

Rola standardu technicznego dróg z uwagi na bezpieczeństwo ruchu w nocy

Arkadiusz Zielinkiewicz

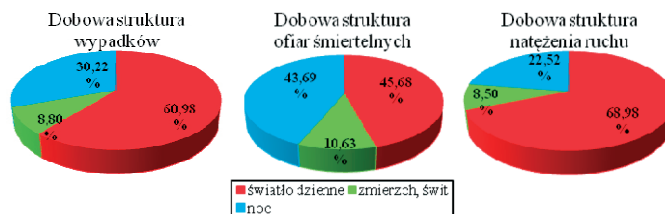
*Katedra Budowy Dróg i Inżynierii Ruchu, Wydział Inżynierii Lądowej,
Politechnika Krakowska, e-mail: azielinkiewicz@pk.edu.pl*

Streszczenie: Zarówno statystyki wypadkowe, jak i dotychczasowe prace wskazują jednoznacznie, że wraz z pogorszeniem się warunków naturalnego oświetlenia wzrasta ryzyko wypadków. Wzrost ten jest determinowany głównie przez tzw. „czynnik ludzki”, związany z ograniczeniami percepcji i rozpoznawania sytuacji przez uczestników ruchu w nocy. Duże znaczenie w kontekście poprawy percepcji drogi przez kierowców w nocy mają odpowiednie rozwiązania infrastrukturalne. Planowanie takich rozwiązań wymaga prawidłowej identyfikacji zbioru czynników determinujących zagrożenie wypadkami w nocy. W referacie podjęto próbę identyfikacji takich czynników wraz z weryfikacją hipotezy, że istotnym czynnikiem wpływającym na zagrożenie wypadkami w nocy jest standard techniczny dróg. Zasadność takiego przypuszczenia wynika z faktu, że niższemu standardowi towarzyszą mniejsze wymagania odnośnie granicznych parametrów geometrycznych, obudowy dróg i kontroli dostępności. Wobec tego, wraz z obniżeniem standardu technicznego powinny uwidaczniać się problemy wpływu infrastruktury na brd, szczególnie w warunkach nocnych. Na podstawie regresyjnych modeli estymacji liczby wypadków zidentyfikowano główne infrastrukturalne determinanty wzrostu zagrożenia wypadkowego w nocy oraz sformułowano praktyczne zalecenia projektowe.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo ruchu drogowego, standard techniczny dróg, nocne ograniczenia widoczności, modele estymacji wypadków

1. Wprowadzenie

Warunki ograniczonej widoczności drogi w okresie nocy są jednym najważniejszych czynników, które towarzyszą występowaniu wypadków drogowych. W nocy dochodzi do ok. 30% wypadków, w których śmierć ponosi ok. 44% osób, podczas gdy natężenie ruchu w tym okresie stanowi jedynie ok. 22% ruchu dobowego (rys. 1).



Rys. 1. Zestawienie procentowych dobowych wskaźników struktury wypadków, ofiar śmiertelnych oraz natężenia ruchu na drogach krajowych.

Grupą, która jest szczególnie narażona na wypadki w nocy są piesi [7], którzy często nie są dostrzegani przez kierowców, ale jednocześnie sami nie są świadomi swojej słabej dostrzalności.

Wobec znacznego wzrostu zagrożenia występowaniem wypadku, a przede wszystkim poniesienia śmierci, problem ograniczonej widoczności w nocy wymaga pilnych działań, które podejmowane są w ramach różnych programów poprawy bezpieczeństwa ruchu, m.in. w [5]. W celu odpowiedniego planowania takich działań, konieczna jest poprawna identyfikacja zbioru czynników, które w istotny sposób wpływają na wzrost poziomu ryzyka wypadków w okresie nocy. Wśród przedmiotowych czynników jako dominujący określa się tzw. „czynnik ludzki”. Jego rola w powstawaniu wypadków w nocy wzrasta [7, 12] z uwagi na charakterystyczne ograniczenia percepcji i rozpoznawania sytuacji przez użytkowników dróg [1, 6, 10]. Ograniczenia te zostały schematycznie ujęte w modelu Rumar’a [11]. Pomimo dominującej roli czynników osobowych, nie można pomijać istotnego wpływu czynników infrastrukturalnych i organizacji ruchu jako determinant zagrożenia brd. Ponadto rola infrastruktury drogowej zawsze musi być rozważana w powiązaniu z charakterystykami funkcjonowania człowieka jako uczestnika ruchu w nocy [7]. Część rozwiązań infrastrukturalnych może zatem sprzyjać postrzeganiu drogi przez jej użytkowników i wpływać na poprawę bezpieczeństwa ruchu w nocy. Inne mogą to postrzeganie pogarszać, obniżając bezpieczeństwo. Przypuszcza się, że istotnym czynnikiem wpływającym na zagrożenie wypadkami drogowymi w okresie nocy jest standard techniczny dróg. Weryfikacji tego przypuszczenia poświęcono niniejszy referat.

