

METODIKA ZVÝŠENÍ SAMOVYSVĚTLITELNOSTI POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ POMOCÍ OPTIMALIZACE SMĚROVÝCH NÁVRHOVÝCH PRVKŮ



Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.

výzkumná, vývojová a expertní činnost s celostátní působností pro všechny obory dopravy

DIVIZE BEZPEČNOSTI A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Posudky a odborné studie

zpracování auditu bezpečnosti pozemních komunikací
zpracování bezpečnostních inspekcí
zpracování dopravně-inženýrských posouzení
zpracování organizace a zklidňování dopravy
řešení dopravy v klidu

Dopravně-inženýrské analýzy

hodnocení stavu silniční sítě
kapacitní posouzení komunikací a křižovatek
analýzy účinnosti dopravně inženýrských opatření
ekonomické hodnocení vlivů opatření

Analýza dopravních nehod

identifikace míst častých dopravních nehod
nehodové analýzy a návrhy bezpečnostních opatření

Dopravní průzkumy

směrové průzkumy
průzkumy intenzity, podíly tranzitní dopravy atd.
měření rychlostí vozidel
videopasport pozemních komunikací a dopravního značení



Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.

Líšeňská 33a, 636 00 Brno

tel.: +420 541 641 711

e-mail: cdv@cdv.cz

www.cdv.cz



„naše znalosti vaším zdrojem“

**Metodika zvýšení samovysvětlitelnosti pozemních
komunikací pomocí optimalizace směrových
návrhových prvků**

T A
Č R

Program Beta

Metodika je výstupem projektu „Zvýšení samovysvětlitelnosti pozemních komunikací pomocí optimalizace směrových návrhových prvků“ (SAMO), řešeného Centrem dopravního výzkumu, v. v. i. s podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu Beta (ev. č. TB0200MD062) pro potřeby státní správy (Ministerstva dopravy, Odboru pozemních komunikací).

Oponenti byli Ing. Michal Caudr (ŘSD ČR) a Doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D. (ČVUT FD).

Metodika byla certifikována osvědčením Ministerstva dopravy č.j. 75/2016-710-VV/1 ze dne 18. 7. 2016.

Název: Metodika zvýšení samovysvětlitelnosti pozemních komunikací pomocí optimalizace směrových návrhových prvků

Autoři: Ing. Jiří Ambros, Ph.D., Ing. Veronika Valentová, Ph.D., Ing. Ondřej Gogolín, Mgr. Richard Andrášik, Mgr. Jan Kubeček, RNDr. Michal Bíl, Ph.D.

Tisk: TYPO ART PRES, Brno (náklad 150 ks)

Distribuce: Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., Líšeňská 33a, 636 00 Brno

Elektronická verze je k dispozici na webových stránkách:

<http://www.cdv.cz/metodiky/>

<http://samo.cdvinfo.cz/vystupy/>

<http://www.audit-bezpecnosti.cz/metodiky-a-kontrolni-listy/>

© 2016 Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.

ISBN 978-80-88074-38-0

Obsah

I. Cíl metodiky	6
II. Vlastní popis metodiky	7
1 ÚVOD	7
1.1 Samovysvětlitelnost.....	7
1.2 Rychlostní konzistence.....	8
1.3 Optimalizace.....	8
2 ŘEŠENÍ	9
2.1 Analýza	9
2.1.1 Segmentace.....	9
2.1.2 Přiřazení rychlosti.....	10
2.1.3 Vývoj rychlostních modelů.....	12
2.1.4 Validace rychlostní konzistence	15
2.1.5 Aplikace modelů.....	16
2.2 Optimalizace.....	17
2.2.1 Tradiční přístup	18
2.2.2 Normový přístup	19
2.2.3 Racionální přístup.....	20
2.2.4 Návrh vlastního systému optimalizace	20
3 VÝSLEDKY	25
III. Vyjádření k novosti postupů	27
IV. Popis uplatnění metodiky	29
V. Ekonomické aspekty	29
VI. Seznamy literatury	30
VII. Příloha 1: Zahraniční příklady aplikace racionálního přístupu ke konzistentnímu dopravnímu značení	34
VIII. Příloha 2: Zahraniční příklady pravidel osazování dopravního značení a zařízení a optimalizace směrových návrhových prvků	40

Předmluva

Metodika uvádí teoretický i praktický postup jedné z možností zvýšení samovysvětlitelnosti pozemních komunikací pomocí optimalizace směrových návrhových prvků. Je závěrečným výstupem projektu SAMO (Zvýšení samovysvětlitelnosti pozemních komunikací pomocí optimalizace směrových návrhových prvků) a čerpá z výzkumů a zkušeností získaných v průběhu jeho řešení. Projekt byl realizován v období 2014 – 2016 Centrem dopravního výzkumu, v. v. i. s podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu Beta (ev. č. TB0200MD062) pro potřeby státní správy (Ministerstva dopravy, Odboru pozemních komunikací).

Metodika prošla oponentním řízením. Oponenti byli:

- Ing. Michal Caudr (Ředitelství silnic a dálnic ČR, Generální ředitelství, provozní úsek)
- Doc. Ing. Pavel Hruběš, Ph.D. (ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, Ústav dopravní telematiky)

Certifikaci udělilo Ministerstvo dopravy dne 18. 7. 2016 (osvědčení č.j. 75/2016-710-VV/1).

Metodika má sloužit především jako „návod“, neobsahuje tedy např. detailní popis výpočtů a odvození některých závěrů. Tyto informace však lze najít v řadě průběžně publikovaných výstupů, které jsou uvedeny v seznamu literatury a také jsou dostupné na webu projektu <http://samo.cdvinfo.cz/>. Webové stránky budou i nadále sloužit jako průběžně aktualizovaný a doplňovaný informační zdroj. Na webu je také dostupná specializovaná mapa s odborným obsahem („tištěná“) a interaktivní (on-line) mapa.

Autoři textu předložené metodiky jsou Ing. Jiří Ambros, Ph.D., Ing. Veronika Valentová, Ph.D., Ing. Ondřej Gogolín, Mgr. Richard Andrášik, Mgr. Jan Kubeček a RNDr. Michal Bíl, Ph.D.¹

Dále se na projektu podíleli:

- sběr a příprava dat: Mgr. Jiří Sedoník, Bc. Vojtěch Cícha, Stanislav Řehák
- vizualizace a mapy: Ing. Peter Oríšek, Mgr. Martina Bílová
- web projektu: Bc. Jiří Daniš

Data z flotily plovoucích vozidel poskytla firma Princip a.s. (Ing. Jaroslav Altmann).

Obálku metodiky navrhla Sabina Jánošíková, s využitím fotografie Ing. Ondřeje Gogolína.

¹ Podíly autorství: Ambros 40 %, Valentová 20 %, Gogolín 10 %, Andrášik 10 %, Kubeček 10 %, Bíl 10 %.

I. Cíl metodiky

Úroveň bezpečnosti silničního provozu (vyjádřená počtem dopravních nehod, obětí a následků) je na českých silnicích nedostatečná. S cílem postupného zlepšování byla stanovena Národní strategie bezpečnosti silničního provozu 2011 – 2020 (zkráceně „NSBSP 2020“), která má dva cíle: snížit v silničním provozu do roku 2020 oproti roku 2009 počet usmrcených o 60 % a počet těžce zraněných o 40 %. Z vyhodnocení plnění NSBSP 2020 za rok 2015 však vyplývá, že se požadovaný roční pokles nedaří plnit, což splnění strategických cílů významně ohrožuje. Z vyhodnocení [22] vyplývá, že pokud bude vývoj bezpečnosti silničního provozu probíhat stejným tempem jako dosud, stane se Česká republika do 10 let nejnebezpečnější zemí v Evropské unii.

Za této kritické situace je nutno hledat nová řešení a opatření. Jedním z nich je úprava komunikací na samovysvětlitelné, tj. takové, které splňují očekávání účastníků provozu a vyvolávají svým utvářením bezpečné chování. NSBSP 2020 tuto vizi uvádí jako „postupnou přestavbu silniční sítě na principech samovysvětlující a odpouštějící komunikace“. Koncept samovysvětlující komunikace byl však doposud teoretický – neexistoval žádný návod jak měřit a hodnotit samovysvětlitelnost. Jeden ze způsobů je hodnocení pomocí rychlostní konzistence, které bylo vyvinuto a použito v projektu SAMO a je popsáno v této metodice.

Metodika poskytuje návod a nástroje k praktickému hodnocení a následnému zvyšování samovysvětlitelnosti pozemních komunikací. K tomu byl využit koncept rychlostní konzistence (rozdílů rychlosti mezi přímými úseky a navazujícími směrovými oblouky) a z ní odvozené optimalizace (pomocí dopravního značení nebo změn směrového vedení). Autoři shromáždili data, vytvořili metodologii hodnocení a aplikovali ji na extravilánových úsecích silnic I. třídy. Metodika popisuje všechny kroky řešení; doplňkem je tištěná a interaktivní mapa nejkritičtějších směrových oblouků. Postup, prezentovaný v metodice, bude v budoucnu možné adaptovat i na extravilánové komunikace nižších tříd.

Vlastní popis metodiky má tři části:

1. **ÚVOD**
2. **ŘEŠENÍ** – nosná část metodiky, která uvádí celý postup řešení jako vzor pro aplikaci na vybrané silniční síti (+ 2 přílohy)
3. **VÝSLEDKY** – konkrétní výstupy aplikace postupu na extravilánových úsecích silnic I. třídy pro potřeby ŘSD ČR

II. Vlastní popis metodiky

1 ÚVOD

Úvodem budou vyjasněny základní pojmy: samovysvětlitelnost, rychlostní konzistence a optimalizace.

1.1 Samovysvětlitelnost

Lze uvést řadu definic samovysvětlujících komunikací:

- Ve světě se silnice za samovysvětlující považují tehdy, když splňují očekávání účastníků provozu a vyvolávají bezpečné chování pouze svým utvářením [26].
- NSBSP 2020 [24] uvádí, že „silnice by měla být samovysvětlující, tj. dávající řidiči jasnou informaci o relevantnosti jeho chování a očekávatelných situacích.“
- V metodice provádění bezpečnostního auditu [8] je uvedeno, že **samovysvětlitelnost pozemních komunikací je založena na myšlence důležitosti vlivu uspořádání komunikace na volbu rychlosti a dopravního chování.**

Cílem konceptu samovysvětlujících silnic je omezit možnosti chybování – není však zcela zřejmé, které návrhové principy mohou snižovat pravděpodobnost a případné následky chyb při řízení. Proto mezinárodní rešerše [26] shrnuje, že samovysvětlitelnost je zatím spíše intuitivní teorie, založená na chápání toho, jak účastníci vnímají své okolí. Koncept tedy předpokládá, že řidiči budou vnímat typ silnice a tomuto vnímání „instinktivně“ přizpůsobí své chování (především rychlost).

Podle metodiky provádění bezpečnostního auditu [8] lze principy samovysvětlujícího uspořádání pozemní komunikace shrnout v těchto bodech:

- Pozemní komunikace by se měla skládat z jednoznačných návrhových prvků, homogenních v rámci jedné kategorie a odlišných od jiných kategorií.
- Pozemní komunikace by měla podporovat jednoznačné chování jednotlivých kategorií účastníků silničního provozu.
- Jednoznačné chování by mělo vycházet z jednoznačných návrhových prvků.
- Utváření křižovek, příčného řezu, směrových oblouků, přímých úseků by mělo být pro každou návrhovou kategorii jednoznačné.
- Přejechod z jedné kategorie do druhé by neměl být náhlý.
- Změna kategorie by měla být zřetelně vyznačena.
- Určující prvky by měly být viditelné ve dne i v noci.
- **Utváření pozemní komunikace by mělo redukovat rozdíly v rychlostech.**

V zásadě existují tři způsoby, jak uvést do praxe koncept samovysvětlujících komunikací [15]:

- **zavedení jednoznačné kategorizace silnic** a jejich parametrů, jako je šířkové uspořádání, četnost křižovek nebo rozhledové poměry. V intravilánu lze k tomuto účelu využít různá zklidňovací opatření (ostrůvky, zpomalovací prahy, zúžení...). Problematictější jsou opatření v extravilánu, kde je silniční síť rozsáhlá a úpravy by byly velmi nákladné. [28]
- **zajištění konzistentního návrhu** – ideální návrh je takový, který zajistí konzistentní (plynulou, harmonickou) jízdu, tj. takovou, kde není řidič překvapen náhlými změnami. Metodika provádění bezpečnostní inspekce [10] uvádí jednu z hodnotících otázek: „**Je vedení trasy konzistentní a snadno předvídatelné?**“ Tyto změny (rozdíly mezi očekáváním a skutečností) nastávají často na

začátku směrového oblouku. Navíc platí, že oblouky bývají mezi nejčastějšími kritickými místy při bezpečnostních inspekcích [9, 16] a jejich nehodovost bývá až 4× vyšší než na přímých úsecích [27]. Konzistenci lze hodnotit srovnáním návrhové a skutečné rychlosti, srovnáním změn rychlostí (mezi přímými úseky a směrovými oblouky) nebo srovnáním požadované a skutečné hodnoty koeficientu tření [18]. Nejčastěji se používá druhé uvedené kritérium (**rychlostní konzistence**).

- **studium vztahu mezi charakteristikami komunikace a rychlostí** – z výzkumů jsou známé vlivy na volbu jízdní rychlosti, především parametry směrového a výškového vedení, šířkové uspořádání, kvalita povrchu nebo okolí komunikace [23]. Předpokládá se, že změnou těchto charakteristik lze docílit změny rychlosti, potažmo rychlostní konzistence.

1.2 Rychlostní konzistence

Byly uvedeny tři způsoby realizace konceptu samovysvětlujících komunikací. Zatímco první přístup (kategorizaci silnic) je nutno provést plošně a je tudíž velmi nákladný, další zmíněné přístupy (studium rychlosti a konzistence) lze provést lokálně a relativně nízkonákladově. Proto byly tyto dva přístupy aplikovány v projektu SAMO, ze kterého vychází předložená metodika.

Rychlostní konzistence se vyjadřuje pomocí rozdílu skutečné jízdní rychlosti mezi přímým úsekem a navazujícím směrovým obloukem. Místa náhlých změn konzistence (např. na vjezdu do nečekaně ostrého oblouku) se vyznačují nižšími (zápornými) hodnotami. Mezní hodnotou, často používanou v zahraničních výzkumech, je -10 km/h [18].

Postup určení rychlostní konzistence tvoří následující kroky:

1. **Segmentace silniční sítě** na přímé úseky a směrové oblouky. Takto rozdělená geometrická data plošně (např. v Silniční databance ŘSD ČR) neexistují, je proto nutno vytvořit a aplikovat vlastní matematický postup.
2. **Určení rychlosti** v přímých úsecích ($V_{př}$) a směrových obloucích (V_{obl}). Rychlost lze měřit lokálně (pomocí statistických radarů, laserových přístrojů, videodetekce...), což je však závislé na počtu detektorů a době sběru. Plošnou alternativou je využití dat z flotily plovoucích vozidel (tzv. *floating car data*, FCD), která mají neomezené pokrytí v čase a prostoru.
3. **Určení rychlostní konzistence** z rozdílu rychlostí ($\Delta V = V_{obl} - V_{př}$).

1.3 Optimalizace

Optimalizací je myšlena taková úprava směrových návrhových prvků, která ve svém důsledku zvýší rychlostní konzistenci a tudíž samovysvětlitelnost. Optimalizaci lze provést pomocí dopravního značení nebo dopravních zařízení (směrových sloupků, vodících tabulí...) nebo stavebně (úprava smykových vlastností, klopení, směrového vedení...). Návrh kategorie optimalizace bude odvozen ze zmíněné rychlostní konzistence.

2 ŘEŠENÍ

V této kapitole je popsáno konkrétní řešení, které bylo vyvinuto a použito v projektu SAMO. Aplikace byla směřována na extravilánové úseky silnic I. třídy (pro potřeby Ředitelství silnic a dálnic ČR).

Postup, uvedený v předchozí kapitole, lze shrnout jako analýzu a optimalizaci:

1. Analýza

1. K rozdělení zájmové sítě (extravilán I. tříd) na přímé úseky a směrové oblouky byl vyvinut a aplikován vlastní matematický postup segmentace.
2. Byla zakoupena a zpracována data z flotily plovoucích vozidel (FCD). Pro každý segment byla určena rychlost.
3. Protože však FCD data nepokrývala celou analyzovanou síť, byly nejprve odvozeny statistické modely (vztah mezi rychlostí a ovlivňujícími parametry).
4. Aby byla prokázána vypovídací hodnota modelů, byla navíc ověřena a prokázána validita vypočtené rychlostní konzistence vůči dlouhodobému průměru nehodovosti.
5. Modely byly aplikovány na zbývající část sítě. Pomocí výsledných predikcí byla získána rychlost všech segmentů. Následně byla určena rychlostní konzistence v celém souboru úseků.

2. Optimalizace

1. Kategorizace na základě získané rychlostní konzistence.
2. Návrh optimalizace pro jednotlivé kategorie (jednotné dopravní značení nebo změna směrového vedení).

Jednotlivé kroky jsou popsány v následujících podkapitolách.

