

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA DOPRAVNÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2019

BEKÁRKOVÁ MARIE



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA DOPRAVNÍ**

Marie Bekárková

Návrh světelně řízené křižovatky Kojetínská x Velehradská  
v Kroměříži

Bakalářská práce

**2019**

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

d ě k a n

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



**K620**..... Ústav dopravní telematiky

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE** (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Marie Bekárková**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

**B 3710 – ITS – Inteligentní dopravní systémy**

Název tématu (česky): **Návrh světelně řízené křižovatky Kojetínská x Velehradská v Kroměříži**

Název tématu (anglicky): The Design of Traffic Control at the Intersection  
Kojetínská x Velehradská

### **Zásady pro vypracování**

Při zpracování bakalářské práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Analýza současné dopravní situace a širších dopravních vztahů na posuzované křižovatce včetně ověření kapacity současného způsobu řízení.
- Provedení dopravního průzkumu na křižovatce a analýza dostupných DI dat včetně směrových vztahů.
- Návrh situačního řešení světelně řízené křižovatky včetně posouzení účelnosti dle ČSN 736102 a návrhu pro územní řízení dle TP 81.
- Ověření a zhodnocení návrhu řízení pomocí vhodného simulačního nástroje včetně kapacitního posouzení řízené křižovatky dle platných TP 235.



- Rozsah grafických prací: dle požadavků vedoucího bakalářské práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: TP 81 - Navrhování světelných signalizačních zařízení pro řízení provozu na pozemních komunikacích  
Jirava P., Slabý P.: pozemní komunikace 10 - Dopravní inženýrství, skripta ČVUT, 1997.I  
TP 235 Posuzování kapacity světelně řízených křižovatek
- Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Tomáš Tichý, Ph. D., MBA**

Datum zadání bakalářské práce: **23. října 2018**  
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **26. srpna 2019**  
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia  
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

  
Ing. Zuzana Bělinová, Ph.D.  
vedoucí  
Ústavu dopravní telematiky



  
doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.  
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

  
Marie Bekárková  
jméno a podpis studenta

V Praze dne ..... 23. října 2018

## **Poděkování**

Děkuji svému vedoucímu bakalářské práce Doc. Ing. Tomáši Tichému, Ph.D., MBA za čas, který mi věnoval při vedení bakalářské práce, za rady a připomínky, které mi pomohly k vypracování celé práce. Dále děkuji Ing. Jiřímu Růžičkovi, Bc. Anně Sýkorové a Kateřině Vlčkové za korektury textu a Arnoštu Bekárkovi za pomoc při dopravním průzkumu.

## **Prohlášení**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám žádný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 2. srpna 2019

.....

Podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

Návrh světelně řízené křižovatky Kojetínská x Velehradská  
v Kroměříži

bakalářská práce

září, 2019

Marie Bekárková

ABSTRAKT

Předmětem bakalářské práce „Návrh světelně řízené křižovatky Kojetínská x Velehradská v Kroměříži“ je analýza stávající dopravní situace na posuzované neřízené křižovatce a na základě této analýzy návrh nového situačního řešení světelně řízené křižovatky včetně posouzení účelnosti a návrhu podkladů pro územní řízení a následné ověření a zhodnocení návrhu řízení pomocí vhodného simulačního nástroje.

KLÍČOVÁ SLOVA:

silniční doprava, řízení dopravního uzlu, pevné řízení, světelně signalizační zařízení, okružní křižovatka, dopravní průzkum, simulace, kapacita, saturevaný tok, ztrátový čas, délky fronty, situace

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

Faculty of transportation sciences

The design of traffic control at the intersection Kojetínská x  
Velehradská

bachelor thesis

august 2019

Marie Bekárková

ABSTRACT

The subject of the bachelor thesis " The desing of traffic control at the intersection Kojetínská x Velehradská " analyzes the current traffic situation at the intersection and on the basis of this analysis, a proposal for situational solution of a light crossing, including assessment of efficiency and design for territorial management, and subsequent verification and evaluation of the management design using a suitable simulation tool.

KEY WORDS:

road transport, control of intersection, invariable traffic control, traffic lights, round crossroad, simulation, traffic control, transport research, capacity, saturated flow, losing time, lenght fronts, situation

# Obsah

1 Úvod .....	- 7 -
2 Analýza současné dopravní situace.....	- 9 -
2.1 Stávající dopravní řešení .....	- 10 -
2.1.1 Výhody stávajícího řešení.....	- 14 -
2.1.2 Nevýhody stávajícího řešení.....	- 14 -
2.2 Naměřená data a sčítání dopravy .....	- 16 -
2.2.1 Metoda a doba dopravního průzkumu .....	- 16 -
2.2.2 Vyhodnocení dopravního průzkumu.....	- 17 -
3 Hodnocení stávající dopravní situace.....	- 19 -
3.1 Hodnocení stávající dopravní situace.....	- 19 -
3.2 Posouzení kapacity okružní křižovatky.....	- 19 -
3.2.1 Denní intenzity provozu .....	- 19 -
3.2.2 Posouzení kapacity okružní křižovatky na vjezdu .....	- 20 -
3.2.3 Posouzení kapacity okružní křižovatky na výjezdu [8, str. 51 – 52] .....	- 22 -
3.3 Kritéria návrhu SSZ .....	- 23 -
3.3.1 Kritérium podle bezpečnosti .....	- 23 -
3.3.2 Kritérium intenzity z hlediska vozidel.....	- 24 -
3.3.3 Kritérium intenzity z hlediska chodců .....	- 26 -
3.3.4 Kritérium plynulosti vozidel MHD .....	- 27 -
3.3.5 Kritérium místa zvláštního zřetele .....	- 27 -
3.4 Shrnutí.....	- 27 -
3.4.1 Shrnutí - posouzení kapacity .....	- 27 -
3.4.2 Shrnutí - kritéria návrhu SSZ.....	- 28 -
4 Návrh situačního řešení SSZ .....	- 29 -
4.1 Návrh stavebních úprav .....	- 29 -
4.1.1 Soupis zásadních stavebních úprav.....	- 29 -
4.2 Použití SSZ na křižovatce a označení signálních skupin .....	- 31 -
4.3 Tabulka mezičasů .....	- 32 -
4.4 Návrh fází a sledů fází.....	- 34 -
4.5 Návrh signálního plánu.....	- 36 -
4.5.1 Saturovaný tok vjezdu .....	- 37 -
4.5.2 Celkový stupeň saturace, ztrátový čas, optimální doba cyklu.....	- 38 -
4.6 Signální plány - shrnutí.....	- 39 -
4.7 Kapacitní posouzení řízené křižovatky .....	- 40 -



4.7.1 Kapacita na vjezdu.....	- 40 -
4.7.2 Posouzení úrovně kvality dopravy .....	- 40 -
4.8 Shrnutí posouzení kapacit křižovatek – příklad.....	- 42 -
5 Ověření návrhu SSZ v simulačním programu VISSIM .....	- 43 -
5.1 Simulační program PTV VISSIM .....	- 43 -
5.2 Teoretický průběh vytváření simulace .....	- 43 -
5.2.1 Krátké shrnutí tvorby simulace: .....	- 43 -
5.3 Průběh simulace.....	- 46 -
5.4 Výstupy simulace.....	- 48 -
5.4.1 Doba zdržení a délka fronty v hodinovém intervalu ranní špičky, původní situace.....	- 49 -
5.4.2 Doba zdržení a délka fronty v hodinovém intervalu odpolední špičky, původní situace. -	51 -
5.4.3 Doba zdržení a délka fronty v hodinovém intervalu ranní špičky, nové situace.....	- 53 -
5.4.4 Doba zdržení a délka fronty v hodinovém intervalu odpolední špičky, nové situace .....	- 55 -
5.5 Porovnání výsledků výpočtů a simulace, shrnutí .....	- 57 -
6 Závěr.....	- 59 -
Seznam použité literatury .....	- 61 -
Seznam použitých zkratk.....	- 63 -
Seznam obrázků, tabulek a grafů .....	- 64 -
Seznam Příloh.....	- 65 -

# 1 Úvod

Silniční doprava je součástí každodenního života většiny obyvatel moderního světa. Mnoho řidičů v každém pracovním dni bojuje s dopravními kongescemi v období ranní a odpolední špičky i mimo ni. Pro své výhody, jako jsou například flexibilita, dostupnost či rychlost, je silniční doprava často hodnocena jako nejvyhledávanější i nejoblíbenější druh přepravy.

Každým rokem je sledován technický pokrok silniční dopravy, přičemž snaha o modernizaci a zdokonalování v tomto odvětví rapidně roste. V roce 2018 v České republice bylo nad 5 600 000 ks osobních automobilů. Nárůst automobilů pak činí okolo 4 % ročně. V porovnání s minulostí (např. s rokem 1989) se jedná o nárůst o 140%. [11]

S rapidním nárůstem počtu automobilů přirozeně pak souvisí i problémy, které vznikly v průběhu doby. Při výstavbě komunikací v minulosti se nepočítalo s množstvím vozů, které dnes na silnicích nalezneme. Proto je častým jevem nedostatečná kapacita parkovišť či nevhodně postavené kruhové objezdy či křižovatky. Nedílnou součástí problému s dopravou je bezpečnost. V této bakalářské práci bude řešena přestavba okružní křižovatky na světelně řízenou křižovátku. Důvodem je především nedostatečná kapacita křižovatky v současném stavu. Okružní křižovatka se nachází v České republice v obci Kroměříž ve Zlínském kraji.

V Kroměříži se nachází pouze několik světelně řízených křižovatek. Každá z nich je řízena pomocí pevného signálního plánu. Všechny světelně řízené křižovatky, s výjimkou dvou, leží na komunikaci vedoucí z náměstí Míru směrem k východnímu nájezdu Kroměříže na dálnici D1. Pevné signální plány ovšem nejsou synchronizované s několika přechody pro chodce, tudíž jsou signální plány často narušeny právě těmito SSZ.

Pro bakalářskou práci byla vybrána okružní křižovatka na náměstí Míru.

Důvody jsou především tyto:

- osobní zkušenosti jako spolujezdce, řidiče,
- doporučení mnoha nezávislých osob, které situaci na daném místě zažívají každý den.

Hlavním problémem je každodenní tvorba dopravních kongescí dosahujících desítek metrů. Jejich příčinou je velice malý poloměr kruhového objezdu, jenž vede k přílišnému zpomalení vozidla, špatná viditelnost řidičů při nájezdu, kteří mají následně velice pomalé reakce při rozjezdu automobilu aj. Řešením bude návrh nové světelné křižovatky, která se bude tyto problémy snažit eliminovat.

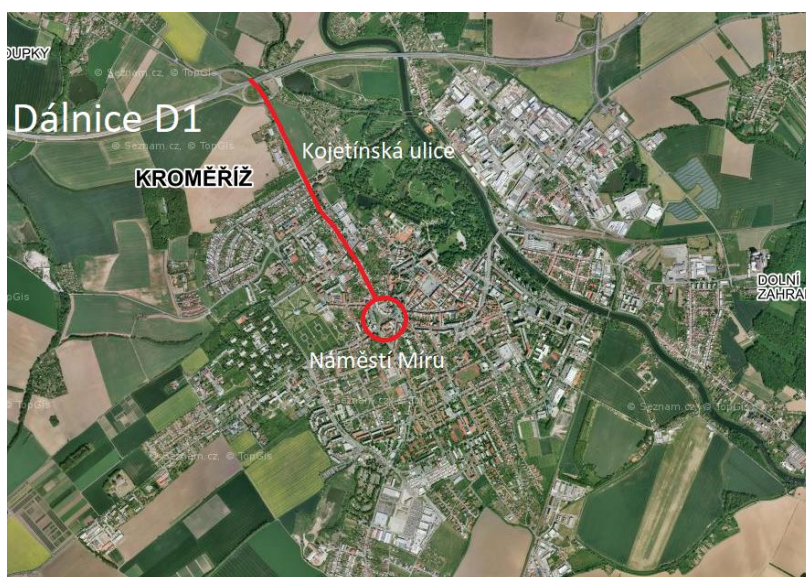
Cílem bakalářské práce je provedení analýzy současné dopravní situace a širších dopravních vztahů na křižovatce, jejíž součástí je dopravní průzkum a jeho následné vyhodnocení. Bude ověřena kapacita současného způsobu řízení pomocí dopravního průzkumu na křižovatce a analýza dostupných dopravně inženýrských dat včetně směrových vztahů.

Dále bude proveden návrh situačního řešení světelně řízené křižovatky včetně posouzení účelnosti dle ČSN 736102 a návrhu pro územní řízení. Nakonec proběhne ověření a zhodnocení návrhu řízení pomocí simulačního nástroje VISSIM včetně kapacitního posouzení řízené křižovatky dle platných TP 235.

Závěrem práce bude shrnuta úspěšnost návrhů a vybrán nejlepší, nejefektivnější a nejbezpečnější způsob řízení dopravy.

## 2 Analýza současné dopravní situace

Okružní křižovatka se nachází na náměstí Míru v Kroměříži. Severní stranou města se táhne dálnice D1, která vytváří obchvat. Západní nájezd na D1 je z komunikace II/367 Kojetínská (obrázek 3, označeno písmenem A). I z důvodu dostavení tohoto obchvatu se na zmíněné okružní křižovatce zvýšila hustota provozu, dříve měla hlavní komunikace okolo Kroměříže svůj nájezd pouze na východní straně města. Nyní je možné z dálnice D1 sjet tímto výjezdem a do centra města se dostat přes náměstí Míru. Ve směru Kojetínská – náměstí Míru se dopravní kongesce tvoří nejčastěji.



Obrázek 1: Mapa Kroměříže, Kojetínská ulice, dálnice D1. [18, vlastní úprava]

Písmenem B (obrázek 3) je označen směr na Milíčovo náměstí. Jedná se o vjezd do centra města, kde se především při ranní špičce tvoří dopravní kongesce. Jedním z důvodů je i čekání vozidel před přechodem pro chodce se světelnou signalizací, který leží 90 metrů za okružní křižovatkou (Na Milíčově náměstí).



Obrázek 2: SSZ Milíčovo náměstí. [18, vlastní úprava]

Posledním ramenem křižovatky, označeným písmenem C (obrázek 3), je směr z komunikace II/432 Velehradská. Zde je největším problémem opět období dopravní špičky, tentokrát ranní i odpolední. Jedná se o směr k obytné části města. Ráno projíždí lidé do práce, ať už do druhé části Kroměříže, nebo směrem k dálnici a dál. Večer se pak vrací, čímž se znovu tvoří dopravní kongesce. Výkres v AutoCAD 24.0 (společnost Autodesk, studentská verze) stávající situace je uveden v příloze 1. (Přílohy 1 a 2 jsou přiloženy k práci ve formátu A3, v elektronické verzi jako soubory s koncovkou .pdf.)



Obrázek 3: Poloha a popis okružní křižovatky. [18, vlastní úprava]

## 2.1 Stávající dopravní řešení

Dopravní situace je momentálně řešena bez světelné signalizace – okružní křižovatkou. Okružní křižovatka je typ úrovně křižovatky, na které většinou platí přednost vozidel jedoucích v pruhu kruhového objezdu (bývá stanovené dopravní značkou). Vozidla se pohybují jednosměrně po okružním jízdním pásu a jedou proti směru hodinových ručiček k požadovanému výjezdu. Na tomto typu křižovatek vozidla vždy odbočují vpravo. Okružní křižovatky se používají zejména za účelem snížení rychlosti v dané lokalitě, snížení závažnosti dopravních nehod, pro změnu dopravního režimu nebo funkce komunikace (např. vjezd do obce apod.), zvýšení přehlednosti lokality nebo pro zdůraznění konce komunikace s vyšší povolenou rychlostí. [1]



Okružní křižovatka spojuje silnici II. třídy se silnicí III. třídy v centru města. Okružní křižovatka není rychlostně omezená, tedy maximální povolená rychlost je 50 km/h (její maximální povolená rychlost je tak stejná jako maximální povolená rychlost v obci 50 km/h). Průměr vnějšího okruhu je 30 m. Nehovoříme zde tedy o miniokružní křižovatce ( $D \leq 23\text{m}$ ), ale o malé okružní křižovatce, která neumožňuje průplet vozidel ( $D \leq 40\text{m}$ ). Vjezd je vždy jednosměrný a tento typ řešení výrazně snižuje nároky na velikost křižovatky – stačí menší obvod. [1]

SDZ, které na okružní křižovatce nalezneme: uspořádání jízdních pruhů (IP 16), vodicí deska pravá (Z 5b), (IP6), (Z4a), (C4a), (P2), (IS9b), atp. Kompletní sada SDZ je v příloze 1. [3] [4]

VDZ, které na okružní křižovatce nalezneme: podélná čára souvislá (V1a), podélná čára přerušovaná (V1b), příčná čára souvislá (V5), přechod pro chodce (V7), směrové šipky (V9a), Šikmé rovnoběžné čáry (V 13a). [2]



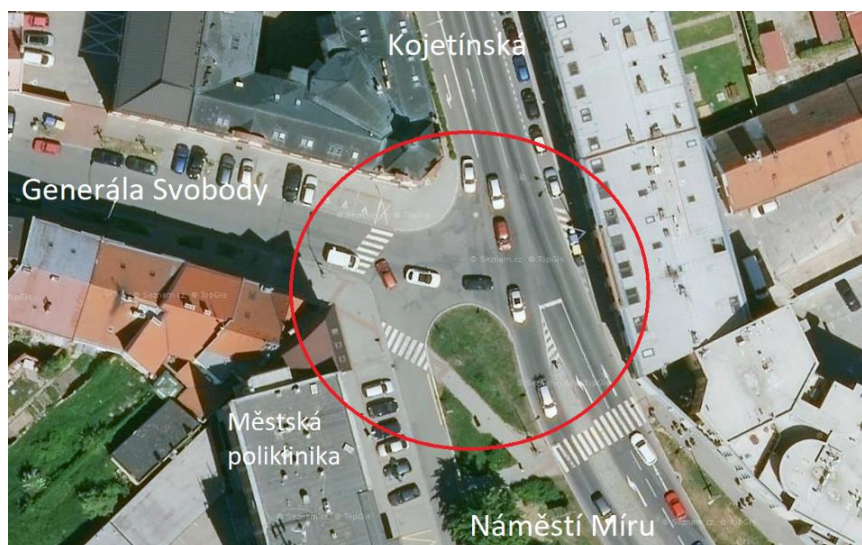
Obrázek 4: Náměstí Míru. [18, vlastní úprava]

Z ramena A, ze kterého mimo jiné přijíždí vozidla z obchvatu města směrem do centra, je vjezd na křižovatku veden pomocí jednoho jízdního pruhu. Před náměstím Míru se nachází přechod pro chodce vedoucí k poliklinice (obrázek 6). Intenzita chodců na přechodu je přibližně 2 chodci za 60 sekund. Zhruba sedmdesát metrů před vjezdem se sjíždí dvě komunikace - Kojetínská a Generála Svobody. Po výjezdu v tomto směru se silnice dělí na dva jízdní pruhy, kdy levý odbočuje na již zmíněnou ulici Generála Svobody.



