

Ivana MAHDALOVÁ¹

LINEÁRNÍ MODEL LIMITNÍ KAPACITY JEDNOPRUHOVÉ OKRUŽNÍ KŘÍŽOVATKY

Abstract

The paper describes proposal of method for determination of maximal limiting entry capacity in roundabout with one entry traffic lane and with one circulatory lane. The created linear model for determination of maximal limiting entry capacity accept theory of time gaps in traffic stream, but it brings a new view of this problems.

1 ÚVOD

Pro stanovení kapacity vjezdu do okružní křižovatky existuje řada metod. V současné době jsou ve světě používány rozdílné přístupy ke stanovení kapacity okružní křižovatky. Jedním z významných modelů je využití teorie časových mezer (odstupů), kdy kapacita vjezdu závisí na hodnotách kritického časového odstupe (t_g) a následného časového odstupe (t_f). Některé modely zahrnují také teoretické rozdělení kritických časových odstupů v jízdním proudu na okružním pásu a vliv geometrie návrhových prvků okružní křižovatky. Dalším významným používaným modelem jsou empirické vztahy založené na regresní analýze pozorovaných měření intenzit na reálných okružních křižovatkách v době, kdy dochází k vyčerpání kapacity křižovatky a na všech vjezdech se tvoří fronty.

Ve světě se vede čilá diskuze o výhodách teorií empirické regresní analýzy, která vznikla v Anglii, a výhodách metody kritických časových odstupů. Tato problematika prochází poměrně dynamickým vývojem. S rostoucím počtem realizovaných okružních křižovatek u nás i ve světě se rozšiřují objemy sledovaných a měřených dat, které vedou k dalšímu zpřesňování výpočtových modelů pro stanovování kapacity okružních křižovatek.

Empirické lineární regresní modely pro výpočet kapacity vjezdu na okružní pás křižovatky principiálně vycházejí z rovnice, kterou formuloval Kimber [3] a kterou lze zapsat v obecném tvaru

$$Q_e = k \cdot (F - f \cdot Q_b) \quad (1)$$

kde Q_e je kapacita vjezdu (e podle anglického *entry*) [pvoz/h]
 Q_b rozhodující intenzita nadřazených dopravních proudů [pvoz/h]
 k, F, f konstanty odvozené z geometrie okružní křižovatky

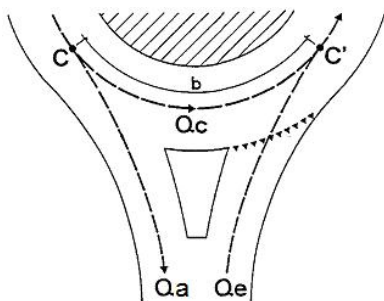
Přitom rozhodující intenzita nadřazených dopravních proudů Q_b vždy zahrnuje intenzitu na okružním pásu Q_c a případně také vliv intenzity vozidel Q_a odbočujících z okružního pásu na výjezdu bezprostředně před posuzovaným vjezdem. Schématicky jsou dopravní proudy v okolí vjezdu na okružní křižovátku znázorněny na obrázku 1.

Intenzitu nadřazených dopravních proudů Q_b lze pro výpočet obecně vyjádřit rovnicí

$$Q_b = j \cdot (\beta \cdot Q_c + \alpha \cdot Q_a) \quad (2)$$

kde Q_b je rozhodující intenzita nadřazených dopravních proudů [pvoz/h]
 Q_c intenzita na okružním pásu (c podle anglického *circulatory*) [pvoz/h]
 Q_a intenzita na předcházejícím výjezdu [pvoz/h]
 j, α, β konstanty odvozené z geometrie okružní křižovatky

¹ Ing. Ivana Mahdalová, Ph.D., Katedra dopravního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Poděště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 342, e-mail: ivana.mahdalova@vsb.cz.



Obr. 1: Schéma dopravních proudů na vjezdu do okružní křižovatky

Modely vycházející z teorie časových mezer (odstupů) mezi vozidly na křižovatce mají standardně podobu exponenciální funkce. Matematické vzorce i hodnoty používané kritické a následné časové mezery jsou v různých zemích odlišné, vycházejí z empirických sledování reálného provozu v konkrétní zemi a reprezentují národní specifika chování řidičů. Podle dosavadních poznatků a zkušeností není možné hodnoty mezi zeměmi prostě přenést. Jako příklad modelu využívajícího teorie časových mezer je možno uvést vzorec pro kapacitu vjezdu okružní křižovatky obsažený v německé směrnici Handbuch für die Bemessung von Straßen (HBS) [4] z roku 2001, která byla v roce 2006 aktualizována směrnici Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehrsplätzen [6]:

$$Q_e = 3600 \cdot \left(1 - \frac{t_{\min} \cdot Q_c}{n_c \cdot 3600} \right)^{n_c} \cdot \frac{n_e}{t_f} \cdot e^{-\frac{Q_c}{3600} \left(t_g - \frac{t_f}{2} - t_{\min} \right)} \quad (3)$$

kde	Q_e	je základní kapacita vjezdu [j.v./h]
	Q_c	intenzita dopravy na okruhu [j.v./h]
	n_c	počet jízdních pruhů na okruhu [-]
	n_e	koefficient počtu jízdních pruhů na vjezdu [-]
	t_g	kritický časový odstup (<i>g</i> podle anglického <i>gap</i>) [s]
	t_f	následný časový odstup (<i>f</i> podle anglického <i>follow</i>) [s]
	t_{\min}	minimální časový odstup mezi vozidly jedoucími na okruhu za sebou [s]

Vstupní hodnoty časových odstupů pro okružní křižovatku s jedním jízdním pruhem na vjezdu i na okružním pásu přitom definuje zmíněná německá směrnice [4] jako pevné veličiny, a to $t_g = 4,1$ [s], $t_f = 2,9$ [s] a $t_{\min} = 2,1$ [s].