2.1 Analýza

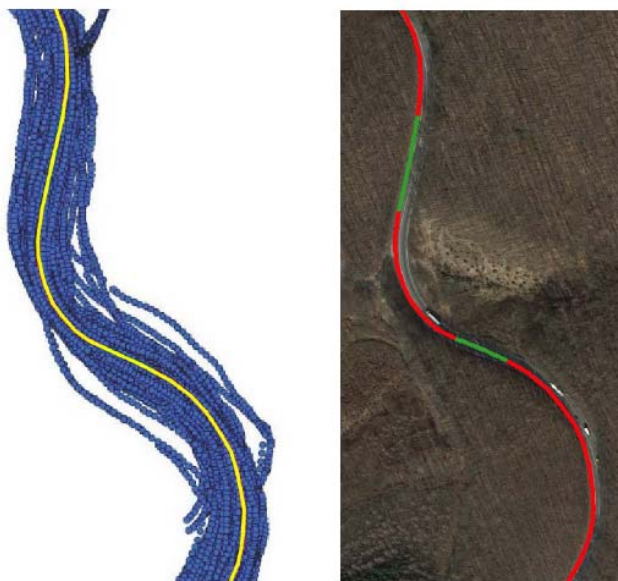
2.1.1 Segmentace

K provedení segmentace (rozdělení sledované sítě na přímé úseky a směrové oblouky) byla ve světě vyvinuta řada postupů, z nichž však každý má svoje nedostatky (přesnost, míru automatizace, náročnost). Plně automatická univerzální metoda segmentace neexistuje. Řešitelé projektu proto vyvinuli vlastní automatizovaný postup [6], který sestává z následujících kroků:

1. předzpracování pomocí Douglas-Peuckerova algoritmu na generalizaci dat
2. určení geometrických parametrů (úhel mezi třemi následujícími body trasy, poloměr opsané kružnice ad.) a diskriminační analýza s využitím těchto parametrů
3. určení poloměrů metodou nejmenších čtverců a dopřesnění (> 2000 m = přímý úsek)

Pozn: Z postupu vyplývá, že poloměry směrových oblouků pro další zpracování byly určeny analyticky, tzn., že nepochází z projektové dokumentace nebo zaměření skutečného stavu. Lze je považovat za aproximaci skutečných hodnot (bez uvážení přechodnic).

Ilustrace je na Obr. 1: z množství bodů (modře), získaných při opakovaných průjezdech v obou směrech, byla získána střední trajektorie (osa komunikace – žlutě) a na ní provedena segmentace na přímé úseky (zeleně) a směrové oblouky (červeně).



Obr. 1 Ilustrace automatizované segmentace: datové body (modře) → osa komunikace (žlutě) → přímé úseky (zeleně) a směrové oblouky (červeně)

Některé identifikované segmenty však byly relativně krátké. Byla proto zvažována minimální délka výsledných segmentů, s ohledem na následující skutečnosti:

- Podle [18] se neuvažují krátké mezipřímé úseky (< 200 m), protože jejich délka neumožňuje dosáhnout rychlosti neovlivněné předchozím obloukem. Jako „nezávislé“ (samostatné) přímé úseky jsou proto uvažovány jen ty o délce ≥ 200 m.
- Pro analýzy nehodovosti (potřebné pro následnou validaci) doporučuje americký *Highway Safety Manual* [17] uvažovat min. délku 0,1 míle (160,9 m). Ve stejných souvislostech se v českém prostředí uvažuje délka nehodových úseků 250 m [7].

S uvážením těchto informací byla zvolena **minimální délka 200 m**. Kratší segmenty byly vyřazeny.

2.1.2 Přiřazení rychlosti

Projekt se zaměřuje na extravilánové úseky silnic I. třídy. Na tento soubor byla proto cílena subdodávka firmy Princip a.s. – sběr dat z plovoucích vozidel (floating car data – FCD).

Pozn. k terminologii: Podle původní definice (z 80. let 20. století) je „plovoucí vozidlo“ metoda, umožňující získat prostorově-časové (dynamické) charakteristiky dopravního proudu. Proud je reprezentován pohybem vozidla, projíždějícího danou trasu podle určitých zásad (zejména vyrovnání počtu aktivních a pasivních předjetí) a opakovaně, aby se omezil účinek náhodných vlivů, jako je proměnlivost dopravních situací a možné odchylky od pohybu ideálního plovoucího vozidla. [20]

S rozvojem ITS a telematiky v novém tisíciletí se objevuje nová definice – jako floating car data se označují data o flotile vozidel, získávaná z GPS jednotek nebo mobilních telefonů, které slouží jako senzory polohy, rychlosti a směru jízdy. [19]

Navíc existuje více úrovní podrobnosti FCD dat:

- „makro“ úroveň – data využívaná nejčastěji pro analýzy plynulosti dopravy, z rozsáhlé flotily na celé silniční síti, se záznamem 1× nebo 2× za minutu. Příkladem může být sledování aktuální dopravní situace ViaRODOS nebo historická rychlostní data TomTom, využívaná např. v produktech PTV.

- „mikro“ úroveň – data z firemních flotil, shromažďovaná za účelem sledování tras, spotřeby nebo jízdního stylu řidičů. Záznam je např. 10× za sekundu, což umožňuje využití i pro jiné výzkumné účely. Příkladem může být služba Webdispečink.

Shrnutí:

- Termín „plovoucí vozidlo“ v dnešním pojetí není totožný s původní definicí, sledovaná vozidla se totiž nepohybují podle pravidel metody plovoucího vozidla.
- Data, využitá při tvorbě této metodiky, lze označit jako „mikro“ úroveň. Jejich sběr a zpracování je poplatné konkrétní výzkumné otázce – nejedná se o alternativu rutinně zpracovávaných celoplošných dat „makro“ úrovně.

Byla zakoupena data za období 8 měsíců (10/2014 – 5/2015) z flotily 1172 firemních vozidel. Vozidla byla vybavená jednotkami Vetronics² se záznamem o poloze ukládaným 4× za sekundu. Ukázka FCD dat je na Obr. 2.

absolutní čas [s]	zeměpisná šířka a délka [°]		V [km/h]	směr [°]
1412858297.25	49.911001	14.710001	98	206
1412858297.50	49.910945	14.709958	99	206
1412858297.75	49.910889	14.709910	100	206
1412858298.00	49.910832	14.709867	100	206

Obr. 2 Ukázka použitých FCD dat

Ze získaných dat byl využit čas a GPS poloha. Rychlost byla určena z polohy a časového intervalu mezi následujícími body (tj. 0,25 s). Tímto způsobem byla každému datovému bodu přiřazena rychlost.

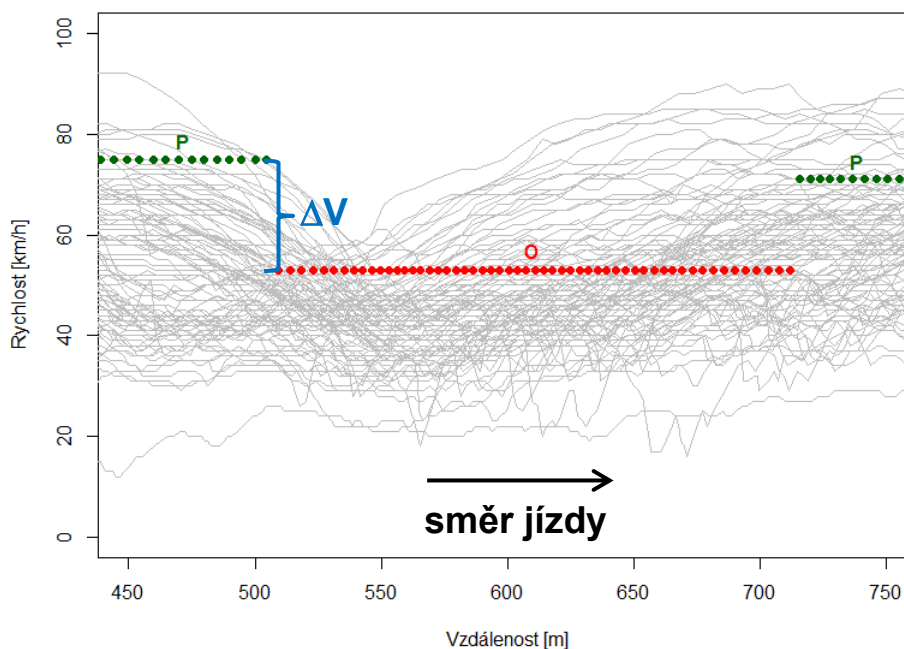
Pro analýzy vztahů mezi rychlostí, geometrií a bezpečností je však potřeba získat tzv. **neovlivněnou (volnou) rychlost** (rychlost, která není ovlivněna kongescemi, organizací dopravy nebo počasím). Tradičně se neovlivněná rychlost určuje ručním výběrem osamocené jedoucí vozidel (s dostatečnými mezerami) – tento postup ale nelze aplikovat na plovoucí vozidla. V zahraničních studiích se používají různá kritéria, většinou spočívající ve vyloučení jízd v dopravní špičce. To by však při využití firemních vozidel, která často cestují právě ve špičce, vedlo k velké ztrátě dat. Byl proto použit následující postup:

1. Každý datový bod byl přiřazen nejbližšímu lomovému bodu osy komunikace.
2. Pro lomové body byly vypočteny rychlosti a rozděleny do dvou skupin (ovlivněné a neovlivněné) pomocí shlukové analýzy (metodou k -průměrů).
3. Byl určen 85. percentil neovlivněné rychlosti (V_{85}).
4. Pro každý segment byl určen vážený průměr V_{85} (váha byla dána počtem datových bodů přiřazených jednotlivým lomovým bodům).

Aby údaje o rychlosti v jednotlivých segmentech byly reprezentativní, byl stanoven požadavek na opakované průjezdy. Na základě zahraničních zkušeností [23] byly vybrány pouze ty úseky, kde bylo zaznamenáno **minimálně 100 průjezdů** (pokud jsou záznamy v obou směrech, platí tato podmínka pro každý směr zvlášť). Výsledný soubor obsahoval 509 párů segmentů (přímých úseků a navazujících směrových oblouků).

² <http://www.princip.cz/produkty/vetronics/>

Na Obr. 3 je ukázka dat z vybraného směrového oblouku a navazujících přímých úseků. Šedé křivky reprezentují vývoj rychlosti z průjezdů jednotlivých vozidel (ve směru jízdy zleva doprava) s přibližnými hodnotami mezi 30 a 90 km/h. Po segmentaci na přímé úseky (zelené, P) a směrové oblouky (červené, O) je pak pro každý segment určena V_{85} . Protože se jedná o neovlivněnou rychlost, je vyšší než průměr původních (ovlivněných) rychlostí. Modře je vyznačen rozdíl rychlosti ΔV , který je rozhodující pro hodnocení konzistence oblouku.



Obr. 3 Ukázka rychlostních dat (šedě jednotlivé průjezdy, zeleně a červeně vážený průměr rychlosti v přímém úseku a směrovém oblouku, modře rychlostní konzistence)

Reprezentativita rychlosti, určené z FCD dat, byla ověřena srovnáním s rychlostí, určenou pomocí statistických radarů SR 4. Z údajů v sedmi profilech vyšlo, že rychlost z FCD dat je průměrně o 2 km/h vyšší. Tento trend („přeměřování“) byl zjištěn i v zahraničních studiích (až 10 km/h [12]). Důvody mohou být dva:

- *Rozdílné soubory řidičů u FCD a profilových dat:* Firemní vozidla (z nichž pochází FCD data) řídí většinou profesionální řidiči, kteří mohou volit vyšší rychlost než celková populace, jejíž rychlosti jsou změřené statistickým radarem.
- *Definice neovlivněné rychlosti:* Z FCD dat byla určována neovlivněná rychlost, která bývá vyšší než rychlost celého dopravního proudu, zachycená profilovým měřením (podle studie na srovnatelných úsecích [4] průměrně o 4 km/h).

Bylo usouzeno, že rozdíl 2 km/h není natolik vysoký, aby ohrozil vypovídací schopnost dalších analýz.

2.1.3 Vývoj rychlostních modelů

V předchozím textu byly popsány operace nutné k omezení zkreslení ve vstupních datech. Jejich aplikace však vedla ke zúžení uvažovaného souboru – data o rychlosti tudíž pokrývají jen část celkové sítě. Aby bylo možné analýzu rozšířit na maximum sítě, byl použit následující postup:

1. Ze souboru úseků se známými rychlostmi byly odvozeny regresní (predikční) modely, tj. rovnice udávající vztah mezi rychlostí a vybranými parametry (zvláště pro přímé úseky a směrové oblouky).
2. Získané rovnice byly aplikovány na zbývající úseky (kde nejsou známé rychlosti): dosazením hodnot parametrů byly získány predikce (odhady) rychlosti.

Jako potenciální parametry (vysvětlující proměnné) regresního modelu byly ke každému segmentu přiřazeny hodnoty následujících proměnných:

- intenzita dopravy (pro jednotlivé směry vyjádřená jako polovina RPDI)
- geometrie trasy (křivolakost, poloměr, délka, podélný sklon, viditelnost konce segmentu)
- šířkové uspořádání (stoupací pruhy, šířka komunikace a krajnice, příčný sklon, možnost předjíždění)
- vybavení a okolí komunikace (dopravní značení a zařízení, svodidla, směrové sloupky, vegetace)

Byly využity databáze (Silniční databanka ŘSD ČR, Celostátní sčítání dopravy), portál Google Maps i vlastní měření (měřícím vozidlem CDV [2]). Při sběru dat byly vyloučeny směrově rozdělené úseky, úseky vícepruhové (s výjimkou stoupacích pruhů) a s křižovatkami, příp. s dalšími nestandardními prvky, které mohou ovlivňovat rychlost (zastávka veřejné dopravy, přechod pro chodce, tunel, železniční přejezd, radar, optická psychologická brzda, povrch Rocbinda apod.). Výsledek byl **soubor dvoupruhových směrově nerozdělených segmentů** (příp. se stoupacími pruhy), **kde lze předpokládat, že rychlost je ovlivněna pouze sledovanými parametry.**

Výsledný soubor obsahoval 296 segmentů. Jejich popisné charakteristiky jsou uvedeny v Tab. 1 (spojité proměnné) a Tab. 2 (kategorické proměnné), zvlášť pro přímé úseky a směrové oblouky.

Tab. 1 Popisné charakteristiky spojených proměnných

PŘÍMÉ ÚSEKY (n = 168)				SMĚROVÉ OBLOUKY (n = 128)			
Spojité proměnná	Min.	Max.	Průměr	Spojité proměnná	Min.	Max.	Průměr
Intenzita [voz/d]	2268,5	8846,5	5037,5	Intenzita [voz/d]	2268,5	8846,5	5063,0
Délka [m]	201,3	3193,2	642,0	Délka [m]	204,5	1477,3	408,9
Křivolakost [gon/km]	0,3	53,6	11,9	Křivolakost [gon/km]	21,0	454,8	75,0
Příčný sklon [%]	-1,7	3,5	1,3	Příčný sklon [%]	0,3	4,4	1,5
				Poloměr [m]	106,7	2068,6	975,7

(Pozn.: kladné hodnoty příčného sklonu = dostředný sklon; záporné hodnoty = opačný sklon)

Tab. 2 Popisné charakteristiky kategorických proměnných

Kategorická proměnná	Kategorie	PŘÍMÉ ÚSEKY (%)	SMĚROVÉ OBLOUKY (%)
Šířka komunikace	≤ 9,5 m	22,6	10,9
	9,6 – 11,5 m	40,5	49,2
	> 11,5 m	36,9	39,8
Šířka krajnice	≤ 0,75 m	25,0	17,2
	0,76 – 1,5 m	32,7	33,6
	> 1,5 m	42,3	49,2
Vegetace	žádná / keře	20,2	25,0
	osamocené stromy	36,3	37,5
	stromořadí / les	43,5	37,5
Možnost předjíždění	ne / ano	34,5 / 65,5	47,7 / 52,3
Svodidla	ne / ano	63,1 / 36,9	60,2 / 39,8
Podélný sklon	ne / ano	53,6 / 46,4	38,3 / 61,7
Viditelnost konce segmentu	ne / ano	23,8 / 76,2	82,0 / 18,0
Stoupací pruh	ne / ano	92,3 / 7,7	88,3 / 11,7

Další kroky budování modelu (podle [3]):

1. *Explorační (průzkumová) analýza dat:* aby bylo u kategoriálních proměnných zajištěno rovnoměrné pokrytí, byly vyloučeny proměnné, u kterých některá z kategorií obsahovala < 10 % případů.
2. *Ověření multikolinearity* (korelace mezi vysvětlujícími proměnnými): pokud byl Pearsonův koeficient korelace v některé kombinaci (páru) proměnných > 0,5, byla jedna z proměnných vyloučena.
3. *Vícerozměrná lineární regrese:* byla použita metoda zpětné eliminace, tj. postupného odebírání proměnných, se zachováním proměnných se statistickou významností > 95 %.

Nejprve byl vytvořen rychlostní model pro přímé úseky, jehož výsledky (predikce) označíme $V_{př}$. Následně byl vytvořen rychlostní model pro směrové oblouky (predikce V_{obl}), přičemž jedna z proměnných byla $V_{př}$ (rychlost v předcházejícím přímém úseku) – viz Tab. 3.

