

Piotr ALEKSANDROWICZ

PROBLEMY WIDOCZNOŚCI NIEOŚWIETLONYCH PRZESZKÓD W RUCHU DROGOWYM CZĘŚĆ II

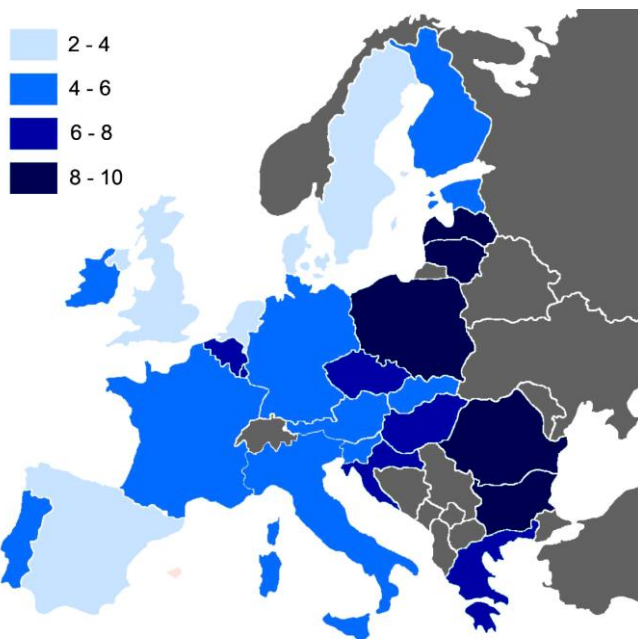
Streszczenie

W artykule przedstawiono wybrane zagadnienia dotyczące problemów widoczności nieoświetlonych przeszkód w światłach mijania pojazdu. Rozpoznanie przeszkody w warunkach jazdy nocnej związane jest tak z możliwością uniknięcia wypadku jak również zmniejszenia jego skutków. Ruch przeszkody wpływa na zmniejszenie odległości z jakiej kierujący podczas jazdy w nocy może rozpoznać taką przeszkodę w światłach mijania i jest ona znacznie krótsza od powszechnie przyjmowanej długości zasięgu światła mijania. Przeprowadzone analizy i badania potwierdzają bezspornie, że używanie przez pieszych sprawnych urządzeń odblaskowych przyczynia się do poprawy bezpieczeństwa. Prezentowane w artykule rezultaty obliczeń oraz wizualizacje symulacji mogą stanowić elementy kampanii edukacyjnych oraz działań w kierunku poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego, a także kształtowania właściwych postaw w szczególności pieszych oraz rowerzystów.

Dane statystyczne opracowane przez Krajową Radę Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego (KRBRD) wskazują, że poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego w krajach członkowskich Unii w dalszym ciągu jest bardzo różny. Kraje, które borykają się z wysokim zagrożeniem wypadkami w ruchu drogowym, mają przede wszystkim problemy z rozwiązaniami systemowymi oraz zaangażowaniem społeczeństwa, aby wpływać na zmiany w polityce bezpieczeństwa ruchu drogowego [16].

Nie bez znaczenia pozostają nadal istniejące dysproporcje społeczno-gospodarcze i kulturowe w krajach Unii. Jednak jednym z głównych przyczyn pozostaje również świadomość uczestników ruchu drogowego w zakresie istniejących zagrożeń i możliwości zmniejszania ryzyka zaistnienia wypadku.

Poniżej na rys. 1 zaprezentowano wskaźnik demograficzny (liczba zabitych/100 tys. mieszkańców) w Unii Europejskiej w roku 2014.



Rys. 1. Wskaźnik demograficzny (liczba zabitych/100 tys. mieszkańców) w UE – 2014r.

Źródło: <http://www.krbrd.gov.pl> (dostęp:05.09.2015).

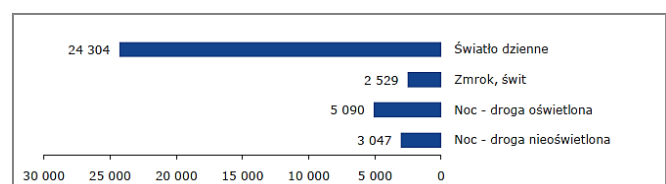
Porównanie z rokiem 2013 wskazuje, że wartość wskaźnika demograficznego określonego liczbą zabitych na 100 tysięcy mieszkańców uległa nieznacznemu zmniejszeniu. Obecnie w Polsce wskaźnik ten wynosi 8,3. Taka sytuacja w dalszym ciągu stawia więc Polskę w grupie krajów charakteryzujących się wyższym od średniego w Europie poziomem zagrożenia. Według ww. danych w UE wskaźnik ten w 2014 roku osiągnął wartość 5,1 zabitych na 100 tysięcy mieszkańców [16].