V České republice Ministerstvo dopravy v rámci Národního programu výzkumu finančně podpořilo projekt výzkumu a vývoje Aktualizace výpočtových modelů pro stanovení kapacity okružních křižovatek [1] (řešení v letech 2005 – 2008). Na projednávání průběžných výsledků tohoto výzkumu jsem se na vyzvání řešitele účastnila v rámci oponentní skupiny vybrané z řad odborné veřejnosti. Z provedených analýz sledování dopravního provozu na vybraných okružních křižovatkách v ČR vyplynul předpoklad pro stanovení hodnot kritického časového odstupu t_g a následného časového odstupu t_f specificky pro české prostředí.

2 JÍZDA VOZIDEL NA OKRUŽNÍM PÁSU KŘÍŽOVATKY

Vozidla v dopravním proudu na okružním pásu zachovávají určité vzájemné rozestupy. K bezpečnému provozu je nutné dodržení minimálně tzv. bezpečného odstupu. Bezpečný odstup je různými autory různě definován. Nejčastěji se udává (viz např. informace BESIP) hodnota časového odstupu t_b čel dvou za sebou jedoucích vozidel v sekundách podle vztahu

$$t_b = 2 \quad [\text{s}] \quad (4)$$

Pro vyjádření vzájemného délkového bezpečného odstupu l_b v metrech lze podle [7] použít tzv. poloviční TACHO odstup vyjádřený vzorcem

$$l_b = \frac{v}{2} \quad [\text{m}] \quad (5)$$

nebo tzv. kvadratický TACHO odstup vyjádřený vzorcem

$$l_b = \left(\frac{v}{10} \right)^2 \quad [\text{m}] \quad (6)$$

kde v je návrhová rychlost [km/h].

Při akceptování hodnoty bezpečného dvousekundového časového odstupu mezi vozidly v nadřazeném dopravním proudu na jednopruhovém okružním pásu lze určit maximální hodinovou intenzitu vozidel v nadřazeném dopravním proudu ze vztahu

$$Q_{b,\max} = \frac{3600}{t_b} = \frac{3600}{2} = 1800 \quad [\text{pvoz/h}] \quad (7)$$

kde $Q_{b,\max}$ je maximální akceptovatelná intenzita nadřazeného dopravního proudu na jednopruhovém okružním pásu při dodržení bezpečného odstupu [pvoz/h]
 t_b bezpečný časový odstup vozidel v nadřazeném dopravním proudu [s]

3 KRITICKÝ A NÁSLEDNÝ ČASOVÝ ODSUP VOZIDEL NA VJEZDU

Kritická mezera t_g [s] vyjadřuje kritický časový odstup mezi vozidly v nadřazeném dopravním proudu, kterou 50 % řidičů podřazeného dopravního proudu přijme jako vhodnou pro vjezd do křižovatky a 50 % řidičů ji odmítne jako nedostatečnou. Udává se s přesností na desetinu sekundy. Délkový odstup vozidel l_g v nadřazeném dopravním proudu při vzniklé kritické mezeře lze vyjádřit v závislosti na rychlosti v_g vozidel v tomto dopravním proudu ze vztahu:

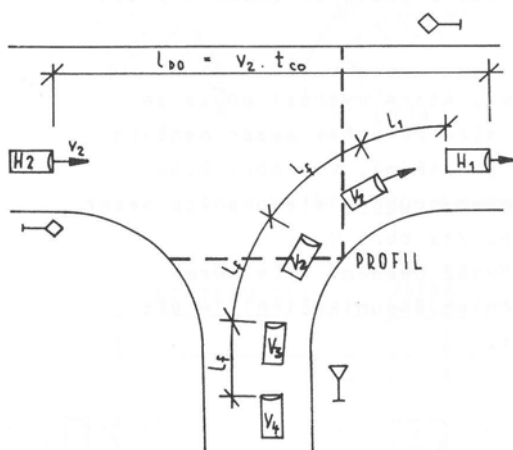
$$l_g = v_g \cdot t_g \quad [\text{m}] \quad (8)$$

kde l_g je délkový odstup vozidel v nadřazeném dopravním proudu na okružním pásu [m]
 v rychlost vozidel v nadřazeném dopravním proudu na okružním pásu [m/s]
 t_g kritický časový odstup vozidel v nadřazeném dopravním proudu [s]

Následná časová mezera t_f [s] vyjadřuje následný časový odstup mezi vozidly vjíždějícími z vedlejší komunikace do křižovatky v situaci, kdy v nadřazeném dopravním proudu vznikla časová mezera podstatně větší než kritická mezera t_g a z vjezdu tedy může najet do křižovatky více než jedno vozidlo. Udává se s přesností na desetinu sekundy. Velikost následné mezery je schématicky znázorněna na obrázku 2 a je výrazně nižší, než velikost kritické mezery. Délkový odstup vozidel l_f v podřazeném dopravním proudu při vzniklé následné časové mezeře lze vyjádřit v závislosti na rychlosti v_f vozidel při vjezdu do křižovatky ze vztahu:

$$l_f = v_f \cdot t_f \quad [\text{m}] \quad (9)$$

kde l_f je délkový odstup vozidel v podřazeném dopravním proudu na vjezdu [m]
 v rychlost vozidel v podřazeném dopravním proudu na vjezdu [m/s]
 t_f následný časový odstup vozidel v podřazeném dopravním proudu [s]



