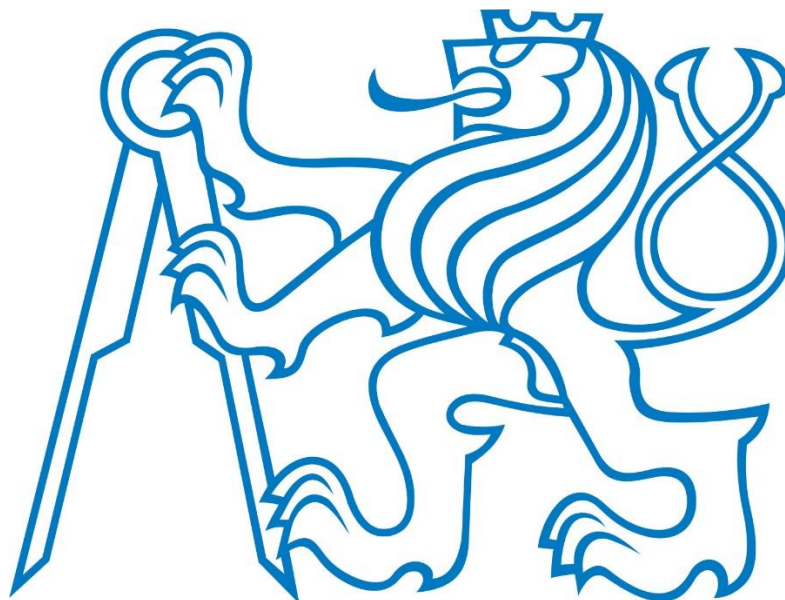


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ



Ondřej Vomočil

**Modelování vybraných dopravních situací
souvisejících s preferencí VHD**

Bakalářská práce

2022

K612 **Ústav dopravních systémů**

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Ondřej Vomočil

Studijní program (obor/specializace) studenta:

bakalářský – DOS – Dopravní systémy a technika

Název tématu (česky): **Modelování vybraných dopravních situací
souvisejících s preferencí VHD**

Název tématu (anglicky): Modelling of Selected Traffic Situations Related to Public
Transport Priority

Zásady pro vypracování

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

- význam preference veřejné dopravy jako součásti udržitelné mobility, přehled a základní charakteristika typů preferenčních opatření
- podrobný popis vybraných dopravních situací souvisejících s preferenčními opatřeními k prověření mikrosimulací, popis prověřovaných variant (vybrané dopravní situace k prověření stanoví vedoucí práce)
- základní principy dopravních mikrosimulací v programu VISSIM s přihlédnutím k vybraným dopravním situacím, způsob vyhodnocení provozu spojů veřejné dopravy
- popis provedených mikrosimulací, jejich vstupních parametrů a vyhodnocení
- formulace závěrů z realizovaných mikrosimulací a případná doporučení pro praxi zřizování preferenčních opatření



Rozsah grafických prací: stanoví vedoucí bakalářské práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: Zákon č. 361/2000 Sb., Vyhláška č. 294/2015 Sb, ČSN 73 6110

NOVOTNÝ Vojtěch, PROUSEK Tomáš, JAVOŘÍK Tomáš.
Zásady pro navrhování a zřizování preference autobusů veřejné hromadné dopravy. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2017. ISBN: 978-80-01-06311-8.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Vojtěch Novotný, Ph.D.

Ing. Nikol Dousková

Datum zadání bakalářské práce:

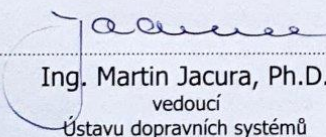
30. září 2021


(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

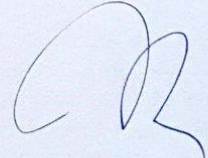
Datum odevzdání bakalářské práce:

8. srpna 2022

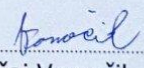
- a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia


Ing. Martin Jacura, Ph.D.
vedoucí
Ústavu dopravních systémů


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



Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.


Ondřej Vomočil
jméno a podpis studenta

V Praze dne.....30. září 2021

Poděkování

Největší poděkování si zaslouží moji vedoucí Ing. Vojtěch Novotný Ph.D. a Ing. Nikol Dousková, bez kterých by tato práce vůbec nevznikla. Vážím si jejich času, který se mnou trávili, trpělivosti, kterou mi věnovali a lidskosti, s jakou se mnou jednali. Zároveň jim děkuji za inspirativní a užitečné rady a zkušenosti, jež přesahují rámec této práce. Dále bych na tomto místě rád poděkoval celé své rodině za jejich celoživotní podporu ve všem, co mě baví.

Prohlášení

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

Prohlašuji, že jsem předloženou práci 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.

V Praze dne 8. srpna 2022

podpis.....

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

**Modelování vybraných dopravních situací
souvisejících s preferencí VHD**

**Modelling of Selected Traffic Situations Related to
Public Transport Priority**

Bakalářská práce

Srpen 2022

Ondřej Vomočil

ABSTRAKT

Preference veřejné dopravy představuje základní nástroj k zajištění bezproblémového a rychlého pohybu spojů veřejné dopravy po infrastruktuře. Předmětem bakalářské práce je pomocí dopravních simulací v programu PTV Vissim posoudit dopravně-inženýrské varianty řešení pro situaci ukončení vyhrazeného jízdního pruhu pro autobusy v místě snížení počtu jízdních pruhů a pro situaci vzniku vyhrazeného jízdního pruhu pro autobusy v souvislosti s křižovatkou. Varianty řešení jsou posuzovány z pohledu veřejné dopravy, ale i z hlediska vybraných efektů na ostatní silniční provoz. Cílem práce je určit optimální dopravně-inženýrské řešení obou situací a přispět tak ke kvalitnímu řešení preference veřejné dopravy v praxi.

KLÍČOVÁ SLOVA

veřejná doprava, preference veřejné dopravy, preferenční opatření, kvalita veřejné dopravy, infrastruktura veřejné dopravy, dopravní simulace, PTV Vissim

ABSTRACT

Public transport priority is an essential tool to ensure the smooth and fast operation of public transport across the infrastructure. The subject of this thesis is to use traffic simulations in PTV Vissim to assess different traffic engineering design approaches for two selected situations: 1. The termination of a bus lane at a lane reduction; 2. The beginning of a bus lane at intersection. Each design approach is assessed from a public transport perspective, but also in terms of selected effects on other road traffic. The aim of this thesis is to determine the optimal traffic engineering design for both situations, and to contribute to the quality of the public transport operation in practice.

KEYWORDS

public transport, public transport priority, preferential measures, quality of public transport, public transport infrastructure, traffic simulation, PTV Vissim

Obsah

1	Motivace a cíl práce	6
2	Preference veřejné dopravy	8
2.1	Role preference VHD v současném dopravním inženýrství	10
2.2	Legislativa.....	11
2.3	Dopravně inženýrské zásady navrhování a zřizování preferenčních opatření	12
2.4	Typy preferenčních opatření.....	15
3	Mikrosimulace dopravně-inženýrských řešení	17
3.1	Simulace v programu PTV Vissim	18
4	Dopravní situace vybrané k ověření s využitím dopravních simulací.....	20
4.1	Problematika ukončení vyhrazeného jízdního pruhu pro autobusy v souvislosti se snížením počtu jízdních pruhů	20
4.2	Problematika vzniku vyhrazeného jízdního pruhu v souvislosti s křižovatkou	24
4.3	Zvolená metodika ověřování hypotéz pomocí simulace v programu PTV Vissim	28
4.4	Simulace situace č. 1 – Ukončení vyhrazeného jízdního pruhu v místě snížení počtu jízdních pruhů před okružní křižovatkou	32
4.4.1	Nastavení modelu a parametrů simulace	32
4.4.2	Provedení simulace.....	35
4.4.3	Vyhodnocení statistických dat získaných ze simulace	36
4.4.4	Dílčí závěry simulace situace č. 1	45
4.5	Simulace situace č. 2 – Vznik vyhrazeného jízdního pruhu v souvislosti se světelně řízenou průsečnou křižovatkou	48
4.5.1	Nastavení modelu a parametrů simulace	48
4.5.2	Provedení simulace.....	52
4.5.3	Vyhodnocení statistických dat získaných ze simulace	53
4.5.4	Dílčí závěry simulace situace č. 2	63
5	Závěr.....	65

Seznam použitých zkratek

VHD	veřejná hromadná doprava
VJP	vyhrazený jízdní pruh (pro autobusy)
IAD	individuální automobilová doprava
SSZ	světelné signalizační zařízení
BUS	autobus/trolejbus
TP	technické podmínky
ROPID	Regionální organizátor Pražské integrované dopravy
SUMP	Sustainable Urban Mobility Plan

1 Motivace a cíl práce

Veřejná doprava a její preference jsou v našich podmínkách velice aktuální témata. Neustále se zvyšující stupeň automobilizace [1] nutí dopravní inženýry přemýšlet, jak zajistit rychlé, spolehlivé a udržitelné cestování obyvatel a návštěvníků měst. V dnešním uspěchaném světě, kdy každá minuta má cenu „zlata“, je schopnost dostat se z místa na místo rychle a včas zcela klíčová pro výběr ideálního dopravního prostředku. Abychom dosáhli konkurenceschopné veřejné dopravy, je nutné její pohyb po infrastruktuře co nejvíce urychlit, čehož lze docílit zaváděním účinných preferenčních opatření. Pouze tak bude veřejná doprava pro cestující atraktivní a ti si tak pro svoji cestu raději vyberou spojení veřejnou dopravou než osobním automobilem.

Jak se ale pozná, že preferenční opatření bude účinné a funkční? Při navrhování preferenčních opatření je řešení konkrétních dopravních situací často předmětem odborných diskusí zúčastněných subjektů. Jako příspěvek k této odborné diskusi se tato práce zabývá dvěma z těchto typických situací s cílem pomocí dopravních simulací prověřit diskutované varianty a formulovat příslušné závěry. Problematice se tato práce věnuje především z pohledu veřejné hromadné dopravy (VHD), zabývá se ale i případnými efekty posuzovaných variant u individuální automobilové dopravy (IAD).

Mikrosimulace zaměřené na preferenční opatření VHD se v praxi v podmínkách Česka moc nevyužívají. Dopravní simulace slouží právě k tomu, aby se ověřilo, zda dané preferenční opatření funguje a to již před jeho samotnou realizací. V ideálním případě pak nedochází k předělávání stávajících preferenčních opatření z důvodu jejich nefunkčnosti, což může ušetřit i nemalé finanční náklady například na svislém a vodorovném dopravním značení.

Na druhou stranu i u simulací je potřeba odborná znalost a zkušenost, aby došlo ke správnému nastavení všech potřebných parametrů. Důležité je taky k simulacím přistupovat individuálně a vyhledat obdobná řešení v praxi, na kterých může proběhnout kalibrace tak, aby simulace odpovídala co nejvíce realitě.

Cílem této práce je na základě dopravních simulací stanovit, jaké varianty řešení zkoumaných preferenčních opatření jsou efektivnější v závislosti na dopravní zátěži.

„Bohatý stát není ten, kde všichni lidé jezdí svými osobními automobily, ale ten, kde všichni jezdí veřejnou dopravou.“

Ing. Vojtěch Novotný Ph.D.

2 Preference veřejné dopravy

Veřejná doprava je po dopravě pěší a cyklistické nejpříznivějším druhem dopravy pro urbanizované oblasti po stránce emisní, hlukové, energetické, ekonomické, dopravní, urbanistické i sociální. Je tedy žádoucí, aby spolehlivá funkce, a tím i atraktivita pro cestující, byla podpořena organizací provozu v dopravním prostoru. [2]

Zatímco segregované subsystémy veřejné dopravy (železnice, metro) mají díky vlastní oddělené infrastruktuře vytvořeny ideální podmínky pro dosahování vysoké cestovní rychlosti a spolehlivosti provozu, tramvajová, trolejbusová a autobusová doprava typicky sdílí hlavní dopravní prostor komunikací s automobilovou dopravou. Aby i tyto subsystémy veřejné dopravy dosahovaly odpovídající a konkurenceschopné cestovní rychlosti a spolehlivosti provozu v uličním prostoru, realizují se stavební opatření a opatření v organizaci provozu s cílem zajistit preferenci veřejné dopravy.

Preferenční opatření jsou základním nástrojem na straně infrastruktury, která slouží k zajištění plynulého, rychlého a spolehlivého provozu spojů veřejné dopravy bez negativního ovlivňování intenzitami individuální automobilové dopravy (IAD) v uličním prostoru. [3]



Obr. 1 Příklad preferenčního opatření k rychlému a plynulému průjezdu spojů veřejné dopravy křižovatkou (České Budějovice) [4]

Základním cílem preference veřejné dopravy je zvýšení plynulosti a rychlosti provozu vozidel veřejné dopravy, čímž dochází i k:

- **zvýšení cestovní rychlosti a zkrácení jízdní doby**

Základním a nejviditelnějším efektem preferenčních opatření je zvýšení cestovní rychlosti a tím tak zkrácení jízdní doby. Například dle studie zpracované pro aglomeraci hlavního města Prahy by snížení času cesty, tj. zkrácení jízdní doby

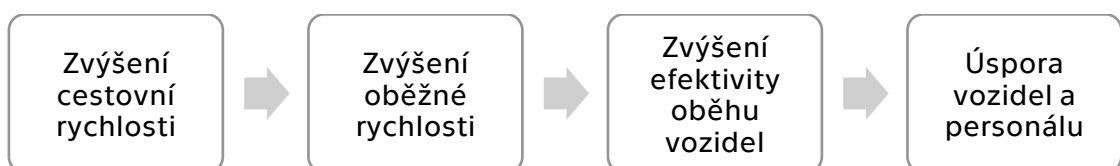
hromadnou dopravou, mělo největší pozitivní dopad na podíl veřejné dopravy a negativní dopad na podíl automobilové dopravy na dělbě přepravní práce [5]. Cestovní rychlost je tak jeden z nejdůležitějších aspektů pro výběr dopravního módu.

- **zvýšení spolehlivosti provozu**

Plynulá jízda a dodržování jízdních řádů je dalším základním předpokladem k tomu, aby lidé chtěli veřejnou dopravu využívat. Spolehlivost tedy pro zákazníka znamená, že se dostane z místa A do místa B včas, tedy dle jízdních řádů, a to v jakoukoli denní dobu. Naopak ve chvíli, kdy dorazí cestující do cílové destinace se zpožděním, má oprávněný pocit, že je VHD nespolehlivá. Tento fakt o to víc umocňuje situace, kdy spoje veřejné dopravy často zastavují i mimo zastávky, což je typicky způsobeno světelnou signalizací nebo kongescí. Časté zastavování pak uživatel veřejné dopravy vnímá jako zbytečné zdržení na jeho cestě. I pro tento negativní psychologický efekt je vyšší plynulost vítaná a vede ke spokojenějšímu zákazníkovi, který si pro svoji cestu raději vybere veřejnou dopravou.

- **snížení počtu vypravených vozidel (v důsledku zvýšení cestovní rychlosti jednotlivých spojů, a tedy i oběhové rychlosti dané linky) a související snížení počtu potřebného personálu (ekonomická efektivita)**

Důležitým efektem preference veřejné dopravy je úspora vozidel a personálu, společně s úsporou pohonných hmot či elektrické energie (viz dále), tedy zvýšení ekonomické efektivity jejího provozu. Vlivem zvýšení cestovní rychlosti dojde ke zvýšení oběhové rychlosti dané linky, čímž poklesne počet vozidel potřebných k zajištění provozu linky. Stejný dopravní výkon lze tedy realizovat s nižšími náklady.



Obr. 2 Princip zvýšení ekonomické efektivity provozu veřejné dopravy při zavedení preferenčních opatření [6]

Protože odpisy vozidel i mzdy personálu představují významnou položku v nákladech na dopravní výkon linky, může být snížení potřebného počtu vozidel (pořadí) výrazným zvýšením efektivity provozu linky.

Orientačně lze ekonomický efekt zkrácení doby oběhu (zvýšení oběhové rychlosti) demonstrovat na příkladu linky 107 PID. Při zkrácení doby oběhu o 10%, což

v případě této linky představuje zkrácení doby oběhu o cca 4 minuty (tj. časovou úsporu pouhé 2 minuty v každém směru) dojde k poklesu potřebného počtu vozidel o dvě (ze 14 na 12), a tedy i k příslušnému poklesu potřebného počtu řidičů.

Za předpokladu pořizovací ceny kloubového autobusu 8 000 000 Kč, jeho lineárního odepisování po dobu 10 let a hrubé měsíční mzdy řidiče 33 192 Kč [7] lze úsporu 2 vozidel a 2 řidičů v ranní špičce vyjádřit jako snížení nákladů na provozování linky o cca 2,4 mil. Kč ročně. [6]

- **úspoře pohonných hmot, respektive elektrické energie (energetická efektivita)**
Dalším pozitivním efektem preference veřejné dopravy je zvýšení energetické efektivity, to znamená úsporu pohonných hmot nebo elektrické energie. Tento efekt vzniká plynulou jízdou a s odstraněním zbytečných zastavení na trase dané linky.

Celkově lze konstatovat, že realizace preferenčních opatření pro veřejnou dopravu přispívá k atraktivitě veřejné dopravy pro cestující a jejímu vyššímu užívání (vyšší podíl veřejné dopravy na dělbě přepravní práce) a zároveň má pozitivní dopady na ekonomickou i energetickou efektivitu jejího provozu.

2.1 Role preference VHD v současném dopravním inženýrství

Prosazování a realizace preferenčních opatření pro veřejnou dopravu vede ke zvýšení atraktivity veřejné hromadné dopravy pro cestujícího a zároveň ke zvýšení ekonomické efektivity jejího provozování. Protože veřejná doprava je v podmínkách ČR téměř vždy dotována z veřejných rozpočtů, preference veřejné dopravy nepřímo přispívá k vyšší efektivitě využití veřejných zdrojů, což je v souladu s principy řádného hospodáře. [6]

Prokázané pozitivní efekty preference VHD mají vliv na rozhodování měst a regionů. Veřejná doprava se tak pro ně stává prioritou a začleňují ji do strategických plánů pro rozvoj města. Mnohá města si tak v rámci zpracování plánů udržitelné mobility (SUMP [8]) definovala či se zavázala k vizi zvýšení podílů veřejné dopravy na celkových dopravních výkonech v řešené oblasti (modal-split) a v rámci souvisejících akčních plánů hledají či budou hledat řešení, kterými tuto vizi budou realizovat. [3]

Nepřímo se na podporu preference veřejné dopravy staví i Evropská Unie. Ta se zabývá tématy jako je snížení emisí, udržitelná doprava nebo zajištění ekologického energetického systému. [9] Všechna tato témata úzce souvisí s využíváním veřejné

hromadné dopravy a právě její preference je v prostředí měst a aglomerací klíčovým nástrojem k dosažení cílů Zelené dohody pro Evropu (GreenDeal 2050).

Veřejná doprava má městotvornou funkci a preference VHD s sebou také typicky otevírá možnosti ke zkvalitňování veřejných prostranství díky své prostorové efektivitě či například v případě vyloučení motorové dopravy (mimo VHD) z dané lokality. Preference VHD tak může být prováděna společně s vytvářením kvalitních podmínek pro pěší a cyklisty i zkvalitňování pobytové funkce uličního prostoru. Kombinace těchto opatření má vždy pozitivní vliv na kvalitu bydlení i na rozvoj lokální ekonomiky.



Obr. 3 Zkvalitnění veřejného prostranství (ul. Moskevská, Praha) [6]

2.2 Legislativa

V českém prostředí je nejvýznamnějším dokumentem z oblasti legislativy Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích, respektive navazující Vyhláška č. 294/2015 Sb., které upravují práva a povinnosti účastníků silničního provozu v dopravních situacích souvisejícími s preferenčními opatřeními takto:

- do vyhrazeného jízdního pruhu pro autobusy mohou ostatní vozidla vjíždět pouze při objíždění, předjíždění, odbočování, otáčení, vjíždění či vyjíždění z/na místo mimo pozemní komunikaci; jinak lze vyhrazený jízdní pruh pro autobusy přejíždět pouze příčně, a to na místech k tomu přizpůsobených [viz §14 (1), výklad z §13 (2)]

- autobus VHD, který vyjíždí z vyhrazeného jízdního pruhu do přilehlého jízdního pruhu, má přednost v jízdě (příčemž nesmí ohrozit vozidla jedoucí v cílovém jízdním pruhu) [viz §14 (2)]; toto ustanovení je aplikovatelné jak v situacích ukončení vyhrazeného jízdního pruhu, tak v situacích sjezdu autobusu VHD z tramvajového pásu
- tramvaj, která odbočuje a křížuje směr jízdy ostatních vozidel po její pravé či levé straně, má přednost v jízdě [viz §21 (7)]
- autobus VHD, který odbočuje z tramvajového pásu, na kterém je vyznačen vyhrazený jízdní pruh (provoz BUS na tramvajovém pásu), kterýmkoliv směrem, má přednost v jízdě [viz §14 (1), výklad z §21 (7)]
- vozidla odbočující vpravo či vlevo, které při odbočení kříží tramvajové těleso nebo vyhrazený jízdní pruh pro autobusy VHD, musí dát vozidlům VHD jedoucím po tramvajovém tělese či ve vyhrazeném jízdním pruhu přednost [viz §21 (5) a (6)]
- autobus vyjíždějící ze zastávkového pruhu (zastávky v zálivu), má přednost (příčemž nesmí ohrozit vozidla jedoucí v cílovém jízdním pruhu) [viz §25 (6)]
- provoz autobusů VHD ve vyhrazených jízdních pruzích je/může být řízen pomocí signálů pro tramvaje [viz §72]

Na uvedenou legislativu navazují české technické normy, zejména ČSN 73 6110 [10], kde jsou zmíněna doporučení v zájmu preference veřejné dopravy při navrhování a projektování místních komunikací.

2.3 Dopravně inženýrské zásady navrhování a zřizování preferenčních opatření

V souladu s moderním přístupem k problematice preference VHD je třeba při navrhování a zřizování preferenčních opatření pro tramvajovou, trolejbusovou a autobusovou dopravu dodržovat následující dopravně-inženýrské zásady:

1. Systémová přednost v jízdě

Systémová přednost v jízdě VHD je především principiální přístup k řešení pohybu vozidel veřejné dopravy po síti místních komunikací. Základem je komplexní přístup k pohybu vozidel VHD a následné navržení uspořádání komunikace tak, aby toto uspořádání přirozeně poskytovalo přednost v jízdě tramvajím, autobusům či trolejbusům. Konkrétní aplikace systémové přednosti v jízdě veřejné dopravy může mít podobu například vyznačení hlavní pozemní komunikace ve směru jízdy veřejné dopravy, zajištění plynulého výjezdu BUS z vyhrazeného jízdního pruhu či zastávky

příslušným uspořádáním komunikace či stavebním řešením, zajištění „chráněného“ sjezdu BUS z tramvajového tělesa, realizace zastávkových mysů, zátkových zastávek či zastávek v jízdním pruhu oproti zastávkám v zálivu (bezproblémový výjezd), realizace absolutní či vysoké míry preference na SSZ v kombinaci s vyhrazenou jízdní drahou v řadicích pruzích, apod. [3]



Obr. 4 Zajištění plynulého výjezdu BUS ze zastávky Nádraží Zahradní město stavebním uspořádáním (ul. Švehlova, Praha)



Obr. 5 Bezproblémový výjezd ze zastávkového mysu v zastávce Chodovská (ul. U Plynárny, Praha)

2. Plynulý provoz nebo vyhrazená jízdní dráha

Čím je provoz veřejné dopravy plynulejší a rychlejší, tím vyšší je atraktivita a zároveň i ekonomická efektivita veřejné dopravy. Proto je potřeba zajistit, pokud možno za všech okolností, plynulý a rychlý pohyb jednotlivých spojů veřejné dopravy uliční sítí. Pokud je veřejná doprava vedena po místní komunikaci s nízkým provozem IAD, je většinou podstata této zásady, v kombinaci s aplikací prvků systémové přednosti v jízdě, splněna.