1. WYPADKI DROGOWE W WARUNKACH JAZDY NOCNEJ

Kontynuując podjęte analizy i badania przedmiotem zainteresowania autora referatu w jego części drugiej jest analiza i wypadków w warunkach jazdy nocnej przy uwzględnieniu ruchu przeszkody, a dalej również i nietypowych przeszkód na drodze z jakimi kierujący mogą mieć do czynienia w realnych warunkach ruchu drogowego.

Z danych KRBRD wynika, że w ubiegłym roku na terenie RP zaistniało ogółem 34970 wypadków drogowych. Jak, co roku opublikowano również strukturę wypadków z tymi uczestnikami ruchu drogowego w zależności od pory doby ich zaistnienia – światło dzienne, zmrok i świt droga oświetlona lub nieoświetlona oraz skutki śmiertelne tych wypadków. W warunkach jazdy nocnej ogółem zaistniało 10666 wypadków. W tym o zmroku i o świcie zaistniały 2529 wypadki, a na drogach oświetlonych 5090 oraz nieoświetlonych 3047 wypadków [16].

Poniżej na rys. 2 zaprezentowano zestawienie danych w zakresie zaistniałych wypadków w zależności od warunków jazdy – oświetlenia drogi zaistniałych w roku 2014.

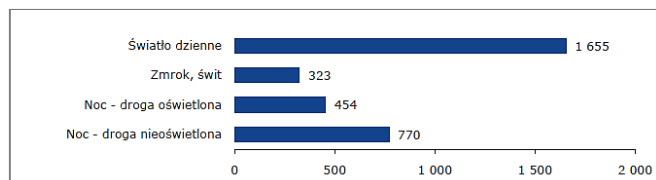


Rys. 2. Struktura wypadków w zależności od warunków jazdy zaistniałych w roku 2014.

Źródło: <http://www.krbrd.gov.pl> (dostęp:05.09.2015).

Według danych Krajowej Rady Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego o zmroku i świcie śmierć poniosły 323 osoby, na drogach oświetlonych 454 osoby, na drogach nieoświetlonych aż połowa z analizowanej grupy – 770 ofiar śmiertelnych [16].

Poniżej na rys. 3 zaprezentowano zestawienie liczby ofiar śmiertelnych wypadków drogowych w zależności od rodzaju oświetlenia zaistniałych w roku 2014.



Rys. 3. Liczba ofiar śmiertelnych wypadków w zależności od oświetlenia drogi w roku 2014.

Źródło: <http://www.krbrd.gov.pl> (dostęp:05.09.2015).

Na zlecenie Krajowej Rady Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego w 2014 roku przeprowadzono badania postaw społeczeństwa wobec bezpieczeństwa ruchu drogowego [12]. Wydawałoby się, że świadomość uczestnika ruchu drogowego o zagrożeniu poruszania się w warunkach jazdy nocnej bez oświetlenia zewnętrznego lub elementów odblaskowych jest oczywista. Dane wynikające zewszanych wyżej badań nie potwierdzają jednak tej tezy.

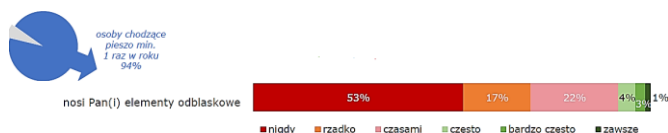
Wyniki badań wskazują, że w większości piesi nie przywiązują większej wagi do sygnalizowania swojej obecności na drodze w warunkach jazdy nocnej. Około 70% pieszych nie używa urządzeń odblaskowych, a blisko 20% używa ich tylko czasami [12].

Nienapawające optymizmem są również dane w zakresie używania oświetlenia zewnętrznego i urządzeń odblaskowych przez rowerzystów. Około 50% rowerzystów nie stosuje urządzeń odblaskowych, a około 20% z nich podczas jazdy w mroku nie używa oświetlenia zewnętrznego roweru [12].

