

Hodnocení dopadu silniční infrastruktury na bezpečnost dopravy

Evaluation of road infrastructure impact on traffic safety

Jiří Ambros*

Abstrakt

Silniční doprava je součástí každodenního života, způsobuje však i negativní externality, mezi něž patří dopravní nehody a dopady na životní prostředí. Zatímco však pro hodnocení dopadů dopravy na životní prostředí existují evaluační procesy, situace ohledně bezpečnosti není ustálená. Uvedená skutečnost byla motivem výzkumného projektu, ze kterého článek vychází.

Článek nejprve popisuje aktuální stav poznání. Hodnocení dopadu silniční infrastruktury na bezpečnost dopravy se v EU provádí relativně málo, navíc často ne dostatečně podrobně. Například postupy, používané i v ČR, se soustřeďují jen na silniční úseky a opomíjí důležitý vliv křižovatek. Po vzoru Velké Británie a skandinávských zemí byla proto zvolena metodologie, založená na predikčních modelech nehodovosti a hodnotách účinnosti dopravně bezpečnostních opatření, zohledňujících úseky i křižovatky.

V další části je popsán postup přípravy predikčních modelů a hodnot účinnosti opatření, následovaný popisem praktické aplikace na hodnocení obchvatu obce. Pomocí nové metodologie byl zjištěn pozitivní dopad (snížení socioekonomických ztrát z dopravní nehodovosti), zatímco v původní dokumentaci, založené na tradičním postupu, byl vliv na nehody vyjádřen jako nulový. Tím získává hodnotitel objektivní argument ve prospěch stavby obchvatu.

Závěrem je nastíněna role hodnocení dopadu v evaluačním výzkumu bezpečnosti silničního provozu. Představený výzkum lze považovat za jeden

z kroků směrem k praxi založené na evidenci a racionálnímu řízení bezpečnosti silničního provozu.

Abstract

Road transport is a part of everyday life. However, it also creates negative externalities, including traffic accidents and environmental impacts. While the former is commonly assessed using EIA, situation regarding road safety impact assessment is far from ideal. This was a motive behind the research project, this paper is based on.

First, the paper describes current state of practice. In the EU, road safety impact assessment is conducted relatively rarely and in an insufficient detail. The processes, used for example in the Czech Republic, focus only on road segments and neglect an important influence of road intersections. Following examples from the UK and Nordic countries, the approach based on accident prediction models and accident modification factors was adopted, considering both road segments and intersections.

Next, development of accident prediction models and accident modification factors is described, followed by a practical application example of road bypass assessment. Using the proposed methodology, a positive impact was found (reduction of accident socio-economic losses), while according to the traditional methodology, safety impact was defined as zero. This provides an objective positive argument for building a road bypass.

Finally, the role of road safety impact assessment in evaluation research is presented. The presented research may be considered a step towards evidence-based practice and rational road safety management.

Klíčová slova

Bezpečnost silničního provozu, nehoda, hodnocení dopadu, predikce, účinnost

Keywords

Road traffic safety, accident, impact assessment, prediction, effectiveness

Podpořeno grantem:

Článek vznikl za finanční podpory Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy v rámci programu Národní program udržitelnosti I, projektu Dopravní VaV centrum (LO1610) na výzkumné infrastruktury pořízené z Operačního programu Výzkum a vývoj pro inovace. Použitá data pochází z projektu „Vývoj podpůrných nástrojů hodnocení dopadu silniční infrastruktury na bezpečnost“ (DOPAD) Technologické agentury ČR, Programu Omega (TD03000171).

1. Úvod

Doprava je součástí každodenního života, ať už se jedná o pohyb zboží (přepravu) nebo účastníků (mobilitu). Kromě zřejmých přínosů má ale doprava i negativní externality, mezi něž patří dopravní nehody a dopady na životní prostředí. Zatímco však pro hodnocení dopadů dopravy na životní prostředí existují procesy EIA/SEA, pro hodnocení dopadů na bezpečnost neexistuje jednotný postup. To omezuje možnosti kvalifikované evaluace a navazujících rozhodovacích procesů (cost-benefit analýz, multikriteriálních hodnocení apod.).

Uvedená skutečnost byla motivem výzkumného projektu „Vývoj podpůrných nástrojů hodnocení dopadu silniční infrastruktury na bezpečnost“ (zkráceně DOPAD), realizovaného Centrem dopravního výzkumu, v.v.i. v programu Omega Technologické agentury ČR. Cílem tohoto článku je popsat aktuální stav poznání, představit metodologii vyvinutou v projektu DOPAD včetně ilustračního příkladu a nastínit její roli v evaluačním výzkumu bezpečnosti silničního provozu.

2. Aktuální stav poznání

Hendl (2016) uvádí, že se všeobecným pokrokem a vývojem je nezbytně spojena evaluace, která hodnotí následky zásahů a zpětnou vazbou přispívá tak ke společenské sebereflexi. Jednou z oblastí prudkého vývoje je bezpochyby i silniční doprava, zajišťující a uspokojující neustále narůstající poptávku po přepravě a mobilitě. Jaká je však situace ohledně evaluací, souvisejících s rozvojem dopravy a dopravních sítí?

Nijkamp a Blaas (1994) rozlišují dvě základní oblasti hodnocení dopadu dopravního plánování: dočasné dopady (během stavby) a trvalé dopady, např. na cestovní čas, zaměstnanost nebo migraci. Sinha a Labi (2007) uvádí i další aspekty, rozdělené na technické, environmentální, ekonomické, právní a společenské dopady. Hodnocení dopadů dopravy je aplikováno v řadě zemí, jako je Velká Británie (Department for Transport, 2007), USA (Institute of Transportation Engineers, 2006) nebo Austrálie a Nový Zéland (Cooley et al., 2016).

Přes šíři tohoto výčtu však platí, že přístupy k hodnocení a jejich podrobnost se u jednotlivých komponent hodnocení dopadů dopravy výrazně liší. Tradičně se například klade velký důraz na hodnocení dopadů dopravy na životní prostředí (EIA), které v ČR, dle § 2 zákona č. 100/2001 Sb. o posuzování vlivů na životní prostředí, zahrnuje „vlivy na obyvatelstvo a veřejné zdraví a vlivy na životní prostředí, zahrnující vlivy na živočichy a rostliny, ekosystémy, biologickou rozmanitost, půdu, vodu, ovzduší, klima a krajinu, přírodní zdroje, hmotný majetek a kulturní dědictví“. Tento rozsah kontrastuje s hodnocením dopadu dopravy na bezpečnost silničního provozu (*road safety impact assessment*, RSIA), které není zdaleka tak běžné ani podrobné.