Obrázek 5: Rameno A, Kojetínská ulice. [18]

Problémovým místem je křižovatka na obrázku 6. Průplet mezi parkovištěm polikliniky (v dolní části obrázku uprostřed), ulicí Generála Svobody a ulicí Kojetínská zpomaluje dopravu v této části. Hlavním důvodem je nesrozumitelnost křižovatky. Nesrozumitelnost se projevuje především při pravém odbočení z ulice Kojetínská a následném přejíždění k poliklinice města. Řidiči jsou zde často zmatení a zbytečně zdržují provoz na této části komunikace. Projevuje se to i na vjezdu na náměstí Míru.



Obrázek 6: Generála Svobody, Kojetínská. [18, vlastní úprava]

Rameno B, vedoucí do centra města a zpět je při vjezdu vedeno jedním jízdním pruhem. Před vjezdem na okružní křižovatku se opět spojují dvě komunikace, a to hlavní komunikaci z Milíčova náměstí (třída 1. Máje) a komunikaci z Masarykova náměstí (vedoucí z centra města). Při výjezdu z křižovatky se komunikace opět dělí na dva jízdny pruhy, kde levý pruh odbočuje do centra města a přímý pruh vede přes SSZ (obrázek 2) po hlavní silniční komunikaci ven z města.



Doprava je zde silně ovlivněna již zmíněným SSZ před křižovatkou. Jedná se o světelnou signalizaci na přechodu pro chodce řízenou pomocí tlačítka pro chodce dynamickým řízením. Dochází díky ní k tzv. vlnám příjezdů automobilů ke křižovatce a k tvořením kongescí v okamžiku umožnění průjezdu přes SSZ.



*Obrázek 7: rameno B, Milíčovo náměstí. [18]*

Rameno C stejně jako předchozí dvě při výjezdu disponuje pouze jedním jízdním pruhem vedoucím z obytné části města a také např. z nemocnice. Za den tudy tedy projede několik desítek vozidel IZS. Při výjezdu z křižovatk se komunikace dělí okamžitě na dva jízdny pruhy, kde pravý odbočuje na parkoviště k poliklinice a přímý jízdny pruh vede do obytné části a k nemocnici.



*Obrázek 8: rameno C, Velehradská ulice.*



### 2.1.1 Výhody stávajícího řešení

- Křižovatka limituje možnost kolize ve střetném bodu. [8] Střetný bod je místo na křižovatkách, na kterém dochází k vzájemnému křížení, připojování nebo rozvětvení jízdních směrů. [16] V případě okružní křižovatky sledujeme počet střetných bodů na minimum.
- Jedná se o bezpečnější formu křižovatky. Důvodem je všeobecně nižší rychlost na okružních křižovatkách, lepší přehlednost, již zmíněný nižší počet střetných bodů, žádný křížný kolizní bod, atp.
- Možnost otočení – okružní křižovatka umožňuje otočení o 360 stupňů jako jediná z křižovatek.
- Okružní křižovatky nemají žádné křížné kolizní body. Křížný kolizní bod je střetný bod, ve kterém se jízdní pruhy navzájem křížují. [17]
- Nezávislost na elektrické energii – na rozdíl od SSZ není nutný přípoj elektrické energie ke křižovatce, takže je možné považovat okružní křižovatky za šetrnější způsob řízení dopravy k přírodě (což ovšem může být diskutabilní z hlediska spalování pohonných hmot, při rozjezdech vozidel při dopravní kongesci).

### 2.1.2 Nevýhody stávajícího řešení

- Kapacita okružní křižovatky s jedním pruhem na okružním pásu a jedním pruhem na vjezdu má maximální hodinovou kapacitu 2000 - 2700 [voz/h]. Při vyšších intenzitách vznikají přirozeně dopravní kongesce a kapacitu není možné zvýšit.
- „Příliš“ zklidňuje provoz – řidiči ve většině případů musejí téměř zastavit, jelikož na křižovatce není příliš dobrá viditelnost a následně dochází k tvorbě dopravní kongesce.

- Výrazné ovlivnění chodci – při výjezdu ramenem A (Kojetínská ulice) často vzniká dopravní kongesce kvůli přechodu pro chodce umístěného hned při výjezdu z křižovatky.
- Výrazné ovlivnění SSZ – ve směru ramene B (Milíčovo náměstí) ovlivňuje křižovatku SSZ s přechodem pro chodce. Tvoří se vlny, které vždy na určitou dobu způsobí dopravní kongesci.
- Na okružní křižovatce není možná preference IZS – vzhledem k častému průjezdu vozidel IZS z důvodu blízkosti nemocnice by bylo vhodné, aby na křižovatce tato preference zajištěna byla.
- Nemožnost preference hromadné dopravy, která sice nemá na křižovatce vysoké zastoupení, ale byla by i tak výhodou.
- Zvýšení kapacity okružní křižovatky by bylo možné pouze přestavbou celé křižovatky, což by bylo ekonomicky velmi nákladné.
- Komplikace při průjezdu nadměrných vozidel – z dopravního průzkumu je patrné, že při průjezdu nadrozměrných i těžkých nákladních vozidel dochází na krátkou dobu k zastavení provozu celé křižovatky. [12]

## 2.2 Naměřená data a sčítání dopravy

### 2.2.1 Metoda a doba dopravního průzkumu

Podle [5] byly stanoveny intenzity dopravy na pozemních komunikacích. Metoda průzkumu byla kombinovaná. Nejdříve byl pořízen videokamerový záznam a následně, při spuštění záznamu, byl průzkum ručně vyhodnocen.

Dopravní průzkum byl proveden pomocí videokamery Panasonic, která je vybavením Dopravní fakulty ČVUT a byla pro tento účel zapůjčena. Průzkum proběhl ve třech měřeních vždy v úterý a to 6. 11. 2018 a 13. 11. 2018. První měření se uskutečnilo v úterý 6.11 od 6:45 do 7:45 v období ranní špičky, druhé ve stejný den od 14:30 do 15:30. Při druhém měření ovšem byly nepříznivé klimatické podmínky (kroupy, kluzký povrch vozovky, ...). Muselo být provedeno ještě třetí měření a to 13. 11. opět v odpoledních hodinách od 14:30 do 15:30 v období odpolední špičky. Video bylo točeno z volného prostranství na náměstí Míru tak, aby všechna tři ramena byla bez obtíží viditelná a byl rozpoznatelný směr jízdy vozidla. Kamera byla umístěna na viditelném místě a výsledky tak mohou být částečně ovlivněny změnou chování řidičů při zpozorování kamery.



Obrázek 9: Místo provedení průzkumu. [18, vlastní úprava]

## 2.2.2 Vyhodnocení dopravního průzkumu

Jak je uvedeno výše, průzkum byl vyhodnocován ručně. Každý záznam byl zhlédnut třikrát, jelikož bylo vždy sledováno pouze jedno rameno okružní křižovatky. Pro zpracování dat bylo nutné vozidla kategorizovat do pěti skupin dopravních prostředků a to jízdní kola, motocykly, osobní vozidla, nákladní vozidla a nákladní soupravy. Při vyhodnocování průzkumu byla skladba vozidel rozlišována i na autobusy, které následně byly zahrnuty do stejné kategorie jako nákladní vozidla. Kloubové autobusy se na dané křižovatce nevyskytují.

Pro výpočty je nutné provést zohlednění skladby, a to pomocí koeficientu [6], kterým se každá z kategorií násobí. Koeficienty jsou uvedeny v Tabulce 1.

Tabulka 1: Koeficienty pro výpočet ZOHLEDNĚNÉ skladby vozidel

Druh vozidel	koeficient
Jízdní kola	0,5
Motocykly	0,8
Osobní vozidla (do 3,5t hmotnosti)	1,0
Nákladní vozidla (nad 3,5 t hmotnosti), autobusy	1,7
Nákladní soupravy, kloubové autobusy	2,5

Přepočtení vozidel pro zohledněnou skladbu vozidel byl proveden v programu MS Excel. Pro ranní špičku je Tabulka 2 a pro odpolední špičku tabulka 3.

Byly vyhotoveny dva pentlogramy intenzit, které jsou uvedeny v příloze 3. Pentlogramy intenzit byly vygenerovány v programu LISA na základě zadaných parametrů z průzkumu. (Přílohy 3 – 10 jsou uvedeny v závěru práce, v elektronické podobě jsou přiloženy jako soubory s koncovkou .pdf.)

Tabulka 2: Návrhové intenzity v období ranní špičky

Návrhové intenzity dopravy - rok 2018 (6:45 - 7:45 hodin)								
Název křižovatky:		Kojetínská x Velehradská v Kroměříži						
Rameno	Název komunikace	Směr jízdy	Jízdní kola	Motocykly	Osobní automobily	Nákladní vozidla	Nákladní soupravy	Zohledněná skladba
			[voz/hod]	[voz/hod]	[voz/hod]	[voz/hod]	[voz/hod]	[pvoz/hod]
			1	1	3	4	5	6
A	Kojetínská	Miličovo n.	0	0	362	29	1	414
		Velehradská	1	0	325	23	4	375
B	Miličovo n.	Velehradská	1	0	201	17	1	233
		Kojetínská	0	0	270	35	5	342
C	Velehradská	Kojetínská	2	1	235	24	3	285
		Miličovo n.	1	0	275	34	2	338

Tabulka 3: Návrhové intenzity v období odpolední špičky

Návrhové intenzity dopravy - rok 2018 (14:30 - 15:30 hodin)								
Název křižovatky:		Kojetínská x Velehradská v Kroměříži						
Rameno	Název komunikace	Směr jízdy	Jízdní kola	Motocykly	Osobní automobily	Nákladní vozidla	Nákladní soupravy	Zohledněná skladba
			[voz/hod]	[voz/hod]	[voz/hod]	[voz/hod]	[voz/hod]	[pvoz/hod]
			<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
A	Kojetínská	Miličovo n.	0	0	378	26	1	425
		Velehradská	0	0	312	24	0	353
B	Miličovo n.	Velehradská	3	1	337	12	3	367
		Kojetínská	1	1	440	9	2	462
C	Velehradská	Kojetínská	4	2	253	10	2	279
		Miličovo n.	2	1	325	34	4	395

V tabulkách je možné vidět, že při hodinové intenzitě při ranní špičce jsou nejvyšší intenzity ve směru z ramene A (Kojetínská ulice) do ramene B (Miličovo náměstí) a naopak v odpolední špičce je to obráceně (tedy z ramene B do ramene A). Nejnižší intenzity pak pozorujeme na rameni C (Velehradská ulice). V návrhu světelně řízené křižovatky proto bude rameno C vedlejší silniční komunikací a zbývající dvě ramena silniční komunikaci hlavní.

Nejvyšší intenzity jsou naměřeny při hodinové intenzitě v době odpolední špičky (tedy mezi 14:30-15:30) z ramene B do ramene A.

Již z těchto hodnot lze předem říci, že intenzity jsou vzhledem k situaci relativně vysoké a je tedy pravděpodobné, že se vyskytne problém při výpočtu kapacit. Křižovatka byla několikrát pozorována (mimo průzkum uvedený výše) a problém s dopravními kongescemi se objevuje pravidelně. Je tedy možné říci, že hodnoty průzkumu nejsou výjimkou ale spíše pravidlem pracovního dne. Nasvědčuje tomu i fakt, že průzkum byl proveden ve dvou na sobě nezávislých pracovních dnech.

## 3 Hodnocení stávající dopravní situace

### 3.1 Hodnocení stávající dopravní situace

V současné době dopravní situace na okružní křižovatce není ideální. Z důvodů uvedených níže v textu je přestavba na světelně řízenou křižovatku vhodnou náhradou, která by mohla prospět průjezdnosti Kroměříže.

Pro představu, celkový počet vozidel při ranní špičce je 1852 voz/hod (1987 pvoz/hod). [Jednotkou pvoz/hod je myšleno přepočtené vozidlo za hodinu. S touto jednotkou se již pracuje v kapitole 2 (možno vidět v tabulce u zohledněné skladby vozidel). Počítáme ji pomocí tabulky 1.] V odpolední špičce pak 2187 voz/hod (2280 pvoz/hod). Podíl nákladních vozidel a nákladních souprav je 7,7% (data hodinového měření v průběhu ranní špičky). Vzhledem k poloze křižovatky, je možné zanedbat podíl chodců při posuzování kapacity.

V dalším bodě bude provedeno posouzení kapacity okružní křižovatky na vjezd a výjezd. Posouzení kapacity na vjezd se provádí v případě, překročí-li návrhová intenzita dopravy na křižovatce 15 000 voz/den.

### 3.2 Posouzení kapacity okružní křižovatky

#### 3.2.1 Denní intenzity provozu

Denní intenzitu dopravy, pro všechny druhy vozidel celkem, v den průzkumu spočítáme pomocí vzorce [5]:

$$I_d = I_m \cdot k_{m,d} \text{ [voz/den]} \quad (1)$$

$I_d$  - denní intenzita dopravy dne průzkumu [voz/den]

$I_m$  - intenzita dopravy v době průzkumu

$k_{m,d}$  - přepočtový koeficient intenzity dopravy v době průzkumů na denní intenzity dopravy v den průzkumu

$$k_{m,d} = \frac{100}{\sum P_i^d} [-] \quad (2)$$

$P_i^d$  - součet podílů hodinových intenzit dopravy

Denní intenzita vozidel je 28 422 [voz/den] dle výpočtů z ranní špičky. Denní intenzity jsou tedy vyšší než 15 000 [voz/den]. Maximální kapacita na okružní křižovatce je 32 000 [voz/den].

### 3.2.2 Posouzení kapacity okružní křižovatky na vjezdu

Posuzování bylo provedeno na základě TP 234 – zdroj [8], str. 47 – 50 (dále jen [zdroj, číslo stránky]).

Kapacita vjezdu do okružní křižovatky je dána vztahem [8]:

$$C_i = 3600 * \left(1 - \frac{\Delta * l_k}{3600 * n_k}\right)^{n_k} * \frac{N_{i,koef}}{t_f} * e^{-\frac{l_k}{3600} * \left(t_g - \frac{t_f}{2} - \Delta\right)} \quad (3)$$

$C_i$  - kapacita na vjezdu

$\Delta$  - minimální časový odstup mezi vozidly jedoucími za sebou na kruhovém objezdu

$l_k$  - Intenzita dopravy na okruhu

$n_k$  - počet jízdnic pruhů na okruhu

$N_{i,koef}$  - koeficient zohledňující počet jízdnic pruhů na vjezdu

$t_g$  - kritický časový odstup

$t_f$  - následný časový odstup

Pro výpočet byla nejdříve vytvořena tabulka 4 vstupních parametrů, která je dána normou a ukazuje požadované stupně kvality dopravy na jednotlivých ramenech. V tabulce je uvedeno vstupní ÚKD a limitní doba zdržení pro okružní křižovatku. [8, str. 23]

Tabulka 4: Vstupní parametry

Vstupní parametry			
Paprsek	Název komunikace	Požadované ÚKD	$t_{w,lim}$ [s]
A	Kojetínská	D	45
B	Milíčovo náměstí	D	<=45
C	Velehradská	E	>45

V tabulce [5] je uvedené geometrické uspořádání okružní křižovatky. Zleva - počet jízdnic pruhů na vjezdu a výjezdu, počet jízdnic pruhů na okruhu, vnější průměr křižovatky a poloměr vjezdu a výjezdu. Písmenem b je označena vzdálenost mezi kolizními body.

