

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Vztah mezi rychlostí a intenzitou dopravního proudu na pozemních
komunikacích v Pardubicích

Bc. Pavel Šplíchal

Diplomová práce

2019

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Pavel Šplíchal**
Osobní číslo: **D16497**
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**
Studijní obor: **Technologie a řízení dopravy**
Název tématu: **Vztah mezi rychlostí a intenzitou dopravního proudu na pozemních komunikacích v Pardubicích**
Zadávací katedra: **Katedra technologie a řízení dopravy**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Úvod

1 Analýza metod a prostředků pro danou oblast

2 Posouzení v prostředí Pardubic

3 Vyhodnocení vztahu mezi cestovním časem a intenzitou dopravního proudu

Závěr

Rozsah grafických prací: 4 - 5

Rozsah pracovní zprávy: 40 - 50

Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

- (1) Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů.
- (2) ČSN 736101. Projektování silnic a dálnic. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2004. 126 s. Třídící znak 736101.
- (3) TP 189. Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích.
- (4) BULÍČEK, Josef, Vlastislav MOJŽÍŠ a Tatiana MOLKOVÁ. Modelování technologických procesů v dopravě. Pardubice: Tiskařské středisko Univerzity, 2011. ISBN 978-80-7395-442-0.
- (5) LEDVINOVÁ, Michaela. Dopravní inženýrství: studijní opora [CD-ROM]. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2013. ISBN 978-80-7395-654-7.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Josef Bulíček, Ph.D.**
Katedra technologie a řízení dopravy

Datum zadání diplomové práce: **6. února 2018**

Termín odevzdání diplomové práce: **18. ledna 2019**



doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

L.S.



doc. Ing. Jaromír Široký, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 6. února 2018

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnici Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 16. 01. 2019

Bc. Pavel Šplíchal

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu práce doc. Ing. Josefu Bulíčkovi, Ph.D, za jeho profesionální přístup, odborné vedení a podnětné rady k mé diplomové práci. Dle mého názoru je největší odborník na danou problematiku a jeho všeobecné znalosti jsou na maximální úrovni.

ANOTACE

Diplomová práce je zaměřena na časová zdržení při průjezdu vozidel jednotlivými úseky pozemních komunikací v závislosti na intenzitě dopravního proudu, resp. času průjezdu (rychlosti) na využití kapacity pozemní komunikace. Tento vztah je zkoumán v konkrétních podmínkách Pardubic. Je navržena metodika provádění průzkumů. Posouzena je možnost využití deterministické BPR funkce pro tento účel a na závěr jsou diskutovány výsledky.

KLÍČOVÁ SLOVA

cestovní čas, intenzita dopravního proudu, pozemní komunikace, rychlost, zdržení

TITLE

Relationship between the speed and intensity of traffic flow on roads in Pardubice

ANNOTATION

The diploma thesis is focused on the time delays during the passage of vehicles by individual sections of the roads depending on the intensity of the traffic flow, of the transit time (speed) to use the capacity of the road. This relationship is examined in the specific conditions of Pardubice. A survey methodology is proposed. The possibility of using a deterministic BPR function for this purpose is examined and results are discussed at the end.

KEYWORDS

travel time, traffic flow intensity, roads, speed, delay

Obsah

Seznam obrázků	9
Seznam tabulek	11
Seznam zkratek	13
Úvod	14
1 Analýza metod a prostředků pro danou oblast.....	16
1.1 Legislativní předpisy	17
1.2 Základní pojmy	19
1.2.1 Kapacita	22
1.2.2 Rychlost	23
1.2.3 Návrhová rychlost	25
1.2.4 Směrodatná rychlost	25
1.3 Intenzita dopravního proudu.....	26
1.3.1 Základní pojmy	26
1.3.2 Úroveň kvality dopravy	27
1.3.3 Způsoby zjištění intenzity dopravy	27
1.3.4 Přepočtové koeficienty	29
1.4 Fundamentální diagramy dopravního proudu	29
1.4.1 Porovnání průběhů matematických funkcí	32
1.4.2 Matematické funkce Bureau for Public Roads	33
1.4.3 Provedená měření v minulosti	36
1.5 Dílčí závěr	37
2 Posouzení v prostředí Pardubic.....	38
2.1 Celková metodika dílčích průzkumů pro nalezení hodnot parametrů BPR funkce..	38
2.1.1 Metodika výběru úseků	41
2.1.2 Metodika provádění průzkumu na zvolených úsecích	42
2.1.3 Metodika provádění průzkumu	44
2.1.4 Metodika způsobu měření času.....	46
2.1.5 Ulice kpt. Jaroše.....	47
2.1.6 Ulice kpt. Bartoše.....	49
2.1.7 Ulice Jana Palacha.....	50
2.1.8 Ulice Labská	52

2.2	Dílčí závěr	54
3	Vyhodnocení vztahu mezi cestovním časem a intenzitou dopravního proudu.....	55
3.1	Varianty přístupu řešení	55
3.1.1	List MSE – Konstantní intenzita.....	57
3.1.2	List MSE – Okamžitá intenzita.....	61
3.1.3	List MSE – Jednotné parametry při konstantní intenzitě	62
3.1.4	List MSE – Jednotné parametry při okamžité intenzitě	63
3.1.5	Listy MSE – Výpočet Makro, Makro Výsledky.....	63
3.1.6	List MSE – Celkové Výsledky	64
3.1.7	Dílčí závěr.....	64
3.2	Obecné vyhodnocení posuzovaných úseků	66
3.3	Vyhodnocení posuzovaných úseků ve zvolených časech	67
3.3.1	Ulice kpt. Jaroše.....	67
3.3.2	Ulice kpt. Bartoše.....	69
3.3.3	Ulice Jana Palacha.....	71
3.3.4	Ulice Labská	73
3.3.5	Dílčí závěr.....	74
3.4	Vyhodnocení posuzovaných úseků ve stejný čas různých dnů	76
3.4.1	Ulice kpt. Jaroše.....	76
3.4.2	Ulice kpt. Bartoše.....	79
3.4.3	Ulice Jana Palacha.....	82
3.4.4	Ulice Labská	85
3.4.5	Dílčí závěr.....	88
3.5	Vyhodnocení při dopravní špičce v ulici Jana Palacha.....	89
3.6	Vyhodnocení pro celé prostředí města Pardubic	90
3.7	Dílčí závěr	92
3.8	Stochastické pojetí řešení daného problému	94
	Závěr.....	96
	Seznam použitých informačních zdrojů	97
	Seznam příloh	100

Seznam obrázků

Obrázek 1 Metody zjišťování kapacity	23
Obrázek 2 Obecná nelineární závislost rychlosti na hustotě	30
Obrázek 3 Obecný fundamentální diagram – vztah mezi hustotou a intenzitou	31
Obrázek 4 Fundamentální diagram vztahu intenzity a rychlosti dopravního proudu	31
Obrázek 5 Porovnání průběhů matematických funkcí	32
Obrázek 6 Průběh BPR funkce	35
Obrázek 7 Celkový cestovní čas posuzovaných typů modelů na úrovni přepravní poptávky	36
Obrázek 8 Infrastruktura města Pardubice	42
Obrázek 9 Schéma posuzovaného úseku.....	45
Obrázek 10 Vyhodnocovaný úsek v ulici kpt. Jaroše	48
Obrázek 11 Vyhodnocovaný úsek v ulici kpt. Bartoše	49
Obrázek 12 Vyhodnocovaný úsek v ulici Jana Palacha	51
Obrázek 13 Vyhodnocovaný úsek v ulici Labská.....	53
Obrázek 14 Ukázka listu konstantní intenzita v MSE.....	56
Obrázek 15 Ukázka použitých hodnot v MSE pro nastavení účelové funkce pro 2 vozidla ...	59
Obrázek 16 Nastavení omezujících podmínek v Řešiteli pro konstantní intenzitu	60
Obrázek 17 Celkové vyhodnocení úseku č. 1 ve zvolených časech	68
Obrázek 18 Vyhodnocení úseku č. 1 v závislosti na intenzitě dopravního proudu	68
Obrázek 19 Celkové vyhodnocení úseku č. 2 ve zvolených časech	70
Obrázek 20 Vyhodnocení úseku č. 2 v závislosti na intenzitě dopravního proudu	70
Obrázek 21 Celkové vyhodnocení úseku č. 3 ve zvolených časech	71
Obrázek 22 Vyhodnocení úseku č. 3 v závislosti na intenzitě dopravního proudu	72
Obrázek 23 Celkové vyhodnocení úseku č. 4 ve zvolených časech	73
Obrázek 24 Vyhodnocení úseku č. 4 v závislosti na intenzitě dopravního proudu	74
Obrázek 25 Vyhodnocení úseku č. 1 ve stejný čas náhodných dnů – 7:00 hod	76
Obrázek 26 Vyhodnocení úseku č. 1 ve stejný čas náhodných dnů – 15:00 hod	77
Obrázek 27 Celkové vyhodnocení úseku č. 1 ve stejný čas náhodných dnů.....	78
Obrázek 28 Celkové vyhodnocení úseku č. 1 v závislosti na intenzitě dopravního proudu	78
Obrázek 29 Vyhodnocení úseku č. 2 ve stejný čas náhodných dnů – 8:00 hod	79
Obrázek 30 Vyhodnocení úseku č. 2 ve stejný čas náhodných dnů – 16:00 hod	80
Obrázek 31 Celkové vyhodnocení úseku č. 2 ve stejný čas náhodných dnů.....	81

Obrázek 32 Celkové vyhodnocení úseku č. 2 v závislosti na intenzitě dopravního proudu	81
Obrázek 33 Vyhodnocení úseku č. 3 ve stejný čas náhodných dnů – 9:00 hod	82
Obrázek 34 Vyhodnocení úseku č. 3 ve stejný čas náhodných dnů – 17:00 hod	83
Obrázek 35 Celkové vyhodnocení úseku č. 3 ve stejný čas náhodných dnů.....	83
Obrázek 36 Celkové vyhodnocení úseku č. 3 v závislosti na intenzitě dopravního proudu	84
Obrázek 37 Vyhodnocení úseku č. 4 ve stejný čas náhodných dnů – 10:00 hod	85
Obrázek 38 Vyhodnocení úseku č. 4 ve stejný čas náhodných dnů - 18:00 hod.....	86
Obrázek 39 Celkové vyhodnocení úseku č. 4 ve stejný čas různých dnů	86
Obrázek 40 Celkové vyhodnocení úseku č. 4 v závislosti na intenzitě dopravního proudu	87
Obrázek 41 Vyhodnocení úseku č. 3 při dopravní špičce	89
Obrázek 42 Vyhodnocení pro celé prostředí města Pardubic.....	91

Seznam tabulek

Tabulka 1 Počet registrovaných automobilů a obyvatel v Pardubickém kraji a v ČR.....	16
Tabulka 2 Charakteristiky funkčních skupin a podskupin místních komunikací podle dopravního významu	20
Tabulka 3 Průměrné cestovní rychlosti dle stupně úkd na místních komunikacích	24
Tabulka 4 Směrodatné rychlosti pro směrově rozdělené silnice s neomezeným přístupem	25
Tabulka 5 Mezní hodnoty hustoty dopravy pro jednotlivé úrovně kvality	27
Tabulka 6 Naměřené časy jednotlivých typů manévřů	40
Tabulka 7 Harmonogram měření ve zvolených časech.....	43
Tabulka 8 Harmonogram měření ve stejný čas různých dnů	44
Tabulka 9 Hodnoty intenzit z celostátního sčítání dopravy 2016 – ulice kpt. Jaroše	48
Tabulka 10 Hodinové intenzity podle kategorie vozidel – ulice kpt. Jaroše.....	48
Tabulka 11 Hodnoty intenzit z celostátního sčítání dopravy 2016 – ulice kpt. Bartoše	50
Tabulka 12 Hodinové intenzity podle kategorie vozidel – ulice kpt. Bartoše.....	50
Tabulka 13 Hodnoty intenzit z celostátního sčítání dopravy 2016 – ulice Jana Palacha	51
Tabulka 14 Hodinové intenzity podle kategorie vozidel – ulice Jana Palacha.....	52
Tabulka 15 Hodnoty kapacit pro jednotlivé posuzované úseky	54
Tabulka 16 Hodnoty hledaných parametrů při konstantní intenzitě	61
Tabulka 17 Hodnoty hledaných parametrů při okamžité intenzitě	62
Tabulka 18 Hodnoty hledaných jednotných parametrů při konstantní intenzitě	62
Tabulka 19 Hodnoty hledaných jednotných parametrů při okamžité intenzitě	63
Tabulka 20 Hodnoty hledaných jednotných parametrů při okamžité intenzitě v Makru	63
Tabulka 21 Výsledné hodnoty hledaných parametrů při všech variantách přístupů řešení	65
Tabulka 22 Hodnoty získaných parametrů BPR funkce – ulice kpt. Jaroše.....	69
Tabulka 23 Hodnoty získaných parametrů BPR funkce – ulice kpt. Bartoše	71
Tabulka 24 Hodnoty získaných parametrů BPR funkce – ulice Jana Palacha	72
Tabulka 25 Hodnoty získaných parametrů BPR funkce – ulice Labská	74
Tabulka 26 Hodnoty získaných parametrů BPR funkce na posuzovaných úsecích ve zvolených časech.....	75
Tabulka 27 Hodnoty získaných parametrů BPR funkce ve stejný čas – ulice kpt. Jaroše	77
Tabulka 28 Hodnoty získaných parametrů BPR funkce ve stejný čas – ulice kpt. Bartoše.....	80
Tabulka 29 Hodnoty získaných parametrů BPR funkce ve stejný čas – ulice Jana Palacha....	84

Tabulka 30 Hodnoty získaných parametrů BPR funkce ve stejný čas – ulice Labská	87
Tabulka 31 Hodnoty získaných parametrů BPR funkce na posuzovaných úsecích ve stejných časech	88
Tabulka 32 Výsledné hodnoty při dopravní špičce	90
Tabulka 33 Hodnoty získaných parametrů bpr funkce pro celé prostředí města Pardubic	90
Tabulka 34 Porovnání parametrů a minimálních odchylek pro jednotlivé varianty vyhodnocení parametrů	92
Tabulka 35 Porovnání hodnot při stochastickém pojetí	94

Seznam zkratek

AON	All or nothing (všechno nebo nic)
BPR	Bureau for Public Roads (Úřad pro veřejné pozemní komunikace)
C	cyklista
CD-ROM disk	Compact Disc Read-Only Memory (nepřepisovatelné optické záznamové médium)
CSD	celostátní sčítání dopravy
ČR	Česká republika
ČSN	česká technická norma
M	motocykl
MSE	Microsoft Excel
NA	nákladní automobil
OA	osobní automobil
RPDI	roční průměr denních intenzit dopravy
Sb.	Sbírka zákonů
TP	technické podmínky
ÚKD	úroveň kvality dopravy
VMHDLA	vozidla městské hromadné dopravy společně s autobusy veřejné linkové dopravy

Úvod

Tématem této práce je matematické vyhodnocení vztahu mezi rychlostí a intenzitou dopravního proudu na zvolených pozemních komunikacích v Pardubicích. Na úvod je nutné korektní vysvětlení pojmu „rychlost“ využitého v názvu této práce.

Rychlost je matematicky ekvivalentní cestovnímu času, resp. k času průjezdu sledovaným (daným) úsekem dopravní sítě. Pojem rychlost byl zvolen i pro větší obecnost, byť matematicky je práce založena právě na zjišťování doby průjezdů mezi dvěma místy na konkrétních úsecích pozemních komunikací.

Rychlost (cestovní čas) a intenzita dopravního proudu jsou úzce spjaty. Obě tyto veličiny ovlivňuje řada jednotlivých faktorů, které se mění především v čase. K velmi významným z těchto faktorů patří stavební uspořádání jednotlivých komunikací a vliv lidského činitele. Vzhledem ke skutečnosti, že v posledních letech došlo k rapidnímu nárůstu automobilové dopravy, především ve městech, tak při dopravních špičkách dochází k velkým kongescím a řidiči tráví svůj čas v dlouhých kolonách. S rostoucí intenzitou dochází k prodlužování cestovních časů, což často vyúsťuje v kongesci.

Zkoumání vztahu mezi intenzitou, kapacitou a cestovním časem na daném úseku je základem pro porozumění vývoji dopravní situace a pro možnost jejího modelování (dopravní prognózy). Na správném odhadu cestovních časů, resp. časů průjezdu jednotlivými úseky jsou založeny dopravně-modelovací metody přiřazení přepravních proudů na konkrétní úseky sítě. Tyto metody pak umožňují modelovat užití více cest mezi stejnými místy z důvodu snahy řidičů vyhnout se kongescím a snížit tak cestovní čas.

Jak již bylo uvedeno, rychlosti (cestovní časy) jsou však vystaveny nejistotě náhodných jevů. Dále je nutno i podotknout, že toto může být na každém jednotlivém úseku navíc ovlivněno i řadou místních specifických faktorů. Z těchto důvodů je nutné se otázkou uvedeného prodlužování cestovních časů odpovědně zabývat.

Cílem této práce je vyhodnocení vztahu mezi rychlostí, resp. cestovním časem a intenzitou dopravního proudu v konkrétních podmínkách zvolených úseků pozemních komunikací (a jejich kapacity) v Pardubicích dle vytvořené metodiky.

Tato metodika bude uplatnitelná i pro řešení obdobných úloh v jiných podmínkách (např. na jiných úsecích pozemních komunikací, v jiných městech, apod.). Smyslem práce je prvotně nalézt (určit), na základě získaných dat, vhodnou matematickou funkci vyjadřující vztah mezi uvedenými veličinami. Poté následně

stanovit hodnoty parametrů, které zohledňují konkrétní typ pozemní komunikace a místní podmínky. Důraz bude přitom kladen zejména na posouzení možnosti aplikace deterministické metody nazývané podle Bureau for Public Roads (BPR), ve zkratce známá jako BPR funkce, která je typickým prostředkem v této oblasti. Zjištěné výsledky budou podrobeny diskusi se záměrem popsat charakter provozu v Pardubicích a vytvořit některé předpoklady pro modelování přidělování proudů na úseky sítě v daných podmínkách. Pro případ aplikace v jiných podmínkách poslouží navržená metodika, jak parametry nalezené funkce hledat, resp. jak tuto funkci zvolit. I to je předmětem řešení diplomové práce.

1 Analýza metod a prostředků pro danou oblast

Rozsah dopravy ve městech rapidně stoupá, a proto se jí věnuje řada odborných a vědních disciplín. Je to především nárůstem počtu osobních vozidel a obyvatel nejen v Pardubickém kraji, ale i celé České republice (ČR), což je znázorněno v tabulce 1. V Pardubickém kraji je v roce 2016 roční nárůst osobních vozidel o 8 397 oproti roku 2015, což činí 3,4 %. Nárůst počtu obyvatel je jen 0,5 %. (1)

Tabulka 1 Počet registrovaných automobilů a obyvatel v Pardubickém kraji a v ČR

	Počet registrovaných automobilů		Roční nárůst v %
	2015	2016	
Pardubický kraj	244 604	253 001	3,4
Celkem ČR	5 115 316	5 307 808	3,8
	Počet obyvatel		Roční nárůst v %
	2015	2016	
Pardubický kraj	89 638	90 044	0,5
Celkem ČR	10 542 942	10 565 284	0,2

Zdroj: (1), (2) s úpravou autora

Prodloužení cestovního času vlivem růstu hodnoty podílu dopravního zatížení a kapacity lze modelovat stochastickými nebo deterministickými metodami, které jsou pak využívány v rámci traffic assignmentu (přirazení dopravních proudů na konkrétní úseky dopravní sítě) ve čtyřstupňových dopravních modelech.

Jak vyplývá již z popsané situace, problém přidělení dopravních proudů na úseky dopravní sítě lze rozdělit na dvě části. Jednou je vlastní metoda použitá pro toto přidělení, druhou pak metoda pro prodloužení cestovních časů (časů průjezdu) na jednotlivých úsecích pozemních komunikací, která je v rámci modelování přidělení využívána. Obě dvě tyto části mohou být řešeny deterministicky i stochasticky.

Příkladem deterministické metody pro přidělení dopravních proudů do sítě je tzv. metoda All or nothing (AON). Tato metoda vyhledává nejlevnější možné cesty podle minimálního cestovního času, minimální vzdálenosti nebo minima vyčíslených generalizovaných nákladů dle nejkratší možné cesty (vzdálenosti), tj. podle zadané kombinace vybraných kritérií. Takové cesty jsou nalezeny např. Dijkstrovým algoritmem a veškerý přepravní proud je na tyto cesty přidělen bez ohledu na případně vzniklá prodloužení cestovních časů, resp. kongesce.

Příkladem deterministické metody pro stanovení prodloužení cestovního času je již zmiňovaná metoda pomocí BPR funkce. Tato metoda přiřadí zadaným hodnotám intenzity a kapacity danou hodnotu (prodloužení) cestovního času.

Jako příklady stochastického pojetí lze jmenovat traffic assignmenty využívající tzv. stochastickou uživatelskou rovnováhu. Tyto metody přiřazující dopravní proudy do sítě uvažují mimo prodloužení cestovního času např. i to, že uživatelé nemají přesnou informaci o skutečném stavu dopravní sítě a volba trasy pro uživatele je zatížena odchylkou, že cestovní čas se kalkuluje na základě odhadu (např. ve skutečnosti se v danou chvíli nemusejí na jinak optimální trase vyskytovat kongesce, kterým se uživatel „podvědomě“ snaží vyhnout a volí trasu delší).

Stochastické modelování prodloužení cestovních časů na úsecích sítě představují metody, které lze označit jako metody se stochastickou sítí. Principem je to, že cestovní čas (i při zadané intenzitě a kapacitě) je modelován jako náhodná veličina se zadaným rozdělením pravděpodobnosti.

Tato diplomová práce je zaměřena pouze na otázky modelování prodloužení cestovního času na úsecích dopravní sítě. Metody traffic assignmentu jako celek nejsou předmětem řešení. Nicméně, sledovaná problematika prodloužení cestovního času je pro tuto oblast naprosto klíčová.

Následné podkapitoly popisují základní pojmy a především všeobecné postupy pro získání hodnot k určení konkrétních intenzit dopravních proudů dle TP 189. (3)

1.1 Legislativní předpisy

Základní právní předpis dané tematiky je **zákon č. 13/1997 Sb.**, o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů. (4) Tento zákon rozděluje pozemní komunikace na kategorie a jejich jednotlivé třídy, způsob užívání, výkon státní správy, definuje silniční pozemek a užívání pozemních komunikací. Dále je potřebná znalost **zákona č. 361/2000 Sb.**, o provozu na pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů, (5) který formuluje základní pojmy, podmínky účasti provozu na pozemních komunikacích, povinnosti řidiče, pravidla provozu na pozemních komunikacích, rychlost jízdy, vzdálenost mezi vozidly, jízdu křižovatkou, řidičské průkazy, registr řidičů a působnost státní správy. **Zákon č. 22/1997 Sb.**, o technických požadavcích na výrobky, ve znění pozdějších předpisů, (6) určující technické požadavky na výrobky, technické předpisy a technické normy, podmínky tvorby a jejich vydávání. Pro danou problematiku se tento zákon vztahuje především na technické požadavky

pozemních komunikací pro zajištění bezpečnosti osob, majetku a životního prostředí vlivem užívání těchto stavebních výrobků.

Neméně důležitou částí problematiky jsou ČSN, což jsou dokumenty vytvořené Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví pro opakované nebo stálé použití, jehož vydání bylo oznámeno ve Věstníku tohoto úřadu. (6) Cílem norem je zabezpečení bezpečnosti všech účastníků silničního provozu a dále specializace dané konkrétní části. Normy nejsou obecně závazné, jejich závaznost vzniká především na základě ustanovení do právního předpisu. Nejpodstatnější normy dané problematiky jsou tyto české technické normy (ČSN):

- **ČSN 73 6100** Názvosloví pozemních komunikací. Tato norma byla vytvořena z důvodu velkého množství termínů pocházejících z převzatých evropských norem. Obsahuje nejdůležitější termíny ze všech tematických celků, podává ucelený přehled obecné terminologie v oblasti pozemních komunikací. Na výběru termínů a definic, které byly do této normy zařazeny, spolupracovali přední odborníci, reprezentující odborné sekce České silniční společnosti. (7)
- **ČSN 73 6101** Projektování silnic a dálnic. Tato norma platí pro projektování silnic, dálnic a veřejně přístupných účelových komunikací, a to pro novostavby, přeložky a rekonstrukce spojené s přestavbou zemního tělesa. Pod přestavbou zemního tělesa se přitom rozumí rozšíření koruny silnice nebo dálnice, zvýšení nebo snížení nivelity, případně přemístění osy komunikace tak, že nelze zachovat původní svahy nebo některý z obou původních svahů zemního tělesa. Norma platí i pro návrh obslužných zařízení a jejich připojování na silnice a dálnice. (8)
- **ČSN 73 6110** Projektování místních komunikací. Norma sleduje uplatnění nových technických poznatků při projektování místních komunikací, jejich co nejširší aplikaci a uplatnění nových principů při vytváření podmínek vztahů mezi účastníky dopravy v obcích. Dalším záměrem je jasně vymezit vzájemnou vazbu pozemních komunikací v obcích a mimo obce, s cílem především zklidnit dopravu v obcích a dále zvýšit bezpečnost na průjezdných úsecích silnic. (9)

Poslední důležitou skupinou předpisů jsou technické podmínky (TP), což jsou předpisy vydávané pro pozemní komunikace. Řeší zásady pro dopravní značení, označování pracovních míst na pozemních komunikacích, navrhování světelných

signalizačních zařízení, pro vodorovné dopravní značení, projektování okružních křižovatek, posuzování kapacity neřízených úroňových křižovatek, prognózy intenzit automobilové dopravy. Pro tento případ především stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích, což jsou **TP 189**. Tyto TP stanovují intenzity dopravy na veřejně přístupných pozemních komunikacích na základě krátkodobých dopravních průzkumů. Řeší určení celodenní intenzity dopravy i hodinové intenzity dopravy pro posuzování kapacity pozemních komunikací. Slouží jako metodika postupu výpočtu intenzity dopravy. Popisuje jednotlivé metody provedení průzkumu intenzit dopravy a jejich následná vyhodnocení. (3) Jsou zde uvedeny i jednotlivé denní variace intenzit dopravy a to pro všechna roční období, jejich koeficienty pro doporučené doby průzkumů pro jednotlivá vozidla či vozidla celkem.

Dále je důležitá znalost **TP 123**, které představují metodiku pro zjištění kapacity pozemních komunikací a návrhy na odstranění kongescí. Jsou zde zmíněny modelovací techniky pro modelování dopravní poptávky a rozdělení (typy) simulačních modelů využívaných v silniční dopravě.

Výhodou potřebných zmiňovaných zákonů je jejich formulace pojmů pro celkovou korektnost všeobecného používání. Nevýhodou ČSN a TP je jejich charakter doporučení, kde jednotlivé metodiky postupů měření a výpočtů nemusí být striktně dodržovány či respektovány a může dojít ke špatné interpretaci.

1.2 Základní pojmy

Připomenutí definic základních pojmů je vhodné pro zajištění přesného použití některých odborných výrazů. Základní pojmy používané v této práci pochází především z výše uvedených legislativních předpisů. Mezi vybrané důležité pojmy patří tyto:

- **vzdálenost mezi vozidly** – řidič vozidla jedoucí za jiným vozidlem musí ponechat za ním dostatečnou bezpečnostní vzdálenost, aby se mohl vyhnout srážce v případě náhlého snížení rychlosti nebo náhlého zastavení vozidla, které jede před ním. (5) Z hlediska řešeného tématu jsou vzdálenosti mezi vozidly naprosto klíčovým faktorem, který stochasticky ovlivňuje charakteristiky dopravního proudu;
- **pozemní komunikace** je dopravní cesta určená k užití silničními a jinými vozidly a chodci, včetně pevných zařízení nutných pro zajištění tohoto užití a jeho bezpečnosti. Pozemní komunikace se dělí na tyto kategorie: dálnice; silnice; místní komunikace; účelová komunikace. **Silnice** se dělí podle svého určení a dopravního

významu na: rychlostní silnice; silnice I. třídy; silnice II. třídy; silnice III. třídy. Dále se silnice a dálnice dělí dle charakteru provozu na: silnice s neomezeným přístupem, rychlostní silnice a dálnice s omezeným přístupem; (8)

- **místní komunikace** je veřejně přístupná pozemní komunikace, která slouží převážně místní dopravě na území obce, (4) jednotlivé funkční skupiny znázorňuje tabulka 2. Pro dané téma je vhodné toto členění pozemních komunikací respektovat, ale na druhou stranu lze předpokládat potřebu ještě dalšího zjemnění tohoto členění podle konkrétních parametrů pozemní komunikace v řešeném úseku;

Tabulka 2 Charakteristiky funkčních skupin a podskupin místních komunikací podle dopravního významu

Funkční skupina	Charakteristické použití	Poloha v obci	Typické požadavky	
A	rychlostní komunikace v obcích nad 50 000 obyvatel, zajišťují vazbu na vnější síť dálnic a rychlostních silnic	na hranici vyšších urbanistických útvarů	vyloučení (omezení) přímého styku s okolním územím	
B	sběrné komunikace obytných útvarů, spojení obcí, průtahy silnic I., II. a III. třídy a vazba na tyto komunikace	na hranici nižších urbanistických útvarů, nebo mezi nimi	dopravní význam, částečné omezení přímé obsluhy	
C	obslužné komunikace ve stávající i nové zástavbě. Mohou jimi být průtahy silnic III. třídy a v odůvodněných případech i II. třídy	mezi zónami obce (města) a uvnitř těchto zón	umožnění přímé obsluhy všech staveb	
D	D 1	pěší zóny, obytné zóny	v historických a obchodních centrech obcí, ve stávajících i nově budovaných obytných souborech	smíšený provoz chodců a vozidel, omezen přístup motorových či dalších vozidel
	D 2	stezky, pruhy a pásy určené cyklistickému provozu, stezky pro chodce, chodníky, průchody, schodiště a ostatní komunikace nepřístupné provozu silničních motorových vozidel, pokud nejsou součástí komunikací funkčních skupin B a C	neomezená	vyloučení nebo přísné omezení přístupu motorové dopravy

Zdroj: (9) s úpravou autora

- **jízdní pruh** je část vozovky dovolující jízdu vozidel v jednom jízdním proudu za sebou;

- **rychlost jízdy** je také jedním z klíčových náhodných faktorů ovlivňujících dosažená data a při konečném vyhodnocení se nesmí opomenout, proto ji bude věnována samostatná kapitola 1.2.2;
- **roční průměr denních intenzit dopravy (RPDI)** – aritmetický průměr denních intenzit dopravy všech dnů v roce, který lze zjistit především z celostátního sčítání dopravy (CSD); (23)
- **hustota dopravy** – je parametr pro určení kvality dopravy na dvoupruhové silnici s neomezeným přístupem (pro každý směr jízdy), který je stanoven jako fiktivní hustota dopravy, kdy v intenzitě jsou zahrnuta všechna vozidla, ale průměrná rychlost se vztahuje pouze na osobní automobily dle vzorce (1), který pochází z informačního zdroje (8).

$$H = \frac{I}{v_c} \quad [\text{voz} \cdot \text{km}^{-1}] \quad (1)$$

kde:

H hustota dopravy [$\text{voz} \cdot \text{km}^{-1}$];

I intenzita dopravy [$\text{voz} \cdot \text{h}^{-1}$];

V_C průměrná cestovní rychlost osobních automobilů [$\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$].

Obecně řečeno, hustota dopravy udává, kolik dopravních kompletů (vozidel) se nachází v určitém okamžiku na úseku pozemní komunikace.

- **volný dopravní proud** – představuje dopravní proud, při kterém se hustota dopravy blíží nulové hodnotě, komplety se vzájemně neruší, a tím pádem se dosahuje maximální povolené rychlosti (z matematického hlediska jde o rychlost teoretickou, která v sobě zahrnuje charakteristiky prostředí);
- **dopravní proud** – je pohyb dopravních kompletů, v praxi vozidel (popř. chodců), kteří se pohybují po určité pozemní komunikaci jedním směrem za sebou nebo vedle sebe v jednom směru. Dopravní proud bude selektován pouze pro možné varianty pohybu dopravních kompletů za sebou.

Pro účely této práce bude dopravní proud sledován oproti metodice TP 189 redukovane a to pouze na jednotlivé druhy (kategorie) vozidel následovně:

- osobní automobily (OA);
- nákladní automobily (NA);
- vozidla městské hromadné dopravy společně s autobusy veřejné linkové dopravy (VMHDLA);
- motocykly (M);
- cyklisty (C).

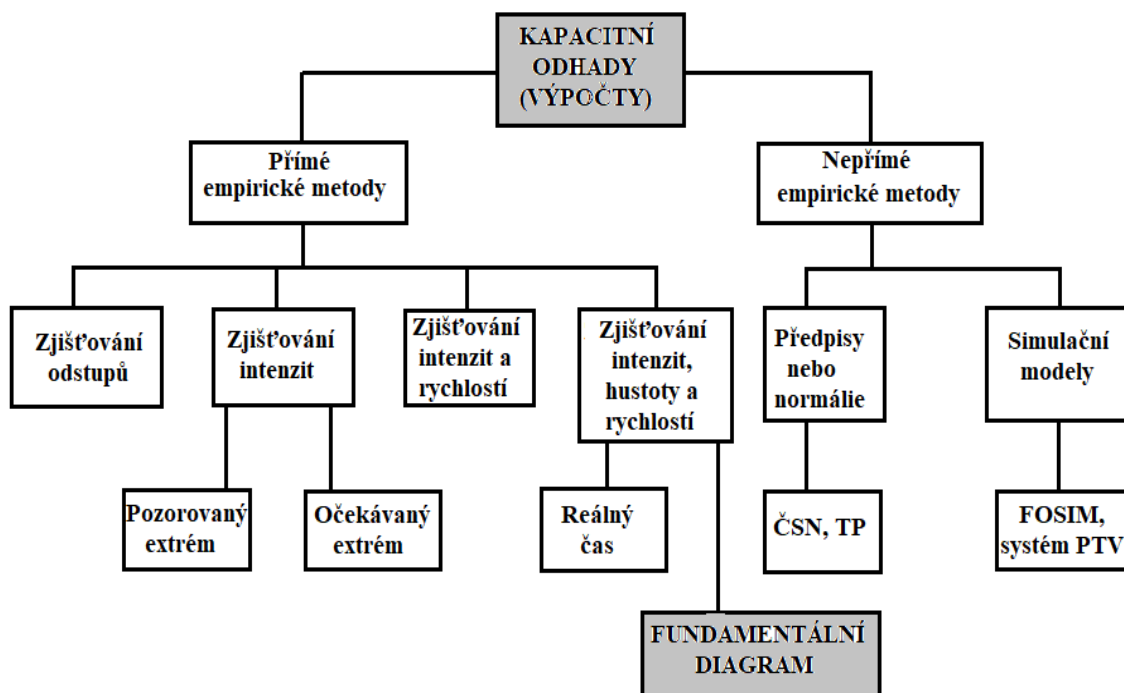
Sledování dopravního proudu na jednotlivé kategorie je z důvodu následného vyhodnocení a posouzení chování struktury dílčích druhů vozidel v dopravním proudu na prodlužování cestovního času. V závorkách jsou uvedeny zkratky, které budou používány v metodice měření pro zjednodušení zápisu do připravených formulářů.

- **intenzita dopravního proudu** – jelikož se jedná o jeden z nejpodstatnějších pojmů dané problematiky, tak mu bude věnována samostatná kapitola 1.3.

1.2.1 Kapacita

Kapacita udává maximální počet vozidel, která mohou za daných podmínek projet komunikací v jednom směru nebo v obou směrech dohromady (stanoveným úsekem) za jednotku času. (10) Faktory ovlivňující kapacitu jsou především:

- stavební podmínky,
- dopravní podmínky,
- klimatické podmínky,
- podélný sklon,
- podíl pomalých vozidel,
- příčné uspořádání,
- křivolakost a možnost předjíždění. (11)



Obrázek 1 Metody zjišťování kapacity

Zdroj: (10) s úpravou autora

Kapacita **místních komunikací** se navrhuje na intenzitu špičkové hodiny. Kapacita se snižuje se vzrůstající obslužnou a pobytovou funkcí pozemní komunikace, kde se zvyšuje počet manévrovacích pohybů vozidel, což má negativní vliv pro plynulost silniční dopravy. Metody pro zjišťování kapacity jsou znázorněny na obrázku 1. Výše zmiňované faktory ovlivňující kapacitu budou v celkovém hodnocení vyhodnoceny, jakým způsobem ovlivňují vztah posuzovaných veličin.

1.2.2 Rychlost

Rychlost je v dopravě jednou z nejvíc sledovaných složek a fyzikálně se rozlišuje na rychlost okamžitou a rychlost průměrnou. Okamžitá rychlost je rychlost právě v daném časovém okamžiku. Pro potřebu dané problematiky však bude prioritní **rychlost průměrná**, která se udává jako celková vzdálenost překonaná za určitý čas na krátkých vybraných úsecích. Jelikož je celková vzdálenost dělená celkovým časem cesty mezi dvěma body, tak průměrná rychlost **nepopisuje změny okamžité rychlosti** hmotného bodu, jak vyplývá ze vzorce (2). Vzorec (2) pochází z informačního zdroje (26).

$$v = \frac{s}{t} \quad [\text{m}\cdot\text{s}^{-1}] \quad (2)$$

kde:

- v průměrná rychlost [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$];
- s celková dráha [m];
- t celkový čas [s].

Rychlost jízdy musí řidič přizpůsobit zejména svým okamžitým schopnostem, vlastnostem vozidla a nákladu, předpokládanému stavebnímu a dopravně technickému stavu pozemní komunikace, povětrnostním podmínkám a jiným okolnostem, které je možno předvídat. Smí jet jen takovou rychlostí, aby byl schopen zastavit vozidlo na vzdálenost, na kterou má rozhled. (5) Každý řidič má jiné reakční schopnosti, na každou situaci v silničním provozu reaguje odlišně. Záleží na aktuálním psychickém a fyzickém rozpoložení řidiče. Z toho plyne, že rychlost jediného vozidla závisí na mnoha uvedených podmínkách. Při jízdě vozidel za sebou v dopravním proudu je rychlost ovlivňována též počtem vozidel, resp. reakčními schopnostmi jednotlivých řidičů.

Průměrné cestovní rychlosti na místních komunikacích podle stupně zatížení úrovně kvality dopravy (ÚKD) jsou znázorněny v tabulce 3 (definice ÚKD je v kapitole 1.3.2). Z tabulky je zřejmé, že při zvyšování intenzity dopravy místní komunikace cestovní rychlost klesá a prodlužuje se cestovní čas. V Pardubicích je tato situace patrná každý pracovní den a tabulka 3 je stěžejní pro konkrétní rychlosti dané tematiky.

