

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2019

Tomáš Hochman



K620..... Ústav dopravní telematiky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Tomáš Hochman

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – ITS – Inteligentní dopravní systémy

Název tématu (česky): **Návrh světelně řízené křižovatky Náchodská -
Bystrá v Praze**

Název tématu (anglicky): The Design of Traffic Control at the Intersection
Náchodská - Bystrá in Prague

Zásady pro vypracování

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

- Analýza aktuálního stavu posuzovaného neřízeného dopravního uzlu včetně kapacitního posouzení.
- Provedení dopravního průzkumu za účelem sběru dopravně inženýrských dat pro návrh a posouzení směrových stavů a dopravních zátěží.
- Návrh situačního řešení světelně řízené křižovatky včetně posouzení účelnosti dle ČSN 736102 a návrhu pro územní řízení dle TP 81
- Ověření návrhu světelně řízené křižovatky v simulačním prostředí VISSIM včetně kapacitního posouzení řízené křižovatky dle platných TP 235




- Rozsah grafických prací: dle požadavků vedoucího bakalářské práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: TP 81 - Zásady pro navrhování světelných signalizačních zařízení na pozemních komunikacích II. vydání
Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích (II. vydání) ISBN 978-80-87394-06-9
PTV VISSIM - User manual

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Tomáš Tichý, Ph.D., MBA**
Ing. Jiří Růžička

Datum zadání bakalářské práce: **25. října 2018**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

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


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




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

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.



Tomáš Hochman
jméno a podpis studenta

V Praze dne 25. října 2018



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Tomáš Hochman

Návrh světelně řízené křižovatky Náchodská – Bystrá

v Praze

Bakalářská práce

2019

Prohlášení

Nemám závažný důvod proti užívání 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).

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.“

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu doc. Ing. Tomáš Tichý, Ph.D., MBA za vstřícné jednání a ochotu předávat dál cenné znalosti při tvorbě bakalářské práce. Děkuji své rodině za podporu při studiu.

V Praze dne

.....

Abstrakt

V této práci je řešena úrovnňová křiřovatka Náchodská – Bystrá leřící v Praze, Horních Počernicích. Je zkoumána vhodnost realizace světelného signalizačního zařízení a posléze se navrhuje řízení křiřovatky, což je v závěru práce ověřeno v simulačním prostředí VISSIM.

Klíčová slova křiřovatka, dopravní průzkum, světelné signalizační zařízení, VISSIM

Abstract

In this thesis is dealt with level intersection Náchodská – Bystrá situated in Prague, Horní Počernice. It is researched propriety of light signaling devices realization and later is projected intersection control, which is verified in the end of thesis in simulation environment VISSIM.

Keywords intersection, traffic survey, light signaling devices, VISSIM

Obsah

1	Úvod	1
2	Dopravně inženýrský popis oblasti	2
2.1	Širší dopravní vztahy	2
2.2	Dopravní značení	5
2.3	Problémy	8
2.4	Sběr dopravně inženýrských dat pro návrh a posouzení směrových stavů a dopravních zátěží	11
2.4.1	Situační výkres	11
2.4.2	Dopravní průzkum	11
2.4.3	Dopravní průzkum – středa odpoledne	12
2.4.4	Dopravní průzkum – sobota odpoledne	13
2.4.5	Dopravní průzkum – středa ráno	14
2.4.6	Statistické vyhodnocení nehodovosti	15
3	Analýza aktuálního stavu posuzovaného neřízeného dopravního uzlu včetně kapacitního posouzení	16
3.1	Kapacitní posouzení neřízené křižovatky	16
3.2	Kritéria posouzení řízené křižovatky	17
3.2.1	Kritérium bezpečnosti	17
3.2.2	Kritérium intenzity z hlediska vozidel	20
3.2.3	Kritérium intenzity z hlediska chodců	21
3.2.4	Kritérium plynulosti vozidel MHD	22
3.2.5	Kritérium místa zvláštního zřetele	23
3.2.6	Zhodnocení kritérií pro návrh SSZ	23
4	Návrh situačního řešení světelně řízené křižovatky včetně kapacitního posouzení, návrh SSZ z DI dat a rozsahu dokumentace pro územní řízení	24
4.1	Návrh organizace dopravy	24
4.2	Návrh uspořádání křižovatky	24

4.3	Návrh a sled fází.....	25
4.4	Situační řešení a stavební úpravy.....	26
4.5	Tabulka mezičasů.....	27
4.6	Sestavení fázových přechodů.....	27
4.7	Výpočet parametrů cyklů.....	28
4.7.1	Délka cyklu.....	28
4.7.2	Délka fází.....	29
4.7.3	Doba volna.....	29
4.8	Základní popis způsobu řízení.....	30
4.9	Kapacitní posouzení světelně řízené křižovatky.....	31
4.9.1	Porovnání kapacitních posouzení světelně řízené křižovatky s neřízenou úrovní křižovatkou.....	34
5	Ověření návrhu světelně řízené křižovatky v simulačním prostředí VISSIM včetně návrhu způsobu řízení a širších dopravních vztahů.....	35
5.1	Teoretická část k programu VISSIM.....	35
5.2	Simulace.....	35
5.3	Porovnání výsledků simulace s kapacitním posouzení světelně řízené křižovatky.....	39
5.4	Doporučení.....	40
6	Závěr.....	41
7	Resumé v anglickém jazyce.....	43
8	Seznam rovnic.....	44
9	Seznam tabulek.....	45
10	Seznam obrázků.....	46
11	Seznam pramenů a použité literatury.....	47
13	Seznam zkratk.....	49
14	Seznam příloh.....	50

1 Úvod

Podnětem a hlavní motivací ke zpracování tématu byl především blízký vztah s lokalitou, kde se řešený uzel nachází. Jedná se o autorovu rodnou čtvrť. Subjektivním pozorováním z pohledu řidiče OA i cestujícího v autobusech MHD byly zjištěny možné problémy tohoto uzlu, které denně obtěžují životy jak řidičů, tak i chodců. To vedlo k úvaze o zpracování tohoto tématu.

Cílem práce je nejprve křižovatku analyzovat. To znamená realizovat dopravní průzkumy a získat vstupní data. Dále je nutné provést ověření, zdali je vůbec vhodné na křižovatce Náchodská – Bystrá SSZ navrhovat a pokud ano, vytvořit signální program pro ranní a odpolední špičkovou hodinu. Dalším cílem je zkontrolovat návrh v simulačním prostředí VISSIM, jestli nevznikají kongesce a zpoždění nepřesahuje požadovaný stupeň UKD. Obecným cílem je zvýšení bezpečnosti a kapacity z hlediska parametrů křižovatky. Zároveň je kladen důraz na zlepšení komfortu řidičů i chodců a co nejnižší náklady případné realizace.

Úvodem je vhodné přiblížit si základní informace o městské čtvrti, kde se dopravní uzel nachází. První stopy o osídlení sahají do doby zhruba 4500 př.n.l. Roku 1943 proběhlo sloučení obcí Chvaly, Svěpravice, Čertousy, Xaverov a Horní Počernice. Počet obyvatel v Horních Počernicích z posledního sčítání v roce 2016 činí 15 118. 7 289 mužů a 7 829 žen. Jedná se o největší pražskou čtvrť ležící na východním okraji Prahy. Horní Počernice nebyly vždy součástí Prahy. Mezi lety 1969–1974 byly samostatným městem. Následovalo připojení k Praze 9 a od roku 2002 spadají pod Prahu 20.

2 Dopravně inženýrský popis oblasti

Druhá kapitola nás s lokalitou seznámí z dopravně inženýrského hlediska. Zabývá se širšími dopravními vztahy, tedy jak je uzel ovlivňován dopravním okolím a mimo jiné se zde řeší i sběr dat, který je nedílnou součástí analýzy dopravního uzlu.

2.1 Širší dopravní vztahy

Neřízený dopravní uzel leží v Praze, Horních Počernicích. Ulice Náchodská je dvouproudá hlavní silnice II. třídy s číslem 611. Jedná se o radiálu hl. m. Prahy spojující centrum města a východní část Prahy.

Východní paprsek křižovatky na sebe váže přilehlé obce za okrajem Prahy. Mezi ně patří Zeleneč, Šestajovice, Klánovice, Jirny, Nehvizdy, Čelákovice a další obce směrem na Poděbrady. Západní paprsek směřuje do centra Prahy přes Černý Most. Bývá tedy obvykle velmi zatížen zejména v ranních hodinách západním směrem. Severní paprsek Bystrá je vedlejší silnice a připojuje průmyslové haly za železničním přejezdem, dále městské části Vínův, Satalice a obec Radonice. Jižní paprsek je jednosměrný k čerpací stanici. Váže na sebe několik panelových domů, parkoviště obchodního domu Penny a čerpací stanici.

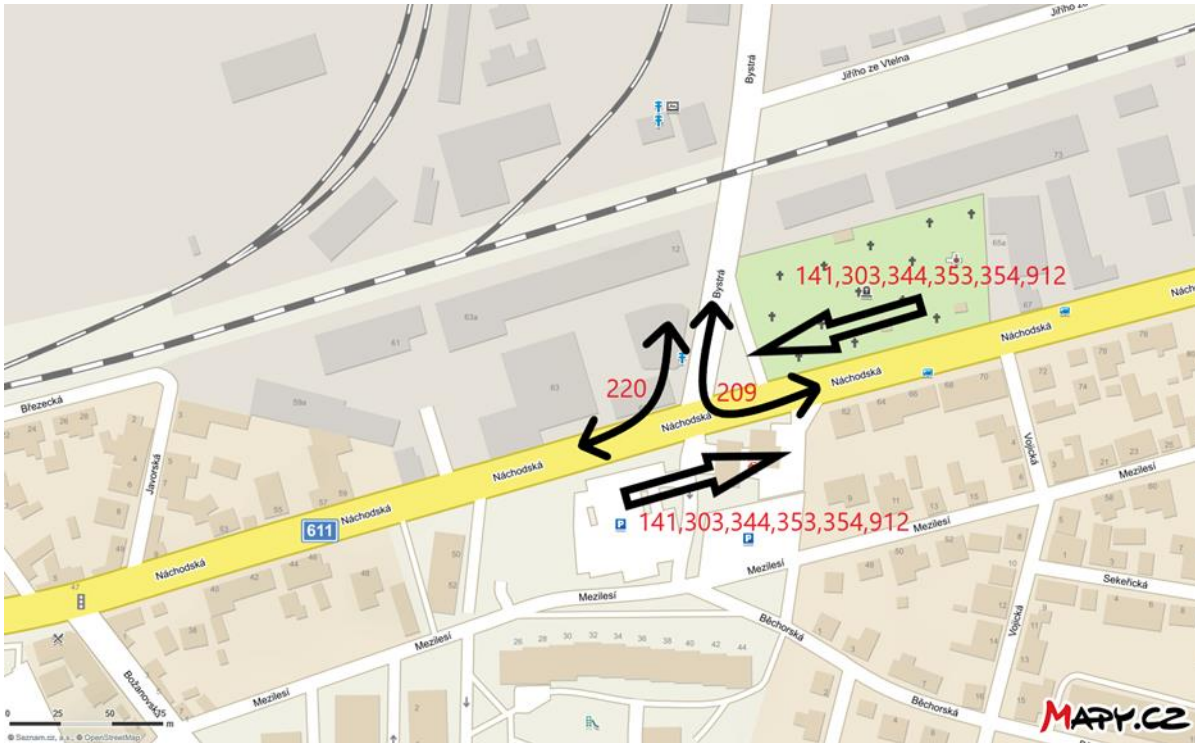
Železniční přejezd je vzdálený přibližně 110 metrů od průsečíku os obou silnic severním směrem. Na trase jezdí příměstské linky S2 s hodinovým intervalem, S9 s nepravidelným intervalem 11x denně a S22 s hodinovým intervalem. Dále zde projíždějí rychlíkové spoje a nákladní doprava, což významně ovlivňuje kapacitu průjezdu železničního přejezdu. Křižovatka je také pravidelně využívána autobusy MHD ve všech směrech vyjma odbočení do jižního paprsku k obchodnímu domu a čerpací stanici. K 1.1.2019 skrz ni projíždějí linky č. 141, 303, 344, 353, 354 a noční linka 912 v přímém směru. Dále také linka 209 jezdící ve směru Náchodská (východní paprsek) – Bystrá (severní paprsek) v obou směrech a linka 220 jezdící směrem Náchodská (západní paprsek) – Bystrá (severní paprsek) také v obou směrech viz Obrázek 2-1. Nejbližší autobusová zastávka ležící na východním paprsku křižovatky se nazývá Vojická. Vzdálena je přibližně 190 m směrem do centra a 115 m směrem z centra. Západním směrem od dopravního uzlu se nachází autobusová zastávka Chvaly. Leží 540 m daleko směrem do centra a 355 m směrem z centra. 500 m severním směrem leží zastávka U Tabulky.

