej serii pomiarowej 16 lokalizacji o charakterze zmiennym (po jednej w każdym województwie), rezygnując w tym miejscu z czasowych analiz zmienności zachowań kierowców na rzecz powiększenia bazy pomiarowej. Lokalizacje zmienne zostały wytypowane poza dużymi aglomeracjami miejskimi, umożliwiając tym samym prowadzenie badań w obszarach niezabudowanych oraz w miejscowościach, przez które przechodzą drogi krajowe z dominującym udziałem ruchu tranzytowego.

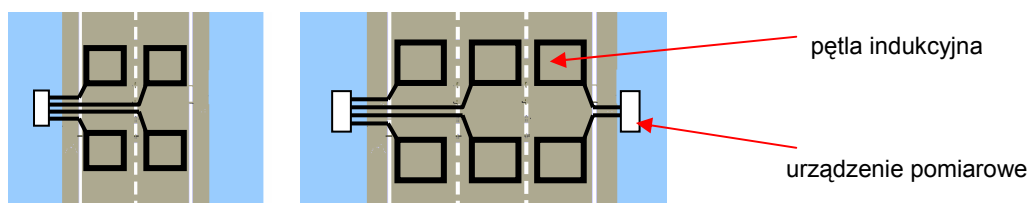
Spełnienie w/w założeń wymagało dokonania wyboru sposobu budowy stanowisk pomiarowych oraz przyjęcia technik pomiarowych, odpowiednich dla realizacji badań o określonej powyżej specyfice.

W realizację pomiarów zaangażowane zostały dwie ekipy pomiarowe, z bazami w Gdańsku i w Krakowie, odpowiedzialne za prowadzenie pomiarów, odpowiednio na terenie Polski północnej i południowej. Podział ten umożliwił realizację każdej serii pomiarowej w okresie nie przekraczającym 4 tygodni.

Okresowy charakter pomiarów prędkości (pomiaru jednodobowe w odstępach dwumiesięcznych) wykluczył stosowanie technik pomiarowych, wymagających czasochłonnych procedur technicznych, związanych z ustawianiem i kalibracją urządzeń pomiarowych. W fazie przygotowawczej brano także pod uwagę możliwość prowadzenia pomiarów przy wykorzystaniu technik laserowych oraz metod analizy obrazu wideo. Metody te zostały jednak wykluczone, z uwagi na fakt, że wymagają one każdorazowo (w każdej serii pomiarowej) czasochłonnej instalacji i kalibracji urządzeń pomiarowych. Istotnym mankamentem w/w metod pomiarowych była też konieczność zapewnienia permanentnego dozoru sprzętu pomiarowego, z uwagi na ryzyko dewastacji lub kradzieży. Warto w tym miejscu zwrócić uwagę na konieczność spełnienia podstawowego założenia dla prowadzenia badań prędkości, jakim było zachowanie anonimowości badań, polegającej na tym, że kierowcy nie powinni być świadomi prowadzenia pomiarów, a na wybór prędkości jazdy nie powinny wywierać wpływu jakiegokolwiek nadzwyczajne okoliczności, jak np. widok zainstalowanych urządzeń pomiarowych, a tym bardziej asystującej ekipy pomiarowej. Istotnym ograniczeniem wyboru była ponadto konieczność stworzenia identycznych warunków pomiaru w każdej serii pomiarowej, co przy każdorazowym ustawianiu infrastruktury pomiarowej, byłoby niemożliwe do spełnienia.

Dlatego zdecydowano się na wybór magnetycznej metody pomiarowej, opartej na wykorzystaniu stałych instalacji pętlowych, wbudowanych w nawierzchnię jezdni (rys.1). W sąsiedztwie pętli indukcyjnych zainstalowane zostały skrzynki pomiarowe, nie różniące się wyglądem od powszechnie stosowanych rozdzielnic elektrycznych, przystosowane do łatwego podłączenia urządzeń pomiarowych, zasilanych z baterii akumulatorowych. Dzięki przyjętej metodzie uzyskano:

- możliwość wykonywania wiarygodnych analiz sezonowej zmienności ruchu w poszczególnych lokalizacjach pomiarowych, dzięki niezmienności w czasie położenia detektorów pętlowych,
- ograniczenie do minimum czasochłonnych procedur kalibracyjnych, związanych z lokalizacją detektorów pętlowych,
- obiektywne warunki pomiaru, nie wymagające stałego nadzoru ekipy pomiarowej. Instalacje pętlowe oraz skrzynki pomiarowe zainstalowane zostały na stałe, dzięki czemu kierowcy nie są świadomi prowadzenia badań.

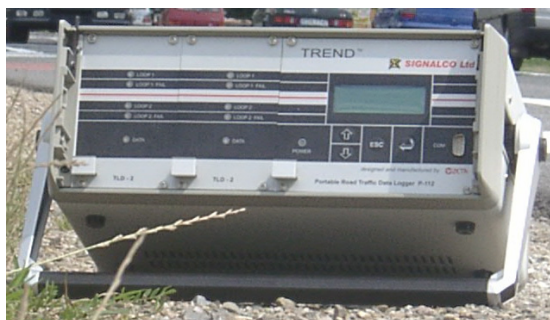


Rys. 1. Schemat budowy stanowisk pomiarowych w magnetycznej metodzie pomiarowej dla dwu- i trzypasowego przekroju pomiarowego

Magnetyczna technika pomiaru z wykorzystaniem detektorów pętlowych (pętli indukcyjnych) została zrealizowana w oparciu o urządzenia pomiarowe TREND P-112. Urządzenie TREND P-112 posiada dwa niezależne kanały pomiarowe i jest zdolne do jednoczesnego pomiaru i rejestracji danych z dwóch pasów ruchu. W lokalizacjach o trzech pasach ruchu, prowadzenie pomiarów wymagało jednoczesnego zaangażowania dwóch jednostek pomiarowych.

Każdy kanał pomiarowy urządzenia TREND P-112 zasilany był sygnałem analogowym pochodzącym z dwóch pętli indukcyjnych o wymiarach 2 x 1,5 metra, przesuniętych względem siebie o 2 metry. Pętle, każda o liczbie 4 zwojów, zostały na stałe zainstalowane w nawierzchni jezdni.

Urządzenia TREND P-112 wyposażone zostały w wyświetlacze ciekłokrystaliczne oraz klawiatury membranowe, umożliwiające ich programowanie i obsługę. Urządzenia zasilane były z akumulatorów żelowych, których pojemność pozwalała z odpowiednim zapasem, na realizację dobowych pomiarów ruchu (rys.2).



Rys. 2. Urządzenie TREND P-112

Zastosowana magnetyczna technika pomiaru z wykorzystaniem urządzeń TREND P-112, pozwala na pomiar i rejestrację następujących parametrów ruchu:

- prędkość pojazdu,
- długość pojazdu.

