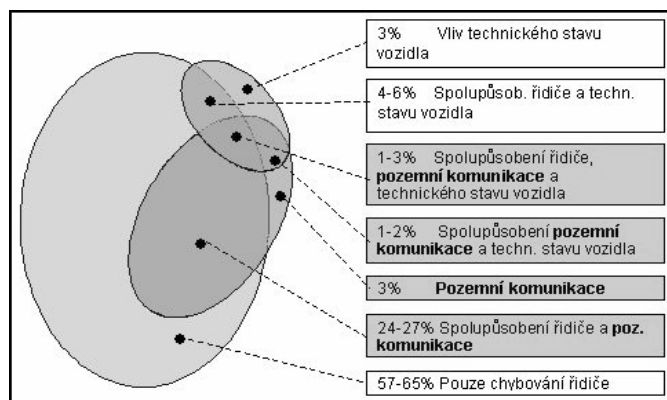


# ANALÝZA NEHODOVÉ TOPOLOGIE SE ZAMĚŘENÍM NA KVALIFIKACI PODÍLU VLIVU PROSTŘEDÍ NA VZNIK DOPRAVNÍ NEHODY

## 1. ÚVOD

Podle statistiky dochází na 3% délky silniční sítě k 30 až 40% dopravních nehod. Statistika tedy dokládá, že existují místa, ve kterých můžeme očekávat vznik nehody s větší pravděpodobností, než na jiném místě. Místa častých dopravních nehod jsou místa, která svým uspořádáním negativně ovlivňují jednání účastníků dopravy a přispívají ke vzniku dopravní nehody. Rozhodující počet dopravních nehod v těchto místech je způsoben jednáním člověka, avšak jednání člověka není zpravidla výsledkem jeho záměru způsobit dopravní nehodu, nýbrž je výsledkem jednání, které není přiměřené celkovým okolnostem v dopravě. Zpravidla se jedná o důsledek optimistického hodnocení dopravní situace, které nedopovídá skutečnému stavu dopravního prostředí. Na vzniku nehody se téměř vždy podílí více nehodových jevů, které se koncentrují v určitém čase v určitém místě (obr. 1). Při posuzování zavinění nehody se však obvykle hledá příčina nehody jen v jednání člověka a vliv prostředí se z důvodů jeho obtížného formulování a kvantifikování pomíjí. Z technického hlediska tak dochází k nekompexnímu posouzení příčin vzniku dopravní nehody.

Existenci míst častých dopravních nehod a vliv prostředí na jednání člověka dokládají velmi zřetelně práce Centra dopravního výzkumu v Brně, který se takovými místy zabývá a úspěšně navrhuje jejich úpravu s cílem snížení nebo i vyloučení dalších nehod. Výsledky práce CDV Brno ukazují, že vliv místa bývá často podceňován a při určování míry zavinění nejednou zcela opomíjen. Praktické zkušenosti dokazují, že vliv místa může být sám o sobě příčinou nehody nebo může významně spolupůsobit



Obr. 1 Podíl různých vlivů na vznik dopravní nehody [9]

při vzniku nehody a změnou uspořádání tohoto místa může dojít k podstatnému snížení nehod a nebo i k jejich úplnému vyloučení. Je potom otázka, zda orgány, které projednávají zavinění dopravní nehody v občanskoprávním nebo v trestněprávním jednání berou v úvahu komplexní příčinu vzniku nehody, nebo se omezují na zkoumání, které ustanovení pravidel člověk porušil.

Dopravní nehodu je možno v souladu se systémovým pojetím vnímat jako selhání systému. Systém může selhat buď proto, že informace z dopravního prostředí nebo dopravního prostředku nevystihují skutečný stav, nebo proto, že regulátor – člověk – informace vyhodnotí nesprávně.

Místa častých dopravních nehod se v současné době vyhledávají podle počtu vzniklých nehod a podle materiálních ztrát, ke kterým v souvislosti s nehodami došlo. Pro vyhodnocení se používají různá kritéria. Místo se nejčastěji kvantifikuje pomocí vztahu

$$N_k = f(U), \quad (1)$$

kde  $N_k$  je nehodové kritérium a  $U$  je celková škoda, která při nehodách vznikla. Do celkové škody se započítává nejen materiální škoda, ale pomocí určitých přepočítávacích koeficientů se oceňuje a započítává zranění osob a jejich smrt. Velikost nehodového kritéria je pak ukazatelem, zda místo se považuje za nehodové. Hodnota nehodového kritéria se stanoví intuitivně, na základě společenské přijatelnosti či nepřijatelnosti výše škody.

