

ČVUT v Praze Fakulta dopravní

Ústav dopravní telematiky



Jiří Růžička

Návrh dynamického řízení křižovatky

Na Větrníku/Na Petřinách

Diplomová práce

Praha 2015

Bibliografický záznam

Růžička Jiří: Návrh dynamického řízení křižovatky Na Větrníku – Na Petřinách: diplomová práce. České vysoké učení v Praze, Fakulta dopravní, Ústav dopravní telematiky, 2014. Vedoucí bakalářské práce: Doc. Ing. Tomáš Tichý, Ph. D.

Abstrakt

Diplomová práce Návrh dynamického řízení křižovatky Na Větrníku – Na Petřinách navazuje na bakalářskou práci, kde bylo navrženo řízení stejné křižovatky pomocí pevného signálního plánu. Práce sleduje současné trendy v oblasti dynamického řízení uzlu. Analyzuje průběžné změny dopravního stavu na křižovatce. Zabývá se možnostmi zefektivnění řízení na základě získaných dopravně-inženýrských dat. K návrhu dynamického řízení je využíván software Lisa+. Navržené řešení preferuje městskou hromadnou dopravu a je ověřeno v simulačním prostředí VISSIM.

Abstract

Thesis The design of dynamic control at the intersection Na Větrníku - Na Petřinách follows the bachelor thesis, in which was designed fixed-time signal control. Thesis follows current trends in the field of dynamic control of traffic node. It analyzes the ongoing changes in the traffic situation at the intersection. It deals with the possibilities of effective management on the basis of the traffic-engineering data. It uses a software tool Lisa+. The proposed solution prefers public transport and is verified in simulation environment VISSIM.

Klíčová slova

silniční doprava, řízení dopravního uzlu, světelné signalizační zařízení, dynamické řízení dopravní model, dopravní simulace, Lisa+, PTV VISSIM

Keywords

road transport, control of intersection, traffic lights, dynamic traffic control, traffic model, traffic simulation, Lisa+, PTV VISSIM

Prohlašuji, že jsem předloženou diplomovou prací vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný 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

.....

Jiří Růžička

Děkuji Doc. Ing. Tomáši Tichému, Ph. D. za cenné rady, připomínky a za čas, který mi věnoval při vedení diplomové práce.

Velké díky patří rovněž mé rodině za podporu, trpělivost a povzbuzování po celou dobu mého studia.

Obsah

Obsah.....	4
1 Úvod.....	7
1.1 Současná situace	8
1.2 Výsledky kapacitního posouzení	10
1.3 Řešení pomocí pevného signálního plánu	11
1.4 Analýza současné dopravní situace (2015)	12
1.4.1 Stavební úpravy v roce 2014.....	12
1.4.2 Projekt rekonstrukce tramvajové trati	13
1.4.3 Nehodovost v období 2013-2015	13
1.5 Cíle diplomové práce.....	16
2 Současné trendy v oblasti řízení dopravního uzlu	17
2.1 Srovnání způsobů řízení dopravního uzlu	18
2.1.1 Systémy řízené pomocí SSZ	18
2.1.2 Trendy v evropských městech.....	18
2.1.3 Závěr z evropského porovnání	20
2.2 Specifikace k dynamickému řízení dopravy.....	21
2.2.1 Přizpůsobování doby signálu volno	21
2.2.2 Změna pořadí fází	23
2.2.3 Vkládání fáze na výzvu	24
2.2.4 Okamžité doplnění nekolizního volna do fáze.....	24
2.2.5 Volná tvorba signálního plánu	24
2.2.6 Možnosti budoucího rozvoje dynamického řízení	25
2.3 Preference MHD.....	29
2.3.1 Typy preference MHD	29
2.3.2 Trendy v evropských městech.....	31
2.3.3 Závěr z porovnání	33

2.4	Myšlenka použití dynamického řízení na posuzovaný uzel	34
3	Posouzení vlivu vedení metra trasy A na posuzovaný uzel	35
3.1	Posouzení vlivu otevření metra A.....	36
3.1.1	Průzkumy dopravních intenzit.....	36
3.1.2	Změny ve vedení povrchových linek MHD v Praze 6	37
3.2	Analýza a srovnání všech provedených průzkumů dopravních intenzit....	39
3.3	Prognóza výhledových intenzit dle TP 225	44
4	Návrh stavebního uspořádání s ohledem na výhledové intenzity	46
4.1	Změny stavebního uspořádání - přehled	47
4.2	Použité detektory a jejich umístění	52
4.3	Parkování v blízkosti křižovatky	53
4.4	Popis použité světelné signalizace, označení signálních skupin, označení detektorů	55
5	Návrh řízení pomocí dynamického signálního plánu s preferencí MHD	56
5.1	Tabulka mezičasů	57
5.2	Návrh fází a sledů fází	58
5.2.1	Navržená skladba a sled fází v případě řešení pomocí pevných signálních plánů.....	58
5.2.2	Možné sledy fází v dynamickém řešení uzlu, podmínky přizpůsobování dob signálu "Volno" a změny pořadí fází	60
5.2.3	Možnosti změny skladby fází, popř. doplnění okamžitého doplnění nekolizního volna do fáze	61
5.3	Návrh logiky řízení	62
5.4	Návrh signálního plánu	65
6	Využití softwarového nástroje Lisa + pro návrh křižovatky.....	67
6.1	Kapacitní výpočty neřízené varianty	68
6.2	Signální plány a kapacitní výpočty řízené varianty, logika řízení	70
7	Ověření návrhu dynamického řízení v simulačním prostředí VISSIM.....	71

7.1	Tvorba modelu, důležité vstupy a parametry, logika v prostředí VisVAP	72
7.2	Validace a kalibrace modelu.....	76
7.3	Výstupy simulace	77
7.4	Alternativní analýza.....	79
7.5	Závěry vyvozené ze simulace.....	82
8	Závěr	83
	Použité zdroje	85
	Seznam příloh.....	86
	Seznam použitých zkratk.....	87

1 Úvod

Jelikož tato diplomová práce navazuje na práci bakalářskou [1] a její výstupy, jsou v úvodu z důvodu větší přehlednosti zrekapitulovány a shrnuty nejdůležitější zjištěné poznatky. Zejména jsou zdůrazněny důvody, proč se na dané křižovatce světelným signalizačním zařízením (dále SSZ) vyplatí zabývat. Tyto důvody jsou podloženy již provedeným kapacitním posouzením neřízené varianty křižovatky. Krátce je rozebráno navržené řešení pomocí pevných signálních plánů.

Cíle diplomové práce jsou stanoveny především na základě dvou faktorů, a to na základě nedostatků, resp. nevýhod původního řešení z práce bakalářské a na základě současné analýzy dopravní situace. Nesmí se totiž zapomínat, že doprava ve městě se poměrně výrazně dokáže měnit v čase a původní řešení křižovatky je z roku 2013.

Křižovatka Na Větrníku - Na Petřinách se nachází na místě o souřadnicích $50^{\circ}5'24''$ severní šířky a $14^{\circ}21'5''$ v Praze 6, konkrétně v Petřinách. Je důležité zdůraznit, že právě doprava v Praze 6 se právě v tomto roce (2015) bude poměrně dynamicky měnit v čase. Individuální automobilovou dopravu v oblasti může ovlivnit plánované otevření tunelu Blanka, které je v plánu na přelomu března/dubna. Dále se v souvislosti s plánovaným otevřením úseku metra "A" Dejvická-Motol, které je v plánu na 6. dubna 2015, se očekávají výrazné změny ve vedení linek povrchové městské hromadné dopravy (dále MHD). Rovněž je již připraven projekt celkové rekonstrukce tramvajové trati v úseku Sídliště Petřiny - Vozovna Střešovice. Tento projekt mimo jiné počítá s přesunutím tramvajové zastávky Větrník (součást posuzované křižovatky) ve směru od centra na úroveň zastávky Větrník ve směru do centra, tedy tak, jak bylo navrženo v bakalářské práci.

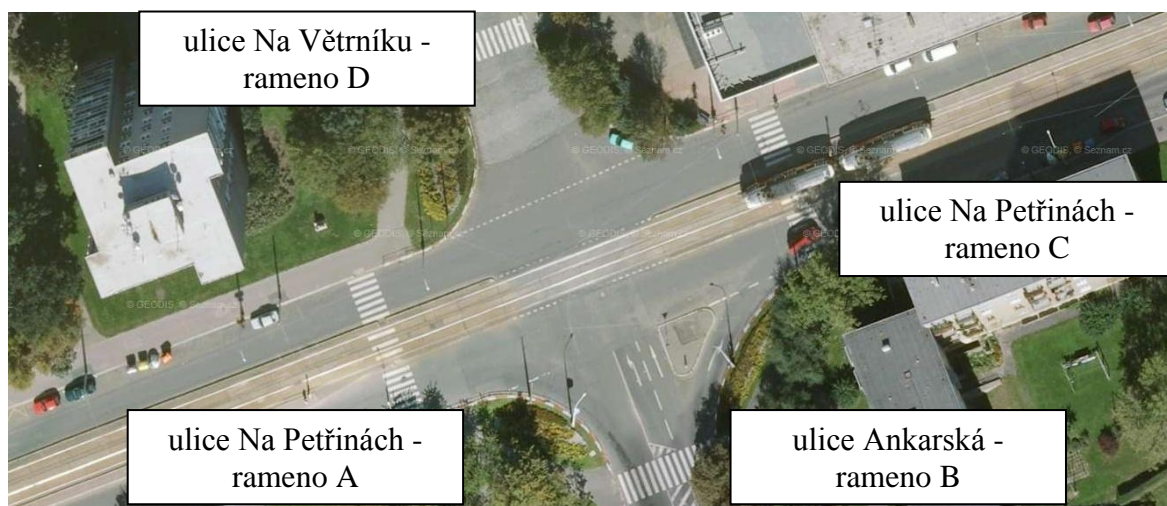
Všechny zmíněné plány jsou důkazem toho, že doprava v Praze 6 je v současnosti velmi aktuálním a dynamicky se vyvíjejícím tématem. Lze proto považovat za přínosné, zabývat se v rámci své kvalifikační práce jedním z důležitých dopravních uzlů právě v této oblasti, neboť je podstatné modernizovat dopravní systémy do podoby, která by uspokojovala přepravní a dopravní potřeby současné situace.

Diplomová práce se snaží co nejvíce monitorovat zmíněné změny, protože není možné udržovat v celé práci časovou chronologii, v důležitých případech je vždy uvedeno datum, ve kterém byla daná část práce napsána.

1.1 Současná situace

Křižovatka Na Větrníku/Na Petřinách je v současné době neřízeným čtyřramenným úrovnňovým uzlem. Hlavní komunikaci tvoří ulice Na Petřinách, které spojuje městskou část s centrem města Prahy. Vedlejšími komunikacemi pak jsou ulice Ankarská spojující městskou část s Vypichem a ulice Na Větrníku, kterou se lze dostat především do obytných částí Prahy 6, Veveslavínu. Na Obrázku číslo 1 lze vidět letecký snímek posuzovaného uzlu a písmenné označení ramen, se kterým bude v dalších částech práce pracováno. Písmenné označení je navrženo proti směru hodinových ručiček v souladu s logikou sjednoceného číslování dopravních proudů podle TP 188 [2, str. 9]

Je vhodné upozornit, že letecký snímek již není zcela aktuální, v roce 2014 byly v souvislosti s opravami inženýrských sítí a iniciativou obyvatel Prahy 6 provedeny drobné stavební úpravy křižovatky, ke kterým se vyjádřím v samostatné podkapitole 1.4. Pro rekapitulaci problémové situace je Obrázek číslo 1 dostačující.



Obrázek 1 Letecký snímek posuzovaného uzlu a zavedené značení ramen [24]

Mezi nevýhody současného řešení křižovatky patří zejména:

- Systém řízení v kombinaci s absencí vodorovného řešení na ramenech A, C, D způsobuje mnoho kuriózních a nepřehledných situací v křižovatce
- Je vyžadována vyšší pozornost, maximální soustředěnost a opatrnost ze strany řidiče z důvodu špatných rozhledových poměrů, vysoké intenzity dopravy a nevhodného řešení přechodů pro chodce.
- Manévr odbočení vlevo lze považovat za nebezpečný, všechna odbočení vlevo jsou kolizní s tramvajovou dopravou

- Vozidla z hlavních směrů (ramena A a C) jsou omezována vozidly z vedlejších směrů, což vede k nutným snížením rychlosti a tvorbě kongescí v hlavních směrech.
- Řadící pruhy pro vozidla přijíždějící do křižovatky z ramena B jsou nedostatečně dlouhé. Tento fakt způsobuje, že řidiči přijíždějící z ramena B často i nuceně porušují dopravní předpisy. (Zastavení na přechodu pro chodce, zastavení v místě dopravního stínu apod.)
- Při vyšších intenzitách dopravy, tj. v dopravní špičce dochází ke kolapsu dopravy, tvoří se dlouhé fronty přijíždějících vozidel na ramenech A, B, C.
- Na ramenech A, B ke frontám dochází především v ranní špičce, a to z důvodu přetíženosti relací A-C a B-C, kdy vozidla směřují z okrajových částí Prahy směrem do Dejvic, Holešovic a centra Prahy.
- Na rameni C ke frontám dochází naopak především v odpolední špičce, a to z důvodu přetíženosti relací C-A a C-B a nedostatečné délce pruhu pro odbočení vlevo. (Jedná se sice o dvoupruhou komunikaci, ale jeden pruh je využíván jako parkovací, proto vozidla čekající na odbočení vlevo zároveň zdržují i vozidla, která pokračují rovně v hlavním směru)
- Relace B-A, tj. levé odbočení vlevo z vedlejší komunikace je využívána autobusy MHD, linkami číslo 179, 191 (leden 2015), na křižovatce občas dochází k výraznému zdržení těchto linek.

Na základě vyjmenovaných nedostatků současného systému řízení byl v březnu roku 2013 proveden průzkum dopravních intenzit, a to v ranní špičce, odpolední špičce a víkendovém sedle. Dopravní intenzity posloužily jako vstupní data pro kapacitní výpočet neřízené varianty křižovatky.

Dále byla posouzena vhodnost zavedení SSZ na posuzované křižovatce, a to pomocí kritérií bezpečnosti, intenzity z hlediska vozidel, intenzity z hlediska chodců a preference MHD. Většinu z těchto kritérií křižovatka splňovala, spekulativní bylo akorát kritérium preference MHD, neboť SSZ by omezilo tramvaje jedoucí v hlavních směrech v relacích A-C a C-A, ale naopak by pomohlo autobusům využívající relace A-B a B-A. Koneckonců právě tento problém, byl jednou z hlavních nevýhod řešení pomocí pevných signálních plánů, které je v diplomové práci nahrazeno dynamickým řízením.

1.2 Výsledky kapacitního posouzení

Dle Technických podmínek 188: Posuzování kapacity neřízených úrovnových křižovatek [2] (dále TP 188) byl udělán výpočet zohledněné skladby vozidel. Výpočet zohledněné skladby tramvají byl proveden na základě vlastní metodiky [1, strana 21] Dle TP 188 se následně uskutečnil kompletní kapacitní výpočet dané křižovatky a byla posouzena úroveň kvality dopravy. Obsahově závazný výstup posouzení kapacity neřízené křižovatky pro ranní špičku ve formě jednotného protokolu je k nalezení v [1]

Z protokolu lze vyvodit následující závěry:

- U levých odbočení z hlavní komunikace a pravých odbočení z vedlejší komunikace, tj. u pruhů podřazených proudů druhého stupně vykazuje levé odbočení z hlavní komunikace v relaci C-B úroveň kvality dopravy na stupni B. Přesto je nutné konstatovat, že v realitě se při tomto stavu tvoří fronty. Jinými slovy pro tento stav platí citlivá závislost, kdy se i malé změny zatížení projeví na ztrátách. V souvislosti s přílehlou zastávkou Větrník, je nutné rovněž zmínit vysoké intenzity chodců, které dopravu v relaci C-B ovlivňují a které nejsou v metodice TP 188 zohledněny.
- V případě pruhů podřazených proudů 3. stupně, vykazují oba přímé průjezdy z vedlejší komunikace nestabilní stav (úroveň kvality dopravy na stupni E). Z protokolu lze vyčíst skutečnost odrážející výsledek - fronty v těchto proudech jsou minimální, což je způsobeno tím, že tyto směry využívá minimální počet vozidel, naopak střední doba zdržení je v relacích B-D a D-B poměrně velká
- Příklad levého odbočení z vedlejší komunikace, tj. pruhy podřazených proudů 4. stupně vykazuje v konkrétní relaci B-A, kterou využívají i linky MHD čísel 179 a 191, zápornou rezervu kapacity, což znamená, že kapacita je překročena a fronta narůstá bez ohledu na dobu čekání, což vede k přetížení křižovatky v delším časovém intervalu.

Na základě výše uvedených závěrů je tedy nutné konstatovat, že kvůli překročené kapacitě v relaci B-A, křižovatka kapacitně nevyhoví. Požadavky na úroveň kvality dopravy z vedlejších směrů nejsou dle TP 188 splněny. Je tedy nezbytné hledat jiný a lepší systém řízení, který by přispěl ke zvýšení kapacity křižovatky.

1.3 Řešení pomocí pevného signálního plánu

Posledním důležitým bodem předchozí práce, který lze považovat za přínosné krátce zrekapitulovat, je samotné navržené řešení pomocí pevných signálních plánů. S tímto řešením úzce souvisí návrh stavebních úprav před zavedením SSZ. Protože je však v plánu v rámci této práce některé stavební úpravy změnit, budou pak rozebrány podrobněji v kapitole 4.

Z hlediska rozdělení fází, tj. rozhodnutí o rozčlenění dopravních pohybů na křižovatce bylo navrženo třífázové řešení, a to z důvodu, že dvoufázové řešení není v případě této křižovatky řešením nejvhodnější, hlavně z hlediska bezpečnosti a vysokým intenzitám vozidel v relaci C-A (levé odbočení z hlavní komunikace). Čtyřfázové řešení by naopak zbytečně snižovalo kapacitu posuzovaného uzlu. Ze tří hlavních fází navržených v práci bakalářské je primárně vycházeno i v této práci, nicméně sled fází je upraven v souladu s logikou dynamického řízení.

Rovněž bylo provedenou kapacitní posouzení křižovatky řízené pomocí SSZ dle Technických podmínek 235. [3] Výsledky výpočtu ve formě jednotného protokolu pro ranní špičku jsou k nalezení v [1]. Rezervy kapacity na všech vjezdech jsou dostatečné a křižovatka kapacitně vyhoví. Výsledky dle normy byly ověřeny v simulačním prostředí pomocí softwarového nástroje VISSIM. Ze simulačního prostředí byly vygenerovány příslušné výstupy určující úroveň kvality dopravy a následně byly srovnány s výpočtem dle TP 235. Bylo zjištěno, že dle simulace vychází úroveň kvality dopravy o něco horší než podle výpočtu, což může být způsobeno např. zohledněním chodců v simulaci nebo mírnou změnou signálních plánů, která byla učiněna z důvodu kalibrace modelu.

Přes výše uvedené odlišnosti simulace a kapacitního výpočtu lze ale konstatovat, že při správném nastavení parametrů SSZ zlepšuje úroveň kvality dopravy v posuzované křižovatce. Tudiž, že by se o něm mělo reálně uvažovat. V rámci bakalářské práce byl navržen pouze tento pevný signální plán, pro vybrané denní doby. Vzhledem k tomu, že se křižovatka nenachází v bezprostřední blízkosti jiné křižovatky řízené pomocí SSZ, je využívána prostředky MHD a intenzity dopravy v uzlu se v průběhu dynamicky mění, nelze považovat řešení pomocí pevných signálních plánů za nejvhodnější.

1.4 Analýza současné dopravní situace (2015)

1.4.1 Stavební úpravy v roce 2014

V roce 2014 došlo ke stavebním úpravám posuzovaného uzlu, a to konkrétně v případě ramena B. Občané Prahy 6 byly nespokojeni s bezpečností řešení přechodu pro chodce na rameni B. Na základě jejich podnětů, které lze dohledat v internetových diskuzích, např. v [19], byly do vozovky nainstalovány zábrany, aby byl pro vozidla přijíždějící z ramene B znemožněn vjezd do místa dopravního stínu. Přechod na rameni se tak rozdělil bezpečným vyčkávacím ostrůvkem.

Nové řešení lze do jisté míry považovat za provizorní, neboť přispívá k větší bezpečnosti chodců přecházejících rameno B a do jisté míry omezuje porušování dopravních předpisů, kdy je vozidlům zabráněn vjezd do dopravního stínu, rozhodně ale neřeší kapacitní problém křižovatky. Naopak je smysluplné se domnívat, že kapacitě levého odbočení z vedlejší komunikace stávající úprava ještě více ublížila. Porušováním dopravních předpisů se vozidla paradoxně dříve rozřazovala do řadících pruhů. V současném řešení lze očekávat v dopravní špičce větší zdržení vozidel přijíždějících z ramena B. Na Obrázku 2 lze vidět popisované rameno v březnu roku 2013, na Obrázku 3 pak po stavebních úpravách v únoru 2015.



Obrázek 2 Situace v březnu 2013



Obrázek 3 Situace v únoru 2015

Kromě výše uvedené stavební úpravy, proběhla ještě koncem roku 2014 částečně zrekonstruována komunikace v ulici Na Petřinách, rameno C ve směru z centra do Petřín, z důvodu práce na inženýrských sítích. Tato změna ale nenesou žádný význam z pohledu stavebního uspořádání křižovatky. To znamená, že kromě nanesení nového asfaltu je stav totožný se stavem popisovaným v roce 2013.

1.4.2 Projekt rekonstrukce tramvajové trati

Dne 18. 12. 2014 podal Dopravní podnik hlavního města Prahy u odboru dopravních agend Magistrátu hlavního města Prahy žádost o stavební povolení na stavbu: "RTT Střešovická - Na Petřinách." Uvedeným dnem bylo zahájeno stavební řízení.

Předmětem stavebního řízení je rekonstrukce tramvajové trati (RTT) v ulicích Střešovická a Na Petřinách v úseku od křižovatky Střešovická – Patočkova (mimo) k tramvajové smyčce Petřiny (včetně), z čehož plyne, že se rekonstrukce přímo týká i posuzovaného uzlu.

Důvody pro realizaci stavby jsou:

- nutnost vlastní rekonstrukce tramvajové tratě
- zlepšení geometrických parametrů koleje, umožňující zlepšení komfortu jízdy
- zlepšení bezpečnosti pro cestující na tramvajových zastávkách, zastávky budou doplněny bezbariérovými přístupy, prvky pro slabozraké a nevidomé a bude zvýšena nástupní hrana na 24 cm

Z pohledu posuzované křižovatky je pak v rámci stavebního řízení zásadní konkrétní Stavební objekt číslo 13, který je nazván Tramvajové zastávky a je v něm (mimo jiné) uvedeno, že nástupiště z centra u zastávky Větrník bude přemístěno za křižovatku, vstřícně k nástupišti do centra. [12]

Diplomová práce tedy primárně pracuje s přesunutím tramvajové zastávky, které bylo navrženo v práci bakalářské a současně je podpořeno výše uvedeným záměrem jeho realizace v rámci rekonstrukce tramvajové trati.

1.4.3 Nehodovost v období 2013-2015

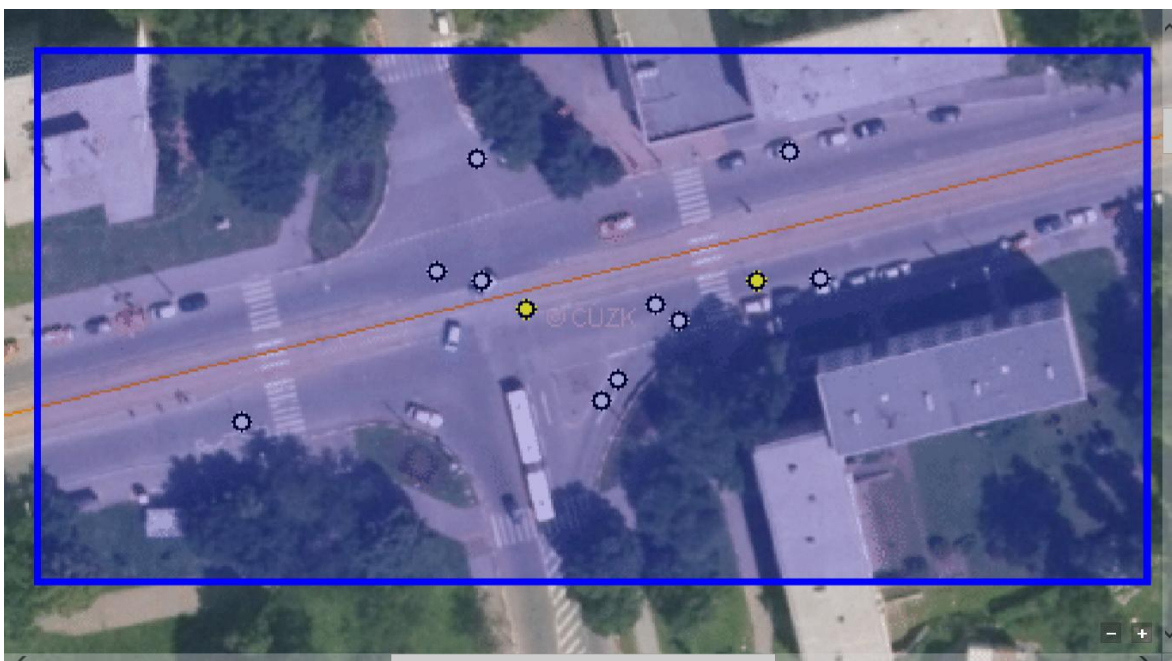
Dle informací z portálu Jednotná dopravní vektorová mapa, který je veden pod záštitou Ministerstva dopravy a Policie ČR, došlo v období mezi roky 2013-2015 (což demonstuje období mezi bakalářskou a diplomovou prací) celkem k 12 evidovaným nehodám.

