

Tablice Zmiennej Treści jako innowacyjny element infrastruktury drogowej - próba ewaluacji kosztów wdrożenia.

Dawid Brudny

APM Konior Piwowarczyk Konior Sp. z o.o.,
Barska 70, 43-300 Bielsko-Biała,
dawid.brudny@apm.pl

Wprowadzenie

Tablice o zmiennej treści są innowacyjnym elementem infrastruktury drogowej. Tablice mają za zadanie ostrzegać podróżujących o zdarzeniach drogowych, takich jak: korki, wypadki, roboty drogowe oraz informować o dopuszczalnej prędkości w określonych warunkach. W obszarach miejskich są również używane do wskazywania wolnych miejsc parkingowych oraz mogą pokazywać alternatywne trasy przejazdu danego odcinka drogi. Instalowanie tablic o zmiennej treści wpływa na obniżenie kosztów społecznych, między innymi poprzez optymalizację tras przejazdów, co powoduje mniejsze koszty eksploatacyjne pojazdów.

Celem pracy jest zaprezentowanie na przykładach miejskich systemów zarządzania ruchem, kosztów związanych z implementacją tablic o zmiennej treści w stosunku do całości inwestycji w Inteligentne Systemy Transportowe.

1. Tablice o zmiennej treści – przepisy obowiązujące w Polsce

Dokumentem regulującym stosowanie tablic o zmiennej treści w Polsce jest Norma Europejska PN-EN 12966-1+A1 o polskiej nazwie „Pionowe znaki drogowe – Drogowe znaki informacyjne o zmiennej treści – Części 1: Norma wyrobu”¹. Norma ta została przyjęta przez Europejski Komitet Normalizacyjny CEN w dniu 15 marca 2005 r. z dnia 3 października 2009 r. Zgodnie z Przepisami wewnętrznymi CEN norma ta obowiązuje w krajach: Austria, Belgia, Bułgaria, Cypr, Dania, Estonia, Finlandia, Francja, Grecja, Hiszpania, Holandia, Irlandia, Islandia, Litwa, Luksemburg, Łotwa, Malta, Niemcy, Norwegia, Polska, Portugalia, Republika Czeska, Rumunia, Słowacja, Słowenia, Szwajcaria, Szwecja, Węgry, Włochy oraz Wielka Brytania. Norma określa

¹ Polski Komitet Normalizacyjny: Pionowe znaki drogowe, drogowe znaki informacyjne o zmiennej treści PN-EN 12966-1+A1, Warszawa 2013.

charakterystykę optyczną tablic o zmiennej treści. Oczekuje się, że tablice o zmiennej treści których zadaniem jest poprawa bezpieczeństwa ruchu na drodze będą funkcjonowały przez okres 10 lat. Norma wskazuje parametry, które należy przebadać na module testowym a następnie do obowiązku producenta należy zapewnienie, że ostateczny wyrób oferowany na rynku jest w pełni zgodny z przedłożonym do badania modulem. Charakterystyka optyczna zawiera informacje na temat barwy, luminancji świetlnej, szerokości wiązki, równomierności oraz widocznego migotania.

Istotnym opracowaniem wskazującym inwestorom zasady doboru oraz rozmieszczenia tablic o zmiennej treści jest dokument pt; „Warunki techniczne Znaki Drogowe o Zmiennej Treści ZTT – 2011”². Opracowanie to rozróżnia trzy podstawowe rodzaje znaków o zmiennej treści:

- znaki zmiennej treści w formie piktogramu,
- tablice tekstowe o zmiennej treści,
- zintegrowane tablice o zmiennej treści.

Inwestycje uwzględniające zastosowanie tablic o zmiennej treści wymagają od inwestora dużej wiedzy w tym zakresie. Głównym dokumentem regulującym takie rozwiązania jest już wcześniej przywołana norma PN-EN 12966-1+A1, do której stosowania Polska jest zobligowana. Stosowanie się podczas przygotowywania specyfikacji technicznych przetargów, zapisów normy oraz egzekwowanie wobec wykonawców tychże wytycznych powoduje poprawę jakości oraz funkcjonalności inwestycji w infrastrukturę drogową. Wymaganie przez inwestorów standardów ma wpływ na koszty związane z późniejszą eksploatacją znaków o zmiennej treści. Wysokiej klasy urządzenia spełniające wymagania normy cechują się niskimi kosztami ponoszonymi na ich utrzymanie w okresie eksploatacji.

