

**Weronika Kukła**

weronikakukla@o2.pl

Akademia Sztuki Wojennej, Wydział Zarządzania i Dowodzenia

## **INFRASTRUKTURALNE INNOWACJE DROGOWE JAKO ELEMENT POPRAWY BEZPIECZEŃSTWA RUCHU DROGOWEGO W POLSCE**

Transport drogowy, dzięki wielu zaletom, stał się powszechnie wykorzystywaną gałęzią transportu. Niestety, charakteryzuje się on także wysokim współczynnikiem wypadków, których konsekwencjami są ofiary śmiertelne, a także ranni oraz straty społeczne, moralne i materialne. Dążenie do poprawy bezpieczeństwa w ruchu drogowym od lat jest priorytetem krajowej i unijnej polityki transportowej, a podejmowane działania mają charakter wielowymiarowy. Warto zauważyć, że jednym z czynników wpływających na bezpieczeństwo w ruchu drogowym jest infrastruktura transportowa. Jej rozbudowa i modernizacja mogą w znaczący sposób ograniczyć negatywne skutki rozwoju motoryzacji. Szczególne znaczenie mają także wdrażane innowacje, zapobiegające popełnianiu błędów przez uczestników ruchu drogowego.

Słowa kluczowe: infrastruktura, transport drogowy, bezpieczeństwo, ruch drogowy, Polska, innowacje.

## ***ROAD INFRASTRUCTURE INNOVATION AS AN ELEMENT FOR IMPROVEMENT OF ROAD SAFETY IN POLAND***

*Road transport has become a commonly used transportation sector, thanks to its many advantages. Unfortunately, it is also characterized by a high accident rate, with the consequences of fatalities and injuries, as well as social, moral and material losses. Aspiration to improve road safety has been a priority for national and EU transport policy for years. What is more, the actions which have been taken are multidimensional. It is worth to note that one of the factors affecting traffic safety is transport infrastructure. Its expansion and modernization could significantly reduce the negative effects of automotive development. Particular importance has got implemented innovations, which aim is to avoid mistakes by road users.*

*Key words: infrastructure, road transport, safety, road traffic, Poland, innovations.*

## Wstęp

Intensyfikacja kontaktów gospodarczych, społecznych i kulturalnych w skali globalnej stała się przyczyną wielu przemian cywilizacyjnych. Rosnące zapotrzebowanie na sprawne i bezpieczne przemieszczanie się doprowadziło do rozwoju transportu, zarówno w kwestiach technologicznych, jak i organizacyjnych. Niestety, spowodował on także szereg negatywnych konsekwencji, m.in. dla bezpieczeństwa w realizowanych przewozach osób i ładunków.

Transport drogowy ze względu na powszechne występowanie, względnie łatwy dostęp i szerokie zastosowanie uznawany jest za najpopularniejszą gałąź transportu, równocześnie jednak charakteryzuje się wysokim współczynnikiem wypadków. Dążenie do poprawy stanu bezpieczeństwa ruchu drogowego od lat stanowi priorytet krajowej i unijnej polityki transportowej, a podejmowane działania mają charakter wielowymiarowy.

Celem prowadzonych rozważań jest wskazanie zasadności wprowadzania infrastrukturalnych innowacji drogowych jako elementu kształtującego bezpieczeństwo ruchu drogowego w Polsce. Nowoczesne technologie i zmiany organizacyjne mogą w znaczący sposób zmniejszyć liczbę wypadków drogowych, a co za tym idzie - także ofiar śmiertelnych i rannych.

## Znaczenie infrastruktury transportowej w kształtowaniu bezpieczeństwa ruchu drogowego

Transport drogowy osób i ładunków odgrywa we współczesnym świecie szczególną rolę - m.in. umożliwia on sprawne i efektywne funkcjonowanie gospodarki w wymiarze globalnym. *Ciągły wzrost poziomu technologicznego i produkcji, a tym samym wymiany handlowej - to ewidentny wzrost zapotrzebowania na transport* [39]. Równocześnie, Według Światowej Organizacji Zdrowia w 2015 roku zdarzenia na drogach znalazły się na 10 miejscu wśród najczęstszych przyczyn zgonów na świecie. Liczba ofiar wypadków drogowych wyniosła wówczas ponad 1,3 miliona osób [41]. Dane te ukazują skalę problemu i uwydatniają wyzwanie, jakim jest zapewnienie bezpieczeństwa użytkownikom dróg. Sprostanie temu wyzwaniu wymaga właściwej interpretacji pojęcia bezpieczeństwa ruchu drogowego, zdiagnozowania przyczyn występowania zagrożeń w ruchu drogowym, a przede wszystkim - poszukiwania i wdrażania rozwiązań poprawiających stan brd.

Jedną z definicji traktuje, że **bezpieczeństwa ruchu drogowego (brd)** jest to *taki stan faktyczny, który umożliwia uczestnikom ruchu normalne współuczestniczenie w nim bez narażania życia, zdrowia i mienia indywidualnych jednostek, niezależnie od tego, jaka byłaby przyczyna tego naruszenia* [31]. Brd to nie tylko *zdolność systemu człowiek – pojazd – droga do bezkolizyjnego funkcjonowania [...]*, to także *odrębna gałąź wiedzy obejmująca organizację i nadzór ruchu drogowego, kształcenie i egzaminowanie kandydatów na kierowców, psychologię transportu, stan techniczny pojazdów oraz dróg, ratownictwo medyczne, jak również propagowanie właściwych zachowań u uczestników ruchu drogowego* [40]. Zaistniałe niebezpieczeństwo na drodze może doprowadzić do zdarzeń drogowych, takich jak np. wypadek czy kolizja, a w skrajnych przypadkach - także do katastrofy. Poza ofiarami śmiertelnymi i rannymi, wskazane zdarzenia powodują także straty społeczne, moralne i materialne oraz ogromne koszty, związane m.in. z działaniami policyjnymi oraz służb

ratowniczych, hospitalizacją, postępowaniem karnym, rekompensatami, usługami pogrzebowymi itp. [23]. W Polsce w 2015 roku koszty te wyniosły blisko 33 565 675 184 zł i stanowiły aż 3% PKB [13].