Pozitivní je, že při těchto dvanácti nehodách nebyl naštěstí nikdo usmrcen ani těžce zraněn, méně pozitivní je jejich počet. Nejčastějšími příčinami nehod byly především nedodržování bezpečné vzdálenosti za vozidlem a nerespektování dopravní značky Dej

přednost v jízdě. Drtivá většina nehod se stala za bílého dne při normálních podmínkách viditelnosti a řidiči nebyli ovlivněni návykovými látkami. I to poukazuje na nepřehlednost současného řešení křižovatky. Polovina nehod se stala v blízkosti přechodu pro chodce nebo přímo na něm, a proto je celkem trefné konstatovat, že je celkem štěstím, že následky nehod nebyly horšího charakteru.

Z Obrázku číslo 4. , který je vygenerován pomocí aplikace přímo ze zmíněného internetového portálu, lze vyčíst místa kolizí a jejich charakter. Bílé puntíky znázorňují evidované nehody, při nichž došlo ke hmotné škodě na majetku, žluté pak nehody, při nichž došlo k lehkému zranění jejich účastníků.

Nadále pokračuje trend zjištěný již v předchozím období, nejproblémovější je napojování dvou vytížených relací A-C a B-C, kde vozidla z relace B-C mají problém s odhadem rychlosti vozidel přijíždějících z hlavní komunikace. Dále mají vozidla problém také s přechodem pro chodce, který je v těsné blízkosti kolizního bodu připojování těchto dvou relací. Druhým místem vzniku častých nehod je pak samotný nepřehledný střed křižovatky, kde je kolizních proudů opravdu nespočet.



Obrázek 4 Místa kolizí v období 2013-2015 [25]

Skutečnost, že nehody a skoronehody jsou v oblasti posuzovaného uzlu na denním pořádku, demonstrují i fotografie jedné z nich, konkrétně ze dne 16. 4. 2015, již jsem byl osobně svědkem. Při dané nehodě, v oblasti ramena B naštěstí došlo jen k hmotným škodám na postižených vozidlech.

Fotografie (Obrázky 5 a 6) jsou pořízeny z místa stanoviště kamery při dopravních průzkumech posuzovaného uzlu.



Obrázek 5 Nehoda ze dne 16.4. 2015 odpoledne



Obrázek 6 Nehoda ze dne 16.4. 2015 odpoledne- přibliženo

1.5 Cíle diplomové práce

Primárním cílem diplomové práce je návrh optimálního řešení křižovatky pomocí SSZ. Cíle jsou stanoveny na základě nedostatků řešení pomocí pevných signálních plánů a analýzy současné dopravní situace, vycházejí z požadavků a potřeb účastníků silničního provozu. Má-li být řešení optimální, je pochopitelné, že některé z cílů musí mít vyšší prioritu.

Výčet hlavních cílů, které se týkají posuzované křižovatky:

- Celkové zpřehlednění posuzovaného uzlu
- Zajištění větší plynulosti dopravy, reakce uzlu na aktuální stavy dopravy v jednotlivých denních dobách
- Návrh řešení preferující tramvaje a autobusy MHD
- Zajištění vyššího stupně Úrovně kvality dopravy (dále ÚKD) než je v současném řešení pomocí neřízené varianty
- Větší bezpečnost chodců při pohybu v oblasti posuzovaného uzlu
- Snížení výskytu nehod a skoronehod v oblasti posuzované křižovatky

Výčet dalších hlavních cílů, které se týkají postupu práce:

- Srovnání systémů řízení pomocí SSZ a preferenčních opatření ve vybraných evropských městech v rámci rešeršní části práce
- Monitorování situace a pružné reagování na aktuální změny v dopravě v Praze 6
- Využití zázemí Fakulty dopravní, konkrétně detekčních prostředků pro dopravní průzkumy a práce s programy LISA+ a VISSIM

2 Současné trendy v oblasti řízení dopravního uzlu

V druhé kapitole jsou popsány nejnovější trendy v oblasti řízení dopravního uzlu ve městech, a to jak z Prahy, tak ze zahraničí. Pro srovnání bylo vybráno několik významných evropských měst. Konkrétní města byla vybrána na základě dostupnosti zdrojů o systémech řízení.

Tato kapitola nabízí všeobecný teoretický přehled o systémech řízení křižovatek. Jednotlivé systémy řízení jsou stručně srovnány a okomentovány. Větší pozornost je pak věnovaná specifikaci (jsou zmíněny způsoby, jakými lze na aktuální stav dopravy dynamicky reagovat) a dále výhodám a nevýhodám dynamického řízení dopravy. V podkapitole 2.3 je teoreticky rozebrána preference MHD, důvody její aplikace, způsoby její aplikace a nechybí opět ani evropské srovnání. V poslední podkapitole 2.4 je pak popsána prvotní vize použití dynamického řízení na posuzovanou křižovatku.

2.1 Srovnání způsobů řízení dopravního uzlu

2.1.1 Systémy řízené pomocí SSZ

Jedním z hlavních systémů řízení dopravy ve městech je řízení pomocí SSZ. Toto řízení za určitých předpokladů, které je nutné vždy zvážit, může zvýšit kapacitu křižovatek, přispět k větší plynulosti a bezpečnosti dopravy. V zásadě rozlišujeme dva základní systémy řízení pomocí SSZ, a to řízení pomocí pevného signálního plánu pro danou křižovatku či oblast a dynamické řízení křižovatek.

Hlavní výhodou pevných signálních plánů je, že přesně víme rozložení jednotlivých signálů v čase, tudíž se toto řízení hodí, chceme-li například zkoordinovat několik po sobě jdoucích křižovatek v dané oblasti. Nevýhodou je, že řízení nereaguje na aktuální změny v dopravě, tudíž se může stát, že některá z fází proběhne zcela zbytečně a tím se zdrží vozidla v dané křižovatce či oblasti.

Dynamické signální plány umožňují okamžitě reagovat na aktuální stav dopravy. Jednotlivé fáze se dají v tomto řízení prodlužovat (do daného maximálního času fáze), je možné vložit fázi na výzvu, či některou z fází v případě potřeby vynechat. Toho se využívá hodně například při preferenci MHD nebo v okamžicích, kdy se začínají tvořit dopravní kongesce.

2.1.2 Trendy v evropských městech

Praha - V metropoli ČR se v současnosti ve většině případů navrhuje především řízení křižovatek pomocí dynamických signálních plánů, příkladem z Prahy 6 budiž např. nová řešení křižovatek Patočkova/Střešovická, Milady Horákové/Svatovítská. Na obou zmíněných křižovatkách lze vyzorovat i účelnost dynamického řízení především pro preferenci MHD. U první zmíněné křižovatky jsou tramvaje číslo 1, 2, 18 (leden 2015) jedoucí ve směru Patočkova-Střešovická preferovány před vozidly individuální automobilové dopravy pokračující v hlavním směru. U druhé zmíněné křižovatky lze vyzorovat především preferenci tramvají využívající relaci Svatovítská-Milady Horákové, dále si pak řízení v rámci možností hlídá zaplňování levého odbočovacího pruhu v relaci Milady Horákové-Svatovítská na úkor delšího zdržení vozidel v hlavním směru.

Pevné signální plány zůstávají na křižovatkách pouze ve dvou případech. Prvním z nich jsou místa, kde jsou natolik vysoké intenzity vozidel ze všech směrů, že by dynamické řízení stejně nepomohlo, příkladem může být křižovatka na Ječná/Sokolská v blízkosti

stanice metra I. P. Pavlova. Druhým případem je chceme-li koordinovaně řídit určitou oblast, příkladem může být řešení Smíchova pomocí systému oblastního řízení MOTION.

Vídeň- Ve Vídni od roku 1962 používá centrální řízení dopravy pomocí pevných signálních plánů. Město v současnosti disponuje s 1062 SSZ, z nichž je celkem 1025 připojeno do řídicího centra dopravy. Systém nainstalovaný ve Vídni je jinak také nazýván jako systém „s distribuovanou inteligencí.“ To znamená, že je technická inteligence rozdělena na počítačovou jednotku, umístěnou v centru řízení dopravy společně s nadřazeným centrálním řídicím počítačem, a na zařazení na úrovni jednotlivých dopravních uzlů.

Centrální řídicí počítač shromažďuje všechny operace počítačových jednotek a zároveň zajišťuje dohled a protokolování. Dále se v centru řízení dopravy nachází mapa s grafickým znázorněním všech SSZ ve městech. Na základě sledování dopravní situace ve městě je v řídicím centru vybrán vhodný signální program [15].

Berlín - V zájmu zvyšující se mobility je v Berlíně navržen komplexní systém řízení dopravy. Hlavní rolí berlínského centra řízení dopravy (VKRZ) je řízení dopravy na stěžejních komunikacích ve městě a zpracování dopravních dat, poskytnutí dopravních informací Berlíňanům. V Berlíně se nachází největší počet SSZ z celého Německa. Řízení dopravy pomocí SSZ je založená na vzorových signálních plánech, které jsou předplánovány pro různé dny v týdnu, hodiny ve dnu a pro specifické dopravní situace. Pokud signalizace z nějakého důvodu nefunguje podle předplávaného schématu, pracovník řídicího centra může do řízení zasáhnout s cílem navrátit řízení do funkčního stavu. Ačkoliv to tedy není v použitém zdroji uvedeno přímo, z výše uvedených informací lze vyvodit, že i v Berlíně vévodí řízení dle pevných signálních plánů.

V případě velkých akcí (zejména ve středu města) mohou být přednastavené signální plány předem upraveny a v průběhu akce aktivovány. Úkolem řídicího centra je pak monitorovat dopravní situaci, eliminovat dopravní kongesce a v případě selhání světelné signalizace zahájit řízení dopravy pomocí dopravní policie [16].

Londýn - V roce 1973 začal v Londýně vývoj systému adaptivního řízení SCOOT, který se v současné době využívá nejenom po celé Velké Británii, ale i ve světě. V současné době je nasazen na více než 4500 z 6000 křižovatek v Londýně.

SCOOT detekuje vozidla na vjezdech do křižovatky, získaná data porovnává s daty ze SSZ, aktuální fázi a případnou následující frontou. Následně proběhne vyhodnocení a informace se použije k optimalizaci fáze tak, aby se minimalizovalo zpoždění v síti. Obvykle se pro detekci používají indukční smyčky, ale systém je rovněž schopen vyhodnotit data získaná jinými metodami. Data z modelu mohou být optimalizována třemi způsoby, a to buď změnou délky zelené, změnou offsetu, nebo změnou délky cyklu. Tyto tři parametry jsou neustále přizpůsobovány pro všechny křižovatky v oblasti, čímž se minimalizuje plýtvání délkou zelené na křižovatkách a snižuje se počet zastavení a zpoždění při pohybu vozidel mezi přilehlými křižovatkami. To znamená, že signální plány jsou během dne přizpůsobovány změnám dopravní situace. [17]

Petrohrad - V roce 2010 v Petrohradě bylo spojeno do 4 různých systému celkem 260 SSZ. Nejstarší z nich - Telemechanický systém koordinovaného řízení od roku 1980 spojoval 33 světelných řízených křižovatek, byl ve městě uváděn jako nejmodernější, ve světovém měřítku šlo však o systém zastaralý. Po deseti letech v roce 1990 byl implementován další systém "Signal" zabývající se řízením 72 křižovatek. Po uplynutí 10 let bylo spojeno 55 SSZ do jednoho celku systémem "Migra Central" A posledním nejmodernějším systémem, kterým se chlubí nejenom město ale i celý stát, je systém pod názvem "Spektr." U tohoto systému byly v Petrohradu realizovány jak vývoj, tak výroba jednotlivých komponent. Systém byl implementován v roce 2005 spojením přibližně 100 křižovatek. [18]

Všechny čtyři systémy nejsou vzájemně propojené, ale fungují na stejném principu tzv. zelené vlny. Detektory zjišťují intenzitu dopravního proudu a řadiče při překročení určitých parametrů v jednom směru, přepnou se do stavu "zelené vlny" a propouští vozidla v jednom směru. Systémy se de-facto řídí pevnými signálními plány.

2.1.3 Závěr z evropského porovnání

Jsou-li uváženy všechny zjištěné informace uvedené v předchozí podkapitole, lze s radostí konstatovat, že co se týče vývoje řízení dopravního uzlu, na tom Praha vůbec není špatně, jelikož se v ní vyskytuje, jak pevné, tak dynamické řízení dopravního uzlu v závislosti na povaze daného uzlu.

2.2 Specifikace k dynamickému řízení dopravy

V této podkapitole jsou okomentovány nejdůležitější specifikace k dynamickému řízení dopravního uzlu, čím se rozumí úkony, které je možno do návrhu logiky řízení dle potřeby navrhnout a následně aplikovat. Zdroji k sepsání podkapitoly jsou především [8], [9] a technické podmínky 81 [14]. Mezi popsané úkony patří přede vším:

- Přizpůsobování doby signálu volno
- Proměnné pořadí fází
- Vkládání fáze na výzvu
- Změna skladby fáze okamžitým doplněním nekolizního volna do probíhající fáze
- Volná tvorba signálního plánu

A jelikož je řízení dopravy pojmem, kde vědci neustále přicházejí s něčím novým, v závěru je pak popsán příklad z USA, kam by se mohlo dynamické řízení ubírat do budoucna, resp. jaké jsou další možnosti jeho budoucího vývoje.

2.2.1 Přizpůsobování doby signálu volno

Jak už bylo vysvětleno dříve, dynamické řízení se od řízení pomocí pevných signálů liší především tím, že dokáže reagovat na aktuální stav dopravy. Otázka, která se nabízí: Jak může ona reakce vypadat?

Prvním logickým úkonem je přizpůsobování doby signálu volno. Je totiž zřejmé, že někdy je vhodné dobu signálu volno určité fáze zkrátit ve prospěch jiného dopravního proudu, popř. ve prospěch zkrácení délky cyklu. Někdy je naopak zapotřebí dobu signálu volno prodloužit na úkor jiného dopravního proudu či prodloužení délky cyklu. Je důležité si totiž uvědomit, že delší délka cyklu znamená pro křižovatku zvýšení celkové kapacity křižovatky, ale zároveň zvyšuje i dobu čekání vozidel v křižovatce. Pro navrhovatele to prakticky znamená, že ideální délka cyklu neexistuje, vždycky je třeba hledat délku optimální.

Existuje několik metod, podle nichž můžeme na křižovatce přizpůsobovat dobu signálu volno. Hodně využívané je přizpůsobování doby signálu volno na základě měření časové mezery. Alternativou k tomuto způsobu je pak přizpůsobování dob volna na základě měření stupně zatížení. V neposlední řadě je možné přizpůsobovat dobu signálu volno zjištěnému vzduť v křižovatce.

Měření časové mezery je jedna ze základních metod, při které se na prodlužovacím detektoru měří časová mezera odstupů za sebou následujících vozidel v daném dopravním proudu. Časové mezery vystihují odstupy za sebou jedoucích vozidel.

Zavedeme-li označení Δt_m pro časovou mezery, Δt_{mMax} pro předem stanovenou hodnotu maximální časové mezery a dále T_{GMax} pro maximální dobu zelené stanovenou v návrhu a T_{GMin} pro minimální dobu zelené, kterou je hodnota 5 s, bude platit, že hodnota, že pokud Δt_m nedosáhne Δt_{mMax} a zároveň pokud není dosaženo T_{GMax} , může být délka zelené prodlužována.

Hodnota časové mezery Δt_{mMax} může být pevně daná, v takovém případě se obvykle pohybuje mezi 2 až 3 sekundami, ve výjimečných případech (nepříznivá geometrie křižovatky, stoupající trasa) mohou být voleny i vyšší hodnoty Δt_{mMax} . Používají se ale i tzv. proměnné časové mezery, kdy hodnota Δt_{mMax} po dobu zelené klesá z určité počáteční hodnoty na určitou hodnotu konečnou.

Na zvolené hodnotě Δt_{mMax} [s] závisí i vzdálenost prodlužovacího detektoru L_D [m]. Ta dále závisí ještě na bezpečnostní (reakční) době t_B [s] a rychlosti vozidla v [$\frac{m}{s}$]

$$L_D = (t_{mMax} + t_b) * v \quad (1)$$

Pro větší názornost je v programu MS Excel vytvořena tabulka s vypočtenými vzdálenostmi detektorů pro různé hodnoty běžných návrhových rychlostí a hodnoty navrhovaných maximálních časových mezer, bezpečnostní doba t_B byla v příkladu zvolena 0,1 sekundy.

Tabulka 1 výpočet vzdálenosti detektoru

Výpočet vzdálenosti detektoru		určená hodnota Δt_{max} [s]				
L_D		2	2,5	3	3,5	4
rychlost [km/h]	rychlost[m/s]	Vzdálenost detektoru L_D [m]				
20	5,56	11	14	17	20	23
30	8,33	17	21	25	30	34
40	11,11	22	28	34	39	45
50	13,89	28	35	42	49	56
60	16,67	34	42	50	59	67

Druhým důležitým bodem, na který je třeba při návrhu brát zřetel, je zaručení možnosti vyklizení všech vozidel seřazených mezi stopčárou a prodlužovacím detektorem.

Minimální doba pro zabezpečení odjezdu těchto vozidel během signálu volno je závislá na vzdálenosti prodlužovacího detektoru L_D , délce vozidel l_V a časovém odstupu vozidel na odjezdu t_0 . Platí rovnice (2):

$$T_{GMin} \geq \frac{L_D}{l_V} * t_0 \quad (2)$$

Z výše uvedených poznatků je tedy zřejmé, že pokud vypočtená hodnota pro T_{GMin} dle vztahu (2) bude větší než minimální hodnota $T_{GMin} = 5$ s dle normy, návrh pak musí počítat s hodnotou T_{GMin} dle vztahu (2).

Přizpůsobování doby signálu volno může být provedeno i na základě měření stupně zatížení. Tento postup vyhodnocuje charakter dopravního proudu vzhledem k obsazenosti detektoru. Dynamická odezva této metody je pomalejší, než v případě měření časových mezer, neboť kvůli zjištění průměrného zatížení na daném příjezdu, je nutné signál integrovat za použití např. plovoucího okénka.

Dalším a neméně důležitým nástrojem, který nám umožňuje přizpůsobovat délku signálu volno, jsou kongesční smyčky, jež nám zjišťují vzniknuvší vzduť v tzv. kritických oblastech daného uzlu.

Kritickými oblastmi obecně mohou být např.:

- vlevo odbočující dopravní proud při silně zatíženém protisměru, v této situaci dochází k dlouhým čekacím dobám pro levé odbočení
- výjezd z křižovatky do těsné blízkosti další následující křižovatky
- omezení provozu vozidel jedoucím přímo vozidly odbočujícími vlevo při společném řadicím pruhu

V případě posuzované křižovatky mohou být kritické především nedostatečné délky řadicích pruhů, které mohou omezit vozidla v nejvytíženějších relacích. Tudíž je zřejmé, že bude třeba některé kongesční smyčky navrhnout, konkrétní návrh je k nalezení v kapitole číslo 4.

2.2.2 Změna pořadí fází

Změna pořadí fází se běžně využívá při dynamickém řízení dopravy. Důvodem jsou především opatření, která preferují vozidla MHD. Máme-li na křižovatce například čtyřfázové řešení, fáze jsou ve sledu 1 - 2 - 3 - 4, vozidlo MHD projíždí křižovatku pouze

ve fázi 1, ale ke křižovatce dorazilo nevhodně ve fázi 2, znamenalo by to pro něj poměrně dlouhou čekací dobu, proto může být v návrhu stanoveno, že do fáze 1 se lze v tomto případě vrátit i z fáze 2.

Je zřejmé, že projektant navrhuje takový sled fází, aby byly fázové přechody, tj. mezidobí mezi jednotlivými fázemi, co nejkratší. Je-li ale v zájmu projektanta preferovat MHD, musí navrhnout logiku, která na úkor delším fázovým přechodům umožňuje vozidlům MHD dříve projet křižovatkou.

2.2.3 Vkládání fáze na výzvu

Máme-li na křižovatce rameno, z něž vozidla přijíždějí velmi zřídka a zároveň hodně vytižený hlavní směr, je užitečné, aby byl signál volno pro vozidla v hlavním směru co možná nejdéle. Vozidla na příjezdu z nevyužívaného vedlejšího směru jsou detekována pomocí výzvových detektorů.

Dalším příkladem vkládání fáze na výzvu jsou chodecká tlačítka na přechodech křižovatek vybavených SSZ. Protože kolizní chodci ovlivňují chování motoristů v křižovatce a mohou vést ke snížení celkové kapacity křižovatky, je třeba, aby se signál volno pro chodce spustil teprve tehdy, když se skutečně najdou chodci, který chtějí přes daný přechod pro chodce přejít.

2.2.4 Okamžité doplnění nekolizního volna do fáze

Speciální variantou vložení fáze na výzvu je doplnění nekolizního volna do probíhající fáze. Tato varianta je vhodná zejména pro signální skupiny s velkým vyklizovaným mezcícasem a nízkou četností požadavků, tj. například pro tramvaj jedoucí do oblouku se sníženou rychlostí. V takových případech je vhodné signál volno ukončit co nejdříve, ačkoliv celá fáze může být delší. Varianta nesmí být použita pro chodce, jejichž směr chůze tvoří podmíněně kolizní dopravní proud.

2.2.5 Volná tvorba signálního plánu

Na křižovatkách, které neleží v koordinaci a na nichž nejsou trvale požadovány všechny směry mohou být řízeny tzv. volnou tvorbou signálního plánu. Při volné tvorbě signálního plánu jsou předem dány pouze některé parametry, a to maximální počet fází, minimální trvání dob signálů volno, maximální trvání dob signálů "Stůj!," vypočtené mezcícas pro všechny sledy fází a nejpříznivější sled fází, pokud existuje požadavek pro všechny fáze. Křižovatky, na nichž funguje volná tvorba signálního plánu, musí mít

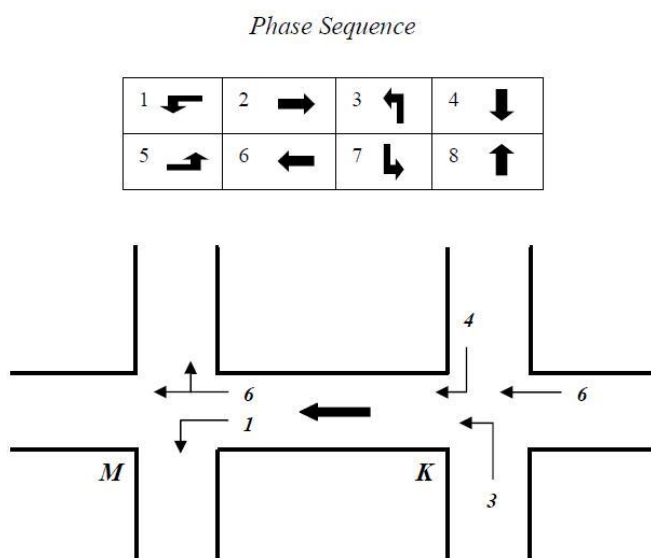
rozsáhlejší technické vybavení. Je totiž nutné pomocí detektorů registrovat všechny dopravní proudy ovlivňující signální program křižovatky. Na druhou stranu při nízkých intenzitách dopravy může být řešení nebývale efektivní, neboť signál volno je prioritně přiřazován těm signálním skupinám, které ho bezprostředně a aktuálně potřebují.

2.2.6 Možnosti budoucího rozvoje dynamického řízení

Jak již je naznačeno v úvodu kapitoly 2, jednou z nevýhod dynamického řízení je, že se nehodí pro dopravní oblasti, kde se vyskytuje více křižovatek s SSZ v těsné blízkosti, které je nutno zkoordinovat. O částečné odstranění této nevýhody se snaží současná věda, a to návrhy adaptivních řídicích algoritmů pro řízení dopravních sítí. Cílem této podkapitoly je stručný nástin, kde lze hledat prostor pro nová řešení v oblasti řízení, a to na konkrétním příkladu, algoritmu navrženém v práci studenta Kalifornské university [13].

