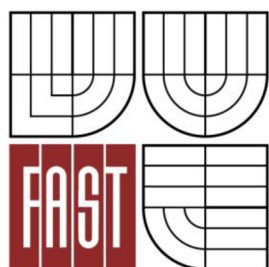




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF ROAD STRUCTURES

DOPRAVNÍ MODEL MĚSTA BLANSKA

TRANSPORT MODEL OF BLANSKO CITY

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. JAN FELKL

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MARTIN VŠETEČKA, Ph.D.

BRNO 2016



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav pozemních komunikací

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. Jan Felkl
Název	Dopravní model města Blanska
Vedoucí diplomové práce	Ing. Martin Všetěčka
Datum zadání diplomové práce	31. 3. 2015
Datum odevzdání diplomové práce	15. 1. 2016
V Brně dne 31. 3. 2015	

.....
doc. Dr. Ing. Michal Varaus
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Celostátní sčítání dopravy 2010

Sčítání lidu, domů a bytů 2011

Manuály SW Aimsun

Zásady pro vypracování

Vytvořte dopravní model města Blanska za účelem prognózy dopadu výstavby nadjezdu přes železniční trať na celkové chování dopravy ve městě. Pro kalibraci a validaci modelu využijte dostupná data a vlastní průzkum.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

.....

Ing. Martin Všetečka
Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

V diplomové práci je řešen stav dopravy ve městě Blansku pomocí výpočetního modelu ze softwaru Aimsun. Za pomoci dostupných podkladů a vlastních měření v zájmových oblastech byl vytvořen model, který ukazuje kladné i záporné stránky plánované výstavby přemostění řeky Svitavy a koridoru železniční trati. Toto mimoúrovňové propojení by mělo pomoci dopravní situaci v Blansku, protože by se mělo jednat teprve o druhé propojení dvou polovin města, které jsou rozděleny právě řekou Svitavou. V práci je řešen stávající stav a bere se v úvahu výstavba přemostění v období 3 let. Ve výhledovém období je řešena varianta jak s přemostěním, tak bez něj.

Klíčová slova

Okružní křižovatka, dopravní model, nadezd, Aimsun, prognóza dopravy, intenzita dopravy, mikrosimulace, Blansko

Abstract

In my diploma thesis, I applied IT model by Aimsun software on the traffic situation in the city of Blansko. I created my own model showing positives and negatives of planned bridge project across the river Svitava and the railroad corridor applying available information and documents regarding the project and my own data in this specific area. This overpass shall improve the traffic situation in the city of Blansko because mentioned bridge project shall be the second connection of two parts of the city of Blansko that is split by the river of Svitava. In this thesis, I apply the bridge project on the current traffic situation assuming that the bridge project will be implemented in 3 years. I deal with the situation in the city of Blansko with and without implementation of the bridge project.

Keywords

Roundabout, traffic model, overpass, Aimsun, traffic prediction, traffic intensity, microsimulation, Blansko

Bibliografická citace VŠKP

Bc. Jan Felkl *Dopravní model města Blanska*. Brno, 2015. 72 s. příl. Diplomová práce.
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemních komunikací.
Vedoucí práce Ing. Martin Všečka, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně, a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 14. 1. 2016

.....
podpis autora
Bc. Jan Felkl

Poděkování:

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Martinu Všeckovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky. Za další konzultace, nápady a poskytnuté podklady děkuji Ing. Miroslavu Patočkovi a Ing. Marku Štefanovi. Rád bych také poděkoval svojí rodině a přátelům za podporu při zpracování této práce.

OBSAH

ÚVOD.....	1
1 PŘIBLÍŽENÍ SITUACE – MĚSTO BLANSKO	2
1.1 LOKALIZACE ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ.....	2
1.2 STÁVAJÍCÍ SITUACE	3
1.2.1 SILNIČNÍ DOPRAVA	3
1.2.2 ŽELEZNIČNÍ DOPRAVA.....	5
1.2.3 ŘEŠENÍ V OBLASTI OKRUŽNÍ KŘÍŽOVATKY A PŘEJEZDU	6
1.3 VÝSLEDKY SČÍTÁNÍ DOPRAVY 2010	9
1.4 BUDOUCÍ PLÁN.....	10
1.4.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O PŘEMOSTĚNÍ	10
1.4.2 BUDOUCÍ KŘÍŽOVATKY	12
2 SBĚR A PŘÍPRAVA VSTUPNÍCH DAT	13
2.1 GEOMETRIE	13
2.2 ŘÍZENÍ DOPRAVY	13
2.3 AKTUÁLNÍ DOPRAVNÍ POPTÁVKA	14
2.3.1 STANOVIŠTĚ 1	16
2.3.2 STANOVIŠTĚ 2	17
2.3.3 STANOVIŠTĚ 3	18
2.3.4 STANOVIŠTĚ 4.....	20
2.3.5 STANOVIŠTĚ 5.....	22
2.3.6 STANOVIŠTĚ 6.....	24
2.4 KALIBRAČNÍ DATA	26
2.5 BUDOUCÍ DOPRAVNÍ POPTÁVKA	27
3 TVORBA MODELU	28
3.1 POUŽITÝ SOFTWARE	28
3.2 EDITACE MODELU	29
3.2.1 GRAFICKÝ PODKLAD A GEOMETRIE	29
3.2.2 DEFINICE ATRIBUTŮ UZLŮ A SEKČÍ.....	29
3.2.3 VOLBA OBDOBÍ SIMULACE.....	32
3.2.4 DEFINICE DOPRAVNÍ POPTÁVKY	32
3.2.5 SIMULACE PĚŠÍCH	34
3.2.6 SPUŠTĚNÍ PRVNÍ SIMULACE	34
3.3 LADĚNÍ MODELU A ODSTRANOVÁNÍ CHYB.....	35
3.3.1 POŽADAVKY NA MODEL.....	35

3.3.2	OVĚŘENÍ.....	35
3.3.3	NASTAVENÍ PARAMETRŮ KOMUNIKACÍ.....	36
3.3.4	NASTAVENÍ PARAMETRŮ VOZIDEL.....	37
3.4	VERIFIKACE, KALIBRACE A VALIDACE MODELU.....	39
3.4.1	VERIFIKACE MODELU.....	39
3.4.2	OBEČNĚ O KALIBRACE A VALIDACI (převzato z [10]).....	39
3.4.3	VLASTNÍ KALIBRACE MODELU	40
4	SROVNÁNÍ VARIANT	46
4.1	ZVOLENÉ HODNOTÍCÍ PARAMETRY.....	46
4.2	VARIANTY MODELU S REÁLNÝM CHOVÁNÍM	47
4.2.1	POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU	47
4.2.2	VÝHLEDOVÝ STAV BEZ PŘEMOSTĚNÍ V ROCE 2018.....	47
4.2.3	VÝHLEDOVÝ STAV S PŘEMOSTĚNÍM V ROCE 2018	48
4.3	SROVNÁNÍ	49
4.3.1	SROVNÁNÍ DLE DOB ZDRŽENÍ	49
4.3.2	SROVNÁNÍ DLE CESTOVNÍCH ČASŮ	50
4.4	CHOVÁNÍ MODELU V ROCE 2038.....	52
	ZÁVĚR	54
	Seznam použitých zdrojů	56
	Seznam grafů.....	56
	Seznam zkratk a symbolů.....	57
	Seznam tabulek.....	57
	Seznam obrázků	57
	PŘÍLOHY	59

ÚVOD

Předložená diplomová práce slouží jako průvodní zpráva dopravního modelu vytvořeného v softwaru Aimsun. Konkrétněji se zabývám tvorbou mikrosimulace dopravy na vybraném území města Blanska.

V první kapitole práce popisují širší vztahy Blanska, které je okresním městem v Jihomoravském kraji. Jsou zde představeny informace o řešené oblasti, je zde popsána jak silniční, tak vlaková doprava. Dále v této kapitole informuji o uskutečněné realizaci návrhu řešení vzdušné fronty vozidel od železničního přejezdu do okružní křižovatky. Návrh této realizace byl jedním z výstupů mé bakalářské práce. Závěrem je představeno plánované mimoúrovňové přemostění, které má pomoci dopravní situaci.

Na začátku druhé kapitoly prezentuji mnou provedený dopravní průzkum, který byl proveden až v prosinci vzhledem k rekonstrukci silničního průtahu městem. Tento fakt mírně ovlivnil časový rozvrh této práce. Je zde uvedena také prognóza intenzit dopravy pro zvolené výhledové období. Získaná data a postřehy jsou nezbytným podkladem pro následnou tvorbu modelu.

V třetí kapitole popisují postup tvorby samotného modelu. Kalibrace modelu je provedena pomocí statistiky GEH a hodnocením dopravního výkonu v podobě délky front. Takto vytvořený model zastupuje první z variant – aktuální stav. Další varianta počítá s hotovou stavbou přemostění a uvedením do provozu za 3 roky. V případě neuskutečnění projektu přemostění uvádím jako 3. variantu stav ve výhledovém období. Poslední 2 stavy popisují výhledové období 20 let od (ne) uvedení přemostění do provozu.

V poslední kapitole interpretuji dosažené výsledky modelování dopravy a srovnání stavů pomocí tabulkových a grafických výstupů. Cílem mé práce je tedy ukázat pomocí modelu kladné i záporné dopady výstavby plánovaného přemostění spojující mimoúrovňově 2 části města a situaci ve výhledovém období jak s přemostěním, tak bez něj.

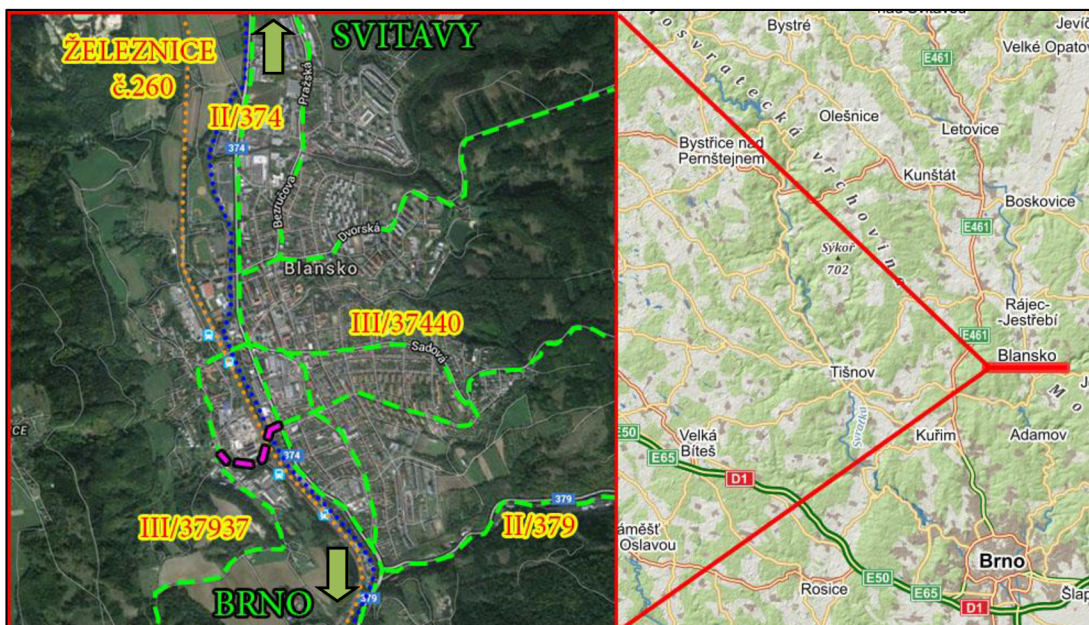
Pro lepší porozumění technických částí práce jsou grafy, vzorce, tabulky a obrázky uváděny přímo v textu. Dokumentace, která není nezbytná pro porozumění textu, je uvedena v přílohách.

1 PŘIBLÍŽENÍ SITUACE – MĚSTO BLANSKO

1.1 LOKALIZACE ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

Blansko je okresním městem v Jihomoravském kraji a nachází se přibližně 25 km severně od krajského města Brna. Město je pásového uspořádání, kde charakteristickou linií tvoří řeka Svitava tekoucí z okresu Svitavy a ústící zleva do řeky Svratky v Brně. Druhou souběžnou linií tvoří železniční koridor. Centrální část města se nachází v průměrné nadmořské výšce 275 metrů nad zemí. Město leží v hlubokém, ale širokém údolí řeky, kde se těsně před jeho zúžením nachází cesta k hojně navštěvovanému turistickému centru Moravský kras.

Ve městě žije přibližně 21 000 obyvatel v 8 katastrálních územích. Výše zmíněná železnice slouží mnoha lidem jako důležité dopravní spojení, využívané zejména k cestování za prací do města Brna. Dalším důležitým spojení je silnice II. třídy, která tvoří páteří silniční trasu Blanskem a je také souběžná s řekou i železniční tratí.



Obrázek 1 – Mapa širších vztahů (autor, převzato z [1])

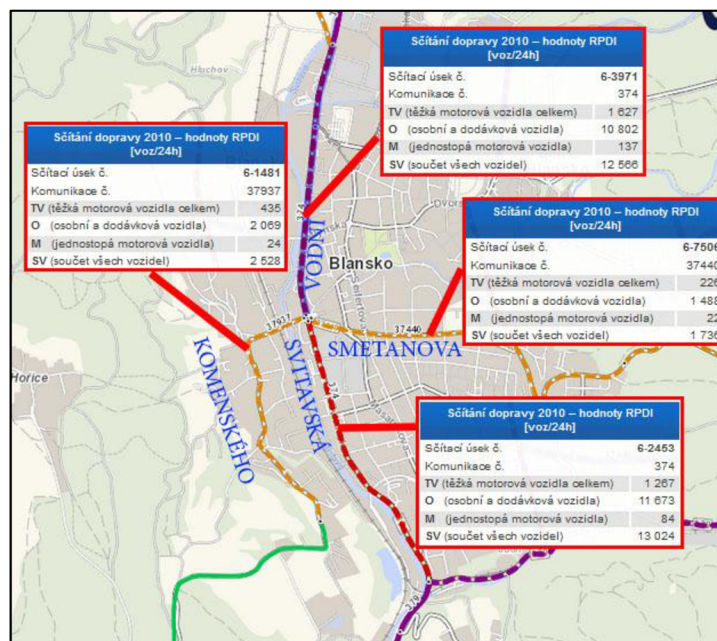
- Legenda:
- Pozemní komunikace
 - Řeka Svitava
 - Koridor železniční tratě
 - Plánované přemostění

1.2 STÁVAJÍCÍ SITUACE

1.2.1 SILNIČNÍ DOPRAVA

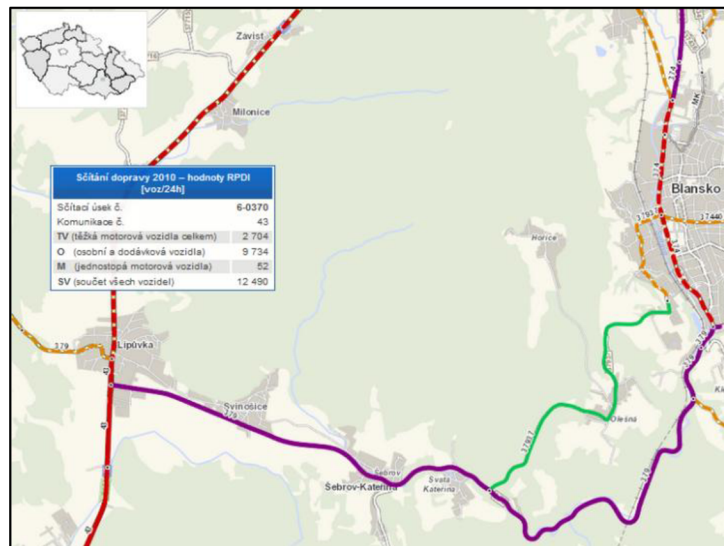
Celý region pociťuje absenci zamýšlené, ale dosud bohužel nerealizované, komunikace D43 (v budoucnu má spadat do sítě TEN-T) a stárnoucí infrastrukturu. Pro vedení tranzitní dopravy tedy hraje stále velký význam silnice I/43 Brno/Svitavy, která leží přibližně 17 km západně od Blanska a představuje jednu z páteřních komunikací v ČR. Důležitou komunikací je také silnice II/379 (Velká Bíteš/Tišnov/Blansko/ Vyškov), která spojuje silnice I/43 a Blansko, ale zajišťuje hlavně vazby na Vyškov a Prostějov.

Na již zmíněnou silnici II/379 na jihu Blanska navazuje silnice II/374 (Brno / Blansko / Boskovice / Jevíčko) a je tedy hlavním tahem ve směru na sever, kde se také buď můžete po komunikaci III: třídy napojit zpět na I/43 nebo pokračovat do druhého největšího města Boskovice. Plynulosti dopravy pomohla stavba okružní křižovatky v roce 2004. Problémem však zůstala malá vzdálenost této okružní křižovatky od železničního přejezdu Blansko-město. Plynulosti dopravy v centru města pomohlo vybudování 2 okružních křižovatek v roce 2000 a 2008. Páteřní silnice II/374 je nejvytíženější komunikací a ve špičkových hodinách zde vznikají kolony vozidel a s nimi další dopravní problémy.



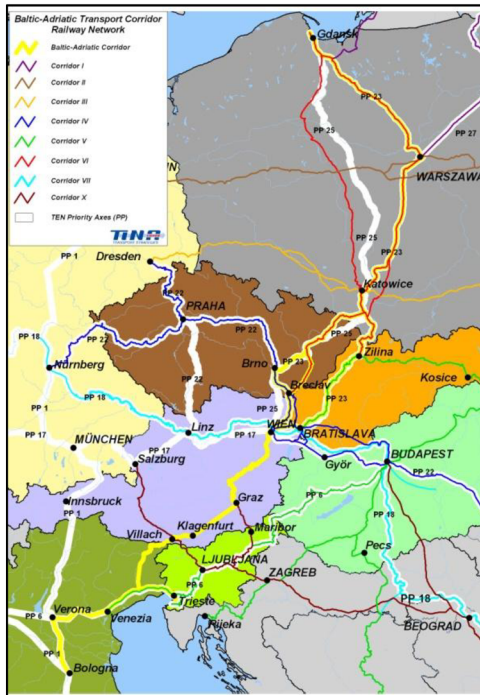
Obrázek 2 - CSD 2010 Blansko (autor, převzato z [3])

Jak je již z obrázku patrné, hlavním dopravním uzlem ve městě Blansku je okružní křižovatka mezi ulicemi Vodní/Poříčí, Komenského/Brněnská, Svitavská a Smetanova. Nejvyšší intenzity byly při celostátním sčítání dopravy naměřeny právě na komunikaci II.třídy. Za zmínku stojí fakt, že na ulici Svitavská byla změřena vyšší denní intenzita dopravy, která dosahuje hodnoty 13 024 voz/24h, než na silnici I/43 u obce Lipůvka, kde intenzita dopravy dosahuje hodnoty 12 490 voz/24h. Z intenzit dopravy a teoretického rozdělení na „MÍSTNÍ“ a „TRANZIT“ je také možné usoudit, že ve městě se pohybuje velké množství automobilů, které se pohybují pouze na území města, tudíž zapadají do kategorie „místní“. Kategorie „místní“ a „tranzitní“ jsou mnou používané pojmy pro rozlišení vozidel. Kategorie „tranzitní“ tedy zahrnuje vozidla přijíždějící, projíždějící či odjíždějící. „Místní“ kategorie zahrnuje lidi využívající dopravu pouze na území města. Domnívám se tak, protože intenzity ve městě dosahuje mnohem vyšších hodnot než intenzity mimo. S velkým počtem automobilů se pojí nárok na prostor a s ním spojené možnosti parkování, které v centru města nedostačují. Bohužel stejné problémy má i většina blanenských sídlišť a ke stejnému problému dochází i v okolí vlakového a autobusového nádraží.



Obrázek 3 - CSD Lipůvka (autor, převzato z [3])

Nekolejovou dopravu zastupují v Blansku 4 linky MHD (221, 222, 223, 226). Tuto základní kostru doplňují spoje příměstských linek, které pro některé okrajové části města suplují funkci MHD a z vlastní zkušenosti mohu říci (24 let jsem bydlel na okraji města Blanska), že jsou často mnohem výhodnější z hlediska cestovního času oproti klasickým „pouličkám“.



Obrázek 5 - Panevropský koridor (převzato z [4])

1.2.2 ŽELEZNIČNÍ DOPRAVA

Z hlediska širších vztahů má velký význam i doprava železniční a to zejména kvůli trati č. 260 Česká Třebová-Brno, která se stala součástí tzv. 1. koridoru modernizované železniční sítě Děčín-Praha-Česká Třebová-Brno-Břeclav a také spadá do IV.

Panevropského multimodálního koridoru (Dresden-Istanbul). Železnice představuje zejména důležité spojení z hlediska dopravní dostupnosti pro rozvoj území. Její modernizace je jednoznačným přínosem, bohužel jako závady

se dají považovat úrovně křížení s pozemními komunikacemi. Hlavním nedostatkem ve městě

zůstává chybějící přemostění koridoru, které by propojilo obě části Blanska a odlehčilo tak nevyhovující krátký úsek od rondelu k železničnímu přejezdu u vlakové zastávky Blansko-město.



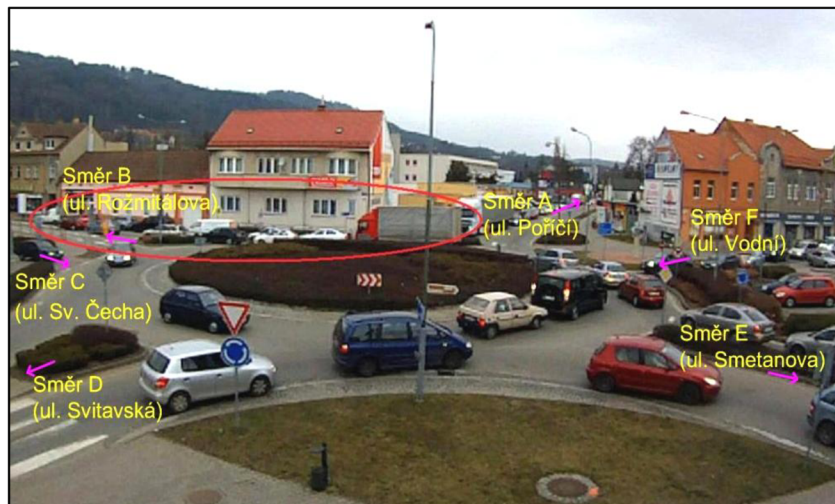
Obrázek 4 - Situační mapa –popis železniční dopravy (autor, převzato z [1])

1.2.3 ŘEŠENÍ V OBLASTI OKRUŽNÍ KŘIŽOVATKY A PŘEJEZDU

Velkým problémem byla ještě v roce 2015 malá vzdálenost mezi železničním přejezdem s vlakovou zastávkou Blansko-město a okružní křižovatkou Svitavská/ Smetanova/ Vodní/ Komenského ve středu města. Hlavně v odpolední dopravní špičce zde často docházelo ke vzdutí fronty vozidel čekajících u vlakového přejezdu do vedlejší okružní křižovatky a docházelo tak ke kolapsu křižovatky a znemožnění průjezdu vozidel v ostatních směrech. V případě potřeby průjezdu složek IZS je tato trasa velice komplikovaná a to vidím, jako velký nedostatek.

Vzniklý problém je důsledkem dvou faktorů. Prvním z nich je vysoká intenzita dopravy hlavně v dobách dopravní špičky na průtahu II/374. Důležitý, ale bohužel těžko řešitelný fakt, je četnost vlaků na železničním koridoru a tedy vytiženost železničního přejezdu a sním spojené vlakové zastávky Blansko-město. Přejezd se nachází na ulici Rožmitálova a ve spojení s mostem přes řeku Svitavu tvoří jediné propojení Starého průmyslové a zahrádkové oblasti města (Staré Blansko) a novodobé části města.

Železniční zastávka, která se nachází u tohoto přejezdu, je charakteristická 2 vnějšími nástupištěmi, které jsou severně od

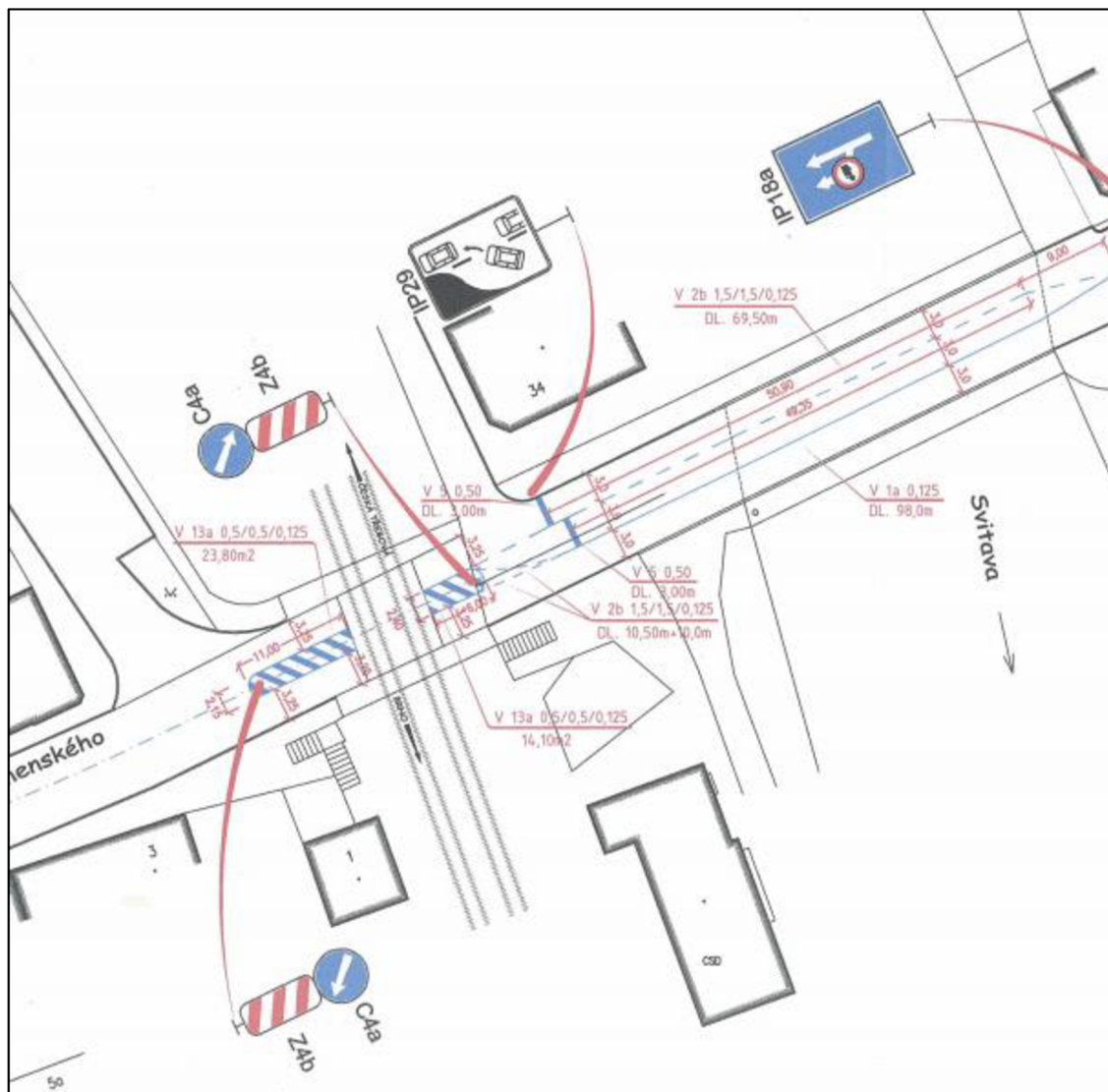


Obrázek 6 - Zablokovaná OK frontou vozidel od železničního přejezdu (autor)



Obrázek 7 - Železniční přejezd – vlevo se nachází staniční budova, vpravo jsou nástupiště (autor)

přejezdu. Jihovýchodně od přejezdu je budova pro cestující, ve které je čekárna a výdejna jízdenek. V posledních letech se v Blansku rozmohl cyklo provoz a přes den u této zastávky ztlačí stojan na kola a lidé tak poutají své dopravní prostředky k zábradlí přímo u trati. Druhým nedostatkem je bezbariérový přístup z čekárny na nástupiště. Přejezd je vybaven podchodem, který bohužel bezbariérovou funkci nezajišťuje. Úsek je dostatečně přehledný, zatím zde nedošlo k žádné újmě na zdraví. Vše je bohužel otázkou času a podle mě, by se zde měl více dodržovat zákaz vstupu do kolejí. Z databáze JDVM [6] jsem získal data, která dokumentují 3 nehody v bezprostřední blízkosti s přejezdem v časovém rozmezí 1. 1. 2007 - současnost a pouze 2 jsou přímo spojeny s přejezdem. Jedná se o srážky s pevnou překážkou, kterou zde zastupovaly závory přejezdu. V případě 3. nehody šlo o nedání přednosti v jízdě pouze s hmotnou škodou.