[8, str. 23]

Tabulka 5: Geometrické podmínky

Geometrické podmínky							
Paprsek	Název komunikace	$n_k$	$n_i$	$n_e$	D	$R_i$ [m]	b [m]
A	Kojetínská	1	1	1	30	13	12,5
B	Milíčovo náměstí	1	1	1	30	11	13,5
C	Velehradská	1	1	1	30	2	13

Délky přechodů pro chodce na výjezdu a vjezdu nejsou uvedeny, jelikož na okružní křižovatce jsou všechny přechody pro chodce vedeny ve větších vzdálenostech od okružní křižovatky. Pro posuzování okružní/světelně neřízené křižovatky je kritérium ztrátový čas vyjádřeno střední dobou zdržení jednotlivých podřazených proudů ( $t_w$ ). Pro splnění tohoto kritéria je nutné pro všechny vjezdy okružní křižovatky. Limitní hodnoty střední doby zdržení na okružní křižovatce jsou uvedeny v tabulce 6. [8, str. 23]

Tabulka 6: Úroveň kvality dopravy Na okružních křižovatkách [8]

Úroveň kvality dopravy		Střední doba zdržení
Označení	Charakteristická doba zdržení	
A	Doba zdržení velmi malá	$\geq 10$
B	Zdržení ještě bez front	$\leq 20$
C	Ojediné krátké fronty	$\leq 30$
D	Stabilní stav s krátkými ztrátami	$\leq 45$
E	Nestabilní stav	$< 45$
F	Překročená kapacita	-

Pro rameno A (Kojetínská ulice), kde je ÚKD v této chvíli na stupni E (střední doba zdržení je 45,41 s), je v ČSN 73 6102 požadován minimální stupeň kvality D. U tohoto ramene je ÚKD nedostačující. Další dvě ramena mají ÚKD dostačující. Rameno B (Milíčovo náměstí) má střední doba zdržení pouze 21,68 s (ÚKD na úrovni C). Střední doba zdržení rameno C (Velehradská ulice) činí 40,34 s (ÚKD na úrovni D). V tabulce 7 je uvedena kapacita vjezdu pro všechna ramena. [8, str. 23]

Tabulka 7: Kapacita vjezdu, ranní špička [8]

Kapacita vjezdu								
		$I_k$	$C_i$	Rez	$t_w$	$a_v$	$N_{95\%}$	ÚKD
Paprsek	Název komunikace	[pvoz/h]	[pvoz/h]	[pvoz/h]	[s]	[-]	[m]	[-]
A	Kojetínská	789	865	76	45,41	0,9121	122	E
B	Milíčovo náměstí	575	851	276	21,68	0,6757	36	C
C	Velehradská	623	806	183	40	0,7730	56	D

Pro demonstraci byla uvedena pouze intenzita ranní špičky. Odpolední špička vykazuje hodnoty ÚKD na stupni D u všech ramen.



Posouzení kvality dopravy pro ranní i odpolední špičku je vytvořeno dle TP 324 a je k nahlédnutí v příloze 5. Jedná se jednotný protokol pro posouzení kapacit na okružních křižovatkách.

### 3.2.3 Posouzení kapacity okružní křižovatky na výjezdu [8, str. 51 – 52]

Tabulka 8: Kapacita výjezdu, ranní špička [8]

Kapacita výjezdu					
Kapacita výjezdu		$I_v$	$C_v$	$a_v$	Kapacita dostačuje
Paprsek	Název komunikace	[pvoz/h]	[pvoz/h]	[-]	Ano
A	Kojetínská	627	895	0,7006	Ano
B	Milíčovo náměstí	752	873	0,8614	Ano
C	Velehradská	608	805	0,7553	Ano

$I_v$  – intenzita výjezdu

$C_v$  – kapacita vjezdu

$a_v$  – stupeň vytížení

Pro výjezd vozidel je kapacita na všech ramenech dostačující. Stupeň zatížení [ $a_v$ ] je však relativně vysoký. Kapacita vzhledem k intenzitě není příliš vysoká, logická je tedy častá tvorba dopravních kongescí.

Hodnoty intenzit odpolední špičky (viz. Příloha 5) na výjezdu jsou relativně vyšší než u ranní špičky. Opět ale na všech výjezdech sledujeme dostačující kapacitu.

### 3.3 Kritéria návrhu SSZ

Pro návrh SSZ je třeba zdůvodnit jeho účelnost či význam v dané lokalitě. Pro toto odůvodnění existuje několik kritérií. V další části bakalářské práce budou rozebrána a vysvětlena jednotlivá kritéria a na jejich základě bude poté obhájena budoucí stavba křižovatky se SSZ místo okružní křižovatky. Jelikož je u okružní křižovatky nutná definice hlavních a vedlejších cest, je tedy určena jako vedlejší komunikace Velehradská ulice a jako hlavní komunikace směr Kojetínská ulice a Milíčovo náměstí (stejně jako následné řešení křižovatky se SSZ). Je tak učiněno z důvodu intenzit na komunikacích (Velehradská ulice má intenzity nejnižší). Všechna kritéria jsou čerpána z [7].

#### 3.3.1 Kritérium podle bezpečnosti

Kritérium podle bezpečnosti je splněno právě tehdy, je-li na křižovatce za tři poslední roky relativní nehodovost větší nebo rovna čtyřem nehodám na milion vozidel, které do křižovatky vjedou. Konkrétně, na křižovatce za poslední tři roky projelo XXX vozidel, přičemž se na křižovatce stalo YYY nehod, pokud by platil vztah:

$$YYY \geq 4 \cdot \frac{XXX}{1\,000\,000} \quad (4)$$

Křižovatku by pak bylo možné díky tomuto kritériu přestavět na křižovatku se SSZ.

V řešené lokalitě byla změřena intenzita vjíždějících vozidel do křižovatky na 13 749 voz/den. Během posledních tří let (2015 - 2018) proběhl jeden přestupný rok, je tedy potřeba toto číslo vynásobit 1 096 dny abychom získali počet vozidel, která za poslední tři roky vjeli do křižovatky. XXX je tedy rovno číslu 15 068 904, na křižovatce by se muselo stát za poslední tři roky alespoň 60 nehod. Podle statistiky vedené Policií České republiky se odehrálo za poslední tři roky jen 16 nehod [V]. Stávající křižovatka je tak celkem bezpečná a není jí potřeba podle tohoto kritéria přestavět na křižovatku se SSZ.



Obrázek 10: Nehodovost [13]

### 3.3.2 Kritérium intenzity z hlediska vozidel

Toto kritérium obhájí návrh a následnou stavbu, pokud intenzita silničního provozu přesáhne hodnoty přípustných intenzit neřízených křižovatek dle ČSN 736102 v průměru osmi dopravně nejvíce zatížených hodin na hlavní i vedlejší komunikaci. Aby tento fakt mohl být ověřen, je zapotřebí pentlogram intenzit, díky jemuž bude vytvořena tabulka intenzit, ve které budou sečteny intenzity cest, jenž se kříží s danou cestou. Z tabulky poté budou vytvořeny body, které se zanesou do grafu, v němž jsou předkresleny tři křivky. V případě výskytu některého z bodů nad svoji odpovídající funkcí je toto kritérium splněno a měla by se postavit křižovatka se SSZ. U tohoto kritéria je důležité členění na vedlejší a hlavní komunikaci uvedeno v prvním odstavci podkapitoly Kritéria návrhu SSZ

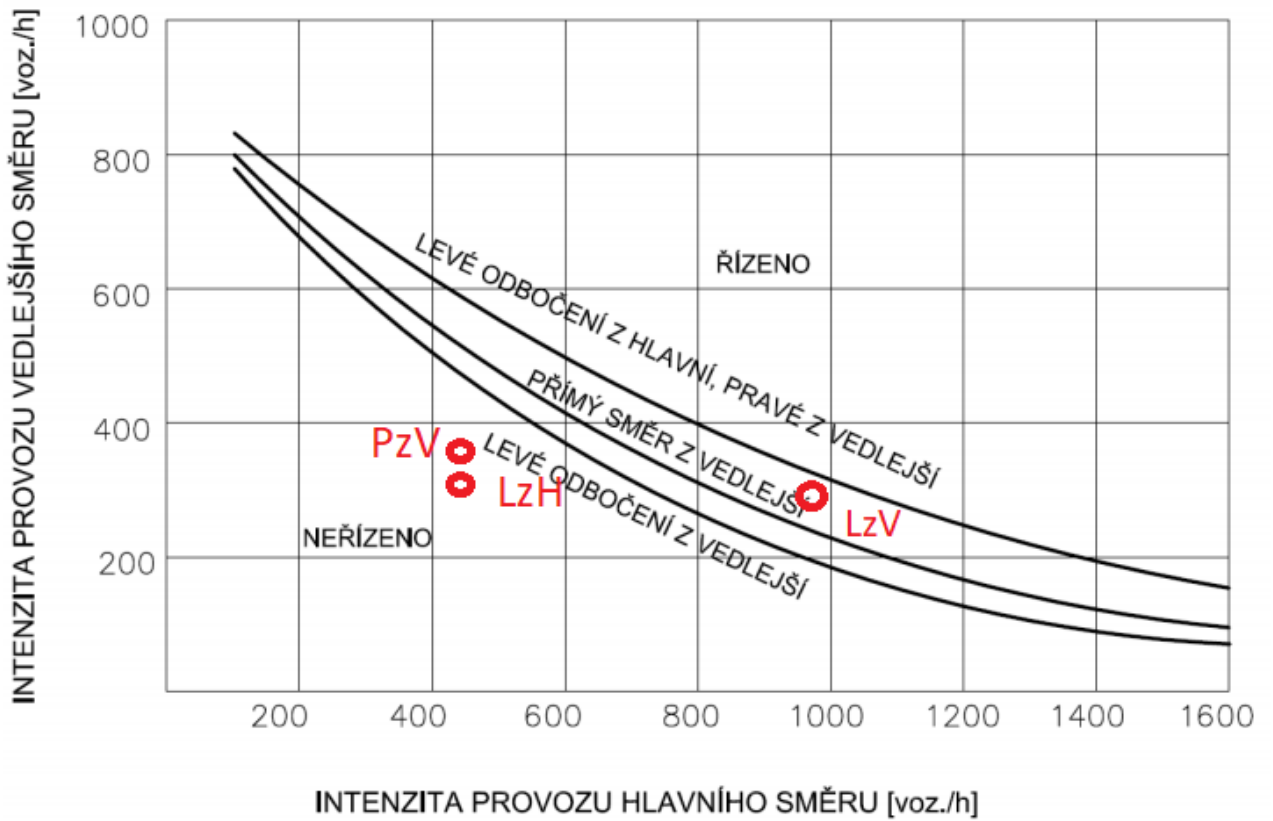
Pro řešenou lokalitu byly díky pentlogramu vytvořeny dvě tabulky (jedna pro ranní špičku - tabulka 10, druhá pro odpolední - špičku tabulka 12), které obsahují intenzity dopravy. Pro názornost byly vytvořeny ještě další dvě tabulky, ze kterých lze vyčíst, jak vznikly hodnoty, která jsou v tabulce 9 a 11. Poté byly vytvořeny body LzH (levé odbočení z hlavní komunikace), PzV (pravé odbočení z vedlejší komunikace) a LzV (levé odbočení z vedlejší komunikace). Tyto body byly zaneseny do grafu a bylo ověřeno, zda se některý z bodů nenachází nad jeho odpovídající křivkou. Pro obhájení návrhu tímto kritériem by se musel nacházet bod LzH nebo PzV nad křivkou s nadpisem „LEVÉ ODBOČENÍ Z HLAVNÍ, PRAVÉ Z VEDLEJŠÍ“ nebo by se musel nacházet bod LzV nad křivkou s nadpisem „LEVÉ ODBOČENÍ Z VEDLEJŠÍ“. Uvedená čísla v tabulce značí počet vozidel daného směru.

Tabulka 9: Kritérium intenzit ranní špička

Tabulka pro ranní špičku			
	levé z hlavní	pravé z vedlejší	levé z vedlejší
Vedlejší	233	338	285
Hlavní	414	414	233+414+342

Tabulka 10: Kritérium intenzit ranní špička výsledek

Tabulka pro ranní špičku			
	levé z hlavní	pravé z vedlejší	levé z vedlejší
Vedlejší	233	338	285
Hlavní	414	414	989



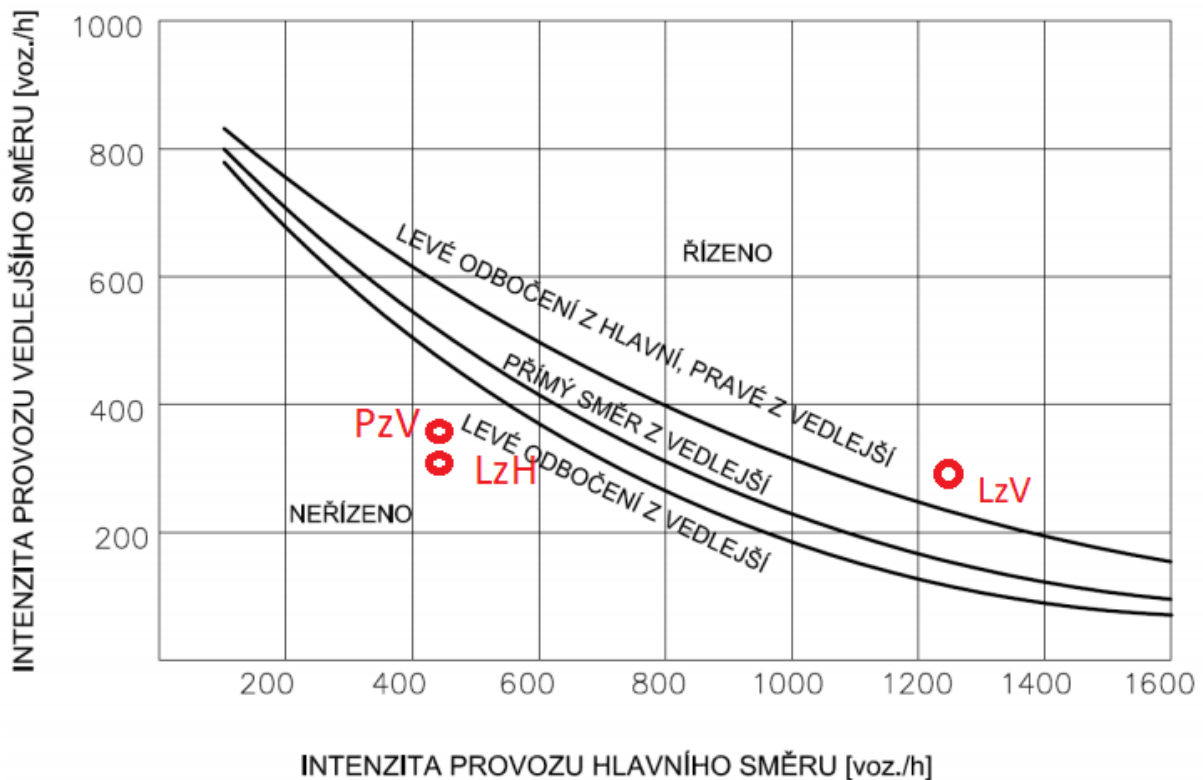
GRAF 1: KRITÉRIUM INTENZIT RANNÍ ŠPIČKA [7]

Tabulka 11: Kritérium intenzit odpolední špička

Tabulka pro odpolední špičku			
	levé z hlavní	pravé z vedlejší	levé z vedlejší
Vedlejší	367	395	279
Hlavní	425	425	367+425+462

Tabulka 12: Kritérium intenzit odpolední špička výsledek

Tabulka pro odpolední špičku			
	levé z hlavní	pravé z vedlejší	levé z vedlejší
Vedlejší	367	395	279
Hlavní	425	425	1254



GRAF 2: KRITÉRIA INTENZIT ODPOLEDNÍ ŠPIČKA [7]

Jedna z výše uvedených podmínek je splněna. Levé odbočení z vedlejší komunikace (LzV) se v období odpolední špičky nachází nad svou odpovídající křivkou. Návrh výstavby SSZ v křižovatce tedy splňuje kritérium intenzity z hlediska vozidel.

### 3.3.3 Kritérium intenzity z hlediska chodců

Pro obhájení návrhu tímto kritériem by musely intenzity dopravy na příslušném přechodu pro chodce v průměru osmi dopravně nejvíce zatížených hodin dne dosahovat hodnot vyšších než mezních, při kterých mohou chodci za běžných podmínek pravidel silničního provozu bezpečně přejít vozovku. Tyto intenzity jsou pro jednopruhový či dvoupruhový 1100 jvoz/h, pro třípruhový jízdní pás 1000 jvoz/h a pro čtyřpruhový jízdní pás, který se ovšem již nemá navrhovat, 900 jvoz/h. Intenzity lze dopočítat z pentlogramu, přes jednotlivé přechody na křižovatce. Pokud by se jednalo o koordinovanou skupinu SSZ, bylo by vhodné zřídít SSZ i na přechodu, který by výše zmíněnou podmínku nesplňoval. [Jednotka jvoz/h znamená jednotek vozidel za jednu hodinu]

V řešené lokalitě se nacházejí tři přechody pro chodce (v krajních částech lokality). Toto kritérium ale v dané lokalitě není splněno.

### **3.3.4 Kritérium plynulosti vozidel MHD**

Toto kritérium se snaží zvýšit atraktivitu MHD. Je splněno, pokud zdržení vozidla MHD přesáhne úměrnou mez. Mezí se rozumí zdržení každého druhého vozu o nejméně dvě minuty ve třech nejzatíženějších hodinách dne. Pokud je návrh obhájen tímto kritériem, mělo by SSZ pomoci s předností MHD před individuální automobilovou dopravou, s úsporou energií, časem a prostředků.

V řešené lokalitě není intenzita MHD vysoká. Za jednu hodinu zde i v dopravní špičce projedou 3 autobusy MHD. Zdržení jednoho autobusu bývá průměrně třicet vteřin až jednu minutu. Tímto kritériem tedy není možné obhájit návrh.

