VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

INSTITUTE OF ROAD STRUCTURES

DOPRAVNĚ-INŽENÝRSKÁ OPATŘENÍ NA UL. SVATOPLUKOVĚ V BRNĚ

TRAFFIC ORGANIZING OF SVATOPLUKOVA STREET IN BRNO

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE Bc. Filip Bátora

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE Ing. MARTIN VŠETEČKA, Ph.D.

SUPERVISOR

BRNO 2021

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	NPC-MI Městské inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Specializace	bez specializace
Pracoviště	Ústav pozemních komunikací

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Filip Bátora
Název	Dopravně-inženýrská opatření na ul. Svatoplukově v Brně
Vedoucí práce	Ing. Martin Všetečka, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2020
Datum odevzdání	15. 1. 2021

V Brně dne 31. 3. 2020

doc. Dr. Ing. Michal Varaus
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Prognóza zatížení dopravní sítě (BKOM - KAM - OD MMB)

Územní plán

ČSN 73 6102 a 73 6110

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

V návaznosti na realizaci VMO navrhněte organizační a případně stavební opaření na ulici Svatoplukově a případně navazujících (Gajdošova, Otakara Ševčíka). Cílem je reagovat na změnu dopravního zatížení po otevření stavby VMO Rokytova, případně i VMO Ostravská a VMO Tunel Vinohrady. Pro návrh řešení využijte mikroskopickou simulaci, např. SW Aimsun nebo PTV.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).

2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

Ing. Martin Všetečka, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Hlavným cieľom mojej diplomovej práce je návrh dopravno-inžinierskych opatrení na ulici Svatoplukova s ohľadom na realizáciu dostavby Velkého mestského okruhu a následnú zmenu dopravného zaťaženia. Pre implementáciu a simuláciu mnou navrhnutých opatrení som použil modelovací softvér PTV Vissim. Výsledky simulácie boli vyhodnotené a pretransformované do odporúčaní, ktoré môžu byť zvážené pri ďalšej tvorbe budúcich dopravno-inžinierskych opatrení v danej oblasti.

KLÍČOVÁ SLOVA

ulica Svatoplukova, Veľký mestský okruh, mikrosimulácia, dopravno – inžinierske opatrenia, PTV Vissim

ABSTRACT

The main goal of my diploma thesis is the design of transport-engineering measures on the Svatoplukova street with the focus on the finalization of the Great Brno ring road and the following changes of traffic intensity. For the implementation and simulation of my designed measures, I used the PTV Vissim modeling software. The simulation outputs were then evaluated and transformed into recommendations to be taken into consideration during the creation of future traffic-engineering measures in the given area.

KEYWORDS

PTV Vissim, microsimulation, Svatoplukova street, Great Brno ring road, traffic engineering measures

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Filip Bátora *Dopravně-inženýrská opatření na ul. Svatoplukově v Brně.* Brno, 2021. 52 s., 42 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemních komunikací. Vedoucí práce Ing. Martin Všetečka, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Dopravně-inženýrská opatření na ul. Svatoplukově v Brně* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 15. 1. 2021

Bc. Filip Bátora
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Dopravně-inženýrská opatření na ul. Svatoplukově v Brně* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 15. 1. 2020

Bc. Filip Bátora
autor práce

POĎAKOVANIE

Chcel by som sa poďakovať vedúcemu mojej práce Ing. Martinovi Všetečkovi, Ph.D. za jeho odborné vedenie, cenné rady a pripomienky. Za poskytnuté podklady by som chcel poďakovať spoločnosti KAM Brno a Brněnské komunikace a.s. Taktiež ďakujem spoločnosti PTV za poskytnutie študentskej licencie programu Vissim.

Obsah

1 Úvod 1

2 Popis územia 2

2.1 Podjazd pod železničný most 5

2.2 Popis križovatiek - súčasný stav 7

3 História územia 11

4 Doprava v lokalite 15

4.1 MHD 15

4.2 Cestná doprava 18

4.3 Pešia doprava 19

4.4 Cyklistická doprava 19

5 Dopravné opatrenia 19

5.1 BUS pruh 19

5.2 Tvorba signálnych plánov 20

6 Pohľad na vývoj dopravy v území 24

7 Varianty 25

7.1 Variant 0 25

7.2 Variant 1 25

7.3 Variant 2 27

8 Modelovanie 29

8.1 Mapové podklady 29

8.2 Vytvorenie siete komunikácii 29

8.3 Určenie prednosti v jazde 30

8.4 Rýchlosť vozidiel pri zmene smeru 31

8.5 Miesta zastavenia 31

8.6 Chodci 31

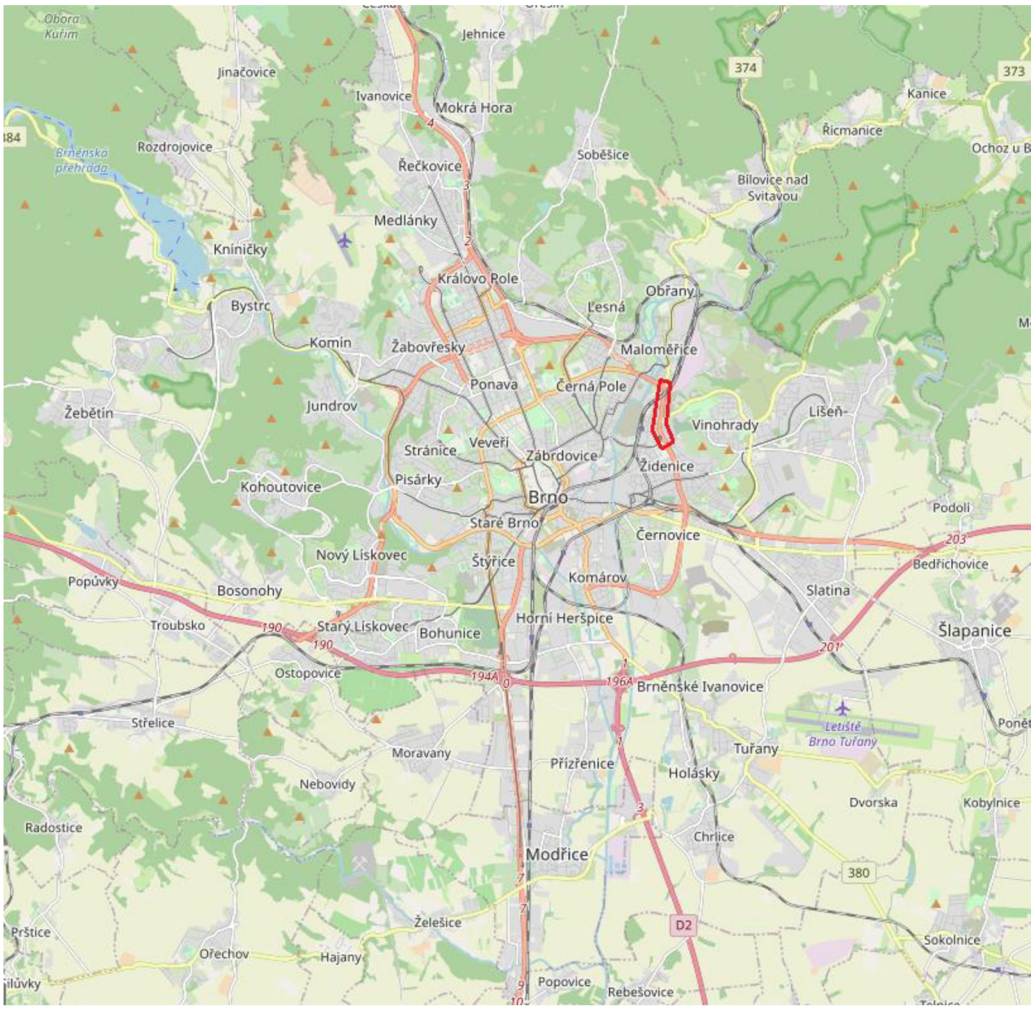
8.7 MHD 32
8.8 Vozidlá 35
8.9 Signálne plány 37
8.10 Vodorovné dopravné značenie 38
8.11 Cestovný čas vozidiel 38
8.12 Scenáre 39
8.13 Parametre simulácie 39
8.14 Verifikácia 39
9 Vyhodnotenie 40
9.1 Cestovný čas liniek MHD 44
9.2 Cestovný čas IAD 45
10 Záver 46
11 Prílohy 53
11.1 Situačné schémy križovatiek so signálnymi plánmi 53
11.2 Tabuľky medzičasov signálnych plánov 73
11.3 Pentlogramy 76

1 Úvod

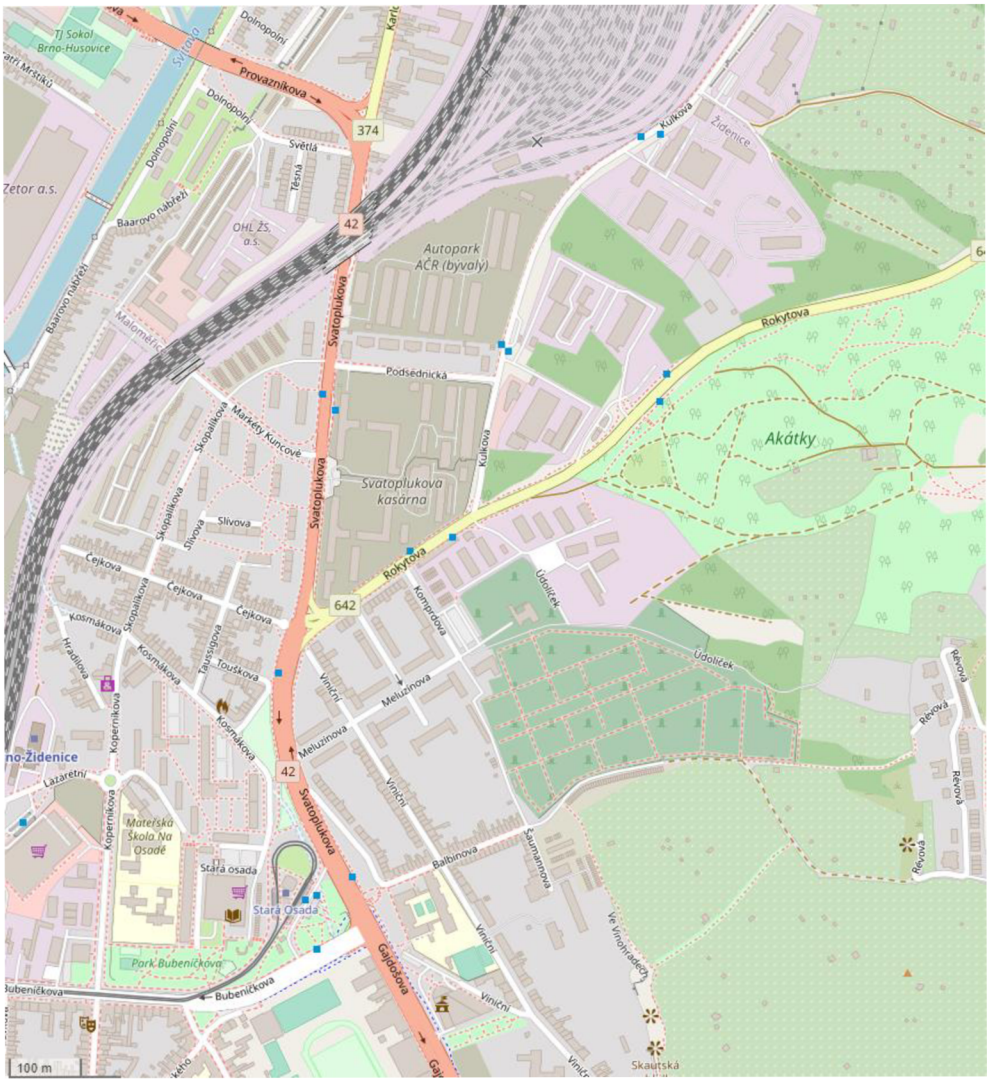
Vo svojej diplomovej práci sa venujem simulácii dopravy na ulici Svatoplukova v Brne. Hlavným motívom mojej práce bola dostavba VMO v úseku Husovický tunel – Vinohrady, ktorá významne odľahčí dopravu v úseku. Ďalším faktorom ovplyvňujúcim moju prácu bol spracovaný návrh nového územného plánu pre mesto Brno. Ten uvažuje o zmene organizácie dopravy v tomto úseku. Vytvoril som teda dva modely – najskôr súčasného a takisto aj budúceho stavu. Pre budúci model budú vytvorené dve varianty dopravno-inžinierskych opatrení. Tieto dve varianty následne porovnám a na základe mikroskopických simulácii zhodnotím klady a zápory jednotlivých variant.

2 Popis územia

Územie sa nachádza v Brne – druhom najľudnatejšom meste v Českej republike. Žije tu približne 381 tisíc obyvateľov. [1] Počet ľudí, ktorí sa nachádzajú na území mesta, je však podstatne vyšší. Počas akademického roka sa tu nachádza napríklad množstvo študentov vysokých škôl, ale aj pracujúcich bez trvalého alebo prechodného pobytu. Do mesta však denne prúdia aj ľudia z priľahlých obcí za prácou alebo vzdelaním. Títo všetci tak zaťažujú prepravné prúdy v meste a zvyšujú intenzitu dopravy.



Obrázok 1. Mapa širších vzťahov [2].



Obrázok 2. Mapa polohy skúmanej lokality [2].

Skúmaná lokalita sa nachádza v dvoch z celkovo 29 mestských častí štatutárneho mesta Brna. Jedná sa o mestské časti:

- Obřany a Maloměřice
- Židenice

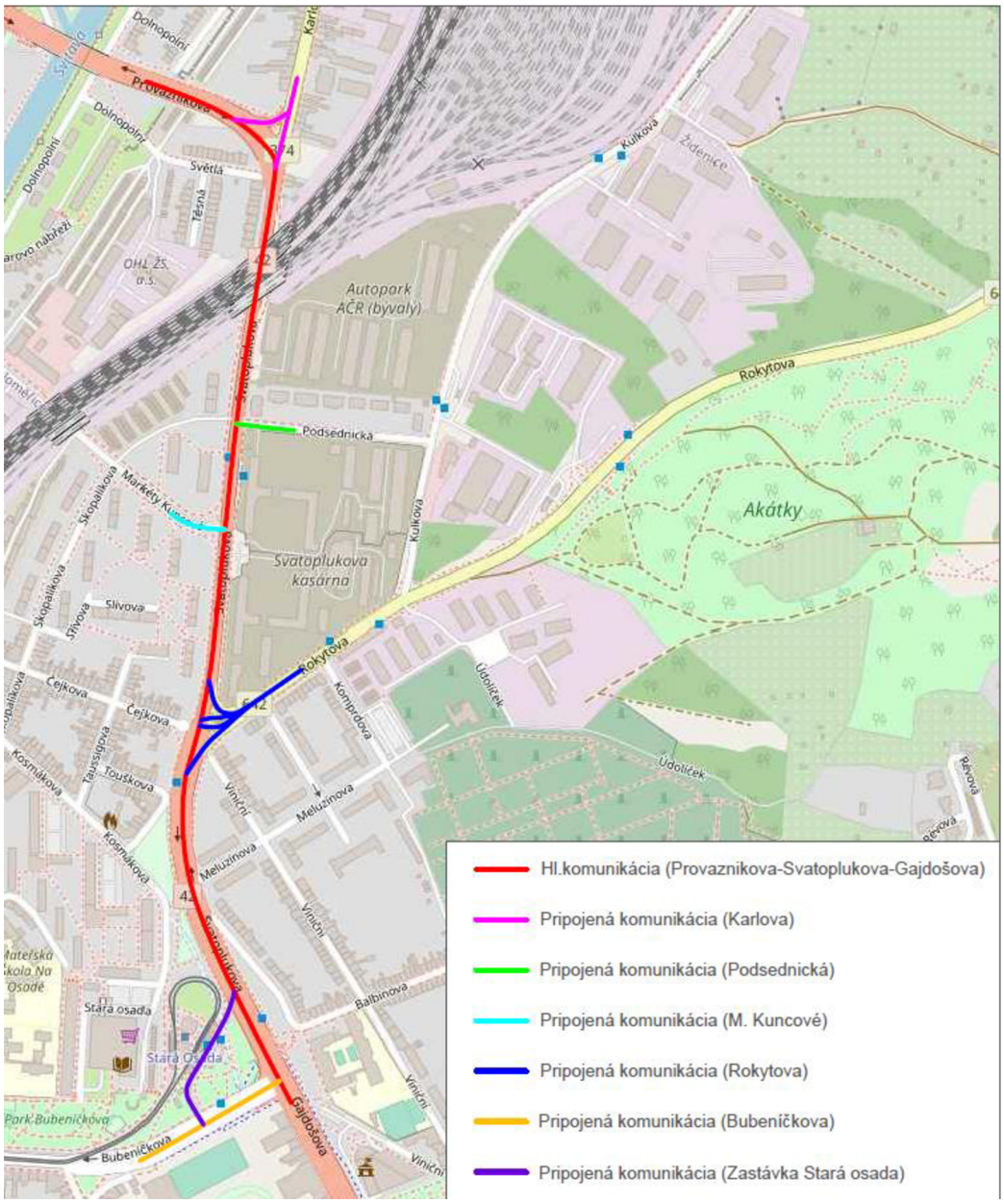
Ide konkrétne o ulicu Svatoplukova, ktorú vymedzujú križovatky:

- Provazníkova – Karlova na severe
- Bubeníčkova – Gajdošova na juhu

Úsek sa ďalej križuje s ulicami:

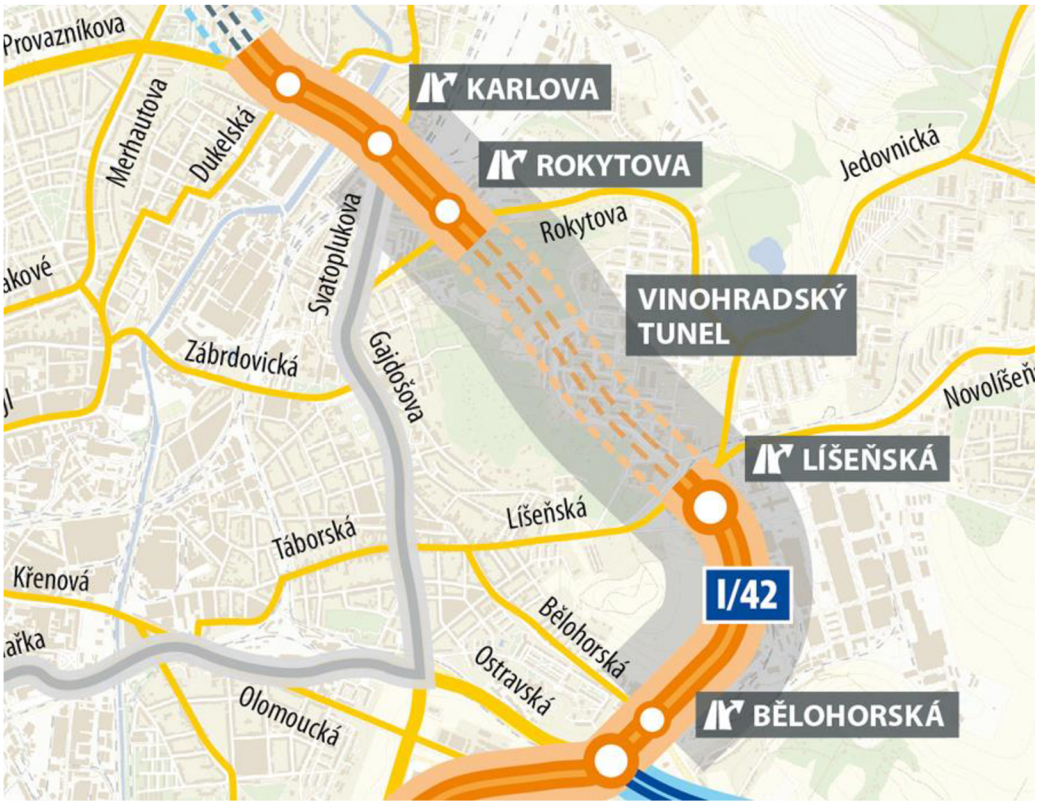
- Podsednická
- Markéty Kuncové
- Rokytová
- Meluzínova

a dvomi výjazdmi zo Svatoplukových kasárni.



Obrázok 3. Schéma modelovaného územia [2].

Celý úsek je dlhý 1,1km a je jedným z najvyťaženejších v celom Brne. Podľa údaja zo sčítania dopravy z roku 2016 je intenzita na úseku viac ako 42 tisíc motorových vozidiel za 24 hodín [3]. Túto intenzitu by mala znížiť dostavba VMO[1] – najskôr v úseku Husovický tunel – Rokytova, neskôr výstavbou Vinohradského tunela a v poslednej etape úsekom Lišeňská – Ostravská. Tu sa napojí na tzv. Ostravskú radiálu[2].



Obrázok 4. Mapa plánovanej výstavby VMO mesta Brno [3].

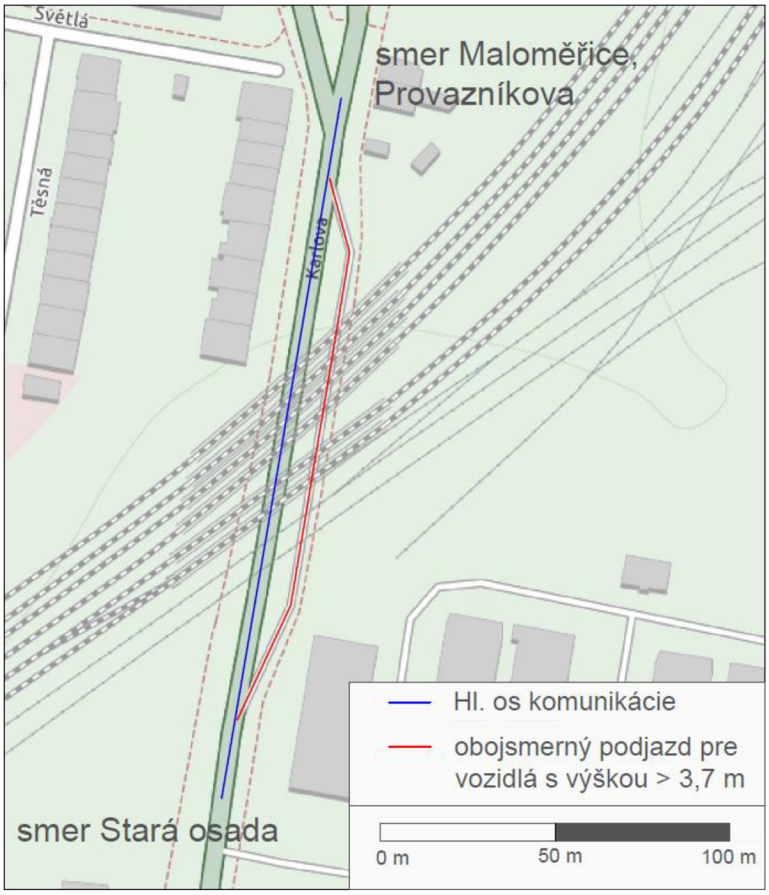
2.1 Podjazd pod železničný most

V skúmanom území sa nachádza podjazd pod železničným viaduktom, ktorý má zníženú podjazdnú výšku na 3,7 m. Pre vyššie vozidlá ako 3,7 m slúži podjazd vedený súbežne s hlavnou osou komunikácie. Slúži však pre oba smery, na čo upozorňuje aj zvislé dopravné značenie. Vozidlá idúce v smere na Starú osadu preto musia

[1] Veľký mestský okruh

[2] Ostravská radiála – úsek ulice Ostravská je tvorený štyrmi pruhmi a napája sa na diaľnicu D2

prekonávať dva jazdné pruhy v opačnom smere, čo výrazne komplikuje dopravnú situáciu v čase dopravnej špičky.



Obrázok 5. Umiestenenie podjazdu po železničným viaduktom [2].

Túto skutočnosť som zanedbal aj napriek faktu, že maximálna výška nákladnej jazdnej súpravy môže mať výšku 4 m + 2%, inak sa jedná o nadrozmernú jazdnú súpravu vyžadujúcu zvláštné úpravy a podmienky na komunikácii [4]. Táto skutočnosť by však nemala výrazne ovplyvniť výstup mojej práce, keďže v drvivej väčšine jazdia úsekom vozidlá s výškou pod 3,7 m, čo bolo zistené na základe miestneho pozorovania.

Obrázok 6. Podjazd pod železničným viaduktom na ul. Karlova.

2.2 Popis križovatiek - súčasný stav

2.2.1 Provazníkova – Karlova – Svatoplukova

Križovatka je tvorená štvorprúdovou obojsmernou cestou od ulice Provazníkova, z ktorej vedie jeden odbočovací pruh vľavo, čiže do ulice Karlova. Toto odbočenie je označené ako vedľajšia cesta. Na ulicu Svatoplukova sa napája pravotočivo pomocou dvoch pruhov označených ako hlavná cesta. Oba prípady sú opatrené svetelnou signalizáciou. Od ulice Karlova vedie dvojprúdová obojsmerná komunikácia s odbočovacím pruhom na ulicu Provazníkova. Toto odbočenie nie je opatrené svetelnou signalizáciou a je označené ako vedľajšia cesta. Ulica Karlova sa priamo napája za krížením s Provazníkovou na Svatoplukovu. Táto cesta je označená ako vedľajšia a je opatrená svetelnou signalizáciou. Z ulice Svatoplukova je možné dostať sa na Provazníkovu pomocou dvojpruhovej komunikácie označenej ako hlavná cesta a opatrenej svetelnou signalizáciou. Z pravého pruhu je možné pokračovať po ulici Karlova v jednom jazdnom pruhu.

2.2.2 Svatoplukova – Podsednická

Táto križovatka bez SSZ sa nachádza v severnej časti ulice Svatoplukova. Zvislé dopravné značenie umožňuje len pravé odbočenia z ulice Podsednická a rovnako aj zo Svatoplukovej, tá je označená ako hlavná komunikácia. Ulica Podsednická je obojsmerná

s jedným pruhom pre každý smer. Na jednej strane je tvorená bytovou zástavbou a z druhej strany ju lemujú Svatoplukové kasárne. Prerušuje chodník vedený pozdĺžne s ulicou Svatoplukova, avšak nenachádza sa tu žiaden prechod pre chodcov alebo označené miesto pre prechádzanie.

Obrázok 7. Pohľad na križovatku Svatoplukova – Podsednická z ulice Svatoplukova.

2.2.3 Svatoplukova – M. Kuncové

V mieste napojenia ulice M. Kuncové na ulicu Svatoplukova je križovatka vybavená svetelnou signalizáciou a dvomi prechodmi pre chodcov. Z dvojpruhovej komunikácie na Svatoplukovej v smere na Starú osadu vedie jeden odbočovací pruh na M. Kuncové. V odbočovacom pruhu sa nachádza prechod pre chodcov bez SSZ. Ďalší prechod sa nachádza pri odbočení z M. Kuncové na ulicu Svatoplukova, avšak ten je opatrený SSZ. Komunikácia je v mieste odbočenia rozšírená na dva pruhy – jeden v smere na Starú osadu a druhý v smere na Provazníkovu. V smere zo Starej osady po Svatoplukovej nie je v súčasnosti umožnené odbočiť na ulicu M. Kuncové. Jazdný pruh sa tam však ešte v prvej polovici roka 2020 nachádzal a bol zablokovaný betónovou

zátarasou. Táto časť križovatky však prešla v tomto roku rekonštrukciou a na mieste jazdného pruhu vznikol ostrov pre chodcov.

Obrázok 8. Pohľad na Križovatku Svatoplukova – M. Kuncové z ulice M. Kuncové.

2.2.4 Svatoplukova – Rokytova

Ďalšou križovatkou, ktorá sa na trase nachádza, je kríženie ulíc Svatoplukova a Rokytova. V smere na Starú osadu je komunikácia rozšírená o ďalší odbočovací pruh na Rokytovu (vpravo). Celkovo tak na Rokytovu smerujú dva pruhy, pričom stredový pruh slúži aj pre pokračovanie po ulici Svatoplukova. Ľavý pruh v tomto smere slúži iba pre priamy smer. Oba smery sú opatrené SSZ a za ich kríženiami sa nachádzajú prechody pre chodcov vybavené taktiež SSZ. V opačnom smere po ulici Svatoplukova sa dvojpruhová komunikácia rozširuje o odbočovací pruh smerom na Rokytovu. Ten je opatrený SSZ a je na ňom umiestnený prechod pre chodcov. Dva pruhy smerujú rovno ku križovatke s ulicou M. Kuncové. Pred krížením s Rokytovou sa nachádza SSZ a prechod pre chodcov. Z ulice Rokytova je možné odbočiť do oboch smerov na ulicu Svatoplukova. Odbočenie smerom na Starú osadu je opatrené SSZ a taktiež sa tu nachádza prechod pre chodcov. Pruh sa tu však rozdvojuje, čím sa zvyšuje kapacita križovatky. Jediný prechod v križovatke bez SSZ sa nachádza na pravom odbočení z ulice Rokytova, zároveň ani jazdný pruh v tomto smere nie je vybavený SSZ ale je vybavený zvislým dopravným značením „Daj prednosť v jazde!“.

Obrázok 9. Pohľad na križovatku Svatoplukova – Rokytova z ulice Svatoplukova.