Powyższe dane wskazują więc, że istniejąca potrzeba kształtowania świadomości pieszych oraz rowerzystów w zakresie zagrożeń, które powstają w związku z poruszaniem się w warunkach jazdy nocnej w celu kształtowania i wypracowania zachowania powodującego zmniejszenie ryzyka wypadku drogowego w takich warunkach ruchu drogowego.

Artykuł stanowi formułę możliwą do wykorzystania w kształtowaniu postaw uczestników ruchu drogowego opracowaną na przykładzie analizy wypadku drogowego zaistniałego w warunkach jazdy nocnej.

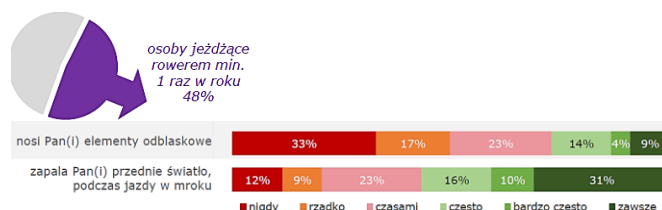
Poniżej na rys. 4 zaprezentowano w postaci wykresu omówione wyżej dane w zakresie stosowania urządzeń odblaskowych przez pieszych w warunkach jazdy nocnej.



Rys. 4. Stosowanie przez pieszych elementów odblaskowych w warunkach jazdy nocnej.

Źródło: <http://www.krbrd.gov.pl> (dostęp:05.09.2015).

Natomiast na poniższym rys. 5 w postaci wykresu przedstawiono omówione wyżej dane nt. postaw rowerzystów w zakresie sygnalizowania przez nich swojej obecności na jezdni poprzez stosowanie urządzeń odblaskowych i oświetlenia zewnętrznego roweru.



Rys. 5. Sygnalizowanie przez rowerzystów swojej obecności na jezdni poprzez stosowanie urządzeń odblaskowych i oświetlenia zewnętrznego pojazdu w warunkach jazdy nocnej.

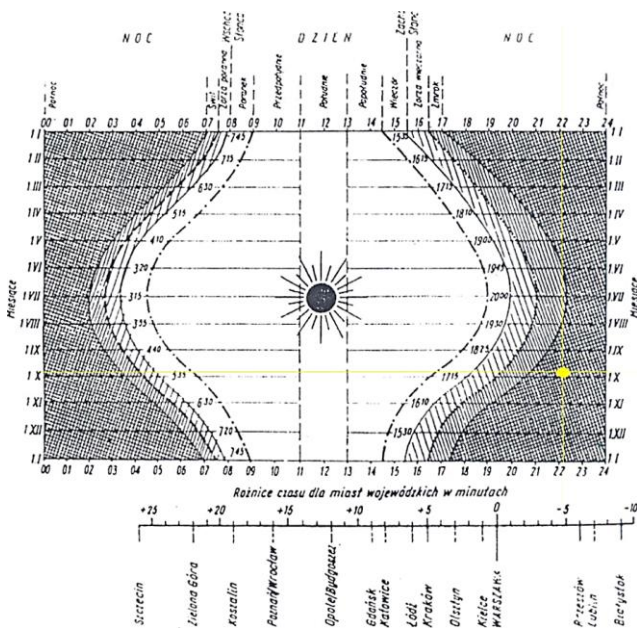
Źródło: <http://www.krbrd.gov.pl> (dostęp:05.09.2015).

2. WYPADKI W WARUNKACH JAZDY NOCNEJ - WYBRANE ZAGADNIENIA

Strona fizyczna możliwości dostrzegania przez człowieka przeszkody w warunkach jazdy nocnej jest bardzo złożona i w uproszczeniu zależy od [5,13]:

- rodzaju reflektorów pojazdu emitujących światło;
- koloru i rodzaju przeszkody oraz tła na jakim się ona znajduje;
- warunków atmosferycznych – deszcz, śnieg, mgła i in.;
- cech osobniczych człowieka kierującego pojazdem.