Tabulka 3 Průměrné cestovní rychlosti dle stupně ÚKD na místních komunikacích

Stupeň ÚKD		MK funkční skupiny B – průměrná cestovní rychlost		
		70 km·h ⁻¹	50 km·h ⁻¹	30 km·h ⁻¹
A	volný dopravní tok	90 % (63 km·h ⁻¹)	90 % (45 km·h ⁻¹)	90 % (27 km·h ⁻¹)
B	nerušený provoz	70 % (49 km·h ⁻¹)	70 % (35 km·h ⁻¹)	70 % (21 km·h ⁻¹)
C	ustálený provoz	50 % (35 km·h ⁻¹)	50 % (25 km·h ⁻¹)	50 % (15 km·h ⁻¹)
D	provoz ještě stabilní	40 % (28 km·h ⁻¹)	40 % (20 km·h ⁻¹)	40 % (12 km·h ⁻¹)
E	kapacita je naplněna	30 % (21 km·h ⁻¹)	30 % (15 km·h ⁻¹)	30 % (9,0 km·h ⁻¹)
F	úsek je přetížen	25 % (18 km·h ⁻¹)	25 % (13 km·h ⁻¹)	25 % (7,5 km·h ⁻¹)

Zdroj: (14) s úpravou autora

Průměrná cestovní rychlost z tabulky 3 znamená procentuální vyjádření rychlosti na místní komunikaci, když 100 % je pro cestovní rychlosti 70, 50 a 30 km·h⁻¹. Funkční skupina B

(tabulka 2) u místních komunikací je vybraná záměrně pro následné porovnání rychlostí vozidel při konečném vyhodnocení jednotlivých rychlostí pro prostředí města Pardubic. Rychlosti pro ostatní skupiny pozemních komunikací a jejich kombinace není nutné zmiňovat, protože pro řešení budou vybrány pouze komunikace těchto funkčních tříd. Ostatní funkční skupiny jsou k nahlédnutí v ČSN 73 6110 a ČSN 76 6101.

1.2.3 Návrhová rychlost

Pro projektování silnic a dálnic se volí návrhová rychlost na základě rozboru konkrétních územních podmínek klimatických, geologických a hydrogeologických, hustoty sítě existujících pozemních komunikací, dislokace sídelních útvarů a průmyslových celků na tyto hodnoty:

- dálnice a rychlostní silnice 120 až 80 km·h⁻¹;
- silnice 100 až 30 km·h⁻¹. (8)

Při stanovení návrhové rychlosti se území člení do tří skupin a to podle sklonu terénu na rovinaté, pahorkovité a horské. (8) Možné změny návrhových rychlostí je dovoleno pouze ve výjimečných případech, především se zachováním podmínek bezpečnosti a plynulosti jízdy na vhodném místě. Jedná se o bezpečnou rychlost, kterou lze projet daným úsekem za normálních klimatických podmínek, bez ovlivnění ostatních vozidel na pozemní komunikaci.

1.2.4 Směrodatná rychlost

Je očekávaná rychlost osobních automobilů umožněná dopravně-technickým stavem určitého úseku silnice nebo dálnice, kterou nepřekračuje 85 % jinak neomezovaných řidičů na mokré vozovce. (8)

Tabulka 4 Směrodatné rychlosti pro směrově rozdělené silnice s neomezeným přístupem

Návrhová rychlost [km·h ⁻¹]	100	90	80	70
Směrodatná rychlost [km·h ⁻¹]	100	90	90	80

Zdroj: (7) s úpravou autora

Návrhové a směrodatné rychlosti pro pozemní komunikace s omezeným a neomezeným přístupem určuje ČSN 73 6101, což je znázorněno v tabulce 4.

1.3 Intenzita dopravního proudu

Intenzita dopravního proudu určuje počet silničních vozidel, který projede určitým příčným řezem pozemní komunikace nebo jeho částí za zvolené časové období v jednom směru. (3) Intenzitu lze zjistit provedením a vyhodnocením vlastního konkrétního průzkumu nebo lze využít již existujících výsledků z CSD, které se provádí v pětiletých cyklech na dálnicích pomocí automatických detektorů dopravy nebo na silnicích tzv. ručním průzkumem, který se následně přepočítává pomocí přepočtových koeficientů variací intenzit dle charakteru provozu na konkrétní komunikaci. Pro stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích jsou základním dokumentem, resp. metodikou dílčích postupů TP 189.

1.3.1 Základní pojmy

Intenzita dopravního proudu je klíčová pro danou problematiku. Při jejím vyjadřování a zjišťování se uplatňuje mnoho konkrétních hledisek, podle nichž se pak v označení využívají různé přívlastky. Společným rysem je, že se jedná o počet vozidel, která projela profilem komunikace za časový úsek. Intenzita se tak vyjadřuje jako poměr počtu vozidel a času. Podle toho, za jaký časový úsek (ve vazbě na konkrétní hledisko nebo hlediska) je intenzita vyjadřována, jsou rozlišovány např. tyto typy intenzit:

- **intenzita dopravy za dobu průzkumu** – intenzita dopravy zjištěná za časový interval, ve kterém byl uskutečněný dopravní průzkum prováděn;
- **hodinová intenzita dopravy** – intenzita dopravy za 60 min;
- **denní intenzita dopravy** – intenzita dopravy za 24 h (0 – 24 h);
- **padesátirázová intenzita dopravy** – padesátá nejvyšší hodnota hodinové intenzity dopravy v kalendářním roce;
- **intenzita dopravy špičkové hodiny** – nejvyšší hodinová intenzita dopravy;
- **denní variace intenzit dopravy** – průběh intenzity dopravy během 24 h

(0 – 24 h), vyjadřuje se jako změna hodinových intenzit; (3)

- **úrovňová intenzita** – je intenzita silničního provozu nebo dopravního proudu, při které je dosaženo požadovaného stupně úrovňové kvality dopravy A až D. (8)
- **okamžitá intenzita** – představuje intenzitu dopravního proudu v daný okamžik doby měření, kdy se její hodnota vyčíslí z rozdílu časů po sobě následně jedoucích vozidel v dopravním proudu.

1.3.2 Úroveň kvality dopravy

Úroveň kvality dopravy udává hodnocení kvality provozních podmínek na silničních komunikacích, které se dělí na stupně úrovňové kvality dopravy podle tabulky 5.

Tabulka 5 Mezní hodnoty hustoty dopravy pro jednotlivé úrovně kvality

ÚKD		Hustota dopravy [voz·km ⁻¹]
Označení (stupně)	Charakteristika kvality dopravy	
A – dopravní tok je plynulý	velmi dobrá	≤ 5
B – dopravní tok je omezen	dobrá	≤ 12
C – stav provozu je stabilní	uspokojivá	≤ 20
D – stav provozu je ještě stabilní	dostatečná	≤ 30
E – dosažena kapacita jízdního pásu	nestabilní	≤ 40
F – úsek je přetížen (stop – and – go)	nevyhovující	> 40

Zdroj: (8) s úpravou autora

Stupeň A až D odpovídá úrovňové intenzitě dopravního proudu, při které je dosaženo požadované ÚKD dopravního toku. Jednotlivé stupně ÚKD popisují charakteristiky kvality dopravy na daném úseku a pro uživatele pozemních komunikací je to důležitý faktor při volbě trasy. Podrobnější popis je uveden v ČSN 73 6101.

1.3.3 Způsoby zjištění intenzity dopravy

Intenzita dopravy se zjišťuje buď z předchozích dopravních průzkumů, nebo provedením a vyhodnocením podle zdroje informací na:

- **dlouhodobé sčítání** – které se provádí především na komunikacích vyššího dopravního významu automatickými detektory dopravy, které zaznamenávají intenzitu

dopravy podle druhu vozidel a starší typy zaznamenávají intenzitu všech vozidel celkem. Jedná se především o detektory rychlosti jízdy, kamerové systémy a dynamické řízení světelné signalizace;

- **celostátní sčítání dopravy** – se provádí na vybraných pozemních komunikacích v pětiletých cyklech automatickými detektory dopravy a na základě krátkodobých průzkumů, které jsou prováděny ručním způsobem na daných úsecích. Sčítání zajišťuje Ředitelství silnic a dálnic ČR pro zjištění intenzit vozidel na silniční infrastrukturu ČR.

Dílní metody pro dopravní průzkum k zjištění intenzity dopravního proudu jsou podle účelu využití dat a mezi nejzákladnější patří tyto:

- **ruční** – provádí se podle účelu do předem připraveného formuláře pomocí poučené osoby nebo osob, což je obtížné při vysokých intenzitách a delší době pozorování pro korektnost získaných dat;
- **pomocí technických zařízení** – technické zařízení jsou samozřejmě přesnější a vhodnější, záleží zde však na použité technologii. Používají se indukční smyčky a hadice, které jsou zabudovány do drážky ve vozovce nebo radarové a infračervené detektory umístěné v blízkosti vozovky. Lze i pořídít záznam a provést analýzu provozu systému pro automatické vyhodnocení obrazu. (3) Tato technická zařízení jsou výhodná pro získání přesných dat, avšak vyžadují velkou počáteční investici a následné náklady na udržování těchto technických zařízení.

Pro tuto diplomovou práci by bylo nejvhodnější použití automatických detektorů dopravy na stanovení okamžitých intenzit dopravy a rychlosti těchto vozidel. Toto lze doporučit zejména v případě snahy o aplikaci navrženého postupu posuzování v praxi, pokud jsou taková zařízení a možnosti k dispozici. Z hlediska zpracování diplomové práce je taková technologie jen obtížně aplikovaná. Muselo by se zpravidla jednat o převzetí dat od vlastníka dat, a pak jen o jejich vyhodnocení. Problémem je i to, že taková zařízení nejsou nebo nebyla využívána plošně (na úsecích, které jsou zahrnuty do řešení). Instalace většiny technických prostředků je čistě v kompetenci správců komunikací a představují finanční a provozní náročnost, stavební zásahy a proto je jejich využití i v případě praktické realizace

limitované. V neposlední řadě musejí být dodrženy všechny právní i etické zásady sběru a zpracování takových dat.

I s ohledem na to, aby postup byl co nejuniverzálnější (bez vázanosti na dostupnost dat), bude proto použito ručního dopravního průzkumu (kapitola 2). Na druhou stranu, pokud by v jiném případě technicky nasbíraná data byla k dispozici, postup navržený v diplomové práci lze využít jen s minimálními úpravami a zvýšení přesnosti dat plně využít.

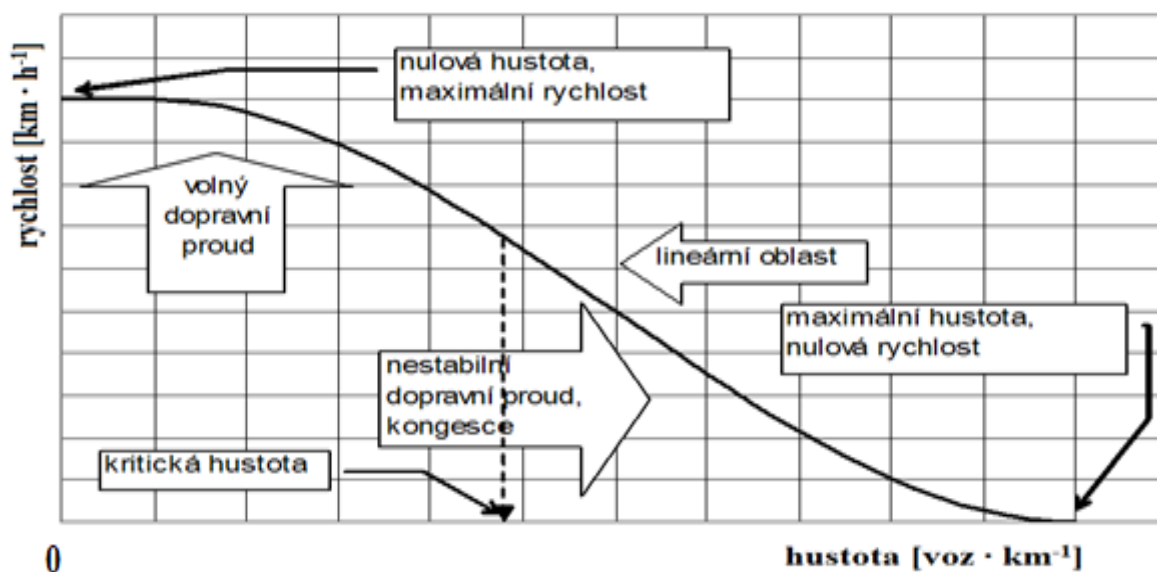
1.3.4 Přepočtové koeficienty

Přepočtové koeficienty se používají na přepočty intenzit dopravy získané během krátkodobého průzkumu na stanovení odhadu denních intenzit v den průzkumu, týdenního průměru denních intenzit a RPDI. Přepočtové koeficienty pro doporučené doby průzkumu dle druhu vozidla podrobně stanovují TP 189. Stanovují se odděleně pro skupinu vozidel a charakter provozu na pozemní komunikaci, což je dáno kategorií a třídou komunikace. Koeficienty jsou stanoveny i pro období roku, ve kterém je průzkum prováděn. (3) Pro skupinu vozidel se používá přepočet dle druhu vozidel, charakteru provozu na jednotlivých komunikacích dle kategorie a třídy komunikace. Neméně důležitým faktorem je období roku sledovaného průzkumu, které se volí podle příslušné variace intenzit.

Doporučuje se i doba vhodného či minimálního průzkumu intenzity dopravy podle účelu s předpokládanou odchylkou. Jsou zde mimo jiné uvedeny skupiny dělení podle podílu rekreační dopravy, které jsou označeny jako tzv. nedělní faktor. Veškeré potřebné tabulky pro jednotlivé přepočty jsou uvedeny v metodice TP 189.

1.4 Fundamentální diagramy dopravního proudu

Pro ještě lepší pochopení a objasnění vztahu jednotlivých veličin dopravního proudu (s výjimkou vlnové rychlosti) poslouží tzv. **fundamentální diagramy**, které popisují základní vztahy mezi intenzitou, hustotou a rychlostí dopravního proudu.

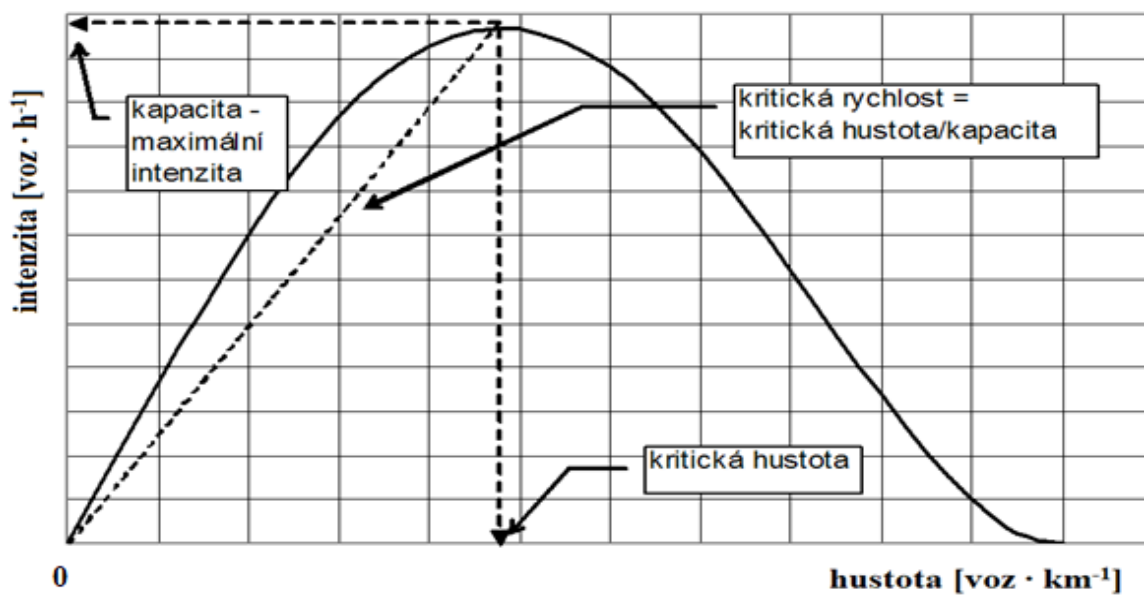


Obrázek 2 Obecná nelineární závislost rychlosti na hustotě

Zdroj: (13) s úpravou autora

Obrázek 2 popisuje nelineární obecnou závislost rychlosti dopravního proudu na hustotě, pro snadnější interpretaci následných fundamentálních diagramů. Je z něj patrné, že maximální rychlosti se dosahuje při hustotě dopravy blízké se k nulové hodnotě. Jedná se o tzv. **volný dopravní proud**, kdy se vozidla minimálně omezují a dosahují maximální možné rychlosti. Maximální hustota je limitována počtem vozidel, která se mohou na daný úsek umístit. Rychlost a intenzita dopravního proudu se v tomto okamžiku blíží opět k nule, což vede k zastavení dopravního proudu. Kritická hustota označuje optimální hustotu pro maximální intenzitu dopravního proudu, což znamená, že ideální kapacita jízdního proudu se naplní a tím pádem se začne snižovat cestovní rychlost vozidel. Dopravní proud se stává nestabilní, což vede ke kongescím.

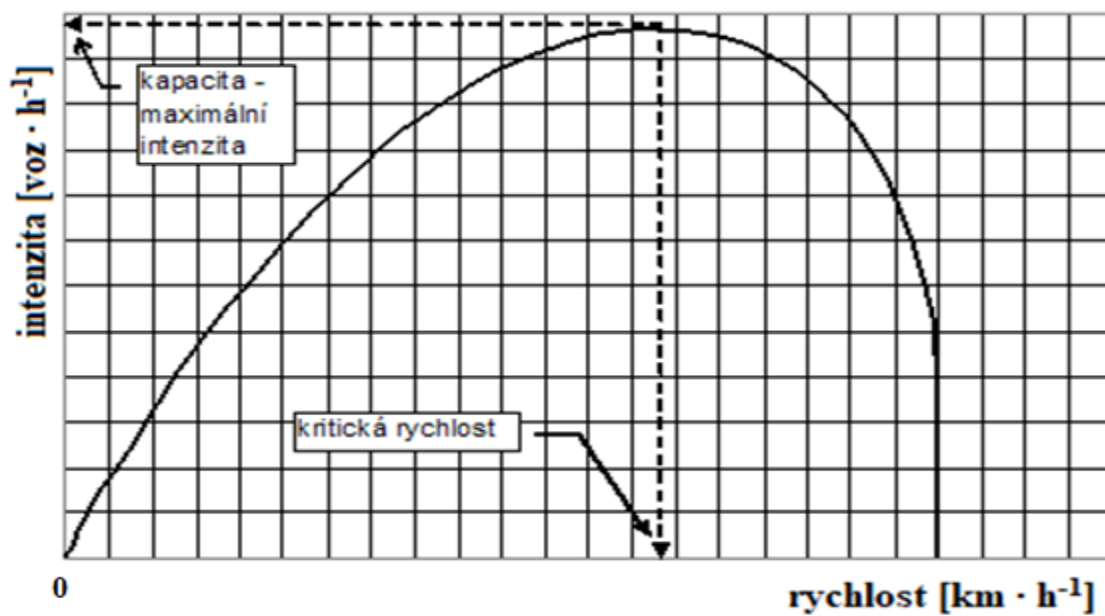
Obecný fundamentální diagram je znázorněn na obrázku 3. Ukazuje vztah mezi hustotou a intenzitou dopravního proudu. Tento diagram je odvozen z obrázku 2. Je zde opět patrné, že při kritické hustotě je maximální intenzita, což značí naplnění dopravního proudu. Přímka spojující počátek a maximální intenzitu udává příslušnou rychlost pro tuto intenzitu dopravního proudu. Při nulové hodnotě hustoty a intenzity dopravního proudu je rychlost maximální a při zvyšování provozu na pozemní komunikaci se tato rychlost snižuje, až nabyde hodnot, při kterých začínají kongesce, kdy vozidla popojíždějí malou rychlostí nebo se úplně dopravní proud zastaví.



Obrázek 3 Obecný fundamentální diagram – vztah mezi hustotou a intenzitou

Zdroj: (13) s úpravou autora

Dalším odvozeným fundamentálním diagramem z obrázku 2 je diagram na obrázku 4. Popisuje potřebný vztah rychlosti a intenzity dopravního proudu.



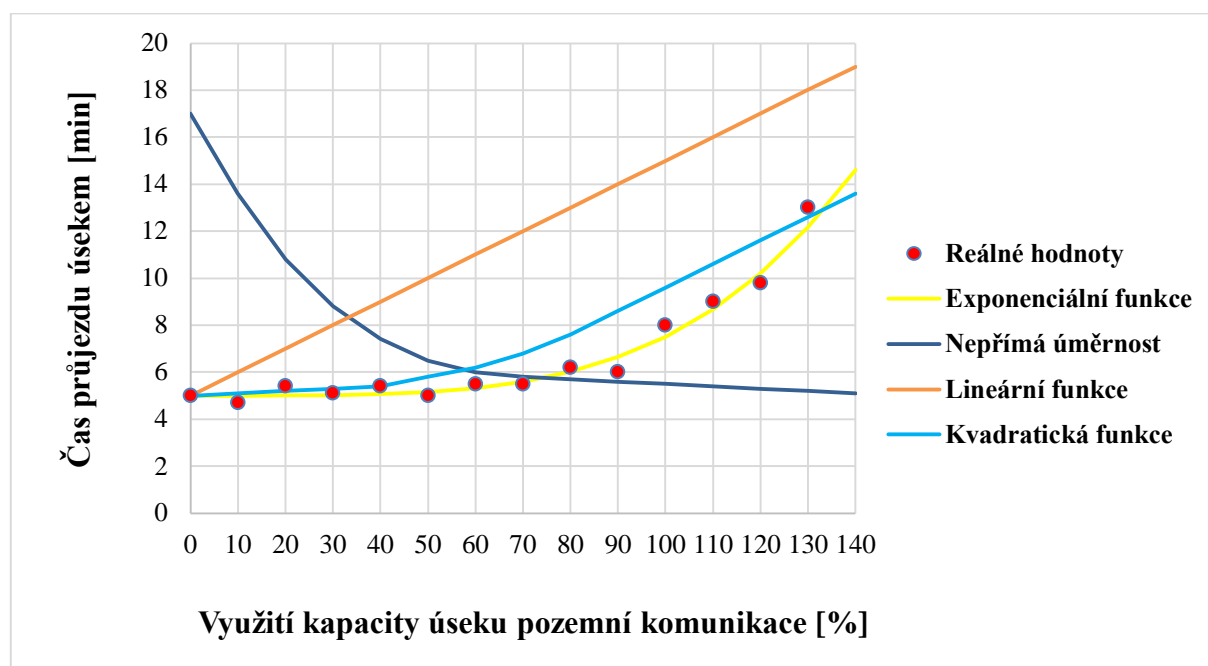
Obrázek 4 Fundamentální diagram vztahu intenzity a rychlosti dopravního proudu

Zdroj: (13) s úpravou autora

Zde kritická rychlost udává rychlost, při které je dosaženo maximální intenzity. Tuto intenzitu je zároveň možné interpretovat i jako kapacitu pozemní komunikace. Při překročení této hodnoty dojde k dosažení extrémní hodnoty intenzity dopravního proudu a intenzita začne strmě klesat, až nabyde nulové hodnoty. Překročením maximální intenzity začínají kongesce a cestovní čas se prodlužuje. Praxe je taková, že takto přetížený úsek komunikace se snaží většina řidičů (stochasticky – nevědomě či náhodně) nahradit jinou trasou, o které si myslí, že je vzhledem k situaci rychlejší a začne se přetěžovat jiný úsek, což však vyrovná cestovní časy na všech využívaných trasách (všemi uživateli).

1.4.1 Porovnání průběhů matematických funkcí

Má-li být nalezena vhodná funkce popisující vztah cestovního času a poměru využití kapacity pozemních komunikací je v obecné rovině nejprve nutné porovnat průběhy základních matematických funkcí.



Obrázek 5 Porovnání průběhů matematických funkcí

Zdroj: autor

Posouzení bude provedeno na základě získaných hodnot z reálné situace, aby bylo možné určení vhodného typu funkce pro nalezení co nejbližšího rozložení průběhu těchto dat k nejbližší vhodné matematické funkci. Do dílčích funkcí byly vloženy potřebné hodnoty z intervalu $\langle 0, 140 \rangle$ %. Pro toto prvotní posouzení byl vybrán úsek z Pardubic

do Hradce Králové o délce 7,5 km a na něm bylo provedeno 14 měření cestovního času (doby průjezdu) v různých časech, aby to odpovídalo různým podílům zatížení a kapacity této pozemní komunikace. Takto dlouhý úsek byl vybrán (násobně další ve srovnání s úseky posuzovanými dále), aby rozdíly v naměřeném cestovním času byly markantnější a bylo tak možno lépe rozhodnout o vhodném průběhu funkce. Výsledné hodnoty vybraných průběhů matematických funkcí znázorňuje bodový graf na obrázku 5. Bodové hodnoty z grafu reálných hodnot, resp. jejich rozložení, se nejvíce přibližuje průběhu typu exponenciální funkce a právě tuto funkci svým průběhem zastupuje BPR funkce.

Na daném vzorku hodnot se na základě tohoto jednoduchého porovnání jeví jako nejvhodnější použití této metody, což koresponduje s doporučeními prezentovanými v odborné literatuře (15). Na druhou stranu, díky různým specifikům se toto nemusí potvrdit v každém konkrétním případě a proto je nutné toto porovnání provést jako první krok.

I přes tuto skutečnost bude BPR funkce použita jako základní prostředek pro vyhodnocení této práce.

1.4.2 Matematické funkce Bureau for Public Roads

Na úvod je vhodné zmínit, že tato matematická funkce je používána jako obecný základ pro modelování časového zdržení. Prezentuje deterministický model, který popisuje vývoj cestovního času (časové zdržení) v závislosti na podílu intenzity dopravního proudu a kapacity na sledované komunikaci při naměřeném času průjezdu vozidla měřeného na nezatíženém úseku. Parametry této funkce zde zohledňují konkrétní typ komunikace a místní podmínky. Závislost všech veličin znázorňuje vzorec (3), který je použit z informačního zdroje (15).

$$T_i = T_{i-1} \cdot \left(1 + \alpha \cdot \left(\frac{I}{Q} \right)^\beta \right) \quad [\text{min}] \quad (3)$$

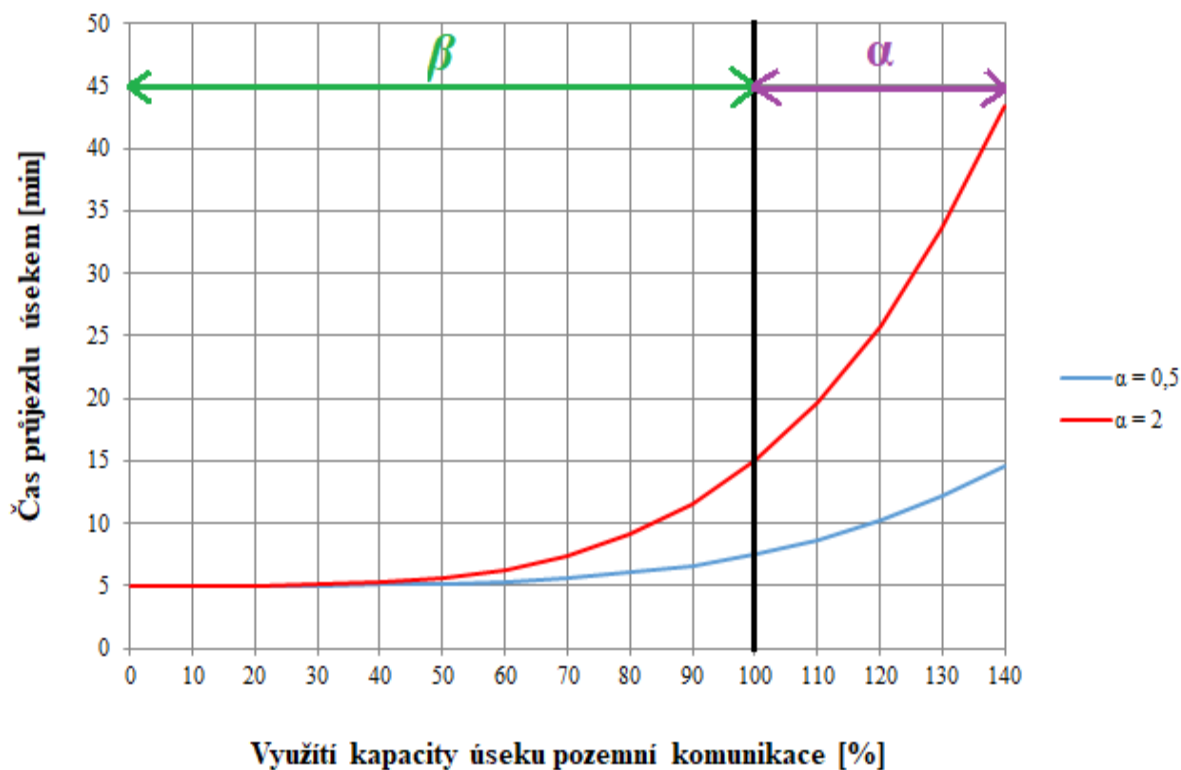
kde:

T_i	přepočtená jízdní doba [min];
α, β	parametry zohledňující typ komunikace a místní podmínky [-];
I	dopravní zatížení (intenzita) přiřazené na úsek [$\text{voz} \cdot \text{h}^{-1}$];
Q	kapacita pozemní komunikace [$\text{voz} \cdot \text{h}^{-1}$];
T_{i-1}	cestovní čas bez kongesce (na nezatíženém úseku) [min].

Popis jednotlivých veličin vzorce (3), včetně postupů jejich získání v obecné rovině, je následující. Kapacita vyhodnocované komunikace se navrhuje na intenzitu špičkové hodiny. Tyto hodnoty kapacit pro jednotlivé ÚKD určuje ČSN 73 6101 a není tedy potřeba počítat kapacitu pomocí rovnice kontinuity. Pro přesnější hodnoty kapacit však budou použita data z CSD konkrétních pozemních komunikací (z hodnot jejich intenzit špičkové hodiny). Zde je důležité zmínit, že v databázi CSD nejsou uváděna data pro všechny místní pozemní komunikace. Dopravní zatížení (intenzita) jednotlivých zvolených úseků bude přepočtena na počet vozidel, která odpovídají okamžité intenzitě, kde se její hodnota vyčíslí z rozdílu časů po sobě následně jedoucích vozidel v dopravním proudu. Jízdní doba ze vzorce (3), neboli cestovní čas, bude změřen přímo pro každé vozidlo zvlášť při měření na posuzovaném úseku. Cestovní čas bez kongesce na nezatíženém úseku se získá dosazením hodnot maximální rychlost a délky posuzovaného úseku do vzorce (2). Tento cestovní čas je čas průjezdu konkrétním úsekem a nejedná se tedy o cestovní čas na celé cestě uživatele pozemní komunikace od vzniku po cíl celé trasy. Následně pak lze zjistit parametry BPR funkce z naměřených časů a intenzit.

Pro lepší pochopení je obrázek 6, kde je znázorněno fiktivní využití kapacity měřeného úseku a časů průjezdů tímto úsekem komunikace. Jsou zde zvoleny dva rozdílné parametry α při stejné zvolené hodnotě parametru $\beta = 4$. Cestovní čas na nezatíženém úseku byl zvolen $T_{i-1} = 5$ min a maximální kapacita pozemní komunikace $Q = 1\,250$ voz \cdot h⁻¹ (což je znázorněno v grafu jako 100 %), přičemž je obecný výsledek popisu parametrů BPR funkce patrný.

Čím větší je hodnota parametru α , tak tím je větší (delší) prodloužení času průjezdu daným úsekem. Ve skutečnosti větší hodnota parametru je udávána pro komunikace, kde je cestovní rychlost vyšší a naopak nižší udávaný parametr představuje komunikace s menší cestovní rychlostí.



Obrázek 6 Průběh BPR funkce

Zdroj: autor

Obvykle jsou hodnoty parametrů předem definovány na základě předpokladů a praxe z minulosti. Proto průměrná hodnota prvního parametru α se v odborné literatuře (např. data z Evropského kongresu výzkumného ústavu pro dopravu) udává 0,15. (24) Tento parametr charakterizuje dosahovanou rychlost na konkrétním úseku komunikace, jak už bylo popsáno výše. Druhý parametr β se udává průměrnou hodnotou 4,00 (24) a určuje především šířku pozemní komunikace, resp. jejího stavebního uspořádání. Čím větší je tato hodnota, tím je širší pozemní komunikace.

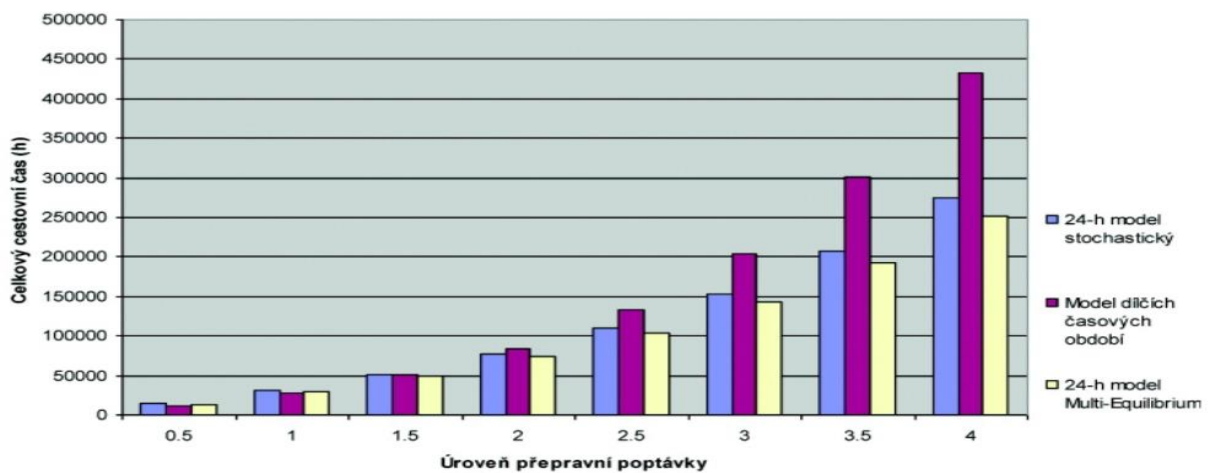
Nicméně, v ideálním případě by měly být nalezeny přímo konkrétní hodnoty těchto parametrů pro každý úsek. Zobecnění (použití stejných hodnot pro různé úseky) je pak z praktických důvodů často nutné, ale mělo by vždy co nejvíce odpovídat konkrétním podmínkám na řešených pozemních komunikacích.

Zjištění reálných hodnot parametrů α, β pro konkrétní úsek se musí určit pomocí vhodné statisticko-matematické metody, což bude podrobněji popsáno v kapitole 3. Samozřejmě, výše uvedená fakta budou platit pod podmínkou, že BPR funkce je vhodná pro užití popisu hledané závislosti.

1.4.3 Provedená měření v minulosti

V minulosti bylo provedeno mnoho měření, která porovnávala problematiku prodloužení cestovního času vlivem kongescí. Pro tuto problematiku bude nejvhodnější uvést výzkum, který porovnával 24hodinové dopravní modely oproti modelům dílčích časových období.

Jedná se především o čtvrtou fázi čtyřstupňového dopravního modelu, kde jsou přepravní vztahy přiřazovány na síť v oblasti individuální automobilové dopravy. Výpočty byly provedeny pomocí algoritmu Multi – Equilibrium, který je založen na uživatelské rovnováze a bylo využito přiřazení na dopravní síť pomocí BPR funkce. Byla použita již existující data převzatá z Velké Británie, a to za období 24 h, která byla přepočtena pomocí matic přepravních vztahů na dílčí časová období a následně pak byla porovnána.



Obrázek 7 Celkový cestovní čas posuzovaných typů modelů na úrovni přepravní poptávky

Zdroj: (17)

Modely 24hod představují dopravní zatížení rovnoměrně rozložené do 24 h. Naproti modely dílčích časových období udávají součet cestovních časů určitého počtu dopravních kompletů pro jednotlivá dílčí období dne. Zde jsou ranní špičky, sedlová období, odpolední špičky a noční období. Z obrázku 7 je patrný závěr porovnání obou metod. Z jednotlivých výsledků chování modelů je rozdíl závislý na využití kapacity dopravní sítě. Z celkového cestovního času byl vypočítán průměrný cestovní čas na dosažení jednoho kilometru a při vyšších úrovních přepravní poptávky jsou hodnoty celkového cestovního času vyšší u modelů dílčích časových období než u 24hod. Proto, když jsou dopravní síť hodně zatíženy,

rozložení této zátěže díky průměrování do jiných časových období nemůže tuto zátěž rozložit do méně zatížených období dne a snížit tím celkové nároky na využití kapacity pozemní komunikace, jsou modely dílčích časových období určitě přesnější a rozhodně efektivnější než modely 24hod.

Pro potřeby této práce z výše uvedeného plyne, že efektivnější je používat měření v problematice cestovních časů v kratších intervalech, aby se předešlo nežádoucímu průměrování, tím pádem se dosáhne přesnějších dat pro následné matematické řešení.

1.5 Dílčí závěr

Kapitola 1 uvedla a vysvětlila základní potřebné pojmy pro danou problematiku, včetně jednotlivých obecných a nutno zdůraznit základních postupů dle metodiky TP 189 pro získání hodnot k určení intenzit dopravního proudu, která je ovšem odlišná od metodiky této práce z důvodu **kompromisu mezi nároky na zpracování** (snížení rozsahu potřebných vstupních dat a odchylek z toho vyplývajících) **a kvalitou výstupů**.

Analýza metod a prostředků pro danou oblast vyhodnotila vhodné stochastické a deterministické metody pro zvolenou metodiku způsobu průzkumů a měření s následným závěrem. Prodloužení cestovního času vlivem růstu hodnoty podílu dopravního zatížení a kapacity je vhodné nejprve modelovat deterministicky. Vede k tomu obecná akceptace a rozšíření daných metod (BPR funkce) a rozsah nároků na tyto metody. Konečné vyhodnocení toto tvrzení však může vyvrátit. **Proto se diplomová práce zaměří na metody deterministické, jakožto na metody základní.** Tento výzkum a jeho výsledky pak mohou být podkladem pro rozhodnutí o případné potřebě využití i metod stochastických a východiskem k jejich aplikaci. Stochastické metody pracují s náhodnými veličinami chování reálných parametrů, mezi které patří především různé chování řidičů, dopravní situace nastalá na komunikaci, povětrnostní podmínky a průměrná rychlost dosahovaná na modelované komunikaci. Odvozování hodnot od předpokladů, průměrování hodnot a celkové modelování pomocí náhodných jevů je zatíženo chybou, která se kumulativně navyšuje od vstupů až po výstup modelu. Pro funkční správnost hledaného modelu je podstatné používat reálně naměřených hodnot. V této fázi se „prozatím“ průběh, princip, postup a celková funkčnost BPR funkce jeví jako nejvhodnější volba pro celkové řešení problematiky modelování časového zdržení. Toto tvrzení však potvrdí či vyvrátí až celkové vyhodnocení této práce.

2 Posouzení v prostředí Pardubic

Pokud má být ambicí co nejobecnější zpracování tématu, včetně nalezení vhodných míst pro dané měření na síti pozemních komunikací v Pardubicích, tak se jedná o nelehký úkol. Nejen v centru města se nachází velký počet křižovatek, které ovlivňují především v dobách dopravních špiček plynulost silničního provozu. Dá se říci, že každá křižovatka ovlivňuje svým provozem následující křižovatku, což je míněno, že dopravní proud není volný a dochází k dojíždění vozidel do kolon. Je zde i mnoho podélných parkovacích míst, přechodů pro chodce a vjezdů k přilehlým nemovitostem, což má opět negativní vliv. Řidiči při parkování či zajištění na místa mimo pozemní komunikaci ve většině případů úplně zastaví dopravní proud a způsobí zdržení. Následný rozjezd této kolony je závislý na reakční schopnosti jednotlivých řidičů. Dopravní proud se pohybuje tzv. vlnovou rychlostí, kde při stejné hustotě dopravy jsou rozdílné rychlosti jednotlivých řidičů. Realita je taková, že většina řidičů se při rozjezdu kolony věnuje jiným činnostem, rozjezd není plynulý, vznikají velké rozestupy mezi jednotlivými vozidly a cestovní čas se o to více prodlužuje.

