

Lech MICHALSKI¹

**OCENA WPLYWU NA BEZPIECZEŃSTWO RUCHU DROGOWEGO
PROJEKTÓW INFRASTRUKTURY DROGOWEJ**

Działania inżynierskie na rzecz poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego (brd) podejmowane mogą być na wszystkich etapach przygotowania inwestycji drogowych. Im wcześniejszy etap, tym łatwiej jest usunąć niekorzystne dla brd czynniki zagrożenia. Współczesne podejście do zarządzania bezpieczeństwem drogowym w Polsce staje się coraz bardziej uwarunkowane wymaganiami stawianymi przez Unię Europejską. Stwarza to korzystne warunki tworzenia dla zastosowań praktycznych metod ocen wpływu planowanej inwestycji drogowej na brd w sieci drogowej znajdującej się w obszarze wpływu planowanej drogi. Bazą merytoryczną dla tych metod są opracowywane obecnie w Polsce procedury i modele ryzyka, uwzględniające ogólne cechy elementów sieci drogowej i otoczenia tych dróg oraz zmiany wielkości i rozkładów natężeń ruchu w długim, na ogół dwudziestoletnim, okresie prognozy.

**ROAD SAFETY IMPACT ASSESSMENT FOR ROAD INFRASTRUCTURE
PROJECTS**

Engineering measures to improve road safety can be taken at all stages of the preparation of road investments. The earlier stage, the easier it is to remove detrimental to road safety risk factors. Modern approach to road safety management in Poland is becoming increasingly subject to requirements set by the European Union. This forces the creation of practical applications of methods for impact assessment of a proposed road investment on road safety in the road network located in the area of impact of the planned route. The basis for these methods are being developed in Poland procedures and risk models, taking into account the general characteristics of the elements of the road network and environment of these roads, and changes in size and distribution of traffic flows in a long, generally twenty years, the forecast period.

1. WSTĘP

Prace badawczo-wdrożeniowe nad metodami ocen wpływu inwestycji drogowych na bezpieczeństwa ruchu nabrały większego niż dotąd znaczenia. Wynika to z konieczności stosowania się krajów członkowskich UE do dyrektywy 2008/96/WE Parlamentu

¹ Politechnika Gdańska, Katedra Inżynierii Drogowej, 80-233 Gdańsk, ul. Gabriela Narutowicza 11/12,
michal@pg.gda.pl

Europejskiego oraz Rady Unii Europejskiej z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie zarządzania bezpieczeństwem infrastruktury drogowej (Dz. Urz. UE L 319 z dnia 29 listopada 2008 r., str. 59). Podstawowym zadaniem tej dyrektywy jest zapewnienie wysokiego poziomu bezpieczeństwa ruchu drogowego na drogach wchodzących w skład trans-europejskiej sieci drogowej TEN-T. W polskim porządku prawnym brak jest obecnie przepisów odnoszących się w sposób kompleksowy do zagadnień stanowiących przedmiot dyrektywy. Dotychczas obowiązujące akty prawne dotyczące dróg publicznych i ruchu drogowego, nie regulują większości przedmiotowej problematyki. Kraje UE zostały zobowiązane do regularnego składania sprawozdań dotyczących postawnień dyrektywy tak, aby możliwa była systematyczna poprawa bezpieczeństwa infrastruktury na poziomie Wspólnoty. Oprócz dostosowania krajowego prawa do regulacji europejskich, istotną sprawą jest wyszkolenie kadry i wyposażenie jej w stosowne procedury i metody oceny brd.

Obecnie w Polsce łączna długość dróg należących do sieci TEN-T wynosi około 4,7 tys., co stanowi 1,2% długości dróg publicznych i 25% długości dróg krajowych. Na tle UE, biorąc pod uwagę wskaźniki gęstości dróg w sieci TEN-T w stosunku do liczby ludności lub powierzchni kraju, Polska plasuje się na ostatnich pozycjach. Stąd, aby podnieść efektywność oddziaływania przedmiotowej dyrektywy na stan brd w Polsce, niezbędne jest rozszerzenie jej zastosowania, zgodnie z zaleceniami dyrektywy, do dróg krajowych będących obecnie poza siecią TEN-T, a także ważniejsze drogi innych kategorii.

