

Kapacita větve mimoúrovňové křižovatky Pražský okruh x K Barrandovu

Ing. Luděk Bartoš (EDIP s.r.o., bartos@edip.cz), Ing. Vladislav Rozsypal (EDIP s.r.o., rozsypal@edip.cz),
Ing. Jiří Kašpar (DHV CR s.r.o., jiri.kaspar@dhv.com)

Abstrakt

Obsahem článku je popis experimentálního zjištění mezní intenzity (kapacity) větve mimoúrovňové křižovatky. Zjištěná hodnota je porovnána s hodnotami uváděnými v platné ČSN 73 6102, v německé směrnici HBS a americkém HCM.

(Klíčová slova: dopravní inženýrství, mimoúrovňová křižovatka, kapacita komunikace, intenzita dopravy, dopravní průzkum, rychlost dopravního proudu)

The aim of the article is to describe the method of experimental assessment of limiting capacity of a flyover's arm. The results of the assessment are compared with values stated in valid Czech Technical Standard ČSN 73 6102, in German guidelines HBS and in American Highway Capacity Manual.

(key words: traffic engineering, flyover, road capacity, traffic volume, traffic survey, velocity)

1. Úvod

Mimoúrovňové křižovatky jsou nejvíce kapacitním způsobem řešení křižovatek a budou vzhledem k neustálému růstu automobilizace stále častějším jevem při řešení uzlů komunikační sítě. Přitom se jedná o finančně nejnáročnější řešení křižovatek. Jejich kapacitě a zdůvodnění účelnosti je nutné věnovat patřičnou pozornost. Otázce kapacity se věnuje výzkumný projekt Národního programu výzkumu Ministerstva dopravy „Aktualizace výpočtových modelů pro stanovení kapacity mimoúrovňových křižovatek“, který řeší firma EDIP s.r.o. ve spolupráci s DHV CR spol. s r.o. s plánovaným dokončením v roce 2010. Cílem projektu je navrhnout metodiku, formou Technických podmínek Ministerstva dopravy ČR, pro posuzování kapacity mimoúrovňových křižovatek tak, aby byla odpovídající českým technickým normám, předpisům a způsobu chování řidičů.

V průběhu řešení projektu budou postupně zkoumány čtyři základní prvky mimoúrovňové křižovatky, které podmiňují její kapacitu: místo odpojení, větev křižovatky (mezi odbornou veřejností také používáno označení rampa), místo připojení a průpletový úsek. Obsahem článku je popis dopravního průzkumu uskutečněného na větvi mimoúrovňové křižovatky a následná analýza získaných dat, která stanovila mezní hodnotu intenzity (kapacitu) konkrétní větve. Zjištěná hodnota je porovnána s hodnotami teoretické kapacity uváděné v dostupných metodikách.

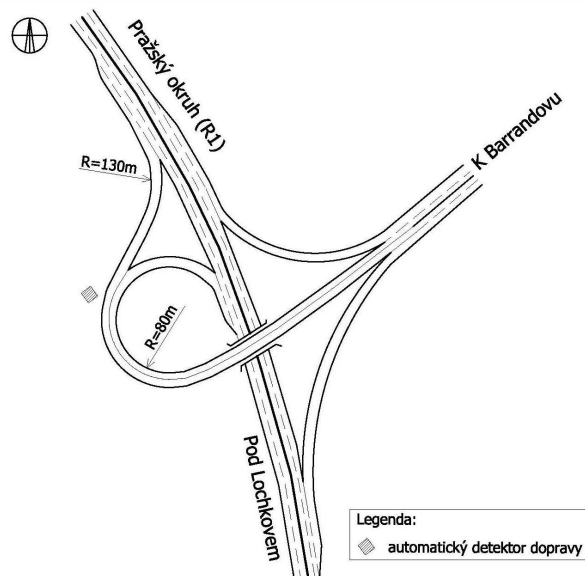
2. Dopravní průzkum



Obrázek 1: Pohled na souvislou řadu jedoucích vozidel na Pražském okruhu (R1) ve směru od Plzně v místě začátku větve k mimoúrovňové křižovatce Pražský okruh x K Barrandovu x Pod Lochkovem.