Složitější situace je na komunikacích s vysokým zatížením intenzitami IAD, kde dochází k ovlivňování provozu vozidel veřejné dopravy ze strany dopravy individuální. V takovém případě je ideálním řešením zřízení vyhrazené jízdní dráhy (fyzicky oddělené tramvajové těleso, vyhrazený jízdní pruh pro autobusy, provozu BUS po tramvajovém tělese apod.) pro veřejnou dopravu. Pokud prostorové podmínky místní komunikace nedovolují zřízení vyhrazené jízdní dráhy, je třeba v takovém úseku pomocí prvků řízení dopravy udržovat plynulý provoz a kolonu vozidel (kongesci) řízeně ponechávat tam, kde jí nemůže být provoz veřejné dopravy ovlivněn (tedy v úseku s vyhrazenou jízdní drahou pro VHD či v úseku komunikace bez provozu veřejné dopravy). [3]



Obr. 6 Provoz BUS po tramvajovém tělese (ul. Švehlova, Praha)



Obr. 7 Vyhrazený jízdní pruh v místě dopravní kongesce (ul. Na Padesátém, Praha)

3. Preference na SSZ i na příjezdu ke křižovatce

Křižovatky řízené SSZ jsou častějším případem uzlového bodu sítě místních komunikací s provozem veřejné dopravy a zároveň místem omezujícím kapacitu komunikace, a tedy vždy místem potenciálního zdržení spojů veřejné dopravy. Zásadní ale je, že při řešení preference VHD je nutné se zaměřit na pohyb vozidel jak ve vlastním prostoru křižovatky, tak v prostoru řadicích pruhů (tedy v prostoru příjezdu ke stopčáře).



Obr. 8 Výlučný směr pro BUS + cyklo (ul. Bělocerkevská, Praha)



Obr. 9 Počátek vyhrazeného jízdního pruhu již v rámci řadicích pruhů (ul. Opatovská, Praha)

Vše je sice nutné posuzovat v kontextu četnosti spojů VHD a významu jejich linek – od „prosté“ preference VHD na SSZ, kdy vozidlo veřejné dopravy přijíždí ke stopčáře v proudu ostatních vozidel u méně zatížených křižovatek, až po příjezd vozidel VHD vyhrazenou jízdní drahou ke stopčáře v kombinaci s vysokou mírou preference na SSZ či absolutní preferencí. Druhý případ je typicky využíván u tramvajové dopravy (příjezd do křižovatky po fyzicky odděleném tramvajovém tělese + absolutní preference na SSZ), ale lze jej s úspěchem využívat i u autobusové dopravy (preference na SSZ v kombinaci s průchodem vyhrazené jízdní dráhy křižovatkou či zřízením vyhrazeného řadicího pruhu v případě, že „běžný“ řadicí pruh pro příslušný směr je příliš zatížen IAD). Platí však, že tramvaj či autobus by měly křižovatkou projet vždy „na první zelenou/volno“, tedy maximálně se zdržením jednoho cyklu. [3]

2.4 Typy preferenčních opatření

Typologicky lze z dopravně-inženýrského hlediska rozdělit preferenční opatření pro veřejnou dopravu do tří základních oblastí:

- **prostorová opatření** zajišťující vyhrazenou jízdní dráhu pro vozidla veřejné dopravy v mezikřižovatkovém úseku
- **organizační opatření** zajišťující prioritu veřejné dopravy v kontextu organizace dopravy
- **opatření na křižovatkách** zajišťující nejplynulejší průjezd vozidel VHD těmito uzlovými body komunikační sítě zcela bez zdržení či se zdržením co nejmenším

Zejména plynulý průjezd spojů veřejné dopravy křižovatkami řízenými SSZ je často klíčový parametr, neboť tyto křižovatky mohou způsobovat zdržení i při nízkých intenzitách VHD, a tedy i při „bezproblémovém“ provozu, což platí obecně jak pro tramvajovou, tak pro autobusovou/trolejbusovou dopravu. [3]

Přehled jednotlivých typů preferenčních opatření uvádí následující tabulka:

opatření pro TRAMVAJOVOU DOPRAVU	opatření pro AUTOBUSOVOU/TROLEJBUSOVOU DOPRAVU
prostorová opatření	
<ul style="list-style-type: none"> • tramvajový pás na samostatném tělese • tramvajový pás na sdruženém tělese • zvýšený tramvajový pás • oddělení nezvýšeného tramvajového pásu podélnými prahy 	<ul style="list-style-type: none"> • samostatný autobusový/trolejbusový pás • sdružený tramvajový a autobusový/trolejbusový pás • dodatečný provoz autobusů/trolejbusů na tramvajovém pásu • vyhrazený jízdní pruh • úprava přednosti v jízdě při výjezdu ze zastávky či vyhrazeného jízdního pruhu
organizační opatření	
<ul style="list-style-type: none"> • vedení linek veřejné dopravy pěší zónou • omezení vjezdu ostatních vozidel (vyloučení IAD) z úseku komunikace 	
opatření na křižovatkách	
<ul style="list-style-type: none"> • vyznačení hlavní pozemní komunikace ve směru jízdy spojů veřejné dopravy • preference VHD na SSZ 	
	<ul style="list-style-type: none"> • vyhrazený řadicí pruh • výlučný směr v řadicím pruhu

Tab. 1 Přehled typů preferenčních opatření [3]

Definici jednotlivých preferenčních opatření včetně základních parametrů a použití obsahuje například Katalog preferenčních opatření pro veřejnou hromadnou dopravu zpracovaný v rámci projektu PREFOS [11].



Obr. 10 Sdružený tramvajový pás a autobusový pás (ul. Na Chodovci, Praha) [6]



Obr. 11 Úprava přednosti v jízdě při výjezdu ze zastávky či vyhrazeného jízdního pruhu (Ul. Opatovská, Praha) [12]

3 Mikrosimulace dopravně-inženýrských řešení

Simulace dopravního chování představuje běžně využívaný nástroj dopravními plánovači a inženýry a modelování dopravního proudu je tak běžnou praxí dopravního inženýrství. Modely uvedené v technických podmínkách (TP) jsou využívány pro řešení jednoduchých dopravních úloh, například: stanovení kapacity křižovatek, jízdních pruhů, aj. Jedná se však o poměrně náročný postup práce, který se ve svém provedení může studie od studie lišit. Ovšem TP užití simulace nebo modelování doporučují a četnost případů užití těchto nástrojů u nás roste. [13]

Aby dopravní projektant mohl modelovat a simulovat dopravu, je nutné využít jeden z mnoha softwarových programů k simulaci dopravy. Každý program je založen na modelu podle úrovně detailu.

- **makroskopický model**

Nejméně detailním modelem je model makroskopický. Nestará se o vozidla jako jednotlivce, ale bere dopravu jako celkovou průjezdnost úsekem. Makroskopický model má tedy výhodu ve své menší náročnosti, nemůžeme v něm ale jedno vozidlo reprezentovat jako jednotku ovlivňující celek. [14]

- **mezoskopický model**

Více detailním a propracovanějším modelem, je mezoskopický model. Vozidla mohou být simulována po skupinách i jako jednotlivci, ale jejich vzájemná interakce už není tak detailní. Interakce je založena na základě rychlosti, hustotě a průjezdnosti dopravy v daném úseku. [14]

- **mikroskopický model**

Nejpropracovanější a nejdetailnější je mikroskopický model, kde je každé vozidlo bráno nezávisle a má své vlastní detailní jízdní vlastnosti, model rozhodování řidiče při interakci s ostatními a další vlastnosti, díky kterým simulace vypadá realisticky, což je nesporná výhoda. Nevýhodou je omezená škálovatelnost, jelikož pro větší počet vozidel je simulace výpočetně velmi náročná. [14] Příkladem tohoto modelu je program PTV Vissim, ve kterém je zpracována praktická část této bakalářské práce.

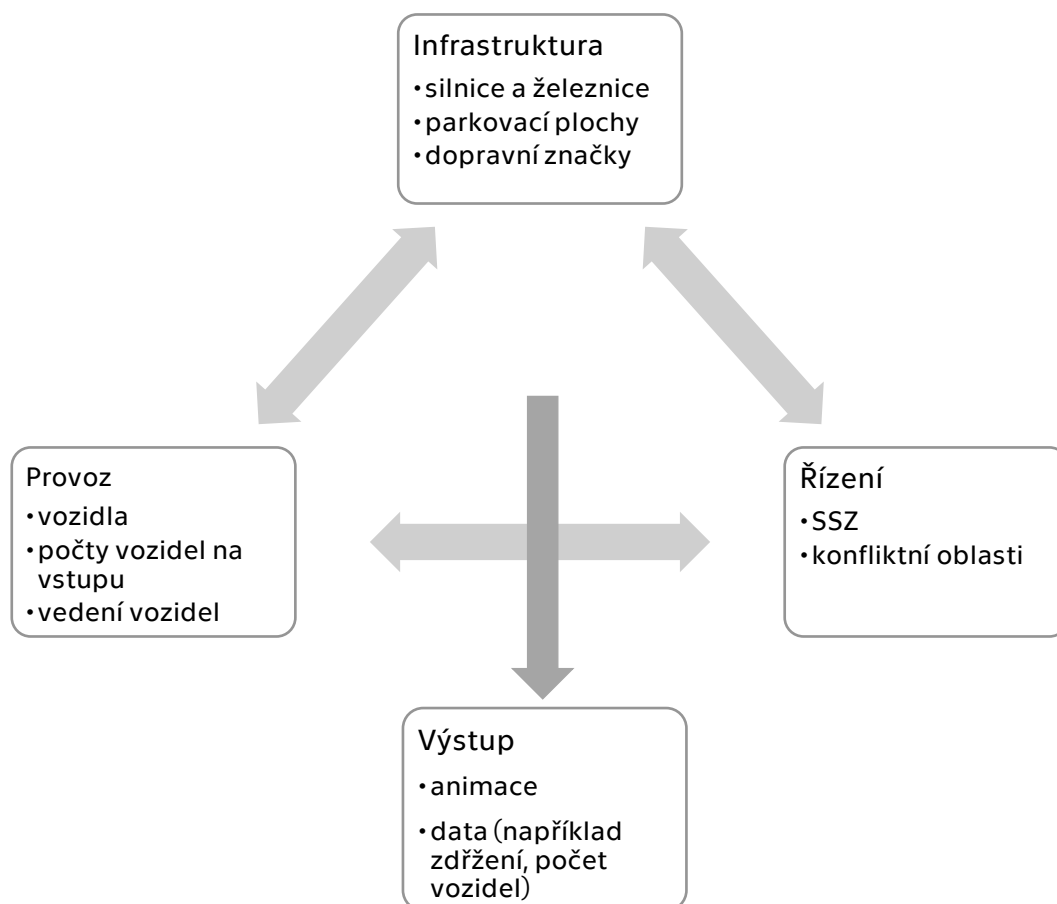
Nedílnou součástí simulací jsou kvalitní vstupní data a správné nastavení parametrů. Na těchto údajích jsou závislé výstupy měření. Aby výsledky co nejvíce odpovídaly reálnému stavu, jsou nutné kalibrace v rámci simulačního programu.

3.1 Simulace v programu PTV Vissim

PTV Vissim je mikroskopická víceúčelová dopravní aplikace, která pracuje na základě několika matematických modelů. Nabízí širokou škálu aplikací pro městskou a dálniční dopravu a integruje veřejnou i soukromou dopravu. Jedná se o software, který umožňuje dopravním inženýrům bez specializovaných počítačových znalostí sestavovat mikroskopické modely dopravního proudu. [15]

Matematické modely jsou založeny na soustavách rovnic, kdy dochází k výpočtům různých parametrů (vzdálenost, rychlost, zrychlení, atd.). Například poloha každého vozidla se přepočítává každých 0,1 – 1 sekundu [15]. Zjednodušeně řečeno si každé vozidlo „hlídá“ vozidlo před sebou, aby do něj nenarazilo. V případě potřeby přeřazení do vedlejšího jízdního pruhu i vozidla vedle sebe v souběžném jízdním pruhu. [16]

Aplikace obsahuje tři základní stavební bloky a jeden další blok generující výsledky simulací:



Obr. 12 Schématické znázornění tří základních stavebních bloků a bloku generujícího výsledky simulací [8]

1. Infrastruktura

První blok tvoří silniční a železniční infrastruktura včetně značek a parkovacích zařízení. Tento blok je potřebný k modelování fyzických silnic a tratí a všeho, co je v reálném světě hmatatelné a ve své životnosti statické (například dopravní značky, detektory, zastávky VHD).

2. Provoz

Tento blok tvoří zejména vozidla a všechno s nimi související. Určují se intenzity na vstupních komunikacích. Vytváří se procentuální rozpad dopravního proudu do jednotlivých směrů a generují se linky veřejné dopravy jako sled po sobě jdoucích zastávek.

3. Řízení

Blok řízení provozu obsahuje všechny prvky potřebné k řízení provozu. Dají se zde nastavit pravidla podle zákona u konfliktních oblastí, akceptovatelná mezera pro zařazení vozidla a řízení semaforů. Ačkoli signální sloupek s hlavicemi patří do bloku infrastruktura, samotná signalizace, včetně definic o nastavení signálu a ovládání akčními členy, patří do bloku řízení dopravy.

Všechny tři bloky jsou na sobě závislé. Například vozidlo VHD (blok 1) může aktivovat detektor (blok 2), což ovlivní řízení signálu (blok 3) na SSZ. [15]

Výstup

Vyhodnocovací blok zpracovává data poskytnutá prvními třemi bloky bez zpětnovazební smyčky. Výstupy mohou být generovány během simulace buď jako animovaná vozidla nebo data. [15] Program vyhodnocuje údaje na základě sledování jednotlivých vozidel a dokáže tak každému vozidlu přiřadit veličiny, které chceme měřit a zkoumat. Zároveň umí rovnou vyhodnocovat i statistické údaje například průměry v hodinových řezech.

4 Dopravní situace vybrané k ověření s využitím dopravních simulací

V rámci této bakalářské práce byly k provedení simulací vybrány dvě typické dopravní situace, ke kterým dochází v souvislosti s realizací preferenčních opatření pro autobusy VHD. U těchto situací dochází v praxi ze strany různých odborníků, respektive orgánů státní správy, k často protichůdným názorům na jejich konkrétní dopravně-inženýrské řešení. Jedná se o tyto typové situace:

- ukončení vyhrazeného jízdního pruhu snížením počtu jízdních pruhů před okružní křižovatkou (situace č. 1)
- vznik vyhrazeného jízdního pruhu v souvislosti se světelně řízenou křižovatkou (situace č. 2)

4.1 Problematika ukončení vyhrazeného jízdního pruhu pro autobusy v souvislosti se snížením počtu jízdních pruhů

K ukončení vyhrazeného jízdního pruhu pro autobusy místem snížení počtu jízdních pruhů dochází například při změně uspořádání pozemní komunikace ve chvíli, kdy šířka pozemní komunikace již nedovoluje šířkové uspořádání v jednom směru ve formátu obecný pruh + „BUS pruh“ či na čtyřpruhové směrově rozdělené komunikaci před okružní křižovatkou s jedním pruhem na okruhu. [17]



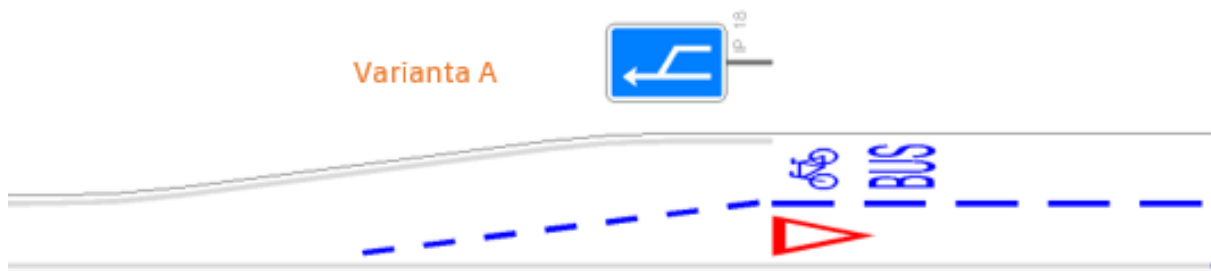
Obr. 13 Snížení počtu jízdních pruhů z důvodu nedostatku prostoru pro pokračování komunikace v jednom směru ve formátu obecný pruh + „BUS pruh“ [GoogleMaps]



Obr. 14 Snížení počtu jízdních pruhů na čtyřpruhové směrově rozdělené komunikaci před okružní křižovatkou s jedním pruhem na okruhu [GoogleMaps]

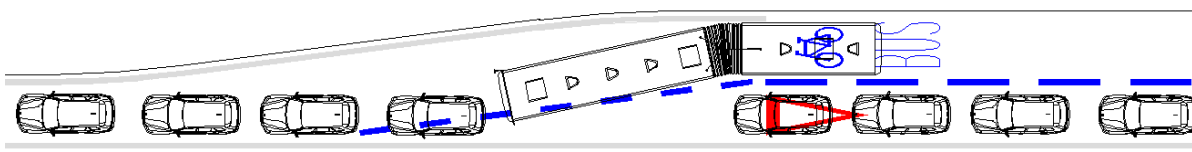
Při navrhování konkrétních řešení těchto dopravních situací se v praxi vyskytují dva protichůdné přístupy:

Prvním přístupem je řešení zachovávající stavebně průběžný obecný jízdní pruh a „ukončující“ vyhrazený jízdní pruh, přičemž autobusy se musí „přeřazovat“ z vyhrazeného jízdního pruhu do průběžného jízdního pruhu (byť dle příslušné právní úpravy mají „přednost v jízdě“ – viz kapitola 2.2). Tato varianta řešení je označena jako **varianta A**.



Obr. 15 Situace č. 1 – Ukončení VJP snížením počtu jízdních pruhů – **Varianta A** [17]

Dle dostupné literatury [17] je výhodou tohoto řešení, že v případě dopravní kongesce nedochází ke zkracování efektivní délky vyhrazeného jízdního pruhu – autobus dojede až do místa snížení počtu jízdních pruhů a zapojí se do kolony vozidel v průběžném pruhu.



Obr. 16 Situace č. 1 – **Varianta A** – Stavební uspořádání se zařazováním „BUS pruhu“ do obecného jízdního pruhu s psychologickou předností pro řidiče IAD [17]

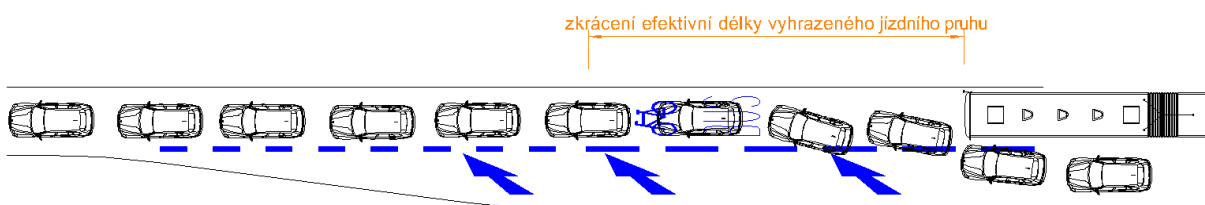
Naopak slabou stránkou může být výjezd autobusů z vyhrazeného jízdního pruhu při plynulém provozu, kdy je ze strany ostatní řidičů typicky velmi malá ochota dodržovat zákonné ustanovení a vyjíždějící autobus „pustit“.

Druhým přístupem je uspořádání tohoto místa tak, aby průběžným jízdním pruhem v místě snížení počtu jízdních pruhů byl vyhrazený jízdni pruh. Argumentem pro toto řešení typicky bývá zajištění systémové přednosti v jízdě autobusů veřejné dopravy vyjíždějících z vyhrazeného jízdního pruhu. Ty mají zajištěny přímý výjezd, zatímco ostatní vozidla musí přejíždět do průběžného jízdního pruhu, což je principiálně v souladu se zásadou systémové přednosti v jízdě (viz kapitola 2.3). Tato varianta řešení je označena jako **varianta B**.



Obr. 17 Situace č. 1 – Ukončení VJP snížením počtu jízdních pruhů – **Varianta B** [17]

Na druhou stranu se v praxi ukazuje, že v případě dopravní kongesce často dochází ke zkracování efektivní délky vyhrazeného jízdního pruhu vlivem předčasného řazení řidičů ostatních vozidel do „průběžného“ jízdního pruhu.



Obr. 18 Situace č. 1 – **Varianta B** – Stavební uspořádání se zařazováním obecného jízdního pruhu do „BUS pruhu“ s rizikem zkrácení efektivní délky VJP [17]

V tomto kontextu byla z formálního hlediska formulována následující **hypotéza**, která bude následně zkoumána (viz kapitola 4.4):

*„K ukončení vyhrazeného jízdního pruhu je vhodnější z hlediska preference autobusů a trolejbusů VHD využít **varianty B**, kdy vyhrazený jízdní pruh bude stavebně průběžný a obecný jízdní pruh se bude zařazovat do průběžného.“*

4.2 Problematika vzniku vyhrazeného jízdního pruhu v souvislosti s křižovatkou

Ke vzniku vyhrazeného jízdního pruhu v souvislosti s průsečnou nebo stykovou křižovatkou obvykle dochází na vícepruhových sběrných komunikacích, které křižují jiné často obslužné komunikace. Podle různých kritérií (bezpečnost, rozhledové podmínky, intenzity provozu, atd.) pak dochází k realizaci světelně řízené nebo neřízené křižovatky.



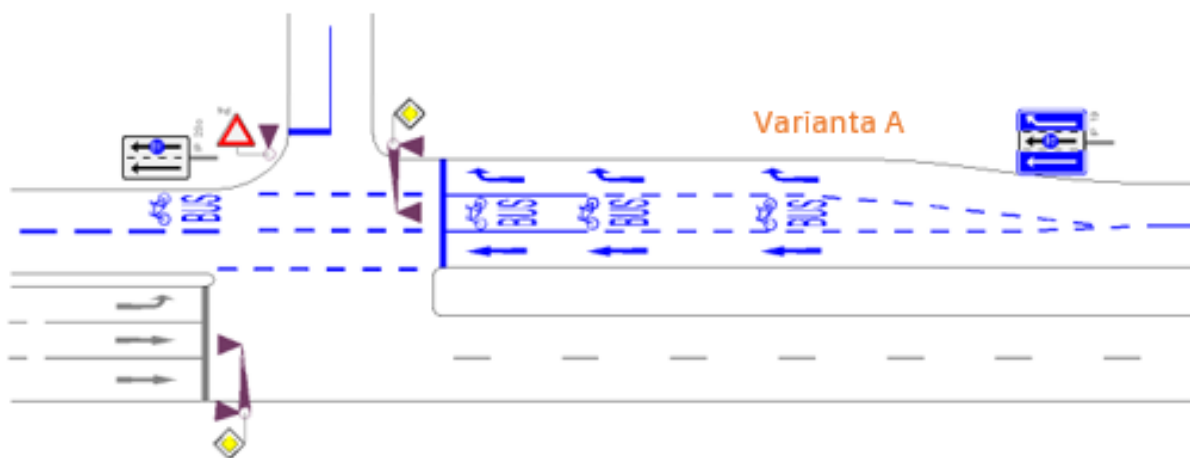
Obr. 19 Vznik vyhrazeného jízdního pruhu v souvislosti se světelně řízenou křižovatkou



Obr. 20 Vznik vyhrazeného jízdního pruhu v souvislosti s neřízenou křižovatkou [4]

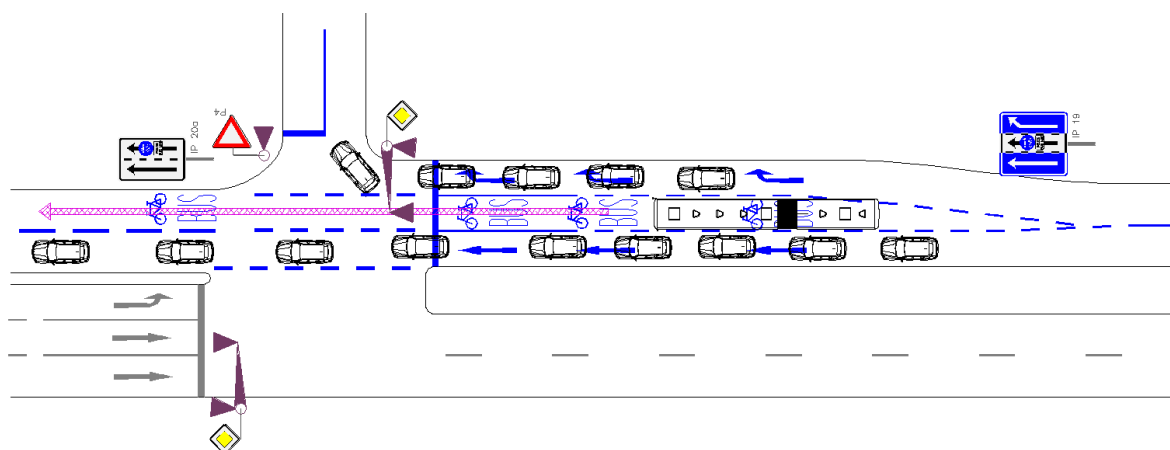
Samotný vznik vyhrazeného jízdního pruhu lze realizovat dvěma způsoby.