2.2.5 Bubeníčkova – Svatoplukova – Gajdošova

V mieste napojenia Bubeníčkovej ulice sa končí ulica Svatoplukova a za ich krížením pokračuje už ulica Gajdošova. Zo Svatoplukovej vedie prídavný odbočovací pruh priamo na ulicu Bubeníčkova, ktorý je označený ako hlavná komunikácia a zároveň je opatrený SSZ. Rovnakými dopravno-organizačnými opatreniami sú vybavené dva pruhy smerujúce na Gajdošovu. Z ulice Bubeníčkova je možné ľavé odbočenie pomocou dvoch jazdných pruhov opatrených SSZ na ulicu Svatoplukova. Pravé odbočenie na ulicu Gajdošova nie je opatrené SSZ, ale zvislým dopravným značením upravujúcim prednosť v jazde. Z ulice Gajdošova je možné odbočiť doľava na ulicu Bubeníčkova v jednom pruhu a v dvoch je možné pokračovať na ulicu Svatoplukova. Oba smery sú opatrené SSZ. V celej križovatke sa nenachádza žiaden prechod pre chodcov. Pešia doprava je vedená pod križovatkou podchodmi.

Obrázok 10. Pohľad na križovatku Bubeníčkova – Svatoplukova – Gajdošova z ulice Svatoplukova.

3 História územia

Svatoplukova ulica vznikla v 20-tych rokoch minulého storočia, kedy tu boli vybudované rovnomenné Svatoplukovy kasárny. Ulica spájala vtedy dve samostatné obce Židenice a Maloměřice. Na jej južnej strane sa nachádzalo dnes už neexistujúce Karlovo námestie. Južne pod ním sa nachádzala Karlova trieda, ktorá bola neskôr premenovaná a stala súčasťou Svatoplukovej ulice. Týmto pripojením boli naznačené črty súčasnej podoby.

Konečnú podobu však ul. Svatoplukova dostala v 80-tych rokoch minulého storočia, kedy bola narušená kompletná urbanistická štruktúra uličnej zástavby a blokov [5]. Vznikli tu štyri jazdné pruhy, pretože na ulicu boli dopravne napojené novovzniknuté panelové sídliská, a to najskôr v druhej polovici 70-tych rokov sídlisko Lišeň a následne v 80-tych rokoch Vinohrady. Tie boli napojené pomocou ulice Rokytova zo severo-západnej strany.

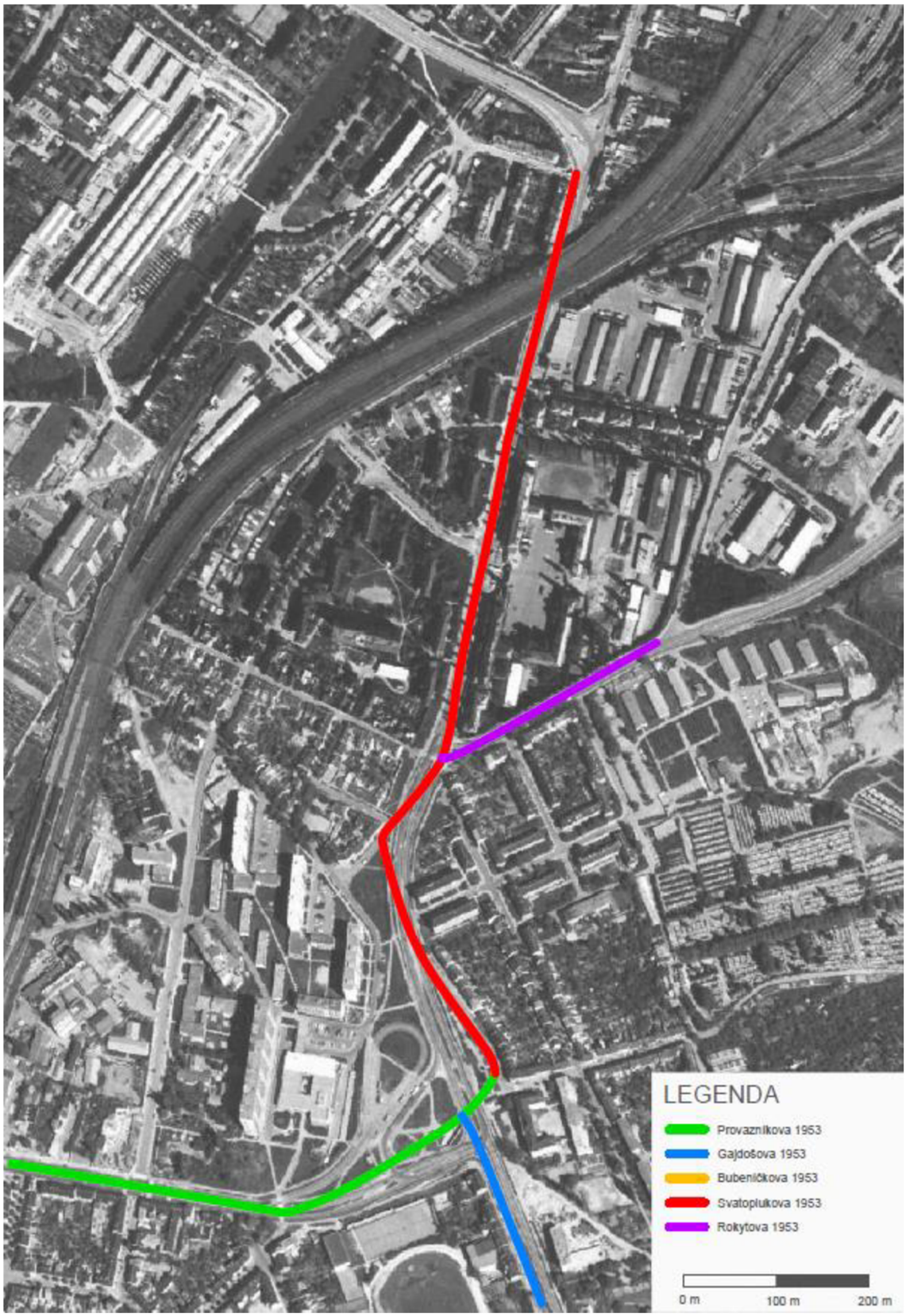
Ulica taktiež získala prepojenie zo severnou časťou mesta pomocou mosta ponad rieku Svitava. Tento most bol postavený v roku 1984 a spojil tak Židenice s Husovicami patriacimi pod mestskú časť Brno-sever.

Ďalším aspektom dotvárajúcim dnešnú podobu dopravnej infraštruktúry v danej lokalite bola výstavba dopravného uzlu na Starej osade. Popri ňom vznikla východne od neho aj panelová zástavba, ktorá podčiarkla roztrieštenosť uličnej zástavby.

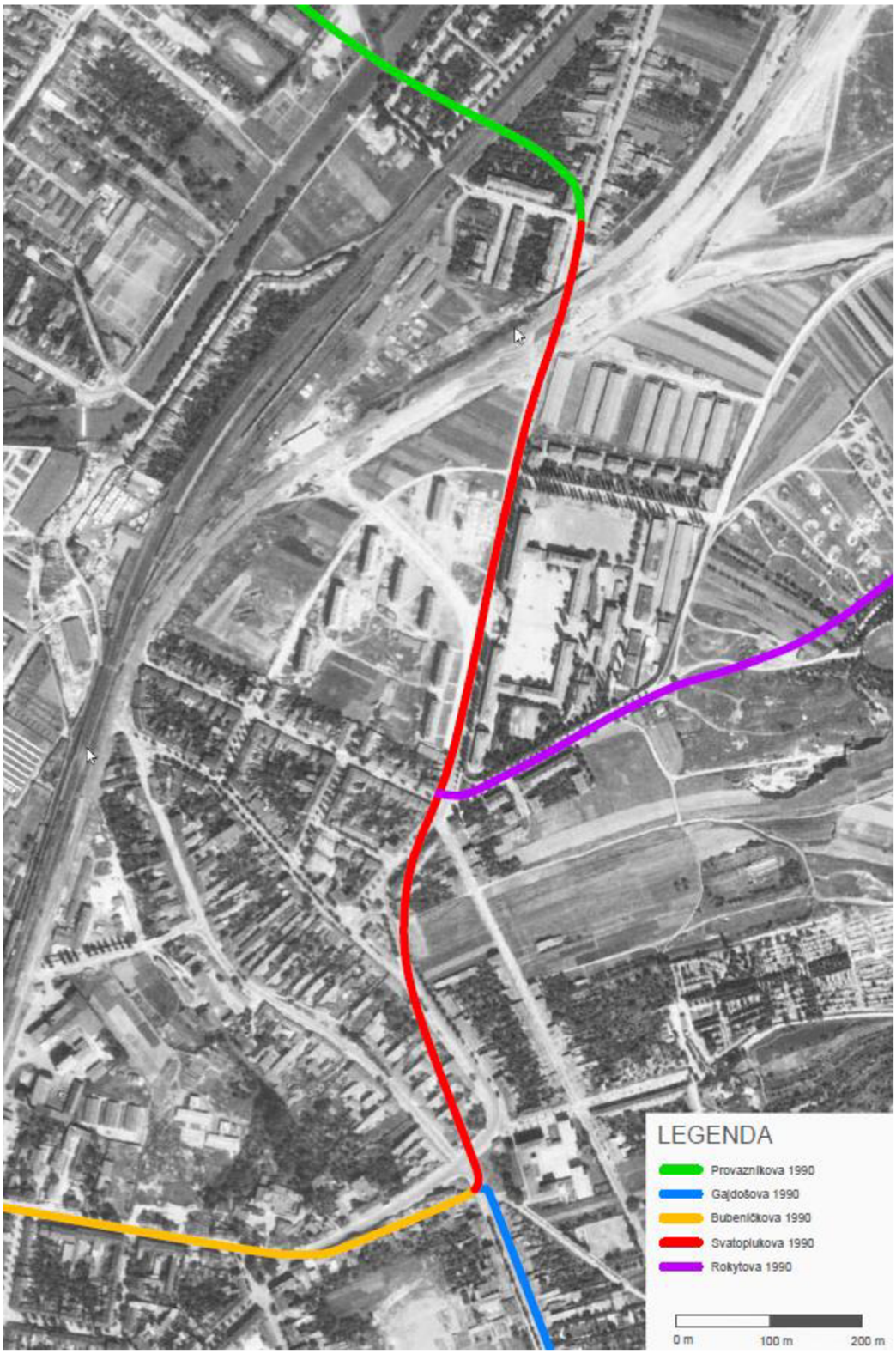
Dopravný význam tejto ulice započala najmä výstavba električkovej trasy v 30-tych rokoch minulého storočia. Električka tu jazdila od roku 1932 až do roku 1985. Trasa viedla od ulice Bubeníčkova až po bývalé Karlovo námestie, kde bolo električkové obratisko.

Dôvodom pre zrušenie tejto trasy a jej skrátenie po dnešné obratisko na Starej osade bolo skapacitnenie ulice Svatoplukova. To malo vyriešiť lepšiu dopravnú obslužnosť sídlisk Vinohrady a Lišeň vybudovanou štvorprúdovou komunikáciou. .

Koľajová doprava ulicou bola nahradená autobusovou a v 90-tych rokoch následne trolejbusovou fungujúcou s malými zmenami až dodnes. Uzol tvorí električková slučka a trolejbusové a autobusové nástupištia. Súčasťou je tiež malá parková plocha a podchod pre peších popod ulicu Svatoplukova.



Obrázok 11. Historická ortofoto mapa z roku 1993 so schémou uličnej siete z roku 1953 [6].

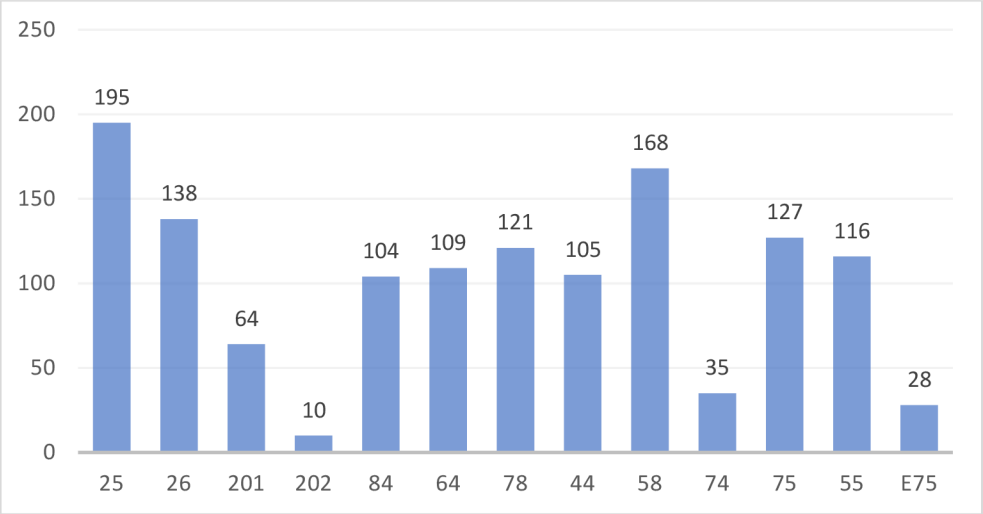


Obrázok 12. Historická ortofoto mapa z roku 1953 so schémou uličnej siete z roku 1990 [6].

4 Doprava v lokalite

4.1 MHD

V predmetnom území jazdí niekoľko liniek IDS Juhomoravského kraja. Tie zabezepčujú dvaja dopravcovia, drvivú väčšinu však zabezpečuje spoločnosť Dopravný podnik mesta Brna, a.s. Konkrétne v úseku jazdili ku dňu 30.10.2020 dve trolejbusové linky a 13 autobusových liniek v celkovom počte 1320 spojov za pracovný deň počas školského roka.



Graf 1. Početnosť jednotlivých spojov v oboch smeroch za 24 hodín pracovného dňa počas školského roku na zastávke Stará osada.

Z grafu sa dá konštatovať, že najvyššiu početnosť majú linky 25 a 58. Pre túto prácu sú najdôležitejšie linky, ktoré premávajú po ulici Svatoplukova. Tie sú uvedené v nasledujucej tabuľke:

Číslo linky	Početnosť spojov
25	195
26	138
201	64
84	104
64	109
44	105
74	35
75	127
E75	28
Spolu	905

Tabuľka 1. Spoje premávajúce po ulici Svatoplukova.

4.1.1 Trolejbusové linky

Trolejbusové vedenie sa nachádza na celej dĺžke ulice Svatoplukova, na ulici Rokytova kde pokračuje smerom k sídlisku Vinohrady, na ulici Provazníkova smerom do centra mesta a na samotnej zastávke Stará osada. Z časti sa tiež nachádza aj na ulici Bubeníčkova, avšak iba v dĺžke cca 100 m, čo predstavuje úsek od križovatky zo zastávkou Stará osada po križovatku so Svatoplukovou.

V súčasnosti sú v lokalite dve aktívne linky premávajúce v oboch smeroch a výlučne iba v dennom režime [7]:

Linka 25: Osová – Nemocnice Bohunice – Čtvrtě – Pisárky – Mendlovo nám. – Úvoz – Konečného nám. – Pionýrská – Lesnická – Tomkovo nám. (– Vozovna Husovice) – Stará osada – Pálavské nám. – Novolíšeňská – Jírova

Linka 26: Kamenný vrch – Čtvrtě – Pisárky – Mendlovo nám. – Úvoz – Konečného nám. – Pionýrská – Lesnická – Tomkovo nám. (– Vozovna Husovice) – Stará osada – Pálavské nám. – Novolíšeňská – Jírova

4.1.2 Autobusové linky

Z autobusových liniek v lokalite premávajú dve významné okružné linky 84 a 44, ktoré premávajú po tej istej trase, avšak každá z nich v opačnom smere. Zabezpečujú

spojenie napr. s ÚAN Zvonařka. Ďalšie dve linky 201 a 202, ktoré v súčasnosti prevádzkuje prepravca ČAD Blansko a.s., spájajú Brno s priľahlými obcami. Lokalitou premáva aj jedna expresná linka E75. Tá kopíruje trasu linky 75, avšak nezastavuje na všetkých zastávkach nachádzajúcich sa na trase.

Zoznam všetkých aktívnych denných spojov (aktuálnych k 31.10.2020) [7]:

Linka 84: Stará osada – Tržní – Autobusové nádraží – Mendlovo nám. – Riviéra – Pisárky – Vozovna Komín – Přívrat – Skácelova – Královo Pole, nádraží – Halasovo nám. – Štefánikova čtvrť – Tomkovo nám. – Stará osada

Linka 44: Mendlovo nám. – Autobusové nádraží – Tržní – Stará osada – Tomkovo nám. – Štefánikova čtvrť – Halasovo nám. – Královo Pole, nádraží – Skácelova – Přívrat – Vozovna Komín – Pisárky – Riviéra – Mendlovo nám.

Linka 64: Komárov – Škrobárenská – Masná – Životského –Kuldova – (Židenice, nádraží –) Stará osada – Zimní – Červený písek

Linka 78: Židenice, nádraží – Stará osada – Dělnický dům – Malá Klajdovka – Pálavské nám. – Strnadova – Elplova – Jírova – Náměstí Karla IV. – Holzova – Slatina, rozcestí – Řípská – Slatina, závod – Hanácká – Chrlické nám. – Modřice, Olympia

Linka 58: Židenice, nádraží – Stará osada – Dělnický dům – Malá Klajdovka – Pálavské nám. – Strnadova – Elplova – Jírova – Náměstí Karla IV. – Holzova – Slatina, rozcestí – Řípská – Slatina, závod – Hanácká – Chrlické nám. – Modřice, Olympia

Linka 74: Staré Černovice – Faměrovo nám. – Tržní – Stará osada – Červený písek

Linka 75: (Slatina, nádraží – Slatina, závod – Ericha Roučky –) Vozovna Slatina – Černovičky – Dělnický dům – Stará osada – Maloměřický most – Proškovo nám. – Obřany, sídliště (– Bílovice n. S.)

Linka E75: Židenice, nádraží – Stará osada – Těžební – Ericha Roučky – Slatina, závod

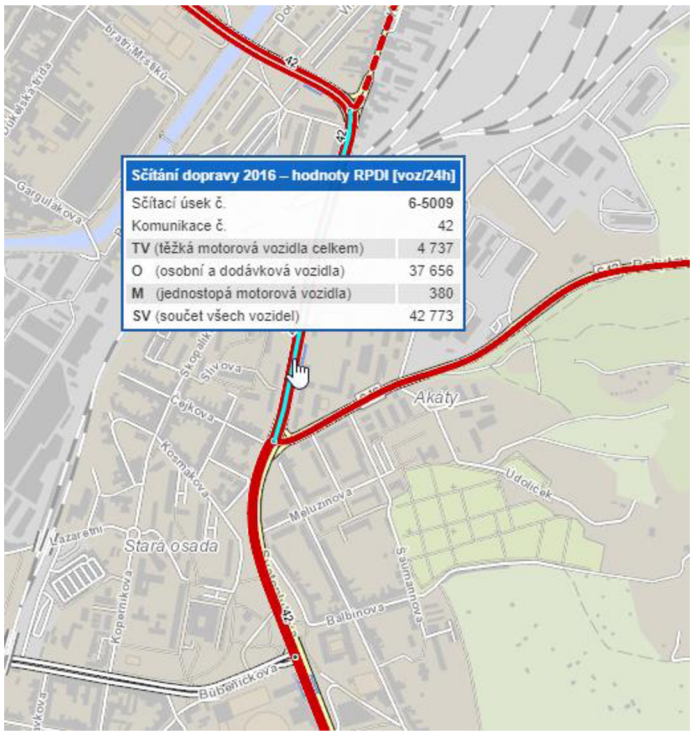
Linka 55: Židenice, nádraží – Stará osada – Dělnický dům – Bělohorská – Vlkova – Elplova – Podbělová – Jírova – Náměstí Karla IV. – Slatina, rozcestí – Mariánské údolí

Linka 201: Židenice, Nádraží – Stará osada – Prušanecká – Strnadova – Velká Klajdovka – Ochoz U Brna – Březina – Bukovina – Křtiny – Habrůvka

Linka 202: Židenice, Nádraží – Stará osada – Prušanecká – Strnadova – Velká Klajdovka – Ochoz u Brna – Hostěnice

4.2 Cestná doprava

Riešený úsek tvorí zberná komunikácia I. triedy (Provazníkova – Svatoplukova – Gajdošova), na ktorú sa napája niekoľko obslužných komunikácií II. a III. triedy, ale aj zberné komunikácie II. triedy (Rokytova). Nenachádzajú sa tu žiadne parkoviská alebo odstavné plochy. Okrem Svatoplukovej kasárne nie je na komunikáciu napojená žiadna iná nehnuteľnosť (avšak aj toto napojenie je čiastočne vyriešené svetelnou križovatkou). Pozdĺž ulice Svatoplukova sa nachádza niekoľko zastávok MHD vyriešených odstavným zálivom pre vozidlá MHD. Najväčším problémom lokality je vysoká intenzita dopravy, a to hlavne v špičkových hodinách. To dokazuje aj sčítanie dopravy z roku 2016 – v úseku Rokytova – Karlova prejde 42 773 vozidiel v oboch smeroch za 24 hodín.



Obrázok 13. Kartogram sčítania dopravy z roku 2016 [8].

4.3 Pešia doprava

Vzhľadom na vysokú mieru automobilovej dopravy v riešenom úseku a tiež prakticky neexistujúcej uličnej zástavby je intenzita chodcov nízka. Existuje tu však sieť chodníkov pozdĺž všetkých cestných komunikácii. Tie však slúžia prevažne na dochádzanie k zastávkam MHD a nie k voľnočasovým prechádzkam. Hustota zástavby okolitých ulíc nie je vysoká, môžu za to najmä zásahy do uličnej siete zo 70. rokoch minulého storočia. K väčšiemu pohybu chodcov neprospieva riešenie chodníkov umiestnených hneď vedľa cestnej komunikácie s minimom bezpečnostných prvkov. V niektorých častiach ulice Svatoplukova nájdeme kovové zábradlie lemujúce chodníky a taktiež v južnej časti ulice sa nachádza zanedbaný zelený pás oddeľujúci vozovku od chodníka. Nenájdeme tu však výrazné vizuálne oddelenie od cestnej komunikácie v podobe stromov a pod., ktoré by zvýšili pocit bezpečia u chodcov. Najvyššia intenzita chodcov v lokalite je na dopravnom uzle Stará osada, kde sa nachádza aj podchod pod ulicou Svatoplukova.

4.4 Cyklistická doprava

V lokalite sa nenachádza žiadna značená cyklotrasa. Pri miestnom prieskume bolo zistené, že cyklisti uprednostňujú nedovolenú jazdu po chodníku namiesto jazdy po komunikácii pre vozidlá. Tento jav je pravdepodobne ovplyvnený nízkou intenzitou chodcov na chodníku a vysokými intenzitami vozidiel.

5 Dopravné opatrenia

5.1 BUS pruh

Ako primárny cieľ tejto diplomovej práce som si zvolil preskúmanie efektivity samostatného BUS pruhu po odľahčení dopravy po výstavbe úseku Dukelská – Rokytova VMO. Nakoľko je v celom úseku lokality štvorprúdová komunikácia, je táto forma zvýhodnenia MHD technicky možná bez akýchkoľvek stavebných úprav.

Historicky prvé využitie vyhradeného pruhu pre autobusy, teda tzv. BUS pruhu, je datované do roku 1939 z Chicaga v Spojených štátoch amerických [9]. Odtiaľ sa toto riešenie neskôr rozšírilo do celého sveta.

Prevedenie BUS pruhu môže mať veľa podôb. Najrozšírenejším spôsobom v našich geografických šírkach je vedenie súbežne s bežným dopravným pruhom, vo svete však nájdeme mnoho iných variant tohto riešenia. V nemeckom meste Essen je využitý zatrávnený rozdeľovací pruh komunikácie, v ktorom sa nachádzajú betónové koľajnice. Po týchto koľajniciach jazdia vozidlá typu tzv. „guided bus“ s jasne definovanou trajektóriou.

Obrázok 14. Pohľad na riešenie BUS pruhu z mesta Essen (Nemecko). [10]

5.2 Tvorba signálnych plánov

Vzhľadom na nové dopravné zaťaženia v riešenej lokalite je potrebné posúdiť význam SSZ v úseku. Pri tomto posudzovaní treba prihliadať na plánované zmeny v ÚP, ktoré zmenia smery niektorých dopravných prúdov, resp. vytvoria nové. V prípade opodstatnenia jednotlivých SSZ je nutné následne vytvoriť nové signálne plány.

Vzhľadom na to, že v celej dĺžke ulice Svatoplukova sú oba smery vedené dvoma pruhmi, nie je možné uvažovať o zrušení SSZ na prechodoch pre chodcov podľa normy ČSN 73 6110 [11].

5.2.1 Výpočet medzičasov

V signálnom pláne predstavuje medzičas t_m časový úsek, ktorý je potrebný na vyprázdnenie križovatky medzi dvoma kolíznymi smermi.

$$t_m = t_v - t_n + t_b$$

Tento čas sa skladá z doby vyprázdnenia t_v očisteného o dobu nájazdu t_n s pripočítaním bezpečnostnej doby t_b. Tie predstavujú čas potrebný k prekonaniu vzdialenosti medzi bodom zastavenia a začiatkom kolíznej plochy L_n. a tiež jej koncom v križovatke L_v.

$$t_v = \frac{L_v + L_{voz}}{V_v}$$

$$t_n = \frac{L_n}{V_n}$$

Na výpočet týchto dôb je nutné poznať vzdialenosť medzi týmito bodmi (L_v, L_n). U chodcov je to dĺžka od vstupu do kolíznej plochy po jej koniec, resp. do jej začiatku. V prípade doby vyprázdnenia v dopravnom prúde vozidiel je nutné poznať aj dĺžku vozidiel L_{voz}.

Hodnoty vyprázdňovacej a nájazdovej rýchlosti sú stanovené v TP 81 a uvedené v nasledujúcej tabuľke.

	V_v a V_n [m/s]
Motorové vozidlá – priamy smer	9,7
Motorové vozidlá – oblúk	7,0
Chodci	1,4

Tabuľka 2. Hodnoty nájazdovej a vyprázdňovacej rýchlosti pre výpočet medzičasov v signálnom pláne.

5.2.2 Rozdelenie fázy

Pre minimalizovanie jednotlivých medzičasov je potrebné pristúpiť na vytvorenie fáz obsahujúcich jednotlivé signály navzájom nekonfliktných smerov. Tieto fázy je pre čo najväčšiu efektívnosť potrebné zoradiť tak, aby ich medzičasy dávali čo najmenší súčet.

5.2.3 Saturovaný tok vjazdu

Staurovaný tok vjazdu S_v sa stanoví zo základného saturovaného toku S_z vzťahom [12]:

$$S_v = S_z \cdot k_{skl} \cdot k_{obl}$$

Koeficient sklonu k_{skl} vyjadruje vplyv sklonu vjadu na saturovaný tok a platí iba pre stúpanie. Ten stanovíme pomocou vzťahu

$$k_{skl} = 1 - 0{,}02 \cdot a,$$

kde a predstavuje sklon v percentách a môže dosahovať hodnôt od 0 do maximálne 10.

Koeficient oblúku k_{obl} vyjadruje vplyv polomeru smerového oblúku pri obdočovaní a podielu odbočujúci vozidiel v danom pruhu f:

$$k_{obl} = \frac{R}{R + 1{,}5 \cdot f}$$

5.2.4 Dĺžka cyklu

K výpočtu dĺžky optimálneho cyklu C_{opt} som sa rozhodol použiť Websterovu rovnicu, túto metódu popisuje aj TP 81.

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

Pre jej použitie je nutné poznať stratu času za jeden cyklus L. Ten sa vypočíta ako súčet potrebných medzičasov t_m medzi fázami v jednom cykle:

$$L = \sum_{i=1}^{n} t_m$$

Ďalšou premennou v rovnici je stupeň saturácie y predstavujúci pomer medzi intenzitou I a saturovaným tokom S_v na každom vstupe do križovatky:

$$y = \frac{I}{S_v}$$

Následne sa vyberie najvyšší stupeň staurácie pre každú z fáz:

$$Y = \sum_{i=1}^{n} max\ y$$

Vypočítaný optimálny cyklus C_{opt} je možné upraviť podľa vzťahu

$$0{,}75\,.\,C_{opt} < C < 1.5\,.\,C_{opt}$$

a stanoviť tak reálny cyklus [12].