Zgodnie z zapisami Białej Księgi [transportu], w krajach Unii Europejskiej w okresie od 2010 r. do 2020 r. liczba ofiar śmiertelnych powinna zmniejszyć się o połowę [1], tzn. z blisko 31 500 osób do około 15 750 osób [10]. Zestawiając przedstawiony cel z aktualnym stanem brd w UE należy wysnuć pewne wątpliwości, co do możliwości jego osiągnięcia we wskazanym zakresie czasowym. Otóż w 2016 r. na drogach Unii Europejskiej śmierć poniosło 25 500 osób, a 135 000 zostało ciężko rannych [36] - oznacza to, że w ciągu ostatnich sześciu lat liczba zabitych w krajach UE zmniejszyła się o 6 000 osób. Nie trudno zatem zauważyć, że w ciągu trzech najbliższych lat (2017-2020) zredukowanie liczby ofiar o około 9 750 osób prawdopodobnie nie jest możliwe do osiągnięcia. Dane te doskonale pokazują, jak wiele działań na rzecz BRD należy jeszcze wdrożyć lub udoskonalić, aby w 2020 roku chociażby przybliżyć się do zakładanych efektów. Ponadto, zgodnie z wytycznymi Białej Księgi, w 2050 roku państwa UE powinny uzyskać niemal zerową liczbę ofiar śmiertelnych będących wynikiem wypadków drogowych [1]. Mając na uwadze ogromną dynamikę zmian zachodzących we współczesnym świecie (spowodowaną głównie rozwojem technologicznym), założenia te, według Autorki, mogą stać się faktem. Prawdopodobnie liczba wypadków nigdy nie zostanie zredukowana do zera, ale w ciągu trzydziestu najbliższych lat może się wyraźnie zmniejszyć. Być może wypadki drogowe w 2050 roku będą miały charakter incydentalny i nie będą już stanowić elementu codzienności.

Polska, dążąc do realizacji powyższych celów, w 2013 roku *przyjęła Narodowy Program Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego 2013-2020. Struktura programu opiera się na pięciu filarach: bezpieczne zachowania uczestników ruchu; bezpieczna infrastruktura drogowa; bezpieczna prędkość; bezpieczne pojazdy; system ratownictwa i pomocy medycznej* [40]. Ponadto, zakłada on m.in. zmniejszenie liczby ofiar śmiertelnych do 2000 osób oraz ciężko rannych do 6900 osób w 2020 roku [35]. Najnowsze dane statystyczne wskazują, że na polskich drogach w 2016 roku zginęło 3 026 osób, a ciężko rannych zostało 12 109 osób. Dlatego aby osiągnąć zakładany cel, m.in. liczba zabitych w wypadkach drogowych w Polsce od 2017 roku do 2020 roku powinna zostać zredukowana o ponad tysiąc osób. W tym miejscu warto przytoczyć dane z lat 2008-2010, kiedy to liczba ofiar śmiertelnych na polskich drogach spadła z 5437 osób (dane na koniec 2008 r.) do 3907 osób (dane na koniec 2010 r.), czyli aż o 1530 osób w ciągu trzech kolejnych lat. Mimo tego, nie można jednoznacznie stwierdzić, że wskazany w *Narodowym Programie Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego 2013-2020* cel zostanie osiągnięty, ponieważ w ostatnich latach poprawa bezpieczeństwa na drogach nie charakteryzuje się już tak dużą dynamiką jak w przytoczonym okresie. Co więcej, w roku 2016 zaobserwowano pogorszenie stanu bezpieczeństwa ruchu drogowego w Polsce w porównaniu z rokiem ubiegłym.

W 2016 r. w Polsce doszło do 406 622 kolizji drogowych, przy czym w 2015 r. odnotowano takich przypadków mniej - wówczas było to 362 265 kolizji. Liczba wypadków drogowych w 2016 r. wyniosła 33 664 i również była wyższa w porównaniu z rokiem ubiegłym (32 967 wypadków w 2015 r.). W 2016 roku zginęło w Polsce o 88 osób więcej niż w 2015 r., a rannych zostało 40 766 osób (o 988 więcej niż w roku ubiegłym). Należy jednak zauważyć i wyraźnie podkreślić, że odnosząc się do danych z 2014 roku, aktualnie wzrosła tylko liczba ciężko rannych, a liczba wypadków i ich ofiar

śmiertelnych zmniejszyła się [36]. *Ponieważ statystyki dotyczące wypadków drogowych należy analizować w dłuższej perspektywie czasowej, to porównanie danych z roku 2016 z danymi za rok 2014 może świadczyć, że długookresowy trend spadkowy trwający od 2011 r. nie został odwrócony, a rok 2015 charakteryzował się wyjątkowo korzystnymi wskaźnikami w zakresie liczby wypadków drogowych i ich ofiar śmiertelnych* [36]. Niemniej jednak, poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego w Polsce zdecydowanie odbiega od unijnych średnich. Przykładowo, współczynnik ofiar śmiertelnych wypadków drogowych w Polsce w 2016 roku wynosił 7,9 osób na 100 000 mieszkańców, przy czym średnio w UE jest to 5 osób na 100 000 mieszkańców [36]. W skali globalnej uznaje się jednak, że mimo pozytywnych trendów odnotowywanych w ostatnich latach w Europie, drogi *starego kontynentu* wciąż są najniebezpieczniejsze na świecie [4].

Warto podkreślić, że zagrożenia dla bezpieczeństwa w ruchu drogowym wynikają z wielu różnych przyczyn. *Źródłem niebezpieczeństwa może być tu działanie lub zaniechanie działania człowieka i grupy osób (zarówno użytkowników dróg, innych osób, jak i organu administracji) czy też działanie siły przyrody, środków technicznych itp.* [23]. Do niebezpiecznych zjawisk w Polsce w 2016 r. dochodziło w szczególności z powodu: niedostosowania prędkości pojazdu do panujących warunków (23%), nieustąpienia pierwszeństwa przejazdu (21%), nieprawidłowego zachowania wobec pieszego (14%), prowadzenia pojazdu pod wpływem alkoholu (7%) oraz nietrzeźwość u pieszych (3%) [35].