Prvním způsobem je řešení, kdy vyhrazený jízdní pruh pro autobusy vzniká již v oblasti řadicích pruhů, tedy před křižovatkou. Tato varianta řešení je označena jako **varianta A**.



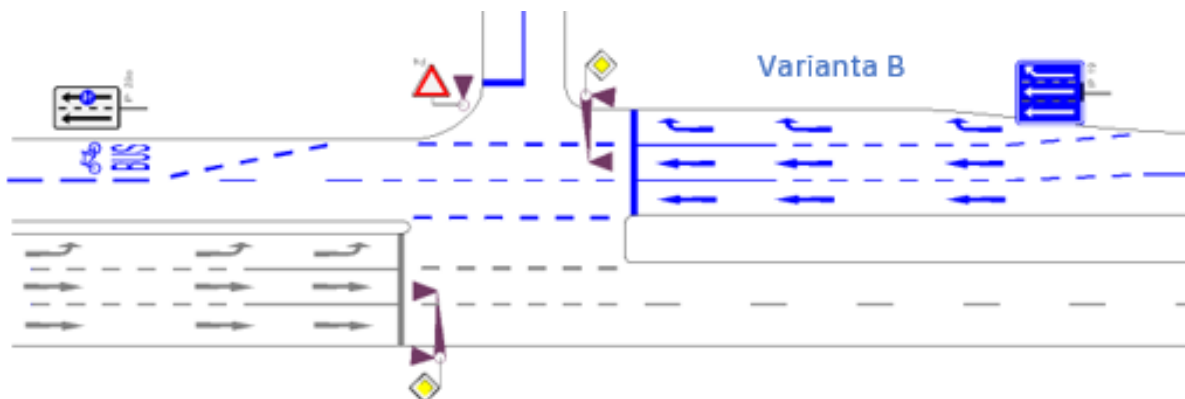
Obr. 21 Situace č. 2 – Vznik vyhrazeného jízdního pruhu v souvislosti se světelně řízenou křižovatkou – **Varianta A** [17]

Cílem tohoto opatření je dovést spoj veřejné dopravy na „stopčáru“ a tím eliminovat zdržení, které způsobují kolony vozidel čekající v řadicích pruzích na signál volno. Toto uspořádání, v závislosti na uspořádání jízdních pruhů v úseku před řadicími pruhy, však může poskytovat podmínky pro plynulý průjezd vozidel VHD v delším úseku před křižovatkou a eliminovat tak vliv případných kongescí. Současně ale směrem přímo vede pouze jeden jízdní pruh pro ostatní vozidla, což snižuje teoretickou kapacitu křižovatkou [18].



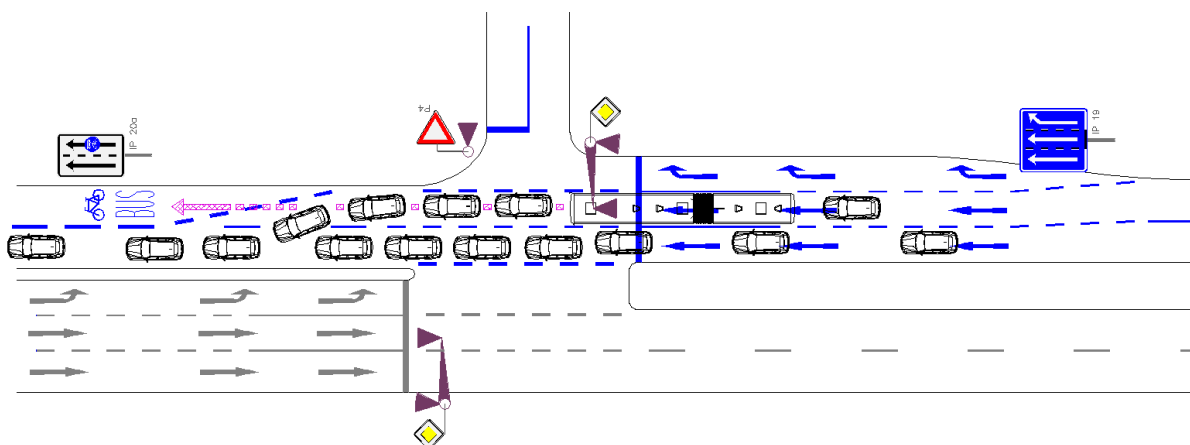
Obr. 22 Situace č. 2 – **Varianta A** – Uspořádání řadicích pruhů zajišťující bezproblémový příjezd ke „stopčáře“; vznik VJP před křižovatkou [17]

Druhým způsobem je uspořádání tohoto místa tak, že vyhrazený jízdní pruh pro autobusy vzniká až v oblasti za křižovatkou, kterou tak projíždí směrem přímo dva obecné jízdní pruhy, což má za následek vyšší teoretickou kapacitu křižovatky [18] než u varianty A. Tato varianta řešení je označena jako **varianta B**.



Obr. 23 Situace č. 2 – Vznik vyhrazeného jízdního pruhu v souvislosti se světelně řízenou křižovatkou – Varianta B [17]

Vznik vyhrazeného jízdního pruhu za křižovatkou má ovšem za následek, že v místě samotného vzniku dochází ke střídavému řazení vozidel tj. k „zipování“, kdy se vozidla z obou obecných jízdních pruhů, vyjma vozidel veřejné dopravy, musí poskládat do jednoho jízdního pruhu. V praxi se pak objevují situace, kdy vlivem vysokých intenzit a problematickým „zipováním“ dochází k zablokování celé křižovatky nebo mnohonásobně menší respektovanosti vyhrazeného jízdního pruhu.



Obr. 24 Situace č. 2 – Varianta B – Společný průjezd všech vozidel světelně řízenou křižovatkou; vznik VJP za křižovatkou [17]

V tomto kontextu byla z formálního hlediska formulována následující hypotéza, která bude následně zkoumána (viz kapitola 4.5):

*„Z hlediska preference autobusů či trolejbusů VHD je výhodnější, aby vyhrazený jízdní pruh vznikl již před světelně řízenou křižovatkou v rámci řadících pruhů a ne až za křižovatkou tj. **Varianta A** je výhodnější.“*

4.3 Zvolená metodika ověřování hypotéz pomocí simulace v programu PTV Vissim

Ověření stanovených hypotéz je provedeno prostřednictvím simulací v programu PTV Vissim. U obou situací jsou simulovány obě definované varianty (viz kapitola 4.1 a 4.2) vždy zasazené do typového příkladu okolní infrastruktury vycházejícího z praxe, a to pro různé scénáře zatížení úseku intenzitami silniční dopravy.

Pro nastavení těchto scénářů je využívána **stupnice charakteristiky dopravního proudu** dle Metody hodnocení podmínek pro provoz spojů veřejné dopravy na infrastruktuře [3]. V rámci této metody je charakteristika dopravního proudu koncipována jako lingvistická veličina nabývající tyto standardizované hodnoty:

<i>lingvistická hodnota</i>	<i>charakteristika dopravního proudu</i>
bezvýznamný	intenzita IAD je ve vztahu ke kapacitě komunikace velmi nízká; provoz pouze jednotlivých vozidel, mezi nimiž nedochází k interakci; rychlost dopravního proudu není omezena; riziko vzniku zdržení vozidel veřejné dopravy je zanedbatelné
plynulý	intenzita IAD je ve vztahu ke kapacitě komunikace nízká, tvoří se malé skupinky vozidel, ke vzájemnému ovlivňování vozidel příliš nedochází; rychlost dopravního proudu není ve většině případů omezena; riziko vzniku zdržení vozidel veřejné dopravy je malé
saturovaný	intenzita IAD je ve vztahu ke kapacitě komunikace střední; dochází k postupné saturaci dopravního proudu, tvoří se proudy vozidel; jednotlivá vozidla se vzájemně ovlivňují, rychlost dopravního proudu je nižší než nejvyšší dovolená; zdržení vozidel veřejné dopravy vznikají nižší rychlostí dopravního proudu a vzájemnou interakcí s ostatními vozidly
nestabilní	intenzita IAD se blíží ke kapacitě komunikace; dopravní proud se stává nestabilní, tvoří se kolony vozidel, provoz není plynulý; střední rychlost dopravního proudu je výrazně snížena
kongesce	překročená kapacita komunikace; dochází ke kolapsu dopravy, rychlost dopravního proudu je téměř nulová; vzniká velmi výrazné zdržení vozidel veřejné dopravy

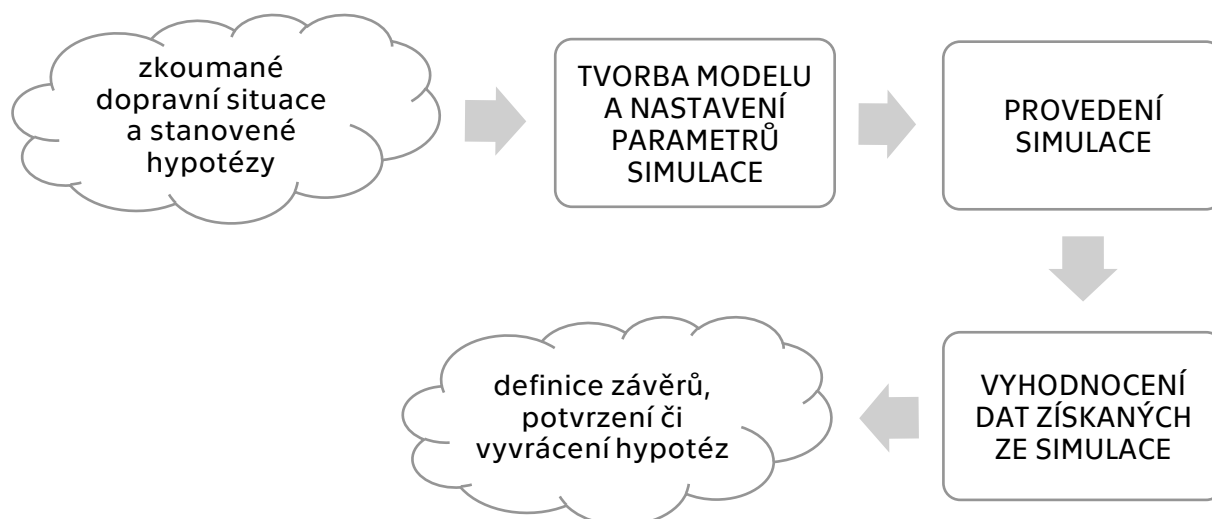
Tab. 2 Definice lingvistických hodnot vstupní veličiny charakteristika dopravního proudu [3]

Využití standardizovaných lingvistických výrazů je zvoleno zejména z důvodu nevhodného užití intenzit IAD jako vstupního parametru, neboť hodnoty intenzit by bylo stejně zapotřebí relativizovat vzhledem ke kapacitě komunikace. Mezi intenzitou IAD a dalšími veličinami dopravního proudu navíc není „přímo úměrná“ závislost (například v případě kongesce je intenzita vlivem velmi nízké rychlosti nízká). [3]

Konkrétní hodnoty intenzit silniční dopravy, které jsou vstupním parametrem do simulací, jsou následně empiricky stanoveny pro každou lingvistickou hodnotu charakteristiky dopravního proudu unikátně pro obě simulované situace.

Četnost spojů VHD je zvolena jednotně v podobě 20 spoj/h (traťový interval 3 min). To odpovídá například situaci, kdy v jednom úseku jezdí dvě linky se špičkovým intervalem 6 minut, tedy v prokladu 3 minuty.

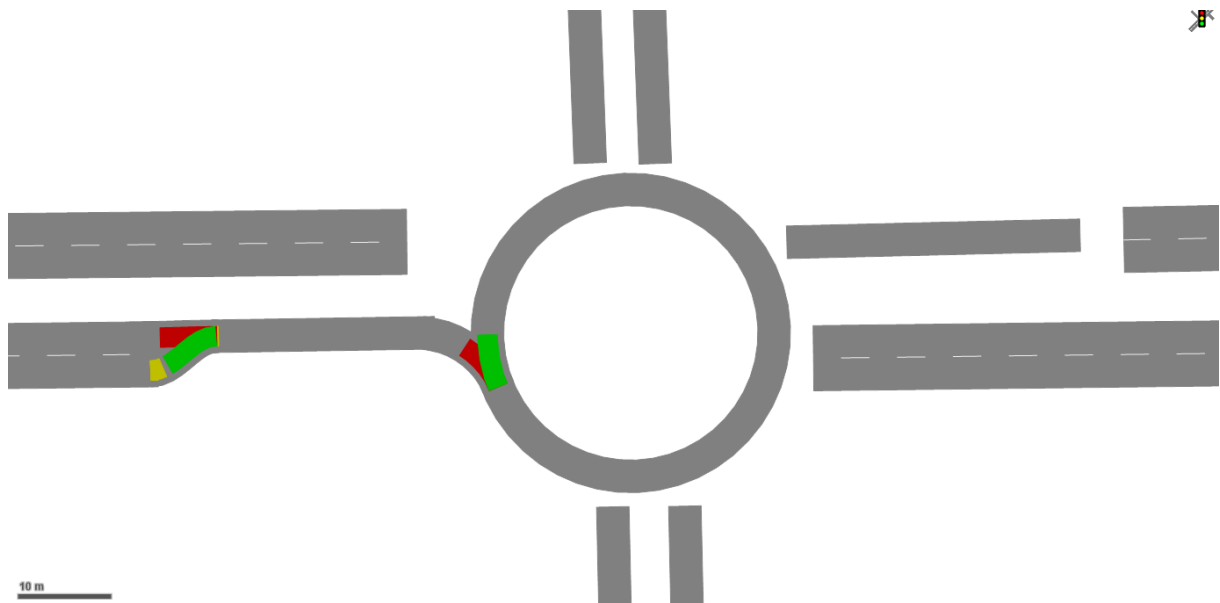
K ověření definovaných hypotéz u obou situací byl určen metodický postup, který ilustruje následující schéma:



Obr. 25 Metodický postup

Tvorba modelu a nastavení parametrů simulace

Jako první bylo nutné namodelovat dopravní infrastrukturu, která se skládá z komunikací a konektorů, jenž propojují komunikace mezi sebou. Dále bylo nutné nastavit, kdo má do jakých jízdnic pruhů povolený vjezd, a vyřešit kolizní místa, kde dochází ke křížení nebo napojování dvou komunikací nebo místa, kde dochází ke snížení počtu jízdnic pruhů, a to z pohledu přednosti v jízdě, která byla nastavována podle zákona.



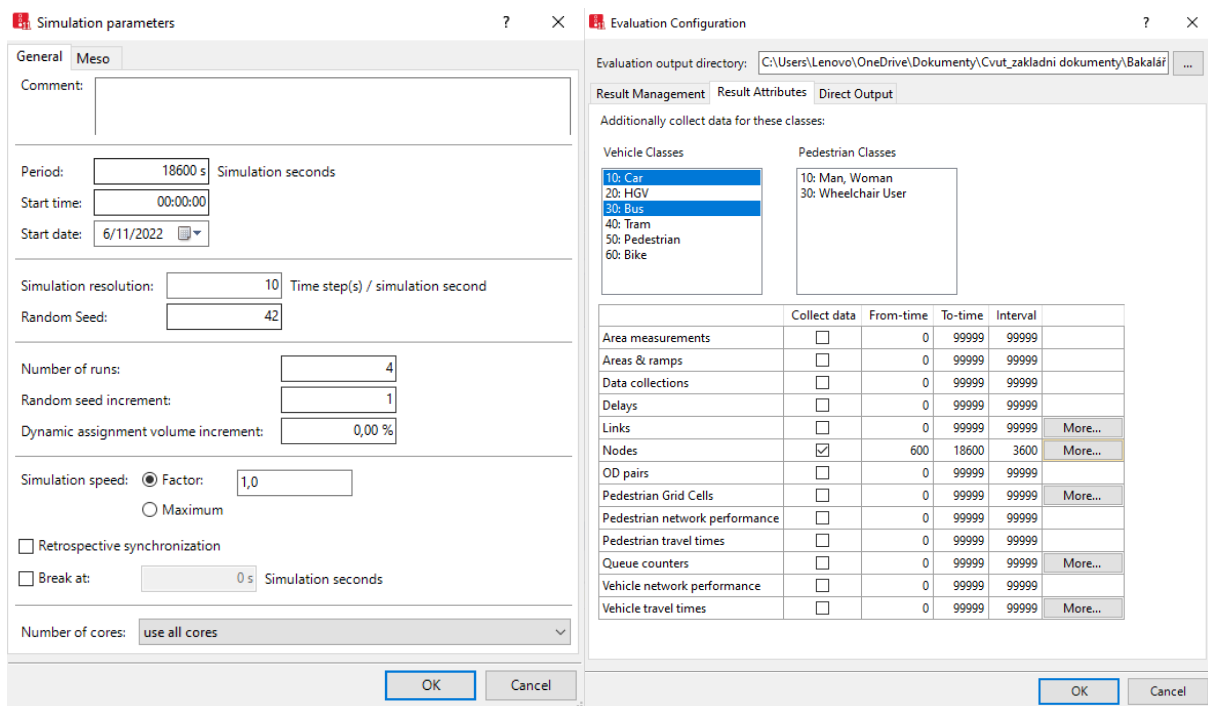
Obr. 26 Ilustrační snímek modelování dopravní infrastruktury v programu PTV Vissim, včetně nastavení předností v kolizních oblastech

Po vytvoření modelu mohlo dojít k určení vstupních intenzit dle charakteristik dopravního proudu a k určení intenzit z bočních směrů. Po tomto procesu bylo nutné určit rozpad dopravního proudu do jednotlivých směrů a to z každého směru zvlášť. Poslední fází v rámci přípravy simulace bylo určit oblast sběru dat a nastavit jaké veličiny se budou detekovat a sbírat.

Další konkrétní nastavení je uvedeno a rozepsáno samostatně pro každou situaci dále v textu.

Provedení simulace

Vlastní simulace jsou provedeny vždy prostřednictvím sady čtyř dílčích simulací, kdy každá dílčí simulace trvá 18 600 sekund. Vždy prvních 10 minut dílčí simulace probíhá nasycení vozidly, a tedy v tomto čase nedochází ke sběru dat. Teprve po prvotním nasycení dílčí simulace vozidly začíná docházet ke sběru dat, a to v předem nastavených hodinových řezech. Výsledkem jsou data za dobu pěti hodin měření.



Obr. 27 Ukázka nastavení obecných parametrů simulace společných pro obě situace [PTV-Vissim]

Simulace jsou nastaveny tak, aby vyhodnocované statistické údaje (viz dále) byly následně k dispozici jako průměrné hodnoty v hodinových řezech. Průměrné hodnoty simulací se získají jako průměr z hodnot přes všechny dílčí simulace v hodinových řezech.

Vyhodnocení dat získaných ze simulace

V rámci vyhodnocení simulace jsou vyhodnocovány tyto statistické údaje

- zdržení VHD
- zdržení IAD
- počet zastavení VHD
- počet zastavení IAD

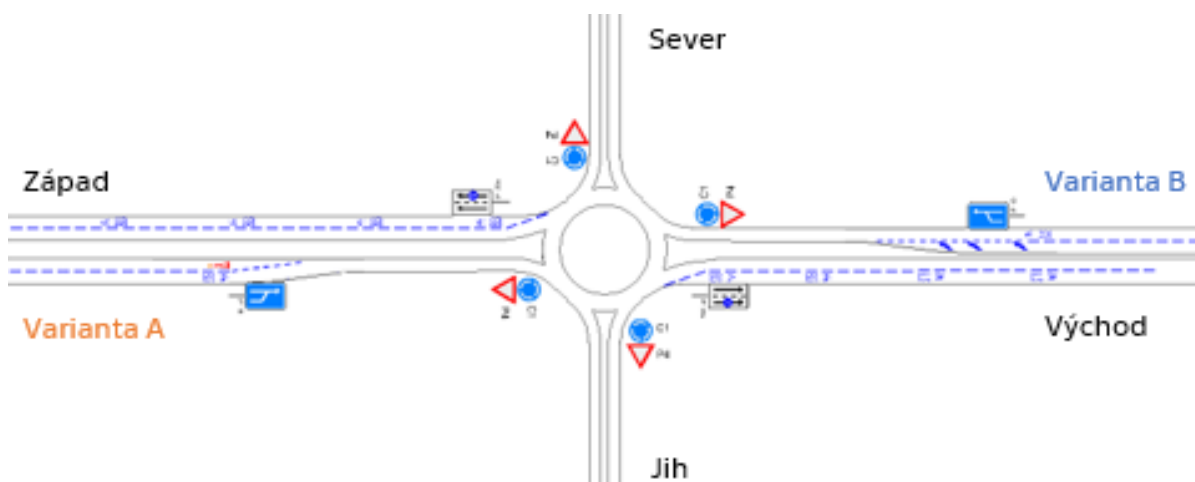
Hlavním ukazatelem, na kterém jsou založeny hypotézy, je zdržení spojů veřejné dopravy. Zároveň se vyhodnocuje zdržení IAD, které je tak možné porovnávat jak mezi variantami, tak i se zdržením VHD. Zdržení je počítáno jako rozdíl oproti průjezdu bez zdržení a je získáváno přímo z programu PTV Vissim [19]. Kromě zdržení jsou jednotlivé simulace vyhodnocovány také pro počet zastavení, které je v programu PTV Vissim definováno jako snížení rychlosti pod rychlost 5 kilometrů v hodině do doby než vozidlo přesáhne rychlost 10 kilometrů za hodinu.

4.4 Simulace situace č. 1 – Ukončení vyhrazeného jízdního pruhu v místě snížení počtu jízdních pruhů před okružní křižovatkou

4.4.1 Nastavení modelu a parametrů simulace

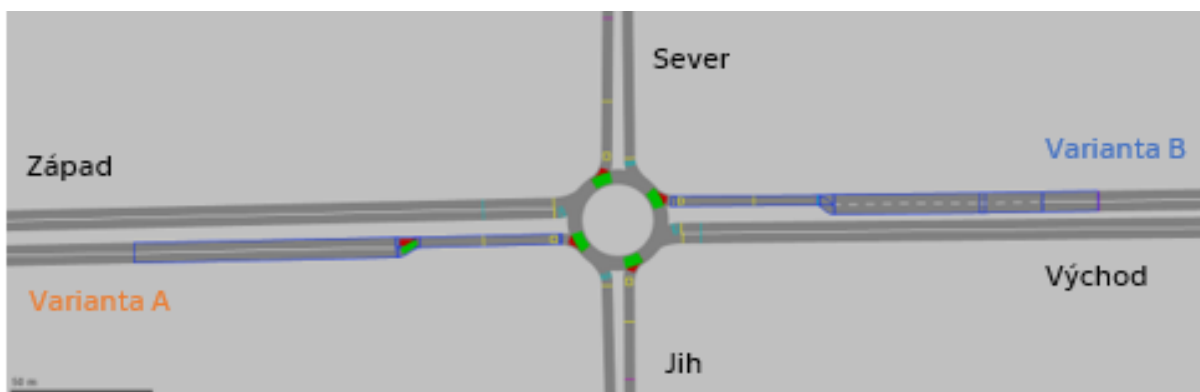
Pro potřeby simulace byla situace č. 1 zasazena do kontextu potřeby snížení počtu jízdních pruhů před okružní křižovatkou s jedním pruhem na okruhu, což představuje jednu ze zcela typických situací ukončení vyhrazených jízdních pruhů pro autobusy v souvislosti s místem snížení počtu jízdních pruhů (viz kapitola 4.1).

Model infrastruktury, na kterém jsou varianty ověřovány, tak představuje čtyřramennou okružní křižovátku, čtyřpruhové sběrné komunikace, které jsou v uspořádání „vyhrazený jízdní pruh pro autobusy (vpravo ve směru jízdy) + obecný jízdní pruh“ a dvoupruhové boční obslužné komunikace. Prověřované varianty uspořádání místa snížení počtu jízdních pruhů byly umístěny před okružní křižovatkou, **varianta A** ze západního směru a **varianta B** z východního směru.



Obr. 28 Situace č. 1 – Dopravně-inženýrské schéma [AutoCAD]

d



Obr. 29 Situace č. 1 – Model infrastruktury v programu PTV Vissim

V rámci modelu bylo po prvotním vytvoření dopravní sítě určeno, která vozidla mají do kterých pruhů povolený vjezd. To znamená, že došlo k vytvoření VJP pro autobusy, a to se zárukou 100% respektovanosti. Následně byly u konfliktních oblastí nastaveny přednosti jízdy dle zákona. Ve **variantě B** bylo v místě snížení počtu jízdnic pruhů nastaveno střídavé řazení vozidel, neboť zde dochází k situaci, kdy se vozidla do tohoto místa dostávají v obou jízdnicích pruzích a z pohledu zákona tak musí docházet k „zipování“.