Mimoúrovňovou křižovatku Pražský okruh x K Barrandovu x Pod Lochkovem v Praze jsme pro uskutečnění dopravního průzkumu vybrali na základě kritérií, která jasně naznačila, že křižovatka se dostává ve špičkových obdobích dne na hranici své kapacity (na příjezdu ve směru od Plzně se zde často tvoří fronta pomalu jedoucích vozidel v délce až 2 km). Na základě místní prohlídky bylo konstatováno, že limitujícím prvkem této křižovatky je právě kapacita jednoruhového úseku větve ve směru od Plzně na Barrandov.

Schéma sledované trubkovité mimoúrovňové křižovatky je na obrázku 2. Šířka jízdního pruhu větve je proměnná 4,75 až 5,00 m v závislosti na rozšíření ve směrovém oblouku. Větev ve sledovaném směru je ve stoupání.



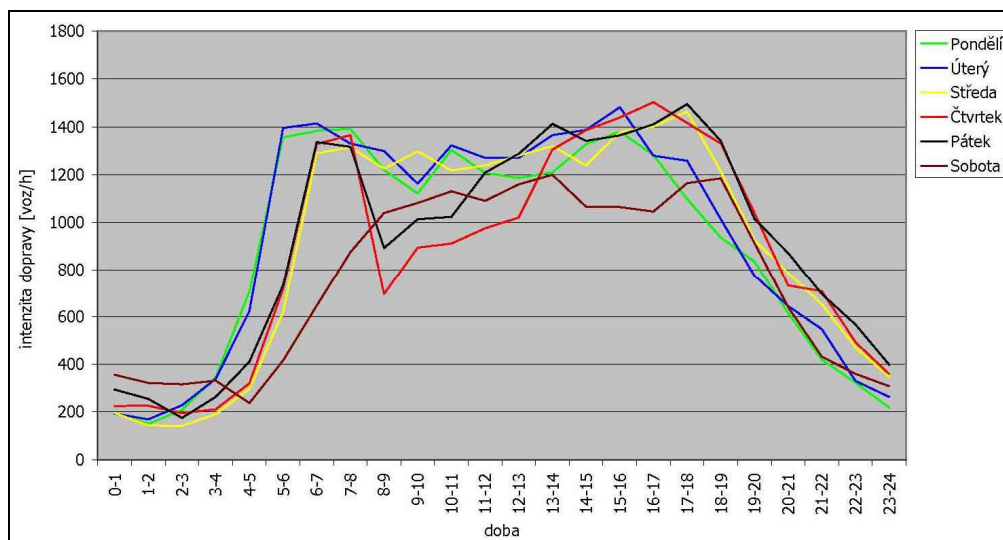
Obrázek 2: Schéma sledované mimoúrovňové křižovatky Pražský okruh x K Barrandovu x Pod Lochkovem.

Ke zjištění intenzit dopravy byl využit automatický detektor dopravy. Ten byl nasazen na výjezdu ze sledované jednopruhovové větve po dobu jednoho týdne (25.3.-1.4.2008). Umístění měřicího zařízení je patrné z obrázku 2. Detektor zaznamenává čas průjezdu všech vozidel v rozlišení podle jejich délky, současně je zjišťována rychlost jízdy každého vozidla. Pro možnost následného ověřování výsledků průzkumu a pozorování dopravního chování na křižovatce byl v době odpolední dopravní špičky pořízen kontrolní videozáznam po dobu 80 minut.

3. Intenzita dopravy

O vytížení sledované jednopruhovové větve dobře referuje hodnota celodenní intenzity 22 114 voz/den, která byla, jako nejvyšší, naměřena v pátek 28.3.2008.

Denní variace intenzit dopravy v průběhu týdne jsou zobrazeny na obrázku 3. Je patrný strmý nárůst k ranní špičce v době 6:00 – 7:00 až k hodnotám okolo 1 300 voz/h. Takto vysoká hodnota přetrvává až do večera (18:00). To je zřejmou známkou vyčerpané kapacity. Ve večerních hodinách intenzity klesají až na úroveň nočního provozu, kdy v dopravním proudu začínají převládat nákladní soupravy.



Obrázek 3: Denní variace intenzit dopravy na sledované jednopruhovové větvi.