W pracach badawczych zmierzających do opracowania modeli predykcji wypadków ofiar rannych oraz ofiar śmiertelnych [1] wykorzystano dane o sieci dróg krajowych zarządzanych przez GDDKiA. W sieci tej wyodrębniono 633 jednorodne pod względem technicznym odcinki (bez odcinków dróg klasy G i GP na obszarach powiatów grodzkich) reprezentujące osiem typów dróg:

- drogi główne jednojezdniowe (G 1/2),
- drogi główne pośpieszne jednojezdniowe (GP 1/2),
- drogi główne pośpieszne dwujezdniowe (GP 2/2),
- drogi ekspresowe jednojezdniowe (S 1/2),
- drogi ekspresowe dwujezdniowe (S 2/2),
- autostrady (A 2/2, A 2/3).

Analizy brd na tych odcinkach ograniczono do wybranych miar brd:

- miar strat społecznych jako strat ponoszonych na drodze lub sieci drogowej, mierzonych liczbą wypadków, liczbą ofiar rannych i liczbą ofiar śmiertelnych wypadków drogowych,
- miar strat ekonomicznych, mierzonych kosztami strat materialnych i kosztami ofiar rannych i śmiertelnych wypadków drogowych,
- miar ryzyka społecznego będącego poziomem prawdopodobieństwa uwikłania w wypadek drogowy lub poziomem prawdopodobieństwa bycia ofiarą ranną lub śmiertelną wypadku drogowego, mierzonym gęstością wypadków drogowych, gęstością ofiar rannych i gęstością ofiar śmiertelnych wypadków drogowych.

Analizy stanu brd na tych drogach wskazują, że największa gęstość wypadków, rannych i ofiar śmiertelnych występuje na drogach dwujezdniowych typu GP2/2 i jest ona około cztery razy większa od gęstości wypadków i gęstości ofiar śmiertelnych na autostradach (tab.1).

Tab.1. Gęstość i liczba ofiar wypadków i ofiar na drogach krajowych w latach 2007-2009

Typ drogi	Wypadki		Ofiary ranne		Ofiary śmiertelne	
	LW [liczba]	GW wypadki/km	LR [liczba]	GR Ranni/km	LZ [liczba]	GZ of. śmiert./km
G 1/2	5744	0,404	7742	0,545	934	0,066
GP 1/2	19168	0,610	26919	0,857	3715	0,118
GP 2/2	1945	0,992	2706	1,380	385	0,196
S 1/2	150	0,272	234	0,424	52	0,094
S 2/2	348	0,353	465	0,472	66	0,067
A 2/2	753	0,295	1224	0,480	124	0,049

gdzie: A – autostrady, S – drogi ekspresowe, G – drogi główne, GP – główne przyspieszone.