Tab. 3 Přehled hodnot regresních koeficientů výsledných modelů rychlosti

PŘÍMÉ ÚSEKY ($V_{př}$)	Nestandardizované regresní koeficienty		Standardizované regresní koeficienty β	Testové kritérium	Dosažená hladina významnosti	SMĚROVÉ OBLOUKY (V_{obl})	Nestandardizované regresní koeficienty		Standardizované regresní koeficienty β	Testové kritérium	Dosažená hladina významnosti
	B	SE					B	SE			
(konst.)	92,119	3,376		27,288	0,000	(konst.)	50,704	15,316		3,311	0,001
Intenzita	-0,001	0,000	-0,163	-2,292	0,023	$V_{př}$	0,559	0,158	0,284	3,541	0,001
Délka	0,004	0,001	0,255	3,535	0,001	Křivolakost	-0,070	0,011	-0,481	-6,288	0,000
Příčný sklon	-2,169	0,838	-0,179	-2,588	0,011	Šířka krajnice	-1,660	0,794	-0,165	-2,091	0,039
Šířka kom.	1,611	0,741	0,161	2,175	0,031	Stoup. pruh	4,399	1,904	0,188	2,311	0,023
Předjíždění	3,962	1,200	0,248	3,301	0,001						
Viditelnost	3,026	1,283	0,170	2,359	0,020						
Stoup. pruh	10,347	2,232	0,364	4,636	0,000						

Vysvětlivky: B – nestandardizované regresní koeficienty
SE – standardní chyba
 β – standardizované regresní koeficienty

Vypovídací schopnost lze ilustrovat prostřednictvím znamének regresních koeficientů (B nebo β): kladné znaménko indikuje přímou závislost, záporné znaménko nepřímou závislost. Dále podle absolutní velikosti standardizovaných regresních koeficientů (β) lze usuzovat na míru vlivu jednotlivých proměnných: nejvýraznější vlivy ($\beta > 0,2$) jsou v Tab. 3 zvýrazněny. Směry závislosti těchto proměnných jsou shrnuty v Tab. 4.

Tab. 4 Přehled směrů závislosti proměnných v regresních modelech rychlosti

	Přímé úseky	Směrové oblouky
Proměnné, jejichž nárůst zvyšuje rychlost	Délka Možnost předjíždění Stoupací pruhy	Rychlost v předcházejícím přímém úseku
Proměnné, jejichž nárůst snižuje rychlost	–	Křivolakost

Uvedené závislosti jsou logické: rostoucí délka úseku, stejně jako možnost předjíždění nebo využití stoupacího pruhu umožňují zvýšit rychlost jízdy. Zvýšená rychlost v přímém úseku se dále přenáší do navazujícího oblouku; rostoucí křivolakost naopak vede ke snížení rychlosti průjezdu obloukem.

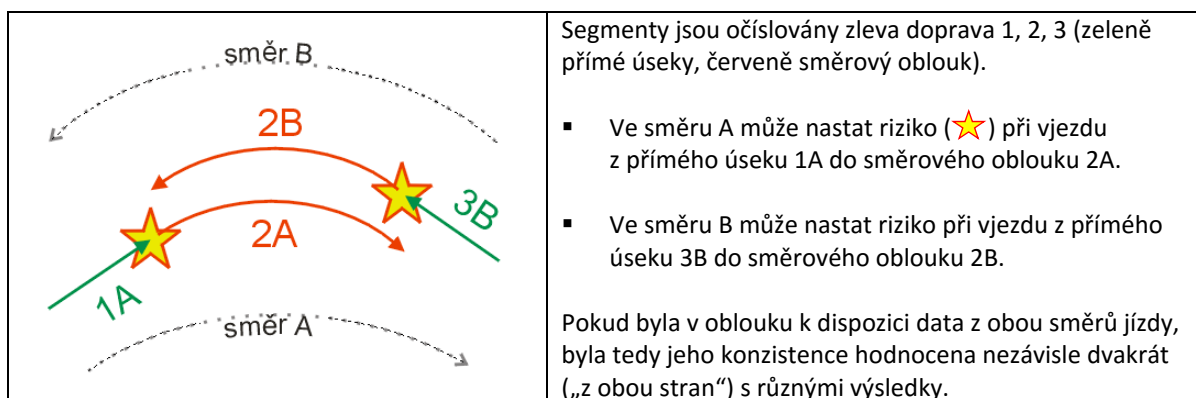
Koeficienty determinace modelů (R^2) byly 0,271 pro přímé úseky a 0,398 pro směrové oblouky. Podobné hodnoty byly dosaženy i v zahraničních studiích [14, 5]. Nízké hodnoty jsou pravděpodobně způsobeny využitím FCD dat:

- „Tradiční“ studie vychází z měření rychlostí ručně vybraných osamocených vozidel radarovými nebo laserovými technologiemi ve vybrané dny, denní dobu, počasí apod. Vnější vlivy jsou tedy stálejší a nezakreslují výsledné modely, které pak mají vyšší hodnoty R^2 .
- Oproti tomu FCD data jsou sbírána „anonymně“ (z neznámých vozidel, v různé dny, dobu i počasí), což vede k větší heterogenitě a nižším hodnotám R^2 .

Aby byla prokázána vypovídací hodnota modelů, byla ověřena a prokázána validita vypočtené rychlostní konzistence vůči dlouhodobému průměru nehodovosti – viz další podkapitola.

2.1.4 Validace rychlostní konzistence

Z predikovaných hodnot rychlosti v přímých úsecích ($V_{př}$) a v navazujících směrových obloucích (V_{obl}) byla určena rychlostní konzistence ($\Delta V = V_{obl} - V_{př}$). Logiku výpočtu ilustruje Obr. 4.



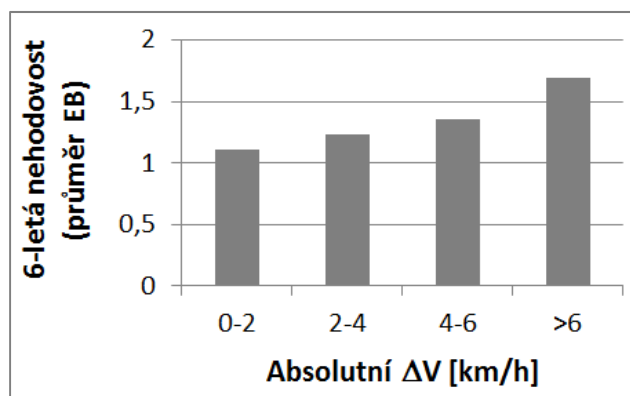
Obr. 4 Ilustrace principu výpočtu rychlostní konzistence pro oba jízdní směry

Kvalitu rychlostní konzistence jako nepřímého ukazatele bezpečnosti lze prokázat prostřednictvím validace, tj. statistického prokázání vztahu k přímému ukazateli bezpečnosti (nehodovosti). Za tímto účelem byl určen dlouhodobý průměr nehodovosti za 6 let pomocí empirické bayesovské metody (viz [1]), která kombinuje:

1. odhad z predikčního modelu nehodovosti tvaru $N = \beta_0 \cdot I^{\beta_1} \cdot L^{\beta_2}$ (vysvětlující proměnné intenzita a délka, β jsou regresní koeficienty odhadnuté pomocí zobecněné lineární regrese)
2. zaznamenaný počet nehod z databáze Policie ČR (byly využity nehody individuálních vozidel všech úrovní závažnosti)

Srovnání bylo provedeno v rámci kategorií rychlostní konzistence ΔV (v absolutní hodnotě podle [18]), pro které byl určen průměr empirického bayesovského odhadu nehodovosti (EB). V každé kategorii bylo min. 10 záznamů. Graf je na Obr. 5.

Pozn.: Prezentované a dále používané hodnoty ΔV jsou „méně závažné“ než v zahraničních předpisech (Příloha 1). To je způsobeno tím, že zahraniční studie pochází ze silnic nižších tříd, s vyšší křivolakostí a výraznějšími změnami rychlosti (např. v polské studii [14] byl průměr křivolakosti 3,5× vyšší než v Tab. 1). „Mírnější“ hodnoty ΔV v této metodice tedy odpovídají charakteru silnic I. třídy.



Obr. 5 Srovnání absolutní rychlostní konzistence (ΔV) s 6-letým průměrem nehodovosti (EB)

Graf ukazuje očekávanou závislost: s narůstajícím rozdílem rychlostí roste i nehodovost – zhoršující se konzistence vede k poklesu bezpečnosti. Přitom v poslední kategorii ($\Delta V > 6$ km/h) je nehodovost o více než 50 % vyšší než v první kategorii ($\Delta V < 2$ km/h).

Rychlostní konzistence má tedy prokazatelný vztah k bezpečnosti. Graf potvrzuje, že **nejbezpečnější úseky jsou ty, které jsou samovysvětlující** (tj. dochází na nich k nejmenším změnám rychlosti).

2.1.5 Aplikace modelů

Jak bylo uvedeno, zmíněné rychlostní modely byly vytvořeny na vybraných úsecích, pokrývají tudíž jen část celkové sítě extravilánu I. tříd. Za účelem rozšíření analýzy byly modely aplikovány na zbývající části sítě.

Aby byl rozsah pokryté sítě co největší, byly pro výběr použity podmínky:

- min. délky přímého úseku 200 m (z již zmíněného důvodu „nezávislosti“ rychlosti)
- min. délky navazujícího směrového oblouku 50 m (na rozdíl od 200 m, použitých pro tvorbu modelu)

Z výběru byly opět vyloučeny „rušivé“ vlivy (z pohledu rychlosti): více pruhů, zastávky, železniční přejezdy apod. Obr. 6 zobrazuje rozsah sítě – výsledek po filtraci reprezentuje cca 25 % původního souboru.

Obr. 6 Rozsah analyzované silniční sítě před a po filtraci

Před filtrací	Po filtraci
<p>8524 segmentů 3399 párů přímá + oblouk</p>	<p>1550 segmentů ≈ 20 % 992 párů přímá + oblouk ≈ 30 %</p>

K segmentům byly přiřazeny hodnoty jednotlivých proměnných (podle Tab. 3). Dosazením hodnot do rychlostních modelů byly získány predikce rychlosti na všech segmentech.

Z predikovaných hodnot rychlosti v přímých úsecích ($V_{př}$) a v navazujících směrových obloucích (V_{obl}) byla určena rychlostní konzistence ($\Delta V = V_{obl} - V_{př}$). Setříděním výsledků byl vytvořen „žebříček“, z něž byly vybrány oblouky podle tří následujících kritérií:

- rychlostní konzistence $\Delta V < -4$ km/h (tj. -4, -5, -6, ...) (nadprůměrná hodnota podle Obr. 5)
- poloměr oblouku $R < 400$ m (kritická hodnota podle zahraničních výzkumů [13])
- rozdíl křivolakosti $\Delta K > 180$ gon/km (mezí hodnota vhodné konzistence podle [18])

Kombinací těchto kritérií bylo identifikováno 117 kritických směrových oblouků pro návrh optimalizace.

2.2 Optimalizace

Jako již bylo uvedeno, lze rozlišit dvě základní metody optimalizace:

- **nízkonákladově** pomocí dopravního značení nebo dopravních zařízení (směrových sloupků, vodicích tabulí...)
- **stavebně** (úprava smykových vlastností, klopení, směrového vedení...)

Z ekonomického hlediska se častěji aplikují nízkonákladová opatření; lze je použít i jako dočasnou variantu do doby provedení definitivního řešení stavebního charakteru.

Pozn.: Vodicí tabule mohou být v provedení jedné šipky nebo jako sestavy jednotlivých šipek umístěných za sebou (podle Přílohy č. 10 k vyhlášce č. 294/2015 Sb.). V dalším textu budou tyto konfigurace označovány jako „sestava vodicích tabulí“ a „velké vodicí tabule“.

Další text shrnuje zahraniční praktiky, týkající se optimalizace značení (především směrových sloupků, výstražných značek a vodicích tabulí) a směrového vedení. Rešerše byla provedena ve více než 20 evropských zemích a zahrnovala studium relevantních předpisů i osobní konzultace s vybranými experty³. Bylo zjištěno, že lze rozlišit několik skupin přístupů k této problematice. Závěry jsou uvedeny v Tab. 5, rozdělené do dvou fází:

- **Identifikace** (Jak se identifikují kritické (nevyhovující) směrové oblouky?)
- **Kategorizace a značení** (Existuje stupnice rizika? Jaké značení se v kritických směrových obloucích pro tyto kategorie používá? – typy, počty, rozestupy apod.)

Tab. 5 Charakteristiky přístupů k problematice optimalizace značení a směrového vedení

Přístup	Identifikace	Kategorizace a značení	Příklady zemí
Tradiční	na základě počtu dopravních nehod nebo zjištění bezpečnostní inspekce	standardní značení s případnými výjimkami, ovšem bez exaktní kategorizace	ČR, Itálie, Litva, Maďarsko, Norsko, Rakousko, Rumunsko, Řecko, Slovensko, Slovinsko, Srbsko, Švédsko, Švýcarsko
Normový	není-li splněn požadavek na minimální poloměr oblouku nebo návrhovou rychlost		Belgie (Flandry), Estonsko, Finsko, Island, Německo
Racionální	vícestupňově: rychlost → konzistence → úroveň rizika → kategorie značení		Belgie (Valonsko), Dánsko, Francie, Nizozemí, Polsko, Portugalsko, Španělsko

Dále budou uvedeny konkrétní příklady jednotlivých přístupů a navazující návrh vlastní optimalizace.

³ Seznam zdrojů (předpisů i expertů) je uveden v seznamu literatury (kap. VI).

2.2.1 Tradiční přístup

Tradiční přístup lze ilustrovat aktuální situací v České republice (podle Technických podmínek č. 65 a 169):

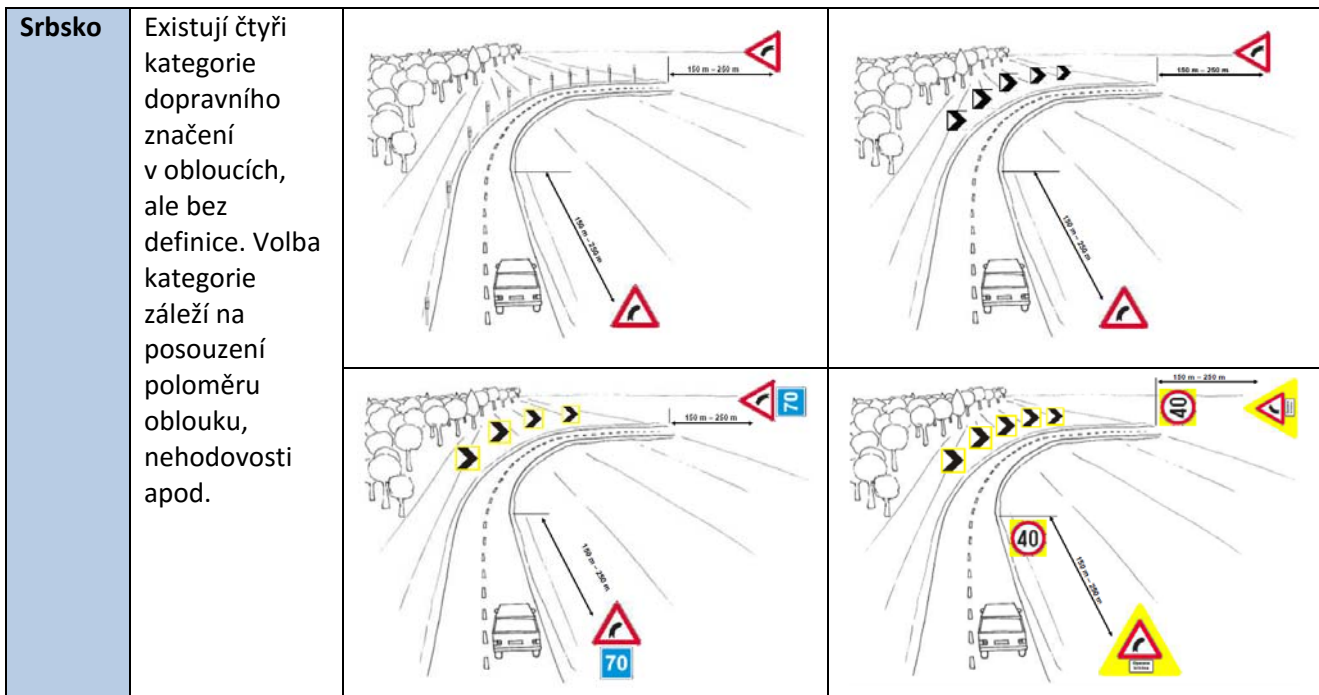
- „mimo obec se vodicí tabulí označuje každá zatáčka, která za normálních podmínek neumožňuje bezpečné projetí rychlostí vyšší než 50 km/h“ – v praxi se však vychází spíše z nehodovosti a/nebo individuálního posouzení na místě
- „zkrácené vodicí tabule se umísťují ve vzdálenostech 5 – 30 m od sebe tak, aby byl patrný průběh oblouku“ – rozmezí je poměrně značné, bez uvedení vztahu např. k poloměru oblouku
- „pokud je nutno na nebezpečný oblouk zvlášť upozornit“, používá se retroreflexní úprava – nejsou definovány podmínky zmíněné zvláštní pozornosti

Identifikace tedy není daná jasnými pravidly; stejně jako umísťování výstražných značek a vodicích tabulí. Naopak umísťování směrových sloupků je jasně dáno Technickými podmínkami č. 58: jejich vzájemná vzdálenost je tabelována podle poloměru oblouku.

Další příklady (Norsko a Srbsko) jsou uvedeny v Tab. 6.