W Polsce można wyróżnić trzy największe podmioty oferujące tablice o zmiennej treści są nimi APM, Trax oraz Telway. Firma APM dostarcza na rynek tablice o zmiennej treści produkowane przez firmę Swarco Futurit z Austrii. W swojej ofercie posiada tablice w formie piktogramu (predefiniowane), tablice dowolnie programowalne oraz kombinacje tych dwóch rodzajów, które spełniają wymagania normy PN-EN 12966-1+A1. Ważnym aspektem ekonomicznym jest żywotność tablic, którą firma APM oferuje na okres 10 lat. Parametr ten zapewnia inwestorowi komfort użytkowania w stosunkowo długim okresie. Zapewnienie tego parametru przez dostawcę urządzeń rodzi wymierne korzyści ekonomiczne dla inwestora. Firma Trax oferuje następujące rodzaje tablic: znaki drogowe, znaki graficzne lub tekstowe oraz znaki zespolone. Znaki drogowe jest to grupa

²L. Kornalewski, Z. Szczepaniak, A. Mitas: Warunki techniczne znaki drogowe o zmiennej treści ZTT – 2011, Warszawa 2011

znaków przeznaczona do wyświetlania znaków typu ostrzegawcze, zakazu oraz dowolnych symboli graficznych w zależności od modelu. Znaki graficzne lub tekstowe to grupa tablic przeznaczona do wyświetlania parametrów ruchu, ostrzeżeń lub parametrów pogodowych. Znaki zespolone to grupa tablic przeznaczona do wyświetlania parametrów ruchu oraz ostrzeżeń i parametrów pogodowych³. Firma Telway oferuje Znaki zmiennej treści wykonane w technologii diodowej LED, jako matryce monochromatyczne lub matryce RGB, pozwalają na wyświetlanie elementów graficznych (znaków drogowych) lub komunikatów tekstowych. Znaki zmiennej treści produkowane są na licencji firmy Microprocessador z Portugalii⁴.

2. Możliwości informacyjne tablic o zmiennej treści

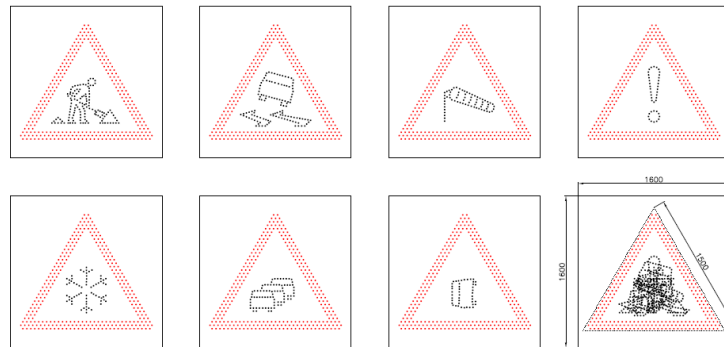
Piktogramowe tablice o zmiennej treści są to głównie znaki z grup ostrzegawczych, zakazu oraz nakazu. Tego typu znaki wykonuje się z uproszczoną kolorystyką tła i symboli. Mają one tło barwy czarnej, symbole wyświetlane są w kolorze białym lub żółtym a obramowanie jest przeważnie czerwone. W tej grupie znaków można stosować dodatkowo pomocniczą linię tekstową, która informuje o odległości w kilometrach do zaistniałego zdarzenia. Na przykład na znaku wyświetlany jest symbol A-33 a pod nim 3 km⁵. Taka konfiguracja informuje kierującego pojazdem o zatorze drogowym, który będzie za 3 kilometry. W ten sposób przekazana informacja pozwala podjąć kierowcy decyzję o ewentualnym wyborze trasy alternatywnej, o ile takowa istnieje. Znaki te mogą być wykonywane w dwóch technologiach: predefiniowanej, w której można wyświetlić określoną z góry zaprojektowaną liczbę symboli oraz dowolnie programowalnej, co umożliwi wyświetlanie nieograniczonej liczby znaków. Na rysunku 1 zaprezentowano przykład znaku piktogramowego predefiniowanego składającego się z siedmiu predefiniowanych symboli.