2. OCENY WPŁYWU NA BRD W PRAKTYCE ZAGRANICZNEJ

Ocena wpływu na brd została uznana jako jeden z podstawowych instrumentów zarządzania brd przeznaczonych przede wszystkim do stosowania we wczesnych etapach procesu planistycznego. Służyć powinna podejmowaniu decyzji przy wyborze wariantu lokalizacyjnego planowanej drogi. Może też mieć zastosowanie w bardziej szczegółowych rozwiązaniach sieci drogowej, a także jako narzędzie komplementarne do audytu brd [2]. W 1997 roku Europejska Rada Bezpieczeństwa Transportu (ETSC) zaleciła wprowadzenie oceny brd we wszystkich krajach UE, gdzie oprócz Holandii tak definiowana ocena brd nie miała zastosowania. Początkowo, naukowe wsparcie dla rozwoju metod ocen wpływu planowanych na brd na drogach UE dały projekty badawcze, prowadzone głównie w ramach 6. Programu Ramowego (6PR). W badaniach tych [3] zdefiniowano dwie grupy narzędzi niezbędnych w prognozowaniu brd: modele predykcji wypadków (APM – Accident Prediction Models) i oceny wpływu na brd (RIA – Road safety Impact Assessment). Model predykcji wypadków jest to matematyczna formuła opisująca związek pomiędzy poziomem bezpieczeństwa na istniejących drogach (liczba wypadków lub ofiar, wskaźniki wypadków), a zmiennymi objaśniającymi ten poziom (np. długość drogi, natężenie ruchu, praca przewozowa). Ocena wpływu na brd jest natomiast metodyką oszacowania wpływu planowanej/projektowanej drogi na brd. Dotychczasowe doświadczenia wskazują na kilka możliwych sposobów dokonywania oceny wpływu na brd, a mianowicie poprzez:

- opiniowanie eksperckie; ocena jest prosta w zastosowaniu, jednak ufność i przystawanie do rzeczywistości może być kwestionowane,
- podręczniki brd (o zasięgu krajowym, międzynarodowym); ocena ma podstawy naukowe, ale jest silnie zależna od specyficznych sytuacji lokalnych/regionalnych/krajowych,
- podręczniki brd zweryfikowane poprzez uwzględnienie czynników lokalnych (np. wpływ typu przekroju drogi na czynniki ryzyka),

- analizy nakładów i korzyści; ocena może być uzupełnieniem poprzednio wymienionych sposobów lub uszczegółowiona o wpływy dostępności drogowej lub zagospodarowania przestrzennego.

Przypadki b) i c) mają zastosowanie w sieciowych lub obszarowych analizach brd i na ogół obejmują:

- analizę stanu istniejącego (rok 0), głównie istniejących natężeń ruchu i wypadków drogowych,
- analizę stanu prognozowanego bez uwzględniania planowanej drogi lub wprowadzanego środka brd (tzw. wariant 0); dla odległej perspektywy (np. 20 lat) uwzględnia się zmiany wielkości i rozkładu przestrzennego ruchu,
- analiza stanu prognozowanego z uwzględnieniem planowanej drogi lub wprowadzanego środka brd,
- analiza nakładów i korzyści,
- optymalizacja zastosowanych środków i funkcji dla uzyskania optymalnych efektów w zakresie brd lub najlepszych wskaźników efektywności ekonomicznej.

Najnowszym, kompleksowym przykładem metody prognozowania miar bezpieczeństwa jest amerykański podręcznik Highway Safety Manual – HSM [4]. W metodzie tej prognozowaną średnią liczbę wypadków w danym roku na elemencie typu x oblicza się wg formuły:

$$N_{pred} = N_{SPF_x} * (CMF_{1_x} * CMF_{2_x} * \dots * CMF_{n_x}) * C_x \quad (1)$$

gdzie: N_{SPF_x} – prognozowana średnia liczba wypadków w warunkach bazowych,
 CMF_{2x} – współczynniki modyfikujące, specyficzne dla elementu drogi typu x ,
 C_x – współczynnik kalibracji uwzględniający warunki lokalne dla elementu typu x .

Prognozowaną średnią liczbę wypadków w warunkach bazowych dla drogi dwupasowej, dwukierunkowej oblicza się wg wzoru:

$$N_{SPF} = AADT * L * 365 * 10^{-6} * e^{(-0,312)} \quad (2)$$

gdzie: AADT – średnioroczne natężenie dobowe.

L – długość odcinka.

W wielu krajach podejmowane są próby adaptacji metody HSM do specyficznych potrzeb związanymi z prognozowaniem miar brd. Wymaga to przeprowadzenia kalibracji modeli zastosowanych w metodzie HSM, w szczególności współczynników kalibracji C , w dostosowaniu do warunków lokalnych, między innymi:

- warunków klimatycznych,
- populacji zwierząt w otoczeniu dróg,
- zachowań kierowców,
- motywacji podróży,
- złożoności ukształtowania geometrycznego drogi,
- standardów projektowania,
- charakterystyk parku samochodowego,
- praktyki zbierania i przetwarzania danych o wypadkach.