Obr. 2: Schéma následné mezery při vjezdu do křižovatky – zdroj: [5]

Nulová mezera t_0 [s] je časový odstup mezi vozidly nadřazeného dopravního proudu, kterou nepřijme žádné vozidlo podřazeného dopravního proudu. Udává se vztah mezi nulovou a kritickou a následnou časovou mezerou, který lze vyjádřit ve tvaru:

$$t_0 = t_g - \frac{t_f}{2} \quad [\text{s}] \quad (10)$$

kde t_0 je časový odstup vozidel v nadřazeném dopravním proudu [s]
 t_g kritický časový odstup vozidel v nadřazeném dopravním proudu [s]
 t_f následný časový odstup vozidel v podřazeném dopravním proudu [s]

4 KAPACITNÍ MOŽNOSTI JEDNOPRUHOVÉ OKRUŽNÍ KŘÍŽOVAKTY

Kapacita okružní křižovatky v přepočtených vozidlech za hodinu se stanoví jako součet kapacity všech vjezdů do okružní křižovatky. Jako kapacitu vjezdu označujeme rozumně očekávatelné maximální množství vozidel, které mohou vjet do okružní křižovatky při dodržení pravidel dopravního provozu a respektování bezpečnosti provozu, t.j. dodržení bezpečných odstupů mezi vozidly.

Až do velikosti průměrných časových odstupů $\bar{t} \geq t_g$ mezi vozidly v nadřazeném dopravním proudu na okružním pásu (Q_b) se mohou vozidla na vjezdu plynule zařazovat do těchto mezer prakticky formou „zipování“. Tomu ději dobře vyhovuje lineární průběh funkce. Průměrná mezera mezi vozidly v nadřazeném dopravním proudu na jednopruhovém okružním pásu se určí ze vztahu

$$\bar{t} = \frac{3600}{Q_b} \quad [\text{s}] \quad (11)$$

kde \bar{t} je průměrný časový odstup vozidel v nadřazeném dopravním proudu [s]
 Q_b intenzita nadřazeného dopravního proudu na jednopruh. okružním pásu [pvoz/h]

Podmínkou pro rovnoměrné rozdělení časových mezer mezi vozidly na okružním pásu je neovlivněný dopravní proud na všech paprscích okružní křižovatky, to znamená absence přechodů, drážních přejezdů a světelně řízených křižovatek v blízkosti okružní křižovatky.

Při průměrné velikosti časových odstupů $\bar{t} < t_g$ mezi vozidly v nadřazeném dopravním proudu na okružním pásu je nutné pro praktické zařazení vozidla na vjezdu, aby se vozidla na okruhu shlukovala do skupin s minimálními bezpečnými časovými odstupy $t_b = 2,0$ s. To umožní v nadřazeném dopravním proudu na okružním pásu (Q_b) vznik určitého počtu časových mezer o hod-

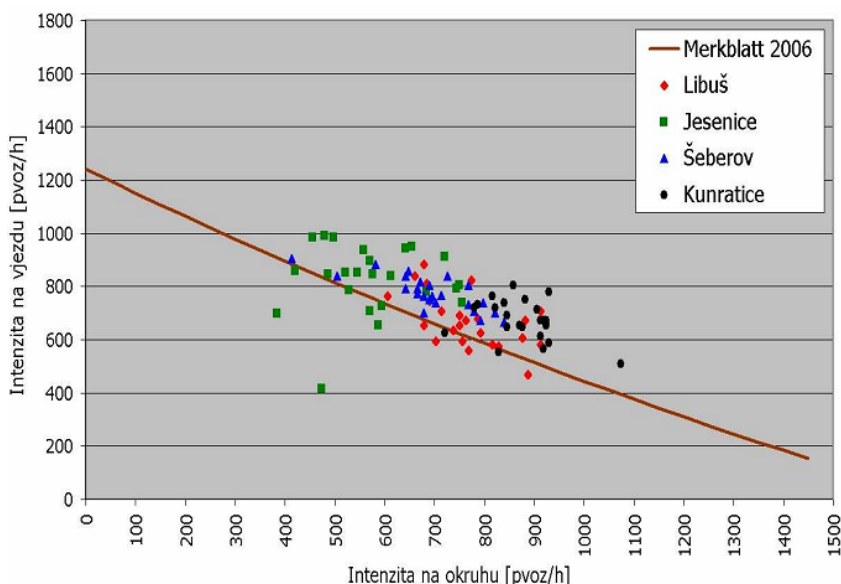
notě větší nebo rovné t_g , což následně umožní vozidlům na vjezdu zařazení do takto vzniklých mezer. Shlukování vozidel do skupin je možno predikovat na základě teorie pravděpodobnosti nebo jako podíl z celkové intenzity na okruhu pomocí empirických hodnot získaných na základě pozorování a měření reálného provozu (např. Troutbeck [2]).

Shlukování vozidel na okružním pásu do skupin (tzv. dávkování) je přirozeně způsobeno intenzivnějším pohybem chodců na přechodech umístěných na jednotlivých paprscích okružní křižovatky nebo existencí světelně řízené křižovatky či drážního přejezdu v blízkosti okružní křižovatky. Podobný účinek může mít také umístění autobusové zastávky nebo parkovacího pruhu či pásu v blízkosti okružní křižovatky. Plynulý dopravní proud je při vyšších intenzitách zřetelně blokován z důvodu dávání přednosti v souladu s právní úpravou (pravidly bezpečnosti a plynulosti provozu).