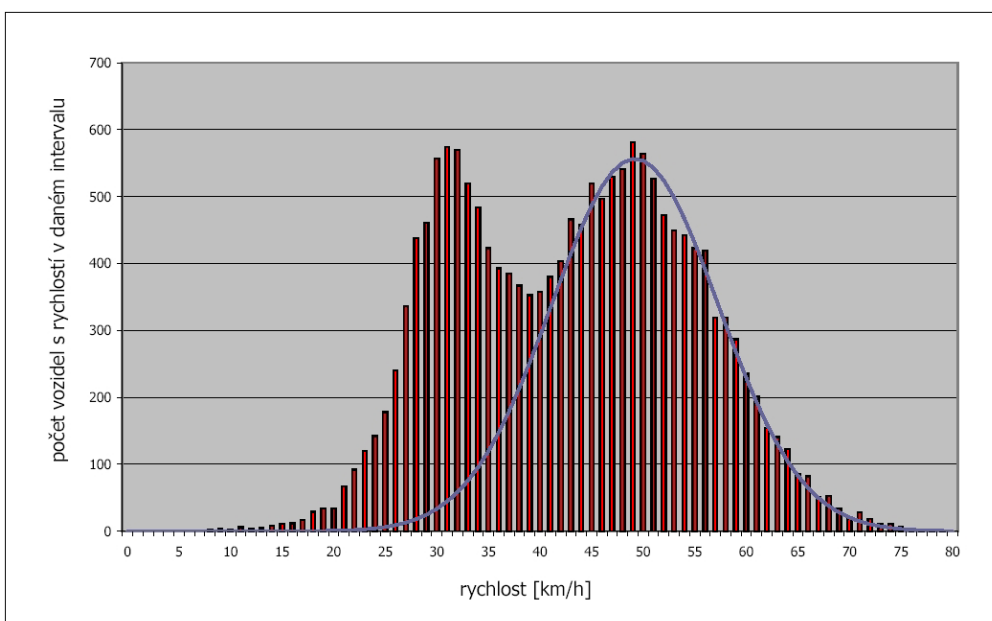
Poznámka: Chybějící nedělní hodnoty jsou zapříčiněny technickou závadou na detektoru. Z grafu je také patrná blíže nezkoumaná anomálie provozu ve čtvrtek a pátek v dopoledních hodinách.

Špičková hodinová intenzita dopravy byla zjištěna ve čtvrtek v době 16:00-17:00 a dosáhla hodnoty 1 503 voz/h. To odpovídá podílu 7,2 % z celodenní intenzity dopravy. Skladbu dopravního proudu v tuto špičkovou hodinu tvoří 79,5 % osobních vozidel, 6,3 % nákladních vozidel, 13,8 % nákladních souprav a 0,4 % autobusy.

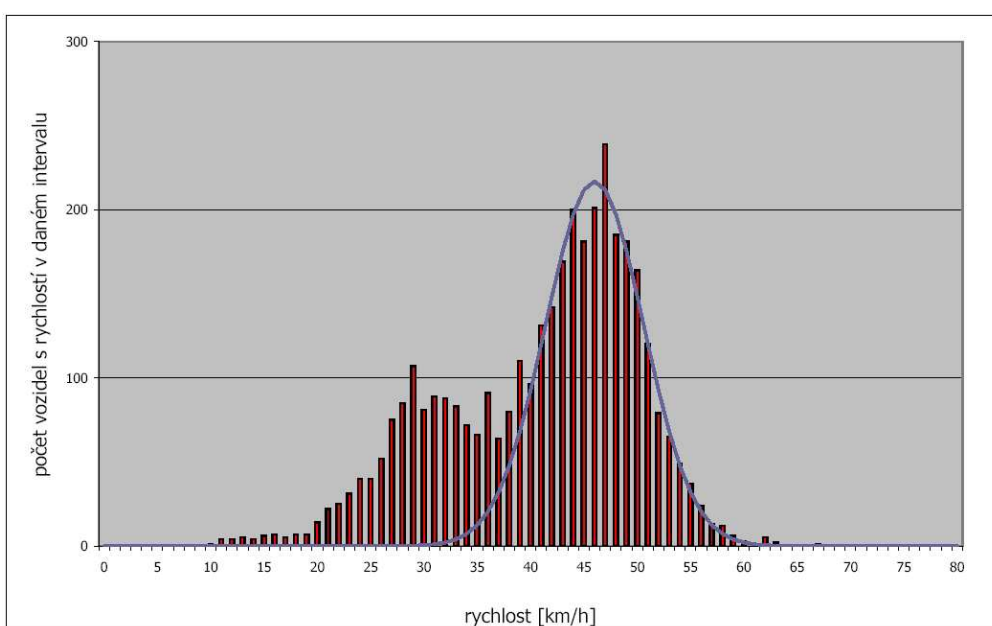
4. Rychlost jízdy

Průměrná profilová rychlost dopravního proudu na výjezdu z větve byla zjištěna 43 km/h. Nejvyšší rychlost jízdy byla zjištěna v hodnotě 94 km/h (ve 22:20 v noci ze soboty na neděli) a vzhledem poloměru směrového oblouku musela pro případného spolujezdce ve vozidle znamenat značně emotivní zážitek.