### **3.3.5 Kritérium místa zvláštního zřetele**

Jde o kritérium, které obchází předešlá kritéria, pokud nejsou splněna, ale v okolí se nachází nějaká problematická, často se vyskytující situace. Dopravní situace, které splňují podmínky zvláštního zřetele, jsou nejčastěji přechody dětí do škol, výjezdy tramvají z míst ležících mimo komunikaci, individuální posouzení dle místních poměrů, zohlednění nutných podmínek dle ČSN 73 6101 a 73 6110, rozhledové poměry, přechody přes vícepruhové komunikace v jednom směru.

V řešené lokalitě se nachází poliklinika a bytové domy, v jejich přízemí většinou sídlí provozovny služeb (kadeřnictví, cukrárna atp.). Problematickou částí je SSZ ve vzdálenosti 70 m od křižovatky směrem na Milíčovo náměstí. Bylo by vhodné tuto signalizaci seřadit s námi navrhovaným SSZ.

## **3.4 Shrnutí**

### **3.4.1 Shrnutí - posouzení kapacity**

Okružní křižovatka vykazuje jednu nedostatečnou kapacitu ramene - rameno A (směr Kojetínská ulice). U ramene A, kde je dle vyhlášky požadován stupeň kvality D dle výpočtů vyšel stupeň kvality E (viz. Tabulka 7). Délka zdržení vozidel je zde nad 45s.

Ostatní dvě ramena mají stupeň kvality dostačující, tj. rameno B (Milíčovo náměstí), silnice II. třídy, vykazuje stupeň dopravy C. Stejně tak na rameni C (Velehradská ulice), silnice III. třídy, vyšel stupeň dopravy D (Na tomto rameni, dle ČSN, je dostačující i stupeň dopravy E.)

Požadavky ÚKD jsou splněny na dvou ramenech ze tří u ranní špičky. Odpolední špička vykazuje stupeň dopravy na všech ramenech ÚKD na stupni D.

### 3.4.2 Shrnutí - kritéria návrhu SSZ

Kritérium podle bezpečnosti - dle statistik se za poslední 3 roky odehrálo jen 16 nehod. [13]  
**Stávající okružní křižovatka je bezpečná a není ji potřeba podle tohoto kritéria přestavět na křižovatku se SSZ.**

Kritérium z hlediska intenzit vozidel - jedna z podmínek tohoto kritéria je splněna. Bod LzV (levé odbočení z vedlejší komunikace) se v období odpolední špičky nachází nad svou odpovídající křivkou. **Návrh výstavby SSZ v křižovatce splňuje kritérium intenzity z hlediska vozidel.**

Kritérium intenzity z hlediska chodců – intenzity chodců jsou v dané lokalitě zanedbatelné.  
**Dle tohoto kritéria tedy není nutná přestavba křižovatky na SSZ.**

Kritérium plynulosti vozidel MHD - v řešené lokalitě je intenzita MHD spíše nízká. Za jednu hodinu zde projedou 3 autobusy MHD. Zdržení jednoho autobusu bývá průměrně třicet vteřin až jednu minutu. **Dle tohoto kritéria tedy není nutná přestavba křižovatky na SSZ.**

Kritérium místa zvláštního zřetele – v řešené lokalitě se nachází poliklinika a bytové domy, v jejich přízemí většinou sídlí provozovny služeb (kadeřnictví, cukrárna atp.). Sice zde není vysoká frekvence chodců, ale často se okružní křižovatka (vzhledem k svému malému obvodu) zastaví i kvůli jedinému chodci. Problematickou částí je SSZ ve vzdálenosti 70 metrů od křižovatky směrem na Milíčovo náměstí (obrázek 2). Bylo by vhodné tuto signalizaci seřadit s námi navrhovaným SSZ. **Návrh výstavby SSZ v křižovatce splňuje kritérium místa zvláštního zřetele.**

**Na okružní křižovatce je tedy vhodné seřadit SSZ dle dvou kritérií - kritéria z hlediska intenzit vozidel a kritéria místa zvláštního zřetele.**

## 4 Návrh situačního řešení SSZ

### 4.1 Návrh stavebních úprav

Na základě analýzy současné dopravní situace na okružní křižovatce, kapacitních výpočtů a posouzení kritérií pro návrh SSZ, bylo navrženo nové řešení řízení křižovatky a to přestavba okružní křižovatky na křižovatku řízenou pomocí SSZ. V první fázi návrhu je nutné navrhnout některé stavební úpravy. Vzhledem k tomu, že návrhem je přestavba okružní křižovatky na křižovatku se SSZ, bude nutné provedení více stavebních úprav. Prvotní návrhy jsou uvedeny v přílohách. Veškeré návrhy jsou vytvořeny v AutoCAD 24.0 (společnost Autodesk) studentské verzi pouze pro účely této bakalářské práce. Všechny podklady pochází z internetových map (mapy.cz). Přílohu 1 tvoří původní situace okružní křižovatky (tedy momentální situace křižovatky). V příloze 2 je uveden návrh nové situace. Návrh je vytvořen v základní verzi, jsou v něm uvedeny všechny původní i nové stavby, značení, atp.

#### 4.1.1 Soupis zásadních stavebních úprav

- Zrušení středového ostrovu okružní křižovatky

*Odůvodnění: V místech ostrůvku bude vedena křižovatka, tato část musí být celá odstraněna a nahrazena asfaltovým povrchem. V novém návrhu bude v těchto místech střed křižovatky.*

- Zrušení dělicích ostrůvků u vjezdů a výjezdu okružní křižovatky

*Odůvodnění: V místech ostrůvků bude vedena křižovatka, tato část musí být celá odstraněna a nahrazena asfaltovým povrchem. V této části křižovatky budou v novém návrhu řadící pruhy.*

- Výstavba dvou jízdnic pruhů u každého vjezdu okružní křižovatky

*Odůvodnění: Vzhledem k nutnosti navýšení kapacity křižovatky je vhodné přistavit ke každému vjezdu do křižovatky odbočovací jízdnic pruh. Momentálně je u každého vjezdu pouze jeden jízdnic pruh (většinou v místech, kde momentálně leží dělicí ostrůvky). Dva jízdnic pruhy zvýší kapacitu křižovatky.*



- Zrušení či vytvoření vodorovného dopravního značení, a to konkrétně V 1a (podélná čára souvislá), V 2a a V 2b (podélná čára přerušovaná), V 9a (směrové šipky), V 13a (šikmé rovnoběžné čáry), V 4 (vodící čára), V 5 (příčná čára souvislá). [2]

*Odůvodnění: Přestavba křižovatky vyžaduje obměnu vodorovného dopravního značení vzhledem k novému uspořádání, které je k přestavbě na křižovatku se SSZ nutné. Nejčastěji jde o změnu umístění V 9a a V 13a.*

- Zrušení či vytvoření svislého dopravního značení, a to konkrétně Z 4a (směrovací deska), IP 6 (přechod pro chodce), IS 9b (návěst před křižovatkou), P 2 (hlavní pozemní komunikace), IP 19b (řadící pruhy), P 4 (dej přednost v jízdě), C 4a (příkázaný směr jízdy zde vlevo), C 1 (kruhový objezd), E 7b (směrová šipka), IP 11b (parkoviště). [3]

*Odůvodnění: Přestavba křižovatky vyžaduje obměnu svislého dopravního značení vzhledem k novému uspořádání, které je k přestavbě na křižovatku se SSZ nutné. Nejčastěji jde o změnu umístění P 2 a P 4.*

- Rozšíření trávníku do oblasti okružní křižovatky.

*Odůvodnění: Pro přehlednost křižovatky (jasnost tvaru křižovatky do písmene T) je nutné vysadit trávník v některých místech bývalé okružní křižovatky.*

- Výstavba SSZ na třech ramenech křižovatky.

*Odůvodnění: Vzhledem k tomu, že v oblasti okružní křižovatky (kromě SSZ na Milíčově náměstí) není jediný sloup SSZ, je nutná výstavba celého SSZ na každém rameni křižovatky.*

## 4.2 Použité SSZ na křižovatce a označení signálních skupin

SSZ je název pro soustavu zařízení pro řízení provozu. Jedná se o řízení pomocí světelných signálů. Nejdříve budou rozebrány jednotlivé signální skupiny. Signální skupina je soubor návěstidel, která udávají v každém okamžiku pro jeden vjezd vozidel stejný signální obraz. Signální skupiny jsou uvedené také v příloze 2 a jsou označovány od A - D po směru hodinových ručiček. Signální skupina A je na rameni A – Kojetínská ulice. Upřesnění signálních skupin:

VA – Signál pro vozidla jedoucí přímo v relaci Kojetínská ulice – Milíčovo náměstí (pro vozidla jedoucí v relaci Kojetínská ulice – Velehradská ulice je označení VA). Jedná se o plný signál.

VB – Signál pro vozidla jedoucí v relaci Milíčovo náměstí – Kojetínská ulice. Jedná se o směrový signál.

VC – Signál pro vozidla jedoucí v relaci Milíčovo náměstí – Velehradská ulice. Jedná se o směrový signál.

VD – Signál pro vozidla jedoucí v relaci Velehradská ulice – Kojetínská ulice (pro vozidla jedoucí v relaci Velehradská ulice – Milíčovo náměstí je použito označení VD'). Jedná se o plný signál.

SA – Signál doplňkové zelené šipka pro vozidla odbočující z Kojetínské ulice na Velehradskou ulici. Jedná se o směrový signál.

SD - Signál doplňkové zelené šipka pro vozidla odbočující z Velehradské ulice na Milíčovo náměstí. Jedná se o směrový signál.

Dále budou řešeny signální skupiny na jednotlivých ramenech:

Rameno A (Kojetínská ulice) je řízeno dvěma signálními skupinami VA a SA (VA, VA', SA), kde SA je doplňková šipka. Obě návěstidla jsou zavěšena na jednom sloupu. Jak je patrné v příloze 2, návěstidla jsou umístěna podle normy ČSN 73 6021.

Rameno B (Milíčovo náměstí) je řízeno opět dvěma signálními skupinami VB a VC, kde obě signální skupiny jsou směrové signály. Obě návěstidla jsou umístěna na jednom sloupu. Návěstidla jsou umístěna dle normy.

Rameno C (Velehradská ulice) je řízeno dvěma signálními skupinami VD a SD (VD, VD', SD), kde SD je doplňková šipka. Obě návěstidla jsou zavěšena na jednom sloupu. Návěstidla jsou umístěna dle normy.

Celý komplet SSZ je pak tvořen dopravním řadičem, senzory, aktory - návěstidly a signálním plánem, vypočítaným pro optimální řízení dopravního uzlu, který bude rozebírán dále.

Nový návrh řízení bude pomocí pevného signálního plánu. Pevné signální plány znamenají, že signální plány stanovujeme na základě statické analýzy historických intenzit dopravy a po zavedení je již neměníme.

### 4.3 Tabulka mezičasů

Tabulka mezičasů je prvním krokem, který je nutno udělat před veškerými výpočty fází, sledů fází atp. Mezičas definujeme jako časový interval, který začíná na konci zelené na návěstidle pro jeden směr až po začátek doby zelené na návěstidle pro kolizní směr. V mezičase se musí stihnout poslední vozidlo (cyklista, chodec, ...), které mělo zelenou, bezpečně vyklidit a uvolnit místo pro nový kolizní směr. Mezičasy jsou velice důležitým faktorem, který velkou mírou ovlivňují signální plány a jejich následné správné fungování v praxi,

Výpočet mezičasu vychází z rovnice [9]:

$$t_m = t_v - t_n + t_b \quad (5)$$

$$t_v = (L_v + L_{voz}) / V_v \quad (6)$$

$$t_n = L_n / V_n \quad (7)$$

Kde:

- $t_m$  - mezičas [9]
- $t_v$  - doba projetí úseku od stopčáry na konec kolizní plochy (od vstupu chodce na vozovku po dosažení konce kolizní plochy) [9]
- $t_n$  - doba projetí úseku od stopčáry na začátek kolizní plochy (od vstupu chodce na vozovku po dosažení začátku kolizní plochy) [9]
- $t_b$  - bezpečnostní doba je doba zohledňující průjezd vozidel na signál pozor [9]
- $L_v$  - vyklizovací dráha (dráha od stopčáry po konec kolizní plochy, dráha chodce od vstupu na vozovku po konec kolizní plochy). Zjistí se změřením ve výkresu – příloha 2 [9]
- $L_n$  - najížděcí dráha (dráha od stopčáry po začátek kolizní plochy, dráha chodce od vstupu na vozovku po začátku kolizní plochy) Zjistí se změřením ve výkresu – příloha 2. [9]
- $L_{voz}$  - délka vyklizujícího vozidla [9]
- $V_v$  - vyklizovací rychlost [9]
- $V_n$  - najížděcí rychlost [9]

Tabulka 13: Tabulka mezičasů

Tabulka mezičasů							
		Najíždí					
		VA	VB	VC	VD	SA	SD
Vyklizuje	VA			7	6		6
	VB				3		
	VC	5			5	5	
	VD	5	5	4			
	SA			7			
	SD	5					

V tabulce 13 je uvedena finální verze tabulky mezičasů. Výpočet tabulky mezičasů je možné najít v příloze 6.

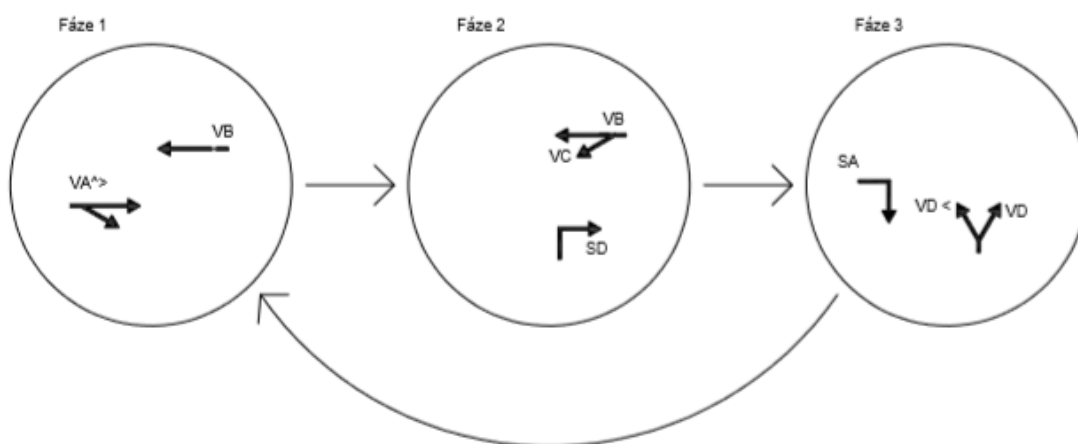
#### 4.4 Návrh fází a sledů fází

Fázi definujeme jako časový interval, ve kterém mají současně volno určité, zpravidla vzájemně nekolizní, signální skupiny na křižovatce. Fázové schéma je pak přiřazení dopravních pohybů těmto jednotlivým fázím a nejuvhodnější pořadí fází, ve které mají jít po sobě. [7] Počet fází poté vyplývá z rozdělení fází – dle rozhodnutí o rozdělení pohybů na křižovatce. Obecně lze říct, že charakteristiky křižovatky zlepšuje menší počet fází, tj. dvě fáze jsou ideálním řešením, pokud je možné je aplikovat.

Na pořadí fází mají mj. vliv tyto skutečnosti:

- Plynulá návaznost signálu volno ve více fázích
- Eliminace nakupení vozidel (zdržení) v křižovatce; bezpečnost vyklizování
- Plynulý přechod chodců, přejezd cyklistů
- Koordinace signálních programů, preference MHD

V případě křižovatky na náměstí Míru budou aplikovány 3 fáze. Grafický návrh fází a sledů fází je uveden v příloze 7 a na obrázku 11. Navržené 3 fáze a jejich popis a odůvodnění vzniku právě tří fází je rozebráno v následujících odstavcích.



Obrázek 11: Návrh fází a sledu fází (vytvořeno v AutoCAD)

Při fázi 1 (od teď pouze F1) mají signál volno signální skupiny VA a VB. Skupina VB je směrový signál rovně. V této fázi tedy dojde k přejezdu vozidel ze směru ramena A (Kojetínská ulice) do směru ramene B (Milíčovo náměstí), a také směru ramene C (Velehradská ulice). Zároveň má signál volno i skupina VB (jak bylo řečeno výše), tedy směr z ramene B do ramene A. Signální skupina VB má volno i v této fázi, jelikož je nekolizní se skupinou VA.

Při fázi 2 (od teď pouze F2) mají signál volno signální skupiny VB, VC a SD. Skupina VB je směrový signál rovně, skupina VC je směrový signál vlevo. V této fázi tedy dojde k přejezdu vozidel ze směru ramene B do směru ramene A, a také směru ramene B do ramene C. Zároveň má signál volno i skupina SD, tedy doplňková šipka signální skupiny VD, která vede z ramene C do ramene B (tedy vpravo).

Při fázi 3 (od teď pouze F3) mají signál volno signální skupiny VD a SA. V této fázi dojde k přejezdu vozidel ze směru ramene C do směru ramene A, a také směru ramene B. Zároveň má signál volno i skupina SA, tedy doplňková šipka signální skupiny VA, která vede z ramene A do ramene C (tedy vpravo).

## 4.5 Návrh signálního plánu

Návrh signálního plánu se skládá z konkrétní délky cyklu, fází a volna. Na rozdíl od návrhu tabulky mezičasů, návrhu fází a sledů fází bude návrh signálního plánu jiný pro ranní a odpolední špičku. Návrh signálního plánu bude zpracován na základě intenzit, které byly naměřeny při dopravním průzkumu.