Blízkost světelně řízené křižovatky generuje opakující se cyklické mezery v dopravním proudu vznikající při změně fáze světelného řízení (v tzv. neproduktivní době světelně řízené křižovatky). Při pevném signálním programu pak tyto mezery vykazují zřejmou pravidelnost a nepodléhají teorii pravděpodobnosti.

Podobně souvisí vznik pravidelných mezer v dopravním proudu s vyjížděním vozidel městské hromadné dopravy z autobusové zastávky do jízdního pruhu jednopruhového jízdního pásu, je-li používán intervalový jízdní řád.

Při analýzách dopravně inženýrských průzkumů okružních křižovatek, provedených v rámci řešení projektu výzkumu Ministerstva dopravy [1], bylo zjištěno, že skutečné hodnoty kapacity na vjezdech jednopruhové okružní křižovatky ulic Vídeňská – Kunratická v Praze významně překračují kapacity predikované na základě dosud známých exponenciálních výpočtových modelů využívajících teorii časových mezer. Zjištěné výsledky ilustruje obrázek 3.



Obr. 3: Porovnání naměřených hodnot pětiminutových intenzit dopravy přepočtených na hodinové intenzity na vjezdech do okružní křižovatky ulic Vídeňská – Kunratická v Praze s teoretickou kapacitou podle HBS – zdroj EDIP s.r.o. [1]

5 LINEÁRNÍ MODEL LIMITNÍ KAPACITY VJEZDU JEDNOPRUHOVÉ OKRUŽNÍ KŘÍŽOVAKTY

Východiskem pro určení kapacity vjezdu je intenzita Q_b [pvoz/h] nadřazených dopravních proudů na okružním pásu křižovatky, stanovená podle rovnice (2). Intenzita Q_b se stanoví v závislosti na intenzitě Q_c [pvoz/h] na okružním pásu v místě připojení vjezdu a intenzitě Q_a [pvoz/h] na bezprostředně předcházejícím výjezdu – viz obrázek 1. Hodnota intenzity Q_b se pro konkrétní podmínky stanoví některou z obecně známých výše popsaných metod, případně může intenzita Q_b v závislosti na geometrickém uspořádání konkrétní křižovatky při dostatečně velkých poloměrech a velké vzdálenosti mezi vjezdem a předchozím výjezdem nabýt právě hodnotu Q_c . Při stanovení modelu limitní kapacity je akceptována teorie časových mezer, která reálně vymezuje maximální dosažitelnou kapacitu okružního pásu bezprostředně za vjezdem a tím i kapacitu vjezdu okružní křižovatky.

Maximální akceptovatelná intenzita nadřazeného dopravního proudu $Q_{b,max}$ má na jednopruhovém okružním pásu při dodržení bezpečného časového odstupu t_b hodnotu podle rovnice (7). Při této maximální intenzitě na okružním pásu nevznikne žádná dostatečně velká mezera pro vjíždění vozidel z posuzovaného vjezdu. Kapacita vjezdu má potom hodnotu

$$Q_e = 0 \quad [\text{pvoz/h}] \quad (12)$$

kde Q_e je kapacita jednopruhového vjezdu na jednopruhový okružní pás [pvoz/h]

Na okružním pásu křižovatky může nastat také situace, kdy vozidla pojedou v odstupech odpovídajících nulové mezeře t_0 , při které také na okruh z vjezdu nevjede žádné vozidlo. Kapacita vjezdu nabývá opět hodnotu podle rovnice (12) a intenzita nadřazeného dopravního proudu je v tomto případě vyjádřena vztahem

$$Q_b = \frac{3600}{t_0} \quad [\text{pvoz/h}] \quad (13)$$

kde Q_b je intenzita nadřazeného proudu na jednopruhovém okružním pásu [pvoz/h]
 t_0 nulová mezera v nadřazeném dopravním proudu na jednopruhovém okruž. pásu [s]

Minimální intenzita nadřazeného dopravního proudu může teoreticky nabýt nulovou hodnotu. Reálně je to možné například při opravách spojených s uzávěrkami komunikací, kdy je v provozu ponecháno pouze pravé odbočení mezi jedním vjezdem a následujícím výjezdem. Tato situace je vyjádřena rovnicí

$$Q_b = 0 \quad [\text{pvoz/h}] \quad (14)$$

Potom lze kapacitu vjezdu v závislosti na hodnotě následného časového odstupu vyjádřit rovnicí

$$Q_e = \frac{3600}{t_f} \quad [\text{pvoz/h}] \quad (15)$$

kde Q_e je kapacita jednopruhového vjezdu na jednopruhový okružní pás [pvoz/h]
 t_f následný časový odstup vozidel na vjezdu do okružní křižovatky [s]