Vzhledem k tomu, že v této diplomové práci má být provedeno pilotní posouzení, je vhodné posouzení o tyto vlivy očistit a vybrat úseky, kde tyto faktory nepůsobí. Na druhou stranu, pokud by měl být vytvořen detailní model města Pardubic, bylo by nutné i takové úseky posoudit. Toto však není prioritou této práce.

Dále bude popsána celková metodika pro výběr úseků, způsobu průzkumu a měření pro získání vhodných dat k určení hledaných hodnot parametrů BPR funkce.

2.1 Celková metodika dílčích průzkumů pro nalezení hodnot parametrů BPR funkce

Obecně je vhodné nastavovat hodnoty parametrů BPR funkce pro každý úsek pozemní komunikace zahrnutý do modelu individuálně. Z praktických důvodů to ale není zpravidla reálné.

Je tedy potřebné navrhnout metodiku, jak je možné zjišťování hodnot daných parametrů omezit jen na vybranou množinu úseků pozemních komunikací a tyto hodnoty pak využívat i na dalších úsecích v modelované oblasti.

Přirozeným důsledkem je, že spolu se zmenšujícím se počtem takto prověřených úseků (a zvětšujícím se počtem úseků, na které budou takto zjištěné hodnoty aplikovány), bude spolehlivost klesat.

Obecně je nutno přihlídnout k účelu vytvářeného modelu, požadavkům na něj a k jeho potřebné spolehlivosti. Na druhou stranu je při tomto nutné zohledňovat i strukturu pozemních komunikací v modelované oblasti a jejich technicko-provozní parametry. Základní myšlenkou je, aby zde byl obsažen co nejlépe od každé kategorie (funkční skupiny) pozemní komunikace alespoň jeden posuzovaný úsek. Mají-li být získány podklady pro model celého města, nejvhodnější je kombinace pozemních komunikací: páteřních, klasických s rozdílnou intenzitou dopravního proudu a komunikací v dopravně zklidněných zónách. Tento výběr ale může být v každé síti odlišný podle místních podmínek. Vzhledem k tomu, že diplomová práce je zaměřena zatím pouze na prvotní výzkum vztahu využití kapacity a prodlužování cestovních časů v Pardubicích, množina zkoumaných úseků je omezena na:

- jeden úsek komunikace s vyšším významem;
- dva úseky stejného charakteru (z důvodu porovnání hodnot);
- jeden úsek, kde je omezena maximální povolená rychlost.

Celkem se tedy jedná o 4 úseky pozemních komunikací. Dalším a neméně podstatným důvodem vedoucím k této redukci je omezený rozsah diplomové práce a organizační možnosti z toho vyplývající.

Pokud by bylo potřebné parametry určovat detailněji, znamenalo by to celé území rozdělit do menších částí, jako jsou např. městské obvody. V každém obvodu vybrat a provést průzkumy na výše zmiňovaných kategoriích pozemních komunikací, následně všechna data z celkového počtu všech částí celkového prostředí sloučit. Pardubice mají 8 městských obvodů, což představuje 32 konkrétních posuzovaných úseků pro pokrytí celého prostředí města Pardubic. Může se zde vyskytnout další problém, a to takový, že jednotlivé městské obvody nejsou stejně veliké, což by mohlo způsobovat celkovou odchylku hledaného výsledku. Členění města by tak muselo být v tomto smyslu korigováno a vytvořeny tzv. funkční obvody, které by byly kompromisním řešením mezi administrativním členěním města a obvody, které je smysluplné vymežit z hlediska obdobnosti parametrů infrastruktury.

Vzhledem k tomu, že v této diplomové práci je stěžejní výzkum dat, další prioritou práce a této kapitoly je najít místa na síti pozemních komunikací, kde budou co možná

nejméně zkrácené podmínky. Jak už bylo zmíněno, volný dopravní proud negativně ovlivňuje řada faktorů (elementů). Pro názorný příklad z reálných situací jsou nejdůležitější tyto rušivé elementy znázorněny v tabulce 6. Je vhodné tuto problematiku zmínit právě v této části. V obecné rovině je nutná formulace těchto rušivých elementů pro následnou práci, resp. pro výběr vhodných úseků, protože v praxi samozřejmě dochází k těmto manévřům pravidelně a tato časová zdržení působí negativně.

Tabulka 6 Naměřené časy jednotlivých typů manévřů

Rušivé elementy volného dopravního proudu	Změřený čas při jednotlivých manévřech (zdržení) – minimum/maximum [s]
Světelné křižovatky	80/140
Parkovací stání – podélné	1/30
Přechody pro chodce	1/40
Vjezd k přilehlým nemovitostem	1/20

Zdroj: autor

Jednotlivé časy rušivých elementů byly změřeny praktickým dlouhodobým měřením autora v městské části Skřivánek na základě náhodně zvolených vozidel. Měření u světelné křižovatky bylo prováděno na stěžejním křížení ulic Pichlova, Teplého a Jana Palacha, která má dynamické řízení provozu. Tudíž délky trvání jednotlivých světelných fází nejsou stálé, ale při důkladné analýze byly nalezeny reálné hodnoty a to při variantě dojezdu vozidla v dopravní špičce k světelné křižovatce, když je světelné znamení „Stůj“ a následném prvním odjezdu na znamení „Volno“. Při čekání vozidla v koloně před křižovatkou na další znamení „Volno“ se tyto hodnoty rapidně prodlužují a záleží, na kolikátém místě bylo vozidlo v koloně. V případě jiné světelné křižovatky budou hodnoty rozdílné a závislé především v návaznosti na daný signální plán. U dalších rušivých elementů z tabulky 6 proběhla teoretická i praktická analýza. Výsledky jsou zprůměrovány, protože závisí na okamžité rychlosti dopravního proudu v daný okamžik průzkumu, která během průběžných měření kolísala a nedosahovala stejných hodnot. Dále zde není započtený čas na následné zrychlení a zpomalení vozidla, protože to záleží na technických parametrech každého vozu, proto celkové hodnoty v tabulce 6 jsou pouze orientační. Tyto hodnoty vypovídají o celkovém následném „možném“ zpoždění volného dopravního proudu při vybraných posuzovaných variantách. Pro výběr vhodných úseků je třeba tyto elementy minimalizovat, resp. se jim v co největší míře vyhnout ve snaze ošetřit tyto průzkumy o tyto jevy.

2.1.1 Metodika výběru úseků

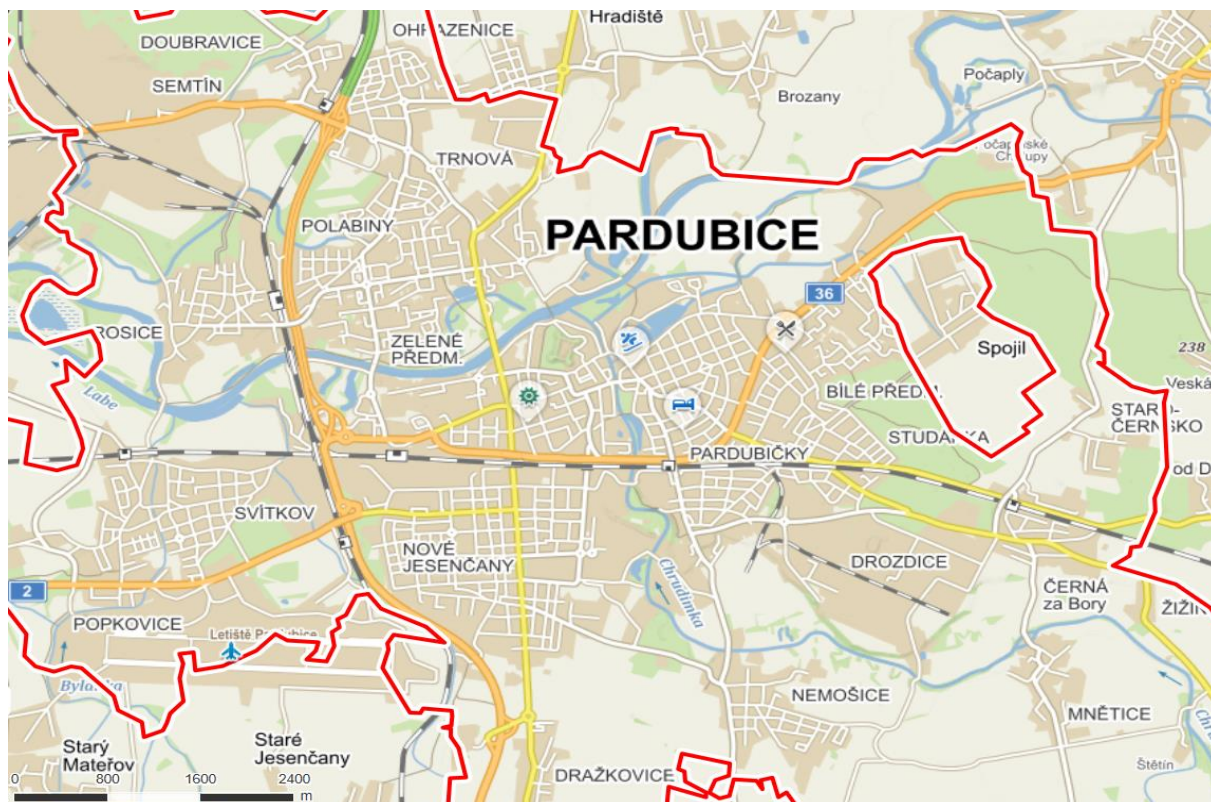
Z důvodu již zmiňovaného velkého počtu (32) konkrétních možných posuzovaných úseků v celkovém prostředí Pardubic je nutné zvolit omezený rozsah, resp. **kompromis a redukci** konečného výběru statistického vzorku.

Vzhledem ke skutečnosti, že se jedná o pilotní projekt, bude dostačující vybrat 4 nejvhodnější úseky podle kategorizace pozemních komunikací, a to jeden od každé kategorie pozemní komunikace v celém prostředí Pardubic kdekoli. Na zvolených úsecích bude následně proveden průzkum intenzity dopravy a cestovního času jednotlivých vozidel. Čtyři úseky proto, aby bylo možné porovnání vztahu zkoumaných veličin při různých rychlostech a intenzitách dopravního proudu při eliminování výše zmiňovaných rušivých elementů. Pro odlišná možná posuzovaná prostředí (jiná města) se jedná pouze o doporučení a záleží, jaké jsou kladeny nároky na zpracování. Výběr úseků bude rozdělen podle doporučení z předchozí kapitoly na tyto konkrétní posuzované úseky pozemních komunikací podle maximální povolené rychlosti následovně:

- **1. úsek** – $70 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$;
- **2. úsek** – $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$;
- **3. úsek** – $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$;
- **4. úsek** – $30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

Úseky 2 a 3 budou dále podrobeny detailnějšímu porovnání, jestli je neovlivňují ještě jiné možné faktory, jako jsou např. stavební uspořádání, podíl pomalých vozidel, atd. Proto volba dvou úseků s rychlostí $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, protože tyto typy komunikací jsou pro městské prostředí typické. Všechna naměřená data z posuzovaných úseků poslouží k závěrečnému matematickému vyjádření vztahu mezi cestovním časem a intenzitou dopravního proudu.

Možnosti vybrat místo tak, aby podmínky nebyly zkreslené, nejsou v Pardubicích ideální. Z obrázku 8 je patrné, že především v centru města je mnoho na sebe navazujících obytných bloků, které mají mezi sebou malou vzdálenost pohybující se okolo 100 až 120 m.



Obrázek 8 Infrastruktura města Pardubice

Zdroj: (18)

Tato skutečnost je opět nevhodná pro metodiku výběru úseků a má negativní vliv na volný dopravní proud, resp. prodlužování cestovního času. Z důvodu zamezení chyb lidského faktoru (měřící skupiny) při možných velkých intenzitách dopravního proudu by pro přesnější měření jednotlivých časů průjezdu vozidel měla být zvolena délka vyhodnocovaného úseku v rozmezí od 100 do 150 m, což v prostředí obytných bloků je většinou nereálné. Před posuzovanými místy A a za posuzovanými místy B (které jsou podrobně vysvětleny v kapitole 2.1.3) by se v nejbližší blízkosti neměl nacházet žádný rušivý element, jako je křižovatka, přechod pro chodce nebo jakékoli místo pro odbočení. V úseku od místa A až po posuzované místo B by měla vozidla dosahovat maximální rychlosti, která je na daném úseku povolena, bez vedlejšího ovlivnění. V oblastech mimo centrum města je situace ve většině případů obdobná, proto zde platí výše uvedená fakta a doporučení.

2.1.2 Metodika provádění průzkumu na zvolených úsecích

Vhodnou variantou by zde bylo provést průzkumy na všech posuzovaných úsecích pro všechny dny v týdnu, ve všech hodinách celého dne v delším časovém období. Jelikož by se jednalo o velké množství dílčích měření, tak metodika provádění průzkumů bude redukována

a upravena tak, aby byly pokryty přepravní nerovnoměrnosti především během dopravních špiček a denního období. Průzkumy v nočních hodinách nebudou řešeny, protože v těchto hodinách s největší pravděpodobností nebude díky očekávání malých hodnot intenzit dopravního proudu docházet k prodlužování cestovního času a nejsou tedy středem zájmu pro tuto práci.

Na zvolených úsecích budou provedeny dvě varianty měření. Každá varianta má dva rozvrhy měření, což představuje dva týdny samostatného měření pro jednu variantu. Varianty měření jsou následovné:

1. **Měření ve zvolených časech.** Provede se 14 měření ve zvolených časech tak, aby byly všechny úseky vyhodnoceny nejlépe pro každou hodinu od 7:00 hod do 22:00 hod a zároveň byly pokryty všechny dny při daném počtu realizovaných měření, což znázorňuje tabulka 7. Aby bylo pokryto celé zvolené časové období, tak pro každý úsek budou použity dvě hodnoty měření z následující varianty měření ve stejný čas a všechny hodnoty poslouží k vyhodnocení přepravních nerovnoměrností na jednotlivých úsecích.

Tabulka 7 Harmonogram měření ve zvolených časech

Harmonogram měření - jiný čas:					Harmonogram měření - jiný čas:				
×	1. úsek	2. úsek	3. úsek	4. úsek	×	1. úsek	2. úsek	3. úsek	4. úsek
Po	11:00	12:00	13:00	14:00	Po	19:00	20:00	21:00	22:00
Út	8:00	7:00	10:00	9:00	Út	18:00	17:00	16:00	20:00
	12:00	11:00	14:00	13:00		21:00	19:00	22:00	
St	13:00	14:00	11:00	12:00	St	22:00	18:00	19:00	21:00
Čt	10:00	9:00	7:00	8:00	Čt	16:00	15:00	18:00	17:00
	14:00	13:00	12:00	11:00		20:00	21:00		19:00
Pá					Pá	17:00		20:00	15:00
So					So	9:00	10:00	8:00	7:00
Ne					Ne		22:00	15:00	16:00

Zdroj: autor

2. **Měření ve stejný čas různých dnů.** Provede se 16 měření vždy ve stejný čas různých dnů převážně ve špičkových hodinách podle harmonogramu měření, který je zobrazen v tabulce 8. Tyto hodnoty se vyhodnotí s cílem porovnání jednotlivých výkyvů cestovních časů v závislosti na intenzitě dopravního proudu daného úseku, resp. na poměru této intenzity ke kapacitě všech úseků.

Tabulka 8 Harmonogram měření ve stejný čas různých dnů

Harmonogram měření - stejný čas:				
×	1. úsek	2. úsek	3. úsek	4. úsek
Po	7:00	8:00	9:00	10:00
	15:00	16:00	17:00	18:00
Út				
St	7:00	8:00	9:00	10:00
	15:00	16:00	17:00	18:00
Čt				
Pá	7:00	8:00	9:00	10:00
	15:00	16:00	17:00	18:00
So	7:00	8:00	9:00	10:00
Ne	15:00	16:00	17:00	18:00

Harmonogram měření - stejný čas:				
×	1. úsek	2. úsek	3. úsek	4. úsek
Po	7:00	8:00	9:00	10:00
	15:00	16:00	17:00	18:00
Út				
St	7:00	8:00	9:00	10:00
	15:00	16:00	17:00	18:00
Čt				
Pá	7:00	8:00	9:00	10:00
	15:00	16:00	17:00	18:00
So	7:00	8:00	9:00	10:00
Ne	15:00	16:00	17:00	18:00

Zdroj: autor

Zvolené hodnoty jednotlivých variant 14 a 16 měřících vzorků pro každý úsek (celkem 120 dílčích statistických měření) se může pro někoho zdát málo a pro jiného mnoho, ale jedná se o adekvátně zvolenou variantu, která zaručí získání vhodného množství potřebných dat především v závislosti na problematice organizačních důvodů.

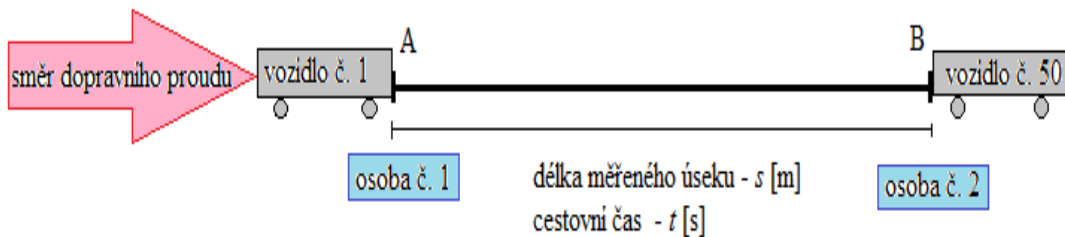
Všechna získaná data poskytnou informace o celkové závislosti posuzovaných veličin na jednotlivých časových úsecích. Optimálně tak budou zobrazeny přepravní nerovnoměrnosti ve zvoleném období pro každý úsek hodinově a poukáže se i na možné výkyvy hodnot stejných úseků.

2.1.3 Metodika provádění průzkumu

Provádění průzkumu bude tedy založeno na tzv. **ručním měření**, které je velice operativní. Rychlost nebude měřena radarem, ale měřením doby průjezdu vozidla mezi dvěma body. Veškerá měření budou prováděna pro množinu 50 za sebou jedoucích vozidel na všech vybraných úsecích následovně:

1. Vyhodnotí se celkový čas průjezdu těchto vozidel. Celkový časový rozestupu 50 vozidel v dopravním proudu se určí jako rozdíl mezi časem průjezdu 51. a 1. vozidla v bodě A. V bodě A je proto nutné zaznamenat čas průjezdu vozidla 51, aby bylo možné získat hodnoty okamžitých intenzit dopravního proudu pro 50 vozidel.

2. Pro každé vozidlo se vyhodnotí cestovní čas a rychlost průjezdu mezi body A a B. Pro snadnější představu metodiky poslouží obrázek 9.



Obrázek 9 Schéma posuzovaného úseku

Zdroj: autor

Při průzkumu se bude po jednotlivých měření (po naměření časů 50 vozidel na dílčím úseku) přecházet mezi vybranými posuzovanými místy. Měření se zde bude opakovat vždy stejnou metodikou, ale v jiný čas. Na některé úseky se bude měřící skupina podle rozvrhu vracet ve stejný čas rozdílných dnů, aby se porovnaly výkyvy intenzit dopravy v daném místě.

Jde o to, že v průběhu hodiny může intenzita dopravního proudu kolísat, a tím se tak výsledné (zprůměrované) hodnoty stávají nerelevantní. Proto se využití kratšího období určené průjezdem 50 vozidel jeví jako výhodnější. Organizačně to umožňuje realizovat více měření. Výhodou je, že počty vozidel (rozsah výběrového statistického souboru) jsou ve všech případech sjednoceny a tak může dojít k vzájemnému porovnání. Nestejné délky průzkumů v tomto pak nečiní problém. Z tohoto důvodu bylo zmíněno v kapitole 1.5.2 měření v minulosti, které poukazuje na vhodnější variantu měření cestovních časů v kratších intervalech.

Dále je nutné zmínit, že obecně lze průzkum provádět prostředky uvedenými v kapitole 1.3.3 nebo např. lze zvolit metodu natáčení na záznamové zařízení a tyto záznamy následně vyhodnocovat. To skrývá řadu problémů, proto provádění průzkumu bude učiněno výše zvolenou metodikou.

V celkovém vyhodnocení budou porovnány hodnoty koeficientů BPR funkce α a β zjištěná pro jednotlivá období s celkovými průměry všech vozidel změřených na každém úseku, což bude dalším přínosem celé práce.

2.1.4 Metodika způsobu měření času

Průzkum bude prováděn pomocí měřicí skupiny skládající se ze dvou osob, které se náležitě předem domluví na daných postupech. Obě tyto osoby budou vybaveny radiovým spojením (vysílačkou), aby byla jednotlivá měření co nejpřesnější. V bodě A bude mít osoba č. 1 digitální stopky a vysílačku. V bodě B bude mít osoba č. 2 digitální stopky, vysílačku a připravený formulář na zápis jednotlivých časů pro zápis okamžiků průjezdů vozidel na jednotlivých stanovištích, u kterých bude předem změřena vzdálenost od bodu A do bodu B. Tato vzdálenost pak bude vždy stejná u všech úseků, a to 100 m.

Měření začne při průjezdu náhodně zvoleného vozidla bodem A, kdy osoba č. 1 v tomto místě bude předem informovat osobu v bodě B, aby ta byla včas připravena. Jestliže vybrané vozidlo projede bodem A, tak tady osoba č. 1 zahlásí do vysílačky „**START**“, pro lepší informovanost ještě mávne rukou a **obě měřicí osoby zapnou stopky**. Při průjezdu vozidla č. 1 bodem B osoba č. 2 zmáčkne na digitálních stopkách mezičas (čas průjezdu) pro toto vozidlo a měření pokračuje dále. Při průjezdu vozidla č. 2 bodem A zmáčkne osoba č. 1 mezičas na digitálních stopkách, a když toto vozidlo projede bodem B, tak tady osoba č. 2 zapne mezičas daného vozidla. Tato metodika bude pokračovat až do průjezdu 50 vozidla, kdy osoba č. 1 vypne stopky při průjezdu tohoto vozidla bodem A a osoba č. 2 vypne stopky při průjezdu bodem B. Použité stopky přehledně ukazují přesný počet konkrétních mezičasů, což měřicí skupině ukazuje počet již projetých vozidel, tím pádem slouží jako počítadlo.

Po měření každá měřicí osoba zapíše jednotlivé časy ze svého stanoviště pro každé vozidlo do předem připraveného formuláře, který je znázorněn v příloze A. Osoba č. 2 zapíše do formuláře přesné časy od vozidla č. 1 až po vozidlo č. 50. Osoba č. 1 však zapíše svůj první mezičas do kolonky formuláře pro vozidlo č. 2, protože vozidlo č. 1 odstartovalo měření. Osoba č. 1 by měla ukončit celé měření při mezičasu vozidla č. 49, ale pro získání dat pro okamžitou intenzitu jej ukončí při průjezdu 50 vozidla (což je ve skutečnosti 51 vozidlo v bodě A!). Následně se měřicí skupina přesune na další posuzované místo, až provede měření na všech 4 zvolených úsecích, pokaždé stejnou metodikou. Všechny změřené dílčí časy pak budou z jednotlivých formulářů přepsány do tabulek vytvořených v programu Microsoft Excel, poté budou vypočítány cestovní časy každého vozidla. Pro každé vozidlo se odečte naměřený čas průjezdu úsekem z rozdílu hodnot příslušných okamžiků průjezdů v bodech A a B.

Jelikož údaj o rychlosti není k dispozici (nebylo využito měření radarem), je „zavedeno“ druhé stanoviště – pouze za účelem změření rychlosti na základě zjištěné doby

průjezdu mezi oběma body (k čemuž slouží zápisy o průjezdech v jednotlivých bodech). Na druhou stranu, cestovní časy jednotlivých vozidel mezi oběma body jsou klíčové z hlediska zjišťování prodlužování cestovního času vlivem rostoucího využití kapacity komunikace. I proto je uvedený způsob průzkumu vhodný a i hodnoty cestovních časů mezi body A a B budou v rámci dalšího vyhodnocování využity jako klíčový údaj.

Vysílačky zaručují přesnou synchronizaci měření na obou stopkách, což je vhodná metodika pro získání přesných cestovních časů každého vozidla. Následné vyhodnocení musí pracovat v rámci možností s přesnými daty, proto bylo z důvodu možných nejasností popsání způsobu metodiky měření času velice podrobné.

V následujících podkapitolách budou popsány jednotlivé dílčí posuzované úseky dle výběru úseků z kapitoly 2.1.1 podle názvů ulic na pozemních komunikacích následovně:

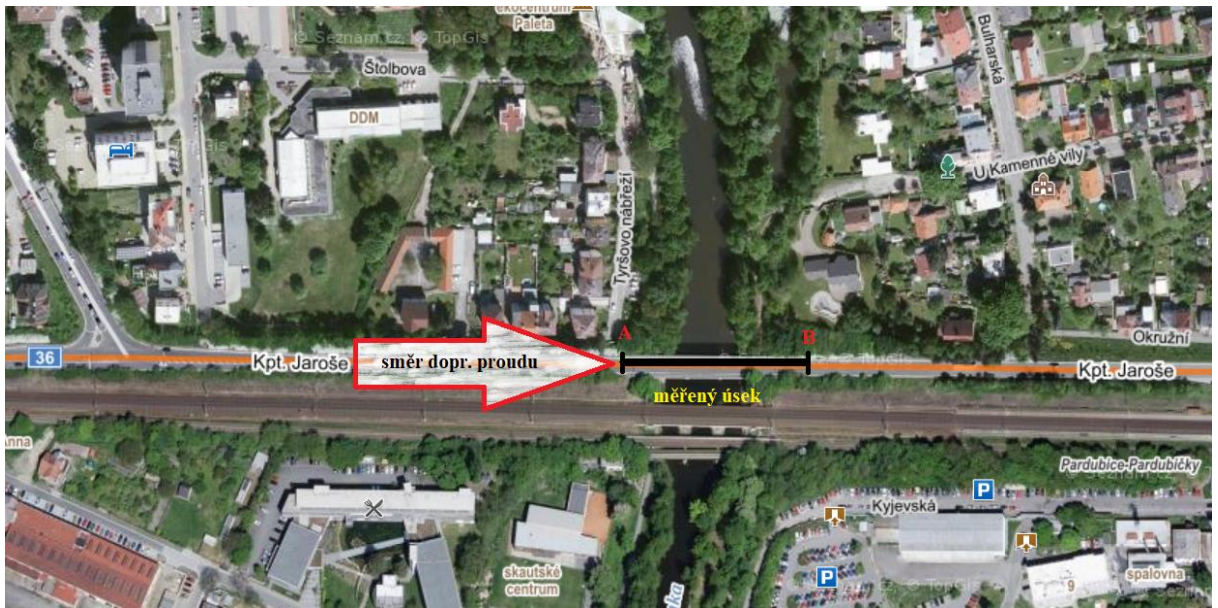
- **1. úsek** – ulice kpt. Jaroše;
- **2. úsek** – ulice kpt. Bartoše;
- **3. úsek** – ulice Jana Palacha;
- **4. úsek** – ulice Labská.

Jednotlivé úseky byly vybrány z celého prostředí města Pardubic tak, aby bylo možné posuzovat rozdíly charakterů dílčích úseků a jejich specifika pro konečné vyhodnocení celé práce.

2.1.5 Ulice kpt. Jaroše

Tento úsek byl zvolen z důvodu dostatečné délky komunikace pro měření mezi posuzovanými body A a B, kde řidiči dosahují maximální povolené rychlosti $70 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, a to bez ovlivnění následující křižovatkou. Jedná se o pozemní komunikaci v ulici kpt. Jaroše, viz obrázek 10, která slouží jako tzv. **rychlodráha**.

Praktickou zkouškou bylo vyzkoušeno, že při rozjezdu z této křižovatky z nulové rychlosti, při velmi malé akceleraci vozidla, se dosáhne posuzovaného bodu A na potřebnou rychlost $70 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ s dostatečnou rezervou vzdálenosti k bodu A. Za posuzovaným bodem B se nenachází žádný rušivý element.



Obrázek 10 Vyhodnocovaný úsek v ulici kpt. Jaroše

Zdroj: (18) s úpravou autora

Vzhledem k faktu, že tato komunikace převádí stěžejní dopravu mimo centrum města, tak zde každodenní intenzita dopravy dosahuje velkých hodnot, které jsou znázorněny v tabulce 9.

Tabulka 9 Hodnoty intenzit z celostátního sčítání dopravy 2016 – ulice kpt. Jaroše

Špičková hodinová intenzita dopravy pro všechny druhy vozidel (v jednom směru)	1 861 voz·h⁻¹
Průměrná hodinová intenzita přepočtená z hodnot RPDÍ pro všechny druhy vozidel (v jednom směru)	817 voz·h ⁻¹

Zdroj: (23) s úpravou autora

Kompletní data z celostátního sčítání dopravy ČR 2016 pro tento posuzovaný úsek jsou znázorněna v příloze B.

Tabulka 10 Hodinové intenzity podle kategorie vozidel – ulice kpt. Jaroše

Kategorie vozidel	Průměrná hodinová intenzita přepočtená z hodnot RPDÍ [voz·h ⁻¹] (v jednom směru)	Podíl vozidel dle kategorie [%]
OA	693	84,82
NA	111	13,58
VMHDLA	9	1,10
M	3	0,36
C	1	0,14

Zdroj: (23) s úpravou autora

Pro konkrétnější posouzení úseku a celkový přehled poslouží hodnoty z tabulky 10, které jsou přepočteny z RPDI na hodinové intenzity pro jednotlivé kategorie vozidel, které byly vybrány jako předmět zkoumání, viz kapitola 1.2. Ukazují zde reálně naměřené hodnoty dílčích poměrů vozidel. Tyto hodnoty poslouží k dalšímu celkovému porovnání a vyhodnocení (tento komentář platí i pro tabulky 12 a 14).

2.1.6 Ulice kpt. Bartoše

Druhý posuzovaný úsek byl vybrán na pozemní komunikaci v ulici kpt. Bartoše, kde je maximální povolená rychlost $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Jedná se o přehlednou komunikaci s malou intenzitou dopravy, která propojuje městskou část Polabiny 4 přes druhý silniční most v pořadí po proudu Labe v Pardubicích a směr do centra k vlakovému nádraží. Opět praktickou zkouškou bylo vyzkoušeno, že počátečního vyhodnocovaného bodu A se dosáhne s dostatečnou rezervou vzdálenosti na požadovanou rychlost.



Obrázek 11 Vyhodnocovaný úsek v ulici kpt. Bartoše

Zdroj: (19) s úpravou autora

Obrázek 11 znázorňuje celou situaci a je z něj patrné, že před vyhodnocovaným bodem A za výjezdem z mostu se nachází místo pro možné odbočení doprava na cestu ležící mimo pozemní komunikaci. Při důkladném rozboru zde vozidla na toto místo odbočují

minimálně, tudíž je tento rušivý element zanedbatelný. Za vyhodnocovaným bodem B se nachází ve vzdálenosti 120 m okružní křižovatka, která minimálním způsobem ovlivňuje požadovanou rychlost v bodě B. Řidiči zde korigují svou rychlost na průjezd touto okružní křižovatkou přibližně 50 m za bodem B.

Tabulka 11 Hodnoty intenzit z celostátního sčítání dopravy 2016 – ulice kpt. Bartoše

Špičková hodinová intenzita dopravy pro všechny druhy vozidel (v jednom směru)	1 120 voz·h⁻¹
Průměrná hodinová intenzita přepočtená z hodnot RPDI pro všechny druhy vozidel (v jednom směru)	432 voz·h ⁻¹

Zdroj: (23) s úpravou autora

Hodnoty intenzit dopravního proudu popisuje tabulka 11 a kompletní podrobná data jsou uvedena v příloze C.

Tabulka 12 Hodinové intenzity podle kategorie vozidel – ulice kpt. Bartoše

Kategorie vozidel	Průměrná hodinová intenzita přepočtená z hodnot RPDI [voz·h ⁻¹] (v jednom směru)	Podíl vozidel dle kategorie [%]
OA	332	76,85
NA	31	7,17
VMHDLA	14	3,24
M	2	0,46
C	53	12,28

Zdroj: (23) s úpravou autora

Tabulka 12 znázorňuje hodnoty hodinových intenzit pro konkrétní kategorie vozidel přepočtených z RPDI vybraného úseku a dále viz komentář u tabulky 10.

2.1.7 Ulice Jana Palacha

Další posuzovaný úsek se nachází na pozemní komunikaci v ulici Jana Palacha, kde je maximální povolená rychlost opět 50 km·h⁻¹. Tento úsek přivádí dopravu do centra města ze směru od města Chrudim a městských částí Dukla, Skřivánek a Jesničanky. Tato pozemní komunikace v dobách dopravních špiček není schopna kapacitně pojmout takový počet vozidel. Délka kolony zde dosahuje pravidelně až 1 500 m.

Praktickou zkouškou byl vybrán úsek nejvíce vyhovující kritériím posuzování na této pozemní komunikaci, který se nachází před vjezdem do podjezdu pod železniční tratí

a Hlaváčovou ulicí. Tento úsek končí ke konci podjezdu pod druhým mostem tohoto podjezdu, viz obrázek 12. Před vyhodnocovaným počátečním bodem A se ve vzdálenosti 70 m nachází vjezd do firmy Kávoviny. Praktickým měřením bylo naměřeno, že do této firmy zajíždí 0,1 % vozidel za jednu hodinu. Díky tomuto údaji je možné vyvodit závěr, že vjezd minimálním způsobem ovlivňuje kvalitu dopravy tohoto úseku, což je z hlediska tohoto posuzování irelevantní. Dále za vyhodnocovaným bodem B ve vzdálenosti 150 m začíná podélné parkoviště souběžné s pozemní komunikací, které neovlivňuje volný dopravní proud.



Obrázek 12 Vyhodnocovaný úsek v ulici Jana Palacha

Zdroj: (20) s úpravou autora

Intenzita dopravy tohoto úseku je znázorněna v tabulce 13 a data z celostátního sčítání dopravy 2016 zobrazuje příloha D.

Tabulka 13 Hodnoty intenzit z celostátního sčítání dopravy 2016 – ulice Jana Palacha

Špičková hodinová intenzita dopravy pro všechny druhy vozidel (v jednom směru)	1 714 voz·h⁻¹
Průměrná hodinová intenzita přepočtená z hodnot RPDI pro všechny druhy vozidel (v jednom směru)	644 voz·h ⁻¹

Zdroj: (23) s úpravou autora

Pro účely této práce se jedná o velice vhodný úsek na posouzení prodloužení cestovního času v závislosti na intenzitě dopravního proudu. Tento úsek poslouží k porovnání zjištěných dat s daty získaných na vyhodnocovacím úseku v ulici kpt. Bartoše, který má stejnou maximální povolenou rychlost, což bude dalším přínosem této práce.

Tabulka 14 Hodinové intenzity podle kategorie vozidel – ulice Jana Palacha

Kategorie vozidel	Průměrná hodinová intenzita přepočtená z hodnot RPDI [$\text{voz} \cdot \text{h}^{-1}$] (v jednom směru)	Podíl vozidel dle kategorie [%]
OA	553	85,87
NA	45	6,98
VMHDLA	23	3,57
M	3	0,46
C	20	3,12

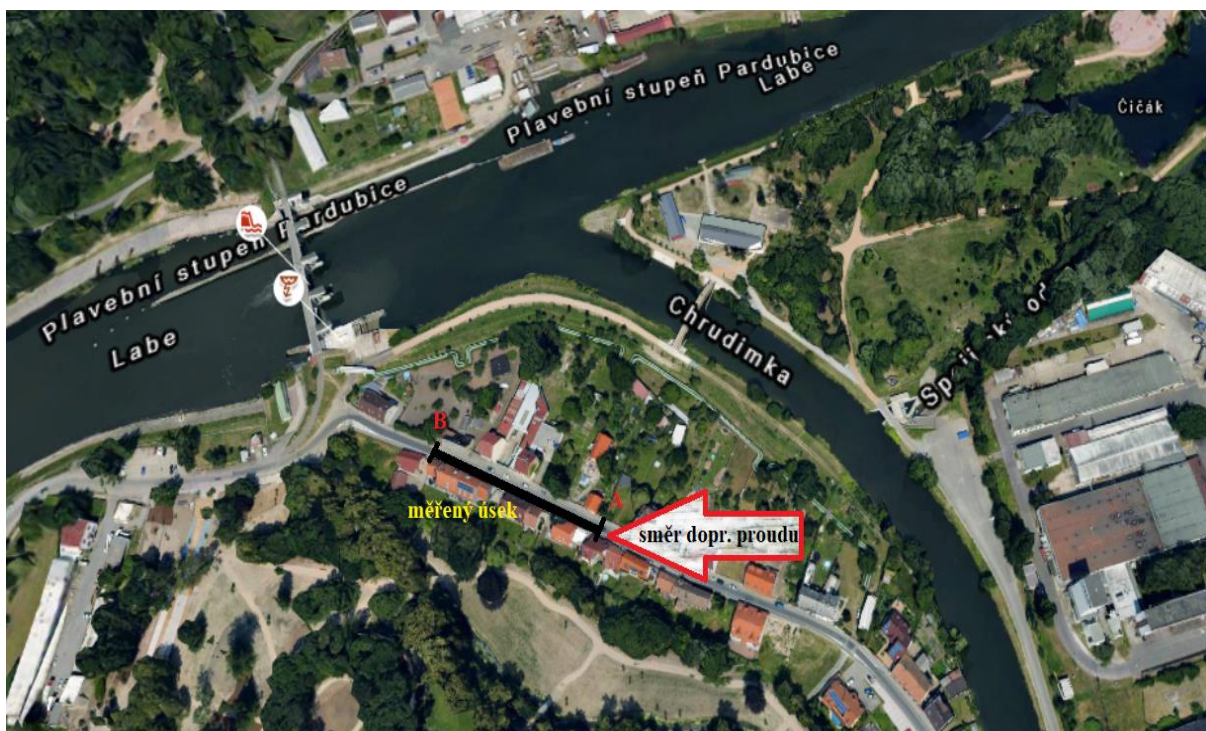
Zdroj: (23) s úpravou autora

V ulici Jana Palacha jsou přepočtené hodnoty hodinové intenzity zobrazeny v tabulce 14, opět zde platí stejný komentář jako u tabulky 8.

Při porovnání tabulek 10, 12 a 14 jsou patrné rozdíly poměrů kategorií vozidel, které využívají vybrané pozemní komunikace. Veškeré tyto získané hodnoty poslouží jako základ k dalšímu posouzení.

2.1.8 Ulice Labská

Poslední posuzovaný úsek byl zvolen na pozemní komunikaci v ulici Labská, kde je maximální povolená rychlost upravena na $30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Jedná se o jednosměrnou ulici, kde je umožněno podélné stání (parkování) po obou stranách komunikace, je zde mnoho vjezdů na soukromé pozemky, což je patrné z obrázku 13. I když se může zdát, že tento úsek není podle metodiky vhodného výběru ideální, tak na základě analýzy celkového prostředí města Pardubic byl vybrán jako optimální úsek pro zvolenou maximální povolenou rychlost.