³ www.traxelektronik.pl

⁴ www.telway.pl

⁵ D. Brudny, S. Krawiec, Role and Significance of Variable Message Signs in Traffic Management Systems, w Activities of Transport Telematics, red. J. Mikulski, 2013, s. 208.

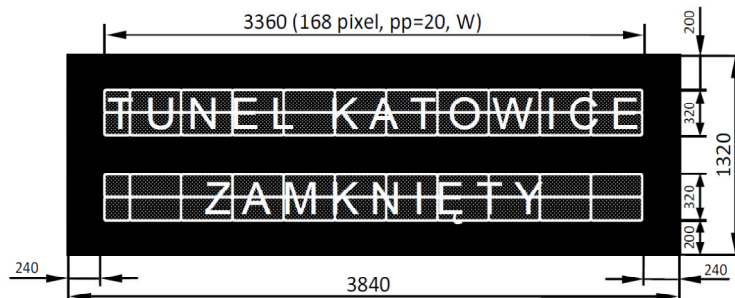
Tablice Zmiennej Treści jako innowacyjny element infrastruktury drogowej - próba ewaluacji kosztów wdrożenia. Dawid Brudny



Rys. 1 Przykład znaków piktoogramowych predefiniowanych.

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów APM.

Tablice tekstowe o zmiennej treści wykorzystywane są do wyświetlania komunikatów tekstowych. Przykład zaprezentowano na rysunku 2. Znaki tego typu wykonywane są głównie w technologii dowolnie programowalnej monochromatycznej. Podczas procesu projektowania należy pamiętać, że duże tablice tekstowe będą wymagały zastosowania większej konstrukcji wsporczej, co ostatecznie może prowadzić do zmniejszenia efektywności inwestycji mierzonej stosunkiem korzyści do kosztów. Tablice tekstowe powinny zawierać nie więcej niż trzy wiersze, bowiem taka ilość uzasadniona jest percepcją wzrokową kierującego pojazdem, a jednokrotne odczytanie 3-wierszowego komunikatu zajmuje około 2 sekund. Poruszanie się drogą szybkiego ruchu z prędkością 130 km/h oznacza, że kierowca skupiając uwagę na jednokrotnym odczytaniu komunikatu na znaku przejeżdża odcinek 72m nie kontrolując drogi wraz z jej otoczeniem.

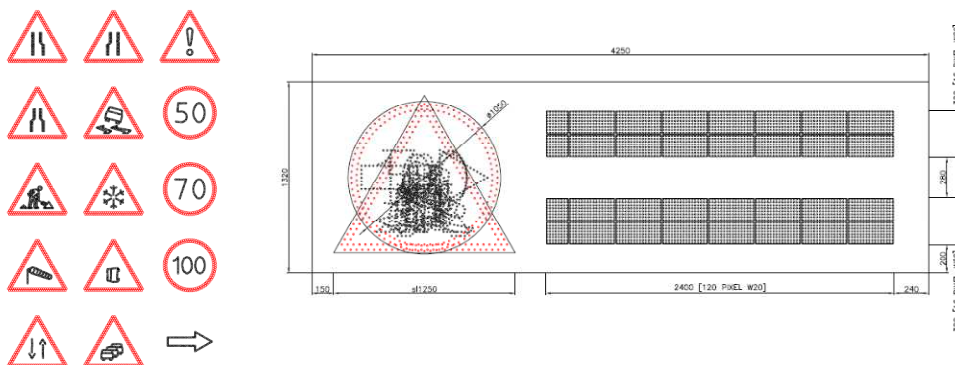


Rys. 2 Przykład tablic tekstowych o zmiennej treści..