Obrázek 8 - Nové řazení u železničního přejezdu (převzato z [5])

Ze zdrojů (Příloha 1) jsem zjistil, že přejezdem za 24 hodin mohlo projet maximálně 202 vlaků v měsících říjen, listopad a prosinec roku 2015. To v průměru činí 8,5 vlaku na 1 hodinu. Mezi 16. -17. hodinou však tato hodnota roste až na 13 vlaků. Naopak nejkolidnějších hodnot přejezd nabývá mezi 2. – 4. hodinou ranní – pouze 2 vlaky za 1 hodinu. Z této statistiky je patrně jasné zatížení přejezdu. Konkrétní časy ve špičkové hodině budou představeny v další kapitole.

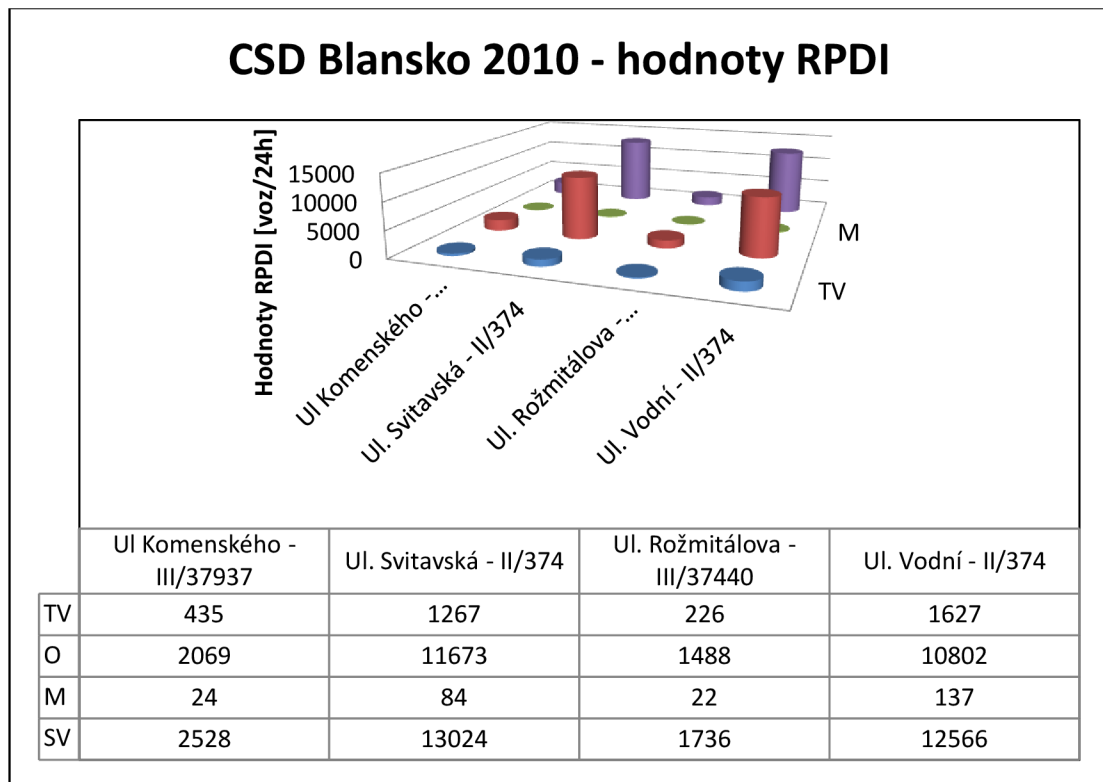
U přejezdu byla však celou dobu komunikace se zastaralým šířkovým uspořádáním a tohoto faktu bylo minulý rok povšimnuto. Od přejezdu směrem k rondelu má jízdní pás šířku 9,0 m v délce přibližně 50 m. Během rekonstrukce průtahu II/374, která začala 1. 4. 2015 a trvala do 1. 11. 2015 bylo uspořádání změněno a ve směru k přejezdu zde začátkem června přibyl jeden čekací pruh se zákazem vjezdu pro nákladní vozidla. Samozřejmostí bylo změnění vodorovného dopravního značení, ale hlavně doplnění svislého dopravního značení v podobě značek IP18a – „Zvýšení počtu jízdních pruhů“ a IP29 – „Střídavé řazení“. Dále z každé strany přejezdu přibyli značky C4a – „Příkázaný směr objíždění vpravo“ a Z4b – „Směrovací deska pravá“.

Okružní křižovatka je ve vzdálenosti 128 m od přejezdu. Tato vzdálenost umožnila sériové zastavení cca 24 osobním automobilům (5,5 m), při kombinaci 2× osobní vůz + 1× nákladní vůz (5,5 + 5 + 8 m) = 6 nákladních vozidel a 12 osobních vozidel. Návrh na zkapacitnění přinesl umožnění paralelního zastavení osobních vozidel, čímž se uvedené příkladové kapacity zvedli o 9 osobních vozidel. **Tímto opatřením došlo ke snížení počtu časových kolapsů okružní křižovatky na nulovou hodnotu.** Situace je ve 12-ti měsíční zkušební lhůtě, je monitorována a bude vyhodnocena.

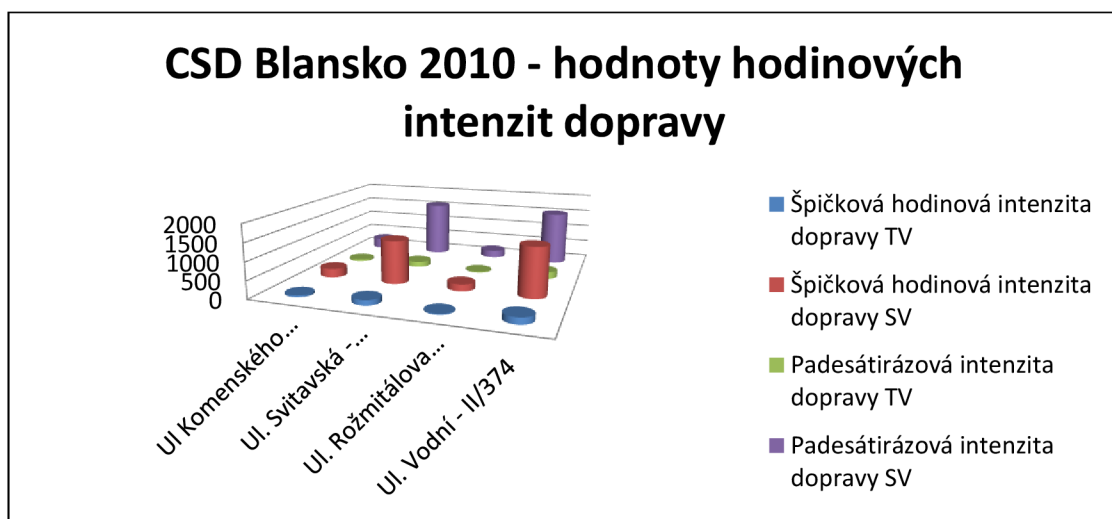
1.3 VÝSLEDKY SČÍTÁNÍ DOPRAVY 2010

Ze sčítání dopravy je patrných pár věcí:

1. Ulice Vodní má nejvyšší využití u těžkých vozidel.
2. Na ulici Vodní byl také zaznamenán největší výskyt jednostopých motorových vozidel
3. Nejvyšší počet vozidel byl naměřen na ulici Svitavská.



Graf 1 - Hodnoty RPDI (autor)



Graf 2 - Hodnoty hod. int. dopravy (autor)

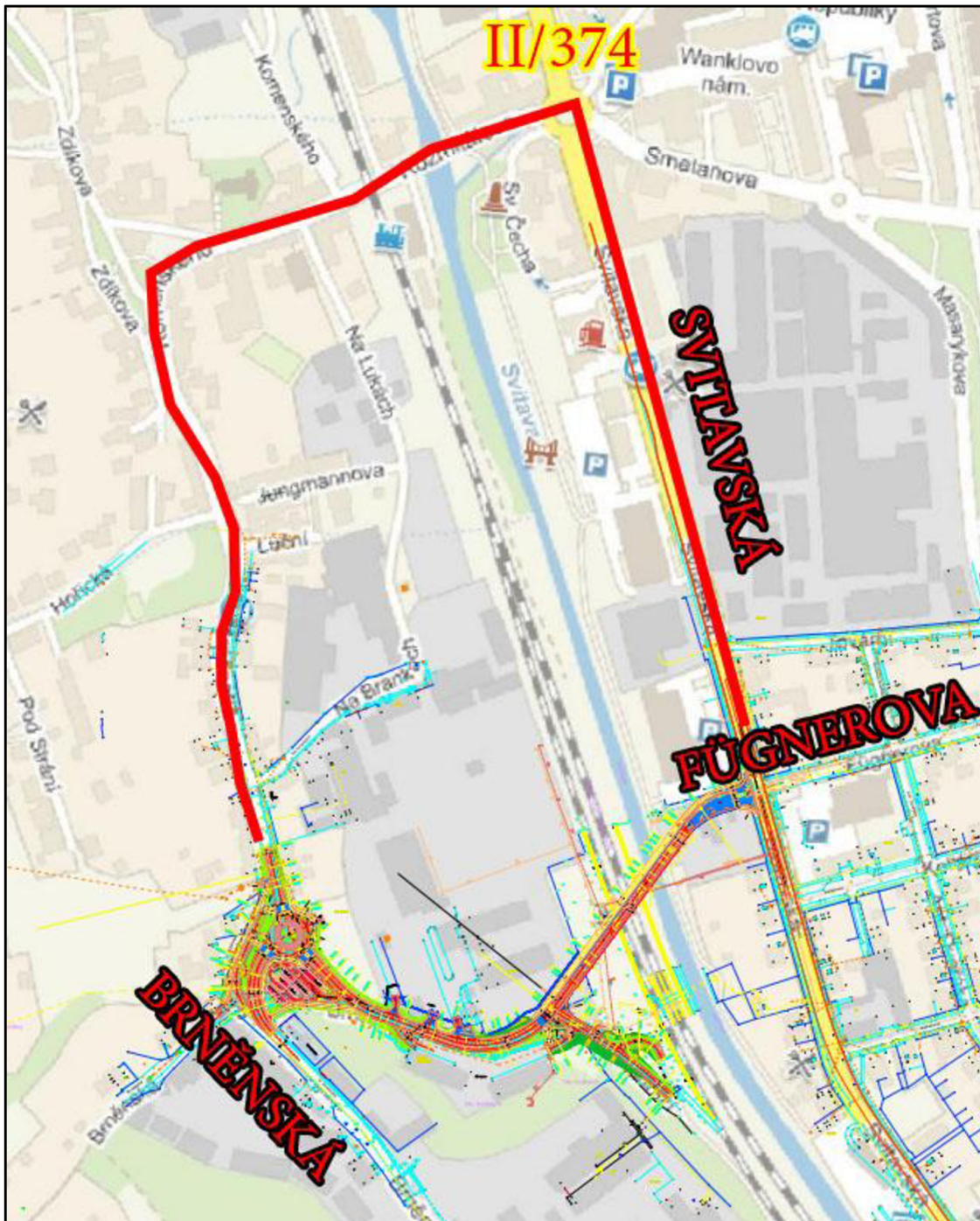
1.4 BUDOUCÍ PLÁN

V této kapitole se seznámíme s plánovanou výstavbou přemostění řeky Svitavy a koridoru železniční trati číslo 260 v Blansku. Jde o propojení krajských silnic II/374 (ul. Svitavská) a III/37937 (ul. Brněnská).

1.4.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O PŘEMOSTĚNÍ

Přemostění má za úkol převést silniční a pěší provoz mezi dvěma částmi města. V městě Blansku v současné době neexistuje mimoúrovňové propojení dvou částí města, které jsou rozděleny koridorem SŽDC a řekou. Jediným propojením je nyní již dříve zmíněný úrovnňový přejezd, který se nachází v ul. Rožmitálova v těsné blízkosti centra města a kruhového objezdu na ul. Svitavské. Navržené přemostění by výrazně zlepšilo propojení obou částí města. Došlo by rovněž k odstranění nebezpečí kolizních situací v oblasti úrovnňového přejezdu na ul. Rožmitálova. Význam tohoto přejezdu by výrazně poklesl. Přemostění je včetně navazujících úseků navrženo tak, aby bylo propojení obou částí města zajištěno i při extrémním průtoku Q_{100} v řece Svitavě.

Navržené přemostění se nachází v intravilánu města Blanska. Nová komunikace začíná v prodloužení ul. Fügnerovy a prochází kolem obchodního domu Lidl směrem k řece Svitavě. Následné přemostění překračuje řeku a koridor SŽDC – šikmost mezi osou přemostění a osou krajní koleje u řeky je $56,7^\circ$ z důvodu směrového řešení vzhledem k stávající zástavbě. Komunikace se pak za mostem stáčí doprava tak, aby se dostala do osy stávající obslužné komunikace, která se napojuje do ul. Brněnské. Komunikace a přemostění musí na své trase překonat značný výškový rozdíl daný obrysem průjezdného prostoru koridoru SŽDC.



Obrázek 9 – Zakreslení přemostění a názvy ulic, kterých se stavba dotkne (autor, převzato z [8])

1.4.2 BUDOUCÍ KŘIŽOVATKY

Tento návrh je přílohou technické studie, která byla odsouhlasena na krajském úřadě. Návrh vypracoval Ing. M. Patočka a s ochotou mi ho poskytl.

S plánovanou stavbou přemostění by tedy ve městě vznikly dvě nové křižovatky.

- 1) V křížení ulic Fügnerova a Svitavská by tedy vznikla nová průsečná křižovatka. Vzhledem k prostorovému uspořádání a majetko-správním vztahům zde nemohla být navržena okružní křižovatka. Stísněné podmínky zde tedy dovolují návrh křižovatky průsečné.
- 2) V případě výstavby by ulice Brněnská byla propojena okružní křižovatkou s obslužnou komunikací (na kterou by měla navazovat mostní stavba). Zde byla původně navržena křižovatka styková, která ale nevyhovovala na rozhledové poměry a tak se přistoupilo na ekonomicky náročnější variantu okružní křižovatky.



Obrázek 10 - Průsečná křižovatka (ul. Svitavská/Fügnerova), která vznikne při výstavbě přemostění (převzato z [7])



Obrázek 11 - Okružní křiž. (ul. Brněnská), která vznikne v případě přemostění (převzato z [7])

2 SBĚR A PŘÍPRAVA VSTUPNÍCH DAT

2.1 GEOMETRIE

Jako geometrický podklad jsem použil základní mapu Blanska, kterou vytvořil a poskytl kolega Martin Kotačka z firmy Infotel. Prostorové uspořádání jsem zdokumentoval a je součástí příloh pod názvem Fotogalerie.

2.2 ŘÍZENÍ DOPRAVY

V Blansku se nenachází žádná křižovatka se světelným signalizačním zařízením (SSZ). Jediné PZZ je u železničního přejezdu. Je to jedno z důležitých míst v mé práci, protože auta, která směřují do města, se u přejezdu hromadí a po zvednutí závor se fronta přesouvá k okružní křižovatce. Tento proces rázově působí na okružní křižovatku a je to jeden z faktorů, proč ve špičce tato křižovatka nesplňuje úroveň kvality dopravy (ÚKD). Svislé a vodorovné dopravní značení jsem zaznamenal pro vlastní účely fotoaparátem.

Z následující dvou tabulek je možné si udělat představu o časovém vytížení přejezdu. Měření byla provedena 10. 2. 2014 od 15:30 do 16:30 a 11. 2. 2014 od 7:00 do 8:00 a byla použita jako podklad v mé bakalářské práci. Data z první tabulky jsem použil při vytvoření modelu.

Čas	Doba	Délka (sec)	N	O	R	Směr
15:30:00	00:03:30	210	X	X	-	BRNO
15:35:00	00:05:10	310	X	X	-	Č.T.
15:56:00	00:01:30	90	-	-	X	BRNO
16:03:00	00:02:30	150	-	-	X	BRNO
			-	-	X	Č.T.
16:06:00	00:04:00	240	-	X	-	Č.T.
			-	X	-	BRNO
16:11:00	00:03:20	200	-	X	-	Č.T.
16:28:00	00:03:20	200	-	X	-	BRNO
Průměrná délka zdržení		200	3 minut a 20 vteřin			
Celkové zdržení za hod.		1400	23 minut a 20 vteřin			

Tabulka 1 - Železniční přejezd – Odpolední časy závor ve vodorovné poloze (převzato z [7])

07:11:00	00:01:10	70	X	-	-	BRNO
07:13:00	00:02:50	170	-	X	-	BRNO
07:17:00	00:03:00	180	-	-	X	Č.T.
07:27:00	00:06:20	380	-	X	-	BRNO
				X	-	Č.T.
07:46:00	00:02:40	160	-	X	-	BRNO
07:55:00	00:01:20	80	-	-	X	BRNO
07:58:00	00:04:20	260	-	-	X	Č.T.
			-	X	-	BRNO
			-	X	-	Č.T.
průměrná délka zdržení (sec)		186	3 minut a 6 vteřin			
celková doba/hod (sec)		1300	21 minut a 40 vteřin			

Tabulka 2 - Železniční přejezd – Ranní časy závor ve vodorovné poloze (převzato z [7])

2.3 AKTUÁLNÍ DOPRAVNÍ POPTÁVKA

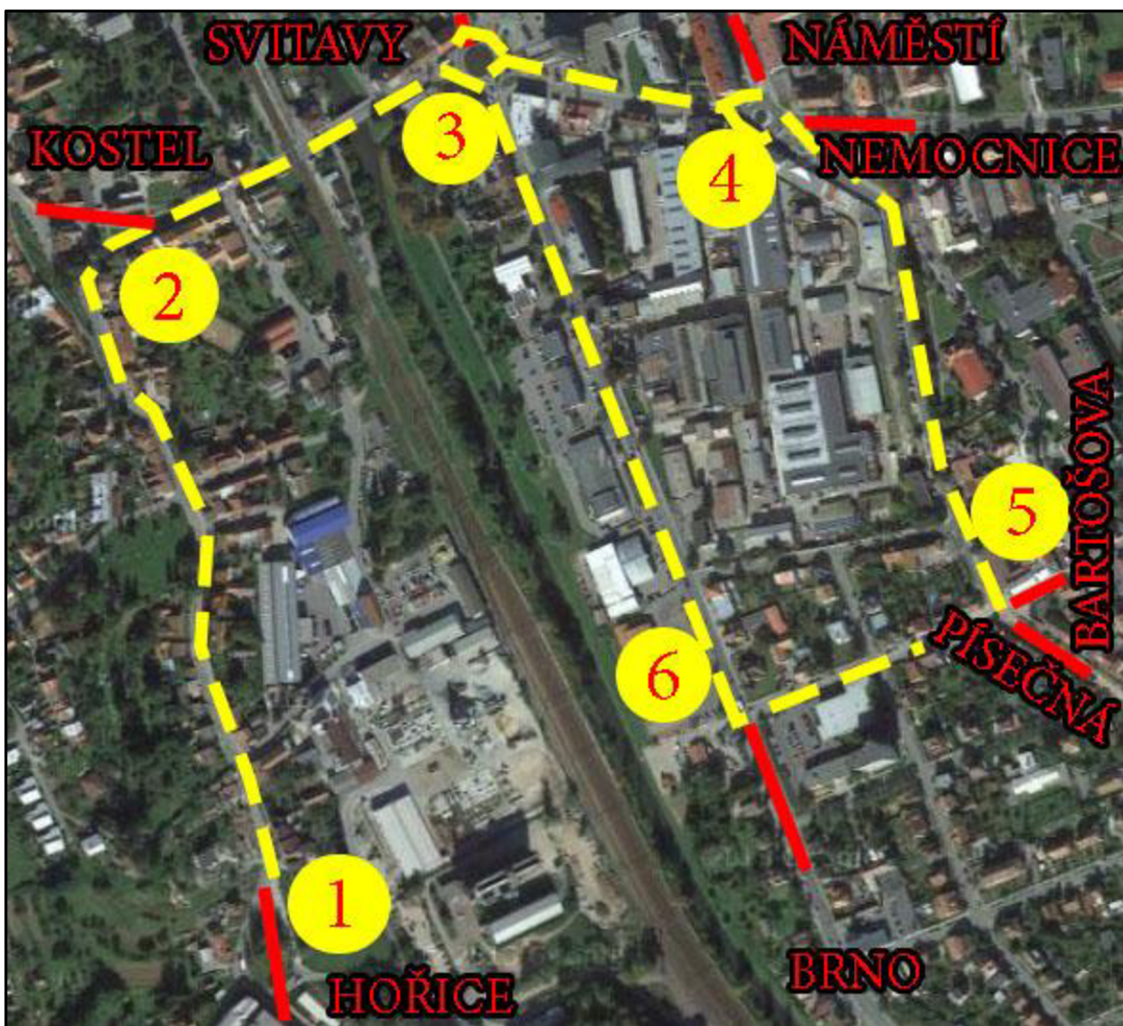
Data o dopravní poptávce jsem zaznamenal vlastním sčítáním dne 9. 12. 2015. Výše zmiňuji fakt o rekonstrukci průtahu, který probíhal od dubna do listopadu. Proto jsem měření neprovedl dle požadavku TP 189. *Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích* [9]. Měření byla zaznamenávána vždy v obou směrech a na každém paprsku křižovatky. Pro měření byla vybrána špičková odpolední hodina v rozmezí 15:30 – 16:30 na základě měření při mé bakalářské práci dne 3. 3. 2014.

ŠPIČKOVÁ HODINA	
15:00-16:00	1597
15:15-16:15	1745
15:30-16:30	1767
15:45-16:45	1694
16:00-17:00	1597

Tabulka 3 - Určení špičkové hodiny (převzato z [7])

Stanoviště jsou popsána na následujícím obrázku. Na prvních dvou stanovištích nebylo třeba použití videozáznamu vzhledem k nižší očekávané intenzitě dopravy. Na stanovišti 1 mi se sčítáním pomohl kolega Pavel Štadání. Na stanovišti 2 jsem záznam prováděl já. Na dalších stanovištích jsem zvolil metodu sčítání z video záznamu, hlavně u okružních křižovatek bylo třeba této metody vzhledem k náročnosti zaznamenání všech křižovatkových pohybů jednotlivých vozidel v jednom čase. K video záznamu bylo použito jedné kamery Contour (stanoviště 3) a tří kamer GoPro Hero 3 (stanoviště 4, 5 a 6).

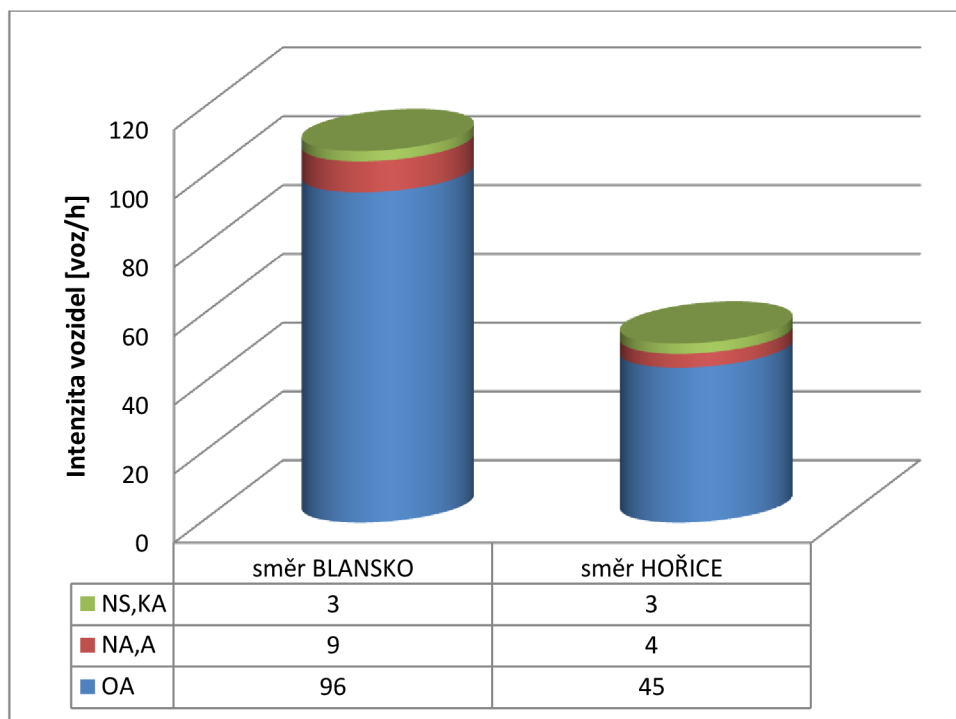
Číslicemi jsou označená jednotlivá stanoviště, červené linie s textem značí vstupní / výstupní směr do/z oblasti modelu ve stávajícím stavu bez mostu (dále SS_BM). Dané schéma je důležité pro porozumění dalších kapitol s představenými výsledky měření.