Obrázek 13 Vyhodnocovaný úsek v ulici Labská

Zdroj: (21) s úpravou autora

Pro ulici Labskou nebyla zjištěna z dostupných zdrojů aktuální kapacita ani jiné hodnoty vypovídající o poměru využití pozemní komunikace podle kategorie vozidel. Kapacita této pozemní komunikace bude odvozena následující úvahou, která je založena na bezpečném odstupu vozidel a rychlosti vozidel v úseku. Z jednotlivých přepočtů kapacit z tabulky 15 jsou přibližné hodnoty bezpečného odstupu pro ulici kpt. Jaroše – 2 s (při kapacitě $1\,861\text{ voz}\cdot\text{h}^{-1}$ a rychlosti $70\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) a pro ulici kpt. Bartoše – 3 s (při kapacitě $1\,120\text{ voz}\cdot\text{h}^{-1}$ a rychlosti $50\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). V ulici Labská je maximální povolená rychlost $30\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a jedná se o pozemní komunikaci, kde řidiči musejí být obezřetnější z důvodu reakce na možný výjezd vozidel od přilehlých nemovitostí a častějšího výskytu podélného parkování. Tedy i při menší cestovní rychlosti je vhodnější dodržovat větší bezpečný odstup, který z výše uvedených hodnot zmiňovaných ulic je vhodný zvolit na hodnotu 4 s. Při následném výpočtu vychází kapacita tohoto úseku na $900\text{ voz}\cdot\text{h}^{-1}$. Tato hodnota bude použita jako vstupní parametr této posuzované pozemní komunikace. Samozřejmě se jedná pouze o odhad, a proto v závěru bude velikost této hodnoty posouzena.

2.2 Dílčí závěr

Udávané hodnoty špičkové hodinové intenzity dopravy z tabulky 9, 11 a 13 budou použity jako vstupní parametry kapacit posuzovaných pozemních komunikací pro následné výpočty, viz tabulka 15.

Tabulka 15 Hodnoty kapacit pro jednotlivé posuzované úseky

Posuzovaný úsek	Kapacita pozemní komunikace [voz·h ⁻¹]
ulice kpt. Jaroše	1 861
ulice kpt. Bartoše	1 120
ulice Jana Palacha	1 714
ulice Labská	900

Zdroj: (23) s úpravou autora

Byly vybrány nejvhodnější úseky pro posouzení dle zadání metodiky výběru, a proto získaná data přispějí ke korektnímu posuzovanému výsledku a vyvození relevantního závěru na obecné úrovni. S ohledem na to, že se jedná o prvotní zkoumání, které má přinést základní informace o problematice v podmínkách Pardubic s cílem tyto výsledky zobecnit.

Přirozeně, pro detailní zpracování případného modelu Pardubic, by bylo potřebné analyzovat více úseků i bez ohledu na to, jaké jsou na nich podmínky. Na druhou stranu, bylo by ale vhodné se vyvarovat mimořádným situacím, kdy provoz je ovlivněn např. dopravní nehodou, objížděkou (částečnou uzavírkou pozemní komunikace) apod. Proto před zahájením jednotlivých průzkumů je podstatné analyzovat dopravní situaci v nejbližším okolí vyhodnocovaných úseků, aby se někde nevyskytovaly výše zmiňované mimořádné události, které by ovlivnily získaná data. V případě, že by nastala taková to situace, je nutné ukončit, resp. nezačít měření.

3 Vyhodnocení vztahu mezi cestovním časem a intenzitou dopravního proudu

První otázkou, která nastává při vyjadřování matematických závislostí, je určení typu matematické funkce, která danou závislost popisuje (pokud tato závislost existuje).

Pro prodlužování cestovního času v závislosti na stoupajícím využití kapacity pozemní komunikace se často využívá tzv. BPR funkce, z matematického hlediska exponenciální funkce. S tímto předpokladem je uvažováno i v této diplomové práci, nicméně, předpoklad musí být nejdříve aspoň rámcově ověřen, což bylo učiněno v kapitole 1.4.1.

Další úkol bude tedy spočívat v hledání hodnot parametrů α a β této funkce pro každý posuzovaný úsek. Za účelem nalezení těchto hodnot bude prověřeno několik variant přístupu k řešení především z hlediska matematického postupu.

3.1 Varianty přístupu řešení

Pro získání korektních hodnot parametrů BPR funkce α a β bude vyzkoušeno několik možných variant výpočtových technik se záměrem doporučení jedné z nich k dalšímu používání (např. při hledání charakteristik BPR funkce pro další úseky v budoucnu).

Nejprve je nutné uspořádat data shromážděná při dopravním průzkumu. Prvotní formulář, určený pro měření v terénu je znázorněn v příloze E. Data z něj jsou editována do tabulkového procesoru MSE do složky *Prvotní měření – výběr vhodné varianty* sešitu *Varianty přístupu řešení* celkového adresáře (složky) – *Vyhodnocení naměřených dat* (příloha F).

Ve výše zmiňovaném sešitu *Varianty přístupu řešení* jsou vytvořeny listy a pojmenovány podle jednotlivé varianty přístupu řešení. V prvním listu jsou přehledně vytvořeny barevně označené buňky pro **vkládání** okamžiků časů průjezdu všech vozidel v bodech A a B vyjádřených pomocí času uplynulého od počátku měření, maximální povolené rychlosti na daném úseku a kategorie jednotlivých vozidel, což jsou nejpodstatnější vstupní parametry. Z těchto buněk (hodnot) jsou **vypočteny** další potřebné stěžejní hodnoty, jako jsou: cestovní čas a rychlost pro každé konkrétní vozidlo, cestovní čas na nezatíženém úseku, podíl jednotlivých druhů vozidel, průměrná rychlost všech 50 vozidel a jejich průměrný cestovní čas. V neposlední řadě je zde vypočteno především dopravní zatížení.

Úsek č.:	3		100		Rychlost na daném úseku [km·h ⁻¹]		50		$t = ((v/1000) \cdot v) \cdot 60$ [min]	$v = (s \cdot t) \cdot 3,6$ [km · h ⁻¹]									
Datum měření:	15.02.2018		Hodina měření [h]:		19:50 - 20:04		T ₁ - cestovní čas bez kongesce [min]		0,1209		t (cestovní čas na neratifikovaném úseku)	v (hodnoty jsou zaokrouhleny!)							
Časy měřící osoby č. 1 v bodě A			Časy měřící osoby č. 2 v bodě B			Vozidlo č.:		Čas [min.]: osoby č.1 - bod A		Čas [min.]: osoby č.2 - bod B		Cestovní čas celkem [min.]:		Vozidlo č.:		Rychlost [km · h ⁻¹]			
Vozidlo č.	Kategorie	Okamžitá průjezdná data	Vozidlo č.	Kategorie	Okamžitá průjezdná data														
1	Osobní	00:00,0	1	Osobní	00:00,0	1	00:00,0	00:07,9	1	00:07,9	1	00:07,9	1	45,00					
2	Osobní	00:05,7	2	Osobní	00:10,7	2	00:05,7	00:10,7	2	00:05,0	2	00:05,0	2	72,00					
3	Osobní	00:09,6	3	Osobní	00:16,2	3	00:09,6	00:16,2	3	00:06,6	3	00:06,6	3	51,43					
4	Osobní	00:49,1	4	Osobní	00:55,6	4	00:49,1	00:55,6	4	00:06,6	4	00:06,6	4	60,00					
5	Osobní	00:54,1	5	Osobní	01:01,8	5	00:54,1	01:01,8	5	00:07,7	5	00:07,7	5	45,00					
6	Osobní	01:01,1	6	Osobní	01:05,8	6	01:01,1	01:05,8	6	00:04,7	6	00:04,7	6	72,00					
7	Osobní	01:02,7	7	Osobní	01:08,9	7	01:02,7	01:08,9	7	00:06,2	7	00:06,2	7	60,00					
8	Osobní	02:11,7	8	Osobní	02:20,9	8	02:11,7	02:20,9	8	00:09,2	8	00:09,2	8	40,00					
9	Osobní	02:13,9	9	Osobní	02:22,2	9	02:13,9	02:22,2	9	00:08,3	9	00:08,3	9	45,00					
10	Osobní	02:52,6	10	Osobní	03:00,2	10	02:52,6	03:00,2	10	00:07,6	10	00:07,6	10	45,00					
11	Osobní	03:05,5	11	Osobní	03:14,1	11	03:05,5	03:14,1	11	00:08,6	11	00:08,6	11	40,00					
12	Osobní	03:08,1	12	Osobní	03:15,3	12	03:08,1	03:15,3	12	00:07,2	12	00:07,2	12	51,43					
13	Osobní	03:12,6	13	Osobní	03:20,4	13	03:12,6	03:20,4	13	00:07,9	13	00:07,9	13	45,00					
14	Osobní	03:18,5	14	Osobní	03:25,3	14	03:18,5	03:25,3	14	00:06,8	14	00:06,8	14	51,43					
15	Osobní	03:26,8	15	Osobní	03:33,8	15	03:26,8	03:33,8	15	00:07,0	15	00:07,0	15	51,43					
16	Osobní	03:54,3	16	Osobní	04:02,9	16	03:54,3	04:02,9	16	00:08,6	16	00:08,6	16	40,00					
17	Osobní	04:03,2	17	Osobní	04:07,9	17	04:03,2	04:07,9	17	00:04,7	17	00:04,7	17	72,00					
18	Osobní	04:34,1	18	Osobní	04:41,8	18	04:34,1	04:41,8	18	00:07,7	18	00:07,7	18	45,00					
19	Osobní	04:37,2	19	Osobní	04:44,7	19	04:37,2	04:44,7	19	00:07,5	19	00:07,5	19	45,00					
20	Osobní	04:38,4	20	Osobní	04:45,6	20	04:38,4	04:45,6	20	00:07,2	20	00:07,2	20	51,43					
21	Osobní	04:58,2	21	Osobní	05:03,2	21	04:58,2	05:03,2	21	00:07,0	21	00:07,0	21	51,43					
22	Osobní	05:01,1	22	Osobní	05:07,9	22	05:01,1	05:07,9	22	00:06,8	22	00:06,8	22	51,43					
23	Osobní	05:06,1	23	Osobní	05:13,2	23	05:06,1	05:13,2	23	00:07,1	23	00:07,1	23	51,43					
24	Osobní	05:10,3	24	Osobní	05:17,3	24	05:10,3	05:17,3	24	00:07,0	24	00:07,0	24	51,43					
25	NHD	05:25,9	25	Osobní	05:35,4	25	05:25,9	05:35,4	25	00:09,5	25	00:09,5	25	36,00					
26	Osobní	05:39,9	26	Osobní	05:48,8	26	05:39,9	05:48,8	26	00:08,9	26	00:08,9	26	40,00					
27	Osobní	05:48,5	27	Osobní	05:56,4	27	05:48,5	05:56,4	27	00:07,9	27	00:07,9	27	45,00					
28	Osobní	05:50,8	28	Osobní	05:58,5	28	05:50,8	05:58,5	28	00:07,7	28	00:07,7	28	45,00					
29	Osobní	06:46,6	29	Osobní	06:54,4	29	06:46,6	06:54,4	29	00:07,8	29	00:07,8	29	45,00					
30	Osobní	06:48,3	30	Osobní	06:55,6	30	06:48,3	06:55,6	30	00:07,3	30	00:07,3	30	51,43					
31	Osobní	07:21,7	31	Osobní	07:29,8	31	07:21,7	07:29,8	31	00:08,1	31	00:08,1	31	45,00					
32	Osobní	07:37,8	32	Osobní	07:45,6	32	07:37,8	07:45,6	32	00:07,8	32	00:07,8	32	45,00					
33	Osobní	07:46,4	33	Osobní	07:55,2	33	07:46,4	07:55,2	33	00:08,8	33	00:08,8	33	40,00					
34	Osobní	08:13,5	34	Osobní	08:20,7	34	08:13,5	08:20,7	34	00:07,2	34	00:07,2	34	51,43					
35	NHD	08:36,6	35	Osobní	08:47,1	35	08:36,6	08:47,1	35	00:10,5	35	00:10,5	35	36,00					
36	Osobní	08:38,5	36	Osobní	08:49,3	36	08:38,5	08:49,3	36	00:10,8	36	00:10,8	36	32,73					
37	Osobní	09:26,3	37	Osobní	09:33,1	37	09:26,3	09:33,1	37	00:06,8	37	00:06,8	37	51,43					
38	Osobní	09:48,7	38	Osobní	09:56,6	38	09:48,7	09:56,6	38	00:07,9	38	00:07,9	38	45,00					
39	Osobní	09:57,3	39	Osobní	10:05,1	39	09:57,3	10:05,1	39	00:07,8	39	00:07,8	39	45,00					
40	Osobní	10:26,3	40	Osobní	10:32,4	40	10:26,3	10:32,4	40	00:06,1	40	00:06,1	40	60,00					
41	Osobní	10:27,9	41	Osobní	10:33,7	41	10:27,9	10:33,7	41	00:05,8	41	00:05,8	41	60,00					
42	Osobní	10:51,4	42	Osobní	10:58,2	42	10:51,4	10:58,2	42	00:06,8	42	00:06,8	42	51,43					
43	Osobní	11:19,6	43	Osobní	11:25,4	43	11:19,6	11:25,4	43	00:05,8	43	00:05,8	43	60,00					
44	Osobní	11:41,3	44	Osobní	11:48,8	44	11:41,3	11:48,8	44	00:07,5	44	00:07,5	44	51,43					
45	Osobní	11:57,9	45	Osobní	12:04,3	45	11:57,9	12:04,3	45	00:06,4	45	00:06,4	45	60,00					
46	Osobní	12:18,2	46	Osobní	12:25,5	46	12:18,2	12:25,5	46	00:07,3	46	00:07,3	46	51,43					
47	Osobní	12:26,7	47	Osobní	12:33,9	47	12:26,7	12:33,9	47	00:07,2	47	00:07,2	47	51,43					
48	Osobní	12:30,2	48	Osobní	12:37,8	48	12:30,2	12:37,8	48	00:07,6	48	00:07,6	48	45,00					
49	Osobní	13:04,9	49	Osobní	13:12,7	49	13:04,9	13:12,7	49	00:07,9	49	00:07,9	49	45,00					
50	Osobní	13:16,4	50	Osobní	13:27,9	50	13:16,4	13:27,9	50	00:11,5	50	00:11,5	50	32,73					
Celkový cestovní čas: 50 vozidel [s]:						802						Průměrný cestovní čas [min.]:		00:07,5		Průměrná rychlost 50 vozidel [km · h ⁻¹]:		49,13	

Obrázek 14 Ukázka listu Konstantní intenzita v MSE

Zdroj: autor

Všechny buňky, které slouží pro vkládání dat a výpočtů jsou důkladně popsány a vysvětleny přehledným komentářem, což je patrné z obrázku 14, který podává představu o uspořádání tohoto listu. Potřebná data jsou z tohoto listu propojena do dalších vytvořených listů. Každý z těchto dalších listů odpovídá konkrétní zkoumané variantě přístupu ke stanovení parametrů α a β . Jednotlivé listy na sebe navazují a jsou vždy přidány pouze podstatné komentáře, především o konkrétním způsobu výpočtu.

Základní myšlenkou této části je najít takové hodnoty parametrů BPR funkce, aby funkce po jejich dosazení co nejlépe vysvětlovala (popisovala) hledanou závislost. Varianty přístupu řešení budou založeny na základě konkrétního způsobu vyjádření intenzity dopravního proudu společně s kombinací výpočtů parametrů. Musí se vyzkoušet, jestli bude vyhovující použit intenzitu konstantní (průměrnou) či okamžitou pro každé vozidlo zvlášť nebo celkově pro každý zkoumaný soubor 50 vozidel. Proto budou dále pojmenovány jednotlivé podkapitoly dle konkrétního listu v MSE, který odpovídá zvolené variantě přístupu řešení.

3.1.1 List MSE – Konstantní intenzita

Na listu *Konstantní intenzita* je dopravní zatížení (intenzita) vypočteno z celkového časového úseku, který uplynul mezi průjezdem od 1. vozidla bodem A až po průjezd 51. vozidla bodem A. **Zde je nutné zdůraznit, že metodika je vytvořena pro množinu 50 vozidel. Jelikož se však jedná o výpočet stavové veličiny dopravního proudu, tak musí být zjišťování ukončeno průjezdem 51. vozidla, které určí časový odstup za 50. vozidlem. Vždy se posuzuje průjezd vozidla, vč. následného časového odstupu do průjezdu dalšího vozidla.** Tento vztah popisuje vzorec (4). Takto získaná (vypočtená) intenzita je použita u všech jednotlivých výpočtů, resp. dosazena do vzorců (3) pro všechna vozidla k získání hodnot hledaných parametrů, jedná se tedy o intenzitu konstantní. Výše uvedené platí individuálně pro každý zkoumaný soubor 50 vozidel (jedno měření), tudíž každé další měření má jinou hodnotu této intenzity dopravního proudu.

$$I = \left[\frac{1}{\left(\frac{Ti_{51}}{3600} \right)} \right] \cdot 50 \quad [\text{voz} \cdot \text{h}^{-1}]; \quad (4)$$

kde:

I dopravní zatížení (intenzita) přiřazené na úsek [$\text{voz} \cdot \text{h}^{-1}$];
 Ti_{51} časový úsek průjezdu 51 vozidel [s].

Je důležité vypočítat další potřebná data, aby je bylo možné dosadit do stěžejního vzorce (3) pro každé vozidlo. Cestovní čas bez kongesce na nezatíženém úseku je přepočten z maximální povolené rychlosti daného úseku, jeho hodnota je opět konstantní a popisuje ho vzorec (5).

$$t = \left(\frac{s}{\frac{1000}{v}} \right) \cdot 60 \quad [\text{min}]; \quad (5)$$

kde:

t cestovní čas na nezatíženém úseku [min];
 s délka úseku mezi bodem A a B [m];
 v maximální povolená rychlost na daném úseku [$\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$].

Kapacita pozemní komunikace je zvolena z CSD, což znázorňuje tabulka 15. Je nutné zmínit, že maximální povolenou rychlost daného úseku je vhodné definovat i jako „teoretický čas průjezdu“. Jedná se o to, že přestože je na každé pozemní komunikaci stanovena maximální povolená rychlost, na některých pozemních komunikacích jí lze dosáhnout pouze teoreticky. Vlivem nutnosti brát ohled např. na zaparkovaná vozidla, na nepřehledný terén, pohybující se chodce, apod. nemusí být reálné dané rychlosti využity (byť je legální a povolená).

Pro optimální vyřešení problému (nalezení parametrů BPR funkce) použijeme *Řešitele* v MSE. Pro správné fungování *Řešitele* je prioritní nejdříve nastavit účelovou funkci, která určuje kvalitu řešení daného problému. Je nutné zmínit, že není součástí *Řešitele* jako takového, protože je potřebné hodnotu funkce vypočítat v některé z buněk listu MSE pomocí vzorce a adresu této buňky do *Řešitele* zadat. Účelová funkce musí odrážet to, jak BPR funkce při prozkoumávaných hodnotách parametrů α a β odpovídá v průzkumu zjištěnému prodloužení cestovního času. Účelová funkce je založena na odchylkových proměnných, které vyjadřují hodnotu rozdílu mezi cestovním časem vypočteným podle funkce a cestovním časem zjištěným v reálné situaci. Účelová funkce představuje minimalizaci součtu těchto odchylek. V MSE je hodnota účelové funkce zjištěna pomocí funkce SUMA. Jednoduše řečeno, tyto odchylky udávají hodnoty, o kolik se liší přepočtená jízdní doba od jízdní doby zjištěné (naměřené) pro každé vozidlo se zámyslem, aby součet všech těchto odchylek byl minimalizován. Účelovou funkci popisuje vzorec (6).

$$z = \sum_{i=1 \rightarrow 50} (x_{i1} + x_{i2}) \rightarrow \min \quad [-] \quad (6)$$

kde:

z	hodnota účelové funkce (součet odchylek) [-];
x_{i1}	odchylková proměnná (plusová) [-];
x_{i2}	odchylková proměnná (mínusová) [-];
i	konkrétní vozidlo z intervalu $\langle 1; 50 \rangle$ [-];

za podmínek:

$$\left[T_{i-1} \cdot \left(1 + \alpha \cdot \left(\frac{l}{Q} \right)^\beta \right) \right] + x_{i1} - x_{i2} = T_{ii}$$

$$x_{i1}, x_{i2} \geq 0 \quad \text{pro } i = 1, \dots, 50 \quad (7)$$

Výše uvedená účelová funkce znázorněná vzorcem (6) včetně omezujících podmínek, vzorec (7), názorně popisuje celou situaci. Každé vozidlo má dvě individuální odchylkové proměnné x_1 a x_2 . Účelová funkce je vložena do jedné buňky listu MSE, kde je zvolena funkce SUMA pro součet odchylkových proměnných x_{i1} a x_{i2} pro množinu všech 50 vozidel.

Aby matematické programování fungovalo ideálně, musí být proveden další následný princip postupu v MSE, který nejlépe osvětlí pro 2 vozidla obrázek 15, kde se musí nastavit následující parametry a to podle vzorce (8).

vozidlo	T_i [min]	T_{i1} [min]	I [voz · h ⁻¹]	Q [voz · h ⁻¹]	α	β	Výpočet dle BPR funkce	Odchylka+	Odchylka-	T_i [min]
1	0,1333	0,1200	223	1714	0,15	0,15126266	0,1333	0	0	0,1333
2	0,0833	0,1200	223	1714	0,01	4,99943133	0,1200	0	0,03666671	0,0833

Obrázek 15 Ukázka použitých hodnot v MSE pro nastavení účelové funkce pro 2 vozidla

Zdroj: autor

Na obrázku 15 uvedený „Výpočet dle BPR funkce“ v řádku pro první vozidlo značí výpočet BPR funkce podle vzorce (3). Vpravo žlutě označená buňka T_i slouží pro kontrolu správnosti. Její výsledek označuje výsledek přičtený (x_{i1}) či odečtený (x_{i2}) o odchylkové proměnné od *Výpočtu dle BPR funkce* podle vzorce (8). Pro další vozidlo a až po 50. vozidlo je postup stejný. Tedy, příslušné odchylky udávají hodnotu větší či menší, než je přepočtená jízdní doba konkrétního vozidla a bez nich by nebylo možné najít optimální hodnoty hledaných parametrů. Z obrázku 15 je patrné, že hodnoty parametrů jsou hledány pro každé vozidlo individuálně (červené buňky).

$$T_{ii} = \left[T_{i-1} \cdot \left(1 + \alpha \cdot \left(\frac{I}{Q} \right)^\beta \right) \right] + x_{i1} - x_{i2} \quad [\text{min}] \quad (8)$$

kde:

- T_{ii} přepočtená jízdní doba jednoho vozidla [min];
- T_{i-1} cestovní čas bez kongesce (na nezátíženém úseku) [min];
- α, β hledané parametry zohledňující typ komunikace a místní podmínky [-];
- I dopravní zatížení (intenzita) přiřazené na úsek [voz · h⁻¹];
- x_{i1} odchylková proměnná (plusová) [-];
- x_{i2} odchylková proměnná (mínusová) [-].

Nyní lze přistoupit k nastavení Řešitele, který lze spustit v buňce, kde je vložena účelová funkce. V Řešiteli se musí nastavit omezující podmínky určující přípustnost řešení. Účelová funkce je zde minimalizována, tedy součet jednotlivých odchylek. Proměnné buňky jsou nastaveny na buňky hledaných parametrů (pro každé z 50. vozidel) a odchylek z čeho plyne, že tato varianta nalezne parametry pro každé vozidlo individuálně, což je patrné z obrázku 15. Pro parametr α bylo zvoleno rozmezí hledaných hodnot v intervalu $\langle 0,01;5 \rangle$ a pro parametr β hodnoty v intervalu $\langle 0,1;5 \rangle$. Omezující podmínky pro odchylkové hodnoty byly zvoleny tak, aby jejich hodnoty nebyly záporné. Nastavení parametrů Řešitele znázorňuje obrázek 16. Takto nastavené parametry Řešitele včetně účelové funkce budou použity u všech následných variant řešení, které používají pro získání BPR parametrů Řešitele a nebude tedy už potřeba výše zmiňovaná nastavení dále popisovat.

Obrázek 16 Nastavení omezujících podmínek v Řešiteli pro konstantní intenzitu

Zdroj: autor

Po spuštění našel Řešitel hodnoty parametrů BPR funkce pro každé vozidlo zvlášť dle výše uvedených podmínek, tedy α_i a β_i . Výsledné hodnoty hledaných parametrů zobrazuje tabulka 16.

Tabulka 16 Hodnoty hledaných parametrů při konstantní intenzitě

Parametry	$\bar{\alpha}$	$\bar{\beta}$	α_{\min}	α_{\max}	β_{\min}	β_{\max}	$\alpha_{\max} - \alpha_{\min}$	$\beta_{\max} - \beta_{\min}$
Konstantní intenzita	0,14	2,64	0,01	0,49	0,15	5,00	0,48	4,85

Zdroj: autor

Zde je ukázán rozdíl dílčích hodnot parametrů, z kterého vyplývají velké hodnoty variačního rozpětí mezi minimální a maximální hodnotou. Hledání parametrů při fixním využití dopravního zatížení pozemní komunikace má zde za následek, že každé vozidlo má jiné hodnoty hledaných parametrů s velkým rozptylem. Pro parametr α je rozptyl hodnot 0,48 a pro parametr β dosahuje 4,85. Průměrné hodnoty parametrů α a β jsou zde uvedeny pouze informačně pro určitou představu, protože průměrování je pro získání obecně (v traffic assignmentu) využitelných hodnot α a β nežádoucí právě díky velkým hodnotám variačního rozpětí a rozptylu.

3.1.2 List MSE – Okamžitá intenzita

Tento list je koncepčně obdobný jako list *Konstantní intenzita*, včetně dosažených hodnot, účelové funkce a omezujících podmínek, pouze je zde dopravní zatížení vyjádřeno okamžitou intenzitou. Tato okamžitá intenzita je přepočtena z naměřených okamžiků průjezdů po sobě následujících vozidel daného měření měřící osoby č. 1 v bodě A a platí zde stejný komentář jako v úvodu kapitoly 3.1.1. Parametry BPR funkce jsou zde opět hledány pro každé vozidlo zvlášť. Získání okamžitých intenzit popisuje vzorec (9).

$$I_i = \frac{3600}{t_{i+1} - t_i} \quad \text{pro } i = 1, \dots, 51 \quad [\text{voz} \cdot \text{h}^{-1}]; \quad (9)$$

kde:

I_i okamžitá intenzita mezi okamžiky průjezdů po sobě následujících vozidel [$\text{voz} \cdot \text{h}^{-1}$];

t_i čas průjezdu 1. vozidla bodem A [s];

t_{i+1} čas průjezdu 2. vozidla bodem A [s].

Z tohoto vzorce se získá okamžitá intenzita, která bude dosazena ke konkrétnímu vozidlu do vzorce (3). Z toho plyne, že každé vozidlo má ve většině případů jinou intenzitu,

kteřá dosahuje aktuálních hodnot příslušné dopravní situace. Mimo jiné je zde i patrné, proč dříve byla zavedena nutnost změření času průjezdu 51. vozidla.

Výsledná data jsou znázorněna v tabulce 17 a vykazují podobné vlastnosti a hodnoty jako při užití varianty s konstantní intenzitou.

Tabulka 17 Hodnoty hledaných parametrů při okamžitě intenzitě

Parametry	$\bar{\alpha}$	$\bar{\beta}$	α_{\min}	α_{\max}	β_{\min}	β_{\max}	$\alpha_{\max}-\alpha_{\min}$	$\beta_{\max}-\beta_{\min}$
Okamžitá intenzita	0,14	2,31	0,01	1,15	0,10	5,00	1,14	4,90

Zdroj: autor

I když se hodnoty parametrů BPR funkce hledají přímo k dvojici vozidel, resp. okamžitou intenzitou, získaná data nekořespondují s reálným stavem prostředí a především potřebou používat v modelech jedinou hodnotu každého parametru pro každý úsek. Řešitel MSE nalezne pro každé vozidlo rozdílné hodnoty hledaných parametrů. Při sjednocování parametrů 50 vozidel do jedné průměrné hodnoty vzniká velké zkreslení, což je třeba eliminovat, protože pro využití při modelování (traffic assignment) je potřebné mít pro každý úsek (a daný čas) pouze jednu hodnotu koeficientu α a jednu koeficientu β , a to platí i u předchozí varianty.

3.1.3 List MSE – Jednotné parametry při konstantní intenzitě

Tento list je kopií listu *Konstantní intenzita*, pouze je zde Řešitel nastaven tak, aby hodnoty parametrů byly hledány nikoli pro každé vozidlo zvlášť, jako předchozí varianty, ale pouze jako jedna hodnota každého hledaného parametru pro konkrétní posuzovanou pozemní komunikaci pro všechna vozidla. Omezující podmínky pro hledané parametry jsou zde nastaveny odlišně, jsou platné pouze pro dvě buňky, které slouží pro vkládání parametrů α a β , kde lze zkoumat varianty v intervalu $\langle 0,01;5,00 \rangle$ za účelem nalezení nejmenší hodnoty účelové funkce.

Tabulka 18 Hodnoty hledaných jednotných parametrů při konstantní intenzitě

Parametry	α	β
Jednotné parametry při konstantní intenzitě	0,01	1,92

Zdroj: autor

Výsledek je oproti předchozím variantám odlišný a znázorněný v tabulce 18. Hledané parametry dosahují menších hodnot a nejsou průměrovány.

3.1.4 List MSE – Jednotné parametry při okamžité intenzitě

Tato varianta je obdobou předchozího listu, kde platí všechny zmiňované skutečnosti až na podstatný fakt, že konstantní intenzita (fixní) je nahrazena intenzitou okamžitou. Získání dílčích hodnot okamžitých intenzit bylo popsáno již dříve. Řešitel vyřeší a zobrazí zadaný problém do buněk pro vkládání parametrů výsledek, který dosahuje hodnot znázorněných v tabulce 19 a je dosti odlišný od předchozích variant.

Tabulka 19 Hodnoty hledaných jednotných parametrů při okamžité intenzitě

Parametry	α	β
Jednotné parametry při okamžité intenzitě - Řešitel	0,06	0,75

Zdroj: autor

Kombinace parametrů při okamžité intenzitě, která je přepočtena z naměřených okamžiků průjezdů po sobě následujících vozidel, pracuje s okamžitými hodnotami dopravního zatížení (intenzitou) a výsledek není opět průměrován.

3.1.5 Listy MSE – VýpočetMakro, MakroVýsledky

List VýpočetMakro pracuje s okamžitou intenzitou a Řešitel je nahrazen naprogramovaným algoritmem v Makru. Při spuštění výpočtu (zmáčknutím tlačítka) se začnou prověřovat všechny varianty řešení, kdy hodnoty parametru α jsou dosazovány v intervalu $\langle 0,01; 5,00 \rangle$ s krokem 0,01 a β v intervalu $\langle 0,1; 5,00 \rangle$ s krokem 0,1 a u každé varianty je zaznamenána dosažená hodnota účelové funkce. Vybrána je varianta s nejmenším součtem odchylek. Doba celkové početní operace pro kombinaci 25 500 výpočtů je závislá na výkonnosti použité výpočetní techniky a může dosahovat až 30 min! Požadovaný výsledek včetně všech hodnot, kombinací a příslušných odchylek se zobrazí na listu MakroVýsledky.

Tabulka 20 Hodnoty hledaných jednotných parametrů při okamžité intenzitě v Makru

Parametry	α	β
Jednotné parametry při okamžité intenzitě - Makro	0,07	0,7

Zdroj: autor

Tabulka 20 znázorňuje hodnoty hledaných parametrů, které mají součet odchylek od požadovaného výsledku minimální.

3.1.6 List MSE – Celkové Výsledky

Do tohoto listu jsou vložena (propojena) důležitá data ze všech listů MSE. Zde jsou zobrazeny především hodnoty hledaných parametrů všech variant řešení.

Dále zde jsou uvedena následující doplňková data: poměr jednotlivých druhů vozidel z celkového počtu 50 posuzovaných vozidel, poměr vozidel překračující povolenou maximální rychlost a poměr nedodržení bezpečného časového odstupu mezi vozidly podle kategorie (druhu) vozidel. Průměrná hodnota minimálního odstupu dosahuje 2,5 s. (25) Zmiňovaná doplňková data poslouží k posouzení aktuálních stavů dopravních situací při jednotlivých průzkumech a přidávají práci větší hodnotu.

3.1.7 Dílčí závěr

V této kapitole bylo vyzkoušeno několik možných variant výpočtových technik se záměrem konečného výběru jedné nejvhodnější pro získání korektních hodnot hledaných parametrů na základě především vyjádření účelové funkce (tabulka 21) tak, aby byla minimalizována. Je zde i více ovlivňujících faktorů, které se musely posoudit pro výběr vhodného přístupu k řešení.

Jednotlivé varianty podle zvoleného vyjádření intenzity poukázaly na vhodnost užití okamžité intenzity, kdy výsledek je mnohem přesnější. **Okamžitá intenzita popisuje aktuální obraz dopravní situace pro každou dvojici vozidel.** Použitím konstantní intenzity jsou jednotlivé hodnoty průměrovány a dopravní situace je zkreslená.

Je nutné zmínit, že pro využití v dopravním modelování (traffic assignment) je pro jednu pozemní komunikaci (jeden posuzovaný úseku) nutné nalézt pouze jednu hodnotu parametru α a jednu hodnotu parametru β . Proto zmiňované varianty, které mají ve výsledku více hodnot parametrů, resp. pro každé vozidlo jiné, jsou nevhodné pro další použití.

Celkové výsledné hodnoty hledaných parametrů včetně hodnot účelových funkcí pro všechny varianty přístupů řešení zobrazuje tabulka 21. I když hodnoty účelových funkcí dosahují pro první dvě varianty přístupu řešení nejmenších hodnot, nelze je doporučit. Část odchylek je v tomto případě přesunuta do oblasti využití konstantní (průměrné) intenzity

pro každé vozidlo, zatímco hodnota okamžité intenzity může být velmi odlišná. Toto ovšem účelová funkce v tomto případě nepokrývá.

Tabulka 21 Výsledné hodnoty hledaných parametrů při všech variantách přístupů řešení

Varianty podle přístupu řešení	α	β	Získaná hodnota účelové funkce
Konstantní intenzita	0,14	2,64	0,4577
Okamžitá intenzita	0,14	2,31	0,3839
Jednotné parametry při konstantní intenzitě	0,01	1,92	0,8667
Jednotné parametry při okamžité intenzitě - Řešitel	0,06	0,75	0,8427
Jednotné parametry při okamžité intenzitě - Makro	0,07	0,70	0,8427

Zdroj: autor

Účelová funkce nabývá nejmenší hodnoty při variantě přístupu řešení použitím jednotných parametrů při okamžité intenzitě naprogramovaným algoritmem v Makru stejně, jako v Řešiteli. Je vidět, že i řešení úlohy matematického programování v Řešiteli je využitelné s akceptovatelnou kvalitou. Dále je patrné, že úloha má více ekvivalentních řešení, ale minimální hodnoty účelové funkce (což je rozhodující) bylo dosaženo v obou řešeních. Pro využití přístupu (úplného) prohledávání variant s využitím Makra hovoří i to, že intervaly dosazovaných hodnot a jejich krok lze snadno upravit (změnit) tak, aby byla prohledána všechna „smysluplná“ řešení. Řešení v Řešiteli je závislé na nastavení parametrů výpočtu vč. kritéria konvergence (ve volbě Možnosti), kdy tyto parametry výpočtu jsou méně názorně interpretovatelné ve srovnání s nastavením parametrů v metodě prohledávání variant (v Makru).

Z výše uvedených komentářů a na základě velkého množství dílčích jednotlivých početních experimentů byla vybrána pro následné vyhodnocení vztahu posuzovaných veličin nejvhodnější varianta, a to **„jednotné parametry při okamžité intenzitě naprogramovaným algoritmem v Makru“**.

Vytvořený početní algoritmus je ideální pro získání nejpřesnějších potřebných dat. Doba početní operace pro vyhodnocení jednoho měření (konkrétního souboru 50 vozidel) je vlivem výkonnosti výpočetní techniky autora redukována z 30 na 10 min, což však představuje pro vyhodnocení všech měření 1 200 min! Bude použita i varianta jednotných parametrů při okamžité intenzitě pomocí Řešitele, která poslouží pouze pro srovnání.

3.2 Obecné vyhodnocení posuzovaných úseků

Data, která se získají konkrétními průzkumy, jsou rozhodující pro následná vyhodnocení. Proto je třeba si uvědomit, že tato data se musejí velice citlivě rozklíčovat. Jedná se o velké množství konkrétních výstupů při zvolené metodice.

Volba získání hodnot hledaných parametrů pomocí BPR funkce je prioritní pro celkové posouzení daného vztahu, ale je zde i řada dalších podstatných ovlivňujících faktorů. Závislost cestovního času na intenzitě dopravního proudu je nutné posoudit na základě kapacity daného úseku a rychlostí, kterých zde vozidla dosahují. Jednotlivé rychlosti všech 50 vozidel (při jednom měření) jsou velice důležité pro posouzení získaných (vypočítaných) hodnot parametrů α a β BPR funkce. Dále je vhodné dílčí časy průjezdu úsekem zahrnout do bodových grafů, které ideálně názorně popíší hledanou závislost podle níže zvolených kroků vyhodnocení.

K získání a porovnání jednotlivých parametrů BPR funkce se nabízí několik možných přístupů a variant řešení. Jestliže se získá tak velké množství dat, není úplně nutné rozklíčovat problém jednou variantou. Je vhodné celé práci přidat další přidanou hodnotu. Proto se parametry budou získávat (vyhodnocovat) následovně v těchto krocích:

1. Vyhodnocení parametrů za daný statistický vzorek (50 vozidel) pro všechna měření.
2. Vyhodnocení parametrů pro všechna měření konkrétního posuzovaného úseku dle zvolené varianty z metodiky provádění průzkumů (800 vozidel).
3. Vyhodnocení parametrů pro celé prostředí města Pardubic (6 400 vozidel).

Krokem č. 1 se získají parametry BPR funkce pro všechna jednotlivá měření individuálně. Jedná se o prioritní základ vyhodnocení posuzovaných veličin. Následný krok získá hledané parametry pro všechna měření na dílčích úsecích pro každou variantu dle harmonogramu měření. Poslední krok představuje sloučení všech měření pro získání parametrů celého prostředí města Pardubic.

Počáteční měření poukázalo na nutnost tzv. „upgradu“ pouze určitých konkrétních částí v celkové metodice. V dopravním proudu nebudou sledovány podle druhu (kategorie) vozidel cyklisté. Ukázalo se, že jejich poměr je zanedbatelný. Budou odstraněny formuláře pro zápis jednotlivých měření. Zápisy do formulářů a jejich následná editace do excelovských tabulek by představovala celkově přepis 24 000 dílčích časů. Z tohoto důvodu budou časy

editovány přímo po posouzení úseků pouze do excelovských tabulek. Veškeré statistické vzorky pro všechna měření budou znázorněna v příloze F, což je příložený Compact Disc Read-Only Memory (CD-ROM disk). Zde jsou vložena data z jednotlivých měření podle názvu posuzovaných úseků do konkrétních excelovských složek, které jsou ještě rozděleny a pojmenovány podle varianty měření. Nachází se zde i všechny zjištěné parametry BPR funkce pro všechna jednotlivá měření.