Artykuł stanowi kontynuację analizy problemów dostrzegania przeszkód w światłach mijania. Cechą charakterystyczną emitowanego światła przez te światła jest jego rozproszenie w taki sposób, aby na jezdni przed pojazdem tworzyła się charakterystyczna „plama” świetlna o niesymetrycznym kształcie. Wiązka ta wydłużona po prawej stronie, a po stronie lewej jest krótsza. To pozwala na minimalizowanie „oślepienia” kierowców nadjeżdżających z przeciwnika. Jednak w analizie wypadku zanim zostanie przeprowadzona weryfikacja i obliczenia związane z ww. parametrami wiązki światła mijania u podstaw leży ustalenie w jakich warunkach doszło do zdarzenia. Należy bowiem rozstrzygnąć dla jakich w efekcie warunków oświetlenia drogi ma być analizowany wypadek – warunki jazdy nocnej czy też jednak jak w dzień [1,5]. Pomocne w tych ustaleniach mogą być dane w zakresie pór doby. Poniżej na rys.6 zaprezentowano przykładowy schemat długości pór doby w różnych miastach w Polsce. Przykładową porę zaistnienia wypadku zaznaczono na schemacie żółtymi liniami, co pozwala na ustalenie warunków w jakich do niego doszło. W praktyce należy zwracać szczególną uwagę na różnice w czasie wschodów i zachodów słońca w różnych miastach oraz wypadki powstałe w okolicy pory świtu, a przede wszystkim zmroku.



Rys. 6. Długość pór doby w Polsce według czasu zimowego.

Źródło: Praca zbiorowa, Wypadki Drogowe, Vademedum biegłego Sądowego. Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych, Kraków 2010. s 804.

Stosowanie przez pieszych i rowerzystów urządzeń odblaskowych niewątpliwie wpływa na poprawę bezpieczeństwa ruchu drogowego. Mieć jednak na uwadze należy, że możliwość zauważenia sprawnego urządzenia odblaskowego zależy od wielu zmiennych.

Sprawne i czyste urządzenie odblaskowe przy dobrej przejrzystości powietrza i oświetleniu światłami mijania pojazdu dostrzegalne jest na jezdni suchej i mokrej, a także na śniegu już z odległości rzędu 50-100m. Znaczne pogorszenie odległości zauważenia urządzeń odblaskowych powodują światła pojazdów nadjeżdżających z przeciwnego kierunku jazdy [5,13,17]:

- 80-88m jeśli brak jest pojazdów z przeciwnika;
- 60-63m jeżeli nadjeżdża pojazd z przeciwnika na jezdni suchej;
- 42-47m jeżeli nadjeżdża pojazd z przeciwnika na jezdni mokrej.

Jednak do najważniejszych czynników wpływających na odległość dostrzeżenia urządzenia odblaskowego należą [5,13,17]:

- zabrudzenie mogące doprowadzić do całkowitego zaniku właściwości odbijania promieni świetlnych przez urządzenie odblaskowe;
- wysokość umieszczenia urządzenia odblaskowego na przeszkodzie względem jezdni oraz jego położenie katowe, a także rodzaj użytego tworzywa w procesie wytwarzania.

3. MODEL ZAUWAŻANIA – WYBRANE ZAGADNIENIA

Przeszkoda w warunkach jazdy nocnej będzie dostrzegalna dla kierującego, gdy zostanie oświetlona na wysokość nie mniejszą niż około 25-30cm, a odległość, w której przeszkoda zostanie oświetlona na tę minimalną wysokość obliczana jest ze wzoru [9,10,11]:

$$S_{wr} = S_{wt} \cdot \frac{h_r - h_p}{h_r} \quad (1)$$

gdzie:

- hr – wysokość położenia osi reflektorów pojazdu nad jezdnią;
- hp – ww. minimalna wysokość oświetlenia przeszkody;
- Swt – odległości od przodu pojazdu do przeszkody w chwili, gdy znalazła się ona na linii granicznej 10lx wiązki świetlnej emitowanej przez reflektory.

W razie złożonego ruchu obiektów należy w obliczeniach uwzględnić ruch przeszkody - jeśli nie jest on prostopadły do kierunku jazdy samochodu, rozkładając go na dwie składowe wzdłuż osi X i Y w celu obliczenia kąta α ze wzoru[9,10,11]:

$$\alpha = \arctg \frac{V_{py}}{V_s} \quad (2)$$

gdzie:

- Vpy– składowa prostopadła wektora prędkości przeszkody;
- VS– prędkość samochodu.

