

# Optimalizace vybrané křižovatky v Moravskoslezském kraji

Bc. Pavel Jiříček

---

Diplomová práce  
2023



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta logistiky a krizového řízení

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta logistiky a krizového řízení  
Ústav logistiky

Akademický rok: 2022/2023

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Pavel Jiříček  
Osobní číslo: L20418  
Studijní program: N1032A020002 Bezpečnost společnosti  
Specializace: Bezpečnost logistických systémů  
Forma studia: Prezenční  
Téma práce: Optimalizace vybrané křižovatky v Moravskoslezském kraji

### Zásady pro vypracování

1. Na základě studia odborné literatury zpracujte teoretickou část diplomové práce.
2. Charakterizujte vybranou dopravní křižovatku a proveďte analýzu současného stavu.
3. Proveďte simulaci propustnosti vybrané dopravní křižovatky.
4. Navrhněte a zhodnoťte projekt optimalizace vybrané křižovatky v Moravskoslezském kraji s akcentem na bezpečnost.

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. KESSELS, Femke. *Traffic flow modelling: introduction to traffic flow theory through a genealogy of models*. Cham, Switzerland: Springer, 2019. ISBN 978-3-319-78694-0.
  2. GENTILE, Guido a Klaus NOEKEL. *Modelling Public Transport Passenger Flows in the Era of Intelligent Transport Systems*. Cham: Springer, 2016. ISBN 978-3-319-25082-3.
  3. ŠÍROKÝ, Jaromír. *Technologie dopravy*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2020. ISBN 978-80-7560-309-8.
- Další odborná literatura dle doporučení vedoucí diplomové práce.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Kateřina Víchová, Ph.D.**  
Ústav logistiky

Datum zadání diplomové práce: **1. prosince 2022**

Termín odevzdání diplomové práce: **28. dubna 2023**

L.S.

---

**doc. Ing. Zuzana Tučková, Ph.D.**  
děkanka

---

**doc. Ing. Zuzana Tučková, Ph.D.**  
ředitel ústavu

V Uherském Hradišti dne 2. prosince 2022

## PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užit své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

V Uherském Hradišti, dne: 28.4.2023

Jméno a příjmení studenta: Bc. Pavel Jiříček

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Tato diplomová práce se zabývá optimalizací dopravní situace na křižovatce silnic I/11, II/467 a III/01125 v Nových Sedlicích. Je provedena analýza a simulace současné problematické dopravní situace na zkoumané křižovatce. Posléze je pomocí Websterovy metody saturevaného toku provedena optimalizace s ohledem na bezpečnost na vybrané křižovatce. Optimalizace je kapacitně posouzena a následně provedena její simulace v softwaru PTV Vissim.

Klíčová slova: křižovatka, simulace, bezpečnost

## **ABSTRACT**

This diploma thesis deals with the optimization of the traffic situation at the intersection of roads I/11, II/467 and III/01125 in Nové Sedlice. An analysis and simulation of the current problematic traffic situation at the investigated intersection is carried out. Afterwards, using Webster's saturated flow method, optimization is performed with regard to safety at the selected intersection. The optimization is assessed in terms of capacity and subsequently simulated in the PTV Vissim software.

Keywords: intersection, simulation, safety

**„Na 97,6 procentech všech silnic existují dnes již rychlostní limity. Bylo by skvělé, kdyby je naši spoluobčané začali konečně dodržovat.“ — Klaus Töpfer německý úředník  
OSN 1938**

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

## **OBSAH**

<b>ÚVOD.....</b>	<b>8</b>
<b>CÍLE A METODY.....</b>	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>10</b>
<b>1 ZÁKLADNÍ POJMY UŽITÉ V PRÁCI.....</b>	<b>11</b>
<b>2 LEGISLATIVNÍ DOKUMENTY.....</b>	<b>13</b>
<b>3 POZEMNÍ KOMUNIKACE.....</b>	<b>16</b>
<b>4 KŘÍŽOVATKY A KŘÍŽENÍ POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ.....</b>	<b>19</b>
<b>5 ZPŮSOBY OPTIMALIZACE.....</b>	<b>22</b>
<b>6 SOFTWARE PTV VISSIM.....</b>	<b>31</b>
<b>DÍLČÍ ZÁVĚR.....</b>	<b>33</b>
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>	<b>34</b>
<b>7 POPIS VYBRANÉ KŘÍŽOVATKY.....</b>	<b>35</b>
<b>8 DOPRAVNÍ PRŮZKUM.....</b>	<b>40</b>
<b>9 NEHODOVOST.....</b>	<b>45</b>
<b>10 SIMULACE PROPUSTNOSTI AKTUÁLNÍHO STAVU.....</b>	<b>48</b>
<b>11 OPTIMALIZACE SVĚTELNÉHO ZAŘÍZENÍ.....</b>	<b>50</b>
<b>12 OPTIMALIZACE S OHLEDEM NA BEZPEČNOST CHODCŮ.....</b>	<b>70</b>
<b>13 SIMULACE OPTIMALIZOVANÉHO ŘEŠENÍ.....</b>	<b>72</b>
<b>14 ZÁVĚR.....</b>	<b>74</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>78</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>79</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>80</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>81</b>

## ÚVOD

Rok od roku rostoucí intenzity dopravy jsou každému jasně viditelné, ať už na statistikách nehod, tak i dopravní propustnosti. Ačkoliv kvalita a plynulost napříč dopravními uzly je dosti diskutovaná a řešena, pořád se na mnohých místech vyskytují dopravní uzly, kde se jako by čas zastavil.

Pro tuto diplomovou práci byl vybrán dopravní uzel v Nových Sedlicích, kde se nachází křižování silnic I., II. a III. třídy. Jedná se o dopravně velmi vytíženou křižovatku, která ač je řízena nejjednodušším možným způsobem, tak řízení není efektivní a bezpečné. Jedná se o jednu z náročnějších křižovatek na hlavním dopravním tahu mezi městy Ostrava a Opava. Ačkoliv je samotná čtyřramenná křižovatka dobře umístěná, přehledná a jednoduše řízená, její komplikace se nachází v intenzitě vozidel, kdy každá třída silnic má jiné intenzity, od kterých se odvíjí řízení křižovatky a nevhodném řešení řízení kolizních míst. Jelikož se zde kříží silnice tří různých tříd, zároveň zde dochází ke křížení dvou dopravních ramen přechody pro chodce, ačkoliv počet chodců je zde zanedbatelný, dochází ke stavu zpomalení dopravní propustnosti v době využití přechodů.

Křižovatka byla vybrána z důvodu vlastních znalostí a zkušeností o jejích konfliktních situacích.

Nejprve bude v teoretické části popsáno několik vybraných pojmů důležitých pro ujasnění pro pokračování v práci a dále legislativní dokumenty, které se týkají obsahu diplomové práce. Dále bude teoreticky popsána doprava, pozemní komunikace a metody použité v praktické části.

V praktické části bude stručně popsán vybraný dopravní uzel a následně bude proveden dopravní průzkum, pro získání a ověření dat pro optimalizaci. Jedná se především o zjištění intenzity dopravy, fázi řízení světelné křižovatky a délky zelených. Po ověření dat z dopravního průzkumu lze provést optimalizaci. Optimalizace bude provedena pomocí Websterovy metody saturovaného toku, čímž se získá nový způsob řešení stálého světelného řízení dané křižovatky. Následně bude navrhované řešení simulováno v softwaru PTV Vissim.



## CÍLE A METODY

### Cíle

Hlavní cíl práce „Optimalizace vybrané křižovatky v Moravskoslezském kraji“ je optimalizace vybraného dopravního uzlu. Pro dosažení hlavního cíle bylo nutno splnit cíle dílčí. Jednalo se o charakteristiku dopravního uzlu a provedení analýzy současného stavu. Dalším dílčím cílem je provedení modelu současného stavu v softwaru PTV Vissim. Na základě dedukce z výstupu analýzy současného stavu bude navržena optimalizace dopravního uzlu. Dílčím cílem optimalizace bude provedení simulace v softwaru PTV Vissim.

### Metody

Pro diplomovou práci bylo využito těchto metod:

- pozorování – pro pochopení dopravní křižovatky a zaznamenání dopravního průzkumu,
- dedukce – pro vyvozování a pochopení dat z dopravního průzkumu,
- simulování – pro simulaci současného stavu dopravní křižovatky,
- metoda saturovaného toku (Websterova metoda) – pro sestrojení plánu světelné signalizace,
- modelování – pro simulaci navrhovaného způsobu optimalizace.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 ZÁKLADNÍ POJMY UŽITÉ V PRÁCI

### **Doprava**

Doprava je cílený a zamýšlený pohyb dopravních prostředků po dopravních cestách s cílem přepravy z bodu A do bodu B. Dopravní technologie se skládá ze 3 částí: Dopravních prostředků, dopravní infrastruktury a organizace dopravy. (Britannica, 2019)

### **Dopravní uzel**

Dopravní uzel, nebo-li dopravní křižovatka je místo, kde se soustředí vícero dopravních cest a tahů a dochází zde ke křížení, nebo větvení dopravních cest. (Kleprlík, 2011)

### **Dopravní cesta**

Dopravní cesta je část prostoru vymezená nebo určená pro dopravu. (Málek, 2009)

### **Dopravní nehodovost**

ukazatel vyjádřený počtem dopravních nehod za určitou dobu na určitém místě. (Široký, 2020)

### **Dopravní proces**

dopravním procesem je myšlen souhrn časově a věcně navazujících úkonů, kterými se zabezpečuje doprava. (Široký, 2020)

### **Dopravní propustnost**

Dopravní propustnost je maximální počet dopravních prostředků, které mohou ve stanoveném čase projet vybraným úsekem cesty. (Široký, 2020)

### **Dopravní prostředek**

je technický prostředek pro přemístování osob a věcí. (Široký, 2020)

### **Dopravní síť**

Dopravní síť je soustava vzájemně spojených dopravních bodů, cest a dopravních uzlů. Samotnou síť lze definovat jako soustavu cest. (Široký, 2020)

### **Dopravní situace**

Dopravní situace je počet všech dopravních událostí, které nastaly a jejich povaha vyžaduje hlášení v dané oblasti, například nehody, zácpy, uzavírky. (Široký, 2020)

**Model**

Modelování představuje experimentální proces, při němž se vybranému objektu modelovaného systému podle určitých kritérií přiřazují vztahy či funkce. Smyslem modelování je tedy náhrada zkoumaného systému za jeho napodobeninu. (Křivý a Kindler, 2001)

**Modelování dopravního proudu**

Modelování dopravního proudu je proces pozorování provozu se záměrem vytvoření teorie o chování jednotlivých řidičů, vozidel nebo dopravních proudů obecně a následně se tato teorie používá k sestavení modelu a aplikaci simulací. (Kessels, 2019)

**Simulace**

Simulace je stav procesu, který pracuje s modelem systému s cílem získat informace a nové poznatky o skutečné fungování. (Křivý a Kindler, 2001)

**Špičková doprava**

Špičková doprava je doprava s nejvyšší intenzitou vozidel v určitém časovém úseku (Široký, 2020)

## 2 LEGISLATIVNÍ DOKUMENTY

V oblasti dopravy existuje mnoho důležitých zákonů, předpisů, dokumentů apod., ve kterých je ukotveno jak samotná pravidla pro silniční dopravu, tak i například požadavky na parametry komunikací. Následující seznam zákonů, vyhlášek a norem je nejstěžejnější legislativou potřebnou v dané odborné oblasti. Slouží zároveň i jako jeden z předpokladů kvalitního podchycení potřebné problematiky a odvětví.