Nejbližší křižovatka se SSZ je vzdálena 310 m západním směrem, kde se kříží s ulicí Božanovská. Křižovatka podstatně ovlivňuje dopravu v řešeném uzlu. Na všech jejích paprscích jsou na výložnicích stožárů SSZ nainstalovány dopravní kamery. Indukční smyčky zde pravděpodobně nainstalovány nejsou. Na vozovce nejsou patrné šikmé obdélníkové stopy po řezech, které běžně vznikají při instalaci indukčních smyček. Nejbližší křižovatka se SSZ východním směrem leží přibližně 800 m daleko. Kříží se s ulicí Jívanská. K této křižovatce je

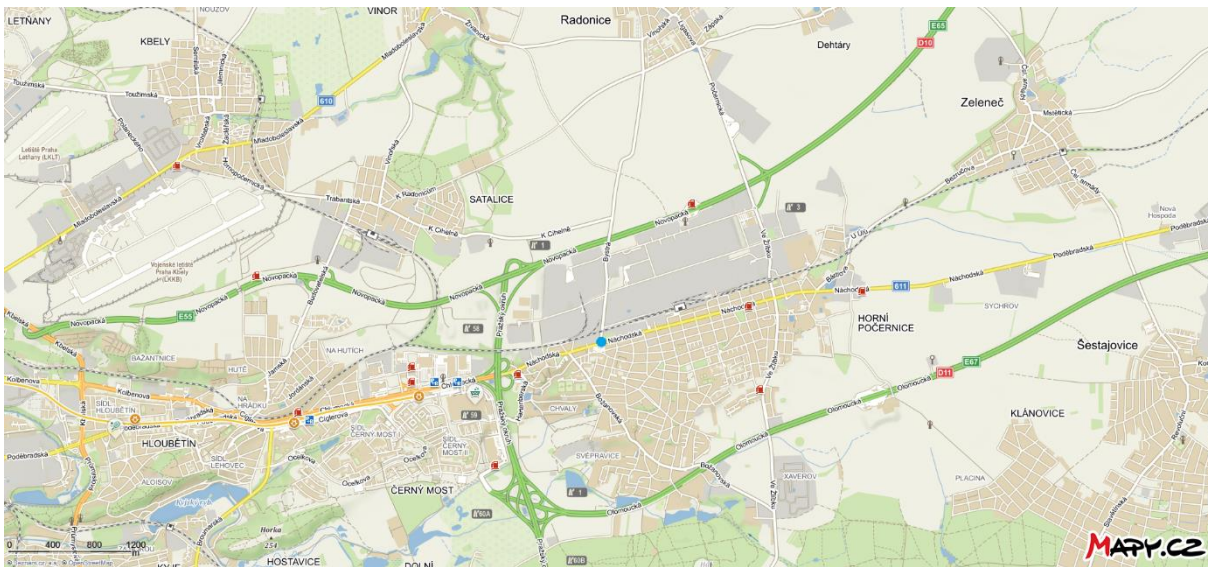
přílehlé vlakové i autobusové Nádraží Horní Počernice. Na výložnicích stožárů žádné kamery nainstalované nejsou. Ve vozovce také pravděpodobně nejsou indukční smyčky. Křižovatka je řízena pevným signálním plánem, tedy i bez preference MHD. V noci je přepnuta do blikavé žluté.

Po 1,6 km severním směrem od dopravního uzlu se nachází hranice Prahy. Po 1 km se dále nachází obec Radonice. V tomto úseku, žádné SSZ není.

Jak je patrné na Obrázku 2-2, Horní Počernice obklopují dálnice D0 z východu, D10 ze severu a D11 z jihu, což obyvatelům umožňuje rychlé a pohodlné cestování OA.



Obrázek 2-1 vedení linek MHD v křižovatce Náchodská – Bystrá



Obrázek 2-2 širší dopravní vztahy zkoumané lokality

2.2 Dopravní značení

Ulice Náchodská je značena svislou dopravní značkou upravující přednost „Hlavní pozemní komunikace“ (P2) (Obrázek 2-4, Obrázek 2-5). Další značení se nachází u betonových ostrůvků na přechodech pro chodce východního paprsku křižovatky. Zde jsou nainstalovány příkazové dopravní značky o směru jízdy kolem ostrůvků „Příkazaný směr objíždění vpravo“ (C 4a) i „Příkazaný směr objíždění vlevo“ (C 4b), dále informativní provozní značka „Přechod pro chodce“ (IP 6) a výstražná dopravní značka „Pozor, přechod pro chodce (A 11) v obou směrech.

Ulice Bystrá je značena jako vedlejší silnice svislou dopravní značkou upravující přednosti „Dej přednost v jízdě“ (P4). Zároveň je v severním paprsku umístěna zákazová svislá dopravní značka „Zákaz vjezdu nákladním vozidlům“ (B4) spolu s dodatkovou tabulkou „Mimo dopravní obsluhy“ (E 13) a druhou dodatkovou tabulkou „Směrová šipka“ (E 7b) směřující východním směrem. V neposlední řadě je nutné zmínit svislou dopravní značku upravující přednost „Konec hlavní pozemní komunikace“ (P3) viz Obrázek 2-3. Také se zde nachází svislé dopravní značení u betonových ostrůvků na přechodech pro chodce. Zde je nainstalována příkazová dopravní značka o směru jízdy kolem ostrůvků jen jedna a sice „Příkazaný směr objíždění vpravo“ (C 4a) v obou směrech a výstražná dopravní značka „Pozor, přechod pro chodce (A 11) spolu s informativní směrovou dopravní značkou „Silnice II. Třídy“ 611.

Jižní paprsek je značen informativní provozní svislou dopravní značkou „Jednosměrný provoz“ (IP 4b) a zákazovou značkou „Zákaz vjezdu vozidel nebo souprav, jejichž délka přesahuje vyznačenou mez“ 10 m (B 17).

Vodorovné dopravní značení v ulici Náchodská je rozděleno na 3 jízdní pruhy. To jsou levý odbočovací pruh, přímý pruh a přímý pruh v protisměru v obou směrech symetricky. Směry jsou odděleny podélnou čarou souvislou (V 1a). Vodorovné dopravní značení v ulici Bystrá je rozděleno na 2 standartní pruhy přímo a přímý protisměr, které jsou také odděleny podélnou čarou souvislou (V 1a). Přechody pro chodce (V 7a) obklopují všechny 4 paprsky křižovatky.



Obrázek 2-3 dopravní značení severního paprsku ulice Bystrá (foto Hochman 2019)



Obrázek 2-4 dopravní značení východního paprsku ulice Náchodská (foto Hochman 2019)



Obrázek 2-5 dopravní značení západního paprsku ulice Náchodská (foto Hochman 2019)

2.3 Problémy

Dopravní uzel byl subjektivně pozorován zhruba 5 let (2012–2017) z pohledu cestujícího autobusu MHD jedoucím přímým směrem po ulici Náchodská. Typicky během dopravní špičkové hodiny od pondělí do pátku. Následující rok a půl (2017–2019) byl subjektivně pozorován z pohledu řidiče osobního automobilu, který podstupuje všechny směry odbočení. Také obvykle během dopravní špičkové hodiny od pátku do neděle. Z těchto poznatků se zrodila myšlenka se uzlem odborně zabývat.

Čas od času nastane situace, kdy dojde k blokování přímého vjezdu do centra ve východním paprsku kolonou vozidel odbočujících vpravo přes železniční přejezd. Na vině je současně nestandardně delší doba průjezdu vlaku v kombinaci s vyšší intenzitou vozidel směřujících severním paprskem na Radonice. Jak už bylo zmíněno v kapitole 2.1, železniční přejezd je vzdálený 110 m od průsečíku os dopravního uzlu. Tato vzdálenost se ve špičkových hodinách po sklopení závor zaplní velmi snadno, pokud budeme brát v potaz, jaké kategorie vozidel tímto směrem obvykle jezdí. Jsou to právě dodávkové a nákladní vozidla směřující do průmyslových hal a okolí, ale i autobusy MHD. Všechna tato vozidla spojuje větší celková délka oproti OA. Je proto velmi snadné, aby čekající fronta u přejezdu zasahovala právě až do přímého pruhu východního paprsku a ovlivňovala tak dobu zdržení v něm.

Levé odbočení z vedlejší ulice bývá obvykle nekomfortní téměř na většině neřízených a frekventovaných křižovatkách. Ukázalo se, že v řešeném uzlu je stav podstatně zhoršený vinou následujících vlivů. Je nutné brát v úvahu, že stejné odbočení jsou nuceni absolvovat řidiči autobusů MHD i nákladních vozidel, kteří potřebují více času pro vyklizení kolizních ploch. Při odbočování z vedlejší ulice Bystrá bylo často zaznamenáno snížení rozhledových poměrů. Na vině je především nevhodně řešený vjezdový pruh směrem do křižovatky. Šířka komunikace umožňuje řazení dvou běžných osobních vozidel vedle sebe. Kapacita se sice zvýší, ale častěji může docházet k nebezpečným situacím vinou špatných rozhledových poměrů. Je vhodné podotknout, že vjezd je tvořen jedním řadícím pruhem bez vodorovného směrového značení nebo směrových šipek. Řidiči odbočující vpravo se obvykle automaticky řadí k pravému okraji komunikace a zároveň řidiči odbočující vlevo se řadí ke středové čáře tedy vedle sebe. V tomto případě dochází k podstatnému omezení pozorovacích úhlů a zároveň ke snížení bezpečnosti. V blízkosti uzlu se také nachází průmyslová zóna, kde se dá předpokládat zvýšený počet nákladních vozidel a dodávek, které mají vyšší boční profil a celkovou větší boční plochu oproti OA, která bývá typicky neprosklená. Pozorovací úhly jsou při účasti takových vozidel omezovány o to více, což opět směřuje ke snížení komfortu řidičů, ale hlavně bezpečnosti.

Na jednom z rohů křižovatky je přilehlý hřbitov, kvůli kterému se dá očekávat zvýšený počet chodců ve starším věku. Fakt, že přechody pro chodce jsou na všech čtyřech paprscích

dlouhé kolem 15 m až 18 m a pouze ve dvou případech (severní a východní paprsek) je přechod doplněn o betonové bariéry tvořící úzký ostrůvek nahrává nebezpečí z hlediska chodců.

Reklamní plochy mají tendenci strhávat pozornost řidičů. Situace je mnohem nepříjemnější za stavu, kdy reklamní plochy leží v těsné blízkosti před přechodem, jako je tomu právě v případě řešeného uzlu. Například v bezprostřední blízkosti východního přechodu bylo v příloze D zaznamenáno 8 dopravních nehod z celkových 46 za poslední 3 roky. Na Obrázku 2-6 jsou celkem 4 sloupky s reklamní plochou předcházející přechodu pro chodce. První sloup ve směru jízdy je ve vzdálenosti asi 30 m a poslední ve vzdálenosti přibližně 10 m od přechodu pro chodce.



Obrázek 2-6 reklamní plochy východního paprsku směrem do centra – ulice Náchodská (foto Hochman 2019)

Z druhé strany se situace příliš neliší. Přechodu pro chodce předchází celkem 6 sloupů s reklamní plochou s tím rozdílem, že od přechodu je první reklama ve směru jízdy vzdálena 160 m a poslední 80 m viz Obrázek 2-7. Další obtíž v tomto směru je naprosté zakrytí zelení svislé dopravní značky Přechod pro chodce (A 11) jak je patrné na Obrázku 2-8. Taková značka postrádá smysl svého umístění.



Obrázek 2-7 reklamní plochy západního paprsku – ulice Náchodská, směr extravilán (foto Hochman 2019)



Obrázek 2-8 zakrytí dopravní značky zelení – ulice Náchodská, směr extravilán (foto Hochman 2019)

2.4 Sběr dopravně inženýrských dat pro návrh a posouzení směrových stavů a dopravních zátěží

Před navrhováním SSZ na dopravním uzlu obvykle bývá uskutečněn sběr dat. Patří do něj jak dopravní průzkumy, tak informace o širších dopravních vztazích, údaje o nehodovosti, situační výkresy aj. Všechny tyto informace a dokumenty nám lépe pomůžou pochopit chování křižovatky, dopravních proudů, chování chodců i řidičů. Bez základních vstupních dat, jako je například dopravní průzkum by nebylo možné navrhnout optimální signální plán, tedy takový plán, který v rámci možností splňuje aktuální požadavky řidičů signál volno.

2.4.1 Situační výkres

Významným příspěvkem bylo doložení stávajícího situačního výkresu vedoucím práce. Výkres je označen jako příloha A.

2.4.2 Dopravní průzkum

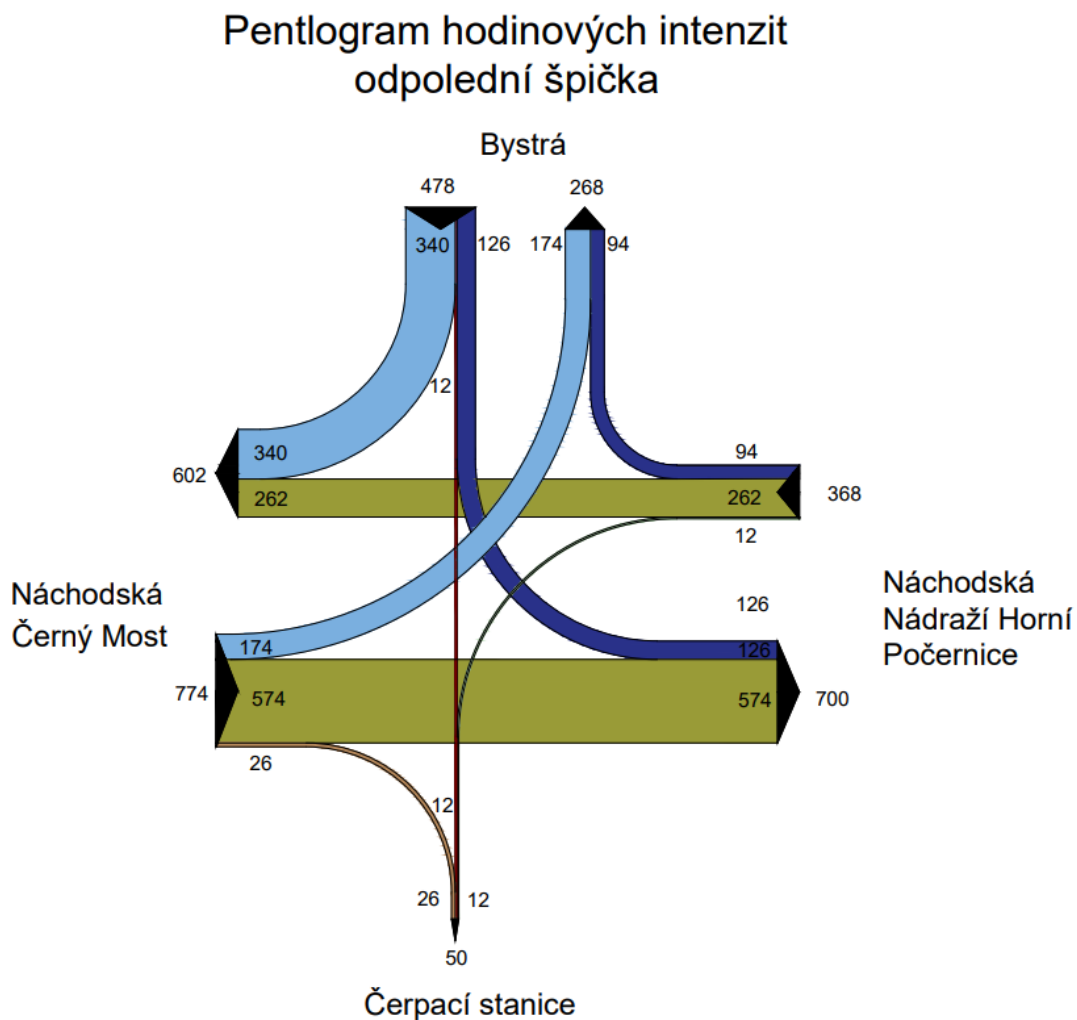
Byly provedeny 4 dopravní průzkumy. 3 z nich se věnovaly hodinovým intenzitám v křižovatce v dobách ranní, odpolední špičkové hodiny a víkendové odpolední hodiny. Všechny tři probíhaly ve dvojici běžnou čárkovací metodou. Sčítání proudů bylo rozděleno na hlavní, přímý směr silnice Náchodská tam i zpět. Druhý člen dvojice sčítal zbylé proudy. Pohyby vozidel jsou znázorněny v pentlogramech. Hodnoty v nich zohledňují skladbu dopravního proudu. To znamená, že jednotlivé kategorie byly přepočteny příslušným koeficientem viz Tabulka 2-1 zohlednění skladby dopravního proudu. Čtvrtý průzkum se zabýval kritérii z hlediska plynulosti MHD 3.2.4. Pentlogramy intenzit pro ranní, odpolední a víkendové odpolední hodiny byly vytvořeny v programu AutoCAD Inventor 2017 .