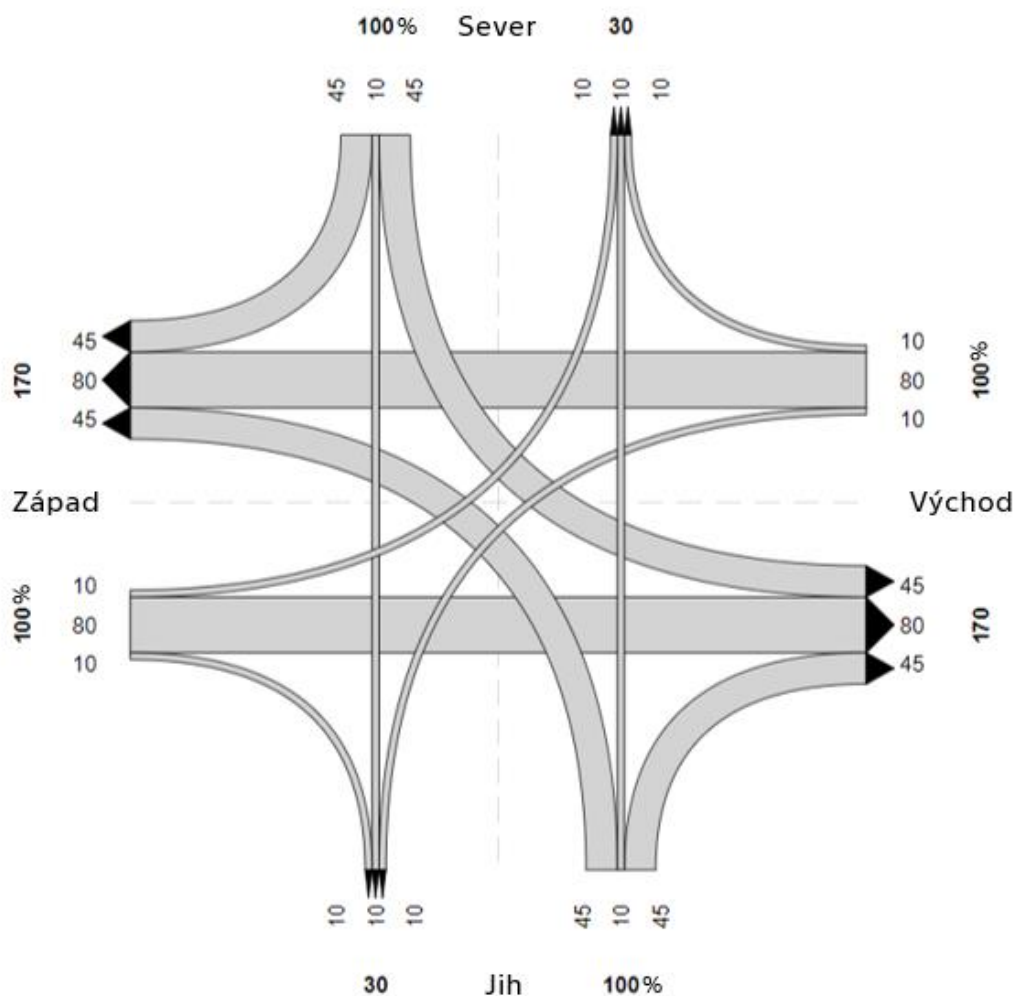
Z důvodu předdefinovaných rychlostí v programu na 50 km/h bylo nutné tuto rychlost v oblasti před okružní křižovatkou a na ní snížit na 30 km/h. Toto opatření mělo za cíl zkvalitnit simulaci tak, aby více odpovídala realitě.

Intenzity silniční dopravy odpovídající jednotlivým charakteristikám dopravního proudu byly empiricky stanoveny následovně:

charakteristika dopravního proudu	intenzita [voz/h]
bezvýznamný	540
plynulý	630
saturovaný	720
nestabilní	810
kongesce	900

Tab. 3 Situace č. 1 – Převodní tabulka mezi charakteristikami dopravního proudu a intenzitami

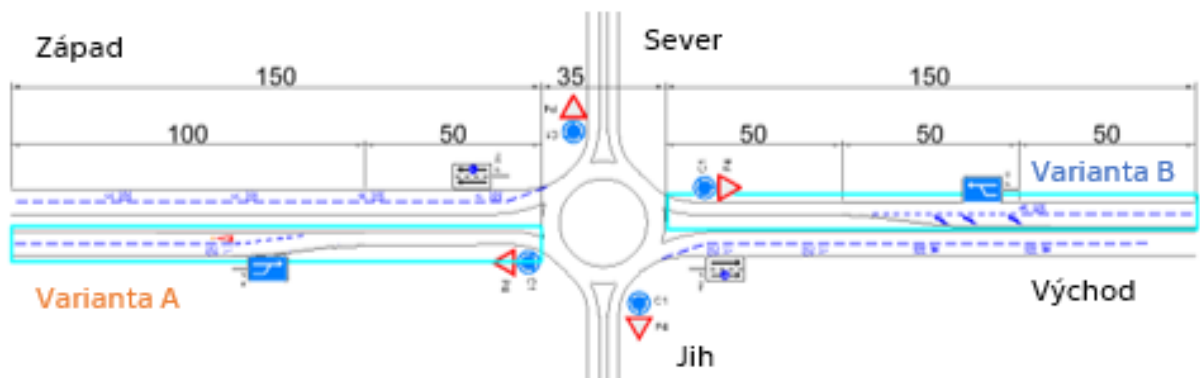
Intenzita na dvoupruhové komunikaci z jižního i severního směru byla pro účely simulace nastavena konstantně na 250 voz/h. Jedná se o modelovou situaci, kdy tato hodnota symbolizuje obslužnou komunikaci zatíženou nízkými intenzitami, kdy většina vozidel má za cíl dostat se na čtyřpruhovou sběrnou komunikaci, což znázorňuje pentlogram, na kterém je vidět procentuální rozpad dopravního proudu z jednotlivých směrů. Aby simulace, tedy obě situace byly konzistentní, je tento rozpad pro sběrnou i obslužné komunikace symetrický.



Obr. 30 Situace č. 1 – Procentuální přerozdělení dopravního proudu [app.tralys.cz]

Ze západního i východního směru je tak nastaveno, že 80 % vozidel pojedou po výjezdu z okružní křižovatky směrem přímo, tady dále po sběrné komunikaci a 20 % vozidel odbočí na obslužnou komunikaci a to rovnoměrně do jižního a severního směru. U obslužných komunikací je nastaveno, že pouze 10 % vozidel (tedy 25 voz/h) pojedou ve směru přímo a ostatní vozidla najedou na sběrnou komunikaci a to v rozložení 45 % ve směru na západ a 45 % směrem na východ.

Za účelem statistických vyhodnocení sledovaných veličin (viz výše) je zvolena oblast jejich měření. Ta byla zvolena jako úsek o délce 150 m před nájездem na okružní křižovatku:



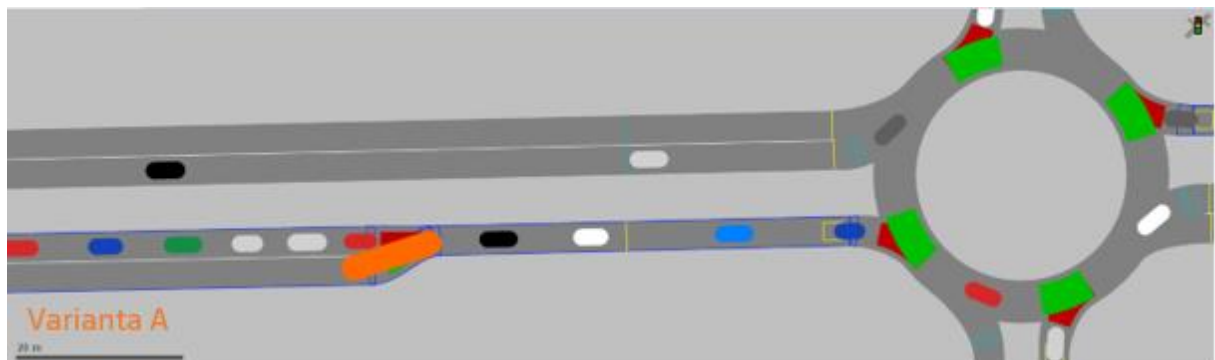
Obr. 31 Situace č. 1 – Vyhodnocovací oblasti [AutoCAD]

4.4.2 Provedení simulace

V návaznosti na stanovení parametrů byla provedena vlastní sada simulací dle metodického postupu popsaného v kapitole 4.3.

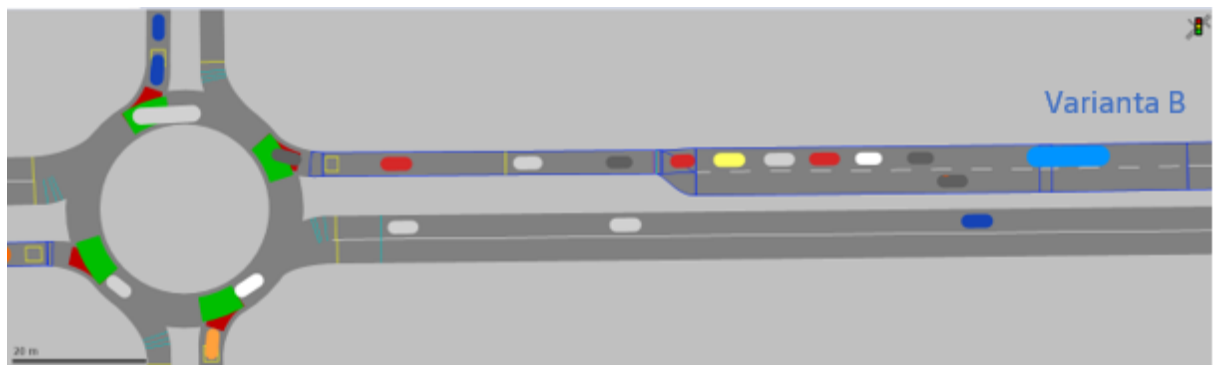
Záznam ze simulací potvrdil správnost nastavení i očekávané chování řidičů ve zkoumaných místech snížení počtu jízdních pruhů.

U **varianty A** docházelo k plynulému zařazování spojů veřejné dopravy a simulace tak odpovídala vyřčeným předpokladům v kapitole 4.1.



Obr. 32 Situace č. 1 – **Variant A** – Ukázka simulace v programu PTV Vissim

Obdobné tvrzení lze napsat i o **variantě B**, kde docházelo ke zkracování efektivní délky VJP pro autobusy viz kapitola 4.2.

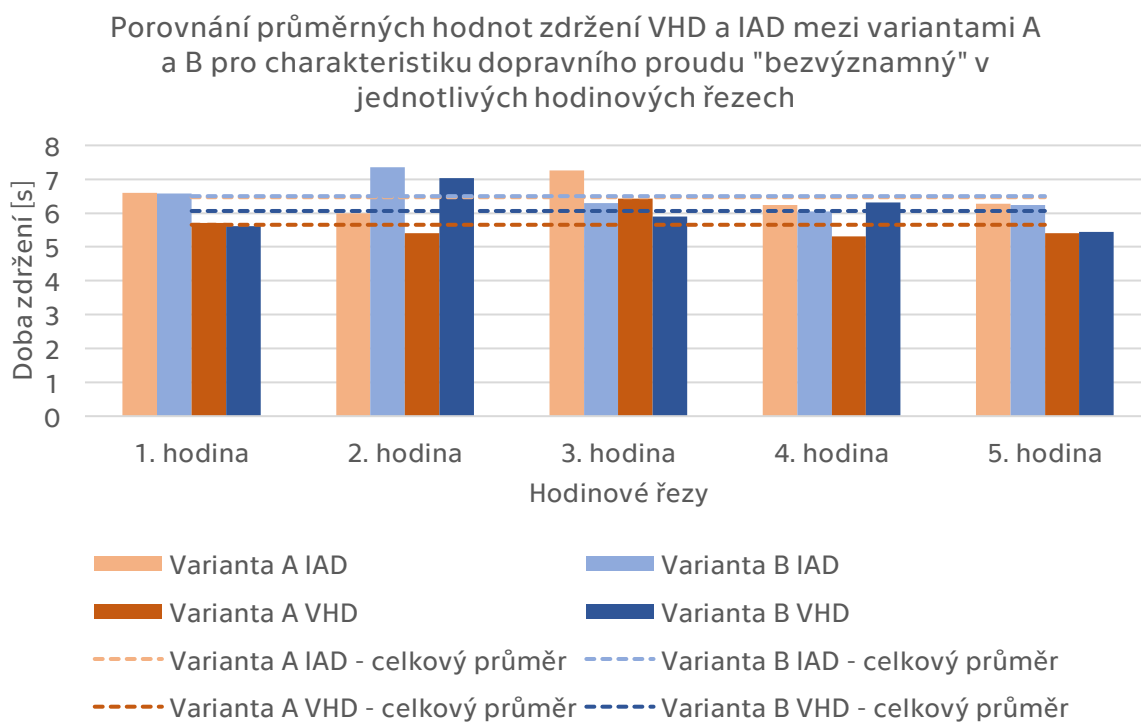


Obr. 33 Situace č. 1 – **Variant B** – Ukázka simulace v programu PTV Vissim

4.4.3 Vyhodnocení statistických dat získaných ze simulace

Vyhodnocení sledovaných veličin při charakteristice dopravního proudu „bezvýznamný“

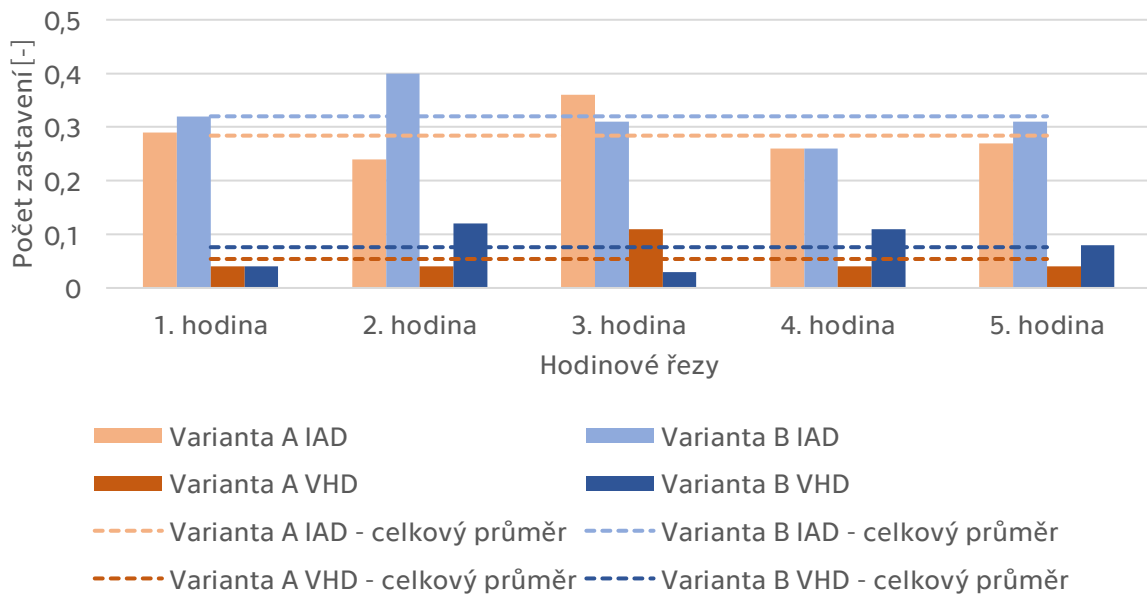
Pro charakteristiku dopravního proudu „bezvýznamný“, tj. intenzitu 540 voz/h jsou v rámci simulací naměřeny následující hodnoty zdržení spojů VHD a vozidel IAD.



Graf 1 Situace č. 1 – Porovnání dob zdržení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "bezvýznamný"

Při pohledu na graf se zdržením je vidět, že doba zdržení ve variantě A i B pro IAD i BUS se pohybuje okolo 6 sekund. Hodnoty pro spoje veřejné dopravy v jednotlivých variantách jsou téměř všude nižší a je zde tak vidět dopad preferenčních opatření i při takto nízkých intenzitách.

Porovnání průměrných hodnot počtu zastavení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "bezvýznamný" v jednotlivých hodinových řezech



Graf 2 Situace č. 1 – Porovnání počtu zastavení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "bezvýznamný"

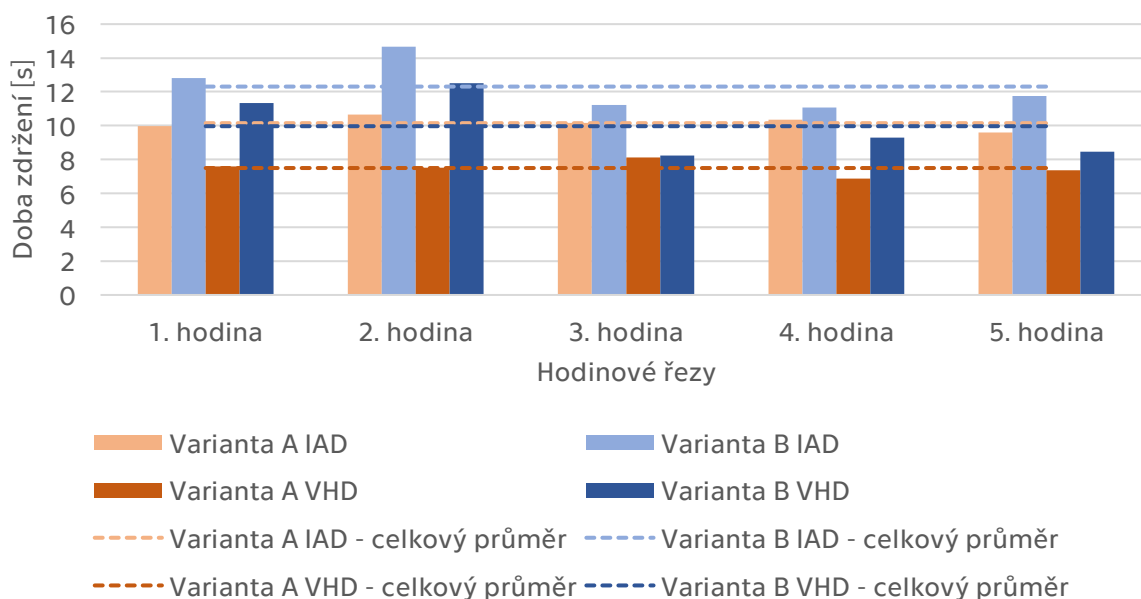
U grafu s počtem zastavení je zcela evidentní vliv preferenčních opatření, kdy i při nízké intenzitě je vidět plynulejší provoz VHD. Zatímco u varianty A i B zastaví přibližně každé třetí vozidlo. U spojů veřejné dopravy to není ani každé desáté.

Výhodnější variantu nelze zcela přesně určit, neboť ani jedna varianta není ve všech pěti průměrných hodinových řezech výhodnější než ta druhá. Hypotéza tedy není ani potvrzena ani vyvrácena. Obecně lze však říct, že při charakteristice dopravního proudu „bezvýznamný“, tj. při nízké intenzitě silniční dopravy, nemá stavební uspořádání dané situace vliv a dosahovaná zdržení i počty zastavení jsou velmi malá.

Vyhodnocení sledovaných veličin při charakteristice dopravního proudu „plynulý“

U intenzity 630 voz/h jsou detekována data, ze kterých již vyplývá, která varianta je výhodnější. Celkově lze říct, že absolutní hodnoty zdržení jsou vyšší oproti předchozímu scénáři. V případě varianty A jsou dosahovaná zdržení u IAD okolo 10 sekund, pro BUS lehce přes 7 sekund. U varianty B se to pohybuje pro IAD v rozmezí od 11 do 14,5 sekund, pro BUS od 8 do 12,5 sekund.

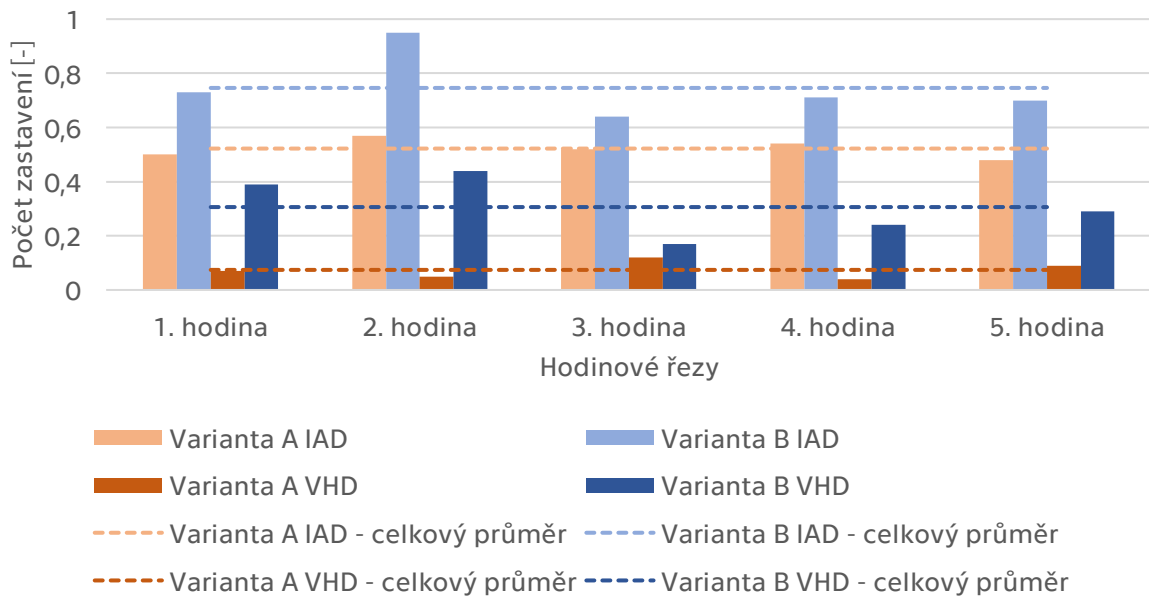
Porovnání průměrných hodnot zdržení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "plynulý" v jednotlivých hodinových řezech



Graf 3 Situace č. 1 – Porovnání zdržení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "plynulý"

Pokud se zaměříme na vyhodnocení průměrného počtu zastavení, je vidět vzrůstající vliv preferenčních opatření v obou variantách oproti předchozímu scénáři. V druhém hodinovém řezu se počet zastavení IAD u varianty B dokonce přiblížil hodnotě 1, u varianty A zastavilo alespoň jednu více jak 50 % osobních vozidel. U VHD je počet zastavení u obou variant vždy pod hodnotou 0,5.

Porovnání průměrných hodnot počtu zastavení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "plynulý" v jednotlivých hodinových řezech



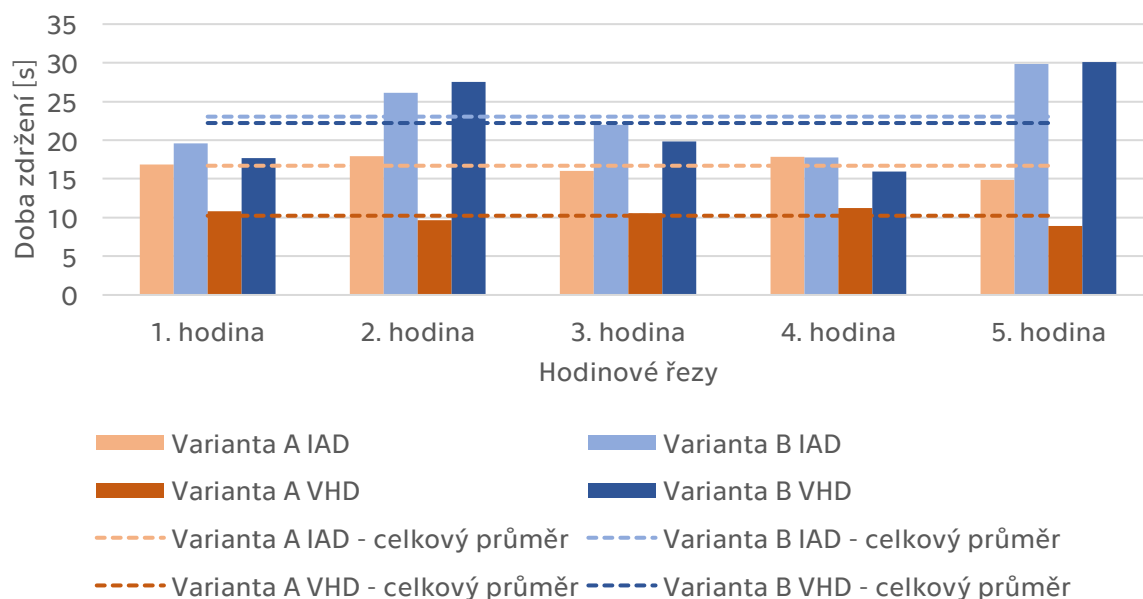
Graf 4 Situace č. 1 – Porovnání počtu zastavení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "plynulý"

Závěrem lze vyvrátit hypotézu, protože varianta B je ve všech hodinových řezech zdržení BUS vždy horší než varianta A.