První texty o RSIA, pocházející z 90. let 20. století (Wegman et al., 1994; European Transport Safety Council, 1997), rozlišují následující přístupy:

- hodnocení na strategické úrovni (ohodnocení dopadu změn rozmístění dopravy v silniční síti na nehodovost) nebo projektové úrovni (ohodnocení vlivu změn návrhu silniční infrastruktury),
- hodnocení malého rozsahu (kdy se hodnotí jen konkrétní místo) nebo většího rozsahu (kdy se hodnotí i okolní silniční síť),
- hodnocení infrastrukturních opatření nebo v širším pojetí (např. hodnocení dopadu celostátní změny legislativy na bezpečnost silničního provozu).

Zmíněné zdroje uvádí i benefity hodnocení RSIA; mj. i náklady, které srovnatelně s náklady na EIA, představují obvykle méně než 1 % rozpočtu dopravních staveb. Přesto je však známo, že RSIA se používá jen v malém počtu zemí a s nízkou frekvencí (Evropská komise, 2003). Rozšíření se významně nezvýšilo ani po celoevropské aplikaci Směrnice 2008/96/ES o řízení bezpečnosti silniční infrastruktury, která jmenuje

RSIA jako jeden z nástrojů; analýza implementace jmenované směrnice (Transport & Mobility Leuven, 2014) konstatovala, že RSIA je nejméně používaným nástrojem. Navíc se často jedná o relativně jednoduché postupy: hodnocení např. kvantifikuje dopad na úrovni silničních úseků, bez uvážení křižovatek, přestože na křižovatkách dochází k významnému podílu dopravních nehod (v některých evropských zemích až 60% podíl ze všech nehod) a souvisejících úmrtí (až 35% podíl) (Evropská komise, 2017, 2018).

Z rešerše konkrétních výpočetních aplikací RSIA (Ambros, 2017) vyplynulo, že lze rozlišit dva základní přístupy:

- použití relativní nehodovosti typických kategorií silničních úseků (používáno např. v ČR, Rakousku nebo Nizozemí),
- použití predikčních modelů nehodovosti pro úseky i křižovatky (používáno ve Velké Británii nebo skandinávských zemích), příp. i hodnot účinnosti opatření.

Za účelem vytvoření jednotného a efektivního, avšak zároveň spolehlivého postupu hodnocení dopadu silniční infrastruktury na bezpečnost dopravy, byl realizován zmíněný projekt DOPAD. Inspirací projektu byl druhý z uvedených přístupů k RSIA, tj. vývoj a aplikace predikčních modelů nehodovosti a hodnot účinnosti opatření.

3. Predikční modely nehodovosti

Jako predikční modely nehodovosti (dále zkráceně „modely“) se označují víceproměnné statistické modely, jejichž vysvětlovanou proměnnou (tj. na levé straně rovnice) bývá nehodovost (např. ve formě roční četnosti nehod). Vysvětlující proměnné (na pravé straně rovnice) se volí většínou podle dostupnosti dat: jedná se např. o intenzitu dopravy, délku úseku a další rizikové faktory (např. geometrické parametry trasy komunikace). Protože nehodová data jsou nespojitá a nelineární, používá se pro modelování zobecněná lineární regrese (GLM). Více informací o tvorbě predikčních modelů nehodovosti je k dispozici v zahraničních publikacích (např. Persaud, 2001; Reurings et al., 2005; Hauer, 2015), česky např. v metodikách *Identifikace kritických míst na pozemních komunikacích v extravilánu* (Striegler et al., 2012) nebo *Multifaktorové analýzy dopravní nehodovosti* (Ambros et al., 2014).

Dále je popsán postup tvorby modelů ve třech krocích (segmentace, příprava dat, modelování).

3.1 Segmentace

Prvním krokem je segmentace, tj. rozdělení dálniční a silniční sítě na prvky (jednotky analýzy). K těmto prvkům je potřeba přiřadit data, tj. hodnoty vysvětlovaných a vysvětlujících proměnných. Z toho vyplývá:

- Data musí být dostupná pro všechny prvky. S ohledem na rozsáhlost silniční sítě a praktické možnosti plošného sběru dat proto nebyl analyzován základní soubor (kompletní silniční síť), ale vybrané podsoubory.
- Hodnoty proměnných musí být v rámci těchto prvků konstantní. To však může vést ke vzniku vysokému počtu krátkých segmentů, které jsou problematické např. s ohledem na přesnost následného přiřazení dopravních nehod.

Segmentace je také ovlivněna dostupností dat o zásadní proměnné (nejvlivnějšího rizikového faktoru): intenzity dopravy. Existuje sice plošný zdroj dat z Celostátních sčítání dopravy (CSD), ten však např. nezahrnuje úseky na mimoúrovňových křižovatkách (MÚK), dále silnice II. a III. třídy pokrývá pouze částečně. Tyto nedostatky byly pro potřeby projektu vyřešeny následovně:

- Na MÚK byl proveden vlastní sběr dat (ruční sčítání dopravy). Na základě získané intenzity dopravy byly vytvořeny modely pro uzly a úseky MÚK.
- Pro vývoj modelů pro křižovatky byly chybějící intenzity dopravy na vedlejších ramenech ve vybraném podsouboru doplněny vlastním sběrem dat (pomocí statistických radarů).
- Pro tvorbu modelů pro úseky by bylo vhodné mít úseky definované mezi křižovatkami, definovanými postupem popsáním v bodu 2. Protože však není prakticky reálné získat intenzity na všech křižovatkách, byl aplikován alternativní postup: zohlednění křižovatek v rámci úseku prostřednictvím jejich počtu na 1 km délky (tzv. hustoty křižovatek).

3.2 Příprava dat

S ohledem na pokrytí a dostupnost dat byla pro vývoj modelů zvolena následující kategorizace (viz Tab. 1).