Drogi o niższym standardzie technicznym z reguły charakteryzują się częstym występowaniem elementów o granicznych wartościach parametrów geometrycznych oraz obecnością w otoczeniu drogi różnych urządzeń, które mogą niekorzystnie wpływać na bezpieczeństwo ruchu. Ponadto niższy standard dróg pociąga za sobą mniejsze wymagania odnośnie kontroli dostępności, obudowy dróg oraz obecności urządzeń poprawiających bezpieczeństwo pieszych. Rola tych elementów powinna rosnąć w warunkach nocnych ograniczeń widoczności, kiedy ich percepcja może być utrudniona. Można zatem przypuszczać, że wraz z pogorszeniem standardu technicznego drogi wzrośnie rola czynników infrastrukturalnych wśród przyczyn wypadków. Ponadto na drogach o niższym standardzie występują mniejsze natężenia ruchu, wobec czego można przypuszczać, że wypadki mogą być w większym stopniu determinowane także przez inne czynniki, niż ma to miejsce na drogach o wyższym standardzie, na których natężenie ruchu pojazdów jako miara wystawienia na ryzyko jest dominującą zmienną objaśniającą w modelach predykcji wypadków.

W referacie wykorzystano wyniki prac zrealizowanych w ramach projektu badawczego NCN 2544/B/T02/2009/37 „Identyfikacja determinant bezpieczeństwa ruchu w warunkach nocnych ograniczeń widoczności” (2009 – 2012) oraz wyniki pracy doktorskiej autora niniejszego referatu [12].

2. Metodologia i bazy danych

Określenie skali wpływu standardu technicznego dróg na bezpieczeństwo ruchu zrealizowano poprzez porównanie modeli estymacji wypadków na drogach krajowych (o wyższym standardzie) i drogach wojewódzkich województwa małopolskiego (o niższym standardzie). Modele estymacji liczby wypadków zbudowano metodą uogólnionej regresji liniowej z założonym rozkładem Poissona zmiennej objaśnianej i funkcją wiążącą o postaci logarytmu naturalnego. Jako podstawowe zmienne objaśniające w zbudowanych modelach przyjęto dwie miary wystawienia na ryzyko, tj. natężenie ruchu N i długość odcinka L . Zmienne te są dominujące w sensie statystycznej istotności modelu. W celu zwiększenia dokładności oszacowania modelu zastosowano transformacje tych zmiennych N i L do

postaci $x_j = \ln(N)$ oraz $x_j = \ln(L)$ [2, 3, 8]. Zbudowaną przy powyższych założeniach ogólną postać modelu estymacji liczby wypadków przedstawia równanie:

$$LW_i = L^{\beta_1} \cdot N^{\beta_2} \cdot \exp\left(\beta_0 + \sum_{j=3}^k \beta_j \cdot x_{ji}\right) \quad (1)$$

gdzie:

β_0, \dots, β_k – nieznanne parametry modelu, współczynniki kierunkowe przy zmiennych,
 L – długość odcinka drogi [km],
 N – natężenie ruchu pojazdów [P/okres],
 x_{ji} – obserwowane nielosowe zmienne niezależne,
 LW_i – zmienna zależna w postaci liczby wszystkich wypadków lub wypadków danego typu.