Algoritmus je navržený tak, aby byl aplikovatelný na současně existující síť s křižovatkami s dopravně závislým řízením. Data o časovém rozložení jednotlivých signálů a pořadí fází jsou plně využitelná k odvození poměrně bohatého obrazu informací, sloužících k predikci budoucího dopravního proudu pro každou fázi na dané křižovatce. Cílem optimalizace řízení je minimalizace kumulativní fronty vozidel (ekvivalent k minimalizaci celkového zdržení), dílčím cílem pak optimalizace čtyř základních parametrů řízení (sled fází, minimální doba zelené, maximální doba zelené, jednotkové prodloužení) na základě predikovaného budoucího dopravního proudu vozidel pro každou fázi.

Modelování dopravního proudu mezi signalizovanými křižovatkami

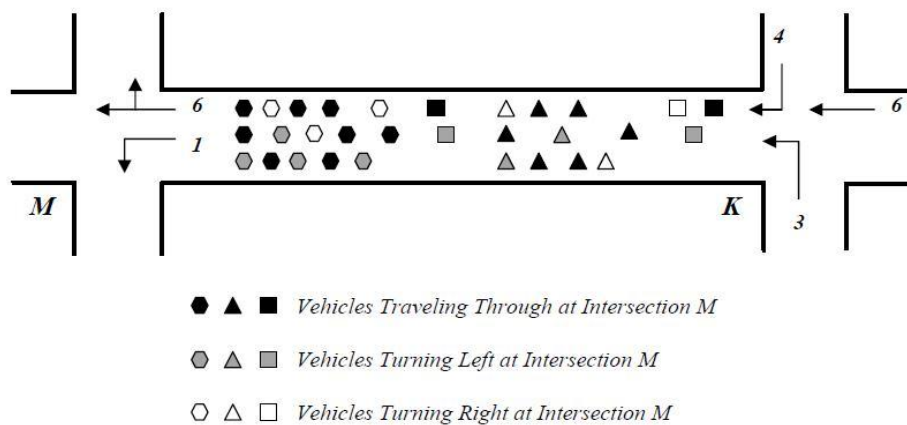


Obrázek 7 Modelový případ dvou na sebe navazujících řízených křižovatek [13]

Mějme dvě na sebe navazující křižovatky K a M. (Obrázek 7) Predikční model dopravního proudu je rozšířením předchozí práce (Liu et al., 2005) a slouží k:

- ⇒ Odhadu hodnoty průměrného dopravního proudu blížícího se ke křižovatce M na základě počtu vozidel opouštějících předcházející křižovatku K v různých fázích
- ⇒ Odhadu podílu odbočujících vozidel pro každou fázi na základě dopravního proudu vozidel, které přijeli ke křižovatce M v předchozích cyklech
- ⇒ Hodnota budoucího dopravního proudu pro každou fázi pak vznikne vynásobením hodnot vyjmenovaných odhadů

Pro modelování vstupu vozidel pro každý směr na křižovatce M se předpokládá Poissonovský vstupní tok reprezentující náhodnost dopravy. S ohledem na to, že hodnota podílu odbočujících vozidel je stochastická, se předpokládá, že vozidla odbočující vpravo, vlevo, či jedoucí rovně, jsou náhodně distribuovaná v každé vozidlové skupině. Ilustrováno v Obrázku 8. Šestiúhelník označuje vozidla přijíždějící do křižovatky M z fáze 6 na křižovatce K, čtverec vozidla přijíždějící z fáze 4 a trojúhelník vozidla přijíždějící z fáze 3. Upozornění: V USA je povoleno pravé odbočení na červený signál.



Obrázek 8 Distribuce odbočujících vozidel [13]

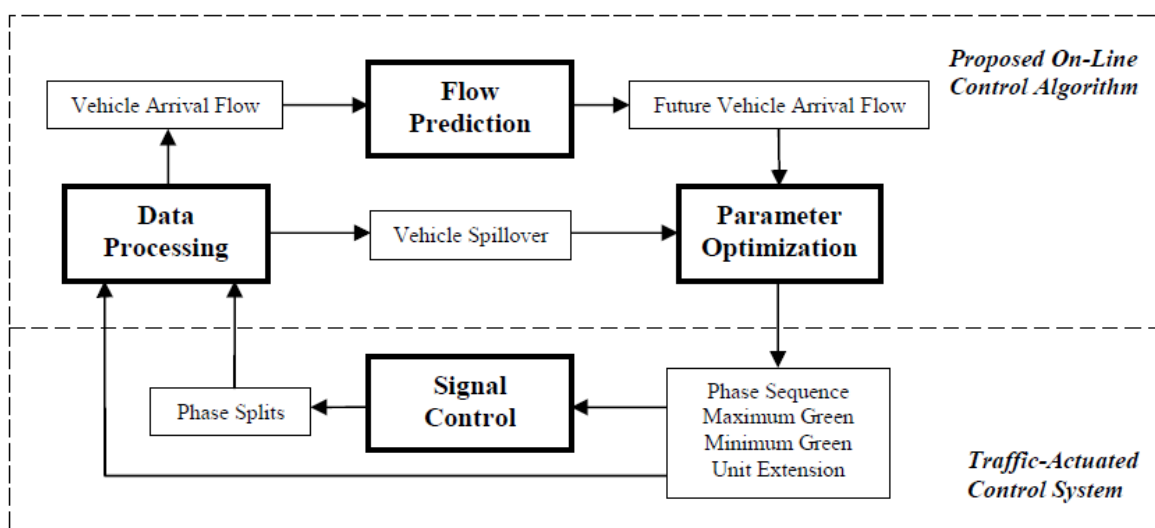
V tomto příkladu lze vstupní tok pro fázi 6 a 1 spočítat vynásobením hodnoty průměrného vstupního toku s podílem odbočujících vozidel dle níže uvedených vzorců.

$$\lambda_1 = P_{left} \cdot q$$

$$\lambda_6 = P_{through} \cdot q$$

Optimalizační proces

Optimalizační proces znázorněný na Obrázku č. 5 obsahuje čtyři hlavní moduly. Zpracování dat, predikce dopravního proudu, optimalizaci parametrů a vlastní řízení. První tři moduly korespondují s prvními třemi kroky uvedenými v předchozí podkapitole, kromě toho, že průtok vozidel z každé fáze je také využitelný jako další vstup pro krok 3. Čtvrtý modul odpovídá řídicímu systému, který uplatňuje optimalizované řídicí parametry z kroku 3. Výsledné rozdělení fází bude použito jako vstup pro krok 1 v další iteraci.



Obrázek 9 Schéma optimalizačního procesu [13]

Testování navrženého algoritmu

Navržený adaptivní algoritmus byl testován na reálné dopravní síti v jižní Kalifornii, zvané „Irvine Triangle,“ a to v simulačním prostředí PARAMICS. Jedná se o síť s celkem 38 křižovatkami, řízených pomocí dopravně závislého řízení. Pro srovnání stávajícího a nově navrženého způsobu řízení byla použita data z předchozí studie. Vyhodnocen byl jak vliv adaptivního algoritmu na celou síť, tak jeho vliv na jednotlivé křižovatky.

Z tabulky 1 lze vyčíst nezanedbatelné přínosy pro celou síť. Byly vypracovány 3 scénáře, jeden pro hodnoty intenzit vozidel z ranní špičky, druhý pro 75 % hodnot intenzit ranní špičky, třetí pro 50 % hodnot intenzit ranní špičky. Z tabulky lze vyčíst, že pro

všechny tři scénáře se hodnoty průměrné cestovní doby snížili, což znamená zlepšení v řádu jednotek procent, průměrná rychlost vozidel se naopak zvýšila.

Dále byla v posuzované síti vybraná jedna křižovatka, na níž bylo porovnáno adaptivní a původní dynamické řízení z hlediska parametrů maximální délky fronty a celkového zdržení v křižovatce. Z tabulky 2 lze vyčíst přínosy pro tuto křižovatku, a to pro scénář 1 (hodnoty intenzit v ranní špičce). Výrazné zlepšení lze vypočítat u parametrů maximální délky fronty, je důležité, že ono zlepšení není pouze pro jednu fázi na úkor druhé, ale pro každou fázi. Maximální délka fronty se snížila o přibližně 29 stop. Stejně pozitivní výsledky byly zaznamenány i pro celkové zdržení v křižovatce, a to především pro fázi 4.

Tabulka 2 Vyhodnocení testu pro celou síť [13]

	Average Travel Time (second)	Average Vehicle Speed (mile/h)	Vehicle Mileage Traveled (mile)	Vehicle Hour Traveled (hour)
<i>Scenario 1</i>				
Actuated	344.3	43.9	760920.0	17367.6
Adaptive	328.3	46.0	762533.7	16720.0
Improvement (%)	4.6	4.8	0.2	3.7
<i>Scenario 2</i>				
Actuated	257.0	59.1	575585.6	9788.2
Adaptive	252.5	59.7	576074.3	9670.4
Improvement (%)	1.8	1.0	0.1	1.2
<i>Scenario 3</i>				
Actuated	249.5	60.9	382327.4	6284.3
Adaptive	248.2	61.2	382675.2	6262.9
Improvement (%)	0.5	0.5	0.1	0.3

Tabulka 3 Vyhodnocení testu pro jeden z uzlů [13]

	Vehicle Spillover (number)	Maximum Queue Length (feet)	Vehicle Travel Delay (second)
<i>Phase 2</i>			
Actuated	29	77.1	683.4
Adaptive	20	53.5	595.0
Improvement	9	23.6	88.4
<i>Phase 4</i>			
Actuated	19	60.1	378.4
Adaptive	10	58.6	246.1
Improvement	8	1.5	132.3
<i>Phase 6</i>			
Actuated	0	23.0	379.9
Adaptive	0	19.2	365.8
Improvement	0	3.8	14.1
<i>Overall</i>			
Actuated	48	160.2	1441.7
Adaptive	30	131.3	1206.9
Improvement	18	28.9	234.8

2.3 Preference MHD

MHD, která je provozována na společných komunikacích s individuální automobilovou dopravou, je v hustě osídlených oblastech natolik ovlivňovaná, že klesá její kvalita, rychlost a vzniká nedodržování pravidelných jízdních řádů. Tento fakt snižuje konkurenceschopnost městské hromadné dopravy vůči dopravě individuální při volbě dopravního prostředku. Preferencí MHD lze tedy v širším slova smyslu nazvat soubor opatření, které vedou k zajištění vyšší konkurenceschopnosti MHD vůči dopravě individuální.

Existuje mnoho důvodů, proč vozidla MHD preferovat. Jedním z nich může být např. zvýšení atraktivity MHD, dále pak zlepšení průjezdnosti a plynulosti problémových úseků, což znamená také odstraňování zpoždění dosahovaných v těchto úsecích. Pro provozovatele MHD může dojít díky preferenci k celkovému snížení energetických a finančních nákladů jízdy. Nelze opomenout ani zlepšení podmínek jízdy pro cestující, kam můžeme zařadit zejména zkracování jízdních dob a zvyšování cestovní rychlosti. Nemělo by se zapomínat ani na fakt, že vhodná preferenční opatření mohou vést k zvýšení bezpečnosti jízdy a snížení počtu dopravních nehod.

2.3.1 Typy preference MHD

Nejčastěji uváděnými typy přímé preference MHD jsou pasivní preference, aktivní preference, preference vyjádřená dopravním značením a preference využívající stavebních úprav. V této podkapitole jsou jednotlivé typy stručně rozebrány.

Pasivní preference MHD je v principu založena na senzorech průjezdu vozidel. Nejvyužívanějšími detektory k pasivní preferenci MHD jsou trolejové kontakty. Těmi je však určena pouze poloha vozidla v definované vzdálenosti před křižovatkou. Nelze tedy zjistit, zda vozidlo jede v souladu s jízdním řádem, ani směr pokračování jízdy v křižovatce (vyjma případů s předsazenou výhybkou). Z důvodu umístění v přímé blízkosti křižovatky nelze včas změnit dopravní režim řadiče. Kvůli mechanickým dílům má řešení pomocí trolejových kontaktů omezenou spolehlivost a bývá nahrazováno indukčními nebo infračervenými senzory.

Další možností pasivní preference MHD je použití smyčkových detektorů ve vyhrazených pruzích, případně mohou být smyčky nahrazeny videodetekcí. Řešení je vázáno na speciální návěstidla pro vozidla MHD a jeho hlavní nevýhodou je, že libovolné detekované vozidlo je automaticky považováno za MHD, navíc se nemusí řídit signálem

pro MHD a blokuje tak provoz. Opět nelze zjistit, zda vozidlo MHD jede v souladu s jízdním řádem ani směr pokračování jízdy v křižovatce.

Při **aktivní preferenci** vozidlo komunikuje s dopravním řadičem rádiovou cestou. Komunikace probíhá za účelem přihlášení nebo odhlášení ze systému preference, tj. v závislosti na poloze vozidla, příp. dalších stavech. Přenáší se tak komplexnější informace o vozidle MHD. Bezkontaktní přenos informace umožňuje detekovat i autobusy MHD. Povelový rádiový přijímač na straně řadiče SSZ je připojen na vstupy řadiče. U řadičů SSZ je doplněno a upraveno programové vybavení umožňující příjem a potvrzení přihlašovacích a odhlašovacích datových telegramů. Řadič eviduje počty vozidel MHD projíždějících křižovatkou, včetně směrů, údaje o dodržování jízdních řádů apod. Na straně vozidla MHD je použit povelový vysílač. Programového vybavení palubního počítače vozidel MHD je rovněž doplněno. Programová logika vychází z umístění SSZ a příslušných přihlašovacích a odhlašovacích míst nebo oblastí.

Jedním směrem aktivní preference MHD je využití inframajáků/radiomajáků ve vzdálenosti 200 – 500 m před SSZ... Nevýhodou tohoto řešení je, že vyžaduje instalaci a napájení radiomajáků. Majáčky vysílají kód polohy v infračerveném pásmu, vozidlo je vybaveno přijímačem kódu polohy. Pro odměření vzdálenosti k místu přihlášení a odhlášení se využívá kombinace se zařízením pro měření ujeté vzdálenosti ve vozidle (odometr, tachograf, apod.)

Novější variantou je pak využití GNSS systémů, jejichž hlavní výhodou je, že polohu virtuálních přihlašovacích a odhlašovacích bodů lze měnit softwarově. Vozidlo je v tomto případě vybaveno přijímačem GNSS. Nevýhodou oproti majáčkům je horší přesnost a spolehlivost příjmu signálu GNSS, kterou lze zpřesnit v případě paralelního příjmu informací.

Preference MHD vyjádřená dopravním značením může mít mnoho podob, např.:

- vyhrazené jízdní pruhy pro autobusy (trvale nebo časově omezeně pro dobu dopravní špičky)
- jízda autobusů po tramvajových kolejkách
- zákazy a příkazy
- vyhrazené komunikace pouze pro vozidla MHD

- změny organizace dopravy ve prospěch MHD

Nejdůležitějším nástrojem z pohledu **využití stavebních úprav** je segregace tramvajové dopravy před individuální automobilovou dopravou. Ta může být provedena několika způsoby:

- preference vlastního tělesa dopravní cesty
- zvýšené tramvajové těleso
- fyzické oddělení tramvajové trati oddělovací tvarovkou

2.3.2 Trendy v evropských městech

Praha - V naší metropoli jsou opatření preferující MHD na poměrně kvalitní úrovni. Na komunikacích se nově objevují vyhrazené BUS pruhy pouze pro vozidla MHD (v oblasti Petřín např. v ulici Ankerská ve směru na Vypich v blízkosti zastávky Nad Markétou od roku 2013). Vzniká čím dál více křižovatek, které jsou uzpůsobeny pro aktivní či pasivní preferenci MHD a v souvislosti s dalším vývojem dopravy v Praze se očekává, že tento trend bude nadále pokračovat. Důkazem může být i rozsáhlá studie pro ROPID (což je organizátor pražské hromadné dopravy), která se mimo jiné zabývá pasportizací SSZ a možnostmi preference na dosud nepreferovaných křižovatkách. Na této studii se výrazně podílí i Fakulta dopravní ČVUT.

Vídeň - Vzhledem k tomu, že Vídeň preferuje řízení dopravy pomocí pevných signálních plánů, nelze MHD zvýhodnit na světelně řízených křižovatkách. Přesto město připravilo v roce 2003 “Masterplan Verkehr,” ve kterém je jeho stěžejním heslem: “Zastavuj pouze na zastávkách, systematická preference MHD.” Hlavním cílem tohoto strategického plánu je zvýšení pravidelnosti a spolehlivosti MHD a dosažení průměrně cestovní rychlosti nad 15 km/h v hustě zastavěných oblastech. Hlavním úkolem k dosažení tohoto cíle je nalézt na základě dopravně-inženýrských dat stanovit optimální rozložení dob volna pro jednotlivé křižovatky. Ve strategickém plánu se ale rovněž upozorňuje na hlavní úskalí preference, problémem jsou zejména úseky, kde se mezi sebou tramvajové sítě často kříží a také úseky, kde je vysoká hustota tramvajových linek [20].

Berlín - Německá metropole provedla svá první preferenční opatření koncem 80. let 20. století. Výrazná většina SSZ na tramvajových sítích byla však upravena až začátkem 21. století. Kvalita a efektivita preference MHD v Berlíně je však na jednotlivých křižovatkách různá. V Berlíně se vyskytují křižovatky s preferencí přesnou i

účinnou, křižovatky s preferencí nedokonalou, či dokonce křižovatky s nesmyslnými zásahy v neprospěch MHD.

Jedním z hlavních faktorů zasahující v neprospěch MHD bývá často primitivní reakce řídicí logiky na každou tramvaj, kdy signalizace není schopna tramvaji zajistit hladký průjezd, a to ani v okamžiku, kdy během příjezdu vozidla MHD má souběžná signální skupina pro automobily signál Volno. Zatímco automobily pak pokračují v jízdě, tramvaje nesmyslně čekají na vlastní signál Volno. Je zřejmé, že pokud si řídicí logika neumí poradit s touto situací, těžko pak bude řešit příjezd tramvaje během probíhajícího kolizního volna a už vůbec si neporadí se situací, kdy přijedou dvě tramvaje najednou. Zmíněný problém, který vede často ke zbytečnému zdržení tramvají v podobě desítek sekund, se nachází v místní čtvrti Marzahn.

Naopak ve čtvrti Hackescher Markt se nachází technologie pro detekci a preferenci tramvají, která je na velmi dobré úrovni. Tramvaj se přihlašuje k SSZ zpravidla rádiem, což oproti pražským trolejovým kontaktům ještě samo o sobě výhodou není. Ta přichází teprve se systémem výhybek, které se v Berlíně představují na větší vzdálenost oproti Praze (80-100 metrů). Směrová detekce proto přichází s větším předstihem a SSZ má více času na reakci.

Poměrně samozřejmé je pak v Berlíně upřednostňování tramvají na neřízených křižovatkách. Dle našeho zdroje ve městě nebyla nalezena neřízená křižovatka, kdy by tramvaj musela dát přednost automobilu. Existují dokonce i stykové křižovatky, kdy je ze všech tří ramen umístěna značka: “Dej přednost v jízdě tramvaji.” [21].

Londýn - Anglická metropole má velkou historii ve vývoji návrhu pro preferenci městské hromadné dopravy pomocí SSZ. První systém s názvem SVD (Selective Vehicle Detection) byl implementován v roce 1987 v oblasti SELKENT (South East London and KENT). Podle průzkumu došlo v roce 1999 k navýšení počtu cestujících o 38%.

Následně celý systém byl aktualizován a i díky využití GNSS, byla například na lince se 65 světelně řízenými křižovatkami jízdní doba zkrácena o 4 minuty [17].

Petrohrad - Preference městské hromadné dopravy ve městě neexistuje. V strategii rozvoje města se zmiňuje jenom o zavedení vyhrazených jízdních pruhů a možné preference z hlediska SSZ v návaznosti na budoucí implementaci nového ITS řešení [18].

2.3.3 Závěr z porovnání

Je možné s radostí konstatovat, že z hlediska preference MHD je naše metropole na poměrně vysoké úrovni, a to zejména proto, že se v Praze často zavádí dynamické řízení SSZ s preferenčními opatření. Na příkladu z Berlína, ale vidíme, že je stále co zlepšovat, zejména se lze zamýšlet nad aplikacemi preferenčních opatření na neřízených křižovatkách. To by se např. mnohdy hodilo v úseku Královský Letohrádek-Malostranská při křížení tramvajové tratě s místní komunikací, kde tramvaj často vyčkává, až se nalezne řidič, který ji přes jeho přednost v jízdě solidárně pustí.

Vzhledem k připravovaným projektům a rekonstrukcím tramvajových tratí např. právě v oblasti Prahy 6 lze v budoucnu očekávat ještě více křižovatek, kde bude MHD preferovaná. To plyne i z vyjádření mluvčího ROPIDu na veřejné diskuzi, která proběhla dne 25. 2. 2015 v Dejvicích.

2.4 Myšlenka použití dynamického řízení na posuzovaný uzel

V předchozích kapitolách jsou obecně shrnuty výhody a úskalí dynamického řízení dopravy, jeho specifikace a preference MHD, při čemž je důraz kladen na evropské srovnání a možnosti dalšího vývoje. Tato podkapitola už je zaměřena konkrétně na posuzovaný uzel a podrobně vysvětluje myšlenku, resp. zamýšlený způsob použití dynamického řízení na křižovatku. Myšlenka vychází z navrženého řešení situace (Přílohy číslo 3.)

Z pohledu příjezdu vozidel z ramena A, tedy směru z Petřin do centra, je třeba hlídat především stav délku kolony, tak aby byl umožněn co nejplynulejší průjezd autobusům MHD. Tramvaje budou z tohoto ramena vyjíždět přímo ze zastávky, takže by případné menší zdržení nebylo zase až tak kritické, pouze by se prodloužil pohyb v zastávce.

Z pohledu příjezdu vozidel z ramena B je třeba hlídat především obsazenost poměrně krátkých řadících pruhů do směrů rovně a doleva, aby nebyla zbytečně omezována vozidla odbočující vpravo, kterých je reálně největší počet. Z hlediska preference MHD je primární zaměřit se na preferenci linky 191 využívající relaci B-A, tj. levé odbočení z vedlejší komunikací.

Z pohledu příjezdu vozidel z ramena C je třeba umožnit tramvajím co nejplynulejší průjezd křižovatkou k zastávce Větrník. Dále je třeba detekovat délku kolony v levém odbočovacím pruhu, aby nebyla omezována vozidla, která chtějí pokračovat ve směrech vpravo a rovně.

Z ramena D přijíždějí vozidla ojedinele v porovnání s příjezdy z ostatních ramen. Není třeba dalších zvláštních opatření z pohledu preference MHD.

3 Posouzení vlivu vedení metra trasy A na posuzovaný uzel

V původním záměru měla tato kapitola shrnovat vliv otevření tunelového komplexu Blanka a nového úseku metra "A" Dejvická-Motol. Nyní, v dubnu roku 2015, už je jasné, že tunelový komplex Blanka se z důvodu technické závady neotevře do řádného termínu odevzdání diplomové práce. Proto je třeba stroze konstatovat, že se práce zaměřuje výhradně na vliv otevření nového úseku metra "A".

Otevření nového úseku metra "A" v relaci Dejvická-Nemocnice Motol a s novými zastávkami Bořislavka, Nádraží Veleslavín a Petřiny je mediálně velmi diskutovaným tématem, a to zejména z pohledu potřeby metra v dané relaci, finanční stránky projektu, pásmovému provozu metra a absenci záchytných parkovišť.

Přepavní vztahy v oblasti Petřin a tím pádem dopavní vztahy v oblasti posuzovaného uzlu může ovlivnit především ona absence záchytných parkovišť. Ihned po otevření metra se v jeho okolí objevuje spousta parkujících vozidel lidí dojíždějících do práce. Z tohoto pohledu by bylo logické očekávat, že počet vozidel v relaci A-C, resp. B-C, tzn. vozidel dojíždějících do centra, se v souvislosti s otevřením metra sníží, naopak se zvýší počet vozidel v relaci B-A, tj. vozidel směřujících ke stanici metra.

Další vliv na dopavní vztahy v posuzovaném uzlu může mít pak zejména omezení tramvajové dopravy, která má při neřízeném stavu křižovatky absolutní přednost (nachází se v nadřazeném dopavním proudu,) a proto by mohlo docházet k menšímu zdržení vozidel v podřazených relacích.

Domněnky nastíněné výše byly ověřeny dopavními průzkumy před a po otevření metra ve stejný den - středu, která je z hlediska TP ideálním dnem pro tvorbu dopavního průzkumu. Celkově už bylo na křižovatce provedeno 6 dopavních průzkumů, které budou v závěru této kapitoly srovnány a analyzovány.

3.1 Posouzení vlivu otevření metra A

3.1.1 Průzkumy dopravních intenzit

Intenzity dopravy v posuzovaném uzlu byly stanoveny dle TP 189 - Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích [4]. Vzhledem k povaze křižovatky byla zvolena kombinovaná metoda průzkumu, což je pořízení videozáznamu s následným ručním vyhodnocením průzkumu. Na Fakultě dopravní je možnost provádět dopravní průzkumy za pomoci sofistikovanějších detekčních prostředků, jejich použití by ovšem vyžadovalo složitější instalace a nutný zásah do křižovatky. Využití mobilní aplikace Counter by naopak sice umožnilo intenzity vozidel zjistit už na místě, ale bylo by nutné mít sčítače dopravy fyzicky na každém vstupu a spoléhat se na jeho nechybovost. A v neposlední řadě by si více sčítačů řidiči vozidel všimli a tím by mohlo být ovlivněno jejich jednání v oblasti křižovatky. Proto se kombinovaná metoda průzkumu jeví jako nejvýhodnější.