Tabulka 2-1 zohlednění skladby dopravního proudu

Kategorie vozidla	Koeficient
Jízdní kola	0,5
Motocykly	0,8
Osobní vozidla do 3,5 t	1
Nákladní vozidla nad 3,5 t (mimo nákladních souprav a kloubových autobusů)	1,7
Nákladní soupravy, kloubové autobusy	2,5

2.4.3 Dopravní průzkum – středa odpoledne

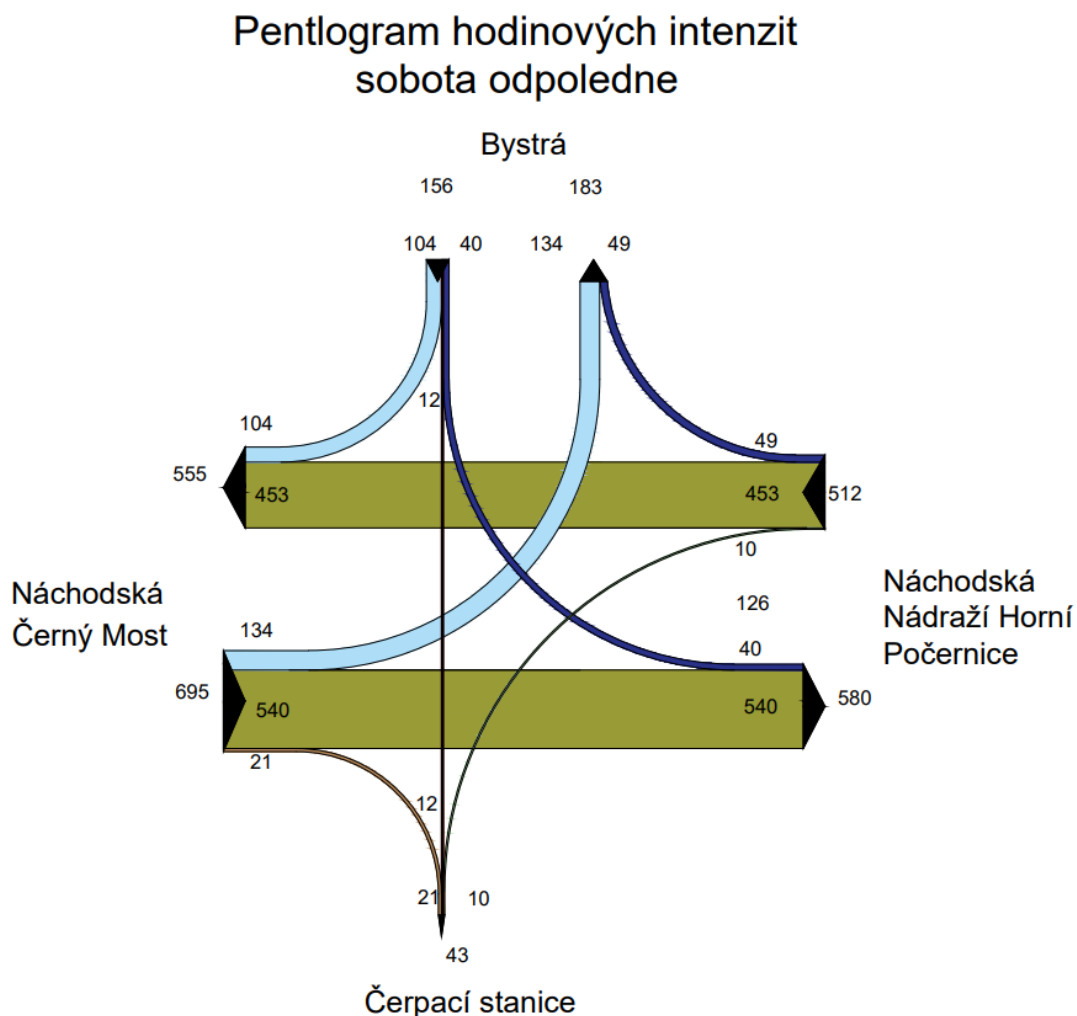
První dopravní průzkum proběhl ve středu 10.10.2018 od 16:30 do 17:30. Teplota se v době průzkumu pohybovala okolo 22°C. Viditelnost byla jasná. Hodinové intenzity jednotlivých proudů jsou znázorněny na Obrázku 2-9. Za hodinu křižovatkou projelo celkem 1 620 vozidel.



Obrázek 2-9 pentlogram odpolední špičkové hodiny

2.4.4 Dopravní průzkum – sobota odpoledne

Druhý dopravní průzkum se uskutečnil 20.10.2018 od 17:30 do 18:30. Počasí bylo oblačné. V době průzkumu bylo naměřeno 12 °C venkovní teploty. Celkový počet vozidel za hodinu činil 1 363. Zajímavé je porovnání přímého proudu v ulici Náchodská směrem do centra o víkendu (Obrázek 2-10) a ve všední den odpoledne (Obrázek 2-9). Ukazuje se, že o víkendu je proud téměř dvojnásobně intenzivnější oproti všednímu dni odpoledne. Víkendové intenzity v porovnání s všedními intenzitami v ulici Bystrá jsou značně nižší. To může být následkem hlavně doby volna pracovníků v průmyslových zónách.

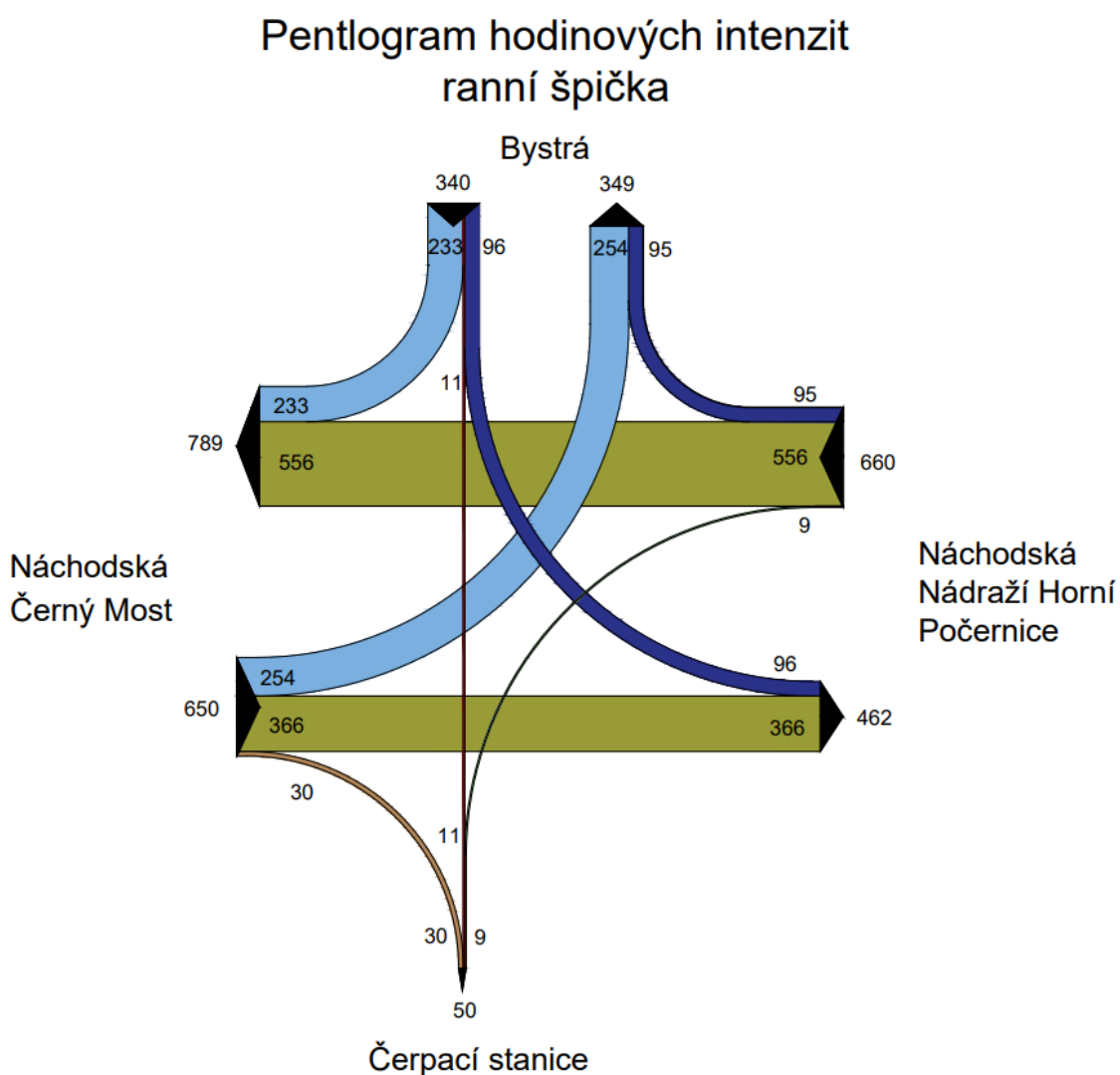


Obrázek 2-10 pentlogram víkendové odpolední hodiny

2.4.5 Dopravní průzkum – středa ráno

Třetí dopravní průzkum proběhl ve středu 24.10.2018 mezi 7 a 8 hodinou ránní. V době průzkumu dosáhla teplota vzduchu 5°C. Obloha byla polojasná.

Výsledné hodinové intenzity jsou znázorněny na Obrázku 2-11. Celkový počet vozidel za hodinu se vyšplhal na 1 650, což je nejvyšší počet ze všech 3 průzkumů. Na pentlogramu si lze všimnout silného levého odbočení z Náchodské do Bystré. Jednou z příčin jsou průmyslové zoňy v tomto směru, kde je pravděpodobné, že většina řidičů bude tímto odbočením směřovat do zaměstnaní. Stejně tak to bezesporu platí u přímého směru Náchodská do centra, kde je patrná nejvyšší intenzita celé křižovatky.



Obrázek 2-11 pentlogram ranní špičkové hodiny

2.4.6 Statistické vyhodnocení nehodovosti

Důležitým dokumentem pro určení kritéria bezpečnosti je Statistické vyhodnocení nehodovosti. Dokument obsahuje veškeré zaevidované dopravní nehody včetně přesného místa střetu, které se staly ve vybrané lokalitě po námi zvolenou dobu 3 let viz příloha D. Základní údaje o nehodách jsou v Tabulce 2-2.

Tabulka 2-2 Všeobecný přehled o nehodách v zadané lokalitě

Všeobecný přehled o nehodách v zadané lokalitě	
Počet nehod celkem	46
Počet nehod s následky na zdraví	7
Počet usmrcených osob (stav do 24 hod.)	0
Počet těžce zraněných osob (stav do 24 hod.)	1
Počet lehce zraněných osob (stav do 24 hod.)	7

3 Analýza aktuálního stavu posuzovaného neřízeného dopravního uzlu včetně kapacitního posouzení

V této kapitole se budeme věnovat otázce, zdali je vůbec vhodné SSZ navrhovat. Vycházet budeme převážně z dat získaných v předchozí kapitole 2. Cílem je tyto data řádně využít dle souboru TP pro zjištění zejména kapacitního posouzení neřízené křižovatky a zjištění, zdali jsou splněna kritéria pro návrh SSZ. Veškeré výpočty jsou uvedeny v příloze C.

3.1 Kapacitní posouzení neřízené křižovatky

Pro kapacitní posouzení neřízené úrovně křižovatky jsou stanoveny přepočtové koeficienty skladby dopravního proudu viz Tabulka 3-1 .

Tabulka 3-1 přepočtové koeficienty skladby dopravního proudu pro neřízené úrovně křižovatky

Osobní vozidla ^{a)}	Nákladní vozidla, autobusy ^{b)}	Nákladní soupravy, kloubové autobusy	Motocykly	Jízdní kola
1,0	1,5	2,0	0,8	0,5

a) Včetně nákladních vozidel do 3,5 t celkové hmotnosti.
b) Nákladní vozidla nad 3,5 t celkové hmotnosti mimo nákladní soupravy a autobusy mimo kloubové autobusy.

Bylo provedeno kapacitní posouzení neřízené úrovně křižovatky viz Tabulka 2-1, při kterém bylo zjištěno splnění požadovaného stupně UKD ve všech paprscích. Aby křižovatka nespĺňovala limit UKD, musela by střední doba zdržení t_w alespoň v jednom vjezdu přesáhnout dobu 45 s podle ČSN 73 6102 .