Obrázek 10 – Schéma měřících stanovišť – Čísla označují měřící stanoviště. Žluta čárkovaná označuje zájmové komunikace. Červené linie zastupují vstupy a výstupy do modelu. (autor, převzato z [7])

2.3.1 STANOVIŠTĚ 1

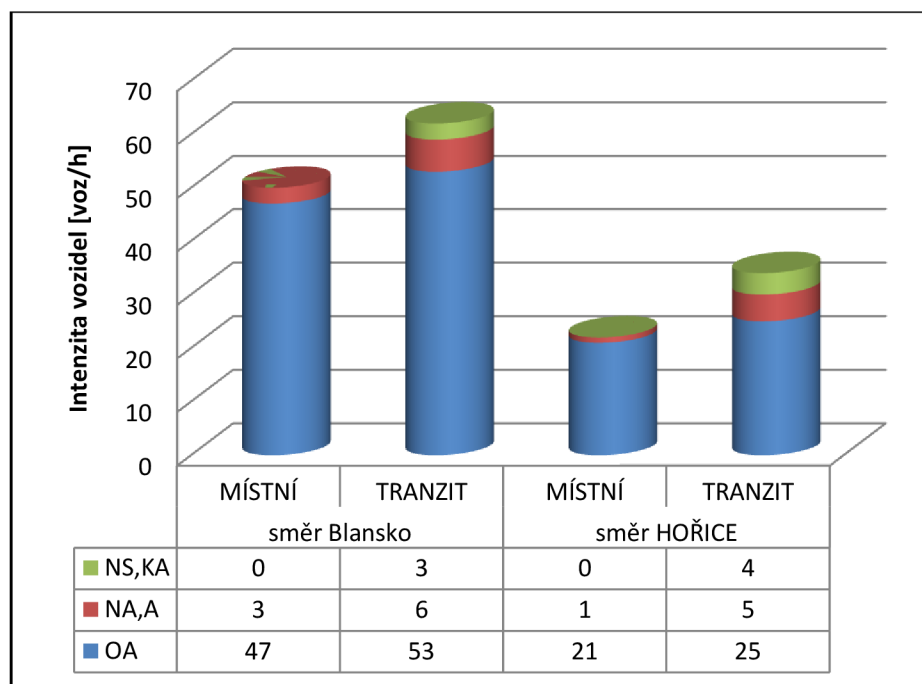
Měření probíhalo 9. 12. 2015 v časovém rozmezí 15:30 – 16:30. Stanoviště se nachází na vjezdu do sítě ve směru z Hořic. Z grafů je patrné, že větších intenzit je dosahováno ve směru do Blanska. Tato komunikace vede v opačném směru přes obec Olešná (zde se nachází odbočka k obci Hořice) a za Blanskem se napojuje na komunikaci II/379.



Graf 3 - Stanoviště 1 – Intenzity dopravy (autor)

2.3.2 STANOVIŠTĚ 2

Měření probíhalo 9. 12. 2015 v časovém rozmezí 15:30 – 16:30. Zde byl veden záznam měření intenzit na stykové křižovatce komunikace III/37937 a obslužné komunikace. U této křižovatky se také nachází blanenský kostel – označení stanoviště. Data jsou však důležitá z hlediska rozdělení dopravy na „MÍSTNÍ“ – vozidla odbočující ke kostelu a „TRANZIT“ – vozidla jedoucí po ose Blansko / Hořice. Data jednoduše vypovídají o tom, kolik procent vozidel jede z/do Hořic do Blanska a kolik vozidel končí nebo začíná svoji cestu na Starém Blansku. Při měření bylo dosaženo výsledků rozdělení dopravy přibližně na poloviny. Tedy polovina vozidel jedoucích přes železniční přejezd směrem na Hořice končí svoji cestu na Starém Blansku. Ve směru z Hořic stejně tak přibližně polovina vozidel odbočuje ke kostelu a zbytek jede do centra města.

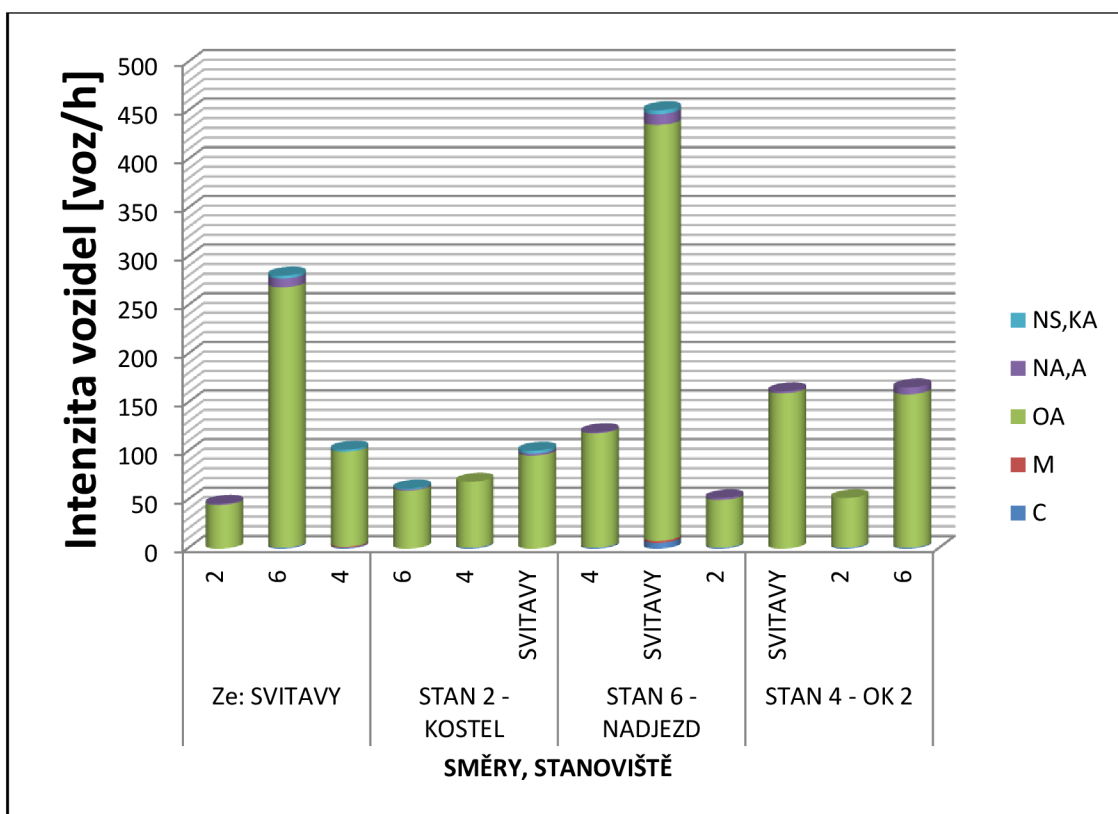


Graf 4 - Stanoviště 2 – Intenzity dopravy (autor)

2.3.3 STANOVIŠTĚ 3

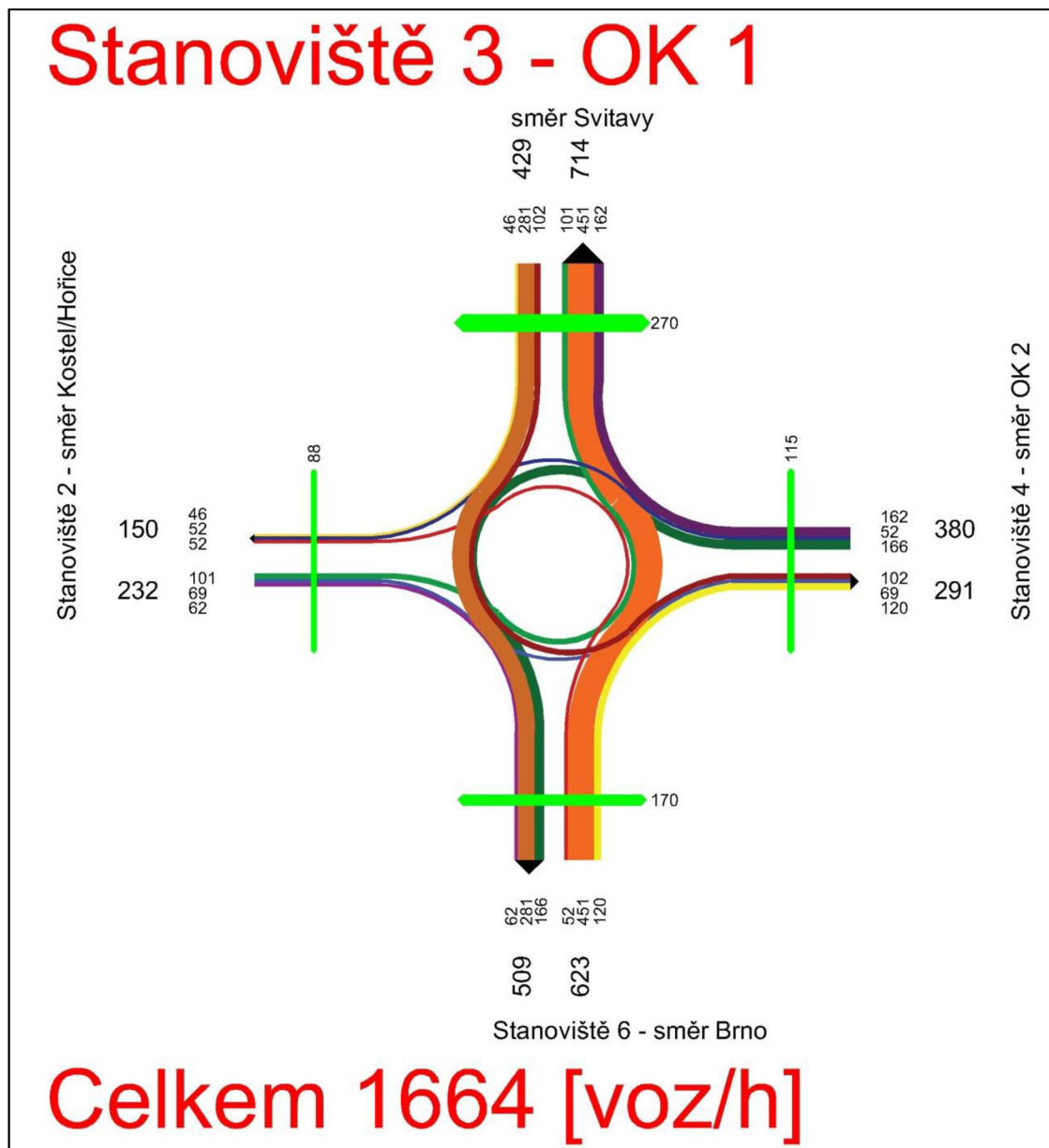
Měření probíhalo také 9. 12. 2015 ve stejném časovém období 15:30 – 16:30. Toto stanoviště bylo u okružní křižovatky na průtahu II/374. Na tomto stanovišti byly kromě intenzit zaznamenány také délky front tvořících se ve směru Svitavy a ve směru na stanoviště 6 (Brno). Tyto délky front slouží k ladění modelu jako jeden z parametrů. Z video záznamu je také patrné, že zavedení druhého čekacího pruhu u železničního přejezdu prospívá, protože fronta vozidel ani jednou za dobu měření nezasáhla až do pásu okružní křižovatky, tak jak se to stávalo v dobách minulých.

Z následujícího grafu je patrné, že největších dopravních intenzit dosahuje hlavně průtah II/374. V odpolední špičce bylo naměřeno vyšších hodnot ve směru na Svitavy, kdy se pravděpodobně lidé vracejí z práce (z Brna). Celkový počet vozidel jedoucích z centra města, tedy ze stanoviště 4 je rozdělen následovně: cca 3/7 jedou směrem na Svitavy, stejný podíl směrem na Svitavy a pouhá 1/7 jede rovně a míří na Staré Blansko. Z grafu se dá odvodit fakt, že výjezd ve směru na Svitavy je nejvytíženější s intenzitou 714 voz/h.



Graf 5 - Stanoviště 3 - Intenzity dopravy (autor)

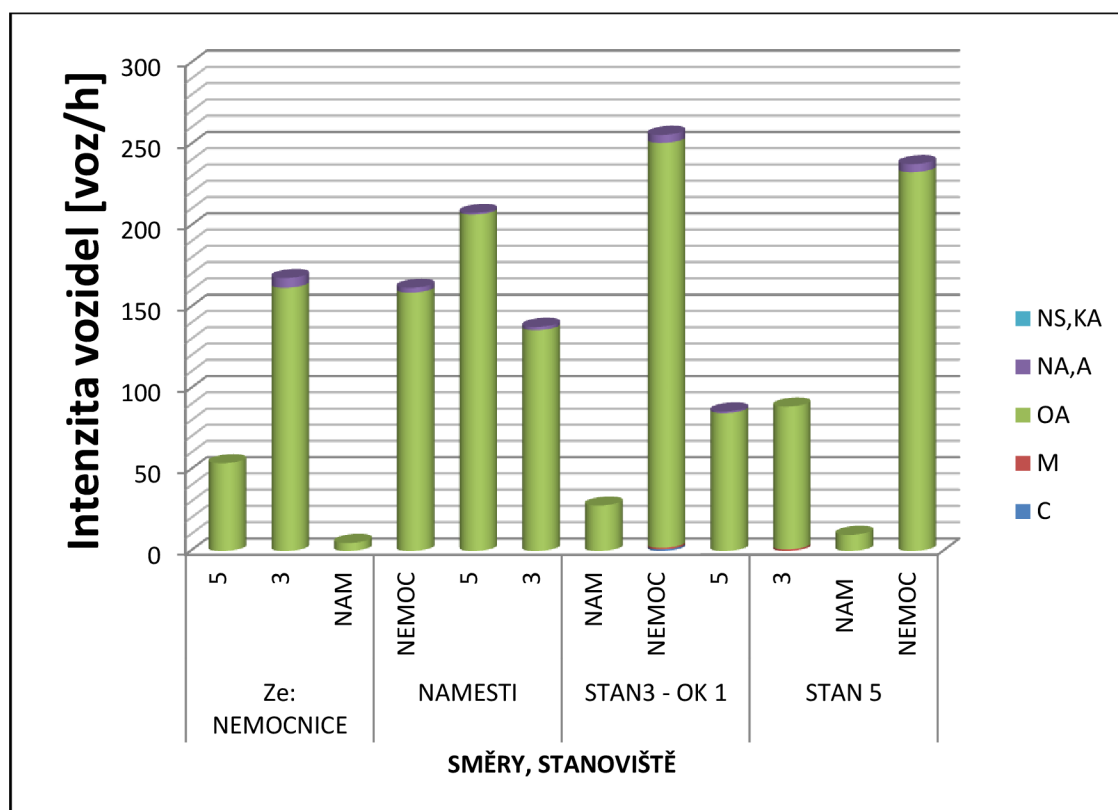
Jak je možné vidět na pentlogramu, na každém paprsku křižovatky se nachází přechod pro chodce. Nejvíce lidí využívá přechod na ramenu ve směru Svitavy (270 chodců/h). Přechod bývá zatížen rázově z důvodu výskytu chodců po větších skupinách v dobách příjezdů osobních vlaků. Tato skutečnost vede k problémům na okružní křižovatce, zejména k nepravidelnému zatížení uvedeného přechodu a tím spojené tvoření kongescí na výjezdu z okružní křižovatky.



Obrázek 11 - Pentlogram - Stanoviště 3 (autor)

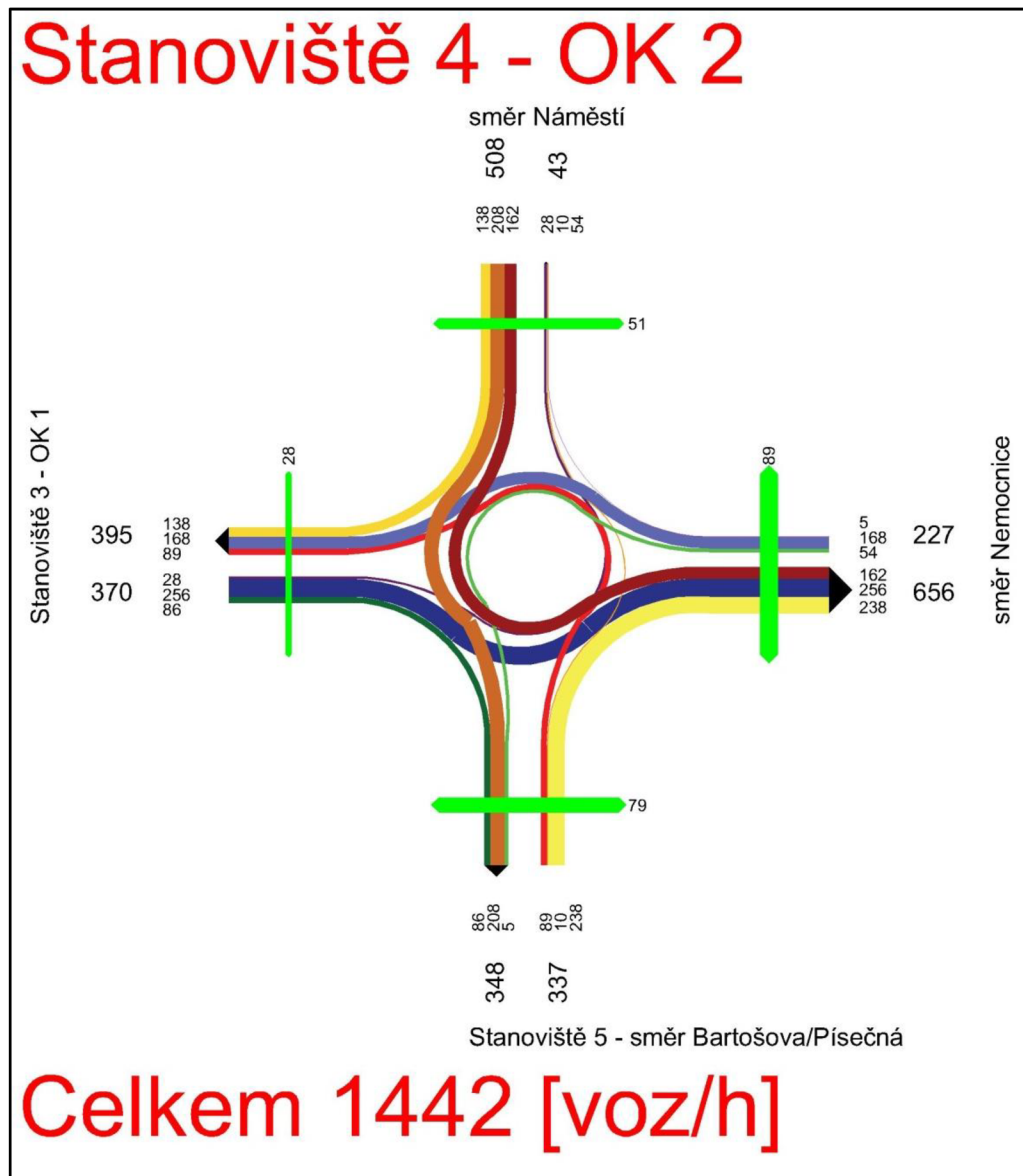
2.3.4 STANOVIŠTĚ 4

Záznam proběhl na sousední okružní křižovatce, která kříží ulice Smetanova x Náměstí Republiky x Sadová x Masarykova. Na tomto stanovišti probíhalo měření také 9. 12. 2015 v časovém rozmezí 15:30 – 16:30. Důležité je zmínit fakt, že ulice ve směru Náměstí je slepá. Tím pádem sem lidé jezdí svá vozidla jen odstavit na parkoviště pro osobní účely. S tím se pojí druhý fakt, který je patrný z grafu a to vysoká intenzita vozidel ve směru Nemocnice. Přibližně rovnoměrné jsou zatížení ramena křižovatky ve směrech stanoviště 3 a stanoviště 5.



Graf 6 - Stanoviště 4 - Intenzity dopravy (autor)

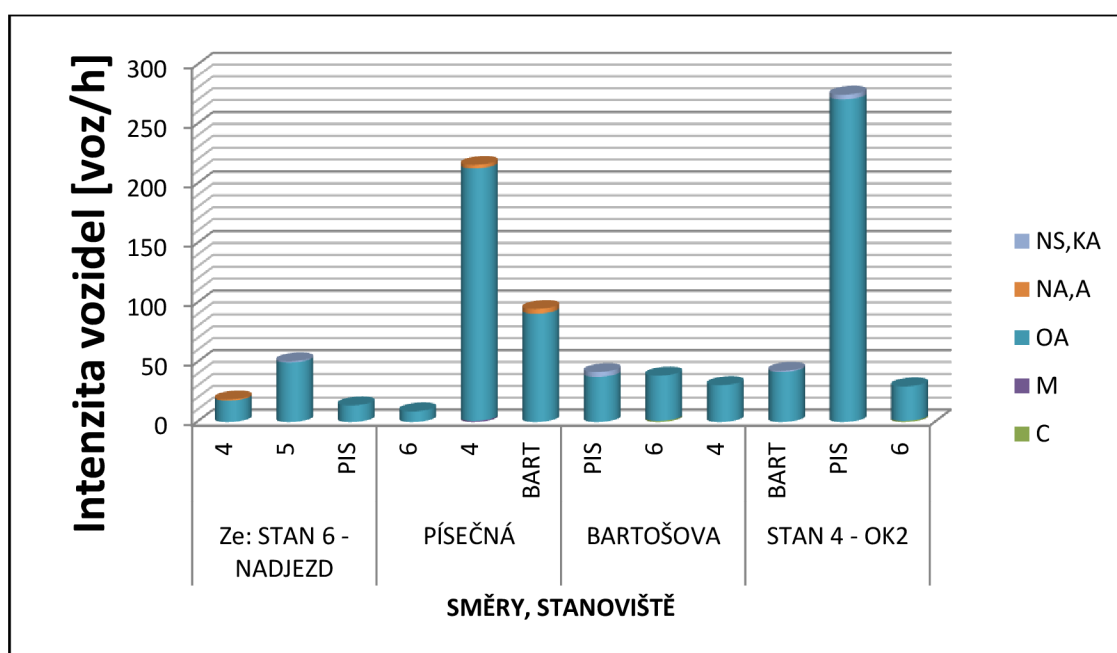
Intenzity chodců jsou zde na nízkých hodnotách, jak je patrné z pentlogramu. Z videozáznamu není vidět, že by se křižovatka potýkala s nějakými problémy.



Obrázek 12 – Pentlogram - Stanoviště 4 (autor)

2.3.5 STANOVIŠTĚ 5

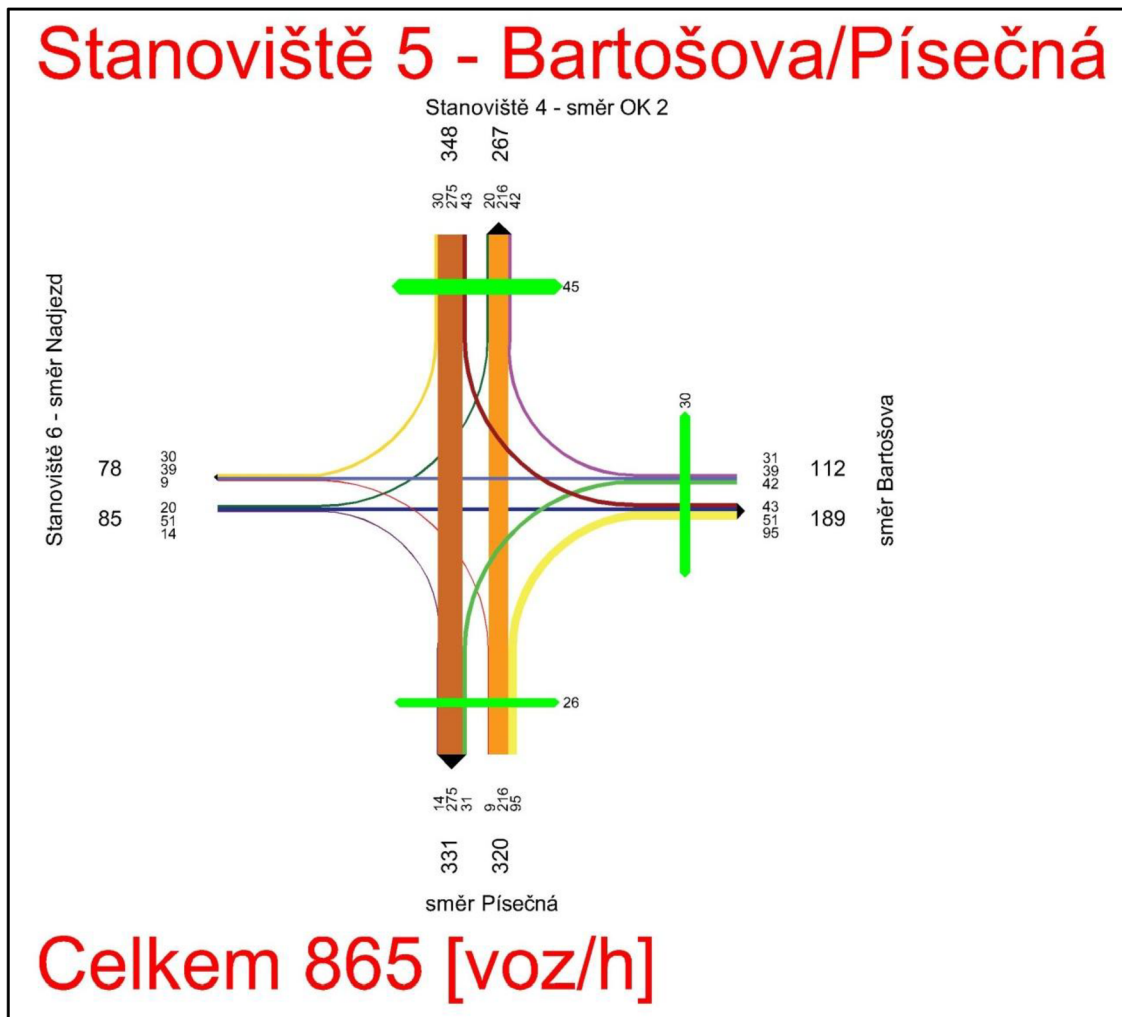
Záznam z tohoto stanoviště byl proveden 9. 12. 2015 v časovém rozmezí 15:30 – 16:30 a to na místě kde se kříží ulice Fügnerova x Masarykova (spojuje stanoviště 4 a sídliště Písečná) x Bartošova. Z grafů je patrné, že nejvyšších intenzit v místě této průsečné křižovatky je dosahováno v přímých směrech. Ulice Masarykova, která vede ze směru Písečná a končí na stanovišti 4, tedy na okružní křižovatce č. 2, je oproti křížené ulici asi 2 krát více vytižena. K tomuto jevu vede nejspíš skutečnost, že výše zmíněná ulice Masarykova se dá považovat za paralelní komunikaci k průtahu II/374 a určitá část řidičů tedy volí tuto variantu, zejména ti, kteří pouze neprojíždějí městem.



Graf 7 - Stanoviště 5 - Intenzity dopravy (autor)

Nízké intenzity pěších zde nehrají velkou roli a chodci nenarušují plynulost dopravy.

Zajímavé bude sledovat, co se bude odehrávat na křižovatce v případě zprovoznění plánovaného přemostění. Dá se uvažovat nad tím, jaká část řidičů bude volit ulici Fügnerovu jako dopravní spojení s nadjezdem a zda tedy nebude tato ulice sloužit pouze jako přístupová cesta k obchodním střediskům.