W dalszym etapie analizy należy nanieść na wiązce promieni świetlnych emitowanych przez światła mijania pojazdu prostej przechodzącej przez miejsce uszkodzeń, które powstały podczas zderzenia pod kątem α od przodu pojazdu do przeszkody. Zaznaczenie tej prostej należy realizować dla pozycji przeszkody w chwili, gdy znalazła się ona na linii granicznej pola o natężeniu 10lx. Dalszy etap analizy to obliczenie odległości S_{wr} ze wzoru 1, a następnie odległości, którą dysponował kierowca na podjęcie działań obronnych ze wzoru 3[9,10,11]:

$$S_s = S_{wr} \cdot \frac{V_s}{V_s \pm V_{px}} \quad (3)$$

gdzie:

- Vpx– składowa równoległa wektora prędkości przeszkody;
- VS– prędkość samochodu;
- Swr– jak we wzorze 1.

Pamiętać należy, że jeżeli tor ruchu przeszkody jest w kierunku przeciwnym do kierunku jazdy pojazdu we wzorze 3 należy stosować znak plus, a jeśli jest on zgodny z kierunkiem jazdy samochodu we wzorze stosujemy znak minus.

4. STUDIUM PRZYPADKU – BADANIA WŁASNE

Rozpoznanie nieoświetlonej przeszkody następuje z odległości mniejszej niż to wynika z teoretycznego zasięgu światła mijania. Te zgodnie z przepisami powinny oświetlać drogę na odległość 45m przed pojazdem [5]. Poniżej obliczono odległość w jakiej kierujący w zaistniałej sytuacji drogowej mógł podjąć działania obronne celem uniknięcia zderzenia oraz zaprezentowano symulację zderzenia przy wykorzystaniu programu V-SIM3 i bazy danych Ratschbacher AutoView[14,15]. Analizę przeprowadzono dla przypadku złożonego ruchu obiektów na przykładzie rzeczywistego wypadku polegającego na zderzeniu samochodu osobowego z nieoświetlonym pieszym w warunkach jazdy nocnej, kiedy to droga przed pojazdem oświetlona była wyłącznie autonomicznymi światłami mijania tego pojazdu.

Na rys. 7 zaprezentowano uszkodzenia samochodu Volkswagen biorącego udział w wypadku.



Rys. 8. Widok uszkodzeń samochodu Volkswagen Passat.

Źródło: [własne].

W badaniach przyjęto następujące parametry obiektów i warunki ruchu:

- Volkswagen Passat B5, limuzyna 1,9TDI, masa własna 1605kg (w tym masa kierowcy i pasażera po 60kg);
- współczynnik $C_x = 0,31$, długość 4,703m, szerokość 1,740m, wysokość 1,460m, rozstaw osi 2,705m, rozstaw kół osi przedniej i tylnej 1,500m;
- wyjściowa skuteczność hamulca zasadniczego 18,5kN, współczynnik sił stycznych według regulaminu 13ECE o wartości 0,8 i korektor sił hamowania z regulacją łamana;
- sprawność hamulców 100%, układ wyposażony w ABS, opony 195/65 R15;
- silnik z zapłonem samoczynnymy mocy 96kW; skrzynka przekładniowa 5 biegowa;
- prędkość początkowa VW równa dopuszczalnej $13,89\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$, zderzenia oszacowana z wykorzystaniem EES Catalog - $9,49\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ [4,8];
- prędkość pieszego $0,8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, uwzględnia ruch z kulą ortopedyczną [7];
- droga pieszego w strefie zagrożenia 7,44m;
- jezdnia asfaltowa mokra, czysta, gładka o dwóch pasach ruchu i szerokości 9m, odcinek drogi prosty, płaski, pobocza utwardzone po 2,5m szerokości;
- współczynnik przyczepności kół do jezdni - przylgowej 0,6 i poślizgowej 0,5.

Na podstawie obliczeń ze wzorów 1, 2 i 3 oraz opisanej wyżej procedury otrzymano odpowiednio:

$$\alpha = \arctg \frac{V_p}{V_o} = 3,1^\circ;$$

$$S_{wr} = 0,67 S_{wt} = 22,2\text{m};$$

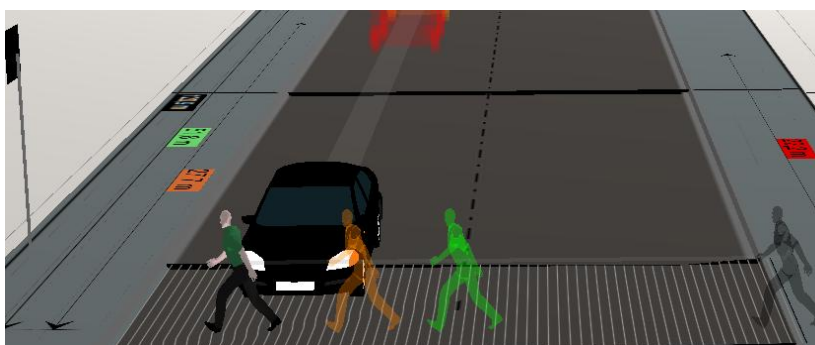
Dla toru pieszego w przybliżeniu prostopadłym do jadącego VW to $S_s = S_{wr} \sim 22,2\text{m}$.