W pracy [4] wskazano na problemy związane z zastosowaniem metody regresji liniowej w celu estymacji liczby wypadków w różnych porach doby. Pomimo, że niniejszy referat dotyczy badań wpływu standardu technicznego dróg na bezpieczeństwo ruchu w nocy i nie obejmuje podziału analiz na okres „dnia” i „nocy”, nie należy pomijać następujących problemów:

- natężenie ruchu, niezależnie od pory doby, maleje wraz z obniżaniem standardu technicznego dróg; mniejsze natężenia ruchu na drogach o niższym standardzie mogą pośrednio powodować większą siłę wpływu innych zmiennych determinujących liczbę wypadków w modelach, w tym zmiennych opisujących cechy infrastruktury drogowej;
- oddziaływanie tzw. „czynnika ludzkiego” (szczególnie zmęczenia, zaśnięcia, jazdy pod wpływem alkoholu) na okoliczności powstawania wypadków w nocy może być również uzależnione od standardu technicznego dróg, który jest często powiązany z rodzajem podróży, np. na drogach o niższym standardzie mniejszy jest udział ruchu tranzytowego, wobec czego powinien również maleć udział wypadków w wyniku zmęczenia lub zaśnięcia kierowcy;
- trudność uzyskania podobnego, niezależnie od standardu technicznego dróg, zbioru zmiennych objaśniających w modelach, co utrudnia bezpośrednie porównania tych modeli; przedmiotowa trudność wynika również ze wspomnianych we wstępie do niniejszego referatu różnic charakterystyk dróg, zależnych od standardu technicznego;
- ryzyko błędów związanych z doбором próby odcinków do analiz; dyskusyjną sprawą jest dobór empirycznej próby odcinków niebezpiecznych do analiz regresyjnych i odpowiedź na pytanie, czy kryterium identyfikacji odcinków jako niebezpiecznych powinna być gęstość wypadków w całej dobie, czy tylko w wybranej porze doby; we własnych analizach jako odcinki niebezpieczne przyjęto te, na których średnia gęstość wypadków w okresie całej doby była co najmniej 2 razy większa od średniej na danym ciągu drogi i równocześnie średnia gęstość wypadków w nocy była o min. 50% większa niż średnia na danym ciągu drogi w nocy.

Budowa modeli regresyjnych w połączeniu z dużą liczbą potencjalnych zmiennych objaśniających jest również obciążona typowymi dla tego typu analiz problemami [3]. Zmienne objaśniające (niezależne) mogą być zależne względem siebie, tj. nagromadzeniu jednego rodzaju elementów infrastruktury często towarzyszy obecność innego typu elementów. Na przykład gęstość przejść dla pieszych jest silnie dodatnio skorelowana z gęstością skrzyżowań lub przystanków autobusowych. Wobec tego ujawnienie się wpływu

jednej zmiennej często uniemożliwia identyfikację innego wpływu, który w modelu okazuje się słabszy, jednak z uwagi na wiedzę i fizyczną interpretację zjawiska występowania wypadków, powinien być również brany pod uwagę. Odpowiednia interpretacja modeli jest zatem niezwykle istotna przy analizach wypadkowych, co zostanie również pokazane w kolejnym rozdziale referatu.

Modele estymacji wskaźników wypadkowych zbudowano na podstawie danych ze specjalnie wyselekcjonowanych 270 niebezpiecznych odcinków dróg krajowych w całej Polsce oraz 198 odcinków dróg wojewódzkich województwa małopolskiego. Wyselekcjonowane odcinki obejmowały drogi jednojezdniowe dwupasowe, pośród których znajdowały się przejścia drogowe przez małe miejscowości (z limitem prędkości 50/60 km/h) oraz odcinki dróg zamiejskich z ogólnym limitem 90 km/h. Bazy danych o wypadkach służące do budowy modeli wypadkowych obejmowały lata 2005-2009 w przypadku dróg krajowych i lata 2007-2010 w przypadku dróg wojewódzkich Małopolski.

3. Wyniki analiz

Poniżej przedstawiono modele estymacji wypadków na najbardziej niebezpiecznych odcinkach dróg krajowych w całej Polsce i dróg wojewódzkich w województwie małopolskim, dla których uzyskano największą wartość stopnia determinacji:

$$LW_{DK_noc} = L^{0,938} \cdot N_{noc}^{0,136} \cdot \exp(0,019 \cdot G_{kpd} + 0,080 \cdot G_{pa}) \quad (2)$$

$$LW_{DW_noc} = L^{0,781} \cdot N_{noc}^{0,249} \cdot \dots \quad (3)$$

$$\dots \exp(-1,875 + 0,009 \cdot G_{ipd} + 0,107 \cdot G_{pazz} + 0,053 \cdot G_{przp})$$

gdzie: LW_{DK_noc} – liczba wypadków w nocy na drogach krajowych w okresie analizy,
 LW_{DW_noc} – liczba wypadków w nocy na drogach wojewódzkich Małopolski w okresie analizy,