Tabulka 1: Zvolená kategorizace dálniční a silniční sítě

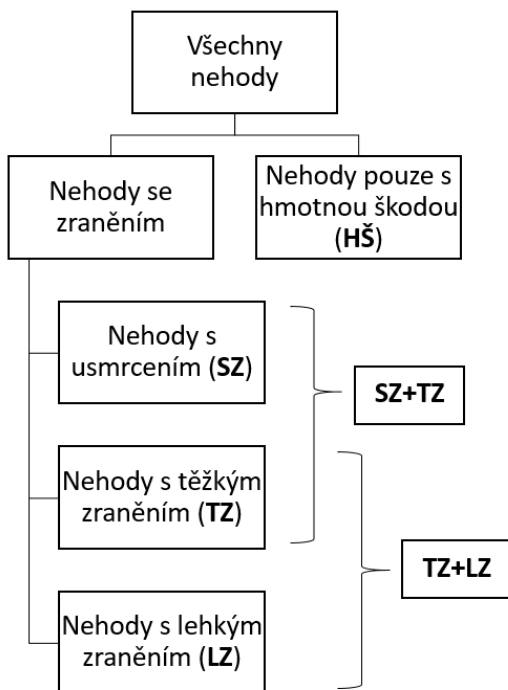
Dálnice			Silnice I. třídy					Silnice II. a III. třídy		
MÚK		úseky	křižovatky			úseky		křižovatky		úseky
uzly	úseky		stykové	průsečné	okružní	dvou- pruhové	směrově rozdělené	stykové	průsečné	

Zdroj: Ambros et al. (2017)

Pro uvedené kategorie byla následně shromážděna:

1. nehodová data, rozdělená podle nejvyšších dosažených úrovní závažnosti:
 - počet nehod, při kterých došlo k usmrcení N_{SZ}
 - počet nehod, při kterých došlo k těžkému zranění N_{TZ}
 - počet nehod, při kterých došlo k lehkému zranění N_{LZ}
 - počet nehod, při kterých došlo pouze k hmotné škodě $N_{HŠ}$
 - včetně kombinací (N_{SZ+TZ} , N_{TZ+LZ}), nehod se zraněním $N_{zranění}$ a všech nehod $N_{vše} = N_{zranění} + N_{HŠ}$, viz Obr. 1,
2. dopravní data (intenzita dopravy),
3. silniční data (počet jízdních pruhů, počet ramen křižovatky, typ řízení apod.).

Obrazek 1: Struktura osmi úrovní závažnosti nehod, pro které byly vytvořeny predikční modely



Zdroj: Ambros et al. (2017)

S ohledem na relativně nízkou četnost nehod na dálnicích byla zvolena maximální délka období dostupných lokalizovaných nehodových dat 7 let: od roku 2009 (po změně limitu registrace nehod s hmotnou škodou) do roku 2015, který byl poslední dostupný v době přípravy dat (2016). V případě křižovatek byly přiřazeny nehody, lokalizované v oblasti s poloměrem 50 m kolem středu křižovatky.

S uvážením zvoleného sedmiletého období analýzy bylo nutno zajistit, že prvky (úseky a křižovatky), jejichž data byla využita pro vývoj modelů, byly po celé období bez zásadních změn (přestavby, novostavby apod.). Z toho důvodu byly z analýzy mj. vyloučeny dálniční úseky zprovozněné/rekonstruované po roce 2010. Více podrobností k použitým datům je k dispozici v certifikované metodice (Ambros et al., 2017).

3.3 Tvorba modelů

V návaznosti na dříve uvedené zdroje byly zvoleny následující základní formy predikčních modelů nehodovosti:

- pro úseky: $\hat{N} = a \cdot I^b \cdot L^c \cdot \exp(d \cdot X + e \cdot Y + \dots)$, tj. očekávaný počet nehod je funkcí intenzity dopravy I a délky úseku L (v mocninném tvaru) a dalších proměnných $X, Y \dots$ (v exponenciálním tvaru),
- pro křižovatky: $\hat{N} = a \cdot (I_{hl})^b \cdot (I_{vedl})^c \cdot \exp(d \cdot X + e \cdot Y + \dots)$, tj. očekávaný počet nehod je funkcí součinu intenzit dopravy na hlavní komunikaci I_{hl} a vedlejší komunikaci I_{vedl} v mocninném tvaru a dalších proměnných $X, Y \dots$ (v exponenciálním tvaru).

Tyto modely byly vytvářeny (kalibrovány) pomocí zobecněné lineární regrese (GLM) ve statistickém software IBM SPSS kombinací dvou strategií:

- dopředné selekce, tj. vytvořením nulového modelu (pouze s konstantou a) a postupným přidáváním proměnných, dokud jsou všechny statisticky významné,
- zpětné eliminace, tj. vytvořením modelu se všemi potenciálními proměnnými a postupným odebíráním těch, které nejsou dostatečně statisticky významné.

Modely byly vytvořeny pro uvedené kategorie (Tab. 1) a osm variant počtu nehod dle závažnosti (viz Obr. 1). Z důvodu relativně nízkých četností nehod jednotlivých úrovní závažnosti byl v souladu se zahraničními zdroji (Srinivasan a Bauer, 2013) aplikován následující postup:

- byl vytvořen tzv. výchozí model (model pro nejčetnější skupinu, tj. $N_{vše}$),
- byly vypočteny průměrné podíly nehod jednotlivých úrovní závažnosti (např. $podíl_{SZ} = N_{SZ}/N_{vše}$),
- modely pro úrovně závažnosti byly získány vynásobením konstanty a výchozího modelu jednotlivými podíly (např. $a_{SZ} = a_{vše} \cdot podíl_{SZ}$).

Z toho důvodu se u modelů liší pouze konstanty a ; ostatní koeficienty (b, c, d) jsou pro modely v rámci jedné kategorie totožné.

Výsledkem modelování jsou střední hodnoty regresních parametrů (konstanty a a koeficientů b, c, d) pro vstupní soubory, reprezentující 11 zvolených kategorií (Tab. 1) a osm úrovní závažnosti nehod (Obr. 1). Některé kategorie jsou dále rozděleny, např. pro extravilán/intravilán (EX/IN) nebo více variant modelů (základní/rozšířený model). Celkem bylo vytvořeno 144 modelů (viz Ambros et al., 2017). Pro ilustraci je v Tab. 2 uveden příklad modelů, vytvořených pro stykové křižovatky na silnicích I. třídy, v následujících variantách:

- *Základní model*, použitelný v případě, kdy má uživatel k dispozici pouze informace o intenzitě dopravy; navíc jsou uvedeny varianty pro extravilán (EX) a intravilán (IN).
- *Rozšířený model*, použitelný v případě, kdy má uživatel k dispozici kromě intenzit dopravy i informace o (ne)existenci samostatných odbočovacích pruhů; tato varianta je použitelná pouze pro extravilán.