Lineární průběh hledané funkce závislosti kapacity vjezdu okružní křižovatky na intenzitě nadřazeného dopravního proudu na okružním pásu lze obecně vyjádřit ve tvaru

$$Q_e = a \cdot Q_b + b \quad [\text{pvoz/h}] \quad (16)$$

Pro **vyjádření maximální dosažitelné hodnoty limitní kapacity** vjezdu podle hledané lineární závislosti při akceptování hodnoty bezpečného dvousekundového časového odstupu mezi vozidly v nadřazeném dopravním proudu na jednopruhovém okružním pásu dosadíme z rovnic (7), (12), (14) a (15) do rovnice (16) a dostaneme soustavu dvou rovnic o dvou neznámých

$$0 = a \cdot \frac{3600}{t_b} + b \quad (17)$$

$$\frac{3600}{t_f} = a \cdot 0 + b \quad (18)$$

Řešením této soustavy rovnic získáme po dosazení za a a b do rovnice (16) lineární vztah pro určení maximální limitní kapacity vjezdu

$$Q_e = \frac{3600 - Q_b \cdot t_b}{t_f} \quad (19)$$

kde Q_e je kapacita jednopruhového vjezdu na jednopruhový okružní pás [pvoz/h]
 Q_b intenzita nadřazeného proudu na jednopruhovém okružním pásu [pvoz/h]
 t_b bezpečná mezera v nadřazeném dopravním proudu na jednopruh. okruž. pásu [s]
 t_f následný časový odstup vozidel na vjezdu do okružní křižovatky [s]

Pro vyjádření *spodní meze maximálně dosažitelné hodnoty limitní kapacity* podle hledané lineární závislosti použijeme nulovou mezeru mezi vozidly v nadřazeném dopravním proudu na jednopruhovém okružním pásu a dosadíme z rovnic (12) až (15) do rovnice (16). Pak dostaneme následující soustavu dvou rovnic o dvou neznámých

$$0 = a \cdot \frac{3600}{t_0} + b \quad (20)$$

$$\frac{3600}{t_f} = a \cdot 0 + b \quad (21)$$

Řešením této soustavy rovnic získáme po dosazení za a a b do rovnice (16) lineární vztah pro určení spodní hranice limitní kapacity vjezdu

$$Q_e = \frac{3600 - Q_b \cdot t_0}{t_f} \quad (22)$$

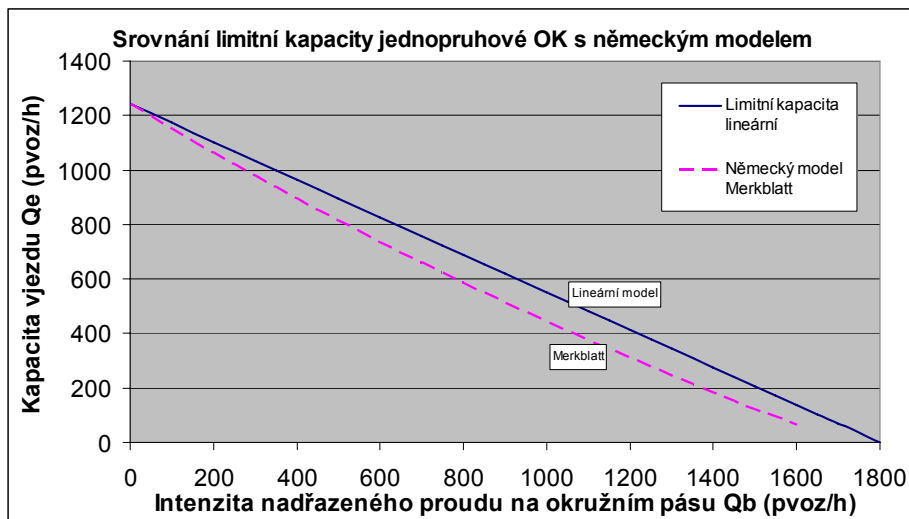
kde Q_e je kapacita jednopruhového vjezdu na jednopruhový okružní pás [pvoz/h]
 Q_b intenzita nadřazeného proudu na jednopruhovém okružním pásu [pvoz/h]
 t_0 nulová mezera v nadřazeném dopravním proudu na jednopruh. okruž. pásu [s]
 t_f následný časový odstup vozidel na vjezdu do okružní křižovatky [s]

Tímto způsobem vyjádřená kapacita (19) vjezdu okružní křižovatky s jedním pruhem na vjezdu i na okružním pásu prakticky vůbec nezávisí na hodnotě kritického časového odstupu t_g . Tuto hodnotu přitom standardně používají známé modely akceptující teorii časových mezer pro výpočet kapacity, a to včetně modelu převzatého v rámci výzkumného projektu Aktualizace výpočtových modelů pro stanovení kapacity okružních křižovek [1] řešeného firmou EDIP s.r.o. Liberec.