Videozáznamy z průzkumu byly vytvořeny kamerou, která je součástí rozsáhlého technického vybavení fakulty. Stanoviště pro kameru je shodné jako při průzkumech provedených v roce 2013, protože neexistuje výhodnější místo pro zachycení všech dopravních proudů v křižovatce a zároveň není důvod, aby se na stanoviště pro kameru soustředili řidiči vozidel a tím byla data z průzkumů zkreslena.

V roce 2015 byly vytvořeny celkem 3 nové průzkumy. První z nich je z ranní špičky z března, tozn. z doby před otevřením metra, který bude následně srovnán jak s průzkumem z ranní špičky z roku 2013, tak s průzkumem z ranní špičky z dubna, tj. po otevření metra.

Druhým z nich je výše zmíněný průzkum z ranní špičky cca 10 dní po otevření metra, kdy už lze dopravní vztahy považovat za ustálenější. Ihned po otevření metra by totiž výsledky průzkumu mohly být zkresleny lidmi, kteří se na metro pouze přijeli podívat a následně ho neplánují využívat. Ve stejný den byl rovnou vyhotoven průzkum z odpolední špičky.

Pro průzkum z března 2015 byly z hlediska počasí podmínky normální, oblačno bez srážek, dobrá viditelnost, teplota kolem 5 °C. V době průzkumu v dubnu 2015 byly podmínky z hlediska počasí ideální, v ranní i odpolední špičce jasno, dobrá viditelnost (slunce bylo dostatečně vysoko a řidiči nebyli oslňováni,) teplota v ranních hodinách kolem 10 °C, v odpoledních pak kolem 15 °C.

3.1.2 Změny ve vedení povrchových linek MHD v Praze 6

V souvislosti s otevřením úseku metra Dejvická-Nemocnice Motol dochází rovněž k výrazným změnám týkajících se vedení povrchové dopravy v okolí posuzovaného uzlu. Protože se tyto změny bezprostředně týkají pohybu vozidel MHD v relacích posuzovaného uzlu, lze považovat za vhodné popsat je trochu podrobněji.

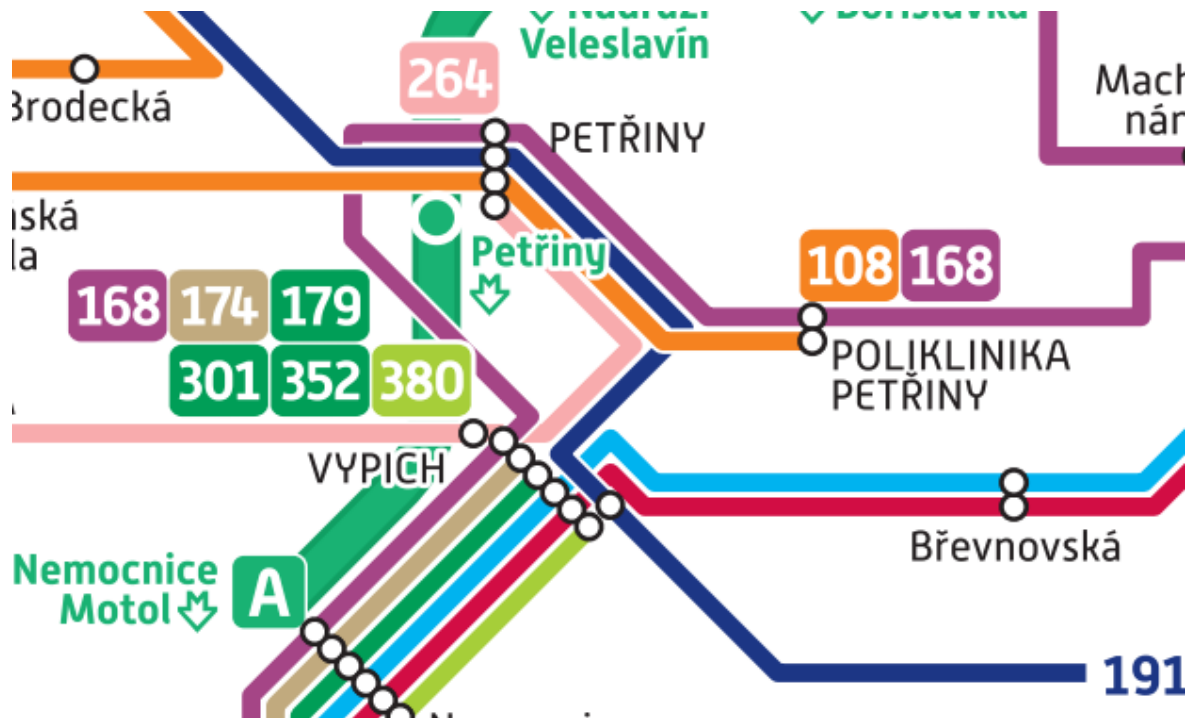
Do 7. dubna 2015 posuzovaným uzlem vedou celkem 3 tramvajové linky a 2 linky autobusové. Jedná se o tramvajové linky číslo 1, 2, 18. Linky číslo 1 a 18 projíždějí celotýdenně, linka číslo 1 spojuje Petřiny s oblastí Letné a Holešovic, linka číslo 18 spojuje Petřiny s oblastí centra Prahy a Nuslí. Linka číslo 2 projíždí pouze o pracovních dnech a jedná se o linku, která má hlavní význam jako místní linka pro Prahu 6 a spojuje Petřiny s oblastí Dejvic a Divoké Šárky. Všechny linky využívají v posuzovaném uzlu relaci A-C, resp. C-A.

Autobusové linky v současné době existují dvě, a to přesně linky čísel 179 a 191. Obě linky jedou celotýdenně. Na lince 179 jsou nasazeny klasické autobusy a jedná se o rychlou metrobusovou linku spojující Letiště s Novými Butovicemi (metrem B). Na lince 191 jsou nasazeny kloubové autobusy a linka spojuje Petřiny s oblastí Strahova a Smíchova. Obě linky využívali v posuzovaném uzlu relace A-B (pravé odbočení z hlavní komunikace) a B-A (levé odbočení z vedlejší komunikace vykazující z hlediska ÚKD stupeň F.)

Od okamžiku otevření metra dojde ke zrušení stávající linky číslo 2, protože tato linka bude metrem z velké části nahrazena a postrádala by smysl. Z hlediska vedení autobusových linek budou změny mnohem razantnější. Na Obrázku číslo 10 lze vidět nový návrh vedení autobusových linek a výrazně jich přibude.

Linka číslo 179 nebude posuzovaným uzlem projíždět, protože bude mít konečnou stanici na Vypichu. Linka číslo 191 bude nově spojovat Anděl s Letištěm Václava Havla a kvůli tomuto prodloužení stávající trasy na ní již nepojedou kloubové autobusy, které by měly problémy v ulici Libocká, ale budou nasazovány autobusy klasické. Relace A-B, resp. B-A ovšem stejně jako doposud budou i nadále využívat dvě linky. K lince 191 přibude linka 264, která bude spojovat Petřiny se Zličínem. Zcela nově ale vzniknou dvě linky využívající relace A-C, resp. C-A, a to linky číslo 108 a 168. Linka číslo 108 je místní linka, jejíž účel bude spojovat oblast Petřin s oblastí Ruzyňské školy a oblastí Bílé Hory. Linka 168 pak bude zastávková linka spojující Nové Butovice, Petřiny a Bořislavku.

Obě linky využívající relaci A-C, resp. C-A budou jezdit pouze v pracovních dnech. V návrhu stavebního řešení (kapitola 4), je třeba brát zřetel na to, že linky vyjíždějící z navržené zastávky Větrník již nebudou využívat pouze pravý řadící jízdni pruh, ale i řadící jízdni pruh pro jízdu přímo.



Obrázek 10 Schéma vedení linek po otevření metra A
zdroj: www.ropid.cz

3.2 Analýza a srovnání všech provedených průzkumů dopravních intenzit

Provedené průzkumy byly ručně zpracovány a pro účely kapacitního výpočtu byla jednotková vozidla (cyklisté, motocykly, osobní automobily, nákladní vozidla, resp. autobusy a kamióny s přívěsem, resp. kloubové autobusy) přepočítána na zohledněnou skladbu vozidel. Jelikož princip kapacitního výpočtu neřízené křižovatky podle klasických je nastíněn podrobně v bakalářské práci a účelem této práce je spíše provést ho v programu LISA+, je zde zmíněn pouze jeho výsledek a tím je, že při levém odbočení z vedlejší komunikace, tj. v relaci B-A křižovatka nevyhovuje v případě žádného z průzkumů provedených v dopravní špičce, jak ranní, tak odpolední.

V následujících třech tabulkách lze vyčíst výsledky všech průzkumů provedených v roce 2015. První z nich byl proveden v ranní špičce v březnu roku 2015 v čase 7:25-8:25 (průzkum byl proveden v čase 7:00-9:00, následně byl zpracováván po pětiminutových časových oknech a následně byla vybrána nejvytíženější časová relace.) Druhý z nich byl proveden v ranní špičce v dubnu ve středu po otevření metra a záměrně ve stejné časové relaci 7:25-8:25. Poslední z nich je z odpolední špičky stejné středy, kdy nejvytíženější časovou relací byla relace 15:40-16:40...

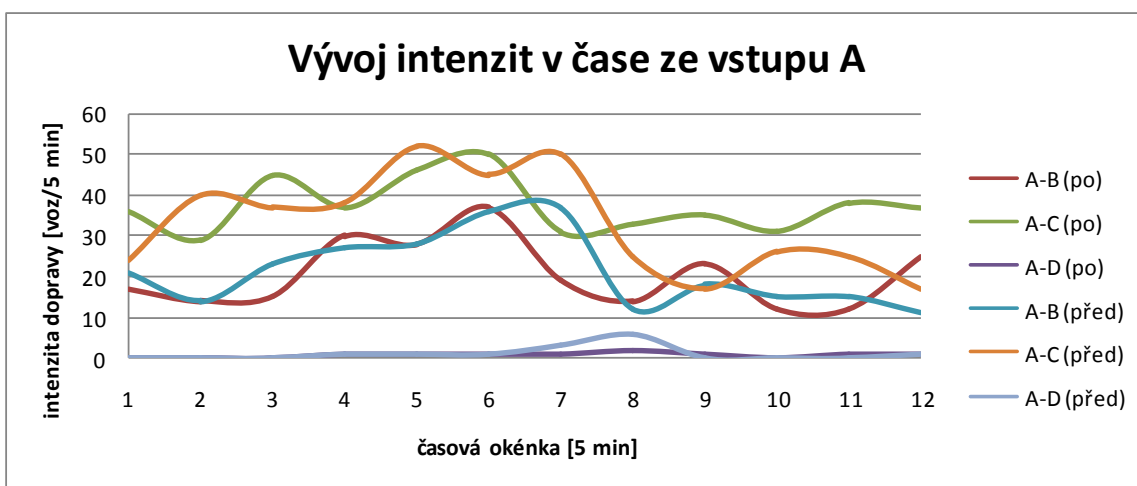
Tabulka 4 Návrhové intenzity dopravy - březnová ranní špička

Návrhové intenzity dopravy - rok 2015, březen, špičková hodina STŘEDA 7:25-8:25								
Název křižovatky:		Praha - Petřiny: Na Větrníku/Na Petřinách/Ankarská						
Paprsek	Název komunikace	Směr jízdy	Jízdní kola [voz/h]	Motocykly [voz/h]	Osobní vozidla [voz/h]	Nákladní vozidla [voz/h]	Nákladní soupravy [voz/h]	Zohledněná skladba [voz/h]
A	Na Petřinách od Petřin	P (vpravo)			257	9	5	284,8
		R (rovně)	1		396	5		405
		L (vlevo)			13			13
B	Ankarská	P (vpravo)		1	337	5		346,3
		R (rovně)	1		31			31,5
		L (vlevo)			108	11	5	139,2
C	Na Petřinách od centra	P (vpravo)*			11	1		12,7
		R (rovně)	1	1	282	5		291,8
		L (vlevo)			368	10		385
D	Na Větrníku	P (vpravo)			8			8
		R (rovně)			4			4
		L (vlevo)			0			0

Tabulka 5 Návrhové intenzity dopravy - dubnová ranní špička + odpolední špička

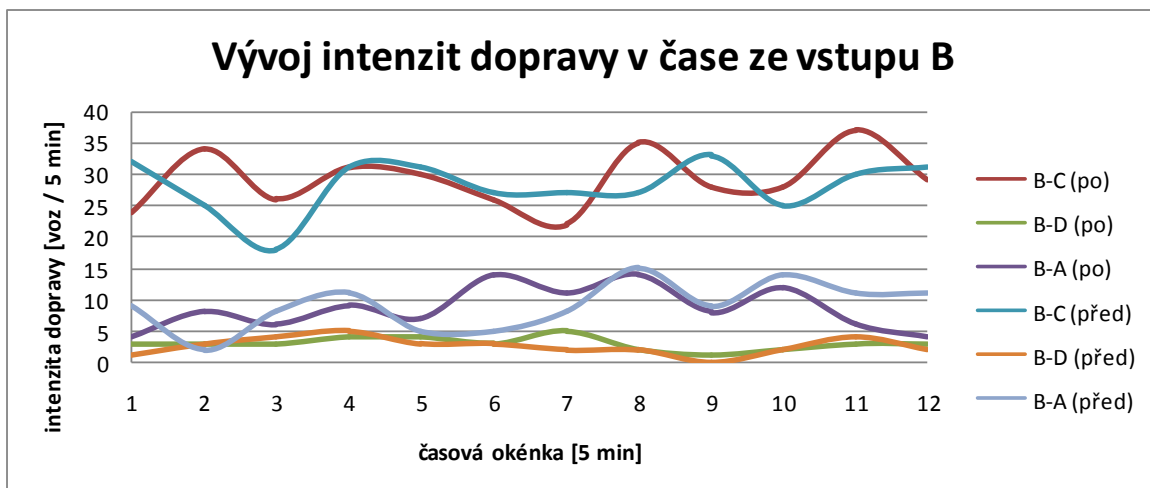
Návrhové intenzity dopravy - rok 2015, duben, špičková hodina STŘEDA 7:25-8:25								
Název křižovatky:		Praha - Petřiny: Na Větrníku/Na Petřinách/Ankarská						
Paprsek	Název komunikace	Směr jízdy	Jízdni kola [voz/h]	Motocykly [voz/h]	Osobní vozidla [voz/h]	Nákladní vozidla [voz/h]	Nákladní soupravy [voz/h]	Zohledněná skladba [voz/h]
A	Na Petřinách od Petřin	P (vpravo)		1	246	17		275,7
		R (rovně)		4	448	13		473,3
		L (vlevo)			9			9
B	Ankarská	P (vpravo)	1	2	350	11		370,8
		R (rovně)	1		36			36,5
		L (vlevo)			109	14		132,8
C	Na Petřinách od centra	P (vpravo)*			39	1		40,7
		R (rovně)			251	8		264,6
		L (vlevo)	2	6	348	5		362,3
D	Na Větrníku	P (vpravo)			8			8
		R (rovně)		1	5			5,8
		L (vlevo)			4			4
Návrhové intenzity dopravy - rok 2015, duben, špičková hodina STŘEDA 15:40-16:40								
Název křižovatky:		Praha - Petřiny: Na Větrníku/Na Petřinách/Ankarská						
Paprsek	Název komunikace	Směr jízdy	Jízdni kola [voz/h]	Motocykly [voz/h]	Osobní vozidla [voz/h]	Nákladní vozidla [voz/h]	Nákladní soupravy [voz/h]	Zohledněná skladba [voz/h]
A	Na Petřinách od Petřin	P (vpravo)			162	13		184,1
		R (rovně)	4	4	227	9		247,5
		L (vlevo)			11			11
B	Ankarská	P (vpravo)		7	327	1		334,3
		R (rovně)			52			52
		L (vlevo)		3	140	12		162,8
C	Na Petřinách od centra	P (vpravo)*			29			29
		R (rovně)	1	3	364	8		380,5
		L (vlevo)	2	7	420	3		431,7
D	Na Větrníku	P (vpravo)			2			2
		R (rovně)			3			3
		L (vlevo)			2			2

Pro srovnání stavu před a po otevření metra se nejvíce hodí průzkumy z ranních špiček, na Obrázku číslo 11 lze vidět srovnání vývoje intenzit v čase (po pětiminutových časových okénkách) ze vstupu A, tj. z ulice Na Petřínách od Petřin. Celkově lze konstatovat, že v souvislosti s otevřením metra došlo pouze k mírným změnám vývoje intenzit v čase. V relaci A-B se křivky vývoje téměř kopírují, v relaci A-C došlo paradoxně ke zvýšení intenzity dopravy po otevření, což popírá původní předpoklad. Dále je možné vypočítat stabilnější přísun vozidel po otevření metra, jelikož se hodnoty intenzit nemění tak skokově.



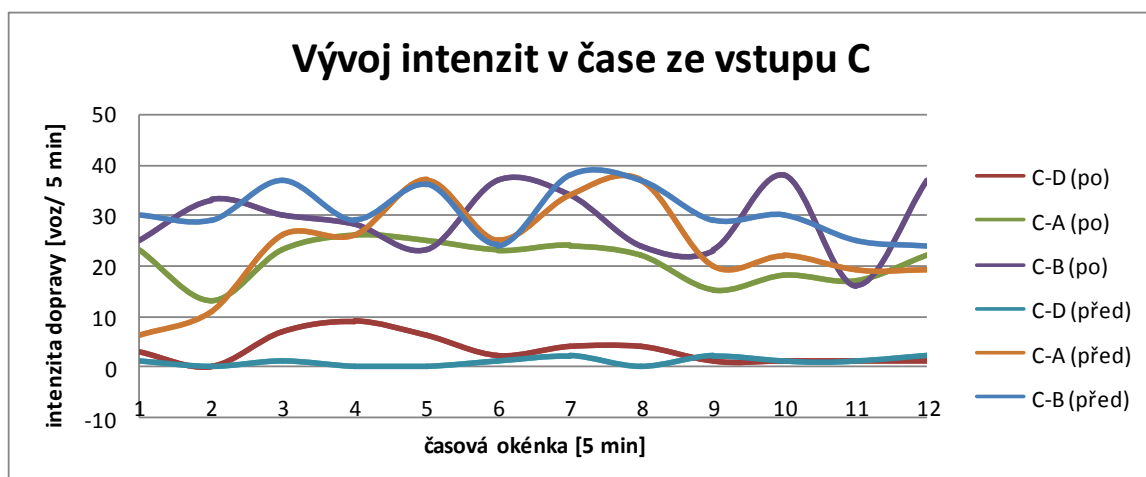
Obrázek 11: Vývoj intenzit dopravy v čase ze vstupu A

Na Obrázku číslo 12 lze vidět srovnání vývoje intenzit v čase ze vstupu B. I zde jsou změny minimální a odpovídají dopravním vztahům v křižovatce, lze vypočítat, že když dochází k vysokým hodnotám intenzit vozidel na nadřazeném příjezdu ze vstupu A, dochází zároveň k nižším hodnotám intenzit na příjezdu z ramena B, a to proto, že se před křižovatkou kumulují a ne všechny stačí v daném časovém okénku projet křižovatkou. Ve chvíli, kdy se situace na nadřazeném vstupním proudu uklidní, dochází k nárůstu intenzit z ramena B.



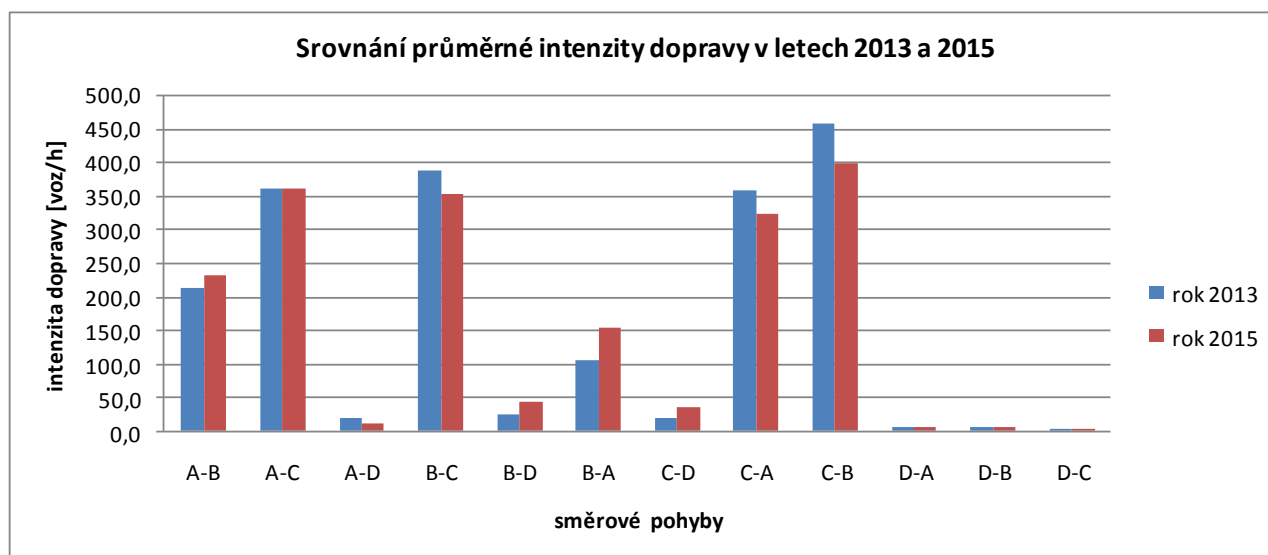
Obrázek 12: Vývoj intenzit dopravy v čase ze vstupu B

Srovnání vývoje intenzit v čase z ramena C lze vidět na Obrázku č. 13. Z grafu lze vyčíst, že došlo k poměrně významnému nárůstu intenzity v relaci C-D, jinak je vidět, že se v daném vstupu vytvářejí kolony v souvislosti s nutností dání přednosti tramvajím vozidlům z nadřazeného vstupu A. Proto se hodnoty intenzit v čase vyvíjejí nepravidelně.



Obrázek 13: Vývoj intenzit v čase ze vstupu C

Při pohledu na výsledky průzkumů lze konstatovat fakt, že k nějakým výraznějším nárůstům či poklesům intenzit dopravy v jednotlivých relacích v souvislosti s otevřením metra nedochází. Nejvíce vozidel celkem přijelo do křižovatky ve středeční ranní špičce po otevření metra, a to 1983.3 voz/h po přepočtu na zohledněnou skladbu vozidel.



Obrázek 14: Srovnání průměrné intenzity dopravy v letech 2013 a 2015 na křižovatce Na Větrníku/ Na Petřínách pro jednotlivé směrové pohyby.

Zajímavější je srovnání hodinových intenzit z roku 2013 a 2015 v jednotlivých relacích. To je provedeno tak, že byly vzaty hodnoty z ranní špičky a odpolední špičky z daného roku a ty byly následně sečteny a poděleny dvěma. Graf na Obrázku č. 14 tedy poukazuje čistě na fakt, ve kterých relacích došlo průměrně v součtu oproti roku 2013 ke zvýšení intenzit a kde je tomu naopak. Samozřejmě je nutné brát v úvahu, že aby byly průzkumy statisticky vypovídající, muselo by se jich provést mnohem více. Nicméně lze vyzorovat jeden zajímavý fakt, a to že právě v relaci, která kapacitně nevyhovuje a dochází k vysokým dobám zdržení došlo oproti roku 2013 k nárůstu intenzity dopravy o necelých 50 % a to přesto, že zde bylo zrušeno použití kloubových autobusů, které měli největší přepočtový koeficient. V relacích ze vstupu A jsou hodnoty intenzit stagnující, v relacích ze vstupu C pak mimo relaci C-D klesající.

3.3 Prognóza výhledových intenzit dle TP 225

Jelikož je žádoucí, aby navržené řešení řízení křižovatky vyhovovalo nejen stavu současnému, ale i stavu v nedaleké budoucnosti, je provedena prognóza intenzit pro rok 2025 podle TP 225 Prognóza intenzit automobilové dopravy [5].

V daných TP jsou uvedeny základní metody prognózy intenzit automobilové dopravy, a to metoda jednotného součinitele růstu a matematický model výhledového zatížení dopravy, pro jehož zpracování se zpravidla používá specializovaných programů.

Pro použití metody jednotného součinitele růstu musí být splněn zásadní předpoklad, že v období mezi současným a vymezeným rokem nedojde k žádným změnám, které budou mít podstatný vliv na intenzitu dopravy. Vzhledem k zahrnutí faktu, že ani otevření nového úseku metra "A" nemělo zásadní vliv na hodnoty naměřených intenzit, lze se domnívat, že tato podmínka by byla při zachování současného stavu křižovatky splněna. Tuto domněnku může ještě vyvrátit otevření tunelu Blanka, které může mít na dopravní vztahy v Praze 6 mnohem větší vliv než otevření metra, nicméně termín otevření Blanky je nejistý, a proto budou výhledové intenzity vypočteny na základě současného stavu.