3.3 Vyhodnocení posuzovaných úseků ve zvolených časech

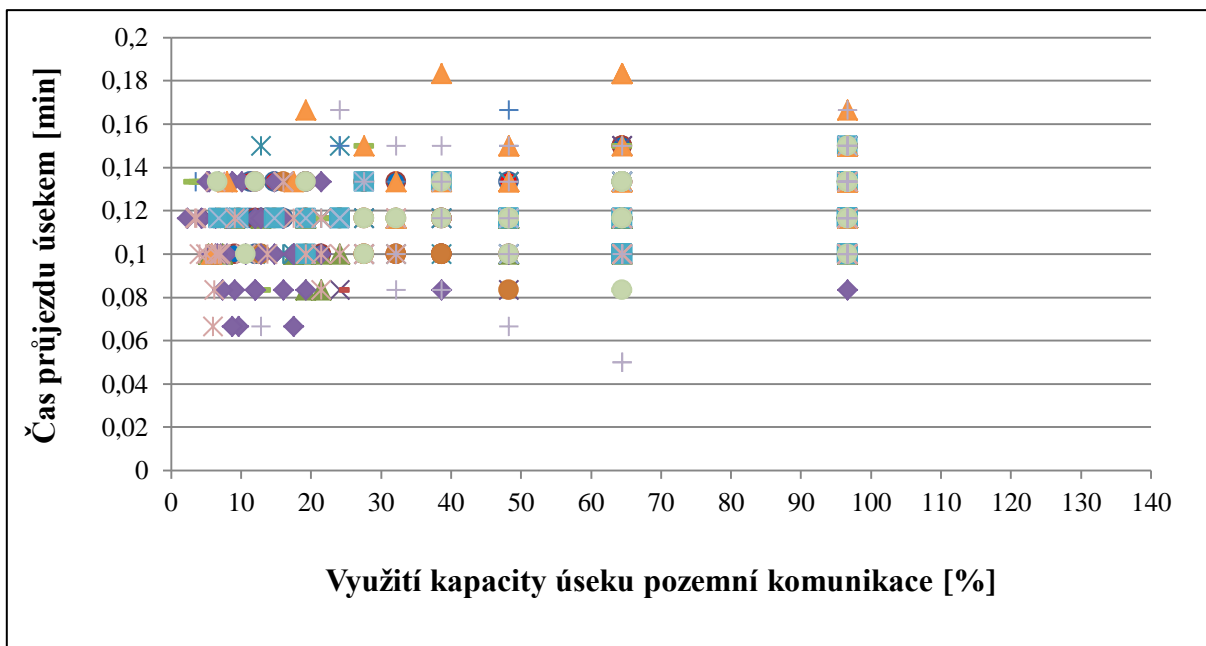
Záměrem této varianty měření je získání vhodných dat tak, aby na všech zvolených úsecích bylo pokryto časové období od 7:00 hod do 22:00 hod, vždy se začátkem v „celou hodinu“. Získaná data poslouží k vyhodnocení každého úseku pro každou hodinu ve vybraném časovém rozmezí dle harmonogramu měření a dalších výše uvedených podstatných ovlivňujících faktorů.

Následující bodové grafy v této kapitole ukazují pro všechny úseky jednotlivá měření pro 50 vozidel při 16 měření, tedy vzorky 800 cestovních časů. Z důvodu kompromisu a redukce nebudou uvedeny bodové grafy pro jednotlivá měření včetně jejich popisů získaných parametrů, protože by to rozsahem značně překračovalo diplomovou práci. Všechny komentáře v této kapitole budou zaměřeny především na posouzení cestovních časů a intenzit dopravního proudu, čili vyhodnocení hledaného vztahu.

3.3.1 Ulice kpt. Jaroše

Tento úsek se od začátku měření vyznačoval velkou intenzitou dopravního proudu, kde vozidla vykazovala podobné hodnoty po celý den. V příloze F jsou znázorněna všechna důležitá získaná data, včetně parametrů této pozemní komunikace.

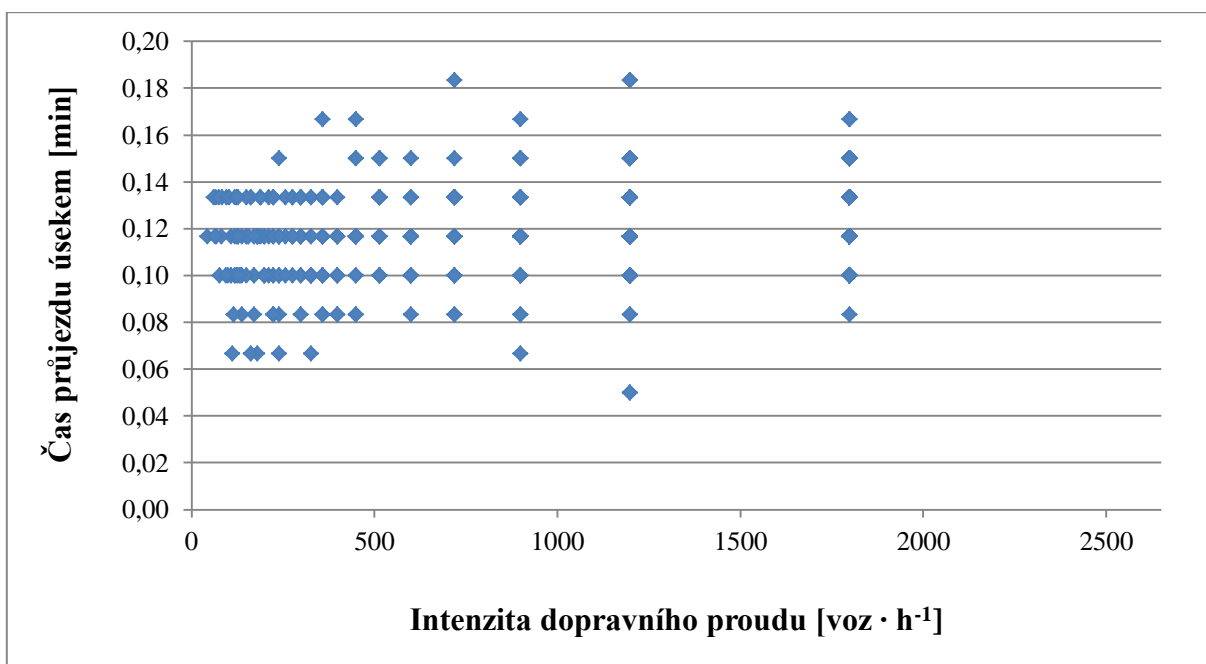
Z obrázku 17 je patrné, že na měřeném úseku zjištěný cestovní čas na poměru využití kapacity komunikace závisí pouze rámcově.



Obrázek 17 Celkové vyhodnocení úseku č. 1 ve zvolených časech

Zdroj: autor

Celkový průměrný cestovní čas je 0,12 min. Vypočítané parametry BPR funkce dosahují hodnot: $\alpha=0,15$ a $\beta=0,1$. Je zřejmé, že využití kapacity tohoto úseku pozemní komunikace je nejčastější v rozmezí od 5 % do 25 %.



Obrázek 18 Vyhodnocení úseku č. 1 v závislosti na intenzitě dopravního proudu

Zdroj: autor

Dalším záměrem této práce bylo se zaměřit i na samotnou intenzitu dopravního proudu. Obrázek 18 znázorňuje časy průjezdu úsekem v ulici kpt. Jaroše v závislosti na intenzitě dopravního proudu. Kapacita tohoto úseku je $1\,861 \text{ voz}\cdot\text{h}^{-1}$, což představuje 100% intenzitu. Při porovnání obrázků 17 a 18 jsou bodové hodnoty v grafech totožné. I přes tuto skutečnost budou dále grafy s intenzitou dopravního proudu zobrazovány. Poslouží to zejména pro možnost porovnání jednotlivých úseků navzájem, bylo-li by při tomto porovnávání přihlíženo pouze k intenzitě (byť vyjádření vzhledem k podílu využití ku kapacitě je praktičtější). Dalším důvodem je, že minimálně v některých případech byla kapacita stanovena odhadem. Vyjádření ve vztahu k intenzitě tak může případně umožnit korekci hodnot, bylo-li třeba vyjádřit kapacitu jinak (vyjádřit nové poměrné hodnoty). Poměr zatížení a kapacity v daných 16 měření dosáhl průměrné hodnoty 39,60 %.

Tabulka 22 Hodnoty získaných parametrů BPR funkce – ulice kpt. Jaroše

Varianta pro vyhodnocení parametrů	Parametr α	Parametr β	Min. součet odchylek
800 vozidel	0,15	0,1	10,51

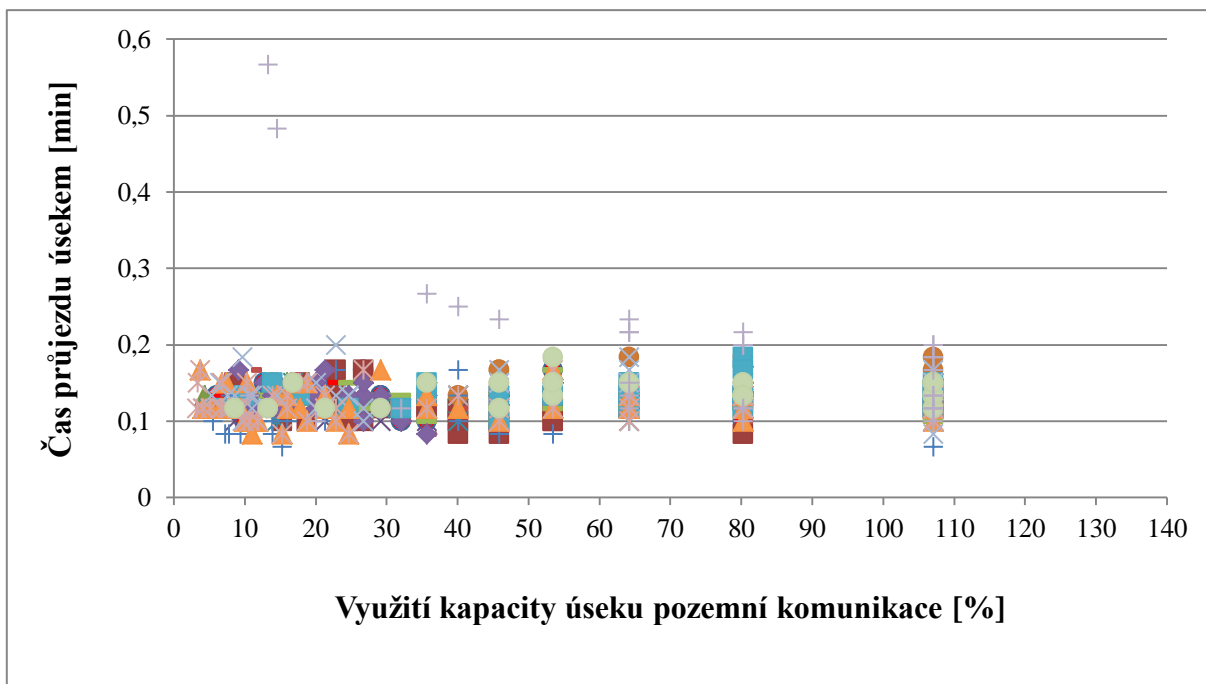
Zdroj: autor

Tabulka 22 prezentuje již zmiňované hodnoty parametrů BPR funkce, které budou posouzeny v dílčím závěru této kapitoly.

3.3.2 Ulice kpt. Bartoše

Tento úsek pozemní komunikace se vyznačuje citlivostí na dopravní špičky a dopravní sedla. Všechny naměřené a vypočítané hodnoty jsou uvedeny v příloze H. Celkový průměrný cestovní čas dosahuje 0,13 min, což je patrné z obrázku 19. Nejčastější využití kapacity tohoto úseku pozemní komunikace se pohybuje v rozmezí od 5 % do 45 %. Je zde zjevné jedno měření, kde hodnoty mají opačný průběh. To je zapříčiněno především dvěma vozidly, která dosahovaly malé rychlosti, resp. jejich časy průjezdu úsekem byly 0,56 min a 0,47 min.

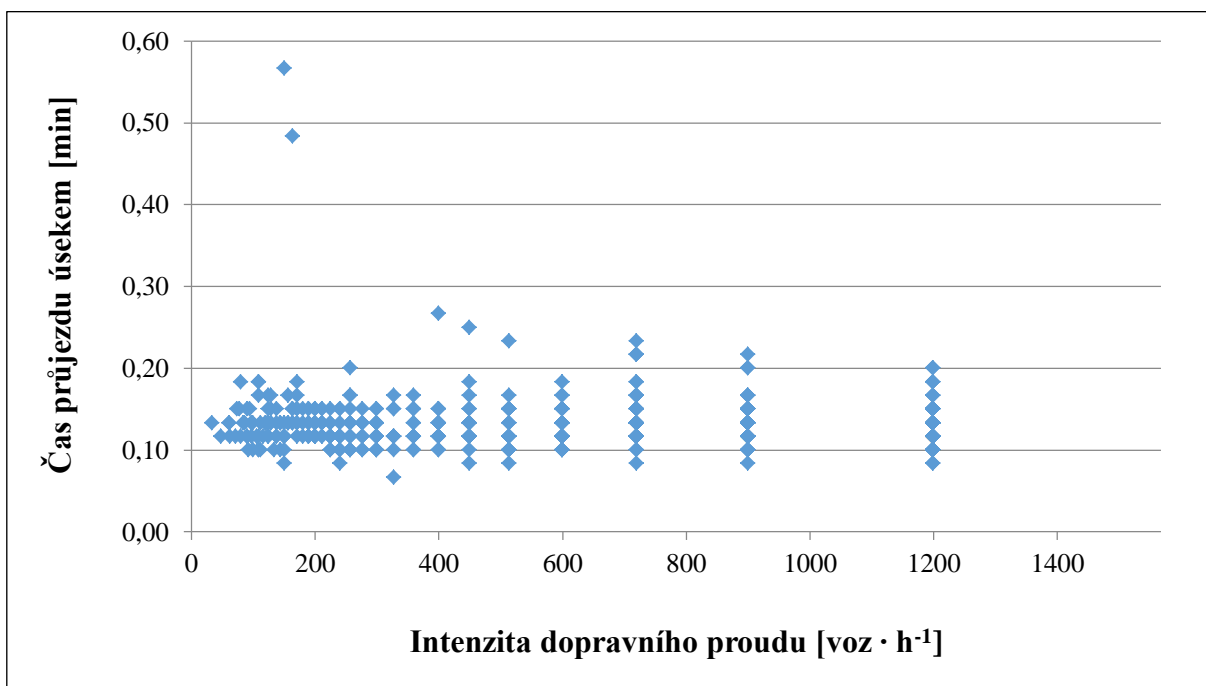
Kapacita na tomto úseku pozemní komunikace je $1\,120 \text{ voz}\cdot\text{h}^{-1}$. Při porovnání obrázku 20 s obrázkem 19 je opět zjevná totožná shoda. Je zde několik vozidel, které dosahují hodnot nad 100% využití kapacity tohoto úseku.



Obrázek 19 Celkové vyhodnocení úseku č. 2 ve zvolených časech

Zdroj: autor

Je to způsobeno chováním řidičů, kteří překročili povolenou rychlost, a k tomu nedodrželi časový bezpečný odstup mezi vozidly.



Obrázek 20 Vyhodnocení úseku č. 2 v závislosti na intenzitě dopravního proudu

Zdroj: autor

Proto intenzita dopravního proudu překročila kapacitu úseku a dosahovala hodnot 1 200 voz·h⁻¹. Poměr zatížení a kapacity v daných 16 měření dosáhl průměrné hodnoty 36,87 %.

Tabulka 23 Hodnoty získaných parametrů BPR funkce – ulice kpt. Bartoše

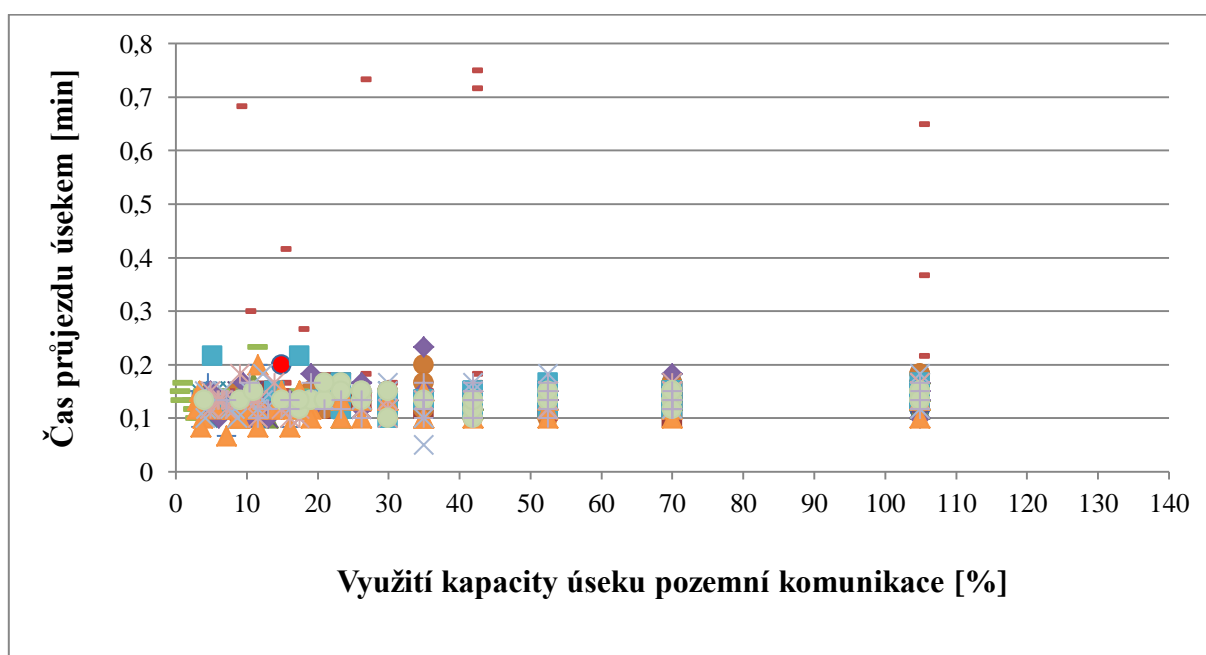
Varianta pro vyhodnocení parametrů	Parametr α	Parametr β	Min. součet odchylek
800 vozidel	0,11	0,1	14,08

Zdroj: autor

Výsledné hodnoty parametrů BPR funkce jsou znázorněny v tabulce 23. Parametr α dosahuje menší hodnoty, což je zapříčiněno menší maximální povolenou rychlostí na tomto úseku než u předchozího úseku. U parametru β je výsledek totožný.

3.3.3 Ulice Jana Palacha

Tato ulice, resp. posuzovaný úsek, byl vybrán záměrně, protože zde v dopravních špičkách dochází k velkým kongescím a je to tedy vhodné prostředí pro modelování cestovního zdržení. Veškerá získaná data jsou uvedena v příloze I. Průměrný cestovní čas dosahoval hodnoty 0,14 min a využití kapacity pozemní komunikace se pohybovalo v rozmezí od 5 do 35 %.

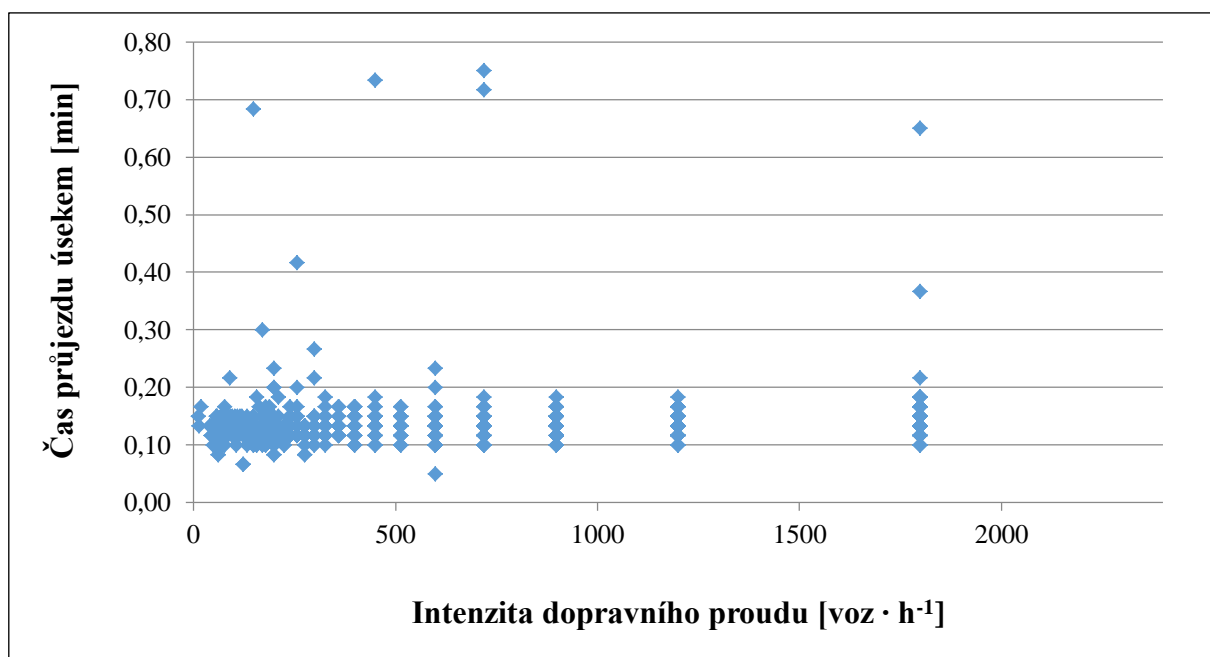


Obrázek 21 Celkové vyhodnocení úseku č. 3 ve zvolených časech

Zdroj: autor

Z obrázku 21 je patrné jedno měření, při kterém začalo v průběhu docházet ke kongesci. Cestovní čas se rapidně začal prodlužovat, proto časy některých vozidel dosahují velkých hodnot. Následně došlo k rozjezdu této kolony až do normálních hodnot cestovního času tohoto úseku.

Kapacita tohoto úseku je $1\,714 \text{ voz} \cdot \text{h}^{-1}$ a opět je zde zřejmé překročení intenzity dopravního proudu u některých vozidel, což je znázorněno na obrázku 22. Je to vlivem chováním řidičů. Poměr intenzit ke kapacitě tohoto úseku byl při všech měřeních 21,52 %, což je poměrně malé využití pozemní komunikace.



Obrázek 22 Vyhodnocení úseku č. 3 v závislosti na intenzitě dopravního proudu

Zdroj: autor

Hodnoty hledaných parametrů jsou znázorněny v tabulce 24. Parametr α dosahuje větší hodnoty než u předchozího úseku, který má stejnou maximální povolenou rychlost.

Tabulka 24 Hodnoty získaných parametrů BPR funkce – ulice Jana Palacha

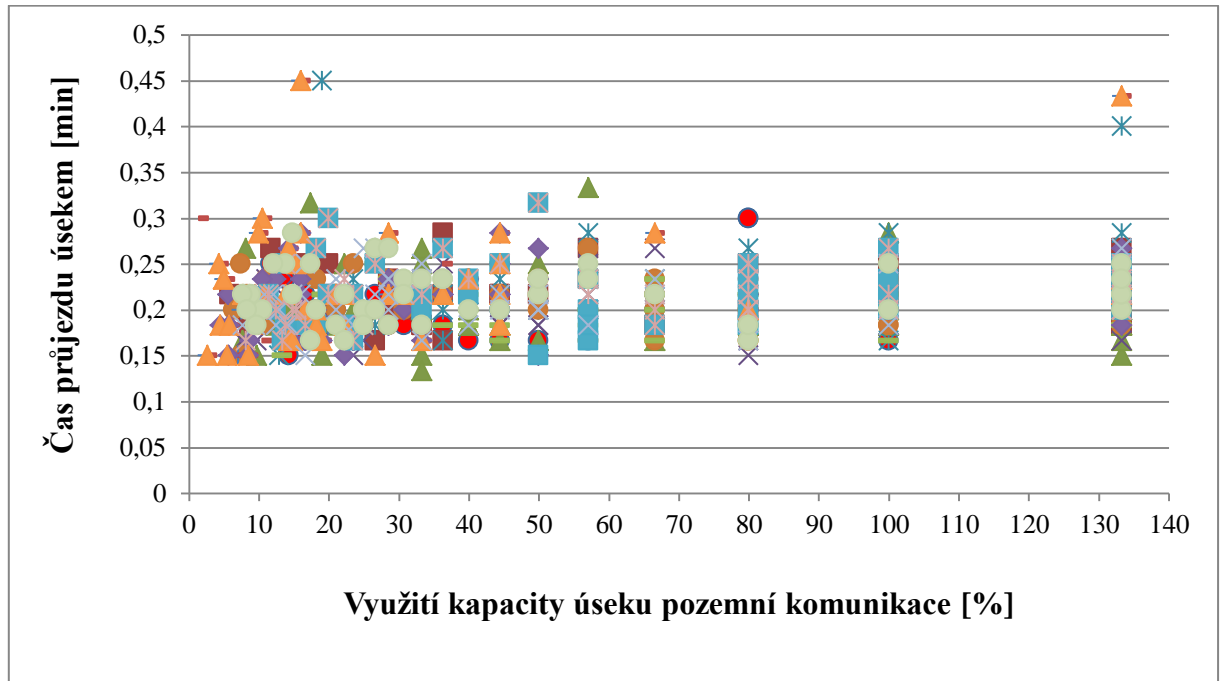
Varianta pro vyhodnocení parametrů	Parametr α	Parametr β	Min. součet odchylek
800 vozidel	0,12	0,1	15,79

Zdroj: autor

Záměrně byly vybrány úseky se stejnou rychlostí, aby bylo možné je následně porovnat. Výsledné hodnoty poukazují na skutečnost, že nepatrný rozdíl mezi těmito komunikacemi je především způsoben chováním jednotlivých řidičů.

3.3.4 Ulice Labská

Tento úsek se svým průběhem nejvíce podobá průběhu BPR funkci. Cestovní čas na tomto úseku dosahoval průměrné hodnoty 0,215 min. Všechna zjištěná data jsou zobrazena v příloze J.

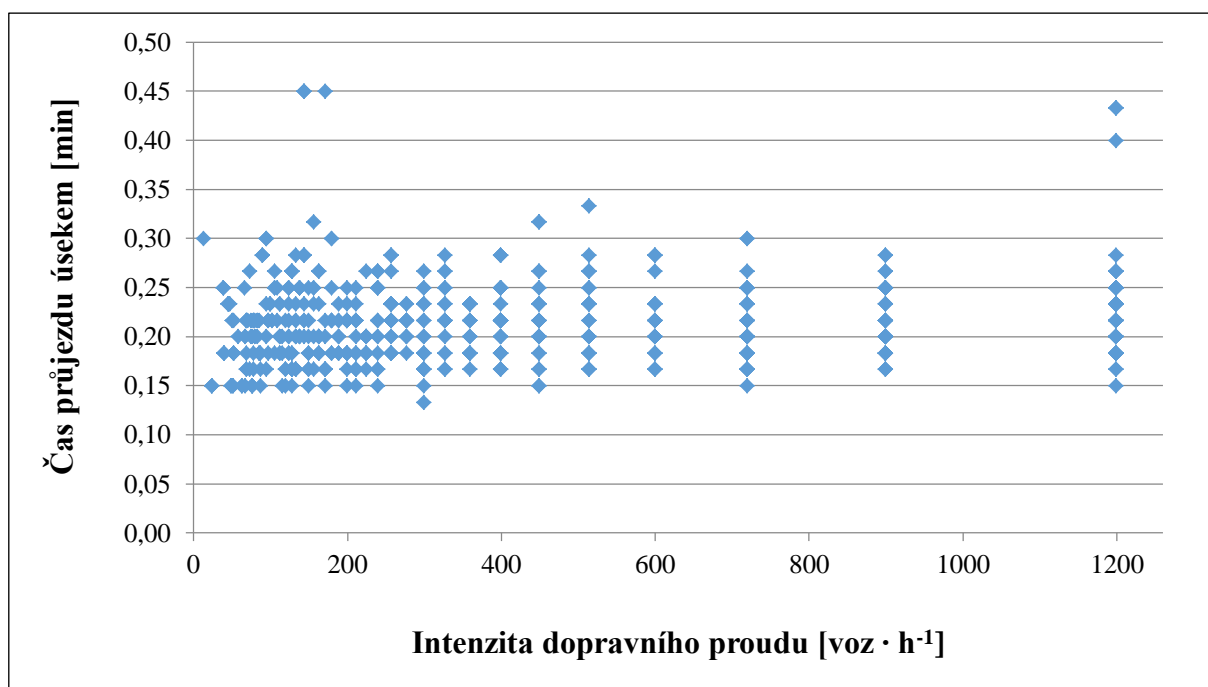


Obrázek 23 Celkové vyhodnocení úseku č. 4 ve zvolených časech

Zdroj: autor

Využití kapacity pozemní komunikace se pohybuje v rozmezí od 5 do 40 %. Všechny cestovní časy jsou zobrazeny na obrázku 23. Při této variantě měření bylo jedno měření v době začátku 22:00 hod ukončeno v čase 22:45 hod, protože úsekem projelo v tomto časovém rozpětí pouze 40 vozidel. Proto tato varianta pracuje se 750 cestovními časy.

Poměr dopravního zatížení a kapacity v daných 16 měření dosáhl průměrné hodnoty 30,44 %. Celkové vyhodnocení tohoto úseku poukazuje na značné překročení kapacity této pozemní komunikace, která je $900 \text{ voz}\cdot\text{h}^{-1}$. Způsobilo to chování některých řidičů.



Obrázek 24 Vyhodnocení úseku č. 4 v závislosti na intenzitě dopravního proudu

Zdroj: autor

Obrázek 24 popisuje průběh jednotlivých intenzit dopravního proudu a je opětovně totožný s hodnotami na obrázku 23.

Tabulka 25 Hodnoty získaných parametrů BPR funkce – ulice Labská

Varianta pro vyhodnocení parametrů	Parametr α	Parametr β	Min. součet odchylek
750 vozidel	0,08	0,1	22,52

Zdroj: autor

Zjištěné hodnoty hledaných parametrů jsou znázorněny v tabulce 25. Parametr α dosahuje nejmenší hodnoty ze všech doposud vyhodnocených úseků, což přesně odpovídá definici BPR funkce.

3.3.5 Dílčí závěr

V této práci bylo již několikrát zmiňováno, že průměrování dat je nežádoucí. Pro vyvození závěru je však vhodné průměrování využít či použít pro konkrétnější popis daného problému. V tabulce 26 jsou porovnány získané hodnoty parametrů pro dvě varianty vyhodnocení parametrů.

Tabulka 26 Hodnoty získaných parametrů BPR funkce na posuzovaných úsecích ve zvolených časech

Varianty na posuzovaných úsecích		Parametr α	Parametr β	Průměrná odchylka
Ulice kpt. Jaroše	800 vozidel	0,15	0,1	0,013
	Průměr z jednotlivých 16 měření	0,18	0,44	0,011
Ulice kpt. Bartoše	800 vozidel	0,11	0,1	0,017
	Průměr z jednotlivých 16 měření	0,08	0,64	0,016
Ulice Jana Palacha	800 vozidel	0,12	0,1	0,019
	Průměr z jednotlivých 16 měření	0,13	0,58	0,018
Ulice Labská	750 vozidel	0,08	0,1	0,029
	Průměr z jednotlivých 16 měření	0,07	0,70	0,028

Zdroj: autor

Jelikož se jedná o **porovnání hodnot**, je potřebné získané hodnoty zprůměrovat a to tak, že jednotlivé minimální součty odchylek se vydělí příslušným počtem zahrnutých vozidel. Pro 800 vozidel se získaná hodnota minimálního součtu odchylek vydělí číslem 800, pro průměr z jednotlivých 16 měření číslem 50 a to u všech posuzovaných úseků. Dostaneme tedy průměrnou odchylku připadající na 1 vozidlo v daném vzorku. V tabulce jsou již uvedeny přepočtené hodnoty průměrných odchylek a to výše uvedeným způsobem. Tento komentář bude platit i pro tabulky 31 a 34.

Je zřejmé, že při použití varianty pro 800 vozidel jsou průměrné odchylky vyšší oproti variantě při vyhodnocení každého měření (50 vozidel) zvlášť. To značí nepřesnost získaných vzorků při variantě pro 800 vozidel. Hodnoty parametrů jsou pro parametr α téměř totožné, ale pro parametr β je zde velký rozdíl. Parametr β je závislý na stavebním uspořádání dané komunikace, ale reálná situace tomu neodpovídá. Ulice Labská by měla mít nejmenší hodnotu parametru β , ale naopak má nejvyšší. Může za to skutečnost, že je překročen mnoha vozidly cestovní čas na nezatíženém úseku a křivka BPR funkce je tedy posunuta směrem nad tuto hodnotu, což bude ještě podrobněji objasněno.

Jelikož je výpočet pro získání hledaných parametrů BPR funkce přizpůsoben tak, aby byl nalezen výsledek, kde je součet odchylek od požadovaného výsledku minimální, tak by bylo relevantnější použít výsledné hodnoty parametrů z průměru jednotlivých 16 měření a považovat je za doporučující. Je potřebné zmínit, že závislost prodloužení cestovního času není jednoznačná a v mnoha případech podléhá náhodným vlivům. Pro ideálnější celkovou funkčnost BPR funkce by bylo za potřebí většího dopravního zatížení.

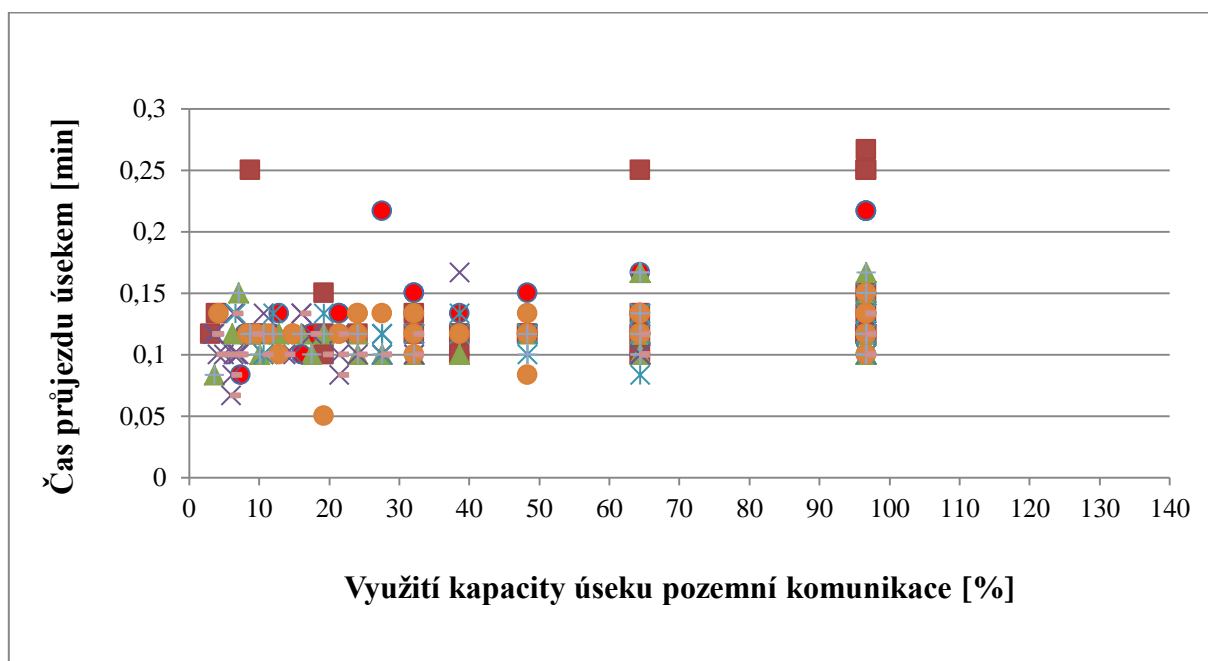
3.4 Vyhodnocení posuzovaných úseků ve stejný čas různých dnů

Tato varianta vyhodnocení je zvolena tak, aby vybrané úseky byly posouzeny vždy ve stejný čas různých dnů převážně ve špičkových hodinách podle harmonogramu měření, který je zobrazen v tabulce 8. Získané hodnoty se vyhodnotí s cílem porovnání jednotlivých výkyvů cestovních časů v závislosti na intenzitě dopravního proudu daného úseku, resp. na poměru této intenzity ke kapacitě úseku.

Nebudou opět posouzena všechna měření individuálně, ale vyhodnocení pomocí bodových grafů bude rozděleno do jednotlivých konkrétních zvolených časů (400 vzorků) a následně celkově pro všech 800 vzorků každého úseku.

3.4.1 Ulice kpt. Jaroše

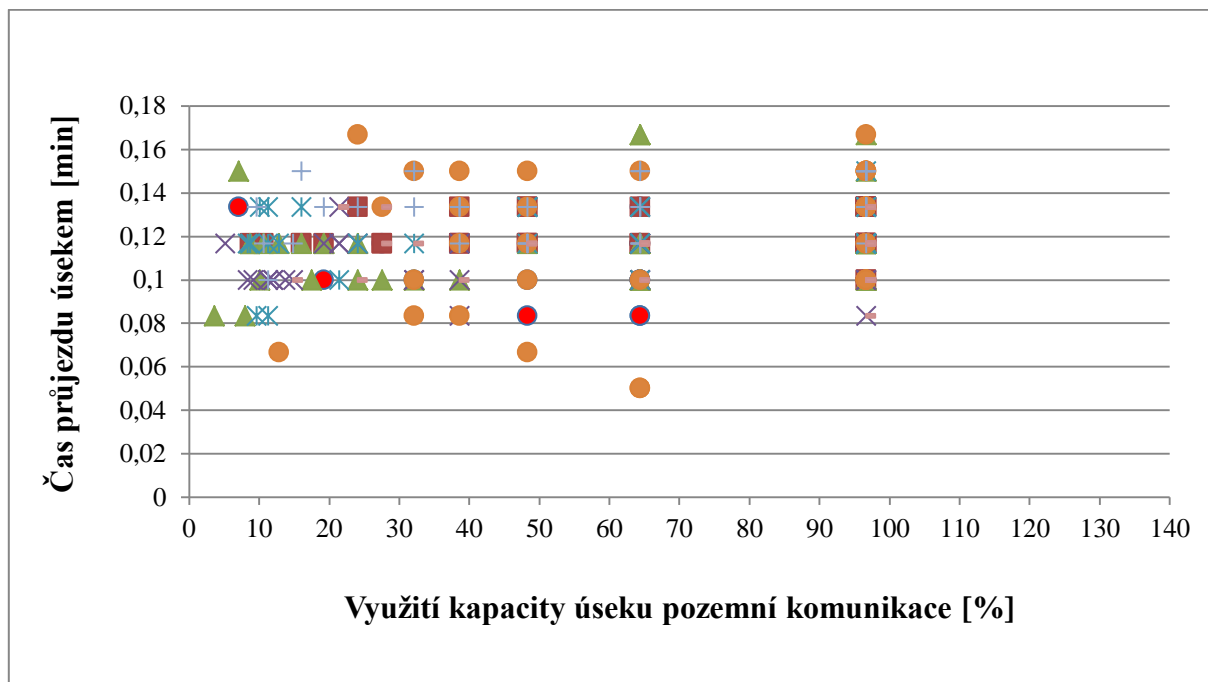
První vyhodnocení je zvoleno na začátek měření vždy v 7:00 hod, kde bylo provedeno 8 měření v tento čas, ale jiný den. Průměrný cestovní čas dosahoval 0,12 min. Obrázek 25 zobrazuje všechny cestovní časy. Zde je patrné prodloužení cestovních časů u 4 vozidel při jednom měření, kde první vozidlo bylo nákladní, které se pohybovalo malou rychlostí a zpomalilo vozidla za sebou. Poměr intenzit dopravního proudu ke kapacitě tohoto úseku dosahoval 29,01 %. Podrobná data jsou v příloze K.