Tab. 6 Příklady identifikace a kategorizace podle tradičního přístupu (Norsko, Srbsko)

	Identifikace	Kategorizace
<p>Norsko</p>	<p>U oblouků určuje míra „neočekávatelnosti“. Do posouzení vstupuje rychlostní limit před obloukem, viditelnost a „přijatelná“ rychlost průjezdu obloukem. Je však uvedeno, že přesná rozmezí těchto hodnot a hodnocení neexistují a proto je nutno je posuzovat společně. Výsledkem je zařazení do jedné ze tří kategorií A, B, C, pro které je stanoveno dopravní značení (viz obr.).</p>	<p>The diagram illustrates three levels of road curve identification (NIVÁ A, B, and C) for a right-hand curve. NIVÁ A: Shows a single warning sign (triangle with a red border and a black arrow pointing to the curve) placed before the curve. NIVÁ B: Shows a sequence of warning signs with directional arrows (black arrows on a white background) placed along the curve's path, along with reflective posts (black and yellow striped) at the curve's apex. NIVÁ C: Shows a similar setup to NIVÁ B, but with reflective posts placed further ahead on the straight section of the road leading into the curve.</p>



2.2.2 Normový přístup

Normový přístup vychází z rovnice udávající vztah mezi návrhovou rychlostí, poloměrem oblouku a příčným sklonem. Lze uvést příklady aplikace při hodnocení:

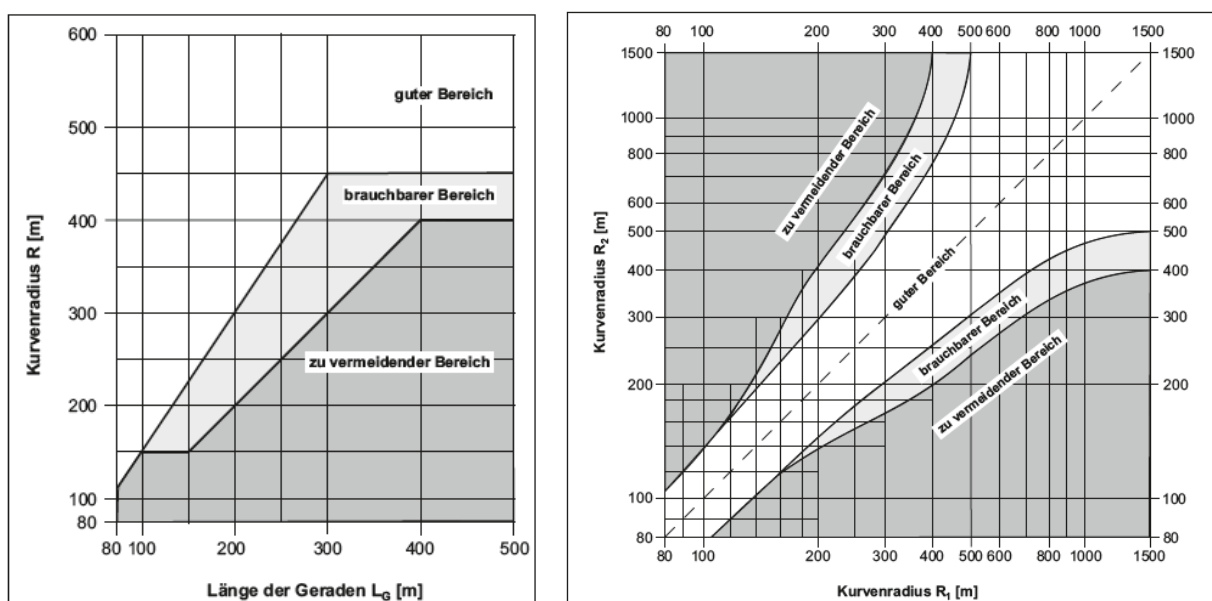
- Na základě požadavku na minimální poloměr oblouku:
 1. Určí se poloměr oblouku $R_{m\check{e}\check{r}}$.
 2. $R_{m\check{e}\check{r}}$ porovná s minimální hodnotou R_{min} , která je tabelována podle
 - a. návrhové rychlosti a příčného sklonu (Finsko)
 - b. středového úhlu a délky oblouku (Island)
 3. Je-li $R_{m\check{e}\check{r}} < R_{min}$, považuje se oblouk za kritický a je nutno jej adekvátně označit.
- V Belgii – Flandrech se návrhová rychlost V_n srovnává s naměřenou rychlostí V_{85} . Z velikosti rozdílu $V_{85} - V_n$ vychází 4 úrovně konzistence, pro které je navrženo příslušné dopravní značení (Tab. 7).

Tab. 7 Příklad optimalizace značení podle normového přístupu (Belgie – Flandry)

Úroveň	$V_{85} - V_n$ [km/h]	Dopravní značení
1	≤ 10	výstražná značka
2	10 – 20	výstražná značka + směrové sloupky
3	20 – 30	výstražná značka + směrové sloupky + velká vodicí tabule
4	≥ 30	výstražná značka + směrové sloupky + sestava vodicích tabulí

- Německé předpisy uvádí přijatelné hodnoty:
 - poloměru oblouku v závislosti na délce (nebo křivolakosti) předchozího přímého úseku
 - poloměrů navazujících oblouků (je-li délka mezipřímé < 300 m)

Grafy jsou na Obr. 7: bílá oblast vymezuje „dobré“, světle šedá „přijatelné“ a tmavě šedá „nepřijatelné“ hodnoty. Jsou-li pro konkrétní situaci zjištěny nepřijatelné hodnoty, doporučuje se instalace výstražných značek nebo vodicích tabulí.



Obr. 7 Grafy pro hodnocení relačního designu z německých předpisů

Zatímco tradiční přístup postrádá kvantitativní indikátory, **geometrický přístup používá jasné vztahy související s minimálním poloměrem oblouku a/nebo návrhovou rychlostí**. Tyto vztahy však nemusí v praxi zcela platit: v literatuře [23] bylo doloženo, že poloměr jako jediný prediktor rychlosti nemusí být dostačující. Dále vyžaduje-li postup znalost skutečné rychlosti, je potřeba mít tyto informace plošně k dispozici.

2.2.3 Racionální přístup

Z výše uvedených důvodů je ideální racionální přístup. Ten je založen na myšlence **hodnocení a kategorizace rizika podle rychlostní konzistence**, přičemž rychlost není nutno měřit, ale lze ji určit pomocí výpočtu (modelovat). Příklady konkrétních realizací ze 7 evropských zemí, s důrazem na optimalizaci pomocí dopravního značení, jsou uvedeny v Příloze 1.

Z příkladů v Příloze 1 vyplývá, že aplikace jsou založeny především na návrhové rychlosti v oblouku. Tyto hodnoty musí vycházet z projektové dokumentace. Pro hodnocení na popisovaných datech by bylo potřeba vycházet z podkladů k téměř 1000 obloukům (Obr. 6), za předpokladu že by se je podařilo vyhledat v archivech projektové dokumentace. Byl proto vyzkoušen alternativní postup: výpočet návrhové rychlosti pomocí poloměru oblouku a příčného sklonu, změřeného měřicím vozidlem CDV; přesnost výsledků však nebyla dostačující.

Alternativou může být mezní rychlost podle ČSN 736102; pro praktické použití bude dále používána hodnota snížená o 10 km/h (tzn. s rezervou pro zajištění vyšší bezpečnosti).

2.2.4 Návrh vlastního systému optimalizace

Na základě předchozí rešerše a analýz (popsaných v kap. 2.1) byl zvolen **vlastní systém optimalizace, využívající prvky normového i racionálního přístupu**. Byl v něm uplatněn postup podle německých předpisů, s hodnotami odvozenými z vlastních dat: hodnotí se vhodnost kombinace poloměru oblouku R v závislosti na délce předchozího přímého úseku L , dále návaznost poloměrů navazujících oblouků R_1 a R_2 (je-li délka mezipřímé < 300 m). Toto hodnocení v kontextu okolních prvků se také označuje jako „relační design“.

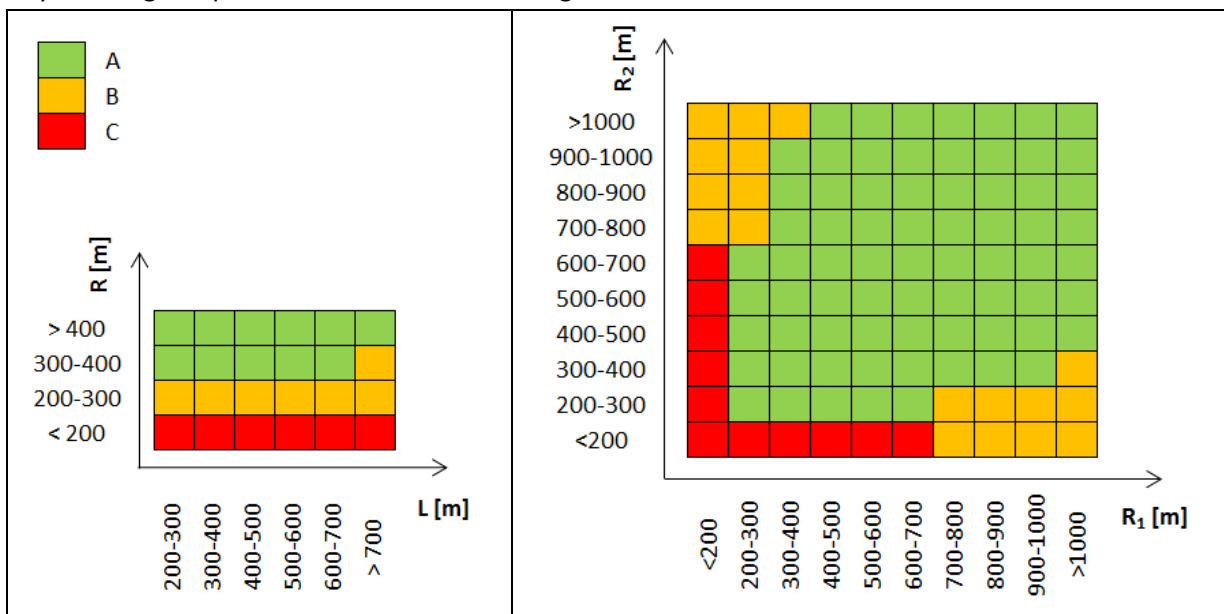
Postup aplikace na vybrané silniční síti je následující:

1. Určení rychlostní konzistence (ΔV) oblouků postupem uvedeným v kap. 2.1.
2. Expertní stanovení kategorií na základě hodnot rychlostní konzistence (ΔV) nebo mezní rychlosti ($V_m - 10$) a poloměru (R). Tab. 8 uvádí konkrétní rozmezí odvozená z hodnocení 117 oblouků.

Tab. 8 Rozmezí hodnot rychlostní konzistence (ΔV) a poloměru oblouku (R) pro kategorie A, B, C

	ΔV [km/h]	$V_m - 10$ [km/h]	R [m]
A	> -5	> 90	> 300
B	-5 až -10	80 – 90	200 – 300
C	< -10	< 80	< 200

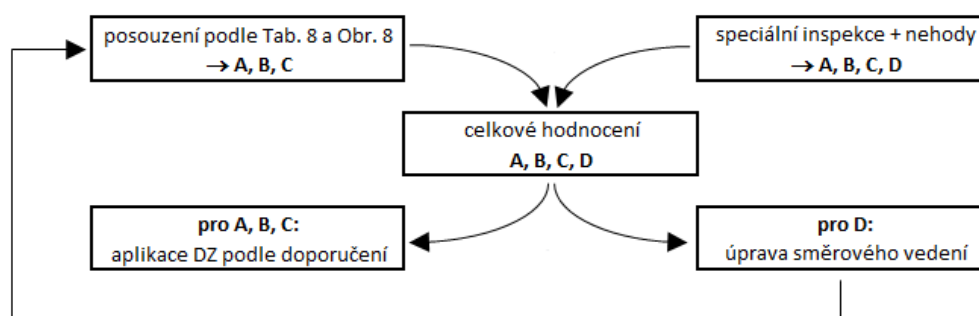
3. Vytvoření grafů pro hodnocení relačního designu.



Obr. 8 Grafy pro hodnocení relačního designu

4. Posouzení jednotlivých oblouků izolovaně (podle Tab. 8) i relačně (podle Obr. 8).
5. Fyzická prohlídka vybraných míst (speciální bezpečnostní inspekce) s cílem komplexního zhodnocení situace a místních podmínek, které nejsou zohledněny v předchozích bodech (rozhledové poměry, příčný sklon, výškové řešení trasy, stav vegetace, záchytných zařízení, povrchu vozovky apod.). Lze využít i údaje o minulém výskytu dopravních nehod.
6. Celkové hodnocení na základě bodů 4 a 5 a volba příslušné kategorie optimalizace. Pro kategorie A, B, C se jedná o dopravní značení a zařízení. U kategorie D se doporučuje stavební úprava směrového vedení, jejímž cílem je změna směrových návrhových prvků (tj. zvýšení kategorie).

Proces hodnocení (body 4, 5, 6) je schematicky znázorněn na Obr. 9.





Obr. 9 Schéma procesu hodnocení a optimalizace

Na Obr. 10 jsou 2 příklady hodnocení podle uvedeného postupu. Lze je okomentovat následovně:

- Hodnotí se vstupní data: rychlostní konzistence ΔV (nebo mezní rychlost $V_m - 10$) a poloměr R_1 (podle Tab. 8), dále soulad délky přímé L a poloměru R , příp. soulad poloměru R_1 s poloměrem navazujícího oblouku R_2 (podle Obr. 8). Výsledkem jsou 4 dílčí hodnocení.
- Dále se zohlední závěry speciální inspekce a analýzy nehodovosti (individuální nehody za období 6 let). V analyzovaném souboru byl průměr nehodovosti 1,4; hodnoty 2 a více tedy lze považovat za abnormální.
- Příklady ukazují situace, kdy je hodnocení sníženo kvůli nepříznivým okolnostem: v prvním případě kvůli horizontu, který omezuje viditelnost (kategorie A byla snížena na B); ve druhém případě kvůli zápornému příčnému sklonu a nadprůměrné nehodovosti (kategorie C snížena na D).

Obr. 10 Dva příklady aplikace postupu hodnocení

	Oblouk č. 5414	Oblouk č. 17001
		
Konzistence	$\Delta V = -2 \text{ km/h} \dots \mathbf{A}$	$\Delta V = -19 \text{ km/h} \dots \mathbf{C}$
Relační design	$L = 471 \text{ m}$ $R = 392 \text{ m}$ } A	$L = 295 \text{ m}$ $R = 138 \text{ m}$ } C
	–	$R_1 = 138 \text{ m}$ $R_2 = 325 \text{ m}$ } C
Speciální inspekce	<ul style="list-style-type: none"> ▪ oblouk na horizontu ▪ 1 nehoda za 6 let (pod průměrem) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ záporný příčný sklon ▪ 4 nehody za 6 let (nad průměrem)
Celkové hodnocení	A sníženo na B	C sníženo na D

Za účelem návrhu optimalizace byly analyzovány zahraniční postupy. Příloha 2 shrnuje příklady pravidel osazování dopravního značení a optimalizace směrových návrhových prvků. Závěry jsou následující:

- *Doporučená rychlost*: pravidla pro stanovení v TP chybí, bude vhodné použít příklad z Dánska.
- *Směrové sloupky*: TP 58 neuvádí rozestupy na vnitřní straně oblouku, ani rozestupy „přechodových“ sloupků. Bude vhodné využít zahraniční příklady (přibližně poloviční rozestup sloupků na vnitřní straně oblouku; pro „přechodové“ sloupky pak hodnoty podobné srbskému předpisu).
- *Vodící tabule*: TP 65 nevztahuje rozestupy k poloměru oblouku. Byly analyzovány reálné hodnoty u 18 oblouků a navrženy hodnoty rozestupů v rozmezí, odpovídajícím TP 65.
- *Relační design (soulad délky přímé a poloměru oblouku, příp. soulad poloměrů dvou navazujících oblouků)*: V Německu, Nizozemí nebo Švýcarsku) se používají 2 základní grafy (Obr. 7) – bude vhodné je aplikovat v ČR. Jejich adaptace, s využitím rychlostní konzistence, je použita v kap. 2.2.4.

Návrh optimalizace, vyplývající z uvedených závěrů, je uveden v Tab. 9. Tabulka představuje návrhy pro jednotlivé kategorie A, B, C, D: popis základní varianty, červeně alternativní řešení, zeleně odkazy na doplňující tabulky pod Tab. 9.

Pozn. ke směrovým sloupkům:

- Jsou použity u všech kategorií, pro přehlednost jsou však graficky zobrazeny jen u kategorie A.
- Jako „přechodové“ sloupky se označují sloupky, které vyznačují přechod mezi přímou a obloukem, příp. mezi obloukem a přímou. V závislosti na poloměru se používají 1 – 3 tyto sloupky.
- Základní rozestupy platí pro vnější stranu oblouku. Rozestupy na vnitřní straně jsou ve vyznačeném rozmezí poloměrů poloviční; pro vyšší poloměry pak totožné s rozestupy na vnější straně.

Pozn. k vodicím tabulím:

- Ve vrcholových obloucích a/nebo obloucích malého poloměru lze použít kombinaci více tabulí nad sebou, viz obr.



- Ve spádu se tabule zpravidla osazují pouze ve směru klesání.
- Při použití pro oba směry jízdy by se měly tabule osazovat ve stejné výšce, viz obr.