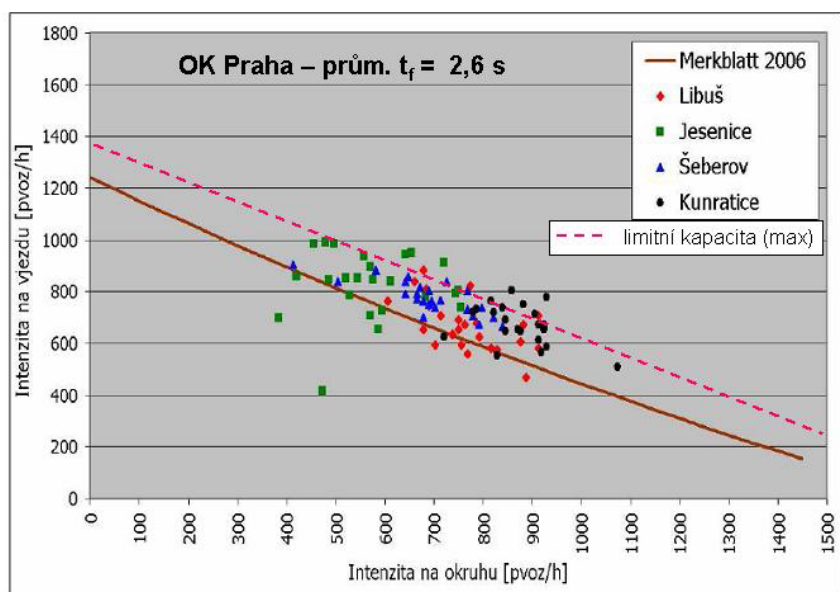
Reálně kapacita vjezdu závisí především na kapacitě okružního pásu bezprostředně za vjezdem, kde se do dopravního proudu na okruhu zařazují vozidla z vjíždějícího dopravního proudu. Tuto skutečnost vyjadřuje čitatel v rovnici (19) resp. (22). Další proměnnou, vyskytující se ve jmenovateli uvedených rovnic kapacity, představuje hodnota následného časového odstupu t_f , která je úzce svázána s geometrií konkrétní okružní křižovatky, zejména se šířkami jízdních pruhů, s hodnotami poloměrů a se vzájemnou vzdáleností mezi vjezdem a bezprostředně předcházejícím výjezdem. Především vzájemná blízkost vjezdu a předcházejícího výjezdu způsobuje nejistotu v rozhodování vjíždějící

cích řidičů a vede ke zvyšování hodnoty následného časového odstupu t_f . Tato předpokládaná závislost byla zjištěna i při řešení výzkumného projektu [1] a je uvedena v Odborné zprávě o řešení projektu v roce 2007.

Grafický průběh funkce maximální dosažitelné (limitní) kapacity vjezdu jednopruhově okružní křižovatky podle rovnice (19) ve srovnání s německou směrnicí Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehrsplätzen [6] je znázorněn na obrázku 5. Jako hodnota následného časového odstupu pro dosažení do rovnice (19) je zde použita hodnota podle zmíněné německé směrnice $t_f = 2,9$ [s], hodnota bezpečného odstupu je v souladu s navrhovanou metodou pro stanovení limitní kapacity vjezdu uvažována jako $t_b = 2,0$ [s].



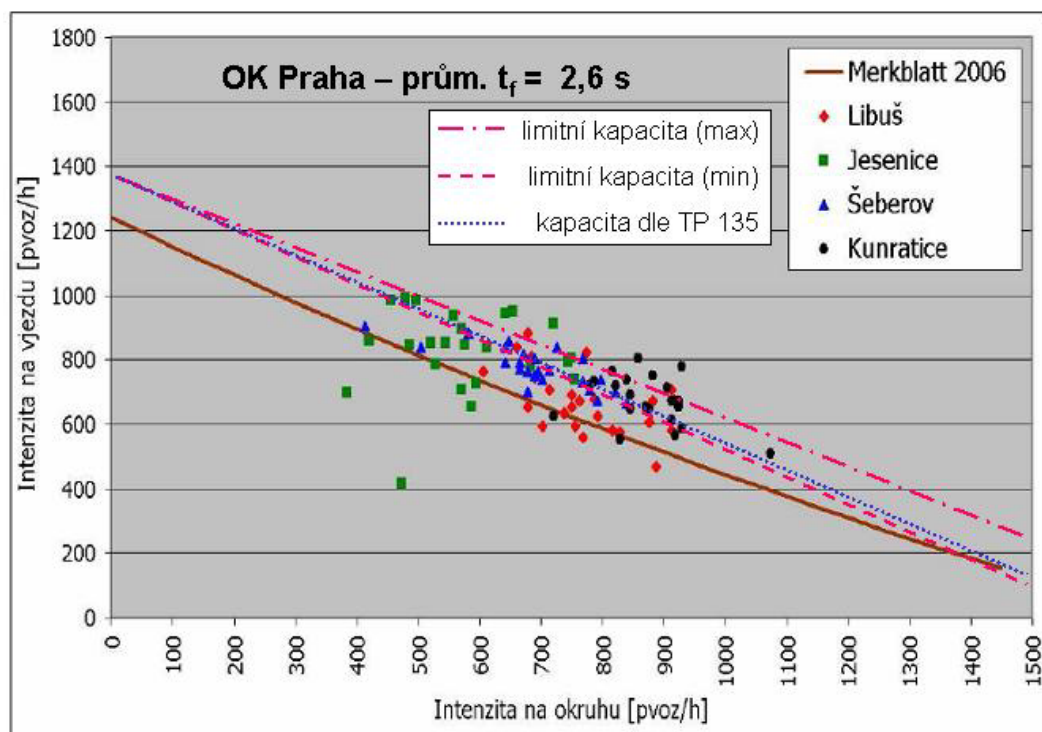
Obr. 5: Srovnání kapacity vjezdu jednopruhově okružní křižovatky podle navrženého lineárního modelu maximální limitní kapacity a podle německé směrnice Merkblatt [6]



Obr. 6: Porovnání pětiminutových intenzit dopravy přepočtených na hodinové na sledované OK v Praze s maximální limitní kapacitou podle navrženého lineárního modelu - zdroj dat [1]