Tabl.2. Czynniki uwzględniane w modelach szacowania liczb wypadków wg HSM

Element	Dane do prognozowania wypadków	
	wymagane	pożądane
Długość odcinka	x	
Średnie natężenia dobowe	x	
Długość krzywych poziomych	x	
Promienie krzywych poziomych	x	
Przechyłka na krzywej poziomej		x
Pochylenia podłużne		x
Szerokość pasa	x	
Typ pobocza	x	
Szerokość pobocza	x	
Oświetlenie drogi		x
Gęstość zjazdów		x
Obecność pasów wyprzedzania	x	
Obecność krótkich odcinków 4 pasowych		x
Obecność krzywych przejściowych		x
Obecność środkowych pasów zabrukowanych		x
Obecność środkowych pasów skreślenia w lewo		x
Wskaźnik przeszkód bocznych		x
Automatyczny nadzór prędkości		x

3. KONCEPCJA OCENY WPLYWU NA BRD W POLSCE

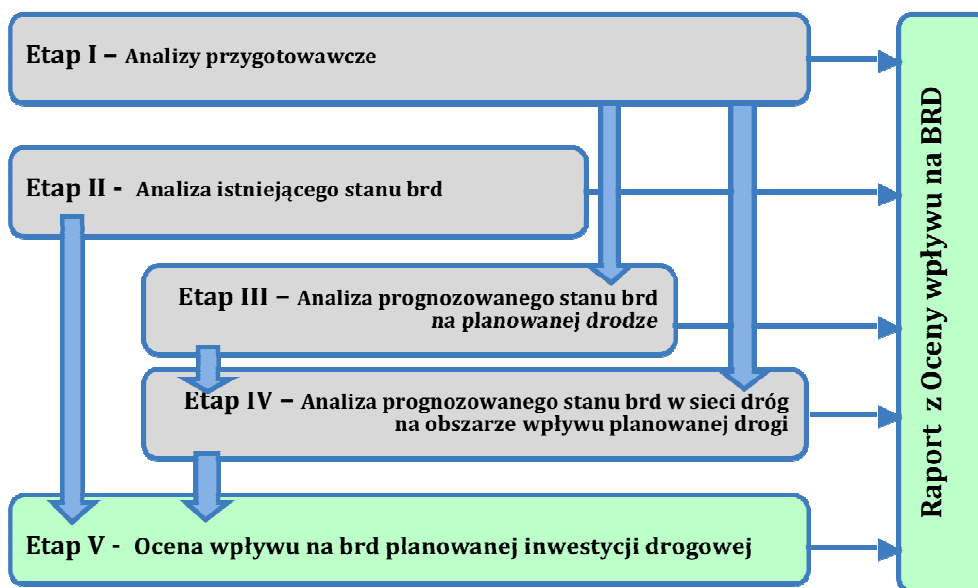
3.1 Procedura oceny wpływu na brd

W praktyce, procedura oceny wpływu na brd powinna być dostosowana do charakteru i problematyki opracowań projektowych, w ramach których dokonywana jest taka ocena. W Polsce, wykonywanie oceny brd na drogach krajowych przewiduje się w ramach stadium „Studium Korytarzowego wraz z analizą wielokryterialną (SK)” a także wyjątkowo na etapie „Studium Techniczno – Ekonomiczno – Środowiskowego (STES)”, jeżeli nie przeprowadzono takiej oceny we wcześniejszych stadiach projektowych. Ocena ta jest jedną z podstawowych analiz, równoważną z analizą kosztów i analizą wpływu na środowisko przy ocenie i wyborze wariantów planowanej inwestycji drogowej. Głównym celem takiej oceny jest ustalenie rankingu wariantów planowanej drogi, w tym wskazanie wariantu najlepszego z punktu widzenia brd.