Nevhodné:



Vhodné:



Tab. 9 Návrhy optimalizace pro jednotlivé kategorie, vč. **alternativních doplnění** a odkazů na doplňující Tab.

Kat.	Návrh	Popis
A		<p>Směrové sloupky podle TP 58 (Tab. 9a). VDZ:</p> <ul style="list-style-type: none"> podélná čára přerušovaná vodicí proužky
B		<p>Směrové sloupky podle TP 58 (Tab. 9a). VDZ:</p> <ul style="list-style-type: none"> podélná čára souvislá ve zvukové úpravě dopravní knoflíky vedle podélné čáry souvislé vodicí proužky ve zvukové úpravě <p>SDZ:</p> <ul style="list-style-type: none"> výstražná značka vodicí tabule po celé délce oblouku (Tab. 9b)
C		<p>Směrové sloupky podle TP 58 (Tab. 9a). VDZ:</p> <ul style="list-style-type: none"> dvojitá podélná čára souvislá ve zvukové úpravě (příp. dopravní stín nebo barevná výplň) vodicí proužky ve zvukové úpravě dopravní knoflíky vložené mezi dvojitou podélnou čárou souvislou nápis na vozovce „Pozor zatáčka“ <p>SDZ:</p> <ul style="list-style-type: none"> retroreflexní výstražná značka s doporučenou rychlostí (Tab. 9c) retroreflexní zvětšené vodicí tabule po celé délce oblouku (Tab. 9b)
D	<p>Úprava směrových návrhových prvků, úprava klopení, smykových vlastností... (více viz [29], kap. 5.3.1)</p>	<p>Dočasně označit jako kategorii C.</p>

Tab. 9a Rozestup směrových sloupků na vnější straně podle poloměru oblouku

R [m]	Rozestup v oblouku a 1 – 3 sloupků před/za obloukem [m]			
	5*	10	20	30
< 50	5*	10	20	30
50 – 250	10*	20	30	–
250 – 450	20*	30	–	–
450 – 850	30	–	–	–
850 – 1250	40	–	–	–
> 1250	50	–	–	–

*) na vnitřní straně poloviční rozestup sloupků

Tab. 9b Rozestup vodicích tabulí podle poloměru

R [m]	Rozestup [m]
50	5
100	10
200	15
300	20
400	25
500	30

Tab. 9c Doporučená rychlost podle poloměru a příčného sklonu

R [m]	Příčný sklon [%]		
	0 – 3	3 – 5	5 – 7
50	40	45	45
60	45	50	50
80	50	50	60
100	60	60	60
150	70	80	80
200	80	90	90

3 VÝSLEDKY

Výsledky projektu SAMO jsou dostupné na adrese <http://samo.cdvinfo.cz/vystupy/> a jedná se o:

- tuto metodiku
- specializovanou („tištěnou“) mapu s odborným obsahem
- interaktivní on-line mapu

Mapy zobrazují 117 identifikovaných kritických směrových oblouků, které byly ohodnoceny postupem uvedeným v kap. 2.2.4 (kategorie A, B, C, D). Kategorie jsou označeny jako „orientační“ protože inspekce nebyly prováděny fyzicky na místě, ale virtuálně v prostředí Google Maps.

Doporučený postup práce s mapami je následující:

1. Výběr konkrétního směrového oblouku.
2. Zjištění jeho orientační kategorizace.
3. Fyzická prohlídka daného místa (speciální bezpečnostní inspekce) s cílem komplexního zhodnocení situace a místních podmínek.
4. Stanovení definitivní optimalizace na základě bodů 2 a 3.
5. Osazení nebo úprava dopravního značení a zařízení podle Tab. 9 a doporučení v kap. 2.2.4.

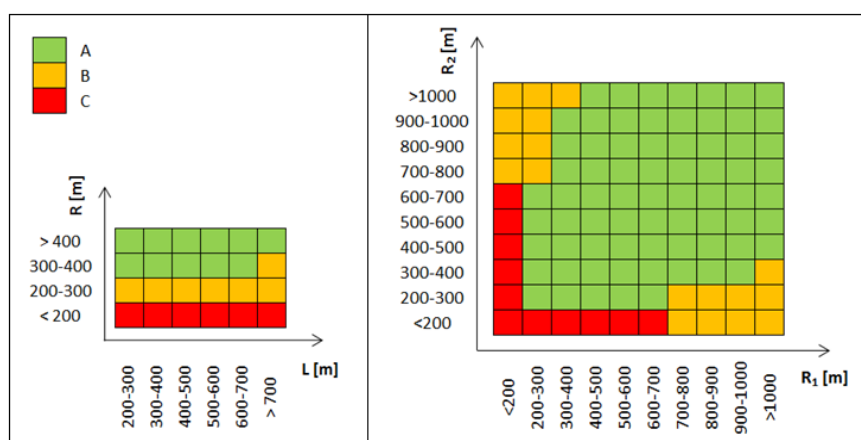
Interaktivní mapa je dostupná na adrese <http://samo.cdvinfo.cz/mapa/>. Její ovládání je intuitivní: uživatel si může zvolit mapový podklad (základní, terénní nebo satelitní mapu Google nebo OpenStreetMap). K dispozici jsou i další ovládací prvky (Zoom na území ČR, Zobrazit předchozí/následující výřez, Poslat odkaz, Sdílet na sociálních sítích, Měřit vzdálenost). Stručný návod k práci s mapou je v Tab. 10.

Mapy zobrazují výsledky na extravilánových úsecích silnic I. třídy v celé ČR. Pro účely analýz, popsaných v kap. 2.1, však bylo nutno některé úseky odfiltrovat, není tudíž pokryta celá síť (viz Obr. 6). **Pokud chce uživatel použít metodiku na zbývající části sítě**, platí následující postup, uvedený v kap. 2.2.4:

1. Izolované ohodnocení oblouku podle rychlostní konzistence (nebo mezni rychlosti) a poloměru.

	ΔV [km/h]	$V_m - 10$ [km/h]	R [m]
A	> -5	> 90	> 300
B	-5 až -10	80 – 90	200 – 300
C	< -10	< 80	< 200

2. Relační ohodnocení oblouku (ve vztahu k délce předchozí přímé, příp. poloměru následujícího oblouku).



3. Fyzická prohlídka místa (speciální bezpečnostní inspekce): posouzení rozhledových poměrů, příčného sklonu, výškového řešení trasy, stavu vegetace, záchytných zařízení, povrchu vozovky, nehodovosti...

4. Celkové ohodnocení na základě bodů 1 až 3 a volba příslušné optimalizace podle Tab. 9.

Tab. 10 Návod k práci s interaktivní mapou

<p>1. Výběr oblouku (prohlídkou mapy, příp. pomocí filtrace kategorií A, B, C, D)</p>			
<p>↓ klepnutí na zvýraznění oblouku</p> <p>2. Zjištění orientační kategorie</p> <p>↓ klepnutí na fotografii</p>			
<p>3. Možnost prohlídky v prostředí Street View: otáčení, posouvání...</p> <p>... s případným využitím dalších ovládacích prvků</p>	<table border="0"> <tr> <td data-bbox="635 1621 1077 1792"> <p>Na levé straně mapy:</p> <p> Celá ČR</p> <p> Předchozí/následující výřez</p> </td> <td data-bbox="1114 1621 1417 1854"> <p>Na pravé straně mapy:</p> <p>Poslat odkaz </p> <p>Sdílet </p> <p>Měření </p> </td> </tr> </table>	<p>Na levé straně mapy:</p> <p> Celá ČR</p> <p> Předchozí/následující výřez</p>	<p>Na pravé straně mapy:</p> <p>Poslat odkaz </p> <p>Sdílet </p> <p>Měření </p>
<p>Na levé straně mapy:</p> <p> Celá ČR</p> <p> Předchozí/následující výřez</p>	<p>Na pravé straně mapy:</p> <p>Poslat odkaz </p> <p>Sdílet </p> <p>Měření </p>		

III. Vyjádření k novosti postupů

Metodika poskytuje návod a nástroje pro praktické hodnocení a návazné zvyšování samovysvětlitelnosti pozemních komunikací. K tomu byl využit koncept rychlostní konzistence (rozdílů rychlosti mezi přímými úseky a navazujícími směrovými oblouky) a optimalizace (pomocí dopravního značení nebo prostřednictvím změn směrového vedení).

Koncept samovysvětlitelných komunikací je v českém prostředí relativně nový; princip rychlostní konzistence a její návazné optimalizace také doposud v ČR nebyl vyvinut ani aplikován. Presentované postupy jsou proto inovativní, o čemž svědčí i přijetí článku k publikaci v časopise s impakt faktorem a prezentaci na světových konferencích (Kanada, Izrael, USA, Švédsko) – viz seznamy v následující kapitole.

Metodiku lze chápat jako jeden z kroků procesu, který NSBSP 2020 definuje jako „postupnou přestavbu silniční sítě na principech samovysvětlující a odpouštějící komunikace“. Budoucí výzkum může zahrnovat:

- Zavedení principu konzistence na celé síti (nejen u směrových oblouků), stanovení rozpoznatelných kategorií s jednotným charakterem značení, šířkového uspořádání i okolí komunikace, křížovatek atd. – inspirovat se lze vývojem v Nizozemí a Německu (viz Tab. 11).
- Zavedení jednotných hodnot doporučené rychlosti a nejvyšší dovolené rychlosti, příp. optimalizací rychlostních limitů.
- Širší uplatnění odpouštějících uspořádání, jako jsou např. komunikace 2+1 [21] pro bezpečné předjíždění.

Výpočetní postupy, použité v této metodice, je možno v budoucnu dále rozšiřovat, např.:

- využitím neagregovaných jízdních profilů (Obr. 3) a z nich odvozených ukazatelů konzistence
- studiem vlivu rozdílů charakteristik vozidel, příp. řidičů a zkvalitnění rychlostních modelů
- vyhodnocením účinnosti navrženého dopravního značení
- zohledněním přechodnic, výškového vedení, návrhových rychlostí...
- adaptací postupu na silnice nižších tříd

Tab. 11 Příklady principu optimalizace celé silniční sítě (Nizozemí, Německo)

<p>Nizozemí (CROW, 2004)</p>	<p style="text-align: center;">Through roads Distributor roads Access roads</p>																													
<p>Německo (RAL, 2012)</p>	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Entwurfs- klasse</th> <th style="width: 15%;">Planungs- geschwindigkeit</th> <th style="width: 15%;">Betriebsform</th> <th style="width: 15%;">Überholprinzip/ Querschnittstyp</th> <th style="width: 15%;">Verkehrsführung in Knoten</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="color: green;">EKL 1</td> <td style="background-color: blue; color: white; font-size: 24px;">110</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="color: orange;">EKL 2</td> <td style="background-color: blue; color: white; font-size: 24px;">100</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="color: red;">EKL 3</td> <td style="background-color: blue; color: white; font-size: 24px;">90</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="color: purple;">EKL 4</td> <td style="background-color: blue; color: white; font-size: 24px;">70</td> <td> frei frei</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%; text-align: center;"> <p>EKL 1</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;"> <p>EKL 2</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;"> <p>EKL 3</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;"> <p>EKL 4</p> </div> </div> <p style="font-size: small; margin-top: 5px;">Quelle: TU Dresden / LS Straßenverkehrsanlagen</p>					Entwurfs- klasse	Planungs- geschwindigkeit	Betriebsform	Überholprinzip/ Querschnittstyp	Verkehrsführung in Knoten	EKL 1	110				EKL 2	100				EKL 3	90				EKL 4	70	frei frei		
Entwurfs- klasse	Planungs- geschwindigkeit	Betriebsform	Überholprinzip/ Querschnittstyp	Verkehrsführung in Knoten																										
EKL 1	110																													
EKL 2	100																													
EKL 3	90																													
EKL 4	70	frei frei																												

IV. Popis uplatnění metodiky

Uživatelé metodiky mohou být všichni, kdo se zabývají bezpečností silničního provozu a dopravním inženýrstvím. Především však správci komunikací, kteří mohou prezentované postupy použít ke zvýšení konzistence dopravního značení na silniční síti ve své správě a přispět tak ke zvýšení bezpečnosti.

Celý postup práce s metodikou je popsán v kap. 2.2.4 a zopakován v kap. 3 Výsledky.

Pracovníci ŘSD ČR mohou mapy využít při plánování investic do zvýšení samovysvětlitelnosti a bezpečnosti provozu na silnicích I. třídy, příp. pro úpravy v rámci údržby dopravního značení.

Informace v této metodice jsou také zajímavé pro auditory bezpečnosti pozemních komunikací. Bude proto vhodné je zahrnout do programu akreditovaných i pravidelných školení (viz <http://www.audit-bezpecnosti.cz/>).

V. Ekonomické aspekty

Hodnocení na základě rychlostní konzistence, představené v této metodice, je proaktivní: lze jej použít

- ve fázi návrhu (s využitím parametrů směrového vedení a případně mezní rychlosti)
- na stávajících komunikacích, bez nutnosti analýz nehodovosti (s využitím rychlostní konzistence a parametrů směrového vedení)

Oproti tradičnímu (nehodovému) přístupu je tedy humánnější a rychlejší.

Ekonomickou efektivitu návratnost lze demonstrovat následujícími údaji:

- Značení v typickém oblouku zahrnuje přibližně 10 ks dopravních značek nebo zařízení (výstražných značek a vodících tabulí) a 10 směrových sloupků. To podle obvyklých cen vyžaduje investici cca 22 000 Kč; po vynásobení rozsahem oblouků ve studovaném souboru (117 oblouků) celkem 2,6 mil. Kč.
- Ve zmíněných obloucích došlo ve sledovaném období k celkem 164 nehodám (115 z nich pouze s hmotnou škodou). Podle zahraničních zkušeností⁴ se účinnost značení v obloucích (ve smyslu potenciálního snížení nehodovosti) odhaduje na 10 – 25 %. Konzervativně použijeme 10 %; dále není jisté, jaké lze očekávat změny závažnosti zranění, použijeme tedy pouze nehody s hmotnou škodou. Z uvedených hodnot vyplývá očekávané snížení o 12 nehod, což po převodu na celospolečenské ztráty⁵ obnáší cca 3,1 mil. Kč.
- Z hodnot je zřejmá převaha přínosů (snížení ztrát) nad investičními náklady (která by při zohlednění závažnosti zranění byla ještě výraznější).

Celkově se jedná o efektivnější postup, a to ve smyslu času, nákladů i celospolečenských ztrát, kterým lze proaktivně předcházet.

⁴ <http://toolkit.irap.org/>

⁵ <http://www.czrso.cz/clanky/za-dopravni-nehody-jsme-v-roce-2014-zaplatili-pres-55-miliard-kc/>

VI. Seznamy literatury

Seznam použité související literatury

- [1] AMBROS, J. Jak měřit bezpečnost? – 2. část. *Silniční obzor*, 2012, roč. 73, č. 4, s. 103-105. ISSN 0322-7154.
- [2] AMBROS, J. a O. GOGOLÍN. *Metodika sběru parametrů dopravního prostoru pozemní komunikace pomocí měřicího vozidla*. Brno: Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., 2014. ISBN 978-80-88074-00-7.
- [3] AMBROS, J., V. VALENTOVÁ, R. STRIEGLER, P. HAVRÁNEK, E. SIMONOVÁ, M. LIPL, L. VYSKOČILOVÁ, P. POKORNÝ, J. NOVÁK, M. KYSELÝ, Z. JANOŠKA, O. GOGOLÍN a J. FRIČ. *Multifaktorová analýza dopravní nehodovosti – metodika provádění*. Brno: Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., 2014. ISBN 978-80-88074-01-4.
- [4] AMBROS, J. a M. KYSELÝ. Free-flow vs car-following speeds: does the difference matter? *Advances in Transportation Studies* (v tisku). ISSN 1824-5463.
- [5] ANDERSEN, C. S., K. H. REINAU a N. AGERHOLM. The relationship between road characteristics and speed collected from floating car data. In *Road Safety on Five Continents*, Rio de Janeiro, 2016.
- [6] ANDRÁŠIK, R. a M. BÍL. Efficient road geometry identification from digital vector data. *Journal of Geographical Systems*, 2016, roč. 18, s. 1-16. ISSN 2327-4581.
- [7] ANDRES, J., J. MIKULÍK, J. ROKYTOVÁ, Z. HRUBÝ a P. SKLÁDANÝ. *Metodika identifikace a řešení míst častých dopravních nehod*. Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2001. ISBN 80-902141-9-3.
- [8] *Audit bezpečnosti pozemních komunikací – metodika provádění v souladu se směrnicí EU 2008/96/EC*. Brno: Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., 2012. ISBN 978-80-86502-44-1.
- [9] BARTOŠ, L., A. RICHTER a A. SEIDL. Komplexní přístup k řešení bezpečnosti na pozemních komunikacích na příkladu silnic I. třídy v Karlovarském kraji. *Dopravní inženýrství*, 2015, roč. 10, č. 1, s. 2-6. ISSN 1801-8890.
- [10] *Bezpečnostní inspekce pozemních komunikací – metodika provádění v souladu se směrnicí EU 2008/96/EC*. Brno: Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., 2013. ISBN 978-80-86502-49-6.
- [11] CARDOSO, J. L. a C. A. ROQUE. Low cost engineering measures and stricter enforcement – A successful combination to improve road safety on a dangerous rural route. In *Road Safety on Three Continents*, Pretoria, 2000.
- [12] DIEPENDAELE, K., F. RIGUELLE a P. TEMMERMAN. Speed behavior indicators based on floating car data: results of a pilot study in Belgium. In *6th Transport Research Arena*, Varšava, 2016.
- [13] ELVIK, R. International transferability of accident modification functions for horizontal curves. *Accident Analysis and Prevention*, 2013, roč. 59, s. 487-496. ISSN 0001-4575.
- [14] GACA, S. a M. KIEĆ. Speed management for local and regional rural roads. In *6th Transport Research Arena*, Varšava, 2016.