Zákony:

- Zákon č. 111/1994 Sb., o silniční dopravě, ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony

Zákon upravuje podmínky provozování silniční dopravy prováděné za účelem podnikání, práva a povinnosti právnických a fyzických osob s tím spojené a vymezuje působnost a pravomoc orgánů státní správy. (Zákon č. 111/1994 Sb., 1994)

- Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu), ve znění pozdějších předpisů.

Zákon upravuje práva a povinnosti účastníků provozu na pozemních komunikacích, pravidla provozu, úpravu a řízení provozu, řidičská oprávnění, vymezuje působnost a pravomoc orgánů státní správy a Policie ČR. (Zákon č. 361/2000 Sb., 2000)

- Zákon č. 247/2000 Sb., o získávání a zdokonalování odborné způsobilosti k řízení motorových vozidel a o změnách některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.

Zákon upravuje podmínky provozování autoškol, jejich práva a povinnosti, způsoby provádění výcviku a výuky, způsob provádění zkoušek k získání řidičského oprávnění a vymezuje působnost a pravomoc orgánů státní správy. (Zákon č. 247/2000 Sb., 2000)

- Zákon č. 56/2001 Sb., ze dne 10. ledna 2001 o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a o změně zákona č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pojištění odpovědnosti z provozu vozidla), ve znění zákona č. 307/1999 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

Zákon upravuje podmínky provozu vozidel na pozemních komunikacích, registraci vozidel, technických požadavcích způsobilosti k provozu, práva a povinnosti stanic technické kontroly a vymezuje působnost a pravomoc orgánů státní správy. (Zákon č. 56/2001 Sb., 2001)

- Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů.

Zákon upravuje kategorizaci pozemních komunikací, stavbu, ochranu a podmínky užívání, práva a povinnosti vlastníků a uživatelů pozemních komunikací a vymezuje působnost a pravomoc orgánů státní správy. (Zákon č. 13/1997 Sb., 1997)

Vyhlášky:

- Vyhláška č. 277/2004 Sb., o stanovení zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel, zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel s podmínkou a náležitosti lékařského potvrzení osvědčujícího zdravotní důvody, pro něž se za jízdy nelze na sedadle motorového vozidla připoutat bezpečnostním pásem (vyhláška o zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel), ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška upravuje podrobnosti o zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel. (Vyhláška č. 277/2004 Sb., 2004)

- Vyhláška č. 156/2008 Sb., o zdokonalování odborné způsobilosti řidičů a o změně vyhlášky č. 167/2002 Sb., kterou se provádí zákon č. 247/2000 Sb., o získávání a zdokonalování odborné způsobilosti k řízení motorových vozidel a o změnách některých zákonů, ve znění zákona č. 478/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška upravuje podmínky, osnovy, obsah a rozsah pro školení bezpečné jízdy. (Vyhláška č. 156/2008 Sb., 2008)

- Vyhláška č. 341/2014 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška se zabývá oblastí schvalování technické způsobilosti a na technické podmínky provozu vozidel na pozemních komunikacích. (Vyhláška č. 341/2014 Sb., 2014)

- Vyhláška č. 294/2015 Sb., kterou se provádějí pravidla provozu na pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška se zabývá úpravou a řízením provozu na pozemních komunikacích, kdy jasně stanovuje název, význam a využití dopravního značení. (Vyhláška č. 294/2015 Sb., 2015)

Normy:

- ČSN 73 6101 – Projektování silnic a dálnic

Tato norma stanovuje podmínky pro projektování silnic, dálnic a veřejně přístupných účelových komunikací ve volné krajině. (ČSN 73 6101, 2018)

- ČSN 73 6102 – Projektování křižovatek na pozemních komunikacích

Tato norma stanovuje podmínky pro projektování staveb, změn staveb křižovatek a křížení na dálnicích, silnicích, místních komunikacích a veřejně přístupných účelových komunikací. (ČSN 73 6102, 2007)

- ČSN 73 6110 – Projektování místních komunikací

Tato norma stanovuje podmínky pro projektování místních a veřejně přístupných komunikací. (ČSN 73 6110, 2006)

- ČSN 36 5601-1 – Světelné signalizační zařízení. Technické a funkční požadavky.

Tato norma stanovuje základní požadavky na technické a funkční vlastnosti světelných signalizačních zařízení užívaných k řízení silničního provozu na pozemních komunikacích. (ČSN 36 5601-1, 1997)

- ČSN 73 6021 – Světelné signalizační zařízení. Umístění a použití návěstidel

Tato norma stanovuje podmínky pro používání a umístění návěstidel světelného signalizačního zařízení pro řízení silničního provozu, zvýraznění nebezpečných míst a pomalu se pohybujících vozidlech údržby pozemních komunikacích. (ČSN 73 6021, 1994)

### 3 POZEMNÍ KOMUNIKACE

Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů, upravuje kategorizaci pozemních komunikací, stavbu, ochranu a podmínky užívání, práva a povinnosti vlastníků a uživatelů pozemních komunikací a vymezuje působnost a pravomoc orgánů státní správy. (Zákon č. 13/1997 Sb., 1997)

Pozemní komunikace je dopravní cesta, která je určena k užívání silničními vozidly, jinými vozidly a chodci. Součástí pozemních komunikací jsou pevná zařízení, která jsou nutná pro zajištění užívání a její bezpečnosti.

Kategorizace pozemních komunikací se v České republice dělí na:

- dálnice,
- silnice,
- místní komunikace,
- účelové komunikace. (Kleprlík, 2011)

#### Dálnice

Dálnice jsou obvykle víceproudé pozemní komunikace určená pro urychlení dálkové a mezistátní dopravy pomocí silničních vozidel. Dálnice jsou budovány bez úrovnových křížení s oddělovanými místy pro vjezd a výjezd, tzn. přípojovací pruhy a sjezdy.

Dálnice se dělí na:

- dálnice I. třídy,
- dálnice II. třídy. (Široký, 2020)

Dálnice se charakterizuje označením D1-99, omezeným přístupem jen pro silniční motorová vozidla, jejichž nejnižší a nejvyšší povolená rychlost je stanovena zvláštním předpisem. Nejnižší povolená rychlost je 80 km/h a nejvyšší 130 km/h. Šířka vozovky je nejméně 27,5 m u čtyřproudových dálnic až po 34 m u šestiproudových dálnic. Nejvyšší přípustný sklon je 3 až 4,5°. (Široký, 2020)

Dálnice jsou vlastněny státem a spravovány Ředitelstvím silnic a dálnic, státní příspěvková organizace. (Správa silnic Moravskoslezského kraje, b.r.)



## Silnice

Silnice jsou veřejně přístupné pozemní komunikace, které slouží k užívání silničními a jinými vozidly a chodci. Silnice tvoří tzv. silniční síť a dělí se dle dopravního významu na:

- silnice I. třídy,
- silnice II. třídy,
- silnice III. třídy. (Široký, 2020)

Silnice I. třídy se označují číslovkou 1-99 a jsou určeny zejména pro dálkovou a mezistátní dopravu. Silnice I. třídy mají šířku vozovky 9,5 - 24,5m. Nejvyšší povolená rychlost je 90 km/h. Výjimku tvoří rychlostní silnice pro motorová vozidla, kde je nejvyšší povolená rychlost 110 km/h. Silnice I. třídy jsou vlastněny státem a spravovány Ředitelstvím silnic a dálnic, státní příspěvková organizace. (Správa silnic Moravskoslezského kraje, b.r.)

Silnice II. třídy se označují číslovkou od 101 do 999 a jsou určeny pro dopravu mezi okresy. Silnice II. třídy mají šířku vozovky 7,5 – 9,5m a jsou vlastněny krajem a spravovány Správou a údržbou silnic kraje na jehož území se silnice nachází. (Správa silnic Moravskoslezského kraje, b.r.)

Silnice III. se označují číslovkou čtyř až pětímístnou a jsou určeny pro dopravu mezi obcemi, nebo napojení na ostatní komunikace. Silnice III. třídy mají šířku vozovky 4 – 7,5m a jsou vlastněny krajem a spravovány Správou a údržbou silnic kraje na jehož území se silnice nachází. (Kleprlík, 2020)

## Místní komunikace

Místní komunikace je veřejně přístupná pozemní komunikace pro místní dopravu. Místní komunikaci lze vystavět jako rychlostní místní komunikaci, která slouží pro rychlou dopravu a je určena pouze pro silniční motorová vozidla. Místní komunikace jsou ve vlastnictví obce na jejímž území se nachází a jsou spravovány technickými službami města. (Správa silnic Moravskoslezského kraje, b.r.)