Na rys. 9 zaprezentowano rezultaty obliczeń w formie graficznej na tle wiązki światła mijania pojazdu.



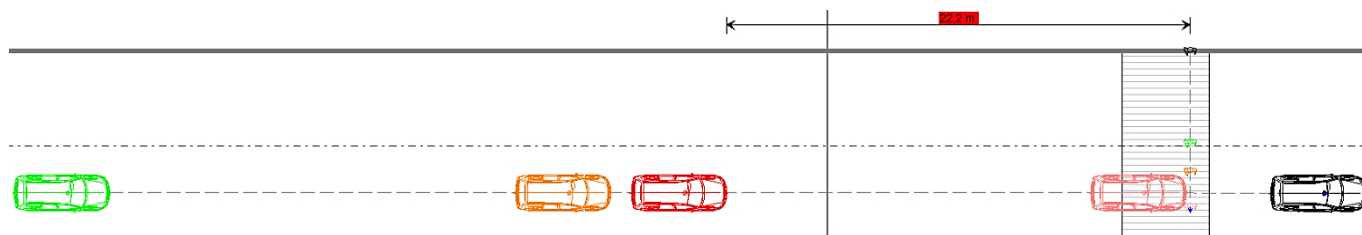
Rys. 9. Obliczone parametry odległościowe widoczności przeszkody w światłach mijania. Źródło: [opracowanie własne].

Poniżej na rys. 10 zaprezentowano widok 3D poruszającego się pieszego w strefie zagrożenia.



Rys. 10. Widok pieszego w strefie zagrożenia. Źródło: [opracowanie własne].

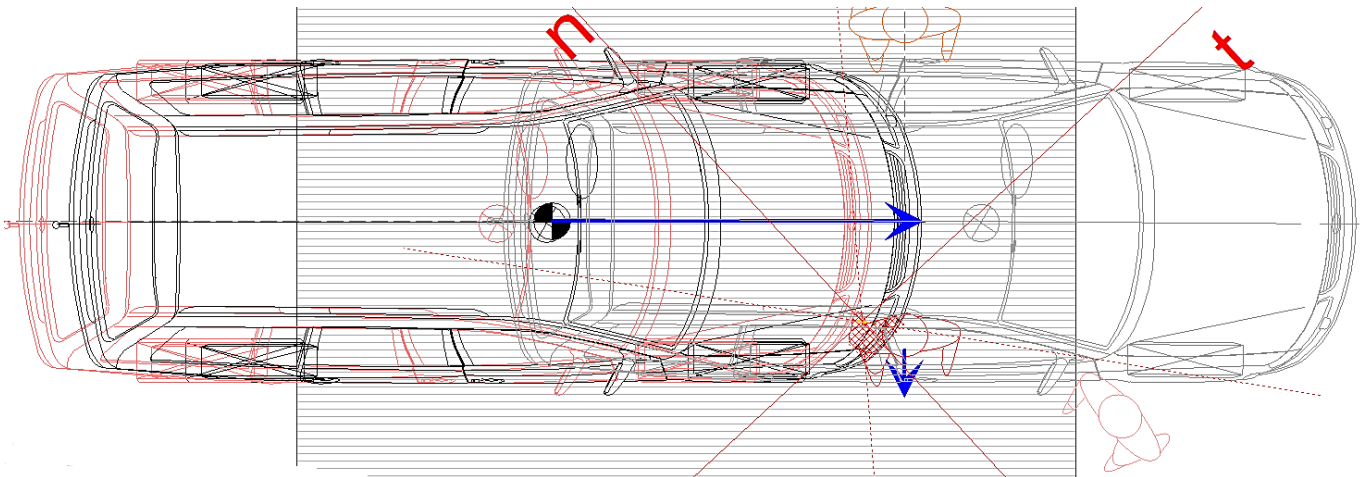
Poniżej na rys. 11 zaprezentowano rezultaty symulacji przebiegu wypadku po podjęciu przez kierującego decyzji o hamowaniu w odległości 22,2m gdy mógł on rozpoznać pieszego w światłach mijania [1].