L – długość odcinka drogi [km],

N_{noc} – natężenie ruchu pojazdów [P/noc], tj. część dobowego natężenia ruchu pojazdów, która przypada na okres nocy,

G_{ipd} – gęstość indywidualnych punktów dostępności [szt./km],

G_{kpd} – gęstość komercyjnych punktów dostępności [szt./km],

G_{pazz} – gęstość przystanków autobusowych z zatoką [szt./km],

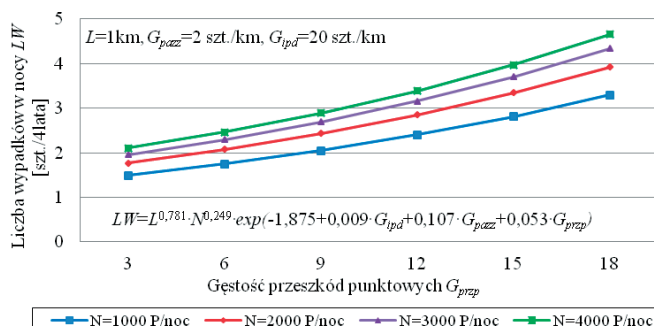
G_{pa} – gęstość przystanków autobusowych [szt./km],

G_{przp} – gęstość przeszkód bocznych punktowych do 2m długości włącznie [szt./km],

Powyższe modele zostały wyznaczone przy wartościach stopnia determinacji 0,59 w przypadku dróg krajowych (2) i 0,67 w przypadku dróg wojewódzkich Małopolski (3). Modele, w których jedynymi zmiennymi były miary wystawienia na ryzyko wypadków, tj. L i N , charakteryzowały się wartościami stopnia determinacji odpowiednio 0,54 i 0,47. Dodatkowe zmienne objaśniające w modelach spowodowały zatem znaczny (o 20%) wzrost objaśnienia liczby wypadków jedynie na drogach o niższym standardzie (wojewódzkich). Wpływ zmiennych G_{kpd} i G_{pa} na estymowaną liczbę wypadków na drogach o wyższym standardzie (krajowych) w nocy jest nieznaczny, co oznacza, że dominujące w sensie statystycznej istotności modelu są zmienne wystawienia na ryzyko L i N . Pomimo prób minimalizacji znaczenia tzw. „czynnika ludzkiego”, w modelach obejmujących odcinki dróg krajowych nie zidentyfikowano dodatkowych wpływów elementów infrastruktury drogowej na brd. Przypuszcza się, że taki efekt może być związany z pewną jednolitością rozwiązań geometrii i wyposażenia dróg krajowych.

Zmienną, która wymaga szczegółowej interpretacji jest gęstość przystanków autobusowych, występująca zarówno w modelu zbudowanym na podstawie danych z dróg krajowych (G_{pa}), jak i wojewódzkich (G_{pazz}). Wpływ przedmiotowych zmiennych na estymowaną liczbę wypadków powinien maleć w nocy z uwagi na mniejsze wykorzystanie przystanków. Stąd obecność zmiennych G_{pazz} i G_{pa} w modelach jest zastanawiająca. Szczegółowe analizy [12] wykazały jednak, że przystanki autobusowe mają duży wpływ na wypadkowość w nocy przed godz. 23:00, gdy nocne ograniczenia widoczności występują jednocześnie wraz z utrzymującą się aktywnością otoczenia wokół przystanków. Po tej godzinie przedmiotowy wpływ maleje. Gęstość przystanków autobusowych może również w pośredni sposób wyrażać obecność innych elementów infrastruktury drogowej, np. przejść dla pieszych, lub skrzyżowań.