Výpočet výhledové intenzity dopravy se provádí zpravidla samostatně pro jednotlivé základní skupiny vozidel j podle vzorce:

$$I_{vj} = I_{0j} \cdot k_{pj} \quad (3)$$

Výhledovou intenzitu $I_{vj} \left[\frac{\text{voz}}{h} \right]$ pro danou skupinu vozidel (lehká vozidla = LV, těžká vozidla = TV) se tedy získá součinem hodnoty výchozí intenzity dopravy pro danou skupinu vozidel $I_{0j} \left[\frac{\text{voz}}{h} \right]$ a koeficientem prognózy intenzit dopravy pro danou skupinu vozidel k_{pj} [-].

Výhledová intenzita pro všechna vozidla celkem se pak získá součtem výhledových intenzit pro jednotlivé základní skupiny vozidel.

$$I_v = \sum_{j=LV,TV} I_{vj} \quad (4)$$

Koeficient prognóz intenzit dopravy k_{pj} pro danou skupinu vozidel j se určí jako podíl koeficientu vývoje intenzit dopravy pro výhledový rok a pro danou skupinu vozidel

k_{vj} [–] a koeficientu vývoje intenzit dopravy pro výchozí rok a pro danou skupinu vozidel k_{0j} [–] pomocí vzorce:

$$k_{pj} = \frac{k_{vj}}{k_{0j}} \quad (5)$$

Do uvedených rovnic byly dosazeny tabulkové hodnoty pro výchozí rok 2015 a výhledový rok 2025, je tedy zjištěno, jak by se intenzity dopravy na posuzovaném uzlu mohly vyvinout za 10 let. Vypočtené hodnoty prognóz intenzit dopravy jsou:

$$k_{pLV} = \frac{k_{vLV}}{k_{0LV}} = \frac{1,37}{1,09} = 1,256881, \quad \text{resp.} \quad k_{pTV} = \frac{k_{vTV}}{k_{0TV}} = \frac{1,03}{1,01} = 1,01982$$

V tabulce číslo 6 jsou vidět výhledové intenzity pro rok 2025, které vyšly dosazením výchozích intenzit a koeficientů prognózy do rovnic (3), resp. (4). Vypočtené hodnoty intenzit poslouží jako podklad pro kapacitní výpočet a další zkoumání v programu Lisa+.

Tabulka 6 Výhledové intenzity - rok 2025

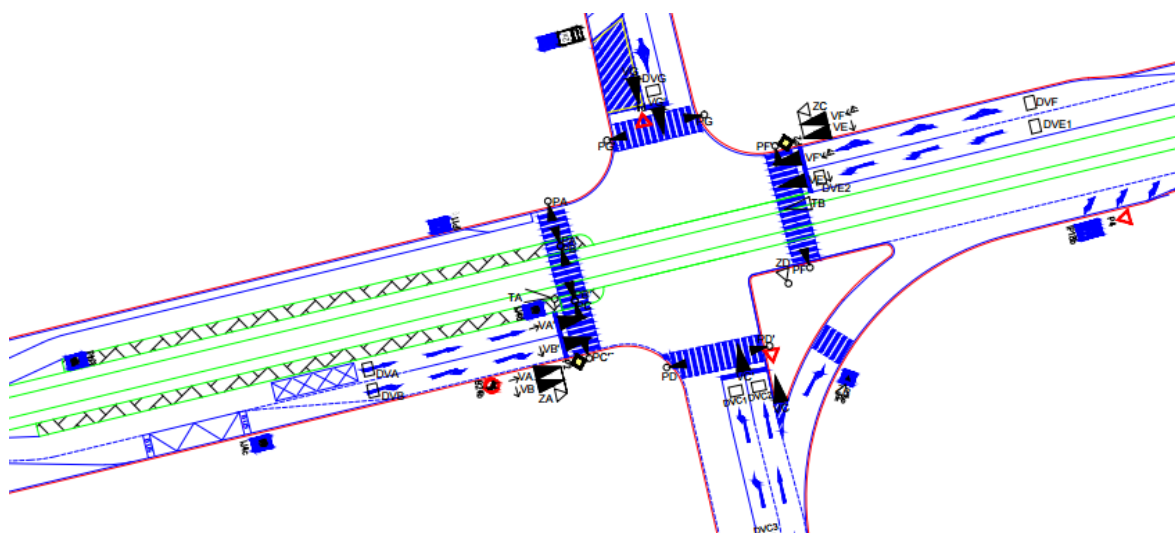
Výhledové intenzity dopravy - rok 2025, špičková hodina STŘEDA 7:25-8:25					
Název křižovatky:		Praha - Petřiny: Na Větrníku/Na Petřinách/Ankarská			
Paprsek	Název komunikace	Směr jízdy	I_0LV [voz/h]	I_OTV [voz/h]	Výhledová intenzita [voz/h]
A	Na Petřinách od Petřin	P (vpravo)	247	17	328
		R (rovně)	452	13	581
		L (vlevo)	9	0	11
B	Ankarská	P (vpravo)	353	11	455
		R (rovně)	37	0	47
		L (vlevo)	109	14	151
C	Na Petřinách od centra	P (vpravo)*	39	1	50
		R (rovně)	251	8	324
		L (vlevo)	356	5	453
D	Na Větrníku	P (vpravo)	8	0	10
		R (rovně)	6	0	8
		L (vlevo)	4	0	5

4 Návrh stavebního uspořádání s ohledem na výhledové intenzity

V této kapitole je popsán návrh stavebního uspořádání s ohledem na výhledové intenzity dopravy. Stavební uspořádání je navrženo tak, aby byla co nejvíce eliminována rizika z pohledu bezpečnosti současného řešení křižovatky a zároveň, aby nedocházelo k velkým hodnotám mezičasů a tudíž nižší kapacitě posuzovaného uzlu. Je ale nutné dodat, že návrh stavebních úprav vychází ryze ze subjektivního posouzení projektanta a v případě uvažování do reálném nasazení SSZ do provozu není žádný důvod o tomto prvotním návrhu vést diskuzi a dále ho zdokonalovat. Většina stavebních úprav byla již navržena v rámci bakalářské práce a je v souladu s [6] a [7], nově je třeba zohlednit zejména změny v povrchové MHD popsané v předchozí kapitole a dále nezapomínat na další křižovatku v těsné blízkosti, a to křižovatku Na Větrníku/Ankarská.

V podkapitole 4.1 jsou zmíněny všechny důležité stavební úpravy, včetně zdůvodnění, proč byly takto provedeny. V dalších podkapitole je rozebráno umístění detektorů. Předposlední podkapitola řeší možnosti parkování v oblasti, oblast parkování v Praze 6 je v souvislosti s plánovaným zaváděním parkovacích zón poměrně aktuální téma, a tak mu bude věnována zvláštní pozornost.

V poslední kapitole je pak zrekapitulován popis použité světelné a signalizace a označení signálních skupin, aby diplomová práce byla přehledná i pro čtenáře, kteří na předchozí bakalářskou práci nenarazili. Na Obrázku 15 je pro snadnější orientaci vidět nástin situačního schématu, kompletní situace je k nalezení v Příloze číslo 1.



Obrázek 11 Situační schéma návrhu křižovatky

4.1 Změny stavebního uspořádání - přehled

- Tramvajová zastávka Větrník ve směru od centra byla přemístěna z paprsku C na paprsek A.

Zdůvodnění: Současné řešení neumožňuje na paprsku C z důvodu vysokých intenzit vlevo odbočujících vozidel z hlavní komunikace zavést dva samostatné řadící pruhy o šířce 3,5 metrů, což lze považovat za nutné. Jak už bylo zmíněno v předchozích kapitolách, existuje projekt Rekonstrukce tramvajové trati, který je připraven k realizaci a který rovněž počítá s přemístěním zastávky Větrník na paprsek A. Posledním důvodem je i zvýšení bezpečnosti chodců, kteří v současném řešení při příchodu na zastávku Větrník umístěnou na paprsku C přecházeli přechod pro chodce, kde docházelo k četným kolizím automobilové dopravy s chodci.

- Autobusová zastávka Větrník ve směru relací A-B a A-C byla přesunuta blíže tramvajové zastávce větrník

Zdůvodnění: Vzhledem k novému návrhu předcházející zastávky Petřiny, která se bude nacházet v těsné blízkosti nové stanice metra Petřiny, by vzdálenost mezi touto zastávkou a současně umístěnou zastávkou Větrník byla poměrně krátká. Navržené řešení řeší jednak tuto nově vzniklou skutečnost, ale i pohodlnější přestup v zastávce Větrník z tramvaje na autobus a naopak. Na skutečnost, že autobusy od dubna 2015 nebudou využívat pouze relaci A-B, ale i relaci A-C, je reagováno. Vozidla linek využívající relaci A-B se mohou plynule zařadit do pravého připojovacího pruhu. Pro vozidla využívající relaci A-C jsou pro výjezd ze zastávky plynulejší zařazení do pruhu směřujícího rovně nově navrženy žluté zkřížené čáry (vodorovné dopravní značení V12b.)

- Je zakázáno odbočení vlevo z hlavní komunikace v relaci A-D

Zdůvodnění: Z hlediska naměřených intenzit se jedná o nepodstatnou relaci, její ponechání by znamenalo výrazné omezení kapacity křižovatky a dob zdržení vozidel na křižovatce, neboť by bylo nutné zavedení další fáze ve fázovém řešení křižovatky.

V případě zrušení odbočení v nějaké relaci je třeba se vždycky podívat, zda mají vozidla (předpokladem jsou vozidla místních obyvatel) nějakou jinou alternativu, jak dané místo vhodně objet, zda mají alternativu jiné cesty. Z Obrázku č. 12 lze vypožorovat, že u současného řešení jednosměrných provozů v dané oblasti by pro vozidla využívající zrušenou relaci A-D, prakticky neexistovala žádná rychlá vhodná varianta, jak se dostat např. do slepého ramena ulice Na Větrníku.



Obrázek 16 Současné řešení oblasti

Alternativy existují tři, nicméně při jedné z nich dochází k porušení pravidel silničního provozu, druhá je pro řidiče velmi nepříjemná z pohledu zdržení a třetí znamená nutnou úpravu oblasti z hlediska jednosměrných provozů. Níže je uveden stručný popis jednotlivých variant.

1. varianta: Vozidla jedoucí z ramena A využijí relaci A-C, v místě přilehlé křižovatky Na Petřinách/Na Větru/Myslivečkova se otočí a ulicí Na Petřinách přijedou z paprsku C, následně využijí relaci C-D. Tato varianta by sice byla schůdná z časového hlediska, nicméně při otáčení na zvýšeném tramvajovém pásu dochází k porušení pravidel silničního provozu, a proto je varianta neakceptovatelná.



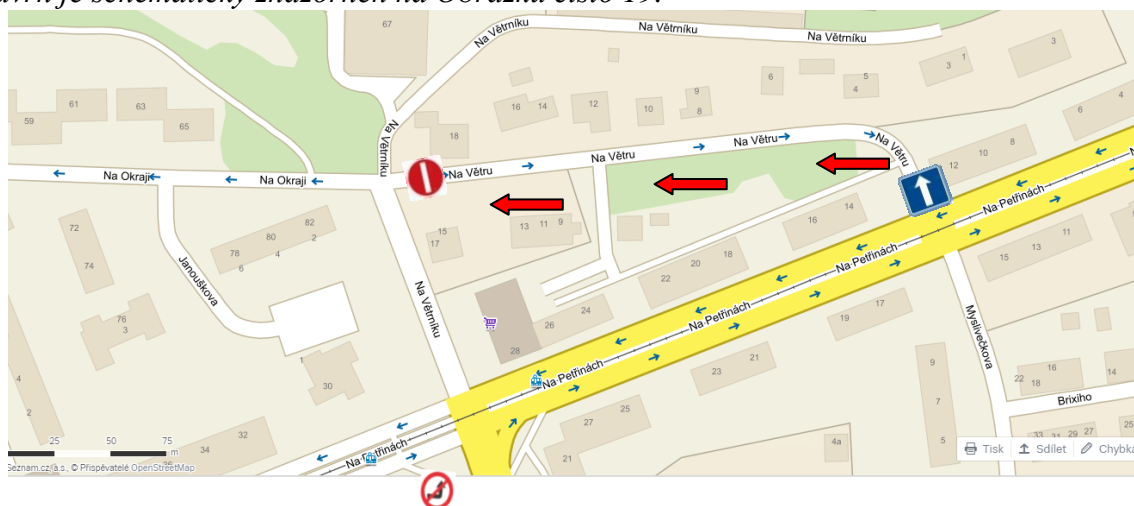
Obrázek 17 - Varianta objížděné trasy - 1.

2. varianta: Vozidla jedoucí z ramene A pokračují rovně relací A-C. Na křižovatce Na Petřinách/Na Větru/Myslivečkova se vydají vpravo ulicí Myslivečkova. Následně se na druhé křižovatce ve tvaru "T" vydají opět vpravo, jednosměrnou komunikací v ulici Dusíkova, následně budou muset dvakrát dávat přednost vozidlům na hlavní komunikaci, nejprve při zařazování do ulice Na Větrníku, následně při odbočení vpravo vozidlům přijíždějícím z Ankerské. Při opětovném příjezdu do posuzovaného uzlu pak využijí relaci B-D.



Obrázek 18 Varianta objížděné trasy - 2.

3. varianta: V ulici Na Větru bude jednosměrný provoz veden opačným směrem, následně postačuje na křižovatce Na Petřinách/Na Větru/Myslivečkova odbočit vlevo. Návrh je schématicky znázorněn na Obrázku číslo 19.



Obrázek 19 Varianta objížděné trasy - 3.

Výhodou 2. varianty je nenutnost zásahu do současného řešení jednosměrných provozů v dané oblasti, nevýhodou je poměrně nepřehledná obtížná objízdná trasa s pohledu časového zdržení řidičů a nutnosti často dávat přednost v jízdě vozidlům na hlavních komunikacích. Výhodou 3. varianty je flexibilní řešení a alternativa, která je časově téměř totožná se současným řešením, nevýhodou je nutnost provést změnu jednosměrného provozu v ulici Na Větru. Tato záležitost by měla být nejprve diskutována z radnicí Prahy 6 s přihlédnutím k názorům místních obyvatel. Argument, že kvůli otočení jednosměrného provozu nebudou mít vozidla z ulice Na Větru možnost využít relaci Na Větru-Na Petřinách směr centrum jako doposud, je při nejmenším sporný. V případě zavedení 3. varianty by se vozidla do centra dostávala ulicí Na Větrníku a dále přes relaci D-C posuzovaného uzlu a vzhledem k zavedení SSZ by už nemělo docházet k takovým čekacím dobám na vstupu z paprsku D jako doposud.

- Bylo ve snaze přiblížit všechny přechody pro chodce více středu křižovatky

Zdůvodnění: Zachování všech přechodů pro chodce na křižovatce lze považovat vzhledem k jejich rovnoměrnému rozložení intenzit na jednotlivých ramenech za nutné. Z hlediska řízení pomocí SSZ jsou výhodnější stopčáry, které jsou v krátké vzdálenosti od středu křižovatky a přechody jsou zaváděny zpravidla před stopčárami.

- Přechod pro chodce na paprsku A bude řešen rozdělením na tři dílčí přechody pomocí dvou samostatných ostrůvků navazujících na zastávku Větrník

Zdůvodnění: Současné řešení není v souladu s normou. [6]

- Poloměr oblouku na relaci A-B (pravé odbočení z hlavní komunikace) byl zmenšen na 9 metrů

Zdůvodnění: Jedná se o hodnotu dostačující pro odbočení kloubových autobusů, které zde stejně pravděpodobně od dubna 2015 nepojedou. Tímto řešením je navíc umožněno zavedení přechodu pro chodce na paprsku B blíže středu křižovatky přes trojúhelníkový ostrůvek

- Středový trojúhelníkový ostrůvek byl značně rozšířen.

Zdůvodnění: Zajištění bezpečnějšího přechodu chodců přes rameno B.

- Navržené řešení umožňuje nahradit stávající dopravní stín a oblast současného středového ostrůvku na přechodu pro chodce přes rameno B nahradit samostatným odbočovacím pruhem pro odbočení vlevo.

Zdůvodnění: Větší délka odbočovacího pruhu pro vozidla odbočující vlevo zvýší propustnost vozidel přijíždějících z Ankarské ulice. Bude lépe využít volný prostor, který posuzovaný uzel nabízí.

- Pro relaci B-C návrh počítá se samostatným odbočovacím pruhem vpravo odděleným směrovacím trojúhelníkovým ostrůvkem, poloměr oblouku byl zvětšen, bude zde nutný zásah do nezastavěného okolí. (Nutnost zrušení původního zábradlí a květeny, posunutí chodníků)

Zdůvodnění: Vytvoření nového připojovacího pruhu o délce 30 metrů, který přispívá k plynulejšímu zařazení vozidel využívajících relaci B-C. Tato relace nebude řízena pomocí SSZ, ale značkou Dej přednost v jízdě. Umístění přechodu navíc eliminuje místo vzniku častých nehod v současném řešení křižovatky.

- Přechod přes rameno C bude dlouhý 17 metrů.

Zdůvodnění: Norma udává, že v odůvodněných případech lze při rekonstrukcích navrhnout délku přechodu bez dělicího, resp. ochranného ostrůvku o této délce. Dle subjektivního posouzení se zde jedná o tento případ, zřízení ochranného ostrůvku by mělo negativní dopad na plynulost dopravy v uzlu a samostatné řadící pruhy na paprsku C jsou potřeba vzhledem k vysokým intenzitám dopravy. S ohledem na přemístění zastávky Větrník na paprsek A jsou zde navíc očekávány nízké hodnoty intenzit chodců přes tento přechod.

4.2 Použité detektory a jejich umístění

Pro sběr dopravních dat a křižovatkách slouží dopravní detektory různého typu, nejčastěji se používají smyčkové detektory, které jsou sice intrusivní, ale na druhou stranu poměrně spolehlivé. Na základě povahy křižovatky je navrženo použití následujících detektorů na jednotlivých ramenech.

Na rameni A je navrženo použití těchto detektorů:

- DVA - prodlužovací detektor měřící časovou mezeru vozidel jedoucích v relaci A-C, tj. týkající se signální skupiny VA, umístěný 29 metrů před křižovatkou
- DVB prodlužovací detektor měřící časovou mezeru vozidel jedoucích v relaci A-B, tj. týkající se signální skupiny VB, umístěný 29 metrů před křižovatkou

Na rameni B je navrženo použití těchto detektorů:

- DVC1 výzvoový detektor pro vozidla jedoucí v relaci B-A, tj. týkající se signální skupiny VC
- DVC2 výzvoový detektor pro vozidla jedoucí v relaci B-D, tj. týkající se rovněž signální skupiny VC
- DVC3 kongesční smyčka vyhodnocující zaplnění pruhů pro levé odbočení z vedlejší komunikace, tj. týká se signální skupiny VC

Na rameni C je navrženo použití těchto detektorů:

- DVE1 prodlužovací detektor pro vozidla jedoucí v relaci C-B, tj. týkající se signální skupiny VE, umístěný 35 metrů před křižovatkou
- DVF prodlužovací detektor pro vozidla jedoucí v relaci C-A, C-D tj. týkající se signální skupiny VF, umístěný 35 metrů před křižovatkou
- DVE2 výzvoový detektor pro vozidla jedoucí v relaci C-B, tj. týkající se signální skupiny VE

Na rameni D je navrženo použití těchto detektorů:

- DVG výzvoový detektor pro vozidla jedoucí v relacích D-A, D-B, D-C, tj. týkající se signální skupiny VG.

4.3 Parkování v blízkosti křižovatky

Situační řešení do jisté míry mění parkování v oblasti posuzované křižovatky. Současná podélná stání v oblasti paprsku C (a to jak ze směru z centra, tak do směru do centra) byla zrušena, pokaždé za účelem zvýšení kapacity křižovatky a plynulosti dopravy. V případě směru do centra byla nahrazena připojovacím pruhem, v případě směru z centra pak radícím pruhem navíc. Vozidla, která využívala tato parkování, mohou nově parkovat na šikmých parkovacích stáních v oblasti paprsku D, popř. mohou využít parkování v přilehlých ulicích.

Podélná stání na paprsku A ve směru z centra byla nahrazena podélným stáním s částečným stáním na chodníku, a to z důvodu přesunutí zastávky Větrník na paprsek A a s tím související změnou šířkového uspořádání komunikace. Podélná stání ve směru do centra byla nahrazena šikmým stáním, z důvodu větší pohodlnosti při parkování, šířka komunikace to umožňuje.

Poměrně aktuálním tématem v Praze 6 je zavedení, resp. v současné fázi spíše vize zavedení parkovacích zón v oblasti Prahy 6. Dle článku měsíčníku "Šestka" z dubnového vydání 2015 [22] je hlavním cílem zavedení parkovacích zón získání nástroje pro pružnou regulaci dopravy. Podmínky by se měly dle mluvčí Technické správy komunikací zlepšit jak pro rezidenty, kteří mají v Praze 6 trvalé bydliště, tak pro všechny, kteří marně hledají parkovací místo. V souvislosti s otevřením stanice metra Petřiny je zvýšení atraktivity území okolo stanice evidentní a Praha 6 si rozhodně nebude přát, aby se z oblasti Petřin stala odstavná plocha pro vozidla dojíždějící každý den zrána do Prahy. Naopak bude chtít řidiče přesměrovat na existující placená parkoviště. Existuje tedy reálná možnost, že i pro oblast Petřin bude v budoucnosti zavedení parkovacích zón potřebné. Parkovací zóny by mohly vést i k větší bezpečnosti v Praze 6 obecně, protože by s největší pravděpodobností klesl počet aut, který v oblasti parkují špatně a brání v dobrém rozhledu dalších účastníků dopravy.

Pokud by k zavedení parkovacích zón došlo, je vhodné zmínit, jaké druhy zón by bylo nejvhodnější zavést v okolí posuzovaného uzlu. Prozatím se mluví o třech druzích parkovacích zón, které budou postupně navrhovány. Modrá zóna bude sloužit především pro neomezené parkování rezidentů. Fialová zóna bude smíšená, takže bude sloužit jednak pro neomezené parkování rezidentů, ale i pro časově omezené placené parkování návštěvníků. Oranžová zóna pak bude sloužit výhradně pro návštěvníky, jimž nabídne

časově omezené placené parkování. Dle informací uvedených ve zdroji, se s prvotním zavedením na některých místech Prahy 6 počítá v říjnu roku 2015.

V rámci návrhu je v případě zavedení parkovacích zón v Praze 6 doporučeno:

- V ulici Na Větrníku v oblasti ramena D zavést modrou zónu, tj. zónu pro rezidenty, parkoviště by mělo primárně sloužit pro občany žijící v přilehlých bytech, popř. obyvatele Prahy 6, kteří využívají místní obchodní dům "Norma". Není žádoucí mít na tomto rameni návštěvníky oblasti.
- Na rameni A ve směru z centra, kde je navrženo podélné stání s částečným stáním na chodníku, je doporučeno zavést opět modrou zónu. Proces parkování při podélném stání s částečným stáním na chodníku je déle trvající a složitější, nebylo by proto žádoucí, aby došlo k omezení plynulosti dopravy a MHD na úkor parkování návštěvníků oblasti.
- Na rameni A ve směru do centra, kde je nově navrženo šikmé stání je doporučeno zavést fialovou zónu, tj. parkování pro rezidenty, ale i pro vozidla, která budou vozit cestující, kteří dále budou využívat místní tramvaje a budou tedy chtít parkovat krátkodobě. Jelikož se místo nachází před SSZ (a ne za ním, jak v případě protisměru) nebude docházet k dlouhodobějšímu omezení plynulosti dopravy.

4.4 Popis použité světelné signalizace, označení signálních skupin, označení detektorů

Světelná signalizace na posuzovaném uzlu je navržena v souladu s Vyhláškou číslo 30 Ministerstva dopravy a spojů z roku 2011. V [1] je uveden citovaný výpis z paragrafu 24 této vyhlášky. Zde je v rámci přehlednosti uvedeno označení signálních skupin, se kterým je v práci pracováno. V závorce je pak znázorněn způsob realizace dané signální skupiny pomocí signálů dle zmíněné Vyhlášky.