Tabulka 3-2 kapacitní posouzení neřízené úrovně křižovatky

Posouzení úrovně kvality dopravy										
Papísek	Název komunikace	Proud (vjezd – výjezd)	I [pvoz/h]	C [pvoz/h]	Rez [%]	a _v [-]	t _w [s]	L _{95%} [m]	UKD [-]	
									dosažená	požadovaná
1	Náchodská – západ	1	252	642	61	0,39	9	11	A	D
		2+3	391	1800	78	0,22	3	5	A	
2	Bystrá – jih	4								
		5								
		6								
3	Náchodská – východ	7	9	984	99	0,01	4	0	A	
		8+9	644	1800	64	0,36	3	10	A	
4	Bystrá – sever	10+11+12	335	665	50	0,50	11	18	B	

3.2 Kritéria posouzení řízené křižovatky

Pro jednoznačné určení vhodnosti návrhu SSZ na křižovatce se používá následujících 5 kritérií, ze kterých jasně vyplývá, za jakých okolností je na místě SSZ navrhovat. Pro návrh SSZ stačí, aby platilo alespoň 1 kritérium.

3.2.1 Kritérium bezpečnosti

Kritérium bezpečnosti pro zřízení SSZ platí v případě, že na zkoumaném uzlu vzniknou alespoň 4 dopravní nehody na jeden milion vozidel, která daným uzlem projela. Výpočet probíhá následující Rovnice 3-a.

$$R = \frac{N_0}{365 \times I \times t} \times 10^6 \left[\frac{\text{počet osobních nehod}}{\text{milion vozidel}} \right]$$

Rovnice 3-a vzorec pro výpočet relativní nehodovosti

kde:

- R = relativní nehodovost [počet osobních nehod/ milion vozidel projetých uzlem]
- N_0 = celkový počet osobních nehod ve sledovaném období
- I = průměrná denní intenzita provozu [vozidel/24 hodin]
- t = sledované období [rok]

Pro toto kritérium se nepodařilo zjistit průměrnou denní intenzitu křižovatky severního paprsku. Intenzity dostupné na webových stránkách TSK z dopravního sčítání pro rok 2018 zahrnují pouze informaci o počtu vozidel v měřeném úseku za 24 hodin k ulici Náchodská. V ulici Bystrá nebyl žádný měřený úsek. Z Tabulky 3-3 je ale patrné, že ve východním úseku projelo směrem ke křižovatce (Stoliňská – Bystrá) celkem 12 190 vozidel za 24 hodin ve všední den a v opačném, západním úseku (Jívanská – Bystrá) projelo směrem ke křižovatce celkem 8 964 vozidel za 24 hodin ve všední den.

Tabulka 3-3 sčítání dopravy TSK

Číslo uzlů		ULICE	Začátek	Konec	Délka (m)	Osobní autom.	Pomalá vozidla	Vozidel bez MHD	Bus MHD	Vozidel celkem	Tram. spojů
U1	U2										
9011	9080	NÁCHODSKÁ	STOLIŇSKÁ	BYSTRÁ	560	11400	600	12000	190	12190	0
9080	9011	NÁCHODSKÁ	BYSTRÁ	STOLIŇSKÁ		9800	600	10400	191	10591	0
9012	9080	NÁCHODSKÁ	JÍVANSKÁ	BYSTRÁ	815	8300	500	8800	164	8964	0
9080	9012	NÁCHODSKÁ	BYSTRÁ	JÍVANSKÁ		9400	500	9900	164	10064	0

Z pentlogramů uvedených v Kapitole 2.4 lze velmi zjednodušeně a hrubě odhadnout počet vozidel ze severního paprsku. Použití trojčlenky a analogie v pentlogramech nám umožní vytvořit si alespoň představu o hodnotě intenzity na vjezdu ulice Bystrá. Víkendové hodnoty byly vynechány, jelikož hodnoty uváděné v Tabulce 3-3 se vztahují ke všednímu dni. Červená čísla v Tabulce 3-4 znázorňují dopočítaná čísla trojčlenkou. Je zde patrné, že intenzita se pohybuje zhruba od 4 617 voz / 24 h do 11 643 voz / 24 h. Pokud všechna 4 červeně označená čísla z Tabulky 3-4 zprůměrujeme běžným aritmetickým průměrem získáme číslo 7 641 voz / 24 h. Nyní můžeme dopočítat relativní nehodovost viz Rovnice 3-b.

Tabulka 3-4 hrubý odhad intenzity

Doba měření	Paprsek (směr vjezdu do uzlu)	Denní intenzita [pvoz/den]	Intenzita paprsku z pentlogramu [pvoz/h]
<i>Odpolední špičková hodina</i>	Náchodská východ	12190	774
	Bystrá sever	7928	478
<i>Ranní špičková hodina</i>	Náchodská východ	12190	650
	Bystrá sever	6376	340
<i>Odpolední špičková hodina</i>	Náchodská západ	8964	368
	Bystrá sever	11643	478
<i>Ranní špičková hodina</i>	Náchodská západ	8964	660
	Bystrá sever	4617	340

$$R = \frac{46}{365 \times (12190 + 8964 + 7641) \times 3} \times 10^6 \doteq 1,5 \left[\frac{\text{počet osobních nehod}}{\text{milion vozidel}} \right]$$

Rovnice 3-b dosazení do vzorce pro výpočet relativní nehodovosti

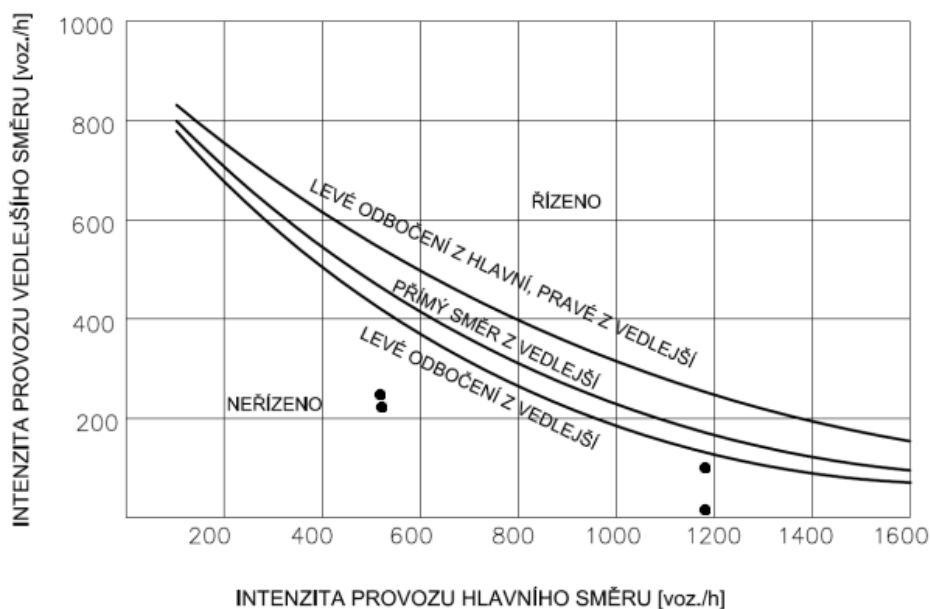
Aby hodnota relativní nehodovosti splňovala kritérium bezpečnosti musela by být větší nebo rovna číslu 4. V tomto případě se odhadovaná relativní nehodovost ani nepřiblížila mezní hodnotě. Je jisté, že tento výpočet s sebou nese velkou míru chyby, nicméně pro naše potřeby ho lze považovat za dostačující.

3.2.2 Kritérium intenzity z hlediska vozidel

Následující Tabulka 3-5 vychází z Obrázku 2-11. Hodnoty z pentlogramu byly pouze přeformulovány do tabulky. Pro určení kritéria intenzity z hlediska vozidel se hodnoty z tabulky vloží do grafu – Obrázek 3-1. Pro hodnoty v grafu pod křivkou se SSZ nenavrhuje. Pro hodnoty v grafu nad křivkou se SSZ navrhuje.

Tabulka 3-5 Kritérium intenzity z hlediska vozidel

	Levé odbočení z hlavní silnice	Pravé odbočení z vedlejší silnice	Přímý směr z vedlejší silnice	Levé odbočení z vedlejší silnice
<i>Vedlejší silnice</i>	254	233	11	96
<i>Hlavní silnice</i>	556	556	1185	1185



Obrázek 3-1 graf kritéria intenzity z hlediska vozidel

Z posouzení kritéria intenzity z hlediska vozidel vyplývá, že kritérium nebylo splněno. Žádná hodnota nepřesáhla křivku v grafu. Hodnota levého odbočení z vedlejší byla však velice blízká mezní hodnotě. Přesto ale kritérium neplatí.

3.2.3 Kritérium intenzity z hlediska chodců

SSZ se navrhuje v případě, že intenzita vozidel na příslušném přechodu pro chodce přesahuje v průměru 8 nejzatíženějších hodin následující hodnoty:

- 1100 voz.h-1 – přechod přes jednopruhový nebo dvoupruhový jízdní pás
- 1000 voz.h-1 – přechod přes třípruhový jízdní pás
- 900 voz.h-1 – přechod přes čtyřpruhový (nebo výjimečně vícepruhový) směrově nerozdělený jízdní pás; takové stavební uspořádání však na nově zřizovaných a rekonstruovaných komunikacích není přípustné podle ČSN 73 6110.

Současné hodnoty v Tabulce 3-6 opět vychází z Obrázku 2-11. Pro potřeby této práce bylo kritérium zjednodušeno na 1 nejzatíženější hodinu.

Tabulka 3-6 Kritérium intenzity z hlediska chodců

Přechod	Intenzita dopravy na přechodu [pvoz/h]		Je kritérium splněno
	Současná hodnota	Mezní dle TP 81	
<i>Bystrá výjezd</i>	340	1100	Ne
<i>Bystrá vjezd</i>	349	1100	Ne
<i>Náchodská – východ</i>	1409	1000	Ano
<i>Jih – Čerpací stanice</i>	50	1100	Ne
<i>Náchodská – západ směr extravilán</i>	462	1100	Ne
<i>Náchodská – západ směr centrum</i>	660	1100	Ne

Z posouzení intenzit dopravy na přechodech pro chodce vyplývá, že místo v současné době splňuje kritérium intenzity dopravy z hlediska chodců právě na jednom přechodu pro chodce a sice na západním paprsku ulice Náchodská. Důvodem je současná hodnota 1 409 přičemž mezní hodnota je stanovena na 1 000 vozidel za hodinu.

3.2.4 Kritérium plynulosti vozidel MHD

Důvodem k vybudování SSZ pro zajištění plynulosti jízdy vozidel MHD je považováno zdržení nejméně každého druhého vozidla MHD po dobu delší než 2 minuty ve třech nejzatíženějších denních hodinách.

Pro zjištění této informace byl uskutečněn dopravní průzkum, který byl ale pro potřeby této práce zjednodušen na 30 min. Proběhl v úterý 11.6. 2019 od 16:15-16:45 při jasném počasí a 28 °C venkovní teploty. Zpoždění autobusů byla měřena stopkami ve dvojici. Jeden z účastníků měřil zpoždění v ulici Náchodská a druhý v ulici Bystrá. Naměřené časy jsou zaznamenány v Tabulce 3-7.

Tabulka 3-7 zpoždění autobusů MHD

Linka	Zpoždění [min:s]	Směr jízdy
220	1:05	Bystrá – Černý Most
209	0:31	Bystrá – Nádraží H.P.
220	0:14	Bystrá – Černý Most
220	0:51	Bystrá – Černý Most
220	0:10	Bystrá – Černý Most
209	0:15	Bystrá – Nádraží H.P.

Z celkového počtu 27 autobusů, které projely křižovatkou bylo zaznamenáno zpoždění pouze u 6 autobusů, kdy žádná z naměřených dob nepřesáhla 2 minuty. To znamená, že kritérium plynulosti vozidel MHD pro návrh SSZ není splněno.

3.2.5 Kritérium místa zvláštního zřetele

Jak už bylo nastíněno v úvodní kapitole, jedním ze zvláštních zřetelů je komplikace přilehlého hřbitovu, u kterého je tendence výskytu starších lidí se sníženou možností pohybu. Pro tuto okolnost je vhodné zřídit přechody pro chodce řízené světelnou signalizací.

Druhou okolností je výskyt železničního přejezdu, který je vzdálen přibližně 110 m od průsečíku os křižovatky. V případě signálu stůj na návěstidle železničního přejezdu trvajících delší dobu se mohou vozidla nahromadit a utvořit kolonu zasahující až do křižovatky. Za předpokladu průměrné délky vozidla 5 m a bezpečné vzdálenosti 2 m lze tento úsek vyplnit 15 vozidly. Při braní zřetele na výskyt autobusů MHD a nákladních vozidel nebo dodávek směřujících do průmyslových zón se úsek vyplní podstatně méně vozidly. Proto je předmětné ulevit přímému pruhu ulice Náchodská směřujícímu do centra. Zřízením zvláštního pruhu pro pravé odbočení navýšíme kapacitu úseku mezi železničním přejezdem a křižovatkou. Zároveň tato úprava sníží pravděpodobnost omezení přímého pruhu vinou fronty vozidel čekající před železničním přejezdem.

V neposlední řadě je žádoucí brát ohled na levé odbočení z vedlejší silnice pro nákladní vozidla, které se v dopravním uzlu hojně vyskytují. Při dopravní špičkové hodině se dá předpokládat obtížné projetí křižovatkou právě u těchto vozidel. Z jízdních řádů Dopravního podniku hl. města Prahy byl ke dni 11.3. 2019 dohledán pravidelný půlhodinový interval linky 209 od pondělí do pátku začínající v 5:15 a končící v 18:15 s přestávkou v době od 7:45 do 13:15. Uvedená doba se vztahuje k předpokládanému projetí křižovatkou a sice levému odbočení z vedlejší silnice.

3.2.6 Zhodnocení kritérií pro návrh SSZ

Kritérium bezpečnosti, intenzity z hlediska vozidel a plynulosti vozidel MHD pro návrh SSZ nebylo splněno. Naopak kritérium intenzity z hlediska chodců splněno bylo právě na jednom přechodu pro chodce. Lze přihlídnout i ke kritériu místa zvláštního zřetele. Podstatné je, že byla splněna podmínka alespoň jednoho platného kritéria, a proto je vhodné SSZ na křižovatce navrhnout.