Rozložení četností rychlosti jízdy v běžném pracovním dnu (na příkladu úterý) je obsahem obrázku 4 (pro osobní vozidla) a obrázku 5 (pro nákladní soupravy). V obou grafech je schématicky znázorněno teoretické Gaussovo rozdělení, které jsme určili pouze z měření v době mimo vyčerpanou kapacitu větve. Dva „hrby jako u velblouda“ naznačují, že v době vyčerpání kapacity větve se rychlost jízdy dopravního proudu snižuje na cca 30 km/h, zatímco v době mimo vyčerpanou kapacitu je průměrná rychlost vozidel těsně pod 50 km/h.

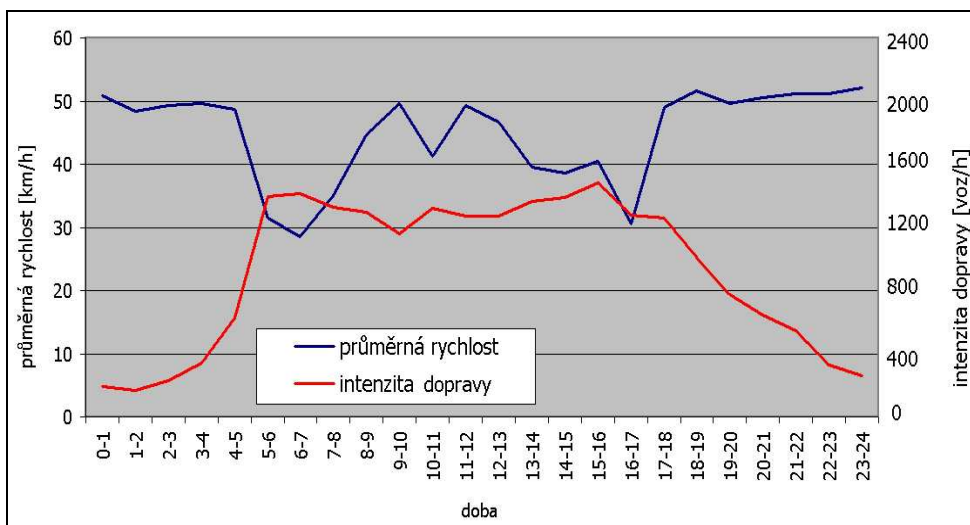


Obrázek 4: Histogram rychlostí jízdy vozidel na výjezdu ze sledované větve v běžný pracovní den (úterý) – osobní vozidla.



Obrázek 5: Histogram rychlostí jízdy vozidel na výjezdu ze sledované větve v běžný pracovní den (úterý) - nákladní soupravy.

Hodnota průměrné rychlosti jízdy se v průběhu dne mění. Porovnání její změny v souvislosti s denními variacemi intenzit dopravy v běžný pracovní den (úterý) si jako příklad můžeme prohlédnout na obrázku 6.