Místní komunikace se rozdělují na třídy:

- místní komunikace I. třídy – rychlostní místní komunikace,
- místní komunikace II. třídy – místní sběrné komunikace s omezením přímého připojení nemovitostí,

- místní komunikace III. třídy – obslužné místní komunikace,
- místní komunikace IV. třídy – komunikace nepřístupné provozu silničních motorových vozidel, například pěší zóna, cyklistická stezka. (Kleprlík, 2020)

### **Účelové komunikace**

Účelové komunikace jsou pozemní komunikace, které slouží pro potřeby vlastníků napojení nemovitostí k ostatním pozemním komunikacím, nebo k obhospodařování lesních a zemědělských pozemků. Účelové komunikace jsou ve vlastnictví a správě právnické nebo fyzické osoby na jejímž pozemku se komunikace nachází. (Kleprlík, 2020)

Účelové komunikace lze rozdělit na:

- veřejně přístupné,
- veřejně nepřístupné. (Kleprlík, 2020)

## 4 KŘÍŽOVATKY A KŘÍŽENÍ POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

Křížení je místo, kde se pozemní komunikace v půdorysném průmětu protínají. U těchto komunikací ovšem nedochází k jejich vzájemnému propojení. Příkladem křížení komunikací jsou:

- mimoúrovňové křížení dálnic,
- polní cesty,
- železniční přejezdy,
- inženýrské sítě. (Široký, 2020)

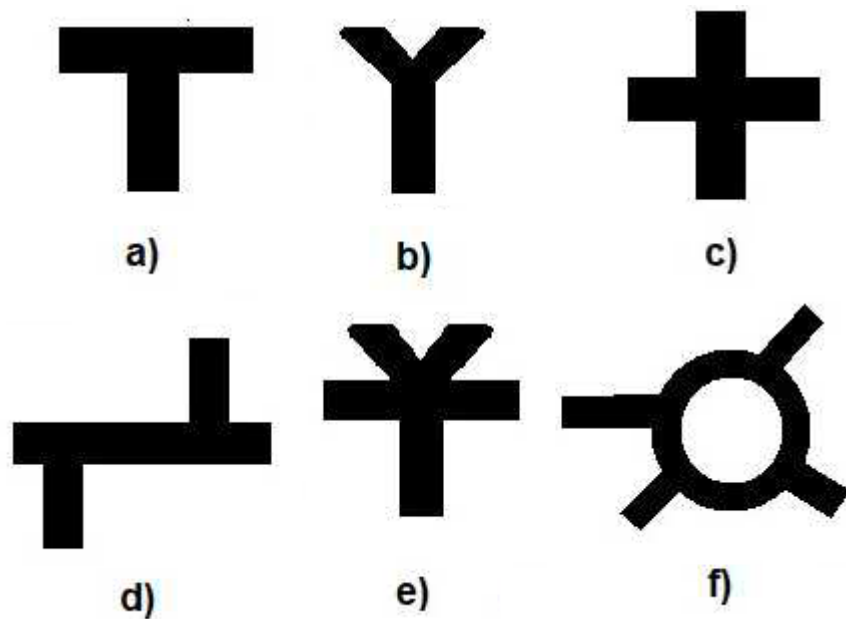
Křižovatka je místo, kde se pozemní komunikace v půdorysném průmětu protínají, či stýkají a alespoň dvě pozemní komunikace jsou vzájemně propojeny. Za křižovatku se nepovažují sjezdy k nemovitostem, připojení polních a lesních cest a připojení obslužných dopravních zařízení typu parkoviště, nebo čerpací stanice. (Široký, 2020)

Křižovatky lze rozdělit do následujících skupin:

- podle počtu ramen,
- podle počtu úrovní,
- dle způsobu řízení,
- dle stupně usměrnění. (Široký, 2020)

Rozdělení křižovatek dle počtu ramen se dělí na křižovatky:

- stykové (a) – křižovatka ve tvaru písmene T se třemi rameny,
- vidlicové (b) – křižovatky ve tvaru písmene Y se třemi rameny,
- průsečné (c) – křižovatka ve tvaru písmene X se čtyřmi rameny,
- odsazené (d) – křižovatka se dvěma stykovými křižovatkami v určité vzdálenosti od sebe se čtyřmi rameny,
- hvězdicové (e) – křižovatka s pěti a více rameny,
- okružní (f) – křižovatka se středním ostrovem a třemi a více rameny. (Kotas, 2002)



Obrázek 1 – Úrovňové křižovatky (Kotas, 2002)

Rozdělení křižovatek podle počtu úrovní dělíme na křižovatky:

- úrovňové – pozemní komunikace se protínají na jedné úrovni,
- mimoúrovňové – komunikace se protínají ve více úrovních a neobsahují křížné kolizní body,
- kombinované – komunikace se protínají ve více úrovních a mohou obsahovat křížné kolizní body. (Široký, 2020)

Rozdělení křižovatek podle způsobu řízení se dělí na:

- řízené,
- neřízené. (Široký, 2020)

U řízených křižovatek je používáno světelné signalizační zařízení, kdy je stanoven pevný signální program řízení, který určuje pořadí, délku signalizačních dob a je cyklický.

Rozdělení křižovatek podle stupně usměrnění dopravních proudů se dělí na úroňové křižovatky:

- prosté,
- usměrněné. (Široký, 2020)

Úroňové křižovatky prosté se nejčastěji vyskytují na méně frekventovaných komunikacích bez zvláštních nároků na vedení vozidel a řízení dopravy.

Úroňové křižovatky usměrněné ať už plně nebo částečně usměrněné se využívají na křižovatkách se zvyšující se intenzitou silničního provozu, čímž rostou požadavky na rozšiřování vozovek. Jelikož se rozšiřováním vozovek zvětšuje plocha možných střetnutí vozidel a zhoršuje se bezpečnost průjezdu křižovatkou, jsou dopravní proudy vhodně usměrňovány pomocí optických, nebo směrových ostrůvků. (Široký, 2020)

## 5 ZPŮSOBY OPTIMALIZACE

Řízení signálních plánů má dopad na tvorbu dopravních zácp, dobu zdržení, rizika nehod a na spotřebu paliva, proto je optimalizace světelné křižovatky často problematické řešení s komplexními výpočty a řeší aktuální stav. (Behrisch a Weber, 2015)

Pevný signální plán je plán řízení stálých světelných zařízení. Tyto plány určují pořadí a délku signálních dob jednotlivých světelných signálů pro jednotlivé dopravní proudy.

Návrhy signálních plánů se sestavují z následujících kroků:

- výpočtu mezičasů,
- sestavení fázového schématu,
- výpočtu celkové délky cyklu,
- výpočtu dob jednotlivých fází. (Dorda, b.r.)

Dle technických podmínek lze délky signálů volno řešit metodami:

- metodou saturovaného toku (Websterova metoda),
- metodou postupného přibližování,
- metodou spotřeby času. (Dorda, b.r.)

### **Metoda saturovaného toku**

Saturovaný tok lze definovat jako maximální počet vozidel, která mohou projet hranicí křižovatky (stop čáry) za jednotku času (obvykle jednu hodinu) při ideálních dopravních podmínkách. (Dorda, 2019)

Principem metody saturovaného toku (Websterovy metody) je určení délky cyklu a zelených v návaznosti na saturaci vjezdů v jednotlivých fázích cyklu. (Dorda, 2019)

Následující parametry jsou nezbytné pro použití metody saturovaného toku:

- schéma křižovatky,
- počet odbočujících vozidel,
- intenzitu chodců,
- sklon jednotlivých vjezdů,

- poloměry oblouků při odbočení,
- fázové schéma,
- tabulku mezičasů,
- saturovaný tok vjezdů,
- určení kritických vjezdů
- tvorba signálního plánu. (Dorda, 2019)

Pomocí výše uvedených parametrů lze vypočítat stupně saturace jednotlivých vjezdů a následně celkový saturační stupeň.

Při zahájení metody saturovaného toku je potřeba stanovit si počet fází v dopravní křižovatce. Minimální počet fází je 2 a vždy je kladen důraz na nejjednodušší řešení, tzn. co nejmenší počet fází, ideálně dvou fází. (Martolos, 2011)

### **Podíl odbočujících vozidel**

Podíl odbočujících vozidel je jedním z prvních požadavků na metodu saturovaného toku. Podíl získáme z dopravního průzkumu, nejlépe z grafu pentlogramu dopravy ve vybrané křižovatce. (Dorda, 2019)

### **Poloměry oblouků**

Koeficient oblouku zjistíme z následujícího vzorce:

$$k_{obl} = \frac{R}{R+1,5*f} \quad (1)$$

R – poloměr oblouku,

f – podíl odbočujících vozidel

Za poloměr oblouku se dosazují skutečné délky odbočení jednotlivých vjezdů. Výjimku tvoří vedoucích pouze přímým směrem se za poloměr oblouků dosazuje hodnota  $\infty$  a u vjezdů pro levé odbočení, kdy vozidlo dává ve stejné fázi přednost protijedoucím vozidlům se používá fiktivní hodnota 1,5. Koeficient oblouku je nezbytný pro výpočet saturace toku. (Dorda, 2019)

### Sklon jednotlivých vjezdů

Dalším potřebným koeficientem je potřeba znát koeficient sklonu vjezdů. Tento koeficient se počítá pomocí tohoto vzorce:

$$k_{skl} = 1 - 0,02 * \alpha \quad (2)$$

$\alpha$  – podélný sklon vjezdu

Koeficient sklonu vjezdů ovlivňuje kapacitu saturovaného toku vjezdu. (Dorda, 2019)

### Mezičasy

Princip mezičasu je založen na potřebě časového úseku od konce doby zelené na návěstidle po začátek doby zelené na návěstidle v kolizním směru. Pro výpočet mezičasu je zapotřebí stanovení vzdáleností kolizních ploch, ze kterých se zjistí vyklizovací doba, najížděcí doba a z těchto hodnot můžeme určit výsledný mezičas. Výsledný mezičas se musí vždy zaokrouhlit nahoru na celé sekundy. Je potřeba dbát na správném určení mezičasů, jelikož má zásadní význam pro bezpečnost při řízení provozu světelnými signály. (Křivda, 2004)

Vyklizovací dobu ( $t_v$ ) zjistíme ze vzorce:

$$t_v = \frac{L_v + l_{voz}}{v_v} \quad (3)$$

$L_v$  – vyklizovací dráha

$l_{voz}$  – délka vyklízejícího vozidla

$v_v$  – vyklizovací rychlost

Najížděcí dobu ( $t_n$ ) zjistíme ze vzorce:

$$t_n = \frac{L_n}{v_n} \quad (4)$$

$L_n$  – najížděcí dráha

$v_n$  – najížděcí rychlost

Celkový mezičas ( $t_m$ ) získáme ze vzorce:



$$t_m = t_v - t_n + t_b \quad (5)$$

$t_b$  – bezpečnostní doba

Po dosazení získáme vzorec:

$$t_m = \frac{L_v + l_{voz}}{v_v} - \frac{L_n}{v_n} + t_b \quad (6)$$

Hodnoty najížděcí rychlosti, vyklizovací rychlosti, délky vozidel a bezpečnostní dobu získáme z technických podmínek TP 81 viz tabulka standartních hodnot pro výpočet mezičasů.

Tabulka 1 – Standartní hodnoty pro výpočet mezičasů (Martolos, 2015)

<b>Standartní hodnoty pro výpočet mezičasů</b>	
Vyklizovací a najížděcí rychlost v přímém směru	9,7 m/s
Vyklizovací a najížděcí rychlost v oblouku	7,0 m/s
Vyklizovací a najížděcí rychlost chodci	1,4 m/s
Délka vyklízejícího motorového vozidla	5 m
Délka vyklízejícího – chodci	0
Bezpečnostní doba – motorové vozidlo	2
Bezpečnostní doba – chodci	0

### Saturovaný tok vjezdu

Saturovaný tok vjezdu se počítá dle tohoto vzorce:

$$S_v = S_{zákl} * k_{skl} * k_{obl} \quad (7)$$

$S_v$  – saturovaný tok vjezdu

$S_{zákl}$  – základní saturovaný tok

$k_{skl}$  – koeficient sklonu

$k_{obl}$  – koeficient oblouku

Saturovaný tok vjezdu je určení maximálního počtu vozidel, která za ideálních dopravních podmínek mohou projet dopravní křižovatkou. Jako základní saturovaný tok se dle technických podmínek TP 81 používá hodnota 2000 pvoz/h (přepočtená vozidla za hodinu).