Każdy pojazd rejestrowany był z dokładnością do jednej dziesiątej sekundy, co pozwalało na wyznaczenie odstępu czasowego od poprzedniego pojazdu, jako podstawy do oceny poziomu swobody ruchu. Długość pojazdu była podstawą do wykonania zgrubnej klasyfikacji pojazdów, z podziałem na pojazdy osobowe i ciężarowe.

Warunkiem dokonywania prawidłowej oceny zmienności zachowań kierowców było zapewnienie wysokiej dokładności pomiarów, co w przypadku tej techniki pomiarowej wymagało przeprowadzenia niezależnej kalibracji każdego punktu pomiarowego. Kształt analizowanego profilu magnetycznego pojazdu zależy nie tylko od samego pojazdu, ale także od geometrii i precyzji ułożenia detektorów pętlowych, zarówno w płaszczyźnie poziomej, jak i pionowej, rodzaju nawierzchni, jej pochylenia w przekroju drogi, itp. Przez dokładność pomiaru należy rozumieć tutaj zarówno dokładność związaną z indywidualnym pomiarem prędkości każdego pojazdu, jak i dokładność statystyczną, uzyskiwaną na odpowiednio licznej próbie pojazdów. Uzyskanie wysokiej dokładności w pomiarach indywidualnych metodą magnetyczną nie jest zagadnieniem prostym, co wynika bezpośrednio z uwarunkowań tej techniki pomiarowej. Dokładność ta zależy przede wszystkim od jakości stosowanych urządzeń, sposobu filtrowania sygnałów wejściowych oraz odpowiedniego dostrojenia układów pomiarowych do przyjętego rozmiaru i geometrii czujników pętlowych. Urządzenia TREND P-112 pozwalają na pomiar indywidualnej prędkości pojazdów z dokładnością nie mniejszą niż ± 3 km/h, co uznać należy za wynik zadawalający.

Uzyskanie odpowiedniej dokładności statystycznej pomiaru, która winna być bliska zeru, wymagało przeprowadzenia kalibracji każdego stanowiska pomiarowego, polegającej na porównaniu dostatecznej liczby wyników pomiarowych pochodzących z kalibrowanego stanowiska, z wynikami innej metody pomiarowej, która mogła zostać uznana za wzorcową.

Za wzorcową metodę odniesienia przyjęto technikę pomiaru dokładność wykorzystaniem detektorów pneumatycznych. Wysoka dokładność pomiaru prędkości przy wykorzystaniu tej metody, wynika z zasady obliczania prędkości na podstawie analizy różnicy czasu pomiędzy momentami najazdu kół pojazdu na przewody pneumatyczne, ułożone w znanej od siebie odległości. Niewielki przekrój przewodu gumowego, przy znacznej prędkości pojazdu powoduje, że prędkość ta obliczana jest z dużą dokładnością. Przed dokonaniem wyboru metody wzorcowej przeprowadzono badania porównawcze z wykorzystaniem trzech metod pomiarowych: magnetycznej w oparciu o pętle indukcyjne, pneumatycznej w oparciu o węże gumowe oraz piezoelektrycznej w oparciu o taśmowe czujniki piezoelektryczne, przyklejane na czas badań do nawierzchni jezdni. Zasada pomiaru w metodzie piezoelektrycznej jest podobna jak w metodzie pneumatycznej, dokładność pomiaru jest jednak największa, z uwagi na całkowite unieruchomienie czujników piezoelektrycznych, uzyskiwane w tym przypadku metodą klejenia. Bardzo niewielkie różnice dokładności pomiaru prędkości w przeprowadzonych badaniach porównawczych pomiędzy metodą piezoelektryczną a pneumatyczną, pozwoliły na wybór tej ostatniej jako metody wzorcowej dla czynności kalibracyjnych.

Na etapie kalibracji uzyskano wartość statystycznego błędu pomiaru bliską zeru, natomiast indywidualne wartości błędów pomiarowych mieściły się w przedziale od -3 do $+3$ km/h, co uznać należy za rezultat zadawalający.

Na podstawie przeprowadzonej kalibracji stanowisk pomiarowych zebrano wartości współczynników korekcyjnych, które następnie zostały wprowadzone do urządzeń pomiarowych TREND P-112. Po podłączeniu przenośnego urządzenia pomiarowego do danej instalacji pomiarowej i wybraniu numeru stanowiska pomiarowego, odpowiednie wartości współczynników korekcyjnych były automatycznie uwzględniane w trakcie prowadzonych pomiarów.

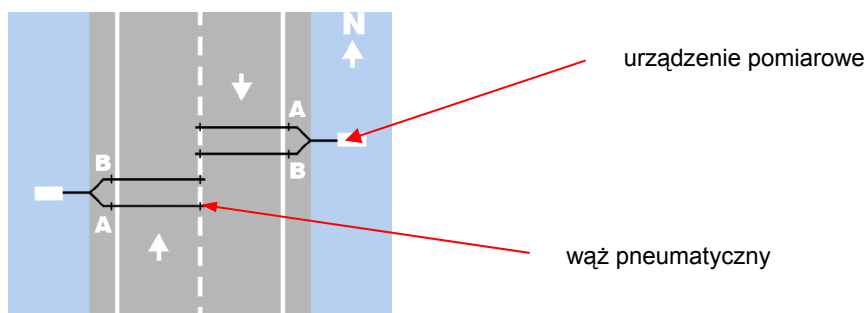
Poszukując metody pomiarowej, nadającej się do realizacji pomiarów prędkości z uwzględnieniem możliwości częstej zmiany lokalizacji, należało wybrać technikę ograniczającą do minimum ingerencję w otoczenie pomiarowe, z co najmniej kilku powodów:

- konieczności ograniczenia czasu oraz kosztów związanych z przygotowaniem stanowiska pomiarowego,
- konieczności ograniczenia skutków funkcjonowania stanowisk pomiarowych oraz kosztów związanych z ich likwidacją.

Uwzględniając powyższe uwarunkowania zdecydowano się na wybór metody pneumatycznej, której wielką zaletą jest brak trwałej ingerencji w pas drogowy, a rozłożenie stanowiska pomiarowego sprowadza się do tymczasowego zamocowania węży gumowych w przekroju drogi. Właśnie z tego powodu metoda ta nie nadaje się do prowadzenia pomiarów cyklicznych,

nie istnieje bowiem w praktyce możliwość precyzyjnego odtworzenia identycznych warunków pomiarowych w tej samej lokalizacji.