- VA - Signál pro vozidla jedoucí přímo v relaci A-C. (Signál se směrovou šípkou - S 2)
- VB - Signál pro vozidla jedoucí v relaci A-B. (Signál se směrovou šípkou vpravo - S 2)
- VC - Signál pro vozidla jedoucí v relaci B-A, B-D. (Plný signál - S 1)
- VD - Signál pro vozidla jedoucí v relaci B-C. (Uvedeno pro úplnost - nesignalizováno pomocí SSZ)
- VE- Signál pro vozidla jedoucí v relaci C-B. (Signál se směrovou šípkou vlevo S 2)
- VF - Signál pro vozidla jedoucí v relacích C-A, C-D. (Signál s kombinovanou směrovou šípkou přímo a vpravo - S 3)
- VG - Signál pro vozidla jedoucích v relacích D-A, D-B, D-C. (Plný signál - S 1)
- PA - PG (mimo PE) Signály pro chodce na celkem 6 přechodech, číslovány proti směru hodinových ručiček se začátkem na rameni A. (Signál pro chodce - S 9)
- PE - Nesignalizovaný přechod z pohledu chodců, uvedeno pro úplnost.
- ZA - Žluté světlo ve tvaru chodce upozorňující vozidla ze signální skupiny VB na přecházející chodce na přechodu PD. (S 4)
- ZB - Přerušované světlo ve tvaru chodce upozorňující vozidla na nesignalizovaný přechod pro chodce PE ve volném směru.(S 7 ve tvaru S 4)
- ZC - Žluté světlo ve tvaru chodce upozorňující vozidla ze skupiny VF na přecházející chodce na přechodu PG. (S 4)
- ZD - Přerušované světlo ve tvaru chodce upozorňující vozidla ze skupiny VG na přecházející chodce na přechodu PF. (S 7 ve tvaru S 4)

5 Návrh řízení pomocí dynamického signálního plánu s preferencí MHD

Tato kapitola obsahuje kompletní návrh řízení posuzovaného uzlu pomocí dynamického signálního plánu a se snahou o preferenci MHD. Postupně jsou rozebrány důležité body návrhu, a to tabulka mezičasů, návrh fází a jejich sledu a návrh všech možných sledů fází v rámci dynamického řízení. Kapitola vychází primárně z TP 81 - Navrhování světelných signalizačních zařízení pro řízení silničního provozu [14].

Dále jsou určeny podmínky pro prodloužení jednotlivých fází, podmínky pro výběr následující fáze a nechybí ani návrh možnosti doplnění nekolizního volna do fáze.

Následně je navržena logika řízení posuzovaného uzlu a dále je uveden příklad prvotního dynamického signálního plánu.

5.1 Tabulka mezičasů

Výpočet tabulky mezičasů je nutnou součástí každého návrhu řízení dopravy pomocí SSZ. Mezičas je definován jako doba nutná mezi koncem a začátkem signálu volno dvou kolizních signálních skupin, ve které poslední vozidlo nebo chodec v končící fázi stačí bezpečně opustit (vyklidit) kolizní plochu dříve, než první vozidlo nebo chodec v následující fázi tuto plochu dosáhne. Výpočet mezičasů vychází z rovnice (6):

$$t_m = \frac{(L_V + l_{voz})}{v_v} - \frac{L_N}{v_n} + t_B \quad (6)$$

, kde t_m [s] je mezičas v sekundách,

L_V [m] je vyklizovací dráha vyčtená změřením v situaci

L_N [m] je najížděcí dráha vyčtená změřením v situace

l_{voz} [m] je délka vyklizujícího vozidla z tabulky Standardních hodnot pro výpočet mezičasů

v_v, v_n [$\frac{m}{s}$] jsou standardní hodnoty vyklizujících, resp. najížděcích rychlostí

t_B [s] je tzv. bezpečnostní doba a pro motorová vozidla se udává: $t_B = 2$ s.

Tabulka mezičasů vypočtená dle normy je k vidění níže. V programu Lisa+ bude tento ruční výpočet porovnán s výpočtem v daném SW.

Tabulka 7: Tabulka mezičasů

		NAJÍŽDÍ															
		Vozidla						Tramvaje		Chodci							
		VA	VB	VC	VD	VE	VF	VG	TA	TB	PA	PB	PC	PD	PE	PF	PG
VYKLIZUJE	VA			4		-2		2					3			7	
	VB					-1		5					3	8			
	VC	4				2	4		5	2	13			3			7
	VD																
	VE	7	10	4					6	6	5				12		4
	VF			2					3			7					3
	VG	8	2			-1	1		6	5	10			7			3
	TA			4		0		3					3				8
	TB			0		0		3					8				3
	PA			-7				-1	-4								
	PB								3	-2							
	PC	5	5														
	PD		3	8		-2		3									
	PE																
PF	7						10	3	6								
PG			5				5										

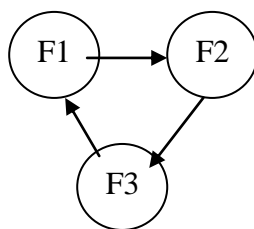
5.2 Návrh fází a sledů fází


Pro danou křižovatku se jeví jako nejvhodnější třífázové řešení křižovatky, dvoufázové řešení by totiž vzhledem k intenzitám jednotlivých dopravních proudů nebylo řešením bezpečným, čtyřfázové řešení by naopak výrazně snižovalo kapacitu posuzovaného uzlu.

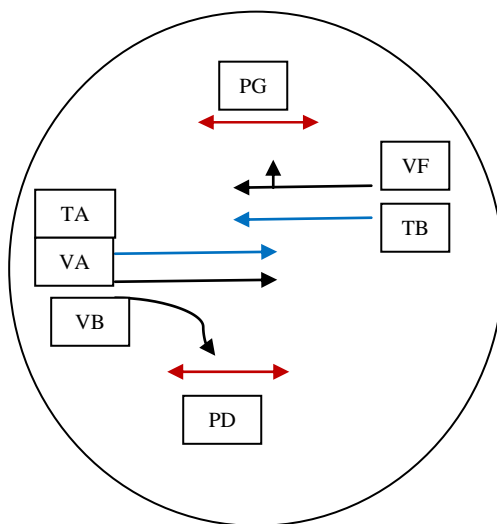
5.2.1 Navržená skladba a sled fází v případě řešení pomocí pevných signálních plánů

Následuje navržený sled fází a jejich skladba. V každé z uvedených fází má volno signální skupina VD (pravé rameno neřízené pomocí světelné signalizace), kde jsou vozidla využívající relaci A-C na chodce na přechodu PE upozornění blikajícím žlutým světlem ve tvaru chodce ZB. Tato relace tudíž není nakreslena ve fázovém schématu.

Na základě délek fázových přechodů, tj. dob nutných k přechodu z jedné fáze do druhé, které jsou závislé na hodnotách z tabulky mezičasů, byl navržen optimální sled fází:

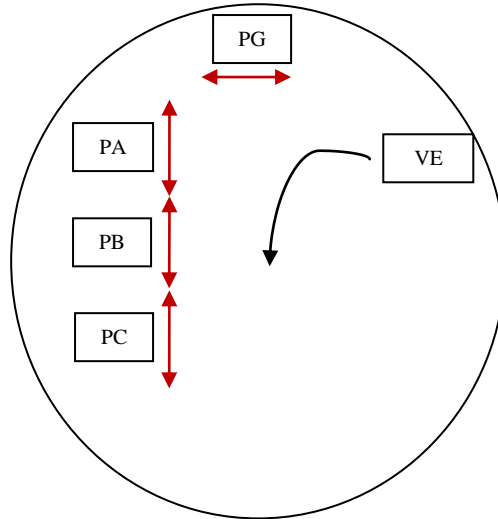


, kde ve  mají volno tyto signální skupiny:

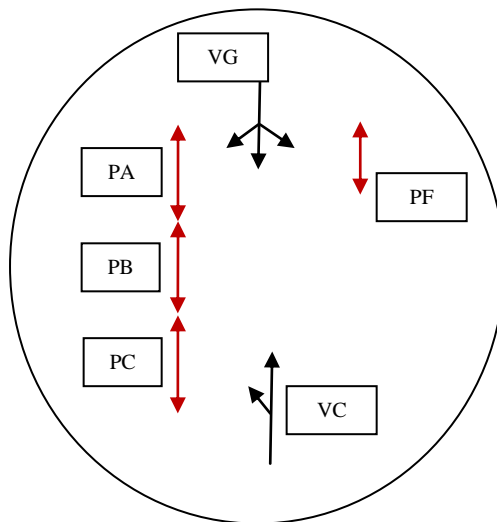


Z hlediska množství vozidel MHD by tato relace měla být nejpreferovanější, neboť MHD se od dubna tohoto roku vyskytuje na všech pěti signálních skupinách.

, dále ve (F2) mají volno tyto signální skupiny:

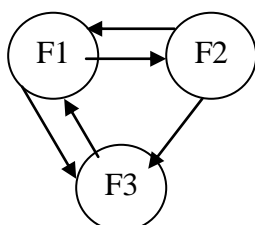


a v poslední (F3) mají volno tyto signální skupiny:



5.2.2 Možné sledy fází v dynamickém řešení uzlu, podmínky přizpůsobování dob signálu "Volno" a změny pořadí fází

Možné sledy z hlediska návrhu dynamického řízení dopravy z hlediska vložení fází, vycházející z faktu, že vynechání fáze F1 je z hlediska počtu spojů MHD opravdu nevhodné, jinými slovy se počítá s tím, že s fáze F1 nebude vynechána a v cyklu se bude objevovat nejčastěji.



Názorné je upřesnění podmínek, za kterých bude jednotlivá fáze prodloužena resp. vynechána. Tím se určí valná většina podmínek, které jsou zahrnuty následně v logice řízení křižovatky. Jednotlivé podmínky jsou řazeny podle priorit, hlavní prioritou je preference MHD.

K prodloužení fáze F1 do stanoveného maxima dojde za předpokladů:

- včasného přihlášení signálních skupin TA, TB, je nutné zohlednit fakt, že na rameni A se bude tramvaj nacházet v zastávce, na opačné nikoliv
- přihlášení autobusů signálních skupin VA, VB, VG
- nepřesáhne-li hodnota časové mezery na detektorech DVA, DVB, DVF stanovenou horní mez

K vynechání fáze F1, tj. k přechodu z F3 do F2 nebude docházet.

K prodloužení fáze F2 do stanoveného maxima dojde za předpokladů:

- nepřesáhne-li hodnota časové mezery na detektoru DVE1 stanovenou horní mez

K vynechání fáze F2, tj. přímému přechodu z fáze F1 do fáze F3 dojde za předpokladů:

- přihlášení autobusů signální skupiny VC (relace B-A)
- nebude-li pomocí výzvového detektoru DVE2 (signální skupina VE) detekováno žádné vozidlo

K prodloužení fáze F3 do stanoveného maxima dojde za předpokladů:

- včasné přihlášení autobusů signální skupiny VC
- kongesční smyčka DVC3 bude vykazovat přítomnost vozidla

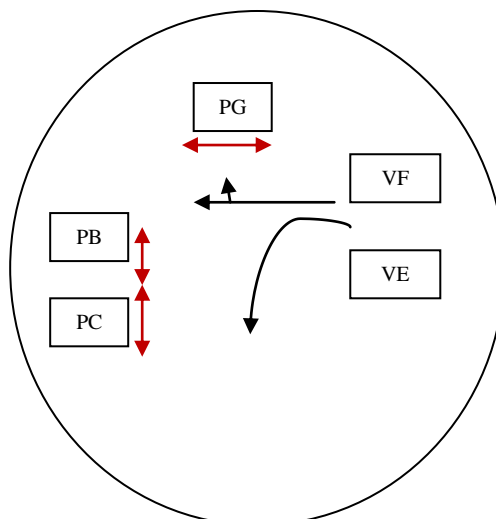
K vynechání fáze F3, tj. k rychlejšímu navrácení z F2 do F1 dojde za předpokladů:

- přihlášení tramvají signálních skupin TA, TB nebo autobusů signálních skupin VA, VB, VG ovšem za předpokladu nepřihlášení autobusů signální skupiny VC (z F3)
- Nenachází-li se na výzvových detektorech DVC1, DVC2 a DVG žádné vozidlo

Výše uvedené podmínky jsou tedy oním základem pro návrh řídicí logiky posuzovaného uzlu.

5.2.3 Možnosti změny skladby fází, popř. doplnění okamžitého doplnění nekolizního volna do fáze

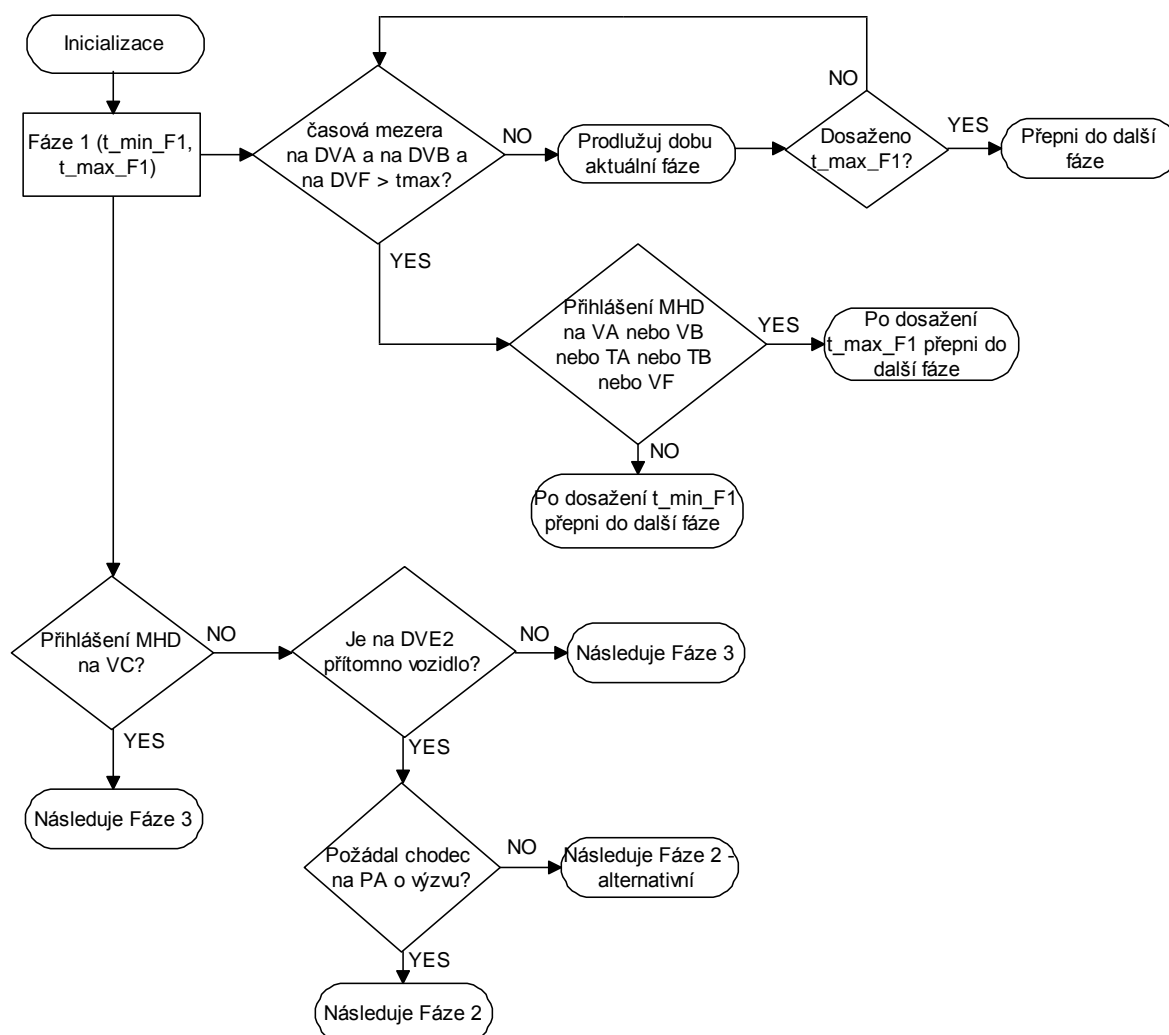
Vzhledem k třífázovému řešení posuzovaného uzlu se nenabízí moc možností měnit skladbu fází a doplnit nekolizní volno do některé z fází. V podstatě lze provést jenom následující opatření. Tři oddělené přechody na rameni A (signální skupiny PA, PB, PC) by bylo vhodné z hlediska návrhu vybavit chodeckými tlačítky a signál volno v dané fázi spustit pouze na výzvu. V případě absence chodců na přechodu PA by následně mohlo dojít k doplnění signální skupiny VF do fáze 2. Alternativní fázi 2 lze vyčíst z následujícího schématu.



5.3 Návrh logiky řízení

Tato podkapitola obsahuje vývojové diagramy, z nich lze vyčíst základní logiku řízení pro navržená schémata fází. Protože kompletní diagram pro celý sled by byl v práci poněkud nepřehledný, je rozdělen na 4 dílčí části, kde je naznačeno, jak se má v jednotlivých okamžicích řízení chovat.

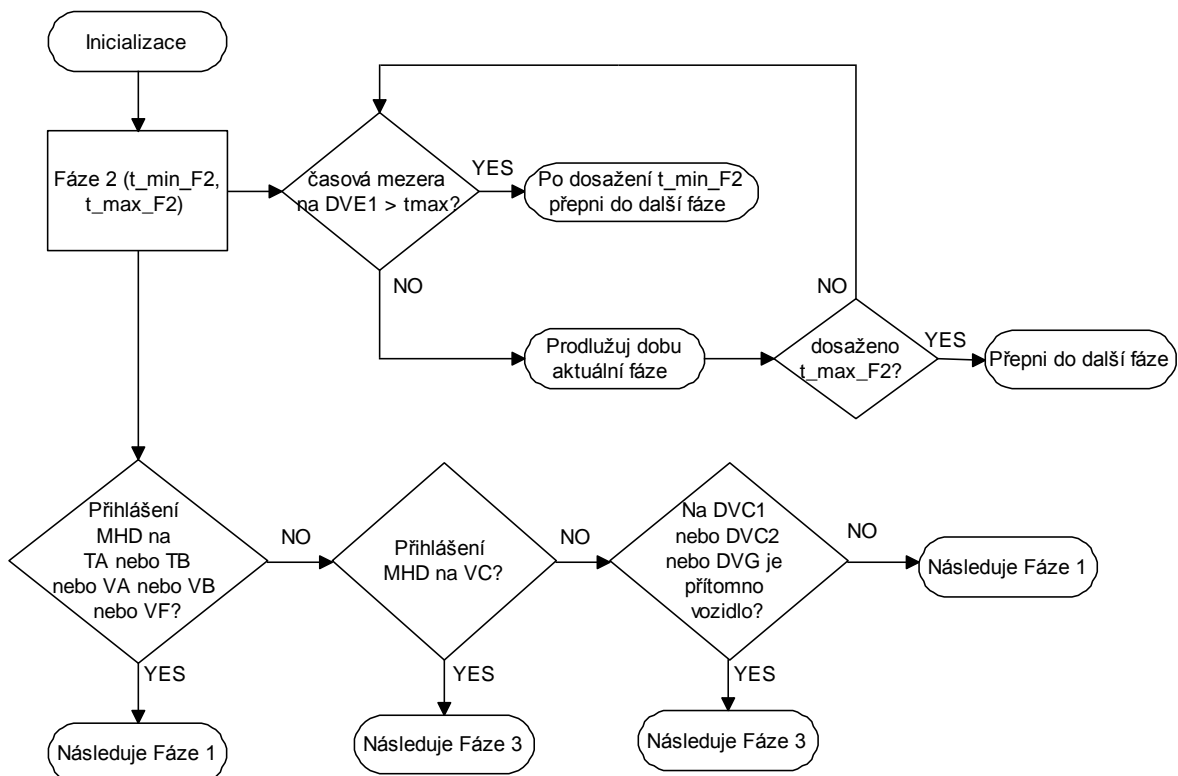
Komentář k prvnímu vývojovému diagramu. (Obrázek 20.) Po nutné inicializaci systému se aktivuje Fáze 1, doba fáze jedna se pohybuje mezi hodnotami t_{min_F1} a t_{max_F1} , které jsou předem určeny. (Konkrétní hodnoty jsou navrženy v rámci dynamického signálního plánu v další podkapitole.) Následně se nabízí dvě základní otázky, a to jak dlouhá bude aktuální fáze a jaká fáze bude následovat.



Obrázek 20 Podmínky prodloužení Fáze 1 a podmínky volby další fáze

Na detektorech DVA, DVB a DVF bude měřena časová mezera, pokud nepřekročí na všech jmenovaných detektorech zároveň časová mezera předem určenou hodnotu t_{max} , bude doba aktuální fáze prodlužována až do t_{max_F1} , po jehož dosažení dojde k přepnutí do další fáze. Pokud na všech detektorech bude překročena hodnota časové mezery, dojde k dalšímu dotazu, a to zda došlo k přihlášení alespoň jednoho vozidla MHD, majícího signál Volno v právě probíhající fázi. Pokud ano, dojde k prodloužení fáze do doby t_{max_F1} , v opačném v případě dojde k přepnutí fáze okamžitě, resp. po dosažení t_{min_F1} .

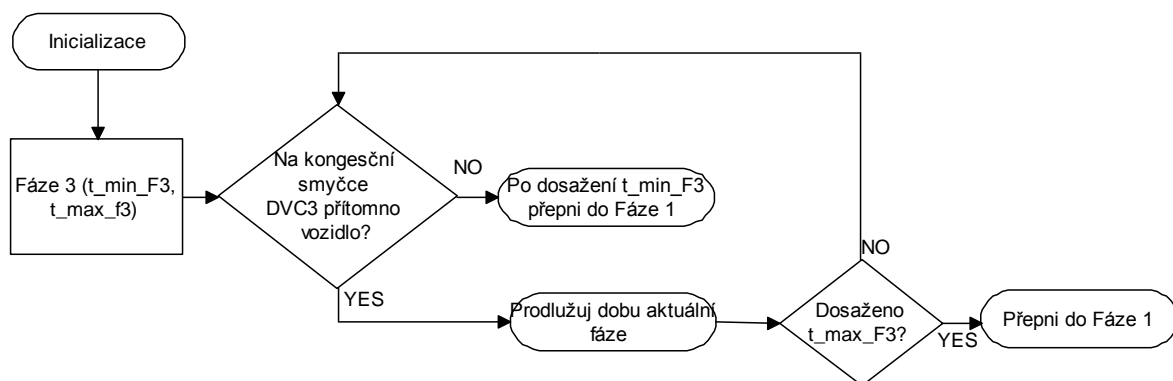
Další logickou otázkou, která se nabízí, je, jaká fáze bude po fázi 1 následovat. Absolutní prioritu mají v tomto případě autobusy využívající relaci B-A, resp. signální skupinu VC, pokud dojde ve fázi 1 k jejich přihlášení, následující fází bude fáze 3. Pokud ne, zjistí se přítomnost vozidla na DVE2. Nebude-li smyčka na DVE2 obsazena, což je pravděpodobné pouze v dobách mimo dopravní špičku, dojde opět k přepnutí do fáze 3, v opačném případě se zkontroluje jestli si chodec, podal výzvu na přechodu PA, v kladném případě následuje klasická fáze 2, v opačném pak upravená fáze 2.



Obrázek 21 Podmínky prodloužení Fáze 2 a podmínky pro volbu další fáze

Ve fázi 2, a to jak za předpokladu fáze klasické fáze 2, tak za předpokladu upravené fáze 2 bude na detektoru DVE1 měřena časová mezera. Pokud její hodnota nepřekročí předem určenou hodnotu t_{max} , bude doba aktuální fáze prodlužována až do t_{max_F2} , po jehož dosažení dojde k přepnutí do další fáze. (Obrázek 21).

Fáze 1 bude po fázi 2 následovat pokaždé, dojde-li ve fázi 2 k přihlášení alespoň jednoho vozidla MHD ze signálních skupin TA, TB, VA, VB či VF. a to s absolutní předností. Pokud nedojde k uvedenému přihlášení, je podán dotaz na přihlášení MHD z fáze 3 (signální skupina VC) a v případě kladné odpovědi na dotaz, dojde k přepnutí do fáze 3. V případě absence jakéhokoliv přihlášení MHD ve fázi 2, je následně ověřována obsazenost detektorů DVC1, DVC2, resp. DVG. Pokud dojde k detekci vozidla na alespoň jednom z těchto detektorů, dojde k přepnutí do fáze 3, v opačném případě dojde k přepnutí do fáze 1.