Za czynniki powodujące wypadki drogowe uznaje się także nieprawidłowości w infrastrukturze tej gałęzi transportu (zarówno w jej kształtowaniu, jak i zarządzaniu). Mogą one sprzyjać popełnianiu błędów przez użytkowników ruchu drogowego, choć zazwyczaj w raportach powypadkowych nie są one uznawane jako bezpośrednia przyczyna zdarzenia [29]. *Wpływ czynników drogowych na bezpieczeństwo ruchu podaje się jako powód zaledwie 2–4% zdarzeń. Jednocześnie szczegółowe badania przeprowadzone przez ekspertów z krajów europejskich prowadzą do wniosków, że niewłaściwa infrastruktura drogowa w sposób pośredni i bezpośredni przyczynia się do powstania aż ok. 30% wypadków* [37]. Zagrożenie stanowią mogą także obiekty zlokalizowane w okolicy dróg, które bardzo często nasilają skutki zdarzeń drogowych. W celu minimalizacji negatywnego wpływu infrastruktury transportu drogowego na bezpieczeństwo ruchu drogowego, należy wskazać te elementy, które stanowią mogą źródło zagrożeń.

**Infrastrukturę liniową transportu drogowego** tworzy sieć drogowa rozumiana jako *każdy wydzielony pas terenu, przeznaczony do ruchu lub postoju pojazdów oraz do ruchu pieszych, wraz z leżącymi w jego ciągu obiektami inżynierskimi, placami, zatokami pojazdowymi oraz znajdującymi się w wydzielonym pasie terenu chodnikami, ścieżkami rowerowymi, drogami zbiorczymi, drzewami, krzewami i urządzeniami technicznymi związanymi z prowadzeniem i zabezpieczeniem ruchu* [33]. Szczególne znaczenie dla brd mają drogi szybkiego ruchu, czyli autostrady i drogi ekspresowe, które cechują się najwyższym standardem technicznym [29]. Zgodnie z planem ich rozbudowy, docelowo w Polsce ma powstać około 2000 km autostrad i 5650 km dróg ekspresowych [32]. Ich dotychczasowy rozwój na przestrzeni lat obrazują dane z tabeli 1.

Długość dróg szybkiego ruchu [w km]w Polsce w latach 2010-2017

*Length of expressways [in km] in Poland in 2010-2017*

Lata	2010	2013	2015	Stan na wrzesień 2017 r.
Autostrady	857,4	1 481,8	1 394,1	1 627,3
Drogi ekspresowe	674,7	1 244,3	1 188,2	1 654,1

Źródło: opracowanie na podstawie: <http://stat.gov.pl> [7] oraz <https://www.gddkia.gov.pl/pl/926/autostrady> [18] [13.08.2017 r.].

Mając na uwadze bezpieczeństwo ruchu drogowego, w infrastrukturze liniowej, poza drogami, szczególne znaczenie mają także tzw. urządzenia dodatkowe. Wśród **urządzeń usprawniających ruch** wymienia się m.in. chodniki, ciągi pieszo-jezdne, ścieżki rowerowe, a także poziome oraz bezkolizyjne przejścia dla pieszych. Istotne są również poziome i pionowe znaki drogowe, sygnały świetlne i dźwiękowe, oświetlenie drogowe, poręcze, bariery ochronne, ogrodzenia i naturalne osłony, które wchodzą w skład **urządzeń przeznaczonych do organizacji i zabezpieczenia ruchu**. Przykładowo, poręcze powinny być stosowane w miejscach, gdzie występują różnice poziomów a pieszemu zagraża upadek z wysokości, natomiast ogrodzenia - tam, gdzie dozwolona prędkość jazdy przekracza 80 km/h lub w pobliżu przejść dla pieszych bądź szkół (przy problemie ograniczonej widoczności) [42].

Obok infrastruktury liniowej, występuje **infrastruktura punktowa**, na którą składają się obiekty służące stacjonarnej obsłudze pasażerów, ładunków i środków transportowych w tym: parkingi, przystanki, dworce, place, punkty przeładunkowe, stacje techniczne itp.[33]. Każdy z wymienionych elementów ma odmienne cechy użytkowe i służy do realizacji różnego rodzaju czynności, niemniej jednak powstałe obiekty również mogą mieć wpływ na poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego. Za przykład posłużyć mogą parkingi, umożliwiające bezpieczny postój samochodu i odpoczynek kierowcy lub też stacje technicznej obsługi pojazdów pozwalające na naprawę lub wymianę zepsutych części.

Mimo, iż nieprawidłowości i braki w infrastrukturze transportu drogowego nie są jedyną przyczyną wypadków drogowych w Polsce, warto dołożyć wszelkich starań, aby w przyszłości poszczególne jej elementy nie stanowiły zagrożenia dla życia i zdrowia użytkowników ruchu drogowego.

### **Innowacje poprawiające bezpieczeństwo ruchu drogowego**

Komisja Europejska, jak i władze krajowe wdrażają szereg przedsięwzięć mających na celu poprawę stanu bezpieczeństwa ruchu drogowego. Podjęte działania to m.in. zmiany legislacyjne, kampanie społeczne, szkolenie kierowców, nowoczesne pojazdy, edukacja o brd, a także **rozbudowa, modernizacja infrastruktury transportu drogowego wraz z wprowadzaniem innowacji**.

W *Narodowym Programie Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego 2013-2020*, w rozdziale 5. pt. *Bezpieczne drogi* wymieniono główne czynniki bezpieczeństwa, które należy uwzględnić na etapie planistycznym. Ponadto, ukazano mankamenty występujące w sieci drogowej, które stanowiąc mogą źródło zagrożeń dla bezpieczeństwa ruchu drogowego [29]. Część z nich, mimo upływu lat, nadal pozostaje aktualna, m.in.:

- wiele miast i miejscowości nie posiada obwodnic lub są one w trakcie budowy,
- w niektórych miejscach istnieją braki w urządzeniach dla niechronionych uczestników ruchu, np. dotyczące chodników czy tras rowerowych,
- odnotowuje się zbyt małą liczbę skrzyżowań z sygnalizacją świetlną, małych rond, progów zwalniających (uspokajających ruch) oraz dróg, które umożliwiają bezpieczne wyprzedzanie czy posiadają odpowiednie standardy techniczne,
- wiele obiektów występujących w otoczeniu dróg nie spełnia standardów technicznych - wciąż przy drogach występują drzewa, słupy itd.
- występuje niski stopień wdrożenia rozwiązań telematycznych dotyczących Inteligentnych Systemów Transportowych, takich jak: znaki zmiennej treści, systemy informacji drogowej, systemy sterowania ruchem itp.