Saturovaný tok vjezdu se určuje pro každý řadící pruh a je potřebný pro určení stupně saturace. (Martolos, 2015)

### Stupeň saturace

Stupeň saturace lze zjistit ze vzorce:

$$y = \frac{I}{S_v} \quad (8)$$

y – stupeň saturace

I – intenzita příslušného vjezdu

$S_v$  – saturovaný tok vjezdu

Stanovení stupně saturace jednotlivých řadících pruhů je potřeba pro určení kritických vjezdů v jednotlivých fázích. (Dorda, 2019)

### Určení kritických vjezdů

Z hodnot stupně saturace se zjistí kritické vjezdy. Kritický vjezd je vždy jeden vjezd v každé fázi s nejvyšším stupněm saturace. (Dorda, 2019)

Celkový stupeň saturace Y se zjišťuje pomocí součtu saturací kritických vjezdů. Celkový stupeň saturace je definován vztahem:

$$Y = \sum \max y_i \quad (9)$$

U celkového stupně saturace je stanovena podmínka, že  $Y < 1$ . V případě, že by podmínka nebyla splněna, je potřeba konzultace s odborníky, případně je potřeba rozšíření světelné křižovatky o další fáze, či řadící pruhy. (Dorda, 2019)

### Mezičasy mezi fázemi

Pro správný návrh světelného signálního plánu je potřeba znát sled fází s nejnižšími mezičasy. Z tabulky mezičasů se vyberou hodnoty mezičasů dopravních vjezdů při přechodu z jedné fáze do další. Z těchto mezičasů se vybere vždy nejvyšší mezičas, který je rozhodujícím mezičasem v daném fázovém přechodu. (Dorda, 2019)

Pro lepší vizualizaci se doporučuje vytvořit graf s přechody mezi jednotlivými fázemi a jejich rozhodujícími mezičasy. (Dorda, 2019)

Následně se z rozhodujících mezičasů vytvoří tabulka s možnými sledy fází. Z tabulky se zjistí součet rozhodujících mezičasů a pro určení pořadí fází se vybírá varianta s nejnižším součtem. (Dorda, 2019)

### Ztrátový čas

Na základě znalostí rozhodujících mezičasů lze spočítat celkový ztrátový čas podle vzorce:

$$L = \sum_{i=1}^n t_{m,ri} - n \quad (10)$$

L – ztrátový čas

n – počet fází

i – index fáze

Ztrátový čas je nezbytná veličina pro další pokračování ve výpočtech optimální délky cyklu a délky zelených. (Křivda, 2004)

### Výpočet optimálního cyklu $c_{opt}$ [s] a výpočet skutečného cyklu

Optimální délku cyklu zjistíme ze vzorce:

$$c_{opt} = \frac{1,5 \cdot L + 5}{1 - Y} \quad (11)$$

$c_{opt}$  – délka optimálního cyklu

L – ztrátový čas

Y – celkový stupeň saturace

Optimální délka cyklu a délka skutečného cyklu se může lišit. Minimální a maximální délku cyklu lze zjistit ze vzorce:

$$0,75 * c_{opt} < t_c < 1,5 * c_{opt} \quad (12)$$

$t_c$  – délka skutečného cyklu

$c_{opt}$  – délka optimálního cyklu

Dle technických podmínek TP 81 je doporučovaná délka od 50 do 80 sekund a maximální délka cyklu by neměla přesáhnout 100 sekund. (Martolos, 2015)

### Tvorba signálního plánu

Pro správné sestavení signálního plánu nutnost potřeba určit délky zelených pro kritické vjezdy. Od těchto délek zelených se odvíjí doby zelené v jednotlivých fázích. (Dorda, 2019)

Délka zelené se zjistí ze vzorce:

$$z_i = \frac{y * (t_c - L)}{Y} - 1 \quad (13)$$

$z_i$  – délka zelené pro kritický vjezd

$y$  – stupeň saturace kritického vjezdu

$t_c$  – délka skutečného cyklu

$L$  – ztrátový čas

Dle technických podmínek TP 81 musí být minimální délka zelené 5 sekund. (Martolos, 2015)

Princip tvorby signálního plánu spočívá ve vyplnění délky zelených v jednotlivých fázích a následné dodržení mezičasů. Proto je pro tvorbu signálního plánu potřeba kooperovat s tabulkou mezičasů. Poté se přidá před každý zelený signál žlutý signál o délce 2 sekundy a za zelený signál přidáme žlutý signál o délce 3 sekundy. Žlutý signál se nepřidává před zelený signál pro chodce. Do zbylých polí se přidá červený signál. (Dorda, 2019)

### Kapacitní posouzení

Kapacitní posouzení slouží ke zhodnocení funkčnosti křižovatky v provozu a určení kvality dopravy.

Při kapacitním posouzení se zjišťují pro jednotlivá ramena hodnoty:

- efektivní délky zelených,
- kapacity vjezdů,
- rezerva kapacity vjezdů,
- střední doba zdržení,
- úroveň kvality dopravy dle ČSN 73 6102. (Dorda, 2019)

Efektivní délka zelených se odvíjí od délky zelené jednotlivých fází dle tabulky níže.

Tabulka 2 – Určení efektivní délky zelených dle TP 235 (Martolos, 2011)

Doba zeleného signálu (z)	Doba efektivní zelené (z')
5-7	$z + 1,0$
8-10	$z + 0,5$
$\geq 11$	$z$

Kapacita vjezdů se získá podle vzorce:

$$c_v = S_v * \frac{z'}{t_c} \quad (14)$$

$c_v$  – kapacita vjezdu

$S_v$  – saturovaný tok vjezdu

$z'$  - efektivní délka zelené

$t_c$  – délka skutečného cyklu

Rezervu kapacity vjezdu  $R_{ez}$  [%] získáme pomocí vzorce:

$$R_{ez} = \left(1 - \frac{I}{c_v}\right) * 100 \quad (15)$$

$R_{ez}$  – rezerva kapacity vjezdu

$c_v$  – kapacita vjezdu

$I$  – intenzita dopravy vjezdu

Rezerva kapacity vjezdu by neměla být nižší než 10 %. Pokud je rezerva  $\leq 0$ , označuje se dopravní vjezd písmenem F z důvodu překročení kapacity. (Martolos, 2011)

Střední dobu zdržení lze zjistit ze vzorce:

$$t_w = 0,45 * \left[ \frac{(t_c - z')^2 * c_v}{c_v * t_c - I * z'} + \frac{3600 * I}{c_v^2 - I * c_v} \right] \quad (16)$$

$t_w$  – střední doba zdržení na vjezdu

$t_c$  – délka skutečného cyklu

$c_v$  – kapacita vjezdu

$z'$  - efektivní délka zelené

$I$  – intenzita dopravy vjezdu

Na základě střední doby zdržení lze posoudit úroveň kvality dopravy pro jednotlivé vjezdy. Rozdělení úrovně kvality dopravy je řešeno v normě ČSN 73 6102, kdy platí pravidlo, že dálnice a silnice I. třídy mohou být označeny nejhůře úrovní C. (ČSN 73 6102, 2007)

Tabulka 3 – Úroveň kvality dopravy (ČSN 73 6102, 2007)

Úroveň kvality		Střední doba zdržení $t_w$ [s]
Označení	Charakteristika kvality dopravy	
A	Velmi dobrá	$\leq 20$
B	Dobrá	$\leq 35$
C	Uspokojivá	$\leq 50$
D	Dostatečná	$\leq 70$
E	Nestabilní stav	$> 70$
F	Překročená kapacita	- ( $Rez \leq 0$ )

## 6 SOFTWARE PTV VISSIM

PTV Vissim je profesionální software pro mikroskopické simulace dopravy. Díky jeho vysokému detailu zpracování podrobností dokáže přesně simulovat nejen automobilovou dopravu, ale i interakce s chodci a poskytuje nám realistický a podrobný přehled o aktuálním stavu dopravního proudu a jeho dopadech. (PTV Group, 2023)

S konceptem tras a jejich propojení v PTV Vissim můžeme vybranou síť podrobně zmapovat a modelovat různé geometrie – od standardního uzlu až po libovolně složité křižovatky s křižovatkami, cyklostezky, linky veřejné dopravy, parkování na ulici. Rozsáhlé analytické nástroje shromážděné v softwaru, z něj činí účinný světový standard pro dopravní inženýrství, plánování a optimalizaci dopravy, dopravních systémů, rovněž tak i propojení různých systémů řízení dopravy. (PTV Group, 2023)

### Základní práce v softwaru

Základní práce v softwaru PTV Vissim začíná zvolením správného mapového podkladu. Jako mapový podklad lze využít přednastavenou mapu v softwaru, vložení vlastního mapového podkladu, nebo práce bez podkladu. Za předpokladu využití vlastního mapového podkladu je potřeba stanovit měřítko mapy.

Silnice se na mapový podklad přidávají po zvolení nabídky Links a možnosti Add New Link. díky této možnosti lze vytvořit proudy silnic dle potřeby tak, aby kopírovaly terén, či vybraný mapový podklad. Pokud dochází ke křížování silnic, je zapotřebí přidat odbočovací pruhy pomocí přidržení Ctrl a přetažením myši na požadované připojení. Tímto způsobem se propojí všechny odbočovací směry.

Díky propojení všech odbočovacích směrů vzniklo množství kolizních bodů. U těchto kolizních bodů je potřeba určit přednosti, například: „Set status to 2 waits for 1“, kdy odbočovací směr č. 2 se zbarví zeleně a je stanoven jako přednostní před kolizním směrem č. 1, který je zbarven červeně.

Silniční provoz se přidává pomocí bodu Vehicle Inputs, kdy se označí místo vjezdu a všechny kombinace možného odbočení, zároveň se ke každé možnosti přidá intenzita dopravy v daném dopravním směru.

Světelné dopravní značení se přidává pomocí bodu Signal Controls, kdy po přidání signálního bodu se přejde k jeho editaci, kde se určuje typ sekvence, doba cyklu, délky zelených a následně signální plán.

Přechody pro chodce se přidávají stejným způsobem jako silnice s tím, že v nastavení jsou označeny jako cesty pro chodce. Opět se určí přednost na konfliktních zónách, kdy přednost budou mít chodci před vozidly, označí se možné směry pro chodce a na závěr se zadá intenzita pěších.

Pro lepší vizualizaci lze v softwaru využít 3D modelů, ovšem tyto modely již nemají žádný vliv na průběh simulace.



## DÍLČÍ ZÁVĚR

V teoretické části diplomové práce byly popsány v první kapitole popsány základní pojmy použité v diplomové práci. Druhá kapitola se zabývala legislativou, normami a jinými dokumenty zabývající se podmínkami silniční dopravy, jejím řízení, skladbou a dalšími úpravami, či požadavky.