- [15] GITELMAN, V., F. PESAHOV, R. CARMEL a S. BEKHOR. The identification of infrastructure characteristics influencing travel speeds on single-carriageway roads to promote self-explaining roads. In *6th Transport Research Arena*, Varšava, 2016.
- [16] HAVRÁNEK, P., E. SIMONOVÁ a R. STRIEGLER. Sanace nehodových lokalit pomocí nízkonákladových opatření na silnicích II. tříd Jihomoravského kraje. *Dopravní inženýrství*, 2015, roč. 10, č. 2, s. 7-8. ISSN 1801-8890.
- [17] *Highway Safety Manual. First Edition*. Washington: American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2010. ISBN 978-1-56051-477-0.
- [18] LAMM, R., B. PSARIANOS a T. MAILÄNDER. *Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook*. New York: McGraw-Hill, 1999. ISBN 0-07-038295-6.
- [19] LEDUC, G. *Road Traffic Data: Collection Methods and Applications*. Seville: European Commission Joint Research Centre – Institute for Prospective Technological Studies, 2008.
- [20] MEDELSKÁ, V., P. JIRAVA, D. NOP a D. ROJAN. *Dopravné inženýrství*. Praha: Alfa, 1991. ISBN 80-05-00737-X.
- [21] *Metodika pro navrhování pozemních komunikací v uspořádání 2+1*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, HBH projekt spol. s r.o., 2014. ISBN 978-80-214-5082-0.
- [22] MIKULÍK, J. a J. TECL. Úroveň bezpečnosti silničního provozu v ČR zaostává za zeměmi EU. *Silniční obzor*, 2016, roč. 77, č. 4, s. 88-91. ISSN 0322-7154.
- [23] *Modeling Operating Speed – Synthesis Report*. Transportation Research Circular E-C151. Washington: Transportation Research Board, 2011. ISSN 0097-8515.
- [24] *Národní strategie bezpečnosti silničního provozu 2011 – 2020*. Praha: Ministerstvo dopravy, 2011.
- [25] NIELSEN, M. a P. GREIBE. Signing and Marking of Substandard Horizontal Curves on Rural Roads. In *European Transport Conference*, Loughborough, 1998.
- [26] POKORNÝ, P. Samovysvětlující pozemní komunikace. *Silniční obzor*, 2013, roč. 74, č. 5, s. 135-137. ISSN 0322-7154.
- [27] *Road Safety Manual: Recommendations from the World Road Association (PIARC)*. Harrogate: Route2market, 2003. ISBN 2-84060-158-3.
- [28] *Speed Management*. Paříž: OECD/ECMT, 2006. ISBN 92-821-0377-3.
- [29] STRIEGLER, R., P. HAVRÁNEK, M. LIPL, J. NOVÁK, P. POKORNÝ, E. SIMONOVÁ, V. VALENTOVÁ a L. VYSKOČILOVÁ. *Řešení kritických míst na pozemních komunikacích v extravilánu – metodika provádění*. Brno: Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., 2013. ISBN 978-80-86502-70-0.

Seznam zdrojů předpisů a osobních konzultací, použitých v kap. 2.2 a Přílohách 1 a 2:

Země	Předpisy	Konzultace
ČR	TP 58 <i>Směrové sloupky a odrazky – Zásady pro používání</i> TP 65 <i>Zásady pro dopravní značení na PK</i> TP 169 <i>Zásady pro označování dopravních situací na PK</i>	Pavel Tučka (CDV)
Belgie (Flandry)	MOW/AWV 2008/16 <i>Het ontwerpen en signaleren van bochten</i>	Xavier Cocu (BRRC)
Belgie (Valonsko)	<i>Comment signaler les virages?</i> (2004)	
Bulharsko	<i>Наредба № 18 от 23.07.2001 г. за сигнализация на пътищата с пътни знаци</i>	–
Dánsko	<i>Sønderborg Kommune – Virkemiddelkatalog</i> (2009) <i>Håndbog færdselstavler, advarselstavler</i> (2015)	–
Estonsko	–	Erik Ernits (MNT)
Finsko	<i>Tien suuntauksen suunnittelu</i> (2013)	Harri Peltola (VTT)
Francie	<i>Signing bends – Traffic signing – Practical guide</i> (2002)	–
Island	<i>Handbók um Umferðarmerki</i> (2013)	Einar Pálsson Þjónustudeild (IRCA)
Itálie	–	Carmelo D'Agostino (UniCT)
Litva	–	Laura Jateikienė (VG TU)
Lotyšsko	<i>Ceļa zīmju un apzīmējumu rokasgrāmata</i> (2006)	–
Maďarsko	–	Attila Borsos (SZE)
Německo	<i>Hinweise für das Anbringen von Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen</i> (HAV) <i>Richtlinien für die Anlage von Landstraßen</i> (RAL) <i>Richtlinien für die Anlage von Straßen – Linienführung</i> (RAS-L)	Thomas Jählig (BASt)
Nizozemí	<i>Richtlijnen voor de bebakening en markering van wegen</i> (2015)	Paul Schepers (RWS)
Norsko	<i>Håndbok N300: Trafikkskilt, Del 2 – Fareskilt</i> (2014)	Thomas Jonsson (NTNU)
Polsko	<i>Instrukcja zróżnicowanego oznakowania tuków poziomych</i> (2002)	Mariusz Kieć (PK)
Portugalsko	<i>Sinalização Vertical – Critérios de Colocação</i> (2009)	–
Rakousko	–	Bernd Strnad (KFV)
Rumunsko	SR 1848-1 <i>Semnalizare rutieră</i> (2011)	Attila Gönczi (UPT)
Řecko	–	Lefteris Sdoukopoulos (HIT)
Slovensko	TP 09/2006 <i>Použitie, kvalita a systém hodnotenia dopravných a parkovacích zariadení</i>	–
Srbsko	BS-01 <i>Tehničko uputstvo označavanje opasnih krivina na državnim putevima RS</i> (2008) SRCS2-7 <i>Tehnički uslovi za građenje puteva u RS</i> (2012) SRDM6-1 <i>Priručnik za projektovanje puteva u RS</i> (2012)	Spasoje Mičić (MSV)
Slovinsko	–	Marko Renčelj (UM)
Španělsko	<i>Circular n.º. 309/90 + norma 8.1-I.C. Señalización vertical</i> (2014) <i>Recomendaciones sobre balizamiento de carreteras</i> (2011)	Josué García Calderón (INECO)
Švédsko	<i>Handbok Vägmarken</i> (2009) <i>Riktlinjer för utmärkning med varningsmärke</i> (2011)	Niclas Nilsson (Transportstyrelsen)
Švýcarsko	–	Patrick Eberling (bfu)

Následující výstupy jsou přístupné na webu projektu SAMO⁶, kde budou i nadále doplňovány; seznam uvádí stav v červnu 2016.

Seznam publikací, které předcházely metodice

Články v recenzovaných časopisech

- AMBROS, J. a V. VALENTOVÁ. Optimalizace směrových návrhových prvků pozemních komunikací: úvod do problematiky a příprava pilotní studie. *Dopravní inženýrství*, 2012, roč. 7, č. 1, s. 14-16. ISSN 1801-8890.
- VALENTOVÁ, V. a J. AMBROS. Konzistentní design – využití GPS ke zjištění nesouladu ve směrovém řešení trasy. *Silniční obzor*, 2014, roč. 75, č. 4, s. 98-101. ISSN 0322-7154.

Příspěvek na konferenci

- AMBROS, J. a V. VALENTOVÁ. Czech pilot study of road horizontal alignment optimization. In *XXVIII International Baltic Road Conference*, Vilnius, 2013.

Výstupy z originální práce

Článek v impaktovaném časopise

- AMBROS, J. a V. VALENTOVÁ. Identification of Road Horizontal Alignment Inconsistencies – A Pilot Study from the Czech Republic. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 2016, roč. 11, č. 1, s. 62-69. ISSN 1822-427X.

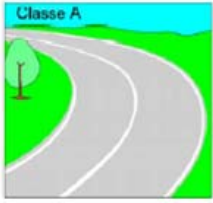
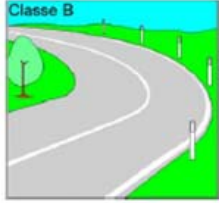
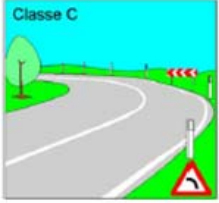
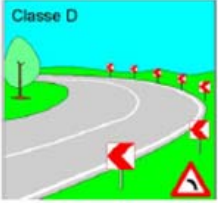
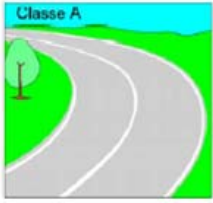
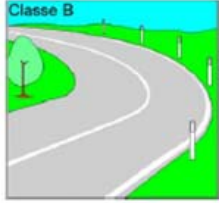
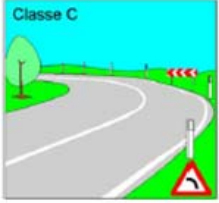
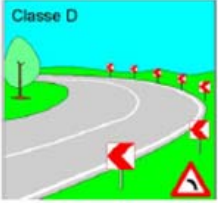
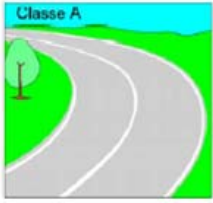
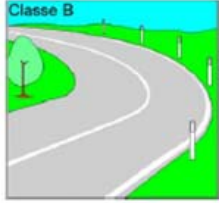
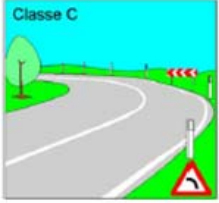
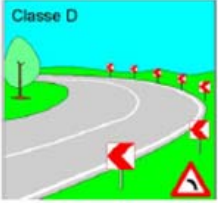
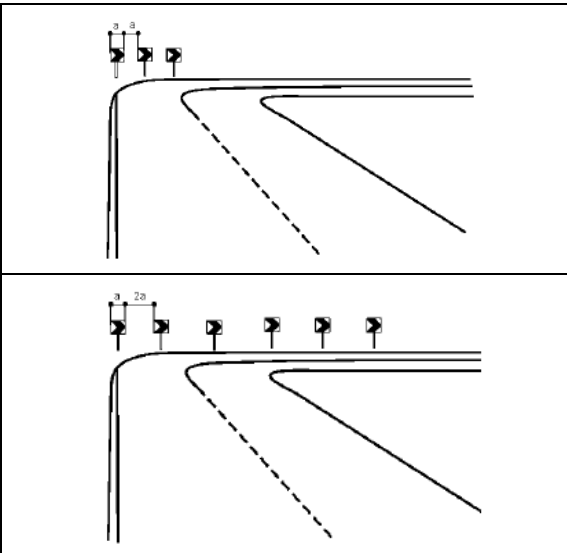
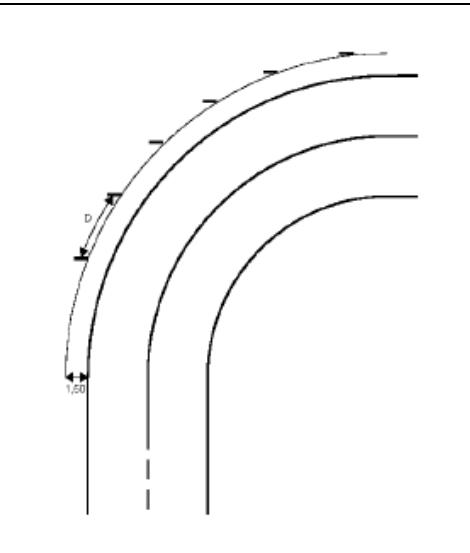
Příspěvky na konferencích

- AMBROS, J., V. VALENTOVÁ a P. ORÍŠEK. Safety Ranking of Rural Curves Based on Design Consistency Measures. In *5th International Symposium on Highway Geometric Design*, Vancouver, 2015.
- AMBROS, J., O. GOGOLÍN, J. KUBEČEK, R. ANDRÁŠIK a M. BÍL. Proactive identification of risk road locations using vehicle fleet data: exploratory study. In *28th ICTCT Workshop*, Ašdod, 2015.
- AMBROS, J., V. VALENTOVÁ a J. SEDONÍK. Linking Rural Road Environment, Speed and Safety Factors with a Two-Stage Model: A Feasibility Study. In *TRB 95th Annual Meeting*, Washington, 2016.
- AMBROS, J. a GOGOLÍN, O. What drives speed on rural roads? Exploratory study using floating car data. In *5th NTSA Annual Scientific Seminar*, Norrköping, 2016.

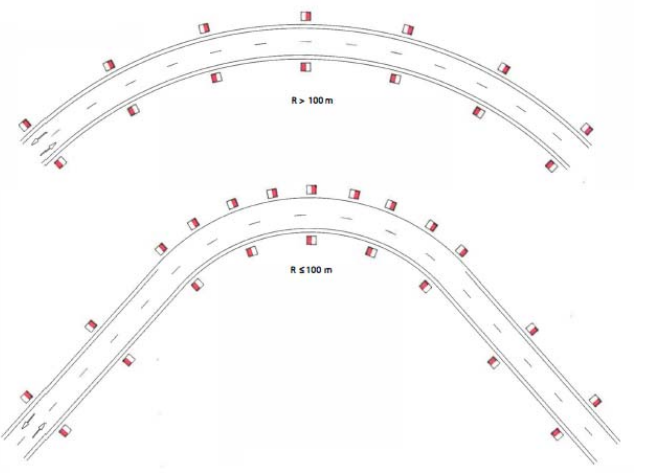
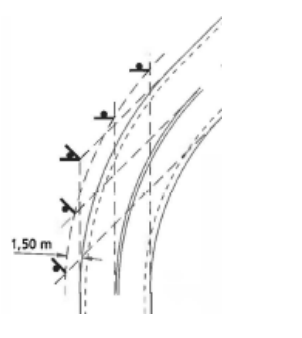
⁶ <http://samo.cdvinfo.cz/vystupy/>

VII. Příloha 1: Zahraniční příklady aplikace racionálního přístupu ke konzistentnímu dopravnímu značení

Použité zkratky: $V_{př}$... rychlost v přímém úseku (př.), V_{obl} ... rychlost v navazujícím směrovém oblouku (obl.)

BELGIE (Valonsko) a FRANCIE									
Postup identifikace	<ol style="list-style-type: none"> $V_{př}$ z rychlostního modelu (funkce rychlosti v předcházejícím oblouku, gravitačního zrychlení, podélného sklonu, délky předcházejícího přímého úseku, vzdálenosti od konce zástavby) V_{obl} ze vzorce pro návrhovou rychlost rychlostní konzistence $\Delta V = V_{př} - V_{obl}$ 								
Kategorie dopravního značení	<p style="text-align: center;">ΔV [km/h]</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 25%;">  </td> <td style="width: 25%;">  </td> <td style="width: 25%;">  </td> <td style="width: 25%;">  </td> </tr> <tr> <td>< 8</td> <td>8 – 16</td> <td>16 – 40</td> <td>≥ 40</td> </tr> </table>					< 8	8 – 16	16 – 40	≥ 40
									
< 8	8 – 16	16 – 40	≥ 40						
Umístění dopravního značení	<p>Směrové sloupky:</p> <ul style="list-style-type: none"> v přímém úseku rozestup po 50 m v oblouku podle poloměru $D = 8 + 0,04 \cdot R$ <p>Výstražná značka: 150 m před obloukem</p> <p>Vodící tabule:</p> <ul style="list-style-type: none"> rozestup podle stejného vzorce jako u směrových sloupků umístění kolmo na směr pohledu, viz obr. <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>								