Rys. 11. Symulacja przebiegu wypadku. Źródło: [opracowanie własne].

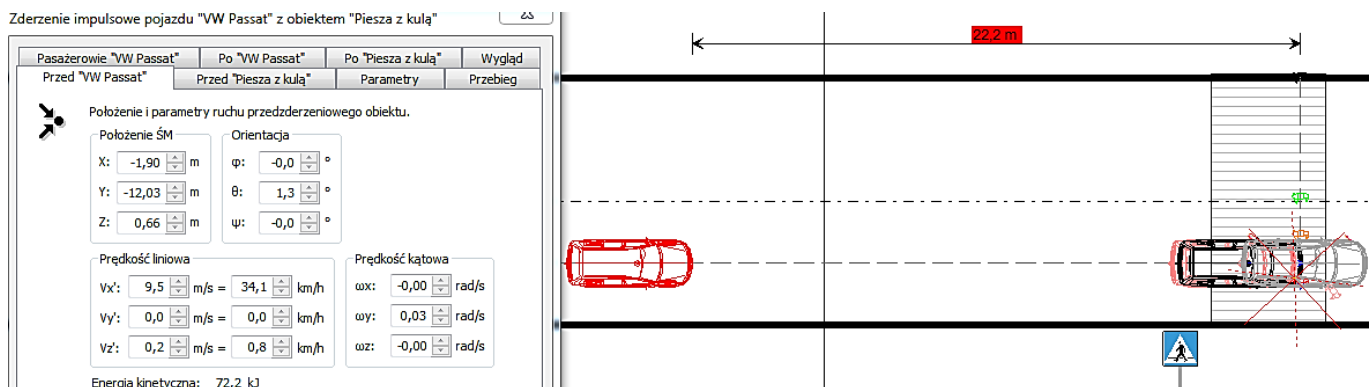
Na rys. 12 przedstawiono symulację zderzenia obiektów.

to $34,2 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, a energia kinetyczna pojazdu wynosi jeszcze



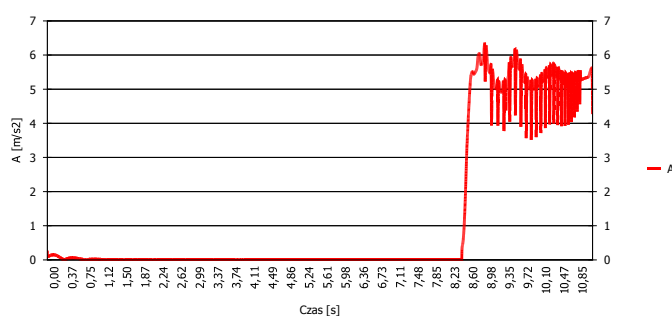
Rys. 12. Symulacja zderzenia obiektów. Źródło: [opracowanie własne].

Na rys. 13 przedstawiono rezultat obliczeń prędkości i energii kinetycznej zderzenia.



Rys. 13. Prędkość i energia kinetyczna zderzenia. Źródło: [opracowanie własne].

Poniżej na rys. 14 zaprezentowano zmiany opóźnień bezwładności samochodu podczas zderzenia.



Rys. 14. Zmiany opóźnień bezwładności samochodu podczas zderzenia.

WNIOSKI

- odległość w jakiej kierowca może rozpoznać podczas jazdy w nocy nieoświetloną przeszkodę, która się porusza jest jeszcze znacznie krótsza od powszechnie przyjmowanej odległości wynikającej z zasięgu światła mijania;
- pojazd VW jadący prędkością dopuszczalną przy uwzględnieniu reakcji kierowcy jak na przeszkodę oczekiwaną (w tym konkretnym przypadku ~1s) zderza się z pieszym z prędkością oko-

72,2kJ;

- odległość 22,2m jaką kierowca VW dysponował na zatrzymanie pojazdu jest zbyt krótka;
- jeśli pieszy miałby sprawne urządzenie odbłaskowe to mógłby być rozpoznany z odległości 50-100m;
- kierowca miałby możliwość zatrzymania pojazdu w przypadku użycia przez pieszego urządzeń odbłaskowych, a nawet jeśli doszłoby do zderzenia to ze znacznie mniejszą prędkością kolizyjną, a ta ma wpływ na skutki wypadku w postaci obrażeń pieszego [2,3];
- używanie zewnętrznego oświetlenia lub urządzeń odbłaskowych przez pieszych bez wątpienia zwiększa bezpieczeństwo ruchu drogowego, a możliwości programów symulacyjnych pozwala na wykorzystanie wizualizacji również w kampaniach informacyjnych oraz edukacyjnych[6].