Podjęmując działania zmierzające do wyeliminowania powyższych mankamentów, warto przyjrzeć się rozwiązaniom i koncepcjom stosowanym przez inne państwa Unii Europejskiej. Przykładowo Szwecja, w dążeniach do urzeczywistnienia tzw. *Wizji Zero*, założyła, że *system drogowy powinien być tworzony z myślą o omylnym i nieprzygotowanym kierowcy, którego głównym obowiązkiem jest przestrzeganie przepisów* [27]. Założenie to, początkowo abstrakcyjne, w połączeniu z danymi o stanie bezpieczeństwa w ruchu drogowym na terenie Szwecji, zaczyna się wydawać realnym do osiągnięcia. W tym kraju w 2016 roku liczba zabitych na drogach wyniosła 263 osoby [20]. To najlepszy wynik spośród krajów unijnych biorąc także pod uwagę przeliczenie na milion mieszkańców (27 osób/1 mln) [36]. Analizując informacje zawarte w publikacji *Bezpieczeństwo ruchu drogowego na podstawie doświadczeń wybranych krajów Europy: Estonii, Litwy i Niemiec* [2], można dostrzec rozwiązania, realne do wdrożenia także w Polsce. Wśród nich wymieniłem należy rozbudowę autostrad i dróg ekspresowych, jako najbezpieczniejszych ciągów komunikacyjnych. Kolejnym przykładem działań może być budowa tras rowerowych i dróg dla pieszych, na terenach częstego występowania wypadków z udziałem niechronionych uczestników ruchu. Istotnym przedsięwzięciem wydaje się również poszerzenie pasa drogowego, które można uzyskać poprzez wycinkę drzew. Posadzenie w ich miejsce krzewów, tworzących żywopłot, utworzy barierę zmniejszającą zagrożenia dla brd, pojawiające się m.in. podczas zamieci śnieżnych. Inne rozwiązanie dotyczy sygnalizacji świetlnej, a precyzując - modyfikacji sygnalizatora S-1. Gdyby sygnał zielony przed zmianą na żółty dwukrotnie pulsował, kierowca odpowiednio wcześniej dostałby informację o konieczności zatrzymania pojazdu [2]. Powyższe przykłady uznać można za *dobre praktyki*, których wdrożenie do polskiego systemu transportowego prawdopodobnie skutkowałoby poprawą brd, tak jak miało to miejsce w innych państwach. Jednakże, w dążeniach do eliminacji niekorzystnych zjawisk na drogach, szczególne znaczenie mają pojawiające się innowacje.

**Innowacje** utożsamiane są zazwyczaj z wdrożeniem nowych rozwiązań, które nie były wcześniej stosowane, w tym także wynalazków [30]. Słownik Języka Polskiego pojęcie to definiuje jako 1: *wprowadzenie nowości do użytku, działania; nowatorstwo*; 2: *rzecz nowo wprowadzona; nowość* [16]. Należy zaznaczyć również, że *współcześnie innowacje rozpatruje się bardzo szeroko (...). Idea wprowadzania nowych rozwiązań ukierunkowana na poprawę efektywności nie dotyczy wyłącznie sfery zarządzania, ale rozciąga się na wszystkie obszary funkcjonowania człowieka. Uwarunkowania procesów innowacyjnych mają naturę socjologiczną, psychologiczną, filozoficzną, historyczną, organizacyjną lub ekonomiczną* [22]. W literaturze wyróżnia się m.in. innowacje produktowe, procesowe, marketingowe i organizacyjne. Zazwyczaj są one

efektem badań prowadzonych przez przedsiębiorstwa lub ośrodki naukowe. *Kolejnym sposobem jest zakup wiedzy w postaci niematerialnej, np. patentów, licencji, know-how, oprogramowania, lub materialnej, np. nowoczesnych maszyn i innych urządzeń o wysokich parametrach produkcyjnych* [30].

Przykładem działań, zmierzających do wypracowania innowacyjnych rozwiązań w obszarze transportu drogowego jest przedsięwzięcie realizowane przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBR) i Generalną Dyрекcję Dróg Krajowych i Autostrad (GDDKiA) pt. *Rozwój Innowacji Drogowych*. Jego celem jest m.in. zrealizowanie projektów badawczych z zakresu poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego oraz efektywności systemu zarządzania ruchem. *Rozwiązania wypracowane w ramach projektów badawczych, wylanianych w ramach konkursów ogłaszanych przez NCBR i GDDKiA, zostaną wdrożone poprzez wprowadzenie jako wytyczne – instrukcje do stosowania przy budowie, przebudowie, rozbudowach, remontach oraz wzmocnieniach dróg zarządzanych przez Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad* [12]. Wśród realizowanych w 2016 r. tematów znalazły się m.in.:

1. *Oznakowanie eksperymentalne dróg w aspekcie zachowań uczestników ruchu* - celem było opracowanie zaleceń dotyczących oznakowania eksperymentalnego, które w przyszłości ma wpłynąć np. na usystematyzowanie oznakowania dróg.
2. *Wpływ reklam na poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego* - opracowanie miało odnosić się do reklam widocznych z drogi i uwzględnić miało metodykę oceny względem kryteriów technicznych, treściowych i lokalizacyjnych.
3. *Wpływ stosowania usług Inteligentnych Systemów Transportowych na poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego* - w realizacji projektu uwzględniono m.in. stworzenie wielokryterialnych metod oceny wpływu usług Inteligentnych Systemów Transportowych na brd [36].