DÁNSKO																																																							
Postup identifikace	<ol style="list-style-type: none"> $V_{př}$ z rychlostního modelu (funkce rychlosti v předcházejícím oblouku a vzdálenosti mezi předchozím a aktuálním obloukem) V_{obl} ze vzorce pro návrhovou rychlost z grafu se určí kategorie A – E <p>Účinnost kategorizace byla validována (bylo ověřeno snížení rychlosti a nehodovosti po úpravě značení ve 13 obloucích) – více viz [25].</p>	<p>The graph plots 'Návrhová rychlost v oblouku' (Design speed in curve) on the y-axis (0-100) against 'Rychlost na přímém úseku' (Speed on straight section) on the x-axis (20-100). Five curves represent categories A, B, C, D, and E, showing that design speed in curves increases with speed on straight sections.</p>																																																					
Kategorie dopravního značení	<p>Značení podle kategorie A – E:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="5" style="text-align: center;">Fareklasse</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">A</th> <th style="text-align: center;">B</th> <th style="text-align: center;">C</th> <th style="text-align: center;">D</th> <th style="text-align: center;">E</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Alm.</td> <td style="text-align: center;">Alm.</td> <td style="text-align: center;">Alm.</td> <td style="text-align: center;">Profileret</td> <td style="text-align: center;">Profileret</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Kant og centerlinje</td> <td style="text-align: center;">Kant og centerlinje</td> <td style="text-align: center;">Kant og centerlinje</td> <td style="text-align: center;">Kant og centerlinje</td> <td style="text-align: center;">Kant og centerlinje</td> </tr> </tbody> </table>	Fareklasse					A	B	C	D	E																Alm.	Alm.	Alm.	Profileret	Profileret	Kant og centerlinje	Kant og centerlinje	Kant og centerlinje	Kant og centerlinje	Kant og centerlinje																			
Fareklasse																																																							
A	B	C	D	E																																																			
Alm.	Alm.	Alm.	Profileret	Profileret																																																			
Kant og centerlinje	Kant og centerlinje	Kant og centerlinje	Kant og centerlinje	Kant og centerlinje																																																			
Umístění dopravního značení	<p>Směrové sloupky:</p> <ul style="list-style-type: none"> v přímém úseku po 100 m v oblouku podle poloměru a strany, viz tab. <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>R</th> <th>vnější</th> <th>vnitřní</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>< 100</td> <td>20,0</td> <td>10,0</td> </tr> <tr> <td>100 – 199</td> <td>33,3</td> <td>20,0</td> </tr> <tr> <td>200 – 399</td> <td>33,3</td> <td>33,3</td> </tr> <tr> <td>400 – 1999</td> <td>50,0</td> <td>50,0</td> </tr> <tr> <td>> 1999</td> <td>100,0</td> <td>100,0</td> </tr> </tbody> </table> <p>Výstražná značka: 150 – 250 m před obloukem</p> <p>Dodatková tabulka: doporučená rychlost, podle poloměru (příčný sklon do 3 %), viz tab.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>R</th> <th>50</th> <th>60</th> <th>80</th> <th>100</th> <th>150</th> <th>200</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>V</td> <td>40</td> <td>45</td> <td>50</td> <td>60</td> <td>70</td> <td>80</td> </tr> </tbody> </table>	R	vnější	vnitřní	< 100	20,0	10,0	100 – 199	33,3	20,0	200 – 399	33,3	33,3	400 – 1999	50,0	50,0	> 1999	100,0	100,0	R	50	60	80	100	150	200	V	40	45	50	60	70	80	<p>Vodící tabule:</p> <ul style="list-style-type: none"> v oblouku vždy vidět min. 3 tabule (kolmo) min. 2 tabule již před obl., rozestup viz tab. <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>R</th> <th>před obl.</th> <th>v obl.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>50</td> <td>20</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>30</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>40</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>300</td> <td>60</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>400</td> <td>80</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>100</td> <td>50</td> </tr> </tbody> </table> <p>The diagram shows a road curving to the right. It illustrates the placement of directional signs: two signs are placed before the curve, and three signs are placed along the curve at different points. A car is shown driving on the road.</p> <p>Vhodnost umístění tabulí se má vždy ověřit průjezdem, za světla i za tmy.</p>	R	před obl.	v obl.	50	20	10	100	30	15	200	40	20	300	60	30	400	80	40	500	100	50
R	vnější	vnitřní																																																					
< 100	20,0	10,0																																																					
100 – 199	33,3	20,0																																																					
200 – 399	33,3	33,3																																																					
400 – 1999	50,0	50,0																																																					
> 1999	100,0	100,0																																																					
R	50	60	80	100	150	200																																																	
V	40	45	50	60	70	80																																																	
R	před obl.	v obl.																																																					
50	20	10																																																					
100	30	15																																																					
200	40	20																																																					
300	60	30																																																					
400	80	40																																																					
500	100	50																																																					

NIZOZEMÍ																					
Postup identifikace	Postup stejný jako v případě Dánska.																				
Kategorie dopravního značení	A	B	C	D	E																
	výstražná značka / vodící tabule / dopravní knoflíky																				
Umístění dopravního značení	<p>Směrové sloupky:</p> <ul style="list-style-type: none"> v přímém úseku po 50 m rozestup v oblouku zvolen tak, aby bylo vždy vidět min. 5 sloupků, viz tab. <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th><i>R</i></th> <th>rozestupy</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20 – 100</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>300</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>400</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>600</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>> 600</td> <td>50</td> </tr> </tbody> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;">  </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 20px;"> <div style="width: 60%;"> <p>Výstražná značka: 100 – 200 m před obloukem (pro rychlostní limit 80 km/h)</p> <p>Vodící tabule:</p> <ul style="list-style-type: none"> kolmé umístění (viz obr.) viditelnost min. 3 tabulí z toho pro 50 km/h a 2 s vyplývá rozestup 30 m u kategorií C, D, E tabule po celé délce oblouku </div> <div style="width: 35%; text-align: center;">  </div> </div>					<i>R</i>	rozestupy	20 – 100	5	200	15	300	20	400	30	500	35	600	40	> 600	50
<i>R</i>	rozestupy																				
20 – 100	5																				
200	15																				
300	20																				
400	30																				
500	35																				
600	40																				
> 600	50																				

POLSKO																																																																											
Postup identifikace	<p>Postup stejný jako v případě Dánska. Alternativně lze V_{pr} určit vlastním měřením.</p>																																																																										
Kategorie dopravního značení	<div style="text-align: center;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 20%;">A</th> <th style="width: 20%;">B</th> <th style="width: 20%;">C</th> <th style="width: 20%;">D</th> <th style="width: 20%;">E</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>zwykle</td> <td>zwykle</td> <td>zwykle</td> <td>profilowane</td> <td>profilowane</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p style="text-align: center;">Pro C a D – sestava vodících tabulí</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p style="text-align: center;">Pro E – velké vodící tabule</p> </div> </div>	A	B	C	D	E						zwykle	zwykle	zwykle	profilowane	profilowane																																																											
A	B	C	D	E																																																																							
zwykle	zwykle	zwykle	profilowane	profilowane																																																																							
Umístění dopravního značení	<p>Směrové sloupky:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ před/za obloukem min. 2 sloupky ▪ v oblouku vidět vždy min. 4 sloupky ▪ tabulka rozestupů totožná s Dánskem <p>Výstražná značka: 100 – 250 m před obloukem</p> <p>Značka nejvyšší dovolené rychlosti: návrhová rychlost (kombinace značek min. 150 m před obl.)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <tr> <td rowspan="3" style="width: 15%;">Sestava vodících tabulí:</td> <td colspan="4"> <ul style="list-style-type: none"> ▪ před/za obloukem min. 1 tabule ▪ při průjezdu vždy vidět 2 – 4 tabule ▪ rozestupy před obloukem a v oblouku podle tab. </td> <td rowspan="3" style="width: 15%;">Velké vodící tabule:</td> <td colspan="2"> <ul style="list-style-type: none"> ▪ při průjezdu vždy vidět 1 – 2 tabule ▪ často stísněné: celkem jen 2 – 3 tabule ▪ rozestupy před obloukem a v oblouku podle tab. </td> </tr> <tr> <td style="width: 15%;"></td> <td colspan="4" style="text-align: center;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th rowspan="2">Promień łuku [m]</th> <th colspan="4">Odległość pomiędzy pojedynczymi tablicami prowadzącymi w [m]</th> </tr> <tr> <th colspan="2">na łuku</th> <th colspan="2">przed łukiem</th> </tr> <tr> <td></td> <th>kategoria łuku C</th> <th>kategoria łuku D</th> <th>kategoria łuku C</th> <th>kategoria łuku D</th> </tr> <tr> <td>50</td> <td>15</td> <td>10</td> <td>30</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>20</td> <td>15</td> <td>40</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>30</td> <td>20</td> <td>60</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>300</td> <td>45</td> <td>30</td> <td>90</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>400</td> <td>60</td> <td>40</td> <td>120</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>70</td> <td>50</td> <td>140</td> <td>100</td> </tr> </table> </td> <td style="width: 15%;"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th rowspan="2">Promień łuku [m]</th> <th colspan="2">Odległości pomiędzy ciągłymi tablicami prowadzącymi [m]</th> </tr> <tr> <th>Na łuku</th> <th>Przez łukiem</th> </tr> <tr> <td>50</td> <td>20</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>30</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>40</td> <td>80</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>	Sestava vodících tabulí:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ před/za obloukem min. 1 tabule ▪ při průjezdu vždy vidět 2 – 4 tabule ▪ rozestupy před obloukem a v oblouku podle tab. 				Velké vodící tabule:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ při průjezdu vždy vidět 1 – 2 tabule ▪ často stísněné: celkem jen 2 – 3 tabule ▪ rozestupy před obloukem a v oblouku podle tab. 			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th rowspan="2">Promień łuku [m]</th> <th colspan="4">Odległość pomiędzy pojedynczymi tablicami prowadzącymi w [m]</th> </tr> <tr> <th colspan="2">na łuku</th> <th colspan="2">przed łukiem</th> </tr> <tr> <td></td> <th>kategoria łuku C</th> <th>kategoria łuku D</th> <th>kategoria łuku C</th> <th>kategoria łuku D</th> </tr> <tr> <td>50</td> <td>15</td> <td>10</td> <td>30</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>20</td> <td>15</td> <td>40</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>30</td> <td>20</td> <td>60</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>300</td> <td>45</td> <td>30</td> <td>90</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>400</td> <td>60</td> <td>40</td> <td>120</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>70</td> <td>50</td> <td>140</td> <td>100</td> </tr> </table>				Promień łuku [m]	Odległość pomiędzy pojedynczymi tablicami prowadzącymi w [m]				na łuku		przed łukiem			kategoria łuku C	kategoria łuku D	kategoria łuku C	kategoria łuku D	50	15	10	30	20	100	20	15	40	30	200	30	20	60	40	300	45	30	90	60	400	60	40	120	80	500	70	50	140	100		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th rowspan="2">Promień łuku [m]</th> <th colspan="2">Odległości pomiędzy ciągłymi tablicami prowadzącymi [m]</th> </tr> <tr> <th>Na łuku</th> <th>Przez łukiem</th> </tr> <tr> <td>50</td> <td>20</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>30</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>40</td> <td>80</td> </tr> </table>		Promień łuku [m]	Odległości pomiędzy ciągłymi tablicami prowadzącymi [m]		Na łuku	Przez łukiem	50	20	40	100	30	60	200	40	80
Sestava vodících tabulí:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ před/za obloukem min. 1 tabule ▪ při průjezdu vždy vidět 2 – 4 tabule ▪ rozestupy před obloukem a v oblouku podle tab. 				Velké vodící tabule:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ při průjezdu vždy vidět 1 – 2 tabule ▪ často stísněné: celkem jen 2 – 3 tabule ▪ rozestupy před obloukem a v oblouku podle tab. 																																																																					
			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th rowspan="2">Promień łuku [m]</th> <th colspan="4">Odległość pomiędzy pojedynczymi tablicami prowadzącymi w [m]</th> </tr> <tr> <th colspan="2">na łuku</th> <th colspan="2">przed łukiem</th> </tr> <tr> <td></td> <th>kategoria łuku C</th> <th>kategoria łuku D</th> <th>kategoria łuku C</th> <th>kategoria łuku D</th> </tr> <tr> <td>50</td> <td>15</td> <td>10</td> <td>30</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>20</td> <td>15</td> <td>40</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>30</td> <td>20</td> <td>60</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>300</td> <td>45</td> <td>30</td> <td>90</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>400</td> <td>60</td> <td>40</td> <td>120</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>70</td> <td>50</td> <td>140</td> <td>100</td> </tr> </table>					Promień łuku [m]	Odległość pomiędzy pojedynczymi tablicami prowadzącymi w [m]				na łuku		przed łukiem			kategoria łuku C	kategoria łuku D	kategoria łuku C	kategoria łuku D	50	15	10	30	20	100	20	15	40	30	200	30	20	60	40	300	45	30	90	60	400	60	40	120	80	500	70	50	140	100		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th rowspan="2">Promień łuku [m]</th> <th colspan="2">Odległości pomiędzy ciągłymi tablicami prowadzącymi [m]</th> </tr> <tr> <th>Na łuku</th> <th>Przez łukiem</th> </tr> <tr> <td>50</td> <td>20</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>30</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>40</td> <td>80</td> </tr> </table>		Promień łuku [m]	Odległości pomiędzy ciągłymi tablicami prowadzącymi [m]		Na łuku	Przez łukiem	50	20	40	100	30	60	200	40	80							
	Promień łuku [m]	Odległość pomiędzy pojedynczymi tablicami prowadzącymi w [m]																																																																									
na łuku		przed łukiem																																																																									
	kategoria łuku C	kategoria łuku D	kategoria łuku C	kategoria łuku D																																																																							
50	15	10	30	20																																																																							
100	20	15	40	30																																																																							
200	30	20	60	40																																																																							
300	45	30	90	60																																																																							
400	60	40	120	80																																																																							
500	70	50	140	100																																																																							
Promień łuku [m]	Odległości pomiędzy ciągłymi tablicami prowadzącymi [m]																																																																										
	Na łuku	Przez łukiem																																																																									
50	20	40																																																																									
100	30	60																																																																									
200	40	80																																																																									

PORTUGALSKO																																			
Postup identifikace	<ol style="list-style-type: none"> $V_{př}$ z rychlostního modelu (funkce křivolakosti 500 m před obloukem, délky př., vertikální křivolakosti 500 m před př., šířek komunikace a krajnic, poloměru předcházejícího oblouku) V_{obl} z rychlostního modelu (funkce délky, poloměru a $V_{př}$) Výpočet $VRAC$ (variace nehodovosti způsobené směrovým vedením) Výpočet „faktoru inkonzistence“ FH (funkce $VRAC$ a kinetické energie rychlosti v přímém úseku a oblouku) Určení kategorie podle 3 kritérií (rozdíl rychlostí, zpomalení a FH) <p>Validováno na silnici IP5, viz [11].</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="3">Consistency Class *</th> <th rowspan="3">Speed Reduction</th> <th rowspan="3">Deceleration</th> <th colspan="2">Inconsistency Factor (FH)</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Type of Road</th> </tr> <tr> <th>With paved shoulders</th> <th>With non-paved shoulders</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>O</td> <td>≤ 5 km/h</td> <td></td> <td>≤ 2.5</td> <td>≤ 1.5</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td></td> <td>> -2 ms⁻²</td> <td>≤ 3.0</td> <td>≤ 2.0</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>> 5 km/h</td> <td></td> <td>≤ 4.0</td> <td>≤ 3.0</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td></td> <td></td> <td>≤ 8.0</td> <td>≤ 6.0</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td></td> <td>≤ -2 ms⁻²</td> <td>> 8.0</td> <td>> 6.0</td> </tr> </tbody> </table> <p><small>* For classes 'O' to 'C', all three criteria ('Speed reduction', 'Deceleration' and 'FH') must be fulfilled; For class 'D', 'Speed reduction' and only one other criterion ('Deceleration' or 'FH') have to be satisfied.</small></p>	Consistency Class *	Speed Reduction	Deceleration	Inconsistency Factor (FH)		Type of Road		With paved shoulders	With non-paved shoulders	O	≤ 5 km/h		≤ 2.5	≤ 1.5	A		> -2 ms ⁻²	≤ 3.0	≤ 2.0	B	> 5 km/h		≤ 4.0	≤ 3.0	C			≤ 8.0	≤ 6.0	D		≤ -2 ms ⁻²	> 8.0	> 6.0
Consistency Class *	Speed Reduction				Deceleration	Inconsistency Factor (FH)																													
						Type of Road																													
		With paved shoulders	With non-paved shoulders																																
O	≤ 5 km/h		≤ 2.5	≤ 1.5																															
A		> -2 ms ⁻²	≤ 3.0	≤ 2.0																															
B	> 5 km/h		≤ 4.0	≤ 3.0																															
C			≤ 8.0	≤ 6.0																															
D		≤ -2 ms ⁻²	> 8.0	> 6.0																															
Kategorie dopravního značení	<ul style="list-style-type: none"> B a C: nepřijatelné v návrhu; u stávajících silnic nutno snížit rychlost před obloukem D: nepřijatelné v návrhu i u stávajících silnic <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">EQUIPAMENTO</th> <th colspan="4">CLASSE DE HOMOGENEIDADE</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Delineadores ou baias direccionais</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sinais verticais</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Marcas rodoviárias</td> <td>Normal </td> <td>Normal </td> <td>Dentada </td> <td>Dentada </td> </tr> </tbody> </table> <p><small>O valor da velocidade recomendada é fixado em função das características do elemento curvo</small></p>	EQUIPAMENTO	CLASSE DE HOMOGENEIDADE				A	B	C	D	Delineadores ou baias direccionais					Sinais verticais					Marcas rodoviárias	Normal 	Normal 	Dentada 	Dentada 										
EQUIPAMENTO	CLASSE DE HOMOGENEIDADE																																		
	A	B	C	D																															
Delineadores ou baias direccionais																																			
Sinais verticais																																			
Marcas rodoviárias	Normal 	Normal 	Dentada 	Dentada 																															
Umístění dopravního značení	<p>Směrové sloupky: rozestupy $e \cong \frac{1}{5} d$ (d je viditelnost), viz obr.</p> <p>Výstražná značka: 150 – 300 m před obloukem</p> <p>Vodící tabule: rozestup = $1,5 \cdot \frac{1}{5} d$</p>																																		