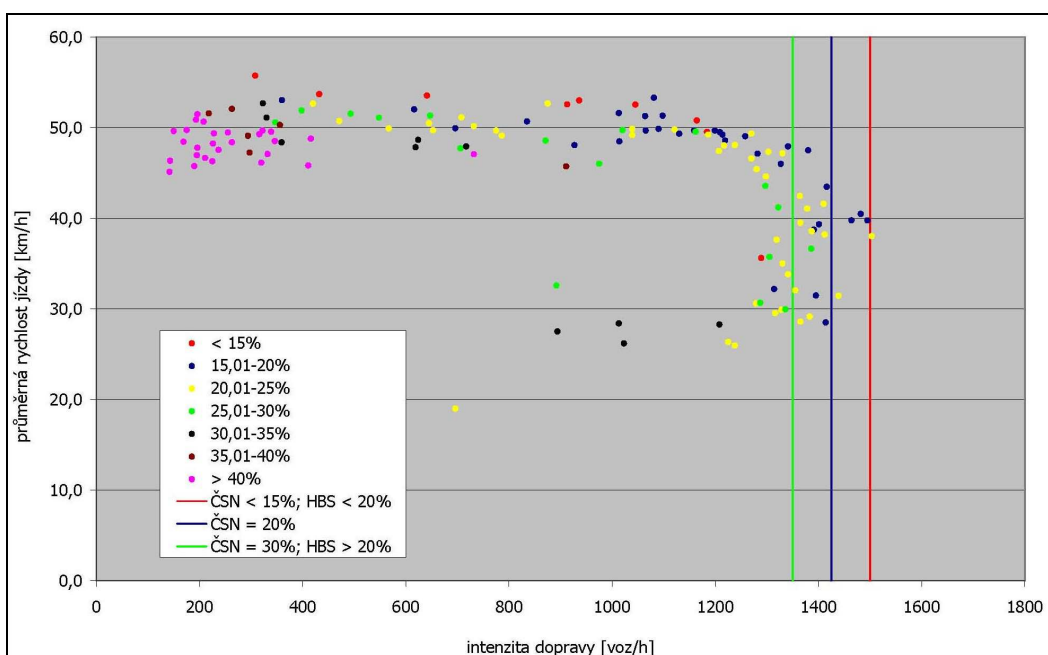
Obrázek 6: Porovnání průměrné rychlosti dopravního proudu na výjezdu z větve a intenzity dopravy v běžný pracovní den (úterý).

5. Mezní intenzita (kapacita)

Dosaženou úroveň mezní intenzity (= kapacitu) sledované větve ilustruje obrázek 7. Na grafu je vynesena vzájemná závislost rychlosti jízdy na intenzitě dopravy ze všech hodinových intervalů v době průzkumu. Vynesené hodnoty jsou barevně odlišeny v závislosti na podílu pomalých vozidel v daném hodinovém intervalu.

Je patrná určitá závislost rychlosti dopravního proudu na intenzitě dopravy, resp. na stupni vytižení sledované větve. Tato závislost se projevuje až od určité hodnoty intenzity dopravy (od určité meze). Charakteristika dopravního proudu pak vstupuje do nižší úrovně kvality dopravy, neboť dochází ke zřejmému vzájemnému ovlivňování vozidel. Z hlediska posuzování kapacity větve mimoúrovňové křižovatky je potřebné hledat takovou hodnotu intenzity dopravy, kterou je větev schopna převzít bez zásadního zhoršení kvality dopravy.

Mezní intenzita dopravy větve byla měřením zjištěna v hodnotě 1 503 voz/h (viz výše). Při této hodnotě klesla průměrná rychlost na 38 km/h. Z grafu na obrázku 7 lze usuzovat, že od intenzity vyšší než cca 1 200 voz/h dochází k vzájemnému ovlivňování vozidel v dopravním proudu a z toho vyplývajícímu zpomalení jízdy.



Obrázek 7: Závislost rychlosti jízdy na výjezdu z větve mimoúrovňové křižovatky na intenzitě dopravy (všechna hodinová měření za dobu jednoho týdne).

6. Porovnání nejvyšší naměřené intenzity s dostupnými metodami

Výše uvedené zjištění jsme porovnali s hodnotami teoretické kapacity uváděnými ve vybraných metodikách pro tento typ větve a její geometrickou charakteristiku. Do porovnání byly zahrnuty hodnoty uváděné v české ČSN 73 6102 (z roku 2007) [1], německé HBS (z roku 2005) [4] a americkém HCM (z roku 2000) [5]. Výsledky jsou obsahem tabulky 1.

	<i>Dopravní průzkum</i>	<i>ČSN 7361 02</i>	<i>HBS 2005</i>	<i>HCM 2000</i>
Kapacita větve	1 503 voz/h	1 421 voz/h	1 350 voz/h	-
Kapacita větve (podle HCM)	1 657 pc/h	-	-	1 900 pc/h

Tabulka 1: Porovnání zjištěné hodnoty mezní kapacity s teoretickou kapacitou větve podle dostupných metodik.

Podle české normy je sledovaná rampa křižovatkovou větví typu O1, na které je stanovena nejvyšší kapacita 1 500 voz/h a to pro podíl pomalých vozidel do výše 15 % z celkové intenzity dopravy. Pro námi posuzovaný stav činil podíl pomalých vozidel 20,5 %, čemuž podle normy odpovídá nižší kapacita ponížením o 5,25 %, tj. 1 421 voz/h.