Návrh je proveden na základě podmínek pro návrh doby fází a volna:

- Rozdělení na jednotlivé fáze úměrně změřeným intenzitám provozu při dopravním průzkumu.
- Délka volna pro signální skupinu je odvozena z délky fází a z fázových přechodů.
- Minimální doba volna je 5 s, žlutá pro vozidla je 3 s, červenožlutá je 2 s.
- Minimální délka fáze odvozená z minimálních dob volna a fázových přechodů.
- Alespoň 12 s volno na hlavní komunikaci a 8 s na vedlejší nebo u levého odbočení z hlavní.
- Prodloužení mezičasu pro vyklizení vozidel odbočujících vlevo (o 2-4 s).

Délku signálu volna lze dle technických podmínek stanovit těmito metodami [10]:

- Metoda saturovaného toku (Websterova metoda).
- Metoda spotřeby času.
- Metoda postupného přibližování (iterace).

Tato bakalářská práce bude využívat metodu saturovaného toku.

Návrh je proveden především na základě dat z dopravního průzkumu. Doba cyklu se vypočítá sečtením doby fáze a fázového přechodu (rovnice 8).

$$C = \sum t_f + \sum t_{fp} \quad (8)$$

Metodou saturovaného toku je ověřeno, zda se doba cyklu pohybuje v relaci pro optimální dobu cyklu. Platí zde podmínka:

$$0,75 C_{opt} < C_{real} < 1,5 C_{opt} \quad (9)$$

$C_{opt}$  - je optimální doba cyklu

$C_{real}$  - je navržená doba v sekundách

Návrh signálních plánů pro ranní i odpolední špičku je uveden v příloze 8. Výpočty saturovaného toku jsou uvedeny v příloze 9.

#### 4.5.1 Saturovaný tok vjezdu

Saturovaný tok je definován jako maximální počet vozidel, která mohou projet profilem stopčáry za jednotku času (hodinu zelené) při ideálních dopravních podmínkách [pvoz/h].

[10]

Hodnotu saturovaného toku ovlivňují především tyto faktory:

- šířka vjezdu
- podélný sklon vozovky
- poloměr oblouku
- podíl odbočujících vozidel

Uvedené faktory je nutné zjistit předem, a to pomocí měření v programu AutoCAD, v mapách na internetu a z dopravního průzkumu.

Saturovaný tok vjezdu je definován jako součet saturovaných toků jednotlivých řadících pruhů, které společně tvoří jeden vjezd. Saturovaný tok jednoho řadícího pruhu se stanoví pomocí vztahu:

$$S_{pruhu} = S_{zákl} * k_{skl} * k_{obl} \quad (10)$$

$S_{pruhu}$  - saturovaný pruh řadícího pruhu [pvoz/h]

$S_{zákl}$  - základní saturovaný tok, jehož hodnota se udává 1900 jvoz/h nebo 2000 jvoz/h, záleží na podmínkách (povrch, hlavní komunikace, ...)

$k_{skl}$  - koeficient sklonu,  $k_{skl}=1$ , jelikož vjezdy do křižovatek jsou vodorovné

$k_{obl}$  - koeficient oblouku, vyjadřuje vliv poloměru směrového oblouku při odbočování a podílu odbočujících vozidel na saturovaný tok.

Koeficient oblouku lze vypočítat:

$$k_{obl} = \frac{R}{R+1,5*f} \quad (11)$$

$R$  - poloměr oblouku

$f$  - podíl odbočujících vozidel  $< 0$



#### 4.5.2 Celkový stupeň saturace, ztrátový čas, optimální doba cyklu

Dalším krokem je zjistit pro každý vjezd stupeň saturace. Stupeň saturace lze zjistit pomocí vzorce (pro každý řadící pruh zvlášť):

$$Y = \frac{I}{S} [-] \quad (12)$$

Y	- stupeň saturace
I	- intenzita na vjezdu [pvoz/h]
S	- saturovaný tok

Celkový stupeň saturace Y je potom definován jako součet stupňů saturace kritických vjezdů jednotlivých fází. Kritický vjezd se vybere z intenzity na vjezdu (vjezd s nejvyšším stupněm saturace).

Další veličinou je ztrátový čas. Vypočítá se z mezičasu mezi kritickými vjezdy odečtením jedné sekundy od každého času. Celkový ztrátový čas [L] pak spočítáme jako sumu dílčích ztrátových časů.

Vztah pro optimální dobu cyklu:

$$C_{opt} = \frac{1,5 \cdot L + 5}{1 - Y} \quad (13)$$

Pro názornost bude uveden příklad ranní špičky:

Kritický vjezd F1 vyšel přímý směr z ramene A, F2 přímý směr z ramene B a F3 směr pravý z ramene C. Celkový stupeň saturace pak vyšel  $Y=0,56$ . Ztrátový čas mezi kritickými vjezdy F1 a F3 je 6 s, F2 a F1 5 s a F3 a F2 opět 5 s. Celkový ztrátový čas cyklu je tedy vychází optimální doba cyklu  $L=16$  s. Po dosazení do rovnice [12]  $C_{opt}=70$  s. Původně navržená doba cyklu (která vyšla původním počítáním)  $C_{real}=69$  s tedy splňuje podmínku.

## 4.6 Signální plány - shrnutí

Délku cyklu lze rozdělit na dobu fází a dobu fázových přechodů. Fáze je doba, při které má jedna signální skupina signál volno. Fázový přechod je pak doba od prvního konce volna první fáze do posledního začátku volna druhé fáze. Délka fázového přechodu je určena pro sled fází přesně a určujeme jí za pomoci tabulky mezičasů. Délka jednotlivých fází se v první fázi počítá a dále upravuje, aby vyhovovala všem ramenům. Můžeme ji upravovat, aby došlo k optimální délce signálního plánu.

Pro výpočet signálních plánů je nutný také pentlogram intenzit, který ukazuje intenzitu dopravy v určitých směrech. Je výsledkem dopravního průzkumu. Pentlogramy intenzit jsou uvedeny v příloze 3 a 4.

Signální plán, který je uveden v příloze 7, je již několikrát upravovaný a tedy optimalizovaný. Návrh souvisí s kapacitním výpočtem, který bude rozebírán v následující podkapitole. Kapacitní výpočet je pro signální plán nepostradatelnou součástí, jelikož nemůžeme navrhnout kapacitně nevyhovující signální plán. V případě, kdy kapacita nevyhovuje, je nutné provést úpravy, dokud kapacita nebude vyhovující.

Pro posuzovanou křižovatku byly délky zelených po výpočtech přerozděleny a upraveny tak, aby úroveň kvality dopravy byla na všech ramenech přibližně stejná a žádný směr netrpěl kongescemi atp.

Výsledná délka cyklu v konečné fázi vyšla pro ranní špičku 70 s, kdy jednotlivé fáze mají hodnoty:

Fáze 1 – 19s

Fáze 2 – 16s

Fáze 3 – 15s

Fázové přechody dávají dohromady hodnotu 20s.

Výsledná délka cyklu v konečné fázi vyšla pro odpolední špičku 90 s, kdy jednotlivé fáze mají hodnoty:

Fáze 1 – 23s

Fáze 2 – 26s

Fáze 3 – 21s

Fázové přechody dávají dohromady hodnotu 20s.

## 4.7 Kapacitní posouzení řízené křižovatky

Výpočty kapacity byly uskutečněny v programu MS Excel. Všechny výpočty vychází z technických podmínek [10]. V této podkapitole jsou uvedeny všechny výpočty vedoucí k vytvoření protokolu kapacitních výpočtů, které jsou v příloze 10.

V Příloze 9 je možné kompletní protokoly pro ranní a odpolední špičku. V tabulkách uvedených v této podkapitole budou použity hodnoty pouze pro ranní špičku. Jak bylo již uvedeno v podkapitole 3.2.2 požadovaným stupněm kvality dopravy silnice II. třídy je stupeň D a silnice III. třídy stupeň E. Pro určení ÚKD bude využita tabulka pro posouzení úrovně kvality dopravy:

Tabulka 14: ÚKD pro křižovatky

úroveň kvality dopravy		Střední doba zdržení $t_w$ [s]
Označení	Charakter kvality dopravy	
A	Velmi dobrá	$\geq 20$
B	Dobrá	$\leq 35$
C	Uspokojivá	$\leq 50$
D	Dostatečná	$\leq 70$
E	Nestabilní stav	$< 70$
F	Překročená kapacity	-

### 4.7.1 Kapacita na vjezdu

Kapacita běžného vjezdu  $C_V$  (voz/h) je závislá na saturevaném toku  $S_V$  (voz/h) - délce efektivní zelené  $z'$  (kterou získáme ze skutečné délky zelené [[10], strana 41, tabulka 2]) a délce cyklu  $t_c$ . Lze ji vypočítat pomocí vzorce:

$$C_V = S_V * \frac{z'}{t_c} \text{ [j. v./ h]} \quad (14)$$

V případě kapacity levého odbočení ovlivněného protisměrem se postupuje jinak. V této práci ovšem tento případ nenastal, tedy není nutné rozvádět.

### 4.7.2 Posouzení úrovně kvality dopravy

Kritériem pro posouzení ÚKD je ztrátový čas. Ztrátový čas je vyjádřen střední dobou zdržení na jednotlivých vjezdech do křižovatky. Mezní hodnoty jsou uvedeny v kapitole 3 v tabulce 6.

**Rezerva kapacity vjezdu** - se stanovuje v [%] intenzity dopravy na vjezdu. Lze ji stanovit pomocí vzorce:

$$Rez = \left(1 - \frac{I_V}{C_V}\right) * 100 \quad (15)$$

$I_V$  je návrhová intenzita dopravy na vjezdu

$C_V$  je kapacita vjezdu

$I_V$  je návrhová intenzita dopravy na vjezdu

$C_V$  je kapacita vjezdu

Je-li  $Rez \leq 0$ , úroveň kvality dopravy je na stupni F. Rezerva kapacity na kritických vjezdech by měla mít řádově podobné hodnoty.

Délka fronty by měla být již projektantem navrhovaná tak, aby vyhověla požadavkům z vypočtené délky fronty. V případě, že je řadící pruh kratší než vypočtená délka fronty, v praxi nastávají v řadícím pruhu problémy s kapacitou a následnými kongescemi. V navrženém výkresu v programu AutoCAD (viz. příloha 2) mají odbočovací řadící pruhu okolo 50 m, což je pro účely křižovatky dostačující.

Délku fronty lze vypočítat pomocí vztahu:

$$L_F = 6 * \frac{(t_c - z') * I_V}{n_p * 3600} \quad (16)$$

$n_p$  počet řadících pruhů tvořících jeden vjezd

$I_V$  návrhová intenzita dopravy na vjezdu

$z'$  efektivní délka zelené

$t_c$  délka cyklu

**Střední dobu zdržení (s)** vypočteme (za podmínky, že je rezerva kapacity kladná) dle následujícího vzorce:

$$t_w = 0,45 \cdot \left( \frac{(t_c - z')^2 \cdot C_V}{C_V \cdot t_c - I_V \cdot z'} + \frac{I_V \cdot 3600}{C_V^2 - I_V \cdot C_V} \right), \quad (17)$$

$t_w$  střední doba zdržení na vjezdu do světelně řízené křižovatky

$t_c$  délka cyklu

$z'$  efektivní délka zelené

$I_V$  je návrhová intenzita dopravy na vjezdu

$C_V$  je kapacita vjezdu

Tabulka 15: Posouzení kapacity ranní špička (ukázka)

Vjezd (sign. sk.)	CV	Rez	LF1	tw	ÚKD	
	Kapacita vjezdu	Rezerva kapacity	Délka fronty	Střední doba zdržení	Požadovaná úroveň kvality dopravy	Dosažená úroveň kvality dopravy
	[pvoz/h]	[%]	[m]	[s]	požadovaná	dosažená
VA	531,4	22,1	35,3	32,0	D	B
VB	925,8	50,1	28,0	1,7	D	A
VC	406,0	42,6	42,5	27,7	D	B
VD	456,9	26,0	30,2	32,4	E	B
VA + SA	462,3	22,8	18,4	24,6	D	B
VD + SD	410,2	30,5	20,7	21,8	E	B

#### 4.8 Shrnutí posouzení kapacit křižovatek – příklad

Tabulka 14 ukazuje výstup výše uvedených výpočtů z ranní špičky. Z tabulky lze vyčíst, že maximální doba zdržení je 32 s a to u signálních skupin VD a VA. Oproti tomu signální skupina VB ukazuje střední dobu zdržení pouze 2 s. Tato nízká doba zdržení je způsobena především tím, že VB má signál volno ve fázi F1 i F2. Tento faktor ovlivnil i velikost kapacity vjezdu, která je u signální skupiny VB vysoká – dobrá průjezdnost tohoto směru. Délky fronty jsou nejnižší u signální skupiny VA+SA (necelých 19 m). Nejdelší fronty vykazuje signální skupina VC – necelých 43 m (jedná se o levé odbočení z ramene B). ÚKD je téměř u všech signálních skupin na stupni B – velmi dobrá. U signální skupiny VB dokonce na stupni A – výborný.

Posouzení kvality dopravy pro ranní a odpolední špičku je dle normy ČSN 73 6102 vytvořeno a k nahlédnutí v Příloze 9. Jedná se jednotný protokol pro posouzení kapacit na světelně řízených křižovatkách.

## 5 Ověření návrhu SSZ v simulačním programu VISSIM

Poslední kapitola se bude zabírat ověřením návrhu v programu VISSIM. V minulých kapitolách bylo vytvářeno řízení SSZ pomocí výpočtů z TP. V této kapitole budou stejné hodnoty z průzkumu ověřovány a vyhodnocovány v simulačním nástroji. Vznikne tak model, který zjednodušuje realitu a dokáže vizuálně přiblížit situaci křižovatky. Tzn., že výstupem nebudou jenom hodnoty uvedené v tabulce, ale i simulace, která je jako příloha 11 přiložena k bakalářské práci (na CD). Opět budou zpracována data pro ranní i odpolední špičku pro původní i novou situaci. Při vyváření simulace bylo čerpáno z učebních materiálů pro předmět RISI a z [15].

### 5.1 Simulační program PTV VISSIM

Program VISSIM je simulační mikroskopický nástroj pro simulaci toku provozu. Patří k software Vision Traffic Suite. Jedná se o simulační nástroj pro modelování individuální, hromadné, cyklistické dopravy i pěších proudů. Dopravní proudy je možno simulovat za různých podmínek jako jsou třeba různé počty jízdních pruhů, světelně řízené i neřízené křižovatky, okružní křižovatky, záznam různých počtů individuální i hromadné dopravy ap. V programu je možné simulovat vzájemné interakce několika druhů dopravy v jednom čase.

### 5.2 Teoretický průběh vytváření simulace

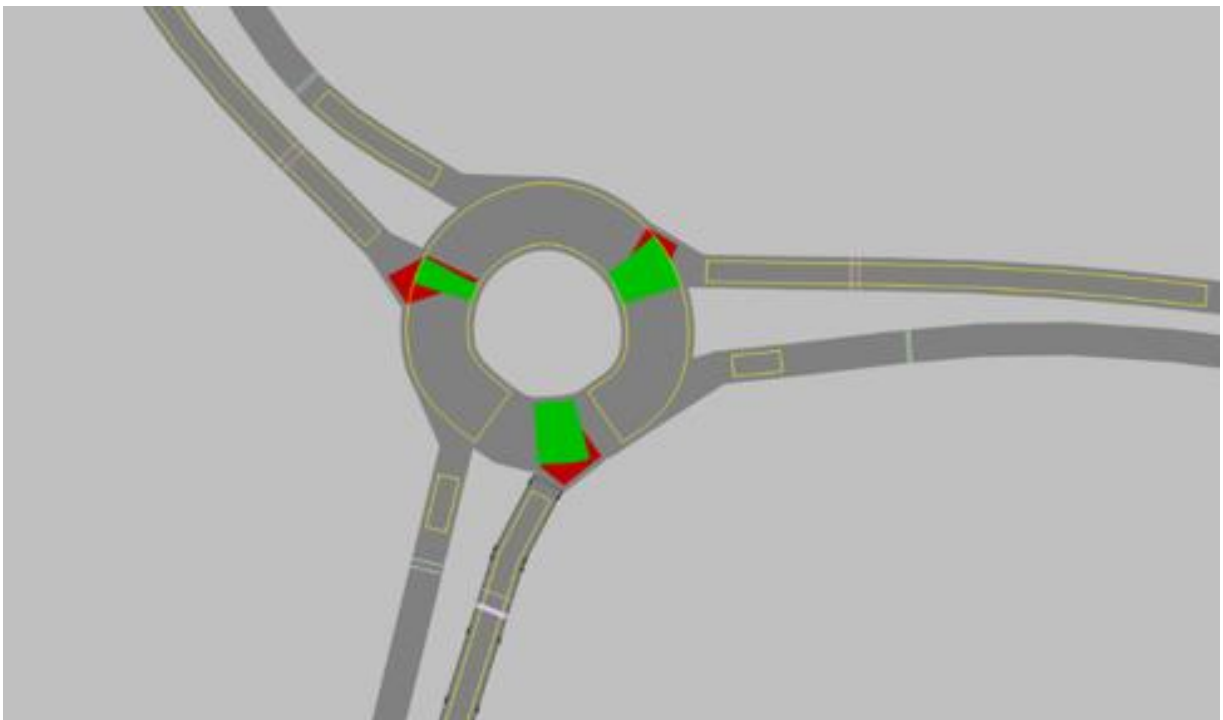
Pro ověření či porovnání vlastních výpočtů s výsledky z programu VISSIM byla provedena simulace řízené i neřízené varianty křižovatky. Pro obě varianty byla provedena simulace pro ranní i odpolední špičku a byly vždy použity hodnoty z průzkumu, se kterými se počítalo v předchozích kapitolách. V následující podkapitole je uveden postup vytváření simulace, který byl proveden dvakrát. Jednou pro okružní křižovatku a podruhé pro křižovatku se SSZ.