Tabulka 2: Příklad modelů vytvořených pro stykové křižovatky na silnicích I. třídy

		$\hat{N} = a \cdot (I_{hl})^b \cdot (I_{vedl})^c$								
		$\hat{N} = a \cdot (I_{hl})^b \cdot (I_{vedl})^c \cdot \exp(odb.pruh)$								
		I_{hl} ... intenzita dopravy na hlavní komunikaci [voz/d] I_{vedl} ... intenzita dopravy na vedlejší komunikaci [voz/d]								
		$odb.pruh$... přítomnost samostatného odbočovacího pruhu (ne/ano)								
		vše	zranění	SZ+TZ	TZ+LZ	SZ	TZ	LZ	HŠ	
Základní model	EX	a	1,074 E-03	5,154 E-04	1,076 E-04	4,922 E-04	2,318 E-05	8,447 E-05	4,078 E-04	5,584 E-04
		b	0,411							
		c	0,436							
	IN	a	4,525 E-04	1,901 E-04	2,457 E-05	1,867 E-04	3,360 E-06	2,121 E-05	1,655 E-04	2,625 E-04
		b	0,587							
		c	0,296							
Rozšířený model	EX	a	4,982 E-02	2,392 E-04	4,994 E-05	2,284 E-04	1,075 E-05	3,919 E-05	1,892 E-04	2,591 E-04
		b	0,481							
		c	0,476							
	$odb.p.$	ano	-0,267							
	ne	0								

Zdroj: Ambros et al. (2017)

Po dosažení parametrů do příslušných modelů lze určit roční očekávaný počet nehod. Pro ilustraci bude v části 5 uveden příklad reálné aplikace.

4. Hodnoty účinnosti opatření

Účinnost (U) je hodnota, udávající očekávanou změnu nehodovosti po aplikaci příslušného opatření, tj. podíl počtu nehod po a před aplikací opatření. Procentuální snížení nehodovosti odpovídá hodnotě $1 - U$. Např. účinnost 0,8 znamená snížení nehodovosti o 20 %; naopak 1,15 znamená zvýšení nehodovosti o 15 %. (Je nutno poznamenat, že se jedná o bodové odhady; dále budou pro zjednodušení používány střední hodnoty.)

Existují dva základní přístupy k určení účinnosti opatření: (a) předběžné a následné studie nebo (b) průřezové studie. Zatímco způsob (a) srovnává stejné lokality (*před a po* úpravě), způsob (b) srovnává různé lokality (*s a bez* úpravy). Způsob (b) může být rychlejší, protože se nemusí čekat na provedení úpravy. Nevýhodou však je, že srovnávací skupina není nikdy plně srovnatelná. Obecně se proto více doporučuje způsob (a). Pro oba přístupy však platí, že je nutno zohlednit také další vlivy, tzv. matoucí proměnné, mezi které patří regrese k průměru (kolísání počtu nehod kolem dlouhodobého průměru), změny intenzity dopravy a další dlouhodobé trendy. Doporučeným způsobem hodnocení účinnosti opatření je předběžná a následná studie s využitím empirické bayesovské (EB) metody. Ta používá tzv. EB odhad: kombinaci historie nehod s predikcí (pomocí predikčního modelu nehodovosti), která eliminuje vliv regrese k průměru, tj. možnost, že by počet nehod klesl samovolně (i bez aplikace opatření). Postup je následující:

- zjištění počtu nehod, ke kterým došlo po aplikaci opatření.
- odhad počtu nehod, ke kterým by došlo, kdyby se opatření neaplikovalo.
- rozdíl těchto hodnot představuje skutečnou účinnost opatření.

V kroku 2 se použije predikční model nehodovosti, reprezentující srovnávací (neovlivněnou) skupinu – jedná se o příklad tzv. kontrafaktuální evaluace (Potluka a Brůha, 2013; Gertler et al., 2016). Podrobný postup lze najít v řadě zahraničních materiálů (např. Gross et al., 2010; Cairney et al., 2012), česky pak v učebním textu Ambros (2013).

V zahraničí se uvedené studie provádí dlouhodobě; na základě jejich výsledků proto vznikla řada přehledů a databází. Mezi nejznámější patří rozsáhlý soubor meta-analýz *The Handbook of Road Safety Measures* (Elvik et al., 2009). Dále existuje řada webových repozitářů; mezi nejznámější patří americký *Crash Modification Factors Clearinghouse* (<http://www.cmfclearinghouse.org/>). V ČR však obdobná tradice neexistuje, a proto je zde stav opačný – chybí povědomí o hodnocení účinnosti a konkrétní hodnoty v českém prostředí nejsou známy. Provedení série studií, zaměřené alespoň na nejčastější opatření, je dlouhodobým úkolem. V projektu DOPAD byly pilotně provedeny studie dvou opatření:

1. *Hodnocení účinnosti úpravy průsečné křižovatky na okružní*

- Hodnocená skupina: 18 případů typických okružních křižovatek (v intravilánu, bez světelného řízení, jednopruhové, čtyřramenné).
- Srovnávací skupina: 66 průsečných křižovatek v intravilánu, ve srovnatelném intervalu intenzit dopravy.
- Výsledná účinnost: 52% snížení celkového počtu nehod, 53% snížení počtu nehod se zraněním. Výsledek je v rozsahu 50–60 % udávaném evropskými studiiemi (Elvik, 2003).

2. *Hodnocení účinnosti úpravy křižovatky na světelné řízení*

- Hodnocená skupina: cca 40 stykových a průsečných křižovatek v Praze a Ostravě.
- Srovnávací skupina: cca 40 srovnatelných (neupravených) křižovatek.
- Výsledná účinnost: snížení nehodovosti v rozmezí 17–48 %; částečně srovnatelné s mezinárodními odhady 15–35 % (Elvik et al., 2009).

Z obou závěrů vyplývá částečná podobnost s výsledky zahraničních studií. Jako dočasné řešení lze proto aplikovat zahraniční odhady účinnosti opatření. V metodice projektu DOPAD (Ambros et al., 2017) byl proto sestaven přehled orientační hodnot účinnosti pro vybraná typická opatření.

Hodnoty účinnosti opatření se aplikují v kombinaci s predikčními modely nehodovosti. Pro ilustraci lze uvést příklad:

- Dosazením příslušných hodnot intenzity dopravy do rovnice predikčního modelu pro průsečné křižovatky se určí očekávaný roční počet nehod na průsečné křižovatce, na které není osazena dopravní značka „Dej přednost v jízdě“.
- Je-li potřeba zohlednit vliv instalace zmíněné dopravní značky (který není v modelu obsažen), vynásobí se výsledek modelu hodnotou příslušné účinnosti (zde konkrétně 0,75).