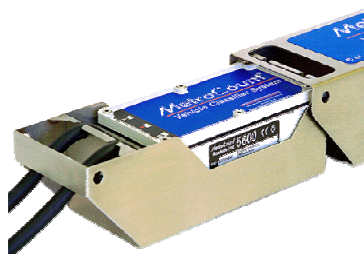
Pneumatyczna metoda pomiaru polega na precyzyjnej rejestracji przez urządzenie pomiarowe momentów nacisku kół pojazdów, przejeżdżających przez gumowe węże rozłożone w przekroju drogi, w znanej od siebie odległości. W celu zapewnienia stabilnych warunków pomiarowych, węże montuje się w kilku miejscach do nawierzchni drogi przy pomocy specjalnych uchwyty i stalowych gwoździ. Z uwagi na punktowy nacisk kół pojazdu na wąż gumowy, metoda pneumatyczna dostarcza bardzo precyzyjnych pomiarów prędkości. Indywidualne błędy pomiarowe uzyskiwane tą metodą w porównaniu z metodą piezoelektryczną, nie przekraczają ± 1 km/h. Ograniczenie błędów pomiarowych sprowadza się w tym przypadku do starannego rozłożenia i zamocowania węży gumowych, z dbałością o zachowanie stałej bazy pomiarowej i ograniczenie możliwości chwilowych zmian położenia węży podczas kontaktu z kołami pojazdu.(rys.3)



Rys. 3. Schemat budowy stanowiska pomiarowego w pneumatycznej metodzie pomiarowej

Wadą metody pneumatycznej jest brak możliwości prowadzenia pomiarów w warunkach zimowych, z uwagi na możliwą obecność pługów śnieżnych, a także ewentualną konieczność powtarzania pomiaru w przypadku zerwania przewodu pneumatycznego. Wadą metody pneumatycznej jest też konieczność jednoczesnego używania dwóch urządzeń pomiarowych, w przypadku prowadzenia pomiarów na dwóch pasach ruchu oraz brak możliwości wykonywania jednoczesnych pomiarów na trzech pasach ruchu.

Do prowadzenia badań prędkości metodą pneumatyczną wybrane zostały urządzenia pomiarowe ROADSIDE 5600. Z uwagi na niewielki pobór mocy, charakterystyczny dla tej techniki pomiarowej, urządzenia zasilane były z kompletu baterii alkalicznych R-20, który wystarcza na rok eksploatacji (rys.4).



Rys. 4. Urządzenie pomiarowe ROADSIDE 5600

Zastosowana pneumatyczna metoda pomiarowa z wykorzystaniem urządzeń ROADSIDE 5600, pozwalała na pomiar i rejestrację następujących parametrów ruchu:

- prędkości pojazdu,
- odległości pomiędzy skrajnymi osiami pojazdu,
- odstępu czasowego do poprzedniego pojazdu.

Odstęp czasowy do poprzedniego pojazdu wykorzystywany był do wyznaczenia poziomu swobody ruchu, natomiast odległość pomiędzy skrajnymi osiami pojazdu wykorzystywana była do realizacji zgrubej klasyfikacji pojazdów, z podziałem na pojazdy osobowe i ciężarowe.

W ciągu pierwszych 5 serii pomiarowych (w pierwszym roku realizacji badań) dokonano pomiarów prędkości metodą pneumatyczną w 92 lokalizacjach pomiarowych na terenie całego kraju.

3. System archiwizacji i przetwarzania danych

Dane pomiarowe odczytywane z urządzeń pomiarowych przy pomocy oprogramowania dostarczonego przez producentów urządzeń, stanowiły materiał do dalszego ich przetwarzania i analizy. Urządzenie pomiarowe TREND P-112 dostarczało danych pomiarowych w formacie *dat*, natomiast urządzenie ROADSIDE 5600 w formacie *txt*.

Aby zapewnić spójność formatu danych przekazywanych do systemu nadrzędnego, na potrzeby realizowanych badań stworzona została aplikacja SDI (*Speed Data Integrator*), której zadaniem jest:

- sprawdzanie poprawności nazwy pliku źródłowego z zapisanym w pliku kodem lokalizacji pomiarowej,
- sprawdzenie poprawności i integralności danych pomiarowych,
- przetwarzanie danych do spójnego formatu *txt*, akceptowanego przez system nadrzędny,
- łączenie plików z różnych urządzeń pomiarowych w jeden plik wynikowy, w przypadku realizacji pomiaru z jednoczesnym wykorzystaniem kilku urządzeń pomiarowych,
- rejestracja pliku wynikowego pod nazwą rozpoznawaną przez system nadrzędny.

Produkty aplikacji SDI zasilają system informatyczny TEDAS. System TEDAS został w całości zaprojektowany i wykonany dla potrzeb przetwarzania, archiwizacji i analizy statystycznej danych pomiarowych, pozyskiwanych w ramach niniejszego projektu. System wykonany został w oparciu o platformę LOTUS DOMINO. Jednym z narzędzi wykorzystywanych w projekcie była aplikacja LOTUS NOTES WEB SITE, używana do publikacji rezultatów badań na stronie internetowej.

Dane pomiarowe wprowadzane były do systemu TEDAS poprzez sieć INTERNET. Wszyscy użytkownicy systemu (uczestnicy programu badawczego), posiadali unikalne hasła dostępu, uniemożliwiające ingerencję osób niepowołanych, jak również rejestrację wszystkich wykonywanych czynności, co okazało się cenne dla koordynacji realizacji projektu.

Po zapisaniu i zatwierdzeniu w systemie TEDAS plików pomiarowych, dane wprowadzane są do bazy danych, z czym związane jest wykonywanie szeregu operacji przetwarzania danych, polegających przede wszystkim na klasyfikacji ruchu z punktu widzenia wyodrębnienia pojazdów poruszających się ruchem swobodnym i nieswobodnym oraz klasyfikacji pojazdów z punktu widzenia wyodrębnienia ruchu osobowego i ciężarowego.

Opracowanie statystyczne danych pomiarowych realizowane jest w oparciu o zaawansowany system zapytań, kierowanych do bazy danych systemu TEDAS. Dzięki rozbudowanemu mechanizmowi kwerend, zawierającym operatory logiczne, zlecenia statystycznego opracowania danych mogą być dowolnie konfigurowane. Przed wykonaniem analizy statystycznej danych, system TEDAS dokonuje konwersji zbioru danych na format pełnej doby, przepisując dane zgromadzone w drugim dniu pomiarowym na dzień pierwszy. Operacja ta pozwala na pozyskiwanie szczegółowych raportów statystycznych, jednolitych w formie i dogodnych dla prowadzenia analiz porównawczych.