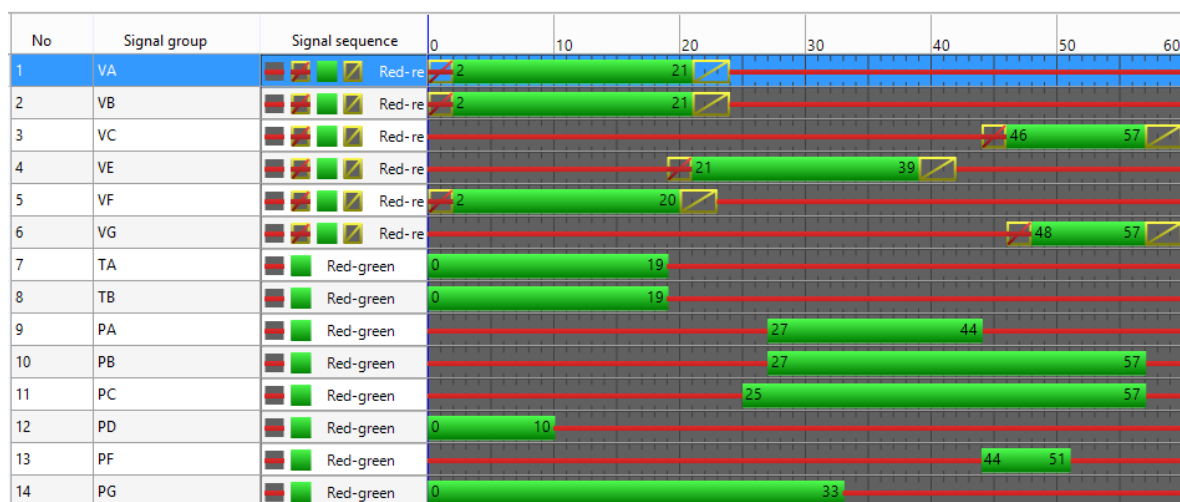
Obrázek 22 Podmínky prodloužení Fáze 3

Ve fázi 3 se kontroluje pouze obsazenost kongesční smyčky DVC3 umístěné z počátku odbočovacího pruhu doleva z vedlejší komunikací. V případě obsazenosti detektoru pak aktuální doba fáze bude prodlužována, nejdéle však do předem stanovené hodnoty t_{max_F3} . V opačném případě dochází k přepnutí do další fáze už po dosažení t_{min_F3} . Z fáze 3 dojde pokaždé k přepnutí do fáze 1, a to z důvodu, že ve fázi 1 má signál "Volno" nejvíce signálních skupin, které využívají vozidla MHD a tudíž není žádoucí, aby došlo k jejímu opakovanému vynechání. (Obrázek 22).

5.4 Návrh signálního plánu

Na základě naměřených intenzit je navržena prvotní verze dynamického signálního plánu pro řízení posuzovaného uzlu. Stanovení délky cyklu vychází z délky fází a mezičasů. Jak je již zmíněno v kapitole 3, dopravní zatížení v roce 2015 má poměrně podobný charakter jako dopravní zatížení v roce 2013. Proto je již využito známé hodnoty optimální doby cyklu pro pevný signální plán $c_{opt} = 56$ sekund. Protože v praxi se vyskytují zaokrouhlené hodnoty doby cyklu, pevný signální plán, ze kterého bude následně dynamický signální plán vycházet a zároveň se kterým bude navrženy dynamický signální plán v programu VISSIM porovnán, má hodnotu doby cyklu 60 sekund.

Rozdělení na jednotlivé fáze je úměrné naměřeným intenzitám, jsou dodrženy okrajové podmínky pro návrh doby fází, a to že minimální doba volna je nejméně 5 sekund nebo doba potřebná k vyklizení vozidel před prodlužovacím detektorem. Doba žluté jsou 3 sekundy, doba červené a žluté jsou 2 sekundy. První chodec v kolizním odbočujícím směru má volno minimálně 1 sekundu před vozidlem. Navržený pevný signální plán lze vidět na Obrázku 23, vytvořeno v simulačním prostředí VISSIM.



Obrázek 23 Pevný signální plán o délce cyklu $C = 60$ s

Prvotní ukázková verze dynamického signálního plánu vycházející z pevného signálního plánu pro ranní špičku je vidět na Obrázku 24, resp. 25, vytvořeno v MS Excel. Hodnoty minimální doby volna jsou vyznačeny tmavější zelenou, hodnoty možného prodloužení dané fáze pak světle zelenou. Hodnoty možného prodloužení v prvotní verzi jsou navrženy na základě zohlednění vytiženosti daných fází a dále na základě faktu, zda se v dané fázi vyskytuje vozidlo MHD.

6 Využití softwarového nástroje Lisa + pro návrh křižovatky

Prostředí Lisa+, které je součástí vybavení Fakulty dopravní, usnadňuje dopravním inženýrům kompletní návrh řízení světelně signalizovaných křižovatek, neboť obsahuje moduly pro kapacitní výpočet, návrh a výpočet signálních plánů podle určitých zavedených metod.

Návrh v Lise + je proveden postupně v jednotlivých blocích, kdy nejdříve bylo třeba provést návrh v grafickém rozhraní, následuje přiřazení jednotlivých stop, zadání naměřených vstupních dat a provedení kapacitního výpočtu. Následně je vytvořena matice konfliktů a vypočítána tabulka mezičasů. Následuje návrh fází a jejich sledu, návrh harmonogramu fází, návrh detektorů, linek MHD a posledním navrženým výstupem je logika samotného řízení.

Kompletní postup práce v programu Lisa + je k nalezení v Příloze číslo 2, zde se vyskytuje pouze výčet nejdůležitějších poznatků a komentář k výsledkům a výstupům. Protože Lisa+ neumožňuje písmenné označení ramen, je při práci v programu použito přeznačení na čísla, a to následovně: A - 1, B - 2, C -3, D - 4.

Program Lisa+ umožňuje mimo jiné vytvářet přímo projektovou dokumentaci ze všech dílčích projektových úkonů. Ukázky z projektové dokumentace jsou součástí přílohy 3.

6.1 Kapacitní výpočty neřízené varianty

Jedním z výstupů z programu Lisa+ je kapacitní výpočet neřízené varianty křižovatky. Tento výpočet je proveden pro všechna datová zatížení získaná ze zpracovaných dopravních průzkumů i pro zatížení ve výhledovém roce 2025.

Srovnáme-li ručně provedený výpočet s pomocí Technických podmínek a MS Excel (Tabulka 8) s výpočtem v programu Lisa+ (Tabulka 9, kompletní protokoly z výpočtu v Příloze 3), lze konstatovat, že se oba výpočty v nejdůležitějších bodech shodují. V obou případech a zároveň pro všechna zkoumaná zatížení vykazuje levé odbočení z vedlejší komunikace (směrový pohyb B-A, resp. 2-1 v Lisa+) zápornou rezervu kapacity a úroveň kvality dopravy na nevyhovujícím stupni F. Nevyhovující ÚKD by měla být jasným signálem pro zavedení SSZ na křižovatce.

Tabulka 8 Výsledky kapacitního posouzení neřízené varianty dle TP 188

Posouzení kvality dopravy					
Směrový pohyb	Dopravní proud	Rezerva kapacity (pvoz/h)	Délka fronty (m)	Střední doba zdržení (s)	Úroveň kvality dopravy
A-D	1	936	0	4	A
C-B	7	268	26	13	B
B-C	6	384	18	9	A
D-A	12	801	0	4	A
B-D	5	50	7	72	E
D-B	11	56	2	64	E
B-A	4	-29	125	602	F
D-C	10	15	2	61	E
Stanovená úroveň kvality dopravy na hlavní komunikaci:					B
Stanovená úroveň kvality dopravy na vedlejší komunikaci:					F

Tabulka 9 Výsledky kapacitního posouzení neřízené varianty v Lise+

Strom	Umístění	datová zátěž	Nadřazená intenzita dopravy	Základní kapacita	kapacita	rezerva kapacity	stupeň saturace	Pravděp. zpětná fronta - stav volno	95%-kolona-délka	99%-kolona-délka	průměrná čekací doba	UKD	dopravní proud (HBS)
		1..4	jv/h	Voz./h	jv/h	jv/h		jv/h	jv	jv	s		
3 » 2	2	505	455	814	814	309	0,62	0,380	5	7	11,6	B	1
3 » 1	1	429			2000	1571	0,21	1,000			0,0	A	2
3 » 4	1	31			1800	1769	0,02	1,000			0,0	A	3
4 » 3	4	6	1234	189	30	24	0,20	0,800	1	1	149,4	E	4
4 » 2	3	6	1379	161	61	55	0,10	0,902	0	0	65,4	E	5
4 » 1	2	7	219	733	733	726	0,01	0,990	0	0	5,0	A	6
1 » 4	2	0	437	832	832	832	0,00	1,000	0	0	0,0	A	7
1 » 3	1	303			2000	1697	0,15	1,000			0,0	A	8
1 » 2	1	179			1800	1621	0,10	1,000			0,0	A	9
2 » 1	4	99	1218	193	70	-	1,41	0,000	21	24	~	F	10
2 » 4	3	30	1221	196	74	44	0,41	0,595	2	3	80,8	E	11
2 » 3	2	381	142	810	810	429	0,47	0,530	3	4	8,4	A	12
3		31			1800	1769	0,02	-			0,0	A	3
4		19			62	43	0,31	-			83,2	E	4+5+6

Kapacitní výpočet je proveden i pro zatížení ve výhledovém roce a při pohledu na jeho výsledky (Tabulka 10, kompletní protokol k nalezení v Příloze 3) lze konstatovat, že při vyšším zatížení by křižovatka kapacitně nevyhověla pro další relace, tedy i pro podřazené proudy 3. a 2. stupně. Křižovatka by vykazovala záporné hodnoty rezervy kapacity i při jízdě přímo z vedlejších směrů či dokonce na poměrně vytiženém levém odbočení z hlavní komunikace, v relaci C-B, resp. 3-2 v Lise +.

Tabulka 10 Kapacitní posouzení pro zatížení ve výhledovém roce 2025

Strom	Umístění	datová zátěž	Nadřazená intenzita dopravy	Základní kapacita	kapacita	rezerva kapacity	stupeň saturace	Pravděp. zpětná fronta - stav volno	95%-kolona-délka	99%-kolona-délka	průměrná čekací doba	UKD	dopravní proud (HBS)
		1..4	jv/h	Voz./h	jv/h	jv/h		jv/h	jv	jv	s		
3 » 2	2	501	942	461	461	-	1,09	0,000	39	45	~	F	1
3 » 1	1	366			2000	1634	0,18	1,000			0,0	A	2
3 » 4	1	56			1800	1744	0,03	1,000			0,0	A	3
4 » 3	4	6	1455	142	0	-	-	0,000	-	-	~	F	4
4 » 2	3	8	1756	100	0	-	-	0,000	-	-	~	F	5
4 » 1	2	11	193	758	758	747	0,01	0,985	0	0	4,8	A	6
1 » 4	2	0	384	885	885	885	0,00	1,000	0	0	0,0	A	7
1 » 3	1	655			2000	1345	0,33	1,000			0,0	A	8
1 » 2	1	382			1800	1418	0,21	1,000			0,0	A	9
2 » 1	4	201	1426	147	0	-	-	0,000	-	-	~	F	10
2 » 4	3	51	1434	150	0	-	-	0,000	-	-	~	F	11
2 » 3	2	513	298	662	662	149	0,77	0,225	9	13	23,4	C	12
3		56			1800	1744	0,03	-			0,0	A	3
4		25			12	-	2,08	-			~	F	4+5+6

Ze zjištěného nám plyne poměrně jasný závěr, a to že v budoucnosti lze při zachování současné varianty neřízené křižovatky očekávat ještě více problémových relací v křižovatce z hlediska kapacity, když k tomuto faktu připočteme ještě faktor bezpečnosti, je obhajitelné, že uvažování o zavedení SSZ na křižovatce se rozhodně nejeví jako scestný krok.

6.2 Signální plány a kapacitní výpočty řízené varianty, logika řízení

Výpočet tabulky mezičasů a porovnání z výpočtem pomocí TP je součástí Přílohy 2. Dalším důležitým výstupem z Lisy+ je kapacitní výpočet řízené varianty pomocí pevných signálních plánů, při čemž program umožňuje nejen zadání vlastního signálního plánu a jeho následné vyhodnocení, včetně vyhodnocení dodržení zadaných mezičasů, ale i automatický výpočet pevného signálního plánu pro posuzovaný uzel. Jsou vygenerovány tyto signální plány:

- pro nezadanou délku cyklu, tzn. pro délku cyklu, kterou program vyhodnotí jako optimální - 57 sekund, vychází tedy
- pro délky cyklu 50, 60 a 70 sekund

Všechny signální plány jsou následně metodou HBS kapacitně posouzeny a je zjištěno, že zvyšování délky cyklu zhoršuje ÚKD na některých ramenech. Zajímavým poznatkem je, že žádné řešení navržené pro ranní špičku v roce 2015 nevyhovuje výhledovým intenzitám pro rok 2025 (většinou na levém odbočení z vedlejší komunikace), pro výhledové intenzity je nutné opět generovat samostatný nový signální plán. Výsledky kapacitního posouzení řízené varianty pomocí pevných signálních plánu jsou k nalezení v rámci Přílohy 3. V Tabulce 11 je vidět ukázkové vyhodnocení pro ranní špičku v roce 2015 a hodnotu cyklu stanovenou na $C = 50$ sekund

Tabulka 11 Vyhodnocení kapacitního posouzení - pevný signální plán

Přj.	Lane no.	Symbol	signální skupina	z [s]	M [Voz./h]	SIDKP [Voz./h]	K [Voz./h]	y	N _{oz} [Voz.]	N _{cz} [m]	N _{zpo} [Voz.]	r	P [%]	N _{cz} [Voz.]	N _{cz} [m]	t _{zpo} [s]	UKD	
3	1		V6	22	302	2000	880	0,34	0	0	3	0	90,0	5	30	9,23	A	
	2		V5	9	360	2550	459	0,78	2	12	5	1	90,0	9	54	33,94	B	
2	2		V3	5	117	3000	188	0,62	0	0	2	0	90,0	3	18	22,86	B	
	1		V3	5	37	3000	300	0,12	0	0	0	0	90,0	1	6	20,50	B	
	3				363	3000												
1	2		V1	19	464	2000	760	0,61	0	0	5	0	90,0	7	42	12,51	A	
	1		V2	13	264	2000	520	0,51	0	0	3	0	90,0	5	30	15,77	A	
4	1		V7	6	18	3000	360	0,05	0	0	0	0	90,0	1	6	20,13	B	
Suma za křiž.:					1925		3467											
Stř. hodnota:								0,56									18,42	
C = 50 s T = 3600 s																		

Řídící logika vytvořená v Lise+ je součástí Přílohy 3, nastavení parametrů a popis logiky je pak popsáno podrobněji v Příloze 2.

7 Ověření návrhu dynamického řízení v simulačním prostředí VISSIM

Pro ověření navrženého řešení řízení posuzovaného uzlu je zvolena simulace v prostředí VISSIM. Ta nám umožňuje udělat si přehled, jak dané stavební úpravy a změna řízení ovlivní dopravní chování v křižovatce. Dále je možno ze simulace dostat důležité výstupy, jako například střední dobu zdržení vozidel v křižovatce, která určuje ÚKD.

Postup práce v simulačním prostředí se shoduje se zaběhnutým způsobem práce při tvorbě modelu. Vstupem do modelu jsou nasbíraná data z ranní špičky, která byla předzpracována a rozdělena do intervalů po pěti minutách. Model je fyzicky vytvořen na základě podkladu situace z AutoCadu. Po vytvoření modelu je nutné ověřit, zda funguje, tak jak se od něho očekává, resp. provést jeho validaci. Následně je model kalibrován, tj. nastaven, aby co nejlépe reflektoval skutečnost.

Poté jsou vyhodnoceny nejdůležitější výstupy z modelu. Protože existují i výhledové hodnoty intenzit pro rok 2025, je provedena i alternativní analýza, kde je rozebráno, zda navržené řešení může fungovat i za 10 let.

Protože aktuálně vyšla najevo zpráva, že na posuzovaném uzlu patrně i za přispění rekonstrukce tramvajové trati SSZ instalováno bude, ovšem s odlišným návrhem situačního schématu, které nepočítá s neřízeným pravým odbočením z vedlejší komunikace odděleným trojúhelníkovým ostrůvkem, lze považovat za vhodné, pokusit se nasimulovat i tuto variantu a zhodnotit vliv relace B-C na signální skupinu VC.

Všechny poznatky vyvozené z výstupů modelu jsou následně v závěru kapitoly shrnuty a jsou z nich vyvozeny patřičné závěry.

7.1 Tvorba modelu, důležité vstupy a parametry, logika v prostředí VisVAP

Tvorba modelu vychází primárně z [10] a [11]. Protože z důvodu velké obsáhlosti úkonů nemá smysl popisovat každý krok při tvorbě modelu, zároveň je však vhodné osvětlit nastavení některých vstupů a parametrů simulace, zde je soupis nejdůležitějších úkonů provedených při tvorbě modelu:

- Dopravní síť je vytvořena pomocí linků a konektorů na základě podkladu situace z AutoCadu
- Typ dopravního chování pro linky a konektory je nastaven na "Urban," tento typ vychází z modelu Wiedemann 74 a je vhodné ho využívat pro komunikace v intravilánu.
- Rychlostní distribuce a distribuce zrychlení byly použity výchozí, odlišné rychlosti při různých pohybech v křižovatce změřené namátkou pomocí detektoru okamžité rychlosti, které je součástí vybavení FD, byli následně zohledněny při určování Redukovaných rychlostních zón (Reduced speed areas).
- Skladba dopravního proudu byla vytvořena vlastní na základě procentuálního zastoupení osobních automobilů a nákladních vozidel (HGV) v posuzovaném uzlu. Cyklisté, vzhledem k jejich malému počtu a velkému ovlivnění chování modelu, nebyli v modelu použiti.
- Vozidla MHD nejsou započtena do zmíněné vlastní skladby dopravního proudu, protože byla vytvořena samostatně v bloku "Public transport lines."
- Pro chodce je vytvořena rovněž vlastní vozidlová skladba dopravního proudu, neboť přednastavené skladby dopravního proudu pro chodce jsou pouze pro chodce bez interakce.
- V simulaci se rovnou počítá s tím, že nastavení doby simulace bude na 4 200 sekund, což je o 600 sekund více než 1 hodina. To je uděláno z důvodu náběhové fáze modelu, prvních 600 se model musí zaběhnout, a proto pro tento čas nebudou výsledky vyhodnocovány protože by byly zavádějící. Nastavení se provede v parametrech simulace.

- Vstupy vozidel (Vehicle inputs) jsou zaváděny po pětiminutových intervalech (300 sekund) kromě desetiminutové náběhové fáze. Hodnoty zavedených vstupů jsou součtové hodnoty osobních automobilů a nákladních vozidel z průzkumů vynásobených hodnotou 12, jelikož do modelu se vždy zadávají hodinové intenzity pro každý úsek vyhodnocení.
- Směrování (vehicle routes) vozidel je určeno procentuálním zastoupením směru pro každý směr a každý pětiminutový úsek vyhodnocení. Je snaha, aby model z hlediska směrování co nejlépe reflektoval naměřené hodnoty intenzit dopravy pro každý směr a interval vyhodnocení.
- V modelu jsou vytyčeny všechny důležité konfliktní zóny, které určují přednosti v jízdě, jejichž nastavení je v tomto modelu vzhledem k jejich počtu poměrně složité. Zásadní je dobře nastavit přednosti mezi směry, které budou mít současně plný signál, jejich špatné nastavení by se totiž nejvíce projevilo na funkčnosti modelu. V případě výjezdu autobusu ze zastávky je nastavena přednost pro autobus, což více reflektuje pravidla silničního provozu. (V modelu vozidla dávají přednost autobusu vyjíždějícím ze zastávky)
- Jsou vytvořeny zastávky Větrník (tramvaj), Větrník (autobus ve směru od Petřín) a Koleje Větrník (bus ve směru z Ankarské), zastávky jsou následně aktivizovány pro linky MHD popsané podrobněji v kapitole 3. Intervaly příjezdů linek MHD nejsou nastaveny dle příjezdů zjištěných v průzkumu, ale dle současného jízdního řádu...

Na návrh SSZ na křižovatce se je vhodné zaměřit poněkud podrobněji. Nejdříve je nutno vytvořit signální skupiny a pevný signální plán křižovatky (fixed-time control.) Zde existuje v podstatě několik možností. Buď se do modelu implementuje signální plán, který byl již dříve vytvořen např. výpočtem podle TP nebo v Lise+, pak stačí ručně vytvořit příslušné signální skupiny a v uživatelsky přehledném prostředí signální plán překreslit podle vzoru. Při tomto postupu není nutné zadávat sled fází, matici mezičasů a jiné vstupy, takže je rychlý pro ukázkové vyhodnocení, ale není vhodný pro další použití.

Druhou možností je využití modulu VISSIG. Tato možnost je využita v práci, neboť umožňuje generovat soubor s příponou PUA, který je součástí dynamického řešení řízení křižovatky. Při práci s modulem VISSIG se postupuje tak, že nejprve jsou vytvořeny příslušné signální skupiny, následně se zadá matice konfliktů, resp. mezičasů, určí se standardní sled fází a určí se doby mezifází. Posledním krokem je vytvoření vlastního signálního plánu nebo možností nechat si signální plán vygenerovat.

Do modelu se pak vloží prvek "Signal heads" a přiřadí se mu příslušná signální skupina, následně je již možné spustit simulaci a vyhodnocovat řešení pomocí pevných signálních plánů.

Při vytváření dynamického signálního plánu je v aplikaci VISSIG nutné dodefinovat všechny možné dílčí fáze a fázové přechody, které mohou v rámci dynamického řízení nastat. V případě posuzovaného uzlu je tedy vytvořena navíc Fáze 4, což je vlastně upravená Fáze 2 (dle návrhu v kapitole 5) za předpokladu, že chodec signální skupiny PA nepožádá na přechodu pro chodce o výzvu. Poté jsou přidány všechny možné fázové přechody mezi fázemi 1-3, 2-1,1-4, 4-1, 4-3 a vygenerován soubor PUA, který je nezbytnou součástí návrhu dynamického řešení, protože obsahuje všechny informace o mezičasech, fázích a jejich eventuálních přechodech. Dále je třeba do sítě instalovat prvky typu Detektor, které je žádoucí si vhodně označit či očíslovat, protože se následně označení používá v četných podmínkách pro návrh dynamického řízení.

Samotné dynamické řešení je navrženo v přidružené aplikaci VISVAP, což je prostředí, které nám umožňuje generovat soubor s příponou VAP, který obsahuje logiku řízení. Dynamické řízení se stejně jako v programu Lisa+ navrhuje formou vývojového diagramu, resp. podmínek, které určují, zda už je v aktuálním okamžiku vhodnější ponechat současnou fázi nebo přepnout do jiné fáze a v případě přepnutí do jiné fáze vybrat tu nejvhodnější. Vývojový diagram naleznete v Příloze 6, v podstatě se jedná o vývojový diagram navržený v kapitole 5 upravený pro potřeby uživatelského prostředí VISSIM. Zde je vysvětlení nestandardních podmínek použitých při návrhu:

- *podmínka $minGreenStgX$* , kde se za X dosazuje číslo dané fáze nám zaručuje, aby v modelu byla vždy dodržena podmínka minimální doby dané fáze, minimální doba fáze se zadává poté přímo v prostředí VISSIM (není nutné ji definovat v prostředí VISVAP.)

- *podmínka* $StgT(X) < MAX_STGX$, kde se za X dosazuje číslo dané fáze nám zaručuje, že doba dané fáze nebude nikdy delší, než doba minimální délky fáze prodloužená o maximální prodloužení stanovené parametrem $MAX_STG(X)$, tento parametr se na rozdíl od předchozího zadává do parametrů v aplikaci VISVAP
- *podmínka* $ExtendStg(X)$ je definicí, za jakých podmínek má dojít k prodlužování aktuální fáze X, většinou se jedná o prodloužení na základě měření časové mezery (*Headway*(číslo detektoru) $> MAX_GAP$, hodnota parametru MAX_GAP je hodnota maximální hodnoty časové mezery pro prodloužení dané fáze) a nebo přihlášení vozidla MHD... Pro zjednodušení v prostředí VISSIM pro přihlášení vozidla MHD v zastávkách MHD zaveden prvek typu detektor, při čemž se vyhodnocuje jeho obsazenost (*Occupancy*(číslo detektoru) > 0)
- *podmínka* $CallStg(Y)$ je definicí za jakých podmínek má dojít k přepnutí ze současné fáze X do následující fáze Y, zde je vhodné především vysvětlit dva základní principy, a to, že jakmile řízení zachytí tramvaj, následující fáze bude pokaždé Fáze 1 a že chodecké tlačítko je v modelu nahrazeno detektorem na obou stranách přechodu pro chodce, který vyhodnocuje přítomnost chodce ve Fázi 1, pokud je chodec ve fázi 1 přítomen, tj. na detektoru bude hodnota obsazenosti vykazovat hodnotu vyšší než 0, bude následovat Fáze 2, v opačném případě následuje Fáze 4.

Poté co je navržená logika kompletní, je nutné v prostředí VisVAP generovat soubor z příponou VAP. Následně se v prostředí VISSIM vytvoří nové řízení pomocí SSZ, kde vstupem jsou dva soubory nazvané "Interstage file," což je soubor s příponou PUA, který byl vygenerován v prostředí VISSIG a "Logic file," což je aktuálně zmíněný soubor s příponou VAP. Následně je nutné definovat minimální doby zelených pro dané signální skupiny. Posledním krokem je přeřazení prvků typu "Signal heads" od starého řízení (typu pevných signálních plánů) k řízení novému (typu VAP) Následně je možné spustit simulaci a následně model validovat a kalibrovat.