4 Návrh situačního řešení světelně řízené křižovatky včetně kapacitního posouzení, návrh SSZ z DI dat a rozsahu dokumentace pro územní řízení

V této kapitole je jednáno o návrhu situačního řešení, který byl vytvořen v programu AutoCAD Inventor 2017. Výkres je vedený jako příloha B. Dále byly navrhnuty signální plány pro ranní a odpolední špičkové hodiny všedního dne, které jsou uvedeny v příloze E. Veškeré výpočty řešené v této kapitole současně se signálními plány jsou v elektronické podobě přílohy C.

4.1 Návrh organizace dopravy

Původní hlavní a vedlejší směry je vhodné ponechat. Intenzity dopravy viz Obrázek 2-11 jednoznačně ukazují dominantní směry v křižovatce, kterým je radiální směr ulice Náchodská. Zároveň jezdí v tomto směru 6 autobusových linek MHD a snahou je vytvoření alespoň pasivní preference tím, že autobusy budou jezdit po hlavní pozemní komunikaci pro zvyšování atraktivity MHD.

4.2 Návrh uspořádání křižovatky

Jak už bylo zmíněno v kapitole 3.2.5, podstatným problémem křižovatky je krátká délka úseku mezi železničním přejezdem a příslušným paprskem křižovatky. Při delší době čekání vozidel před železničním přejezdem hrozí omezení provozu v přímém směru ulice Náchodská směrem do centra. Z tohoto důvodu byla snaha o navýšení kapacity úseku přidáním pravého odbočovacího pruhu v tomto směru o délce 53 m.

Dále byl kladen důraz na silné levé odbočení směrem Náchodská z centra – Bystrá. Zde byla přidána vyklizovací šipka KD<. Tato okolnost, zásadně ovlivnila sled fází, kterému se věnuje následující podkapitola 4.3. Označení signálů bylo provedeno dle Tabulky 4-1.

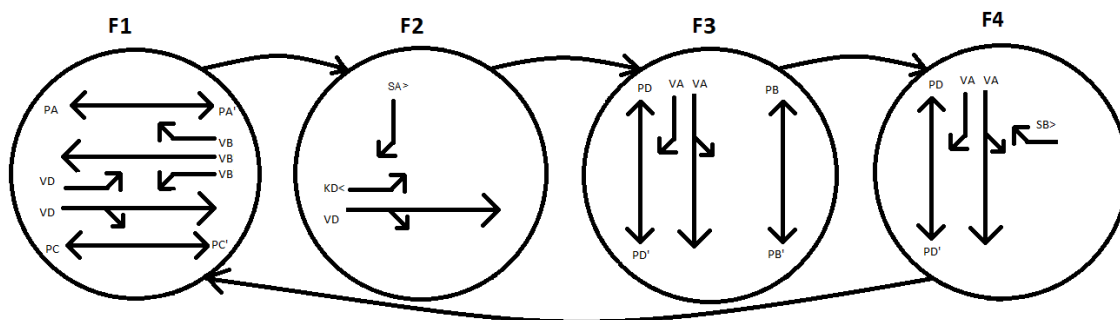
V neposlední řadě je vhodné zmínit naznačení vodorovného dopravního značení ulice Bystrá, kde byl jeden široký jízdní pruh rozdělen na dva, čímž vzroste kapacita tohoto směru. Odbočovací pruh přímo, vlevo je dlouhý 20 m, nicméně i tak má své opodstatnění. Původní přechod na paprsku u čerpací stanice s délkou 17 m byl zbytečně dlouhý. Nutno podotknout, že tento směr je jednosměrný. Vyklizovací doba přechodu by tak byla zbytečně dlouhá a krátil by se čas volna cyklu. Proto bylo přistoupeno k variantě zkrácení přechodu. Přestože zbylé přechody jsou podobně dlouhé, v křižovatce není dostatek prostoru pro budování ostrůvků, za předpokladu zachování jízdních pruhů. Vybudováním přechodů pro chodce u stop čáry křižovatky vede ke zrušení původních přilehlých přechodů na Náchodské.

Tabulka 4-1 základní označení signálů

Typ signálu	Písmeno
signál pro Vozidla	V
signál pro Tramvaje	T
signál pro Cyklisty	C
signál pro chodce – Pěší	P
signál dvoubarevné soustavy pro řízení provozu v Jízdních pruzích	J
signál doplňkové zelené Šipky	S
signál pro opuštění Křižovatky (vyklizovací šipka)	K
přerušované Žluté světlo	Z
přerušované Žluté světlo ve tvaru chodce	
Žluté světlo ve tvaru chodce	
výzvodový signál pro tramvaje	
signál Účelové signalizace	U
Rychlostní signál	R

4.3 Návrh a sled fází

Signální skupiny pro vozidla jsou navrženy jako VA, VB, VD. Signály doplňkové zelené šipky jsou v tomto návrhu dvě a sice SA> a SB>. Ve druhé fázi je navržena vyklizovací šipka KD>. Signály pro chodce byly označeny jako PA, PB, PC a PD. Důvodem signálních skupin VB a VD v první fázi byly především dominantní intenzity zjištěné z dopravních průzkumů. Kvůli vysoké míře levého odbočení z hlavní ulice severním směrem a zároveň vysoké intenzitě protijedoucí skupiny VB byla druhá fáze navržena s vyklizovací šipkou KD<. Do třetí fáze zbylo zařazení signální skupiny VA z vedlejšího silnice, přičemž je k ní posléze v poslední fázi připojena doplňková zelená šipka SB>, kde musí být signál „Stůj“ pro skupinu chodců PB. Přesné znázornění fází včetně pořadí je na Obrázku 4-1.



Obrázek 4-1 návrh a sled fází

4.4 Situační řešení a stavební úpravy

Návrh situačního řešení je přílohou B k této práci.

Na stavební úpravy byl kladen důraz tak, aby byly omezeny na postačující minimum pro snížení nákladů. Proto byl v návrhu zřízen pouze nový odbočovací pruh v místě původní zeleně v ulici Náchodská směrem do centra. Dále byl zúžen přechod pro chodce u čerpací stanice, díky kterému je zkrácena vyklizovací doba a tím pádem snížena doba fázového přechodu. V tomto místě se také navrhuje rozšíření zeleně. V návrhu je zahrnuta instalace tří nových sloupů pro SSZ s výložníky spolu s dalšími čtyřmi sloupy s návěstí pro chodce. Další dva nové sloupky by měly sloužit pro svislé dopravní značení.

Předpokládá se zrušení stávajících přechodů ulice Náchodská, které je vhodné nově přemístit ke stop čárám křižovatky. S tím souvisí odstranění betonových mantinelů tvořících ostrůvky pro chodce.

Jižní krajnice ulice Náchodská obsahovala původně bezpečnostní odstup od chodníku, který ale nebyl nutností. Tato část je v novém návrhu nahrazena zelení. Druhou variantou by mohlo být zřízení podélného parkovacího stání, které by ale navýšilo objem stavebních prací a ty chceme omezit na minimum. Další podstatnou okolností, která tuto variantu spíše vylučuje je fakt, že větší parkovací plocha se nachází hned vedle čerpací stanice u obchodního domu.

Pro nevidomé jsou navrženy vodící pruhy u každého přechodu pro chodce. Sloupy SSZ jsou umístěny ve prostřed vodícího pruhu a jsou vzdálené 0,8 - 0,9 m rovnoběžně od přechodu pro chodce.

4.5 Tabulka mezičasů

Mezičas je časový interval od konce signálu volno signální skupiny po začátek signálu volno kolizní signální skupiny. V této době musí poslední (vyklízející) vozidlo projíždějící v končící době signálu volno bezpečně opustit kolizní plochu dříve, než první (najíždějící) vozidlo jedoucí v době signálu volno v kolizním směru této kolizní plochy dosáhne. Mezičasům v řešené křižovatce se věnuje následující Tabulka 4-2.

Tabulka 4-2 mezičasy

	VA	VB	VD	KD	SB	SA	PA	PB	PC	PD
VA		7	5	5			4		6	
VB	6			5		5		4		6
VD	7				6			6		4
KD	6	5			5		6			4
SB			1	3			5	4		
SA		4					4			6
PA	15			13	15	15				
PB		14	11		14					
PC	6									
PD		9	13	13		10				

4.6 Sestavení fázových přechodů

Fázový přechod – přechod z jedné fáze do druhé – je časový úsek mezi signály volno skupin končící fáze a signály volno skupin nastupující fáze. Doby fázových jednotlivých fázových přechodů jsou vyplněny v Tabulce 4-3. Délky fázových přechodů byly spočteny v programu MS Excel.

Tabulka 4-3 fázové přechody

FP1.2	FP2.3	FP3.4	FP4.1	Σ FP
15	7	14	13	59

4.7 Výpočet parametrů cyklů

Tato podkapitola popisuje, jak bylo docíleno základních parametrů cyklu jako jsou délka cyklu, délka fázových přechodů, délka volna signálních skupin aj. Všechny tyto výpočty jsou přílohou C.

4.7.1 Délka cyklu

Délka cyklu je součet rozhodujících dob signálů „Volno“ a jim příslušných mezičasů. Při dynamickém řízení se za dobu cyklu považuje součet maximálních délek všech po sobě následujících fází řízení a příslušných mezičasů. V této práci se dynamické řešení neuvažuje.

Hodnota délky cyklu je stanovena dle TP 81 následovně:

- minimální doba: 30 s,
- optimální doba: 50 až 80 s,
- maximální doba: 100 s (120 s).

4.7.1.1 Minimální délka cyklu

Minimální délka cyklu byla výpočty stanovena na 69 s.

Rovnice 4-a výpočet minimální délky cyklu

$$C_{min} = \sum t_{f_{min}} + \sum t_{fp}$$

kde:

- C_{min} = minimální délka cyklu
- $t_{f_{min}}$ = minimální doba fáze
- t_{fp} = doba fázového přechodu

4.7.1.2 Optimální délka cyklu

Délka cyklu byla pro ranní signální plán vypočtena na 72 s. Pro odpolední signální plán vyšla délka cyklu 73 s. Po konzultaci s vedoucím práce byla optimální délka cyklu stanovena na 80 s, čímž jsou splněné podmínky minimální a maximální doby cyklu viz 284.7.1. Výpočet byl proveden z následující Rovnice 4-b.

Rovnice 4-b stanovení optimální délky cyklu

$$C_{opt} = \frac{1,5 * L + 5}{1 - Y}$$

kde:

- C_{opt} = optimální délka cyklu
- L = celková ztrátový čas za cyklus
- Y = celkový stupeň saturace

4.7.2 Délka fází

a) Délky fází pro ranní signální plán

Délka první fáze byla stanovena na 20 s. Délka druhé fáze trvá 2 s, tato doba je tak krátká z důvodu vyklizovací a doplňkové šipky, přičemž dobou volna obě šipky zasahují i do fázového přechodu. Třetí fáze je dlouhá 5 s. A poslední, čtvrtá fáze trvá 1 s, kdy začíná volno pro signální skupinu SB>.

b) Délky fází pro odpolední signální plán

První fáze odpoledního signálního plánu trvá 9 s. Následuje 14 s dlouhá druhá fáze. Třetí fáze trvá 6 s a čtvrtá fáze vyšla po dobu 0 s, jelikož byly doby volna signálních skupin PD a SB> roztahány dle hranic mezičasů s následujícími signálními skupinami.

4.7.3 Doba volna

Doby volna na přechodech pro chodce byly spočteny v následující Tabulce 4-4. Je vhodné, aby doba zelené chodců byla alespoň taková, aby chodec během zeleného signálu přešel 2/3 přechodu, nejméně však 1/2 přechodu. V našem případě bylo této možnosti využito. Doba vyklizení byla vynásobena koeficientem 0,75, čímž jsem získaly postačující dobu vyklizení.

Tabulka 4-4 doby volna na přechodech pro chodce

Signální skupina	délka přechodu [m]	doba vyklizení [s]	Postačující doba vyklizení [s]
<i>PA</i>	18	12,96	10
<i>PB</i>	16	11,52	9
<i>PC</i>	8,5	6,12	5
<i>PD</i>	14	10,08	8

a) Doby volna pro ranní signální plán

Doba volna pro kritický vjezd signální skupiny VB byla vypočtena na 30 s. Následuje druhá fáze s kritickým vjezdem signální skupiny VD, která ale zasahuje i do první fáze. Doba volna dosáhla 22 s. Ve třetí fázi byl kritický vjezd signální skupiny VA vypočten na 12 s. Tato signální skupina opět zasahuje do třetí a čtvrté fáze. Všechny hodnoty byly zaokrouhleny nahoru na celá čísla.

b) Doby volna pro odpolední signální plán

Doba volna pro kritický vjezd signální skupiny VD byla vypočtena na 33 s. Tato signální skupina také zasahuje do prvních dvou fází. Doba volna signální skupiny VA byla pro kritický vjezd vypočtena na 17 s. Tato signální skupina zasahuje opět do třetí i čtvrté fáze. Všechny hodnoty byly zaokrouhleny nahoru na celá čísla.

4.8 Základní popis způsobu řízení

Signální plán byl navrhován pro ranní i odpolední špičkovou hodinu. Křižovatka je řízena pevným signálním plánem o čtyřech fázích. V první fázi má signál volno skupina zahrnující vozidla ve směru VB, VD a chodci PA, PC. Následuje vyklizovací fáze, která je navržena pro silné levé odbočení z hlavní silnice do průmyslových zón a zároveň je kolizní s protijedoucím přímým směrem, který má nejvyšší hodnotu hodinové intenzity ze všech proudů v křižovatce. Do této skupiny spadá KD<, SA> a VD. Poté je signální plán přepnut do fáze F3, kdy dostávají signál volno vozidla ve směru VA a chodci na přechodu PB a PD. Následuje fáze F4, která se podobá fázi F3 s tím rozdílem, že místo volna na přechodu pro chodce PB je uděleno volno doplňkové šipce SB>. Hlavní a vedlejší směr zůstal zachován.

4.9 Kapacitní posouzení světelně řízené křižovatky

Hlavním parametrem pro posouzení kapacity SSZ je UKD, která je vyvozena ze střední doby zdržení. Střední doba zdržení je ztrátový čas na jednotlivých vjezdech křižovatky. Kapacitní posouzení se provádí pro ověření účelnosti návrhu řízení dané křižovatky. Pro interpretaci výsledků se využívá 6 stupňů UKD s hodnotami A-F. Při stupni A dochází k nejmenšímu zdržení při průjezdu křižovatkou, naopak stupeň E nastane při zdržení vozidel větším než 70 sekund. Nejhorším stupněm je stupeň F, při kterém dochází k překročení kapacity křižovatky viz Tabulka 4-5 .