Rezultaty złożonych zapytań zwracane są użytkownikowi systemu pocztą e-mail, w formacie *x/s*. Opracowane w programie EXCEL szablony pozwalają na automatyczne wykonywanie raportów, w oparciu o otrzymywane z systemu TEDAS rezultaty analiz statystycznych ruchu. W rezultacie formułowanych kwerend, system TEDAS jest gotowy do obliczenia 570 parametrów, opisujących zbioru danych pochodzących z każdej lokalizacji pomiarowej, zarówno dla 24 godzinnego okresu pomiarowego, jak i w szczegółowym rozbiću na poszczególne godziny.

Po wykonaniu raportu okresowego, system TEDAS pozostaje otwarty dla archiwizacji wykonanych raportów, jak również dla dalszego przetwarzania danych i wykonywania analiz statystycznych.

Z uwagi na duże ilości zarejestrowanych pojazdów (tylko w ciągu pierwszych 5 serii pomiarowych zarejestrowano ogółem ponad 4,5 mln pojazdów), rezultaty każdej serii pomiarowej zapisywane były w oddzielnych bazach danych, co pozwoliło na zachowanie rozsądnego czasu przetwarzania danych.

System TEDAS dostępny jest przez sieć INTERNET, co bardzo ułatwia realizację badań przez zespół rekrutujący się z ośrodków badawczych z kraju i zagranicy.

4. Przykłady wyników badań

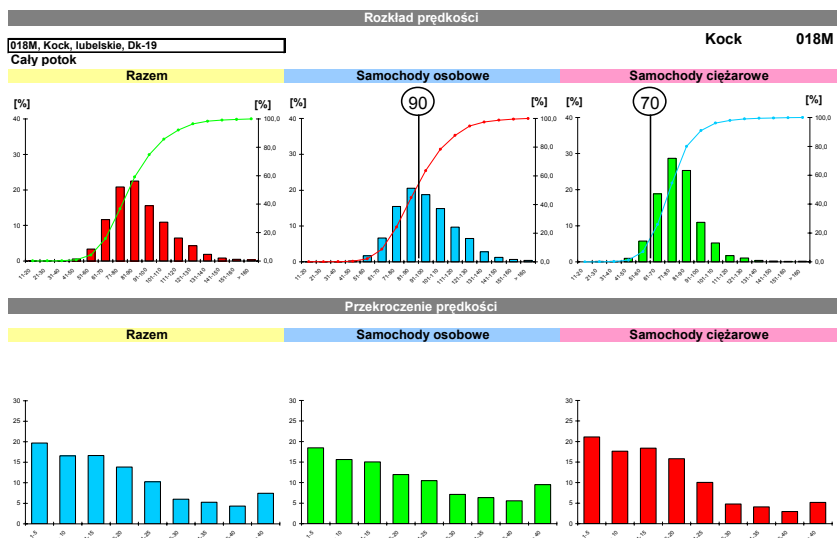
4.1 Prędkość

Jednym z głównych celów realizowanego projektu był obiektywny opis stanu prędkości na drogach i ulicach, wraz z pozyskaniem danych do analiz zależności zachodzących w potokach ruchu. Drugim ważnym celem było zebranie danych o ruchu oraz charakterystykach wybranych odcinków dróg i ulic wraz z wykonaniem analiz pozwalających na identyfikację i ilościowy opis wpływu różnych czynników na bezpieczeństwo ruchu. Zadania wynikające z tak nakreślonych celów realizowane były w ramach kolejnych serii pomiarowych. Ich efektem jest dokumentacja wyników badań i wstępne analizy zawarte w kolejnych 5 raportach okresowych. Obejmowały one głównie:

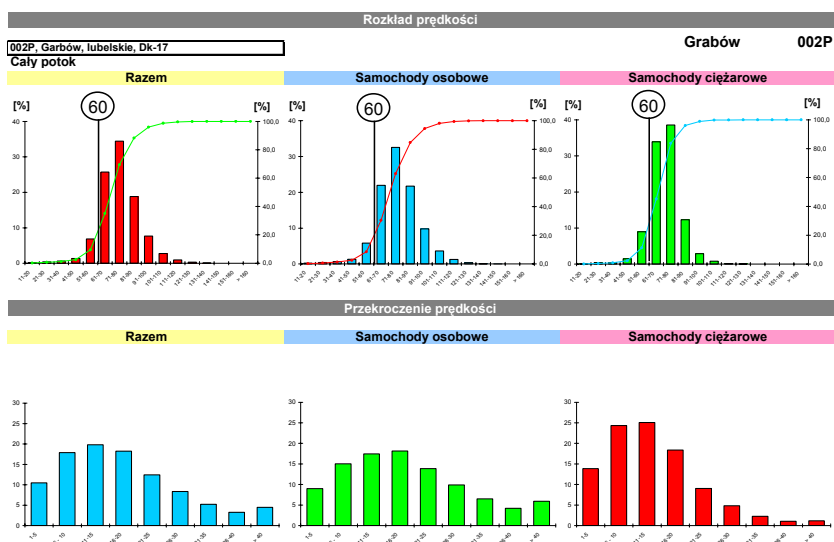
- charakterystyki natężenia ruchu i prędkości w dobowych interwałach rejestracji z podziałem na pasy ruchu i razem w przekroju pomiarowym,
- charakterystyki prędkości pojazdów na pasach i w przekroju,
- histogramy rozkładów prędkości i przekroczeń prędkości dopuszczalnej,
- zestawienia zbiorcze danych o natężeniu i prędkości w grupach poligonów podzielonych według typu przekroju poprzecznego,
- zestawienia umożliwiające ocenę zmienności prędkości w kolejnych seriach pomiarowych oraz pomiędzy różnymi lokalizacjami poligonów.

Na rysunku 5 przedstawiono przykładowe wyniki badań zamieszczonych w raportach opisujących kolejne serie pomiarowe. Przedstawiono rozkłady prędkości potoku pojazdów w trzech wybranych przekrojach województwa lubelskiego. Natomiast w tablicy 1 zestawiono zbiorcze wyniki badań z 5 serii pomiarowych w poszczególnych rodzajach przekrojów.

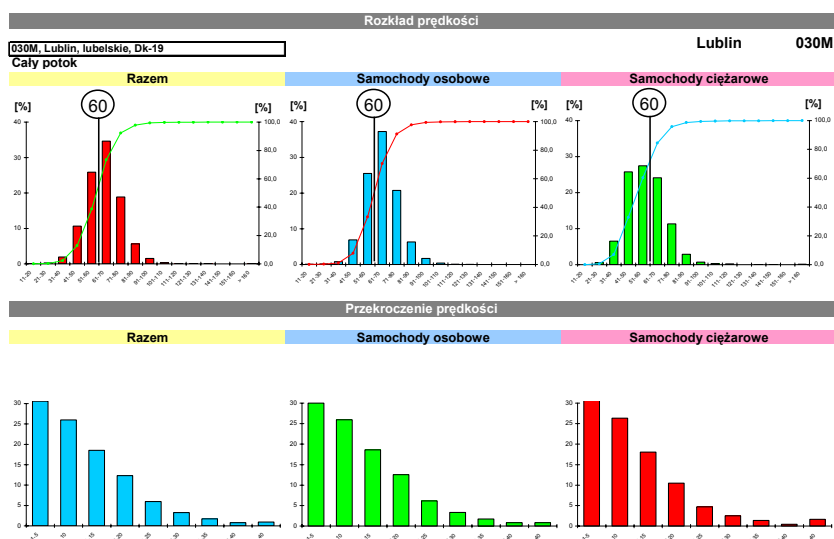
a)



b)



c)



Rys. 5. Rozkłady prędkości potoków pojazdów i pojazdów przekraczających limity prędkości w wybranych przekrojach województwa lubelskiego: a) obszar zamiejski – droga krajowa nr 19, b) przejście drogi krajowej nr 17 przez Garbów, c) ulica Kraśnicka w Lublinie.