Jako konkrétní případ práce s nehodovým úsekem lze uvést kritérium, které stanovilo rakouské Kuratorium für Vekerssiherheit. Kvalifikace určitého nehodového místa jako nehodové lokality spočívá na třech parametrech, z nichž musí být splněn alespoň jeden.

Úzel nebo úsek o maximální délce 250 m se považuje za nehodovou lokalitu tehdy, jestliže:

- na jednom místě dojde během jednoho roku nejméně ke třem dopravním nehodám s následky na zdraví nebo životech,
- na jednom místě dojde v období tří let k nejméně třem dopravním nehodám stejného druhu s následky na zdraví nebo životech (stejný směr jízdy, stejná kolizní plocha apod.),
- na jednom místě dojde v období jednoho roku k nejméně pěti dopravním nehodám celkově (tedy i nehodám jen s hmotnými škodami).

Statistickému hodnocení nehodových lokalit lze vytknout ztotožnění příčiny a následku nehody. Na základě rozboru řady

nehod lze vyslovit názor, že mezi následkem a příčinou nehody je jen pravděpodobnostní vztah.

Statistické metody určování míst častých dopravních nehod se v praxi osvědčily a přispívají ke zvýšení bezpečnosti dopravy. Z hlediska praxe analytika dopravních nehod je jejich použití problematické, protože výsledek poskytují až po vzniku a rozboru několika dopravních nehod.

Práce vychází z předpokladu, že chování člověka v systému dopravy je nehomogenní a při volbě rychlosti v určitém místě bude ovlivněno jeho zkušenostmi, vnitřním stavem a dalšími okolnostmi, které nemají původ v dopravním prostředku a dopravním prostředí.

Bylo provedeno měření v oblouku, při kterém bylo zjištěno, že v místě, kde byla mezní rychlost (kterou by se měla vozidla maximálně pohybovat)  $v_m = 44,36$  km/h jela vozidla průměrnou rychlostí 54 km/h. Důvod rozdílu očekávané a skutečné rychlosti je v rozdílu teoretické a skutečné trajektorie pohybu vozidla. Vypočtená mezní rychlost se vztahovala na místo s minimálním poloměrem, avšak vozidla v tomto místě přejížděla přes střed vozovky a skutečný poloměr byl téměř dvojnásobný.

Minimální změřená rychlost byla 17,5 km/h, jednalo se však o zcela výjimečný jev. Většina vozidel nejela pomaleji než 42 km/h a rychleji než 60 km/h. Měření potvrdila předpoklad, že v určitém prostředí s konstantními podmínkami bude rychlost vozidel rozložena kolem nějaké střední hodnoty. Rychlost vozidla odpovídá osobním vlastnostem člověka a vlivu prostředí. Měření bylo prováděno anonymně a proto nebylo možno zjistit osobní vlastnosti člověka a hledat souvislosti mezi rychlostí a osobními vlastnostmi konkrétního člověka. Při dalším měření se vycházelo z předpokladu, že rozložení osobních vlastností v určitém vzorku lidí bude vždy stejné a bude odpovídat nějaké střední hodnotě, která bude odpovídat konkrétnímu místu, tedy že střední hodnota rychlostí určitého vzorku bude odpovídat vlivu prostředí.

Aby bylo možno srovnávat chování vozidel v určitém prostředí bez ohledu na jeho geometrický tvar, zavádí se bezrozměrný koeficient, který abstrahuje od geometrického vlivu oblouku. Bezrozměrný koeficient – rizikový koeficient  $i$ -tého vozidla je vyjádřen vztahem

$$k_i = \frac{v_i}{\sqrt{\frac{g \cdot R_a \cdot r_a \cdot (\mu + \tan(\beta)) \cdot \cos(\alpha)}{r_a \cdot (1 - \mu \cdot \tan(\beta)) + R_a \cdot (\mu + \tan(\beta))}}} \quad (4)$$

a střední hodnota [5] koeficientu rizikovosti místa je pro  $n$  měření vyjádřen vztahem

$$\bar{k} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n k_i \quad (5)$$

a nejpravděpodobnější hodnota koeficientu rizikovosti místa je

$$k = \bar{k} \pm \sqrt{\frac{\sum (k_i - \bar{k})^2}{n(n-1)}} \quad (6)$$

Rizikový koeficient není závislý ani na fyzikálních a geometrických vlastnostech místa, ani na vlastnosti konkrétního člověka, ale vyplývá jen z vlivu dopravního prostředí, který není přesně definovatelný.