Vyhodnocení sledovaných veličin při charakteristice dopravního proudu „saturovaný“

U charakteristiky dopravního proudu „saturovaný“ dochází k problému, kdy ve variantě B dosahují hodnoty zdržení BUS podobné hodnoty zdržení jako IAD. Důvodem je již zmíněná intenzita v tomto případě 720 voz/h, při které dochází k problematickému řazení vozidel v místě snížení počtu jízdních pruhů. Někteří řidiči se do sousedního pruhu zařazují předčasně a ne až na konci obecného jízdního pruhu. To způsobuje „zipování“, které není plynulé a efektivní pro průjezd vozidel. Varianta A je v tomto scénáři výhodnější jak pro průjezd spojů BUS, tak pro jízdu vozidel IAD.

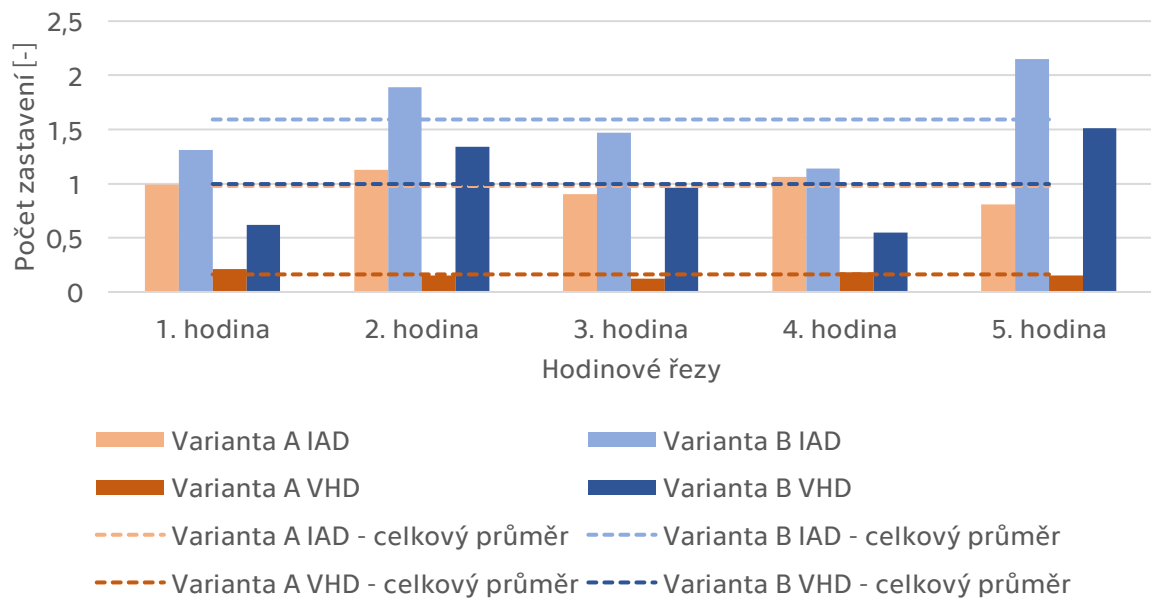
Porovnání průměrných hodnot zdržení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "saturovaný" v jednotlivých hodinových řezech



Graf 5 Situace č. 1 – Porovnání zdržení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "saturovaný"

Z hlediska počtu zastavení je situace trochu jiná. Je zde vidět, že počet zastavení BUS u varianty B je vždy nižší, ne jako pro hodnoty zdržení, kdy ve druhém a pátém hodinovém řezu je dokonce absolutní hodnota zdržení vyšší oproti IAD. Také je možné si všimnout, že počet zastavení pro BUS u varianty A je v průměru 0,2 zastavení, což znamená, že v průměru zastaví každý pátý autobus jednou.

Porovnání průměrných hodnot počtu zastavení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "saturovaný" v jednotlivých hodinových řezech



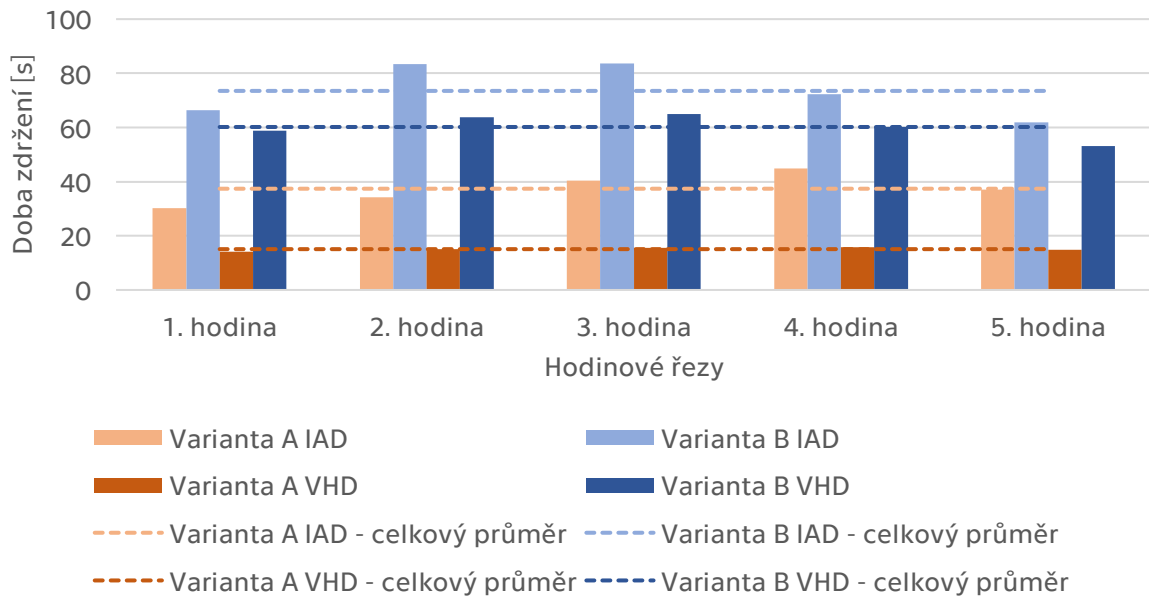
Graf 6 Situace č. 1 – Porovnání počtu zastavení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "saturovaný"

Pro charakteristiku dopravního proudu „saturovaný“ je hypotéza ve všech hodinových řezech vyvrácena.

Vyhodnocení sledovaných veličin při charakteristice dopravního proudu „nestabilní“

U scénáře s intenzitou 810 voz/h a pojmenováním „nestabilní“ je k vidění vzrůstající zdržení pro variantu B. Objektivně lze konstatovat, že pro uspořádání, kdy stavebně průběžným jízdním pruhem je vyhrazený jízdní pruh, vzniká vyšší zdržení než pro variantu, kdy se „BUS pruh“ zařazuje do obecného jízdního pruhu a to jak zdržení spojů VHD tak vozidel. Rozdíl ve zdržení mezi oběma variantami preference se pohybuje v rozmezí od 39 do 50 sekund u autobusů a v rozmezí od 24 do 51 sekund u IAD.

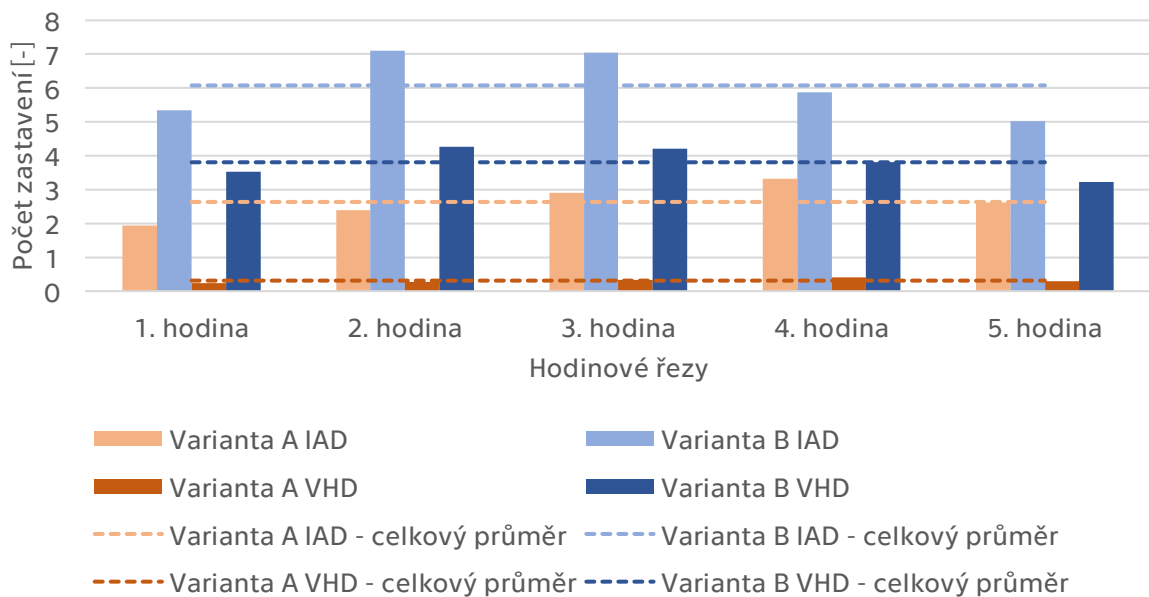
Porovnání průměrných hodnot zdržení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "nestabilní" v jednotlivých hodinových řezech



Graf 7 Situace č. 1 – Porovnání zdržení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "nestabilní"

U počtu zastavení stojí za povšimnutí hodnoty u varianty B zejména pro BUS, které zůstávají velmi nízké a nerostou tak, jako počty zastavení ostatních sledovaných hodnot.

Porovnání průměrných hodnot počtu zastavení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "nestabilní" v jednotlivých hodinových řezech

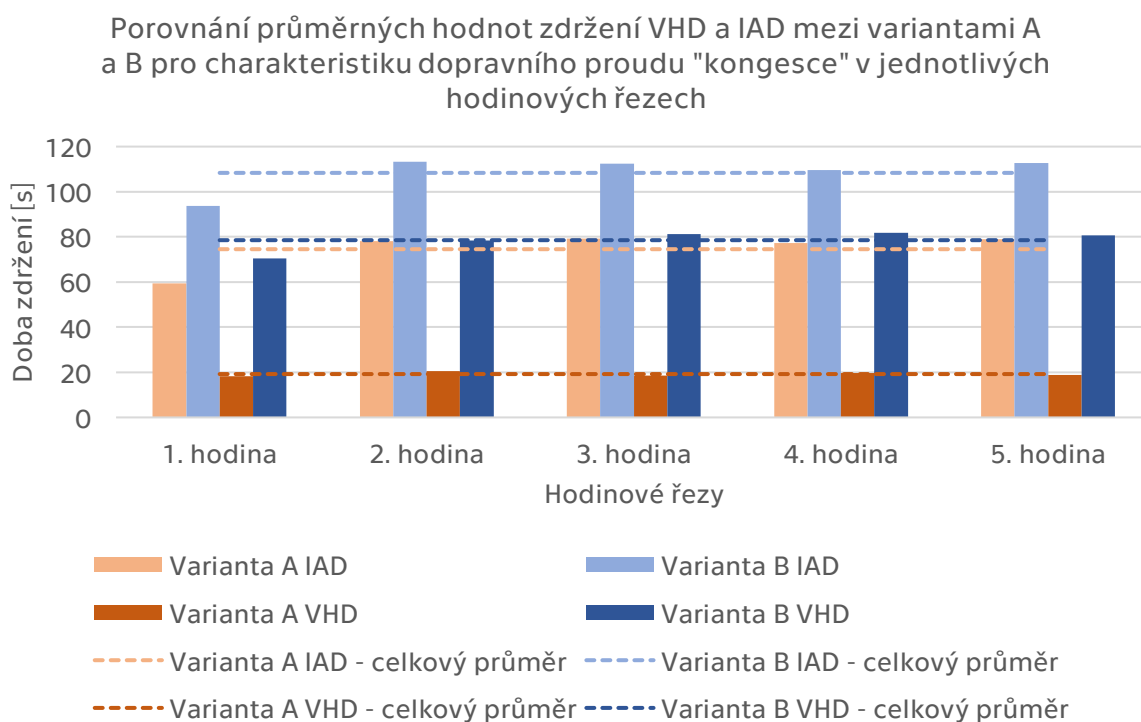


Graf 8 Situace č. 1 – Porovnání počtu zastavení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "nestabilní"

Hypotéza je těmito výsledky zcela vyvrácena!

Vyhodnocení sledovaných veličin při charakteristice dopravního proudu „kongesce“

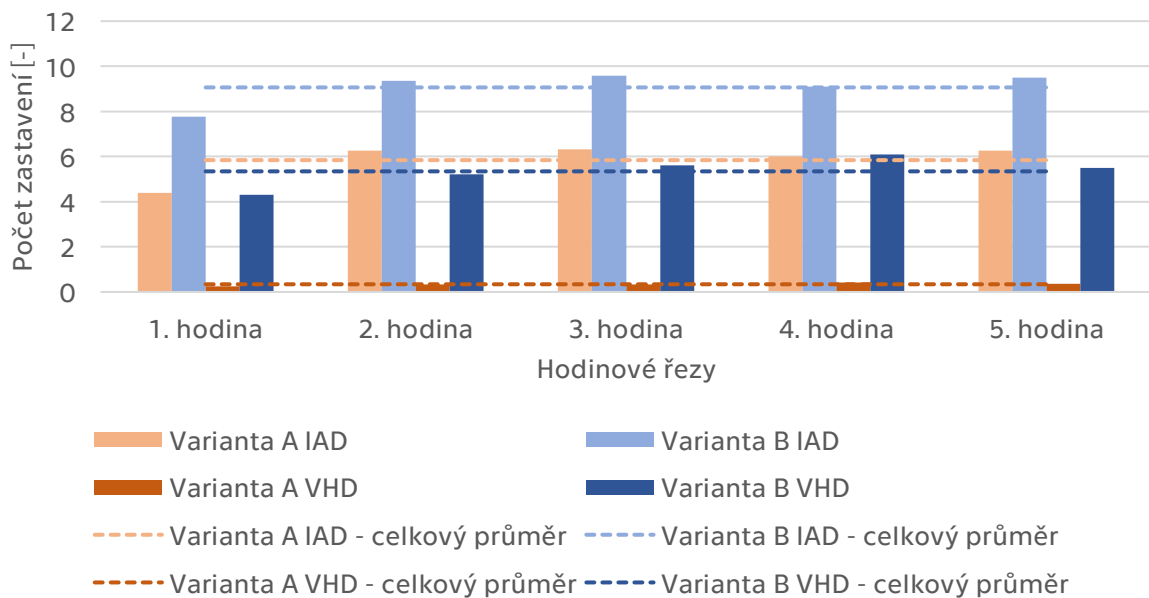
V rámci měření dle charakteristiky dopravního proudu „kongesce“, které odpovídá intenzita 900 voz/h jsou zjištěny následující výsledky:



Graf 9 Situace č. 1 – Porovnání zdržení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "kongesce"

Kdyby se posuzovala každá varianta preferenčního opatření zvlášť, nebyl by pochyb o účinnosti preferenčních opatření. Jelikož se tato práce zabývá porovnáním obou variant, můžeme pozorovat, že varianta A je výhodnější pro všechny účastníky silničního provozu. Dokonce hodnoty zdržení IAD u varianty A jsou nižší než hodnoty zdržení pro BUS ve variantě B, který má preferenční opatření.

Porovnání průměrných hodnot počtu zastavení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "kongesce" v jednotlivých hodinových řezech



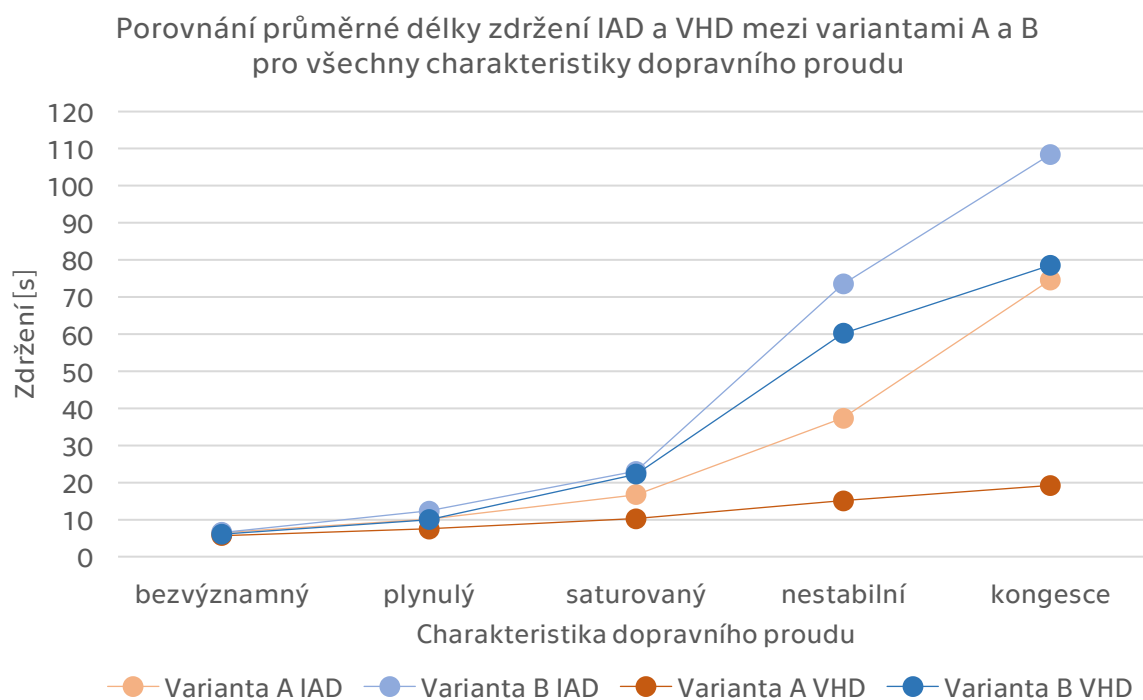
Graf 10 Situace č. 1 – Porovnání počtu zastavení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "kongesce"

V případě počtu zastavení je tato situace obdobná. Zatímco autobusy ve variantě A drží počet zastavení pod úrovní 0,25, u varianty B zastaví každý spoj nejméně 4krát.

Na základě získaných dat je možné hypotézu vyvrátit.

4.4.4 Dílčí závěry simulace situace č. 1

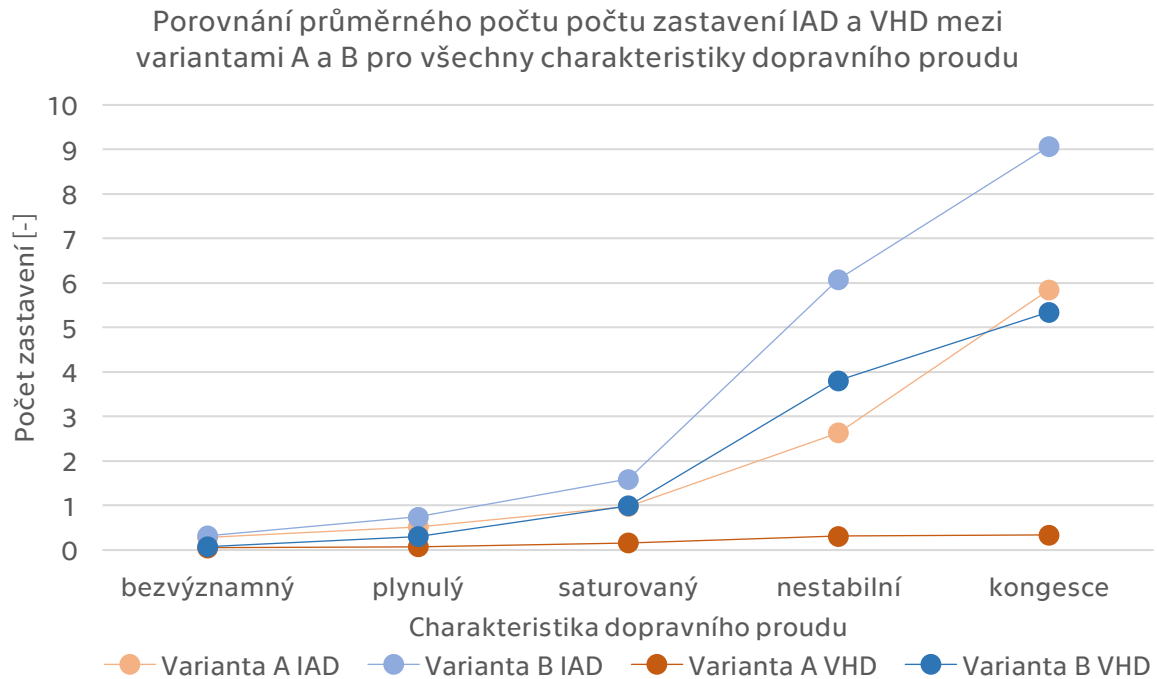
V případě zprůměrování hodinových řezů v rámci každé charakteristiky dopravního proudu do jedné hodnoty, je možné získat průběhy zdržení a počtu zastavení napříč všemi charakteristikami. Z výsledných grafů je pak možné porovnat hodnoty pro délku zdržení i pro počet zastavení v kontextu jednotlivých charakteristik dopravního proudu.



Graf 11 Situace č. 1 – Porovnání průměrné délky zdržení VHD a IAD mezi variantami A a B pro všechny charakteristiky dopravního proudu

Ze zvyšujícími intenzitami narůstají hodnoty zdržení pro všechny zkoumané druhy dopravy, což je logické. Rostou také rozdíly mezi oběma variantami. Pro charakteristiku dopravního proudu „nestabilní“ je tento rozdíl pro BUS mezi variantami 45,1 sekund. Nejvyšší zdržení má IAD ve variantě B a to necelých 109 sekund. Varianta A je tedy výhodnější z pohledu zdržení jak pro VHD tak IAD!

Výsledné hodnoty pro počty zastavení vykazují podobné výsledky jako graf se zdržením. Pro charakteristiky dopravního proudu „bezvýznamný“ a „plynulý“ jsou počty zastavení pod hodnotou jedna u všech vozidel. Následně zůstávají pod hodnotou jedna pouze autobusy ve variantě A, a to ve všech definovaných charakteristikách a autobusy ve variantě B u charakteristiky „satureovaný“. Pro variantu B jsou hodnoty zdržení pro BUS i IAD násobně vyšší oproti variantě A. Z toho vyplývá, že varianta A je i při vyšších intenzitách výrazně plynulejší.



Graf 12 Situace č. 1 – Porovnání průměrného počtu zastavení VHD a IAD mezi variantami A a B pro všechny charakteristiky dopravního proudu

Na základě výše uvedených výsledků lze konstatovat, že **hypotéza je vyvrácena ve čtyřech z pěti hodnot charakteristiky dopravního proudu.**

Pro charakteristiku dopravního proudu „bezvýznamný“ není potvrzena ani vyvrácena (viz výše), u ostatních charakteristik jsou výsledky zjevné.

Charakteristika dopravního proudu	intenzita [voz/h]	hypotéza
bezvýznamný	540	—
plynulý	630	×
saturovaný	720	×
nestabilní	810	×
kongesce	900	×

Tab. 4 Situace č. 1 – Potvrzení nebo vyvrácení hypotéz pro charakteristiky dopravního proudu

Lze jednoznačně konstatovat, že **z hlediska preference VHD je výhodnější varianta A, tedy uspořádání, kdy stavebně průběžný je obecný jízdní pruh a „BUS pruh“ se do něj zařazuje.** Výhodou je především fakt, že spoj VHD využije celou délku VJP a k samotnému

zařazení dojde až na jeho konci. Naopak u varianty B dochází u vyšších intenzit k problému krácení efektivní délky VJP, kdy spoje veřejné dopravy nevyužijí potenciálu celé délky „BUS pruhu“.