Tablica 1.

Zestawienie średnich wartości parametrów prędkości w ruchu swobodnym na poligonach zamiejskich o różnych typach przekroju poprzecznego

Parametr	Jednostka	Przekrój											
		Obszar zamiejski						Drogi tranzytowe			Miasto		
		Z1		Z2		Z2+D2	Z3	Z1	Z2	M3	M1	M2	M3
S	Z	S	Z	Z		Z	Z	Z	S	S	Z		
N	[P/h]	5764	5159	3759	4390	3219	2795	8839	7806	8986	17231	10919	15464
V _{SR}	[Km/h]	89,0	92,5	89,9	87,5	85,7	86,0	80,0	73,1	69,1	64,1	51,7	55,6
V ₁₅	[Km/h]	73	75	73	71	69	68	66	60	57	52	41	45
V ₈₅	[Km/h]	103	108	104	102	100	101	94	87	82	76	62	66
V ₉₅	[Km/h]	114	119	115	113	110	112	105	98	92	84	69	73
V _m	[Km/h]	88	92	89	87	85	86	79	72	69	64	52	56
S	[Km/h]	14,9	16,4	15,5	15,9	15,5	16,7	15,0	14,5	13,5	11,9	11,0	11,3
WZ _v		0,17	0,18	0,17	0,18	0,18	0,19	0,19	0,20	0,20	0,19	0,22	0,20
U _{Vdop}	%	64,7	72,3	63,9	60,6	50,4	53,6	90,1	82,2	72,1	65,2	22,3	33,1

Oznaczenia:

Typ przekroju:

Z1 – obszar zamiejski, droga dwupasowa, dwukierunkowa o szerokości jezdni 7.0 m z utwardzonym poboczem o szerokości 2.0 m,

Z2 – obszar zamiejski, droga dwupasowa, dwukierunkowa o szerokości 7.0 m bez utwardzonego pobocza,

Z2+D2 – obszar zamiejski, droga dwupasowa, dwukierunkowa o szerokości 6.0 -7.0 m z drzewami w koronie drogi,

Z3 – obszar zamiejski, droga dwupasowa, dwukierunkowa o szerokości 6.0 m bez utwardzonego pobocza.

M1 – obszar miejski, ulica 2 x 2 (2x 3) pasy ruchu,

M2 – obszar miejski, ulica dwupasowa, dwukierunkowa o szerokości 7.0 m,

M3 – obszar miejski, ulica dwupasowa, dwukierunkowa o szerokości 8.0 -10.0.

Rodzaj punktu pomiarowego:

S – stały,

Z - zmienny

Parametry ruchu:

V_{sr} - prędkość średnia,

V₁₅, V₈₅, V₉₅ - kwantyle prędkości,

V_m - prędkość modalna -

S - odchylenie standardowe prędkości,

WZ_v - współczynnik zmienności prędkości,

U_{Vdop} - udział pojazdów w potoku przekraczających dozwolony limit prędkości.

Na podstawie porównania przedstawionego w tablicy 1 można sformułować poniższe wnioski.

Drogi poza terenami zabudowy:

- poligony o przekroju poprzecznym Z1 charakteryzują się istotnie większą prędkością, niż poligony o przekroju Z2. Różnica wartości prędkości średniej w porównywanych grupach poligonów jest duża i wynosi 6,7 km/h. Jest to zjawisko oczekiwane wobec różnic w charakterystykach geometrycznych przekrojów poprzecznych porównywanych poligonów.
- średnie wartości kwantyli prędkości V₈₅ i V₉₅ w grupie poligonów o przekroju Z2 były o 8 km/h mniejsze niż w grupie poligonów o przekroju Z1. Wartości kwantyli V₈₅ i V₉₅ należy ocenić jako bardzo duże, szczególnie w kontekście prędkości projektowych, które w przypadku badanych dróg zawierają się w przedziale 70 – 90 km/h,
- wyniki badań prędkości w grupie poligonów o przekrojach Z2+D2 i Z3 potwierdziły oczekiwaną tendencję do poruszania się pojazdów na tych drogach z niższymi prędkościami niż po drogach o przekroju Z1 lub Z2,
- średnie udziały kierujących przekraczających dopuszczalne prędkości na drogach zamiejskich wynoszą 60 – 72 %, przy czym na drogach o przekrojach Z2+D2 i Z3 były istotnie niższe niż na drogach o przekroju Z2;

Przejścia dróg tranzytowych przez małe miejscowości:

- wyniki badań prędkości potwierdzają wpływ typu przekroju poprzecznego na wybór prędkości przez kierujących na przejściach drogowych przez miejscowości, charakter tego wpływu jest zgodny z wcześniejszymi badaniami krajowymi i zagranicznymi. Na odcinkach o przekroju Z1, typowym dla dróg zamiejskich, rejestrowano prędkości istotnie większe od odcinków o przekroju M3 typowych dla obszarów zabudowy,
- zarówno wartości prędkości średnich, jak i średnie wartości kwantyla prędkości V₈₅ należy ocenić jako zbyt duże w stosunku do limitu prędkości 60 km/h. Średnie wartości kwantyla prędkości V₈₅ były większe od limitu o 34 km/h w przypadku odcinków o przekroju Z1, o 27 km/h w przypadku odcinków o przekroju Z2 i o 22 km/h w przypadku odcinków o przekroju M3,
- średnie udziały kierujących przekraczających dopuszczalne prędkości różnią się wyraźnie w zależności od typu przekroju poprzecznego – od 72% na odcinkach o przekroju M3 do 90% na odcinkach o przekroju Z1.