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów APM.

Tablice Zmiennej Treści jako innowacyjny element infrastruktury drogowej - próba ewaluacji kosztów wdrożenia. Dawid Brudny

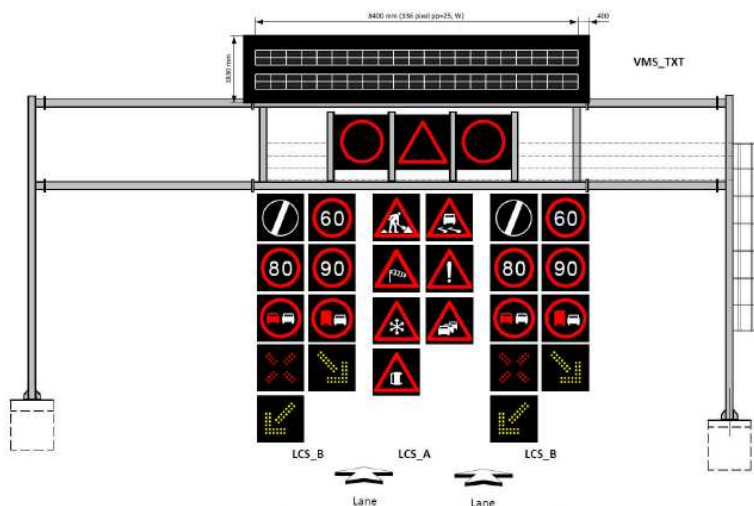
Zintegrowane tablice o zmiennej treści zaprezentowane na rysunku 3 są kompilacją dwóch wymienionych rodzajów tablic. Kluczową zasadą projektowania tego typu znaków jest umieszczenie z prawej jego strony pola dedykowanego do wyświetlania znaków drogowych natomiast z lewej strony pól służących wyświetlaniu komunikatów tekstowych.



Rys. 3 Przykład zintegrowanych tablic o zmiennej treści.

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów APM.

W praktyce na drogach ekspresowych stosuje się połączenie znaków predefiniowanych dedykowanych dla pasa ruchu z dowolnie programowalnymi liniami tekstowymi. Na rysunku 4 zaprezentowano przykład takiego połączenia na drodze ekspresowej S17.



Rys. 4 Przykład połączenia znaków predefiniowanych oraz linii dowolnie programowanych.

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów APM.

Przy projektowaniu rozmieszczenia oraz funkcjonalności tablic o zmiennej treści należy zwrócić szczególną uwagę, aby działania te były efektywne, ponieważ zastosowanie oznakowania o zmiennej treści cechuje się w dużej mierze indywidualnością. Do realizacji zadań obejmujących zastosowanie znaków niezbędne są trzy etapy, to jest planowanie, projektowanie, implementacja, z których pierwszym i zarazem najważniejszym jest planowanie. Polega on głównie na takich działaniach jak analiza istniejącej infrastruktury drogowej, identyfikacja problemów komunikacyjnych, weryfikacja oczekiwań użytkowników systemów komunikacyjnych, przeprowadzenie bądź aktualizacja badań ruchu oraz analiza możliwości rozbudowy sieci dróg. Ostatnim elementem tego etapu powinno być przeprowadzenie analizy realnych ekonomicznych korzyści z implementacji znaków. Na podstawie takich danych można przystąpić do procesu projektowania a następnie wdrożenia.

3. Aspekty ekonomiczne przekształcania infrastruktury drogowej w sieć inteligentną.

Polska jest dopiero na początku przekształcania infrastruktury drogowej w sieć inteligentną. Jak wynika z prognoz w nadchodzących latach sporo miast będzie inwestowało w systemy zarządzania ruchem⁶, sprzyja temu budżet UE na lata 2014-2020, w którym duża część środków będzie przeznaczona na innowacyjne technologie służące poprawie bezpieczeństwa ruchu. Do tej pory 12 większych miast w Polsce wdrożyło lub jest w trakcie realizacji zadań związanych z Inteligentnym Systemem Zarządzania Ruchem. Dotychczasowe koszty poniesione na inwestycję związane z Inteligentnymi Systemami wyniosły około 535 mln złotych. W tabeli 1 zaprezentowano dane dotyczące wartości inwestycji w inteligentne system transportowe oraz wartość tablic o zmiennej treści jako element składowy tych systemów.