Obrázek 25 Vyhodnocení úseku č. 1 ve stejný čas náhodných dnů – 7:00 hod

Zdroj: autor

Další vyhodnocení bylo zvoleno na začátek měření v 15:00 hod, kdy na tomto úseku začíná dopravní špička. Průměrný cestovní čas pro tento vzorek dosahoval 0,128 min, což je delší cestovní čas, než u předchozí varianty.



Obrázek 26 Vyhodnocení úseku č. 1 ve stejný čas náhodných dnů – 15:00 hod

Zdroj: autor

Zde je však značný nárůst intenzity dopravního proudu, kde poměr intenzit ke kapacitě byl 47,87 %. Z obrázku 26 je patrný větší časový rozptyl cestovních časů, který dosahoval 0,10 min. Všechna data jsou vložena do přílohy L.

Celkové vyhodnocení úseku č. 1 ve stejný čas náhodných dnů je znázorněno na obrázku 27, kde průměrný cestovní čas je 0,125 min. Nejčastější využití kapacity úseku pozemní komunikace se pohybovalo v rozmezí od 5 do 35 %.

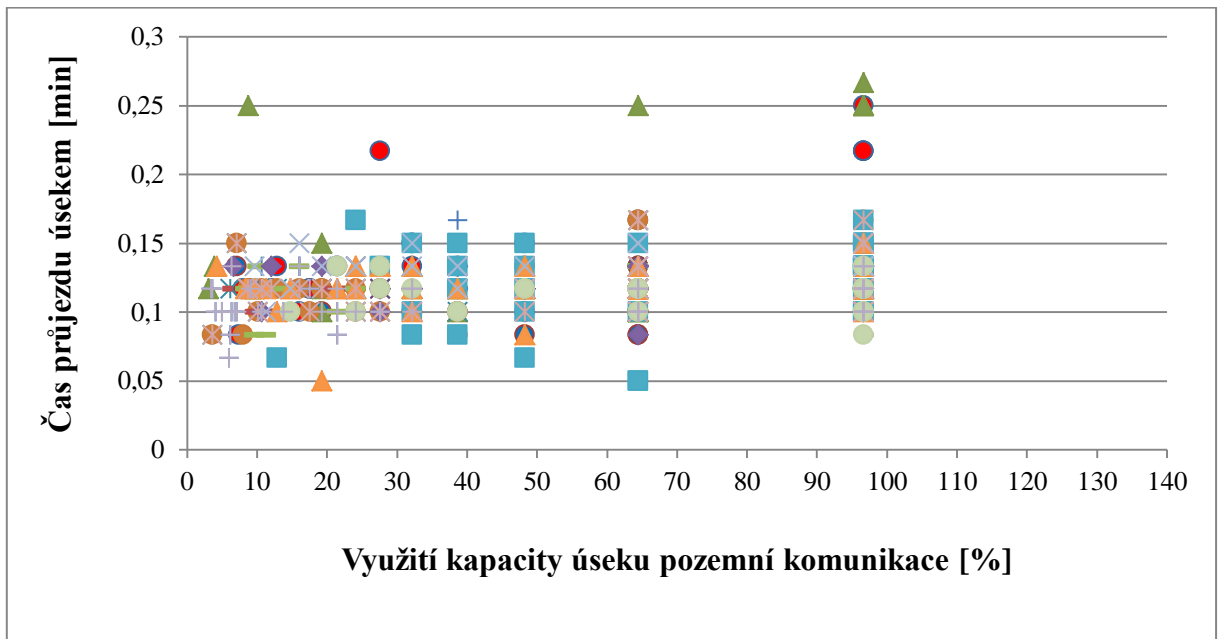
Tabulka 27 Hodnoty získaných parametrů BPR funkce ve stejný čas – ulice kpt. Jaroše

Varianta pro vyhodnocení parametrů	Parametr α	Parametr β	Min. součet odchylek
800 vozidel	0,14	0,1	11,64

Zdroj: autor

Výsledné hodnoty parametrů jsou uvedeny v tabulce 27 a všechna získaná data jsou zobrazena v příloze M. Jelikož je využití kapacity podobné jako u předchozí varianty měření

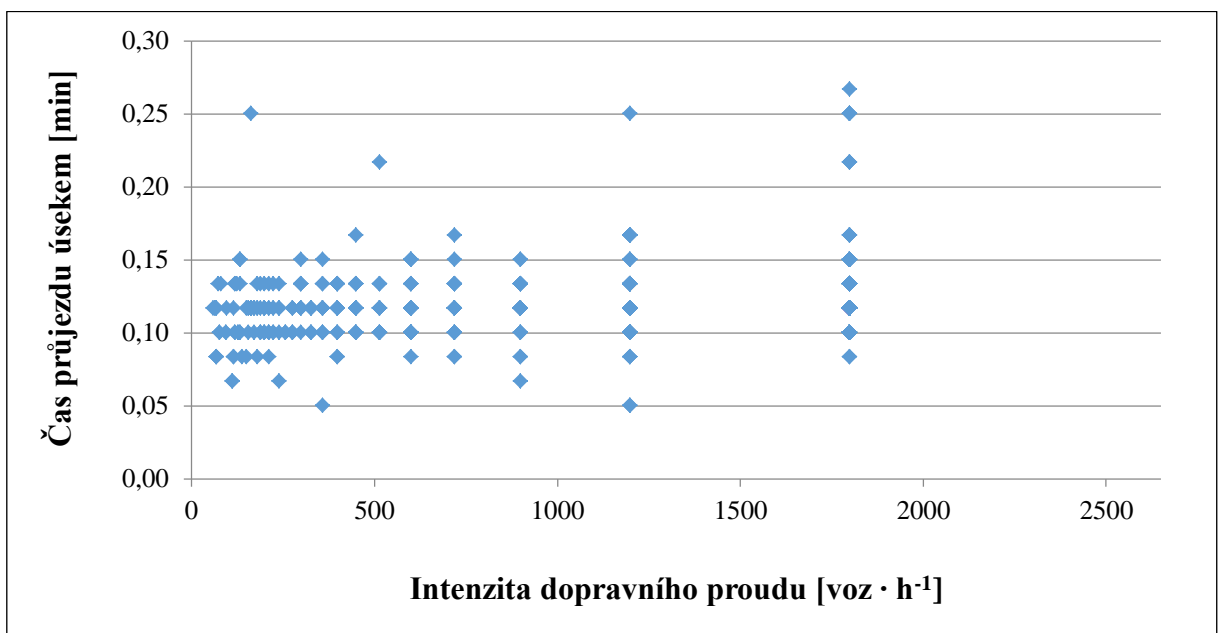
na tomto úseku, tak hodnoty parametrů BPR funkce dosahují podobných hodnot včetně účelové funkce.



Obrázek 27 Celkové vyhodnocení úseku č. 1 ve stejný čas náhodných dnů

Zdroj: autor

Následující obrázek 28 znázorňuje vztah mezi intenzitou dopravního proudu a časem průjezdu úsekem jednotlivých vozidel.



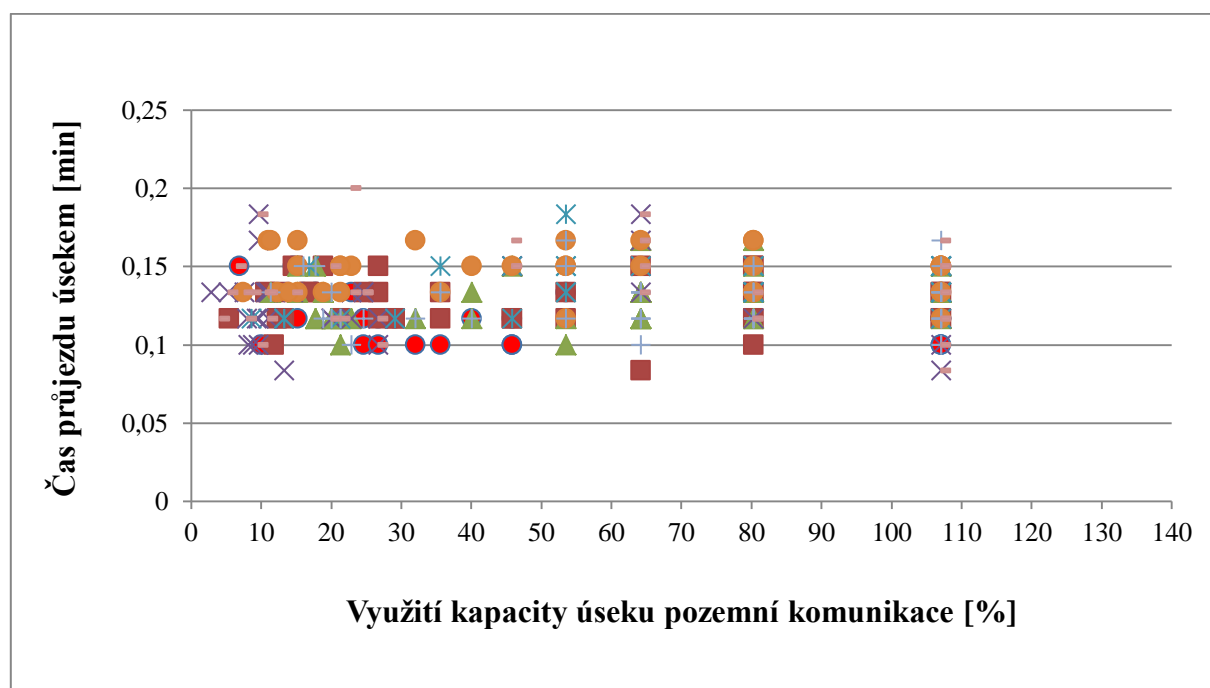
Obrázek 28 Celkové vyhodnocení úseku č. 1 v závislosti na intenzitě dopravního proudu

Zdroj: autor

Celkový poměr intenzit ke kapacitě dosáhl hodnoty 38,47 %. Hodnoty jednotlivých intenzit se pohybovaly v rozmezí od 280 do 1 161 voz·h⁻¹, což je značné variační rozpětí, které se u této pozemní komunikace neočekávalo. Tato skutečnost potvrzuje velký vliv náhodných jevů na dopravní situaci. Při porovnání obrázků 25 a 26, které prezentují rozdílné časy měření, tak výkyvy cestovních časů v závislosti na intenzitě dopravního proudu jsou zanedbatelné.

3.4.2 Ulice kpt. Bartoše

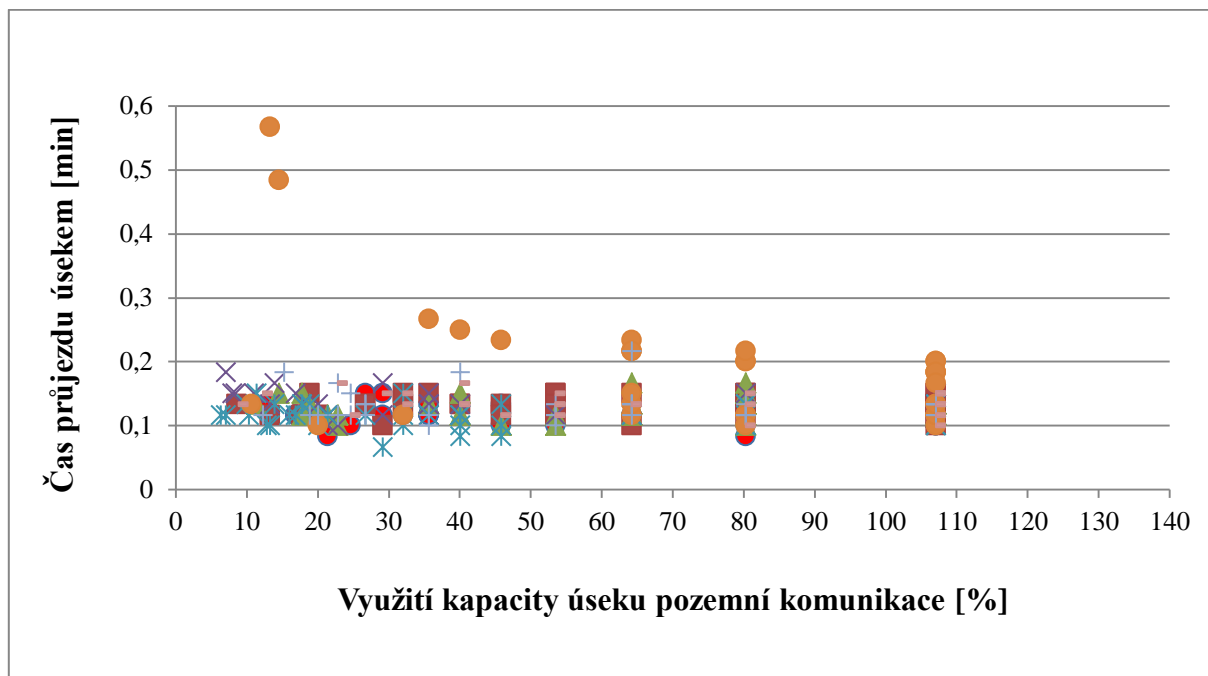
Tento úsek by mohl být po vyhodnocení první varianty značně podceňován z hlediska možné následné dosahované intenzity dopravního proudu. Reálné měření to však částečně vyvrátilo. První měření bylo vybráno na začátek měření vždy v 8:00 hod. Všechna získaná data jsou vložena do přílohy N. Jednotlivé časy průjezdu jsou znázorněny na obrázku 29. Průměrný cestovní čas dosahoval hodnoty 0,131 min. Je patrné, že získané časy mají velice malý rozptyl hodnot. Nejčastější využití kapacity na tomto úseku se pohybovalo od 10 do 40 %.



Obrázek 29 Vyhodnocení úseku č. 2 ve stejný čas náhodných dnů – 8:00 hod

Zdroj: autor

Druhé měření pro vyhodnocení a porovnání je znázorněno na obrázku 30. Čas měření byl zvolen vždy na 16:00 hod a průměrný cestovní čas dosahoval 0,133 min, což je velice nepatrný rozdíl (zanedbatelný) od měření v 8:00 hod.



Obrázek 30 Vyhodnocení úseku č. 2 ve stejný čas náhodných dnů – 16:00 hod

Zdroj: autor

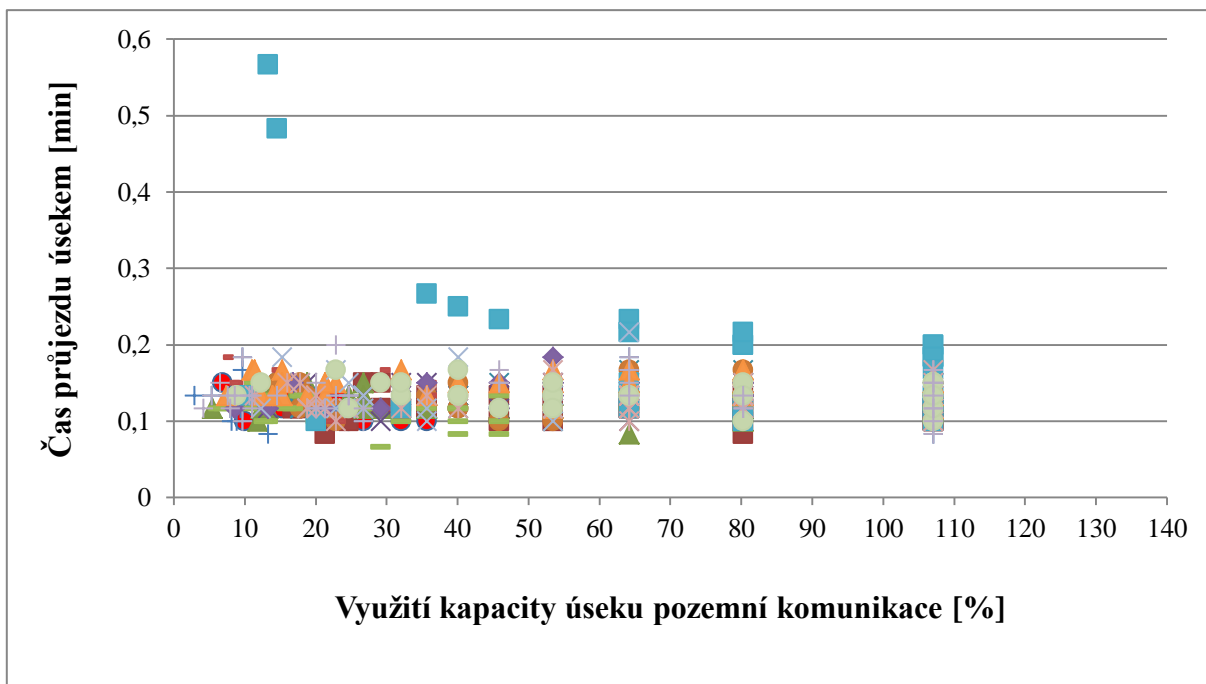
Z obrázku je patrné, že při jednom měření došlo k rapidnímu prodloužení cestovního času. Od poloviny tohoto měření začalo docházet k většímu dopravnímu zatížení, resp. intenzita dopravního proudu začala růst a vozidla se shlukly do pomalu jedoucí kolony. Intenzita při tomto měření dosáhla hodnoty $726 \text{ voz}\cdot\text{h}^{-1}$, což je 64,80 % poměru intenzit ke kapacitě úseku. Podrobnější data jsou zobrazena v příloze O.

Celkové vyhodnocení tohoto úseku je zobrazeno na obrázku 31. Data jsou vložena do přílohy P. Zde je patrné, že na tomto úseku nedocházelo k možným výkyvům cestovních časů, až tedy na jedno výše zmiňované měření. Průměrný cestovní čas dosahoval hodnoty 0,132 min. Zjištěné parametry BPR funkce jsou zobrazeny v tabulce 28.

Tabulka 28 Hodnoty získaných parametrů BPR funkce ve stejný čas – ulice kpt. Bartoše

Varianta pro vyhodnocení parametrů	Parametr α	Parametr β	Min. součet odchylek
800 vozidel	0,11	0,1	13,55

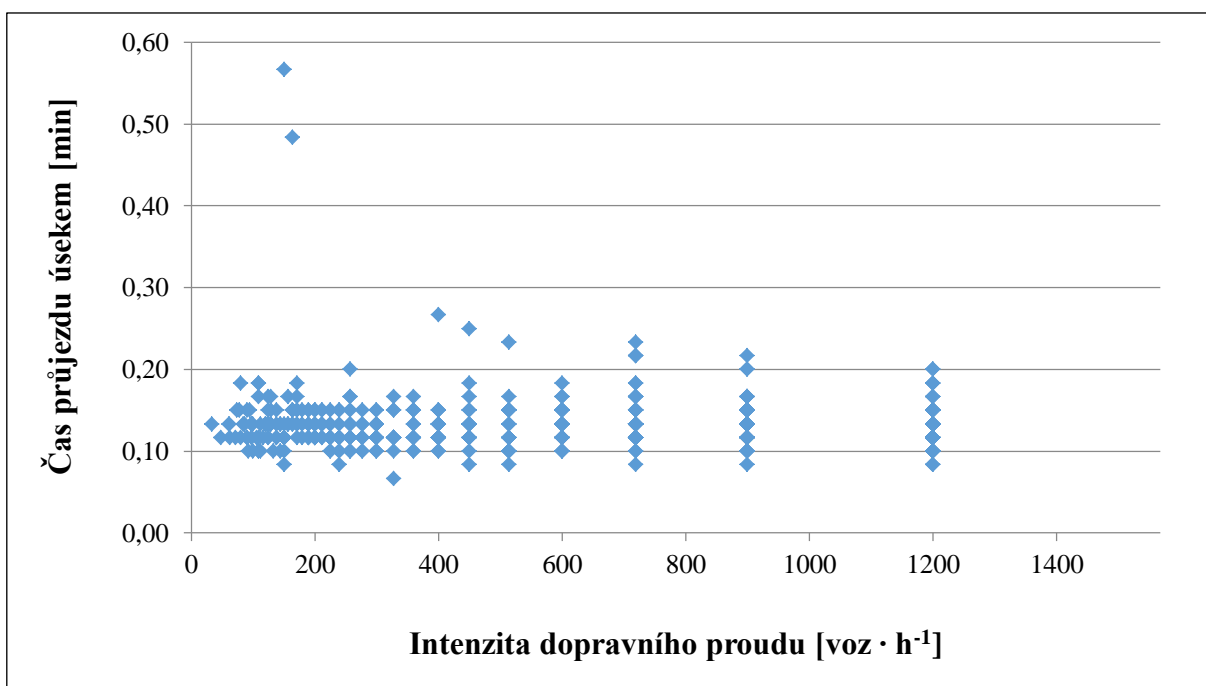
Zdroj: autor



Obrázek 31 Celkové vyhodnocení úseku č. 2 ve stejný čas náhodných dnů

Zdroj: autor

Parametr α dosahuje menší hodnoty než u předchozího úseku, což je zapříčiněno menší povolenou rychlostí na tomto úseku.



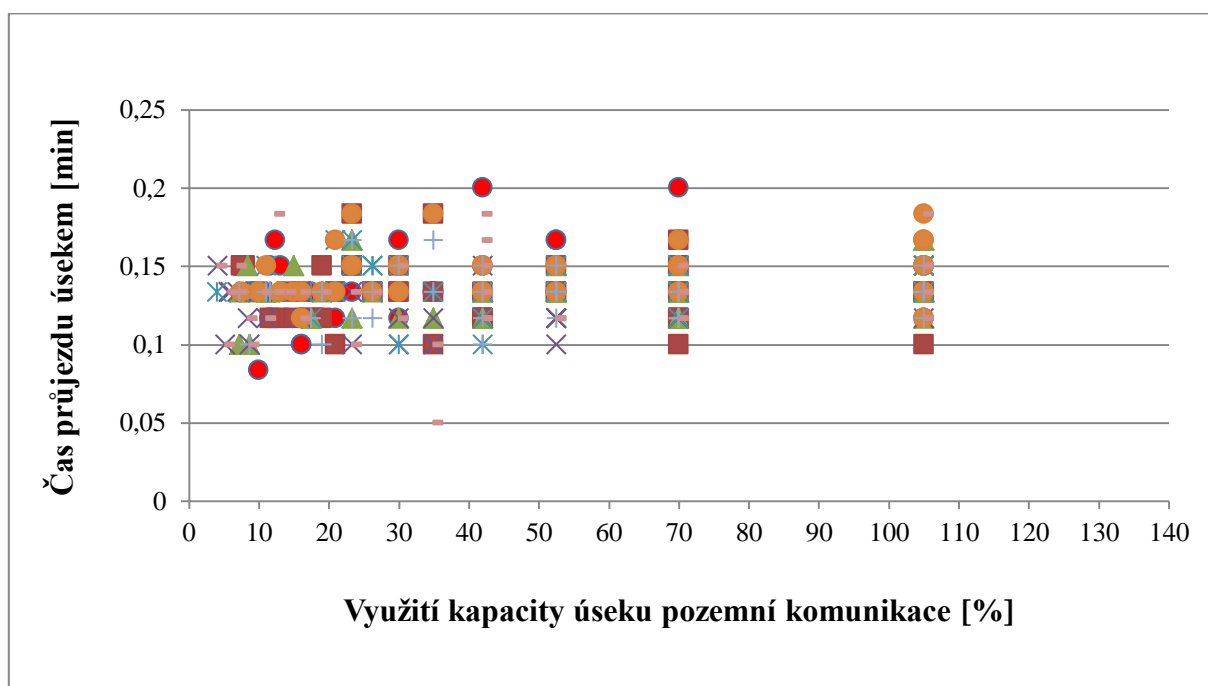
Obrázek 32 Celkové vyhodnocení úseku č. 2 v závislosti na intenzitě dopravního proudu

Zdroj: autor

Intenzita dopravního proudu na tomto úseku při této variantě dosáhla největších hodnot ze všech měření na všech úsecích a je znázorněna na obrázku 32. Poměr intenzit ke kapacitě dosáhl hodnoty 43,75 %, což je ale pořád malé dopravní zatížení. Rozptyl dopravního zatížení při všech měření se pohyboval od 205 do 726 voz·h⁻¹. To je značně méně než u předchozího úseku a vypovídá to o větší stabilitě dopravní situace tohoto úseku.

3.4.3 Ulice Jana Palacha

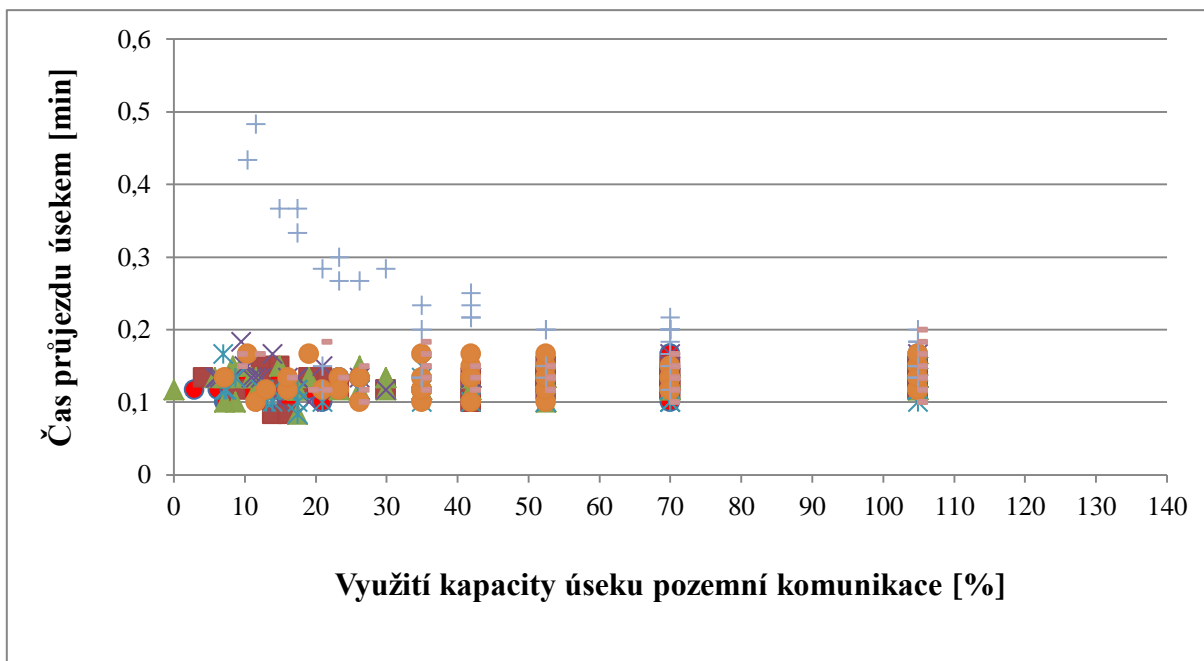
Tento úsek pozemní komunikace byl vybrán záměrně, protože v dobách dopravních špiček není tato komunikace schopna kapacitně pojmout tak velký počet projíždějících vozidel a vznikají pravidelné kolony. První měření bylo zvoleno na 9:00 hod. Jednotlivé cestovní časy v tuto dobu při rozdílných dnech jsou znázorněny na obrázku 33. Průměrný cestovní čas dosahuje 0,133 min a využití kapacity úseku je v rozmezí od 10 do 40 %. Podrobnější hodnoty jsou v příloze Q.



Obrázek 33 Vyhodnocení úseku č. 3 ve stejný čas náhodných dnů – 9:00 hod

Zdroj: autor

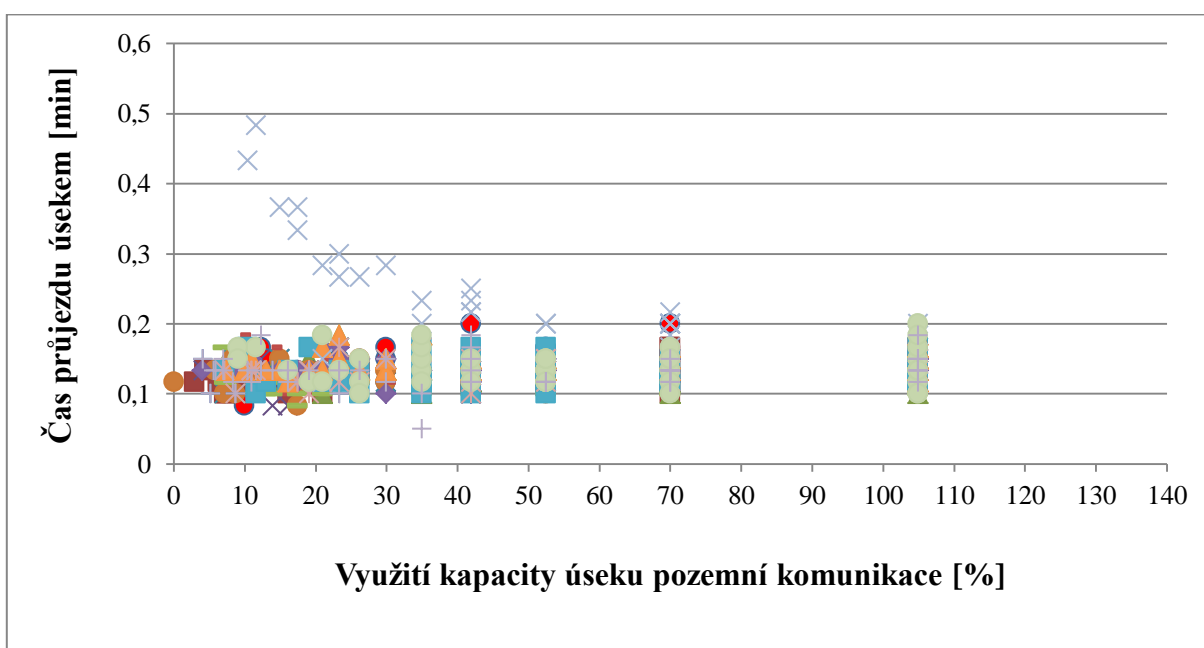
Další měření, znázorněné na obrázku 34, bylo zvoleno na začátek měření v 17:00 hod. Zde je průměrný cestovní čas nepatrně vyšší a dosahuje hodnoty 0,14 min. Rozptyl cestovních časů je však nepatrný oproti předchozí variantě.



Obrázek 34 Vyhodnocení úseku č. 3 ve stejný čas náhodných dnů – 17:00 hod

Zdroj: autor

Je zde patrné jedno měření, které má obrácené posunutí průběhu než BPR funkce. Během měření začala intenzita narůstat a vozidla se shlukly do pomalu jedoucí kolony, která svou rychlost pozvolně snižovala až na rychlost $12,41 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. To odpovídá cestovnímu času 0,476 min. Všechna data tohoto měření jsou v příloze R.



Obrázek 35 Celkové vyhodnocení úseku č. 3 ve stejný čas náhodných dnů

Zdroj: autor

Celkové vyhodnocení je znázorněno na obrázku 35. Rozptyl cestovních časů je zjevně minimální, toto lze porovnat v příloze S.

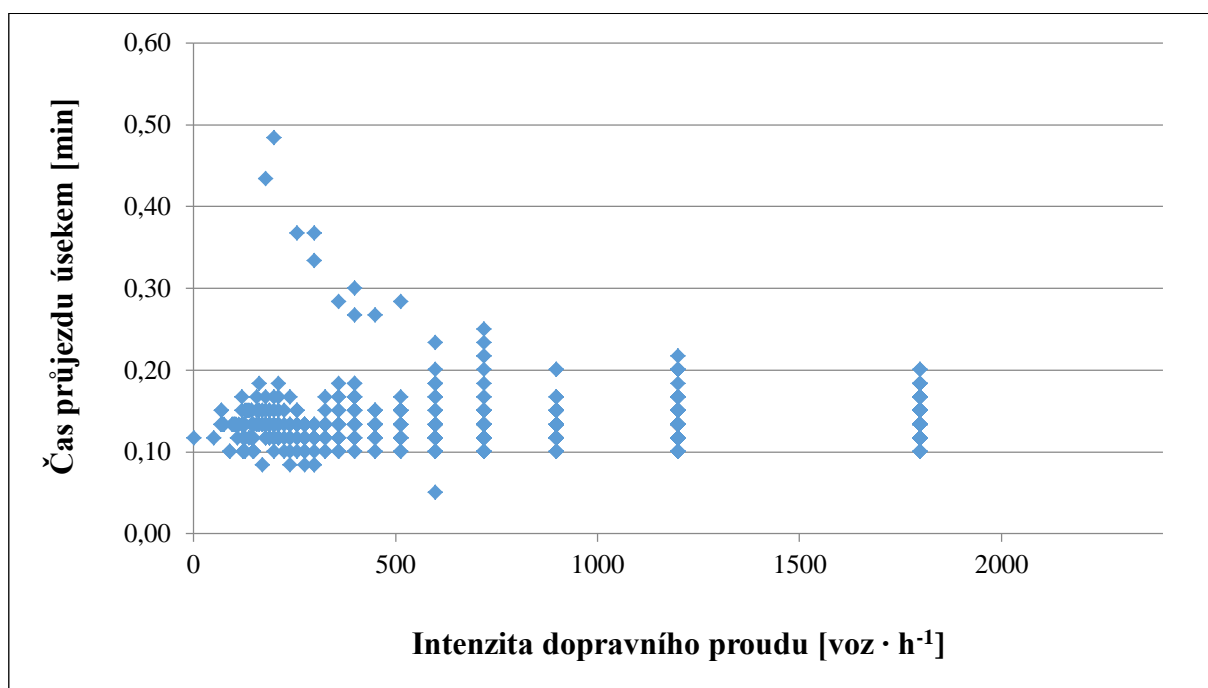
I když se jedná o úsek s velkým dopravním zatížením, zvolené varianty času začátku měření to nepotvrdily. Jak je patrné z obrázku 36, celkový poměr intenzit ke kapacitě dosáhl pouze 28,00 %.

Tabulka 29 Hodnoty získaných parametrů BPR funkce ve stejný čas – ulice Jana Palacha

Varianta pro vyhodnocení parametrů	Parametr α	Parametr β	Min. součet odchylek
800 vozidel	0,12	0,1	14,02

Zdroj: autor

Hodnoty získaných parametrů jsou znázorněny v tabulce 29. Parametr α je nepatrně větší než na předchozím úseku. Toto je způsobeno delším časovým průjezdem vozidel na tomto úseku. Vozidla zde dosahovala menší cestovní rychlosti, i když byla v časech měření zjištěna menší intenzita dopravního proudu než u předchozího úseku.



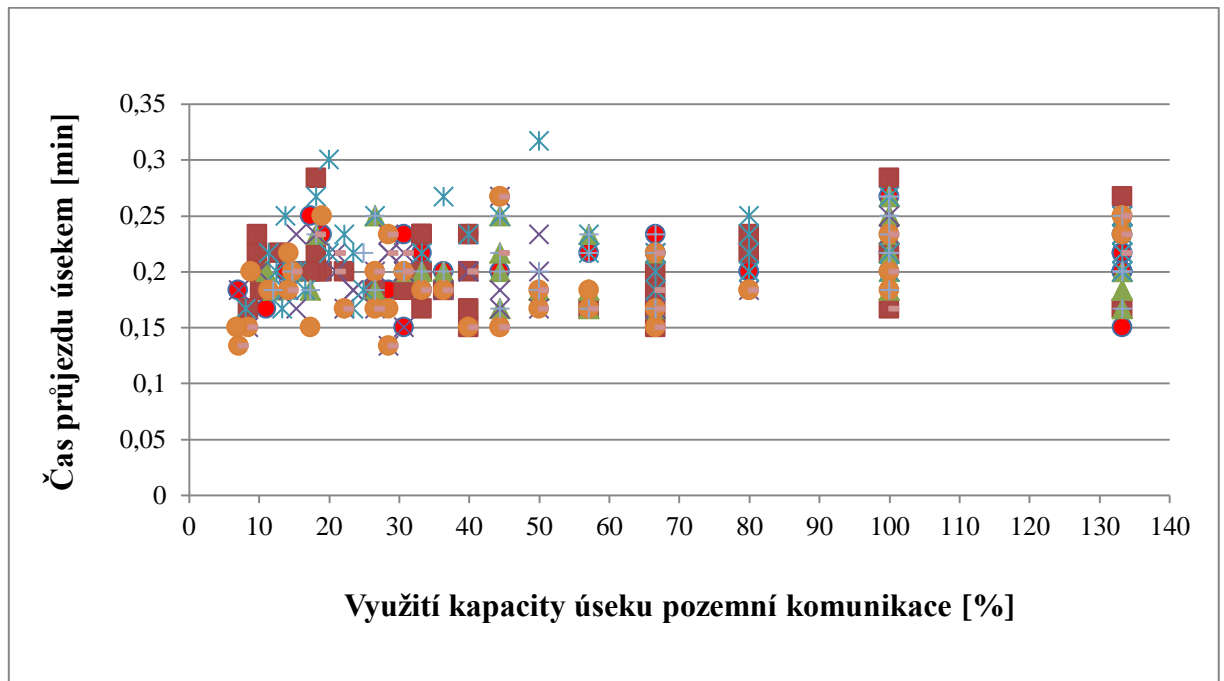
Obrázek 36 Celkové vyhodnocení úseku č. 3 v závislosti na intenzitě dopravního proudu

Zdroj: autor

Rozptyl intenzit se pohyboval v rozmezí od 335 do 700 voz·h⁻¹. Jedná se o doposud nejmenší rozdíl zjištěných hodnot.

3.4.4 Ulice Labská

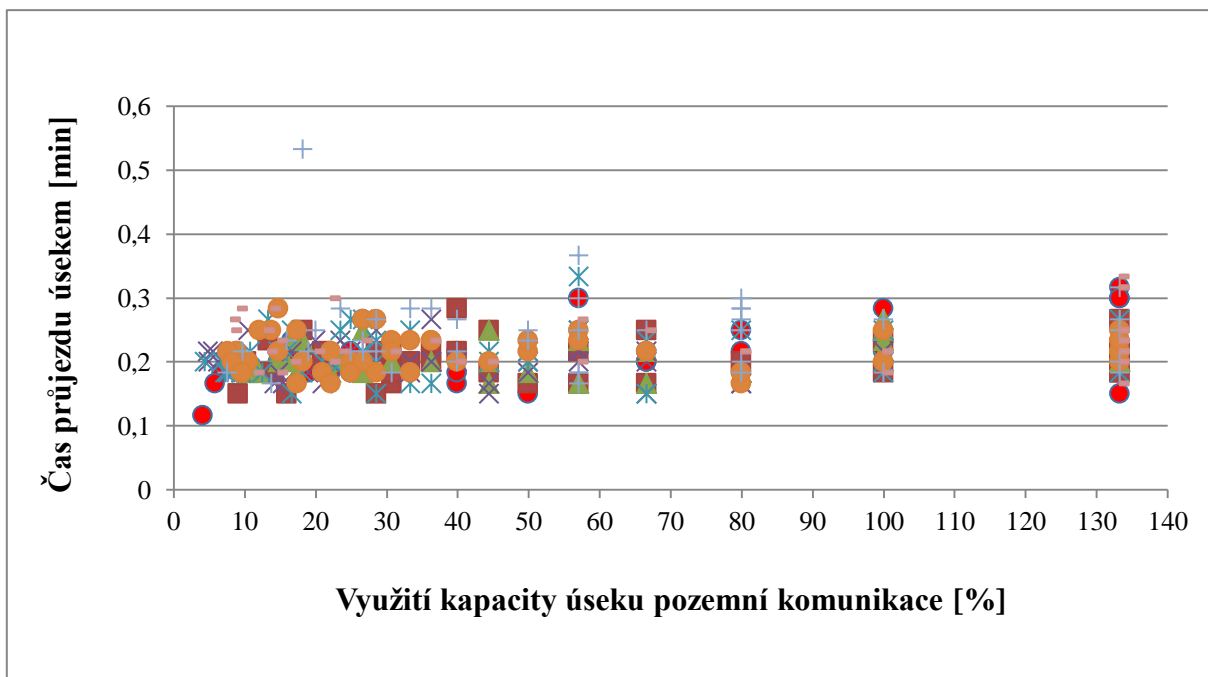
Poslední posuzovaný úsek se vyznačuje nejnižší maximální povolenou rychlostí ze všech úseků. První varianta měření byla zvolena na začátek měření vždy v 10:00 hod. Časy průjezdu tohoto úseku jsou zobrazeny na obrázku 37. Zde průměrný cestovní čas dosahoval hodnoty 0,203 min. Využití kapacity tohoto úseku se pohybovalo od 10 do 50 %. Co je však velice důležité, tak je patrná skutečnost z obrázku, že je zde velký počet vozidel, která se pohybovala nad hranicí 100% využití kapacity pozemní komunikace. Tento fakt je nesmírně důležitý pro vysvětlení získané velké hodnoty parametru β , což bude provedeno níže. Data tohoto měření jsou znázorněna v příloze T.