Ve třetí kapitole se definovaly pozemní komunikace s jejím rozdělením dle zákona č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích. Čtvrtá kapitola řešila křižovatky a křížení pozemních komunikací a jejich rozdělení.

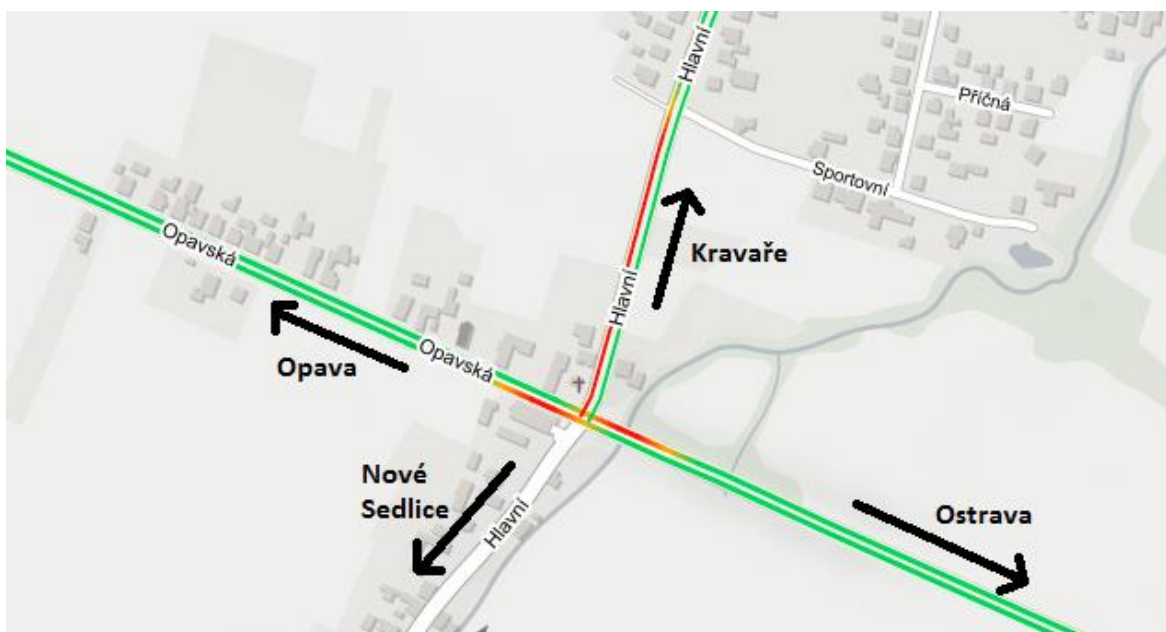
Pátá kapitola se zabývala způsoby optimalizace světelných křižovatek a podrobně byla popsána metoda saturovaného toku.

V šesté kapitole byl popsán software PTV Visim a způsob práce se softwarem.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 7 POPIS VYBRANÉ KŘÍŽOVATKY

Vybraná křižovatka, která je optimalizována v diplomové práci se nachází v obci Nové Sedlice v Moravskoslezském kraji. Křižovatka je tvořena páteří komunikací první třídy I/11, která spojuje města Hradec Králové, Šumperk, Opava, Ostrava a dále pokračuje na Slovensko. Délka této silnice je celkem 308 km. Na tuto komunikaci se napojuje ze severu silnice druhé třídy II/467. Tato komunikace vede z Nových Sedlic (této křižovatky) přes Kravaře až ke hraničnímu přechodu Třebom/Kietrz s Polskem. Délka této silnice je 16,8 km. Z jihu se na křižovatku napojuje silnice třetí třídy III/01125, která vede přes obec Nové Sedlice k osadě Přerovec. Délka této silnice je 2,5 km. Popis silnic je na obrázku níže.

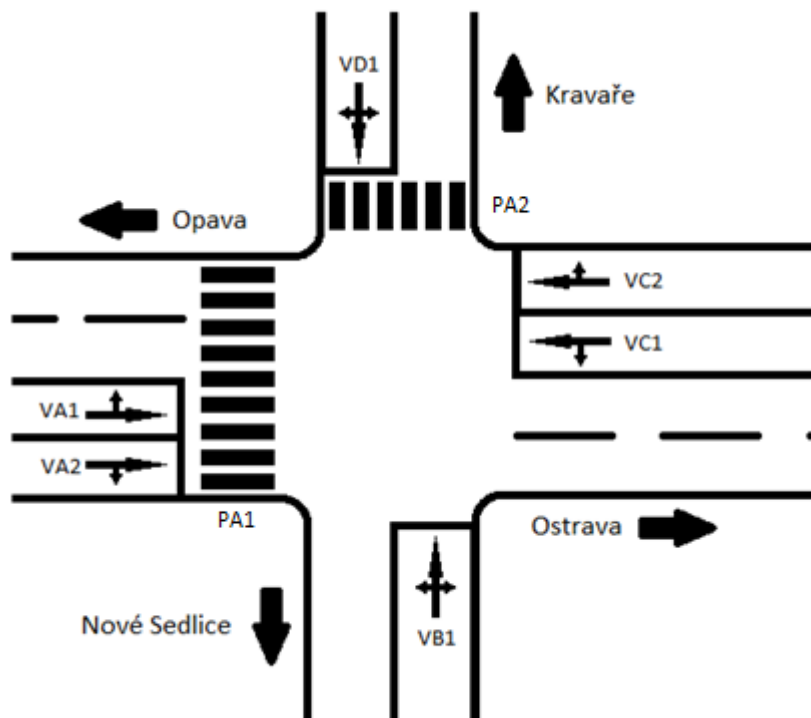


Obrázek 2 – Mapa vybrané křižovatky (Mapy.cz, 2023)

Na této křižovatce se kříží následující komunikace:

- ulice Opavská,
- ulice Hlavní,
- ulice Hlavní,
- silnice č. I/11.

Provozovatelem dané křižovatky a silnice I/11 je Ředitelství silnic a dálnic. U silnice II/467 a silnice III/01125 v místě křižovatky je provozovatel Moravskoslezský kraj. Na obrázku níže lze vidět schématický náčrt křižovatky.



Obrázek 3 – Schéma křižovatky (vlastní)

### Popis jednotlivých ramen

Hlavní pozemní komunikace Opavská ve směru od Opavy do Ostravy je rozdělena do dvou řadících pruhů. Pruh určený pro jízdu přímým směrem a odbočení vlevo na ulici Hlavní směrem na Kravaře je označen jako „VA1“. Druhý pruh je určen k jízdě přímým směrem a odbočení vlevo. Tento pruh je označen jako „VA2“. Přes obě ramena prochází přechod pro chodce označený jako „PA1“.

Na tomto rameni je světelné zařízení tvořeno dvěma výložníky. Jeden výložník je opatřeným dvěma návěstidly, která zobrazují tříbarevné světelné signály, dále je výložník opatřen svislou dopravní značkou „hlavní pozemní komunikace“, informativní značkou „přechod pro chodce“ a návěstidlem s dvoubarevným světelným signálem pro chodce. Druhý výložník je opatřen pouze informativní dopravní značkou „přechod pro chodce“ a návěstidlem s dvoubarevným světelným signálem pro chodce.



Obrázek 4 – Ramena VA1 a VA2 (Google maps, 2023)

Vedlejší pozemní komunikace Hlavní, silnice III/01125 ve směru od Nových Sedlic umožňuje jízdu třemi směry, které jsou zahrnuty v jednom řadícím pruhu. Tento pruh je označen jako „VB1“.

Na daném rameni se nachází jeden výložník osazen dvěma návěstidly a svislou dopravní značkou „Stůj, dej přednost v jízdě“ viz následující obrázek.



Obrázek 5 – Rameno VB1 (Google maps, 2023)

Hlavní pozemní komunikace I/11 ve směru od Ostravy do Opavy je rozdělena do dvou řadících pruhů. Pruh určený pro jízdu přímým směrem a odbočení vlevo na ulici Hlavní směrem na Nové Sedlice je označen jako „VC1“. Druhý pruh je určen k jízdě přímým směrem a odbočení vlevo směrem na ulici Hlavní směrem na Kravaře. Tento pruh je označen jako „VC2“.

Na tomto rameni je světelné zařízení tvořeno jedním výložníkem. Výložník je opatřeným dvěma návěstidly, která zobrazují tříbarevné světelné signály, dále je výložník opatřen svislou dopravní značkou „hlavní pozemní komunikace“.



Obrázek 6 – Ramena VC1 a VC2 (Google maps, 2023)

Vedlejší pozemní komunikace Hlavní, silnice II/467 ve směru od Kravař umožňuje jízdu třemi směry, které jsou zahrnuty v jednom řadícím pruhu. Tento pruh je označen jako „VD1“. Přes rameno prochází přechod pro chodce označený jako „PA2“.

Na tomto rameni je světelné zařízení tvořeno dvěma výložníky. Jeden výložník je opatřeným dvěma návěstidly, která zobrazují tříbarevné světelné signály, dále je výložník opatřen svislou dopravní značkou „Stůj, dej přednost v jízdě“ a návěstidlem s dvoubarevným světelným signálem pro chodce. Druhý výložník je opatřen pouze návěstidlem s dvoubarevným světelným signálem pro chodce viz obrázek níže.



Obrázek 7 – Rameno VD1 (Google maps, 2023)

## 8 DOPRAVNÍ PRŮZKUM

V této kapitole jsou popsány veličiny získané dopravním průzkumem potřebné pro následující použití optimalizace průjezdu křižovatkou a tvorbu návrhu signálního plánu.

Dopravní průzkum byl proveden s cílem získat tyto informace:

- intenzity vozidel v jednotlivých dopravních proudech,
- počet a pořadí fází světelného řízení,
- délky zelených. (Dorda, 2019)

Výše zmíněné informace byly zjištěny pomocí videozáznamu pořízeného ve všední v době od 11:00 do 12.00. Kamera byla umístěna na rohu dopravních proudů ze směru od Opavy (silnice I. třídy) a ze směru Nové Sedlice (silnice III. třídy). Kamera byla umístěna takovým způsobem, aby snímala pohyb všech vozidel napříč křižovatkou. Z daného záznamu byla následně zjištěna intenzita vozidel v jednotlivých dopravních proudech (viz příloha č.1).