5.2.5 Dĺžka signálu voľno (zelená)

Minimálnu dĺžku signálu voľno z_{min} vypočítame pomocu odhadovaných vstupných intenzít I, zvolenej dĺžky cyklu t_c, saturovaného toku vjazdu do križovatky S_v a rezervy Rez zadanej v percentách.

$$z_{min} = \frac{I\,.\,t_c}{S_v}\,.\,\frac{100}{100 - Rez}$$

Pre väčšiu plynulosť dopravy som pristúpil na koordináciu jednotlivých svetelných križovatiek. Najskôr som teda určil dĺžku zelených v koordinovaných smeroch s rezervou 15% [19]. Následne som zmeral vzdialeností stopčiar križovatiek so SSZ aby bolo možné pomocou prograsívnej rýchlosti v_p dopočítať čas, za ktorý prejdú vozidlá túto vzdialenosť. Progresívna rýchlosť by sa mala pohybovať v rozmedzí

$$0{,}85\,.\,v \leq v_p \leq v,$$

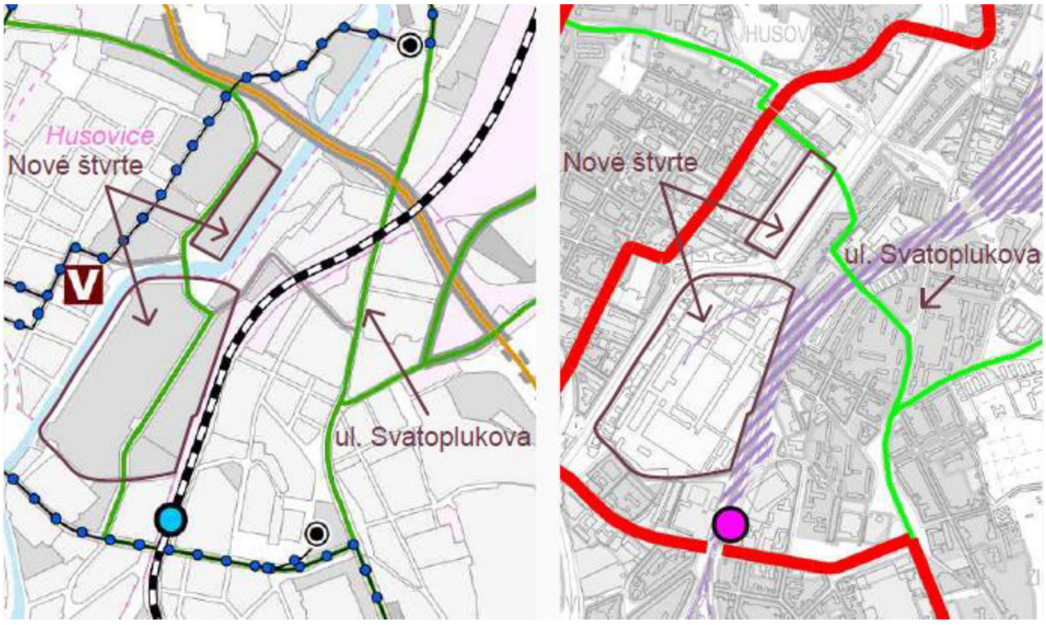
kde v je maximálna dovolená rýchlosť v úseku [13].

Na základe časov potrebných na prekonanie vzdialeností medzi krožovatkami je možné vykresliť diagram zelenej vlny a stanoviť tak počiatky signálov voľno na jednotlivých križovatkách.

6 Pohľad na vývoj dopravy v území

Pri vyhodnocovaní budúcnosti dopravy som prihliadal hlavne na návrh Územného plánu pre mesto Brno, ktorý by mal byť schválený v roku 2022. Ten súčasný je platný od roku 1994 a neprihliada na súčasné požiadavky a zámery v predmetnom území.

Hlavným činiteľom ovplyvňujúcim dopravu v území bude okrem dostavby VMO taktiež aj prestavba neďalekých brownfieldov v bývalej fabrike na zbrane a motory. Podľa zámerov investora by tu mala do roku 2027 vzniknúť štvrť s novými bytmi a kanceláriami pre 10 000 obyvateľov.



Obrázok 15. Výrez z územných plánov mesta Brna (výkresy hromadnej dopravy). Vpravo stávajúci ÚP z roku 1994, vľavo návrh ÚP z roku 2020 [14], [15].

Návrh nového územného plánu počíta s budúcim využitím tohto územia ako obytnej štvrte a zohľadňuje to aj v návrhu trás verejnej dopravy. Signifikantným prvkom tohto zohľadnenia je trasa vedená priamo týmto územím – tá sa následne napája na trasu, ktorá je predmetom mojej diplomovej práce, teda na ulicu Svatoplukova. Návrh ÚP počíta s nekoľajovou dopravou v tejto lokalite, resp. nepočíta s rozšírením električkovej trasy zo Starej osady smerom k ulici Karlova. Počíta sa však s rozšírením po ulici Gajdošova. S týmto rozšírením počíta už aj súčasný ÚP.

Zo súčasne platného ÚP je zrejmé, že neodpovedá dnešnej skutočnosti trasy významnej nekoľajovej linky v tomto území. Ten zobrazuje trasu vedenú po ulici M.

Kuncové a následným napojením na ul. Svatoplukova. V skutočnosti vedie trasa po ulici Provazníkova s napojením na ul. Svatoplukova. S takouto trasou nepočíta ani návrh nového ÚP. Tento fakt je však zásadný, pretože celým riešeným územím je vedené trolejové vedenie.

Vzhľadom na tieto skutočnosti sa dá tvrdiť, že ul. Svatoplukova bude aj naďalej patriť medzi významné dopravné komunikácie.

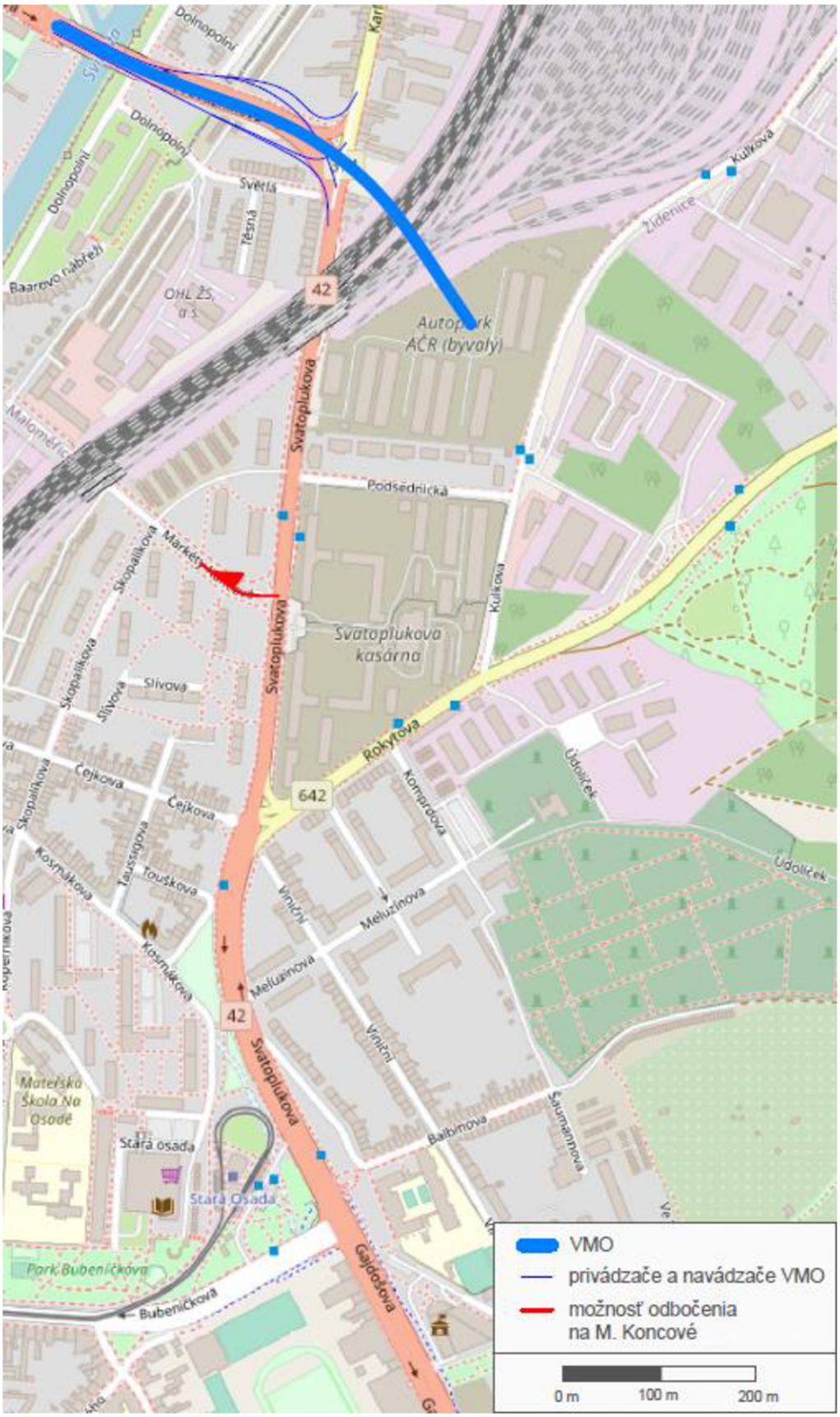
7 Varianty

7.1 Variant 0

Ako nultý variant som zvolil súčasný stav bez nových opatrení. Tento variant je výhodné nasimulovať pre validáciu s reálnym stavom, prípadne pre dodatočnú kalibráciu modelu – jedine na zvalidovanom modeli je možné následne prevádzať korektné porovnania. Pri jeho tvorbe som použil všetky získané podklady a informácie získané pri miestnom prieskume. Taktiež som použil údaje o sčítaní dopravy a o súčasných signálnych plánoch poskytnuté spoločnosťou Brněnské komunikace, a.s.

7.2 Variant 1

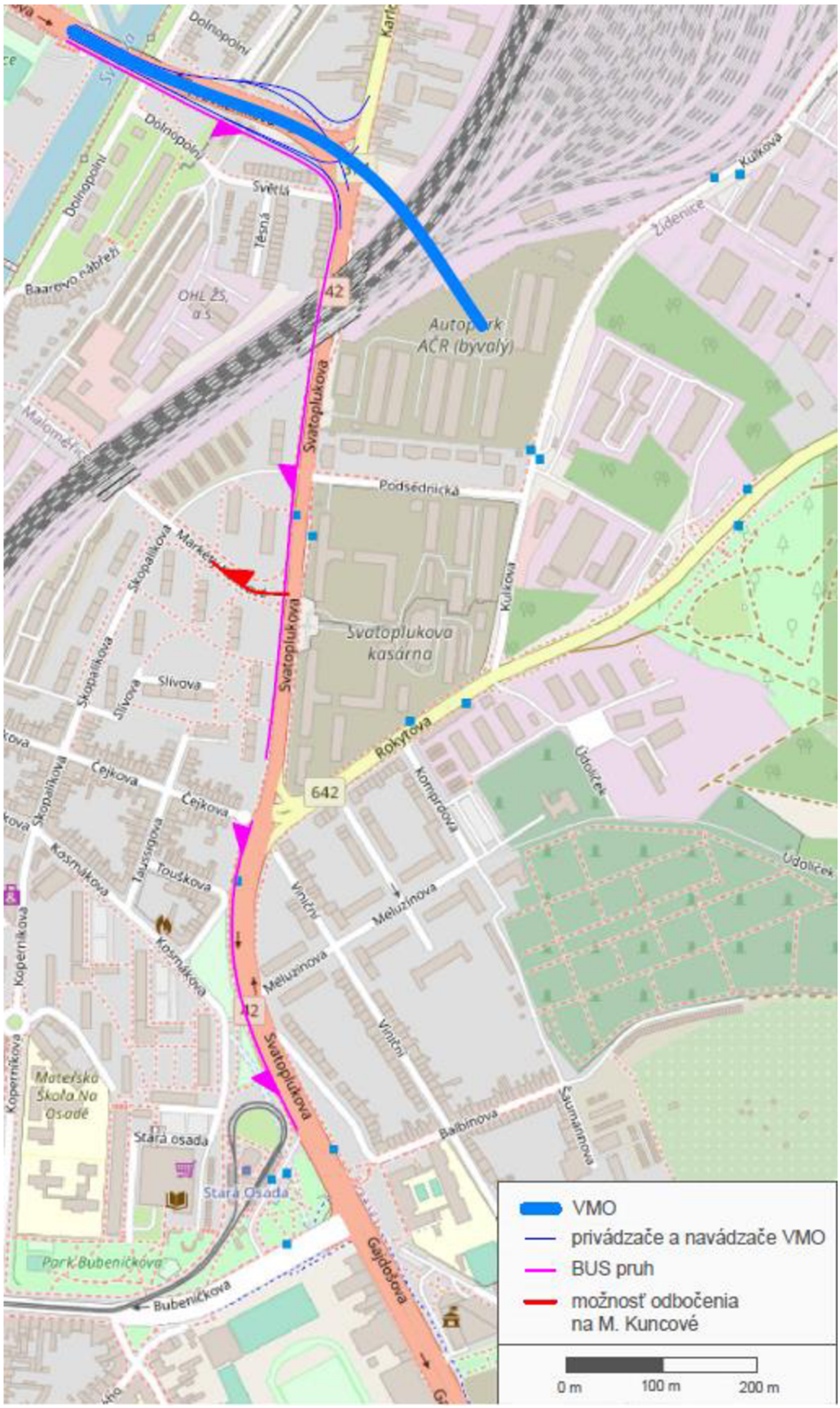
V tomto variante dôjde k zmene geometrie na stav po dostavbe VMO. Všetky linky MHD zostanú zachované tak, ako v súčasnom stave. Bude prihliadnuté k návrhu územného plánu a to tým, že do modelu pridám možnosť odbočenia z ulice Svatoplukova na ulicu M. Kuncové. Po dostavbe novej štvrte sa dá očakávať navýšenie dopravného zaťaženia na ulici M. Kuncové. Táto skutočnosť bude vo variante 1 taktiež zohľadnená. K zmene dôjde aj na križovatke Svatoplukova – Rokytova, kde bude pre ľavé odbočenie slúžiť iba jeden pruh namiesto súčasných dvoch. Z pravého odbočenia zo Svatoplukovej na Rokytovu bolo preto odstránené SSZ.



Obrázok 16. Znázornené opatrenia variantu 1 na mape [2].

7.3 Variant 2

Tento variant má identickú geometriu s variantom 1 s jednou zmenou na križovatke Svatoplukova – M. Kuncové. Bol presunutý prechod pre chodcov v smere od VMO až za kríženie s ulicou M. Kuncové. Vzhľadom na vyšší počet áut odbočujúcich z ulice M. Kuncové doľava je tento krok logický. Na presunutom prechode bol vytvorený deliaci ostrov uprostred štyroch jazdných pruhov obojsmernej komunikácie v súlade s ČSN 73 6110 [11]. Ďalším opatením, ktoré som sa rozhodol overiť na ulici Svatoplukova, je zriadenie BUS pruhu v smere od VMO až po zastávku na Starej osade. V prípade opačného smeru som takéto opatrenie neoveroval vzhľadom na veľký počet pravých odbočení.



Obrázok 17. Znázornené opatrenia variantu 2 na mape [2].

8 Modelovanie

Ako nástroj pre vytvorenie modelov a ich následnú simuláciu som si vybral program PTV Vissim vyvíjaný nemeckou spoločnosťou PTV. Tento softvér sa používa na mikroskopické simulácie a je teda vhodný pre použitie v mojej diplomovej práci. Tento softvér je založený na používaní Wiedemannovho modelu nasledujúceho vozidla zohľadňujúceho fyzické a psychologické aspekty vodiča.

V nasledujúcich kapitolách popíšem postup tvorby modelu a rôznych scenárov s ich simuláciou.

8.1 Mapové podklady

Ako mapové podklady pre vytvorenie čo najpresnejšieho modelu som použil letecké snímky skúmanej lokality dostupné z mapového portálu mapy.cz [16]. Tie som vložil do pracovného prostredia programu PTV Vissim. Bolo potrebné vytvoriť dva modely – v prvom z nich bol vytvorený súčasný stav a v druhom budúci stav s dokončeným úsekom VMO. V druhom prípade som musel použiť aj projektovú dokumentáciu poskytnutú ŘSD. V oboch prípadoch bolo nutné upraviť mierku tak, aby bola zjednotená. Mierku je možné upraviť v samotnom programe pomocou príkazu „Set scale“.

8.2 Vytvorenie siete komunikácii

Po vložení všetkých podkladových máp a dokumentácií som pristúpil na tvorbu geometrie s využitím funkcie „Links“. Tá umožňuje vkladať jednotlivé cestné vetvy, konkrétne je možné upraviť parametre ako napr. počet pruhov a ich šírka, rýchlosť akou sa nimi vozidlá môžu pohybovať alebo aké druhy vozidiel majú do jednotlivých pruhov prístup. Šírka pruhu je v celom úseku premenlivá a podľa toho bola aj nastavená. Rýchlosť som upravil na maximálnu povolenú v obci – teda 50 km/h; tá platí v celom úseku. Privilégiá vozidiel pohybujúcich sa v jednotlivých pruhoch som upravoval podľa modelu, a to konkrétne na ulici Svatoplukova. V prvom prípade som možnosť nastavenia privilégií neupoužil, v druhom som ich nastavil tak, aby sa v pravom pruhu mohli pohybovať iba autobusy a trolejbusy, čo má simulovať zmieňovaný BUS pruh.

Keď boli vytvorené jednotlivé nosné komunikácie cestnej siete, pristúpil som na ich spájanie. Tu bolo nutné vytvoriť jednotlivé zakrivenia tak, aby čo najviac odpovedali trajektórii vozidiel. V programe PTV Vissim pre tieto účely slúži funkcia „Generate spline“, kde sa po zadaní počtu bodov vytvorí čo najoblejšia krivka – tú je možné následne pomocou vytvorených bodov editovať. Obdobným spôsobom sa dajú upravovať aj samotné vetvy.

V mojom modeli boli teda vytvorené iba komunikácie pre motorové vozidlá, nakoľko iné dopravné prostriedky v skúmanom úseku nemajú svoj vyhradený pruh (v takýchto prípadoch ide typicky o cyklocestu).

8.3 Určenie prednosti v jazde

V mieste, kde sa krížia dve, príp. viacero vetiev, vzniká križovatka. Takýchto miest sa v predmetnom úseku nachádza niekoľko a vo väčšine prípadov ide o svetelne riadené križovatky. Napriek tomu je nutné určiť jednotlivé prednosti v jazde na križovatkách. Pri určovaní predností som sa riadil dopravnými predpismi obsiahnutými v Zákone o provozu na pozemních komunikacích č. 361/2000 Sb [17]. Na toto určenie prednosti v jazde slúži v programe funkcia „Conflict Areas“, ktorá sama detekuje tieto konfliktné miesta a umožní nastaviť prednosti.

Obrázok 18. Ukážka konfliktných bodov v križovatke. Vozidlo v zelenom pruhu má prednosť pred vozidlom v červenom. Žltá vyjadruje neutrálnosť.

8.4 Rýchlosť vozidiel pri zmene smeru

Ďalším krokom v optimalizácii môjho modelu bolo určenie rýchlosti v úsekoch, kde vozidlá menia smer jazdy, čiže napr. križovatka alebo zastávka MHD. V týchto úsekoch som definoval oblasti, v ktorých som obmedzil rýchlosti osobitne pre každý typ vozidla za pomoci funkcie „Reduces Speed Areas“.

8.5 Miesta zastavenia

Pre dodržanie plynulosti simulácie a zamedzeniu kolízií vozidiel je nutné určiť miesta zastavenia vozidiel v modeli. Tie som určoval iba v prípade, ak križovatka nebola riadená svetelnou signalizáciou alebo ak svetelný plán nezamedzoval situáciám, kedy by mohlo dôjsť ku kolízii (napr. ľavé odbočenie, kedy majú protiidúce vozidla tiež zelenú). Pre tieto účely slúži funkcia „Stop Sign“, pomocou ktorej je možné špecifikovať presné miesto v modeli pre zastavenie vozidla.

8.6 Chodci

V modeli boli vytvorené polygóny vymedzujúce vstup a výstup chodcov z modelu pomocou príkazu „Areas“. Následne boli zadané jednotlivé vstupy a smery ciest funkciami „Pedestrian Input“, resp. „Pedestrian Routes“. Pohyb chodcov v modeli bol zohľadnený na križovatkách s ulicami Rokytova, M. Kuncové a VMO.

8.7 MHD

V rámci simulácie MHD bolo nutné vytvoriť celú sieť zastávok nachádzajúcich sa v predmetnom úseku. Všetky tieto zastávky sú umiestnené mimo jazdných pruhov a nijak zásadne neovplyvňujú plynulosť dopravy. Okrem zastávky Stará osada sú všetky vyriešené pomocou zálivu. V lokalite sa celkovo nachádza 7 nasledujúcich zastávok:

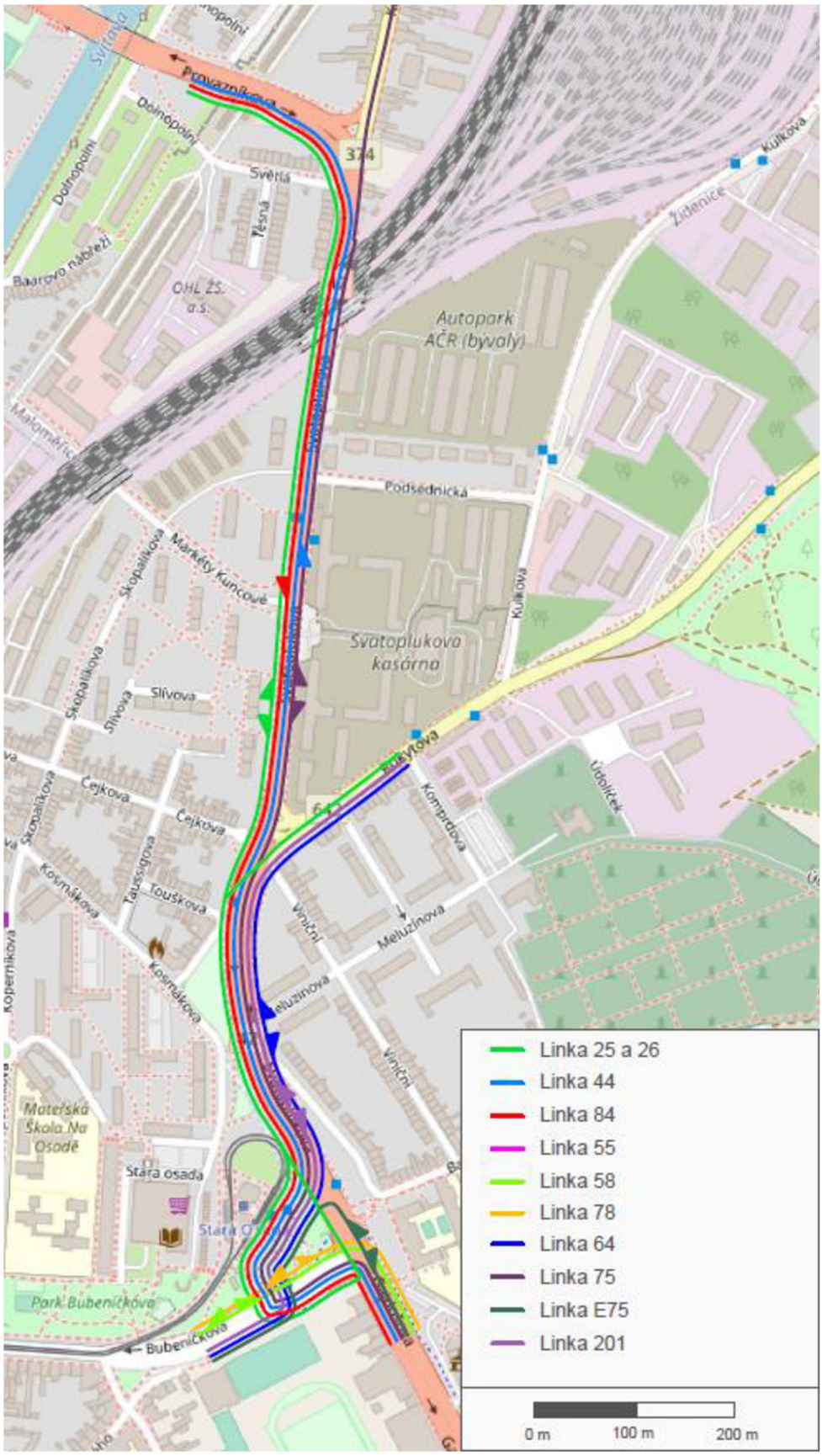
Smer	Zastávka
Od Provaznikova (VMO)	Židenice, kasárna
	Svatoplukova
	Stará osada – záliv Svatoplukova
	Stará osada
ulica Bubeníčkova smer Zábrdovická	Stará osada
od ulice Bubeníčkova	Stará osada
od Starej osady	Židenice, kasárna

Na vytvorenie zastávok v modeli slúži funkcia „Public Transport Stops“. Dĺžku zastávky som upravil podľa zvolených podkladových máp. Dôležitým parametrom pri zastávke MHD je právo prednosti jazdy pri vychádzaní z nej [17]. Túto skutočnosť som teda zohľadnil pri všetkých zastávkach a nastavil prednosť vozidlu MHD.

Po vytvorení všetkých zastávok som pristúpil k tvorbe jednotlivých liniek MHD. Tie je možné vytvoriť pomocou funkcie „Public Transport Lines“. V programe je najprv nutné zadať vstupnú a výstupnú vetvu z modelu. Následne som do modelu pridal zastávky, na ktorých majú jednotlivé linky zastaviť podľa cestovného poriadku [7]. Za simulovaný čas, t.j. od 14:00 do 15:00, prejdú úsekom nasledujúce spoje:

Tabuľka spojov		
Číslo	Smer	Počet
25	Provazníkova	8
25	Vinohrady	9
26	Provazníkova	1
84		6
44		6
75	Slatina	4
75	Bílovice nad Svitavou	4
E75	Slatina	2
58	Lišeň	8
58	Židenice	6
55	Lišeň	4
55	Židenice	4
64	Komárov	3
64	Vinohrady	3
78	Židenice	4
78	Modřice	3
201	Jedovnice	4
201	Židenice	2
Spolu		73

Za simulovanú špičkovú hodinu teda daným úsekom prejde dohromady 73 spojov osemnástich liniek. Z týchto 73 spojov je 18 zabezpečených pomocou trolejbusov a zvyšok autobusmi.



Obrázok 19. Mapa liniek MHD na ulici Svatoplukova. [2]

V simulovanom čase nie je žiadna zastávka v území na znamenie, čiže vozidlo MHD musí zastaviť na každej zastávke podľa cestovného poriadku.

Vozidlá na linke 84 majú prestávku na zastávke Stará osada, ktorá je konečnou a zároveň počiatočnou zastávkou. Možnosť vytvoriť konečnú a zároveň počiatočnú zastávku program neponúka, avšak túto situáciu je možné nasimulovať pomocou funkcie „Departure Time Offset“, ktorá zdrží vozidlo na zastávke požadovanú dobu zadanú v sekundách.

8.8 Vozidlá

Program PTV Vissim rozdeľuje vozidlá na osobné automobily a nákladné automobily. Zloženie dopravného toku sa dá ovplyvniť pomocou nastavenia parametra „Vehicle Composition“ vyjadreného v percentách. Vzhľadom na údaje z podkladov intenzít dopravy od Brnenských komunikácii som nastavil tento parameter pre každú vstupnú vetvu modelu zvlášť.

8.8.1 Intenzity dopravy

Vstupné intenzity sa do modelu zadávajú pomocou funkcie „Vehicle Input“. Tie boli zadané iba na vstupné vetvy modelu. Ide konkrétne o ulice:

- Provazníkova
- Karlova
- Podsednická
- M. Kuncové
- Rokytova
- Bubeníčkova
- Gajdošova

Ako ďalší krok som pristúpil k smerovému rozdeleniu intenzity dopravy na jednotlivých križovatkách. V skúmanom úseku sa nachádzajú 4 križovatky so SSZ:

- Provazníkova – Karlova
- Svatoplukova – M. Kuncové
- Svatoplukova – Rokytova
- Svatoplukova – Bubeníčkova – Gajdošova

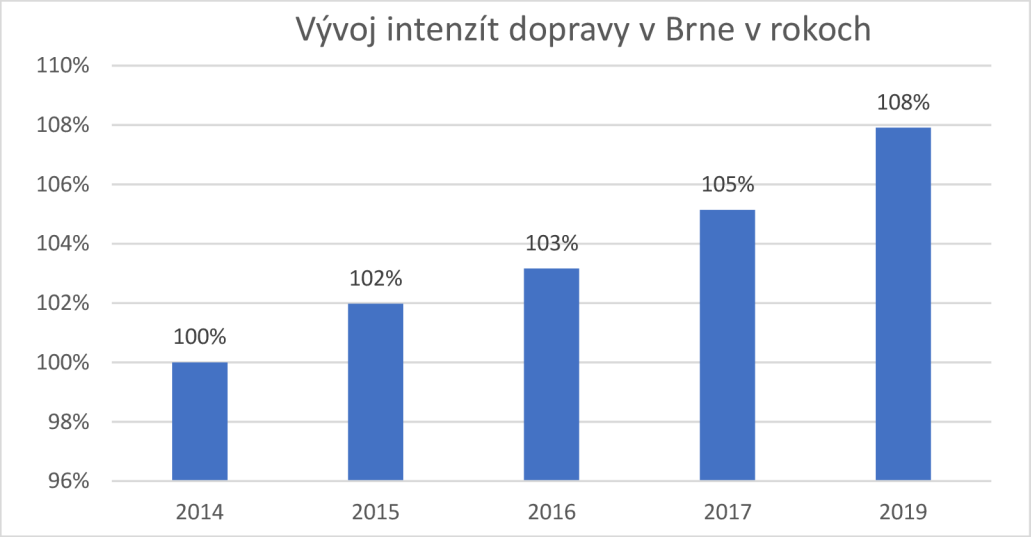
a 4 neriadené križovatky bez SSZ:

- Svatoplukova – M. Kuncové
- Svatoplukova – Podsednická
- Svatoplukova – Stará osada
- Bubeníčkova – Stará osada

Na základe informácii získaných z pentlogramov jednotlivých križovatiek som zadal do programu jednotlivé smerové rozdelenia v percentách pomocou funkcie „Vehicle Routes“.