Tabulka 4-5 Úroveň kvality dopravy

Úroveň kvality dopravy		Střední doba zdržení t_w [s]
Označení	Charakteristika kvality dopravy	
A	Velmi dobrá	≤ 20
B	Dobrá	≤ 35
C	Uspokojivá	≤ 50
D	Dostatečná	≤ 70
E	Nestabilní stav	> 70
F	Překročená kapacita	- ¹⁾

¹⁾ UKD na stupni F je dosaženo při rezervě kapacity vjezdu $Rez \leq 0$

a) Kapacitní posouzení – ranní špičková hodina

V návrhu nastává největší zdržení pro signální skupinu VB[^], kde střední doba zdržení dosáhla 28 s a UKD je na stupni B. Při porovnání středních dob zdržení s Tabulkou 4-5 je patrné, že pro čtyři vjezdy (VA[>] + SA, VA^{^<}, VB[>] + SB, VB[<] a VD^{^>}) jsou střední doby zdržení 20 s nebo méně, a proto jsou ohodnoceny stupněm A na stupnici UKD. Pro zbylé dva vjezdy (VB[^], VD[<]) dosáhla střední doba zdržení méně, než 35 s, a proto jsou ohodnoceny stupněm B na stupnici UKD. Kapacitní posouzení bylo pro ranní špičkovou hodinu splněno, protože žádný z vjezdů nepřesáhl stupeň D na stupnici UKD. .

Tabulka 4-6 Kapacitní posouzení – ranní špičková hodina

Kapacitní posouzení světelně řízené křižovatky podle TP 235										
Název křižovatky		Náchodská x Bystrá, Praha – Horní Počernice								
Posuzovaný stav		stav 2018, špičková hodina 7:00-8:00				Délka cyklu t _c [s]		80,00		
Kapacita levého odbočení ovlivněného protisměrem										
Vjezd (signální skupina)	I _p	S _p	z _p	C _{L1}	N _A	C _{L2}	S _L	z _o	C _{L3}	C _L
	[pvoz/h]	[pvoz/h]	[s]	[pvoz/h]	[pvoz]	[pvoz/h]	[pvoz/h]	[s]	[pvoz/h]	[pvoz/h]
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VB ^{<}	366	1865	37	318	3	135	1579	0	0	453
VD ^{<}	556	1900	30	85	3	135	1652	7	145	365
Posouzení kapacity vjezdů, úroveň kvality dopravy										
Vjezd (signální skupina)	I _v	z	S _v	C _v	Rez	L _{F1}	L _{F2}	t _w	ÚKD	
	[pvoz/h]	[s]	[pvoz/h]	[pvoz/h]	[%]	[m]	[m]	[s]	dosažená	požadovaná
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
VA ^{>} + SA	233	31	1520	589	60	10	-	18	A	D
VA ^{^<}	107	26	1132	368	71	5	-	20	A	D
VB ^{>} + SB	95	37	1520	703	86	2	-	11	A	D
VB [^]	556	30	1900	713	22	15	-	28	B	D
VB ^{<}	9	30	1579	453	98	0	-	14	A	D
VD ^{^>}	396	37	1865	863	54	14	-	15	A	D
VD ^{<}	254	37	1652	365	30	9	-	26	B	D

b) Kapacitní posouzení – odpolední špičková hodina

V odpolední špičkové hodině je nejdelší střední doba zdržení patrná u vjezdu VB[^]. Hodnota dosáhla 29 s, a proto je tento vjezd ohodnocen stupněm B na stupnici ÚKD viz porovnání s Tabulkou 4-5. Stupněm B byly označeny i vjezdy VB[<] a VA[<]. Střední doby zdržení obou dvou činí 21 s. U ostatních vjezdů střední doba zdržení nepřesáhla 20 s, tudíž jsou ohodnoceny stupněm A na stupnici UKD. Kapacitní posouzení pro odpolední špičkovou hodinu splňuje požadovaný stupeň UKD.

Tabulka 4-7 kapacitní posouzení – odpolední špičková hodina

Kapacitní posouzení světelně řízené křižovatky podle TP 235										
Název křižovatky		Náchodská x Bystrá, Praha – Horní Počernice								
Posuzovaný stav		stav 2018, špičková hodina 16:30-17:30				Délka cyklu t _c [s]		80,00		
Kapacita levého odbočení ovlivněného protisměrem										
Vjezd	l _p	S _p	z _p	C _{L1}	N _A	C _{L2}	S _L	z _o	C _{L3}	C _L
(signální skupina)	[pvoz/h]	[pvoz/h]	[s]	[pvoz/h]	[pvoz]	[pvoz/h]	[pvoz/h]	[s]	[pvoz/h]	[pvoz/h]
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VB ^{<}	540	1865	37	183	3	135	1579	0	0	318
VD ^{<}	274	1900	30	289	3	135	1652	19	226	650
Posouzení kapacity vjezdů, úroveň kvality dopravy										
Vjezd	l _v	z	S _v	C _v	Rez	L _{F1}	L _{F2}	t _w	ÚKD	
(signální skupina)	[pvoz/h]	[s]	[pvoz/h]	[pvoz/h]	[%]	[m]	[m]	[s]	dosažená	požadovaná
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
VA ^{>} + SA	340	41	1520	779	56	11	-	13	A	D
VA ^{<}	138	26	1132	368	62	6	-	21	B	D
VB ^{>} + SB	94	26	1520	494	81	3	-	18	A	D
VB [^]	262	19	1900	451	42	9	-	29	B	D
VB ^{<}	12	19	1579	1579	99	0	-	21	B	D
VD ^{^>}	600	38	1865	886	32	21	-	18	A	D
VD ^{<}	174	38	1652	650	73	6	-	12	A	D

4.9.1 Porovnání kapacitních posouzení světelně řízené křižovatky s neřízenou úrovnovou křižovatkou

a) Ranní špičková hodina

Při porovnání kapacitního posouzení ranní špičkové hodiny světelně řízené křižovatky z Tabulky 4-6 s kapacitním posouzení neřízené úrovnové křižovatky viz Tabulka 3-2 je patrné mírné zhoršení stupňů UKD vinou delších středních dob zdržení. V kapacitním posouzení neřízené křižovatky byl vyhodnocen stupeň B dle UKD pouze v případě severního paprsku ulice Bystrá pro signální skupinu VA. SSZ by mělo podle vyhodnocení zlepšit stupeň UKD na A pro vjezd VB. Naopak k zhoršení se schylují vjezdy VB[^] a VD[<] na stupeň B, což není nic zásadního. Je třeba mít na paměti důvod zřizování SSZ viz Kritéria posouzení řízené křižovatky 3.2. Z nich vyplynulo, že křižovatka nevyhovuje z hlediska intenzity chodců, nikoliv z hlediska intenzity vozidel. Podstatné je, že byl splněn požadovaný stupeň UKD, a tudíž je kapacitní posouzení splněno.

b) Odpolední špičková hodina

Když porovnáme výsledky kapacitního posouzení odpolední špičkové hodiny světelně řízené křižovatky z Tabulky 4-7 s kapacitním posouzení neřízené úrovnové křižovatky viz Tabulka 3-2 lze upozorovat podobnou situaci, jako u kapacitního posouzení ranní špičkové hodiny. Opět došlo k mírnému zhoršení stupňů UKD. V tomto případě se stupeň nezměnil u vjezdu severního paprsku VA^{^<}, naopak byly zhoršeny stupně u dvou vjezdů a sice u VB[^] a VB[<]. Střední doby zdržení ale nejsou nijak drastické, přeci jen se stále jedná o stupeň B dle hodnocení UKD. Opět je dobré si uvědomit, že SSZ je v tomto případě navrhováno primárně pro bezpečnost chodců viz Kritéria posouzení řízené křižovatky 3.2. Hlavním cílem kapacitního výpočtu bylo splnění minimálně stupně D pro každý vjezd, což se podařilo, a tudíž je kapacitní posouzení splněno.

5 Ověření návrhu světelně řízené křižovatky v simulačním prostředí VISSIM včetně návrhu způsobu řízení a širších dopravních vztahů

5.1 Teoretická část k programu VISSIM

Program VISSIM slouží k simulaci chování dopravy v namodelovaném prostředí. Tato podkapitola popisuje zjednodušený postup.

Nejprve je třeba nadefinovat parametry simulace, funkce (akcelerace, decelerace), distribuce mikrosimulačního modelu, typy a třídy vozidel. Pokud je to třeba, lze nastavit chování vozidel. Následuje definice skladby dopravního proudu. Ulehčujícím krokem je načtení pozadí na pracovní plochu (např. výstřižek z map) a nastavení správného měřítká. Výrazně to zjednoduší pozdější kroky. Nyní lze jednoduše překreslit pomocí podkladu danou dopravní síť. Na vytvořenou dopravní síť vložíme vstupy vozidel na jednotlivé paprsky a nastavíme jejich směřování v uzlu. Nadefinujeme snížení rychlosti v oblasti eventuálně rozhodnutí o změně rychlosti – definování nových rychlostních distribucí. Dopravnímu uzlu nastavíme hlavní a vedlejší směry vložením pravidel o přednosti v jízdě. Následně lze nadefinovat systém řízení (pevný signální plán, dynamické řízení SSZ atd.). Poté vložíme návěstidla, lze vložit i detektory (např. indukční smyčky). Definujeme klidové doby pro stání vozidel, zastávky VHD, popřípadě přednost typu „Stop, dej přednost v jízdě!“. Pokračujeme nastavením tras VHD. Závěrem nastavíme vyhodnocení mikrosimulačního modelu a počet běhu simulace.

5.2 Simulace

K této kapitole je přiložena elektronická příloha F, která obsahuje soubory pro spuštění simulace na PC.

Perioda simulace byla nastavena od 600 s do 4 200 s, tedy 1 h. Prvních 10 minut probíhá zahřívací perioda, kdy dochází k nasycování křižovatky. Nebýt zahřívací periody byly by zásadně chybně ovlivněny výsledky simulace. Byly vytvořeny kategorie osobních vozidel, nákladních vozidel a autobusů, motocyklů, cyklistů a chodců. Dále byl skrze kartu „Background images“ vložen obrázek přílohy B, kterému bylo později v tabulce „Scale“ nastaveno měřítko tak, aby odpovídalo i v simulačním prostředí.

Prvním viditelným krokem v modelování bylo vložení tras skrze kartu „Links“. Zde byla nastavena šířka pruhu, gradient, počet pruhů v jednom směru, ale také typ chování (Urban motorized). Na kartě „Nodes“ pak byly tyto trasy spojovány spojnicemi všemi možnými směry průjezdu křižovatkou. Takto vzniklo spojení tras, ovšem s hranatým obloukem. Pro vyřešení tohoto problému stačilo použít nástroj vygenerování křivky „Generate spline“ a přepočítání křivky „Recalculate spline“. Tím bylo docíleno hladkého oblouku. Protisměr byl vytvořen

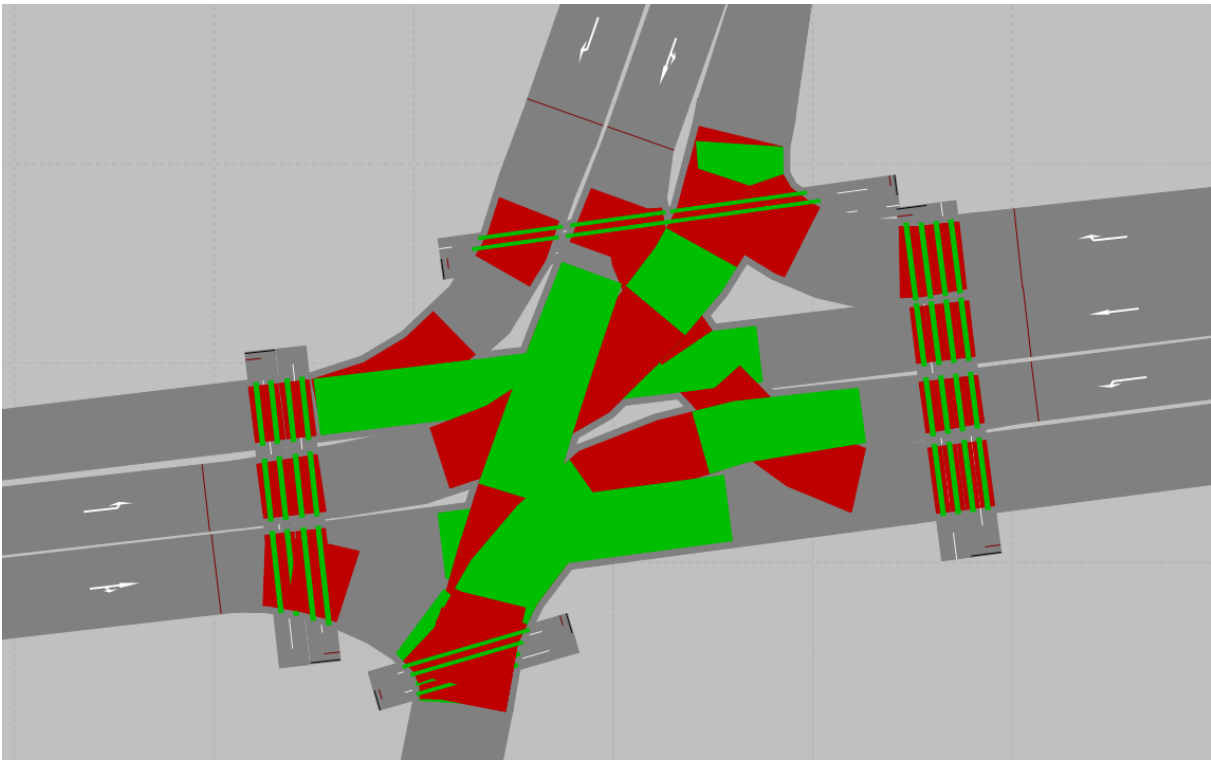
nástrojem „Generate opposite direction“. Model byl posléze doplněn o VDZ skrze kartu „Pavement markings“. Pravým tlačítkem myši bylo možné vložit směrové šipky. Dalším podstatným krokem bylo vytvoření přechodů pro chodce opět skrze kartu „Links“ včetně vygenerování protisměru.