Nawiązując do ostatniego z wymienionych wyżej projektów należy podkreślić, że to właśnie Inteligentne Systemy Transportowe zasadniczo ingerują w przyszłość infrastruktury transportu drogowego, zmieniając dotychczasowe postrzeganie innowacyjności w transporcie. „Inteligentne” drogi, parkingi, samochody czy znaki mają na celu zwiększenie komfortu i bezpieczeństwa podróżnych, zwiększenie efektywności wykorzystania infrastruktury transportowej, a także usprawnienie codziennych czynności związanych z przemieszczaniem się. Przykładowo dla poprawy bezpieczeństwa w ruchu drogowym stosowane są już m.in.: sterowanie ruchem przy użyciu sygnalizacji świetlnej, rejestracja wjazdów pojazdów na czerwonym świetle, przekazywanie informacji drogowych za pomocą tablic zmiennej treści (VMS - *Variable Message Signs*), działanie portali i aplikacji informujących kierowców o warunkach panujących na drodze, odbieranie informacji o pojazdach, które przekroczyły dopuszczalną masę całkowitą itp. [38]. *Brakuje jednak naukowych podstaw w zakresie oddziaływania poszczególnych urządzeń ITS na odbiorców, tj. uczestników ruchu drogowego, a także właściwego sposobu rozmieszczania tych urządzeń w ramach budowanej infrastruktury drogowej. Powoduje to pewną dowolność w zakresie doboru rozwiązań funkcjonalnych, organizacyjnych, sprzętowych i teleinformatycznych tych systemów (...). Brakuje w tym zakresie wytycznych i zaleceń na poziomie europejskim i krajowym* [24]. Niemniej jednak uznaje się, że przyszłość transportu drogowego tworzyć będą rozwiązania telematyczne, w tym także autonomiczne pojazdy wyposażone w szereg systemów zapewniających bezpieczeństwo i eliminujących błędy człowieka.

Wśród wartych uwagi innowacji, które dopiero są testowane lub wdrażane, należy wymienić te tworzące tzw. *inteligentną drogę*. Przykładowo, w Holandii na jednej z dróg, dla poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego, wprowadzono świecące pasy. Linie te oddzielają pasy ruchu i wyznaczają skraj drogi. Pozyskiwane w trakcie dnia światło, jest oddawane nocą i system ten nie wymaga użycia zewnętrznych źródeł światła [28]. Innego rodzaju nowatorskie rozwiązania, testowane w Holandii, dotyczą nawierzchni drogi. Kilkanaście tamtejszych dróg wyłożono specjalnym rodzajem asfaltu, powodującym *samonaprawianie* się jezdni. Jest to możliwe dzięki stalowym mikrowłóknom, wchodzącym w skład asfaltu, które umożliwiają samoistne łatanie drobnych pęknięć pod wpływem ciepła. Naukowcy zakładają, że użycie raz na cztery lata maszyn przemysłowych podgrzewających asfalt pozwoli na podwojenie żywotności nawierzchni. Rozwiązanie to może w znaczący sposób ograniczyć uciążliwe remonty dróg. Ponadto, stalowe mikrowłókna w asfalcie mają jeszcze jedną zaletę - umożliwiają wytwarzanie prądu, co z kolei pozwala np. na ładowanie akumulatorów pojazdów, które zatrzymały się na czerwonym świetle. Szacuje się jednak, że budowa takich dróg jest droższa od tradycyjnych o blisko 25%, ale wydłużenie żywotności nawierzchni spowoduje opłacalność inwestycji [34].

Inny pomysł na *inteligentne drogi* testowany jest w Wielkiej Brytanii. Zgodnie z założeniami, dzięki indukcyjnym ładowarkom umieszczonym pod powierzchnią jezdni możliwe będzie bezprzewodowe ładowanie pojazdów elektrycznych. Rozwiązanie to nie będzie wymagało zatrzymania pojazdu, ponieważ powstaną specjalne pasy wyposażone w induktory energii. Przeprowadzone testy pokazały, że taki sposób ładowania samochodów elektrycznych może być efektywny i bezpieczny [5]. W Wielkiej Brytanii sieć drogowa ma być ponadto wyposażona w Wi-Fi. Dzięki temu ostrzeżenia o zatorach lub wypadkach będą wysyłane do znajdujących się na danej trasie pojazdów [6]. Ponadto, zgodnie z brytyjskimi zamierzeniami, drogi przyszłości będą wyposażone także w specjalne urządzenia, które przy ujemnych temperaturach będą ogrzewać nawierzchnię jezdni. To z kolei zapobiegnie zamarzaniu dróg i wpłynie na poprawę bezpieczeństwa w opisanych warunkach pogodowych [11].

W Niemczech *inteligentne drogi* powstały m.in. w Hamburgu. Ich innowacyjność polega na oświetlaniu drogi jedynie w miejscach, gdzie aktualnie znajdują się samochody. System reaguje także na rowerzystów i pieszych. Natomiast tam, gdzie w danym momencie nikt nie przebywa - latarnie są zgaszone [17]. Rozwiązanie to działa dzięki czujnikom ciepła i pozwala na oszczędzanie energii elektrycznej przy jednoczesnym zapewnieniu bezpieczeństwa użytkownikom ruchu drogowego. Ponadto, w pobliżu jezdni zamontowano również inne czujniki oraz kamery, które umożliwiają monitorowanie ruchu. Dzięki możliwości liczenia pojazdów, kierowcy mogą być informowani o sytuacji dotyczącej natężenia ruchu na danej trasie. Co więcej, tego typu informacje wykorzystywane są do sterowania sygnalizacją świetlną, co pozwala uniknąć kongestii [26]. W przypadku wystąpienia wypadku drogowego, zarządcy dróg niemal natychmiast wiedzą o zdarzeniu i bezzwłocznie, do dokładnie wskazanego miejsca, może zostać wysłana karetka [34]. Kolejna innowacja wdrożona w Hamburgu dotyczy mostu Kattwykbrücke, który jest najdłuższym, automatycznie zarządzanym mostem w Niemczech. Dzięki odpowiednim czujnikom, most podnosi się, gdy zbliża się do niego statek [17]. Odbywa się to w przybliżeniu raz na dwie godziny, jednak moment dostosowany jest tak, aby ruch miejski został jak najmniej zaburzony [26]. Co więcej, specjalne sensory zamontowane w moście stale monitorują jego stan techniczny,

a informacje o wykrytych usterkach przesyłane są do zarządców, którzy kierują na miejsce ekipę remontową [34].