7.2 Validace a kalibrace modelu

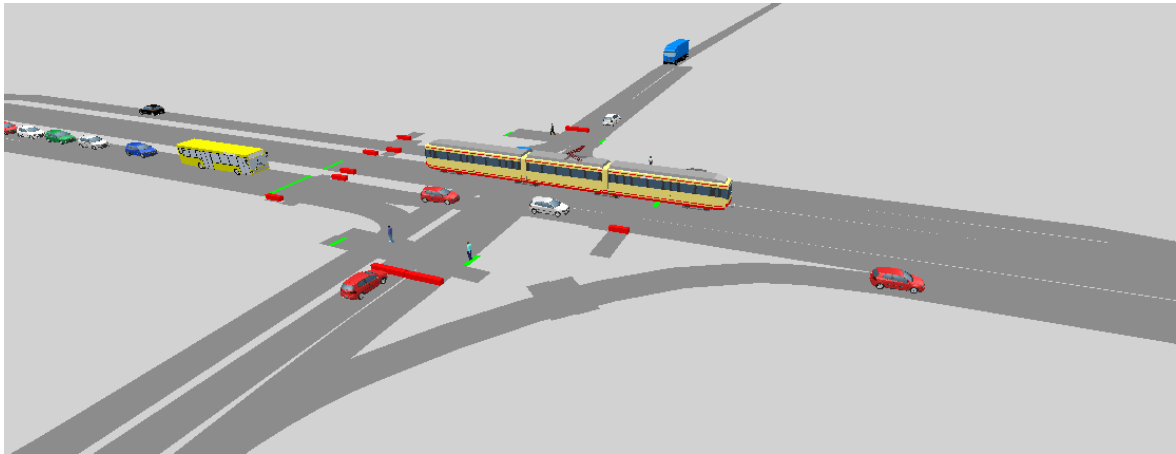
Po první verzi vizuálního zhlédnutí simulace jsou zpravidla zjištěny nedostatky v nastavení konfliktních zón, pokud si vozidla nedávají přednost tak, jak mají a jezdí přes sebe, je nutné vyhledat postiženou konfliktní zónu a vhodně ji upravit. Někdy se naopak stává, že příliš přesným nastavením konfliktních zón jsou řidiči vozidel přehnaně slušní, což rovněž nereflektuje situaci, jak by se na místě skutečně chovali. V nastavení konfliktních zón jde o nalezení vhodného kompromisu, který by co nejvíce připomínal reálnou situaci.

Dále se často objevuje chybové hlášení, že některý ze vstupů nemohl být dokončen, což může být zejména u vstupů vozidel problém, protože je samozřejmě snahou, aby byly dokončeny všechny vstupy z naměřených průzkumů. Chyba se často dá odstranit pouhým protažením linku pro daný vstup. Pokud se tímto krokem dané chybové hlášení neodstraní, znamená to většinou, že řízení je pro daný vstup nevhodně nastaveno a tvoří se na něm dlouhé kolony, v tomto případě je jediným možným řešením úprava navrženého řešení (změna signálních plánů a jejich parametrů).

Po vyladění zmíněných nedostatků je vhodné se zaměřit na samotné nastavení dynamického řízení, to je spojené především s četným pozorováním běhu simulace a vhodným upravením parametrů řízení (ve VISSIMu se jedná především o hodnoty minimální doby zelené, v aplikaci VisVAP pak o hodnoty maximálního možného prodloužení dané fáze a hodnoty maximální časové mezery pro prodloužení aktuální fáze.) V případě, že se dle vizuálního pohledu na běh simulace řízení ukazuje jako dobře navržené (je splněna základní logika řízení a preferenční opatření, nedochází ke tvorbě větších dopravních kongescí a dlouhým čekacím dobám na SSZ), lze přistoupit k vyhodnocení modelu.

7.3 Výstupy simulace

Základním výstupem k prezentaci navrženého řešení, je grafický výstup ve formě videa, kde lze názorně demonstrovat, jak je dané řízení schopno akceptovat zadané dopravní zatížení křižovatky a jak fungují preferenční opatření. Okomentované video ze simulace je součástí přiloženého CD jako příloha ve formátu .avi... Na Obrázku 25 je možné zhlédnout ukázkou ze simulace, kde právě probíhá Fáze 1.



Obrázek 25 - Ukázka ze simulace

Kromě toho VISSIM umožňuje generovat další výstupy, které vypovídají o vhodnosti zavedení daného řízení na křižovatce. Asi nejvíce využitelným výstupem je střední doba zdržení ve křižovatce, protože právě ta určuje ÚKD a posouzení podle ÚKD je směrodatné pro zavedení daného řešení. Pro porovnání je na stejné dopravní síti vyhodnocena ÚKD jak pro pevný signální plán navržený v podkapitole 5.4, tak pro dynamicky signální plán navržený ve stejné podkapitole, jehož parametry jsou však již pozměněny v důsledku kalibrace modelu.

Střední dobu zdržení v křižovatce získáme vložení prvku "Travel time" do modelu, prvek "Travel time" se umísťuje na začátek a konec úsekového měření. Po nastavení zobrazení zkoumaného parametru "Delay" a nastavení intervalu, ve kterém chceme zdržení vyhodnocovat, je nutné několikrát proběhnout simulaci pokaždé z jiným nastavením čísla "Random Seed," není totiž možné prezentovat výsledky na základě výsledků jednoho běhu simulace. V práci byla simulace proběhnuta celkem dvacetkrát. (Pro urychlení běhu simulace je vhodné pracovat v modulu "Quick mode.") Výsledky se automaticky ukládají do souboru s příponou att a VISSIM rovnou počítá průměrné hodnoty ze všech simulací. Ty jsou k nalezení na CD jako přílohy číslo 5a, 5b.

Z Tabulky 12 lze vyčíst průměrné hodnoty středních dob zdržení v sekundách pro dané vozidlové signální skupiny, mimo signální skupiny VC a VE dochází pokaždé ke zlepšení ÚKD při použití pevného signálního plánu. Výsledky jsou očekávatelné, neboť signální skupiny ve Fázi 1 jsou kvůli četným vozidlům MHD více preferovány na úkor relací v ostatních fázích. Zejména u tramvajových skupin jsou hodnoty střední doby zdržení demonstrativní, cíl snížit zdržení tramvají použitím dynamického řízení je naplněn, u signální skupiny TA se navíc jedná o zdržení včetně zastavení tramvaje v zastávce. Nižší hodnoty středních dob zdržení u signální skupiny VF jsou způsobeny zařazením nekolizního volna do Fáze 2 v případě, že si chodci na přechodu PA nepožádají o výzvu. K úplné spokojenosti by bylo možná ještě vhodné pokusit se nastavit parametry dynamického řízení tak, aby signální skupina VC vykazovala ÚKD na stupni B.

Tabulka 12 Srovnání ÚKD mezi dynamickým řízením a řízením pomocí pevných signálních plánů

Srovnání ÚKD návrhu dynamického řešení a řešení pomocí pevných signálních plánů									
		VA	VB	VC	VE	VF	VG	TA	TB
Dynamické řízení	Střední doba zdržení [s]	17,9	19,8	37,3	22,6	5,9	18,1	15,7	14,3
	ÚKD	A	A	C	B	A	A	A	A
Řízení pomocí pevných signálních plánů	Střední doba zdržení [s]	32,4	42,8	22,1	15,3	16,5	20,5	31,5	23,9
	ÚKD	B	C	B	A	A	B	B	B

7.4 Alternativní analýza

Součástí alternativní analýzy je vzhledem k povaze posuzovaného uzlu a vzniklým aktuálnostem v květnu hledání odpovědí na tři základní otázky:

- Vyhovělo by navržené řízení i hodnotám pro jinou část dne, např. odpolední špičku? Je nutné při nízkých intenzitách (např. v noci) měnit parametry pro model?
- Vyhovělo by navržené řízení i pro výhledové intenzity dopravy v roce 2025
- V souvislosti s aktuálně zjištěnou květnovou informací, že na křižovatce je skutečně v plánu instalovat SSZ, ovšem daný návrh počítá s tím, že pravé odbočení z vedlejší komunikace ve směru od Ankarské do centra bude řízeno rovněž pomocí SSZ, naopak trojúhelníkový ostrůvek dle návrhu úplně zmizí. Vyhovělo by navržené řešení i tomuto návrhu s odlišnými stavebními úpravami?

Po zadání odlišných hodnot intenzit pro jinou část dne do modelu lze konstatovat, že navržené řešení by vyhovělo pro jiné části dne, je ovšem vhodná mírná úprava parametrů, např. v odpolední špičce se je Fáze 2 mnohem více využívána než ve špičce ranní, a proto lze uvažovat o zvýšení hodnoty maximálního možného prodloužení dané fáze. Při nižších intenzitách provozu (např. o víkendu) je řešení rovněž směrodatné, neboť mohou mít stále "Volno" vozidla v hlavním směru (Fáze 1) a ostatní fáze se aktivují na výzvu. Při velmi nízkých intenzitách provozu i chodců (např. v noci) může být doporučeno SSZ přepnout do režimu blikavé oranžové, neboť dojde k menší době zdržení v posuzovaném uzlu. Vždy je však nutné zohlednit, jestli by vypnutí SSZ výrazně nesnížilo bezpečnost chodců.

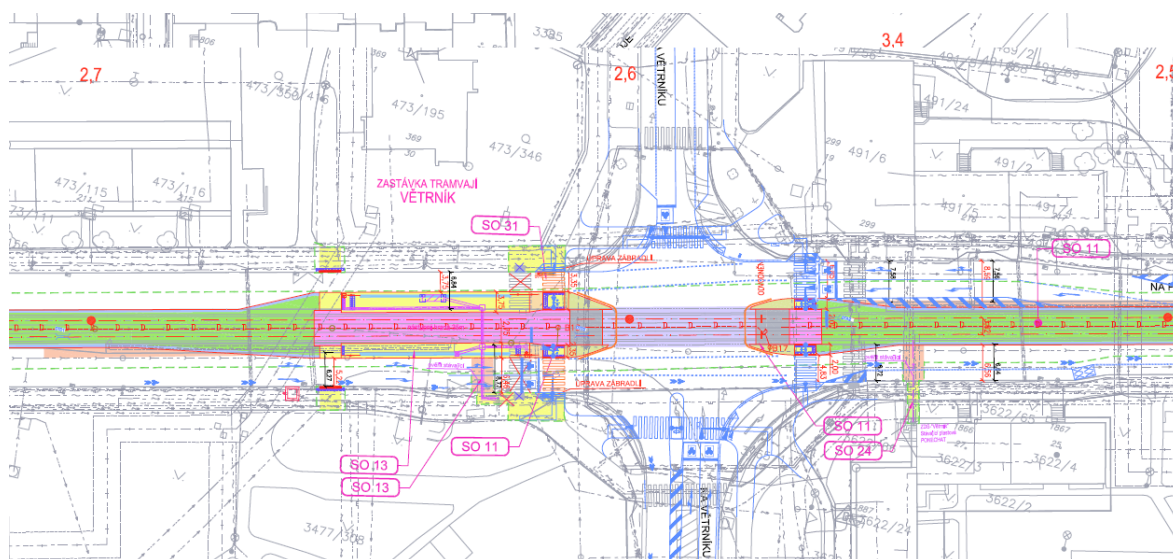
Tabulka 13 Srovnání ÚKD na základě současných a výhledových intenzit

Srovnání ÚKD pro současné a výhledové intenzity									
		VA	VB	VC	VE	VF	VG	TA	TB
2015	Střední doba zdržení [s]	17,9	19,8	37,3	22,6	5,9	18,1	15,7	14,3
	ÚKD	A	A	C	B	A	A	A	A
2025	Střední doba zdržení [s]	29,4	30,0	36,9	27,0	6,6	31,8	13,7	11,1
	ÚKD	B	B	C	B	A	B	A	A

Navržené řízení vyhoví i pro výhledové intenzity pro rok 2025, pouze se mírně zhorší ÚKD na jednotlivých signálních skupinách. Změny lze vyčíst z Tabulky 13.

V souvislosti s rekonstrukcí je již připravován projekt zavedení SSZ na křižovatce v rámci rekonstrukce tramvajové tratě. Jedná se o poměrně čerstvě zveřejněnou informaci. Projektová dokumentace je k nalezení na [23]. Na Obrázku 26 lze vidět návrh řešení posuzovaného uzlu. Oba návrhy jsou si v zásadě dost podobné, lze ovšem vidět nějaké odlišnosti jako např. že alternativní návrh počítá s předsazenými stáními pro cyklisty, vícero dělicími ostrůvky pro přechody pro chodce a není v něm zrušeno levé odbočení z hlavní komunikace jako je tomu u návrhu v diplomové práci. Nejdůležitější odlišností se jeví fakt, že alternativní návrh nepočítá se samostatným pravým odbočením z vedlejší komunikace odděleným středovým ostrůvkem a neřízeným pomocí SSZ. Naopak současný trojúhelníkový ostrůvek je v návrhu zcela odstraněn.

Jako výhodou alternativního návrhu lze jmenovat patrně možnost zachování současných parkovacích kapacit, jako nevýhodou naopak možnost tvorby delších kolon z Ankerské z důvodu čekání na signál "Volno." Není známé navržený sled fází a jejich počet k alternativnímu návrhu, ale v případě že bude totožný z návrhem v diplomové práci, je zřejmé, že Fáze 3 bude potřebovat mnohem delší zelené. Relace ve směru od Ankerské do centra je zejména v ranní špičce hodně vytížená a je předpoklad, že by ještě docházelo k omezení plynulému průjezdu vozidel využívající relaci Ankerská-centrum kvůli kolizní signální skupině chodců na přechodu.



Obrázek 26 Přípravovaný projekt SSZ na křižovatce v rámci rekonstrukce tramvajové tratě. Obrázek je součástí projektové dokumentace RTT Střešovická - Na Petřinách a je k nalezení na [23].

Po vyhodnocení alternativního řešení v programu VISSIM (opět průměrné hodnoty z dvaceti simulací jako v předešlých případech) lze konstatovat, že navržené dynamické řízení by vyhovělo i stavebnímu uspořádání alternativního řešení. ÚKD by ovšem byla na horších hodnotách. Vozidlová skupina VD, tj. vozidla využívající relaci Ankarská-centrum bude vykazovat ÚKD na stupni D. Je ale nutné zohlednit fakt, že v případě zavedení alternativního návrhu by bylo vhodné instalovat prodlužovací detektor i pro Fázi 3, resp. vozidlovou skupinu VD. V rámci neřízené varianty samostatného ramena tento detektor není nutný, a proto nebyl navržen. Dá se předpokládat, že jeho zavedení do logiky řízení by se projevilo na výsledcích simulace kladně, tudíž by ještě po správném nastavení všech parametrů mohlo dojít k lepším hodnotám ÚKD i v případě alternativního návrhu.

V Tabulce 14 lze vidět porovnání průměru ze středních dob zdržení pro případ alternativní nové varianty a varianty navržené v diplomové práci. Hodnoty vykazující vyšší ÚKD jsou na zeleně zvýrazněny.

Tabulka 14 Srovnání ÚKD návrhu v DP a řešení v alternativní variantě

Srovnání ÚKD návrhu v diplomové práci a návrhu v projektu [IX]										
	Signální skupina	VA	VB	VC	VD	VE	VF	VG	TA	TB
Návrh v projektu [IX]	Střední doba zdržení [s]	26,1	26,6	33,9	51,7	20,7	6,7	37,6	21,2	9,0
	ÚKD	B	B	B	D	B	A	C	B	A
Návrh v diplomové práci	Střední doba zdržení [s]	17,9	19,8	37,3	-	22,6	5,9	18,1	15,7	14,3
	ÚKD	A	A	C	neřízeno	B	A	A	A	A

7.5 Závěry vyvozené ze simulace

Z výše uvedeného ověření v simulačním prostředí VISSIM a následné alternativní analýzy lze vyvodit následující závěry:

- Navržené dynamické řešení vykazuje vyšší hodnotu ÚKD pro více signálních skupin než řízení pomocí pevných signálních plánů
- Řešení znamená menší ztrátové časy pro tramvaje. U autobusů se objevuje větší závislost, v které části dané fáze dojde k jejich přihlášení.
- Jako velmi vhodné se jeví zavedení výzvy na signální skupinu PA, možnost doplnění nekolizního volna do fáze znamená minimální zdržení vozidel ze signální skupiny VF.
- Řešení vyhovuje při vhodném nastavení minimální doby volna a maximální doby prodloužení i pro odpolední zatížení.
- Pro nízké hodnoty intenzit lze uvažovat o dvou řešeních. Prvním z nich je ponechání stále zelené v hlavním směru (ve Fázi 1) a přihlašování ostatních fází na výzvoových detektorech. Druhým z nich je vypnutí SSZ do blikavé oranžové.
- Navržené řešení vyhovuje i pro výhledové intenzity pro rok 2025.

8 Závěr

Cílem práce bylo navrhnout vhodné dynamické řízení křižovatky Na Větrníku/Na Petřínách a následně ho posoudit s pomocí softwarového vybavení Fakulty dopravní.

Pomocí výpočtu pomocí TP 188 i v programu Lisa+ bylo dokázáno, že neřízená varianta křižovatky nevyhovuje při levém odbočení z vedlejší komunikace, čímž je hlavní cíl práce opodstatněn. Kromě toho občané Prahy 6 opakovaně poukazují na řešení posuzovaného uzlu z hlediska bezpečnosti chodců a nepřehlednosti současného řešení.

Jedním z dílčích cílů bylo zjištění poznatku, jakým způsobem ovlivní otevření úseku metra A "Dejvická-Nemocnice Motol" dopravní vztahy v okolí posuzovaného uzlu. Na základě zpracování dat z roku 2013 a 2015 lze vyvodit závěr, že **celkový počet vozidel se v ranní špičce po otevření stavby celkově zvýšil, nikoliv však výrazně.** Otevření metra má vliv spíše na rozložení dopravních proudů v křižovatce a na parkování v oblasti křižovatky. Z toho důvodu byly v kapitole 4 zmíněny nejen zásadní stavební úpravy týkající se posuzovaného uzlu, ale i možnost řešení parkovacích zón v blízkosti křižovatky. Parkovací zóny se v současné době hodně diskutují a jejich zavedení je předpokládáno.

V původním záměru práce měla reflektovat i otevření tunelového komplexu Blanka. To však bylo z veřejně známých důvodů odloženo a další termín otevření je i nadále nejistý. Otevření tunelu Blanka by mohlo ovlivnit dopravní vztahy v Praze 6, a tak by bylo v případě zavedení SSZ na křižovatce nutné monitorovat situaci, provést nové dopravní průzkumy a následně pružně zareagovat na novou situaci.

Bylo navrženo dynamické řízení posuzovaného uzlu. Logika řízení je navržena tak, aby preferovala vozidla MHD ve Fázích 1 a 3 na úkor Fáze 2, dále se očekává instalování prodlužovacích a výzvnových detektorů, které budou v čase vyhodnocovat důležité parametry navržené pro dynamické řízení dopravy (časové mezery, obsazenosti). **Byly zváženy možnosti všech sledů fází a jejich vhodnost a možnosti doplnění nekolizního volna do fáze,** proto byla doplněna upravená Fáze 2 bez chodců PA, naopak s vozidly VF.

Dynamické řízení bylo porovnáno s řízením pomocí pevných signálních plánů, po vyhodnocení v simulačním prostředí VISSIM lze s úspěchem konstatovat, že **pro drtivou většinu signálních skupin dynamické řešení šetří čas a zvyšuje ÚKD,** která

byla vyhodnocena na základě vyhodnocení průměrné střední doby zdržení z 20 simulací v programu VISSIM. Zejména tramvajím pomůže řešení ušetření doby strávené ve křižovatce o více než 10 sekund.

Navržené řešení po menších úpravách vstupních parametrů vyhovuje i intenzitám v jiné době dne. Pro výhledové intenzity pro rok 2025 křižovatka na základě vyhodnocení ÚKD rovněž kapacitně vyhoví.

Vcelku aktuálně vyšla najevo informace, že je v plánu návrh SSZ na posuzované křižovatce, ovšem s jiným dopravně-stavebním řešením, než je navrženo v této práci. Proto v průběhu práce vyvstal nový cíl porovnat a vyhodnotit obě řešení.

Bylo vyhodnoceno, že z hlediska kapacity více vyhovuje řešení navržené v diplomové práci, nejsou však známy okolnosti, které mohli připravovaný projekt ovlivnit. (To může být třeba žádost o zachování současných parkovacích ploch nebo ekonomická stránka projektu, kterou se diplomová práce nezaobírá, přestože může mít zásadní vliv na zvolené stavební úpravy a způsob řízení.) Ať už bude ale na křižovatce zavedeno jakékoliv řízení pomocí SSZ, bude to krok kupředu z hlediska kapacity, bezpečnosti a přehlednosti křižovatky.

Diplomovou práci lze brát jako návrh na zavedení dynamického řízení na posuzované křižovatce s následným monitorováním situace na křižovatce a pružnou reakcí na nedostatky, jejichž možnost vzniknutí byla naznačena v této práci.

Použité zdroje

- [1] RŮŽIČKA J.: *Návrh řízení na křižovatce Na Větrníku / Na Petřínách..* Praha: 2013. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní.
- [2] TP 188 Posuzování kapacity neřízených úrovnových křižovatek, EDIP s r.o., 2007.
- [3] TP 235 Posuzování kapacity světelně řízených křižovatek, EDIP s r.o., 2011
- [4] TP 189 Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích , EDIP s r. o., 2007
- [5] TP 225 Prognóza intenzit automobilové dopravy, II. vydání, EDIP s r. o., 2012
- [6] ČSN 736102 - Projektování křižovatek na pozemních komunikacích
- [7] ČSN 736110 - Projektování místních komunikací
- [8] Příbyl P., Mach R.: *Řídicí systémy silniční dopravy*, ČVUT, Praha 2003
- [9] *Highway Capacity Manual 2010*. Washington, D.C. : Transportation Research Board, 2010
- [10] VISSIM - PTV: User manual
- [11] VisVAP 2.16: User manual
- [12] Oznámení zahájení stavebního řízení - "RTT Střešovická - Na Petřínách", 01/2015
- [13] Xing Zheng: An adaptive control algorithm for traffic-actuated signalized networks – dissertation, university of California, 2010, pdf
- [14] TP 81 - Navrhování světelných signalizačních zařízení pro řízení silničního provozu, schváleno MD ČR, 1996
- [15] Schischa H. Steuerung von Verkehrslicht-Signalanlagen (VLSA) – Steuerungsphilosophie für die zentrale Verkehrsregelung. online: <https://www.wien.gv.at/verkehr/verkehrsmanagement/vema/fachartikel.html>. citace 2014-12-03.
- [16] Berlin Traffic Control Centre. Traffic Management Ensures Urban Mobility. online: <http://viz-info.de/documents/10122/0/VKRZ-Flyer-Englisch/c2bfb4a4-d777-42ef-a208-18a24a83f04c>. citace 2014-12-10
- [17] HOW SCOOT WORKS. online: <http://www.scootutc.com/DetailedHowSCOOTWorks.php?menu=Technical>. citace 2014-12-13
- [18] Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 13 июля 2011 г. N 945 "О Транспортной стратегии Санкт-Петербурга до 2025 года" (с изменениями и дополнениями) online: <http://base.garant.ru/35344779/>. citace 2014-12-13
- [19] Nebezpečný přechod na křižovatce ulic Ankarská a Na Petřínách. online: <http://www.chodcisobe.cz/praha/podnety/991/nebezpecny-prechod-na-krizovatce-ulic-ankarska-a-na-petrinach>, citace 2014-12-12
- [20] Dangl R. Preference MHD ve Vídni: úspěchy, problémy a možnosti řešení. online: <http://www.konference2011.pmdp.cz/de/download/>. publikace 2011. citace 2014-12-12
- [21] Berlin Traffic Control Centre. Traffic Management Ensures Urban Mobility. online: <http://viz-info.de/documents/10122/0/VKRZ-Flyer-Englisch/c2bfb4a4-d777-42ef-a208-18a24a83f04c>. citace 2014-12-10
- [22] Prahu čeká letos revoluce v parkování. online: <http://www.sestka.cz/index.php?clanek=4220> citace 2015-04-04
- [23] Rekonstrukce TT Střešovická – Na Petřínách online: <http://mhd86.cz/2015/05/10/rekonstrukce-tt-stresovicka-na-petrinach/> citace 2015-05-18
- [24] www.mapy.cz citace 2015-02-12
- [25] www.jdvm.cz citace 2015-03-05

Seznam příloh

Příloha 1 - Situační výkres křižovatky

Příloha 2 - Postup práce v prostředí Lisa+

Příloha 4 - Vývojový diagram v prostředí VisVAP

Seznam netisknutých příloh - součást CD

Příloha 3 - Ukázky z projektové dokumentace z prostředí Lisy +.

Přílohy 5a, 5b - Vyhodnocení střední doby zdržení z VISSIMu - soubory typu xls

Příloha 6 Ukázkové video z VISSIMu - soubor typu avi

Příloha 7a, 7b "Interstage file" a "Logic file" určující dynamické řízení - soubory typu pua a vap

Seznam použitých zkratk

SSZ - světelné signalizační zařízení

TP - technické podmínky

IAD - individuální automobilová doprava

MHD - městská hromadná doprava

GIS - geografický informační systém

ÚKD - úroveň kvality dopravy

VISSIM - Verkehr in Städten - Simulationsmodell

MS - Microsoft

ROPID - regionální organizátor pražské integrované dopravy

ČSN - české technické normy

GNSS - Global Navigation Satellite System

RTT - rekonstrukce tramvajové trati