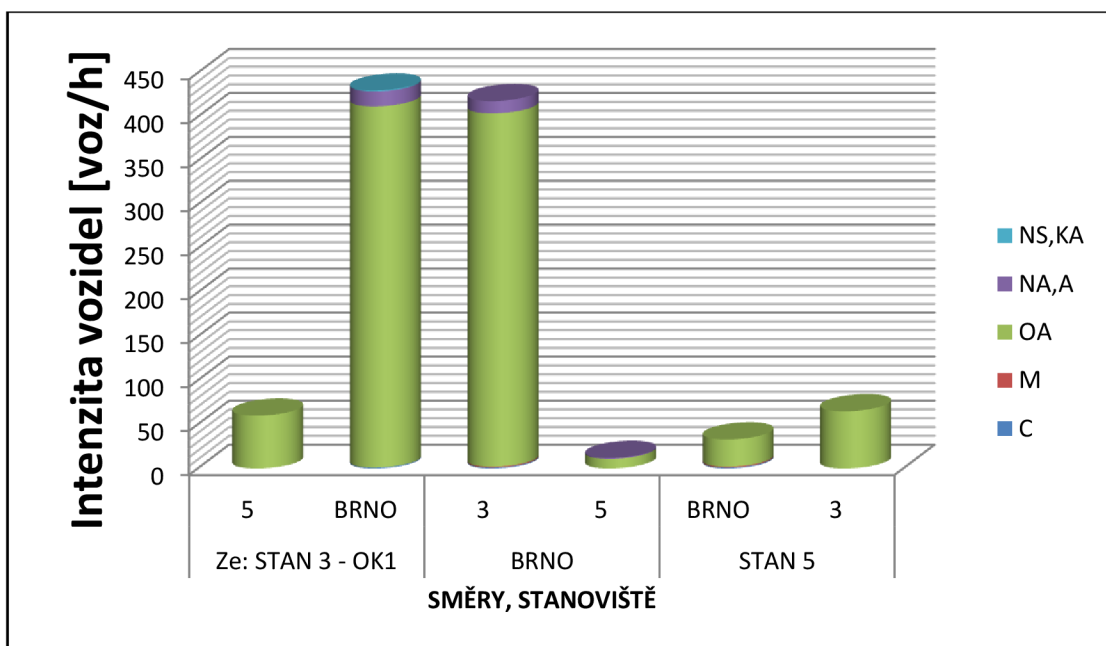


Obrázek 13 - Pentlogram - Stanoviště 5 (autor)

2.3.6 STANOVIŠTĚ 6

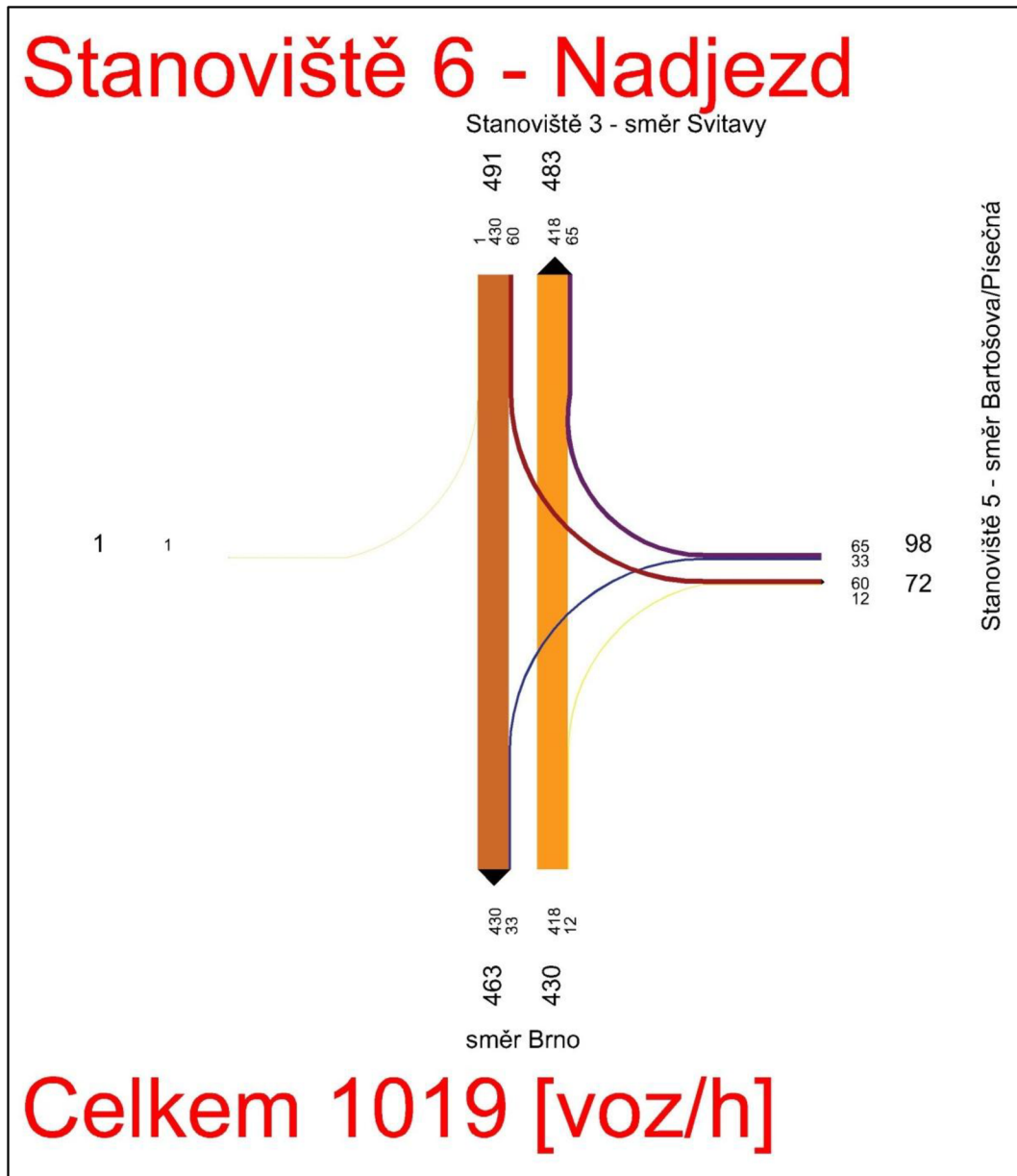
Na posledním stanovišti z výše zmíněných proběhlo měření také 9. 12. 2015 v čase 15:30 – 16:30. Na tomto stanovišti se jedná o křižovatku průsečnou, kde se kříží ulice Svitavská x Fügnerova. Vzhledem k faktu, že do autoservisu za dobu měření (slepé rameno této křižovatky) odbočilo pouze jedno vozidlo, toto rameno neuvažují v následujícím grafu. V technické studii přemostění je toto rameno nahrazeno větví, která se skládá ze 2 pruhů pro vjezd a 1pruhu pro výjezd z této křižovatky.

Z grafu je patrné, že hlavní zatížení této křižovatky plyne z intenzit dopravy ve směrech BRNO/SVITAVY. Přechody pro chodce se u této křižovatky nenachází (nejbližší cca 30 metrů severně od křižovatky na ulici Svitavská), ale z pozorování jsem zjistil, že na ulici Fügnerova si lidé udělali vlastní místo pro přecházení.



Graf 8 - Stanoviště 6 - Intenzity dopravy (autor)

V případě zprovoznění plánovaného přemostění a tedy vzniku nové průsečné křižovatky bude zajímavé sledovat úroveň kvality dopravy vzhledem k minimálním návrhovým parametrům u návrhu této křižovatky kvůli záboru pozemků.



Obrázek 14 - Pentlogram - Stanoviště 6 (autor)

2.4 KALIBRAČNÍ DATA

Při záznamu intenzit dopravy jsem také zaznamenal data nutná ke kalibraci mikro modelu. Prvním a to nutným bodem ve všech případech je inspekce simulovaného místa. Vzhledem k tomu, že měření probíhalo ve špičkovou hodinu a byl také proveden video záznam, byl tento bod splněn. Dále právě díky videozáznamům jsem byl schopen si vytvořit graf délky kolon. Délka kolony závisí na určení okamžiků, kdy se vozidlo stává součástí kolony a kdy jí být přestává. Zvolil jsem ten nejjednodušší přístup a to sečtení stojících vozidel. Grafy délky kolon budou prezentovány v kapitole o tvorbě modelu.

2.5 BUDOUCÍ DOPRAVNÍ POPTÁVKA

Dopravní prognózu pro výhledové období lze získat více způsoby. Jedním z nich je metoda z makro/mezoskopického dopravního modelu, který já však k dispozici nemám. Tzv. nemodelová prognóza se vytvoří využitím růstových koeficientů (dle TP 225 – 2. vydání) a lze využít v případě jednoduchých projektů, což je můj případ. Vzhledem k tomu, že moje simulace vychází pouze z projekce výsledků série dopravních sčítání, jsou tato data, podobně jako v případě dopravních dat o současném stavu, transformována do matice přepravních vztahů, která vypovídá o objemu dopravy mezi jednotlivými dopravními zónami. Stejně jako matice přepravních vztahů současného stavu jsou i matice stavu budoucího uvedeny v příloze.

Dopravní prognóza byla vytvořena pro dvě výhledová období:

1. Období 3 let, kdy uvažuji uvedení stavby přemostění do provozu
2. Období 23 let, tedy 20 let fungování plánovaného přemostění

Důležitý je výstup tohoto měření. Intenzita na vjezdech do okružní křižovatky na komunikaci II/374 vzroste ze současné hodnoty 1664 voz/ h na nevyhovující hodnotu 2462 voz/h. Tato hodnota je dle TP 234 *Posuzování kapacity okružních křižovatek* je blízko hodnotě hraniční, která je 2500-2700 voz/h. Jaké následky tyto hodnoty mohou mít, bude představeno v závěru práce.

3 TVORBA MODELU

3.1 POUŽITÝ SOFTWARE

Během studia na vysoké škole jsem se seznámil s řadou softwarů sloužících k tvorbě dopravních modelů. Bakalářská práce spolužačky, v které využívala podobného programu, mě zaujala. Ve chvíli, kdy mi vedoucí práce nabídl možnost pracovat v této problematice, měl jsem jasno. Navíc je to obor, který má podle mě velký potenciál a je čím dál více přístupnější širší odborné veřejnosti. Jedním z programů používaných v tomto oboru je program AIMSUN od španělské firmy TSS. Při tvorbě samotného modelu jsem hodně čerpal z *Příručky pro tvorbu mikroskopických simulací [11]*.

Program je pro uživatele přívětivý a během jedné hodiny pod odborným dohledem je člověk schopný namodelovat jednoduchou křižovatku se základním dopravním zatížením. Samozřejmostí jsou také podrobná nastavení, která však vyžadují detailní prostudování manuálů. A tak jediným negativem programu pro mě zatím zůstává nulová podpora českého jazyka. Proto bylo časově náročnější seznámení se s jednotlivými funkcemi programu vzhledem k nutnosti hledat některé překlady anglických výrazů. Základní verze umožňuje modelování poměrně rozsáhlých dopravních sítí, které by analyticky řešit bylo naprosto nemožné. Tyto vlastnosti dávají dopravním inženýrům do ruky nástroj, který jim poskytuje možnost modelovat v čím dál kratším čase i složité dopravní sítě, experimentovat s možnými řešeními a ihned porovnávat výsledky. Hlavním impulsem vedoucím ke zpracování diplomové práce v programu AIMSUN, byly ony výše zmiňované důvody.

Účelem této kapitoly je popsat postup od zpracování dat, přes ověřování a ladění modelu na stávajícím stavu, až po ono srovnání stavů a v následujících kapitolách se pokusím přiblížit jednotlivé fáze modelování.

3.2 EDITACE MODELU

3.2.1 GRAFICKÝ PODKLAD A GEOMETRIE

Program umožňuje editaci nad dvěma základními typy podkladů. Prvním a určitě nejpřesnějším způsobem je editace nad výkresem ve formátu dwg. Tuto možnost jsem však nevyužil, protože se mi nepodařilo získat výkresy stávajícího stavu. Nejednalo se však o žádný problém, jelikož je zde možnost druhá, a to editace nad obrázkem. Jednalo se o základní mapu (poskytl mi ji kolega M. Kotačka z bývalé práce – převzato z [1]), složenou v grafickém editoru z jednotlivých výřezů detailních snímků zájmové oblasti. Při tomto způsobu se nevyhneme menším nepřesnostem, které jsou však pro funkci modelu zcela zanedbatelné. Nutno podotknout, že jednoduché situace není problémem modelovat „od ruky“, pokud máme k dispozici základní rozměry.

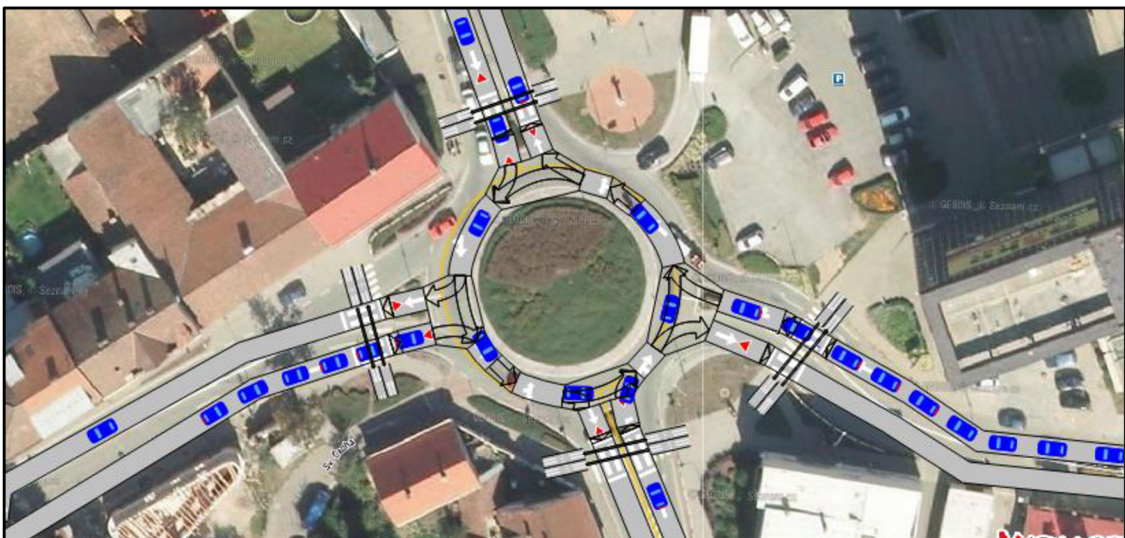
Podkladovou mapu jsem do softwaru vkládal tak, že jsem si zjistil, kolik pixelů odpovídá jednomu metru na obrázku a zadanou hodnotu jsem vložil do Aimsunu. Po této práci jsem měl tedy nachystaný grafický podklad a mohl jsem se pustit do samotného modelování sítě. Dále v této kapitole budou vidět jednotlivé uzly vytvořené v softwaru podložené výřezy z ortofoto map převzatých z [1]. Ortofoto mapy volím k pochopení a seznámení se s oblastmi v okolí křižovatek.

3.2.2 DEFINICE ATRIBUTŮ UZLŮ A SEKČÍ

Tvořený model sestává z různých částí, která sám uživatel musí během tvorby editovat. Patří sem spojnice uzlů, tzv. Sekce (ang. Sections) a mezi jednotlivými sekcemi se tvoří křížení či křižovatky, které jsou v programu pod názvem Uzly (ang. Nodes). Vzhledem k mnou zvolenému způsobu zadání dopravní poptávky bylo třeba také vytvořit také zdroje / cíle dopravních cest (ang. Centroids). Vytvořil jsem 29 sekcí, 8 uzlů a 8 centroidů. Dále bylo nutné definovat také další dopravní cesty mezi jednotlivými centroidy – tedy složkami modelu zdroj / cíl (ang. O/D Routes). Protože při defaultním nastavení zadá Aimsun vozidlům vždy trasu dle nejmenší vzdálenosti, bylo

nutné vytvořit 1 až 2 další možné cesty. V případě modelu bez přemostění bylo vytvořeno 14 cest, tedy 7 při uvažování obousměrného provozu. U modelu s přemostěním vzniká další spojnice mezi dvěma uzly a tvoří tak ještě složitější síť. Zde je kromě původních nejkratších cest vytvořeno dalších 30 dopravních cest. Dále bude vysvětleno na základě čeho se model rozhoduje při vybírání cest jednotlivým vozidlům.

S těmito třemi základními prvky je možno vytvořit i složité dopravní sítě a navíc program umožňuje vkládání celé řady dalších prvků např. plných čar, přechodů, zastávek a podobně, které pro zachování přehlednosti neuvádím. V rámci křižovatek je pak možno editovat jednotlivé trasy vozidel, rychlost na těchto trasách a také přednosti a případné stop čáry. Díky těmto podrobným nastavením můžeme dosáhnout velice reálných pohybů vozidel v křižovatce, jak je vidět na následujícím obrázku. Dovolím si ještě upozornit na směrové šipky, které program sám doplňuje podle tvaru křižovatky. Značku „Dej přednost v jízdě.“ a značku „Stůj, dej přednost v jízdě.“ je možné a nutné editovat.



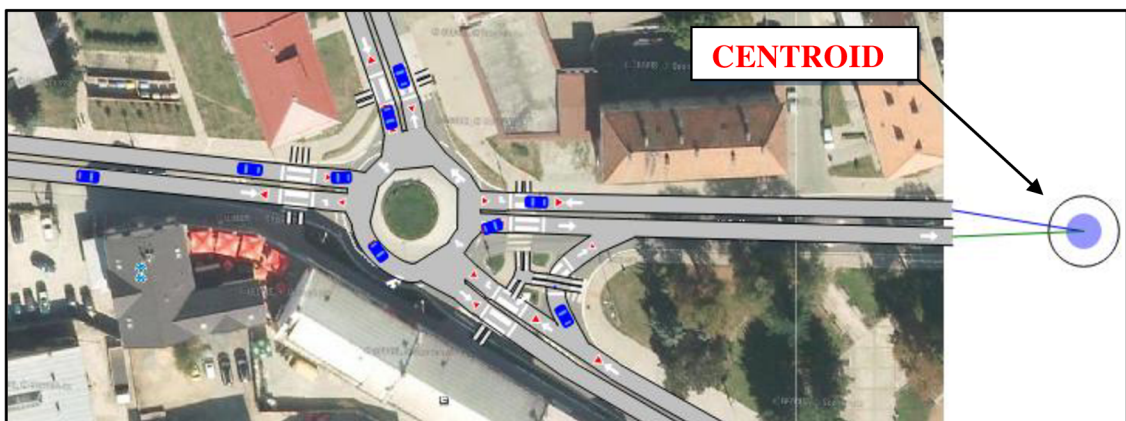
Obrázek 15 - Model okružní křižovatky na komunikaci II/374, stanoviště 3 (autor, převzato z [1])

Obrázky ostatních stanovišť jsou k nahlédnutí v příloze 2.

Editace okružních křižovatek nebyla tak jednoduchá. Při prvním pokusu jsem vytvořil přechody přímo na vjezdech / výjezdech křižovatky. Zde je však z fotky patrné, že vozidlo přijede k přechodu, kde dá přednost a následně se posune k okružnímu pásu, kde hledá mezeru pro zařazení se do dopravního proudu. Tento problém byl však

vyřešen jednoduchým posunem přechodů. Co bohužel v softwaru editovat nešlo je částečně pojížděný dlážděný prstenec. Nejčastěji bývá pojížděn v případě, že u některého výjezdu z okružní křižovatky dává přednost vozidlo chodci. Následující vozidlo, které jede do jiného výjezdu, ho tedy může zleva objet. Autoři pravděpodobně nepředpokládali možnost modelování malých okružních křižovatek (2 zbývající), nebo je na to potřeba zvláštního postupu, který jsem neodhalil. Proto mají křižovatky poněkud odlišný geometrický tvar než v reálu. Opět by se ale z hlediska modelování nemělo jednat o problém, který by podstatně ovlivnil chování modelu.

V této fázi tvorby modelu nejsou implementovány matice přepravních vztahů a ostatní dopravní charakteristiky. Abych docílil lepší názornosti, kterou zajistí přítomnost vozidel na geometrických prvcích, získal jsem obrázky v této kapitole z fázi pozdějších.



Obrázek 16 - Model okružní křižovatky na ulici Smetanova x Náměstí Republiky x Sadová x Masarykova, stanoviště 4 (autor, převzato z [1])

Nyní mám vytvořenou kostru modelu, kdy vlastnosti komunikací a vozidel jsou nastaveny ve výchozí podobě. V další kapitole se budu více zabývat patřičnými nastaveními. Při tomto postupu se budu snažit model ladit tak, aby co nejvíce odpovídal realitě, tedy skutečnému stavu. K tomu potřebujeme provést závěrečnou fázi, což znamená naplnit námi vymodelované silnice dopravním provozem, tedy zadat matice přepravních stavů.

3.2.3 VOLBA OBDOBÍ SIMULACE

O tom jak byla data získána, pojednává předchozí kapitola, ve které jsou i rozebrána, a kde jsem se pokusil postihnout to hlavní, co nám vypovídají o stávajícím stavu. Nyní se na data pokusím představit z pohledu, z jakého jsou zajímavé z hlediska modelování. Z důvodu přehlednosti zde již nebudu vkládat jednotlivé grafy.

V mém případě, jak již bylo zmíněno, bylo provedeno měření v časovém rozmezí od 15:30 do 16:30 ve všední den. Během těchto 60 minut dosahuje doprava nejvyšších intenzit, a proto se tak jedná o intenzity dopravy ve špičkové hodině. Aby simulovaná síť ve chvíli spuštění obsahovala nějaká vozidla, zvolil jsem metodu, kdy software 15 minut zatíží model zadanými dopravními intenzitami. Tedy simulace ve výsledku poběží o 15 minut déle, než je mnou zvolený interval. Když jsem byl rozhodnut, v jakém časovém období budu modelovat, mohl jsem překročit k tvorbě matic přepravních vztahů.

3.2.4 DEFINICE DOPRAVNÍ POPTÁVKY

V programu Aimsun lze intenzity dopravy zadávat dvěma způsoby. První způsob, který mi byl známý z dřívějších, spočívá v tom, že uživatel definuje zvolené zdrojové / cílové zóny či uzly a trasy a následně zadá podíly v odbočovacích vztazích, to znamená, že rozdělí dopravu na vjezd do křižovatky na jednotlivé možné směry jízdy. Druhým způsobem, který je mnohem vhodnější pokud uživatel modeluje síť, která obsahuje i okružní křižovatky, je způsob vyplnění dopravních matic zdroj / cíl (anglicky O/D matrice), kdy je dopravní poptávka vyjádřena objemy dopravy mezi jednotlivými dopravními zónami/uzly bez přiřazení explicitních tras. Vzhledem k tomu, že mnou zvolená síť je tvořena 8 uzly, je implementace dopravní poptávky mnohem snazší pomocí druhého způsobu. Je třeba také zmínit fakt, že hodnoty vložené do programu Aimsun nejsou shodné s hodnotami naměřenými. Příčinou je to, že mezi jednotlivými uzly sítě jsou další vjezdy a výjezdy a proto tedy i na pentlogramech nekorespondují sousední vjezdy / výjezdy z křižovatek. Určitý podíl vozidel se tedy

mezi sousedními uzly „ztrácí“ – auta buď odjedou ze sítě výjezdem mezi uzly, nebo se mezi uzly otočí a vracejí se ke stejnému uzlu, nebo do sítě vnikají vjezdem mezi uzly. Zaznamenání dalších vjezdů či výjezdů uvnitř sítě nebylo z kapacitních důvodů provedeno a matice přepravních vztahů byly zprůměrovány dle vlastních požadavků.

Následující obrázek ukazuje matice přepravních vztahů pro výhledový stav a současný stav v nejkritičtější 15 minutový interval. Každá matice byla vytvořena pro 15 minutový interval a zvlášť také pro lehká vozidla (C, M a OA) a těžká vozidla (NA, A, NS, KA). Matice byly vytvořeny pro současný stav, pro výhledové období 3 let a pro výhledové období 23 let. Zvlášť byla vytvořena matice pro pěší. Bylo tedy vytvořeno $2 \times 4 \times 3 = 24$ matic přepravních vztahů. Zbytek matic je jednou z příloh (Příloha 3).

O/D Matrix: 1986, Name: 15LV

	1556: svitavy	1560: horice/brno	1563: nadrazi	1566: pisecna	1569: bartosova	1572: nemocnice	1575: namesti	1884: kostel	Total
1556: svitavy	74,06	8,89	87,39	22,22	13,33	41,47		8,89	256,24
1560: horice/brno	26,66		5,92	2,96	1,48	8,89			45,92
1563: nadrazi	118,49				2,96	35,55	2,96		159,96
1566: pisecna	26,66	2,96			35,55	71,09	2,96	2,96	142,19
1569: bartosova	22,22	1,48	4,44	11,85			1,48	1,48	42,95
1572: nemocnice	48,88	2,96	20,74	17,77			1,48	2,96	94,79
1575: namesti	22,22	2,96	35,55	57,76	10,37	57,76		5,92	192,55
1884: kostel	22,22	1,48	5,92	5,92		11,85	2,96		50,36
Total	361,40	20,74	159,96	118,49	63,69	226,61	11,85	22,22	984,95

Obrázek 17 - Matice přepravních vztahů pro lehká vozidla, časové rozmezí 16:00 – 16:15, výhledový stav – rok 2038 (autor)

O/D Matrix: 1986, Name: 15LV

	1556: svitavy	1560: horice/brno	1563: nadrazi	1566: pisecna	1569: bartosova	1572: nemocnice	1575: namesti	1884: kostel	Total
1556: svitavy	50	6	59	15	9	28		6	173
1560: horice/brno	18		4	2	1	6			31
1563: nadrazi	80				2	24	2		108
1566: pisecna	18	2			24	48	2	2	96
1569: bartosova	15	1	3	8			1	1	29
1572: nemocnice	33	2	14	12			1	2	64
1575: namesti	15	2	24	39	7	39		4	130
1884: kostel	15	1	4	4		8	2		34
Total	244	14	108	80	43	153	8	15	665

Obrázek 16 - Matice přepravních vztahů pro lehká vozidla, časové rozmezí 16:00 – 16:15, současný stav – rok 2015 (autor)

3.2.5 SIMULACE PĚŠÍCH

Programu Aimsun nabízí 2 přístupy k simulaci dopravního proudu pěších. Prvním způsob spočívá v definici ploch pro pohyb pěších. V těchto plochách dochází k vzájemné interakci chodců. Tento jev blíže popisuje např. Helbingův model sociálních sil. Díky funkční interakci mezi chodci lze sledovat pohyb davu, vliv překážek, vzájemné křižování či evakuační procesy apod. Tento přístup nebyl však pro mé účely potřeba a zvolil jsem tedy přístup tzv. liniového vedení chodců, kdy nedochází k vzájemné interakci chodec – chodec, ale po zadání zůstává funkční interakce vozidlo – chodec. Tento přístup je pro můj model vhodný, vzhledem k tomu, vzhledem k tomu že interakce mezi chodci je podružná. Bohužel se mi nepodařilo vymodelovat nárazové dávkování chodců, které se rozhodně projevu v realitě na přechodech u vlakové zastávky. Časové rozdělení vstupu chodců do modelu tak řídí algoritmus implementovaný v softwaru.

3.2.6 SPUŠTĚNÍ PRVNÍ SIMULACE

Abych mohl tyto matice integrovat do modelu, bylo potřeba na námi vytvořenou kostru napojit zdroje a cíle dopravy, takzvané centroidy. Z těchto bodů jsou vozidla vysílána na model dvěma způsoby. První se využívá pro složitější dopravní simulace (ang. Dynamic user equilibrium). Jedná se o mód, kdy je každému řidiči umožněno vybrat si cestu na základě několika parametrů a informací o dopravní síti. Toto je velmi silný nástroj a jedna z předností programu, bohužel v našem případě nevyužitelná. Tento způsob totiž vozidla do sítě posílá náhodně, ale mě šlo o to, aby vybraná komunikace byla zatížena naměřenou intenzitou dopravy. Musel jsem tedy zvolit možnost druhou, kdy je každá cesta z jednoho bodu do druhého pevně definována (ang. Stochastic route choice). Když jsem měl tyto cesty vytvořeny, mohl jsem přikročit k vlastnímu vložení matic přepravních vztahů do programu. Tím byla první fáze hrubé editace dokončena. Nyní jsem mohl model spustit a začít sledovat jak se model chová, nakolik se blíží reálnému stavu a případně měnit jednotlivé parametry.