Wśród innowacji skłaniających kierowców do poruszania się po drogach z dozwoloną prędkością coraz częściej wymienia się odcinkowe pomiary prędkości. Użytkownicy pojazdów przez ostatnie lata nauczyli się unikania konsekwencji wynikających z działania tradycyjnych fotoradarów, nagle zwalniając przed urządzeniem, a tuż za nim - przyspieszając. Odcinkowy pomiar prędkości jest to system składający się z kamer i dwóch bramek kontrolnych, ustawionych na początku i na końcu pomiaru. Odległość między bramkami może wynosić nawet kilka kilometrów. System mierzy czas przejazdu i ustala średnią prędkość, z jaką poruszał się pojazd. W Polsce przekroczenie dozwolonej prędkości skutkuje wysłaniem zdjęcia z przejazdu do Inspekcji Transportu Drogowego, która nałoży na kierowcę mandat. Innowacyjność tego rozwiązania polega również na tym, że w przypadku złej widoczności kamery włączają tryb podczerwieni, co pozwala dokładnie rozpoznać auto. Co więcej, o odcinkowych pomiarach prędkości użytkowników dróg informują aplikacje na telefonie lub nawigacja. W Polsce planowana jest rozbudowa tego systemu, ponieważ w znacznym stopniu może ona wpłynąć na poprawę brd [15].

Przy wysokiej prędkości niebezpieczeństwo w ruchu drogowym stanowić mogą nawet urządzenia w założeniach stworzone dla poprawy bezpieczeństwa, np. słupy oświetleniowe. Bardzo często wykonywane były one z betonu lub metalu. Polska firma Alumast stworzyła alternatywę w postaci kompozytowego słupa oświetleniowego. Testy wykazały, że pojazd po uderzeniu w tego rodzaju słup po prostu po nim przejeżdża. Energia uderzenia praktycznie nie jest przenoszona na kierowcę i pasażerów, co zapobiega ich obrażeniom. Dodatkowo, kierowca może zachować lub odzyskać kontrolę nad pojazdem i bezpiecznie go wyhamować [3].

*Inteligentna droga* to także szereg nowatorskich rozwiązań dotyczących progów zwalniających, które poprawiają bezpieczeństwo w szczególności niechronionych uczestników ruchu drogowego. W przypadku zbyt szybkiego najechania na próg, może zostać uszkodzony pojazd, dlatego większość kierowców przywykło już do konieczności znacznego zredukowania prędkości, co może być uciążliwe i zaburzać płynność ruchu. Innowacyjnym pomysłem stało się więc połączenie ruchomego, automatycznego progu zwalniającego z radarem prędkości. Technologia pochodząca z Meksyku o nazwie *Tope Inteligente* polega na zamontowaniu w jezdni ruchomego progu zwalniającego, który wysuwa się jedynie wówczas, gdy pojazd porusza się ze zbyt dużą, niedozwoloną prędkością. Przy zastosowaniu się do obowiązujących ograniczeń prędkości, próg przylega do jezdni i praktycznie nie jest wyczuwalny dla użytkowników pojazdów [25]. Podobne produkty pojawiają się w Szwecji pod nazwą *Actibump*, z tą różnicą, że aktywny próg nie jest wypukły a wklęsły - jest to kilkucentymetrowa zapadnia, w którą wpadają przednie lub tylne koła pojazdu [9]. Swój pomysł na próg zwalniający miała także hiszpańska firma, która do jego wypełnienia zastosowała ciecz nienewtonowską. Gdy wjeżdża się na próg powoli, przejazd jest komfortowy. Jednakże zbyt duża prędkość przy wjeździe na próg powoduje duży nacisk, a w rezultacie ciecz ukazuje właściwości ciała stałego [25].

Poza *inteligentną drogą* dla bezpieczeństwa ruchu drogowego istotne są także **inteligentne przejścia**. Przykład stanowić mogą znaki aktywne, które są droższe od tradycyjnych, ale odgrywają znaczącą rolę w kształtowaniu brd. Początkowo ich zalety dostrzegły kraje zachodnie, jednakże w Polsce takie rozwiązania są wdrażane coraz częściej. *Znaki aktywne wykonuje się z zastosowaniem technologii diodowej LED, dzięki czemu pobierają one niewielką ilość energii. Jej źródłem może być sieć energetyczna, zasilanie solarne (panele słoneczne) lub hybrydowe wraz z generatorem wiatrowym. Diody*

umieszczone na tarczy oznakowania ostrzegają kierowców przed szczególnie ważnymi miejscami na drodze, takimi jak przejścia dla pieszych, luki na zakrętach czy przejazdy kolejowe [8]. Na inteligentne przejścia składają się także technologie działające w oparciu o czujniki ruchu oraz sygnał radiowy. Przykładowo, gdy do przejścia zbliża się pieszy, to czujniki wykrywają jego obecność, co powoduje automatyczne włączenie się znaków. Z technologią tą mogą być zsynchronizowane tzw. *kocie oczy*, czyli migające diody, wykonane z trwałych materiałów, które najczęściej montowane są na powierzchni jezdni, przy pasach dla pieszych [8]. Inną innowacyjną usługę, tzw. *Smart przejście*, zaproponowała Spółka Energa Oświetlenie. Wdrażany system składa się z lamp, na których umieszczone zostały urządzenia analizujące obraz wideo. Jego działanie opiera się na pobieraniu obrazu w odstępie 0,2 sekundy, po czym obrazy te są porównywane. W przypadku wykrycia zbliżającego się do przejścia pieszego, automatycznie zwiększane jest natężenie światła. Dzięki temu jest on lepiej widoczny dla kierujących w każdych warunkach pogodowych [19].