### 1.1 Ověření souvislosti mezi rizikovým koeficientem a nehodovým kritériem

Cílem práce bylo prokázat souvislost místa častých dopravních nehod s hodnotou rizikového koeficientu. Je-li nějaké místo místem častých dopravních nehod, bude rizikový koeficient v tomto místě vyšší, než na místě, které jako místo častých dopravních nehod označit nelze.

Byly vybrány tři lokality, které byly označeny jako lokalita A, B a C. Ze statistik bylo ověřeno, že zde došlo v minulosti k dopravním nehodám. Podle analýzy dostupných podkladů se jednalo převážně o nehody, ve kterých byla jedna z příčin rychlost. V tabulce je v posledním sloupci uvedeno číslo nehodového kritéria, které odpovídá nehodovému kritériu podle Kuratoria für Vekerssiherheit [9].

Počet nehod v lokalitě A je uveden tabulce. Místo lze označit za místo častých nehod; na části nehod se podílela vysoká rychlost vozidel.

Počet nehod se v tomto místě příliš nemění, avšak snižují se následky. Příčina je pravděpodobně ve zhoršení stavebního stavu vozovky, takže řidiči začínají přizpůsobovat rychlost stavu povrchu.

**Tab. 1 Počty nehod v lokalitě A**

Rok	Celkem	Smrt	Těžké zranění	Lehké zranění	Nehodové kritérium
1999	9	1	2	2	1
2000	4	0	0	0	
2001	9	0	0	4	3
2002	6	0	0	1	3
2003	6	0	0	0	3
2004	9	0	0	1	3
2005	10	0	0	2	3

Počet nehod v lokalitě B klesá. V roce 2005 došlo ke 3 nehodám, z toho jedna byla neobjasněná nehoda sraženého cyklisty, další dvě nehody byly spojeny s vysokou rychlostí. V předcházejících letech se jednalo o nehody s různou příčinou, z nich část lze spatřovat ve vysoké rychlosti vozidel.

**Tab. 2 Počty nehod v lokalitě B**

Rok	Celkem	Smrt	Těžké zranění	Lehké zranění	Nehodové kritérium
1999	17	0	2	8	1
2000	10	0	0	0	3
2001	8	0	0	2	3
2002	5	0	0	0	3
2003	9	0	0	1	3
2004	7	0	0	0	3
2005	3	1	0	0	3

Na místě C docházelo v minulosti k nehodám, jedna se smrtelným následkem. Od roku 2001 v tomto místě k žádné další nehodě nedošlo. Přibližně v tomto roce byla provedena rekonstrukce povrchu vozovky a patrně to bylo příčinou změny rizika místa.

## Motorová vozidla

**Tab. 3 Počty nehod v lokalitě C**

Rok	Celkem	Smrt	Těžké zranění	Lehké zranění	Nehodové kritérium
1999	3	0	0	1	0
2000	2	1	0	0	0
2001	2	0	0	1	2
2002	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0

Jako referenční měření bylo provedeno měření v místě, kde byly prováděny stavební úpravy a dopravním značením byla omezena rychlost.

Míst, kde dochází často k nehodám je více, avšak téměř vždy je možno příčinu nehody spatřovat v jiných jevech, než v rychlosti.

Měření v místech častých nehod bylo prováděno jak s použitím mobilního radarového zařízení tak s použitím metrické analýzy videozáznamu. Přesnost měření byla do  $\pm 2\%$ . Měření byla prováděna za různých povětrnostních podmínek, ale vždy za denního světla.