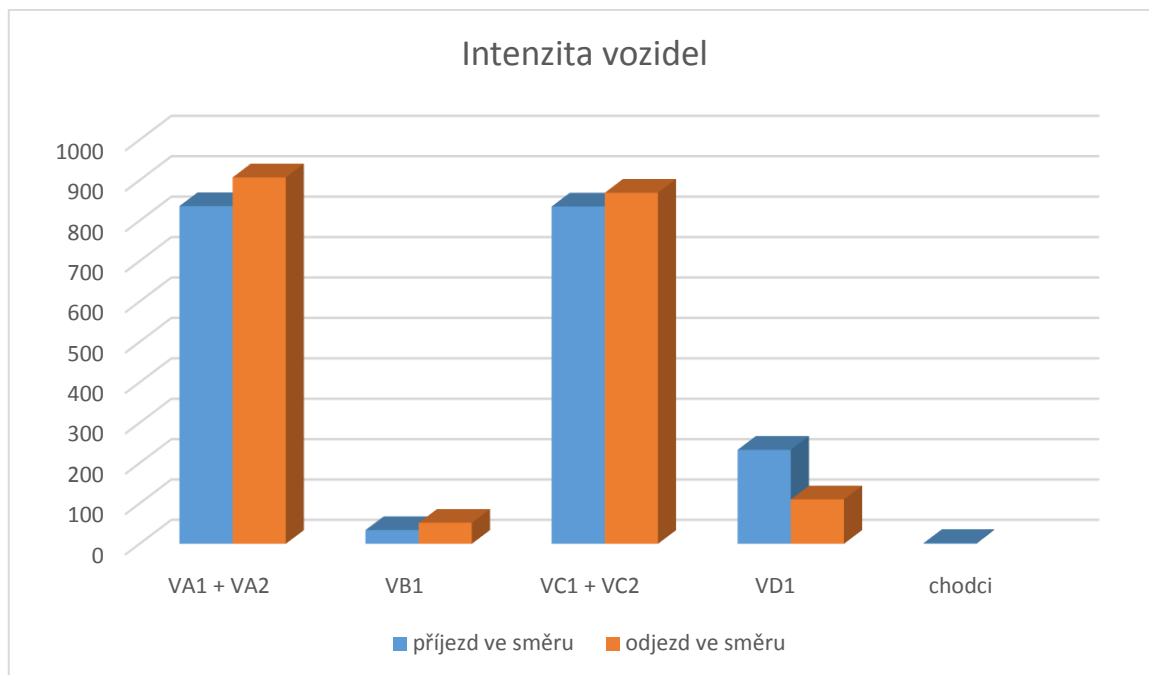
### Intenzita vozidel

Z dopravního průzkumu bylo zjištěno, že křižovatkou v čase od 11:00 do 12:00 projelo celkem 1938 vozidel.

Tabulka 4 – Intenzita dopravních proudů (vlastní)

Příjezd dopravního proudu	Počet
VA1 a VA2	836
VB1	34
VC1 a VC2	835
VD1	233
Chodci	2





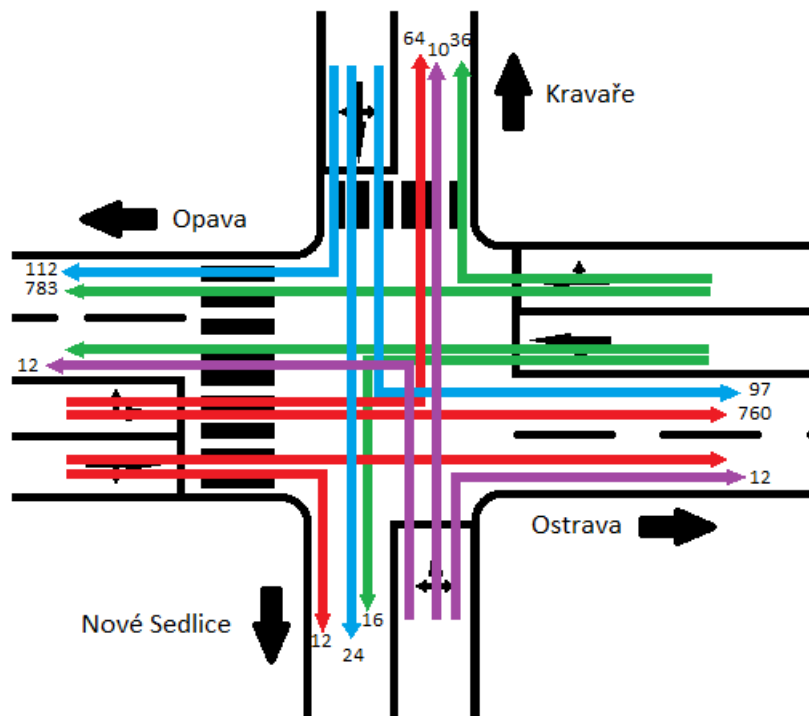
Obrázek 8 – Graf intenzity vozidel (vlastní)

Pro porovnání lze využít sčítání dopravy Ředitelství silnic a dálnic z roku 2020 (viz tabulka níže), kdy bylo zjištěno, že špičková hodinová intenzita dopravy napříč námi zvolenou křižovatkou je 1890 vozidel za hodinu. Ačkoliv je naše intenzita vyšší, budeme dále vycházet z námi zjištěných hodnot, jelikož samotné Ředitelství silnic a dálnic uvádí, že sčítání z roku 2020 bylo ovlivněno pandemií, tudíž budou využity aktuální hodnoty. (Ředitelství silnic a dálnic ČR, 2023)

Sčítání dopravy 2020 (sč.úsek: 7-5186)												... význam zkratk					
<b>Roční průměr denních intenzit dopravy</b>																	
RPDI - všechny dny	voz/den	LN	SN	SNP	TN	TNP	NSN	A	AK	TR	TRP	TV	O	M	SV		
		1 445	474	46	138	32	637	100	8	5	6	2 891	16 897	106	19 894		
<b>Hodinová intenzita dopravy</b>																	
Padesátirázová intenzita dopravy	voz/h											TV	SV				
												298	2 049				
Špičková hodinová intenzita dopravy	voz/h											275	1 890				
<b>Těžká nákladní vozidla - TNV</b>																	
Hodnota TNV	voz/den											TNV					
													2 434				
<b>Intenzita dopravy pro hlukové a emisní výpočty</b>																	
		dle CNOSSOS-EU	I1	I2	I3	I4	Celkem		dle Manuálu 2020	OAL	NAL	NS	Celkem				
Roční průměr intenzit, den (06-18)	voz/den	Vysvětlení viz Podrobné výsledky	13 869	799	695	82	15 445		Vysvětlení viz Podrobné výsledky	13 896	995	551	15 442				
Roční průměr intenzit, večer (18-22)	voz/den		2 400	59	66	15	2 540			2 404	73	63	2 540				
Roční průměr intenzit, noc (22-06)	voz/den		1 639	125	136	9	1 909			1 642	155	115	1 912				
<b>Emise</b>																	
Roční špičková hodinová intenzita dopravy	voz/h											OA	LNA	TNA	NS	BUS	Celkem
												2 431	207	89	102	15	2 844
<b>Koeficienty nerovnoměrnosti dopravy</b>																	
Koeficient nerovnoměrnosti dopravy	-											alfa	beta	gamma	PS		
												0.88	0.91	0.97	64:36		
<b>Intenzita cyklistické dopravy</b>																	
Cyklistická doprava	cyklo/den											C					
												17					

Obrázek 9 – Sčítání dopravy 2020 (Ředitelství silnic a dálnic ČR, 2023)

Pro větší přehlednost je přiložen pentagram intenzity s hodnotami zjištěnými vlastním průzkumem, který zobrazuje intenzitu dopravy v jednotlivých směrech dopravních proudů (viz obrázek níže).



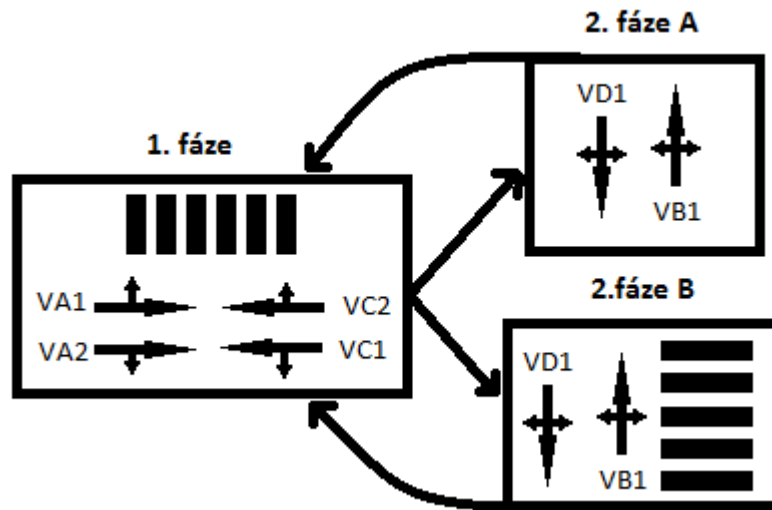
Obrázek 10 – Pentlogram křižovatky (vlastní)

Při normálním stavu je křižovatka provozována jako světelně řízená křižovatka. Jakmile dojde k vypnutí světelných zařízení, je značka řízena pomocí svislého dopravního značení, kdy ramena VA1, VA2, VC1 a VC2 jsou řízena svislým značením „hlavní pozemní komunikace“ a na ramenech VB1 a VD1 je upravena přednost svislým dopravním značením „stůj, dej přednost v jízdě“.

### Fázové schéma

Na obrázku níže můžeme vidět současné pořadí fází světelného řízení křižovatky. Fáze č.1 (nejdelší) umožňuje projetí vozidlům na dopravních proudech VA1, VA2, VC1, VC2 a chodcům na přechodu PA2, který se nachází na rameni ve směru na Kravaře (VD1). Po fázi č. 1 automaticky následuje fáze č. 2 A, kdy jsou uvolněny dopravní proudy VD1 a VB1. Po ukončení této fáze opět následuje fáze č. 1. Za předpokladu že chce chodec použít

přechod PA1 na dopravním proudu ve směru na Opavu (VA) a zmáčkne „tlačítko pro chodce“ tak po fázi č. 1 bude následovat fáze č. 2 B.



Obrázek 11 – Fázové schéma (vlastní)

### Signální plán

Posledním bodem dopravního průzkumu bylo zjištění doby trvání zelených na signalizačním zařízení. Po zjištění daných délek mohl být sestaven současný signální plán (viz obrázek níže). Tyto zjištěné údaje uvedené v signalizačním plánu jsou dále použity pro model současného stavu v softwaru PTV Vissim.