Szczególną uwagę zwraca wpływ zmiennej G_{przp} (gęstość przeszkód bocznych punktowych w skrajni drogi) na liczbę wypadków na drogach wojewódzkich Małopolski. Zmienna ta jest potencjalnie związana z wypadkami typu „najeżdżenie na przeszkodę”, których częstość występowania wzrasta w nocy szczególnie na drogach o niższym standardzie, gdzie w otoczeniu jezdni znajduje się więcej przeszkód. Przeszkody „nie wybaczą” błędów kierowców, co sprawia, że sama ich obecność stwarza zagrożenie wystąpienia wypadku. Obiekty usytuowane bezpośrednio przy drodze wpływają również na ograniczenie bocznego pola widzenia oraz spadek widoczności w obrębie skrzyżowań i innych punktów dostępności, co jest szczególnie istotne w okresie nocnych ograniczeń widoczności. Przedmiotowy wpływ gęstości przeszkód bocznych na liczbę wypadków nie jest determinowany przez miary wystawienia na ryzyko związane z ruchem pojazdów lub pieszych. Jest on też słabo skorelowany z pozostałymi zmiennymi infrastrukturalnymi, co oznacza, że jego identyfikacja prawdopodobnie nie jest obciążona błędem. Ilościowy wpływ zmiennej G_{przp} na liczbę wypadków w nocy zilustrowano na rys. 2. Na podstawie równania (3) oszacowano, że 3 przeszkody punktowe na odcinku o długości 1 km są związane ze wzrostem estymowanej liczby wypadków w nocy o 17,2%.



Rys. 2. Wpływ gęstości przeszkód punktowych (G_{przp}) na estymowaną liczbę wypadków w nocy na drogach wojewódzkich województwa małopolskiego – na podstawie równania (3).

Wpływ przeszkód bocznych na liczbę wypadków na drogach o niższym standardzie znajduje również potwierdzenie w modelach, w których uwzględniono jedynie wypadki, jakie miały miejsce w nocy przed godz. 23:00 (LW_{17-23}) oraz w modelach, z których z bazy danych odrzucono wypadki silnie związane z tzw. „czynnikami ludzkimi”, tj. z obecnością alkoholu oraz zmęczenia lub zaśnięcia kierowcy jako okoliczności wypadku (LW_{-alzm}) [9]. Zbudowane w ten sposób modele estymacji liczby wypadków na najbardziej niebezpiecznych odcinkach przejść dróg wojewódzkich Małopolski przez miejscowości, dla których uzyskano największą wartość stopnia determinacji, mają następującą postać:

$$LW_{-alzm_noc} = L^{0,812} \cdot N^{0,319} \cdot \exp(-2,692 + 0,012 \cdot G_{pd} + 0,060 \cdot G_{przp} + \dots \dots + 0,209 \cdot WPRZC_T - 0,209 \cdot WPRZC_N + 0,225 \cdot USPOK_N - 0,225 \cdot USPOK_T) \quad (4)$$

$$LW_{17-23_noc} = L^{0,887} \cdot N^{0,317} \cdot \exp(-2,982 + 0,010 \cdot G_{pd} + 0,150 \cdot G_{ppz} + \dots \dots + 0,061 \cdot G_{przp} + 0,203 \cdot USPOK_N - 0,203 \cdot USPOK_T) \quad (5)$$

gdzie:

LW_{-alzm_noc} – liczba wypadków niezwiązanych z alkoholem ani zmęczeniem lub zaśnięciem kierowcy w nocy w okresie analizy,

LW_{17-23_noc} – liczba wypadków w godzinach 17:00-23:00 w nocy w okresie analizy,

L – długość odcinka drogi [km],

N_{noc} – natężenie ruchu pojazdów [P/noc], tj. część dobowego natężenia ruchu pojazdów, która przypada na okres nocy,

G_{pd} – gęstość wszystkich punktów dostępności [szt./km],

G_{przp} – gęstość przeszkód bocznych punktowych do 2 m długości włącznie [szt./km],

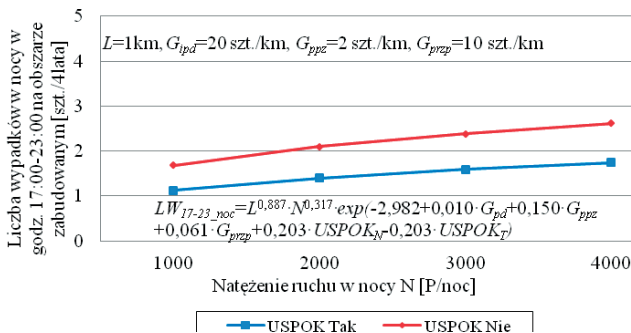
G_{ppz} – gęstość zwykłych (typu zebra) przejść dla pieszych [szt./km],

G_{pazz} – gęstość przystanków autobusowych z zatoką [szt./km],

$WPRZC_{NT}$ – występowanie przeszkód ciągłych powyżej 2 m długości (zmienna jakościowa Tak/Nie; w przypadku występowania przeszkód ciągłych $WPRZC_T=1$, a $WPRZC_N=0$; w przeciwnym przypadku $WPRZC_T=0$, a $WPRZC_N=1$).