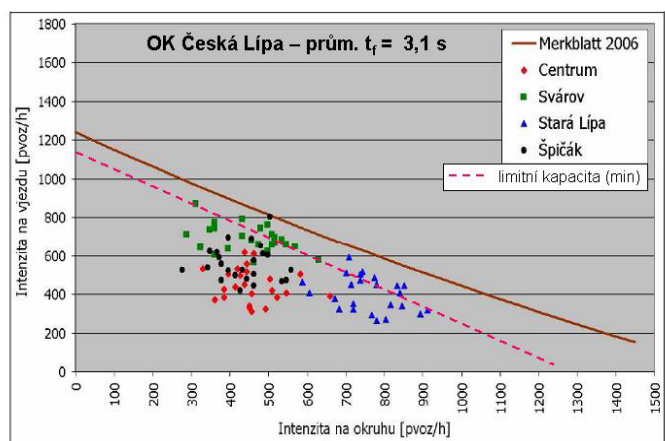
Průběh maximální limitní kapacity podle navrženého lineárního modelu pro konkrétní podmínky zkoumané okružní křižovatky ulic Vídeňská - Kunratická v Praze je znázorněn na obrázku 6. Pro konstrukci grafu byly do rovnice (19) dosazena zjištěná průměrná hodnota následného časového odstupu $t_f = 2,6$ [s] uvedená v tabulce 1. Z grafu je zřejmé, že maximální limitní kapacita výstižně reprezentuje maximální dosažitelné hodnoty kapacity vjezdu na okružní křižovatce.

Grafické srovnání naměřených hodnot intenzit na vjezdech zkoumané okružní křižovatky ulic Vídeňská - Kunratická v Praze, průběhu maximální limitní kapacity, kapacity stanovené podle TP 135 Projektování okružních křižovatek [8] a kapacity vypočtené podle německé směrnice [6] je přehledně uvedeno na obrázku 7.

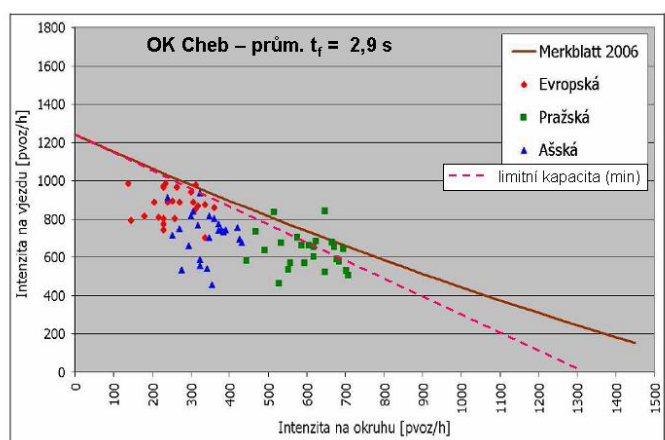


Obr. 7: Porovnání pětiminutových intenzit dopravy přepočtených na hodinové na sledované OK v Praze s limitní kapacitou, s kapacitou podle TP 135 [7] a podle německé směrnice [5] - zdroj dat [1]

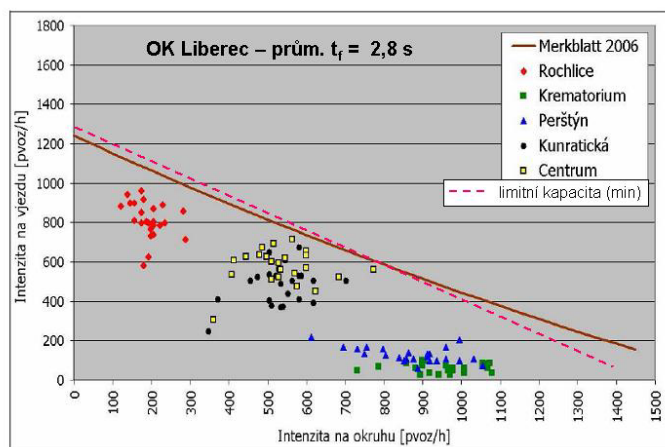
Pro ověření navržené metody byla provedena porovnání výsledků na dalších jednopruhových okružních křižovatkách sledovaných v rámci výzkumného projektu [1]. Grafické výstupy jsou uvedeny na následujících obrázcích 8 až 12. Z porovnání jednotlivých výsledků je zřejmé, že navržený lineární model limitní kapacity věrohodněji vystihuje reálně zjištěné maximální kapacity na sledovaných okružních křižovatkách. Výjimkou je pouze okružní křižovatka v Liberci, která je však extrémně zatížená pěší dopravou a je silně ovlivněna blízkostí dopravního terminálu hromadné osobní dopravy. Situaci na okružních křižovatkách v České Lípě, v Náchodě a v Sokolově více vystihuje minimální limitní hodnota kapacity stanovená pro nulovou časovou mezeru t_0 v dopravním proudu na okružním pásu, pro okružní křižovatku v Praze poskytuje reprezentativnější výsledek maximální limitní hodnota kapacity stanovená pro nejmenší bezpečný odstup t_b v dopravním proudu na okružním pásu.