3.3 LADĚNÍ MODELU A ODSTRANOVÁNÍ CHYB

3.3.1 POŽADAVKY NA MODEL

Před samotným zasahováním do modelu je nutné uvědomit si, jak chci, aby model vypadal. Tím je myšleno, že v případě tvorby kolon na ulici Svitavská a Vodní ve skutečnosti, je nutné, aby se tvořili i v modelu. V této fázi práce je tedy nutné model nastavit tak, aby skutečné kolony vznikaly. Důležitým prvkem jsou také intenzity dopravy, které mi také budou sloužit k nastavení modelu co nejblíže realitě. Je však nutné si uvědomit, že se jedná o více či méně přesné přiblížení skutečnosti, a zatím není možné docílit shodného chování modelovaného dopravního proudu s dopravním proudem reálným. Často se také docílení reálnějšího chování modelu v jedné oblasti, projeví vzdálením od reality v oblasti jiné. V tomto oboru však dochází k rychlému vývoji, a lze očekávat, že v blízké budoucnosti se dočkáme modelů, které budou od reality k nerozeznání.

3.3.2 OVĚŘENÍ

Před kalibrací modelu je dle příručky [11] potřebné provést sérii testů k ověření, že vstupní data byla implementována korektně a model je plně funkční.

Zprv bylo nutné ověřit síť, zda je konzistentní. Ověřeno bylo také propojení zdrojů a cílů a spojitost tras. Jako druhý byl kontrolován jev interakce. Sem patří pravidla v přednostech v jízdě. Byl sledován dopravní proud v křižovatkách a jeho funkčnost. Např. zda li vozidla zastavují na stopce, což bylo touto kontrolou odhaleno a napraveno. Poslední kontrola spočívala v ověření zadaných součtů na zadaných vjezdech a výjezdech.

3.3.3 NASTAVENÍ PARAMETRŮ KOMUNIKACÍ

Software nám dovoluje nastavit řadu parametrů, dle kterých se vozidla na komunikacích budou chovat. Rozdíly v chování dopravního proudu nejsou příliš zřejmé při spuštění simulace. S modelem jsem se seznamoval metodou pokus – omyl. Po každém proběhnutí simulace jsem si zkopíroval tabulkové hodnoty a srovnával je mezi sebou. Základním parametrem je maximální rychlost, kterou se vozidla mohou po komunikaci pohybovat. Tato rychlost je pevně dána bez odchylek. Upravuje ji však koeficient poslušnosti vůči omezené rychlosti.

Time Series	R30	R50	R70	Units
Delay Time - All	41,06	30,91	33,3	sec/km
Density - All	9,43	6,7	6,97	veh/km
Max Virtual Queue - All	4	3	9	veh
Number of Stops - All	3,93	3,5	3,39	#/veh/km
Speed - All	20,52	29,6	29,37	km/h
Stop Time - All	49,42	36,71	36,5	sec/km
Total Travel Time - All	82,64	58,36	61,21	h
Travel Time - All	295,42	257,73	259,01	sec/km

Tabulka 4 - Příkladné výsledné hodnoty celého modelu ve stávajícím stavu (autor)

Z tabulky 4 plyne jedna zajímavá věc. Pro názornost váhy změny rychlosti na komunikacích mezi uzly jsem vytvořil 3 varianty – 30 km/h, 50 km/h a 70 km/h. Vzhledem ke vzdálenosti sousedních uzlů jsou hodnoty variant R50 a R70 dost podobné. Příčinou je to, že vozidla nestihnou možné rychlosti 70 km/h dosáhnout na dané vzdálenosti.

Dalším parametrem je šířka pruhu, který má pouze estetický vliv. Další skupinou jsou parametry, které ovlivňují potřebu vozidla přeradit se do odbočovacího pruhu. Tyto parametry jsem neměnil vzhledem k tomu, že v modelu mám pouze 2 odbočovací pruhy krátkých délek. Dalším parametrem je délka dohledu, která je uplatňována právě při algoritmu hledání volné mezery pro zařazení a to i při křížovkových pohybech. Tento parametr jsem měnil na základě vlastní zkušenosti z řízení. Defaultní hodnoty byly nastaveny na vzdálenost 80 metrů, která mi přijde značně nevhodná v případě křížovatek, které se vyskytují v mém modelu. Tento parametr jsem tedy po uvážení

nastavil na hodnotu 25 metrů, která mi přijde vhodná. Poslední dva parametry, které jsem využil, slouží k modifikaci parametrů vozidel a uplatňují tak lokální odlišnosti některých míst na komunikaci. Jedná se o úpravu doby, po kterou je řidič ochoten dávat přednost v křižovatce a úpravu reakční doby. Reakční doba spolu s délkou rozhledu, se pro vyladění naší situace ukázaly jako klíčové. Příkladem je tabulka nastavení základních parametrů komunikací uvedená níže.

Road Type: 40, Name: Road			
Dynamic Models			
Microscopic Model			
Distance Zone 1:	400,00 m	Side Lane Cooperation Distance:	Whole Lane
Distance Zone 2:	70,00 m	Side Lane Merging Distance:	Default
Waiting Time Before Losing Turn:	0,00	<input checked="" type="checkbox"/> Side Lane Merge: First Vehicle On is First Vehicle Off	
Lane-Changing Cooperation:	80,00 %	Reaction Time Variation:	0
Imprudent Lane-Changing Factor:	1,00	Reaction Time At Stop Variation:	0,00 sec
Sensitivity to Imprudent Lane-Changing Factor:	1,00	Reaction Time At Traffic Light Variation:	0,00 sec
Acceleration Variation Factor:	1,00	Yellow Box Speed:	30,00 km/h
Deceleration Variation Factor:	1,00		
<input type="checkbox"/> Consider Two-Lane Car-Following Model			
Give Way Model			
Initial Safety Margin:	3,00 sec	Final Safety Margin:	1,00 sec
Initial Give Way Time Factor:	1,00	Final Give Way Time Factor:	2,00
Visibility to Give Way:	25,00 m	Visibility along Main Stream:	25,00 m

Obrázek 18 - Tabulka možných nastavení parametrů komunikací (autor)

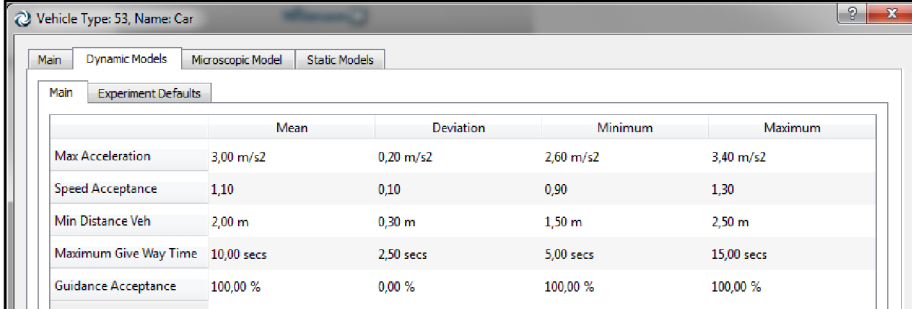
3.3.4 NASTAVENÍ PARAMETRŮ VOZIDEL

V softwaru je možné vybírat až z 7 kategorií vozidel. Pro moje účely stačilo použít jen automobily a nákladní vozidla. Do kategorie automobilů jsem zahrnul také cyklisty a jednostopá motorová vozidla. Do nákladních automobilů jsem zařadil autobusy, kloubové autobusy, nákladní vozidla i nákladní soupravy.

Níže zmíněné parametry jsou zadány formou střední hodnoty, maxima, minima a odchylky. Statisticky se jedná o normální rozdělení. Na základě těchto předpokladů jsou pro každé vozidlo před vpuštěním do modelu vygenerovány unikátní vlastnosti, podle kterých se řídí. Tato vlastnost softwaru zaručuje rozmanitost a nahodilost chování jednotlivých vozidel. Za zmínku jistě stojí fakt, že každé vozidlo má i svoji

simulovanou spotřebu paliva a vylučování zplodin, což naskýtá zajímavé možnosti a pohledy na řešení dopravních situací, především ve městech. Zde nám přibývá velice zajímavý parametr, který můžeme sledovat a na základě něho dosahovat zajímavých výsledků. Do budoucna je tohle určitě velice zajímavá stránka programu vzhledem k neustále se zpřísňujícím požadavkům k životnímu prostředí. Bohužel jsem neměl dostatek prostoru k prozkoumání této problematiky.

Hlavními parametry, které je možné nastavovat je šířka a délka vozidla, jeho maximální možná rychlost. Je zde také možnost nastavit maximální kapacitu vozidla dle počtu pasažérů. V další záložce s názvem Dynamický model jsou tyto parametry: maximální akcelerace, výše zmíněná poslušnost vůči omezení rychlosti, minimální vzdálenost mezi vozidly, maximální čas dání přednosti v jízdě a další. Zejména poslední dva parametry hrají v mém modelu velkou roli a manipuloval jsem s nimi. Závěrem uvádím obrázek tabulky, ve které se jednotlivé parametry editují.



	Mean	Deviation	Minimum	Maximum
Max Acceleration	3,00 m/s ²	0,20 m/s ²	2,60 m/s ²	3,40 m/s ²
Speed Acceptance	1,10	0,10	0,90	1,30
Min Distance Veh	2,00 m	0,30 m	1,50 m	2,50 m
Maximum Give Way Time	10,00 secs	2,50 secs	5,00 secs	15,00 secs
Guidance Acceptance	100,00 %	0,00 %	100,00 %	100,00 %

Obrázek 19 – Tabulka možných nastavení parametrů vozidel (autor)

Dalšími parametry jsou reakční doby vozidel (řidičů). Tento parametr jsem také měnil, ale blíže bude popsán v další kapitole. Doplňujícími parametry jsou procentuální dodržení zadaných dopravních cest (O/D Routes), které jsem nechal na původních hodnotách.

3.4 VERIFIKACE, KALIBRACE A VALIDACE MODELU

3.4.1 VERIFIKACE MODELU

Na začátku této kapitoly se pokusím stručně vysvětlit význam těchto pojmů. „*Verifikaci bychom tak mohli v přeneseném smyslu popsat jako výběr vhodného nástroje pro tvorbu mikrosimulace, v případě zadavatele pak jako výběr vhodného zpracovatele modelu, který daným nástrojem disponuje*“. (převzato z [10]). Mnou vybraný software tedy musí umět např. generovat kategorie vozidel a jejich statistické rozdělení dle požadavků zadavatele. Pokud neumí, neprošel verifikací. Proto je verifikace nutná ještě před započítáním samotné tvorby modelu. Vzhledem k jednoduchosti mého modelu můžeme software Aimsun považovat za vhodný a naprosto dostačující pro moji úlohu.

3.4.2 OBECNĚ O KALIBRACE A VALIDACI (převzato z [10])

Kalibrace modelu už naopak vazbu mezi modelem a reálnými daty předpokládá. Jedná se o často relativně složitý a zdlouhavý, nicméně nezbytný proces, kdy modifikujeme jednotlivé *dílčí* parametry modelu tak, aby se jeho *dílčí* chování co nejvíce přiblížilo pozorovanému chování reálných vozidel na dopravní síti. Pokud použijeme předchozí příklad, tak jestliže očekáváme určité statistické rozdělení kategorií vozidel na modelované síti, tak během kalibrace modelu na základě empirických dat parametry tohoto rozdělení nastavíme tak, aby generoval obdobnou skladbu vozidel, jakou jsme sledovali v reálném případě. Správně kalibrovaný model pak v dílčích náhledech vykazuje dobrou shodu s realitou.

Po úspěšné kalibraci modelu následuje poslední krok, jeho *validace*. Jedná se o finální test modelu, který by měl být od kalibrace **zcela oddělen**, a to především z pohledu použitých dat. Data by měla být rozdílná nejen fyzicky ale i typově. Tedy pokud pro kalibraci použijeme například rychlost nebo délku kolon, pro validaci použijeme například dojezdové doby. Tím zajistíme, že data budou už ze své podstaty fyzicky rozdílná, navíc ale zvýšíme kontrolu nad fungováním modelu. Velmi snadno totiž může dojít k situaci, kdy pečlivou úpravou konkrétních parametrů modelu za

účelem jeho kalibrace můžeme nevědomky deformovat model v jiných parametrech a zcela jej odchytil od reality. Tyto odchylky ovšem mnohem snáze odhalíme, validujeme-li na typově jiných datech. Pokud je to možné, měl by být proces validace oddělen i personálně, tedy by měl být prováděn jiným pracovníkem než tím, který prováděl kalibraci.

3.4.3 VLASTNÍ KALIBRACE MODELU

Před prvním spuštěním modelu jsem měl veškerá nastavení v defaultních hodnotách. Hned po prvních 15 minutách simulace mi bylo jasné, že úprava některých parametrů bude nutná.

3.4.3.1 MINIMÁLNÍ VZDÁLENOST MEZI VOZIDLY

První věcí, která mne zaujala, byla fronta vozidel tvořící se u vlakového přejezdu. Fronta dosahovala poměrně přijatelné délky při prvním vizuálním sledování. Problém byl v tom, že fronta měla přibližně 100 metrů a stálo v ní asi 20 aut. Z dokumentace během měření jsem si však ověřil, že na daném úseku běžně stojí přibližně 15 vozidel. Bylo tak třeba nutné zvýšit parametr minimální vzdálenost mezi stojícími vozidly z 1,0 m na 2,0 m. U nákladních vozidel jsem tento parametr zvýšil také o jeden metr, tedy z 1,5 m na 2,5 m. Délky front odpovídaly nyní skutečnosti. Bylo očekávatelné, že fronty u železničního přejezdu se budou tvořit i v daných časech dle skutečnosti vzhledem k pevně zadanému signálnímu plánu PZZ železničního přejezdu.

3.4.3.2 DÉLKA DOHLEDU

Znatelný rozdíl mezi skutečností a modelem však byl stále k vidění na okružní křižovatce, kde docházelo pouze k minimální tvorbě kolon. Dle zkušenosti kolegů z minulých prací jsem vyzkoušel snížit délku dohledu. Zde má algoritmus za úkol vyhledávat mezery pro řazení vozidel v dopravním proudu. To platí i na okružní

křižovatce. Zde funguje algoritmus tak, že vozidlo blížící se ke křižovatce začne „vidět“ provoz na křižovatce. Pokud je vzdáleno právě na vzdálenost dohledu, začne pracovat algoritmus a vozidlo si hledá vhodnou mezeru pro zařazení. Pokud takovou najde, upraví svojí rychlost a do mezery se zařadí. Pokud ne, dojede až na stop čáru, kde zastaví, dává přednost a čeká na mezeru pro zařazení. Zkrácením dohledu se simulace zase o kousek přiblížila realitě.

3.4.3.3 MAXIMÁLNÍ AKCELERACE A REAKČNÍ DOBA

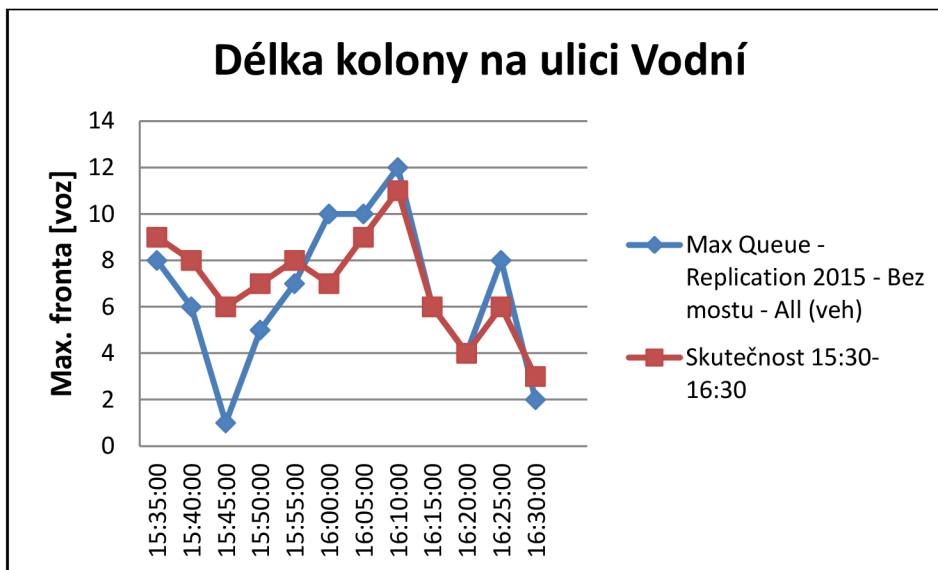
Poslední jev, který mi nepřišel příliš reálný, bylo chování fronty vozidel. V realitě dbá řidič v koloně na spotřebu paliva a úměrnou plynulost jízdy. V modelu jsou samozřejmě pevně dané doby a mezery, kdy má vozidlo zrychlit a také dané akcelerace, jak moc má zrychlit. Mluvím zde o parametru maximální akcelerace, kterou jsem snížil a o parametru reakční doby, kterou jsem naopak zvýšil.

Samozřejmě jsem se pokoušel měnit i další parametry. Ty však nepřiblížovaly model skutečnosti a tak jsem je nechal na defaultních hodnotách. Pro přehled zde uvádím počet vytvořených variant, který se zastavil na čísle 8. Tento model jsem shledal za přijatelný a při vizuálním ověření byl srovnatelný s realitou.

3.4.3.4 KALIBRACE DOPRAVNÍHO VÝKONU – DÉLKA KOLON

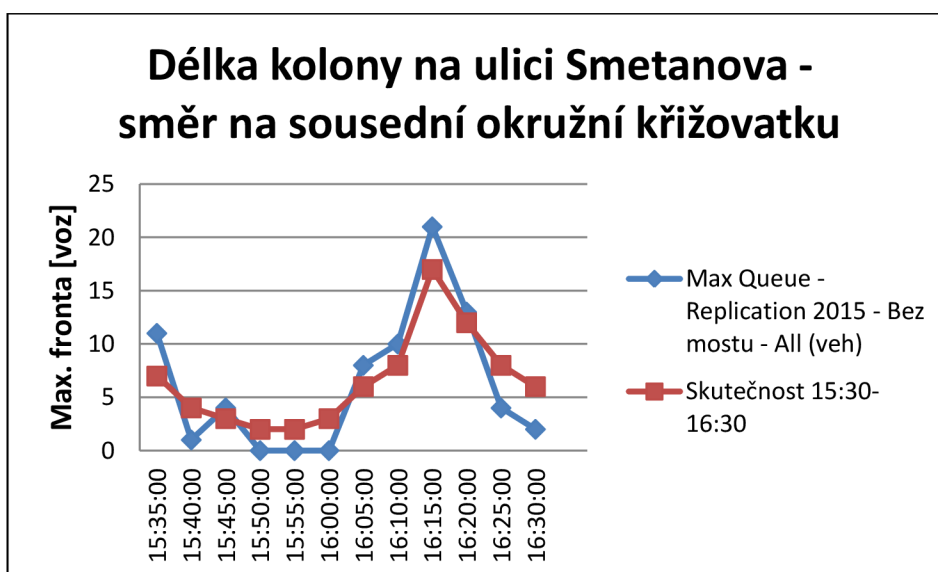
V současném stavu se fronty v dopravní špičce tvoří hlavně na okružní křižovatce na komunikaci II/374. Proto jsem si toto místo vybral pro svůj posudek. Během měření a z video záznamu jsem byl schopen zaznamenat skutečnou situaci. V 5 minutových intervalech jsem si zapsal na vybraných ulicích vždy maximální dosaženou frontu vozidel.

Na následujícím grafu lze vidět, že k tvorbě kolony dochází po 16. hodině. Následkem je pravděpodobně to, že v intervalu od 16:00 do 16:15 je dosahováno nejvyšších hodnot v celém modelu.



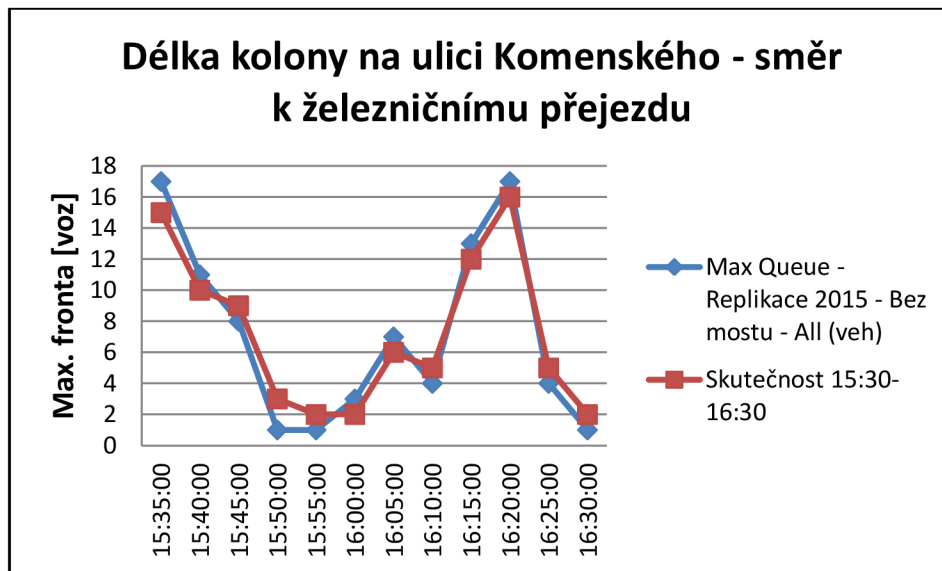
Graf 9 - Srovnání délek kolonka - model x realita –ul. Vodní_stanoviště 3 (autor)

Na ulici Smetanova dochází k tvorbě kolony přibližně o 5 minut později, než na ulici Vodní. Dle vizuálního sledování simulace se tvrdím říci, že je to tak, protože Ulice Vodní a Svitavská je více zatížena a proud je zde tedy nadřazen ostatním vjezdům. Proto pokud se začnou tvořit fronty na tomto hlavním tahu, je otázkou času, kdy se fronta vytvoří na ulici Smetanova.



Graf 10 - Srovnání délek kolonka - model x realita –ul. Smetanova_stanoviště 3 (autor)

Na ulici Komenského, která vede od okružní křižovatky směrem k železniční zastávce a dále skrz Staré Blansko, je tvorba kolon zapříčiněna zejména tím, kdy jedou vlaky, tedy kolik času neumožňuje PZZ průjezd vozidel a průchod chodců. Obecně to samozřejmě není pevně nastaveno, ale vzhledem k tomu, že model vychází ze záznamu, na základě kterého byl vytvořen pevný signální plán, model se přibližuje skutečnosti.



Graf 11 - Srovnání délek kolonka - model x realita –ul. Komenského _stanoviště 3 (autor)

3.4.3.5 POSOUZENÍ MÍRY REALITY A MODELU POMOCÍ STATISTIKY GEH (převzato z [10])

Dle rady příručky pro tvorbu jsem si vybral statistiku GEH ověření, která srovnává intenzity dopravy. Jedná se o formu χ^2 (chí-kvadrát, je obvykle využíván při testu dobré shody a v principu ověřuje, zdali má náhodná veličina nějaké určité předem dané rozdělení). Statistika zahrnuje jak relativní, tak absolutní chybu a je tedy vhodná pro vyjádření shody modelu a reality. V tabulce níže jsou uvedeny doporučené hodnoty odchylek intenzit a výsledky statistiky GEH dle DMRB, která je určena následujícím vztahem:

$$GEH = \sqrt{\frac{(M-C)^2}{(M+C)/2}}$$

kde M je intenzita spočítaná v modelu a C je intenzita empiricky získaná v terénu.

Přijatelné hodnoty	
Kritérium	cíl
NAMODELOVANÉ vs. SKUTEČNÉ HODINOVÉ INTENZITY	
Profilové intenzity s maximální odchylkou 15% (pro intenzity 700-2700 voz/h)	Minimálně v 85 % případů
Profilové intenzity s maximální odchylkou 100 voz/h (pro intenzity menší než 700 voz/h)	
Profilové intenzity s maximální odchylkou 400 voz/h (pro intenzity větší než 2700 voz/h)	
Intenzita na „screenline“ s maximální odchylkou 5%* (5 komunikací a více)	Ve všech případech
GEH statistika pro individuální intenzity menší než 5	Minimálně v 85 % případů
GEH statistika pro „screenline“ menší než 4*	Ve všech případech
POROVNÁNÍ NAMODELOVANÝCH A CESTOVNÍCH ČASŮ	
Rozdíl časů s maximální odchylkou 15% (maximálně však 1 minuta)	Minimálně u 85 % cest

Tabulka 5 – Přijatelné hodnoty odchylek intenzit a výsledné statistiky GEH (převzato z [10])

Níže je uvedena tabulka s výslednými hodnotami této statistiky. Zbytek tabulek je uveden v příloze 4. Žádná hodnota nepřesahuje 15 %.

STAT GEH	SMĚR BRNO-LV	SMĚR BRNO-TV	SMĚR SVITAVY-LV	SMĚR SVITAVY-TV
15:31 - 15:45	1,486624633	0,301355886	0,349960312	0,552469177
15:46 - 16:00	2,327235614	0,448341529	0,029708422	0
16:01 - 16:15	0,158899497	1,155596011	0,24612715	0,27017265
16:16 - 16:30	0,795067379	2	0,278681388	1,277886208
	0,657032763	1,334548857	0,363833698	0,990673681
STANOVIŠTĚ 3		2,029327564		0,859522533

Tabulka 6 - Výsledky statistiky GEH ze stanoviště 3 (autor)

3.4.3.6 KONTROLNÍ LIST

Součástí příručky pro tvorbu mikro simulací [10] byl také níže zmíněný kontrolní list, který přikládám jako stručný souhrn všech kroků, které jsem provedl, nebo by měli být provedeny v případě složitějších modelů. Červeně jsou značeny kritické předpoklady, které musí být splněny a existuje na ně pouze odpověď ano či ne. Běžovou barvou jsou značeny další požadavky, které mají být v relevantních případech splněny, nebo zdůvodněny v přikládané studii. Součástí příručky je také list pro pozorovatele simulace a vysvětlení jednotlivých požadavků. Přiloženo v příloze 5.