⁶ A. Adamski: Inteligentne Systemy Transportowe: sterowania, nadzór i zarządzanie, Kraków 2003 r.

Tablice Zmiennej Treści jako innowacyjny element infrastruktury drogowej - próba ewaluacji kosztów wdrożenia. Dawid Brudny

Miasto	Wartość netto zadania [mln zł]	Wartość netto [mln zł] tablic o zmiennej treści	Procentowy udział wartości tablic o zmiennej treści do wartości inwestycji w ITS-y ogółem
Gdańsk, Gdynia, Sopot	108,78	6,00	5,52%
Bydgoszcz	53,98	7,20	13,34%
Gliwice	23,63	1,70	7,19%
Kalisz	16,00	0,50	3,13%
Koszalin	7,87	2,00	25,41%
Poznań	67,41	4,80	7,12%
Rzeszów	71,05	3,00	4,22%
Wrocław	89,43	4,00	4,47%
Szczecin	44,07	5,00	11,35%
Lublin	19,50	1,55	7,95%
Białystok	21,58	1,55	7,18%
Legnica	12,50	1,30	10,40%

Tabela 1. Wartość inwestycji w Inteligentne Systemy Transportowe.

Źródło. opracowanie własne.

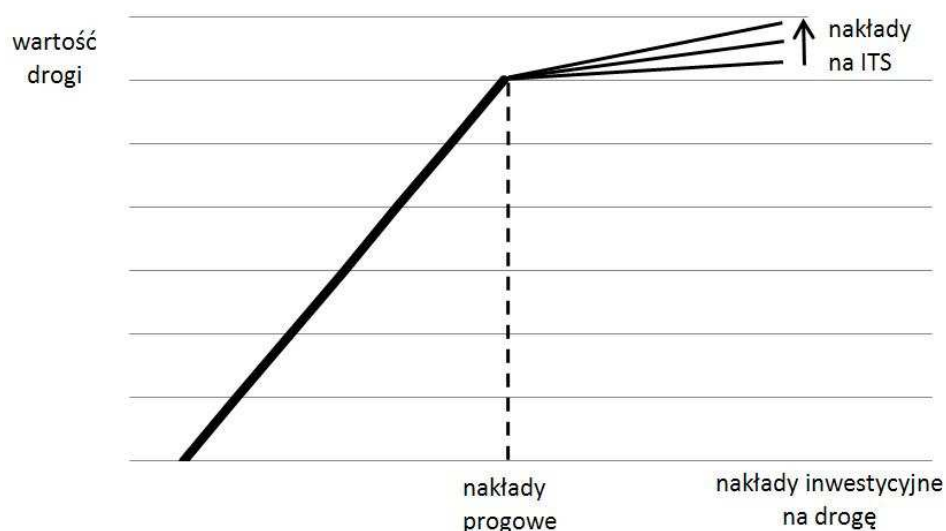
Z danych zaprezentowanych w tabeli 1 wynika, iż koszty zakupu, projektowania, instalacji oraz uruchomienia tablic o zmiennej treści we wszystkich miejskich systemach zarządzania ruchem wyniosą około 42 mln złotych co stanowi zaledwie 7,2% wartości całości inwestycji w Inteligentne Systemy Transportowe. Największy udział procentowy tablic o zmiennej treści w stosunku do całości inwestycji zostanie poniesiony w Koszalinie najmniejszy natomiast w Kaliszu. W przypadku wartości tablic o zmiennej treści najwięcej środków zamierza przeznaczyć Bydgoszcz na ten cel, natomiast najmniejszą kwotę Kalisz. Na podstawie takich danych można stwierdzić, iż kwoty przeznaczone przez inwestorów miejskich na tablice o zmiennej treści są mało znaczące w stosunku do całości inwestycji. Takie podejście może nie być do końca właściwe ze względu na to, że właśnie ten element całej infrastruktury jest jednym z najbardziej użytecznych dla kierowców. Tablice są interfejsem zintegrowanych systemów zarządzania ruchem i to właśnie one dostarczają informacji użytkownikom drogi na podstawie których mogą oni podejmować decyzje.