W koncepcji oceny wpływu na brd w Polsce, tok postępowania obejmuje pięć etapów (schemat procedury przedstawiono na rys. 1):

- etap I – Analizy przygotowawcze celem analizy jest określenie obszaru wpływu planowanej drogi i zebranie dla tego obszaru wszystkich danych wyjściowych; wskazane jest, aby ten etap był realizowany przez Projektanta, a granice obszaru wpływu zaakceptowane przez Audytora,
- etap II – Analiza istniejącego stanu brd celem analizy jest identyfikacja istniejących problemów brd w obszarze analizy i przygotowanie informacji do opisu tych problemów w Raplocie Oceny BRD; wskazane jest, aby ten etap był realizowany przez Projektanta,

- etap III – Analiza prognozowanego stanu brd na planowanej drodze; celem analizy jest określenie dopuszczalności pod względem brd analizowanych wariantów planowanej drogi i wyeliminowanie z dalszych analiz sieciowych (etap IV) wariantów mających niedopuszczalne klasy ryzyka; wskazane jest, aby ten etap był realizowany przez Projektanta,
- etap IV – Analiza prognozowanego stanu brd w sieci dróg w obszarze wpływu planowanej drogi; celem analizy jest określenie strat społecznych dla sieci dróg w obszarze wpływu drogi planowanej w wariantach o dopuszczalnych klasach ryzyka i przygotowanie danych do oceny wpływu na brd (etap V); wskazane jest, aby ten etap był realizowany przez Projektanta,
- etap V – Ocena wpływu na brd projektu infrastruktury drogowej; celem oceny jest wskazanie, które warianty planowanej drogi charakteryzują się największą skutecznością w redukcji strat społecznych i ekonomicznych w całym obszarze wpływu biorąc pod uwagę wyniki analiz etapu III i IV, skalę zróżnicowania ocen pomiędzy wariantami planowanej drogi i sieci drogowej; etap ten powinien być wykonywany przez Audytora BRD.



Rys. 1. Etapy wykonywania oceny wpływu na brd inwestycji drogowej

3.2 Prognozowanie miar strat społecznych

Wyjściowymi miarami strat społecznych są: liczba wypadków LW, liczba ofiar rannych LR i liczba ofiar śmiertelnych LZ. Obliczenia tych miar wykonuje się dla każdego odcinka jednorodnego istniejących dróg (w przypadku wariantu bezinwestycyjnego) i planowanych dróg (w przypadku wariantów inwestycyjnych).

Liczba wypadków lub ofiar wypadków zależy od długości analizowanego odcinka i gęstości wypadków drogowych, natomiast gęstość wypadków drogowych uzależniona jest od:

- natężenia ruchu i jego struktury rodzajowej dla każdego roku prognozy,
- czynników charakteryzujących poszczególne ciągi drogowe lub odcinki dróg, a w szczególności od typu przekroju poprzecznego drogi i rodzaju obszaru, przez który przebiega analizowana droga,
- roku prognozy,
- charakterystyk regionu na obszarze którego występuje droga.

Wyróżniono siedem przekrojów dróg jednojezdniowych i osiem przekrojów dróg dwujezdniowych.

Liczbę wypadków na poszczególnych jednorodnych odcinkach analizowanej drogi oblicza się według wzoru (3)

$$LW = L * GW \quad (3)$$

przy czym gęstość wypadków dla dróg jednojezdniowych, dwupasowych oblicza się według wzoru (4)

$$GW = a * N^b * \exp(c * N + d * UC) * f_{RP} * f_{LD} * f_{RO} * f_{GS} \quad (4)$$

a dla dróg dwujezdniowych według wzoru (5)

$$GW = a * N^b * \exp(c * N) * f_{RP} * f_{GEW} \quad (5)$$

gdzie: LW – liczba wypadków w danym roku prognozy, (wyp./rok),

L - długość analizowanego odcinka drogi (km),

GW – gęstość wypadków dla danego roku prognozy (wyp./km/rok),

N – średnioroczne natężenie dobowe na analizowanym odcinku drogi, dla danego roku prognozy (tys. poj./ 24h),