I.	Stavba modelu	ANO	NE
I.1	Byl zvolen odpovídající územní rozsah modelu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I.2	Jsou popsána zdrojová empirická/prognózaná data o dopravním proudu? (Intenzita dopravy, skladba dopravního proudu, jízdní rychlosti)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I.3	Odpovídají šířkové a délkové parametry komunikací realitě/projektovému návrhu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I.4	Odpovídá počet a délky řadících pruhů v křižovatkách?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I.5	Odpovídá nastavení přednosti v jízdě? (podřízenost, zohlednění rozhledu, kritické mezery, vynucování & kooperace)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I.6	Je nastavené snížení rychlosti v místech směrových oblouků („volné“ oblouky a oblouky v křižovatkách), rychlostních retardérů a zúžení vozovky?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I.7	Odpovídají signální plány realitě resp. projektovému návrhu? Popište rozdíly a jejich důvody (např. použití statického signálního plánu v simulaci při dynamickém řízení v reálném provozu).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I.8	Jsou implementováni všichni účastníci dopravního provozu? Popište stanovení intenzit nemotorových dopravních proudů (chodci, cyklisti...). Popište, kteří účastníci dopravy jsou v simulaci zanedbáni a proč.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I.9	Je simulace vozidel hromadné dopravy v souladu s jízdním řádem? (trasy linek, intenzity, druhy vozidel, zdržení v zastávkách apod.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I.10	Byla ověřena správnost trasy při existenci více možností propojení zdroje a cíle? (trasy ve zdrojovém makromodelu musí být ve shodě s mikromodelem)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
II.	Ladění, kalibrace a validace modelu	ANO	NE
II.1	Byl model vyladěn?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
II.2	Byla provedena kontrola profilových intenzit?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
II.3	Byla provedena kalibrace modelu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
II.4	Jsou dokladovány kalibrační veličiny a jejich shoda s měřenými daty?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
II.5	Jsou splněny kalibrační cíle?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
II.6	Byla provedena validace modelu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
II.7	Jsou dokladovány validační veličiny a jejich shoda s měřenými daty?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
II.8	Jsou splněny validační cíle?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
II.9	Pokud byly měněny standardní sety parametrů simulace, je to ve zprávě zmíněno a odůvodněno? (veškeré podrobnosti není nutné publikovat s ohledem na know-how)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
III.	Výsledky	ANO	NE
III.1	Byl proveden dostatečný počet simulačních procesů?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
III.2	Byla aplikována adekvátní „zahřívací perioda“?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
III.3	Je vyhodnocení provedeno pro požadovaný resp. odpovídající časový interval (špičková hodina, sedlová hodina...)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
III.4	Jsou popsány měřené charakteristiky dopravního proudu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
III.5	Jsou dokladovány pozice virtuálních detektorů pro měření charakteristik dopravního proudu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Obrázek 20 - Kontrolní list pro tvůrce modelu (převzato z [10])

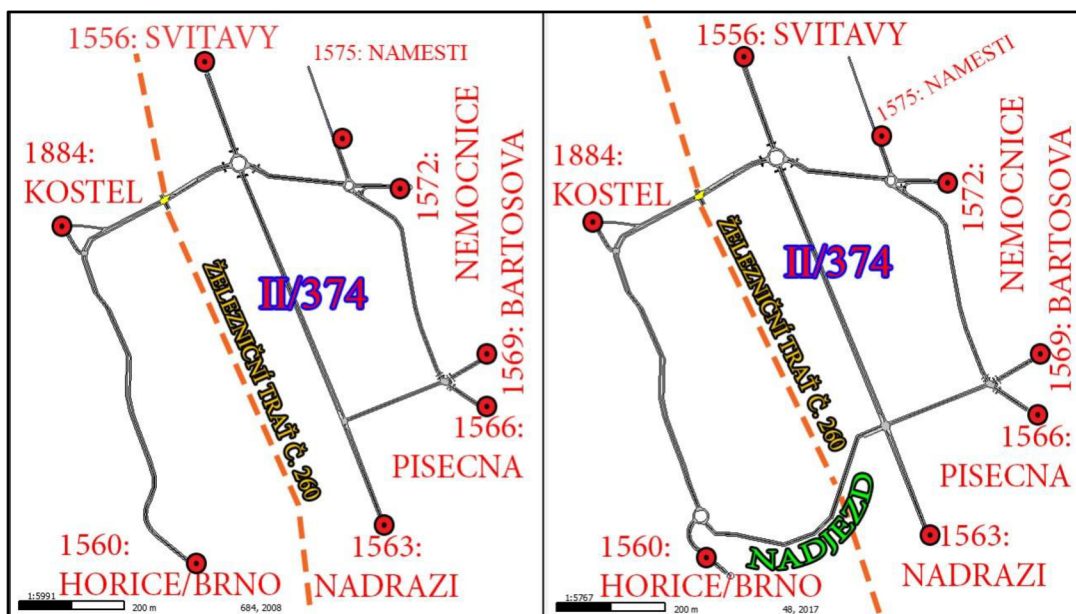
4 SROVNÁNÍ VARIANT

Jak jsem již dříve nastínil, získané výsledky ze simulací budou porovnány pomocí 5 různých scénářů. O tomto porovnání je následující kapitola. Nejdříve se hodí představit si vytvořené varianty:

1. Současný stav v roce 2015 bez vytvořeného přemostění
2. Výhledový stav v roce 2018 také bez přemostění
3. Výhledový stav roce 2018 s plánovaným nadjezdem
4. Výhledový stav v roce 2038 bez přemostění
5. Výhledový stav v roce 2038 s plánovaným nadjezdem

4.1 ZVOLENÉ HODNOTÍCÍ PARAMETRY

Při srovnání variant jsem si vybral jako hodnotící parametr délku zdržení v síti. Tímto parametrem je hodnocena každá situace. U každé varianty také uvádím další parametry, větší pozornost je věnována okružní křižovatce a plánované křižovatce průsečné na průtahu městem U těchto dvou křižovatek čekám změnu snížení či zvýšení intenzit dopravy na jejich jednotlivých ramenech. Každá varianta je také hodnocena pomocí parametru doby jízdy, který se různě mění, ale auta přitom jezdí stále mezi stejnými uzly. Pro porozumění tabulek a grafů v této kapitole je dobré se také seznámit s popisy, které budou součástí těchto výsledků. Proto uvádím následující schéma.

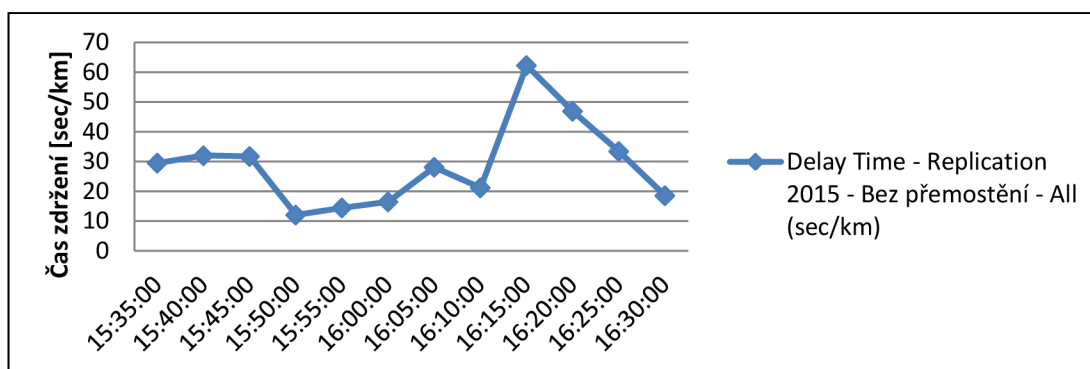


Obrázek 21 - Schéma modelu - červeně názvy O/D Matice (autor)

4.2 VARIANTY MODELU S REÁLNÝM CHOVÁNÍM

4.2.1 POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU

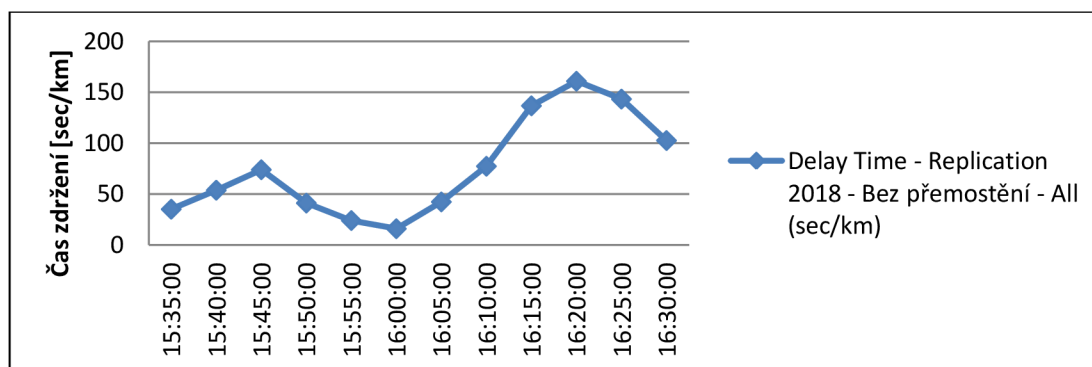
Stávající stav byl přiblížen v dřívějších kapitolách. Problémovým místem je okružní křižovatka na průtahu II/374. V mém modelu se zde tvoří kolony po 16. hodině a dochází tak mírnému snížení plynulosti dopravy. Za všimnutí stojí maximální hodnota, která se bude s každou další variantou snižovat.



Graf 12 - Zdržení - 2015 - Bez přemostění (autor)

4.2.2 VÝHLEDOVÝ STAV BEZ PŘEMOSTĚNÍ V ROCE 2018

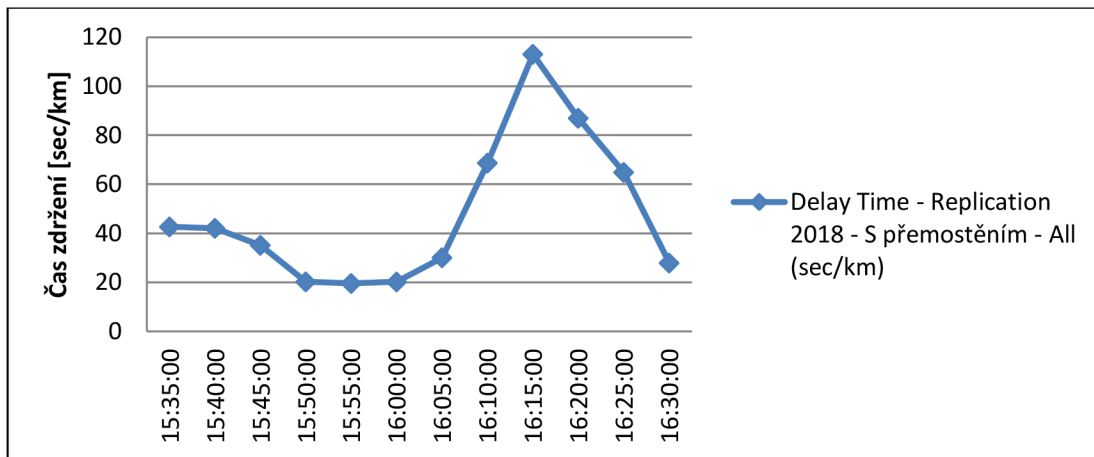
V případě, že v roce 2018 nebude uvedeno přemostění do provozu, zdržení ve městě vzroste na následující hodnoty. Dopravní cesty nejsou v této variantě změněny a tak jedinou změnou jsou vzrostlé intenzity dopravy přibližně o 5 %. Podobnost grafu s minulým stavem by tedy neměla být považována za chybu.



Graf 13 - Zdržení - 2018 - Bez přemostění (autor)

4.2.3 VÝHLEDOVÝ STAV S PŘEMOSTĚNÍM V ROCE 2018

Tato varianta, stejně jako minulá, bere na vědomí zvýšení intenzit dopravy o přibližně 5 %. Tento model byl však geometricky změněn přidáním přemostění, tedy propojení 2 uzlů. Přibyly tak nové dopravní cesty, což se značně podepsalo na výsledcích simulace.

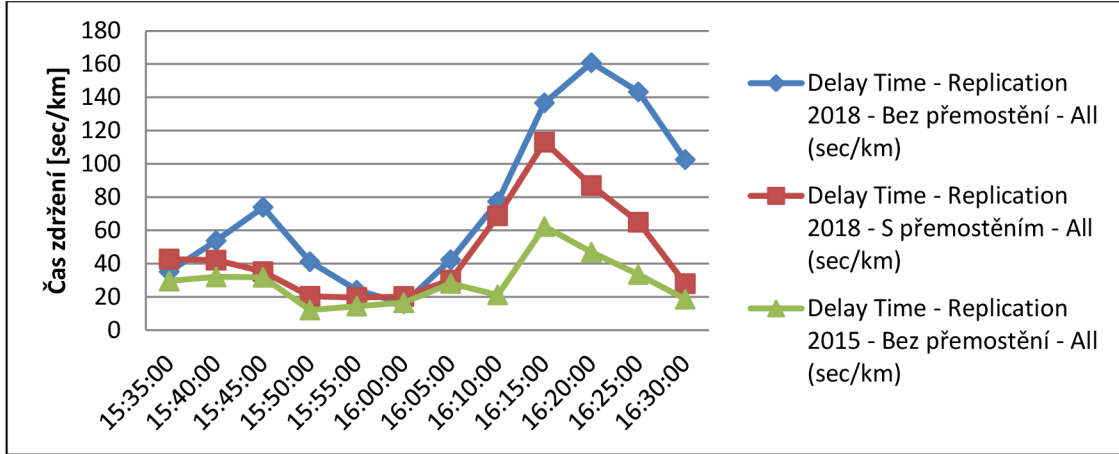


Graf 14 - Zdržení - 2018 - S přemostěním (autor)

Z tohoto grafu není samozřejmě příliš zřejmé, které jsou nové dopravní cesty nebo jak se snížila doba cestování mezi různými uzly této sítě.

4.3 SROVNÁNÍ

4.3.1 SROVNÁNÍ DLE DOB ZDRŽENÍ

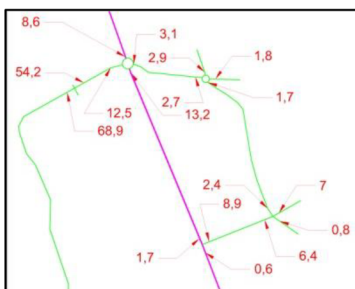


Graf 15 - Srovnání variant dle jednotlivých dob zdržení (autor)

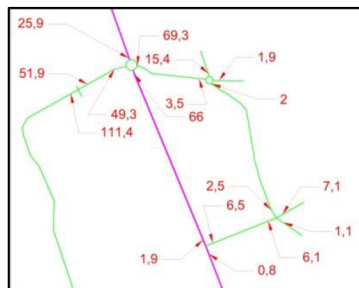
Z grafu 15 je jasně patrný přínos varianty s přemostěním. Je zde vidět, jak moc se zkrátí doba zdržení v síti. Příčinou je volba většího množství dopravních cest v síti. Řidiči se na Staré Blansko mohou dostat bez zdržení na železničním přejezdu, což dle mého uvážení bude pro široké spektrum řidičů jedním z největších přínosů této varianty.

Delay Time - Replication 2015 - Bez přemostění - All (sec/km)	29,39	100,00%
Delay Time - Replication 2018 - Bez přemostění - All (sec/km)	77,4	263,35%
Delay Time - Replication 2018 - S přemostěním - All (sec/km)	49,14	157,51%

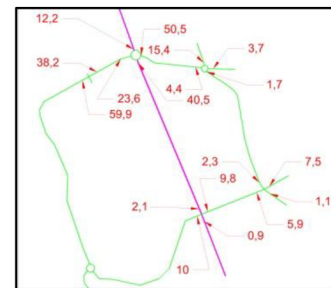
Tabulka 7 - Procentuální zhodnocení dle časů zdržení (autor)



Obrázek 24 - Zdržení 2015 (autor)



Obrázek 23 - Zdržení 2018 - Bez přemostění



Obrázek 22 - Zdržení 2018 - S přemostěním (autor)

Na výše uvedených obrázcích lze vidět jednotlivá zdržení na sekcích mezi uzly, tedy na ulicích mezi křižovatkami.

4.3.2 SROVNÁNÍ DLE CESTOVNÍCH ČASŮ

Vzhledem k tomu, že uzel 1560: Hořice / Brno měl v dřívější variantě pouze jednu dopravní cestu a s plánovaným přemostěním vzniknou další cesty, porovnám na něm varianty z hlediska cestovního času.

Replication	Origin	Destination	Travel Time (Er	Earned time [s]
2015	1560: horice/brno	1572: nemocnice	188,85	0,00
2015	1560: horice/brno	1556: svitavy	169,13	0,00
2018 bez přemostění	1560: horice/brno	1572: nemocnice	278,97	90,12
2018 bez přemostění	1560: horice/brno	1556: svitavy	279,07	109,94
2018 s přemostěním	1560: horice/brno	1572: nemocnice	160,97	-117,99
2018 s přemostěním	1560: horice/brno	1572: nemocnice	117,97	-160,99
2018 s přemostěním	1560: horice/brno	1572: nemocnice	191,66	-87,31
2018 s přemostěním	1560: horice/brno	1556: svitavy	182,001	-97,07
2018 s přemostěním	1560: horice/brno	1556: svitavy	187,719	-91,35

Tabulka 8 - Srovnání cestovních časů z uzlu 1560 (autor)

Z tabulky lze vyčíst, že intenzita dopravy na vybraných komunikacích za 3 roky výrazně stoupne. V roce 2018 - Bez přemostění se logicky zvýší i cestovní čas a to až o 109 vteřin na trase Hořice – Svitavy. V případě varianty 2018 – S přemostěním tyto cestovní časy rapidně klesnou a můžeme také vidět, že program přidělil vozidlům i další dopravní cesty. Za zmínku stojí také to, že v případě cesty Hořice – Nemocnice je cestovní čas v roce 2018 dokonce nižší než v roce 2015. U cesty Hořice – Svitavy se dopravní čas sníží pouze oproti stavu 2018 – Bez přemostění.

V další tabulce se podíváme na situaci opačnou. Porovnám 2 nejzatíženější cesty v současném stavu s výhledovými variantami.

Replication	Origin	Destination	Travel Time (Er	Earned time [s]
2015	1569: bartosova	1560: horice/brno	212,17	0,00
2015	1556: svitavy	1560: horice/brno	139,49	0,00
2018 bez přemostění	1569: bartosova	1560: horice/brno	286,33	74,16
2018 bez přemostění	1556: svitavy	1560: horice/brno	163,25	23,75
2018 s přemostěním	1569: bartosova	1560: horice/brno	97,89	-188,43
2018 s přemostěním	1556: svitavy	1560: horice/brno	118,84	-44,41
2018 s přemostěním	1556: svitavy	1560: horice/brno	118,22	-45,03

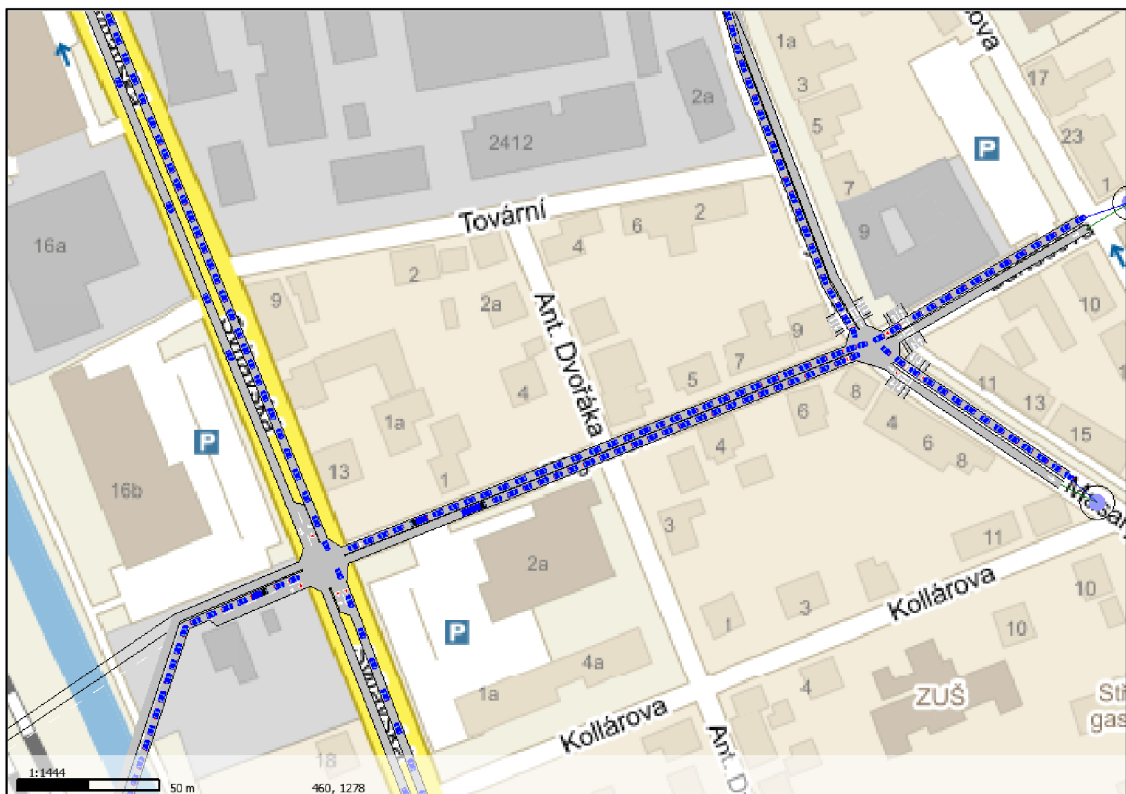
Tabulka 9 - Srovnání cestovních časů do uzlu 1560 (autor)

Z tabulky 9 je nejvíce vidět ušetřený čas díky přemostění na cestě Bartošova – Hořice. Je to vcelku logické, když si člověk představí, jak se touto stavbou zkrátí

uraženou vzdálenost mezi těmito dvěma uzly. V průměru je tedy cestovní čas na této cestě zkrácen o přibližně 3 minuty. Příjemným zjištěním je také zkrácení cestovního času na cestě Svitavy – Hořice, který je dokonce nižší než v současné situaci.

4.4 CHOVÁNÍ MODELU V ROCE 2038

Po pozorování vizuálních simulací variant roku 2038, kdy docházelo k totálnímu ucpání sítě, jsem došel k závěru, že musím odhalit jeden ze dvou důvodů, proč se to tak děje. Za prvé bylo možné, že model je špatně nastaven. Tato možnost byla však vyloučena v případě, že některá z křižovatek nevyhověla obecnému posudku na svoji kapacitu. A přesně tak se stalo u okružní křižovatky na komunikaci II/374. Intenzita dopravy se dle prognózy zvýší na této křižovatce z 1664 voz/h na skoro 2500 voz/h. Dle tohoto úsudku je nutné výstupy z těchto simulací považovat za irelevantní a proto také žádné další grafické či tabulkové hodnoty neuvádím.



Obrázek 25 - Stav simulované dopravy v roce 2038 (autor)

Model se v obou variantách chová obdobně. S nárůstem dopravy po 16. hodině však dochází k vzduší fronty od okružní křižovatky na komunikaci II/374 ve směru ke křižovatce u přemostění. Tvoří se tak postupně fronta na vedlejší ulici Fügnerova a stejně tak se tvoří fronta vozidel přijíždějících po přemostění. Fronta postupně vzduje až do průsečné křižovatky Masarykova – Fügnerova. Tím pádem je znemožněno pravé odbočení vozidel přijíždějících po ulici Masarykova a tvoří se tak 3 fronta vozidel do okružní křižovatky na ulici Masarykova. Tím pádem se ucpává i tato okružní křižovatka, která na začátku simulace vykazovala poměrně plynulý provoz.

Model je samozřejmě v tomto ohledu hodně ovlivněn také zadanými parametry. Např. parametr maximální doba dání přednosti v jízdě, který je u osobních automobilů nastaven na 10 vteřin, jsem se pokusil zvýšit a simulace si vedla lépe. K tvorbě front docházelo i přesto, jen s větším časovým odstupem od začátku simulace.

ZÁVĚR

Smysl této práce byl čtenáře seznámit s oblastí města Blanska, s jeho dopravní situací nynější a výhledovou, s problémy v dopravní infrastruktuře tohoto města, ale hlavně s možností modelování dopravní sítě pomocí zvoleného softwaru Aimsun a prezentací výstupů dle konkrétně zvolených kritérií tvůrcem modelu.

Na začátku práce byla představena oblast tohoto města, bylo zde prezentováno řešení problému mojí bakalářské práce v podobě vzduší fronty vozidel od železničního přejezdu do vedlejší okružní křižovatky. V této části práce jsem se snažil, aby člověk žijící v tomto městě, měl díky práci naprostý přehled o aspektech ovlivňujících stav dopravy v průběhu dne. Nastíněn byl také návrh mimoúrovňového přemostění řeky Svitavy a železničního koridoru. Tato stavba by ve výhledovém období měla spojit dvě poloviny města, které dělí právě zmíněná řeka a železnice. O stavbě bohužel není stále rozhodnuto.

Hlavní část se zabývá tvorbou výpočetního modelu. Před samotnou prací v softwaru bylo nutné udělat dopravní průzkum v terénu. Samotnou analýzu získaných dat už jsem prováděl sám, s měřením mi pomohli kolegové. Když byla veškerá data nachystána, pustil jsem se do práce se softwarem Aimsun. Díky této práci jsem se seznámil s postupem tvorby modelu, na kterém bude probíhat následná mikrosimulace. Velkým úskalím, na které jsem při práci narazil, bylo podcenění prvotního dopravního průzkumu. Při samotné tvorbě modelu jsem si myšlenkově uspořádal konkrétní výstupy a cíle této práce. Těmi nakonec bylo vytvoření 5 různých modelů. První z nich zastupoval současnou situaci, kdy v městě Blansku znatelně chybí přemostění. Další dvě varianty byly vytvořeny ve výhledovém období 3 let. První výhledová varianta charakterizuje město v blízké budoucnosti bez plánovaného přemostění. Dle výsledků práce jde vidět velké zhoršení dopravní situace. Konkrétní hodnotící parametr (doba zdržení) v modelované síti se za 3 roky zvýší o 160 %. V případě výstavby nadjezdu tato hodnota klesne o 100 % oproti hodnotě z roku 2018 – Bez přemostění, tedy za 3 roky stoupne „pouze“ o 60%. V poslední kapitole jsou k nahlédnutí další parametry, které by měly přimět dotčené osoby o snahu prosadit stavbu tohoto přemostění.

Poslední dvě varianty byly modelovány na výhledové období 20 let od případné stavby. V tomto období už kapacitně nebude vyhovovat výše zmiňovaná okružní křižovatka, a proto se model nedá považovat za věrohodný. Je ovšem zajímavé sledovat simulaci dopravy se zadanými výhledovými intenzitami dopravy a pozorovat postupné ucpání sítě.

Modelování dopravního proudu je velice silným nástrojem, který nám umožní nahlédnout na navrhovaný stav v provozu. Díky tomu je možné se vyvarovat chybám, jejichž náprava by si vyžádala značné finanční prostředky. Častokrát se může ukázat plánovaná investice jako neefektivní a finanční zdroje lze využít lépe někde jinde. V situaci, která v současné době v dopravním stavitelství panuje, považuji modelování jako nevyhnutelnou cestu k úsporám.

Seznam použitých zdrojů

- [1] Mapy. *Seznam.cz, a.s.* [online]. 1996 [cit. 2016-01-02]. Dostupné z: <http://mapy.cz>
- [2] Ing. Lubomír Toufar, Mgr. Jiří Kučera, Ing. Petr Rizner a Ing. Marek Štefan. *Strategický plán rozvoje města Blansko na léta 2013-2023* [online]. Blansko, 2013 [cit. 2016-01-03]. Dostupné z: <http://www.blansko.cz/soubory/dokumenty/dulezite/strategicky-plan-2013-2023.pdf>
- [3] Celostátní sčítání dopravy 2010. *Ředitelství silnic a dálnic ČR* [online]. [cit. 2016-01-03]. Dostupné z: <http://scitani2010.rsd.cz/pages/informations/default.aspx>
- [4] Balticko-adriatický koridor - železniční koridor. *Ministerstvo dopravy* [online]. 2006 [cit. 2016-01-04]. Dostupné z: http://www.mdcz.cz/cs/Media/Tiskove_zpravy/batlicko_adriaticky_koridor.htm
- [5] Marek Štefan. Nové řazení osobních automobilů před železniční zastávkou na ulici Rožmitálově. *Blansko* [online]. 2015 [cit. 2016-01-04]. Dostupné z: <http://www.blansko.cz/clanky/2015/05/nove-razeni-osobnich-automobilu-pred-zeleznicni-zastavkou-na-ulici-rozmitalove>
- [6] GIS Jednotná dopravní vektorová mapa. *Ministerstvo dopravy, Centrum dopravního výzkumu.* [online]. 2006-2016 [cit. 2016-01-05]. Dostupné z: http://maps.jdvm.cz/mapsphere/MapWin.aspx?M_Site=cdv&M_Lang=cs
- [7] FELKL, Jan. *Mimoúrovňové křížení s železniční tratí v Blansku.* Blansko: , 2014.
- [8] PECHAL, Antonín. *Přemostění řeky Svitavy a koridoru SŽDC v Blansku.* Brno: , 2013.
- [9] TP 189. *Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích.* Ruská 216/48, 353 01 Mariánské Lázně: Koura publishing - Luděk Bartoš, 2007.
- [10] *Příručka pro tvorbu a hodnocení mikroskopických simulací dopravy.* Praha 1, Brno: Technologická agentura ČR, 2013.
- [11] BARTOŠ, Luděk. *Prognóza intenzit automobilové dopravy, II. vydání.* Plzeň: EDIP s.r.o., 2012. ISBN 978-80-87394-07-6.