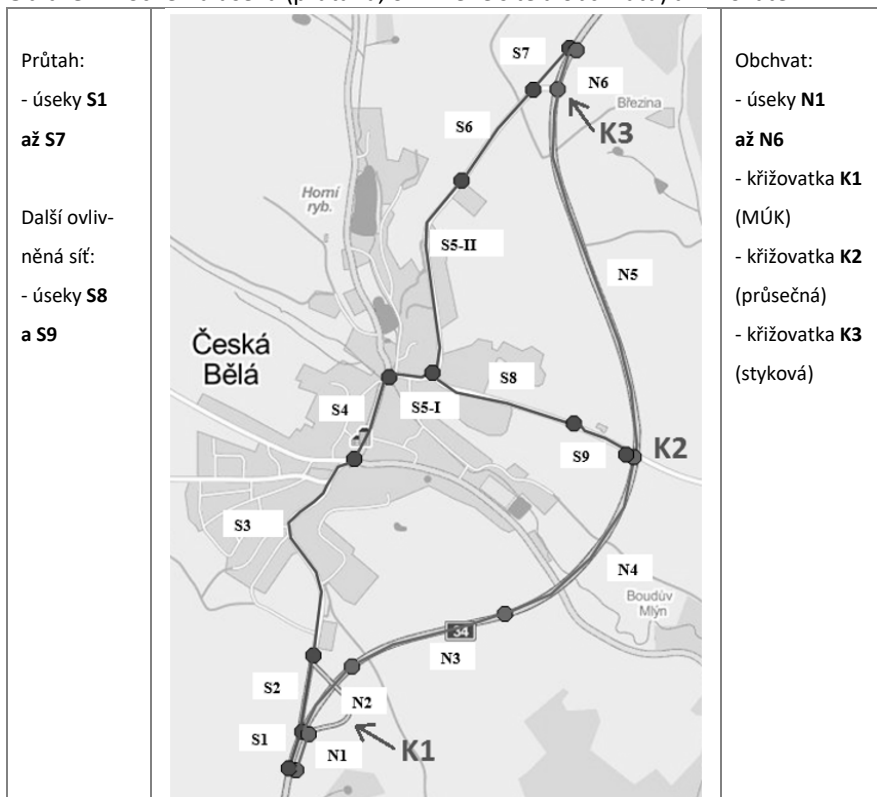
Často se stává, že úpravy zahrnují více opatření zároveň. V tom případě se účinnosti násobí. S ohledem na možné nadhodnocení účinnosti se ale nedoporučuje kombinovat výpočet pro více než 3 opatření zároveň (OECD, 2012); případně se doporučuje vynásobit hodnotu očekávaného procentuálního snížení nehodovosti poměrem 2/3 (Turner, 2011).

5. Příklad aplikace

Z jednání s budoucími uživateli výstupů projektu – Ministerstvem dopravy, Státním fondem dopravní infrastruktury a Ředitelstvím silnic a dálnic ČR (ŘSD ČR) – vyplynulo, že bude vhodné soustředit praktickou aplikaci na nové pozemní komunikace. Jako konkrétní příklad byly vybrány obchvaty obcí, kterých se aktuálně realizuje cca 20 a dalších cca 20 je v přípravě (iDNES, 2015).

Pro následující ukázkou byl zvolen příklad hodnocení již realizovaného obchvatu obce Česká Bělá, na základě podkladů poskytnutých ŘSD ČR. Jednalo se o cca 3 km dlouhou přeložku silnice I/34, zahrnující stavbu nových křižovatek (dvou úrovnových s odbočovacími pruhy a jedné mimoúrovňové). Trasa byla rozdělena na homogenní úseky. Základní síť složená je tvořena původní trasou (úseky S1 až S7); do hodnocení byly rovněž zařazeny úseky S8 a S9, které se nacházejí na silnici III/3509 mezi novým obchvatem a středem obce. V projektovém případě byla do sítě doplněna trasa obchvatu (úseky N1 až N6), viz Obr. 2.

Obrázek 2: Schéma úseků (průtahu, ovlivněné sítě a obchvatu) a křižovatek



Zdroj: Ambros et al. (2017)

Hodnocení RSIA se provádí ve dvou variantách:

- nulová varianta (varianta 0), tj. stav při zachování stávající infrastruktury (pouze průtahu, bez obchvatu),
- projektová varianta (varianta 1), tj. stav při realizaci projektu (stavbě obchvatu).

Každé variantě přísluší hodnoty intenzity dopravy:

- výchozí hodnoty pochází z Celostátního sčítání dopravy 2005 (s doplňkovým vlastním průzkumem na silnici III/3509) a byly přepočteny na úroveň roku 2008 (zahájení stavby),

- prognóza na nulovou variantu v roce 2011 (ukončení stavby) byla provedena podle růstových koeficientů. Prognóza intenzity dopravy v projektové variantě vychází z dopravního modelu.

Z uvedených informací byla získána vstupní data pro výpočet (dosazení hodnot do příslušných modelů a získání predikce očekávané nehodovosti. Celkové hodnocení pro variantu 0 a 1 bylo získáno součtem za jednotlivé segmenty. Výsledky výpočtu jsou uvedeny v Tab. 3, kde ze srovnání variant vyplývá:

- nárůst počtu smrtelných nehod (pravděpodobně způsobený vznikem nových úrovnových křižovatek a také možným nárůstem rychlosti jízdy na průtahu),
- pokles počtu nehod se zraněním i nehod s hmotnou škodou.

Hodnoty byly převedeny na finanční vyjádření s využitím sazeb celospolečenských ztrát z dopravní nehodovosti (Vyskočilová et al., 2017); pro více informací viz Tab. 3.

Tabulka 3: Výsledky ve formě celospolečenských ztrát z dopravní nehodovosti

Kategorie	Celospolečenské ztráty [Kč]		
	varianta 0	varianta 1	rozdíl var. 1 – var. 0
Smrtelné nehody (SZ)	4 150 882	5 439 454	1 288 572
Nehody s těžkým a lehkým zraněním (TZ+LZ)	82 766 805	79 181 056	-3 585 749
Nehody s hmotnou škodou (HŠ)	146 859 088	145 120 415	-1 738 673
Celkem	233 776 776	229 740 925	-4 035 851

Zdroj: Ambros et al. (2017)

Celkový rozdíl variant 1 a 0 odpovídá snížení celospolečenských ztrát o cca 4 mil. Kč. Při uvážení typického horizontu 30 let se jedná o částku cca 120 mil. Kč. Pro srovnání lze uvést, že v původní dokumentaci ekonomického hodnocení, poskytnuté ŘSD ČR, byl vliv na nehody vyjádřen jako nulový.