Následovalo vkládání vstupů vozidel a chodců „Vehicle inputs“. To bylo provedeno stisknutím pravého tlačítka na začátku každé trasy. Celkem bylo vloženo 8 vstupů chodců a 3 vstupy vozidel. Vstupům byly přiděleny příslušné skladby dopravního proudu (chodci/vozidla) v atributu „VehComp“. Poté byly vloženy hodnoty intenzit z dopravních průzkumů 2.4.2 pro ranní a odpolední špičkovou hodinu. Do simulace je vkládána celková intenzita vjezdu paprsku, která je posléze poměrově rozdělena dle příslušných intenzit odbočovacích pruhů. Například v ranní špičkové hodině na vjezdu VA je celková intenzita 340 voz/h. Z toho tvoří $V > 233$ voz/h, $V^{\wedge} 11$ voz/h a $V < 96$ voz/h. Z toho vychází poměrové koeficienty pro $V > 0,686$, pro $V^{\wedge} 0,032$ a pro $V < 0,282$, tedy v součtu se rovnají 1.

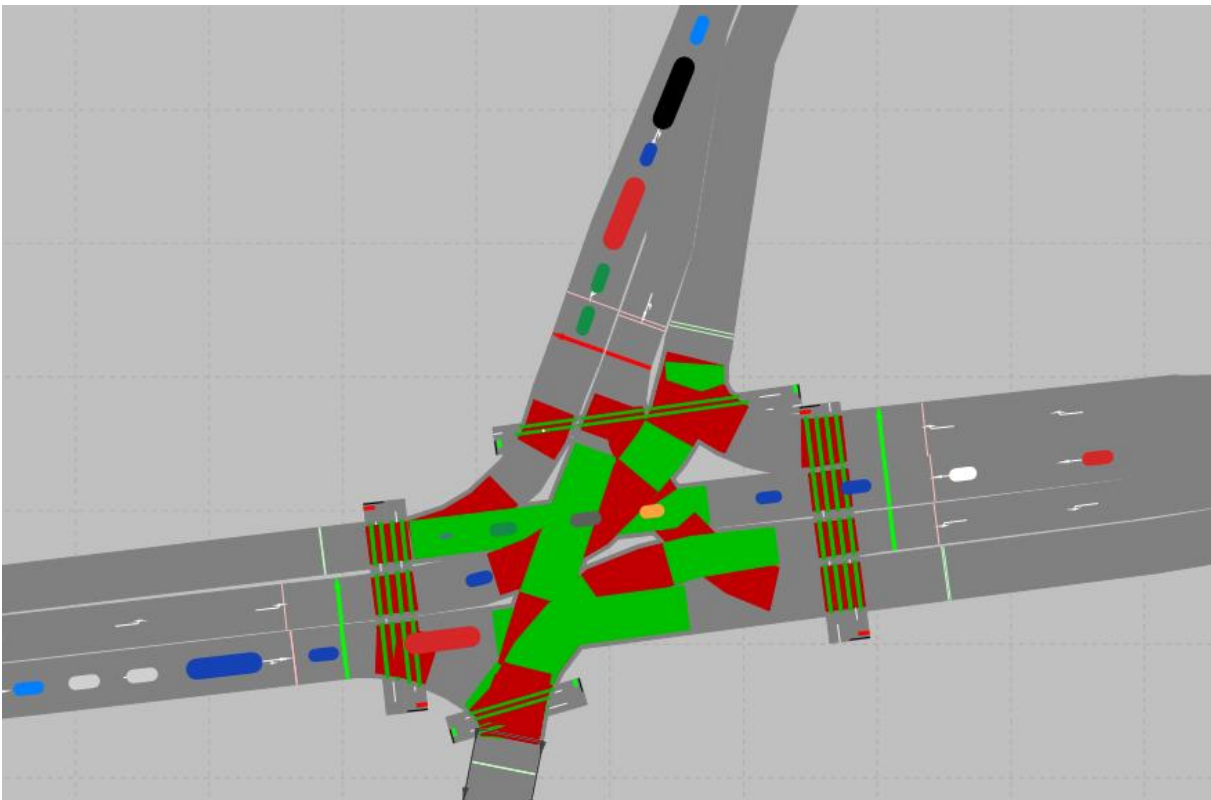
Odbočující vozidla v křižovatce běžně snižují svoji rychlost. I tuto vlastnost lze v programu VISSIM zahrnout. Na kartě „Reduced speed areas“ lze pravým tlačítkem myši kliknout na trasu a vyznačit místa v křižovatce, kde vozidla běžně zpomalují.

V další fázi simulace je vhodné nastavit pravidla předností v jízdě skrze kartu „Conflict Areas“. Zeleně označíme trasu s předností a červeně trasu, která má povinnost dát přednost v jízdě viz Obrázek 5-1. Lze také nastavit přednost „Stop! Dej přednost v jízdě!“, tento typ přednosti se v naší křižovatce ale nevyskytuje.

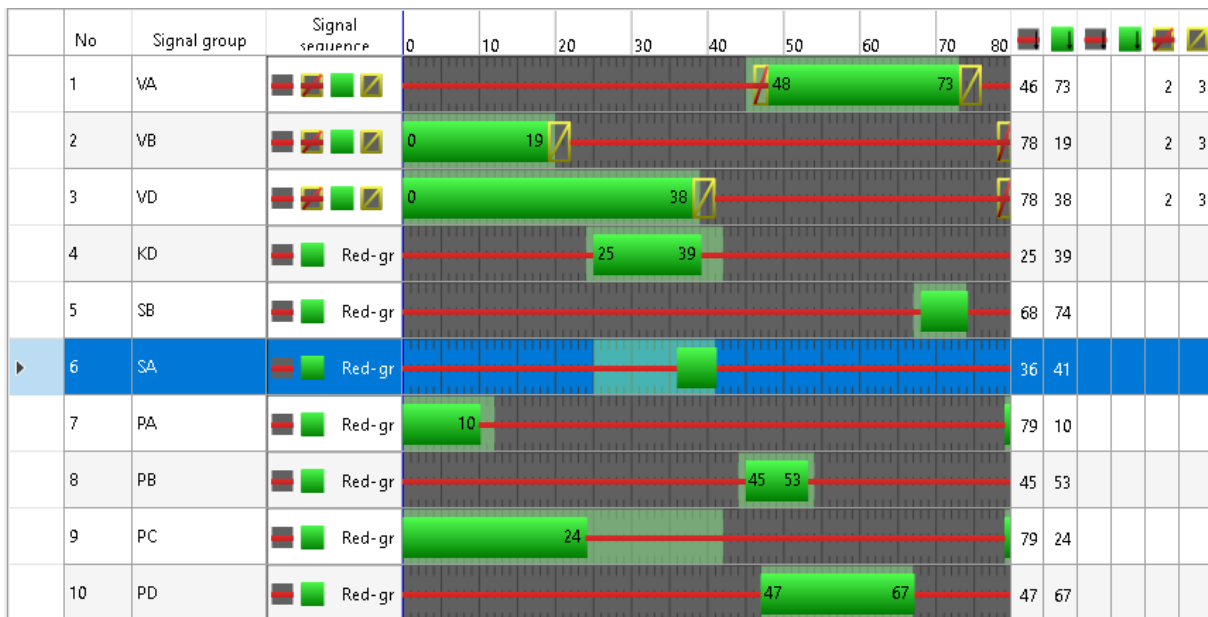
V tomto kroku začínala práce na signálním plánu. Po rozkliknutí karty „Signal Control“ se objevila tabulka „Signal Controller“, kde bylo zapotřebí nastavit typ řízení (pevný nebo dynamický). Tlačítkem „Edit signal control“ se zobrazila další tabulka s atributy „Signal groups“, což jsou označené vjezdy, dále „Intergreen matrix“, kam byla zkopírována Tabulka 4-2 mezičasy. Posledním klíčovým atributem byl „Signal program“, kde byl nastaven signální plán, který byl navržen v kapitole 4 pro ranní i odpolední špičkovou hodinu viz Obrázek 5-3 a Obrázek 5-4. Posledním krokem k funkční simulaci signálního plánu bylo vložení návěstidel na patřičná místa. To lze provést skrze kartu „Signal heads“. Opět se pravým tlačítkem klikne na bod umístění návěstidla a po otevření listu s návěstidly lze u každého nastavit atributy typu signální skupina, popřípadě nastavení plného signálu nebo zelené doplňkové šipky. Tímto byla příprava hotová a následovalo spuštění simulace, které je znázorněno na Obrázku 5-2.



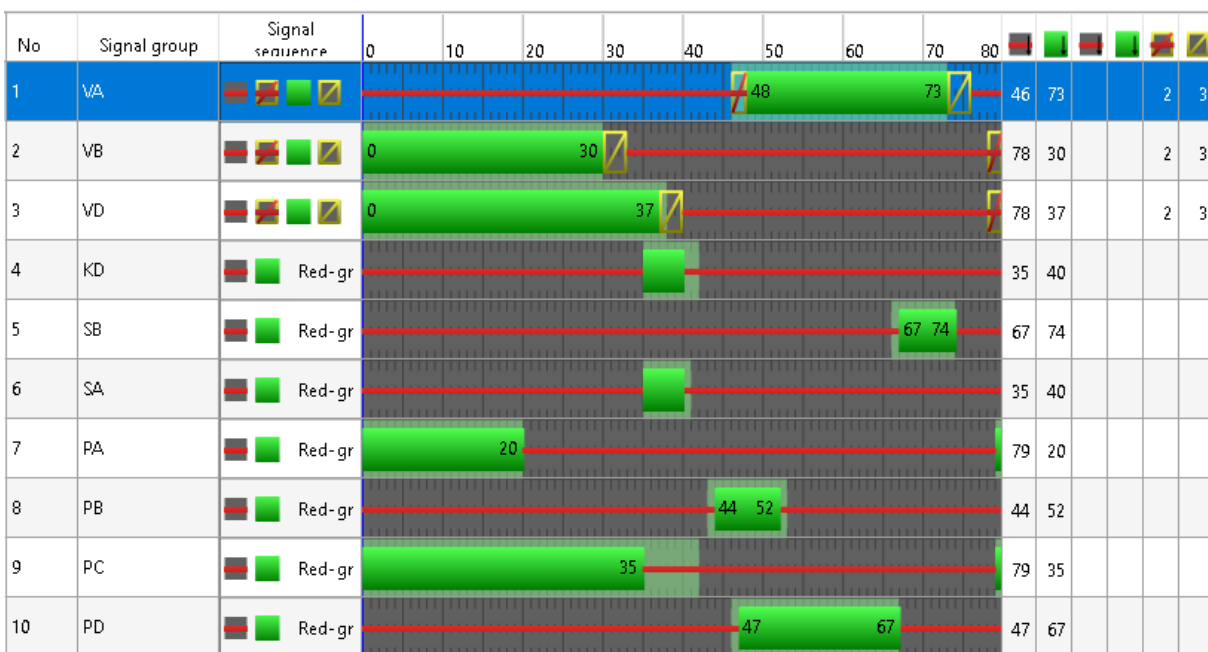
Obrázek 5-1 Kolizní plochy simulace a nastavení předností



Obrázek 5-2 spuštění simulace



Obrázek 5-3 signální plán pro ranní špičkovou hodinu



Obrázek 5-4 signální plán pro odpolední špičkovou hodinu

5.3 Porovnání výsledků simulace s kapacitním posouzením světelně řízené křižovatky

Byla provedena simulace o délce 3600 s (příloha F), čímž byly získány raw data ve formátu rsr. (příloha C), které je zapotřebí vhodně vyfiltrovat pro získání slušného výsledku. Pro tento účel byl použit program MS Excel. Byly získány parametry doby průjezdu včetně středních dob zdržení pro každé vozidlo, které projelo křižovatkou. Pro každý vjezd byly tyto parametry vyfiltrovány, zprůměrovány a tím bylo i možné stanovit stupeň UKD. Tyto parametry jsou uvedeny v následující Tabulce 5-1.

Tabulka 5-1 výsledky simulace

Vjezd	Ranní špičková hodina			Odpolední špičková hodina		
	doba průjezdu t_t [s]	střední doba zdržení t_w [s]	UKD [-]	doba průjezdu t_t [s]	střední doba zdržení t_w [s]	UKD [-]
VA> + SA	14	10	A	12	8	A
VA^<	19	14	A	21	16	A
VB> + SB	12	9	A	17	14	A
VB^	13	7	A	17	11	A
VB<	36	31	B	34	28	B
VD^>	17	7	A	14	7	A
VD<	43	37	C	27	21	B

Když porovnáme výsledky simulace z Tabulky 5-1 s kapacitními posouzeními světelně řízené křižovatky viz Tabulka 4-6 dojdeme k následujícímu závěru. Suma středních dob zdržení ze simulace činí celkem 115 s pro ranní špičkovou hodinu. Suma středních dob zdržení z kapacitního posouzení činí 132 s po zaokrouhlení na celé jednotky. Rozdíl těchto dvou sum je 17 s ve prospěch simulace. Je tedy patrné, že střední doby zdržení hrají lépe do karet simulaci. Nejvýraznější rozdíl těchto dob konkrétního řadícího pruhu v kapacitním výpočtu oproti simulaci je u vjezdu VB^ a sice 21 s. Menší rozdíl je vidět u vjezdů VB<, kde hodnota činí 17 s a VD<, kde hodnota činí 11 s. Rozdíly ostatních vjezdů jsou méně než 8 s.

Obdobně je tomu i u odpolední špičkové hodiny, kdy suma středních dob zdržení ze simulace v Tabulce 5-1 činí 105 s a z kapacitního výpočtu odpolední špičkové hodiny, Tabulce 4-7 je to 133 s po zaokrouhlení na celé jednotky. Rozdíl těchto dvou hodnot je o trochu větší, než u ranní špičkové hodiny a sice o 28 s. Rozdíly středních dob zdržení konkrétních řadících pruhů jsou na tom paradoxně o něco lépe. Největší rozdíl 18 s je patrný opět u vjezdu VB^.

Pro vjezd VD[^] je rozdíl 11 s. Rozdíly zbylých vjezdů jsou menší než 10 s. Přestože některé výsledky přímo neodpovídají kapacitnímu výpočtu, lze je pro naše potřeby považovat za dostatečné.