Úprava údajov intenzít súčasného stavu

Keďže Brnenské komunikácie nedisponujú podkladmi zo všetkých križovatiek, ktoré by sa vzťahovali k tomu istému roku, bolo nutné hodnoty upraviť tak, aby ich jednotlivé intenzity medzi sebou korešpondovali. Pre túto úpravu som využil vývoj intenzít dopravy v Brne uvedených v Ročenke dopravy Brno 2019 [18]. Na základe týchto údajov som prepočítal intenzity predmetných križovatiek a dostal tak relevantnejšie údaje.

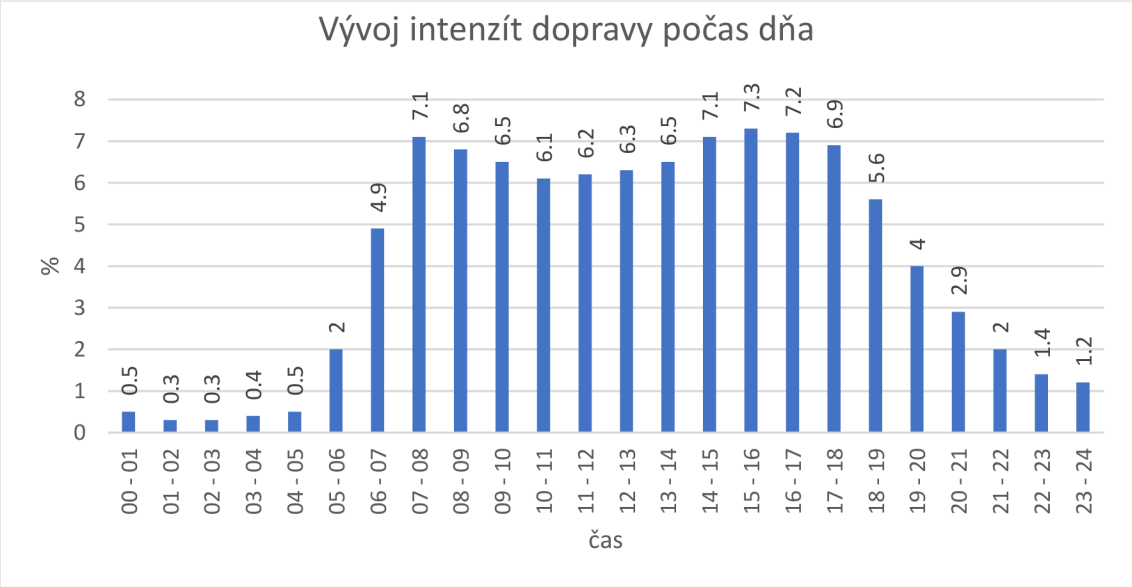


Graf 2. Vývoj intenzít dopravy v Brne za uvedené roky [18].

Po prepočítaní údajov príslušnými koeficientami som získal údaje, ktoré navzájom nekorešpondovali na spoločných vetvách. Pristúpil som preto k ďalšej úprave. Zameral som sa na spoločné vetvy jednotlivých pentlogramov a pomocou už

prepočítaných intenzít som upravil hodnoty tak, aby som navýšil intenzitu na najnepriaznivejšiu (v tomto prípade najvyššiu) hodnotu.

Poskytnuté pentlogramy uvádzajú hodnoty intenzít za 24 hodín. Musel som ich teda upraviť tak, aby odpovedali hodinovým intenzitám. Ako špičkovú hodinu uvádza Ročenka dopravy Brno 2019 čas od 15:00 do 16:00, kedy prebieha až 7,3 % všetkej dopravy v Brne.



Graf 3. Vývoj intenzít dopravy v Brne počas dňa. [18]

Úprava údajov intenzít budúceho stavu

Dopravnú vyťaženosť územia po dostavbe úseku VMO už odhadlo KAM vo svojich podkladoch pre tvorbu ÚP. Podklad však neobsahuje konkrétne hodnoty pre jednotlivé odbočenia na križovatkách. Musel som teda pristúpiť aj v tomto prípade k úpravám a prepočítaní intenzít.

Pri prepočítaní intenzít som bral do úvahy aj návrh ÚP, kde sa počíta sa s novými odbočeniami, ale aj so zrušeniami súčasných.

8.9 Signálne plány

Pred vytvorením samotného signálneho plánu je nutné najskôr umiestniť v modeli jednotlivé SSZ. Tie som vložil pomocou funkcie „Signal Heads“. Pre ich správne fungovanie som ich musel umiestniť vždy pred spojovaciu vetvu. V prípade umiestnenia na spojovaciu vetvu nemusia vozidlá rešpektovať túto svetelnú signalizáciu. Ak sú

umiestnené signálne zariadenia na všetkých križovatkách na správnom mieste, je možné pristúpiť k vytvoreniu signálneho plánu.

Signálne plány som vytvoril pre každú križovatku zvlášť pomocou príkazu „Signal Controllers“. V signálnom pláne som následne vytvoril signálne skupiny pomocou príkazu „Signal Groups“. Ich počet sa odvíjal od zložitosti križovatky, resp. počtu odbočení a počtu prechodov pre chodcov. Všetky signálne skupiny v jednom signálnom pláne musia mať rovnakú časovú dĺžku. Dôležitým parametrom okrem intervalu zelenej a červenej je dĺžka žltej. Tá bola nastavená na 2 sekundy pred intervalom zelenej a 3 sekundy pred intervalom červenej. Po vytvorení signálnych skupín ich bolo možné priradiť k jednotlivým SSZ umiestneným na križovatkách.

8.10 Vodorovné dopravné značenie

Vodorovné dopravné značenie nemá žiaden vplyv na funkčnosť modelu. Ide len o sprehľadnenie celej geometrie a estetický prvok. Vložil som ho pomocou funkcie „Pavements Markings“. V oboch modeloch boli použité smerové šípky umiestené na jednotlivých križovatkách a značenie prechodov pre chodcov.

8.11 Cestovný čas vozidiel

Na to, aby som bol schopný po vykonaní simulácii vyhodnotiť výsledky, musel som do modelu vložiť body pre vyhodnotenie cestovného času pomocou funkcie „Vehicle Time Travel“. Tieto body sa vložia vždy na začiatok a koniec meraného úseku. Môžeme tak sledovať a vyhodnocovať vozidlá, ktoré prejdú týmto úsekom.

Zoznam sledovaných smerov IAD a spojov MHD je v nasledujúcej tabuľke.

MHD **č. linky – smer**	**IAD** **smer**
25 – Vinohrady	Gajdošova – Provazníkova (VMO)
26 – Provazníkova	Provazníkova (VMO) – Gajdošova
84 – Stará osada	
44 – Provazníkova	
75 – Slatina	
75 – Bílovice nad Svitavou	

Tabuľka 3. Tabuľka sledovaných smerov a liniek v modeloch.

8.12 Scenáre

Po vytvorení a nastavení všetkých vyššie uvedených parametrov je možné uložiť scenár pomocou funkcie „Scenario Management“. Celkovo som vytvoril tri scenáre – jeden pre súčasnú geometriu a dva pre geometriu po dostavbe VMO.

8.13 Parametre simulácie

Program umožňuje nastaviť čas trvania simulácie a taktiež jej časové rozlíšenie, ktorým dosiahneme príslušnú presnosť vyhodnotenia podľa nastavenej hodnoty – čím vyššie číslo rozlíšenia, tým presnejšie vyhodnotenie. Čas simulácie bol nastavený na 4500 sekúnd, z ktorých prvých 900 sekúnd slúži ako tzv. „zahrievací“ čas. V mojom prípade som zvolil 10 krokov za sekundu, čo znamená, že program vyhodnocuje situáciu každú desatinu sekundy. Posledným nastavovaným parametrom simulácie bolo zvolenie počtu simulácií jednotlivých scenárov. Vzhľadom na statické zadanie intenzít dopravy bolo postačujúce vykonať simuláciu 15-krát [19].

8.14 Verifikácia

Verifikáciu som vykonal na variante 0, teda na modeli predstavujúcom súčasný stav. Tá prebehla v reálnej premávke v čase dopravnej špičky na linke č. 25 v oboch smeroch. Porovnávaný bol jej cestovný čas zistený na základe simulácií s jej reálnym cestovným časom meraným pomocou stopiek na zvolených úsekoch v skúmanom území. Výsledné hodnoty sú uvedené v nasledujúcej tabuľke:

Smer spoja č. 25	Simulácia	Reálny premávka	Rozdiel
	Cestovný čas [s]	Cestovný čas [s]	[s]
Vinohrady	452,1	487	34,9
centrum	561.1	544	18,9

Tabuľka 4. Porovnanie hodnôt zo simulácie a reálnej premávky.

9 Vyhodnotenie

Pre zhodnotenie kvality navrhnutých signálnych plánov a dopravných opatrení som sa rozhodol pre hodnotenie podľa normy ČSN 73 6102. Toto porovnanie je založené na základe strednej doby zdržania vozidiel na vjazde do svetelnej križovatky. Medzné hodnoty a krátku charakteristiku opisujem v nasledujúcej tabuľke:

Úroveň kvality dopravy		Stredná doba zdržania v sekundách
Označenie	Charakteristika kvality dopravy	
A	Veľmi dobrá	≤ 20
B	Dobrá	≤ 35
C	Uspokojivá	≤ 50
D	Dostatočná	≤ 70
E	Nestabilná	≤ 100
F	Nevyhovujúca	> 100

Tabuľka 5. Hodnotiace kritéria úrovňe kvality dopravy na riadených úrovňových križovatkách [20].

V programe PTV nie je možné sledovať parameter strednej doby zdržania; ponúka však možnosť výpočtu priemerného zdržania všetkých vozidiel. Vzhľadom na to, že v simulácii sa používa normálne rozdelenie, sú tieto parametre porovnateľné [19].

Križovatka	Smer	Variant 1	
		Priemerné zdržanie vozidla [s]	Hodno-tenie
Svatoplukova – M. Kuncové	Svatoplukova – VMO	5,10	A
	Svatoplukova – SO	4,14	A
	M. Kuncové – VMO	22,87	B
	M. Kuncové – SO	13,86	A
	Svatoplukova – M. Kuncové (VMO)	14,37	A
Svatoplukova – VMO – Karlova	Svatoplukova – VMO	6,87	A
	VMO – Svatoplukova	10,46	A
	Karlova – Svatoplukova	18,4	A
	VMO – Karlova	19,02	A
	Svatoplukova – Karlova	7,28	A
Svatoplukova – Rokytova	Svatoplukova – SO	1,23	A
	Svatoplukova – VMO	7,65	A
	Rokytova – SO	18,87	A
	Svatoplukova (SO) – Rokytova	25,24	B
Svatoplukova – Bubeníčkova – Gajdošova	Gajdošova – Bubeníčkova	11,49	A
	Gajdošova – Svatoplukova	3,99	A
	Bubeníčkova – VMO	17,43	A
	Svatoplukova – Gajdošova	1,44	A
	Svatoplukova – Bubeníčkova	1,42	A

Tabuľka 6. Zdržanie vozidiel v križovatkách na jej jednotlivých vstupoch vo variante 1.

Križovatka	Smer	Variant 2	
		Priemerné zdržanie vozidla [s]	Hodno-tenie
Svatoplukova – M. Kuncové	Svatoplukova – VMO	4,78	A
	Svatoplukova – SO	4,64	A
	M. Kuncové – VMO	18,21	A
	M. Kuncové – SO	14,45	A
	Svatoplukova – M. Kuncové (VMO)	15,12	A
Svatoplukova – VMO – Karlova	Svatoplukova – VMO	6,95	A
	VMO – Svatoplukova	10,46	A
	Karlova – Svatoplukova	18,42	A
	VMO – Karlova	19,13	A
	Svatoplukova – Karlova	7,45	A
Svatoplukova – Rokytova	Svatoplukova – SO	1,85	A
	Svatoplukova – VMO	7,57	A
	Rokytova – SO	18,78	A
	Svatoplukova (SO) – Rokytova	21,14	B
Svatoplukova – Bubeníčkova – Gajdošova	Gajdošova – Bubeníčkova	11,95	A
	Gajdošova – Svatoplukova	4,00	A
	Bubeníčkova – VMO	17,46	A
	Svatoplukova – Gajdošova	1,56	A
	Svatoplukova – Bubeníčkova	1,58	A

Tabuľka 7. Zdržanie vozidiel v križovatkách na jej jednotlivých vstupoch vo variante 2.

Križovatka	Smer	Variant 1	Variant 2	Rozdiel V2 - V1
		Celkové zdržanie všetkých vozidiel [s]	Celkové zdržanie všetkých vozidiel [s]	[%]
Svatoplukova – M. Kuncové	Svatoplukova – VMO	2325,60	2179,68	-6,27
	Svatoplukova – SO	2782,08	3118,08	+12,08
	M. Kuncové – VMO	8690,60	6919,80	-20.,38
	M. Kuncové – SO	3243,24	3381,30	+4.,26
	Svatoplukova – M. Kuncové (VMO)	373,62	393,12	+5,22
Svatoplukova – VMO – Karlova	Svatoplukova – VMO	4866,28	5017,90	+3,12
	VMO – Svatoplukova	8151,00	8158,80	+0,10
	Karlova – Svatoplukova	2042,88	2063,04	+0,99
	VMO – Karlova	604,81	593,03	-1,95
	Svatoplukova – Karlova	2357,64	2480,85	+5,23
Svatoplukova – Rokytova	Svatoplukova – SO	867,15	1304,25	+50,41
	Svatoplukova – VMO	5171,4	5117,32	-1,05
	Rokytova – SO	3994,32	3831,12	-4,09
	Svatoplukova (SO) – Rokytova	2299,0	2114,00	-8,05
Svatoplukova – Bubeníčkova – Gajdošova	Gajdošova – Bubeníčkova	3939,28	4098,85	+4,05
	Gajdošova – Svatoplukova	4157,58	4168,00	+0,25
	Bubeníčkova – VMO	2875,95	2880,90	+0,17
	Svatoplukova – Gajdošova	1092,96	1184,04	+8,33
	Svatoplukova – Bubeníčkova	170,40	189,60	+11,27
Celkom		59373,03	59193,68	-0,30

Tabuľka 8. Porovnanie celkového zdržania všetkých vozidiel vo variante 1 a 2.

9.1 Cestovný čas liniek MHD

Pre porovnanie výkonností MHD jednotlivých variant som použil parameter cestovného času liniek premávajúcich po ulici Svatoplukova.

Č. linky (smer)	Variant 0	Variant 1	Variant 2
	Priemerný cestovný čas spoju [s/km]		
25, 26 (centrum)	346,2	165,8	165,0
25 (Vinohrady)	287,7	152,3	152,5
44	337,7	147,3	148,4
84	290,5	165,3	165,7
75 (Bílovice n. Svitavou)	417,4	142,9	141,8
75 (Slatina)	307,6	123,4	128,3

Tabuľka 9. Porovanie priemerného cestovného času spoja v jednotlivých variantoch.

Č. linky (smer)	Variant 0	Variant 1	Variant 2
	Cestovný čas všetkých spojov [%]		
25, 26 (centrum)	+108,8	100	-0,48
25 (Vinohrady)	+88,9	100	+0,13
44	+129,3	100	+0,75
84	+75,7	100	+0,24
75 (Bílovice n. Svitavou)	+192,1	100	-0,77
75 (Slatina)	+149,3	100	+3,97

Tabuľka 10. Percentuálne porovnaie rozdielov cestovných časov v spojoch jednotlivých variantoch.

Rozdiely medzi variantami 1 a 2 sú zanedbateľné. Výraznejší rozdiel je iba v prípade linky 7 prichádzajúcej z Maloměřic. Tento rozdiel môže byť spôsobený krátkym intervalom zelenej na križovatke s VMO v tomto smere.

9.2 Cestovný čas IAD

Smer	Variant 1	Variant 2
	Priemerný cestovný čas vozidla IAD [s]	
VMO – Gajdošova	81,9	85,4
Gajdošova – VMO	87,5	84,5

Tabuľka 11. Priemerné cestovné časy vozidiel IAD v jednotlivých variantoch

Smer	Variant 1	Variant 2
	Priemerný cestovný čas vozidiel [%]	
VMO – Gajdošova	100	+4,27
Gajdošova – VMO	100	-3,43

Tabuľka 12. Percentuálny rozdiel cestovných časov IAD v jednotlivých variantoch.

Vytvorenie BUS pruhu v smere VMO – Gajdošova teda spôsobilo predĺženie cestovného času vozidiel o 4,27%. V opačnom smere však nastalo zlepšenie o 3,43%. Toto zlepšenie pripisujem opatreniam na križovatke Svatoplukova – M. Kuncové.

10 Záver

Cieľom tejto práce bolo overiť navrhnuté dopravno-inžinierske opatrenia na ulici Svatoplukova. Toto overovanie prebehlo pomocou dopravného modelu vytvoreného v softvéri PTV Vissim. V praktickej časti práce som vytvoril model súčasného a budúceho stavu dopravnej siete. Ďalej som navrhol 2 varianty na úpravu riešeného územia v súlade s novým návrhom územného plánu. Pre tieto varianty bol navrhnutý aj signálný plán s dôrazom na plynulosť premávky po ulici Svatoplukova.

Na základe mikroskopických simulácii som overil uskutočniteľnosť týchto variant. Zistil som, že vo výsledných celkových hodnotách sa tieto varianty výrazne nelíšia. Obe varianty boli porovnané z hľadiska individuálnej automobilovej a mestskej hromadnej dopravy.

Mestská hromadná doprava vychádza z porovnaní taktiež veľmi obdobne. Variant 2 s BUS pruhom teda nenaplnil očakávania o výraznom skrátení cestovného času vozidiel MHD – cestovný čas sa však zároveň ani nepredĺžil a výsledné rozdiely sa pohybujú na úrovni odchyliek. Tým pádom sa zriadenie BUS pruhu nejaví ako výhodná varianta. Na cestovný čas tak mal najväčší dopad navrhnutý signálny plán.

Z porovnania individuálnej automobilovej dopravy vyplynulo, že v smere od Starej osady nastáva zlepšenie cestovného času pre variant č. 2 a v smere od veľkého mestkého okruhu zasa pre variant č. 1. Variant č. 2 v smere od Starej osady vykázal zníženie cestovného času, a to vďaka úpravám na križovatke s ulicou M. Kuncové.

Z mojej práce vyplynuli doporučenia ku kríženiam ulice Svatoplukova s ulicou M. Kuncové a Rokytova, kde je výhodné využiť opatrenia overené vo variante 2. Dôjde tým k zníženiu zdržaní na tejto križovatke, čo sa prejaví na kratšom cestovnom čase všetkých vozidiel. Konkrétne sa jedná o presunutie prechodu pre chodcov na križovatke s ulicou M. Kuncové v smere od VMO až za toto kríženie. Variant 1 je výhodný z hľadiska spoločného vedenia dopravy v dvoch jazdných pruhoch v oboch smeroch, pretože pozitívny prínos BUS pruhu z variantu 2 pre cestovné časy vozidiel MHD sa nenaplnil.

Zdroje

[1] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD,. Počet obyvatel v obcích České republiky k 1.1.2020 [online]. 2020 [cit. 25.09.2020]. Dostupné z: https://www.czso.cz/documents/10180/121739326/1300722003.pdf/f9160497-cec0-4750-a293-77ef7bce1092?version=1.1

[2] OpenStreetMap [online]. 2004 [cit. 15.10.2020]. Dostupné z: https://www.openstreetmap.org

[3] ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR. Úseky Velkého městského okruhu Brno - mapa. [online]. 2020 [cit. 28.09.2020]. Dostupné z: http://www.mestsky-okruh-brno.cz/useky-vmo-brno/

[4] ČESKO. Vyhláška č. 341/2002 Sb., Ministerstva dopravy a spojů o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích. In: Zákony pro lidi.cz [online]. © AION CS 2010-2021 Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2002-341

[5] KUČA, Karel. Brno: vývoj města, předměstí a připojených vesnic. Praha: Baset, 2000, s.628. ISBN 80-86223-11-6.

[6] Historické ortofoto [online]. 2020 [cit. 03.10.2020]. Dostupné z: https://gis.brno.cz/mapa/historicka-ortofota/

[7] DOPRAVNÍ PODNIK MĚSTA BRNA. Jízdní řády linkové [online]. 2020 [cit. 28.09.2020] Dostupné z: https://www.dpmb.cz/cs/jizdni-rady-linkove/2

[8] Interaktívna mapa sčítania dopravy [online]. ©2017 [cit. 2020-08-10] Dostupné z: http://scitani2016.rsd.cz/pages/map/default.aspx

[9] FEDERAL TRANSIT ADMINISTRATION. National Transit Database [online]. 2007 [cit. 08.10.2020] Dostupné z: https://web.archive.org/web/20071012095259/http://ntdprogram.gov/ntdprogram/ntd.htm

[10] Obrázok BUS pruhu [online]. ©2001-2018. [cit. 2020-10-20] Dostupné z: http://www.citytransport.info/OBahn.htm

[11] Český normalizační institut. ČSN 73 6110 - Projektování místních komunikací. Praha, 2007. ICS 93.080.10

[12] Ing. SMĚLÝ, Martin. Dopravní inženýrství: Řízené úrovňové křižovatky, část 2. Brno, 2007, s.15-18

[13] ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR. TP 81: Navrhování světelných signalizačních zařízení pro řízení provozu na pozemních komunikacích [online]. 2015. Dostupné z: http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_81.pdf

[14] KANCELÁŘ ARCHITEKTA MĚSTA BRNA. Územní plán města Brna – Návrh pro veřejné projednání. O.5 Veřejná hromadná doprava [schéma]. Brno, 2020. Dostupné z: https://www.brno.cz/fileadmin/user_upload/sprava_mesta/magistrat_mesta_brna/OUPR/Pripravovany_uzemni_plan/NAVRH/VP_2020/GRAFICKA_CAST/_O_5_VHD.pdf

[15] KANCELÁŘ ARCHITEKTA MĚSTA BRNA. Územní plán města Brna. U4.2 Doprava - Hromadná doprava osob [schéma]. Brno, 1994. Dostupné z: https://www.brno.cz/fileadmin/user_upload/sprava_mesta/magistrat_mesta_brna/OUPR/UPmB_uplne_zneni/GRAFICKA_CAST/U4_2.pdf

[16] Mapy.cz [online]. [cit. 08.09.2020] Dostupné z: https://en.mapy.cz/

[17] ČESKO. Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů. In: Zákony pro lidi.cz [online]. © AION CS 2010-2021 [cit. 15. 11.2020]. Dostupné z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-361

[18] BRNĚNSKÉ KOMUNIKACE a.s. Ročenka dopravy Brno 2019 [online]. Vývoj intenzit v Brně (rok 1990 – 100%) [graf], Denní variace v procentech 2019 [graf] [cit. 30.10.2020]. Dostupné z: https://www.bkom.cz/informacni-centrum/rocenky-dopravy-brno-15/rocenka-dopravy-brno-2019-pdf-190

[19] PTV GROUP. PTV Vissim 2020 User manual. Karlsruhe, 2019.

[20] Český normalizační institut. ČSN 73 6102 - Projektování křižovatek na pozemních komunikacích. Praha, 2007.

Zoznam obrázkov

Obrázok 1. Mapa širších vzťahov [2]. 2

Obrázok 2. Mapa polohy skúmanej lokality [2]. 3

Obrázok 3. Schéma modelovaného územia [2]. 4

Obrázok 4. Mapa plánovanej výstavby VMO mesta Brno [3]. 5

Obrázok 5. Umiestenenie podjazdu po železničným viaduktom [2]. 6

Obrázok 6. Podjazd pod železničným viaduktom na ul. Karlova. 7

Obrázok 7. Pohľad na križovatku Svatoplukova – Podsednická z ulice Svatoplukova. .. 8

Obrázok 8. Pohľad na Križovatku Svatoplukova – M. Kuncové z ulice M. Kuncové..... 9

Obrázok 9. Pohľad na križovatku Svatoplukova – Rokytova z ulice Svatoplukova. 10

Obrázok 10. Pohľad na križovatku Bubeníčkova – Svatoplukova – Gajdošova z ulice Svatoplukova. 11

Obrázok 11. Historická ortofoto mapa z roku 1993 so schémou uličnej siete z roku 1953 [6]. 13

Obrázok 12. Historická ortofoto mapa z roku 1953 so schémou uličnej siete z roku 1990 [6]. 14

Obrázok 13. Kartogram sčítania dopravy z roku 2016 [8]. 18

Obrázok 14. Pohľad na riešenie BUS pruhu z mesta Essen (Nemecko). [10]..... 20

Obrázok 15. Výrez z územných plánov mesta Brna (výkresy hromadnej dopravy). Vpravo stávajúci ÚP z roku 1994, vľavo návrh ÚP z roku 2020 [14], [15]. 24

Obrázok 16. Znázornené opatrenia variantu 1 na mape [2]. 26

Obrázok 17. Znázornené opatrenia variantu 2 na mape [2]. 28

Obrázok 18. Ukážka konfliktných bodov v križovatke. Vozidlo v zelenom pruhu má prednosť pred vozidlom v červenom. Žltá vyjadruje neutrálnosť. 30

Obrázok 19. Mapa liniek MHD na ulici Svatoplukova. [2]..... 34

Obrázok 20. Situačná schéma križovatky Provazníkova – Karlova – Svatoplukova. Variant 0. 53

Obrázok 21. Signálny plán križovatky Provazníkova – Karlova – Svatoplukova. Variant 0. 54
Obrázok 22. Situačná schéma križovatky VMO – Karlova – Svatoplukova. Variant 1. 55
Obrázok 23. Signálný plán križovatky VMO – Karlova – Svatoplukova. Variant 1 a 2. 56
Obrázok 24. Situačná schéma križovatky VMO – Karlova – Svatoplukova. Variant 2. 57
Obrázok 25. Situačná schéma križovatky Svatolukova – M. Kunocové – Podsednická. Variant 0 a 1. 58
Obrázok 26. Situačná schéma križovatky Svatolukova – M. Kunocové – Podsednická. Variant 2. 58
Obrázok 27. Situačná schéma križovatky Svatolukova – M. Kunocové. Variant 0. 59
Obrázok 28. Signálný plán križovatky Svatolukova – M. Kunocové. Variant 0. 59
Obrázok 29. Situačná schéma križovatky Svatolukova – M. Kunocové. Variant 1. 60
Obrázok 30. Signálny plán križovatky Svatolukova – M. Kunocové. Variant 1. 60
Obrázok 31. Situačná schéma križovatky Svatolukova – M. Kunocové. Variant 2. 61
Obrázok 32. Signálný plán križovatky Svatolukova – M. Kunocové. Variant 2. 61
Obrázok 33. Situačná schéma križovatky Svatolukova – Rokytova. Variant 0. 62
Obrázok 34. Signálný plán križovatky Svatolukova – Rokytova. Variant 0. 62
Obrázok 35. Situačná schéma križovatky Svatolukova – Rokytova. Variant 1. 63
Obrázok 36. Signálný plán križovatky Svatolukova – Rokytova. Variant 1 a 2. 63
Obrázok 37. Situačná schéma križovatky Svatolukova – Rokytova. Variant 2. 64
Obrázok 38. Situačná schéma križovatky Svatolukova – Stará osada. Variant 0 a 1. 65
Obrázok 39. Situačná schéma križovatky Svatolukova – Stará osada. Variant 2. 65
Obrázok 40. Situačná schéma križovatky Svatolukova – Bubníčkova – Gajdošova. Variant 0,1 a 2. 66
Obrázok 41. Signálný plán križovatky Svatolukova – Bubeníčkova – Gajdošova. Variant 0. 67
Obrázok 42. Signálný plán križovatky Svatolukova – Bubeníčkova – Gajdošova. Variant 1 a 2. 67

Obrázok 43. Situačná schéma križovatky Bubeníčkova – Stará osada. Variant 0,1 a 2. 68

Zoznam grafov

Graf 1. Početnosť jednotlivých spojov v oboch smeroch za 24 hodín pracovného dňa počas školského roku na zastávke Stará osada. 15

Graf 2. Vývoj intenzít dopravy v Brne za uvedené roky [18]. 36

Graf 3. Vývoj intenzít dopravy v Brne počas dňa. [18]..... 37

Zoznam tabuliek

Tabuľka 1. Spoje premávajúce po ulici Svatoplukova. 16

Tabuľka 2. Hodnoty nájazdovej a vyprázdňovacej rýchlosti pre výpočet medzičasov v signálnom pláne. 21

Tabuľka 3. Tabuľka sledovaných smerov a liniek v modeloch. 39

Tabuľka 4. Porovnanie hodnôt zo simulácie a reálnej premávky. 40

Tabuľka 5. Hodnotiace kritéria úrovňe kvality dopravy na riadených úrovňových križovatkách [20]. 40

Tabuľka 6. Zdržanie vozidiel v križovatkách na jej jednotlivých vstupoch vo variante 1. 41

Tabuľka 7. Zdržanie vozidiel v križovatkách na jej jednotlivých vstupoch vo variante 2. 42