Důležitým závěrem výsledků je také fakt, že varianta A je výhodnější pro IAD. To je zapříčiněno tím, že se vozidla nemusí přeřazovat do vedlejšího jízdního pruhu a nedochází tak k „zipování“. Celý průjezd je tak plynulejší pro všechny druhy dopravy. Varianta B je méně výhodná právě proto, že k „zipování“ dochází a to v délce několika metrů, protože OA mají tendenci se přeřazovat dříve a ne až na konci obecného jízdního pruhu.

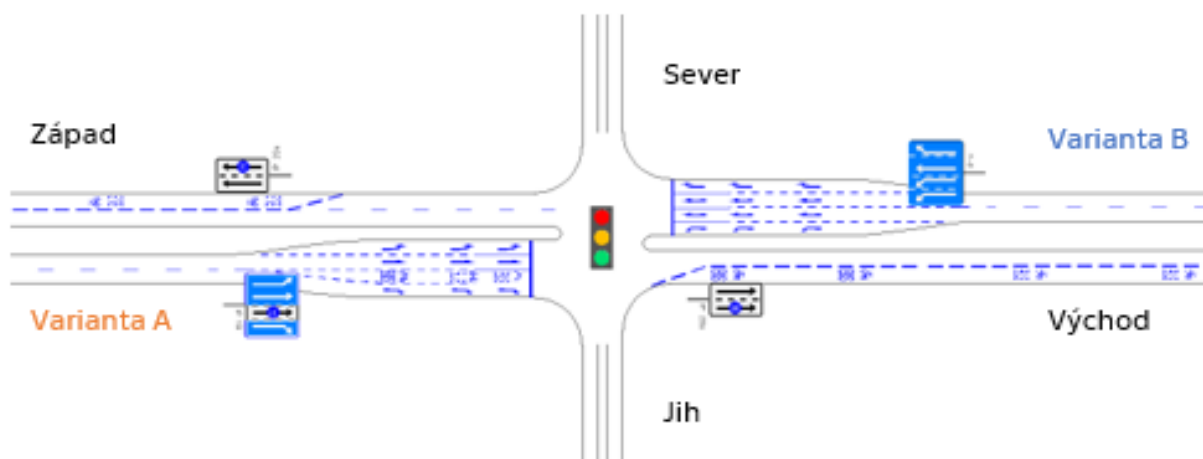
4.5 Simulace situace č. 2 – Vznik vyhrazeného jízdního pruhu v souvislosti se světelně řízenou průsečnou křižovatkou

4.5.1 Nastavení modelu a parametrů simulace

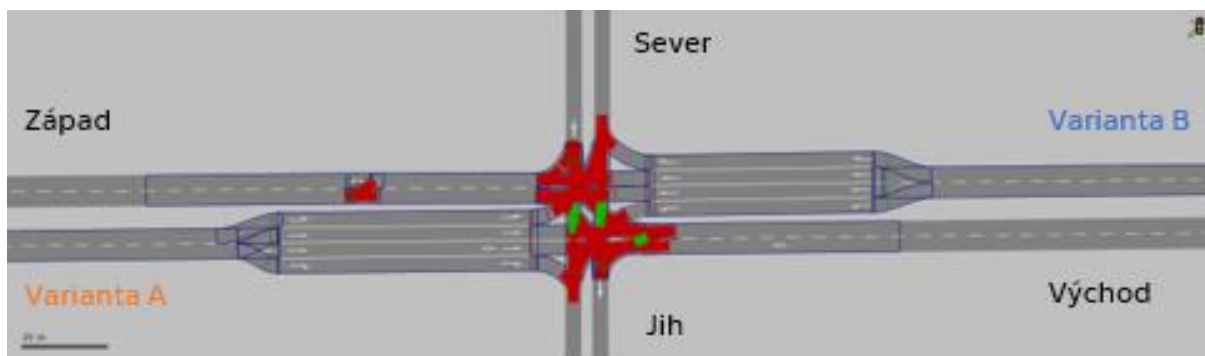
Pro nutnost simulace byla u situace č. 2 vybrána možnost se světelně řízenou průsečnou křižovatkou, která je z hlediska praxe typická a u níž se často vyskytují obě protichůdné varianty vzniku vyhrazeného jízdního pruhu (viz kapitola 4.2).

K vytvoření modelu bylo potřeba vytvořit čtyřramennou průsečnou světelně řízenou křižovatkou, na které ramena na vstupu ze západního a východního směru představují čtyřpruhovou směrově rozdělenou sběrnou pozemní komunikaci a ramena z jižního a severního směru dvoupruhovou obslužnou pozemní komunikaci. Na sběrné komunikaci se v obou směrech nachází čtyři řadící pruhy s délkou 65 metrů, což je hodnota, která vychází z praxe. Řadící pruhy jsou koncipovány následně – jeden odbočovací vpravo, dva přímo a jeden pro samostatné levé odbočení. Při čemž u **varianty A** je nastaven pravý pruh ve směru přímo jako vyhrazený jízdní pruh pro autobusy (viz obr. 34).

Prověřovaná **varianta A** se vznikem vyhrazeného jízdního pruhu v oblasti řadících pruhů byla umístěna ze západního směru křižovatkou, **varianta B** se vznikem vyhrazeného jízdního pruhu v oblasti za křižovatkou z východního směru.



Obr. 34 Situace č. 2 – Dopravně-inženýrské schéma [AutoCAD]



Obr. 35 Situace č. 2 – Model infrastruktury v programu PTV Vissim

Po vytvoření základní infrastruktury mohlo dojít k vytvoření vyhrazených jízdnic pruhů, tím, že se ostatním vozidlům do těchto pruhů zakázal vjezd. To znamená, že byla v průběhu simulací zajištěna 100% respektovanost. Následně byly u konfliktních oblastí nastaveny přednosti dle zákona. Ve variantě B bylo v místě vzniku vyhrazeného jízdnicího pruhu nastaveno střídané řazení vozidel, neboť zde dochází k situaci, kdy se vozidla do tohoto místa dostávají ve dvou jízdnicích pruzích a z pohledu zákona tak musí docházet k „zipování“.

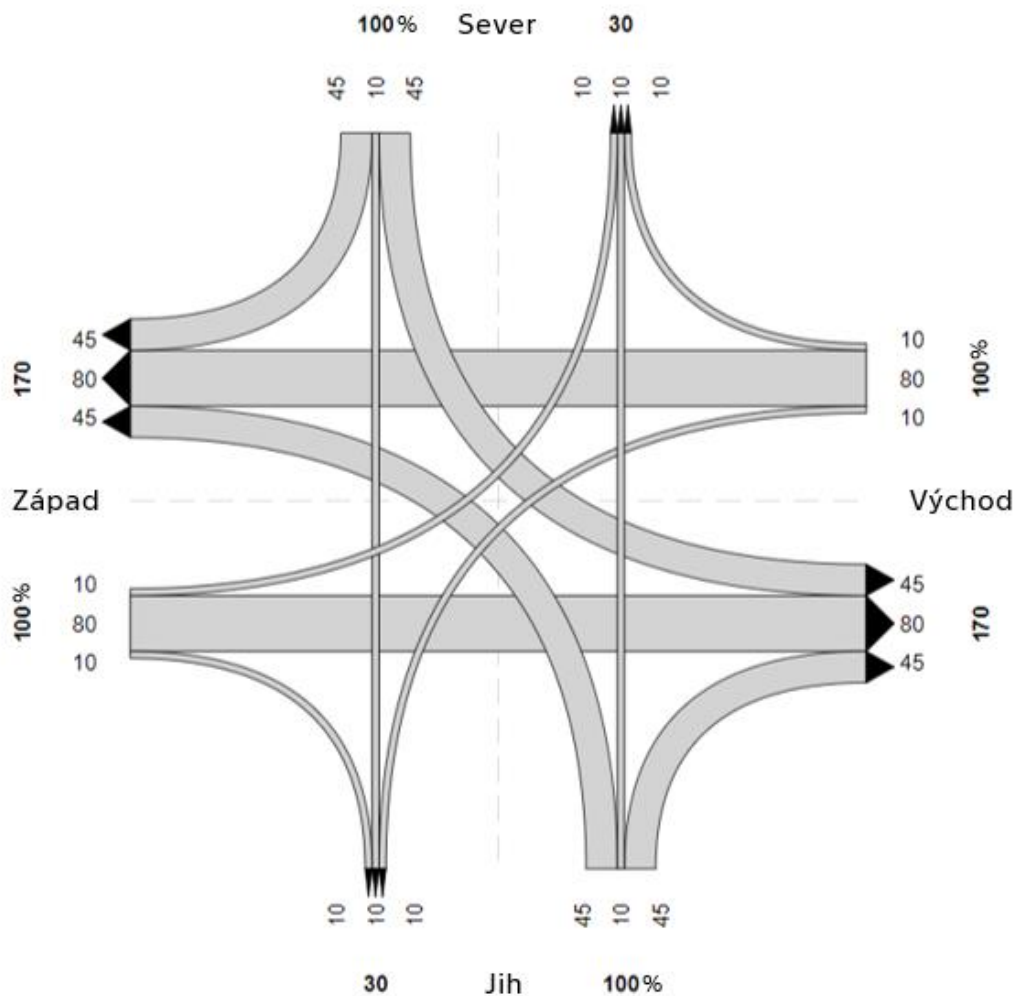
Intenzity vstupující do simulací byly zjištěny na základě iteračních procesů tak, aby odpovídaly charakteristikám dopravního proudu.

Charakteristika dopravního proudu	intenzita [voz/h]
bezvýznamný	790
plynulý	930
saturovaný	1070
nestabilní	1210
kongesce	1350

Tab. 5 Situace č. 2 – Převodní tabulka mezi charakteristikami dopravního proudu a intenzitami

Intenzita na dvoupruhové komunikaci z jižního i severního směru byla pro účely simulace nastavena konstantně na 250 voz/h. Jedná se o modelovou situaci, kdy tato hodnota symbolizuje obslužnou komunikaci zatíženou nízkými intenzitami dopravního proudu. Cílem vozidel přijíždějících z „vedlejších“ (jih a sever) směrů je odbočení na nadřazenou sběrnou komunikaci. Naopak většinovým cílem vozidel přijíždějících z „hlavních“ (západ

a východ) směrů je setrvání na sběrné komunikaci čili přímý průjezd. Konkrétní procentuální rozpad dopravního proudu znázorňuje následující pentlogram.



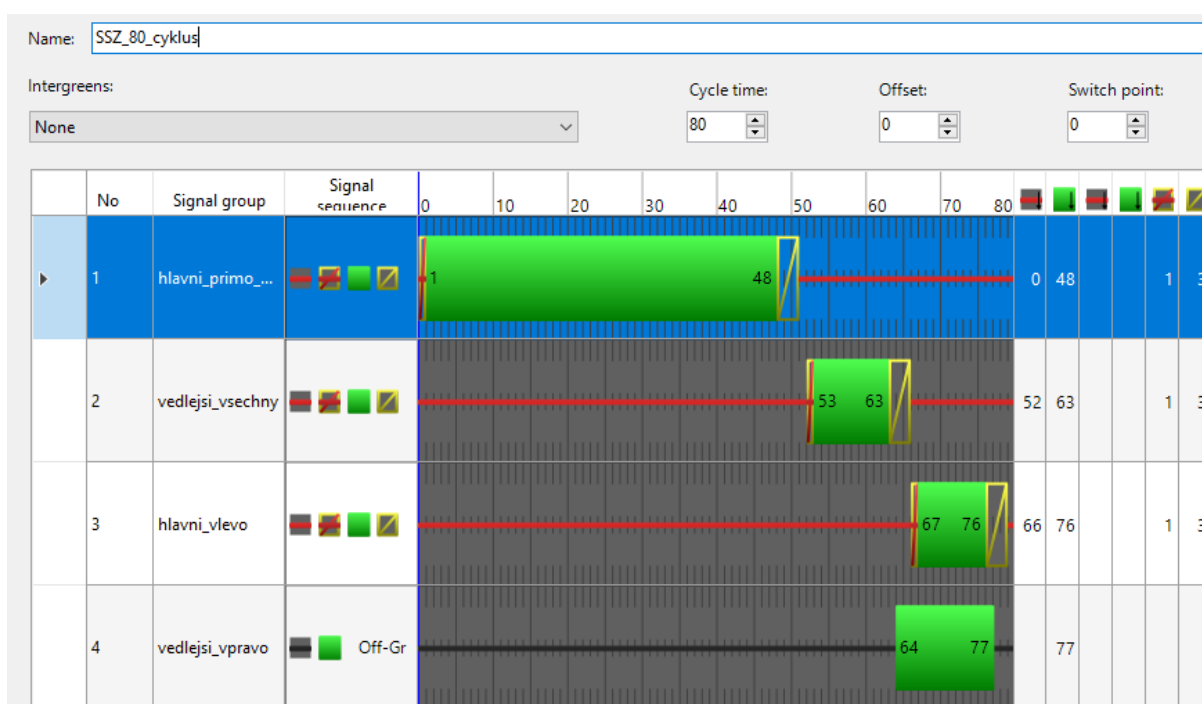
Obr. 36 Situace č. 2 – Procentuální přerozdělení dopravního proudu [app.tralys.cz]

Obdobně jako u situace č. 1 je nastaveno, že 80 % vozidel z „hlavních“ směrů projede křižovatku přímo a pouze 20 % odbočí rovnoměrně do jižního a severního směru. Z obslužné komunikace z jižního i severního směru je naopak pouze 10 % vozidel, co pokračuje ve směru přímo, ostatní vozidla odbočí na sběrnou komunikaci, a to v rovnoměrném rozdělení 45 % do směru západ a 45 % do směru východ.

Důležitým krokem pro správné fungování simulace bylo nastavení SSZ. Dle často využívaného řešení v praxi byl zvolen třífázový signální plán. Ten byl nastaven poměrem součtu intenzit bez levého odbočení pro charakteristiku dopravního proudu „saturovaný“, součtem intenzit na vedlejších směrech a součtem intenzit pro levé odbočení z hlavního směru také pro charakteristiku dopravního proudu „saturovaný“.

$$\begin{aligned}
 \text{fáze 1} : \text{fáze 2} : \text{fáze 3} &= 2 \cdot 0,9 \cdot 1070 : 2 \cdot 250 : 2 \cdot 0,1 \cdot 1070 \\
 &= 1926 : 500 : 214 \\
 &= 963 : 250 : 107 \\
 &= 9 : 2,34 : 1
 \end{aligned}$$

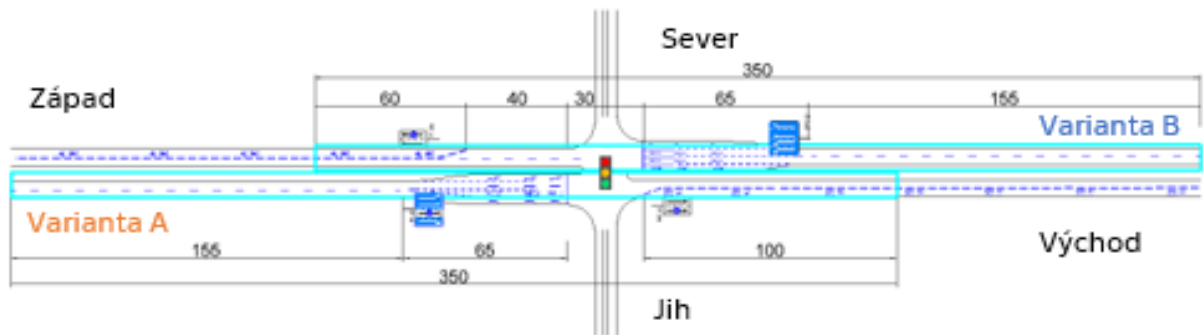
Finálně byl zvolen cyklus 80 sekund. Pro fázi jedna je konkrétně efektivní doba zelené 47 sekund, pro fázi dvě 10 sekund, pro fázi tři také 10 sekund. Navíc bylo do fáze dvě přidáno odbočení vpravo z vedlejších směrů.



Obr. 37 Situace č. 2 – nastavení signálního plánu v programu PTV Vissim

U této křižovatky se nepočítalo s pohybem chodců přes vozovku a tudíž nejsou stanoveny doby pro přecházení. Je to z důvodu, že se tato práce zaměřuje na preferenci veřejné dopravy a neřeší tak pěší dopravu.

Za účelem statistických vyhodnocení sledovaných veličin (viz výše) je zvolena oblast jejich měření. Ta byla zvolena jako úsek o délce 350 metrů před nájezdem na okružní křižovatku, při čemž tento úsek monitoruje v obou variantách 220 metrů před hranicí křižovatky, 30 metrů samotnou křižovatku a 100 metrů za hranicí křižovatky.



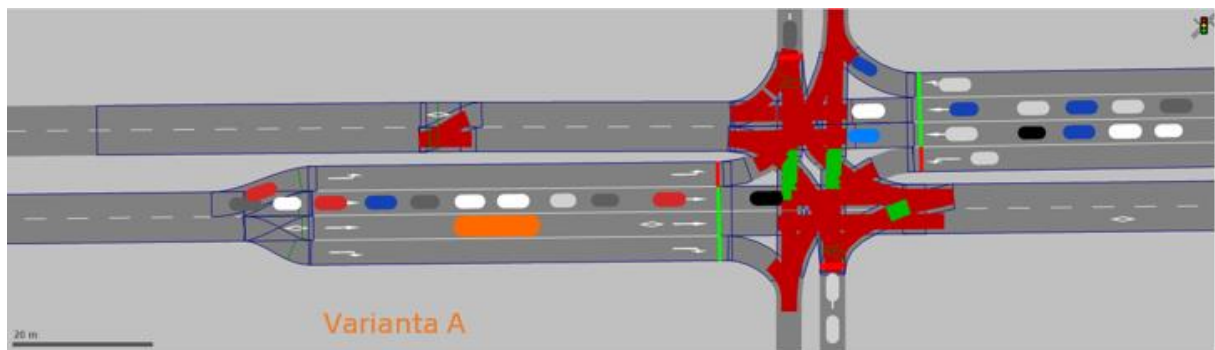
Obr. 38 Situace č. 2 – Vyhodnocovací oblasti [AutoCAD]

4.5.2 Provedení simulace

Po vytvoření, namodelování a nastavení všech součástí mohla být simulace spuštěna.

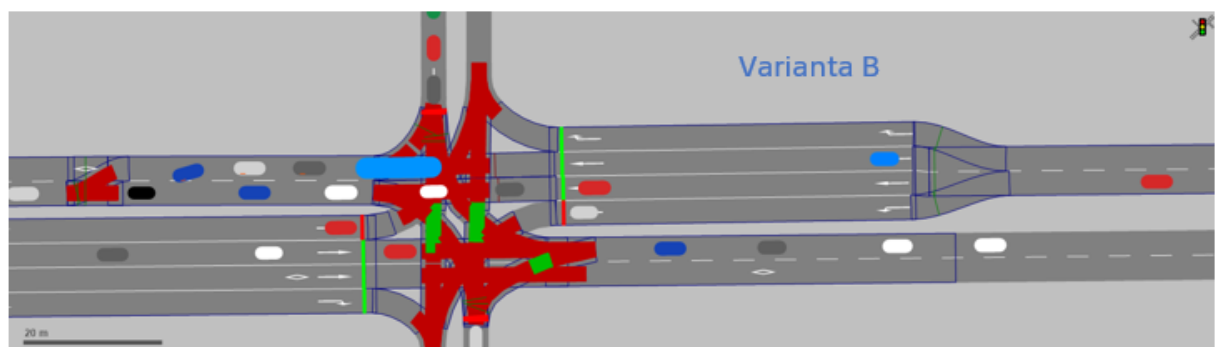
Záznam ze simulací potvrdil správnost nastavení i očekávané chování řidičů ve zkoumaných místech vzniku vyhrazených jízdních pruhů.

U varianty A docházelo během simulací k plynulému průjezdu vozidel veřejné dopravy ke stopčáře dle předpokladů v kapitole 4.2.



Obr. 39 Situace č. 2 – Varianta A – Ukázka simulace v programu PTV Vissim

U varianty B se vyskytovaly situace, kdy v místě „zipování“ vznikaly problémy a průjezd vozidel veřejné dopravy tak nebyl zcela plynulý.

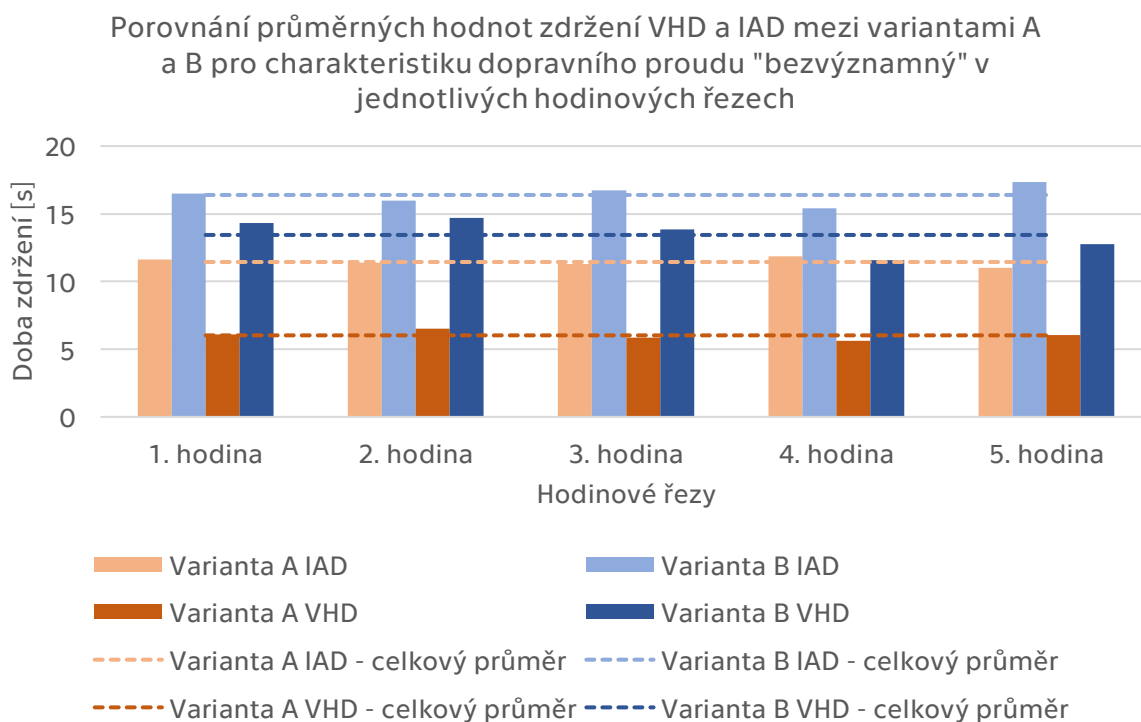


Obr. 40 Situace č. 2 – Varianta B – Ukázka simulace v programu PTV Vissim

4.5.3 Vyhodnocení statistických dat získaných ze simulace

Vyhodnocení sledovaných veličin při charakteristice dopravního proudu „bezvýznamný“

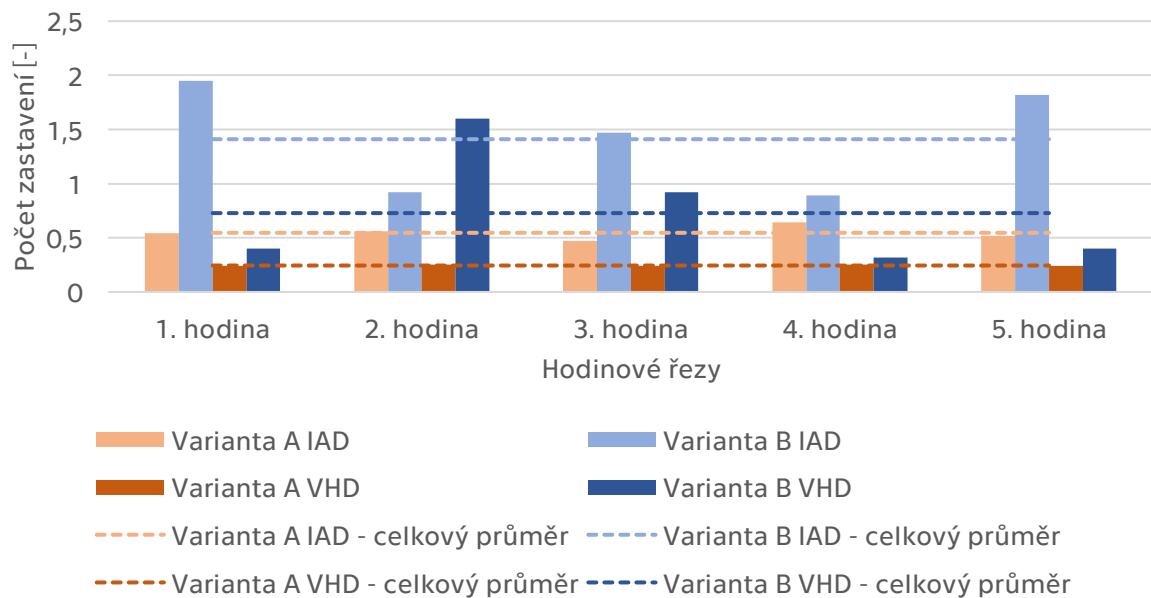
Už při nejnižší intenzitě, v tomto případě pro intenzitu 790 voz/h, je zcela evidentně vidět vliv preferenčních opatření. Dokonce je zde patrný rozdíl mezi variantami A a B.