**Tab. 4 Výsledky měření v lokalitě A – vnitřní strana oblouku**

PC	Místo A	R[m]	vm	vs	n	ks	s2	k	i	D
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
P47	L53C 15,45	83,06	64,97	71,1	41	1,0950	0,1388	-2,92	-2,01	N
P48	L53C 15,45	83,06	64,97	74,6	36	1,1478	0,1178	-2,17	-2,02	N
P49	L53C 15,45	83,06	64,97	74,3	48	1,4410	0,1320	-2,24	-2,00	N

**Tab. 5 Výsledky měření v lokalitě A – vnější strana oblouku**

PC	Místo A	R[m]	vm	vs	n	ks	s2	k	i	D
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
P50	L53D 15,45	85,06	65,75	76,0	42	1,1565	0,1882	-2,06	-2,00	N

**Tab. 6 Výsledky měření v lokalitě B – vnitřní strana oblouku**

PC	Místo B	R[m]	vm	vs	n	ks	s2	k	i	D
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
P01	L53A 13,4	36,20	42,90	43,7	24	1,0188	0,0898	-0,35	-2,05	A
P02	L53A 13,4	36,20	42,90	56,8	63	1,3245	0,1458	-5,17	-1,99	N

**Tab. 7 Výsledky měření v lokalitě B – vnější strana oblouku**

PC	Místo B	R[m]	vm	vs	n	ks	s2	k	i	D
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
P03	L53B 13,4	38,70	44,36	68,9	56	1,5523	0,1691	-8,04	-2,00	N
P05	L53B 13,4	38,70	44,36	71,0	78	1,6009	0,2021	-9,17	-1,99	N
P07	L53B 13,4	38,70	44,36	54,0	77	1,2172	0,1856	-3,46	-1,99	N
P08	L53B 13,4	38,70	44,36	55,1	61	1,2419	0,2194	-3,39	-2,00	N
P09	L53B 13,4	38,70	44,36	55,6	20	1,2535	0,1614	-2,58	-2,06	N
P10	L53B 13,4	38,70	44,36	68,5	97	1,5436	0,2293	-8,54	-1,99	N
P12	L53B 13,4	38,70	44,36	60,7	33	1,3677	0,2087	-4,12	-2,01	N
P14	L53B 13,4	38,70	44,36	64,5	24	1,4541	0,2350	-4,22	-2,04	N

**Tab. 8 Výsledky měření v lokalitě C – vnitřní strana oblouku**

PC	Místo C	R[m]	vm	vs	n	ks	s2	k	i	D
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
P15	M408A	78,6	63,22	75,8	47	1,1995	0,1149	-3,17	-2,00	N
P16	M408A	78,6	63,22	80,4	31	1,2719	0,2607	-2,73	-2,02	N
P22	M408A	78,6	63,22	70,5	41	1,1159	0,2051	-1,49	-2,01	A

**Tab. 9 Výsledky měření v lokalitě C – vnější strana oblouku**

PC	Místo C	R[m]	vm	vs	n	ks	s2	k	i	D
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
P19	M408B	80,7	64,06	86,7	23	1,3538	0,199	-3,47	-2,04	N
P33	M408B	80,7	64,06	71,2	20	1,111	0,1509	-1,20	-2,07	A

Pro vyhodnocení dvou měření provedených ve stejném místě lze vyslovit hypotézu, že průměrná rychlost obou souborů měření je s přesností 95 % stejná, a tato hypotéza je pak testovaná [9] podle vztahu

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y} - \mu_0}{\sqrt{\frac{s^2(x)}{n_1 - 1} + \frac{s^2(y)}{n_2 - 1}}} \quad (7)$$

a přípustné hodnoty jsou v intervalu

$$\bar{W}_\alpha = \left\langle -\bar{t}_{1-\alpha/2}; \bar{t}_{1+\alpha/2} \right\rangle, \quad (8)$$

kde  $t(x)$ , resp.  $t(y)$  je  $(1 - \alpha/2)$ -kvantil Studentova rozdělení  $S(k)$  s  $k = n_1 - 1$ , resp.  $k = n_2 - 1$  stupni volnosti podle vzorce

$$\bar{t}_{1-\alpha/2} = \frac{\frac{s^2(x)}{n_1 - 1} t(x) + \frac{s^2(y)}{n_2 - 1}}{\frac{s^2(x)}{n_1 - 1} + \frac{s^2(y)}{n_2 - 1}}. \quad (9)$$

Výpočet byl prováděn s podporou počítačového programu. Vypočtené hodnoty jsou v tab. 4 až tab. 9, ve kterých je ve sloupci 1 číslo měření, ve sloupci 2 je popis místa, ve sloupci 3 je nejmenší poloměr oblouku v metrech, ve sloupci 4 je mezní rychlost v minimálním oblouku podle [3] v km/h, ve sloupci 5 je střední rychlost v celém měřeném úseku podle [9], ve sloupci 6 je počet měření v dávce, ve sloupci 7 je střední hodnota koeficientu rizika podle (4), ve sloupci 8 je variační koeficient podle (7). Ve sloupci 8 je rozptyl a ve sloupci 9 je směrodatná odchylka. Ve sloupci 10 je interval přípustné hodnoty testového kritéria. Pokud hodnota ve sloupci 9 nespadá do intervalu daného mezemi ve sloupci 10, je možno považovat místo za místo rizikové, které je místem častých dopravních nehod.