Obszary miast:

- wyniki badań prędkości potwierdzają duży wpływ typu przekroju poprzecznego na wybór prędkości przez kierujących na ulicach w miastach. Istotnym w tym przypadku jest obok typu przekroju poprzecznego (przekrój jedno- lub dwujezdniowy) także szerokość jezdni, najmniejsze wartości uśrednionych parametrów prędkości uzyskano w przypadku przekroju M2 o szerokości jezdni 7,0 m,
- dwujezdniowy przekrój charakteryzuje się dużo większymi prędkościami niż przekroje jednojezdniowe, średnia prędkość w grupie poligonów na ulicach dwujezdniowych była większa o 12,4 km/h w stosunku do poligonów o przekroju M2 i o 8,3 km/h w stosunku do poligonów o przekroju M3,
- zarówno wartość prędkości średniej, jak i średnia wartość kwantyla prędkości V_{85} na badanych ulicach o przekroju M1 należy ocenić jako zbyt duże w stosunku do limitu prędkości 60 km/h, średnia wartości kwantyla prędkości V_{85} była większa o 16 km/h od limitu 60 km/h,
- średnie udziały kierujących przekraczających dopuszczalne prędkości różnią się wyraźnie w zależności od typu przekroju poprzecznego – od 22% na odcinkach ulic o przekroju jednojezdniowym (M2) do 65% na odcinkach ulic o przekroju dwujezdniowym (M1).

Jednym z ciekawszych rezultatów badań jest określenie zmian parametrów prędkości w ciągu doby. Na obszarach zamieszkanych występuje tendencja do jazdy z większą prędkością w dzień niż w nocy, natomiast na obszarach zabudowanych obserwowano zjawisko odwrotne: większe prędkości w nocy a mniejsze w dzień.

Wyniki badań prezentowanych w kolejnych raportach okresowych oraz rezultaty dodatkowych analiz zawartych w raporcie końcowym, doprowadziły do sformułowania wniosków w następujących grupach problemów:

- opis stanu prędkości i przestrzegania jej ograniczeń na drogach zamieszkanych, przejściach drogowych przez miejscowości i ulicach dużych miast,
- czynniki determinujące wybór prędkości przez kierujących,
- opis procesów ruchu w potokach pojazdów,
- modele predykcji wypadków.

Sformułowane w raportach z badań wnioski i uwagi mają charakter ogólnego opisu podanych zagadnień z podkreśleniem najważniejszych problemów i wskazaniem kierunków dalszych badań. Badania te mogłyby być prowadzone w ramach kontynuacji przedmiotowego projektu, lub być podejmowane w formie dodatkowych zleceń z różnych jednostek. Ważne jest stworzenie strategicznego planu takich badań i ich rozpoczęcie.

Szczegółowe wyniki badań zamieszczone są na stronie internetowej Krajowej Rady BRD www.krbrd.gov.pl

4.2 Pasy bezpieczeństwa

Głównym celem tej części projektu było przedstawienie stanu stosowania pasów bezpieczeństwa w poszczególnych województwach w Polsce. Informacja o używaniu pasów bezpieczeństwa jest niezwykle istotna do prowadzenia działań: informacyjnych, szkoleniowych, prewencyjnych i represyjnych. Okazuje się bowiem, że działania zmierzające do zwiększenia udziału stosowania pasów bezpieczeństwa przez kierowców i pasażerów pojazdów są bardzo efektywne. Pasy bezpieczeństwa są najskuteczniejszym znanym środkiem ratującym ludzkie życie podczas wypadku drogowego. Zapięte pasy bezpieczeństwa w momencie uwikłania w wypadek drogowy to najczęściej jedyna szansa na przeżycie.

Wyniki projektu posłużą do budowy systemu monitoringu używania pasów bezpieczeństwa. Zgodnie z przyjętymi ustaleniami, w przypadku stosowania pasów bezpieczeństwa przewidziano prowadzenie następujących rodzajów badań: systematycznych, rozszerzonych i pogłębionych.

W czasie pięciu sesji pomiarowych, we wszystkich 16 miastach - stolicach województw, wykonano obserwację stosowania pasów bezpieczeństwa przez:

- 238.129 kierowców,
- 128.358 pasażerów.

Z badań tych wynika, że w Polsce pasy bezpieczeństwa stosowane są w zakresie od 10 do 80%, w zależności od rodzaju pojazdu, rodzaju uczestnika ruchu i województwa.

Samochód osobowy. Kierowca oraz pasażer z przodu stosują pasy średnio w 72 % przypadków. Rzadziej pasy zapinają pasażerowie z tyłu (średnio 53 %).

Taksówka. W taksówce najczęściej pasy zapinają pasażerowie z przodu (średnio 38 %), natomiast bardzo rzadko kierowca i pasażer z tyłu (średnio 9 i 14 %).

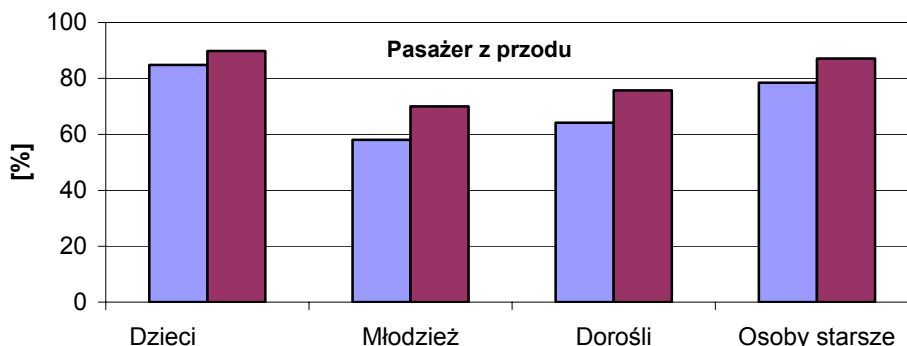
Samochód ciężarowy. W samochodzie ciężarowym kierowcy zapinają pasy rzadziej niż pasażerowie. Średnio 36 % kierowców miało zapięte pasy, podczas, gdy wśród pasażerów wskaźnik ten wyniósł 38 %.

Prowadzono także badania i analizy stosowania pasów bezpieczeństwa przez poszczególnych uczestników ruchu z podziałem na płeć i grupy wiekowe w samochodach osobowych.

Kierowca. W przypadku kierowcy najczęściej pasy zapinają osoby starsze, a najrzadziej młodzież. Mężczyźni w każdym wieku stosują rzadziej pasy niż kobiety, jednak w przypadku młodzieży ta różnica jest najbardziej widoczna i wynosi aż 20%.

Pasażer z przodu. W przypadku pasażera na przednim siedzeniu samochodu osobowego najczęściej mają zapięte pasy dzieci a następnie osoby starsze (rys. 6). Podobnie jak w przypadku kierowcy pasów najrzadziej używa młodzież. Mężczyźni w każdym wieku stosują rzadziej pasy niż kobiety.