5.4 Doporučení

Přestože z porovnání kapacitních posouzení řízené a neřízené křižovatky vyplývá celkové prodloužení středních dob zdržení a drobné zhoršení stupňů UKD, je na místě zvážit přínosy instalace SSZ, kterými jsou bezpochyby zlepšení bezpečnosti provozu vozidel, ale také chodců, pro které bylo SSZ rovněž z velké části navrhováno.

Je doporučeno provést stavební úpravy dle přílohy B, zřídit SSZ v dopravním uzlu a nastavit signální plán dle přílohy E. V případě realizace se následně důrazně doporučuje sledovat dopravní uzel a vyhodnocovat stav dopravy. Snaha je minimalizovat kongesce, proto je možné signální plán na základě vyhodnocení případně upravit tak, aby byl co nejoptimálnější dle aktuálních požadavků dopravy. Zároveň je doporučeno sledovat statistiku nehodovosti a případně ji porovnat se vstupní statistikou, přílohou D. Instalací SSZ se předpokládá pokles počtu dopravních nehod oproti přechozímu stavu neřízené úrovně křižovatky.

V budoucnu je možné uvažovat o úpravě na dynamický signální plán za použití například videodetekce pro snadnější instalaci. Lze také uvažovat o aktivní preferenci MHD, tlačítkách pro chodce na sloupech SSZ, popřípadě zelené vlně v koordinaci s okolními křižovatkami se SSZ.

Zároveň je doporučeno využít noční režim blikavé žluté a to od 6:00 do 21:00 ve všední dny. Pro nízké noční intenzity konkrétně této křižovatky nemají navržené signální plány vhodné využití. Další okolností pro využití nočního režimu jsou i nejbližší křižovatky se SSZ západním i východním směrem, které noční režim blikavé žluté využívají.

6 Závěr

Cílem práce nebylo pouze navrhnout SSZ, ale i se seznámit s celým procesem, který s navrhováním SSZ souvisí. Pro zvýšení bezpečnosti, kapacity křižovatky a komfortu řidičů bylo navrženo světelné řízení.

Ve druhé kapitole byly rozebrány širší dopravní vztahy a proveden dopravní průzkum, ze kterého byla zjištěna hodinová intenzita ranní i odpolední špičkové hodiny a víkendového provozu všech pruhů.

Ve třetí kapitole byly pro dopravní uzel zjištěny všechny kritéria pro návrh SSZ. Ukázalo se, že křižovatka nevyhovuje z hlediska intenzity chodců. Ostatní kritéria nebyla pro návrh SSZ splněna, nicméně jedno platné kritérium je pro návrh SSZ postačující. Přílehlý hřbitov nahrává většímu množství výskytu osob ve starším věku s horší mobilitou. V zájmu jejich i provozovatele komunikace by mělo být bezpečné přejítí přechodů pro chodce, nejlépe řízeného SSZ. Zároveň bylo přihlíženo i ke spornému kritériu místa zvláštního zřetele.

Proto bylo ve čtvrté kapitole navrženo situační řešení spolu se signálními skupinami a fázemi. Dále byla vyplněna tabulka mezičasů vypočtená z kolizních vzdáleností. Následovalo sestavení fázových přechodů, výpočet parametrů cyklu. S těmito informacemi už bylo možné sestavit kompletní signální plán a provést na něm kapacitní posouzení. Pro maximální využití potenciálu kapacity křižovatky byly navrženy doplňkové zelené šipky VA> a VB>.

U stavebních úprav bylo nutné dbát zvýšené opatrnosti při navrhování poloměru odbočení na autobusy a dlouhá nákladní vozidla tak, aby se bez obtíží vytočila v oblouku. V potaz byli bráni i nevidomí, kterým se navrhuje zřízení vodících pruhů ke každému přechodu pro chodce, aby se mohli sami bezpečně pohybovat poblíž křižovatky. Mezi přínosy stavebních úprav současně spadá návrh vybudování samostatného odbočovacího pruhu vpravo ve východním paprsku na místě současné zeleně. Primárně z důvodů zmíněných v kapitole 2.3 o snadném blokování přímého vjezdu do centra západního paprsku při delším trvání průjezdu vlaku vinou kolony vozidel čekajících před železničním přejezdem. Bonusem tohoto řešení je přirozeně i vzrůst kapacity průjezdu dopravního uzlu. Rozšíření minimálně šířky pruhu by si zasloužil i severní paprsek. Bohužel v tomto případě pro toto řešení nebylo dostatek místa, nicméně došlo alespoň k úpravě vodících proužků a rozdělení vjezdu na dva pruhy z původního jednoho nejednoznačného pruhu. To má za úkol zejména usměrnit zmatené řidiče v řazení na správnou stranu krajnice, ty lze v současné době na severním paprsku čas od času zpozorovat.

Dopravní uzel je poměrně hojně využíván autobusy MHD, a to jak po hlavní ulici, tak i po vedlejší včetně nepříjemného levého odbočení na hlavní. V této práci však nebylo uvažováno o aktivní preferenci MHD jednak z důvodu toho, že preference MHD nebyla náplní

této práce, ale společně z dopravního průzkumu v kapitole 3.2.4 jasně vyplynuly zanedbatelné doby zdržení autobusů MHD, které byly během průzkumu naměřeny, a to i ve směru z vedlejší pozemní komunikace. Doby zdržení se nijak významně nepřiblížily k hranici kritéria plynulosti MHD.

Pátá kapitola se kromě simulace chování dopravních proudů dle navrhnutého signálního plánu ranní a odpolední špičkové hodiny věnovala také vyhodnocení dat získaných během simulace. Data byla vyfiltrována a porovnána s kapacitními výpočty světelně řízené křižovatky. Porovnáván byl zejména parametr UKD. Ve výsledcích byly drobné rozdíly, které však lze pro potřeby této práce pominout.

Příloha A byla použita jako podklad od vedoucího práce. Dalším podkladem bylo statistické vyhodnocení nehodovosti získané z webových stránek „Jednotná dopravní vektorová mapa“.

Věřím, že všechny znalosti a poznatky nabyté při tvorbě bakalářské práce uplatním i při tvorbě další práce.

7 Resumé v anglickém jazyce

Main goal of this thesis was effort to improve few parameters of intersection. These include capacity, comfort and safety of drivers and pedestrians etc.

In second chapter it was realized four traffic survey to know how intersection behave. Part of second chapter was also data collection.

In third chapter it was dealt with analysis of intersection. Five criteria of signal plan project were evaluated. One of them were accomplished (pedestrians criterion) therefore it was moved to the next step which was technical design of intersection drawing in chapter four.

There were unspecified sorting lanes in north ray therefore it was separated properly. It was added one more sorting lane in the east ray too. This step led to remove part of grass on the right side of east ray. New crosswalks were designed in west and east enter of intersection right in front of light signalization. In fourth chapter it was continued with capacity assessment and signal plan project.

In the end of this thesis in chapter five signal plan was set to the VISSIM software and there it was dealt with simulation of intersection behavior which ended with B score of traffic quality level for morning peak hour and with B score of traffic quality level for afternoon peak hour too.

8 Seznam rovnic

Rovnice 3-a vzorec pro výpočet relativní nehodovosti.....	17
Rovnice 3-b dosazení do vzorce pro výpočet relativní nehodovosti	19
Rovnice 4-a výpočet minimální délky cyklu (10).....	28
Rovnice 4-b stanovení optimální délky cyklu (10).....	29

9 Seznam tabulek

Tabulka 2-1 zohlednění skladby dopravního proudu	11
Tabulka 2-2 Všeobecný přehled o nehodách v zadané lokalitě	15
Tabulka 3-1 přepočtové koeficienty skladby dopravního proudu pro neřízené úrovňové křižovatky (8)	16
Tabulka 3-2 kapacitní posouzení neřízené úrovňové křižovatky	17
Tabulka 3-3 sčítání dopravy TSK (12)	18
Tabulka 3-4 hrubý odhad intenzity	19
Tabulka 3-5 Kritérium intenzity z hlediska vozidel	20
Tabulka 3-6 Kritérium intenzity z hlediska chodců	21
Tabulka 3-7 zpoždění autobusů MHD	22
Tabulka 4-1 základní označení signálů (10)	25
Tabulka 4-2 mezičasy	27
Tabulka 4-3 fázové přechody	27
Tabulka 4-4 doby volna na přechodech pro chodce	30
Tabulka 4-5 Úroveň kvality dopravy (13)	31
Tabulka 4-6 Kapacitní posouzení – ranní špičková hodina (13)	32
Tabulka 4-7 kapacitní posouzení – odpolední špičková hodina (13)	33
Tabulka 5-1 výsledky simulace	39

10 Seznam obrázků

Obrázek 2-1 vedení linek MHD v křižovatce Náchodská – Bystrá (3)	4
Obrázek 2-2 širší dopravní vztahy zkoumané lokality (3)	4
Obrázek 2-3 dopravní značení severního paprsku ulice Bystrá (foto Hochman 2019)	6
Obrázek 2-4 dopravní značení východního paprsku ulice Náchodská (foto Hochman 2019) .	7
Obrázek 2-5 dopravní značení západního paprsku ulice Náchodská (foto Hochman 2019) ...	7
Obrázek 2-6 reklamní plochy východního paprsku směrem do centra – ulice Náchodská (foto Hochman 2019)	9
Obrázek 2-7 reklamní plochy západního paprsku – ulice Náchodská, směr extravilán (foto Hochman 2019)	10
Obrázek 2-8 zakrytí dopravní značky zelení – ulice Náchodská, směr extravilán (foto Hochman 2019)	10
Obrázek 2-9 pentlogram odpolední špičkové hodiny	12
Obrázek 2-10 pentlogram víkendové odpolední hodiny	13
Obrázek 2-11 pentlogram ranní špičkové hodiny	14
Obrázek 3-1 graf kritéria intenzity z hlediska vozidel	20
Obrázek 4-1 návrh a sled fází	25
Obrázek 5-1 Kolizní plochy simulace a nastavení předností	37
Obrázek 5-2 spuštění simulace	37
Obrázek 5-3 signální plán pro ranní špičkovou hodinu	38
Obrázek 5-4 signální plán pro odpolední špičkovou hodinu	38

11 Seznam pramenů a použité literatury

1. **Úřad městské části Praha 20.** O městské části. *pocernice.cz*. [Online] 20. 6 2019. <https://www.pocernice.cz/mestska-cast/o-mestske-casti/>.
2. **CHAPS spol. s r.o.** Pražská integrovaná doprava. *idos.cz*. [Online] <https://jizdnirady.idnes.cz/pid/spojeni/>.
3. **Seznam.cz, a.s. mapy.cz.** [Online] 8 2019.
4. **Seidl, Antonín.** TP 65 Zásady pro dopravní značení na pozemních komunikacích. *pjpk.cz*. [Online] 2013. http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_65.pdf.
5. **Koura Publishing.** TP 189 Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích. *www.pjpk.cz*. [Online] 9 2018.
6. **Autodesk Inc.** AutoCAD Inventor. 2017.
7. **CityPlan spol. s r.o.** TP 123 Zjišťování kapacity pozemních komunikací a návrhy na odstranění kongescí. Praha : autor neznámý, 1999.
8. **EDIP s.r.o.** TP 188 Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací. *pjpk.cz*. [Online] srpen 2018. http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_188_2018.pdf.
9. **ČSN 73 6102 Projektování křižovatek na pozemních komunikacích. 2007.**
10. **EDIP, s.r.o.** TP 81 Navrhování světelných signalizačních zařízení pro řízení provozu na pozemních komunikacích. *pjpk.cz*. [Online] prosinec 2015. <http://www.pjpk.cz/viewFile.asp?file=1542>.
11. **Tomáš Hochman, Martin Vacenovský, Filip De Bolle, Georgii Merkulin.** *Semestrální práce z předmětu 20RISI - Návrh řízení křižovatky.* 2019.
12. **Technická správa komunikací hlavního města Prahy, a.s.** Intenzity dopravy. [Online] 2018. <https://www.tsk-praha.cz/wps/portal/root/dopravni-inzenyrstvi/intenzity-dopravy>.
13. **Martolos, Jan.** *Posuzování kapacity světelně řízených křižovatek s přílohou TP 235.* místo neznámé : EDIP s.r.o., 2012.
14. **Planung Transport Verkehr AG.** VISSIM 5.30-05 User Manual. [Online] 4 2011. https://www.et.byu.edu/~msaito/CE662MS/Labs/VISSIM_530_e.pdf.
15. **Ing. Jiří Růžička.** *Návod k ukázkovému příkladu ve VISSIMu.* Praha : České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní.

16. Ústav dopravního inženýrství hlavního města Prahy. TP 113 Značky a symboly pro výkresy pozemních komunikací. *pjpk.cz*. [Online] 1999. http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_113.pdf.
17. Seidl, Antonín. TP 133 Zásady pro vodorovné dopravní značení na pozemních komunikacích. *pjpk.cz*. [Online] 2012. http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_133.pdf.
18. *Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích (II. vydání)*. ISBN 978-80-87394-06-9.

13 Seznam zkratek

ČSN česká technická norma

DI dopravně – inženýrská (typicky data)

EU Evropská unie

hl. m. hlavní město

MHD městská hromadná doprava

OA osobní automobil

SSZ světelné signalizační zařízení

TSK Technická správa komunikací hlavního města Prahy, a.s.

TP Technické předpisy

UKD úroveň kvality dopravy

VHD veřejná hromadná doprava

14 Seznam příloh

- A Polohopisný a výškopisný plán Praha – Horní Počernice, křižovatka ulic Náchodská – Bystrá, listinná i elektronická podoba ve formátech pdf. a dwg.
- B Návrh situačního řešení křižovatky Náchodská – Bystrá v Praze, Horních Počernicích, listinná i elektronická podoba ve formátech pdf. a dwg.
- C Souhrn výpočtů v elektronické podobě SSZ_Nachodska_Bystra_vypocty.xlsx
- D Statistické vyhodnocení nehodovosti v silničním provozu www.jdmv.cz [Online] 2019
- E Návrh signálního plánu pro křižovatku Náchodská – Bystrá
- F Elektronická složka s názvem VISSIM_simulace