ŠPANĚLSKO																																								
Postup identifikace	<ol style="list-style-type: none"> 1. $V_{př} = limit + 20$ 2. V_{obl} z návrhové rychlosti 3. $\Delta V = V_{př} - V_{obl}$ 4. rozdělení do 3 kategorií (viz obr.) <ol style="list-style-type: none"> a. $15 < \Delta V \leq 30$ b. $30 < \Delta V \leq 45$ c. $\Delta V > 45$ 																																							
Kategorie dopravního značení																																								
Umístění dopravního značení	<p>Směrové sloupky: rozestup podle poloměru, viz tab.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>R</th> <th>rozestup</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>< 100</td> <td>10,0</td> </tr> <tr> <td>100 – 150</td> <td>12,5</td> </tr> <tr> <td>151 – 200</td> <td>16,6</td> </tr> <tr> <td>201 – 300</td> <td>20,0</td> </tr> <tr> <td>301 – 500</td> <td>25,0</td> </tr> <tr> <td>601 – 700</td> <td>33,3</td> </tr> <tr> <td>> 700</td> <td>50,0</td> </tr> </tbody> </table> <p>Výstražná značka: 150 – 250 m před obloukem</p> <p>Doporučená rychlost: podle poloměru, viz tab.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>R</th> <th>< 65</th> <th>65</th> <th>105</th> <th>155</th> <th>220</th> <th>300</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>V</td> <td>40</td> <td>50</td> <td>60</td> <td>70</td> <td>80</td> <td>90</td> </tr> </tbody> </table> <p>Vodicí tabule:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>rozestup</th> <th>počet tabulí ve výhledu 20°</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>sestava</td> <td>R/15 (4 – 10 m)</td> <td>4 – 6</td> </tr> <tr> <td>velké</td> <td>R/10 (6 – 40 m)</td> <td>3 – 5</td> </tr> </tbody> </table>	R	rozestup	< 100	10,0	100 – 150	12,5	151 – 200	16,6	201 – 300	20,0	301 – 500	25,0	601 – 700	33,3	> 700	50,0	R	< 65	65	105	155	220	300	V	40	50	60	70	80	90		rozestup	počet tabulí ve výhledu 20°	sestava	R/15 (4 – 10 m)	4 – 6	velké	R/10 (6 – 40 m)	3 – 5
R	rozestup																																							
< 100	10,0																																							
100 – 150	12,5																																							
151 – 200	16,6																																							
201 – 300	20,0																																							
301 – 500	25,0																																							
601 – 700	33,3																																							
> 700	50,0																																							
R	< 65	65	105	155	220	300																																		
V	40	50	60	70	80	90																																		
	rozestup	počet tabulí ve výhledu 20°																																						
sestava	R/15 (4 – 10 m)	4 – 6																																						
velké	R/10 (6 – 40 m)	3 – 5																																						

VIII. Příloha 2: Zahraniční příklady pravidel osazování dopravního značení a zařízení a optimalizace směrových návrhových prvků

1. Osazování dopravního značení a zařízení

1.1 Výstražná značka

Výstražná značka se podle TP 65 osazuje 100 – 250 m před obloukem. Tyto hodnoty vychází z rychlosti jízdy a reakční doby a odpovídají rozmezí v ostatních evropských zemích (většinou od 100 – 150 m do 250 – 300 m).

Závěr: ponechat rozmezí, stanovené TP 65.

1.2 Doporučená rychlost

Doporučená rychlost se většinou používá jako dodatková tabulka pod výstražnou značkou. Hodnotu doporučené rychlosti lze volit na základě poloměru oblouku, příp. jeho příčného sklonu. V Tab. 12 jsou uvedeny příklady ze Španělska (podle poloměru R) a Dánska (podle poloměru a příčného sklonu).

Tab. 12 Příklady hodnot doporučené rychlosti (Španělsko, Dánsko)

Španělsko		Dánsko			
R	Doporučená rychlost	R	Doporučená rychlost pro příčný sklon:		
			0 – 3 %	3 – 5 %	5 – 7 %
< 65	40	50	40	45	45
65 – 105	50	60	45	50	50
105 – 155	60	80	50	50	60
155 – 220	70	100	60	60	60
220 – 300	80	150	70	80	80
300 – 400	90	200	80	90	90

Závěr: pravidla pro stanovení doporučené rychlosti v českých TP chybí, bude vhodné použít příklad z Dánska.

1.3 Směrové sloupky

Rozestupy směrových sloupek se volí podle TP 58 v závislosti na poloměru oblouku. TP 58 uvádí jen hodnoty pro vnější stranu; přitom se rozestupy mohou (při malých poloměrech) na vnější a vnitřní straně oblouku lišit. Tab. 13 uvádí příklady ze tří vybraných zemí, které rozlišují rozestupy zvláště pro vnější a vnitřní stranu oblouku.

Tab. 13 Příklady rozestupů směrových sloupek (Dánsko, Lotyšsko, Německo)

R	Dánsko	Lotyšsko	R	Německo
100 m	vnější 20 m vnitřní 10 m	vnější 10 m vnitřní 4 – 5 m	do 100 m	oproti vnější straně se na vnitřní straně osadí každý druhý sloupek
100 – 199 m	vnější 33,3 m vnitřní 20 m	vnější 16 m vnitřní 8 – 10 m	nad 100 m	sloupky se osadí na vnější i vnitřní straně stejně

Z uvedených hodnot vyplývá, že rozestupy na vnitřní straně mohou být až poloviční ve srovnání s rozestupy na vnější straně oblouku.

Při zkrácení rozestupu na přechodu z přímého úseku do oblouku je vhodné provést toto zkrácení plynule. Rozestupy „přechodových“ sloupků uvádí např. německý nebo srbský předpis, viz Tab. 14.

Tab. 14 Příklady rozestupů „přechodových“ sloupků před/za obloukem (Německo, Srbsko)

R	Německo				Srbsko			
	Rozestup v oblouku	Rozestup sloupků před/za obloukem			Rozestup v oblouku	Rozestup sloupků před/za obloukem		
		1.	2.	3.		1.	2.	3.
20	3	6	10	20	4	8	12	24
30		7	11	21				
40	4	9	15	31				
50	5	12	20	40				
60	6	15	24	48	8	12	24	–
70	7	17	29	50				
80	8	20	33					
90	9	23	38					
100	10	25	42					
200	15	28	45					
300	20	36	50	12	24	–	–	
400	30	50						24
500	40			–	–			
600	50					–	–	–

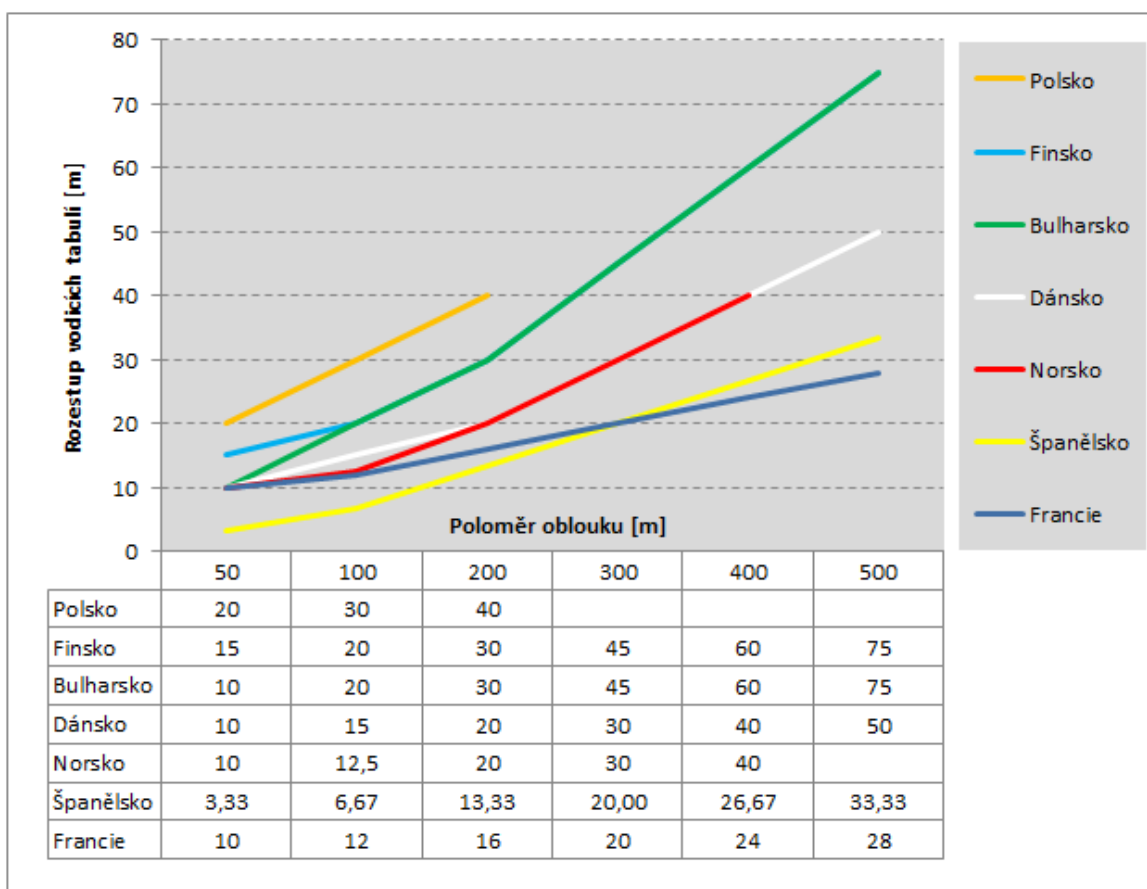
Závěr: TP 58 neuvádí rozestupy na vnitřní straně oblouku, ani rozestupy „přechodových“ sloupků. Bude vhodné využít zahraniční příklady (přibližně poloviční rozestup sloupků na vnitřní straně oblouku; z Tab. 14 pak hodnoty podobné jednoduššímu systém ze Srbska).

1.4 Vodicí tabule

TP 65 doporučuje rozestupy 5 – 30 m. Hodnoty je však vhodné volit podle poloměru oblouku. V řadě zemí jsou hodnoty takto tabelovány (viz Příloha 1); v některých zemích se doporučuje určení výpočtem, např.:

- rozestup = $8 + 0,04 \cdot R$ (Francie, Belgie – Valonsko)
- rozestup = $R/15$ (Španělsko)

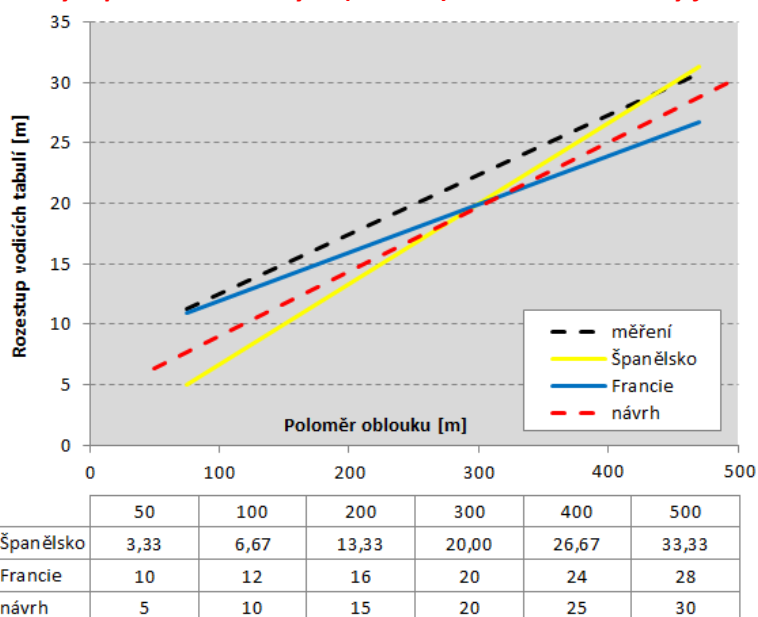
Obr. 11 představuje hodnoty rozestupů, doporučené ve vybraných evropských zemích (pro hodnoty poloměru oblouku 50 – 500 m).



Obr. 11 Příklady rozestupů vodicích tabulí v sedmi evropských zemích

Hodnoty v některých zemích se částečně překrývají (Finsko a Bulharsko, Dánsko a Norsko). Relativně největší rozestupy jsou doporučeny v Polsku, nejmenší ve Španělsku a Francii (podobné rozmezí dle TP 65).

Závěr: Rozmezí 5 – 30 m, udávané TP 65, je vhodné dát do souvislosti s poloměrem oblouku. Za tímto účelem byla provedena analýza (Obr. 12). Navržené hodnoty jsou násobky 5 a pokrývají rozmezí 5 – 30 m.



Byly změřeny rozestupy vodicích tabulí u 18 oblouků a vyneseny do grafu v závislosti na poloměru (→ trend „měření“).

Dále byly vyneseny nejbližší trendy: rozestupy ve Španělsku a Francii (žlutá a modrá spojnice). Trendy jsou však mimoběžné, tzn., že nereprezentují reálné české hodnoty („měření“).

Byly proto navrženy přibližné průměrné hodnoty, navíc zaokrouhlené pro praktické použití (v rozmezí 5 – 30 m): výsledkem je červená spojnice („návrh“). Tento trend je rovnoběžný s „měřeními“ hodnotami.

Obr. 12 Definice rozestupu vodicích tabulí na základě reálných hodnot

2. Optimalizace směrových návrhových prvků

Existují tři základní možnosti optimalizace směrových návrhových prvků a to prostřednictvím následujících podmínek:

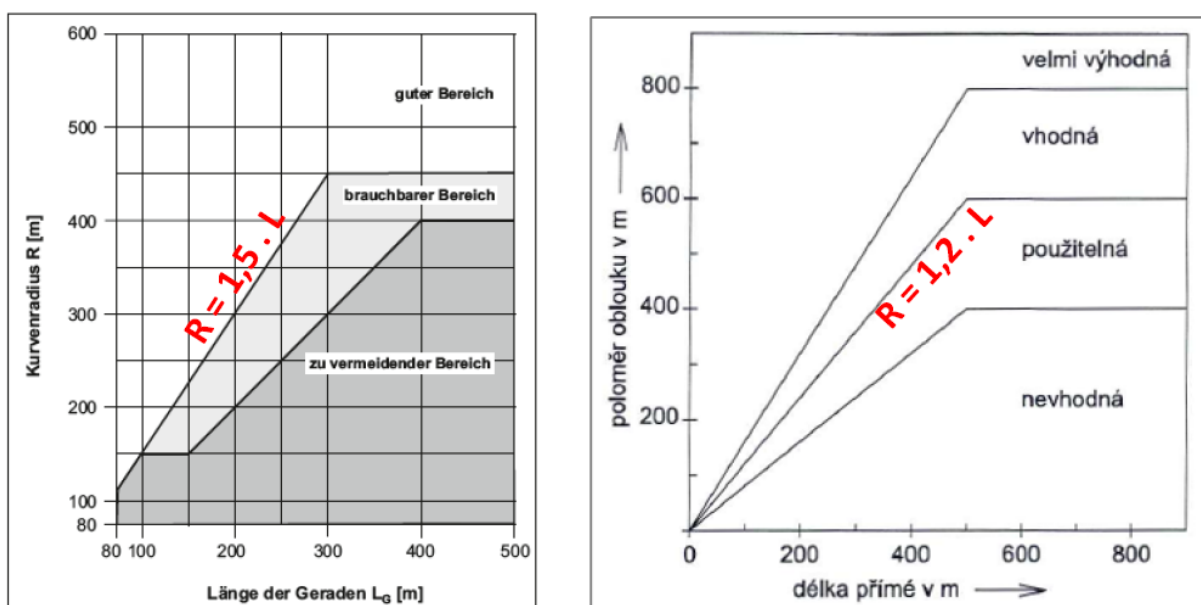
1. velikost poloměru oblouku v závislosti na délce předcházející přímé
2. velikosti poloměrů navazujících oblouků
3. délka přímé/mezipřímé

Lze se inspirovat především německými předpisy. Dříve uvedený Obr. 7 graficky vymezuje vhodné, přijatelné a nevhodné hodnoty pro podmínky 1 a 2.

Srovnání podmínek podle ČSN 73 6101 a zahraničních předpisů:

1. Velikost poloměru oblouku v závislosti na délce předcházející přímé

Německé podmínky požadují min. velikost poloměru jako 1,5-násobek délky přímé; podle ČSN je to jen 1,2-násobek (Obr. 13).



Obr. 13 Volba poloměru oblouku v závislosti na délce předcházející přímé podle německých a českých předpisů

2. Velikosti poloměrů navazujících oblouků

Německý graf (Obr. 7) se používá v situacích, kdy je délka mezipřímé < 300 m – stejně např. i v Nizozemí nebo Švýcarsku. ČSN vztah zjednodušuje na podmínku poměru $R_2/R_1 \leq 2$.

3. Délka přímé/mezipřímé

- Německo:
- přímá max. 1500 m + prověření poloměru navazujícího oblouku podle bodu 2
 - mezipřímá u navazujících stejnosměrných oblouků min. 600 m + prověření podle bodu 1

Nizozemí: max. délka přímé podle rychlostního limitu: pro 80 km/h platí 1600 m, pro 100 km/h 2000 m.
ČSN (pro oblouky bez přechodnic): min. délka mezipřímé = dvojnásobek návrhové rychlosti.

Závěr: V Německu (potažmo např. i v Nizozemí nebo Švýcarsku) se používají 2 základní grafy (Obr. 7) – bude vhodné je aplikovat i v ČR. Jejich adaptace, s využitím rychlostní konzistence, je použita v kap. 2.2.4.



www.cdv.cz