$USPOK_{NT}$ – występowanie uspokojenia ruchu (zmienna jakościowa Tak/Nie; w przypadku występowania uspokojenia ruchu $USPOK_T=1$, a $USPOK_N=0$; w przeciwnym przypadku $USPOK_T=0$, a $USPOK_N=1$).

Odrzucenie z analiz wypadków potencjalnie mocno związanych z czynnikami osobowymi spowodowało identyfikację dodatkowych infrastrukturalnych czynników wyjaśniających występowanie wypadków w nocy na zabudowanych odcinkach dróg wojewódzkich Małopolski. Czynniki te to: przejścia dla pieszych (G_{ppz}), przeszkody ciągłe ($WPRZC_{NT}$) oraz elementy uspokojenia ruchu ($USPOK_{NT}$). Na odcinkach wyposażonych w elementy uspokojenia ruchu liczba wypadków w „nocy” spada o ok. 33% (rys. 3) w stosunku do odcinków, na których brak jest takich elementów. Obecność przeszkód ciągłych jako elementów niewybaczających błędów kierowców jest związana ze wzrostem liczby wypadków w nocy o ok. 52%.



Rys. 3. Wpływ występowania elementów uspokojenia ruchu ($USPOK$) na estymowaną liczbę wypadków w nocy na obszarze zabudowanym na drogach wojewódzkich województwa małopolskiego – równanie (5)

O ile wpływ zmiennych $WPRZC_{NT}$ i $USPOK_{NT}$ na estymowaną liczbę wypadków jest zgodny z przypuszczeniami, to szczególnej uwagi wymaga interpretacja wpływu przejść dla

pieszych. Zmienna G_{ppz} wyraża bowiem w pośredni sposób natężenie ruchu pieszego i nie można stwierdzić, że przejścia dla pieszych wpływają na spadek bezpieczeństwa ruchu w stosunku do sytuacji braku takich przejść. Przeciwnie, zbyt mała gęstość przejść dla pieszych może w niektórych przypadkach doprowadzić do wzrostu zagrożenia wypadkami z pieszymi ze względu na przekraczanie przez nich jezdni w miejscach niebezpiecznych. Pomimo, że przejścia powinny wpływać na wzrost brd, to wskazana jest weryfikacja zasadności ich lokalizacji wraz z kontrolą spełnienia przez te lokalizacje podstawowych kryteriów bezpieczeństwa, tj. dostrzegalności, widoczności na zatrzymanie oraz widoczności pieszych dochodzących do przejścia. Kryteria te są szczególnie istotne w warunkach nocnych, kiedy brak światła słonecznego pogłębia problem widoczności pieszych. Niezwykle istotne jest prawidłowe oświetlenie przejść dla pieszych.

4. Wnioski i zalecenia projektowe

Zbudowane modele potwierdzają jednoznacznie hipotezę, że wraz z obniżeniem standardu technicznego dróg wzrasta wpływ czynników infrastrukturalnych na występowanie wypadków w nocy. Elementami infrastruktury, które wpływają na zagrożenie wypadkowe na drogach o niższym standardzie (wojewódzkich) są: przeszkody boczne, punkty dostępności (wjazdy/zjazdy), przejścia dla pieszych, elementy uspokojenia ruchu i przystanki autobusowe. Wpływ przeszkód bocznych można uznać na najsilniejszy, ponieważ jest on obciążony najmniejszym prawdopodobieństwem błędu związanego z interpretacją modelu regresyjnego, tzn. gęstość przeszkód jest słabo skorelowana ze zmiennymi opisującymi pozostałe elementy infrastruktury drogowej. Jedynymi zmiennymi objaśniającymi liczbę wypadków na drogach o wyższym standardzie (krajowych) są miary opisujące wystawienie na ryzyko, tj. natężenie ruchu i długość odcinka niebezpiecznego.