Místo A ve všech případech měření je označeno jako místo častých dopravních nehod. Podle statistiky v tabulce 1 se jedná o místo, které je možno podle dosavadních kritérií označit za místo častých dopravních nehod. Výsledky měření a statistika jsou v dobré shodě.

V místě C v obou směrech výsledky měření nepotvrzují jednoznačně, že by se jednalo o místo častých nehod. Vždy alespoň jedno měření podle statistického vyhodnocení není místem častých nehod. Tento výsledek je v souladu se statistikou v tabulce 3, podle které místo v době měření již nesplňovalo podmínky místa častých dopravních nehod.

## 2. ZÁVĚR

Zavedení bezrozměrného rizikového koeficientu umožnilo porovnávat měření provedená v různých místech, nezávisle na jejich geometrickém tvaru. Rizikový koeficient vyjadřuje míru bezpečnosti chování každého člověka a odpovídá jeho povahovým vlastnostem, jeho okamžitému psychickému a fyzickému stavu a vlivu prostředí. Lze předpokládat, že stav určitého množství lidí bude rovnoměrně rozložený kolem nějaké střední hodnoty a poloha střední hodnoty této měřené skupiny bude odpovídat

vlivu místa. Tento předpoklad je splněn jen částečně, protože je známo, že na chování lidí má vliv například den v týdnu, denní doba, počasí a řada dalších vlivů. Pokud je zkoumáno chování lidí ve vztahu k určité dopravní nehodě, je měření relevantní, jen je-li prováděno za podmínek, při kterých k nehodě došlo, tedy ve stejný den v týdnu, za stejného počasí apod.

Provedená měření potvrdila v souladu s poznatky dopravní psychologie, že mezi místech a jednáním člověka existuje určitá závislost. Výsledek měření ukázal, že tato souvislost není vyjádřitelná jako funkční vztah, ale má povahu tendence. Ukázalo se, že čím je místo rizikovější, tím vyšší bude koeficient rizika.

Práci není možno považovat za definitivní, protože postihuje jen jeden prvek projevu prostředí. Z praxe je známo, že k dopravní nehodě dochází při časovém a místním souběhu nehodových jevů, jak ukazuje například obr. 1.

## 3. LITERATURA

- [1] BENA E., HOSKOVEC J., ŠTIKAR J.: Psychologie a fyziologie řidiče. *NADAS, Praha, 1968.*
- [2] BRADÁČ A. a kol: Soudní inženýrství. *CERM, Brno, 1999.*
- [3] ČÁP J.: Psychologie pro učitele. *SPN, Praha, 1983.*
- [4] JANÍČEK P., ONDRÁČEK E.: Řešení problémů modelováním. *PC-DIR Real, s.r.o., Brno, 1998.*
- [5] KARPÍŠEK Z.: Matematika IV. Statistika a pravděpodobnost. *CERM, Brno, 2003.*
- [6] KOLÁŘ I.: Úvod do Thomovy teorie katastrof. *ČSAV, Praha, 1988.*
- [7] MELOUN M., MILITKÝ J.: Kompendium statistického zpracování dat. *ACADEMIA, Praha, 2002.*
- [8] SKLÁDANÝ P.: Metodika prevence a eliminace příčin dopravních nehod ve vztahu k pozemním komunikacím. *CDV, Brno, 1998.*
- [9] SKLÁDANÝ P.: Zásady bezpečného utváření pozemních komunikací. *CDV, Brno, 2002.* <http://www.cdv.cz/>
- [10] ŠTIKAR J.: Přehled dopravní psychologie. *Karolinum, Praha, 1995.*
- [11] VÉMOLA A.: Problematika znalecké analýzy jízdy a brždění vozidla v obecném prostorovém oblouku. Disertační práce. *Vědecké spisy VUT v Brně. Edice PhD Thesis sv. 366.*
- [12] VLK F.: Dynamika motorových vozidel, *Vlk, Brno, 2000*

**Recenzoval:**  
**Ing. Albert Bradáč, Ph.D.**