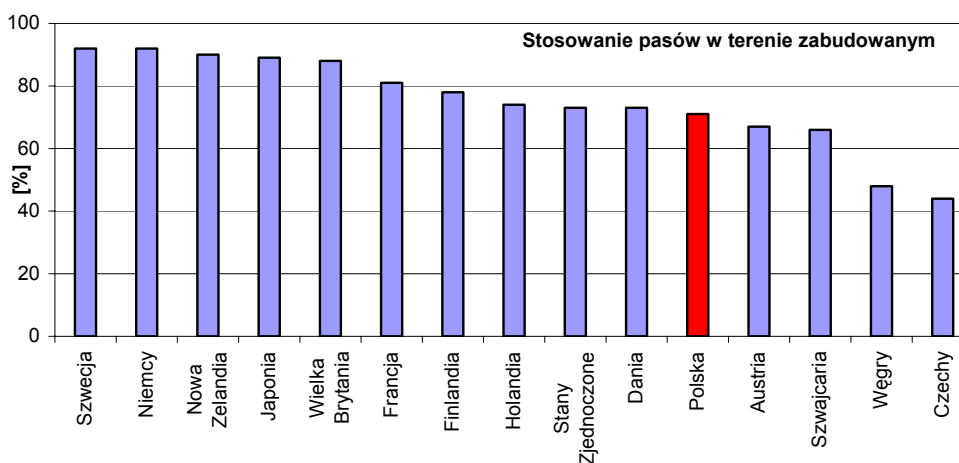
Pasażer z tyłu. W przypadku pasażera na tylnym siedzeniu samochodu osobowego zdecydowanie najczęściej mają zapięte pasy dzieci. W dalszej kolejności pasy stosują osoby starsze, ale różnica w stosowaniu pasów przez nich i przez dzieci wynosi blisko 30 %. Młodzież używa pasów najrzadziej, aczkolwiek w przypadku kobiet dorośli zapinają pasy nieco rzadziej niż młodzież. W przypadku pasażera z tyłu sytuacja stosowania pasów według płci nie jest tak bardzo jednoznaczna, jak w przypadku kierowcy i pasażera z tyłu. Dzieci oraz dorośli mężczyźni zapinają pasy częściej niż kobiety, a w przypadku osób starszych i młodzieży sytuacja jest odwrotna i wśród tych ostatnich różnica wynosi aż 24%.



Rys. 6.. Stosowanie pasów bezpieczeństwa przez pasażerów z przodu w samochodach osobowych Polsce z podziałem na grupy wiekowe.

Podjęto także próbę oszacowania udziału uczestników ruchu stosujących pasy bezpieczeństwa w pojazdach w całym kraju (jako oszacowanie dla całej populacji). Na tej podstawie można stwierdzić, że w Polsce pasy bezpieczeństwa stosuje około:

- 66 % wszystkich uczestników ruchu poruszających się samochodami,
- 71 % uczestników ruchu poruszających się samochodami osobowymi,
- 34 % uczestników ruchu poruszających się samochodami ciężarowymi,
- 13 % uczestników ruchu poruszających się taksówkami.



Rys. 7. Stosowanie pasów bezpieczeństwa w samochodach osobowych Polsce na tle innych krajów.

Na podstawie przeprowadzonych badań oszacowano poziom stosowania pasów bezpieczeństwa przez kierowców w poszczególnych miastach wojewódzkich.

Stwierdzono, że:

- najwięcej uczestników ruchu stosuje pasy bezpieczeństwa w samochodach w województwach: pomorskim (74%), dolnośląskim (73%), małopolskim (72%) i łódzkim (70%).
- zdecydowanie najmniej uczestników ruchu stosuje pasy bezpieczeństwa w samochodach w województwie podlaskim (47%), a w dalszej kolejności w lubelskim (53%), świętokrzyskim (61%), w warmińsko-mazurskim (62%) i w zachodnio-pomorskim (62%).

Na rys. 7 przedstawiono porównanie stosowania pasów bezpieczeństwa w Polsce na tle wybranych krajów. Analizując otrzymane wyniki stwierdzono, że w przypadku samochodów osobowych na terenach zabudowanych, uczestnicy ruchu:

- w Polsce stosują pasy bezpieczeństwa na zadowalającym poziomie,
- w Niemczech, Kanadzie, Nowej Zelandii, Japonii, Wielkiej Brytanii i Francji stosują w większym zakresie niż w Polsce,
- w Czechach, na Węgrzech, w Szwajcarii i Austrii stosują w mniejszym zakresie niż w Polsce.

Szczegółowe wyniki badań zamieszczone są na stronie internetowej Krajowej Rady BRD [2].

5. Rekomendacje i zalecenia

Zbudowany system monitorowania zachowania uczestników ruchu w aspekcie prędkości jazdy i stosowania pasów bezpieczeństwa spełnił wyznaczone zadania w zakresie opisu stanu istniejącego. Konieczne są jednak dalsze badania w celu rejestracji zachowań uczestników ruchu w dłuższych okresach odniesienia. Zmiany infrastruktury drogowej, zmiany konstrukcji pojazdów oraz zmieniające się uwarunkowania społeczno-ekonomiczne mogą wpływać na zachowania uczestników ruchu i dlatego muszą być również weryfikowane dotychczasowe wyniki badań prędkości oraz stosowania pasów bezpieczeństwa.

6.1 Prędkość

Kontynuacja badań w formie kilkuletniego monitoringu ruchu może pozwolić na zebranie danych niezbędnych do rozwiązania problemów o dużym znaczeniu praktycznym. Można do nich zaliczyć:

1. Ocenę efektu zmiany ograniczenia prędkości na terenach zabudowy z 60 km/h do 50 km/h w zależności od charakterystyk dróg i ulic. Taka ocena pozwoli na wskazanie tych grup dróg, na których konieczne będą dodatkowe działania wymuszające respektowanie zmienionych ograniczeń prędkości.
2. Oceny efektywności wdrażanych środków z zakresu zarządzania prędkością. Obecnie są to głównie urządzenia do automatycznego nadzoru i rejestracji wykroczeń. Gromadzone dane powinny pozwolić na ocenę skuteczności tych urządzeń nie tylko w miejscach zastosowania, ale także ich oddziaływanie na zachowanie się kierujących w sąsiedztwie tych miejsc.
3. Racjonalne kształtowanie polityki limitów prędkości na drogach i ulicach różnych klas oraz funkcji. Realizacja tego zadania wymaga jednak wcześniejszego rozszerzenia badań na drogi dwujezdniowe oraz wojewódzkie i powiatowe. Ważne jest także objęcie badaniami ulic w miastach o ograniczeniach innych niż 60 km/h.
4. Formułowanie zaleceń projektowych w zakresie kształtowania przekrojów poprzecznych dróg, w tym potrzeby i kryteriów budowy dodatkowych pasów ruchu do wyprzedzania. Takie zalecenia powinny wynikać głównie z ocen rozproszenia prędkości w potokach ruchu, w zależności od ich struktury rodzajowej. Dodatkowym elementem powinna być ocena wpływu ograniczeń prędkości na jednorodność potoków ruchu i wynikające stąd zalecenia do praktyki projektowej.
5. Ocenę zasadności i potencjalnych zysków w przypadku zmniejszania różnicy ograniczeń prędkości dla pojazdów lekkich i ciężarowych. Należy poszukiwać odpowiedzi na pytanie, w jakim stopniu w polskich warunkach zmiany ograniczeń wymienionych grup pojazdów mogą wpłynąć na poprawę jednorodności ruchu, redukcję zapotrzebowania na wyprzedzanie oraz optymalne wykorzystanie przepustowości przekroju?
6. Identyfikację wpływu standardu zimowego utrzymania dróg na sprawność ruchu wraz z jego bezpieczeństwem. Z takich badań można formułować praktyczne wnioski odnośnie wymagań utrzymania zimowego w aspekcie szeroko rozumianych kosztów. Wyniki tych badań mogą również przesądzać o potrzebie i warunkach stosowania dodatkowych urządzeń ostrzegawczych, w tym znaków o zmiennej treści.
7. Oceny zmienności warunków ruchu w przekroju doby i dłuższych okresach w powiązaniu z oddziaływaniem ruchu na otoczenie. W tej grupie badań może się mieścić weryfikacja modeli prognozowania hałasu i zanieczyszczeń powietrza. Wiarygodność tych modeli ma bardzo duże znaczenie w odniesieniu do racjonalnej polityki stosowania kosztownych środków redukujących wpływ ruchu na środowisko.
8. Weryfikację i rozwój modeli generacji ruchu stosowanych w pracach planistycznych. Możliwa jest na podstawie gromadzonych danych identyfikacja różnych czynników wpływających na natężenie ruchu i jego dobowy rozkład.
9. Rozwój modeli wypadkowych klasy „mikro” ujmujących indywidualne zachowania kierujących np. w zakresie wyboru odstępu pomiędzy pojazdami. Praktycznym wykorzystaniem tych modeli jest identyfikacja czynników, których modyfikacja może zredukować niebezpieczne zachowania na drodze.
10. Rozwój modeli szacowania kosztów ruchu.
11. Wspomaganie różnych szczegółowych prac naukowo-badawczych wykorzystujących dane o ruchu, np. rozwój modeli wymiarowania konstrukcji nawierzchni, symulacyjne modele ruchu pojazdów na odcinkach dróg itp.

6.2 Pasy bezpieczeństwa

W latach 2002/2003 prowadzono badania w ramach monitoringu stosowania pasów bezpieczeństwa. Badania prowadzono w większych miastach Polski.

Z przeprowadzonych porównań wynika, że poziom stosowania pasów bezpieczeństwa w Polsce odbiega od poziomu, jaki prezentują takie kraje jak Szwecja, Kanada, Holandia, Wielka Brytania czy Niemcy, w których wskaźniki bezpieczeństwa drogowego są znacznie lepsze niż w Polsce. Różnice widać nie tylko w przypadku samochodów osobowych, ale w szczególności w przypadku taksówek oraz samochodów ciężarowych. I tak, mimo iż w przypadku samochodów osobowych poziom stosowania pasów bezpieczeństwa w Polsce niewiele odbiega od poziomu w Stanach Zjednoczonych, to jednak w przypadku samochodów ciężarowych, pasy bezpieczeństwa Polacy zapinają dwa razy rzadziej niż Amerykanie i niemal trzy razy rzadziej niż Kanadyjczycy. W zależności od wieku młodzież w Polsce dużo rzadziej zapina pasy niż młodzież w innych krajach.

Z analizy wyników badań efektywności stosowania pasów bezpieczeństwa wynika, że jest jeden z najtańszych i najbardziej efektywnych środków zmniejszenia liczby ofiar w ruchu drogowym.

Biorąc powyższe pod uwagę zaleca się kontynuację i rozwój systemu pomiarów na dalsze lata. Metodyka pomiarów innych państw Europy i na świecie oraz uzyskane wyniki wskazują na potrzebę rozwinięcia polskiego systemu monitorowania stosowania pasów.

Proponuje się:

1. Kontynuowanie i rozwijanie badań stosowania pasów bezpieczeństwa
2. Zalecanie podobnych badań w województwach
3. Rozpoczęcie badań innych niebezpiecznych zachowań.

Należy zalecić podobne programy monitorowania stosowania pasów bezpieczeństwa na obszarze wszystkich województw z możliwością objęcia badaniami poszczególnych powiatów. Zalecenia te powinny obejmować:

1. Prowadzenie systematycznych corocznych badań w okresie wiosennym (maj lub czerwiec).
2. Realizację badań we wszystkich powiatach; z badań prowadzonych w województwie pomorskim wynika, że w miastach powiatowych pasy bezpieczeństwa są o 30 – 70% rzadziej stosowane niż w miastach wojewódzkich.
3. Badania stosowania pasów bezpieczeństwa na wszystkich rodzajach dróg.

Należy także podjąć badania innych niebezpiecznych zachowań kierowców i innych uczestników ruchu: np. nie udzielających pierwszeństwa pieszym na przejściu dla pieszych, rozmawiających przez telefon komórkowy w czasie jazdy, wjeżdżających na skrzyżowanie w czasie trwania sygnału czerwonego, nie zatrzymujących się przy znaku STOP, nie używających kierunkowskazów itp.

Na bazie tych doświadczeń można opracować program działań (kampanie, wzmożony nadzór itp.) uczestników celu zwiększania liczby uczestników ruchu stosujących pasy bezpieczeństwa.

Streszczenie

W referacie opisano założenia budowy systemu monitoringu ruchu obejmującego głównie zachowania kierujących w zakresie wyboru prędkości jazdy oraz stosowania pasów bezpieczeństwa ruchu przez kierujących i pasażerów pojazdów. Poza ogólnymi założeniami podano uwarunkowania wyboru sprzętu pomiarowego oraz organizacji przetwarzania danych. Opisany system został wdrożony i wykonywane są cykliczne badania ruchu. Wybrane wyniki tych badań opisano w referacie. Podano także zalecenia do dalszego rozwoju systemu i określenia szczegółowego programu badań.

Literatura:

1. Gaca S., Jamroz K, Ząbczyk K. i inni: „Analiza wybranych aspektów zachowania użytkowników dróg”. Raport Końcowy. Konsorcjum: SIGNALCO Kraków – TRAFIK Gdańsk – HB Verkehrsconsult Aachen. Kraków – Gdańsk 2003.
2. Krajowa Rada BRD - www.krbrd.gov.pl