Obrázek 37 Vyhodnocení úseku č. 4 ve stejný čas náhodných dnů – 10:00 hod

Zdroj: autor

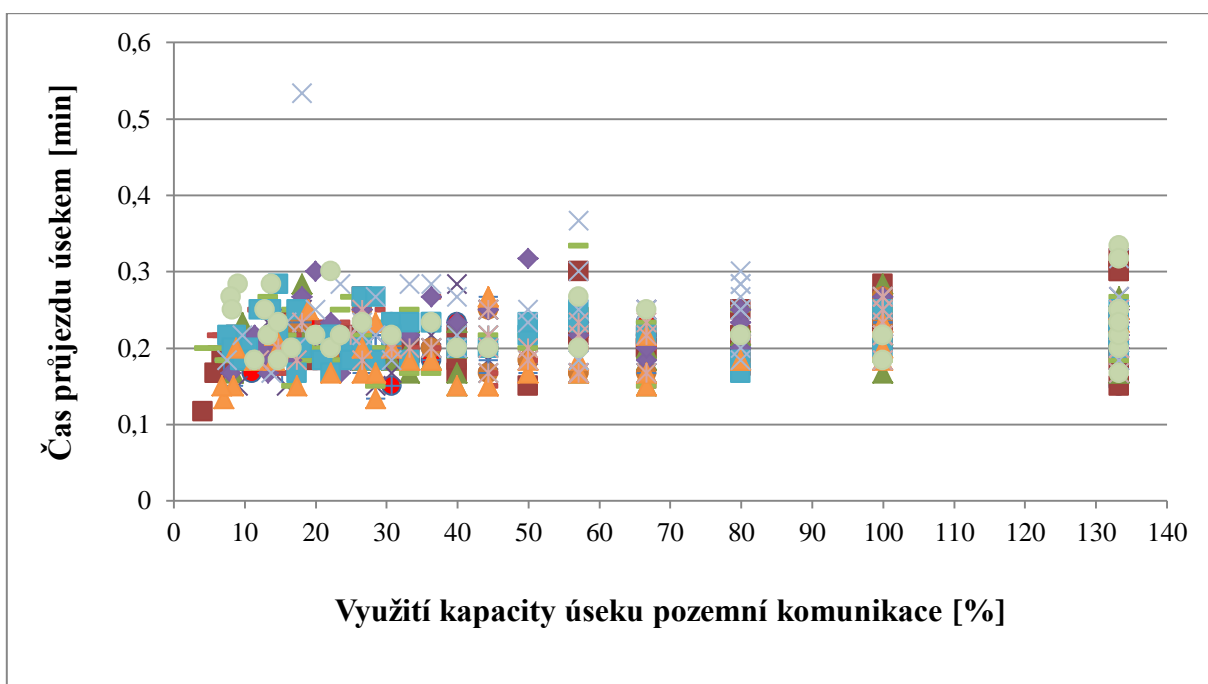
Druhá varianta byla zvolena na začátek měření v 18:00 hod. Zde cestovní časy dosahovaly značně malého rozptylu, což je patrné na obrázku 38. Průměrný cestovní čas byl 0,218 min.



Obrázek 38 Vyhodnocení úseku č. 4 ve stejný čas náhodných dnů - 18:00 hod

Zdroj: autor

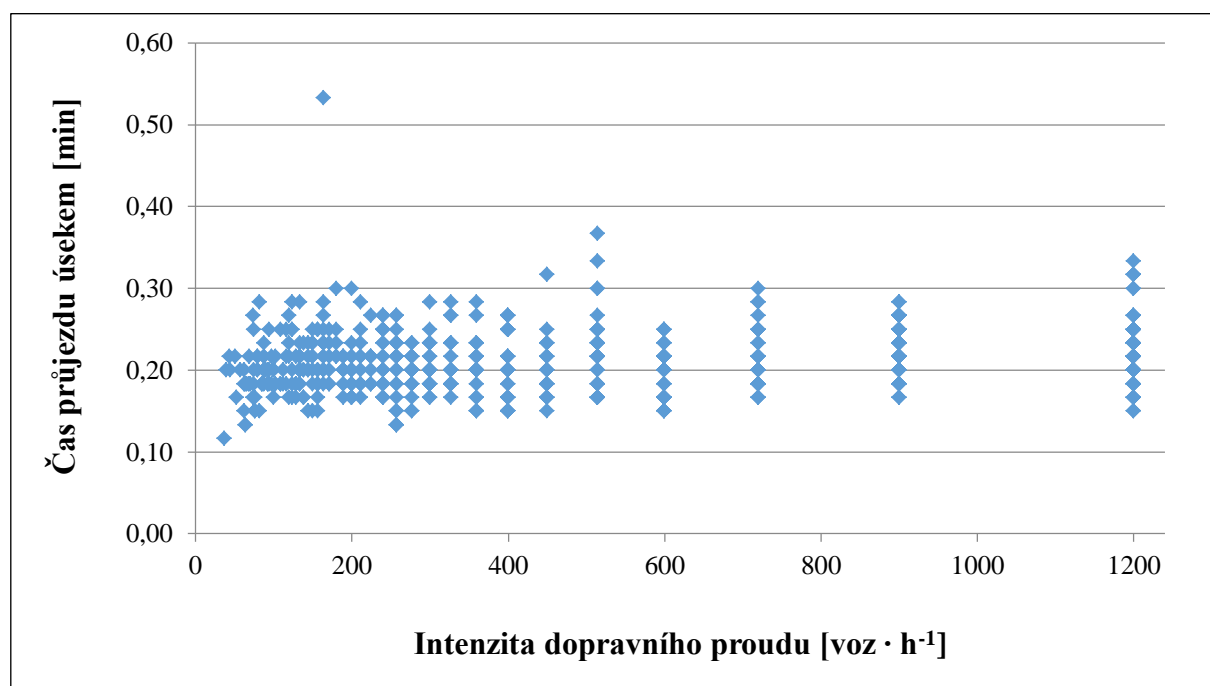
Na obrázku 38 lze vidět i jedno vozidlo, které se bez příčiny nějakého vedlejšího ovlivnění pohybovalo malou rychlostí. Data tohoto měření jsou zobrazena v příloze U. Následující obrázek 39 zobrazuje celkovou situaci všech časů průjezdů.



Obrázek 39 Celkové vyhodnocení úseku č. 4 ve stejný čas různých dnů

Zdroj: autor

Rozptyl ve zvolených časech měření je minimální. Všechna data na porovnání jsou zobrazena v příloze V. Dopravní zatížení tohoto úseku se pohybovalo v rozmezí od 199 do 510 voz·h⁻¹ a je znázorněno na obrázku 40. Při porovnání získaných hodnot intenzit na všech úsecích a jejich kapacit lze zvolenou kapacitu tohoto úseku, která byla řešena v kapitole 2.1.8, považovat za doporučenou relevantní hodnotu, kterou není třeba měnit. Poměr intenzit ke kapacitě na tomto úseku dosáhl 35,33 %. Jedná se o poměrně vysokou hodnotu, která se neočekávala.



Obrázek 40 Celkové vyhodnocení úseku č. 4 v závislosti na intenzitě dopravního proudu

Zdroj: autor

Získané hodnoty parametrů jsou zobrazeny v tabulce 30. Parametr α dosahuje nejmenší hodnoty ze všech úseků. Je to vlivem nejmenší maximální povolené rychlosti tohoto úseku a to odpovídá přesně definici BPR funkce.

Tabulka 30 Hodnoty získaných parametrů BPR funkce ve stejný čas – ulice Labská

Varianta pro vyhodnocení parametrů	Parametr α	Parametr β	Min. součet odchylek
800 vozidel	0,05	0,7	22,55

Zdroj: autor

Problém nastává u parametru β . Získaný parametr nabývá velké hodnoty, což odporuje definici BPR funkce. Vysvětlení této skutečnosti je následovné. Mnoho řidičů

(32,625 % z 800 řidičů) překročilo maximální povolenou rychlost tohoto úseku, která je $30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a pohybovalo se rychlostí podstatně vyšší. To způsobilo posunutí průběhu funkce nad hodnotu cestovního času na nezatíženém úseku. S touto skutečností funkčnost BPR funkce samozřejmě nepočítá a proto se dosáhlo rozdílné hodnoty tohoto parametru!

3.4.5 Dílčí závěr

Tato varianta měření byla přizpůsobena tak, aby se porovnaly výkyvy cestovních časů v závislosti na intenzitě dopravního proudu při zvolených časech. Měření ukázalo, že očekávané výkyvy jsou zanedbatelné a dopravní situace je na všech úsecích při zvolených časech velice podobná. V tabulce 31 jsou znázorněny hodnoty při rozdílných variantách přístupu vyhodnocení k určení hodnot parametrů BPR funkce. Platí zde již zmiňovaný komentář, který byl u tabulky 26, a to, že pro porovnání jednotlivých minimálních součtů odchylek je nutné vydělení získaných hodnot příslušným počtem zahrnutých vozidel.

Tabulka 31 Hodnoty získaných parametrů BPR funkce na posuzovaných úsecích ve stejných časech

Varianty na posuzovaných úsecích		Parametr α	Parametr β	Průměrná odchylka
Ulice kpt. Jaroše	800 vozidel	0,14	0,1	0,014
	Průměr z 16 měření – 7:00 hod/15:00 hod	0,14/0,16	0,34/0,16	0,013/0,011
Ulice kpt. Bartoše	800 vozidel	0,11	0,1	0,016
	Průměr z 16 měření – 8:00 hod/16:00 hod	0,10/0,09	0,63/0,35	0,012/0,015
Ulice Jana Palacha	800 vozidel	0,12	0,1	0,017
	Průměr z 16 měření – 9:00 hod/17:00 hod	0,14/0,15	0,28/0,50	0,012/0,16
Ulice Labská	800 vozidel	0,05	0,7	0,028
	Průměr z 16 měření – 10:00 hod/18:00 hod	0,03/0,07	0,90/0,70	0,024/0,027

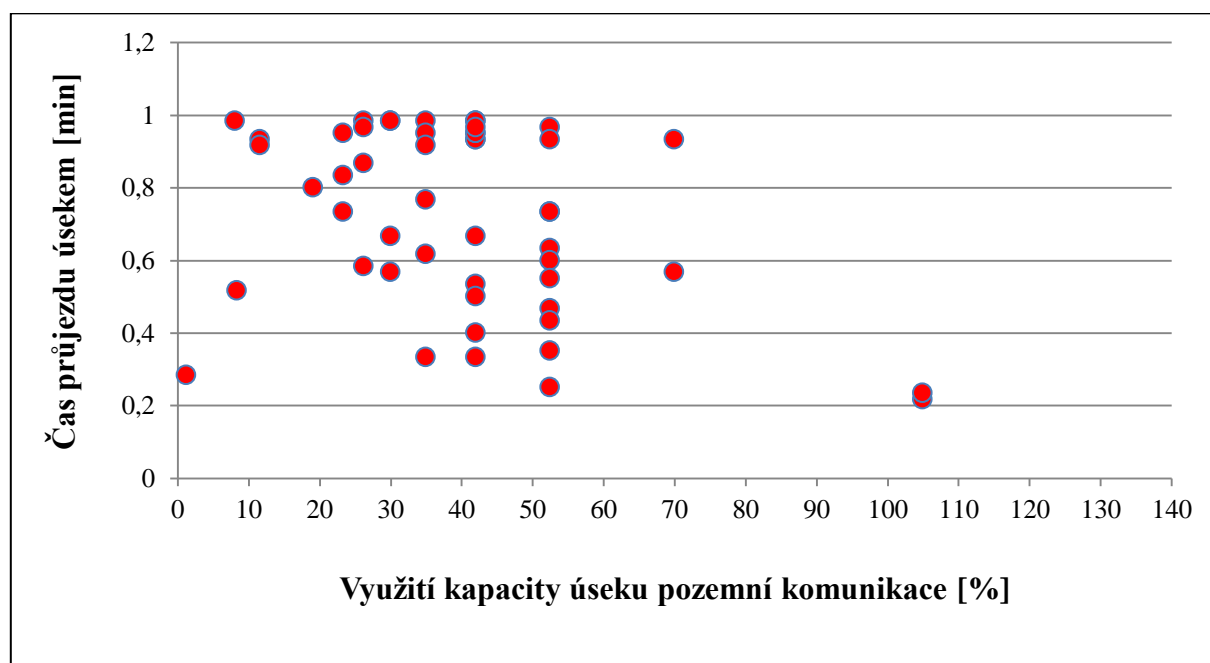
Zdroj: autor

Vzhledem ke skutečnosti, že je zde patrný rozdíl v průměrných odchylkách, tak za doporučující parametry BPR funkce lze považovat zvýrazněné hodnoty pro konkrétní časy jednotlivých úseků. Při vzorku 800 vozidel jsou nalezeny výsledné hodnoty parametrů,

kteře mají průměrné odchylky s vyšší hodnotou. Z toho vyplývá, že je žádoucí používat pro výpočty menší vzorky, které jsou přesnější a nejsou zatíženy zkreslením. Dále je vhodnější používat pro větší přesnost modelovaného problému parametry pro konkrétní časová období.

3.5 Vyhodnocení při dopravní špičce v ulici Jana Palacha

Vzhledem k tomu, že všechna provedená měření, i když některá byla vybrána v dobách dopravních špiček, nepracovala s opravdovým stavem kongesce, je vhodné zařadit následující situaci. Několikadenním podrobným průzkumem byla vytipována kongesce v ulici Jana Palacha. Zde byl naměřen průměrný cestovní čas 0,718 min oproti 0,133 min při normálním dopravním stavu. Všechny cestovní časy jsou zobrazeny na obrázku 41.



Obrázek 41 Vyhodnocení úseku č. 3 při dopravní špičce

Zdroj: autor

Všechna vozidla se pohybovala popojížděním. Je zde určitý rozptyl hodnot cestovních časů, což je zapříčiněno nepatrným rozjezdem kolony. Poměr intenzity ke kapacitě dosahoval 29,92 %, což je podobná hodnota, jako u předchozích měření na tomto úseku. Je to však z jiného důvodu. Dopravní situace za posuzovaným úsekem neumožňovala plynulé projetí, a tak tímto úsekem mohlo projet pouze omezené množství vozidel. Ostatní vozidla čekala v koloně před tímto posuzovaným úsekem na následné možné projetí. U předchozích měření zase nebylo dostatečné množství vozidel na naplnění kapacity tohoto úseku.

Získané hodnoty znázorňuje tabulka 32, ze které je patrná velká hodnota parametru α . Značné prodloužení cestovního času tuto hodnotu rapidně navýšilo.

Tabulka 32 Výsledné hodnoty při dopravní špičce

Kapacita úseku č. 3 = 1 714 [voz·h ⁻¹]	Měření 26. 10. 2018 – 15:30 hod
Průměrný cestovní čas [min:s]:	00:43,1
Průměrná rychlost 50 vozidel [km·h ⁻¹]:	10,07
Výsledné parametry α	5
Výsledné parametry β	0,10
Minimální odchylka	11,58
Překročení maximální povolené rychlosti [voz]	0
Nedodržení čas. bezpeč. odstupu mezi vozidly [voz]	2
Dopravní zatížení - INTENZITA [voz·h ⁻¹]:	513
Poměr intenzity ke kapacitě úseku [%]	29,92

Zdroj: autor

Zjištěné hodnoty parametrů vypovídají o konkrétní dopravní situaci na tomto úseku. Modelování časového zdržení pomocí BPR funkce je vhodným prostředkem pro získání relevantních informací o chování dopravního proudu.

3.6 Vyhodnocení pro celé prostředí města Pardubic

Toto vyhodnocení pracuje se všemi hodnotami cestovních časů, které byly zjištěny na všech posuzovaných úsecích včetně předchozí kongesce. Jedná se o vzorek 6 400 cestovních časů. Na úvod je vhodné konstatovat, že se porovnávají úseky, které mají odlišné maximální povolené rychlosti a tím pádem, odlišné cestovní časy.

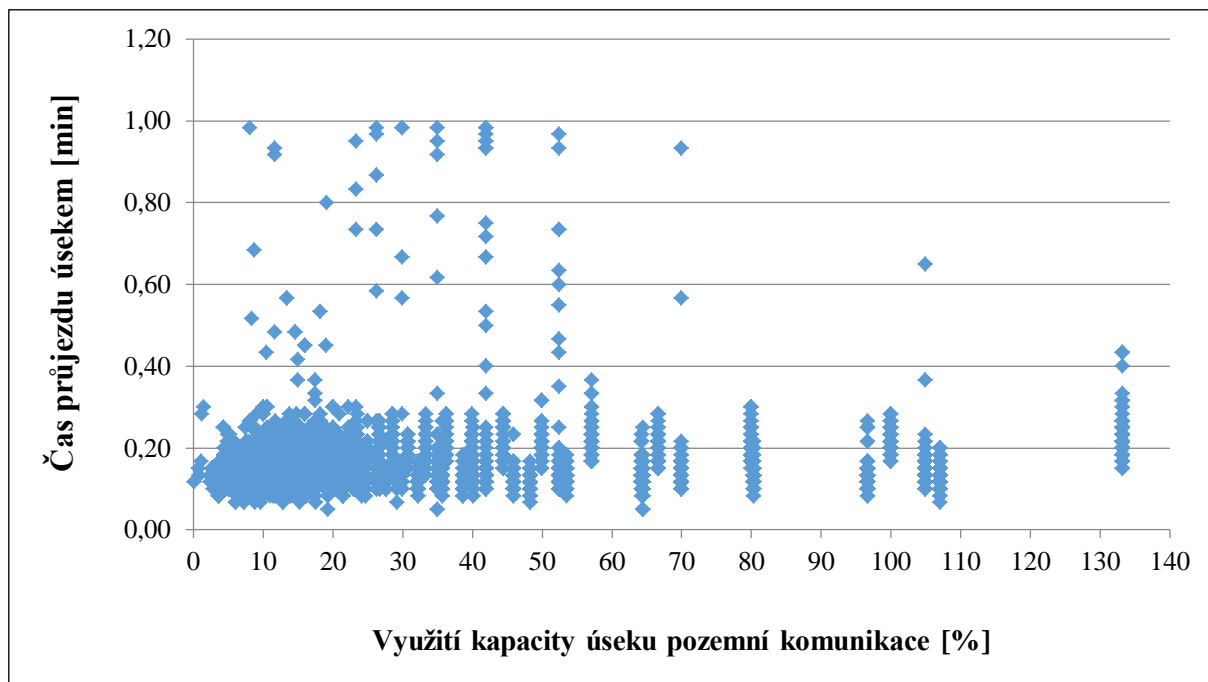
Na obrázku 42 je znázorněno všech 6 400 zjištěných cestovních časů, které názorně popisují dopravní situaci pro celé prostředí Pardubic při všech absolvovaných měření. Rozptyl hodnot je způsoben výše uvedenou skutečností, zejména pak měřeními při kongesci, kde vozidla dosahovala velkých hodnot časového zdržení. Výsledné hodnoty získaných parametrů jsou zobrazeny v tabulce 33.

Tabulka 33 Hodnoty získaných parametrů BPR funkce pro celé prostředí města Pardubic

Varianta pro vyhodnocení parametrů	Parametr α	Parametr β	Min. součet odchylek
6 400 vozidel	0,11	0,1	158,72

Zdroj: autor

Hodnoty získaných parametrů pro celkové prostředí města Pardubic jsou velice zkreslené, z toho důvodu, že minimální odchylka při tomto výsledku dosahuje velké hodnoty. Níže bude tento výsledek podrobněji vysvětlen.



Obrázek 42 Vyhodnocení pro celé prostředí města Pardubic

Zdroj: autor

Pro podrobnější porovnání poslouží následující tabulka 34, kde jsou vloženy všechny získané parametry včetně jejich průměrných odchylek pro obě zvolené varianty měření. Zde platí komentář, který byl uveden u tabulky 26. Průměrné odchylky dosahují nejmenších hodnot při variantě zjištění parametrů pro průměr z 16 měření. Varianty pro 800 vozidel mají 120% až 166% navýšení průměrných odchylek než již zmiňované průměry z 16 měření. Tato skutečnost je velice důležitá pro korektnost hledaných dat. Poslední porovnání je s hodnotou průměrných odchylek, která byla zjištěna pro celé prostředí města Pardubic, tedy pro výpočet u všech 6 400 cestovní časů. Průměrná odchylka dosáhla hodnoty větší o 282 %, než nejmenší průměrná odchylka z průměrů 16 měření.

Z výše uvedeného vyplývá, že vlivem výše uvedených skutečností je vhodnější používat pro výpočet hledaných parametrů variantu s menším statistickým souborem, tedy variantu průměru z 16 měření. Ostatní varianty pracují s velkým zkreslením, tudíž nejsou vhodné pro korektní vyjádření hledaných parametrů BPR funkce.

Tabulka 34 Porovnání parametrů a minimálních odchylek pro jednotlivé varianty vyhodnocení parametrů

Varianty na posuzovaných úsecích		Parametr α	Parametr β	Průměrná odchylka
Ulice kpt. Jaroše	Průměr z 16 měření	0,18	0,44	0,011
	Průměr z 16 měření – 7:00 hod/15:00 hod	0,14/0,16	0,34/0,16	0,013/0,011
	800 vozidel/800 vozidel	0,14/0,15	0,1/0,1	0,015/0,014
Ulice kpt. Bartoše	Průměr z 16 měření	0,08	0,64	0,016
	Průměr z 16 měření – 8:00 hod/16:00 hod	0,10/0,09	0,63/0,35	0,012/0,016
	800 vozidel/800 vozidel	0,11/0,11	0,1/0,1	0,017/0,018
Ulice Jana Palacha	Průměr z 16 měření	0,13	0,58	0,018
	Průměr z 16 měření – 9:00 hod/17:00 hod	0,14/0,15	0,28/0,50	0,012/0,018
	800 vozidel/800 vozidel	0,12/0,12	0,1/0,1	0,019/0,020
Ulice Labská	Průměr z 16 měření	0,07	0,70	0,028
	Průměr z 16 měření – 10:00 hod/18:00 hod	0,03/0,07	0,90/0,70	0,024/0,028
	800 vozidel/800 vozidel	0,05/0,08	0,7/0,1	0,029/0,029
Celkové prostředí	6 400 vozidel	0,11	0,1	0,031

Zdroj: autor

3.7 Dílčí závěr

Jelikož se jedná o už několikrát zmiňovanou pilotní práci s danou problematikou, kterou se doposud důkladně nikdo nezaobíral, tak je obtížné hledat další zobecnění výsledků. Proto je podstatná racionálně zvolená celková metodika, která představuje vhodný nástroj k získání informací o vztahu rychlosti, cestovních časů a intenzitami dopravního proudu (resp. podíly využití kapacity pozemní komunikace), nejen v prostředí Pardubic.

Při porovnání všech 6 400 statistických jednotek – vozidel (což je dostatečný vzorek) vykazují zjištěné parametry BPR funkce přesné hodnoty dle „definice“ této funkce pouze pro parametr α , který je závislý především na prodloužení cestovního času a cestovní rychlosti daného úseku. Platí tedy, že čím je menší hodnota tohoto parametru, tím je menší (kratší) prodloužení času průjezdu konkrétního úseku. Pro cestovní rychlost parametr α nabývá větších hodnot na úsecích pozemních komunikací, kde je větší maximální povolená rychlost. Z výše uvedeného plyne, že největší hodnotu parametru α má posuzovaný úsek č. 1, kde je povolena maximální rychlost $70 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ a naopak nejmenší hodnotu má úsek č. 4, kde je maximální povolená rychlost $30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. U parametru β se vyskytla opačná závislost. Parametr β je závislý na stavebním uspořádání dané komunikace, resp. šířce pozemní

komunikace. Čím větší je tato hodnota, tím je širší pozemní komunikace. Výsledné hodnoty však ukázaly, že tento nejvyšší parametr má nejužší pozemní komunikace. To je zapříčiněno chováním jednotlivých řidičů, kteří porušili (překročili) maximální povolenou rychlost. Tito řidiči rapidně překročili cestovní čas na nezatíženém úseku, což mělo za následek posunutí průběhu BPR funkce.

Nesmí se opomenout, že jsou zde i další rušivé vlivy, které ovlivňují zkoumaný vztah. Všechna měření se mimo jiné zaměřovala na určité chování řidičů, a to především na nedodržení bezpečného časového odstupu mezi vozidly a již zmiňované překročení maximální povolené rychlosti na daných úsecích. Ukázalo se, že ze 6 400 zjištěných rychlostí rychlost v průměru překročilo 34 % řidičů. Bezpečný časový odstup mezi vozidly nedodrželo 28 % řidičů. Tato skutečnost negativně ovlivňuje výsledné hodnoty, protože byla v 34 % překročena podstatná hodnota cestovního času na nezatíženém úseku.

Posouzení, zdali přítomnost jiných vozidel (než osobních) v dopravním proudu přispěje k prodlužování cestovního času ukázalo, že tato skutečnost není jednoznačná. Vozidla MHD, nákladní vozidla a motocykly nemají zpravidla negativní vliv na prodlužování cestovního času v dopravním proudu. V mnoha případech se i podílela na výše zmiňovaném překročování maximální povolené rychlosti.

Při vyhodnocení intenzity je důležité zmínit skutečnost, že záleží na aktuální intenzitě dopravního proudu v daný moment, protože i velká rychlost nezaručuje maximální intenzitu dopravního proudu. Průzkum ukázal, že cestovní čas (čas průjezdu) v mnoha případech podléhá náhodným vlivům. Toto vede k úvahám, v případě potřeby velmi přesných výsledků, modelovat prodloužení cestovního času, resp. tento cestovní čas náhodně (stochasticky). Na druhou stranu se ukázalo, že prakticky není závislost prodloužení cestovního času jednoznačná. **Využití BPR funkce tak lze doporučit, buď na základě individuálního průzkumu (stanovení hodnot parametrů BPR funkce) v konkrétních podmínkách – tedy „ad hoc“ v každém řešeném případě nebo v případě akceptace mnoha zjednodušení.**

Celkové vyhodnocení bylo značně časově náročné. Jednotlivé přesuny mezi posuzovanými úseky, editace dat do excelovských tabulek a samotné vyhodnocování pomocí výpočetní techniky představovalo velké penzum činností a časového zdržení.

Doporučení pro další možné vyhodnocování obdobné problematiky je především účast většího počtu zainteresovaných osob na samotném měření a vyhodnocování. Dále očistit vzorky od večerních měření (21:00 hod až 06:00 hod), protože v těchto časech je intenzita dopravního proudu zanedbatelná. Není tedy přínosem pro získání korektních dat časového zdržení a negativně ovlivní výsledné hodnoty.

3.8 Stochastické pojetí řešení daného problému

Mělo-li by být prodloužení cestovního času modelováno stochasticky (náhodně), je vhodné předpokládat, že by tak muselo být učiněno pro každý den (minimálně v rozlišení pracovní – víkendový) a každé období zvlášť.

Tabulka 35 Porovnání hodnot při stochastickém pojetí

	Úsek č. 1		Úsek č. 2		Úsek č. 3		Úsek č. 4	
Čas	7:00	15:00	8:00	16:00	9:00	17:00	10:00	18:00
Intenzita								
Průměrná [voz·h ⁻¹]	660	1002	519	627	520	544	360	295
Směr. odchylka [voz·h ⁻¹]	142	239	98	70	56	124	94	59
Maximální [voz·h ⁻¹]	852	1196	645	719	564	711	512	364
Minimální [voz·h ⁻¹]	481	512	365	534	424	364	274	218
Cestovní čas								
Průměrný [s]	7,52	7,84	7,90	8,51	8,20	8,44	12,46	13,19
Směr. odchylka [s]	0,60	1,58	0,54	1,27	0,26	1,66	0,63	0,82
Var. koef. [·100 %]	0,080	0,202	0,068	0,149	0,032	0,197	0,051	0,062
Maximální [s]	8,63	11,60	8,76	10,45	8,68	12,48	13,27	14,74
Minimální [s]	6,94	6,83	7,06	7,04	7,82	7,59	11,32	12,50
Rychlost								
Průměrná [km·h ⁻¹]	60,7	63,7	47,1	44,0	45,5	44,7	30,4	29,4
Směr. odchylka [km·h ⁻¹]	3,3	4,3	2,5	5,9	1,6	7,3	2,0	2,5
Maximální [km·h ⁻¹]	65,6	69,0	50,0	51,9	47,2	49,9	35,0	33,9
Minimální [km·h ⁻¹]	56,6	56,0	51,7	35,4	42,7	27,5	28,7	26,0

Zdroj: autor

Jak ukazuje souhrnné vyhodnocení (pro všechna realizovaná měření na daném úseku) – jistá rámcová závislost mezi prodloužením cestovního času zde je, kterou je nutné i v rámci stochastického modelování zohlednit. Prostředkem tohoto zohlednění by mohlo být právě odlišení času a dne v týdnu, jinými slovy provozních podmínek. V každém takovém

období by cestovní čas mohl být generován čistě jako hodnota náhodné proměnné. Střední hodnoty cestovního času (odhadnuté aritmetickým průměrem) a jeho směrodatné odchylky pak mohou být základním podkladem pro toto modelování. Hodnoty variačního koeficientu (podíl směrodatné odchylky a aritmetického průměru) pak mohou sloužit k porovnání jednotlivých období, resp. úseků. Zjednodušeně vyjádřeno, čím je tato hodnota menší, tím lépe průměr vypovídá o daném vzorku, což je patrné v tabulce 35.

Tabulka 35 udává průměrné (střední hodnoty), maximální a minimální hodnoty stejně, jako směrodatné odchylky pro intenzity, cestovní časy a rychlosti za měření v dané časy (za pracovní dny) a za všechny úseky. Vzorek dat byl zúžen pouze na pracovní dny z toho důvodu, že v sobotu jsou zaznamenány principálně odlišné intenzity dopravy. Všechna data jsou vložena do přílohy F.

Vzhledem k tomu, že stochastické modelování cestovních časů není primárním tématem této diplomové práce (tím jsou parametry BPR funkce), jsou uvedena jen tato velmi základní data. Tento druh modelování by vyžadoval další výzkum (určení rozdělení pravděpodobností a jeho parametrů, vč. jejich statistického testování; podrobnější zkoumání vývoje intenzit v čase apod.). Přestože se toto jeví jako potřebné pro případné modelování dopravy v Pardubicích, je to nad rámec tématu této diplomové práce.

Závěr

Práce se zabývá vztahem mezi rychlostí a intenzitou dopravního proudu na pozemních komunikacích v Pardubicích. Rychlost je vyhodnocována přímo jako cestovní čas vozidel mezi dvěma posuzovanými místy. Cílem této práce je tedy vyhodnocení vztahu mezi cestovním časem, kapacitou (která je velice důležitá) a intenzitou dopravního proudu v konkrétních podmínkách města Pardubic na vybraných úsecích dle vytvořené metodiky. Záměrem je, aby takto vytvořená metodika byla uplatnitelná i pro řešení obdobných úloh v jiných podmínkách (např. na jiných úsecích pozemních komunikací, v jiných městech, apod.). Smyslem práce je prvotně nalézt (určit) na základě získaných dat vhodnou matematickou funkci vyjadřující vztah mezi uvedenými veličinami, což byla zvolena deterministická BPR funkce.

Vyhodnocení prodloužení cestovního času v závislosti na využití kapacity pozemní komunikace pomocí BPR funkce je všeobecně přijímaným přístupem, kdy se tato funkce jeví jako vhodná volba pro celkové vyhodnocení posuzovaného vztahu, resp. modelování cestovního času. Výsledky této diplomové práce realizované na vybraných úsecích pozemních komunikací v Pardubicích ukázaly, že princip tohoto prodlužování cestovního času v závislosti na rostoucím využití kapacity pozemní komunikace je zde možné vysledovat, ale v poměrně nepatrné formě. Naopak se ukázalo, že závislost cestovního času na poměru využití komunikace není deterministická, ale stochastická. Je tak vhodné zvážit další výzkum v oblasti tohoto tématu a případné využití tzv. metod se stochastickou sítí.

Použití teoretického času průjezdu úsekem (podle rychlostního limitu) namísto naměřeného času průjezdu nezatíženým úsekem má pak za následek, že prodloužení cestovního času poměrně znatelně roste už v oblasti relativně malých hodnot poměru dopravního zatížení a kapacity pozemní komunikace, následně se pak růst zpomaluje a je téměř rovnoměrným.

Praxe je taková, že se vozidla ve většině případů pohybují v tzv. „balících“, kde je rychlost ovlivněna především prvním vozidlem, resp. chováním řidiče tohoto vozidla. Ostatní řidiči musí přizpůsobit svoji rychlost právě tomuto prvnímu vozidlu, dojedou se a udržují jeho rychlost, která je většinou menší než maximální povolená rychlost daného úseku. Tato situace negativně ovlivňuje nejen intenzitu dopravního proudu, ale i cestovní čas na konkrétním úseku a naznačuje velký vliv náhodných jevů.

Autor práce se domnívá, že cíl stanovený v Úvodu, byl naplněn.