BIBLIOGRAFIA

1. Aleksandrowicz P., Landowski B., Analiza zdarzenia drogowego w aspekcie zachowania zasad bezpieczeństwa w ruchu drogowym. Logistyka 6/2013, Poznań 2013. s 769-775.
2. Aleksandrowicz P., Biomechanika w analizie wypadków drogowych. Wydawnictwa Uczelniane UTP, Bydgoszcz2014.s 7, 80-82.

- Aleksandrowicz P., Analiza oddziaływania opóźnień bezwładności na użytkowników pojazdu w czasie zderzenia, Logistyka 6/2014, Poznań 2014. s 12532-12541.
- Aleksandrowicz P., Metody szacowania prędkości kolizyjnej pojazdu w zderzeniu z pieszym część I, Logistyka 6/2014, Poznań 2014. S 12542-12552.
- Aleksandrowicz P., Problemy widoczności nieoświetlonych przeszkód w ruchu drogowym część I, Logistyka 3/2015, Poznań 2015. s 32-40.
- Aleksandrowicz P., Propozycja rozwiązań dla poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego na przykładzie zastosowania programu symulacyjnego V-SIM, Logistyka 3/2015, Poznań 2015. s 25-31.
- Diupero T., Prędkość ruchu pieszych w opiniowaniu wypadków drogowych. Info-Ekspert Sp.z o.o. Warszawa 2006. s 126.
- EES Catalog. <http://ees.vcrash3.com> (dostęp 05.09.2015).
- Kończykowski W., 1995. Odtwarzanie i analiza wypadku drogowego. Info-Ekspert Sp.z o.o. Warszawa. s 163-164.
- Praca zbiorowa, 2006. Problematyka prawna i techniczna wypadków drogowych. IES Kraków. s307-308.
- Prochowski L., Unarski J., Wach W., Wicher J., 2008. Pojazdy samochodowe. Podstawy rekonstrukcji wypadków drogowych. WKŁ Warszawa. s 319-320.
- Postawy społeczeństwa względem bezpieczeństwa ruchu drogowego, <http://www.krbrd.gov.pl> (dostęp: 05.09.2015).
- Praca zbiorowa, Wypadki Drogowe, Vademecum biegłego Sądowego. 2010. Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych, Kraków. s 183, 767-782, 804.
- Program AutoView. Baza danych sylwetek pojazdów. <http://www.cyborgidea.com.pl> (dostęp 05.09.2015), .
- Program V-SIM3. <http://www.cyborgidea.com.pl> (dostęp 05.09.2015).
- Stan bezpieczeństwa ruchu drogowego oraz działania realizowane w tym zakresie w roku 2014, <http://www.krbrd.gov.pl> (dostęp: 05.09.2015).
- Stankowski E., Żbikowski P., 1994. Badania widoczności odbłaskowych trójkątów ostrzegawczych oświetlonych światłami mijania, Zbiór Referatów Instytutu Ekspertyz Sądowych, Kraków.

the safety. Results presented in the article of calculations and visualisations of the simulation can constitute elements of action for the improvement in the safety of the road traffic.

Autor:

dr inż. Piotr Aleksandrowicz - adiunkt, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Zakład Transportu i Eksploatacji.

PROBLEMS OF THE VISIBILITY OF UNLIT OBSTACLES TO THE ROAD TRAFFIC PART II

Abstract

In the article chosen issues concerning problems of the visibility of unlit obstacles to dipped headlights of the vehicle were presented. Recognizing the obstacle to conditions of the night ride is connected this way with the possibility of avoiding an accident as well as cushioning his effects. The move of the obstacle influences the reduction of the distance from which the driver during the ride at night can recognize such an obstacle to dipped headlights and it is much shorter than the universally accepted length of the reach of dimmers. Conducted analyses and examinations are confirming indisputably that using by pedestrians fluorescent devices in working order is contributing to the improvement in