W przypadku instalacji tablic o zmiennej treści na drogach ekspresowych oraz autostradach sytuacja wygląda nieco inaczej. Koszty ponoszone na budowę infrastruktury drogowej są niewspółmiernie wysokie do instalowanych na tych drogach inteligentnych systemów. Na przykładzie przetargu na budowę drogi krajowej nr 17 na odcinku Lublin

Tablice Zmiennej Treści jako innowacyjny element infrastruktury drogowej - próba ewaluacji kosztów wdrożenia. Dawid Brudny

od węzła Witosa do miejscowości Piaski⁷ o długości 13,7 km inwestor podpisał umowę o wartości 399 mln złotych. Koszty zakupu tablic o zmiennej treści na tym zadaniu wyniosły 1,3 mln złotych co stanowi 0,3% wartości inwestycji.

Na rysunkach 5 i 6 przedstawiono próbę analizy jakościowej powyższych zagadnień.



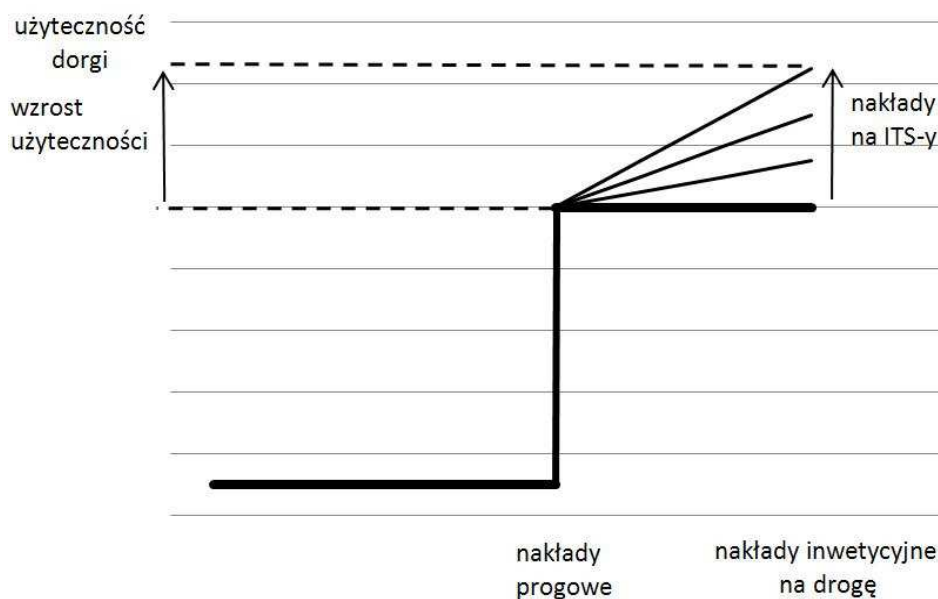
Rys. 5 Stosunek nakładów inwestycyjnych do wartości drogi.

Źródło: opracowanie własne

Z rysunku 5 wynika, iż inwestor ponosi koszty budowy drogi do punktu nazwanego nakładami progowymi, które są konieczne ze względu na możliwość oddania drogi do użytku. W tym czasie proporcjonalnie do ponoszonych nakładów rośnie wartość inwestycji. W momencie poniesienia nakładów progowych, dalsze koszty ponoszone w związku z budową Inteligentnych Systemów Transportowych w niewielkim stopniu podwyższają wartość całej inwestycji ze względu na ich marginalny udział w stosunku do wartości całej inwestycji.

⁷ T. Sobczak, K. Ząbczyk: System zarządzania ruchem – projekt organizacji ruchu z wykorzystaniem oznakowania VMS, budowa drogi ekspresowej S17 odcinek Kurów – Lublin – Piaski.