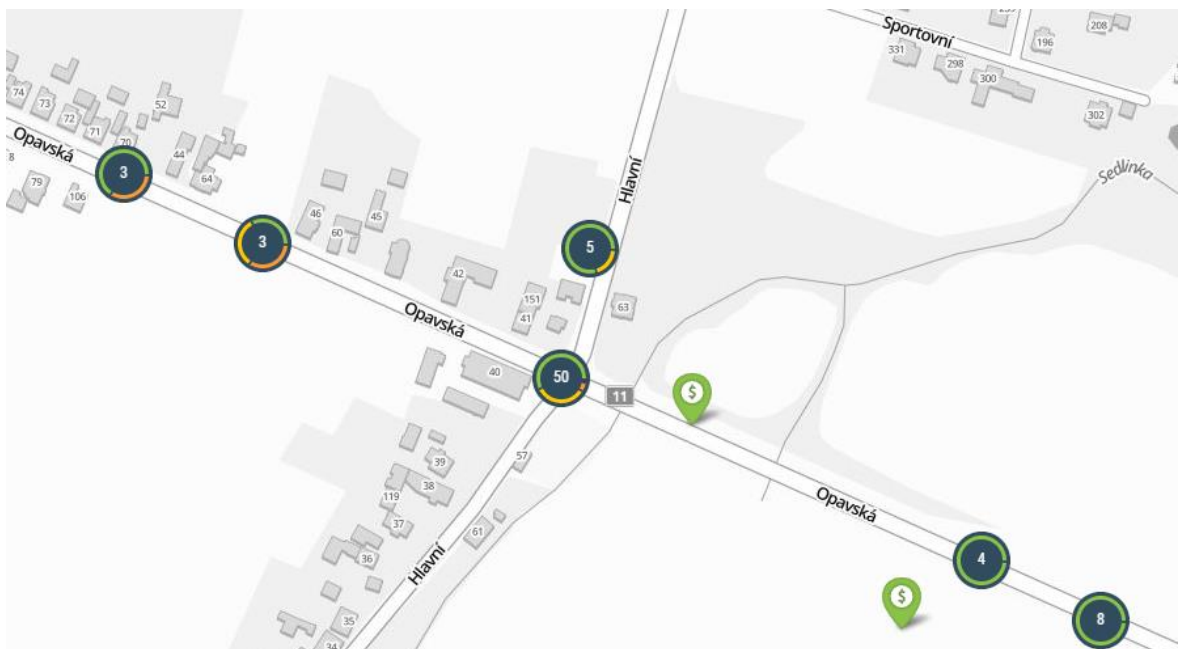
## 9 NEHODOVOST

Z popisu křižovatky a dopravního průzkumu, lze očekávat, že na vybrané křižovatce lze vzhledem ke křižování cest tří druhů silnic I., II. a III. třídy a intenzitě vozidel očekávat možné kolize a nehody.

Na portálu policie lze zjistit, že v období od ledna 2010 do dubna 2023 bylo policii oznámeno celkem 56 nehod v samotné křižovatce, nebo její bezprostřední blízkosti.

Z portálu se můžeme dovědět tyto informace:

- datum nehody,
- druh nehody,
- příčinu nehody,
- usmrceno osob,
- těžce zraněno osob,
- lehce zraněno osob,
- celková hmotná škoda. (Mapa dopravních nehod, 2023)



Obrázek 13 – Mapa nehod (Mapa dopravních nehod, 2023)

Tabulka 5 – Tabulka nehod (Mapa dopravních nehod, 2023)

<b>Příčina nehody</b>	<b>Počet událostí</b>	<b>Usmrceno osob</b>	<b>Těžce zraněno</b>	<b>Lehce zraněno</b>	<b>Celková škoda (Kč)</b>
Nedodržení bezpečné vzdálenosti	7	0	0	0	735.000
Nezaviněná řidičem	3	0	0	0	65.000
Přejíždění z jednoho jízdního pruhu do druhého	1	0	0	0	20.000
Při odbočování vlevo	19	1	1	21	3.351.000
Řidič se plně nevěnoval řízení vozidla	3	0	0	0	50.000
Jízda na červenou	8	0	3	6	1.604.000
Proti příkazu dopravní značky dej přednost	2	0	1	1	139.000
Jiné nedání přednosti	1	0	0	0	70.000
Nepřízpůsobení rychlosti stavu vozovky	2	0	0	1	280.000

Vyhýbání bez dostatečného odstupu	3	0	0	1	140.000
Nepřizpůsobení rychlosti vlastnostem vozidla a nákladu	1	0	0	0	90.000
Jiný druh nesprávného způsobu jízdy	3	0	1	3	630.000
Jiný druh nepřiměřené jízdy	2	0	0	0	80.000
Ohrožení předjížděného vozidla	1	0	0	0	15.000
<b>Celkem</b>	<b>56</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>33</b>	<b>7.269.000</b>

Z tabulky můžeme zjistit, že nejvíce nehod hlášených Policií jsou zapříčiněny:

- kolizí při odbočení vlevo,
- jízdou na červenou,
- nedodržení bezpečné vzdálenosti.

Celkem bylo v tomto období Policií oznámeno 56 nehod, při kterých bylo 33 osob lehce zraněno, 6 osob těžce zraněno a 1 hlášené úmrtí. Celkové škody na majetku dosahovaly výše 7.269.000 Kč.

Podle databáze OECD o silničním provozu a nehodách představují náklady spojené s dopravními nehodami na 2 % HDP EU, kdy dvě třetiny dopravních nehod a polovina úmrtí se nachází v městských zónách. Z toho důvodu bylo přistoupeno k optimalizaci křižovatky pro zvýšení bezpečnosti a optimalizaci dopravního toku přidáním jednotlivé fáze pro nyní kolizní odbočení vlevo. (Gentle a Noekel, 2016)

## 10 SIMULACE PROPUSTNOSTI AKTUÁLNÍHO STAVU

Pro simulaci propustnosti současného stavu byla využita data získána z dopravního průzkumu:

- intenzity vozidel,
- fáze světelného zařízení,
- doba zelených.

Veškeré použité hodnoty jsou uvedeny v kapitole „Dopravní průzkum“.

Pro tvorbu simulace byla využita přednastavená mapa v softwaru.

Silnice se na mapový podklad přidaly po zvolení nabídky Links a možnosti Add New Link. díky této možnosti lze vytvořit proudy silnic dle potřeby tak, aby kopírovaly terén, či námi vybraný mapový podklad.

Pro zajištění křižování silnic, byly zapotřebí přidat odbočovací pruhy pomocí přidržení Ctrl a přetažením myši na požadované připojení. Tímto způsobem se propojily všechny odbočovací směry.

Díky propojení všech odbočovacích směrů vzniklo množství kolizních bodů. U těchto kolizních bodů byla potřeba určit přednosti, například: „Set status to 2 waits for 1“, kdy odbočovací směr č. 2 se zbarví zeleně a je stanoven jako přednostní před kolizním směrem č. 1, který je zbarven červeně.

Silniční provoz se přidává pomocí bodu Vehicle Inputs, kdy se označí místo vjezdu a všechny kombinace možného odbočení, zároveň se ke každé možnosti přidá intenzita dopravy v daném dopravním směru dle hodnot získaných ze sčítání dopravy.

Světelné dopravní značení se přidává pomocí bodu Signal Controls, kdy po přidání signálního bodu se přejde k jeho editaci, kde se určuje typ sekvence, doba cyklu, délky zelených a následně se sestaví signální plán dle výstupu z dopravního průzkumu.

Přechody pro chodce se přidávají stejným způsobem jako silnice s tím, že v nastavení jsou označeny jako cesty pro chodce. Opět se určí přednost na konfliktních zónách, kdy přednost budou mít chodci před jedoucími vozidly, označí se možné směry pro chodce a na závěr se zadá intenzita pěších.

Pro lepší vizualizaci bylo v softwaru využito 3D modelů.





Obrázek 14 – Simulace propustnosti (PTV Group, 2023)

Ze simulace lze vyzorovat problematiku levého odbočení, kdy vozidla odbočující vlevo čekají, než se uvolní kolizní směry. Mezitím tato vozidla blokují pruh pro jízdu přímým směrem. Tato situace se týká ramen VA1 a VC1.

## 11 OPTIMALIZACE SVĚTELNÉHO ZAŘÍZENÍ

Návrh světelného zařízení se zaměřuje na zlepšení dopravních podmínek na vybrané křižovatce.

Pro návrh signálního plánu světelného zařízení byla vybrána metoda saturovaného toku (Websterova metoda), kterou se následující kapitola zabývá.

### Metoda saturovaného toku

Saturovaný tok lze definovat jako maximální počet vozidel, která mohou projet hranicí křižovatky (stop čáry) za jednotku času (obvykle jednu hodinu) při ideálních dopravních podmínkách. (Dorda, 2019)

Principem metody saturovaného toku (Websterovy metody) je určení délky cyklu a zelených v návaznosti na saturaci vjezdů v jednotlivých fázích cyklu.

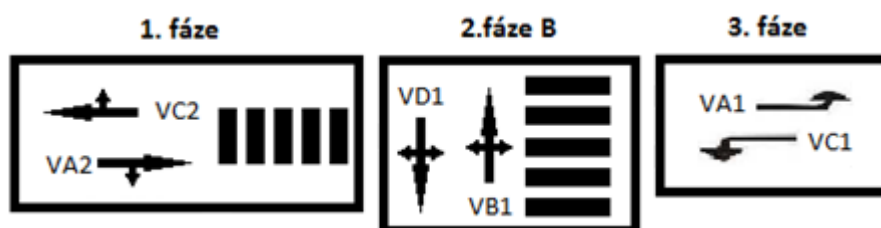
Následující parametry jsou nezbytné pro použití metody saturovaného toku:

- schéma křižovatky,
- počet odbočujících vozidel,
- intenzitu chodců,
- sklon jednotlivých vjezdů,
- poloměry oblouků při odbočení,
- fázové schéma,
- tabulku mezičasů. (Dorda, 2019)

Pomocí výše uvedených parametrů lze vypočítat stupně saturace jednotlivých vjezdů a následně celkový saturační stupeň.

## NÁVRH SIGNÁLNÍHO PLÁNU PRO TŘÍFÁZOVÉ SCHÉMA

Tato kapitola je věnována návrhu signálního plánu se třemi fázemi. Na obrázku níže můžeme vidět navrhované pořadí fází. Ačkoliv se doporučuje řídit křižovatky pomocí co nejjednodušeji, tzn. co nejmenšího počtu fází (ideálně dvou fází), z historie nehodovosti a pro optimalizaci průjezdnosti křižovatkou bude navrhnuo třífázové schéma. Hlavní změnou bude interval pro samostatné odbočení vlevo na dopravních vjezdech VA1 a VC1.



Obrázek 15 – Návrh třífázového schématu (vlastní)

### Podíl odbočujících vozidel

V níže uvedené tabulce můžeme nalézt podíl odbočujících vozidel v jednotlivých dopravních proudech.