Tabuľka 8. Pororvnanie celkového zdržania všetkých vozidiel vo variante 1 a 2. 43

Tabuľka 9. Porovanie priemerného cestovného času spoja v jednotlivých variantoch. . 44

Tabuľka 10. Percentuálne porovnaie rozdielov cestovných časov v spojoch jednotlivých variantoch. 44

Tabuľka 11. Priemerné cestovné časy vozidiel IAD v jednotlivých variantoch 45

Tabuľka 12. Percentuálny rozdiel cestovných časov IAD v jednotlivých variantoch. ... 45

Tabuľka 13. Vypočítané medzičasy pre signálny plán na križovatke VMO – Svatoplukova – Karlova variant 1 a 2. 73

Tabuľka 14. Vypočítané medzičasy pre signálny plán na križovatke Svatoplukova – M. Kuncové variant 1 73

Tabuľka 15. Vypočítané medzičasy pre signálny plán na križovatke Svatoplukova – M. Kuncové variant 2 74

Tabuľka 16. Vypočítané medzičasy pre signálny plán na križovatke Svatoplukova – Rokytova variant 1a 2. 74

Tabuľka 17. Vypočítané medzičasy pre signálny plán na križovatke Svatoplukova – Bubeníčkova variant 1a 2. 75

Zoznam použitých skratiek

VMO – veľky mestský okruh

IAD – individuálna automobilová doprava

MHD – mestská hramadná doprava

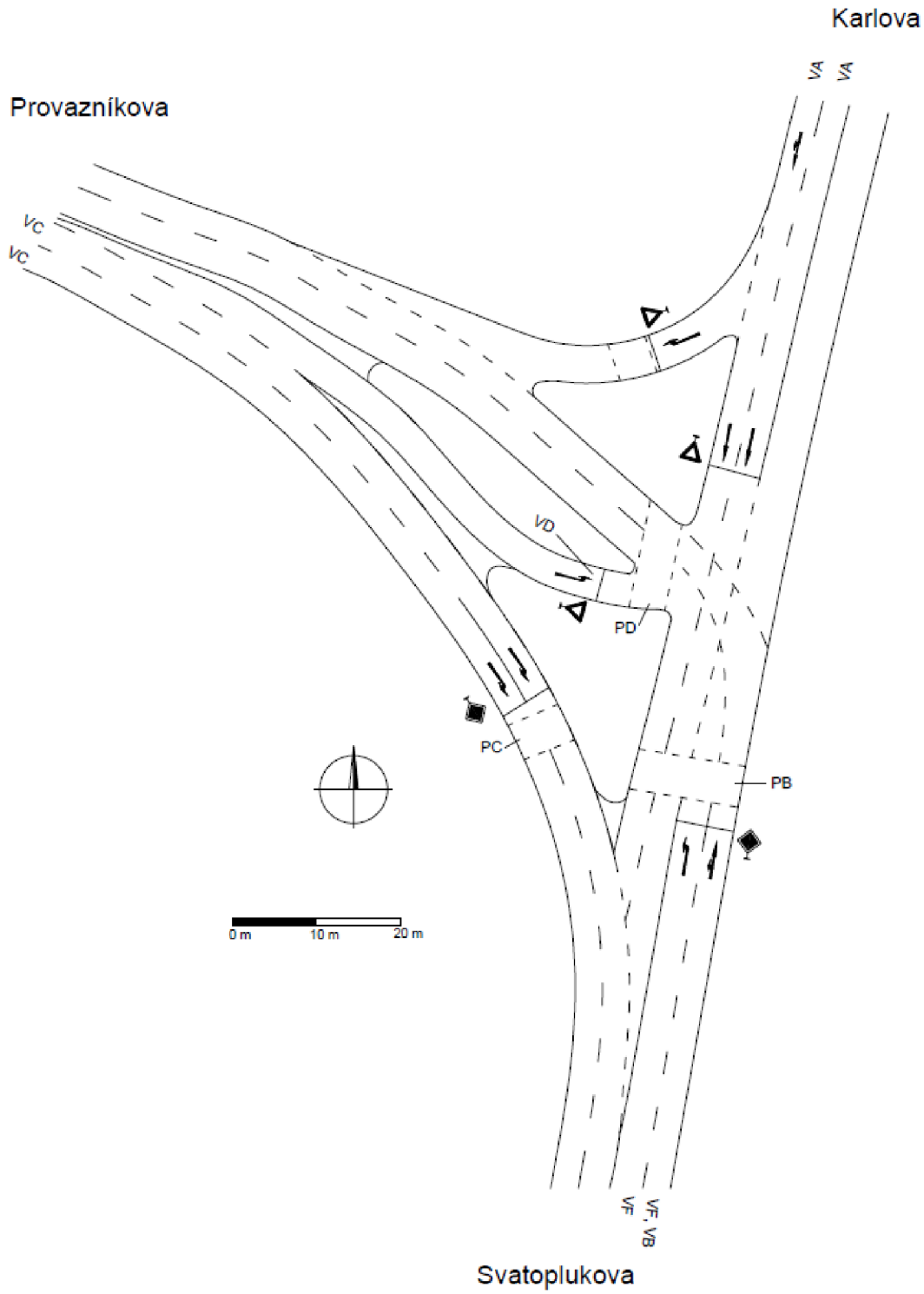
SSZ – svetelno – signalizačné zariadenie

ÚP – územný plán

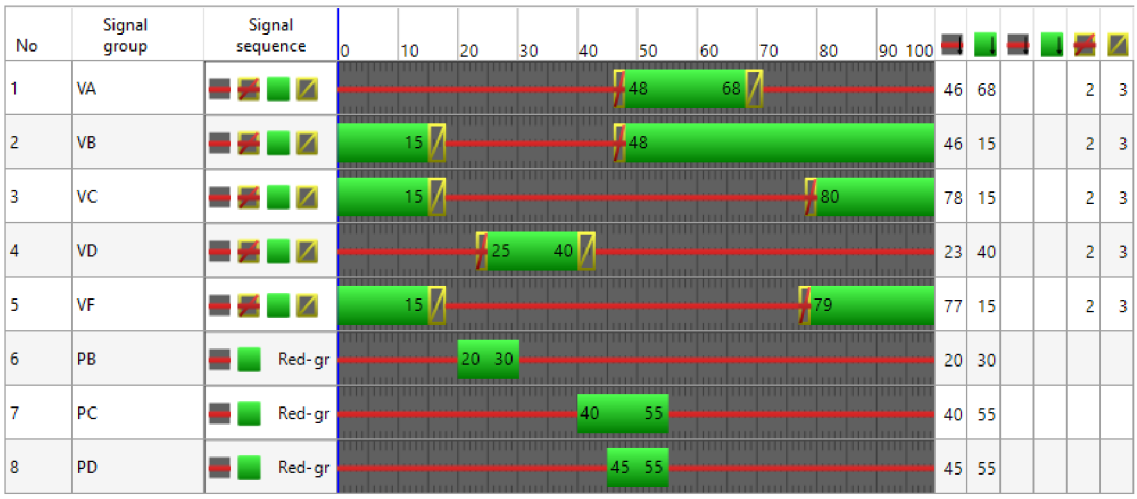
IDS – integrovaný dopravný systém

11 Prílohy

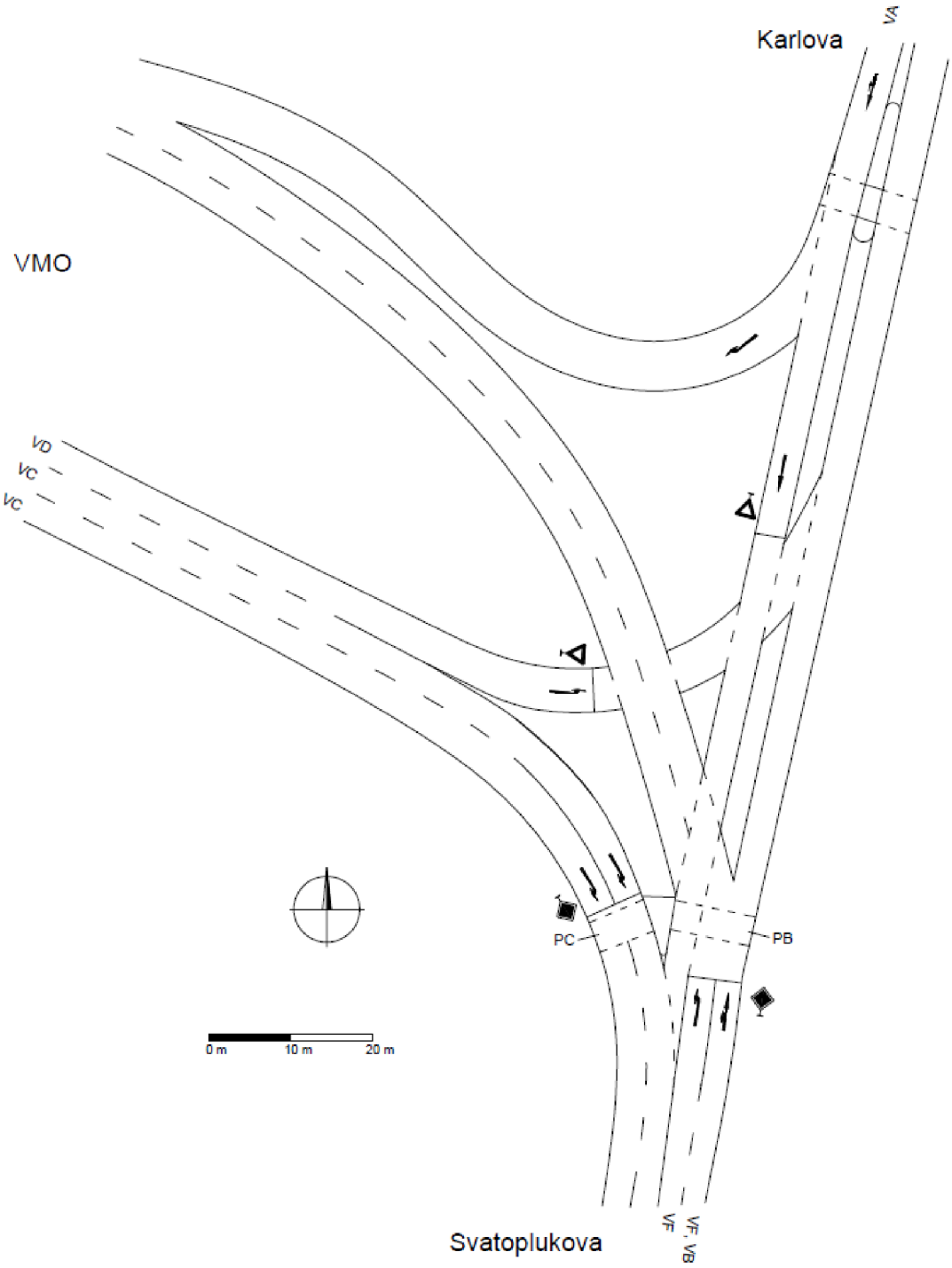
11.1 Situačné schémy križovatiek so signálnymi plánmi



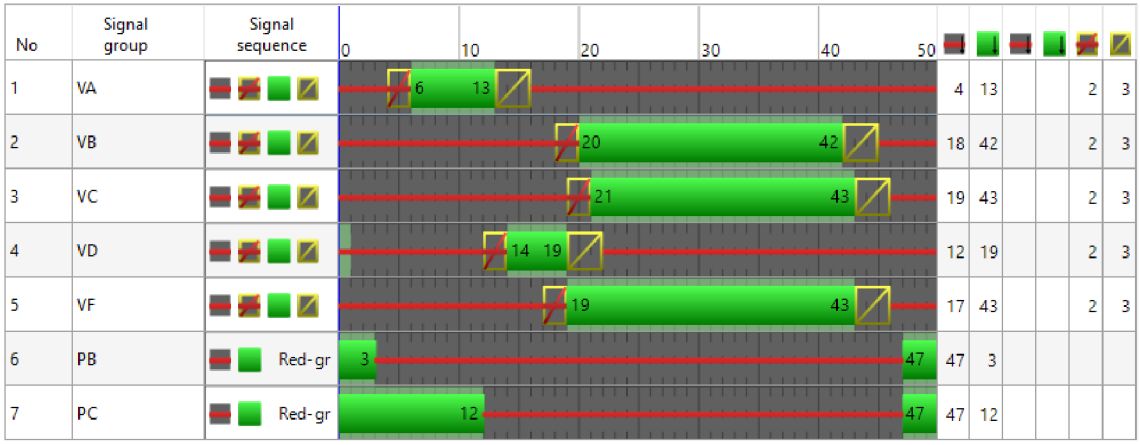
Obrázok 20. Situačná schéma križovatky Provazníkova – Karlova – Svatoplukova. Variant 0.



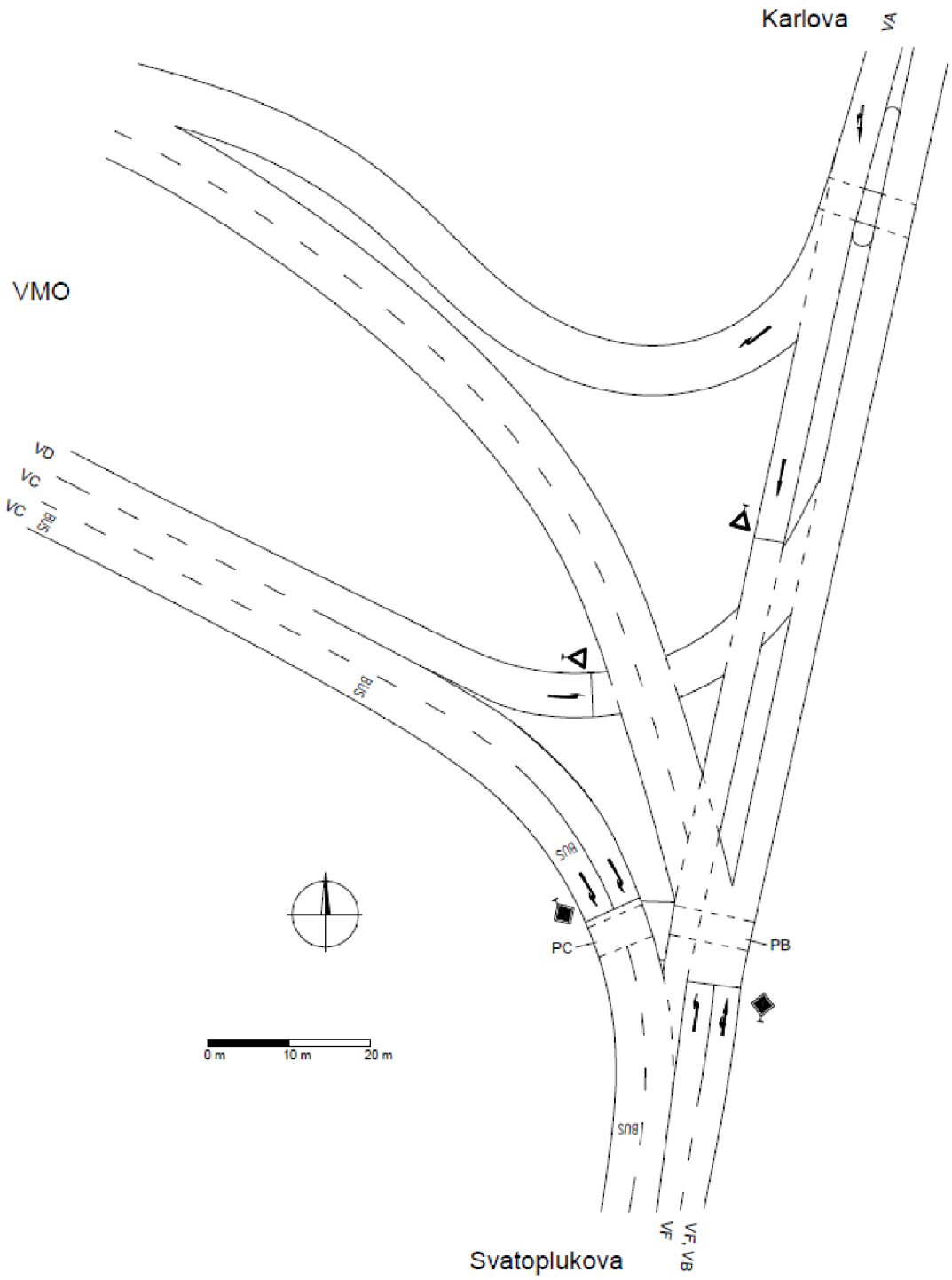
Obrázok 21. Signálny plán križovatky Provazníkova – Karlova – Svatoplukova. Variant 0.



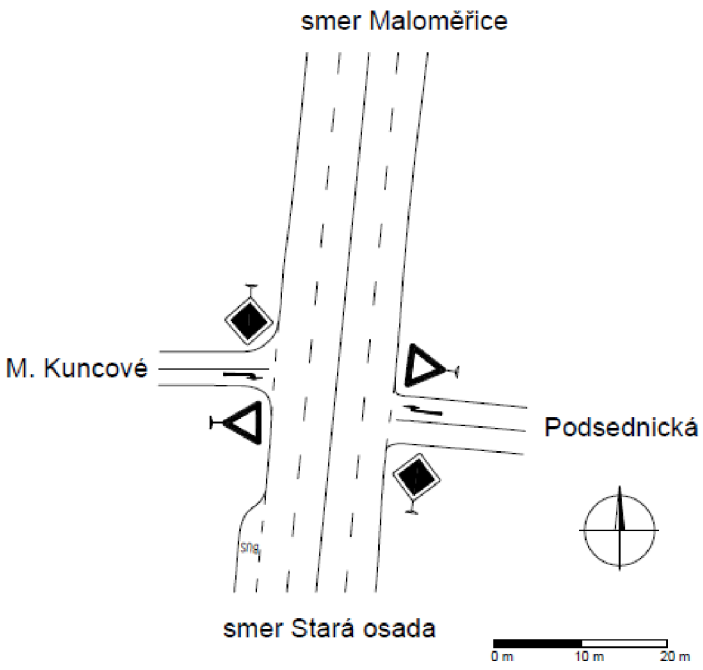
Obrázok 22. Situačná schéma križovatky VMO – Karlova – Svatoplukova. Variant 1.



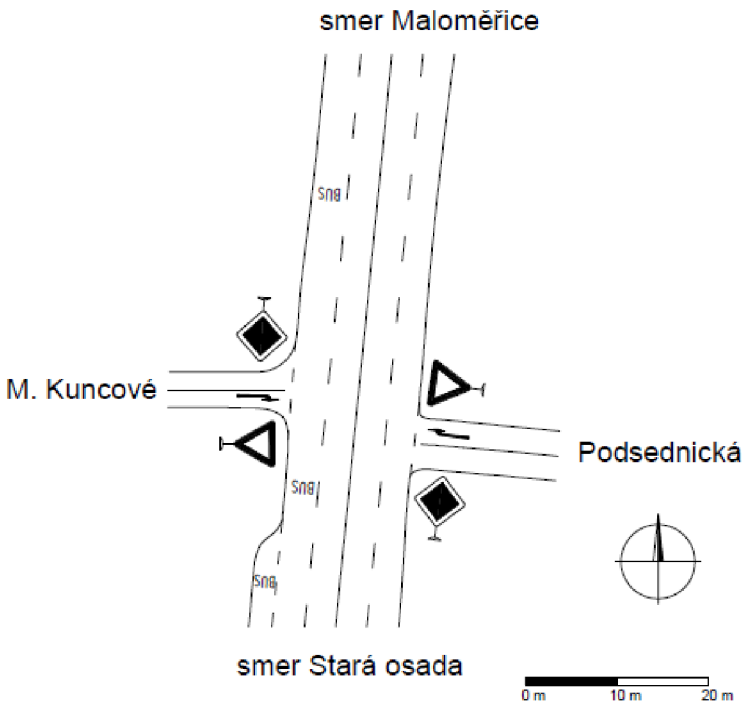
Obrázok 23. Signálný plán križovatky VMO – Karlova – Svatoplukova. Variant 1 a 2.



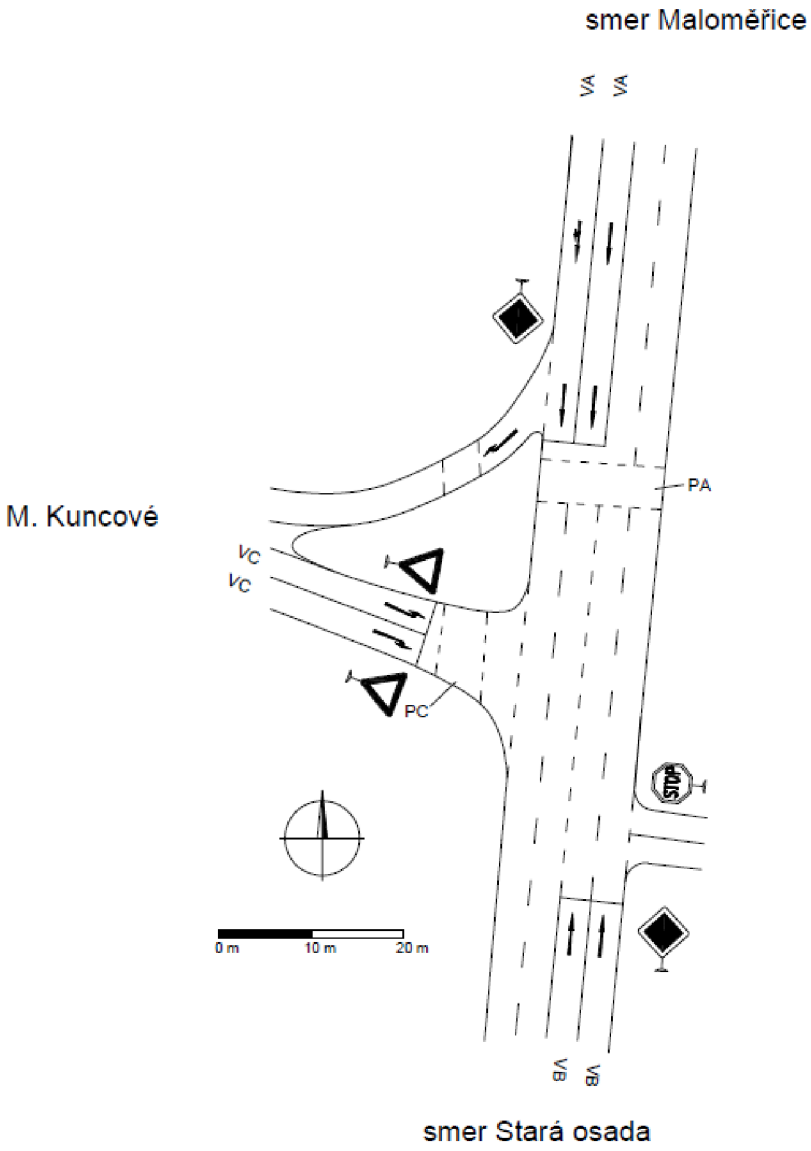
Obrázok 24. Situačná schéma križovatky VMO – Karlova – Svatoplukova. Variant 2.



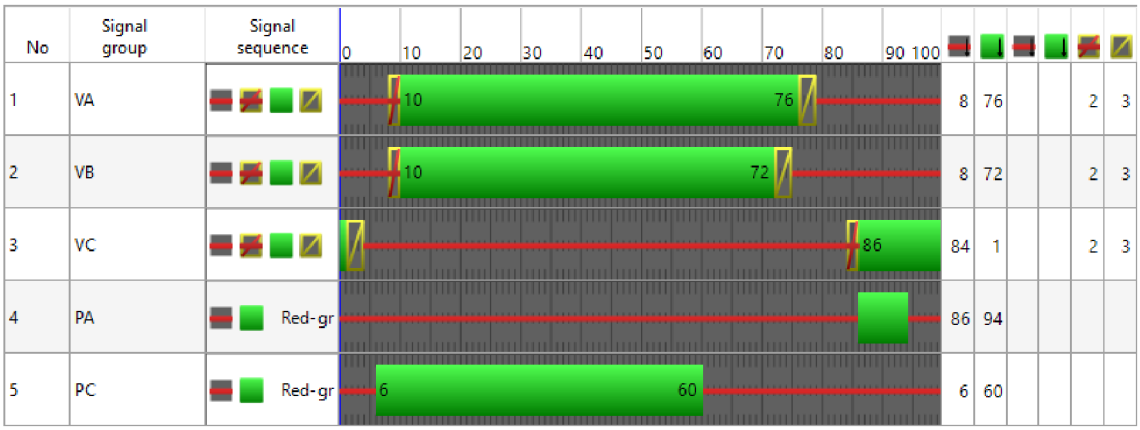
Obrázok 25. Situačná schéma križovatky Svatolukova – M. Kunocové – Podsednická. Variant 0 a 1.



Obrázok 26. Situačná schéma križovatky Svatolukova – M. Kunocové – Podsednická. Variant 2.

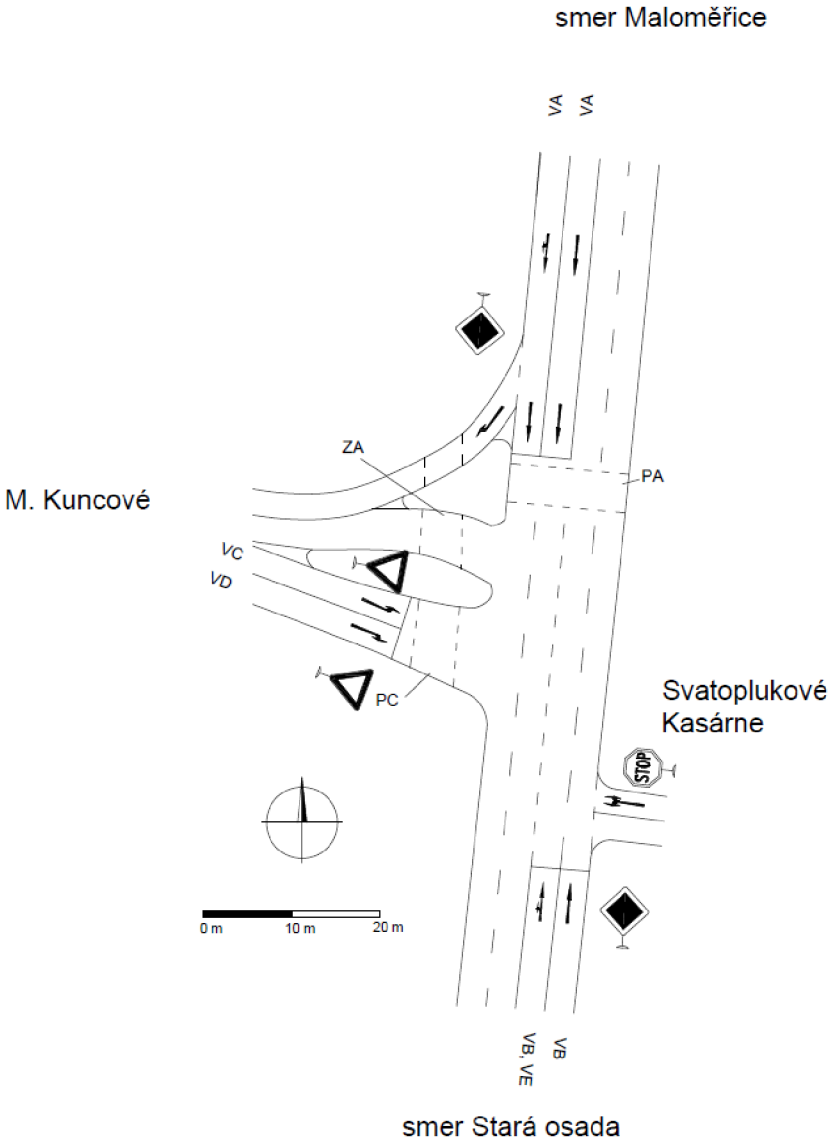


Obrázok 27. Situačná schéma križovatky Svatolukova – M. Kunocové. Variant 0.

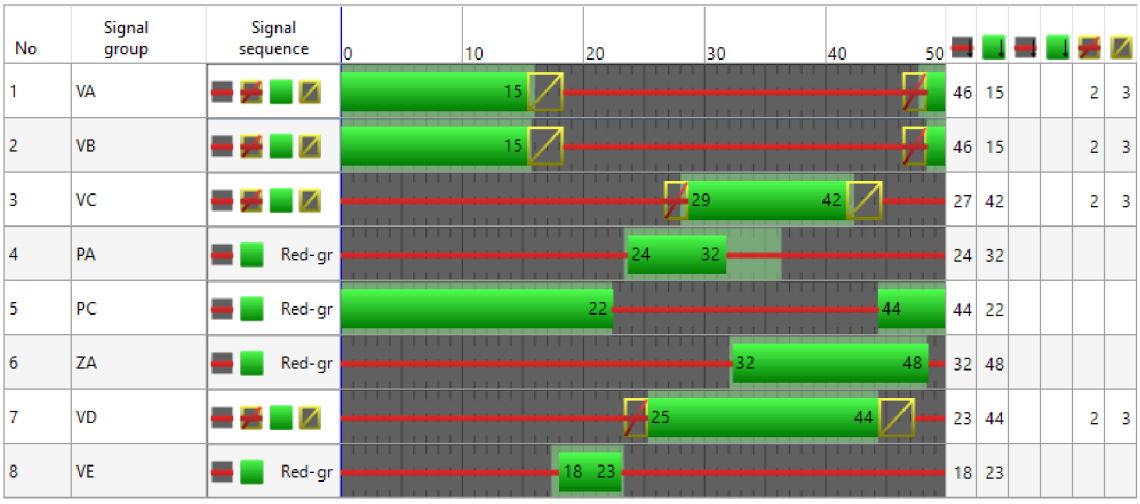


No	Signal group	Signal sequence																
1	VA		10							76			8	76			2	3
2	VB		10							72			8	72			2	3
3	VC											86	84	1			2	3
4	PA	Red-gr											86	94				
5	PC	Red-gr	6							60			6	60				

Obrázok 28. Signálný plán križovatky Svatolukova – M. Kunocové. Variant 0.