Graf 13 Situace č. 2 – Porovnání zdržení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "bezvýznamný"

U varianty A je vidět, že zdržení IAD se pohybuje lehce přes 11 sekund a zdržení u autobusu se drží kolem 6 sekund. Při pohledu na variantu B dosahuje zdržení IAD v průměru 16 sekund a u autobusu v průměru 13,5 sekund.

Porovnání průměrných hodnot počtu zastavení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "bezvýznamný" v jednotlivých hodinových řezech



Graf 14 Situace č. 2 – Porovnání počtu zastavení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "bezvýznamný"

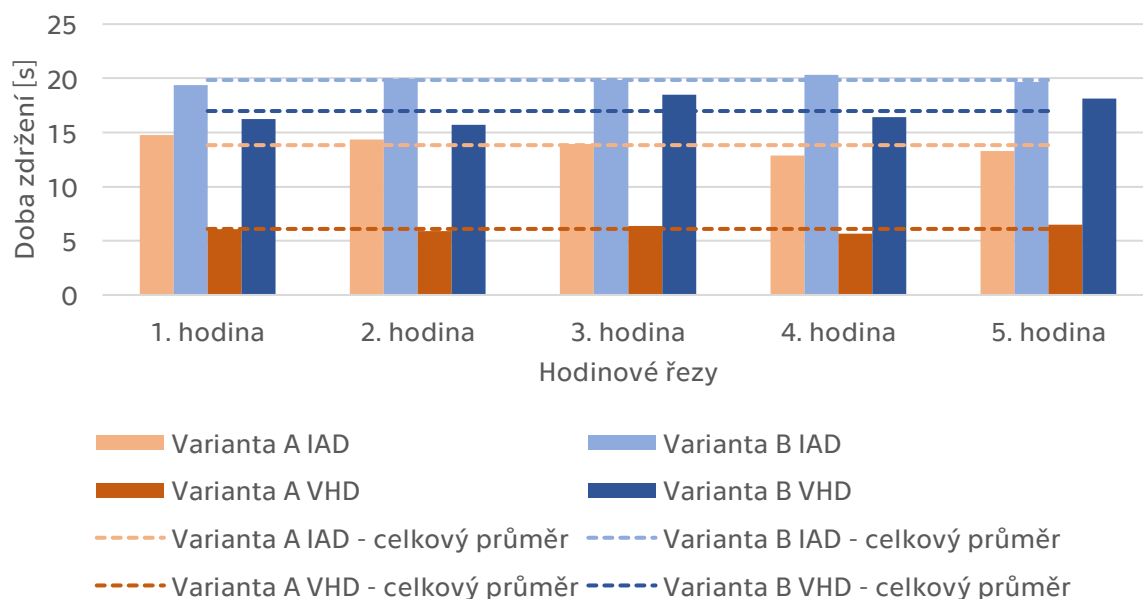
Při pohledu na graf s počtem zastavení, je vidět, že nejméně často zastavují autobusy ve variantě A. K zastavení dojde u každého čtvrtého spoje veřejné dopravy. U varianty B zastaví sedm z deseti autobusů. Lze říct, že pro každou variantu dochází u IAD k zastavení častěji než u VHD. Z toho vyplývá vyšší plynulost VHD!

Hypotéza je pro tento případ potvrzena.

Vyhodnocení sledovaných veličin při charakteristice dopravního proudu „plynulý“

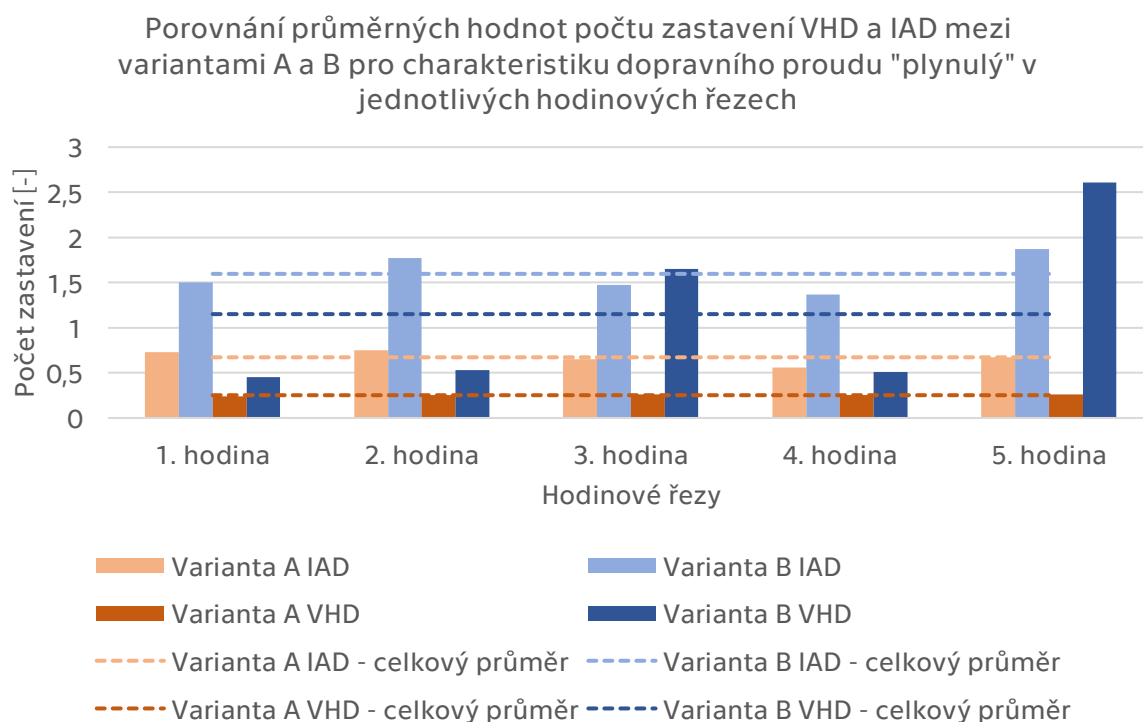
Zjištění u prvního scénáře se zcela odráží i u scénáře pro 930 voz/h. Závislost mezi hodnotami zdržení mezi prvním a druhým scénářem je vyjádřena korelačním koeficientem v hodnotě 0,98, což znamená velmi těsnou (silnou) závislost.

Porovnání průměrných hodnot zdržení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "plynulý" v jednotlivých hodinových řezech



Graf 15 Situace č. 2 – Porovnání zdržení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "plynulý"

Zdržení většiny (IAD varianta A i B, VHD varianta B) sledovaných veličin je v průměru o 3 sekundy vyšší oproti předcházejícímu scénáři. Výjimku tvoří zdržení autobusů u varianty A, kde se zdržení v průměru vůbec nezvýšilo a zůstalo na 6 sekundách! Zajímavostí také je, že zdržení IAD pro variantu A je vždy nižší než zdržení autobusů veřejné dopravy ve variantě B!



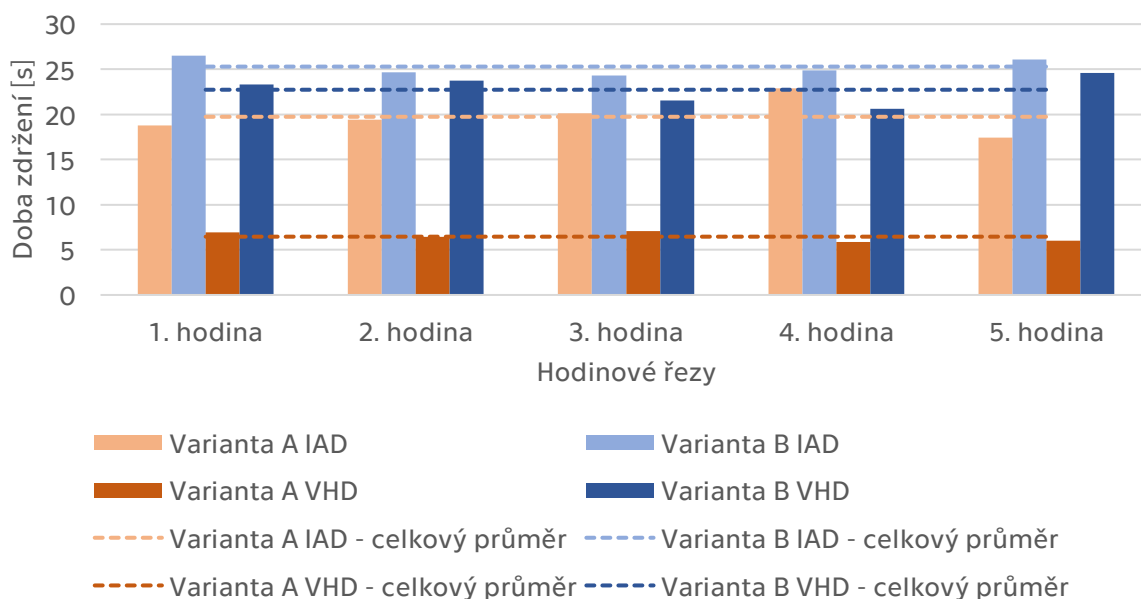
Graf 16 Situace č. 2 – Porovnání počtu zastavení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "plynulý"

Graf s počtem zastavení vizuálně odpovídá grafu s porovnáním zdržení. Jediný velký výkyv je v posledním hodinovém řezu u varianty B, kde každý spoj zastavil v průměru 2,5krát. Vozidla veřejné dopravy u varianty A zastavovala vždy méně než všechny ostatní vozidla, což dokazuje efektivní preferenční opatření a hypotéza je tak potvrzena.

Vyhodnocení sledovaných veličin při charakteristice dopravního proudu „saturovaný“

I pro charakteristiku dopravního proudu vyjádřenou intenzitou 1070 voz/h je vidět trend z předchozích dvou scénářů. Stále je zde evidentní účinnost preferenčních opatření v obou zkoumaných variantách. Ovšem můžeme sledovat zvyšující se rozdíl zdržení pro autobusy u varianty A a u varianty B, kde absolutní průměrná hodnota je 16 sekund. Dosahovaná zdržení IAD se pohybují od 18 do 26 sekund, při čemž v každém hodinovém řezu je nižší zdržení u varianty A.

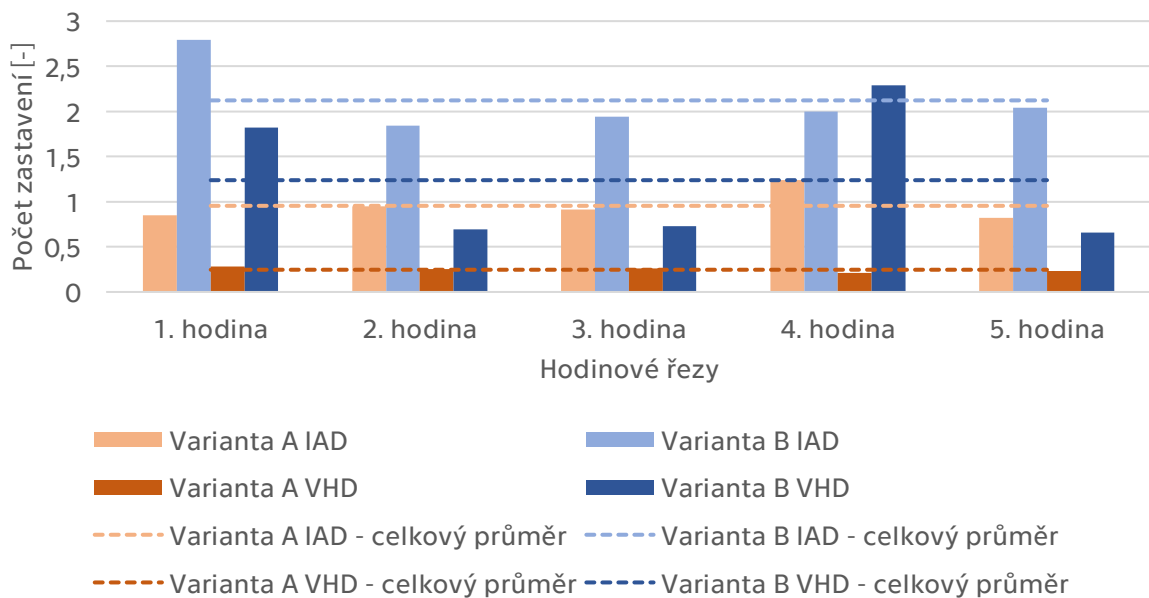
Porovnání průměrných hodnot zdržení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "saturovaný" v jednotlivých hodinových řezech



Graf 17 Situace č. 2 – Porovnání zdržení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "saturovaný"

Počty zastavení jsou také výhodnější u varianty A. V průměru zastavuje každý čtvrtý spoj veřejné dopravy a téměř každý osobní automobil. U varianty B musí zabrzdit a znovu se rozjíždět každé vozidlo veřejné dopravy a všechny automobily dokonce 2krát!

Porovnání průměrných hodnot počtu zastavení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "saturovaný" v jednotlivých hodinových řezech



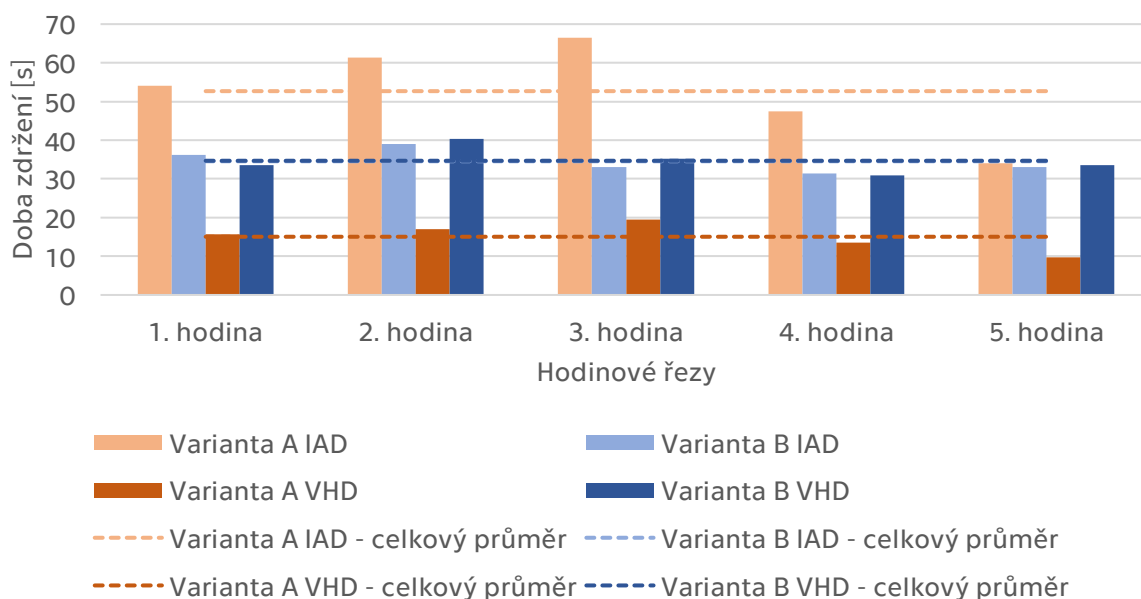
Graf 18 Situace č. 2 – Porovnání počtu zastavení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "saturovaný"

Hypotéza je potvrzena ve všech hodinových řezech.

Vyhodnocení sledovaných veličin při charakteristice dopravního proudu „nestabilní“

Pro charakteristiku dopravního proudu s názvem „nestabilní“ je poprvé zdržení IAD u varianty A nezanedbatelně vyšší než u varianty B. Konkrétně dosahuje průměrné hodnoty 53 sekund. Ovšem při pohledu na zdržení u varianty B se dá pozorovat, že preferenční opatření už nefunguje zcela dle představ. V průměru je zdržení IAD a VHD srovnatelné přibližně kolem 34 sekund. Za to u varianty A je stále preferenční opatření účinné a zdržení autobusu se pohybuje kolem 15 sekund, a to zejména z důvodu čekání na signál „volno“.

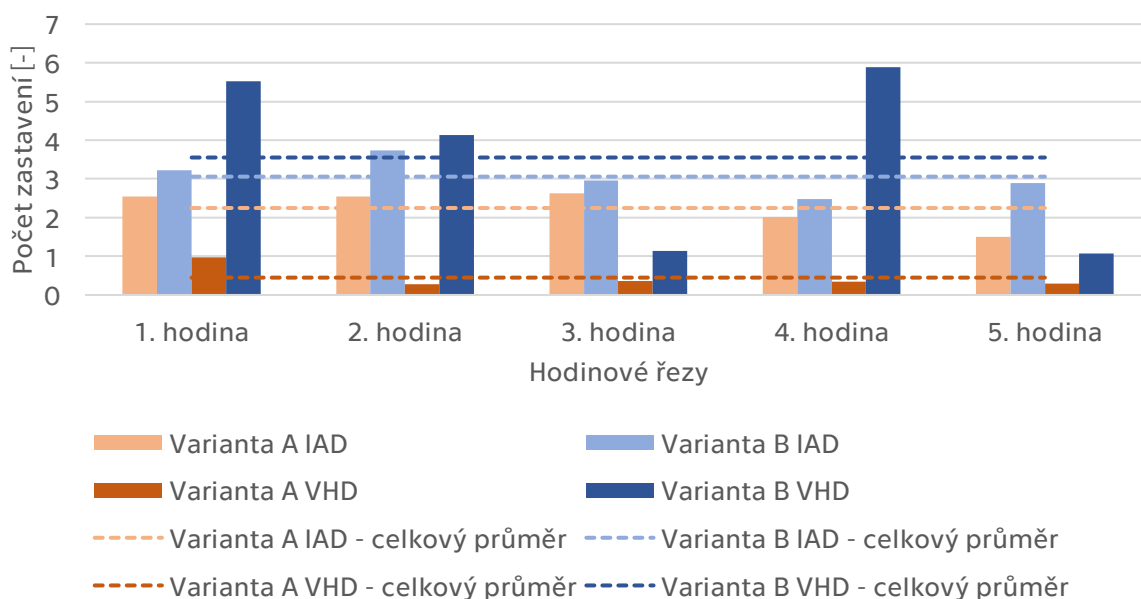
Porovnání průměrných hodnot zdržení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "nestabilní" v jednotlivých hodinových řezech



Graf 19 Situace č. 2 – Porovnání zdržení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "nestabilní"

Ačkoli je zdržení IAD u varianty A vyšší, počet zastavení zůstává nižší. To znamená plynulejší dopravu. Každý automobil v průměru zastaví dvakrát, což znamená, že nejpozději na druhou zelenou vlnu zvládne projet. U varianty B jsou výsledky nestabilní a nelze tak zcela přesně říct typické chování. Pro první a čtvrtý hodinový řez docházelo k situacím, kdy „zipování“ za křižovatkou nebylo plynulé a kongesce se z něj posunula až do křižovatky a zablokovala tak průjezd a pouze pomalu se rozjížděla. To způsobilo situaci, kdy spoje veřejné dopravy vlastně popojížděly po krátkých vzdálenostech až do doby, než se dostaly do svého vyhrazeného pruhu. Naopak pro hodinové řezy tři a pět byl průjezd plynulý.

Porovnání průměrných hodnot počtu zastavení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "nestabilní" v jednotlivých hodinových řezech



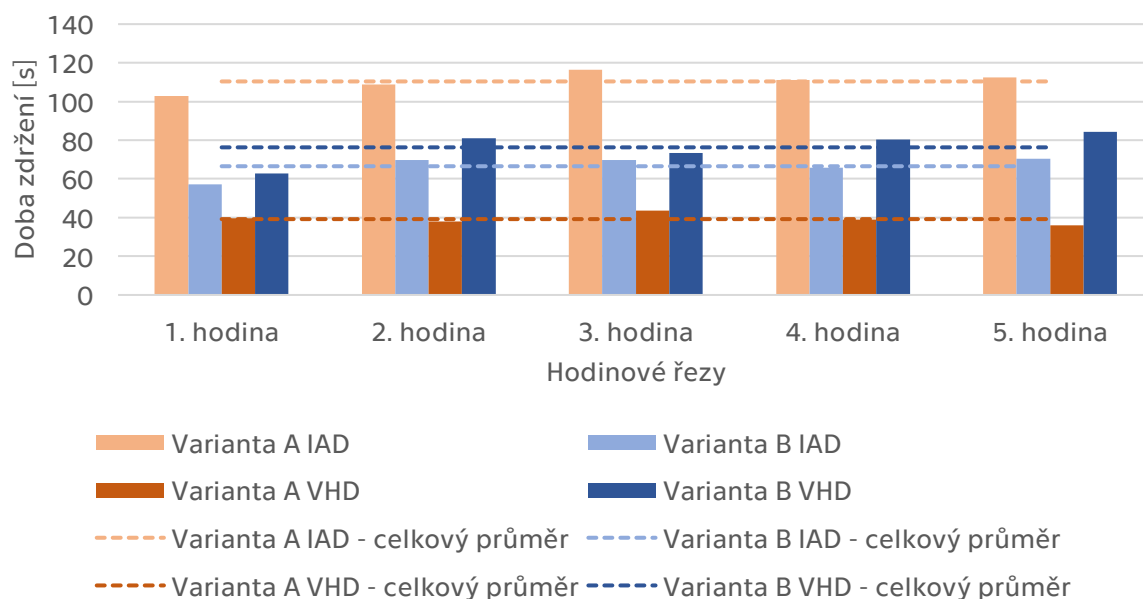
Graf 20 Situace č. 2 – Porovnání počtu zastavení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "nestabilní"

I tak ale jsou hodnoty pro variantu A z hlediska pohybu VHD i IAD výhodnější a hypotéza je tak opět potvrzena.

Vyhodnocení sledovaných veličin při charakteristice dopravního proudu „kongesce“

U scénáře „kongesce“ dochází k velmi neočekávané situaci u varianty B, kdy zdržení autobusů v negativním smyslu překonává zdržení IAD. Naopak zdržení autobusů u varianty A v průměru nepřekonává 40 sekund. Celkově je zdržení spojů VHD u varianty B dvojnásobné oproti variantě A. Oproti tomu je méně výhodnější varianta A pro IAD, kdy se automobily v průměru zdrží o 45 sekund déle než u varianty B. Tento závěr je logický a souvisí se sníženou kapacitou křižovatky, kdy je automobilům umožněn průjezd křižovatkou pouze jedním jízdním pruhem. Na druhou stranu je zde vidět vysoká účinnost preferenčního opatření, kdy „BUS pruh“ začíná již před křižovatkou.

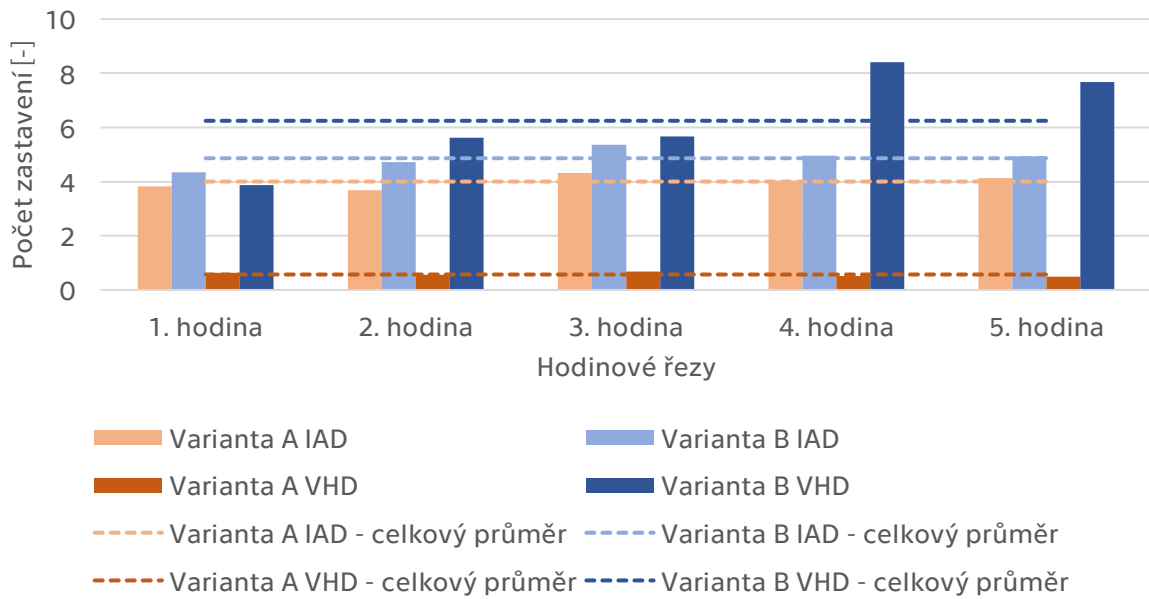
Porovnání průměrných hodnot zdržení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "kongesce" v jednotlivých hodinových řezech



Graf 21 Situace č. 2 – Porovnání zdržení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "kongesce"

Hodnoty zdržení pouze umocňují pozitivní vliv preferenčního opatření ve variantě A, kdy v průměru zastavuje každý druhý autobus. U druhé varianty je tento průměr na hodnotě 6, což minimálně z pohledu spotřeby není prospěšné. Počet zastavení IAD se u obou variant pohybuje přibližně mezi čtyřmi a pěti zastaveními, kdy ale vždy méně zastavují vozidla u varianty A.