Uvedený postup lze provést také on-line, s využitím podpůrné aplikace, veřejně (po registraci zdarma) dostupné na webu projektu DOPAD (<https://dopad.cdvinfo.cz/>). Konkrétní kroky jsou uvedeny v certifikované metodice (Ambros et al., 2017), která je na webu taktéž dostupná.

Výpočetní aplikace umožňuje zvolit trasy v mapovém podkladu, definovat segmenty a zadat k nim vstupní data (délky se načtou automaticky z mapy). Aplikace poté provede výpočet (dosazení vstupních hodnot do rovnic příslušných predikčních modelů pro požadované úrovně závažnosti).

6. Diskuze

Silniční doprava, běžná součást života, má i negativní dopady, mezi něž patří dopravní nehody. Aby bylo možné je exaktně měřit a hodnotit, je nutno vyvinout a aplikovat efektivní, ale zároveň spolehlivou metodologii, srovnatelnou např. s procesem hodnocení dopadů dopravy na životní prostředí (EIA/SEA). S touto motivací byl realizován zmíněný projekt DOPAD.

Popsaný výzkum lze považovat za jeden z kroků směrem k „praxi založené na evidenci“ (EBP; Hendl a Remr, 2017). Evaluace je základem EBP; je zdrojem evidence, který umožňuje podpořit objektivní proces rozhodování (Gertler et al., 2016). Zatímco v medicíně a sociálních vědách aplikace postupů založených na evidenci již existují (Greenhalgh, 2003; Hendl, 2016; Hendl a Remr, 2017), v oboru dopravy tomu tak není. Lze diskutovat nad řadou potenciálních příčin; hlavní z nich budou dále uvedeny.

Základem, na kterém lze stavět EBP, je kvalitní výzkum. „Zlatým standardem“ jsou experimentální studie, především znáhodněné klinické pokusy (RCT). Jen těžko si však lze představit jejich realizaci v oboru bezpečnosti dopravy: např. za účelem evaluace účinnosti svodidla by byly náhodně vybrány úseky, kde svodidla budou aplikována, a na jiných úsecích úmyslně aplikována nebudou. Kontrolované studie jsou proto vzácné; např. Wentz et al. (2001), při hledání kvalitních studií pro návrh dopravně preventivních programů zjistili, že pouze 1,4 % z nich splňuje požadavky kontrolovaných studií. Většina evaluací bezpečnostních opatření proto vychází z observačních studií. V této oblasti se doporučuje používat předběžné a následné studie, jejichž provedení však není jednoduché, z důvodu nízké četnosti konkrétních úprav a také časových nároků na sběr dat v období před a po úpravě. Proto se často používá jednodušší varianta, tj. průřezové studie, které však jsou z pohledu EBP až na předposledním místě v „tradiční hierarchii důkazů“

(Greenhalgh, 2003). Výsledky průřezových studií (což zahrnuje i predikční modely) jsou často zkresleny vlivem matoucích proměnných, což je vzdaluje od kauzálních závěrů (Elvik et al., 2009; Hauer, 2010). Východiskem jsou postupné inovace a zpřesňování evaluačních metod; jmenovat lze např. empirický bayesovský přístup, který snižuje vliv regrese k průměru a tak zpřesňuje výsledky observačních studií (Hauer, 1997). Dále lze aplikovat přístupy, používané v jiných oborech, především sociálních vědách, jako strukturální modelování, kauzální diagramy nebo víceúrovňové modely (Bonneson a Ivan, 2013), nebo např. v epidemiologii (Elvik, 2008; Gross et al., 2010).

Kromě úvahy o metodologii evaluačních studií dopravně bezpečnostních opatření se lze ptát i z institucionální perspektivy: Jaké je povědomí klíčových subjektů o hodnotě a přínosu evaluačního výzkumu? Je potřeba po výsledcích evaluací? Jaký je vlastně vztah evaluačního výzkumu a praxe? Pro kvalifikované zodpovězení bohužel chybí objektivní informace o situaci v ČR. V USA je však situace taková, že neexistuje systematické univerzitní vzdělání v oboru bezpečnosti silničního provozu; výzkumné metody a techniky se navíc vyvíjí rychleji než univerzitní programy a studijní materiály. Většina expertů tudíž přichází z jiných oborů a vědomosti z oboru bezpečnosti musí postupně kumulovat a aktualizovat (Hauer, 2007; Gross a Jovanis, 2008). Přitom tyto experti se následně stávají těmi, kdo utváří a ovlivňují silniční infrastrukturu a provoz. Bez kvalitní evidence (kvantitativních znalostí a porozumění vlivu faktorů a opatření na bezpečnost dopravy) však nemohou profesionálně a zodpovědně rozhodovat. Pouze vyhovět požadavkům předpisů a norem nestačí, protože ani tyto nejsou vystavěny na evidenci a tudíž nemohou automaticky zaručit bezpečnost (Hauer, 2016; Elvik, 2017).

Evaluace v oboru bezpečnosti dopravy má tedy klíčovou roli. Pokud zodpovědné subjekty budou pravidelně zpětně hodnotit svoje rozhodnutí a vyvozovat závěry pro další vývoj, bude se systém postupně učit a zdokonalovat. Ve srovnání se současným pragmatickým systémem se pak bude jednat o systém racionální, který má tři základní rysy (Hauer, 2007):

- zodpovědné osoby mají faktické znalosti
- každé rozhodnutí má předem kvantifikovaný účinek
- účinky všech provedených rozhodnutí se zpětně vyhodnocují

Je to tedy systém, který hodnotí své fungování, reflektuje svoje chyby a učí se ze zkušenosti. K tomu však potřebuje informace založené na evidenci, která vzniká z objektivních evaluací. Že se nejedná pouze o teorii, dokládá nedávná studie Světové banky. Na základě analýzy více než 1000 rozvojových projektů bylo zjištěno, že ty, u kterých probíhaly průběžné evaluace, přispívaly k celkově kvalitnějším výstupům (Legovini et al., 2015).

Dopravně bezpečnostní opatření a intervence mohou být úspěšné jen v případě, že budou založené na evidenci, vycházející z aplikací objektivních evaluačních nástrojů. Mezi ty patří např. zmíněné predikční modely potřebné ke kvalitnímu hodnocení účinnosti nebo informace o účinnosti opatření. Tyto informace nejsou jen abstraktní čísla; jsou to koncentrované zdroje informací vycházející z řady předchozích analýz. Postupný vývoj a zdokonalování těchto nástrojů dovolí opustit méně funkční přístupy, které jsou založeny na intuici, pocitech a informacích, a nereflektují aktuální vědecké informace.