#### 5.2.1 Krátké shrnutí tvorby simulace:

- Prvním krokem (po otevření a uložení souboru) byla definice parametrů simulace.
- Bylo nutné definovat funkce (akcelerace, decelerace) a další definice (rychlost, apod.) mikrosimulačního modelu.
- Dále byly definovány typy a třídy vozidel (konkrétně v této simulaci: osobní vozidla, nákladní vozidla, autobusy, cyklistická doprava, chodci).
- Vzhledem k situaci na okružní křižovatce bylo nutné nastavit i konkrétní chování vozidel/řidičů (zpomalení před křižovatkou).
- Dále byla definována skladba dopravního proudu (poměr osobních vozidel, nákladních vozidel, autobusů, cyklistické dopravy a chodců).

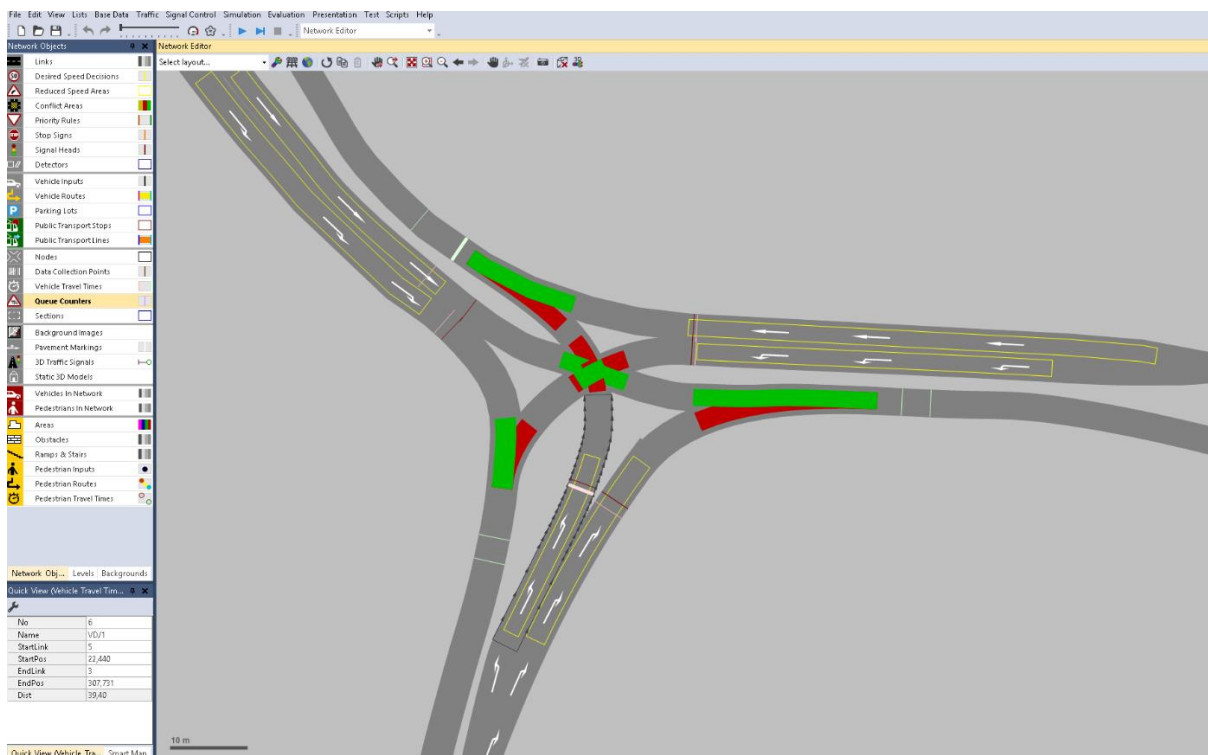
- Při modelování křižovatky se vychází ze situačního výkresu. Dalším krokem bylo vložení výkresu do programu, úprava pozadí a nastavení měřítka. Na podkladu byla namodelována konkrétní situace.
- Pro konkrétní vstupy do křižovatky byly přiděleny konkrétní hodnoty vozidel a vozidla byla nasměrována na konkrétní směry.
- Poté bylo definováno snížení rychlosti v oblasti, rozhodnutí o změně rychlosti (definování nových rychlostních distribucí) a vložení pravidel přednosti v jízdě (pomocí tzv. konfliktních zón).
- Okružní křižovatka byla v tomto bodě již namodelována a přešlo se k vyhodnocení simulace.
- U světelně řízené křižovatky, byl definován systém řízení (konkrétní pevný signální plán), a byla vložena návěstidla.
- Posledním krokem bylo vyhodnocení simulace.

Na obrázku 12 je možné vidět výřez modelu v prostředí programu VISSIM. Je zde namodelována původní situace okružní křižovatky. Ve středu lze vidět konfliktní zóny, vyznačené červenou (dává přednost) a zelenou (má přednost) barvou. Žluté obdélníky vyznačují změnu rychlostních distribucí (v tomto případě snížení rychlosti v daném místě).



Obrázek 12: Simulace VISSIM původní situace

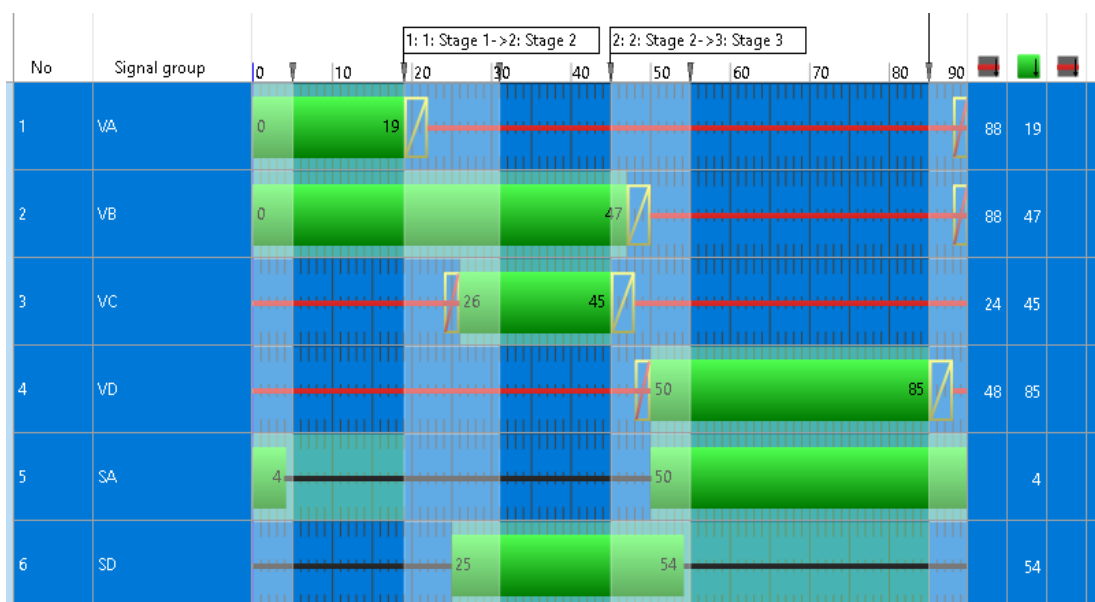
Obrázek 13 ukazuje kompletní prostředí Simulačního programu VISSIM. Na levé straně jsou funkční prvky programu. V této části se při tvorbě simulace uživatel pohybuje. Na obrázku je vidět tentokrát nová situace a opět jsou zde zvýrazněny konfliktní zóny a změny rychlosti.



Obrázek 13: Simulace VISSIM nová situace

Signální plány vytvořené programem VISSIM byly podobné, avšak ne stejné jako signální plány vytvořené na základě výpočtu v kapitole 4. Pro odpolední variantu ovšem musely být přizpůsobené, jelikož původní plány nevyhovovaly a tvořily se kongesce.

Ukázka signálního plánu ranní špičky programu VISSIM je vidět na obrázku 14:



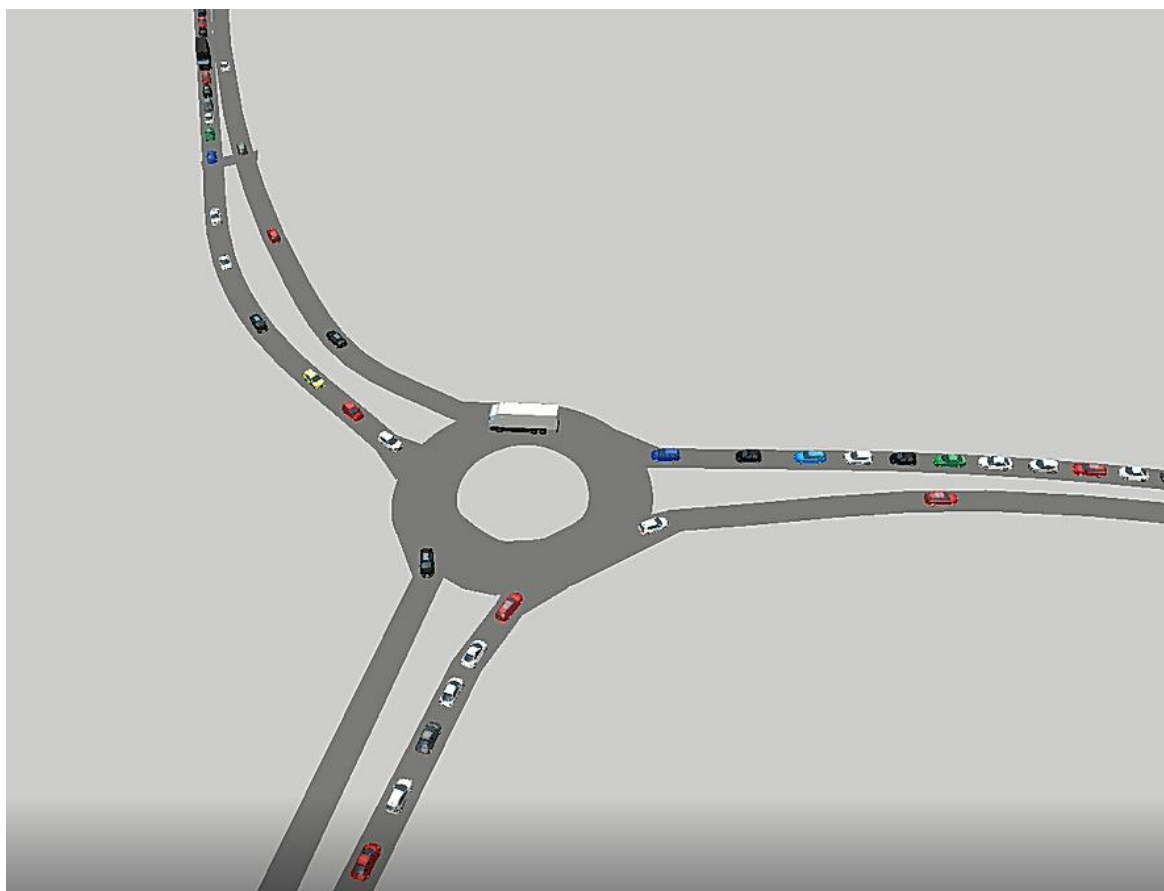
Obrázek 14: Signální plán VISSIM ranní špička



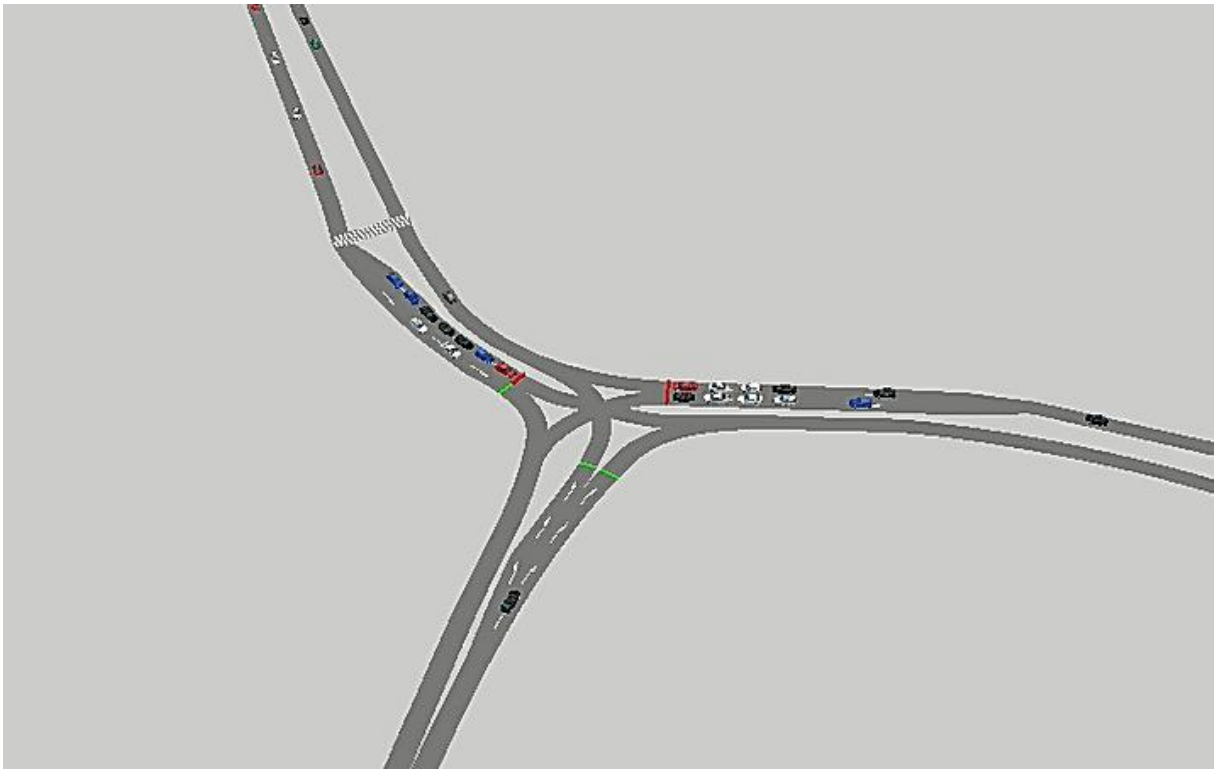
### 5.3 Průběh simulace

Nejdříve byla generována data varianty neřízené křižovatky. Již při prvním průběhu nastal problém, kdy začal program hlásit chybu. Ramena A a C byla dle simulace přetížena a dopravní kongesce přesahovaly oblast simulace tak, že je program nebyl schopen načítat. Tento problém nastal pouze pro odpolední špičku a byl částečně vyřešen prodloužením ramen. Bohužel výsledky simulace této doby nejsou příliš přesné, jelikož ani prodloužení ramen nepomohlo a rameno C mělo nedostatečnou kapacitu. Data jsou tedy neúplná. Zatížení při odpolední špičce je patrné na obr. 15. Na obrázku jde nejlépe vidět kongesce na rameni A. Pro ranní i odpolední intenzity bylo vygenerováno 10 nezávislých možností simulace. Součástí přílohy 11 je i video, na kterém je vidět kongesce na okružní křižovatce (ranní i odpolední špička) včetně chování řidičů.

Generování dat řízené křižovatky pomocí SSZ proběhlo bez větších komplikací, kdy opět byla hlášena chyba, která ale byla vyřešena úpravou signálního plánu. Po úpravě již chyby nenastaly. Ukázka signálního plánu programu VISSIM je na obrázku 14. Situace na křižovatce je znázorněna na obr. 16 a 17. Data byla vygenerovaná pro 15 různých nezávislých možností simulace. Součástí přílohy 11 je video s ukázkou ranní i odpolední situace na křižovatce.



Obrázek 15: Simulace VISSIM původní situace odpolední špička - dopravní kongesce



Obrázek 16: Simulace VISSIM nová situace řízené křižovatky odpolední špička, fáze 3



Obrázek 17: Simulace VISSIM nová situace řízené křižovatky ranní špička, fáze 3

## 5.4 Výstupy simulace

Simulační program umožňuje velký výběr výstupů dle aktuální potřeby. Vzhledem k předchozím výpočtům, kde je vypočtena doba zdržení a délka fronty, byly tyto parametry vybrány i pro výstup programu, pro vhodnost následného porovnávání. Podobně jako v reálném případě jsou měření prováděna pomocí konkrétních detektorů. Pro určení doby zdržení byl měřen čas určitého úseku pomocí dvou bodů, vždy na začátku a konci měřeného úseku. Délku fronty určuje program automaticky, v programu je pouze nutné zaškrtnout políčko Queue length. V případě přílišné délky hlásí chybu, jak již bylo uvedeno výše.

Po průběhu simulace v 10 (původní situace) a 15 (nová situace) exemplářích, byl programem vygenerován soubor s koncovkou .rsr, který byl následně převeden do MS Excel. Všechny 10/15 souborů bylo zkopírováno do jednoho. Jednotlivé průběhy simulací se příliš nelišily, přesto bylo počítáno se všemi. Následně byla data vyhodnocována v tomto programu až do konečné verze.