W efekcie identyfikacji determinant zagrożenia wypadkowego na drogach wojewódzkich, można sformułować następujące zalecenia dotyczące możliwych usprawnień infrastruktury drogowej w celu poprawy brd w nocy:

- eliminacja przeszkód bocznych lub ich zabezpieczenie barierami ochronnymi,
- oświetlanie wydzielonych przejść dla pieszych w sposób zapewniający dobry kontrast sylwetki pieszego na drodze,
- oświetlenie przystanków komunikacji zbiorowej oraz dojść do tych przystanków, jeśli są one wykorzystywane także w nocy,
- stosowanie metod i środków uspokojenia ruchu w miejscach, w których występuje nagromadzenie elementów zwiększających zagrożenie brd, z uwzględnieniem ich kontrastowego oznakowania, dostosowanego do możliwości percepcji w nocy.

Literatura

- 1 Dewar R. E., Olson P. L., Human factors in traffic safety.: Lawyers & judges Publishing Company, Inc., 2002.
- 2 Eenink R., Reurings M. Accident prediction models and road safety impact assessment: recommendations for using these tools. Ripcord Iserest projekt nr 2, 2005.
- 3 Gaca S. Badania prędkości pojazdów i jej wpływu na bezpieczeństwo ruchu drogowego. Zeszyt Naukowy Politechniki Krakowskiej nr 75, 2002.
- 4 Gaca S., Zielinkiewicz A. Identyfikacja determinant zwiększonego zagrożenia bezpieczeństwa ruchu w nocy. XI Konferencja Naukowo-Techniczna LogiTrans, Szczyrk, 2014.
- 5 GAMBIT 2005 Krajowy Program Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego 2005-2007-2013. Krajowa Rada Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego, 2005.

- 6 Gibbons, R. B, Edwards, C. J, Bhagavathula, R., Carlson, P., Owens, D. A., Visual modeling, exploring the relationships between nighttime driving behavior and roadway visibility.: 91th Transportation Research Board Annual Meeting, nr 12-3783, Waszyngton, 2012.
- 7 Fors C., Lundkvist S.-O. Night-time traffic in urban areas. Raport VTI nr 650A, 2009.
- 8 Kieć M. Wpływ dostępności do dróg na warunki i bezpieczeństwo ruchu. Praca doktorska, Politechnika Krakowska, 2009.
- 9 Łuczak A., Zużewicz K., Zmęczenie kierowców a bezpieczeństwo pracy.: Bezp. Pracy 4/2006.
- 10 Owens D. A., Sivak M., The role of reduced visibility in nighttime road facilities.: The University of Michigan, Transportation Research Institute, raport nr UMTRI-93-33, 1993.
- 11 Schlag B., Petermann I., Weller G., Schulze Ch. Mehr Licht – mehr Sicht – mehr Sicherheit? VS Verlag für Sozialwissenschaften | GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2009.
- 12 Zielinkiewicz A. Wpływ nocnych ograniczeń widoczności na bezpieczeństwo i wybrane parametry ruchu drogowego. Praca doktorska, Politechnika Krakowska, 2014.

The role of the technical standard of roads due to traffic safety at nighttime

Arkadiusz Zielinkiewicz

*Department of Highway and Traffic Engineering, Faculty of Civil Engineering,
Cracow University of Technology, e-mail: azielinkiewicz@pk.edu.pl*

Abstract: Accident statistics and previous research directly indicate an increased accident risk during deterioration of natural lighting conditions. This increased risk is mainly determined by so-called “human impact”, connected with perception limitations and recognition of situations by nighttime traffic participants. Proper road infrastructure solutions are essential for improvement of driver’s road vision at nighttime. Planning of such solutions requires proper identification of set of accident risk determinants at nighttime. In this paper the attempt to identify of such determinants was performed and the hypothesis that the technical standard of roads is the main infrastructural determinant influencing accident risk at nighttime was verified. Validity of this assumption results from the fact that lower technical standard accompanies lower requirements regarding limits of geometrical parameters, roadside equipment and access control. Thus, with lower technical standard, problems concerning the influence of infrastructure on road safety should appear, especially during nighttime conditions. On the basis of regression accident estimation models, main infrastructural determinants of higher accident risk at nighttime were identified and some design recommendations were formulated.

Keywords: road & traffic safety, technical standard of roads, nighttime visibility limitations, accident estimation models