7. Shrnutí a závěr

Parametry silniční infrastruktury mají vliv na bezpečnost silničního provozu – kvantitativní znalost tohoto vztahu tedy umožní nastavit parametry již ve fázi návrhu tak, aby byla zajištěna bezpečnost. S touto motivací byl realizován popsáný projekt DOPAD, jehož výstupem je certifikovaná metodika *Hodnocení dopadu silniční infrastruktury na bezpečnost dopravy* a podpůrná on-line aplikace; oba výstupy jsou volně dostupné na projektovém webu <https://dopad.cdvinfo.cz/>.

Novost zvoleného postupu leží především ve vývoji a aplikaci predikčních modelů nehodovosti, podobně jako např. ve Velké Británii nebo skandinávských zemích. Tyto modely, na rozdíl od jednodušších postupů založených pouze na relativní nehodovosti mezikřížovatkových úseků, umožňují zohlednit více rizikových faktorů a dosáhnout tak větší podrobnosti analýzy.

Praktický přínos navržené metody byl prezentován na příkladu reálného hodnocení obchvatu. Na rozdíl od tradičního postupu, který konstatoval nulovou změnu úrovně bezpečnosti (což neumožňuje vyzdvihnout pří-

nos obchvatu), vedlo použití predikčních modelů ke zjištění snížení nehodovosti. Tím získává hodnotitel objektivní argument ve prospěch stavby obchvatu. Vytvoření více variant návrhu, lišících se např. v typu pozemní komunikace nebo typu křižovatky, a jejich srovnání zároveň umožní optimalizaci požadavků na připravovaný projekt tak, aby se ztráty z nehodovosti nezvýšily, ale naopak snížily.

Uvedené postupy lze dále zdokonalovat. Do budoucna, i ve vazbě na praktické používání hodnocení RSIA a zpětnou vazbu, bude jistě možné poskytnuté nástroje inovovat a aktualizovat. To umožní další kroky k praxi založené na evidenci a racionálnímu řízení bezpečnosti silničního provozu.

Poděkování za spolupráci patří Ing. Františku Doubkovi z Ředitelství silnic a dálnic, Úseku výstavby, Oddělení technické přípravy.

Literatura

- [1] AMBROS, Jiří. *Hodnocení bezpečnosti dopravy* [online]. Brno: Centrum dopravního výzkumu, ©2013. ISBN 978-80-248-3263-0. Dostupné z: http://issuu.com/cdvcz/docs/m8_ambros_final
- [2] AMBROS, Jiří, Veronika VALENTOVÁ, Radim STRIEGLER, Pavel HAVRÁNEK, Eva SIMONOVÁ, Martin LIPL, Lucie VYSKOČILOVÁ, Petr POKORNÝ, Jan NOVÁK, Martin KYSELÝ, Zbyněk JANOŠKA, Ondřej GOGOLÍN a Jindřich FRIČ. *Multifaktorová analýza dopravní nehodovosti – metodika provádění*. Brno: Centrum dopravního výzkumu, v.v.i., ©2014. ISBN 978-80-88074-01-4.
- [3] AMBROS, Jiří. Development of Czech road safety impact assessment guidelines. In: *XV. European Transport Congress*. Budapešť, 2017, s. 91–99. ISBN 978-615-5298-99-8.
- [4] AMBROS, Jiří, Richard TUREK, Pavel HAVRÁNEK, Jan NOVÁK a Veronika VALENTOVÁ. *Metodika hodnocení dopadu silniční infrastruktury na bezpečnost*. Brno: Centrum dopravního výzkumu, v.v.i., ©2017. ISBN 978-80-88074-56-4.
- [5] BONNESON, James a John IVAN. *Theory, Explanation, and Prediction in Road Safety: Promising Directions* [online]. Washington: Transportation Research Board, ©2013. Dostupné z: <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/circulars/ec179.pdf>
- [6] CAIRNEY, Peter, Blair TURNER a Lisa STEINMETZ. *An Introductory Guide for Evaluating Effectiveness of Road Safety Treatments*. Sydney: Austroads, ©2012. ISBN 978-1-921991-59-2.
- [7] COOLEY, Kirstine, Chris DE GRUYTER a Alexa DELBOSC. A best practice evaluation of traffic impact assessment guidelines in Australia and New Zealand. In: *2016 Australasian Transport Research Forum* [online]. Melbourne: 2016 [cit. 2018–02–09]. Dostupné z: http://atrf.info/papers/2016/files/ATRF2016_Full_papers_resubmission_155.pdf
- [8] DEPARTMENT FOR TRANSPORT. *Guidance on Transport Assessment* [online]. Londýn: Department for Transport, ©2007. ISBN 978-0-11-552856-9. Dostupné z: <https://www.gov.uk/government/publications/guidance-on-transport-assessment>
- [9] ELVIK, Rune. Effects on Road Safety of Converting Intersections to Roundabouts: Review of Evidence from Non-US studies. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 2003, 1847, 1-10.

- [10] ELVIK, Rune. Criteria for causal inference: lessons from epidemiology applied to safety evaluation. In: *Workshop on future directions in highway crash data modeling*. Washington: 2008.
- [11] ELVIK, Rune, Alena HØYE, Truls VAA a Michael SØRENSEN. *The Handbook of Road Safety Measures, Second Edition*. Bingley: Emerald, ©2009. ISBN 978-1-84855-250-0.
- [12] ELVIK, Rune. Can evolutionary theory explain the slow development of knowledge about the level of safety built into roads? *Accident Analysis & Prevention*, 2017, 106, 166-172.
- [13] EUROPEAN TRANSPORT SAFETY COUNCIL. *Road safety audit and safety impact assessment* [online]. Brusel: European Transport Safety Council, ©1997. ISBN 90-76024-02-2. Dostupné z: <http://etsc.eu/road-safety-audit-and-safety-impact-assessment/>
- [14] EVROPSKÁ KOMISE. *Road Infrastructure Safety Management: Report of the Working Group on Infrastructure Safety*. Brusel: Evropská komise, ©2003.
- [15] GERTLER, Paul J., Sebastian MARTINEZ, Patrick PREMAND, Laura B. RAWLINGS a Christel M. J. VERMEERSCH. *Impact Evaluation in Practice. Second Edition* [online]. Washington: The World Bank, ©2016. ISBN 978-1-4648-0779-4. Dostupné z: <http://www.worldbank.org/en/programs/sief-trust-fund/publication/impact-evaluation-in-practice>
- [16] GREENHALGH, Trisha. *Jak pracovat s vědeckou publikací: Základy medicíny založené na důkazu*. Praha: Grada, ©2003. ISBN 80-247-0310-6.
- [17] GROSS, Frank a Paul P. JOVANIS. Current State of Highway Safety Education: Safety Course Offerings in Engineering and Public Health. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 208, 134(1), 49-58.
- [18] GROSS, Frank, Bhagwant PERSAUD a Craig LYON. *A Guide to Developing Quality Crash Modification Factors* [online]. Washington: Federal Highway Administration, ©2010. Dostupné z: <https://safety.fhwa.dot.gov/tools/crf/resources/fhwasa10032/>
- [19] HAUER, Ezra. *Observational Before-After Studies in Road Safety: Estimating the Effect of Highway and Traffic Engineering Measures on Road Safety*. Oxford: Pergamon, ©1997. ISBN 0-08-043053-8.
- [20] HAUER, Ezra. A case for evidence-based road-safety delivery. In: *Improving Traffic Safety Culture in the United States: The Journey Forward*. Washington: AAA Foundation for Traffic Safety, 2007. s. 329-343.