Porovnání průměrných hodnot počtu zastavení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "kongesce" v jednotlivých hodinových řezech

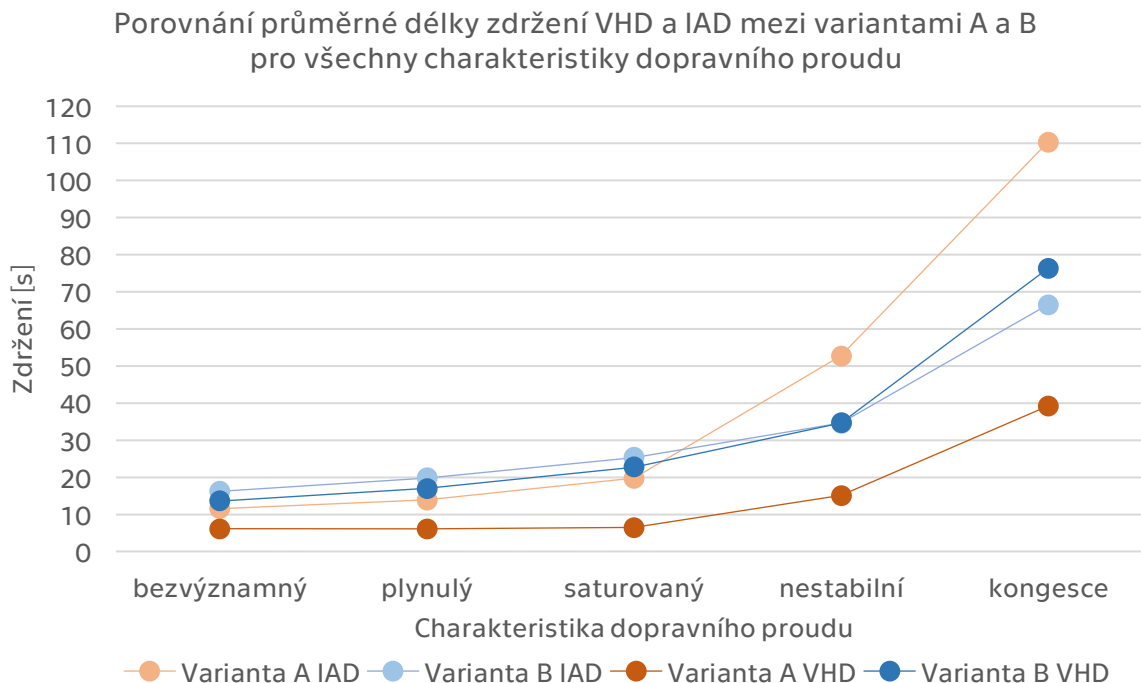


Graf 22 Situace č. 2 – Porovnání počtu zastavení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "kongesce"

I pro charakteristiku dopravního proudu „kongesce“ je hypotéza potvrzena.

4.5.4 Dílčí závěry simulace situace č. 2

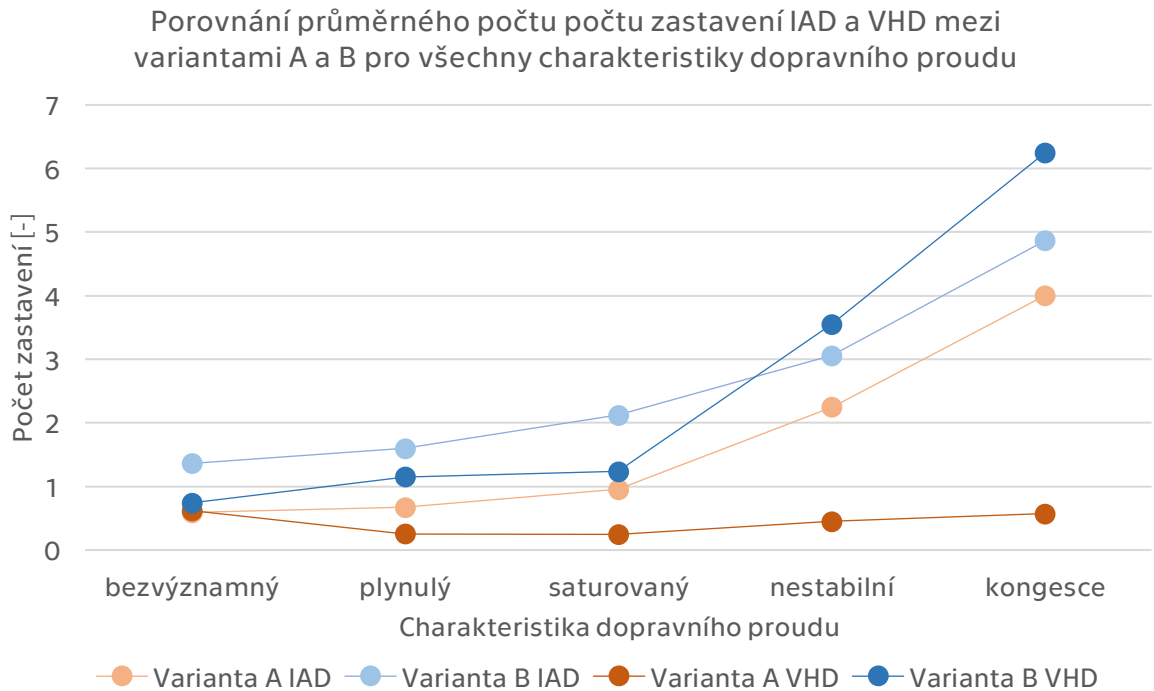
Při porovnání naměřených dat napříč všemi charakteristikami dopravního proudu je vidět tendence zvyšujícího se zdržení, což je logické, neboť se zvyšovala intenzita.



Graf 23 Situace č. 2 – Porovnání průměrné délky zdržení VHD a IAD mezi variantami A a B pro všechny charakteristiky dopravního proudu

Na první pohled je vidět vysoká efektivita preferenčního opatření u varianty A, kdy dosahované hodnoty zdržení i počtu zastavení jsou nejnižší. Naopak u varianty B je účinnost preferenčních opatření malá. Dokonce by se dalo říct, že je funkční pouze do charakteristiky dopravního proudu „saturovaný“, ale dále při vyšších intenzitách už se zcela mívá účinkem.

Z výsledného grafu pro počty zastavení lze vyčíst, že varianta A pro VHD je pro všechny charakteristiky dopravního proudu výhodnější. Z toho vyplývá, že varianta A je pro veřejnou dopravu plynulejší, což je žádoucí. U varianty B je naopak k vidění, že od charakteristiky dopravního proudu „saturovaný“ dochází k příkrému nárůstu zdržení autobusů. Pro charakteristiku „kongesce“ dokonce zastaví každý autobus více než 6krát!



Graf 24 Situace č. 2 – Porovnání průměrného počtu zastavení VHD a IAD mezi variantami A a B pro všechny charakteristiky dopravního proudu

Závěrem lze konstatovat, že hypotéza je zcela bez pochyb potvrzena ve všech pěti scénářích. To znamená, že **varianta A je z pohledu preference VHD výhodnější než varianta B**, tedy že vyhrazený jízdní pruh pro autobusy je **vždy vhodnější zřizovat již před křižovatkou v rámci řadících pruhů**.

Charakteristika dopravního proudu	intenzita [voz/h]	hypotéza
bezvýznamný	790	✓
plynulý	930	✓
saturovaný	1070	✓
nestabilní	1210	✓
kongesce	1350	✓

Tab. 6 Situace č. 2 – Potvrzení nebo vyvrácení hypotéz pro charakteristiky dopravního proudu

5 Závěr

Moderní pohled na problematiku preference povrchových módů veřejné dopravy (tramvají, autobusů a trolejbusů) charakterizuje změna přístupu k řešení jejich pohybu po pozemní komunikaci. Účelem preferenčních opatření již není pouze eliminace zpoždění, ale celkové zrychlení provozu spojů veřejné dopravy společně se zvýšením její spolehlivosti. [3]

Ovšem při samotném projektování a navrhování preferenčních opatření dochází ke sporným momentům, kdy některé situace mohou mít více variant řešení. Následně se odborníci často názorově rozcházejí v tom, která varianta je výhodnější a vhodnější k realizaci. Právě z těchto důvodů byly do této práce vybrány dvě konkrétní situace, kdy každá má dvě varianty řešení, aby pomocí dopravních simulací mohlo dojít k ověření a určení nejefektivnějších variant.

K tomu, aby mohly být simulace realizovány, musel být stanoven metodický postup společný pro obě situace. Tento postup obecně popisuje jednotlivé kroky při tvorbě simulací. Konkrétně pak popisuje proces získání vstupních intenzit IAD dle charakteristik dopravního proudu. Postup také obecně shrnuje tvorbu modelu a nastavení parametrů simulace včetně oblastí určených ke sběru dat a jaké veličiny se budou sledovat (zdržení VHD i IAD, počet zastavení VHD i IAD). Dále bylo třeba určit reprezentativní vzorek, tj. kolik dílčích simulací má proběhnout, jak dlouhé tyto dílčí simulace budou a v jakých intervalech budou data sbírána. Pro potřeby bakalářské práce byly nastaveny čtyři dílčí simulace, kdy každá trvala 18 600 sekund (10 minut náběh simulace, 5 hodin měření) a data byla sbírána v hodinových řezech.

První situací je ukončení vyhrazeného jízdního pruhu pro autobusy místem počtu snížení jízdních pruhů, které se v praxi realizuje dvěma odlišnými přístupy. První přístup se vyznačuje tím, že se autobusy veřejné dopravy v místě snížení počtu jízdních pruhů zařazují do stavebně průběžného obecného jízdního pruhu. Zatímco u druhého přístupu je to naopak a stavebně průběžný pruh tvoří „BUS pruh“ a obecný se do něho zařazuje. Po aplikování metodického postupu včetně provedení a vyhodnocení simulací došlo k vyslovení závěru, že k ukončení vyhrazeného jízdního pruhu v místě počtu snížení jízdních pruhů je z hlediska preference veřejné dopravy **výhodnější zřízovat řešení, kdy stavebně průběžným je obecný jízdní pruh a „BUS pruh“ se do obecného zařazuje**. Toto řešení je výhodnější nejen pro veřejnou dopravu, ale také pro IAD!

Druhou situací je vznik vyhrazeného jízdního pruhu v souvislosti s křižovatkou, kdy je možné tuto situaci v praxi realizovat dvěma způsoby. První způsob je vznik vyhrazeného jízdního pruhu již v oblasti řadicích pruhů, tedy před křižovatkou. Druhý způsob je vznik vyhrazeného jízdního pruhu v oblasti za křižovatkou. Po aplikaci metodického postupu a následného vyhodnocení simulací byl definován závěr. Ke vzniku vyhrazeného jízdního pruhu v souvislosti s křižovatkou **je vhodnější realizovat „BUS pruh“ již v oblasti řadicích pruhů, tedy před křižovatkou.** Sice toto řešení snižuje teoretickou kapacitu křižovatky, ale z pohledu veřejné dopravy je plynulejší a dochází k výrazně nižším zdržením než u druhé varianty.

Pro obě vybrané situace se tak podařilo určit optimální varianty řešení, které tak mohou být doporučovány k realizaci v praxi, což bylo cílem této bakalářské práce.

Použité zdroje

- [1] *Automobilovou „velmocí“ EU je Lucembursko | Století statistiky* [online]. [vid. 2022-08-03]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/stoletistatistiky/automobilovou-velmoci-eu-je-lucembursko>
- [2] ROPID. Preference. *Pražská integrovaná doprava* [online]. [vid. 2022-06-07]. Dostupné z: <https://pid.cz/o-systemu/preference/>
- [3] NOVOTNÝ, Ing. Vojtěch. *Stanovení rozhodovacího nástroje pro preferenci VHD*. B.m., 2017. Disertační práce. ČVUT v Praze.
- [4] NOVOTNÝ, Vojtěch a Ondřej VOMOČIL. *Studie zhodnocení dopravního režimu vyhrazených jízdních pruhů pro autobusy na území hl.m.Prahy*. 2021.
- [5] KOHLOVÁ, Braun a Vojtěch MÁCA. *Faktory ovlivňující volbu dopravního prostředku městského obyvatelstva - přehled stavu poznání*. 2016.
- [6] *Proč preference VHD? | preferenceVHD.info* [online]. [vid. 2022-07-22]. Dostupné z: <http://preferencevhd.info/index.php/proc-preference/>
- [7] *Plat na pozici Řidič Autobusu v lokalitě Česko* [online]. [vid. 2022-07-22]. Dostupné z: <https://cz.indeed.com/career/%C5%99idi%C4%8D-autobusu/salaries>
- [8] *The SUMP Concept | Eltis* [online]. [vid. 2022-06-07]. Dostupné z: <https://www.eltis.org/mobility-plans/sump-concept>
- [9] Zelená dohoda pro Evropu. *Evropská komise - European Commission* [online]. [vid. 2022-06-07]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_cs
- [10] MINISTERSTVO PRO MÍSTNÍ ROZVOJ. *ČSN 73 6110 Projektování místních komunikací*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [11] NOVOTNÝ, Vojtěch a Ondřej HAVLENA. *PREFOS Katalog preferenčních opatření*. 2016, 19.
- [12] *MHD v Praze díky novým preferencím zrychlí | Čistou stopou Prahou* [online]. [vid. 2022-07-27]. Dostupné z: <https://www.cistoustopou.cz/mhd/clanek/mhd-v-praze-diky-novym-preferencim-zrychli-549>
- [13] CENTRUM DOPRAVNÍHO VÝZKUMU. *Pracovní postup tvorby dopravní mikrosimulace*. 2017.
- [14] NECKÁŘ, Vít. *Škálovatelná simulace dopravy v systému VRUT*. B.m., 2020. Bakalářská práce. ČVUT v Praze.
- [15] FELLENDORF, Martin a Peter VORTISCH. *Microscopic Traffic Flow Simulator VISSIM*. In: Jaume BARCELÓ, ed. *Fundamentals of Traffic Simulation* [online]. New York, NY: Springer New York, 2010 [vid. 2022-07-20], International Series in Operations Research & Management Science, s. 63–93. ISBN 978-1-4419-6141-9. Dostupné z: doi:10.1007/978-1-4419-6142-6_2

- [16] ABBAS, Montasir M a Alejandra MEDINA. Analysis of the Wiedemann Car Following Model over Different Speeds using Naturalistic Data. nedatováno, 22.
- [17] NOVOTNÝ, Vojtěch, Tomáš PROUSEK a Tomáš JAVOŘÍK. *ZÁSADY PRO NAVRHOVÁNÍ A ZŘIZOVÁNÍ PREFERENCE AUTOBUSŮ A TROLEJBUSŮ VHD*. nedatováno. ISBN 978-80-01-06311-8.
- [18] BARTOŠ, Luděk, Jan MARTOLOS, Aleš RICHTR a Petr KOLEČKO. *TP 188 Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací*. B.m.: Ministerstvo dopravy, 2018.
- [19] PTV GROUP. PTV Vissim 11 User Manual. 2019.

Seznam obrázků

Obr. 1 Příklad preferenčního opatření k rychlému a plynulému průjezdu spojů veřejné dopravy křižovatkou (České Budějovice) [4]	8
Obr. 2 Princip zvýšení ekonomické efektivity provozu veřejné dopravy při zavedení preferenčních opatření [6].....	9
Obr. 3 Zkvalitnění veřejného prostranství (ul. Moskevská, Praha) [6].....	11
Obr. 4 Zajištění plynulého výjezdu BUS ze zastávky Nádraží Zahradní město stavebním uspořádáním (ul. Švehlova, Praha).....	13
Obr. 5 Bezproblémový výjezd ze zastávkového mysu v zastávce Chodovská (ul. U Plynárny, Praha).....	13
Obr. 6 Provoz BUS po tramvajovém tělese (ul. Švehlova, Praha).....	14
Obr. 7 Vyhrazený jízdní pruh v místě dopravní kongesce (ul. Na Padesátém, Praha).....	14
Obr. 8 Výlučný směr pro BUS + cyklo (ul. Bělocerkevská, Praha).....	14
Obr. 9 Počátek vyhrazeného jízdního pruhu již v rámci řadicích pruhů (ul. Opatovská, Praha).....	14
Obr. 10 Sdružený tramvajový pás a autobusový pás (ul. Na Chodovci, Praha) [6]	16
Obr. 11 Úprava přednosti v jízdě při výjezdu ze zastávky či vyhrazeného jízdního pruhu (Ul. Opatovská, Praha) [12]	16
Obr. 12 Schématické znázornění tří základních stavebních bloků a bloku generujícího výsledky simulací [8].....	18
Obr. 13 Snížení počtu jízdních pruhů z důvodu nedostatku prostoru pro pokračování komunikace v jednom směru ve formátu obecný pruh + „BUS pruh“ [GoogleMaps].....	20
Obr. 14 Snížení počtu jízdních pruhů na čtyřpruhové směrově rozdělené komunikaci před okružní křižovatkou s jedním pruhem na okruhu [GoogleMaps].....	21
Obr. 15 Situace č. 1 – Ukončení VJP snížením počtu jízdních pruhů – Varianta A [17].....	21
Obr. 16 Situace č. 1 – Varianta A – Stavební uspořádání se zařazováním „BUS pruhu“ do obecného jízdního pruhu s psychologickou předností pro řidiče IAD [17].....	22
Obr. 17 Situace č. 1 – Ukončení VJP snížením počtu jízdních pruhů – Varianta B [17].....	22
Obr. 18 Situace č. 1 – Varianta B – Stavební uspořádání se zařazováním obecného jízdního pruhu do „BUS pruhu“ s rizikem zkrácení efektivní délky VJP [17]	22

Obr. 19 Vznik vyhrazeného jízdního pruhu v souvislosti se světelně řízenou křižovatkou	24
Obr. 20 Vznik vyhrazeného jízdního pruhu v souvislosti s neřízenou křižovatkou [4].....	24
Obr. 21 Situace č. 2 – Vznik vyhrazeného jízdního pruhu v souvislosti se světelně řízenou křižovatkou –Varianta A [17]	25
Obr. 22 Situace č. 2 – Varianta A – Uspořádání řadicích pruhů zajišťující bezproblémový příjezd ke "stopčáře"; vznik VJP před křižovatkou [17]	25
Obr. 23 Situace č. 2 – Vznik vyhrazeného jízdního pruhu v souvislosti se světelně řízenou křižovatkou – Varianta B [17]	26
Obr. 24 Situace č. 2 – Varianta B – Společný průjezd všech vozidel světelně řízenou křižovatkou; vznik VJP za křižovatkou [17].....	26
Obr. 25 Metodický postup	29
Obr. 26 Ilustrační snímek modelování dopravní infrastruktury v programu PTV Vissim, včetně nastavení předností v kolizních oblastech	30
Obr. 27 Ukázka nastavení obecných parametrů simulace společných pro obě situace [PTV-Vissim]	31
Obr. 28 Situace č. 1 – Dopravně-inženýrské schéma [AutoCAD]	32
Obr. 29 Situace č. 1 – Model infrastruktury v programu PTV Vissim.....	32
Obr. 30 Situace č. 1 – Procentuální přerozdělení dopravního proudu [app.tralys.cz].....	34
Obr. 31 Situace č. 1 – Vyhodnocovací oblasti [AutoCAD]	35
Obr. 32 Situace č. 1 – Varianta A – Ukázka simulace v programu PTV Vissim.....	35
Obr. 33 Situace č. 1 – Varianta B – Ukázka simulace v programu PTV Vissim.....	35
Obr. 34 Situace č. 2 – Dopravně-inženýrské schéma [AutoCAD]	48
Obr. 35 Situace č. 2 – Model infrastruktury v programu PTV Vissim.....	49
Obr. 36 Situace č. 2 – Procentuální přerozdělení dopravního proudu [app.tralys.cz].....	50
Obr. 37 Situace č. 2 – nastavení signálního plánu v programu PTV Vissim.....	51
Obr. 38 Situace č. 2 – Vyhodnocovací oblasti [AutoCAD]	52
Obr. 39 Situace č. 2 – Varianta A – Ukázka simulace v programu PTV Vissim.....	52
Obr. 40 Situace č. 2 – Varianta B – Ukázka simulace v programu PTV Vissim.....	52

Seznam tabulek

Tab. 1 Přehled typů preferenčních opatření [3].....	15
Tab. 2 Definice lingvistických hodnot vstupní veličiny charakteristika dopravního proudu [3].....	28
Tab. 3 Situace č. 1 – Převodní tabulka mezi charakteristikami dopravního proudu a intenzitami.....	33
Tab. 4 Situace č. 1 – Potvrzení nebo vyvrácení hypotéz pro charakteristiky dopravního proudu.....	46
Tab. 5 Situace č. 2 – Převodní tabulka mezi charakteristikami dopravního proudu a intenzitami.....	49
Tab. 6 Situace č. 2 – Potvrzení nebo vyvrácení hypotéz pro charakteristiky dopravního proudu.....	64

Seznam grafů

Graf 1 Situace č. 1 – Porovnání dob zdržení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "bezvýznamný".....	36
Graf 2 Situace č. 1 – Porovnání počtu zastavení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "bezvýznamný".....	37
Graf 3 Situace č. 1 – Porovnání zdržení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "plynulý".....	38
Graf 4 Situace č. 1 – Porovnání počtu zastavení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "plynulý".....	39
Graf 5 Situace č. 1 – Porovnání zdržení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "saturovaný".....	40
Graf 6 Situace č. 1 – Porovnání počtu zastavení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "saturovaný".....	41
Graf 7 Situace č. 1 – Porovnání zdržení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "nestabilní".....	42

Graf 8 Situace č. 1 – Porovnání počtu zastavení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "nestabilní"	42
Graf 9 Situace č. 1 – Porovnání zdržení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "kongesce"	43
Graf 10 Situace č. 1 – Porovnání počtu zastavení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "kongesce"	44
Graf 11 Situace č. 1 – Porovnání průměrné délky zdržení VHD a IAD mezi variantami A a B pro všechny charakteristiky dopravního proudu.....	45
Graf 12 Situace č. 1 – Porovnání průměrného počtu zastavení VHD a IAD mezi variantami A a B pro všechny charakteristiky dopravního proudu	46
Graf 13 Situace č. 2 – Porovnání zdržení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "bezvýznamný".....	53
Graf 14 Situace č. 2 – Porovnání počtu zastavení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "bezvýznamný".....	54
Graf 15 Situace č. 2 – Porovnání zdržení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "plynulý"	55
Graf 16 Situace č. 2 – Porovnání počtu zastavení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "plynulý"	56
Graf 17 Situace č. 2 – Porovnání zdržení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "saturovaný"	57
Graf 18 Situace č. 2 – Porovnání počtu zastavení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "saturovaný"	58
Graf 19 Situace č. 2 – Porovnání zdržení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "nestabilní"	59
Graf 20 Situace č. 2 – Porovnání počtu zastavení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "nestabilní"	60
Graf 21 Situace č. 2 – Porovnání zdržení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "kongesce"	61
Graf 22 Situace č. 2 – Porovnání počtu zastavení VHD a IAD mezi variantami A a B pro charakteristiku dopravního proudu "kongesce"	62

Graf 23 Situace č. 2 – Porovnání průměrné délky zdržení VHD a IAD mezi variantami A a B pro všechny charakteristiky dopravního proudu.....	63
Graf 24 Situace č. 2 – Porovnání průměrného počtu zastavení VHD a IAD mezi variantami A a B pro všechny charakteristiky dopravního proudu	64