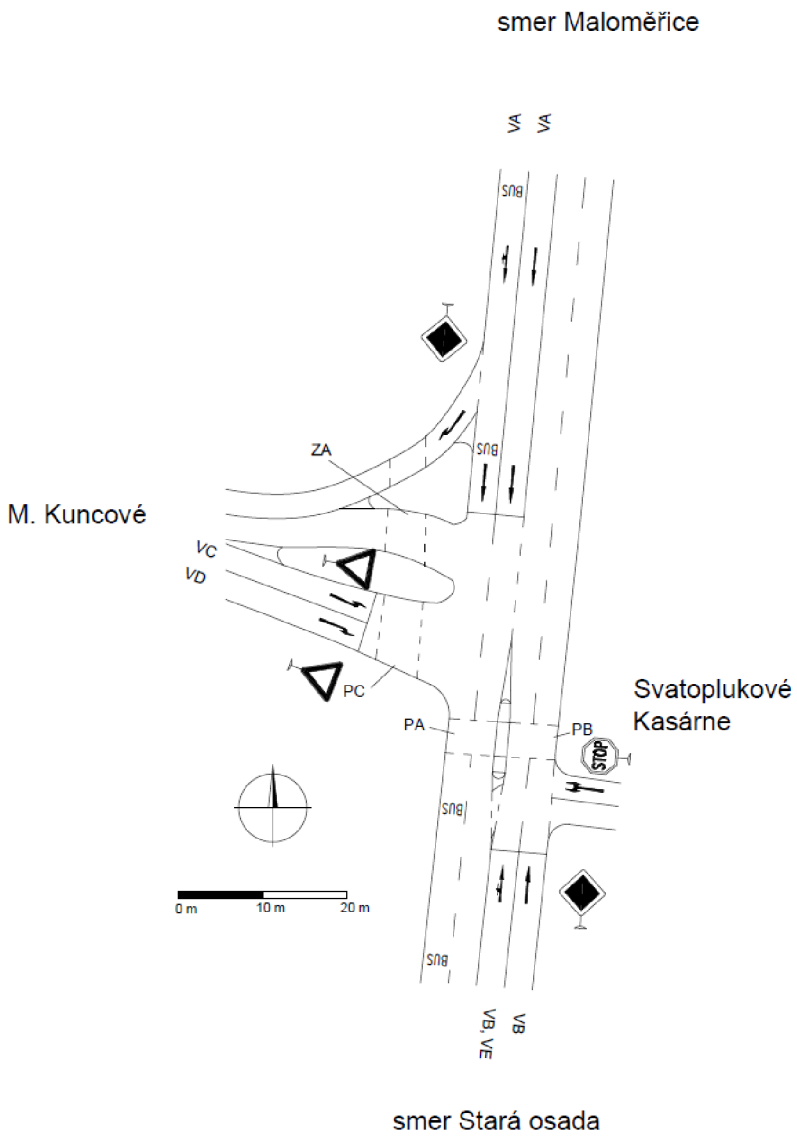


Obrázok 29. Situačná schéma križovatky Svatolukova – M. Kunocové. Variant 1.

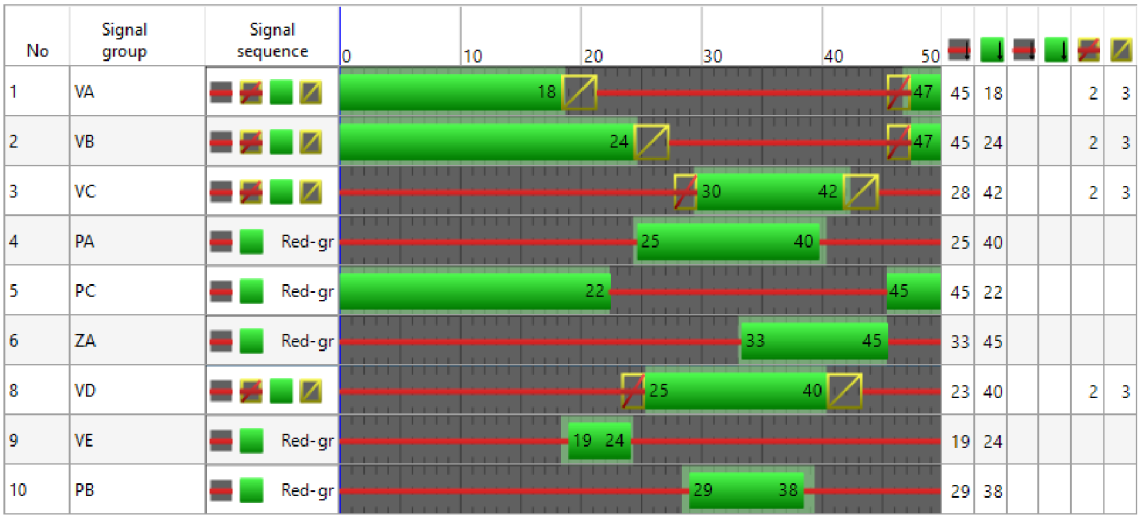


No	Signal group	Signal sequence											
1	VA		15					46	15			2	3
2	VB		15					46	15			2	3
3	VC				29	42		27	42			2	3
4	PA	Red-gr		24	32			24	32				
5	PC	Red-gr	22				44	44	22				
6	ZA	Red-gr				32	48	32	48				
7	VD			25			44	23	44			2	3
8	VE	Red-gr			18 23			18	23				

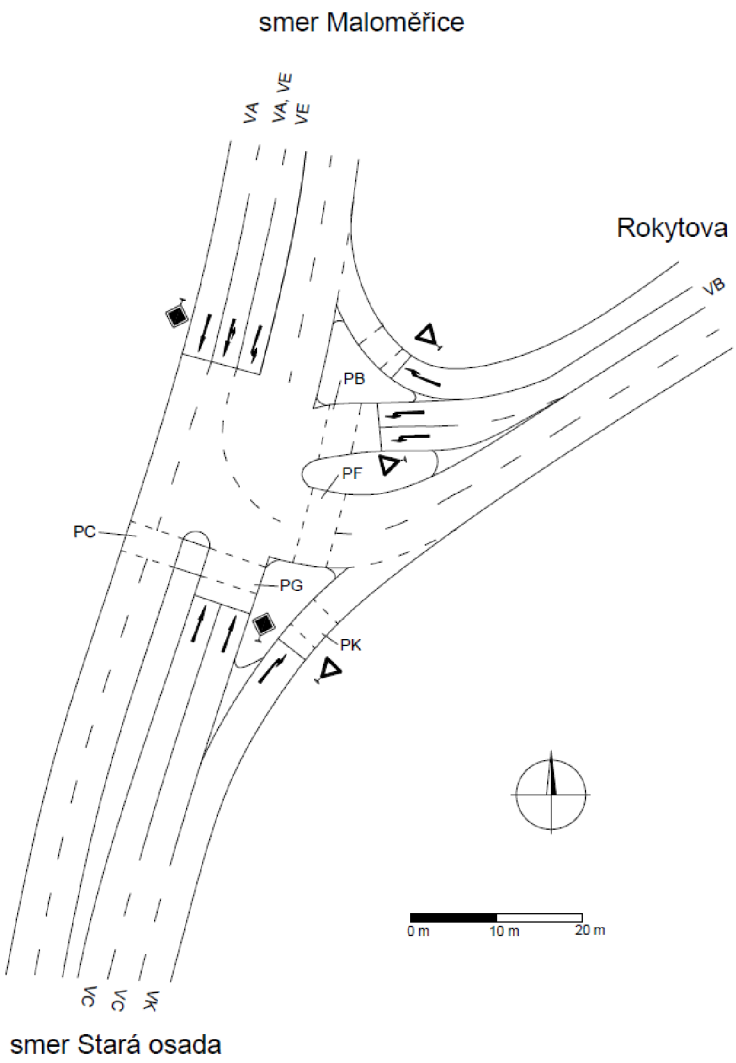
Obrázok 30. Signálny plán križovatky Svatolukova – M. Kunocové. Variant 1.



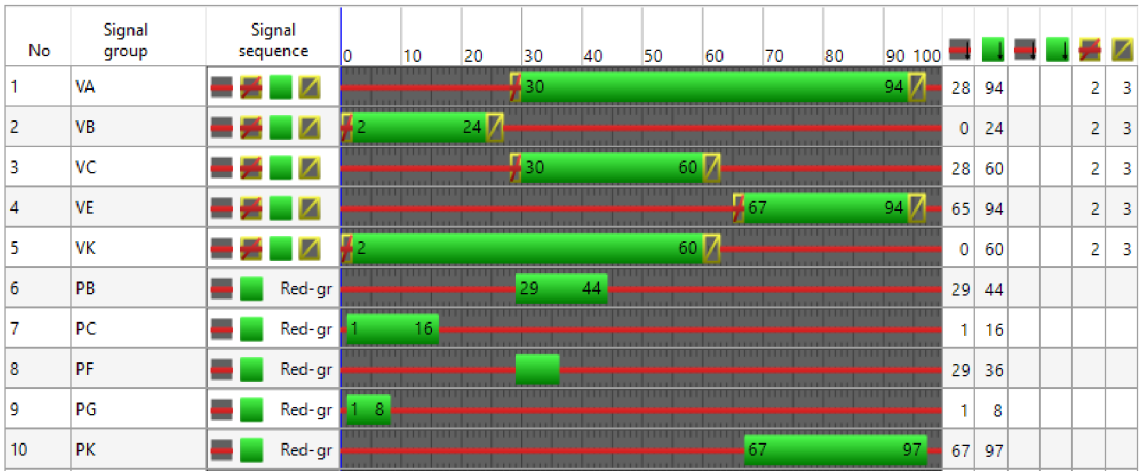
Obrázok 31. Situačná schéma križovatky Svatolukova – M. Kunocové. Variant 2.



| No | Signal group | Signal sequence | | |

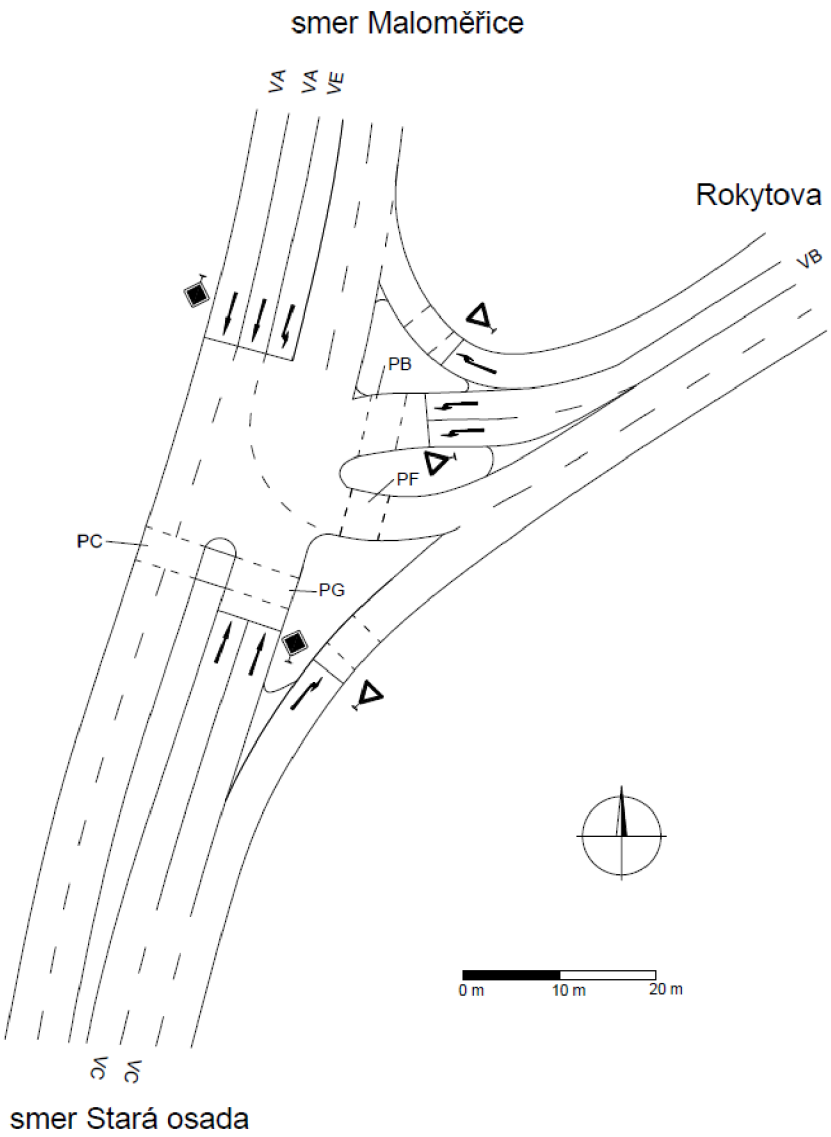


Obrázok 33. Situačná schéma križovatky Svatolukova – Rokytova. Variant 0.

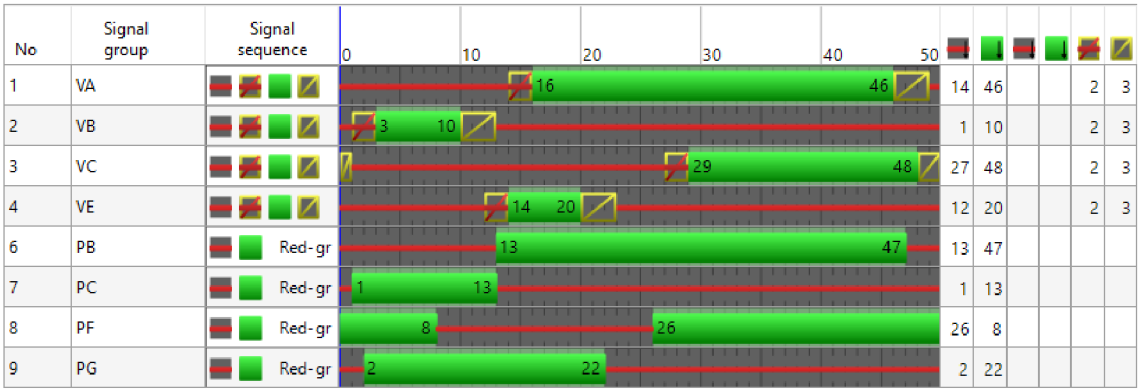


No	Signal group	Signal sequence																		
1	VA						30							94	28	94			2	3
2	VB				2			24							0	24			2	3
3	VC						30				60				28	60			2	3
4	VE											67		94	65	94			2	3
5	VK				2						60				0	60			2	3
6	PB			Red-gr			29		44						29	44				
7	PC			Red-gr	1			16							1	16				
8	PF			Red-gr											29	36				
9	PG			Red-gr	1	8									1	8				
10	PK			Red-gr								67		97	67	97				

Obrázok 34. Signálný plán križovatky Svatolukova – Rokytova. Variant 0.

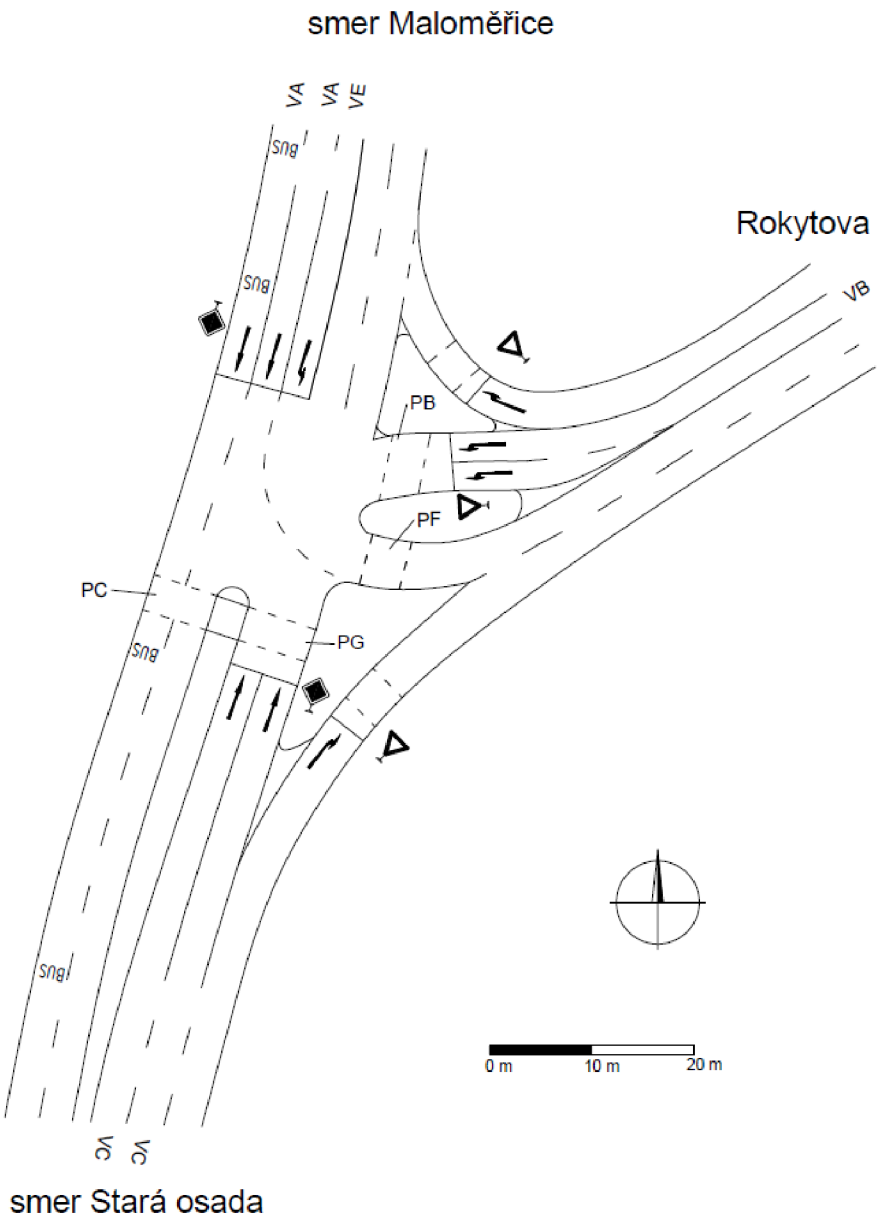


Obrázok 35. Situačná schéma križovatky Svatolukova – Rokytova. Variant 1.

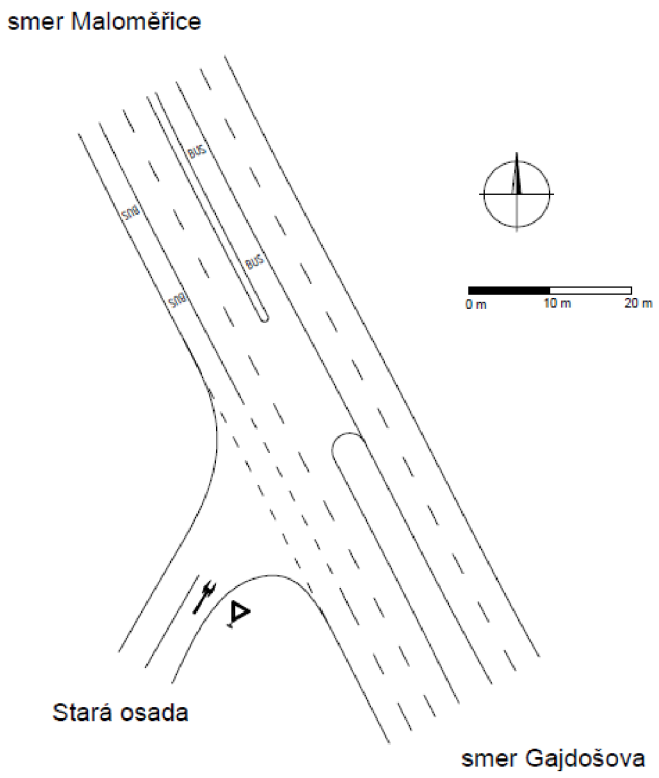


No	Signal group	Signal sequence																	
1	VA							16				46			14	46			2	3
2	VB						3		10						1	10			2	3
3	VC									29			48		27	48			2	3
4	VE							14		20					12	20			2	3
6	PB			Red-gr				13				47			13	47				
7	PC			Red-gr		1			13						1	13				
8	PF			Red-gr				8			26				26	8				
9	PG			Red-gr		2				22					2	22				

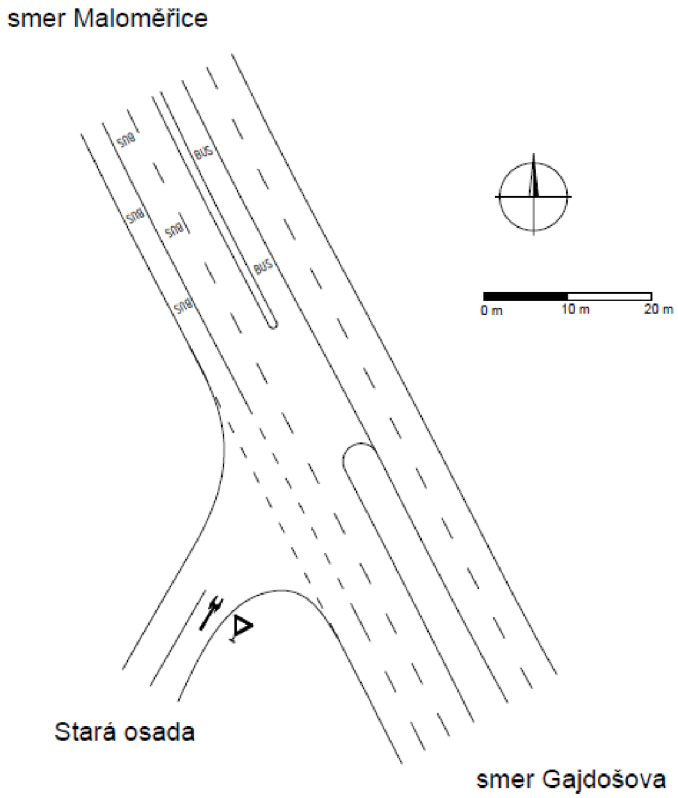
Obrázok 36. Signálný plán križovatky Svatolukova – Rokytova. Variant 1 a 2.



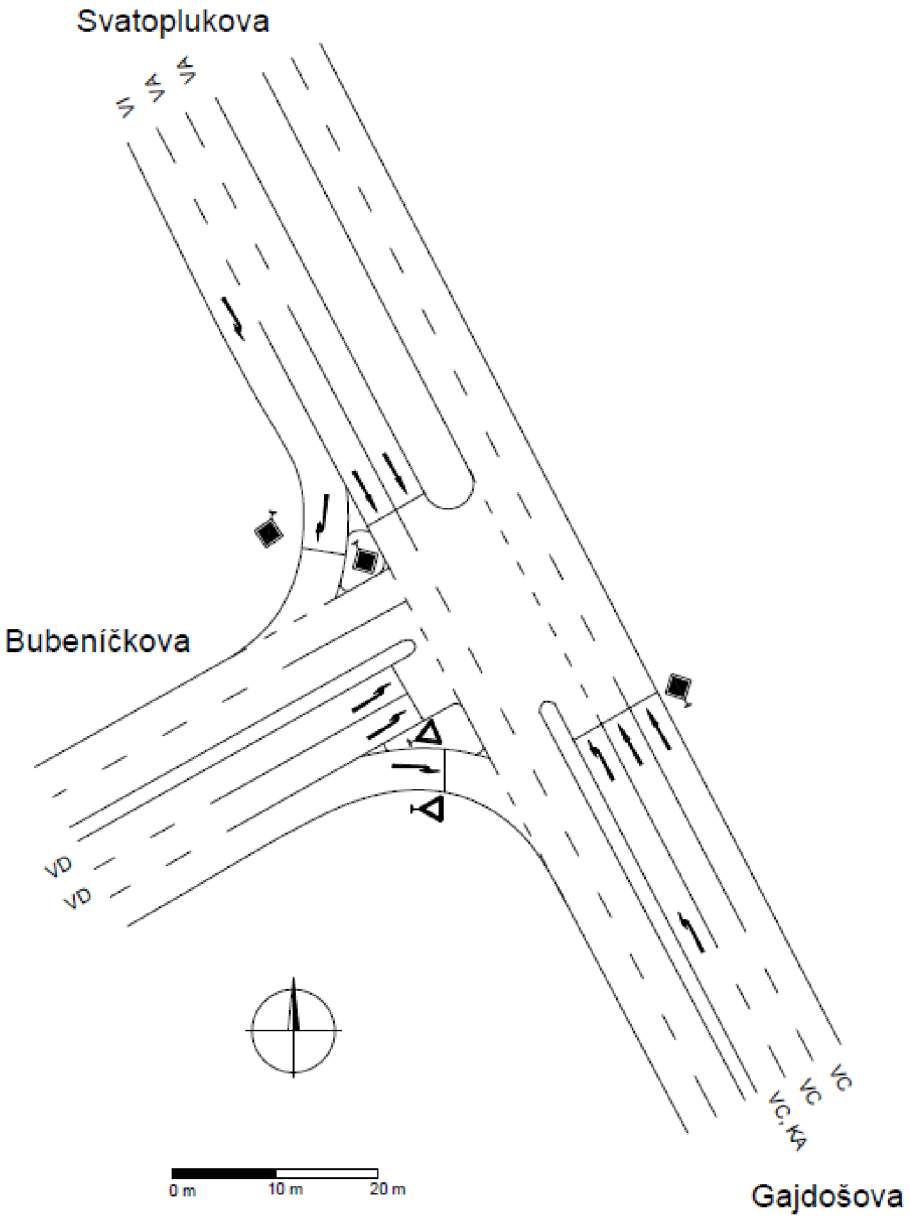
Obrázok 37. Situačná schéma križovatky Svatolukova – Rokytova. Variant 2.



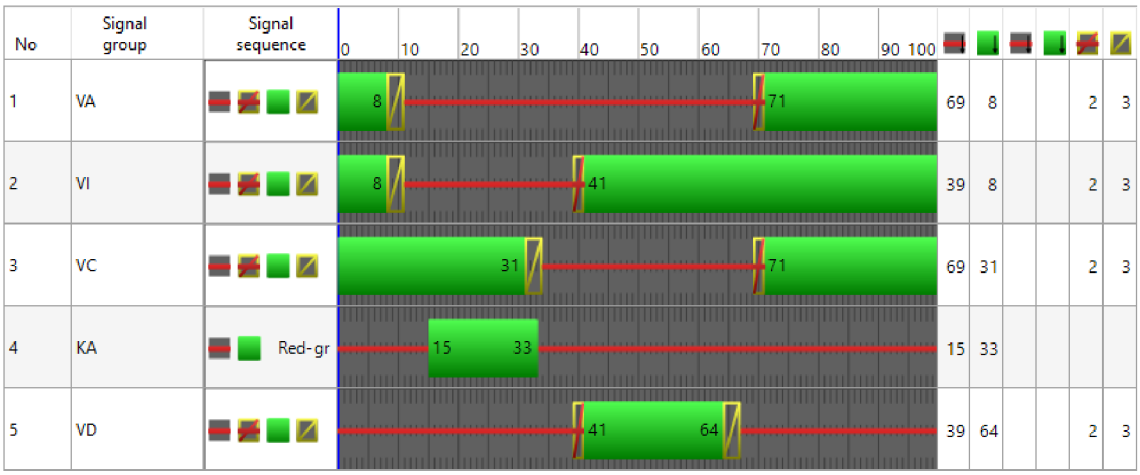
Obrázok 38. Situačná schéma križovatky Svatolukova – Stará osada. Variant 0 a 1.



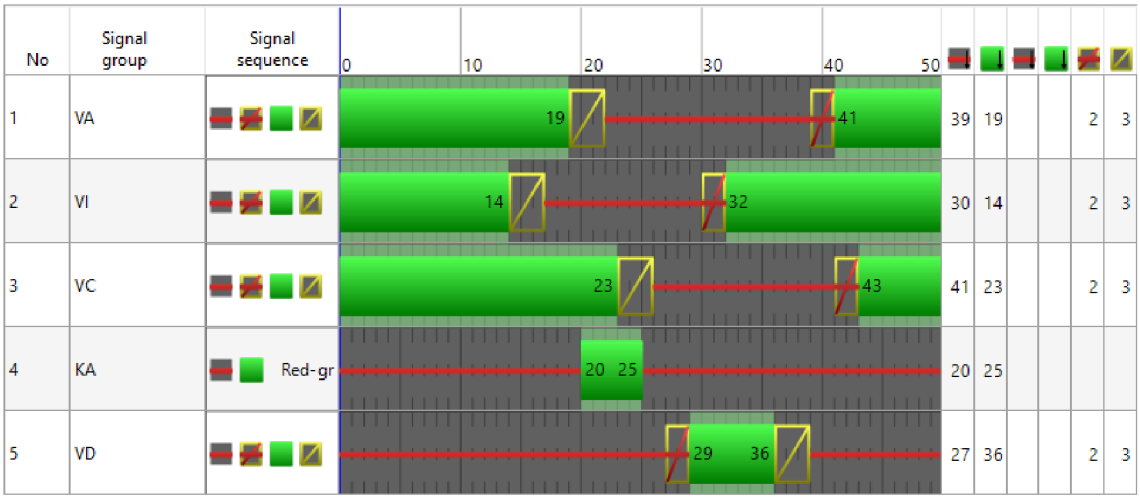
Obrázok 39. Situačná schéma križovatky Svatolukova – Stará osada. Variant 2.