### Doba zdržení

Vyhodnocení doby zdržení (i délky fronty) probíhalo vždy 4200 s. Prvních 600 s je ovšem bráno jako rozjezd simulace a až následných 3600 s je použito. Interval pro vyhodnocení byl zvolen 200 s. Hodnoty byly průměrovány pro získání průměrné doby zdržení. Doby zdržení byly hodnoceny pro všechny směrové relace. Hodnoty jsou uvedeny v tabulkách 16, 18, 20 a 22. a ve spodní části tabulky je vždy uvedena průměrná celková doba zdržení (Celkem) a ÚKD.

### Délka fronty

Interval pro vyhodnocení byl opět zvolen 200 sekund. Hodnoty byly opět průměrovány pro získání průměrné délky fronty. Průběh byl podobný jako u výpočtů délky zdržení.

Tabulky s hodnotami délky fronty jsou uvedeny v tabulkách 17, 19, 21 a 23. Ve spodní části tabulky je vždy uvedena průběžná délka fronty

Tabulky obsahují směrové relace, kde je opět rameno A – Kojetínská ulice, rameno B – Milíčovo náměstí a rameno C – Velehradská ulice.

## 5.4.1 Doba zdržení a délka fronty v hodinovém intervalu ranní špičky, původní situace

Tabulka 16: Doba zdržení, ranní špička, původní situace

Doba zdržení jednotlivých ramen (ranní špička, původní situace)						
Směrové relace						
Rameno	C - B	C - A	B - A	B - C	A - B	A - C
200	26,580	23,321	21,835	22,132	35,283	36,373
400	26,443	26,743	20,326	21,622	35,430	38,455
600	31,641	28,308	22,351	20,351	35,744	36,180
800	34,089	34,779	25,852	20,913	34,483	36,133
1000	28,246	32,959	15,415	21,737	33,363	34,256
1200	30,844	30,513	23,534	19,790	36,460	35,208
1400	28,432	33,210	21,578	16,850	38,579	49,649
1600	32,187	33,854	20,579	18,552	40,397	41,262
1800	30,944	32,647	21,161	21,590	37,333	41,389
2000	28,841	31,141	19,407	20,531	38,240	42,409
2200	31,272	30,561	15,401	21,898	35,104	39,686
2400	28,676	31,856	19,609	21,536	35,771	39,324
2600	31,222	32,661	16,940	19,344	36,784	37,709
2800	37,220	39,490	17,080	18,122	30,088	35,620
3000	33,084	34,055	16,712	18,891	35,540	37,242
3200	30,331	32,556	16,526	18,437	35,540	42,576
3400	31,128	28,860	18,206	25,841	50,113	44,015
3600	30,571	31,473	18,814	22,234	41,155	41,098
Celkem	31	32	20	21	37	39
ÚKD	D	D	B	C	D	D

V tabulce 16 je uvedena doba zdržení v hodinovém intervalu ranní špičky, původní situace. Nejdelší dobu zdržení vykazuje směr A – C (Kojetínská – Velehradská) a nejkratší směr B – A (Milíčovo náměstí – Kojetínská ulice).

Tabulka 17: Délka fronty, ranní špička, původní situace

Délka fronty jednotlivých ramen (ranní špička, původní situace)						
Směrové relace						
Rameno	C - B	C - A	B - A	B - C	A - B	A - C
200	40,7	43,3	38,6	39,8	45,1	40,5
400	40,6	46,1	37,0	38,9	45,6	45,6
600	45,8	48,1	34,0	34,0	45,7	40,2
800	48,2	54,6	32,7	32,5	44,4	40,3
1000	42,3	52,5	32,4	33,3	43,3	38,2
1200	45,1	50,3	30,7	31,4	46,3	39,2
1400	42,7	52,5	28,4	31,6	48,4	43,6
1600	46,2	53,4	34,5	33,3	50,1	45,4
1800	45,2	52,1	38,1	36,4	47,1	45,2
2000	43,0	51,0	33,6	35,1	48,1	46,6
2200	45,6	50,5	32,1	36,4	45,0	43,6
2400	42,9	51,2	36,1	36,0	45,7	43,3
2600	45,2	51,8	33,7	34,1	46,4	41,8
2800	51,5	59,2	34,0	33,1	40,2	39,5
3000	47,4	53,8	33,7	34,0	45,8	41,3
3200	44,3	52,2	33,1	33,2	49,9	46,2
3400	45,2	48,3	34,9	40,7	50,1	48,1
3600	44,8	50,8	35,5	36,9	51,0	45,0
Celkem	45	51	34	35	47	43

V tabulce 17 je uvedena délka fronty v hodinovém intervalu ranní špičky, původní situace. Nejdélší frontu vykazuje směr C – A (Velehradská – Kojetínská) a nejkratší směr B – C (Milíčovo náměstí – Velehradská ulice).

## 5.4.2 Doba zdržení a délka fronty v hodinovém intervalu odpolední špičky, původní situace

Tabulka 18: Doba zdržení, odpolední špička, původní situace

Doba zdržení jednotlivých ramen (odpolední špička, původní situace)						
Směrové relace						
Rameno	C - B	C - A	B - A	B - C	A - B	A - C
200	23,803	20,973	35,222	33,035	41,742	41,076
400	22,964	17,584	31,050	30,986	39,235	39,355
600	22,380	11,764	26,411	27,914	34,743	35,352
800	24,197	18,639	30,552	27,461	37,343	38,065
1000	24,197	18,639	30,552	27,461	37,343	38,065
1200	26,014	25,513	34,693	27,009	39,944	40,779
1400	26,472	26,261	35,870	34,327	40,953	40,072
1600	26,472	26,261	35,870	26,784	40,953	40,072
1800	26,929	27,009	37,047	26,559	41,961	39,364
2000	26,480	26,321	37,021	37,712	41,792	40,238
2200	26,721	26,784	39,335	34,706	41,792	40,238
2400	26,513	26,559	41,624	42,853	41,622	41,111
2600	26,475	26,359	38,552	34,150	43,196	41,673
2800	26,404	26,228	38,259	31,791	42,369	40,477
3000	25,736	25,320	43,099	36,110	44,769	42,235
3200	26,124	25,940	42,362	39,482	43,196	41,673
3400	24,642	24,362	39,394	35,084	44,249	42,797
3600	23,548	23,404	35,688	34,058	43,728	43,359
Celkem	25	24	36	33	41	40
ÚKD	C	C	D	D	D	D

V tabulce 18 je uvedena doba zdržení v hodinovém intervalu odpolední špičky, původní situace. Nejdelsí dobu zdržení vykazuje opět směr A – C (Kojetínská – Velehradská) a nejkratší směr B – A (Milíčovo náměstí – Kojetínská ulice).

Tabulka 19: Délka fronty, odpolední špička, původní situace

Délka fronty jednotlivých ramen špička, původní situace							(odpolední)
Směrové relace							
Rameno	C - B	C - A	B - A	B - C	A - B	A - C	
200	38,6	24,4	51,5	52,6	60,8	56,6	
400	31,6	27,4	47,7	48,5	55,9	53,2	
600	25,7	31,4	43,1	45,3	51,5	49,2	
800	32,0	27,7	47,4	48,8	56,1	53,0	
1000	29,7	28,9	52,7	45,8	57,6	54,2	
1200	39,9	45,0	51,2	48,7	56,7	54,7	
1400	36,0	31,7	51,8	51,4	57,9	54,8	
1600	37,7	41,6	54,2	27,7	57,1	54,1	
1800	40,9	46,5	53,8	55,3	58,8	53,3	
2000	35,1	25,9	49,6	50,6	58,4	54,9	
2200	32,8	38,2	47,1	47,0	54,1	52,0	
2400	40,5	46,0	58,3	60,2	58,2	54,9	
2600	36,6	42,1	52,7	53,6	56,2	53,4	
2800	36,1	36,7	51,7	52,6	56,9	53,9	
3000	39,7	25,3	50,7	53,7	61,3	56,2	
3200	32,0	27,7	47,4	48,8	56,1	53,0	
3400	38,5	44,1	55,5	53,9	57,2	54,2	
3600	37,5	23,4	52,3	51,6	60,3	57,1	
Celkem	36	34	51	50	57	54	

V tabulce 19 je uvedena délka fronty v hodinovém intervalu odpolední špičky, původní situace. Nejdelší frontu vykazuje směr A – B (Kojetínská – Milíčovo náměstí) a nejkratší směr C – A (Velehradská – Kojetínská). Zajímavý fakt je, že lze vidět ranní nápor ve směru C – A (Velehradská – Kojetínská) a odpoledne je stejný směr nejméně zatížený.

### 5.4.3 Doba zdržení a délka fronty v hodinovém intervalu ranní špičky, nové situace

Tabulka 20: Doba zdržení, ranní špičky, nová situace

Doba zdržení jednotlivých ramen (ranní špička, nová situace)						
Směrové relace						
Rameno	A - B	B - A	A - C	B - C	C - B	C - A
200	37,751	11,012	12,177	27,626	5,925	15,418
400	37,736	11,092	11,775	27,228	6,140	15,090
600	38,303	10,961	10,885	27,285	6,513	13,608
800	38,750	10,404	11,534	27,523	6,363	14,058
1000	38,247	10,728	11,755	27,475	6,198	14,656
1200	39,197	9,847	12,183	27,762	6,213	14,508
1400	38,487	10,609	11,869	27,374	6,408	16,772
1600	38,568	10,476	12,585	27,294	6,485	15,640
1800	37,939	11,104	12,986	26,827	6,756	16,772
2000	38,549	10,799	12,477	27,339	6,326	14,204
2200	38,246	11,533	12,875	27,132	6,261	15,488
2400	38,553	11,961	12,763	27,437	5,767	14,204
2600	38,387	11,018	12,578	27,468	6,236	14,923
2800	38,355	10,755	12,635	27,583	6,304	15,385
3000	38,363	10,641	12,491	28,874	5,650	14,923
3200	38,458	11,301	12,627	28,155	5,708	14,564
3400	37,766	10,932	12,579	28,023	5,709	15,747
3600	37,168	11,223	12,666	27,172	5,768	16,571
Celkem	38	11	12	28	6	15
ÚKD	C	A	A	B	A	A

V tabulce 20 je uvedena doba zdržení v hodinovém intervalu ranní špičky, nové situace. Nejdelší dobu zdržení vykazuje směr A – B (Kojetínská – Milíčovo náměstí) a nejkratší směr C – B (Velehradská ulice - Milíčovo náměstí).



Tabulka 21: Délka fronty, ranní špička, nová situace

Délka fronty jednotlivých ramen (ranní špička, nová situace)						
Směrové relace						
Rameno	C - B	C - A	B - A	B - C	A - B	A - C
200	46,2	10,9	21,0	37,8	12,1	22,8
400	46,2	14,7	20,2	37,0	12,5	22,2
600	46,8	18,3	19,3	37,1	12,8	20,8
800	46,4	14,6	20,1	37,3	12,5	21,9
1000	46,5	15,9	20,8	31,4	12,5	22,3
1200	47,6	17,0	20,5	34,5	12,6	21,5
1400	46,4	14,9	20,7	36,0	12,3	22,3
1600	46,9	18,0	20,7	18,4	12,3	21,4
1800	46,4	18,2	21,2	36,6	13,1	23,8
2000	46,2	12,8	20,6	37,4	12,3	22,5
2200	47,2	17,6	19,9	35,8	12,7	21,1
2400	47,0	19,2	21,1	37,2	12,1	21,4
2600	47,1	18,4	20,5	36,5	12,4	21,3
2800	46,8	16,5	20,5	36,8	12,3	21,7
3000	46,8	10,6	20,8	38,8	12,0	22,0
3200	46,4	14,6	20,1	37,3	12,5	21,9
3400	47,0	18,8	20,8	33,8	12,2	21,3
3600	45,6	11,2	21,1	36,9	12,1	23,6
Celkem	47	16	21	35	12	22

V tabulce 21 je uvedena délka fronty v hodinovém intervalu ranní špičky, nové situace. Nejdelší frontu vykazuje směr C – B (Velehradská – Milíčovo náměstí) a nejkratší směr A – B (Kojetínská – Velehradská).

#### 5.4.4 Doba zdržení a délka fronty v hodinovém intervalu odpolední špičky, nové situace

Tabulka 22: Doba zdržení, odpolední špička, nová situace

Doba zdržení jednotlivých ramen (odpolední špička, nová situace)						
Směrové relace						
Rameno	A - B	B - A	A - C	B - C	C - B	C - A
200	39,551	14,689	12,915	33,743	6,298	14,309
400	39,263	14,717	12,491	34,010	6,377	14,075
600	38,688	14,772	11,644	34,544	6,537	13,607
800	38,912	13,385	11,536	33,126	6,285	15,888
1000	39,159	14,044	12,119	33,501	6,311	15,040
1200	39,136	11,999	11,428	31,707	6,032	18,169
1400	39,006	13,240	11,631	32,917	6,239	18,169
1600	39,136	11,999	11,428	31,707	6,032	18,169
1800	39,136	11,999	11,428	31,707	6,032	18,169
2000	39,445	12,953	11,801	32,268	6,253	18,206
2200	39,974	13,763	12,260	32,504	6,482	18,187
2400	40,813	15,526	13,092	33,302	6,931	18,206
2600	39,621	13,449	12,140	32,555	6,313	14,543
2800	39,389	12,903	11,999	32,290	6,134	17,272
3000	39,838	14,662	13,339	33,476	6,218	14,543
3200	40,326	15,094	13,216	33,389	6,574	16,374
3400	39,838	14,662	13,339	33,476	6,218	14,543
3600	39,838	14,662	13,339	33,476	6,218	14,543
Celkem	40	14	12	33	6	16
ÚKD	C	A	A	B	A	A

V tabulce 22 je uvedena doba zdržení v hodinovém intervalu odpolední špičky, nové situace. Nejdelší dobu zdržení vykazuje směr A – B (Kojetínská – Milíčovo náměstí) a nejkratší směr C – B (Velehradská ulice - Milíčovo náměstí). Zde jsou nejzatíženější i nejméně zatížené směry při ranní i odpolední špičce stejné.

Tabulka 23: Délka fronty, odpolední špička, nová situace

Délka fronty jednotlivých ramen (odpolední špička, nová situace)						
Směrové relace						
Rameno	C - B	C - A	B - A	B - C	A - B	A - C
200	48,6	14,7	22,2	43,8	12,8	21,9
400	48,0	18,5	21,4	44,4	12,9	21,5
600	47,5	22,3	20,5	44,9	13,1	21,0
800	48,0	18,5	21,4	44,4	12,9	21,5
1000	47,9	19,8	21,0	42,9	12,9	24,6
1200	47,9	19,5	20,3	42,1	12,6	25,5
1400	48,6	18,6	21,7	43,9	13,0	22,8
1600	48,9	21,7	21,5	43,7	13,2	24,5
1800	47,9	19,5	20,3	42,1	12,6	25,5
2000	48,3	16,6	21,8	44,1	12,9	21,7
2200	47,7	20,9	20,4	43,5	12,9	23,3
2400	49,6	23,1	21,9	43,7	13,5	25,6
2600	48,6	22,0	21,2	43,6	13,2	24,4
2800	48,5	20,2	21,4	43,7	13,1	23,5
3000	48,6	14,7	22,2	43,8	12,8	21,9
3200	48,0	18,5	21,4	44,4	12,9	21,5
3400	49,1	22,5	21,5	43,6	13,3	25,0
3600	48,6	14,7	22,2	43,8	12,8	21,9
Celkem	48	19	21	44	13	23

V tabulce 23 je uvedena délka fronty v hodinovém intervalu odpolední špičky, nové situace. Nejdelší frontu vykazuje směr C – B (Velehradská – Milíčovo náměstí) a nejkratší směr A – B (Kojetínská – Velehradská).

## 5.5 Porovnání výsledků výpočtů a simulace, shrnutí

Z výsledků simulace lze vyčíst, že jsou rozdílné od výpočtů dle TP, ale ne v příliš velké míře. Zajímavé je, že výsledky simulace zpravidla ukazují lepší výsledek než výpočty. Většinou vychází ÚKD o stupeň lepší nebo stejná. Jediná výjimka je sledována u ranní špičky ve směru ramen A – B (Kojetínská – Milíčovo náměstí) nové situace, kdy výpočty vykazují úroveň kvality na stupni B, avšak v simulaci vychází stupeň kvality C. Zajímavé také je, že v případech simulace vycházejí fakticky kratší délky kongescí. Zmíněné odlišnosti mohou být způsobeny o trochu jiným nastavením parametrů signálních plánů.

V případě původní situace odpolední špičky jsou ovšem pravděpodobně údaje zkrácené, jelikož v simulaci lze vidět fronty vzdálené několik desítek metrů, ovšem v tabulce 19 lze vidět relativně podobné fronty jako v jiných tabulkách. Tento fakt zapříčiňuje pravděpodobně již zmiňovaným problémem přetížení simulace, kdy fronty přesahovaly oblast simulace tak, že je program nebyl schopen načítat.

Konkrétněji lze uvést, že v případě původní situace ranní špičky simulace vykazuje úroveň kvality dopravy na stupni D u ramene A (Kojetínská ulice), kdy se průměrná doba zdržení pohybuje kolem 39s. Oproti tomu výpočty dle TP vycházejí nad 45s, tedy ÚKD na stupni E. Další dvě ramena vycházejí velice podobně u simulace i výpočtu dle TP. Rameno B (Milíčovo náměstí) vykazuje dobu zdržení malinko nad 20s (tedy ÚKD na stupni C), rameno C (Velehradská ulice) má při obou měření ÚKD na stupni D.