Na zagrożenia w ruchu drogowym szczególnie narażeni są także rowerzyści. Od lat rozwiązaniem poprawiającym ich bezpieczeństwo jest tworzenie **ścieżek rowerowych**. Innowacją wprowadzoną pod Lidzbarkiem Warmińskim przez polską firmę TPA jest samoistnie świecąca ścieżka rowerowa. Nie wymaga ona zewnętrznych źródeł zasilania i aby świecić wykorzystuje właściwości luminescencyjne substancji syntetycznych, które znajdują się w strukturze nawierzchni. Ścieżka jest ekologiczna i samowystarczalna oraz poprawia bezpieczeństwo jej użytkowników [14]. Inne rozwiązania wdrażane na ścieżkach rowerowych dotyczą wymiany najczęściej metalowych słupków blokujących, zamontowanych w osi ścieżki, na te z mas elastycznych [21].

Reasumując, rozbudowa i modernizacja infrastruktury transportu drogowego powinna być ściśle związana z wdrażaniem nowych, innowacyjnych rozwiązań. Dzięki nim możliwa będzie poprawa bezpieczeństwa w ruchu drogowym. Być może, cele zawarte w Białej Księdze, dotyczące ograniczenia liczby ofiar śmiertelnych w wypadkach drogowych do niemal zera w 2050 roku - uda się osiągnąć.

## Podsumowanie

Wypadki drogowe są aktualnie jedną z najpoważniejszych konsekwencji w rozwoju motoryzacji. Bardzo często nieprawidłowości lub braki w infrastrukturze transportu drogowego nie są uznawane za bezpośrednią przyczynę zdarzenia drogowego. Niemniej jednak niektóre elementy infrastrukturalne sprzyjają popełnianiu błędów przez uczestników ruchu drogowego. Dlatego też dla poprawy brd niezmiernie istotne jest wdrażanie nowych rozwiązań, które pozwalają tworzyć tzw. „inteligentne drogi”, „inteligentne przejścia dla pieszych”, „inteligentne pojazdy” itd. Innowacyjne rozwiązania pozwolą na redukcję nieprawidłowych zachowań kierowców oraz, w przypadku ich wystąpienia, zminimalizują ich negatywne skutki. Zakłada się, że w przyszłości człowiek jako kierowca coraz częściej będzie zastępowany przez pozbawione czynnika ludzkiego komputery, a w związku z tym również infrastruktura transportu drogowego będzie wyposażana w coraz większym stopniu w „inteligentne urządzenia”.

W niniejszym artykule wskazano jedynie wybrane przykłady innowacyjnych rozwiązań infrastrukturalnych poprawiających bezpieczeństwo ruchu drogowego. Należy jednak wyraźnie podkreślić, że każdy pomysł mogący zredukować liczbę zabitych i rannych w wyniku wypadków drogowych jest warty przeprowadzenia testów i ich próbnego

wdrożenia. Innowacyjne rozwiązania, które się sprawdziły, powinny być rozpowszechniane.

#### **LITERATURA:**

- [1] *Biała księga. Plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu – dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu*, COM(2011)144 wersja ostateczna, Bruksela 2011.
- [2] Duszyński S., Dwulit J., Jaremczak B., Sochacki P., Ślusarz K. (red.), *Bezpieczeństwo Ruchu Drogowego na podstawie doświadczeń wybranych krajów Europy: Estonii, Litwy i Niemiec*, Komendant Szkoły Policji w Słupsku, Słupsk 2013.
- [3] Hanczka W., *Innowacyjne słupy oświetleniowe polskiej firmy zwiększą bezpieczeństwo na drogach*, <https://truckfocus.pl/novosti/30168/innowacyjne-slupy-oswietleniowe-polskiej-firmy-zwieksza-bezpieczenstwo-na-drogach>
- [4] [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-16-863\\_pl.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-16-863_pl.htm)
- [5] <http://globenergia.pl/magazyn/elektryczne-autostrady-koniec-problemu-z-zasięgiem-aut-elektrycznych/>
- [6] [http://motoryzacja.interia.pl/wiadomosci/ciekawostki/news-miliony-na-inteligentne-drogi-dostana-siec-wi-fi\\_nId,2183354](http://motoryzacja.interia.pl/wiadomosci/ciekawostki/news-miliony-na-inteligentne-drogi-dostana-siec-wi-fi_nId,2183354)
- [7] <http://stat.gov.pl>
- [8] <http://unistop.pl/aktualnosc/inteligentne-znaki-dla-bezpieczenstwa>
- [9] <http://www.brd24.pl/infrastruktura/nowy-pomysl-szwedow-aktywny-prog-zwalniajacy/>
- [10] <http://www.krbrd.gov.pl/pl/aktualnosc/bezpieczenstwo-na-drogach-ue-najnowsze-dane-statystyczne.html>
- [11] <http://www.miasto2077.pl/droga-podlaczona-do-internetu/>
- [12] <http://www.ncbr.gov.pl/programy-krajowe/wspolne-przedsiwziecia/rid/>
- [13] [http://www.obserwatoriumbrd.pl/pl/analizy\\_brd/koszty\\_wypadkow\\_drogowych/koszty\\_wypadkow\\_drogowych\\_w\\_polsce\\_\\_2015](http://www.obserwatoriumbrd.pl/pl/analizy_brd/koszty_wypadkow_drogowych/koszty_wypadkow_drogowych_w_polsce__2015)
- [14] <http://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/otwarto-pierwsza-w-polsce-swiecaca-droge-rowerowa-53098.html>
- [15] <http://www.wyorkierowcow.pl/wiadomosci/odcinkowy-pomiar-predkosci-lokalizacje/>
- [16] <https://sjp.pl/innowacja>
- [17] <https://tech.wp.pl/niemcy-testuja-pierwsza-inteligentna-droge-6034864179381377a>
- [18] <https://www.gddkia.gov.pl/pl/926/autostrady>
- [19] <https://www.pb.pl/bezpieczniej-na-przejsciach-dla-piesznych-867977>
- [20] <https://www.thelocal.se/20170109/no-new-record-low-for-road-deaths-in-sweden>
- [21] <https://zdm.waw.pl/aktualnosc/bezpieczenstwo-na-sciezkach-rowerowych-wymienimy-slupki>
- [22] Jałowiec T., *Współczesne koncepcje i metody zarządzania w logistyce wojskowej. Analiza, ocena i propozycje dla Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej*, Wydawnictwo Akademii Obrony Narodowej, Warszawa 2013.
- [23] Jażdżik-Osmólska A., *Wycena kosztów wypadków i kolizji drogowych na sieci dróg w Polsce na koniec roku 2015, z wyodrębnieniem średnich kosztów społeczno-ekonomicznych wypadków na transeuropejskiej sieci transportowej*, Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa 2016, <https://www.obserwatoriumbrd.pl/resource/623d73e7-6722-4f94-8e0f-95621375da02:JCR>
- [24] Kamiński T., Niezgodna M., Siergiejczyk M., Oskarbski J., Świdorski A., Filipek P: *Wpływ stosowania usług Inteligentnych Systemów Transportowych na poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Prace naukowe – transport, z. 113, Warszawa 2016.
- [25] Kulik W., *Inteligentny próg zwalniający - jak unowocześnić „śpiącego policjanta”?*, <http://www.benchmark.pl/aktualnosc/inteligentny-prog-zwalniajacy-unowoczesniony-spiacy-policjant.html>