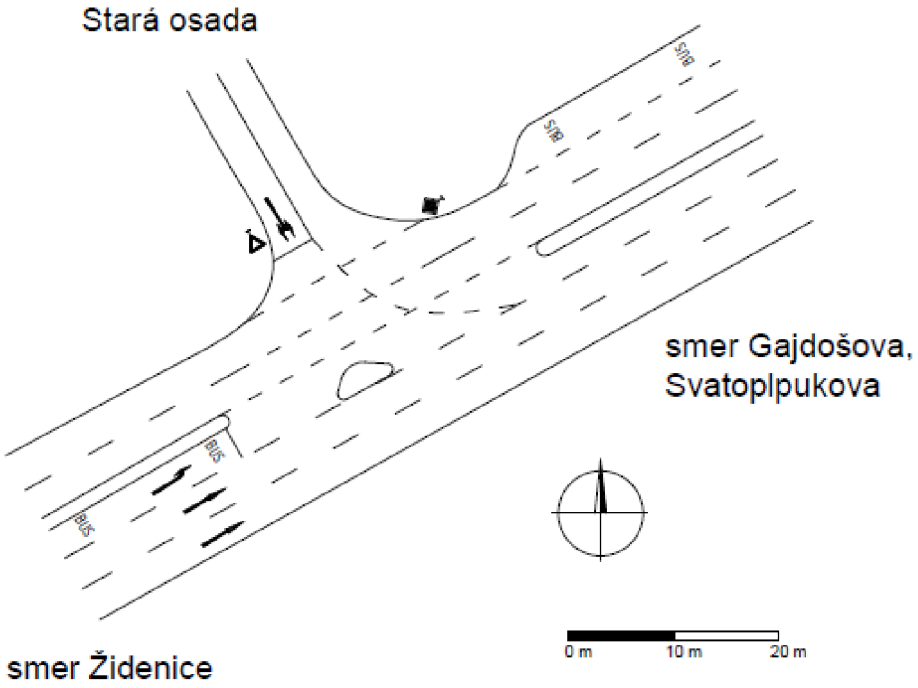
Obrázok 40. Situačná schéma križovatky Svatolukova – Bubníčkova – Gajdošova. Variant 0,1 a 2.



Obrázok 41. Signálný plán križovatky Svatolukova – Bubeníčkova – Gajdošova. Variant 0.



Obrázok 42. Signálný plán križovatky Svatolukova – Bubeníčkova – Gajdošova. Variant 1 a 2.



Obrázok 43. Situačná schéma križovatky Bubeníčkova – Stará osada. Variant 0,1 a 2.

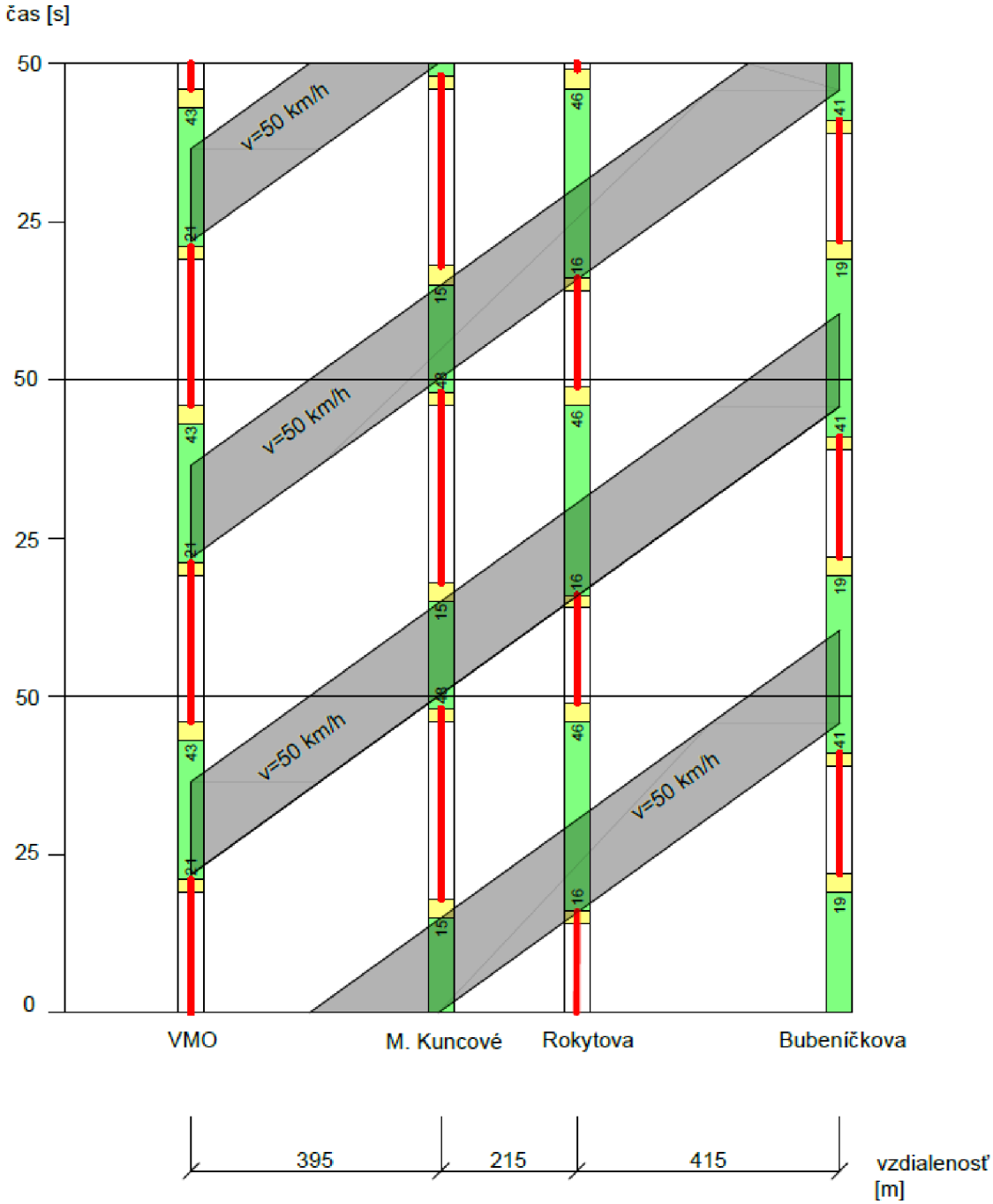


Diagram 1. Plynutie zelenej vlny v smere VMO – Stará osada. Variant 1.

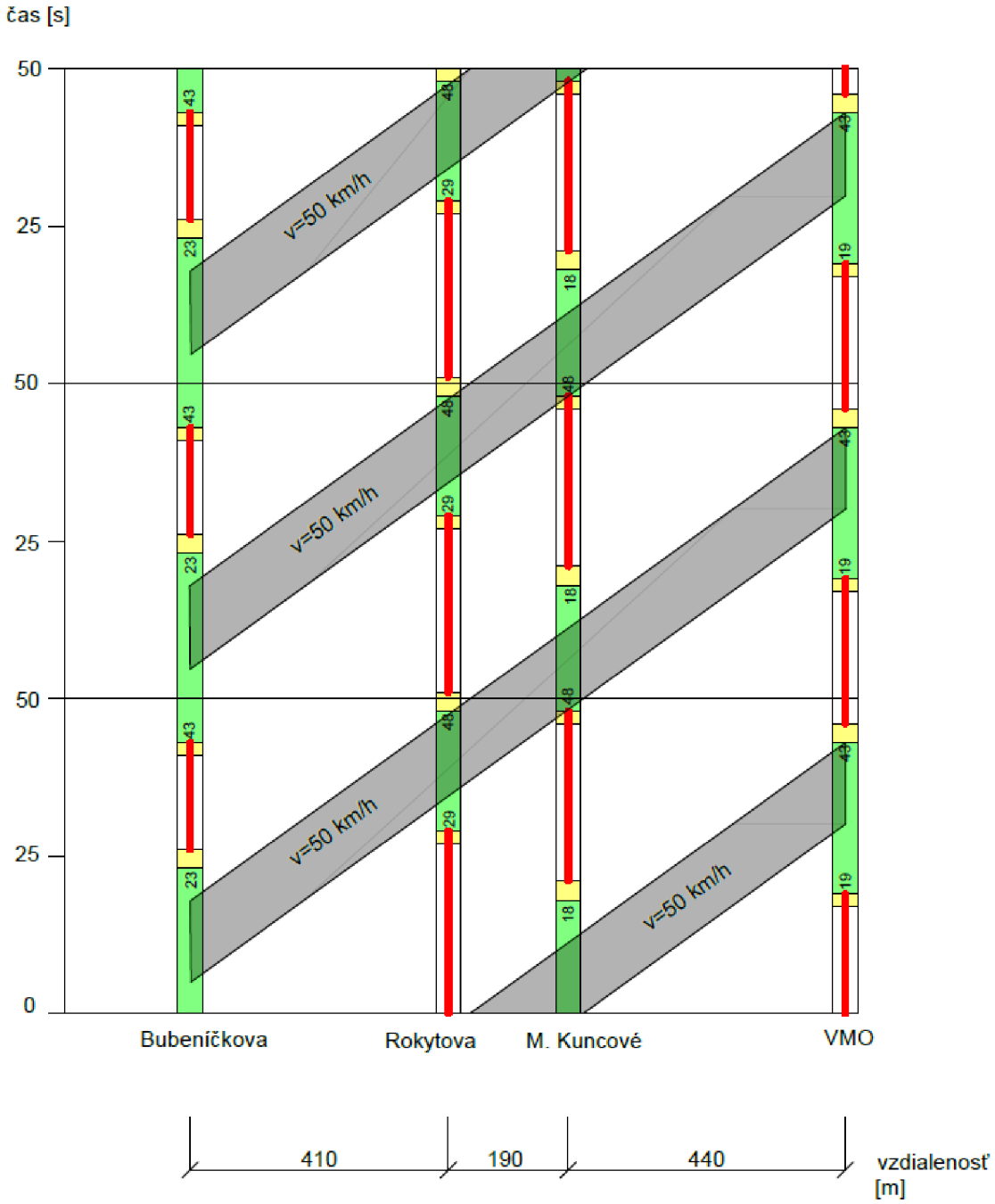


Diagram 2. Plynutie zelenej vlny v smere Stará osda – VMO. Variant 1.

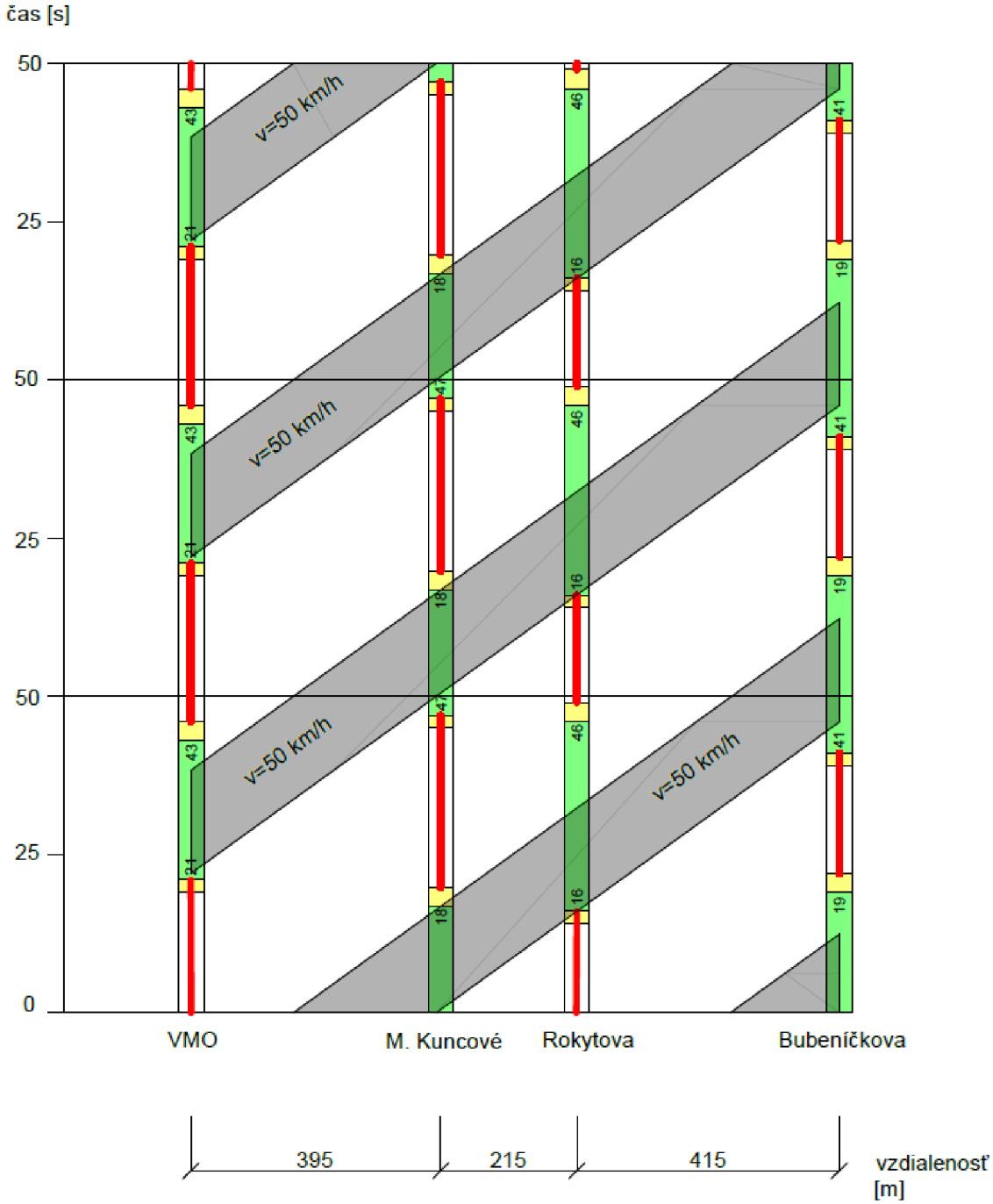


Diagram 3. Plynutie zelenej vlny v smere VMO – Stará osada. Variant 2.

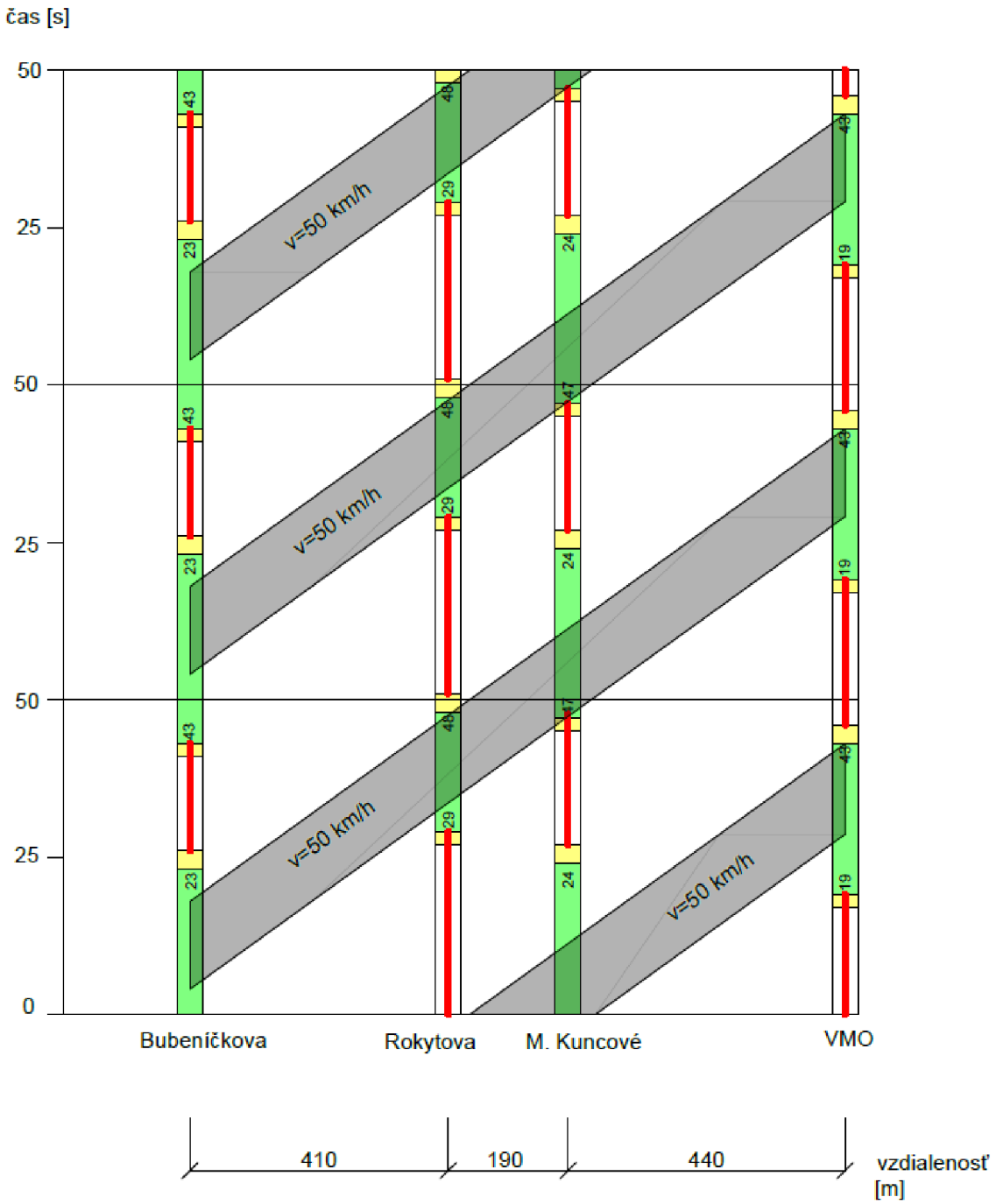


Diagram 4. Plynutie zelenej vlny v smere Stará osda – VMO. Variant 2.

11.2 Tabuľky medzičasov signálnych plánov

	VA	VB	VC	VD	VF	PB	PC
VA	0	0	8	1	6	8	0
VB	0	0	0	4	0	5	0
VC	0	0	0	0	0	0	4
VD	5	1	0	0	0	0	0
VF	3	0	0	7	0	4	0
PB	3	9	0	0	7	0	0
PC	0	0	9	0	0	0	0

Tabuľka 13. Vypočítané medzičasy pre signálny plán na križovatke VMO – Svatoplukova – Karlova variant 1 a 2.

	VA	VB	VC	PA	PC	ZA	VD	VE
VA	0	0	3	0	0	0	3	2
VB	0	0	4	8	0	7	0	0
VC	6	2	0	0	0	0	0	0
PA	12	7	0	0	0	0	0	0
PC	0	0	5	0	0	0	3	0
ZA	0	1	0	0	0	0	0	0
VD	2	0	0	0	0	0	0	0
VE	7	0	5	0	0	9	0	0

Tabuľka 14. Vypočítané medzičasy pre signálny plán na križovatke Svatoplukova – M. Kuncové variant 1

	VA	VB	VC	PA	PC	ZA	VD	VE	PB
VA	0	0	3	6	0	0	3	0	0
VB	0	0	5	0	0	7	0	0	4
VC	5	3	0	0	0	0	0	1	0
PA	7	0	0	0	0	0	0	0	0
PC	0	0	3	0	0	0	3	0	0
ZA	0	7	0	0	0	0	0	0	0
VD	2	0	0	0	5	0	0	0	0
VE	7	0	5	0	0	9	0	0	4
PB	0	4	0	0	0	0	0	4	0

Tabuľka 15. Vypočítané medzičasy pre signálny plán na križovatke Svatoplukova – M. Kuncové variant 2

	VA	VB	VC	VE	PB	PC	PF	PG
VA	0	2	0	0	0	5	0	0
VB	6	0	5	4	3	0	0	0
VC	0	5	0	4	0	0	0	4
VE	0	3	5	0	0	0	6	0
PB	0	6	0	0	0	0	0	0
PC	3	0	0	0	0	0	0	0
PF	0	0	0	6	0	0	0	0
PG	0	0	7	0	0	0	0	0

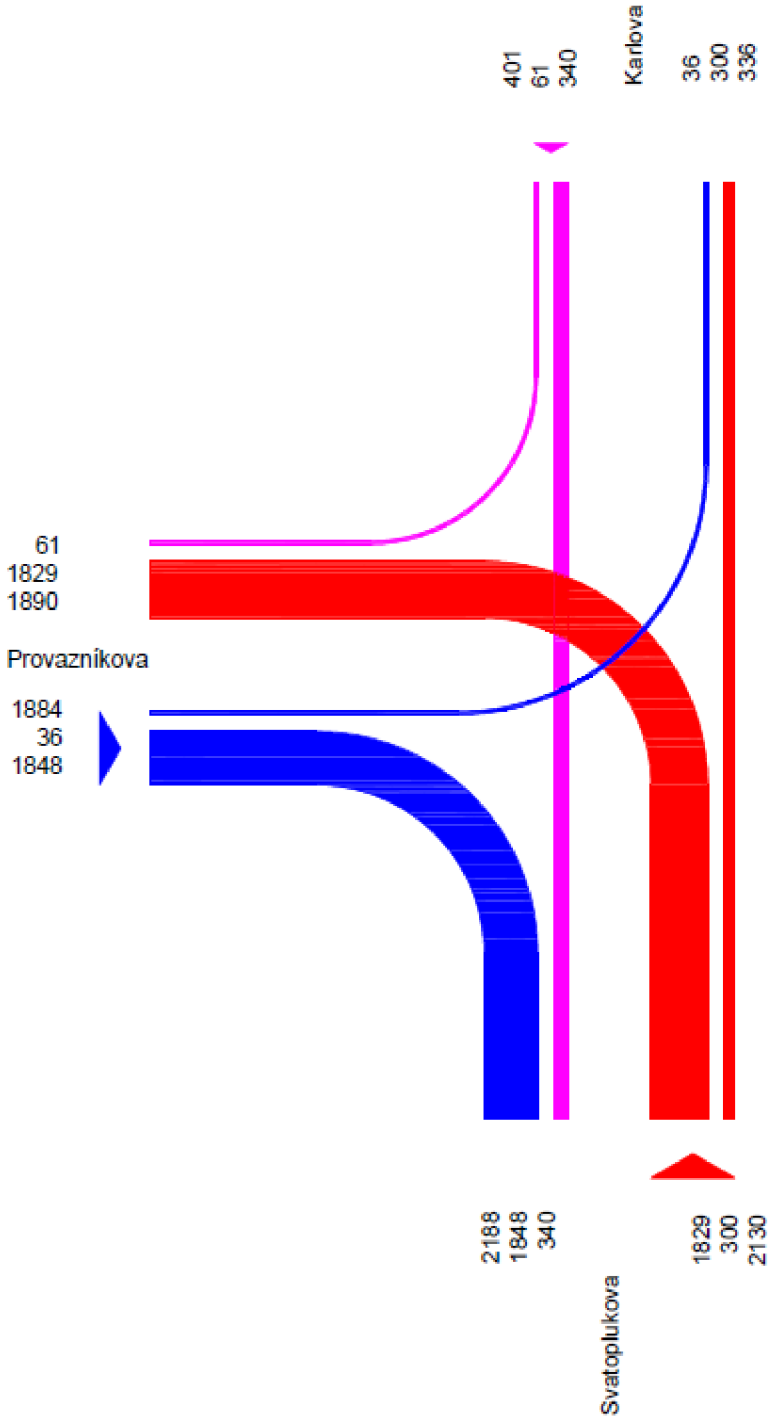
Tabuľka 16. Vypočítané medzičasy pre signálny plán na križovatke Svatoplukova – Rokytova variant 1a 2.

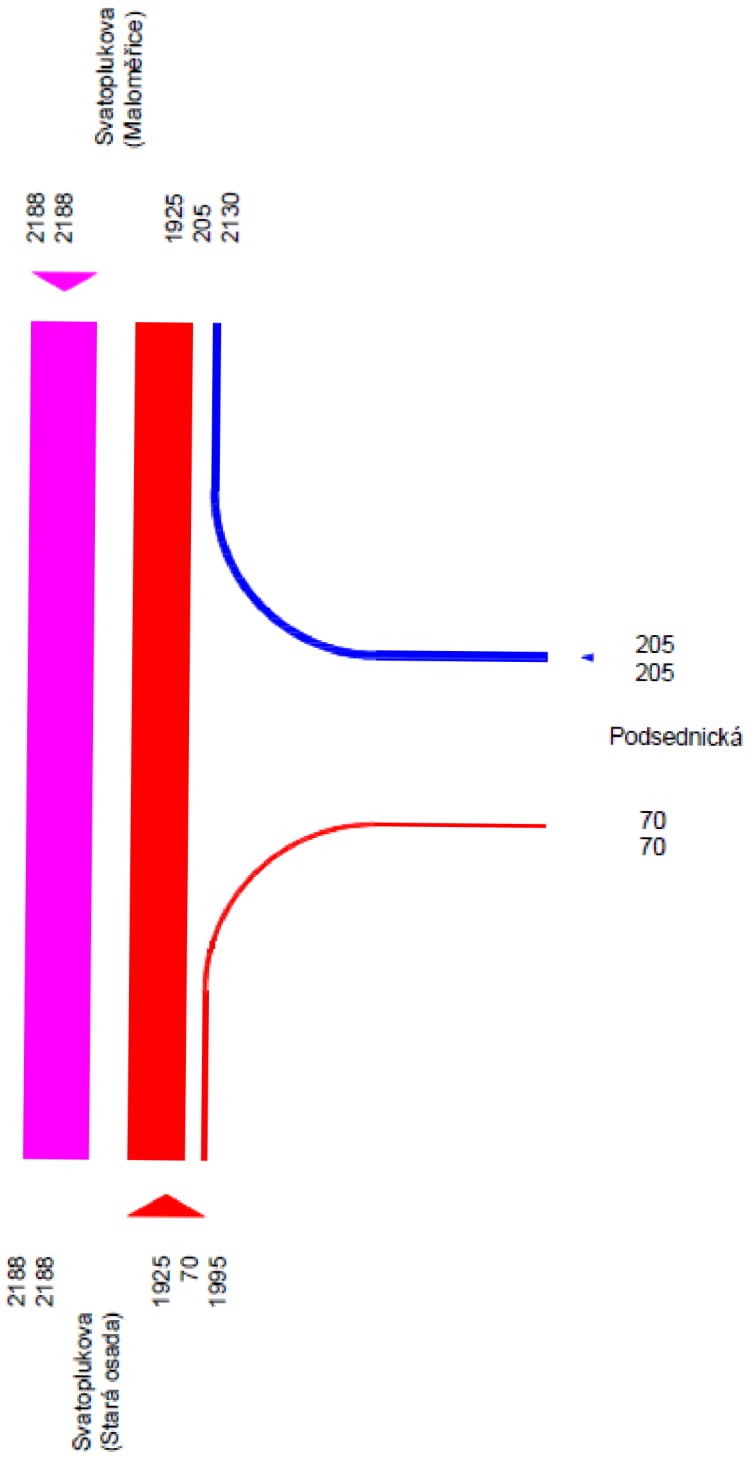
	VA	VI	VC	KA	VD
VA	0	0	0	1	4
VI	0	0	0	6	0
VC	0	0	0	0	6
KA	5	7	0	0	4