Seznam použitých informačních zdrojů

- (1) Český statistický úřad [online]. [cit. 2017 12-04]. Dostupné z: <<https://www.czso.cz/csu/czso/databaze-demografickych-udaju-za-vybrana-mesta-cr>>
- (2) Ročenka dopravy 2016 [online]. [cit. 2017 11-17]. Dostupné z: <http://www.sydos.cz/cs/rocenka-2016/rocenka/htm_cz/cz16_452000.html>
- (3) Politika jakosti pozemních komunikací. *Technické podmínky 189 – Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích* [online]. [cit. 2018 12-20]. Dostupné z: <http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_189_2018_final.pdf>
- (4) Zákony pro lidi [online]. [cit. 2017-12-18]. Dostupné z: <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-13>>
- (5) Zákony pro lidi [online]. [cit. 2017-12-20]. Dostupné z: <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-361>>
- (6) Zákony pro lidi [online]. [cit. 2017-12-22]. Dostupné z: <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-22>>
- (7) ČSN 736100. Názvosloví pozemních komunikací – Základní názvosloví. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2008. 76 s. Třídící znak 736100.
- (8) ČSN 736101. Projektování silnic a dálnic. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2004. 126 s. Třídící znak 736101.
- (9) ČSN 736110. Projektování místních komunikací. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2006. 128 s. Třídící znak 736110.
- (10) Politika jakosti pozemních komunikací. *Technické podmínky 123 – Zjišťování kapacity pozemních komunikací a návrhy na odstranění kongescí* [online]. [cit. 2017 11-20]. Dostupné z: <http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_123.pdf>
- (11) LEDVINOVÁ, Michaela. *Dopravní význam a kapacita pozemních komunikací* [online]. [cit. 2017 11-05]. Dostupné z: <http://pernerscontacts.upce.cz/11_2008/ledvinova.pdf>
- (12) Tralys transport analysis [online]. [cit. 2017-11-05]. Dostupné z: <http://www.tralys.cz/index/produkty/id_aplikace/3/>

- (13) APELTAUER, Tomáš. *Modelování dopravního proudu*. [online]. [cit. 2017 11-05]. Dostupné z: <<http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/CM04-Dopravn%C3%AD%20in%C5%BEen%C3%BDrstv%C3%AD%20%28DST%29/M02-Modelov%C3%A1n%C3%AD%20dopravn%C3%ADho%20proudu.pdf>>
- (14) LEDVINOVÁ, Michaela. *Dopravní inženýrství: studijní opora* [CD-ROM]. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2013. ISBN 978-80-7395-654-7.
- (15) BULÍČEK, Josef, Vlastislav MOJŽÍŠ a Tatiana MOLKOVÁ. *Modelování technologických procesů v dopravě*. Pardubice: Tiskařské středisko Univerzity, 2011. ISBN 978-80-7395-442-0.
- (16) BULÍČEK, J.: Materiály k předmětu Modelování v dopravě – prezentace. Univerzita Pardubice. Dostupné z: <<https://portal.upce.cz/portal/studium/moje-studium/studijni-materialy.html>>
- (17) Dytrych J. Silnice – železnice. *Porovnání 24hodinových dopravních modelů s modely dílčích časových období* [online]. [cit. 2017 11-10]. Dostupné z: <<http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/porovnani-24hodinovy-ch-dopravnich-modelu-s-modely-dilcich-casovy-ch-obdobi/>>
- (18) Mapy.cz [online]. [cit. 2017 11-15]. Dostupné z: <<https://mapy.cz/zakladni?x=15.7927097&y=50.0281150&z=13&l=0&source=muni&id=1258&q=pardubice>>
- (19) Mapy.cz [online]. [cit. 2017 12-07]. Dostupné z: <<https://mapy.cz/zakladni?x=15.7848645&y=50.0307218&z=17&base=ophoto&source=muni&id=1258>>
- (20) Mapy.cz [online]. [cit. 2017 12-30]. Dostupné z: <<https://mapy.cz/zakladni?x=15.7550269&y=50.0383627&z=17&m3d=1&height=589&yaw=-0&pitch=-70&l=0&source=muni&id=1258&q=pardubice>>
- (21) Mapy.cz [online]. [cit. 2017 12-30]. Dostupné z: <<https://mapy.cz/zakladni?x=15.7708574&y=50.0317152&z=17&m3d=1&height=663&yaw=0.012&pitch=-70&l=0&source=muni&id=1258&q=pardubice>>
- (22) Mapy.cz [online]. [cit. 2017 12-30]. Dostupné z: <<https://mapy.cz/zakladni?x=15.7796107&y=50.0429592&z=17&m3d=1&height=541&yaw=-0&pitch=-70&l=0&q=pardubice>>
- (23) Ředitelství silnic a dálnic ČR. *Celostátní sčítání dopravy 2016* [online]. [cit. 2018 01 01]. Dostupné z: <<http://scitani2016.rsd.cz/pages/map/default.aspx>>

- (24) European Conference of Transport Research Institutes. org [online]. [cit. 2018 07-17].
Dostupné z:
<http://www.ectri.org/YRS13/Documents/Papers/Session1b/YRS13_Session1b_Manzo_DTU-Paper.pdf>
- (25) Observatoř bezpečnosti silničního provozu.cz [online]. [cit. 2018 12-10]. Dostupné z:
<<https://www.czrso.cz/clanek/casove-odstupy-vozidel/?id=1568>>
- (26) Nabla.cz [online]. [cit. 2018 12-28]. Dostupné z:
<<http://www.nabla.cz/obsah/fyzika/mechanika/rovnomerne-primocary-pohyb.php>>

Seznam příloh

Příloha A:	Vzor formuláře pro měření cestovních časů 50 vozidel
Příloha B:	Hodnoty z celostátního sčítání dopravy 2016 – ulice kpt. Jaroše
Příloha C:	Hodnoty z celostátního sčítání dopravy 2016 – ulice kpt. Bartoše
Příloha D:	Hodnoty z celostátního sčítání dopravy 2016 – ulice Jana Palacha
Příloha E:	Formulář prvotního měření
Příloha F:	Přiložený CD-ROM disk
Příloha G:	Celkové vyhodnocení úseků č. 1 ve zvolených časech
Příloha H:	Celkové vyhodnocení úseku č. 2 ve zvolených časech
Příloha I:	Celkové vyhodnocení úseku č. 3 ve zvolených časech
Příloha J:	Celkové vyhodnocení úseku č. 4 ve zvolených časech
Příloha K:	Vyhodnocení úseku č. 1 ve stejný čas náhodných dnů – 7:00 hod
Příloha L:	Vyhodnocení úseku č. 1 ve stejný čas náhodných dnů - 15:00 hod
Příloha M:	Celkové vyhodnocení úseku č. 1 ve stejný čas náhodných dnů
Příloha N:	Vyhodnocení úseku č. 2 ve stejný čas náhodných dnů - 8:00 hod
Příloha O:	Vyhodnocení úseku č. 2 ve stejný čas náhodných dnů - 16:00 hod
Příloha P:	Celkové vyhodnocení úseku č. 2 ve stejný čas náhodných dnů
Příloha Q:	Vyhodnocení úseku č. 3 ve stejný čas náhodných dnů - 9:00 hod
Příloha R:	Vyhodnocení úseku č. 3 ve stejný čas náhodných dnů -17:00 hod
Příloha S:	Celkové vyhodnocení úseku č. 3 ve stejný čas náhodných dnů
Příloha T:	Vyhodnocení úseku č. 4 ve stejný čas náhodných dnů - 10:00 hod
Příloha U:	Vyhodnocení úseku č. 4 ve stejný čas náhodných dnů - 18:00 hod
Příloha V:	Celkové vyhodnocení úseku č. 4 ve stejný čas různých dnů

PŘÍLOHY

Příloha A: Vzor formuláře pro měření cestovních časů 50 vozidel

Měřicí úsek číslo:			Délka měřeného úseku [m]:		
Datum měření:		Hodina měření (od – do) [h]:		Počasí:	
Časy měřící osoby č. 1 v bodě A			Časy měřící osoby č. 2 v bodě B		
Vozidlo č.:	Kategorie:	Okamžik průjezdu [s]:	Vozidlo č.:	Kategorie:	Okamžik průjezdu [s]:
1			1		
2			2		
3			3		
4			4		
5			5		
6			6		
7			7		
8			8		
9			9		
10			10		
11			11		
12			12		
13			13		
14			14		
15			15		
16			16		
17			17		
18			18		
19			19		
20			20		
21			21		
22			22		
23			23		
24			24		
25			25		
26			26		
27			27		
28			28		
29			29		
30			30		
31			31		
32			32		
33			33		
34			34		
35			35		
36			36		
37			37		
38			38		
39			39		
40			40		
41			41		
42			42		
43			43		
44			44		
45			45		
46			46		
47			47		
48			48		
49			49		
50			50		
51					
Celkový cestovní čas 50 vozidel [s]:					

Zdroj: autor

Příloha B: Hodnoty z celostátního sčítání dopravy 2016 – ulice kpt. Jaroše

Sčítání dopravy 2016 (sč.úsek: 5-0213)														... význam zkratk		X	
Roční průměr denních intenzit dopravy		LN	SN	SNP	TN	TNP	NSN	A	AK	TR	TRP	TV	O	M	SV		
RPDI - všechny dny	voz/den	1 158	394	64	140	73	624	207	8	4	3	2 675	16 858	54	19 587		
		LN	SN	SNP	TN	TNP	NSN	A	AK	TR	TRP	TV	O	M	SV		
RPDI - pracovní den (Po-Pá)	voz/den	1 479	503	83	179	95	810	240	10	5	4	3 408	18 003	50	21 461		
RPDI - volné dny (mimo svátky)	voz/den	355	121	16	43	19	159	126	2	1	1	843	13 995	63	14 901		
Hodinová intenzita dopravy												TV	SV				
Padesátirázová intenzita dopravy	voz/h											263	1 991				
Špičková hodinová intenzita dopravy	voz/h											254	1 861				
Těžká nákladní vozidla - TNV														TNV			
Hodnota TNV	voz/den													2 528			
Intenzita dopravy pro hlukové a emisní výpočty												OA	NA	NS	Celkem		
Roční průměr intenzit, den (06-18)	voz/den											13 366	1 599	553	15 518		
Roční průměr intenzit, večer (18-22)	voz/den											2 469	130	100	2 699		
Roční průměr intenzit, noc (22-06)	voz/den											1 077	185	108	1 370		
Emise												OA	LNA	TNA	NS	BUS	Celkem
Roční špičková hodinová intenzita dopravy	voz/h											2 740	188	88	123	35	3 174
Koeficienty nerovnoměrnosti dopravy												alfa	beta	gama	PS		
Koeficient nerovnoměrnosti dopravy	-											1.04	1.06	0.98	51:49		
Intenzita cyklistické dopravy														C			
Cyklistická doprava	cyklo/den													10			

Sčítání dopravy 2016 – hodnoty RPDI [voz/24h]	
Sčítací úsek č.	5-0213
Komunikace č.	36
TV (těžká motorová vozidla celkem)	2 675
O (osobní a dodávková vozidla)	16 858
M (jednostopá motorová vozidla)	54
SV (součet všech vozidel)	19 587

Zdroj: (25)

Příloha C: Hodnoty z celostátního sčítání dopravy 2016 – ulice kpt. Bartoše

Sčítání dopravy 2016 (sč.úsek: 5-2154)															... význam zkratk		
Roční průměr denních intenzit dopravy		LN	SN	SNP	TN	TNP	NSN	A	AK	TR	TRP	TV	O	M	SV		
RPDI - všechny dny	voz/den	413	81	5	7	2	3	402	0	1	3	917	9 409	41	10 367		
		LN	SN	SNP	TN	TNP	NSN	A	AK	TR	TRP	TV	O	M	SV		
RPDI - pracovní den (Po-Pá)	voz/den	504	99	6	9	2	4	465	0	1	4	1 094	10 798	38	11 930		
RPDI - volné dny (mimo svátky)	voz/den	185	36	2	3	1	1	244	0	0	1	473	5 935	48	6 456		
Hodinová intenzita dopravy												TV	SV				
Padesátirázová intenzita dopravy	voz/h											107	1 198				
Špičková hodinová intenzita dopravy	voz/h											99	1 120				
Těžká nákladní vozidla - TNV																	
Hodnota TNV	voz/den														544		
Intenzita dopravy pro hlukové a emisní výpočty												OA	NA	NS	Celkem		
Roční průměr intenzit, den (06-18)	voz/den											7 683	824	9	8 516		
Roční průměr intenzit, večer (18-22)	voz/den											1 219	30	0	1 249		
Roční průměr intenzit, noc (22-06)	voz/den											548	54	1	603		
Emise												OA	LNA	TNA	NS	BUS	Celkem
Roční špičková hodinová intenzita dopravy	voz/h											1 219	53	12	1	52	1 337
Koeficienty nerovnoměrnosti dopravy												alfa	beta	gama	PS		
Koeficient nerovnoměrnosti dopravy	-											1.06	1.14	0.93	57:43		
Intenzita cyklistické dopravy																	
Cyklistická doprava	cyklo/den														1 266		

Sčítání dopravy 2016 – hodnoty RPDI [voz/24h]	
Sčítací úsek č.	5-2154
Komunikace č.	MK
TV (těžká motorová vozidla celkem)	917
O (osobní a dodávková vozidla)	9 409
M (jednostopá motorová vozidla)	41
SV (součet všech vozidel)	10 367

Zdroj: (25)

Příloha D: Hodnoty z celostátního sčítání dopravy 2016 – ulice Jana Palacha

Sčítání dopravy 2016 (sč.úsek: 5-0192)														... význam zkratk		X
Roční průměr denních intenzit dopravy		LN	SN	SNP	TN	TNP	NSN	A	AK	TR	TRP	TV	O	M	SV	
RPDI - všechny dny	voz/den	769	93	5	26	1	5	543	0	0	0	1 442	13 920	75	15 437	
		LN	SN	SNP	TN	TNP	NSN	A	AK	TR	TRP	TV	O	M	SV	
RPDI - pracovní den (Po-Pá)	voz/den	952	115	6	32	1	6	628	0	0	0	1 740	14 709	70	16 519	
RPDI - volné dny (mimo svátky)	voz/den	312	38	2	11	0	2	330	0	0	0	695	11 948	88	12 731	
Hodinová intenzita dopravy												TV	SV			
Padesátirázová intenzita dopravy	voz/h											176	1 883			
Špičková hodinová intenzita dopravy	voz/h											160	1 714			
Těžká nákladní vozidla - TNV															TNV	
Hodnota TNV	voz/den														753	
Intenzita dopravy pro hlukové a emisní výpočty												OA	NA	NS	Celkem	
Roční průměr intenzit, den (06-18)	voz/den											11 191	1 229	9	12 429	
Roční průměr intenzit, večer (18-22)	voz/den											1 903	79	1	1 983	
Roční průměr intenzit, noc (22-06)	voz/den											900	124	1	1 025	
Emise										OA	LNA	TNA	NS	BUS	Celkem	
Roční špičková hodinová intenzita dopravy	voz/h									2 001	110	17	2	78	2 208	
Koeficienty nerovnoměrnosti dopravy												alfa	beta	gama	PS	
Koeficient nerovnoměrnosti dopravy	-											0.90	0.00	0.00	55.45	
Intenzita cyklistické dopravy															C	
Cyklistická doprava	cyklo/den														479	

Sčítání dopravy 2016 – hodnoty RPDI [voz/24h]	
Sčítací úsek č.	5-0192
Komunikace č.	324
TV (těžká motorová vozidla celkem)	1 442
O (osobní a dodávková vozidla)	13 920
M (jednostopá motorová vozidla)	75
SV (součet všech vozidel)	15 437

Zdroj: (25)

Příloha E: Formulář prvotního měření

Měřicí úsek č.: 3 - Jana Palacha			Délka měřeného úseku [m]: 100		
Datum měření: 15.2.2018		Hodina měření (od - do) [h]: 19 ⁰⁰ -20 ⁰⁴		Počasí:	
Časy měřící osoby č. 1 v bodě A			Časy měřící osoby č. 2 v bodě B		
Vozidlo č.:	Kategorie:	Okamžik průjezdu [s]:	Vozidlo č.:	Kategorie:	Okamžik průjezdu [s]:
1	0		1	0	7,9
2	0	5,7	2	0	10,7
3	0	9,6	3	0	16,2
4	0	49,1	4	0	53,6
5	0	54,1	5	0	1:01,8
6	0	1:01,1	6	0	1:05,8
7	0	1:02,7	7	0	1:08,9
8	0	2:11,7	8	0	2:20,9
9	0	2:13,9	9	0	2:22,2
10	0	2:52,6	10	0	3:00,2
11	0	3:05,5	11	0	3:14,1
12	0	3:08,1	12	0	3:15,3
13	0	3:12,5	13	0	3:20,4
14	0	3:18,5	14	0	3:25,3
15	0	3:26,8	15	0	3:33,8
16	0	3:54,3	16	0	4:02,9
17	0	4:03,2	17	0	4:04,9
18	0	4:34,1	18	0	4:41,8
19	0	4:37,2	19	0	4:44,7
20	0	4:38,4	20	0	4:45,6
21	0	4:56,2	21	0	5:03,2
22	0	5:01,1	22	0	5:04,9
23	0	5:06,1	23	0	5:13,2
24	0	5:10,3	24	0	5:17,3
25	MHD	5:25,9 (25,9)	25	MHD	5:35,4
26	0	5:39,9	26	0	5:48,8
27	0	5:48,5	27	0	5:56,4
28	0	5:50,8	28	0	5:58,5
29	0	6:46,6	29	0	6:54,4
30	0	6:48,3	30	0	6:55,6
31	0	7:21,7	31	0	7:29,8
32	0	7:34,8	32	0	7:45,6
33	0	7:40,4	33	0	7:55,2
34	0	8:13,5	34	0	8:20,7
35	MHD	8:36,6	35	MHD	8:44,1
36	0	8:38,5	36	0	8:49,3
37	0	9:26,3	37	0	9:33,1
38	0	9:48,7	38	0	9:56,6
39	0	9:54,3	39	0	10:05,1
40	0	10:26,3	40	0	10:32,4
41	0	10:24,9	41	0	10:33,7
42	0	10:57,4	42	0	10:58,2
43	0	11:19,6	43	0	11:25,4
44	0	11:41,3	44	0	11:48,8
45	0	11:54,9	45	0	12:04,3
46	0	12:18,2	46	0	12:25,5
47	0	12:26,7	47	0	12:33,9
48	0	12:36,2	48	0	12:37,8
49	0	13:04,9	49	0	13:12,7
50	0	13:16,4	50	0	13:24,9
51	0	13:21,5			
Celkový cestovní čas 50 vozidel [s]:			13:21,5 → 302		

Zdroj: autor

Příloha G: Celkové vyhodnocení úseků č. 1 ve zvolených časech

Kapacita úseku č. 1 = 1 861 [voz·h ⁻¹]	1. měření	2. měření	3. měření	4. měření	5. měření	6. měření	7. měření	8. měření	9. měření	10. měření	11. měření	12. měření	13. měření	14. měření	15. měření	16. měření	Celkové průměrné hodnoty
Průměrný cestovní čas [min:s]:	0:07,2	0:07,1	0:06,8	0:07,6	0:07,4	0:06,8	0:07,9	0:07,4	0:07,2	0:06,3	0:06,8	0:08,7	0:06,8	0:06,5	0:07,4	0:07,2	00:07,2
Průměrná rychlost 50 vozidel [km·h ⁻¹]:	60,07	61,80	64,60	58,67	59,25	63,56	55,33	59,82	60,66	70,94	63,38	50,61	63,53	68,08	59,05	65,05	61,53
Výsledné parametry α	0,14	0,14	0,13	0,26	0,2	0,14	0,3	0,21	0,16	0,02	0,14	0,4	0,14	0,06	0,23	0,26	0,18
Výsledné parametry β	0,10	0,10	0,10	0,20	0,60	0,10	0,10	0,50	0,10	2,90	0,10	0,20	0,10	1,20	0,40	0,20	0,44
Překročení maximální povolené rychlosti [voz]	4	11	12	9	9	17	2	7	6	27	16	1	16	27	5	16	12
Nedodržení čas. bezpeč. odstupu mezi vozidly [voz]	31	19	25	32	25	19	27	25	19	4	24	28	18	18	23	30	23
Dopravní zatížení - INTENZITA [voz·h ⁻¹]:	845	756	690	891	779	679	747	933	364	195	804	923	800	314	865	1208	737
Poměr intenzity ke kapacitě úseku [%]	45,40	40,62	37,07	47,87	41,85	36,48	40,14	50,13	19,56	10,48	43,20	49,59	42,98	16,87	46,48	64,91	39,60

Zdroj: autor

Příloha H: Celkové vyhodnocení úseku č. 2 ve zvolených časech

Kapacita úseku č. 2 = 1 120 [voz·h ⁻¹]	1. měření	2. měření	3. měření	4. měření	5. měření	6. měření	7. měření	8. měření	9. měření	10. měření	11. měření	12. měření	13. měření	14. měření	15. měření	16. měření	Celkové průměrné hodnoty
Průměrný cestovní čas [min:s]:	00:07,9	00:07,1	00:08,3	00:07,4	00:07,7	00:08,3	00:06,7	00:07,7	00:07,5	00:07,8	00:07,9	00:07,3	00:08,2	00:07,3	00:08,3	00:10,4	00:07,9
Průměrná rychlost 50 vozidel [km·h ⁻¹]:	46,59	51,99	43,47	49,30	47,53	44,04	55,13	47,57	48,19	47,04	46,07	50,92	45,38	50,81	43,68	39,50	47,33
Výsledné parametry α	0,07	0,01	0,18	0,02	0,11	0,12	0,01	0,1	0,01	0,11	0,11	0,01	0,12	0,01	0,12	0,24	0,08
Výsledné parametry β	1,10	0,60	0,30	1,50	0,10	0,10	2,10	0,10	0,10	0,10	0,10	2,70	0,10	0,90	0,20	0,10	0,64
Překročení maximální povolené rychlosti [voz]	20	36	9	29	19	11	36	20	26	19	16	32	17	33	8	16	22
Nedodržení čas. bezpeč. odstupu mezi vozidly [voz]	17	13	13	16	14	15	8	14	14	10	14	2	10	3	18	18	13
Dopravní zatížení - INTENZITA [voz·h ⁻¹]:	435	425	409	490	424	413	239	442	500	364	503	177	251	159	650	726	413
Poměr intenzity ke kapacitě úseku [%]	38,82	37,90	36,53	43,79	37,82	36,86	21,37	39,49	44,64	32,47	44,89	15,83	22,45	14,16	58,02	64,80	36,87

Zdroj: autor

Příloha I: Celkové vyhodnocení úseku č. 3 ve zvolených časech

Kapacita úseku č. 3 = 1 714 [voz·h ⁻¹]	1. měření	2. měření	3. měření	4. měření	5. měření	6. měření	7. měření	8. měření	9. měření	10. měření	11. měření	12. měření	13. měření	14. měření	15. měření	16. měření	Celkové průměrné hodnoty
Průměrný cestovní čas [min:s]:	00:08,1	00:08,0	00:08,4	00:10,9	00:08,2	00:08,4	00:07,6	00:13,2	00:08,1	00:08,0	00:08,3	00:13,2	00:07,9	00:08,1	00:08,3	00:07,7	00:08,9
Průměrná rychlost 50 vozidel [km·h ⁻¹]:	44,78	46,07	43,59	49,93	44,79	44,14	49,76	36,61	45,27	46,00	44,21	52,45	46,98	45,37	43,73	47,59	45,70
Výsledné parametry α	0,12	0,11	0,13	0,01	0,13	0,21	0,17	0,28	0,14	0,15	0,12	0,08	0,12	0,13	0,13	0,01	0,13
Výsledné parametry β	0,10	0,10	0,10	1,30	0,10	0,40	1,10	0,10	0,10	0,40	0,10	5,00	0,10	0,10	0,10	0,10	0,58
Překročení maximální povolené rychlosti [voz]	12	16	6	30	16	13	25	7	16	17	13	32	17	14	5	25	17
Nedodržení čas. bezpeč. odstupu mezi vozidly [voz]	17	12	15	8	8	9	4	9	1	8	7	2	7	12	12	11	9
Dopravní zatížení - INTENZITA [voz·h ⁻¹]:	357	471	450	400	314	439	153	452	87	289	552	188	273	337	549	586	369
Poměr intenzity ke kapacitě úseku [%]	20,84	27,49	26,25	23,34	18,30	25,61	8,93	26,39	5,05	16,86	32,21	10,94	15,94	19,67	32,02	34,21	21,52

Zdroj: autor

Příloha J: Celkové vyhodnocení úseku č. 4 ve zvolených časech

Kapacita úseku č. 4 = 900 [voz·h ⁻¹]	1. měření	2. měření	3. měření	4. měření	5. měření	6. měření	7. měření	8. měření	9. měření	10. měření	11. měření	12. měření	13. měření	14. měření	15. měření	16. měření	Celkové průměrné hodnoty
Průměrný cestovní čas [min:s]:	00:11,7	00:13,0	00:12,0	00:12,4	00:14,1	00:12,6		00:13,6	00:13,8	00:12,2	00:12,7	00:13,1	00:13,6	00:12,7	00:13,3	00:12,8	00:12,9
Průměrná rychlost 50 vozidel [km·h ⁻¹]:	31,26	28,21	31,26	29,66	26,86	28,96		28,03	27,69	30,05	29,33	28,32	27,99	28,84	27,63	28,49	28,84
Výsledné parametry α	0,01	0,12	0,01	0,01	0,12	0,01		0,14	0,15	0,01	0,16	0,08	0,1	0,01	0,11	0,08	0,07
Výsledné parametry β	0,50	0,50	0,50	3,00	0,40	3,10		0,40	0,30	0,30	0,80	0,10	0,10	0,10	0,30	0,10	0,70
Překročení maximální povolené rychlosti [voz]	25	11	27	17	7	13		15	14	17	17	14	13	12	9	12	15
Nedodržení čas. bezpeč. odstupu mezi vozidly [voz]	8	7	5	10	12	7		4	4	8	4	8	5	7	7	4	7
Dopravní zatížení - INTENZITA [voz·h ⁻¹]:	304	303	272	346	493	281		125	100	457	177	346	125	251	309	219	274
Poměr intenzity ke kapacitě úseku [%]	33,78	33,61	30,26	38,46	54,79	31,25		13,84	11,15	50,76	19,65	38,46	13,94	27,89	34,36	24,33	30,44

Zdroj: autor

Příloha K: Vyhodnocení úseku č. 1 ve stejný čas náhodných dnů – 7:00 hod

Kapacita úseku č. 1 = 1 861 [voz·h ⁻¹]	1. měření	2. měření	3. měření	4. měření	5. měření	6. měření	7. měření	8. měření	Celkové průměrné hodnoty
Průměrný cestovní čas [min:s]:	00:08,2	00:08,6	00:06,9	00:06,6	00:07,4	00:07,2	00:07,0	00:06,5	00:07,3
Průměrná rychlost 50 vozidel [km·h ⁻¹]:	55,71	54,71	63,72	67,20	59,05	61,73	63,56	68,08	61,72
Výsledné parametry α	0,24	0,15	0,13	0,01	0,23	0,15	0,13	0,06	0,14
Výsledné parametry β	0,30	0,10	0,10	0,40	0,40	0,10	0,10	1,20	0,34
Překročení maximální povolené rychlosti [voz]	6	4	20	26	5	5	20	27	15
Nedodržení čas. bezpeč. odstupu mezi vozidly [voz]	21	27	20	12	23	18	21	18	20
Dopravní zatížení - INTENZITA [voz·h ⁻¹]:	677	583	489	281	865	594	522	314	540
Poměr intenzity ke kapacitě úseku [%]	36,36	31,30	26,28	15,09	46,50	31,92	28,04	16,85	29,01

Zdroj: autor

Příloha L: Vyhodnocení úseku č. 1 ve stejný čas náhodných dnů – 15:00 hod

Kapacita úseku č. 1 = 1 861 [voz·h ⁻¹]	1. měření	2. měření	3. měření	4. měření	5. měření	6. měření	7. měření	8. měření	Celkové průměrné hodnoty
Průměrný cestovní čas [min:s]:	00:11,6	00:07,1	00:06,9	00:06,5	00:07,2	00:07,2	00:08,1	00:06,8	00:07,7
Průměrná rychlost 50 vozidel [km·h ⁻¹]:	65,00	61,20	64,21	67,46	60,52	65,05	54,20	64,09	62,72
Výsledné parametry α	0,13	0,14	0,13	0,01	0,14	0,26	0,3	0,13	0,16
Výsledné parametry β	0,10	0,10	0,10	0,50	0,10	0,20	0,10	0,10	0,16
Překročení maximální povolené rychlosti [voz]	17	8	21	26	4	16	1	14	14
Nedodržení čas. bezpeč. odstupu mezi vozidly [voz]	29	28	21	21	27	30	26	32	27
Dopravní zatížení - INTENZITA [voz·h ⁻¹]:	1176	923	489	584	690	1208	874	1184	891
Poměr intenzity ke kapacitě úseku [%]	63,22	49,60	26,28	31,40	37,06	64,91	46,95	63,63	47,87

Zdroj: autor

Příloha M: Celkové vyhodnocení úseku č. 1 ve stejný čas náhodných dnů

Kapacita úseku č. 1 = 1 861 [voz·h ⁻¹]	1. měření	2. měření	3. měření	4. měření	5. měření	6. měření	7. měření	8. měření	9. měření	10. měření	11. měření	12. měření	13. měření	14. měření	15. měření	16. měření	Celkové průměrné hodnoty
Průměrný cestovní čas [min:s]:	00:08,2	00:11,6	00:08,6	00:07,1	00:06,9	00:06,9	00:06,6	00:06,5	00:07,2	00:07,4	00:07,2	00:07,2	00:08,1	00:07,0	00:06,8	00:06,5	00:07,5
Průměrná rychlost 50 vozidel [km·h ⁻¹]:	55,71	65,00	54,71	61,20	63,72	64,21	67,20	67,46	60,52	59,05	65,05	61,73	54,20	63,56	64,09	68,08	62,22
Výsledné parametry α	0,24	0,13	0,15	0,14	0,13	0,13	0,01	0,01	0,14	0,23	0,26	0,15	0,3	0,13	0,13	0,06	0,15
Výsledné parametry β	0,30	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,40	0,50	0,10	0,40	0,20	0,10	0,10	0,10	0,10	1,20	0,25
Překročení maximální povolené rychlosti [voz]	6	17	4	8	20	21	26	26	4	5	16	5	1	20	14	27	14
Nedodržení čas. bezpeč. odstupu mezi vozidly [voz]	21	29	27	28	20	21	12	21	27	23	30	18	26	21	32	18	24
Dopravní zatížení - INTENZITA [voz·h ⁻¹]:	677	1176	583	923	489	489	281	584	690	865	1208	594	874	522	1184	314	716
Poměr intenzity ke kapacitě úseku [%]	36,36	63,22	31,30	49,60	26,28	26,28	15,09	31,40	37,06	46,50	64,91	31,92	46,95	28,04	63,63	16,85	38,47

Zdroj: autor

Příloha N: Vyhodnocení úseku č. 2 ve stejný čas náhodných dnů – 8:00 hod

Kapacita úseku č. 2 = 1 120 [voz·h ⁻¹]	1. měření	2. měření	3. měření	4. měření	5. měření	6. měření	7. měření	8. měření	Celkové průměrné hodnoty
Průměrný cestovní čas [min:s]:	00:07,1	00:07,5	00:07,7	00:07,9	00:08,3	00:08,8	00:07,6	00:08,2	00:07,9
Průměrná rychlost 50 vozidel [km·h ⁻¹]:	51,71	48,44	47,11	47,50	43,68	41,29	47,71	45,38	46,60
Výsledné parametry α	0,01	0,01	0,11	0,12	0,12	0,24	0,1	0,12	0,10
Výsledné parametry β	2,00	2,10	0,10	0,20	0,20	0,10	0,20	0,10	0,63
Překročení maximální povolené rychlosti [voz]	34	25	22	21	8	3	24	17	20
Nedodržení čas. bezpeč. odstupu mezi vozidly [voz]	20	12	12	8	18	14	8	10	13
Dopravní zatížení - INTENZITA [voz·h ⁻¹]:	492	371	493	205	650	422	561	251	431
Poměr intenzity ke kapacitě úseku [%]	43,91	33,14	44,03	18,35	58,02	37,64	50,07	22,45	38,48

Zdroj: autor

Příloha O: Vyhodnocení úseku č. 2 ve stejný čas náhodných dnů – 16:00 hod

Kapacita úseku č. 2 = 1 120 [voz·h ⁻¹]	1. měření	2. měření	3. měření	4. měření	5. měření	6. měření	7. měření	8. měření	Celkové průměrné hodnoty
Průměrný cestovní čas [min:s]:	00:07,0	00:07,9	00:07,7	00:08,1	00:06,9	00:10,4	00:07,8	00:08,2	00:08,0
Průměrná rychlost 50 vozidel [km·h ⁻¹]:	51,75	46,24	47,50	45,54	53,15	39,50	47,19	44,36	46,90
Výsledné parametry α	0,01	0,11	0,1	0,11	0,01	0,24	0,05	0,12	0,09
Výsledné parametry β	0,70	0,10	0,10	0,10	0,90	0,10	0,70	0,10	0,35
Překročení maximální povolené rychlosti [voz]	38	15	23	15	36	16	25	9	23
Nedodržení čas. bezpeč. odstupu mezi vozidly [voz]	15	13	12	21	11	18	15	19	16
Dopravní zatížení - INTENZITA [voz·h ⁻¹]:	598	533	554	401	332	726	581	674	550
Poměr intenzity ke kapacitě úseku [%]	53,39	47,55	49,45	35,79	29,65	64,80	51,84	60,19	49,10

Zdroj: autor

Příloha P: Celkové vyhodnocení úseku č. 2 ve stejný čas náhodných dnů

Kapacita úseku č. 2 = 1 120 [voz·h ⁻¹]	1. měření	2. měření	3. měření	4. měření	5. měření	6. měření	7. měření	8. měření	9. měření	10. měření	11. měření	12. měření	13. měření	14. měření	15. měření	16. měření	Celkové průměrné hodnoty
Průměrný cestovní čas [min:s]:	00:07,1	00:07,0	00:07,5	00:07,9	00:07,7	00:07,7	00:07,9	00:08,1	00:06,9	00:08,3	00:10,4	00:08,8	00:07,8	00:07,6	00:08,2	00:08,2	00:07,9
Průměrná rychlost 50 vozidel [km·h ⁻¹]:	51,71	51,75	48,44	46,24	47,11	47,50	47,50	45,54	53,15	43,68	39,50	41,29	47,19	47,71	44,36	45,38	46,75
Výsledné parametry α	0,01	0,01	0,01	0,11	0,11	0,1	0,12	0,11	0,01	0,12	0,24	0,24	0,05	0,1	0,12	0,12	0,10
Výsledné parametry β	2,00	0,70	2,10	0,10	0,10	0,10	0,20	0,10	0,90	0,20	0,10	0,10	0,70	0,20	0,10	0,10	0,49
Překročení maximální povolené rychlosti [voz]	34	38	25	15	22	23	21	15	36	8	16	3	25	24	9	17	21
Nedodržení čas. bezpeč. odstupu mezi vozidly [voz]	20	15	12	13	12	12	8	21	11	18	18	14	15	8	19	10	15
Dopravní zatížení - INTENZITA [voz·h ⁻¹]:	492	598	371	533	493	554	205	401	332	650	726	422	581	561	674	251	490
Poměr intenzity ke kapacitě úseku [%]	43,91	53,39	33,14	47,55	44,03	49,45	18,35	35,79	29,65	58,02	64,80	37,64	51,84	50,07	60,19	22,45	43,75

Zdroj: autor

Příloha Q: Vyhodnocení úseku č. 3 ve stejný čas náhodných dnů – 9:00 hod

Kapacita úseku č. 3 = 1 714 [voz·h ⁻¹]	1. měření	2. měření	3. měření	4. měření	5. měření	6. měření	7. měření	8. měření	Celkové průměrné hodnoty
Průměrný cestovní čas [min:s]:	00:08,2	00:07,9	00:08,0	00:07,5	00:08,3	00:08,7	00:07,8	00:07,8	00:08,0
Průměrná rychlost 50 vozidel [km·h ⁻¹]:	44,97	46,74	45,79	48,06	43,73	41,75	46,68	47,56	45,66
Výsledné parametry α	0,13	0,12	0,12	0,1	0,13	0,25	0,11	0,12	0,14
Výsledné parametry β	0,10	0,10	0,10	1,30	0,10	0,30	0,10	0,10	0,28
Překročení maximální povolené rychlosti [voz]	14	18	15	22	5	3	15	18	14
Nedodržení čas. bezpeč. odstupu mezi vozidly [voz]	10	6	11	8	12	16	10	8	11
Dopravní zatížení - INTENZITA [voz·h ⁻¹]:	432	441	466	335	549	561	556	335	459
Poměr intenzity ke kapacitě úseku [%]	25,18	25,74	27,21	19,56	32,02	32,72	32,41	19,56	26,77

Zdroj: autor

Příloha R: Vyhodnocení úseku č. 3 ve stejný čas náhodných dnů – 17:00 hod

Kapacita úseku č. 3 = 1 714 [voz·h ⁻¹]	1. měření	2. měření	3. měření	4. měření	5. měření	6. měření	7. měření	8. měření	Celkové průměrné hodnoty
Průměrný cestovní čas [min:s]:	00:07,6	00:07,6	00:07,7	00:08,3	00:07,3	00:07,7	00:12,5	00:08,3	00:08,4
Průměrná rychlost 50 vozidel [km·h ⁻¹]:	48,26	48,07	47,82	44,16	50,90	47,59	32,13	44,81	45,47
Výsledné parametry α	0,05	0,11	0,11	0,13	0,02	0,01	0,66	0,12	0,15
Výsledné parametry β	1,10	0,10	0,10	0,10	2,30	0,10	0,10	0,10	0,50
Překročení maximální povolené rychlosti [voz]	26	21	20	9	32	25	2	16	19
Nedodržení čas. bezpeč. odstupu mezi vozidly [voz]	13	12	7	17	16	11	15	13	13
Dopravní zatížení - INTENZITA [voz·h ⁻¹]:	339	495	366	411	485	586	700	667	506
Poměr intenzity ke kapacitě úseku [%]	19,78	28,85	21,35	23,98	28,31	34,21	40,86	38,90	29,52

Zdroj: autor

Příloha S: Celkové vyhodnocení úseku č. 3 ve stejný čas náhodných dnů

Kapacita úseku č. 3 = 1 714 [voz·h ⁻¹]	1. měření	2. měření	3. měření	4. měření	5. měření	6. měření	7. měření	8. měření	9. měření	10. měření	11. měření	12. měření	13. měření	14. měření	15. měření	16. měření	Celkové průměrné hodnoty
Průměrný cestovní čas [min:s]:	00:08,2	00:07,6	00:07,9	00:07,6	00:08,0	00:07,7	00:07,5	00:08,3	00:07,3	00:08,3	00:07,7	00:08,7	00:12,5	00:07,8	00:08,3	00:07,8	00:08,2
Průměrná rychlost 50 vozidel [km·h ⁻¹]:	44,97	48,26	46,74	48,07	45,79	47,82	48,06	44,16	50,90	43,73	47,59	41,75	32,13	46,68	44,81	47,56	45,56
Výsledné parametry α	0,13	0,05	0,12	0,11	0,12	0,11	0,1	0,13	0,02	0,13	0,01	0,25	0,66	0,11	0,12	0,12	0,14
Výsledné parametry β	0,10	1,10	0,10	0,10	0,10	0,10	1,30	0,10	2,30	0,10	0,10	0,30	0,10	0,10	0,10	0,10	0,39
Překročení maximální povolené rychlosti [voz]	14	26	18	21	15	20	22	9	32	5	25	3	2	15	16	18	17
Nedodržení čas. bezpeč. odstupu mezi vozidly [voz]	10	13	6	12	11	7	8	17	16	12	11	16	15	10	13	8	12
Dopravní zatížení - INTENZITA [voz·h ⁻¹]:	387	339	441	495	466	366	335	411	485	549	586	561	700	556	667	335	480
Poměr intenzity ke kapacitě úseku [%]	22,58	19,78	25,74	28,85	27,21	21,35	19,56	23,98	28,31	32,02	34,21	32,72	40,86	32,41	38,90	19,56	28,00

Zdroj: autor

Příloha T: Vyhodnocení úseku č. 4 ve stejný čas náhodných dnů – 10:00 hod

Kapacita úseku č. 4 = 900 [voz·h ⁻¹]	1. měření	2. měření	3. měření	4. měření	5. měření	6. měření	7. měření	8. měření	Celkové průměrné hodnoty
Průměrný cestovní čas [min:s]:	00:12,3	00:12,1	00:12,4	00:12,0	00:13,3	00:11,3	00:12,6	00:11,6	00:12,2
Průměrná rychlost 50 vozidel [km·h ⁻¹]:	29,54	30,50	29,52	30,75	27,63	32,72	29,01	31,96	30,20
Výsledné parametry α	0,01	0,01	0,01	0,01	0,11	0,01	0,06	0,01	0,03
Výsledné parametry β	1,50	1,10	0,50	1,50	0,30	0,90	0,40	1,00	0,90
Překročení maximální povolené rychlosti [voz]	13	22	17	21	9	31	13	25	19
Nedodržení čas. bezpeč. odstupu mezi vozidly [voz]	6	9	15	6	7	10	13	9	10
Dopravní zatížení - INTENZITA [voz·h ⁻¹]:	329	274	499	280	309	281	510	338	353
Poměr intenzity ke kapacitě úseku [%]	36,56	30,49	55,40	31,15	34,36	31,25	56,66	37,52	39,22

Zdroj: autor

Příloha U: Vyhodnocení úseku č. 4 ve stejný čas náhodných dnů – 18:00 hod

Kapacita úseku č. 4 = 900 [voz·h ⁻¹]	1. měření	2. měření	3. měření	4. měření	5. měření	6. měření	7. měření	8. měření	Celkové průměrné hodnoty
Průměrný cestovní čas [min:s]:	00:12,7	00:12,5	00:12,5	00:11,9	00:13,1	00:12,8	00:14,7	00:14,2	00:13,1
Průměrná rychlost 50 vozidel [km·h ⁻¹]:	29,24	29,65	29,20	30,76	28,65	28,49	25,54	26,21	28,47
Výsledné parametry α	0,02	0,01	0,04	0,01	0,05	0,08	0,23	0,14	0,07
Výsledné parametry β	2,00	0,80	1,00	0,60	0,70	0,10	0,20	0,20	0,70
Překročení maximální povolené rychlosti [voz]	16	19	15	20	14	12	9	5	14
Nedodržení čas. bezpeč. odstupu mezi vozidly [voz]	7	12	13	5	9	4	7	10	9
Dopravní zatížení - INTENZITA [voz·h ⁻¹]:	254	359	367	199	211	219	355	307	284
Poměr intenzity ke kapacitě úseku [%]	28,17	39,84	40,82	22,12	23,39	24,33	39,45	34,07	31,55

Zdroj: autor

Příloha V: Celkové vyhodnocení úseku č. 4 ve stejný čas různých dnů

Kapacita úseku č. 4 = 900 [voz·h ⁻¹]	1. měření	2. měření	3. měření	4. měření	5. měření	6. měření	7. měření	8. měření	9. měření	10. měření	11. měření	12. měření	13. měření	14. měření	15. měření	16. měření	Celkové průměrné hodnoty
Průměrný cestovní čas [min:s]:	00:12,3	00:12,7	00:12,1	00:12,5	00:12,4	00:12,5	00:12,0	00:11,9	00:13,1	00:13,3	00:12,8	00:11,3	00:14,7	00:12,6	00:14,2	00:11,6	00:12,6
Průměrná rychlost 50 vozidel [km·h ⁻¹]:	29,54	29,24	30,50	29,65	29,52	29,20	30,75	30,76	28,65	27,63	28,49	32,72	25,54	29,01	26,21	31,96	29,34
Výsledné parametry α	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,04	0,01	0,01	0,05	0,11	0,08	0,01	0,23	0,06	0,14	0,01	0,05
Výsledné parametry β	1,50	2,00	1,10	0,80	0,50	1,00	1,50	0,60	0,70	0,30	0,10	0,90	0,20	0,40	0,20	1,00	0,80
Překročení maximální povolené rychlosti [voz]	13	16	22	19	17	15	21	20	14	9	12	31	9	13	5	25	17
Nedodržení čas. bezpeč. odstupu mezi vozidly [voz]	6	7	9	12	15	13	6	5	9	7	4	10	7	13	10	9	9
Dopravní zatížení - INTENZITA [voz·h ⁻¹]:	329	254	274	359	499	367	280	199	211	309	219	281	355	510	307	338	318
Poměr intenzity ke kapacitě úseku [%]	36,56	28,17	30,49	39,84	55,40	40,82	31,15	22,12	23,39	34,36	24,33	31,25	39,45	56,66	34,07	37,52	35,33

Zdroj: autor