Tablice Zmiennej Treści jako innowacyjny element infrastruktury drogowej - próba ewaluacji kosztów wdrożenia. Dawid Brudny



Rys. 6 Stosunek nakładów inwestycyjnych do użyteczności drogi.

Źródło: opracowanie własne.

Inna sytuacja zachodzi jeżeli rozpatrujemy użyteczność drogi w funkcji nakładów inwestycyjnych (rys. 6). Koszty ponoszone na budowę, aż do momentu oddania inwestycji w ogóle nie przekładają się na użyteczność. Proces ten może trwać nawet kilka lat, użyteczność pojawia się dopiero w momencie zakończenia inwestycji i przekazania jej do użytku, wtedy rośnie ona skokowo. Aby podnieść użyteczność konkretnego odcinka drogi można zainwestować w Inteligentne Systemy Transportowe, na wykresie możemy obserwować wzrost użyteczności w stosunku do zwiększających się nakładów na ITS-y. Nakłady na Inteligentne Systemy Transportowe mają niewielki wpływ na wartość drogi (rysunek 5), natomiast w znacznym stopniu zwiększają jej użyteczność (rys. 6).

4. Budowa odcinkowego systemu zarządzania ruchem na Drogowej Trasie Średnicowej na Śląsku - przykładową strukturą kosztów Inteligentnego Systemu Zarządzania Ruchem.

Drogowa Trasa Średnicowa (DTS) jest bardzo ważnym elementem układu komunikacyjnego aglomeracji śląskiej, gdzie dobowe natężenie ruchu przekracza 50 tys. pojazdów. Droga o przekroju po trzy pasy ruchu w każdym kierunku sprawia, że jest traktowana przez kierowców jak autostrada pomimo ograniczenia prędkości do 100 km/h. Małe odległości między węzłami oraz istniejące zjazdy do centrów handlowych sprawiają, że częste manewry włączania i wyłączania generują wiele niebezpiecznych

Tablice Zmiennej Treści jako innowacyjny element infrastruktury drogowej - próba ewaluacji kosztów wdrożenia. Dawid Brudny

sytuacji i skutkują zwiększoną liczbą wypadków. Każde zdarzenie drogowe takie jak zamknięcie tunelu, roboty drogowe czy wypadek powoduje, że w krótkim czasie tworzą się kilkukilometrowe zatory drogowe nie tylko na DTS, ale także w obszarze kilku kilometrów od niej. Zmieniające się warunki atmosferyczne skutkują również zwiększeniem liczby kolizji i wypadków. To wszystko spowodowało konieczność zaprojektowania oraz wybudowania Inteligentnego Systemu Zarządzania Ruchem. W maju 2013 roku został ogłoszony przetarg na wykonanie systemu, który uzyskał 85% dofinansowania z funduszy Unii Europejskiej, który składał się z:

- systemu transmisji danych opartego na światłowodowej sieci LAN,
- systemu zbierania, analiz i archiwizowania danych o warunkach pogodowych wraz z ich prezentacją na tablicach o zmiennej treści,
- systemu zbierania i archiwizowania danych dotyczących ruchu,
- systemu identyfikacji pojazdów i odcinkowego pomiaru prędkości,
- systemu zarządzania ruchem poprzez już istniejącą tablicę zmiennej treści i projektowane kolejne takie tablice,
- systemu zarządzania obrazem z kamer podglądowych,

Cały system został zrealizowany w listopadzie 2013 roku za kwotę 1,37 mln złotych brutto. W poniższej tabeli przedstawiono rozkład kosztów na poszczególne elementy systemu zarządzania ruchem w Chorzowie.