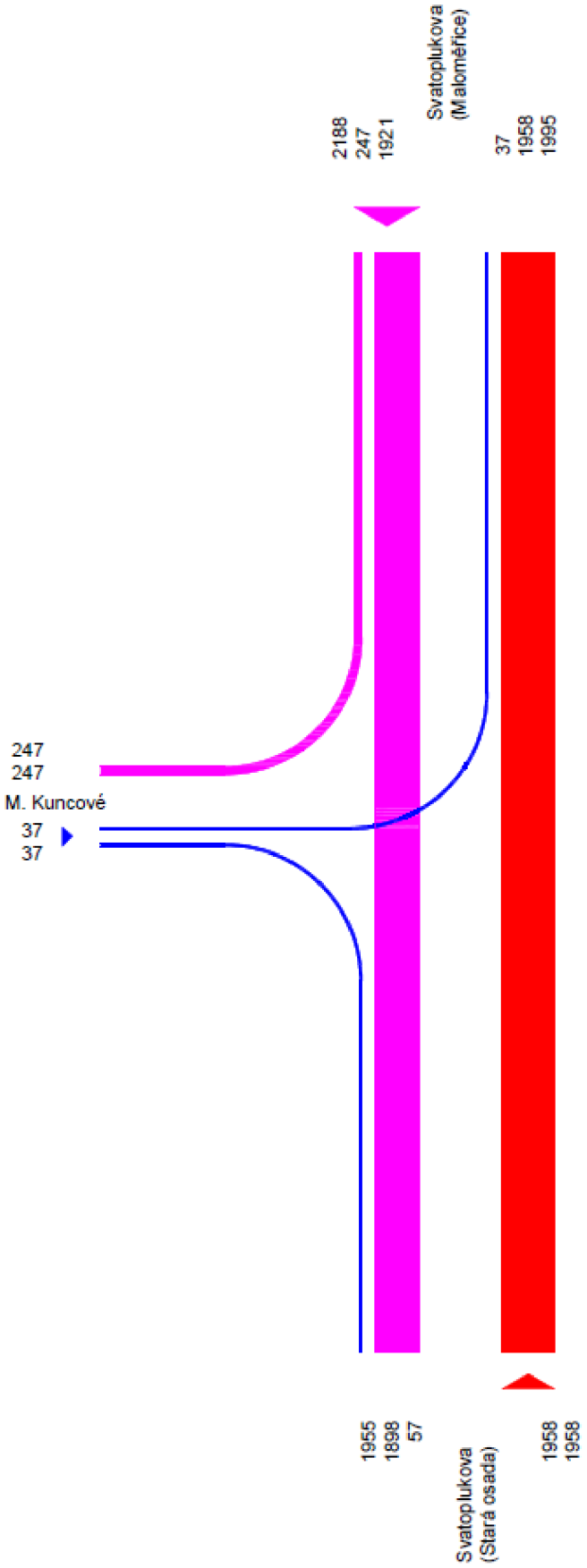
VD	5	0	7	3	0

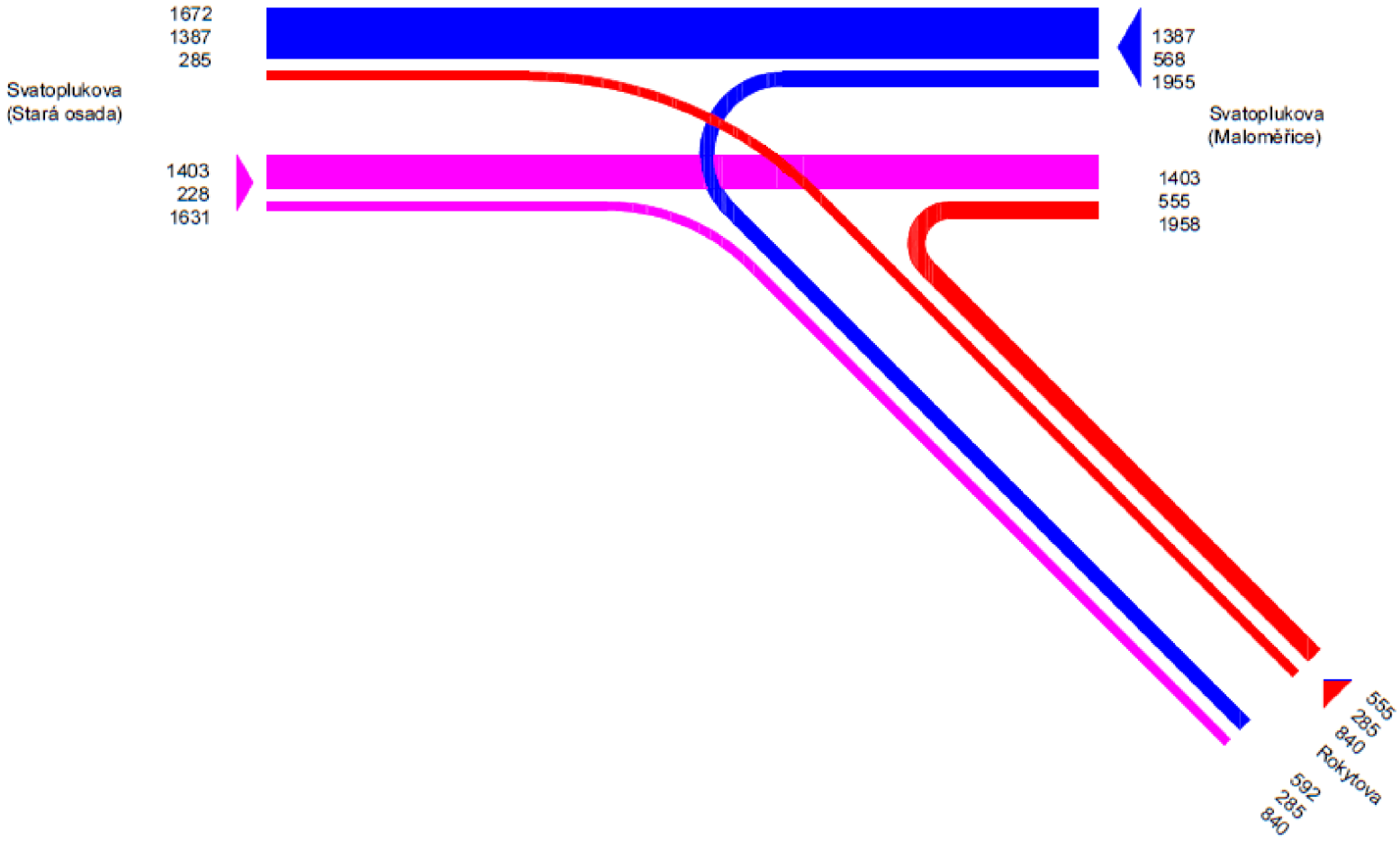
Tabuľka 17. Vypočítané medzičasy pre signálny plán na križovatke Svatoplukova – Bubeníčkova variant 1a 2.

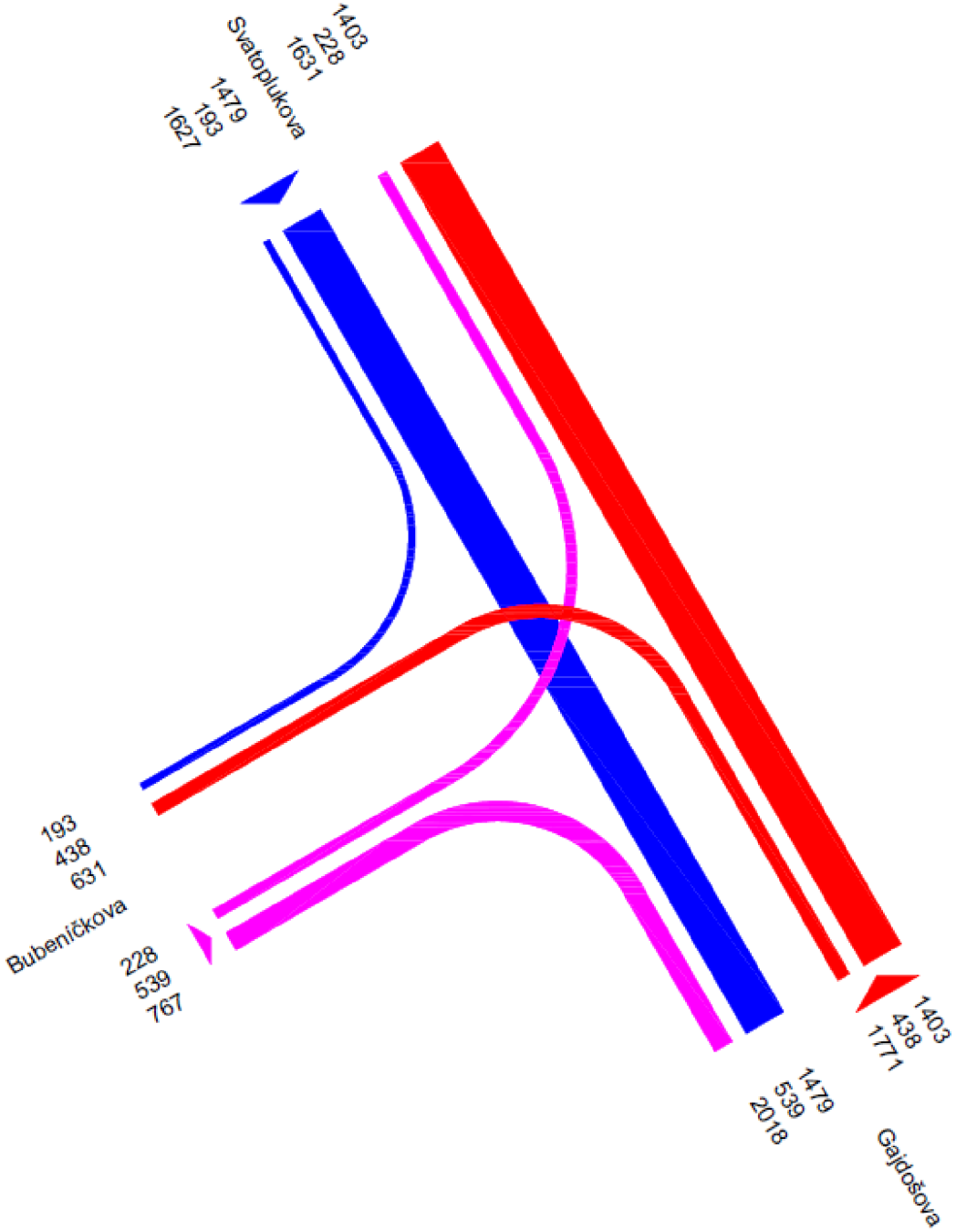
11.3 Pentlogramy



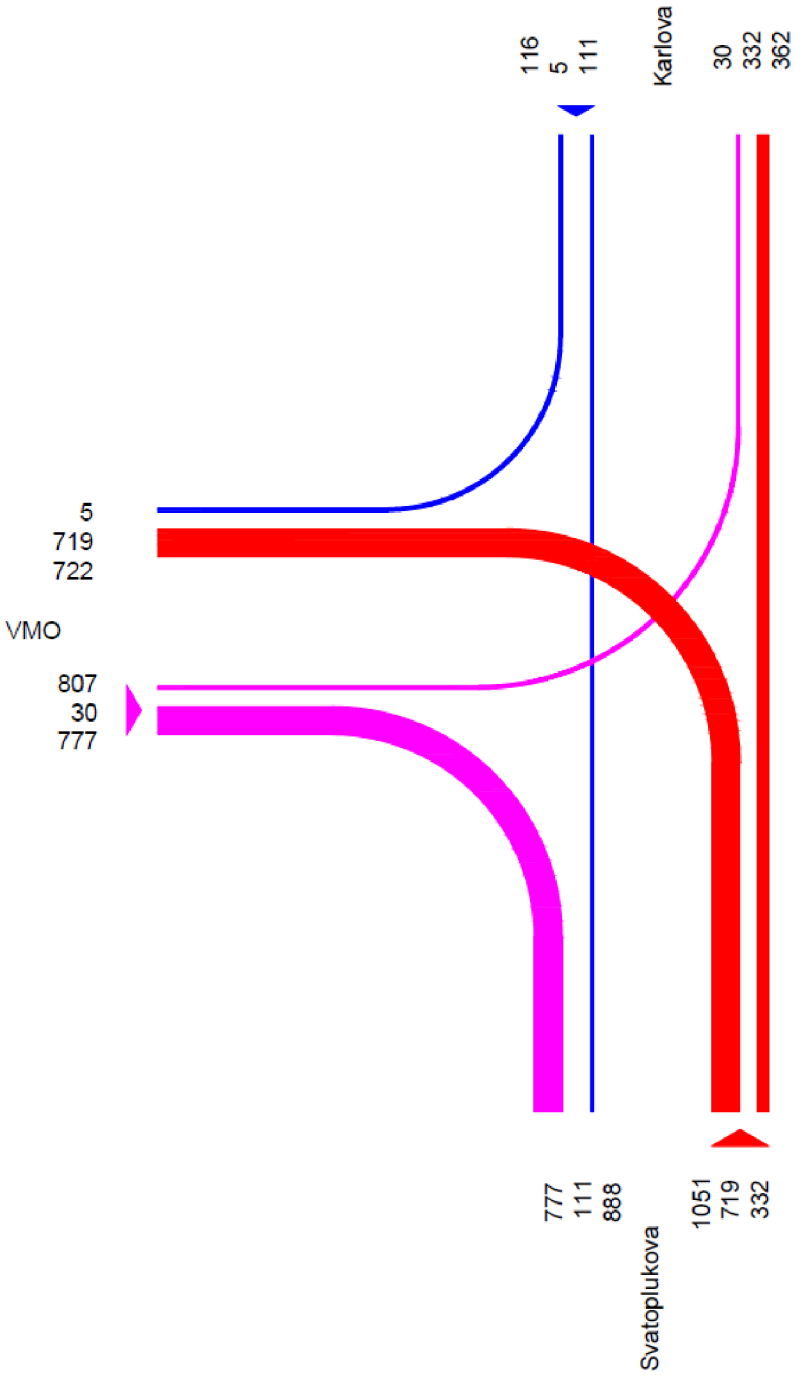

Svatoplukova
(Stará osada)
2188
2188
1925
70
1995
Svatoplukova
(Maloměřice)
2188
2188
1925
205
2130
Podsednická
205
205
70
70

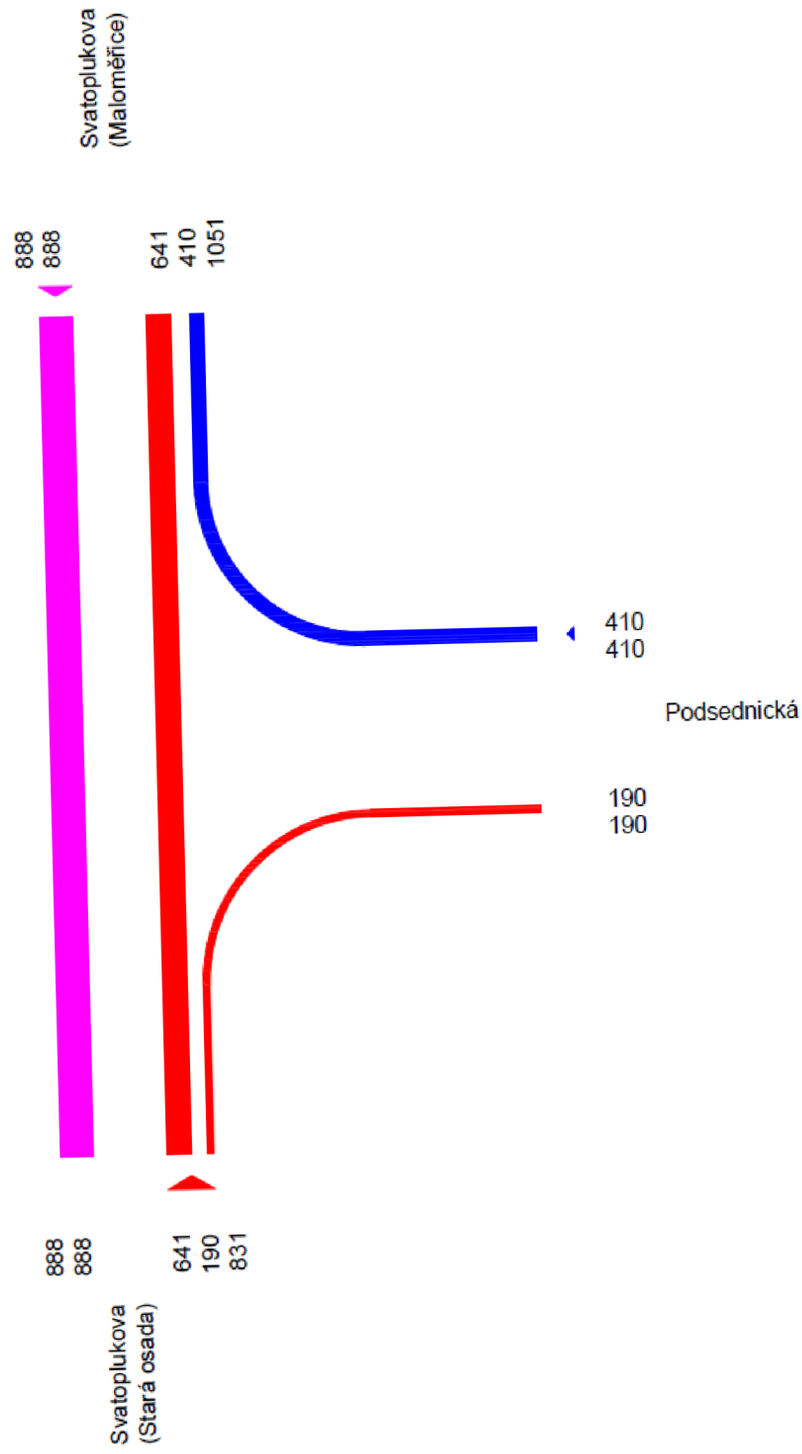

247
247
M. Kuncové
37
37
1955
1898
57
Svatoplukova
(Stará osada)
2188
247
1921
Svatoplukova
(Malométřice)
1958
1958
37
1958
1995

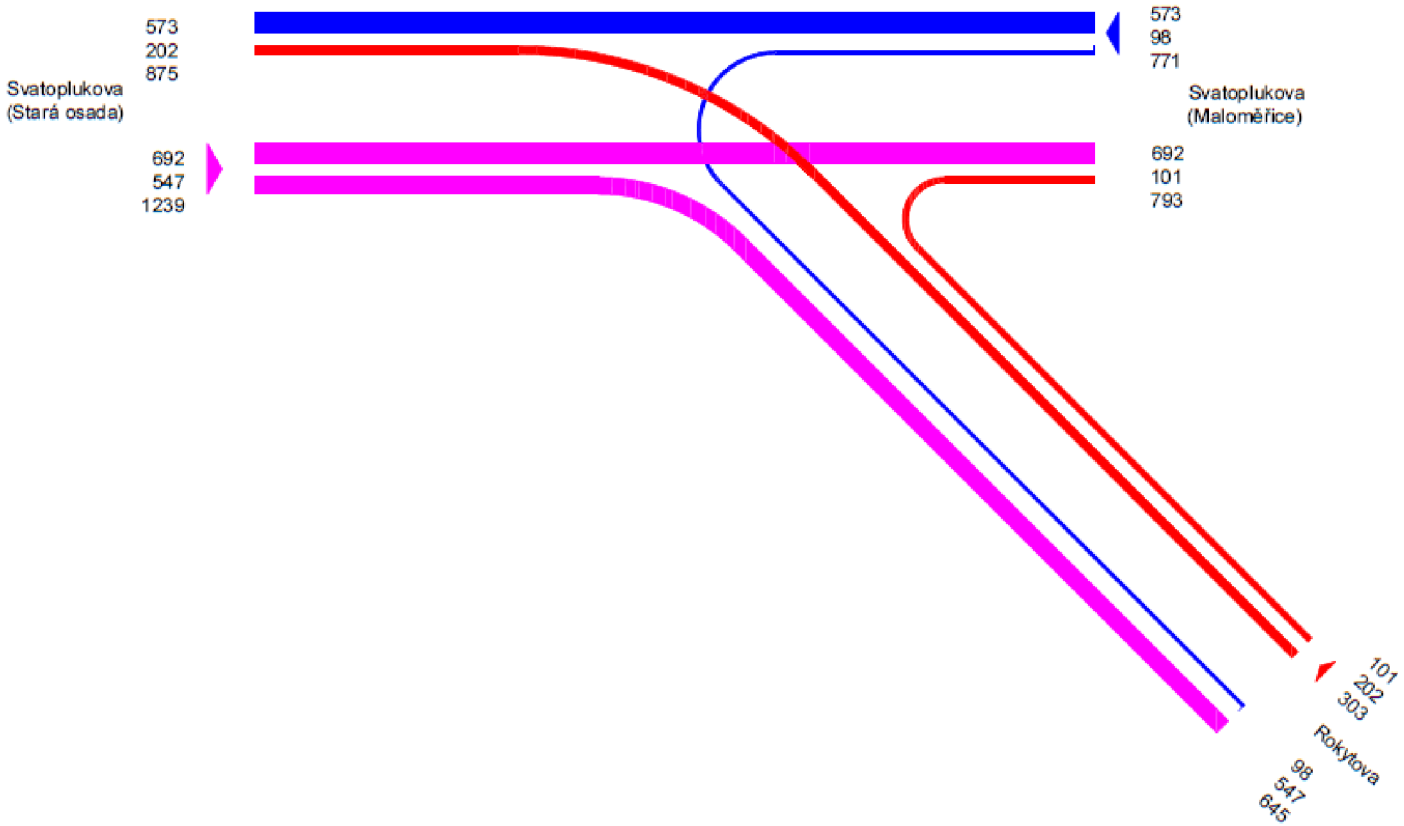

1672
1387
285
Svatoplukova
(Stará osada)
1403
228
1631
1387
568
1955
Svatoplukova
(Maloměřice)
1403
555
1958
555
285
840
Rokytova
592
285
840

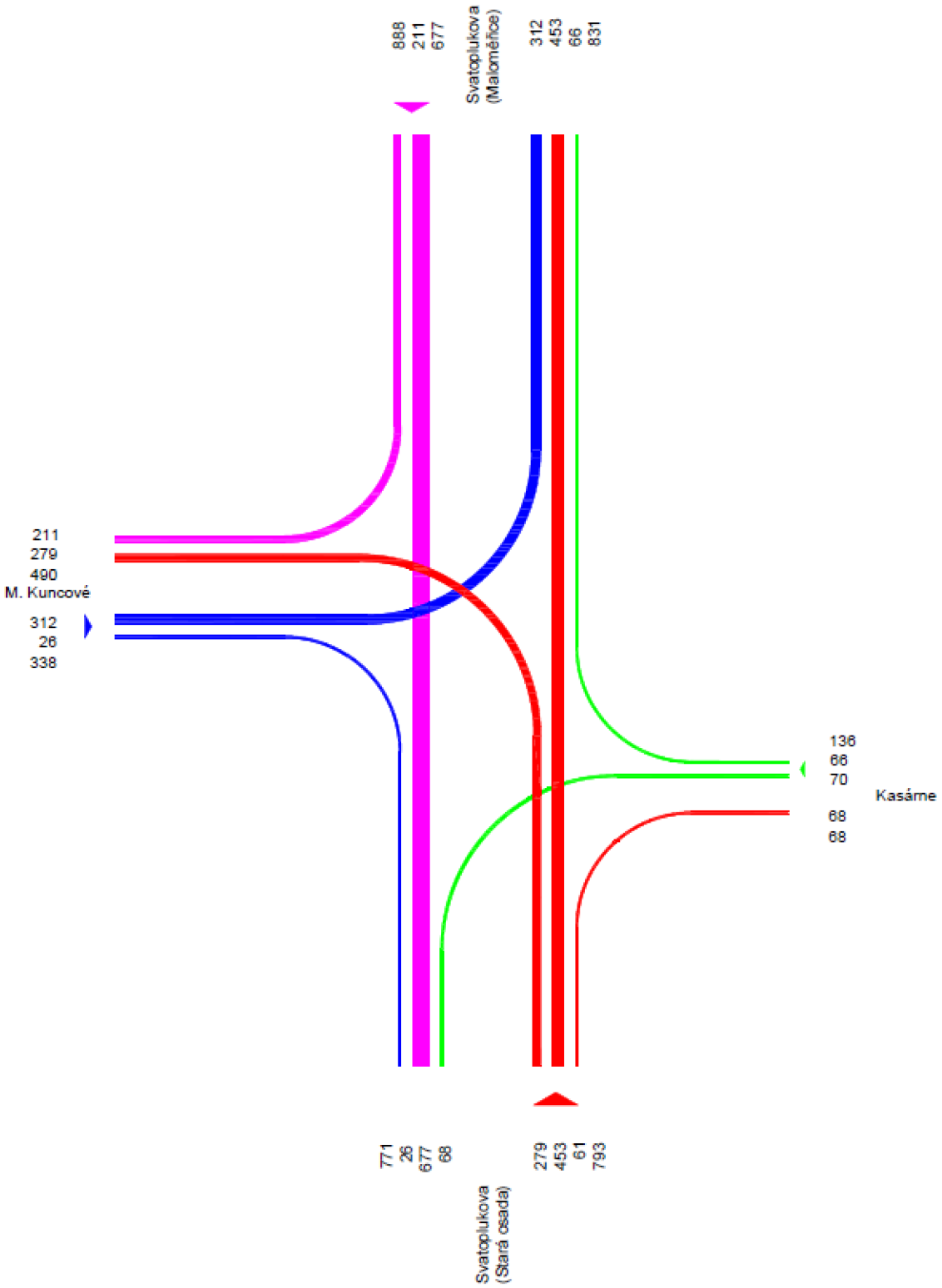

1403
228
1631
Svatoplukova
1479
193
1627
193
438
631
Bubeníčkova
228
539
767
1403
438
1771
1479
539
2018
Gajdošova

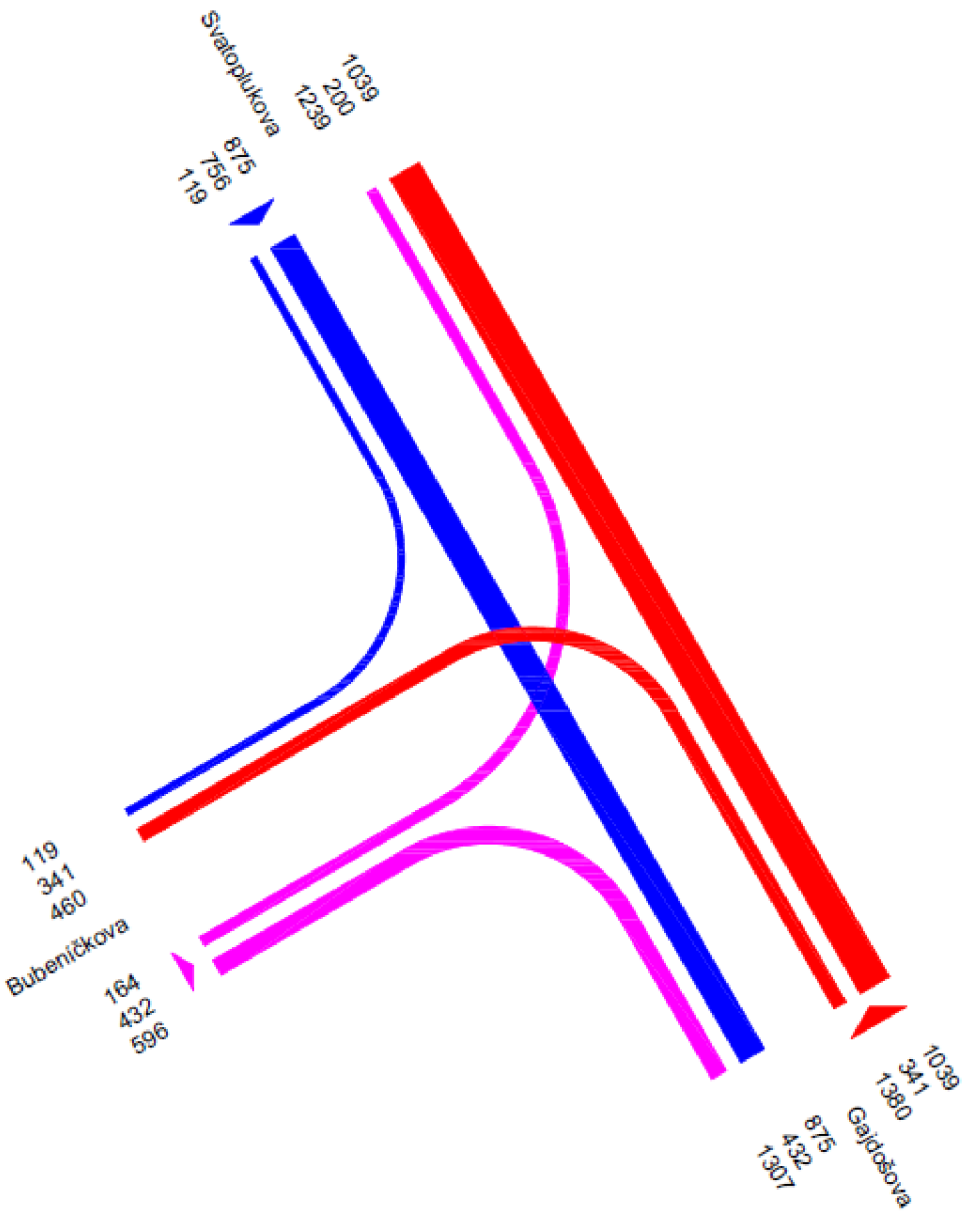
Variant 1 a 2


5
719
722
VMO
807
30
777
116
5
111
Karlova
30
332
362
777
111
888
Svatoplukova
1051
719
332


Svatoplukova
(Stará osada)
888
888
641
190
831
Svatoplukova
(Maloměřice)
888
888
641
410
1051
Podsednická
190
190
410
410


573
202
875
Svatoplukova
(Stará osada)
692
547
1239
573
98
771
Svatoplukova
(Maloměřice)
692
101
793
101
202
303
Rokytova
98
547
645


888
211
677
Svatoplukova
(Malomeřice)
312
453
66
831
211
279
490
M. Kuncové
312
26
338
136
66
70
Kasárne
68
68
771
26
677
68
Svatoplukova
(Stará osada)
279
453
61
793


119
341
460
Bubeníčkova
164
432
596
875
756
119
Svatoplukova
1039
200
1239
875
432
1307
1039
341
1380
Gajdošova