Seznam grafů

Graf 1 - Hodnoty RPDÍ (autor).....	9
Graf 2 - Hodnoty hod. int. dopravy (autor).....	9
Graf 3 - Stanoviště 1 – Intenzity dopravy (autor).....	16
Graf 4 - Stanoviště 2 – Intenzity dopravy (autor).....	17
Graf 5 - Stanoviště 3 - Intenzity dopravy (autor).....	18
Graf 6 - Stanoviště 4 - Intenzity dopravy (autor).....	20
Graf 7 - Stanoviště 5 - Intenzity dopravy (autor).....	22
Graf 8 - Stanoviště 6 - Intenzity dopravy (autor).....	24
Graf 9 - Srovnání délek kolonka - model x realita –ul. Vodní _stanoviště 3 (autor)	42
Graf 10 - Srovnání délek kolonka - model x realita –ul. Smetanova _stanoviště 3 (autor)	42
Graf 11 - Srovnání délek kolonka - model x realita –ul. Komenského _stanoviště 3 (autor).....	43
Graf 12 - Zdržení - 2015 - Bez přemostění (autor).....	47
Graf 13 - Zdržení - 2018 - Bez přemostění (autor).....	47
Graf 14 - Zdržení - 2018 - S přemostěním (autor).....	48
Graf 15 - Srovnání variant dle jednotlivých dob zdržení (autor).....	49

Seznam zkratk a symbolů

TEN-T	Transevropská dopravní síť
CSD	Celostátní sčítání dopravy
MHD	Městská hromadná doprava
TV	Těžká motorová vozidla
O	Osobní a dodávková vozidla bez přívěsů i s přívěsy
M	Jednostopá motorová vozidla
SV	všechna motorová vozidla
RPDI	Roční průměr denních intenzit
SSZ	Světelné signalizační zařízení
PZZ	Přejezdové zabezpečovací zařízení
ÚKD	Úroveň kvality dopravy
TP	Technický předpis
NS	Nákladová souprava
KA	Kloubový autobus
OA	Osobní automobil
NA	Nákladní automobil
A	Autobus
O/D	Origin/Destination (zdroj/cíl)
GEH	Geoffrey E. Havers

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Železniční přejezd – Odpolední časy závor ve vodorovné poloze (převzato z [7])	13
Tabulka 2 - Železniční přejezd – Ranní časy závor ve vodorovné poloze (převzato z [7])	14
Tabulka 3 - Určení špičkové hodiny (převzato z [7]).....	14
Tabulka 4 - Příkladné výsledné hodnoty celého modelu ve stávajícím stavu (autor)	36
Tabulka 5 – Přijatelné hodnoty odchylek intenzit a výsledné statistiky GEH (převzato z [10])	44
Tabulka 6 - Výsledky statistiky GEH ze stanoviště 3 (autor).....	44
Tabulka 7 - Procentuální zhodnocení dle časů zdržení (autor).....	49
Tabulka 8 - Srovnání cestovních časů z uzlu 1560 (autor).....	50
Tabulka 9 - Srovnání cestovních časů do uzlu 1560 (autor).....	50

Seznam obrázků

Obrázek 1 – Mapa širších vztahů (autor, převzato z [1]).....	2
Obrázek 2 - CSD 2010 Blansko (autor, převzato z [3]).....	3
Obrázek 3 - CSD Lipůvka (autor, převzato z [3])	4
Obrázek 4 - Situační mapa –popis železniční dopravy (autor, převzato z [1]).....	5
Obrázek 5 - Panevropský koridor (převzato z [4])	5
Obrázek 6 - Zablokovaná OK frontou vozidel od železničního přejezdu (autor)	6
Obrázek 7 - Železniční přejezd – vlevo se nachází staniční budova, vpravo jsou nástupiště (autor).....	6
Obrázek 8 - Nové řazení u železničního přejezdu (převzato z [5])	7
Obrázek 9 – Zakreslení přemostění a názvy ulic, kterých se stavba dotkne (autor, převzato z [8]).....	11

Obrázek 10 – Schéma měřících stanovišť – Čísla označují měřící stanoviště. Žluta čárkovaná označuje zájmové komunikace. Červené linie zastupují vstupy a výstupy do modelu. (autor, převzato z [7])	15
Obrázek 11 - Pentlogram - Stanoviště 3 (autor)	19
Obrázek 12 – Pentlogram - Stanoviště 4 (autor).....	21
Obrázek 13 - Pentlogram - Stanoviště 5 (autor)	23
Obrázek 14 - Pentlogram - Stanoviště 6 (autor)	25
Obrázek 15 - Model okružní křižovatky na komunikaci II/374, stanoviště 3 (autor, převzato z [1]).....	30
Obrázek 16 - Model okružní křižovatky na ulici Smetanova x Náměstí Republiky x Sadová x Masarykova, stanoviště 4 (autor, převzato z [1]).....	31
Obrázek 17 - Matice přepravních vztahů pro lehká vozidla, časové rozmezí 16:00 – 16:15, výhledový stav – rok 2038 (autor).....	33
Obrázek 18 - Tabulka možných nastavení parametrů komunikací (autor).....	37
Obrázek 19 – Tabulka možných nastavení parametrů vozidel (autor)	38
Obrázek 20 - Kontrolní list pro tvůrce modelu (převzato z [10]).....	45
Obrázek 21 - Schéma modelu - červeně názvy O/D Matice (autor).....	46
Obrázek 22 - Zdržení 2018 - S přemostěním (autor).....	49
Obrázek 23 - Zdržení 2018 - Bez přemostění	49
Obrázek 24 - Zdržení 2015 (autor)	49
Obrázek 25 - Stav simulované dopravy v roce 2038 (autor)	52

PŘÍLOHY

1. VZOROVÝ LIST ZE SEZNAMU VLAKŮ PRO STANIČNÍ ZAMĚSTNANCE

Příloha 1

Seznam vlaků pro staniční zaměstnance GVD 2014/2015-4.změna

ŽST Blansko

Druh vlaku	Číslo vlaku	Odjezd ze soused.		Jízda prav.	Kolej	Vlastní stanice			Poznámka
		stanice	zast.			Příjezd	Pobyt	Odjezd	
Pn *	49416	0:32:0		6:5	2			0:38:5	nejede 26.X.
Sv -	21982	0:37:0		6:5	2			0:43:5	jede v (2)-(4) a 23., 30.XI., 7.XII., nejede 7.VII., 29.IX., 28.X., 17.XI.
Nex -	48322	0:45:5		6:5	2			0:52:0	jede v (6), do 1.VIII.
Os -	4000	0:53:0		8:5	2	1:01:5	0:5	1:02:0	jede v (6) a (+), nejede 25., 26.XII., 1.I.
Pn *	44725	1:05:0		5:0	1			1:10:0	nejede v (1) a 25., 26.XII., 1., 4. – 6.I.
Nex -	47749	1:20:5		4:0	1			1:24:5	nejede v (7), (1) a 25. – 27.XII., 2.I., 7.IV., 2., 9.V., 7.VII., 29.IX., 29.X., 18.XI.
Ex -	476	1:26:5		6:0	2			1:32:5	METROPOL
Nex -	41732	1:33:0		7:0	2			1:40:0	
Pn -	49415	1:41:5		5:5	1			1:47:0	jede v (1), (3) a (5), nejede 7. – 19.VIII.
RusPn -	49413	1:41:5		5:5	1			1:47:0	zavádějte v (4) a (6), kromě 8. – 15.VIII.
RusPn -	49419	1:41:5		5:5	1			1:47:0	zavádějte v (2)a(7)
Sv -	21984	1:42:0		6:5	2			1:48:5	jede v (5)
Nex -	45317	1:49:5		4:0	1			1:53:5	jede v (5) a (7) od 21.VIII.
Ex -	477	2:17:5		3:5	1			2:21:0	METROPOL
Pn -	69620	2:23:5		8:5	2			2:32:0	
Nex -	46983	3:42:5		5:0	1			3:47:5	PP
Nex -	42338	3:41:5		6:5	2			3:48:0	jede v (4),(5) a (7) do 31.VII., od 17.VIII. jede v (1),(3),(5) a (6)
Nex -	41731	4:04:0		5:0	1			4:09:0	
Sv -	4770	4:16:5		5:5	2			4:22:0	jede v (1) a 2.I., 7.IV., 7.VII., 29.IX., 29.X., 18.XI., nejede 6.IV., 6.VII., 28.IX. PosPr:6500
Os -	4741	4:19:5		8:0	1	4:27:5	1:0	4:28:5	nejede 25., 26.XII., 1.I.
Os -	4002	4:23:5		7:5	2	4:31:0	1:0	4:32:0	jede v (1) do 8.VI. a od 7.IX. a 7.IV., 1., 29.IX., 29.X., 18.XI., nejede 22. – 29.XII., 6.IV., 28.IX.
Nex -	46982	4:33:0		7:0	2			4:40:0	PP
Ex -	574	4:47:0		5:5	2	4:52:5	1:0	4:53:5	jede v (X), (6) a 24.XII., 1., 8.V., 28.X., 17.XI., nejede 27.XII., 2., 9.V.; LEOŠ JANÁČEK
Os -	4700	4:52:0		8:0	2	5:00:0	0:5	5:00:5	jede v (X),
Os -	4701	4:52:5		8:0	1	5:00:5	0:5	5:01:0	jede v (X),
Os -	4001	5:07:0		9:0	1	5:16:0	1:0	5:17:0	jede v (X), nejede 15.VI. – 31.VIII.
Os -	4703	5:19:5		8:0	1	5:27:5	1:0	5:28:5	PosPr:6400
Os -	4004	5:21:5		9:5	2	5:31:0	1:0	5:32:0	jede v (X), od 1.IX.
Nex -	42005	5:30:0		6:5	1			5:36:5	jede v (2) a (5), nejede 8.XII.
Pn -	43041	5:32:0		7:0	2			5:39:0	jede v (3) a (5)
Sp -	1971	5:43:5		5:5	1	5:49:0	1:0	5:50:0	jede v (X), TŘEBOVKA
Os -	4702	5:45:5		8:0	2	5:53:5	0:5	5:54:0	jede v (X), PosPr:6400
Os -	4705	5:47:5		8:5	1	5:58:0	1:5	5:59:5	jede v (X)
Ex -	176	5:55:5		6:0	2			6:01:5	JOHANNES BRAHMS
Os -	4003	6:08:0		8:5	1	6:16:5	1:0	6:17:5	jede v (X), od 1.IX.
Nex -	48333	6:14:5		5:5	1	6:20:0	4:0	6:24:0	jede v (2)-(7) do 1.VIII., od 18.VIII. jede v (1)-(6)
Os -	4704	6:19:0		8:0	2	6:27:0	5:0	6:32:0	
Os -	4707	6:20:5		8:0	1	6:28:5	2:0	6:30:5	PosPr:6400
Ex -	572	6:23:0		7:0	2			6:30:0	jede v (X); BRNĚNSKÝ DRÁK
Os -	4006	6:34:5		7:5	2	6:42:0	1:0	6:43:0	jede v (X), nejede 22.XII. – 2.I., 15.VI. – 31.VIII.
Sp -	1973	6:43:0		5:5	1	6:48:5	1:5	6:50:0	jede v (X), (6) a 24.XII., 1., 8.V., 28.X., 17.XI., nejede 27.XII., 2., 9.V.; PEKLÁK
Os -	4740	6:45:5		8:0	2	6:53:5	0:5	6:54:0	jede v (X), nejede 31.XII.
Os -	4709	6:46:0		8:5	5	6:54:5	5:5	7:00:0	jede v (X), nejede 31.XII.
Ex -	571	6:53:5		3:5	1			6:57:0	jede v (X), (6) a 24.XII., 1., 8.V., 28.X., 17.XI., nejede 27.XII., 2., 9.V.; ZDENĚK FIBICH
Ex -	570	6:55:5		6:0	2			7:01:5	jede v (1) - (6) nejede 6.IV., 2., 9.V., 6.VII., 28.IX. ZDENĚK FIBICH
Os -	4005	7:08:0		8:5	1	7:16:5	1:0	7:17:5	jede v (X), nejede 22.XII. – 2.I., 15.VI. – 31.VIII.
R -	874	7:13:0		6:0	2	7:19:0	1:0	7:20:0	
Os -	4711	7:20:5		8:0	1	7:28:5	1:5	7:30:0	PosPr:6500
Os -	4706	7:21:5		9:0	2	7:30:5	1:0	7:31:5	
Pn -	69623	7:32:0		6:0	1	7:38:0	3:0	7:41:0	
Sp -	1975	7:43:5		5:5	1	7:49:0	1:0	7:50:0	jede v (X), nejede 31.XII.; SLOUPEČNÍK
Ex -	273	7:53:5		3:5	1			7:57:0	CSÁRDÁS
Os -	4742	7:50:5		7:5	4	7:58:0	5:5	8:03:5	jede v (X)

změna č.4
Účinnost od 7.9.2015

Strana 3 z 6

2. MATICE PŘEPRAVNÍCH VZTAHŮ

id:name	1556: svitavy	1560: horice	1563: nad	1566: pise	1569: bart	1572: nem	1575: nam	1884: kost	Total		id:name	1556: svitavy	1560: horice	1563: nadrazi	1566: pise	1569: bart	1572: nem	1575: nam	1884: kost	Total	
1556: svitavy		5	55	10	7	23		5	105		1556: svitavy				2					1	3
1560: hori	12		3	1		1	8		25		1560: hori									1	2
1563: nad	80				2	21	2	1	106		1563: nad			4					3	7	7
1566: pise	15				22	55	2		94		1566: pise									1	2
1569: bart	20	3	3	8				1	38		1569: bart									1	2
1572: nem	30	3	10	8				1	55		1572: nem				1	1					2
1575: nam	15	3	23	39	7	50		6	143		1575: nam								1		2
1884: kost	12	1	3	3		6	1		26		1884: kost				1	1			1		3
Total	184	15	97	69	39	163	7	18	592		Total	5		4	3	1		8			21
id:name	1556: svitavy	1560: horice	1563: nad	1566: pise	1569: bart	1572: nem	1575: nam	1884: kost	Total		id:name	1556: svitavy	1560: horice/brno	1563: nad	1566: pise	1569: bart	1572: nem	1575: nam	1884: kost	Total	
1556: svitavy		6	60	7	9	30			118		1556: svitavy				3				1		4
1560: hori	9		3	1	1	10			24		1560: hori										5
1563: nad	71				2	23	2		98		1563: nad		4						1		5
1566: pise	10	1			20	40	1	1	73		1566: pise										2
1569: bart	11	1	2	8				1	24		1569: bart										2
1572: nem	31	2	20	12				1	68		1572: nem										2
1575: nam	12	2	30	40	8	39		4	135		1575: nam								1		2
1884: kost	9	1	3	3		6	1		23		1884: kost										2
Total	153	13	118	71	40	148	6	14	563		Total	4		3	1			3			11
id:name	1556: svitavy	1560: horice	1563: nad	1566: pise	1569: bart	1572: nem	1575: nam	1884: kost	Total		id:name	1556: svitavy	1560: hori	1563: nadrazi	1566: pise	1569: bart	1572: nem	1575: nam	1884: kost	Total	
1556: svitavy		6	59	15	9	28			123		1556: svitavy				2						2
1560: hori	18		4	2	1	6			31		1560: hori		2		2				1		5
1563: nad	80				2	24	2		108		1563: nad		3	1					1		5
1566: pise	18	2			24	48	2	2	96		1566: pise		1	1				1	2		5
1569: bart	15	1	3	8				1	29		1569: bart		1								2
1572: nem	33	2	14	12				1	64		1572: nem										2
1575: nam	15	2	24	39	7	39		4	130		1575: nam								1		2
1884: kost	15	1	4	4		8	2		34		1884: kost		2		1				1		4
Total	194	14	108	80	43	153	8	15	615		Total	9	2	5	2	1		6			25
id:name	1556: svitavy	1560: horice	1563: nad	1566: pise	1569: bart	1572: nem	1575: nam	1884: kost	Total		id:name	1556: svitavy	1560: hori	1563: nadrazi	1566: pise	1569: bart	1572: nem	1575: nam	1884: kost	Total	
1556: svitavy		5	55	6	7	22			100		1556: svitavy				2				1		3
1560: hori	15		5	5	1	8			34		1560: hori		2		1				1		4
1563: nad	81				2	26	2		111		1563: nad		2					1			3
1566: pise	12	2			23	52	2	2	93		1566: pise										2
1569: bart	14	2	3	9				1	31		1569: bart		1								2
1572: nem	15	1	7	10				1	35		1572: nem		1								1
1575: nam	14	2	23	37	7	36		3	122		1575: nam								1		2
1884: kost	16	2	5	5		15	2		45		1884: kost		2		1	1			1		5
Total	167	14	98	72	40	159	8	13	571		Total	8		4	3			5			20

- Matice přepravních vztahů pro současný stav – rok 2015

id:name	1556: svitavy	1560: horice	1563: nad	1566: pise	1569: bart	1572: nem	1575: nam	1884: kost	Total		id:name	1556: svitavy	1560: horice/brno	1563: nad	1566: pise	1569: bart	1572: nem	1575: nam	1884: kost	Total		
1556: svitavy		5,38	59,15	10,75	7,53	24,74		5,38	112,92		1556: svitavy				2				1		3	
1560: hori	12,91		3,23	1,08	1,08	8,6			26,89		1560: hori									1		2
1563: nad	86,04				2,15	22,58	2,15	1,08	114		1563: nad			4					3		7	
1566: pise	16,13				23,66	59,15	2,15		101,09		1566: pise									1	2	
1569: bart	21,51	3,23	3,23	8,6			1,08	3,23	40,87		1569: bart									1	2	
1572: nem	32,26	3,23	10,75	8,6			1,08	3,23	59,15		1572: nem				1	1					2	
1575: nam	16,13	3,23	24,74	41,94	7,53	53,77		6,45	153,79		1575: nam								1		2	
1884: kost	12,91	1,08	3,23	3,23		6,45	1,08		27,96		1884: kost				1	1			1		3	
Total	197,89	16,13	104,32	74,21	41,94	175,3	7,53	19,36	636,68		Total	5		4	3	1		8			21	
id:name	1556: svitavy	1560: horice	1563: nad	1566: pise	1569: bart	1572: nem	1575: nam	1884: kost	Total		id:name	1556: svitavy	1560: hori	1563: nadrazi	1566: pise	1569: bart	1572: nem	1575: nam	1884: kost	Total		
1556: svitavy		6,45	64,53	7,53	9,68	32,26		6,45	126,91		1556: svitavy				3				1		4	
1560: hori	9,68		3,23	1,08	1,08	10,75			25,81		1560: hori		2		2						5	
1563: nad	76,36				2,15	24,74	2,15		105,4		1563: nad		4						1		5	
1566: pise	10,75	1,08			21,51	43,02	1,08	1,08	78,51		1566: pise										2	
1569: bart	11,83	1,08	2,15	8,6			1,08	1,08	25,81		1569: bart										2	
1572: nem	33,34	2,15	21,51	12,91			1,08	2,15	73,13		1572: nem										2	
1575: nam	12,91	2,15	32,26	43,02	8,6	41,94		4,3	145,19		1575: nam								1		2	
1884: kost	9,68	1,08	3,23	3,23		6,45	1,08		24,74		1884: kost				1	1			1		4	
Total	164,55	13,98	126,91	76,36	43,02	159,17	6,45	15,06	605,49		Total	4		3	1			3			11	
id:name	1556: svitavy	1560: horice	1563: nad	1566: pise	1569: bart	1572: nem	1575: nam	1884: kost	Total		id:name	1556: svitavy	1560: hori	1563: nadrazi	1566: pise	1569: bart	1572: nem	1575: nam	1884: kost	Total		
1556: svitavy		5,38	59,15	6,45	7,53	23,66		5,38	107,55		1556: svitavy				2				1		3	
1560: hori	16,13		5,38	5,38	1,08	8,6			36,57		1560: hori		2		2				1		4	
1563: nad	87,11				2,15	27,96	2,15		119,38		1563: nad		2		1				1		3	
1566: pise	12,91	2,15			24,74	55,92	2,15	2,15	100,02		1566: pise										2	
1569: bart	15,06	2,15	3,23	9,68			1,08	2,15	33,34		1569: bart		1								2	
1572: nem	16,13	1,08	7,53	10,75			1,08	1,08	37,64		1572: nem										1	
1575: nam	15,06	2,15	24,74	39,79	7,53	38,72		3,23	131,21		1575: nam								1		2	
1884: kost	17,21	2,15	5,38	5,38		16,13	2,15		48,4		1884: kost		2		1	1			1		5	
Total	179,6	15,06	105,4	77,43	43,02	171	8,6	13,98	614,09		Total	8		4	3			5			20	

- Matice přepravních vztahů pro výhledový stav – rok 2018

id_name	1556: svitavy	1560: horice/bno	1563: nadrazi	1566: pisecna	1569: bartosova	1572: nemocnice	1575: namesti	1884: kostel	Total	id_name	1556: svitavy	1560: horice/bno	1563: nadrazi	1566: pisecna	1569: bartosova	1572: nemocnice	1575: namesti	1884: kostel	Total
1556: svitavy	7,41	81,46	14,81	10,37	34,07	11,85	7,41	155,52	312	1556: svitavy	7,41	81,46	14,81	10,37	34,07	11,85	7,41	155,52	312
1560: horice/bno	17,77	4,44	4,44	4,44	1,48	11,85	1,48	37,08	2,08	1560: horice/bno	17,77	4,44	4,44	4,44	1,48	11,85	1,48	37,08	2,08
1563: nadrazi	118,49			2,96	31,1	2,96	1,48	157	7,28	1563: nadrazi	118,49			2,96	31,1	2,96	1,48	157	7,28
1566: pisecna	22,22				33,58	81,46	2,96	139,23	2,08	1566: pisecna	22,22				33,58	81,46	2,96	139,23	2,08
1569: bartosova	29,62	4,44	4,44	11,85		1,48	4,44	54,28		1569: bartosova	29,62	4,44	4,44	11,85		1,48	4,44	54,28	
1572: nemocnice	44,43	4,44	14,81	11,85			1,48	81,46		1572: nemocnice	44,43	4,44	14,81	11,85			1,48	81,46	
1575: namesti	22,22	4,44	34,07	57,76	10,37	74,06	8,89	211,8		1575: namesti	22,22	4,44	34,07	57,76	10,37	74,06	8,89	211,8	
1884: kostel	17,77	1,48	4,44					26,51		1884: kostel	17,77	1,48	4,44					26,51	
Total	272,58	22,22	149,07	100,2	57,76	241,42	10,37	26,66	876,83	Total	272,58	22,22	149,07	100,2	57,76	241,42	10,37	26,66	876,83
id_name	1556: svitavy	1560: horice/bno	1563: nadrazi	1566: pisecna	1569: bartosova	1572: nemocnice	1575: namesti	1884: kostel	Total	id_name	1556: svitavy	1560: horice/bno	1563: nadrazi	1566: pisecna	1569: bartosova	1572: nemocnice	1575: namesti	1884: kostel	Total
1556: svitavy	8,89	88,07	10,37	13,33	44,43		8,89	174,77	4,16	1556: svitavy	8,89	88,07	10,37	13,33	44,43		8,89	174,77	4,16
1560: horice/bno	13,33		4,44	1,48	14,81			35,55		1560: horice/bno	13,33		4,44	1,48	14,81			35,55	
1563: nadrazi	305,16			2,96	34,07	2,96		145,15	5,2	1563: nadrazi	305,16			2,96	34,07	2,96		145,15	5,2
1566: pisecna	14,81	1,48			29,62	59,25	1,48	106,12		1566: pisecna	14,81	1,48			29,62	59,25	1,48	106,12	
1569: bartosova	18,29	1,48	2,96	11,85		1,48	1,48	35,55		1569: bartosova	18,29	1,48	2,96	11,85		1,48	1,48	35,55	
1572: nemocnice	45,92	2,96	29,62	17,77			1,48	100,72		1572: nemocnice	45,92	2,96	29,62	17,77			1,48	100,72	
1575: namesti	17,77	2,96	44,43	59,25	11,85	57,76		193,95		1575: namesti	17,77	2,96	44,43	59,25	11,85	57,76		193,95	
1884: kostel	13,33	1,48	4,44					19,07		1884: kostel	13,33	1,48	4,44					19,07	
Total	226,61	95,25	174,77	106,16	59,25	219,21	8,89	20,74	833,88	Total	226,61	95,25	174,77	106,16	59,25	219,21	8,89	20,74	833,88
id_name	1556: svitavy	1560: horice/bno	1563: nadrazi	1566: pisecna	1569: bartosova	1572: nemocnice	1575: namesti	1884: kostel	Total	id_name	1556: svitavy	1560: horice/bno	1563: nadrazi	1566: pisecna	1569: bartosova	1572: nemocnice	1575: namesti	1884: kostel	Total
1556: svitavy	74,06	8,89	87,39	22,22	13,33	41,47		256,24	2,08	1556: svitavy	74,06	8,89	87,39	22,22	13,33	41,47		256,24	2,08
1560: horice/bno	26,66	5,92	2,96	1,48	8,89			45,92		1560: horice/bno	26,66	5,92	2,96	1,48	8,89			45,92	
1563: nadrazi	118,49			2,96	35,55	2,96		159,96	5,2	1563: nadrazi	118,49			2,96	35,55	2,96		159,96	5,2
1566: pisecna	26,66	2,96			35,55	71,09	2,96	162,19		1566: pisecna	26,66	2,96			35,55	71,09	2,96	162,19	
1569: bartosova	22,22	1,48	4,44	11,85		1,48	1,48	42,95		1569: bartosova	22,22	1,48	4,44	11,85		1,48	1,48	42,95	
1572: nemocnice	48,88	2,96	20,74	17,77			1,48	94,79		1572: nemocnice	48,88	2,96	20,74	17,77			1,48	94,79	
1575: namesti	22,22	2,96	35,55	57,76	10,37	57,76		192,55		1575: namesti	22,22	2,96	35,55	57,76	10,37	57,76		192,55	
1884: kostel	22,22	1,48	5,92					30,36		1884: kostel	22,22	1,48	5,92					30,36	
Total	361,4	20,74	159,96	118,49	63,69	226,61	11,85	22,22	984,95	Total	361,4	20,74	159,96	118,49	63,69	226,61	11,85	22,22	984,95
id_name	1556: svitavy	1560: horice/bno	1563: nadrazi	1566: pisecna	1569: bartosova	1572: nemocnice	1575: namesti	1884: kostel	Total	id_name	1556: svitavy	1560: horice/bno	1563: nadrazi	1566: pisecna	1569: bartosova	1572: nemocnice	1575: namesti	1884: kostel	Total
1556: svitavy	22,22	7,41	8,89		10,37	32,58		74,1	148,11	1556: svitavy	22,22	7,41	8,89		10,37	32,58		74,1	148,11
1560: horice/bno	119,97			2,96	34,07	77,02	2,96	164,41	2,08	1560: horice/bno	119,97			2,96	34,07	77,02	2,96	164,41	2,08
1563: nadrazi	17,77	2,96				2,96		137,75		1563: nadrazi	17,77	2,96				2,96		137,75	
1566: pisecna	20,74	2,96	4,44	13,33		1,48	2,96	45,92		1566: pisecna	20,74	2,96	4,44	13,33		1,48	2,96	45,92	
1569: bartosova	22,22	1,48	10,37	14,81		1,48	1,48	51,84		1569: bartosova	22,22	1,48	10,37	14,81		1,48	1,48	51,84	
1572: nemocnice	20,74	2,96	34,07	54,8	10,37	53,33		140,7		1572: nemocnice	20,74	2,96	34,07	54,8	10,37	53,33		140,7	
1575: namesti	21,7	2,96	7,41			22,22	2,96	66,65		1575: namesti	21,7	2,96	7,41			22,22	2,96	66,65	
1884: kostel								6,65		1884: kostel								6,65	
Total	247,35	20,74	145,15	106,64	59,25	235,5	11,85	19,25	845,73	Total	247,35	20,74	145,15	106,64	59,25	235,5	11,85	19,25	845,73