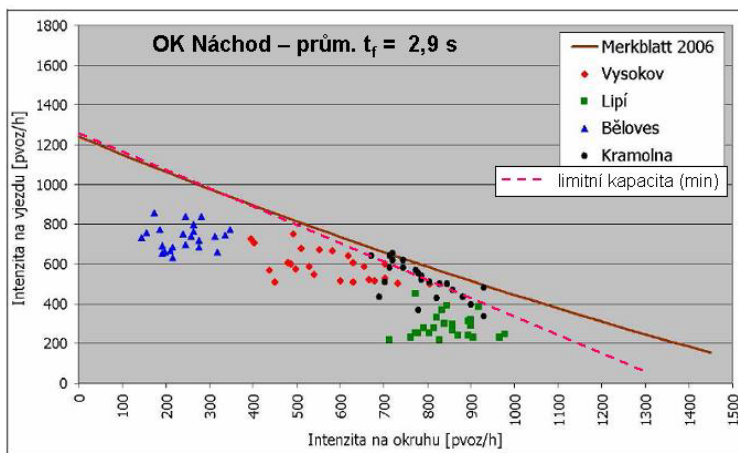
Obr. 8: Porovnání pětiminutových intenzit dopravy přepočtených na hodinové na sledované OK v České Lípě s limitní kapacitou - zdroj dat [1]



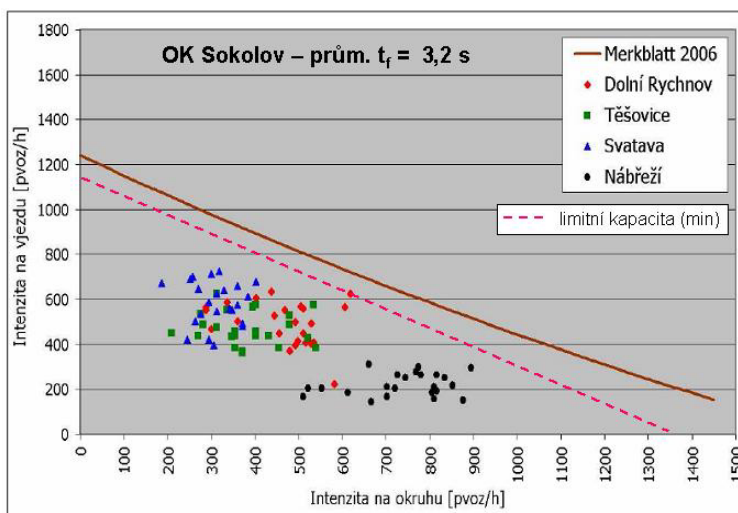
Obr. 9: Porovnání pětiminutových intenzit dopravy přepočtených na hodinové na sledované OK v Chebu s limitní kapacitou - zdroj dat [1]



Obr. 10: Porovnání pětiminutových intenzit dopravy přepočtených na hodinové na sledované OK v Liberci s limitní kapacitou - zdroj dat [1]



Obr. 11: Porovnání pětiminutových intenzit dopravy přepočtených na hodinové na sledované OK v Náchodě s limitní kapacitou - zdroj dat [1]



Obr. 12: Porovnání pětiminutových intenzit dopravy přepočtených na hodinové na sledované OK v Sokolově s limitní kapacitou - zdroj dat [1]

5 ZÁVĚR

Pokud budeme akceptovat definici kapacity vjezdu do okružní křižovatky jako maximální množství vozidel (viz kapitola 4), která jsou schopna vjet do křižovatky při daných podmínkách intenzity dopravy na okružním pásu, pak reálnou kapacitu lépe vystihuje prezentovaný lineární model limitní kapacity vjezdu s využitím časových mezer. Exponenciální model podle německé směrnice HBS [4], který převzala firma EDIP s.r.o. ve svém výzkumu [1], v uvedeném kontextu reprezentuje spíše jakousi průměrnou hodnotu kapacity dosahovanou standardně na okružních křižovatkách v Německu. Tuto skutečnost dokazují grafy uvedené na obrázcích 6 až 12. Není bez zajímavosti, že navržený lineární model limitní kapacity vjezdu okružní křižovatky s jedním jízdním pruhem na vjezdu i na okružním pásu, zejména pak spodní mez limitní kapacity podle rovnice (22), se poměrně shoduje s výsledky získanými stanovením kapacity vjezdu podle stávajících technických podmínek TP 135 [8] – viz graf na obrázku 7.

Navržený lineární model limitní kapacity vjezdu by bylo potřeba ověřit na větším souboru sledování reálného provozu na silně dopravně zatížených okružních křižovatkách. To si ovšem žádá určité finanční prostředky. K jejich zajištění byla již autorkou článku podána přihláška projektu na Grantovou agenturu České republiky. Rozhodnutí ohledně financování padne koncem roku 2008.

LITERATURA

- [1] *Aktualizace výpočtových modelů pro stanovení kapacity okružních křižovatek*. Projekt ev.č. 1F52I/063/120 Národního programu výzkumu MDČR – průběžné výsledky řešení. Liberec : EDIP s.r.o., 2005 – 2008. Dostupné na www.edip.cz/cs/vyzkum/posuzovani-kapacity-okruzni-krizovatky
- [2] *Guide to Traffic Engineering Practice-Part 6: Roundabouts*, AUSTRROADS, Sydney, Australia (1993) 66 pp
- [3] KIMBER, R.M. *The Traffic Capacity of Roundabouts*. Laboratory Report 942, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire, England, 1980.
- [4] *Handbuch für die Bemessung von Straßen (HBS)*. Köln : Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), 2001
- [5] JÍRAVA, P. a SLABÝ, P. *Pozemní komunikace 10 – Dopravní inženýrství*. Praha : ČVUT Praha, 1997, ISBN 80-01-01606-4
- [6] *Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehrsplätzen*. Köln : Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), 2006
- [7] SLABÝ, P. *Obraz dopravního provozu z profilových měření*. In *Silniční obzor č. 12*. Praha : Česká silniční společnost, 2007, ISSN 0322-7154
- [8] *TP 135 Navrhování vozovek pozemních komunikací – Technické podmínky Ministerstva dopravy ČR*. Praha : Ministerstvo dopravy České republiky, 2004

Oponentní posudek vypracoval: Ing. Jaroslav Mecl