- [21] HAUER, Ezra. Cause, effect and regression in road safety: A case study. *Accident Analysis & Prevention*. 2010, 42, 1128-1135.
- [22] HAUER, Ezra. *The Art of Regression Modeling in Road Safety*. Cham: Springer, ©2015. ISBN 978-3-319-12528-2.
- [23] HAUER, Ezra. An exemplum and its road safety morals. *Accident Analysis & Prevention*. 2016, 94, 168–179.
- [24] HENDL, Jan. *Kvalitativní výzkum: Základní teorie, metody a aplikace*. 4. vyd. Praha: Portál, ©2016. ISBN 978-80-262-0982-9.
- [25] HENDL, Jan a Jiří REMR. *Metody výzkumu a evaluace*. Praha: Portál, ©2017. ISBN 978-80-262-1192-1.
- [26] INSTITUTE OF TRANSPORTATION ENGINEERS. *Transportation Impact Analyses for Site Development: An ITE Proposed Recommended Practice*. Washington: Institute of Transportation Engineers, ©2006. ISBN 9781933452104.
- [27] *Junctions* [online]. Evropská komise [cit. 2018–02–09]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/knowledge/road/getting_initial_safety_design_principles_right/junctions_en
- [28] LEGOVINI, Arianna, Vincenzo DI MARO a Caio PIZA. *Impact Evaluation Helps Deliver Development Projects* [online]. Washington: World Bank Group, ©2015. Dostupné z: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/21154>
- [29] *MAPA: Podívejte se, kde brzy vyrostou městské obchvaty* [online]. iDNES: ©2015 [cit. 2018–02–09]. Dostupné z: https://ekonomika.idnes.cz/mapa-budoucich-obchvatu-0sl-ekonomika.aspx?c=A150724_174534_ekonomika_rny
- [30] NIJKAMP, Peter a Eddy BLAAS. *Impact Assessment and Evaluation in Transportation Planning*. Dordrecht: Springer, ©1994. ISBN 978-90-481-4353-5.
- [31] PERSAUD, Bhagwant N. *Statistical Methods in Highway Safety Analysis: A Synthesis of Highway Practice* [online]. Washington: Transportation Research Board, ©2001. ISBN 0-309-06905-X. Dostupné z: http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_syn_295.pdf
- [32] POTLUKA, Oto a Jan BRŮHA. Zkušenosti s kontrafaktuální dopadovou evaluací v České republice. *Evaluální teorie a praxe*, 2013, 1(1), 53-68.
- [33] REURINGS, Martine, Theo JANSSEN, Rob EENINK, Rune ELVIK, João CARDOSO a Christian STEFAN. *Accident prediction models and road safety impact assessment: a state-of-the-art*. Brusel: Evropská komise, ©2005.

- [34] SINHA, Kumares C. a Samuel LABI. *Transportation Decision Making: Principles of Project Evaluation and Programming*. New Jersey: John Wiley & Sons, ©2007. ISBN 978-0-471-74732-1.
- [35] SRINIVASAN, Raghavan a Karin BAUER. *Safety Performance Function Development Guide: Developing Jurisdiction-Specific SPFs* [online]. Washington: Federal Highway Administration, ©2013. Dostupné z: https://safety.fhwa.dot.gov/rsdp/downloads/spf_development_guide_final.pdf
- [36] STRIEGLER, Radim, Veronika VALENTOVÁ, Petr POKORNÝ, Jiří AMBROS, Petr ŠENK a Zbyněk JANOŠKA. *Identifikace kritických míst na pozemních komunikacích v extravilánu – metodika provádění*. Brno: Centrum dopravního výzkumu, v.v.i., ©2012. ISBN 978-80-86502-47-2.
- [37] *Traffic Safety Basic Facts 2017 – Junctions* [online]. Evropská komise [cit. 2018-02-09]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/statistics/dacota/bfs2017_junctions.pdf
- [38] TRANSPORT & MOBILITY LEUVEN. *Study on the effectiveness and on the improvement of the EU legislative framework on road infrastructure safety management* [online]. Leuven: Transport & Mobility Leuven, ©2014. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/facts-fundings/evaluations/doc/2014-12-eval-directive-2008-96-ec.pdf>
- [39] TURNER, Blair. Estimating the safety benefits when using multiple road engineering treatments. *Road Safety Risk Reporter*. 2011, 11, 1-2.
- [40] OECD. *Sharing Road Safety: Developing an International Framework for Crash Modification Functions*. Paříž: OECD, ©2012. ISBN 978-92-821-0375-3.
- [41] VYSKOČILOVÁ, Alena, Jan TECL, Ondřej VALACH a Jiří AMBROS. *Aktualizovaná metodika výpočtu ztrát z dopravní nehodovosti na pozemních komunikacích*. Brno: Centrum dopravního výzkumu, v.v.i., ©2017. ISBN 978-80-88074-50-2.
- [42] WEGMAN, F. C. M., R. ROSZBACH, J. A. G. MULDER, C. C. SCHOON a F. POPPE. *Road Safety Impact Assessment (RIA): A proposal for tools and procedures for a RIA* [online]. Leidschendam: SWOV Institute for Road Safety Research, ©1994. Dostupné z: <https://www.swov.nl/sites/default/files/publicaties/rapport/r-94-20.pdf>
- [43] WENTZ, Reinhard, Ian ROBERTS, Frances BUNN, Phil EDWARDS, Irene KWAN a Carol LEFEBVRE. Identifying controlled evaluation studies of road safety interventions: Searching for needles in a haystack. *Journal of Safety Research*, 2001, 32(3), 267-276.