UC – udział ruchu pojazdów ciężkich (ciężarowych i autobusów) na analizowanym odcinku drogi w danym roku prognozy (%),

a, b, c, d – współczynniki równania powiązane są z natężeniem ruchu i udziałem ruchu pojazdów ciężkich zależnie od typu drogi, istnienia drogi (droga istniejąca lub planowana) i analizowanego rodzaju zdarzenia (wypadki, ofiary ranne, ofiary śmiertelne),

f_{RP} – współczynnik wpływu horyzontu prognozy, uwzględniający poziom rozwoju społeczno-gospodarczego kraju i podejmowanych działań systemowych na rzecz bezpieczeństwa ruchu drogowego,

f_{LD} – współczynnik wpływu lokalizacji drogi na gęstość wypadków; współczynnik ten ujmuje wpływ ukształtowania terenu, krętości drogi i czynników regionalnych (specyfika zagospodarowania terenu, udział ruchu tranzytowego, utrzymanie sieci drogowej itp.),

f_{RO} – współczynnik wpływu rodzaju otoczenia drogi (rodzaj zabudowy, zadrzewienie, zalesienie) na gęstość wypadków,

f_{GS} – współczynnik wpływu gęstości skrzyżowań na gęstość wypadków,

$f_{GEW,w}$ – współczynnik wpływu gęstości elementów węzłów na gęstość wypadków drogowych, na analizowanym odcinku drogi dwujezdniowej.

Liczby ofiar rannych i ofiar śmiertelnych obliczane są na podstawie gęstości wypadków GW obliczonych wzorami (4) i (5).

4. WNIOSKI

Sprawne zarządzanie bezpieczeństwem ruchu drogowego wymaga opracowania i wdrożenia narzędzi (metod, procedur) na wszystkich etapach procesu planistycznego i inwestycyjnego w drogownictwie. Wdrożenie dyrektywy w sprawie zarządzania bezpieczeństwem infrastruktury drogowej stało się powodem podjęcia w Polsce podstawowych prac badawczych nad metodami prognozowania miar bezpieczeństwa i procedur ich stosowania. Jednocześnie prace te uwidoczniły wiele niedoskonałości w procedurach wyboru wariantów inwestycji drogowej oraz obszary nie podjętych dotąd analiz w zakresie modelowania ryzyka, kryteriów dopuszczalności drogi do użytkowania z punktu widzenia brd, szczegółowych metod prognozowania wypadków drogowych. Przedstawiona wyżej koncepcja procedury oceny wpływu brd i zawartych w niej metod prognozowania miar bezpieczeństwa winna podlegać doskonaleniu w miarę pojawiania się wniosków z doświadczeń krajowych i zagranicznych z realizacji w/w dyrektywy.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Jamroz K., Kustra W., Michalski L.: *Ocena wpływu na bezpieczeństwo ruchu drogowego projektów infrastruktury drogowej*. W: Instrukcja dla audytorów bezpieczeństwa ruchu drogowego. Załącznik nr 1 do Zarządzenia nr 42 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 3/09/2009 roku w sprawie oceny wpływu na bezpieczeństwo ruchu drogowego oraz audytu bezpieczeństwa ruchu drogowego projektów infrastruktury drogowej. Warszawa 2011.
- [2] *Road Safety Audit and Safety Impact Assessment*. European Transport Safety Council, Brussels 1997.
- [3] Accident Prediction Models and Road Safety Impact Assessment: recommendations for using these tools. Sixth Framework Programme, RiPCORD 2008
- [4] *Highway Safety Manual*, 1st Edition, Washington D.C, American Association of State Highway and Transportation Officials 2010.
- [5] Martinelli F., La Torre F., Vadi P.: *Calibration of the Highway Safety Manual's Accident Prediction Model for Italy Secondary Road Network*, Washington D.C., Journal of Transportation Research Board, Volume 2103, 2009.