Rodzaj prac	Wartość
Wykonanie sieci światłowodowej	381 300,00 zł
Wykonanie przyłączy zasilających do urządzeń	215 250,00 zł
Dostawa i instalacja 4 sztuk kamer obrotowych do monitoringu oraz czterech szt. kamer rozpoznających tablice rejestracyjne	159 900,00 zł
Dostawa i instalacja czujników osłony meteorologicznej	38 130,00 zł
Dostawa i instalacja 3 sztuk tablic o zmiennej treści	177 120,00 zł
Dostawa i montaż konstrukcji wsporczych pod tablice o zmiennej treści oraz kamery	307 500,00 zł
Dostawa i instalacja stacji roboczych wraz z oprogramowaniem dla operatora systemu	73 800,00 zł
Przygotowanie dokumentacji	24 600,00 zł
Suma	1 377 600,00 zł

Tabela 2. Struktura kosztów inwestycji w system zarządzania ruchem na DTS.

Źródło: Opracowanie własne.

Z danych przedstawionych w tabeli 2 wynika, iż wartość tablic o zmiennej treści na tym zadaniu to prawie 13% całej inwestycji w ITS co jest dość dużą wartością w stosunku do wcześniej prezentowanych danych. Największy udział kosztów w całości inwestycji mają prace związane z budową sieci światłowodowej.

Nakłady jakie należy ponieść na inwestycję w systemy zarządzania ruchem w stosunku do użyteczności wynikającej z implementacji tych systemów są niewspółmiernie niskie. Na przykładzie analizowanego przetargu w Chorzowie można przyjąć, że koszt budowy systemu na jednego mieszkańca wyniósł średnio 18 złotych (przy założeniu 85% dofinansowania z unii europejskiej oraz liczbie ludności 112 tys.). Inwestycje w tablice o zmiennej treści są ważnym elementem poprawy bezpieczeństwa na drodze a jak wynika z przedstawionych w artykule danych są one znikome w stosunku do całych inwestycji związanych z przebudowami dróg oraz budowami ITS-ów. W związku z nową perspektywą budżetową Unii Europejskiej Polska stoi przed ogromną szansą na poprawę statystyk wypadkowości, które obecnie są jednymi z najgorszych w Europie.

Zakończenie

W artykule przedstawiono próbę ewaluacji kosztów wdrożenia tablic o zmiennej treści, traktowanych jako elementy Inteligentnych Systemów Transportowych. Z przeprowadzonej analizy wynika, że tablice takie stanowią od 3 do 13% wartości inwestycji związanej z przetworzeniem systemu transportowego w Inteligentny System Transportowy a w stosunku do wartości inwestycji budowlanych są to kwoty znikome. Niemniej jednak mogą one mieć bardzo istotny wpływ na bezpieczeństwo ruchu.

Bibliografia

1. Adamski A.: Inteligentne Systemy Transportowe: sterowania, nadzór i zarządzanie, Kraków 2003.
2. Brudny D., Krawiec S., Role and Significance of Variable Message Signs in Traffic Management Systems, w Activities of Transport Telematics, red. J. Mikulski, 2013, s. 208.
3. Gaca S., Suchorzewski W., Tracz M.: Inżynieria Ruchu Drogowego: teoria i praktyka, Warszawa 2008.
4. Jamroz K., Krystek R., Kustra W.: Koncepcja zintegrowanego systemu zarządzania ruchem na obszarze Gdańska, Gdyni i Sopotu, Gdańsk 2007.

Tablice Zmiennej Treści jako innowacyjny element infrastruktury drogowej - próba ewaluacji kosztów wdrożenia. Dawid Brudny

5. Kornalewski L., Szczepaniak Z., Mitas A.: Warunki techniczne znaki drogowe o zmiennej treści ZZT – 2011, Warszawa 2011
6. Polski Komitet Normalizacyjny: Pionowe znaki drogowe, drogowe znaki informacyjne o zmiennej treści PN-EN 12966-1+A1, Warszawa 2013.
7. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2003: Załącznik 1 Szczegółowe warunki techniczne dla znaków drogowych pionowych i warunki ich umieszczania.
8. Sobczak T., Ząbczyk K.: System zarządzania ruchem – projekt organizacji ruchu z wykorzystaniem oznakowania VMS, budowa drogi ekspresowej S17 odcinek Kurów – Lublin – Piaski.