- [26] Kulik W., *Testy pierwszej „inteligentnej drogi” w Europie*, <http://www.benchmark.pl/aktualnosci/testy-pierwszej-inteligentnej-drogi-w-europie.html>
- [27] Leśnikowska-Matusiak I. (red.), *Bezpieczeństwo ruchu drogowego. Teoria i praktyka. Edukacja*, Instytut Transportu Samochodowego, Warszawa 2012.
- [28] Lewandowski M., *W Holandii powstała droga XXI wieku*, [http://moto.pl/MotoPL/1,88389,16857680,W\\_Holandii\\_powstala\\_droga\\_XXI\\_wieku.html](http://moto.pl/MotoPL/1,88389,16857680,W_Holandii_powstala_droga_XXI_wieku.html)
- [29] *Narodowy Program Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego 2013-2020*. Dokument przyjęty przez KRBRD w dniu 20.06.2013 r., Sekretariat Krajowej Rady Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego, Ministerstwo Infrastruktury i Rozwoju, Warszawa 2013. [http://www.krbrd.gov.pl/files/file/NP-BRD-2020\\_przyjety\\_przez\\_KRBRD.pdf](http://www.krbrd.gov.pl/files/file/NP-BRD-2020_przyjety_przez_KRBRD.pdf)
- [30] Rafalski L., *Innowacyjność w rozwoju infrastruktury drogowej w Polsce*, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, Styczeń-Luty 2013; [http://www.nbi.com.pl/assets/NBI-pdf/2013/1\\_46\\_2013/pdf/8\\_rafalski\\_inowacyjnosc\\_infrastruktura.pdf](http://www.nbi.com.pl/assets/NBI-pdf/2013/1_46_2013/pdf/8_rafalski_inowacyjnosc_infrastruktura.pdf)
- [31] Rajchel K., *Bezpieczeństwo ruchu drogowego w działaniach administracji publicznej*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2006.
- [32] *Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 19 maja 2016 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie sieci autostrad i dróg ekspresowych* (Dz.U. z 2016 r. poz. 784).
- [33] Rydzkowski W., Wojewódzka-Król K. (red.), *Transport. Aktualne problemy integracji z UE*, PWN, Warszawa 2009.
- [34] Sawicki A., *Inteligentne drogi szturmem podbiją Europę? Są już testowane w kilku miastach*, <http://mamstartup.pl/miasto/11262/inteligentne-drogi-szturmem-podbija-europe-sa-juz-testowane-w-kilku-miastach>
- [35] Skoczyński P., *Bezpieczeństwo ruchu drogowego w Polsce w 2016 roku. Analiza danych o wypadkach drogowych*; <https://www.obserwatoriumbrd.pl/resource/d961a489-2302-40c5-86ed-cb3ce957d463:JCR>
- [36] *Stan bezpieczeństwa ruchu drogowego oraz działania realizowane w tym zakresie w 2016 r.*, Sekretariat Krajowej Rady Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego, Ministerstwo Infrastruktury i Budownictwa, [http://www.krbrd.gov.pl/files/file\\_add/download/407\\_stan-bezpieczenstwa-ruchu-drogowego-oraz-dzialania-realizowane-w-tym-zakresie-w-2016-r..pdf](http://www.krbrd.gov.pl/files/file_add/download/407_stan-bezpieczenstwa-ruchu-drogowego-oraz-dzialania-realizowane-w-tym-zakresie-w-2016-r..pdf)
- [37] Szruba M., *Wpływ infrastruktury drogowej i oświetlenia na bezpieczeństwo ruchu*, [w:] Nowoczesne Budownictwo inżynieryjne, maj-czerwiec 2017, [http://www.nbi.com.pl/assets/NBI-pdf/2017/3\\_72\\_2017/Pdf/16\\_Wplyw\\_infrastruktury\\_drogowej\\_i\\_oswietlenia\\_na\\_bezpieczenstwo\\_ruchu.pdf](http://www.nbi.com.pl/assets/NBI-pdf/2017/3_72_2017/Pdf/16_Wplyw_infrastruktury_drogowej_i_oswietlenia_na_bezpieczenstwo_ruchu.pdf)
- [38] Ślaski P., Waśniewski T., *Zastosowanie systemów telematycznych do zarządzania transportem publicznym*, [w:]Kurasiński Z., Pawlisiak M. (red.), *Logistyka w XXI wieku - wybrane zagadnienia*, Wydawnictwo Społecznej Akademii Nauk, seria Przedsiębiorczość i Zarządzanie, Łódź 2016, <http://piz.san.edu.pl/docs/e-XVII-3-3.pdf>
- [39] Świdorski A.: *Wybrane zagadnienia oceny jakości środków transportu samochodowego*. Problemy Jakości nr 11/2016, Warszawa 2016.
- [40] Świdorski A., Czarnecki M., Gontarczyk M., Zekowski J.: *Wybrane zagadnienia bezpieczeństwa ruchu drogowego*. Gospodarka materiałowa & logistyka nr 5/2016, Warszawa 2016.
- [41] *The top 10 causes of death*, <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310/en/>
- [42] Towpik K., Gołaszewski A., Kukulski J. (red.), *Infrastruktura transportu samochodowego*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006.