Německá příručka HBS stanoví shodnou nejvyšší kapacitu jednopruhové větve hodnotou 1 500 voz/h. Tato hodnota je platná až do 20 % podílu těžké dopravy. Při podílu větším se hodnota mění na 1 350 voz/h, což odpovídá námi zjištěnému 20,5 % podílu těžké dopravy. Je tedy zřejmé, že snížení podílu pomalých vozidel o pouhých 0,5 % by znamenalo poměrně kvalitní odhad kapacity v německé metodice. Takto velký skok z 1 500 voz/h na 1 350 voz/h se zdá při našem uvažování přehnaný a zjednodušený a vyžaduje od dopravního inženýra v Německu zachování odborného nadhledu.

Posouzení podle HCM umožňuje při stanovení kapacity jednopruhové větve zohlednit rychlost dopravního proudu. V našem případě je z předchozích obrázků patrná průměrná rychlost volného dopravního proudu menší než 50 km/h, čemuž v HCM odpovídá kapacita 1 900 pc/h („jednotkových“ vozidel). Sledovaná větev je ve stoupání do 3 % v délce cca 500 metrů, takže využíváme pro přepočítání na jednotková vozidla koeficient 1,5 pro nákladní vozidla, autobusy i nákladní soupravy. Hodnota naměřené mezní intenzity činí při použití přepočítových koeficientů 1 657 pc/h. Teoretický předpoklad americké metodiky je o 15 % vyšší než naměřená hodnota.

Z porovnání vyplývá, že hodnota mezní kapacity zjištěná dopravním průzkumem je vyšší než teoretická hodnota uváděná v platné ČSN a německé HBS. Naopak při porovnání s teoretickou kapacitou podle americké HCM je zjištěná hodnota výrazně nižší.

7. Porovnání všech naměřených intenzit s dostupnými metodami

Porovnání je v obrázku 7 vyjádřeno svislými čarami, které vyznačují limitní hodnoty kapacity udávané českou ČSN 73 6102 a německým HBS.

Mezní hodnota 1 500 voz/h platí v HBS až do podílu pomalých vozidel 20 % - tomu v našem grafu odpovídají méně časté červené a zejména modré body. Při vyšším podílu se kapacita snižuje na 1 350 voz/h – tomu odpovídají zejména žluté a zelené body. Zatímco základní hodnota kapacity 1 500 voz/h se zdá být v HBS stanovena poměrně realisticky, tak námi naměřené body ukazují, že přes hodnotu 1 350 voz/h (zelená čára) se dostávají i intervaly s více jak 25 % podílem pomalých vozidel.

Podle české normy je nejvyšší kapacita 1 500 voz/h stanovena pro podíl pomalých vozidel do výše 15 %. Podílu pomalých vozidel 20 % (srovnej v grafu s modrými body) odpovídá kapacita 1 425 voz/h, podílu 30 % (zelené body) hodnota 1 350 voz/h.

Bystrý pozorovatel rozpozná, že mezní hodnoty určované českou normou pro různé podíly pomalých vozidel lépe korespondují s námi naměřenými hodnotami než snížená hodnota stanovená podle německé HBS.

8. Závěr

Dopravní průzkum provedený na jednopruhové větvi mimoúrovňové křižovatky zjistil její kapacitu v hodnotě 1 503 voz/h při 20,5 % podílu pomalých vozidel.

Porovnání s dostupnými metodami prokázalo poměrně dobrou shodu s hodnotami teoretické kapacity uváděné v české ČSN 73 6102 a německé příručce HBS. Nejmenší shoda byla zjištěna při porovnání této hodnoty s americkým HCM.

Článek je zpracován v rámci projektu programu výzkumu Ministerstva dopravy ČR „Aktualizace výpočtových modelů pro stanovení kapacity mimoúrovňových křižovatek“ (č. CG723-032-910). Průběžné informace o řešení projektu je možné nalézt na www.edip.cz v rubrice „Výzkum“.

Přehled literatury:

- [1] ČSN 73 6102 Projektování křižovatek na pozemních komunikacích, 2007.
- [2] TP189 Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích, EDIP s.r.o., 2007.
- [3] EDIP s.r.o.: Projekt č. CG723-032-910 „Aktualizace výpočtových modelů pro stanovení kapacity mimoúrovňových křižovatek“, Redakčně upravená roční zpráva 2007. EDIP s.r.o., 2007.
- [4] Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen: Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen (HBS). FGSV, Köln, 2001, Fassung 2005.
- [5] National Research Council: Highway Capacity Manual (HCM). Washington, D.C., 2000.