Odpolední špička (původní situace) vykazuje stejnou ÚKD na rameni B a A (stupeň D), ale v obou případech je střední doba držení o něco nižší v simulaci, než ve výpočtech. V případě ramene C výsledky simulace ukazují ÚKD na stupni C (průměrná doba zdržení okolo 25s), oproti tomu dle výpočtů vychází ÚKD na stupni D (průměrná doba zdržení okolo 43s). V případě ramene C vidíme největší odchylku simulace a výpočtů dle TP. Jak ale již bylo uvedeno, v simulaci v případě odpoledního měření původní situace došlo k chybnému načítání dat, a tedy výsledek může být zkrácený.

Další vyhodnocovaná část je již nová situace a konkrétně ranní špička. Ve výpočtech dle TP vychází v případě vjezdu signální skupiny VA (směr rameno A – rameno B) ÚKD na stupni C. V simulaci tento směr dopadl také nejhůře, ale přesto vychází na stupni B. Tento rozdíl bude pravděpodobně zapříčiněn rozdílným chováním řidičů dle simulace a dle situace, se kterou se počítá ve výpočtech. Ostatní vjezdy vycházejí relativně podobně, větší odchylky zde nejsou (ÚKD v simulaci i u výpočtů na stupni A nebo B).

V případě odpolední špičky nové situace je vidět největší rozdíl v případě směru signální skupiny VD ( Rameno C – Rameno A). Rozdíl střední doby zdržení dje 16 s, kdy simulace ukazuje 33 s a výpočty 49 s. Pořád je to ale rozdíl týkající se pouze jednoho stupně ÚKD. U všech dalších směrů se opět jedná pouze o menší rozdíly a vždy je maximální rozdíl ÚKD maximálně jeden stupeň.

Co se týče délky front, lze výsledek shrnout podobně jako střední dobu zdržení. Většinou lze vidět podobné rozdíly u jednotlivých směrů či ramen.

Všeobecně lze říci, že simulace proběhla úspěšně a v jisté formě dokáže přiblížit aktuální situaci a problematické místo křižovatky. Podle výstupu uvedeného výše lze konstatovat, že je možné i touto simulací dostatečně dokázat účelnost výstavby SSZ. Vzhledem k tomu, že do simulace nebyly vkládány úplně přesné vstupy o situaci, o chování řidičů atp., jelikož je není možné pomocí dostupných materiálů přesně zjistit, lze považovat za přesnější formu výpočtů právě výpočty dle TP, nikoliv simulaci. Nasvědčuje tomu i fakt, že dle [10] jsou simulace vhodným doplňkovým nástrojem, nenahrazují však výpočty.

## 6 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo provedení analýzy současné dopravní situace na náměstí Míru v Kroměříži a návrh nového řešení této křižovatky pomocí světelně signalizačního zařízení. Součástí analýzy současné situace byl dopravní průzkum, který byl uskutečněn v listopadu roku 2018. Během průzkumu byly zjištěny první problémy okružní křižovatky. Jedním z nich bylo zpomalování řidičů před okruhem a následné velmi pomalé rozjíždění při vjezdu do křižovatky. Důvodem je především malý poloměr okružní křižovatky. Další viditelný problém je nepřehlednost a především špatná viditelnost, která nutí řidiče často k nečekanému chování a tedy ovlivnění dopravy celé křižovatky.

Pro aktuální situaci byl proveden kapacitní výpočet (řešen v kapitole 3), při kterém bylo zjištěno, že kapacity vyhovují při ranní špičce na dvou ramenech ze tří. Nevyhovující kapacitu vykazuje rameno A (směr Kojetínská ulice). Při odpolední špičce vychází ÚKD na stupeň D. Všechna ramena tedy kapacitně vychází. Největší rezervu kapacity sledujeme u ramene B při ranní špičce. Při následném hodnocení kritérií pro výstavbu SSZ bylo také dokázáno, že návrh výstavby SSZ v křižovatce splňuje kritérium intenzity z hlediska vozidel. Další kritérium, které bylo na křižovatce splněno, je kritérium místa zvláštního zřetele. Jako místo zřetele zde jde rozhodně brát polikliniku na náměstí Míru. Tyto důvody můžeme brát jako dostatečné argumenty pro vhodnost výstavby světelně řízené křižovatky.

Na základě analýzy současné dopravní situace na okružní křižovatce, kapacitních výpočtů a posouzení kritérií pro návrh SSZ, bylo navrženo nové řešení řízení křižovatky a to přestavba okružní křižovatky na křižovatku řízenou pomocí SSZ (řešeno v kapitole 4). V první fázi byl v programu AutoCAD 24.0 proveden návrh situačního řešení světelně řízené křižovatky a byly popsány nutné stavební úpravy (které jsou vyznačeny v situaci). Následně byly vytvořeny signální skupiny a tabulka mezičasů. Signální skupiny jsou konkrétně vypsány v kapitole 4.1.3, tabulka mezičasů v kapitole 4.2. Byly navrženy tři fáze. Při fázi 1 mají signál volno signální skupiny VA a VB. Při fázi 2 mají signál volno signální skupiny VB, VC a SD. Při fázi 3 mají signál volno signální skupiny VD a SA. Délky cyklů pro jednotlivé cykly pak vyšly 70s pro ranní špičku a 90s pro odpolední špičku. Dále byl vytvořen kapacitní výpočet pomocí metody saturovaného toku.

Poslední část bakalářské práce tvoří kapitola popisující model simulace křižovatky. Jak je patrné již z kapacitních výpočtů řízené i neřízené křižovatky, ÚKD by se měla po zavedení SSZ zlepšit. V simulačním programu PTV VISSIM bylo ověřeno, že výměna okružní křižovatky za světelně řízenou je vhodná náhrada.

Vyhodnocení simulace ukázalo několik rozdílností Úrovně kvality dopravy s výpočty dle TP, ale vždy šlo nanejvýše o jeden stupeň ÚKD. Nejčastěji v simulaci stupeň ÚKD vycházel lépe. Horší výsledek vyšel pouze v jednom případě. Délky front jsou v simulaci většinou kratší. Žádné větší nesrovnalosti simulace s výpočty TP nenastaly. V případě obou řešení lze vidět o něco lepší výsledek v zavedené křižovatce se SSZ než u okružní křižovatky.

Z výše uvedených informací lze konstatovat, že přestavba okružní křižovatky na křižovatku se SSZ může být vhodná náhrada, která by prospěla náměstí Míru a tak i průjezdnosti Kroměříže. Tato varianta by měla být dle výpočtů vhodnou náhradou. Samozřejmě nesmí být opomenut finanční aspekt. Přestavba okružní křižovatky na křižovatku řízenou pomocí SSZ by byla velice nákladná záležitost.

Další neopomenutelnou záležitostí je také fakt, že v momentální situaci, kdy počet vozidel na silnicích roste každým rokem, bude kapacita okružní křižovatky čím dál více nedostačující a tedy problém řešený v této bakalářské práci, bude čím dál aktuálnější. Tomu nahrává i fakt, že po dostavení všech částí D1, vzroste provoz o další neopomenutelné jednotky.

Do budoucna by bylo také vhodné, aby veškeré přechody pro chodce a SSZ byly synchronizované, čímž by se omezila tvorba kongescí v celém městě. Alternativně by bylo i vhodné se do budoucna zamyslet nad dynamickým řízením SSZ v celém městě.

Vzhledem ke spekulacím ve společnosti na téma okružní křižovatky a křižovatky se SSZ jistě není možné vymyslet ideální řešení, které by uspokojilo potřeby každého jednotlivce. Je ale možné říci, že pro lidi, kteří musejí křižovatku každý den projíždět, by změna byla vhodnou alternativou.

Jako doporučení této bakalářské práce městu Kroměříž je možné brát přestavbu okružní křižovatky na náměstí Míru v Kroměříži na křižovatku se SSZ.

## Seznam použité literatury

- [1] **PROKEŠ, Stanislav.** *Projektování místních komunikací: komentář k ČSN 73 6110 : komentované příklady řešení.* Praha: Český normalizační institut, 2007. Stavebnictví (komunikace, silnice). ISBN 978-80-7283-216-3.
- [2] **SEIDL, Antonín.** *TP 133 Revize TP 133 Zásady pro vodorovné dopravní značení na pozemních komunikacích,* [online], Ministerstvo dopravy, odbor pozemních komunikací, 2013.
- [3] **SEIDL, Antonín.** *TP 65 Zásady pro dopravní značení na pozemních komunikacích.* [online] 1. vyd. Praha: Ministerstvo dopravy, 2013.
- [4] **BARTOŠ, Luděk.** *TP 66 Zásady pro označování pracovních míst na pozemních komunikacích.* 3. vyd. Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2015.
- [5] **BARTOŠ, Luděk.** *TP 189 Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích.* 3. vyd. Plzeň: EDIP, 2018.
- [6] **SEIDL, Antonín.** *TP 65 Zásady pro dopravní značení na pozemních komunikacích.* 2. vyd. Brno: Centrum dopravního výzkumu, c2013. Dopravní značení. Online na adrese: [http://www.pjpk.cz/data/USR\\_001\\_2\\_8\\_TP/TP\\_65.pdf](http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_65.pdf)
- [7] **MARTOLOS, Jan.** *TP 81 Navrhování světelných signalizačních zařízení pro řízení provozu na pozemních komunikacích.* 3. vyd. Praha: Ministerstvo dopravy, 2015.
- [8] **BARTOŠ, Luděk.** *TP 234 Posuzování kapacity okružních křižovatek.* 2. vyd. Liberec: EDIP, 2011. ISBN 978-80-87394-02-1.
- [9] **BARTOŠ, Luděk.** *TP 188 Posuzování kapacity neřízených úroňových křižovatek.* Plzeň: EDIP, 2018.
- [10] **MARTOLOS, Jan.** *TP 235 Posuzování kapacity světelně řízených křižovatek.* Liberec: EDIP, 2011. ISBN 978-80-87394-03-8.



- [11] **Ministerstvo dopravy.** *Ročenka dopravy.* [Online]  
[https://www.sydos.cz/cs/rocenka\\_pdf/Rocenka\\_dopravy\\_2017.pdf](https://www.sydos.cz/cs/rocenka_pdf/Rocenka_dopravy_2017.pdf). 2017
- [12] **ČÍHAČKOVÁ, Pavlína.** [Online] <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/okruzni-krizovatky-vs-svetelne-rizene-krizovatky/>
- [13] **Policie české republiky.** Centrum dopravního průzkumu. [Online]  
<http://maps.jdvm.cz/cdv2/apps/nehodyvmape/Search.aspx>
- [14] **VRÁTNÝ, Ondřej.** 2011. [Online]  
[https://www.fd.cvut.cz/departament/k611/pedagog/K611THO\\_soubory/studenti\\_THO/Vratny.pdf](https://www.fd.cvut.cz/departament/k611/pedagog/K611THO_soubory/studenti_THO/Vratny.pdf)
- [15] **USER MANUAL VISSIM. VISSIM 5.30-05 © PTV AG.** 2011. [Online]  
[https://www.et.byu.edu/~msaito/CE662MS/Labs/VISSIM\\_530\\_e.pdf](https://www.et.byu.edu/~msaito/CE662MS/Labs/VISSIM_530_e.pdf)
- [16] **ŘEZÁČ, Miroslav.** *Přednáška Křižovatky,* [Online]  
<http://fast10.vsb.cz/rezac/download/bezp/krizovatky.pdf>
- [17] **VELEBA, Adam.** *Vliv uspořádání prvků komunikace na bezpečnost provozu.* [Online]  
<http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/CM01-Projektov%C3%A1n%C3%AD%20pozemn%C3%ADch%20komunikac%C3%AD/M07-K%C5%99i%C5%BEovatky%20%C3%BArov%C5%88ov%C3%A9.pdf>
- [18] **Seznam.cz, a. s.** *mapy.cz.* 8 2019 [Online] [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)
- [19] **Google.** *google.maps.* 8 2019 [Online] [www.google.maps.com](http://www.google.maps.com)

## Seznam použitých zkratk

ČSN	Česká technická norma
ČVUT	České vysoké učení technické
IZS	Integrovaný záchranný systém
MHD	Městská hromadná doprava
RISI	Řízení silniční dopravy
SDZ	Svislé dopravní značení
SSZ	Světelné signalizační zařízení
ÚKD	Úroveň kvality dopravy
VDZ	Vodorovné dopravní značení
VZS	Vozidla záchranné služby
Rameno A	Kojetínská ulice
Rameno B	Milíčovo náměstí
Rameno C	Velehradská ulice
LzH	Levé odbočení z hlavní komunikace
PzV	Pravé odbočení z hlavní komunikace
LzV	Levé odbočení z vedlejší komunikace

## Seznam obrázků, tabulek a grafů

Obrázek 1: Mapa Kroměříže, Kojetínská ulice, dálnice D1. [18, vlastní úprava].....	- 9 -
Obrázek 2: SSZ Milíčovo náměstí. [18, vlastní úprava] .....	- 9 -
Obrázek 3: Poloha a popis okružní křižovatky. [18, vlastní úprava].....	- 10 -
Obrázek 4: Náměstí Míru. [18, vlastní úprava] .....	- 11 -
Obrázek 5: Rameno A, Kojetínská ulice. [18] .....	- 12 -
Obrázek 6: Generála Svobody, Kojetínská. [18, vlastní úprava] .....	- 12 -
Obrázek 7: rameno B, Milíčovo náměstí. [18].....	- 13 -
Obrázek 8: rameno C, Velehradská ulice. ....	- 13 -
Obrázek 9: Místo provedení průzkumu. [18, vlastní úprava].....	- 16 -
TABULKA 1: KOEFICIENTY PRO VÝPOČET zohledněné SKLADBY VOZIDEL .....	- 17 -
Tabulka 2: Návrhové intenzity v období ranní špičky .....	- 17 -
Tabulka 3:Návrhové intenzity v období odpolední špičky .....	- 18 -
Tabulka 4: Vstupní parametry.....	- 20 -
Tabulka 5: Geometrické podmínky .....	- 20 -
Tabulka 6: Úroveň kvality dopravy Na okružních křižovatkách [8] .....	- 21 -
Tabulka 7: Kapacita vjezdu, ranní špička [8] .....	- 21 -
Tabulka 8: Kapacita výjezdu, ranní špička [8].....	- 22 -
Obrázek 10: Nehodovost [13] .....	- 23 -
Tabulka 9: Kritérium intenzit ranní špička.....	- 24 -
Tabulka 10: Kritérium intenzit ranní špička výsledek.....	- 24 -
GRAF 1: KRITÉRIUM INTENZIT RANNÍ ŠPIČKA [7].....	- 25 -
Tabulka 11: Kritérium intenzit odpolední špička.....	- 25 -
Tabulka 12:Kritérium intenzit odpolední špička výsledek.....	- 25 -
GRAF 2: KRITÉRIA INTENZIT ODPOLEDNÍ ŠPIČKA [7] .....	- 26 -
Tabulka 13: Tabulka mezičasů.....	- 33 -
Obrázek 11: Návrh fází a sledu fází (vytvořeno v AutoCAD) .....	- 34 -
Tabulka 14: ÚKD pro křižovatky .....	- 40 -
Tabulka 15: Posouzení kapacity ranní špička (ukázka).....	- 42 -
Obrázek 12: Simulace VISSIM původní situace .....	- 44 -
Obrázek 13: Simulace VISSIM nová situace .....	- 45 -
Obrázek 14: Signální plán VISSIM ranní špička .....	- 45 -
Obrázek 15: Simulace VISSIM původní situace odpolední špička - dopravní kongesce.....	- 46 -
Obrázek 16: Simulace VISSIM nová situace řízené křižovatky odpolední špička, fáze 3.....	- 47 -
Obrázek 17: Simulace VISSIM nová situace řízené křižovatky ranní špička, fáze 3.....	- 47 -
Tabulka 16: Doba zdržení, ranní špička, původní situace .....	- 49 -
Tabulka 17: Délka fronty, ranní špička, původní situace.....	- 50 -
Tabulka 18: Doba zdržení, odpolední špička, původní situace .....	- 51 -
Tabulka 19: Délka fronty, odpolední špička, původní situace.....	- 52 -
Tabulka 20: Doba zdržení, ranní špičky, nová situace .....	- 53 -
Tabulka 21: Délka fronty, ranní špička, nová situace.....	- 54 -
Tabulka 22: Doba zdržení, odpolední špička, nová situace.....	- 55 -
Tabulka 23: Délka fronty, odpolední špička, nová situace.....	- 56 -

## **Seznam Příloh**

Příloha 1: Situační výkres okružní křižovatky

Příloha 2: Situační výkres nového návrhu křižovatky

Příloha 3: Pentlogram ranní intenzity z provedených průzkumů

Příloha 4: Pentlogram odpolední intenzity z provedených průzkumů

Příloha 5: Kapacitní výpočet pro neřízenou variantu – protokoly

Příloha 6: Výpočet tabulky mezičasů

Příloha 7: Návrh fází a sledů fází

Příloha 8: Návrh signálních plánů pro jednotlivé období

Příloha 9: Výpočet saturovaného toku

Příloha 10: Kapacitní výpočty řízené varianty - protokoly

Příloha 11: Simulace VISSIM

*Příloha 1 a 2 jsou výkresy přiložené k práci*

*Příloha 11 je CD přiložené k práci*