- Matice přepravních vztahů pro výhledový stav – rok 2018

3. VÝSLEDKY STATISTIKY GEH Z JEDNOTLIVÝCH STANOVIŠŤ

STAT GEH	SMĚR BRNO-LV	SMĚR BRNO-TV	SMĚR BLANSKO-LV	SMĚR BLANSKO-TV		STAT GEH	SMĚR BLANSKO-LV	SMĚR BLANSKO-TV	SMĚR NÁMĚSTÍ-LV	SMĚR NÁMĚSTÍ-TV
15:31 - 15:45	1,664100589	2	0,226455407	0,632455532		15:31 - 15:45	1,632239762	1,507556723	1,706983627	#DIV/0!
15:46 - 16:00	0	1,414213562	0,43643578	1,414213562		15:46 - 16:00	0,262612866	1,732050808	0,997054486	#DIV/0!
16:01 - 16:15	1,154700538	1,414213562	0,953462589	1,279204298		16:01 - 16:15	1,125130038	0,377964473	0,914676808	#DIV/0!
16:16 - 16:30	2,064187386	0	0,685994341	0		16:16 - 16:30	0,648537476	0,377964473	0,383482494	#DIV/0!
	1,30585725	2,357022604	1,188177052	0,282842712			1,232631269	0,755928946	1,796292478	#DIV/0!
STANOVIŠŤE 1		0,554700196		1,214900215		STANOVIŠŤE 4 - SMĚR NÁMĚSTÍ		1,311808408		1,796292478
STAT GEH	SMĚR KOSTEL-LV	SMĚR KOSTEL-TV	SMĚR BLANSKO-LV	SMĚR BLANSKO-TV		STAT GEH	SMĚR BLANSKO-LV	SMĚR BLANSKO-TV	SMĚR BRNO-LV	SMĚR BRNO-TV
15:31 - 15:45	0,220863052	2,449489743	0,426401433	1,154700538		15:31 - 15:45	1,265957743	0,632455532	0,458831468	0,534522484
15:46 - 16:00	2,708012802	2	0,217028828	1,414213562		15:46 - 16:00	1,671834638	#DIV/0!	1,912365775	0
16:01 - 16:15	0,990147543	3,16227766	1,209415796	1,603567451		16:01 - 16:15	1,934149075	0,471404521	0,54073807	#DIV/0!
16:16 - 16:30	1,069044968	2	0,937042571	0,816496581		16:16 - 16:30	1,659122712	#DIV/0!	0,683763459	1,414213562
	2,172315412	4,898979486	0,823300837	1,109400392			2,088169556	0,755928946	1,764956921	1,333333333
STANOVIŠŤE 2		3,412987672		0,434372243		STANOVIŠŤE 5 - SMĚR PÍŠEČNÁ		2,183756929		1,51527654
STAT GEH	SMĚR BRNO-LV	SMĚR BRNO-TV	SMĚR SVITAVY-LV	SMĚR SVITAVY-TV		STAT GEH	SMĚR BLANSKO-LV	SMĚR BLANSKO-TV	SMĚR NEMOCNICE-LV	SMĚR NEMOCNICE-TV
15:31 - 15:45	1,486624633	0,301355886	0,349960312	0,552469177		15:31 - 15:45	2,846557234	2	0,037635496	0,980580676
15:46 - 16:00	2,327235614	0,448341529	0,029708422	0		15:46 - 16:00	0,883787916	0	0,037216146	1,224744871
16:01 - 16:15	0,158899497	1,155596011	0,24612715	0,27017265		16:01 - 16:15	1,572427255	1	1,229774646	0,267261242
16:16 - 16:30	0,795067379	2	0,278681388	1,277886208		16:16 - 16:30	0,707106781	0,447213595	0,183063006	2,121320344
	0,657032763	1,334548857	0,363833698	0,990673681			0,848528137	1,279204298	0,512576418	2
STANOVIŠŤE 3		2,029327564		0,859522533		STANOVIŠŤE 5 - SMĚR BARTOŠOVA		1,104689541		0,217357067
STAT GEH	SMĚR BLANSKO-LV	SMĚR BLANSKO-TV	SMĚR NEMOCNICE-LV	SMĚR NEMOCNICE-TV		STAT GEH	SMĚR SVITAVY-LV	SMĚR SVITAVY-TV	SMĚR BRNO-LV	SMĚR BRNO-TV
15:31 - 15:45	1,36989764	1,831653112	0,12269023	0,651838513		15:31 - 15:45	1,102257568	1,191999115	0,845384009	0,512490023
15:46 - 16:00	0,239980232	1,402410436	0,819519503	1,681792831		15:46 - 16:00	0,697137763	#DIV/0!	1,899241457	1,56508458
16:01 - 16:15	1,096671939	1,365710067	1,12916895	1,377587139		16:01 - 16:15	0,273179469	0,616271948	0,732331556	#DIV/0!
16:16 - 16:30	0,283787979	0	0,844426254	0,450873587		16:16 - 16:30	0,875247304	#DIV/0!	0,760548476	0,53182959
	1,273988334	2,019008723	0,596375075	0,115863363			1,029514855	0,518738942	1,17359682	0,516397779
STANOVIŠŤE 4 - SMĚR NEMOC.		0,8387887		0,528576679		STANOVIŠŤE 6		0,841527236		1,394470654

- Statistika GEH u jednotlivých uzlů

STAT GEH	C	C	M	GEH1	GEH1
3.4	291	370	283	0,472225	4,814793
4.3	380	395	363	0,882002	1,64373
4.5	348	348	366	0,952661	0,952661
5.4	267	337	347	4,565841	0,540738
5.6	78	98	160	7,516928	5,458796
6.5	85	72	136	4,851645	6,275716
3.6	509	491	399	5,162556	4,361218
6.3	623	483	448	7,562377	1,622214

- Statistika GEH mezi jednotlivými uzly uvnitř sítě

4. KONTROLNÍ LIST PRO POZOROVATELE A POPIS POŽADAVKŮ

PŘÍLOHA I – KONTROLNÍ LIST PRO TVŮRCE SIMULACE

Červeně – kritické předpoklady, musí být splněny vždy (odpověď pouze ano)

Oranžově – další předpoklady, které mají být v relevantních případech splněny, nebo zdůvodněny a dokladovány ve studii

Vysvětlení jednotlivých položek kontrolního listu:

I. Stavba modelu

- I. 1. Územní rozsah modelu zpravidla zahrnuje kromě posuzované oblasti také přímo ovlivněnou oblast. Doporučuje se územní rozsah simulace projednat před zahájením prací se zadavatelem studie nebo s osobou či institucí s rozhodovací pravomocí (např. odbor dopravy). Více v kap. 4.1.3.
- I. 2. Všechna použitá vstupní data musí být ve zprávě popsána – jejich původ, formát, datum/období ke kterému se vztahují, způsob využití apod.
- I. 3. Délkové i šířkové parametry ovlivňují plynulost dopravy a chování řidičů, v simulaci je nutná jejich shoda s reálným stavem nebo projektovým návrhem.
- I. 4. Počet a délka řadících pruhů výrazně ovlivňují kapacitu uzlů a úroveň kvality dopravy, jejich simulace musí být ve shodě s realitou nebo projektovým návrhem.
- I. 5. Souhlasit musí nejen vztahy podřízenosti a nadřazenosti dopravních proudů, ale také možnosti rozhledu v křižovatce, hodnoty kritických mezer (jsou-li kompatibilní s měřenými daty⁹) a případně také specifické jevy spojené s daným místem, jako třeba vynucování vjezdu nebo kooperativní chování (např. když v křižovatce vozidlo v nadřazeném dopravním proudu umožní vjezd vozidlu hromadné dopravy v podřazeném dopravním proudu, nebo když na dálnici vozidlo jedoucí v pravém pruhu přejede do levého pruhu a umožní tak zařazení jiného vozidla z přípojovacího pruhu).
- I. 6. Simulační software obvykle vyžaduje definovat v místech směrového zakřivení, zúžení vozovky nebo jiného omezení sníženou hodnotu rychlosti nebo jinou veličinu, ze které požadovanou rychlost vypočte (např. poloměr zakřivení). Výsledná rychlost je pak důsledkem nastavených požadovaných rychlostí (uplatní se ve volném dopravním proudu) a vzájemné interakce vozidel (dopravní proud s odpovídající intenzitou).
- I. 7. U statického (pevného) signálního plánu musí být v realitě/návrhu a v simulaci plná shoda. U dynamického řízení lze akceptovat simulaci statického signálního plánu pouze v případech s vysokou saturací vjezdů, kdy signální plán dosahuje svých mezních hodnot a vysoká saturace neumožňuje výrazné odchylky v jednotlivých cyklech. Závisí také na formulaci úlohy – studie, která má prověřit efektivitu dynamického řízení musí simulovat dynamické řízení (tato schopnost může být v softwaru dostupná až po zakoupení příslušného modulu).
- I. 8. Simulační studie musí obsahovat popis účastníků dopravy zahrnutých do simulace a případné zdůvodnění nezahrnutí některých účastníků. V intravilánu je nutno věnovat pozornost zejména chodcům a cyklistům.

- I. 9. Provoz vozidel hromadné dopravy se liší od ostatních účastníků svojí pravidelností a stabilním vozovým parkem. Kromě pohybu v silniční síti je nutno zohlednit zvláštní manévry jako vjezd a výjezd ze zastávky a případné následné vlivy cestujících v pozici chodců, křižujících komunikaci.
- I. 10. Jsou-li informace o intenzitách dostupné ve formě matice (např. jako výstup makroskopického modelu), je nutné přiřadit tyto intenzity na správné trasy v síti a v některých případech také na více tras. Tudíž jako podklad nestačí pouze matice přepravních vztahů, ale jsou zapotřebí také informace o zatížení jednotlivých tras mezi zdrojem a cílem. Uvedené neplatí v případě, že výběr trasy pro všechny vztahy probíhá v simulaci (tj. při dynamickém zatěžování v simulaci). Viz také kap. 2.3.3.3.

II. Ladění, kalibrace a validace modelu

- II. 1. Proces ladění modelu popisuje kap. 4.4. Jde o zajištění základní funkčnosti modelu a odstranění chyb plynoucích z definice a základního nastavení modelu. Tento krok nenahrazuje kalibraci!
- II. 2. Profilová kontrola intenzit v simulaci je důležitá zejména ve složitějších sítích, kdy profilem projíždějí vozidla z většího počtu tras. Jde o kontrolu shody vstupní a simulované hodnoty intenzity (tj. shoda profilové hodnoty v makromodelu s hodnotou v mikrosimulaci) ve vybraných profilech.
- II. 3. Kalibraci modelu je potřebné provést vždy. Slouží k zajištění dostatečné míry shody mezi reálným a simulovaným provozem. I v případě simulace neexistujícího řešení lze alespoň základní kalibraci provést např. využitím dat z podobné studie či obdobného dopravního řešení. Detaily kalibračního postupu popisuje kap. 4.5.
- II. 4. Kalibrační veličiny musí být ve studii popsány včetně shody mezi měřenými a simulovanými daty. Pro detaily viz kap. 4.5.
- II. 5. Kalibrační cíle musí být stanoveny předem a musí být splněny. V případě velkých a významných projektů se doporučuje stanovení kalibračních cílů po dohodě se zadavatelem nebo příjemcem výsledků simulační studie. Pro detaily viz kap. 4.5.
- II. 6. Proces validace modelu je popsán v kap. 4.5.4. Má být proveden, když je k dispozici validační set dat. Validace zvyšuje výpovědní hodnotu simulace a spolehlivost výsledků.
- II. 7. Je-li validace modelu prováděna, musí být zdokumentována, včetně popisu validačních veličin a míry shody s měřenými daty.
- II. 8. Je-li validace modelu prováděna, musí být popsáno splnění validačních cílů resp. limitů.
- II. 9. Standardní sety parametrů jsou defaultní nastavení softwaru pro specifické účely. Je zcela běžné, že v některých případech je nutno jejich hodnoty změnit v zájmu úspěšné kalibrace modelu (důvodem může být např. jiná hodnota saturovaného toku v simulované oblasti). Tyto změny je potřeba zdůvodnit a uvést alespoň seznam parametrů, které byly oproti standardním hodnotám změněny. Konkrétní hodnoty nastavení parametrů není nutné publikovat s ohledem na know-how, jejich důsledky je však nutno popsat. Pro další informace viz kap. 2.3.2 a 4.3.1.

III. Výsledky

- III. 1. Formulace závěrů na základě jednoho simulačního procesu je nepřijatelná. Proces stanovení potřebného počtu simulačních procesů je popsán v kap. 4.8. Jeho účelem je zajištění statistické spolehlivosti výsledků simulace. Pro jednodušší modely se doporučuje alespoň 10 simulačních procesů, u složitějších je nutno provést výpočet potřebného počtu simulačních procesů.
- III. 2. Doba potřebná k překonání stavu nulového nasycení sítě neboli zahřívací periody musí být aplikována a dokumentována vždy, závisí na velikosti a složitosti sítě. Další informace v kap. 4.7.
- III. 3. Časový interval hodnocení musí být v souladu s obecnými požadavky na DI posudky a zadáním objednatele a musí být ve zprávě zmíněn.

PŘÍLOHA II – KONTROLNÍ LIST PRO POSUZOVATELE SIMULACE

Pro jednotlivé položky kontrolního listu platí stejný komentář jako pro kontrolní list pro tvůrce simulačního modelu. **Cervené** položky musí být splněny vždy, **oranžové** jsou další předpoklady, které mají být v relevantních případech splněny, nebo zdůvodněny a dokladovány ve studii. Kontrolní list předpokládá, že posuzovatel nemá k dispozici samotný digitální simulační model (což by umožnilo mnohem hlubší kontrolu, ale zpravidla to není možné z důvodu ochrany know-how), ale pouze průvodní zprávu k simulaci.

I.	Stavba modelu	ANO	NE
I.1	Byl zvolen odpovídající územní rozsah modelu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I.2	Jsou popsána zdrojová empirická/prognózaná data o dopravním proudu? (Intenzita dopravy, skladba dopravního proudu, jízdní rychlosti)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I.3	Jsou definovány odlišnosti v modelové síti u jednotlivých variant?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I.4	Jsou popsána zdrojová data/podklady pro nastavení počtu a délky řadících pruhů v křižovatkách?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I.7	Jsou v simulaci dokladovány použité signální plány? Jsou popsány rozdíly mezi simulací a realitou a jejich důvody (např. použití statického signálního plánu v simulaci při dynamickém řízení v reálném provozu)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I.8	Jsou implementováni všichni účastníci dopravního provozu? Byly zjišťovány intenzity nemotorových dopravních proudů (chodci, cyklisti...)? Jsou-li někteří účastníci v simulaci zanedbáni, je vysvětleno proč?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I.9	Je popsána simulace vozidel hromadné dopravy? (soulad s jízdním řádem, druhy vozidel, zdržení v zastávkách apod.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
II.	Ladění, kalibrace a validace modelu	ANO	NE
II.3	Byla provedena kalibrace modelu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
II.4	Jsou dokladovány kalibrační veličiny a jejich shoda s měřenými daty?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
II.5	Jsou splněny kalibrační cíle?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
II.6	Byla provedena validace modelu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
II.7	Jsou dokladovány validační veličiny a jejich shoda s měřenými daty?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
II.8	Jsou splněny validační cíle?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
II.9	Pokud byla zmíněna změna standardních setů parametrů simulace, je racionálně odůvodněná? (veškeré podrobnosti nemusí být publikovány s ohledem na know-how)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
III.	Výsledky	ANO	NE
III.1	Byl proveden dostatečný počet simulačních procesů? (min. 10 nebo podle výpočtu)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
III.2	Byla aplikována adekvátní „zahřívací perioda“?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
III.3	Je vyhodnocení provedeno pro požadovaný resp. odpovídající časový interval (špičková hodina, sedlová hodina...)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
III.4	Jsou popsány měřené charakteristiky dopravního proudu v simulaci?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
III.5	Jsou dokladovány pozice virtuálních detektorů pro měření charakteristik dopravního proudu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. UZLY V ORTOFOTOMAPÁCH



- Stanoviště 1 - SS



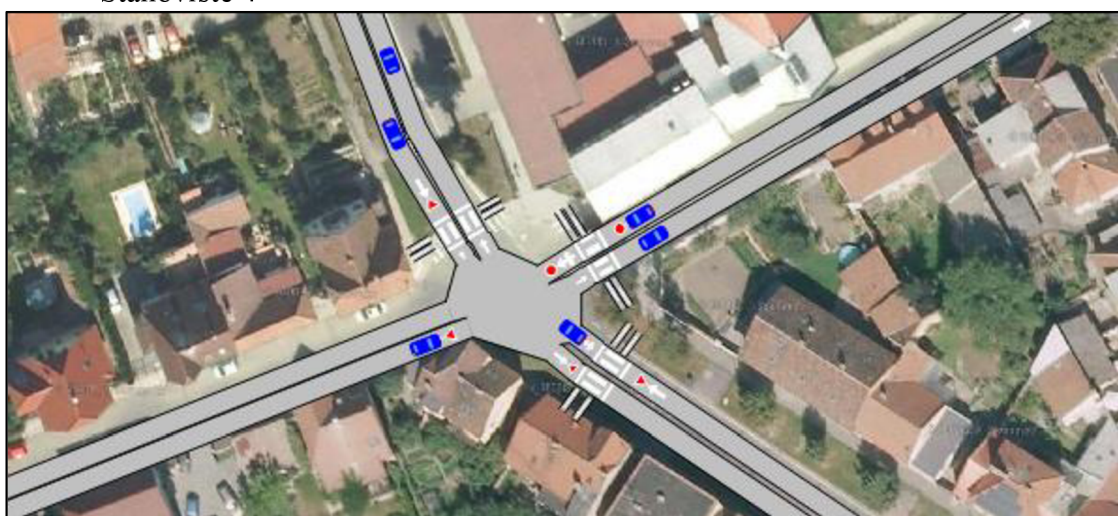
- Stanoviště 1 - VS



- Stanoviště 2



- Stanoviště 4



- Stanoviště 5



- Stanoviště 6 - SS



- Stanoviště 6 – VS

6. VÝSTUP Z AIMSUNU PRO VARIANTY 2015 A 2018

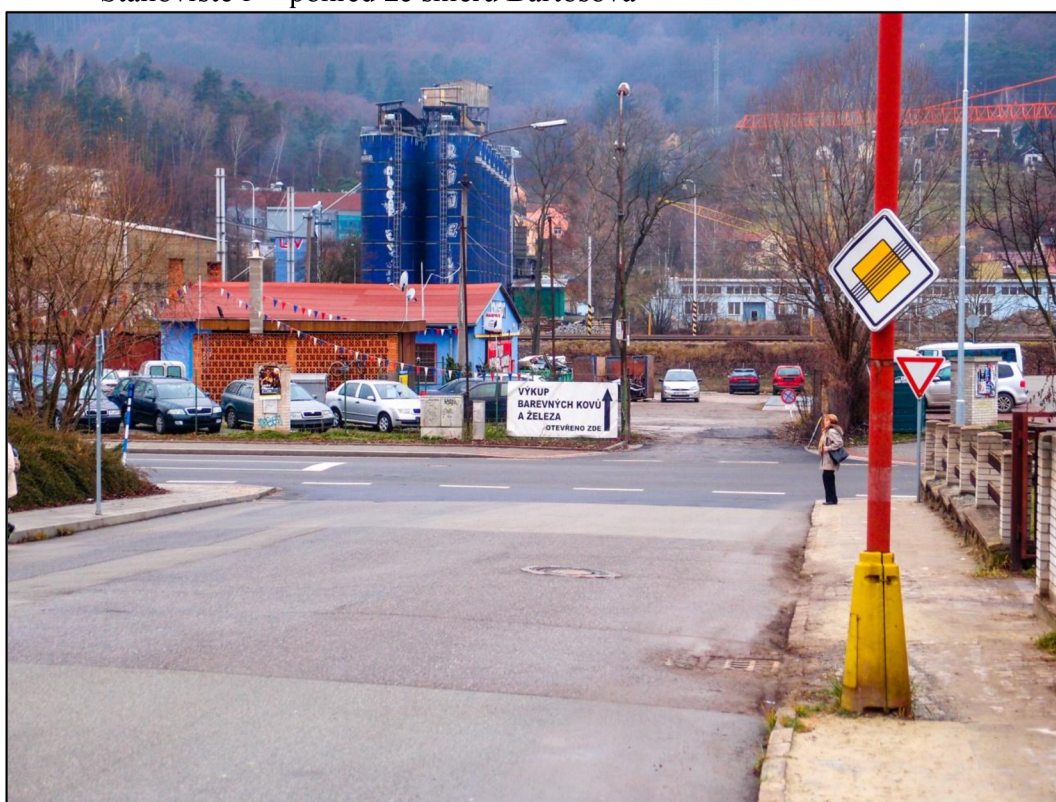
Time Series	2015	2018 - Bez přem.	2018 - S přem.	Units
	Value	Value	value	
Delay Time - All	29,39	77,4	49,14	sec/km
Delay Time - Car	32,69	85,87	54,19	sec/km
Delay Time - Truck	50,91	137,75	63,02	sec/km
Delay Time - Pedestrian	19,05	50,67	34,97	sec/km
Density - All	7,35	12,47	8,32	veh/km
Density - Car	6,66	11,48	7,68	veh/km
Density - Truck	0,31	0,53	0,26	veh/km
Density - Pedestrian	0,38	0,45	0,39	veh/km
Flow - All	3312	3714	3705	veh/h
Flow - Car	2341	2630	2623	veh/h
Flow - Truck	73	77	75	veh/h
Flow - Pedestrian	898	1007	1007	veh/h
Harmonic Speed - All	14,77	12,3	13,56	km/h
Harmonic Speed - Car	35,51	23,13	28,82	km/h
Harmonic Speed - Truck	29,49	17,12	26,38	km/h
Harmonic Speed - Pedestrian	5,76	5,48	5,61	km/h
Input Count - All	3319	3741	3679	veh
Input Count - Car	2345	2652	2594	veh
Input Count - Truck	74	80	76	veh
Input Count - Pedestrian	900	1009	1009	veh
Input Flow - All	3319	3741	3679	veh/h
Input Flow - Car	2345	2652	2594	veh/h
Input Flow - Truck	74	80	76	veh/h
Input Flow - Pedestrian	900	1009	1009	veh/h
Max Virtual Queue - All	2	10	4	veh
Max Virtual Queue - Car	2	9	4	veh
Max Virtual Queue - Truck	1	2	1	veh
Max Virtual Queue - Pedestrian	0	0	0	veh
Mean Queue - All	11,41	40,22	20,48	veh
Mean Queue - Car	10,6	37,98	19,71	veh
Mean Queue - Truck	0,73	2,11	0,65	veh
Mean Queue - Pedestrian	0,08	0,16	0,13	veh
Mean Virtual Queue - All	0,09	0,54	0,13	veh
Mean Virtual Queue - Car	0,09	0,52	0,13	veh
Mean Virtual Queue - Truck	0	0,02	0	veh
Mean Virtual Queue - Pedestrian	0	0	0	veh
Missed Turns - All	0	0	0	
Missed Turns - Car	0	0	0	
Missed Turns - Truck	0	0	0	
Missed Turns - Pedestrian	0	0	0	
Number of Stops - All	3,28	5,39	4,35	#/veh/km
Number of Stops - Car	1,9	3,65	2,93	#/veh/km
Number of Stops - Truck	1,82	3,86	2,59	#/veh/km
Number of Stops - Pedestrian	6,97	10,05	8,17	#/veh/km

	2015	2018 - Bez přem.	2018 - S přem.	
Time Series	Value	Value	value	Units
Speed - All	30,71	24,5	27,29	km/h
Speed - Car	40,14	31,7	35,44	km/h
Speed - Truck	34,07	24,79	31,57	km/h
Speed - Pedestrian	5,84	5,68	5,76	km/h
Stop Time - All	34,23	85,92	54,47	sec/km
Stop Time - Car	22,81	71,77	42,04	sec/km
Stop Time - Truck	37,02	120,33	47,42	sec/km
Stop Time - Pedestrian	63,75	120,25	87,37	sec/km
Total Travel Time - All	57,22	96,46	75,1	h
Total Travel Time - Car	51,86	88,83	69,36	h
Total Travel Time - Truck	2,39	4,11	2,29	h
Total Travel Time - Pedestrian	2,96	3,53	3,45	h
Total Travelled Distance - All	1910,01	2125,76	2097,49	km
Total Travelled Distance - Car	1824,48	2033,57	2016,34	km
Total Travelled Distance - Truck	68,46	72,91	61,85	km
Total Travelled Distance - Pedestrian	17,07	19,29	19,29	km
Travel Time - All	243,98	293,65	265,77	sec/km
Travel Time - Car	101,64	156,8	125,25	sec/km
Travel Time - Truck	122,32	211,11	136,68	sec/km
Travel Time - Pedestrian	624,95	657,37	641,42	sec/km
Vehicles Inside - All	54	89	53	veh
Vehicles Inside - Car	48	76	45	veh
Vehicles Inside - Truck	3	7	2	veh
Vehicles Inside - Pedestrian	3	6	6	veh
Vehicles Lost Inside - All	0	0	0	veh
Vehicles Lost Inside - Car	0	0	0	veh
Vehicles Lost Inside - Truck	0	0	0	veh
Vehicles Lost Inside - Pedestrian	0	0	0	veh
Vehicles Lost Outside - All	0	0	0	veh
Vehicles Lost Outside - Car	0	0	0	veh
Vehicles Lost Outside - Truck	0	0	0	veh
Vehicles Lost Outside - Pedestrian	0	0	0	veh
Vehicles Outside - All	3312	3714	3705	veh
Vehicles Outside - Car	2341	2630	2623	veh
Vehicles Outside - Truck	73	77	75	veh
Vehicles Outside - Pedestrian	898	1007	1007	veh
Vehicles Waiting to Enter - All	1	0	0	veh
Vehicles Waiting to Enter - Car	1	0	0	veh
Vehicles Waiting to Enter - Truck	0	0	0	veh
Vehicles Waiting to Enter - Pedestrian	0	0	0	veh

7. FOTOGALERIE



- Stanoviště 5 – pohled ze směru Bartošova



- Stanoviště 6 – pohled z ulice Fügnerova



- Stanoviště 1 – pohled směrem lokaci, kde je plánovaná výstavba přemostění. Na fotce vpravo je vidět obslužná komunikace, na kterou se přemostění má připojit



- Stanoviště 3 – pohled na železniční přejezd



- Stanoviště 3 – panoramatická fotka



- Stanoviště 3 – panoramatická fotka 2



- Stanoviště 4 – panoramatická fotka



- Stanoviště 4 – pohled ulicí Smetanova