Tabulka 6 – Podíl odbočujících vozidel (vlastní)

Dopravní proudy	Počet odbočujících vozidel	Procento odbočujících vozidel
VA1	64	7 %
VA2	12	1 %
VB1	24	70 %
VC1	16	2 %
VC2	36	4 %
VD1	209	90 %

### Poloměry oblouků

V níže uvedené tabulce jsou uvedeny poloměry oblouků jednotlivých vjezdů. U vjezdů vedoucích pouze přímým směrem se za poloměr oblouků dosazuje hodnota  $\infty$ , v tomto případě nebude využito. U vjezdů VA1 a VC1 pro levé odbočení byla použita hodnota poloměru 1,5 metru, protože ve stejné fázi odbočování se dává přednost protijedoucím

vozidlům a vzniká tak podmíněně kolizní odbočení. U výjezdu VB1 a VD1 jsou použity skutečné hodnoty poloměrů při odbočení. U VB1 při odbočení vlevo je  $R = 39$  m a vpravo  $R = 28$  m. U VD1 při odbočení vlevo je  $R = 37$  m a vpravo  $R = 32$  m. Pro výpočet koeficientu oblouku se použije vždy nižší hodnota. V tomto případě u VB1  $R = 28$  m a u VD1  $R = 32$  m.

Tabulka 7 – Poloměr oblouků (vlastní)

Vjezd	Poloměr oblouku R (v metrech)	
VA1	1,5	
VA2	25	
VB1	39	28
VC1	1,5	
VC2	26	
VD1	37	32

Pro výpočet poloměru oblouku se použije tento vzorec:

$$k_{obl} = \frac{R}{R+1,5*f} \quad (1)$$

R – poloměr oblouku,

f – podíl odbočujících vozidel

Například VA1:

$$k_{obl} = \frac{1,5}{1,5+1,5*0,07} = 0,93 \quad (1.1)$$

Tabulka 8 – Koeficienty oblouků (vlastní)

Vjezd	f	R (m)	k <sub>obl</sub>
VA1	0,07	1,5	0,93
VA2	0,01	25	1,00
VB1	0,70	28	0,96
VC1	0,02	1,5	0,98
VC2	0,04	26	1,00
VD1	0,90	32	0,96

### Sklon jednotlivých vjezdů

Dalším potřebným koeficientem je potřeba znát koeficient sklonu vjezdů. Tento koeficient se počítá pomocí tohoto vzorce:

$$k_{skl} = 1 - 0,02 * \alpha \quad (2)$$

$\alpha$  – podélný sklon vjezdu

Protože všechny vjezdy jsou ve stejném výškovém bodu, tak je u nich uvedena 0.

Například VA1:

$$k_{skl} = 1 - 0,02 * 0 = 1 \quad (2.1)$$

Tabulka 9 – Sklon vjezdů a koeficient sklonu (vlastní)

Vjezd	$\alpha$ (%)	k <sub>skl</sub>
VA1	0	1,00
VA2	0	1,00
VB1	0	1,00
VC1	0	1,00
VC2	0	1,00
VD1	0	1,00

## Mezičasy

Princip mezičasu je založen na potřebě časového úseku od konce doby zelené na návěstidle po začátek doby zelené na návěstidle v kolizním směru. Pro výpočet mezičasu je zapotřebí stanovení vzdáleností kolizních ploch, ze kterých se zjistí vyklizovací doba, najížděcí doba a z těchto hodnot můžeme určit výsledný mezičas. Výsledný mezičas se musí vždy zaokrouhlit nahoru na celé sekundy. Je potřeba dbát na správném určení mezičasů, jelikož má zásadní význam pro bezpečnost při řízení provozu světelnými signály.

Vyklizovací dobu ( $t_v$ ) zjistíme ze vzorce:

$$t_v = \frac{L_v + l_{voz}}{v_v} \quad (3)$$

$L_v$  – vyklizovací dráha

$l_{voz}$  – délka vyklízejícího vozidla

$v_v$  – vyklizovací rychlost

Najížděcí dobu ( $t_n$ ) zjistíme ze vzorce:

$$t_n = \frac{L_n}{v_n} \quad (4)$$

$L_n$  – najížděcí dráha

$v_n$  – najížděcí rychlost

Celkový mezičas ( $t_m$ ) získáme ze vzorce:

$$t_m = t_v - t_n + t_b \quad (5)$$

$t_b$  – bezpečnostní doba

Po dosazení získáme vzorec:

$$t_m = \frac{L_v + l_{voz}}{v_v} - \frac{L_n}{v_n} + t_b \quad (6)$$

Hodnoty najížděcí rychlosti, vyklizovací rychlosti, délky vozidel a bezpečnostní dobu získáme z technických podmínek TP 81 viz tabulka standartních hodnot pro výpočet mezičasů.

Tabulka 10 – Standartní hodnoty pro výpočet mezičasů (vlastní)

Standartní hodnoty pro výpočet mezičasů	
Vyklizovací a najížděcí rychlost v přímém směru	9,7 m/s
Vyklizovací a najížděcí rychlost v oblouku	7,0 m/s
Vyklizovací a najížděcí rychlost chodci	1,4 m/s
Délka vyklízejícího motorového vozidla	5 m
Délka vyklízejícího – chodci	0
Bezpečnostní doba – motorové vozidlo	2
Bezpečnostní doba – chodci	0

Například mezičas, kdy VA1 vyklizuje a VB1 najíždí:

$$t_m = \frac{23+5}{7} - \frac{18}{7} + 2 = 3,42 \cong 4 \text{ s} \quad (6.1)$$

Následující tabulka uvádí mezičasy mezi kolizními směry.

Tabulka 11 – Tabulka mezičasů (vlastní)

		Najíždí							
		VA1	VA2	PA1	VB1	VC1	VC2	VD1	PA2
Vyklizuje	VA1	X	X	0	4	X	5	3	5
	VA2	X	X	0	5	3	X	3	X
	PA1	8	10	X	5	X	8	7	X
	VB1	4	2	4	X	4	5	5	7
	VC1	X	4	X	3	X	X	4	X
	VC2	2	X	0	3	X	X	4	2
	VD1	4	5	0	5	4	3	X	0
	PA2	0	X	X	0	X	3	5	X

**Saturovaný tok vjezdu**

Saturovaný tok vjezdu je určení maximálního počtu vozidel, která za ideálních dopravních podmínek mohou projet dopravní křižovatkou. Jako základní saturovaný tok ( $S_{zákl}$ ) se dle technických podmínek TP 81 použije hodnota 2000 pvoz/h (přepočtená vozidla za hodinu). (Martolos, 2015)

Saturovaný tok vjezdu se určuje pro každý řadící pruh.

$$S_v = S_{zákl} * k_{skl} * k_{obl} \quad (7)$$

$S_v$  – saturovaný tok vjezdu

$S_{zákl}$  – základní saturovaný tok

$k_{skl}$  – koeficient sklonu

$k_{obl}$  – koeficient oblouku

Například pro řadící pruh VA1:

$$S_v = 2000 * 1,00 * 0,93 = 1860 \text{ pvoz/h} \quad (7.1)$$

Tabulka 12 – Saturovaný tok vjezdu (vlastní)

Vjezd	I [pvoz/h]	$k_{skl}$	$k_{obl}$	$S_{zákl}$ [pvoz/h]	$S_v$ [pvoz/h]
VA1	64	1,00	0,93	2000	1860
VA2	772	1,00	1,00	2000	2000
VB1	34	1,00	0,96	2000	1920
VC1	16	1,00	0,98	2000	1960
VC2	819	1,00	1,00	2000	2000
VD1	233	1,00	0,96	2000	1920



**Stupeň saturace**

Stanovení stupně saturace jednotlivých řadících pruhů je potřeba pro určení kritických vjezdů v jednotlivých fázích.

$$y = \frac{I}{S_v} \quad (8)$$

$y$  – stupeň saturace

$I$  – intenzita příslušného vjezdu

$S_v$  – saturovaný tok vjezdu

Například pro řadící pruh VA1:

$$y = \frac{64}{1860} = 0,034 \quad (8.1)$$

Tabulka 13 – Stupeň saturace vjezdu (vlastní)

Vjezd	$I$ [pvoz/h]	$S_v$ [pvoz/h]	$y$
VA1	64	1860	<b>0,034</b>
VA2	772	2000	<b>0,386</b>
VB1	34	1920	<b>0,018</b>
VC1	16	1960	<b>0,008</b>
VC2	819	2000	<b>0,410</b>
VD1	233	1920	<b>0,121</b>

**Určení kritických vjezdů**

V tabulce níže můžeme vidět sloupec s označením jednotlivých vjezdů, další sloupec udává, ve které fázi se vjezd nachází a poslední sloupec udává stupeň saturace jednotlivých vjezdů. Následně se v každé fázi vybral vjezd s nejvyšším stupněm saturace. Tzn, tento vjezd je v dané fázi kritický vjezd a podle těchto vjezdů bude sestavován světelný signální plán.

Tabulka 14 – Kritické vjezdy (vlastní)

Vjezd	Fáze	y
VA1	3	0,034
VA2	1	0,386
VB1	2	0,018
VC1	3	0,008
VC2	1	0,410
VD1	2	0,121

Celkový stupeň saturace  $Y$  zjistíme pomocí součtu saturací kritických vjezdů. Celkový stupeň saturace je definován vztahem:

$$Y = \sum \max y_i \quad (9)$$

$$Y = 0,034 + 0,410 + 0,121 = 0,565 \quad (9.1)$$

U celkového stupně saturace je stanovena podmínka, že  $Y < 1$ . V případě, že by podmínka nebyla splněna, je potřeba konzultace s odborníky, případně je potřeba rozšíření světelné křižovatky o další fáze.

Celkový stupeň saturace – součet kritických vjezdů, podmínka  $Y < 1$

$$Y = 0,565$$

$$0,565 < 1 \rightarrow \text{podmínka splněna}$$

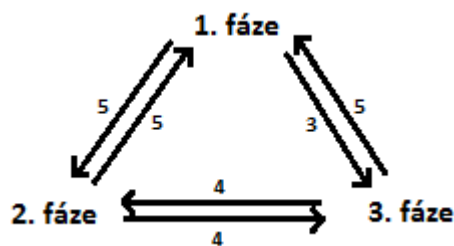
### Mezičasy mezi fázemi

Pro správný návrh světelného signálního plánu je potřeba znát sled fází s nejnižšími mezičasy. Z tabulky mezičasů byly vybrány hodnoty mezičasů dopravních vjezdů při přechodu z jedné fáze do další. Z těchto mezičasů byl vybrán vždy nejvyšší mezičas, který je rozhodujícím mezičasem v daném fázovém přechodu.

Tabulka 15 – Rozhodující mezičasy (vlastní)

Fázové přechody	Rozhodující mezičas $t_{m,r}$ [s]
1 → 2	$\max \{3,5,3,4\} = 5$
2 → 1	$\max \{5,3,2,5\} = 5$
1 → 3	$\max \{0,3,2,0\} = 3$
3 → 1	$\max \{0,5,4,0\} = 5$
2 → 3	$\max \{4,4,4,4\} = 4$
3 → 2	$\max \{4,3,3,4\} = 4$

Pro lepší vizualizaci byl vytvořen obrázek s přechody mezi jednotlivými fázemi a jejich rozhodujícími mezičasy.



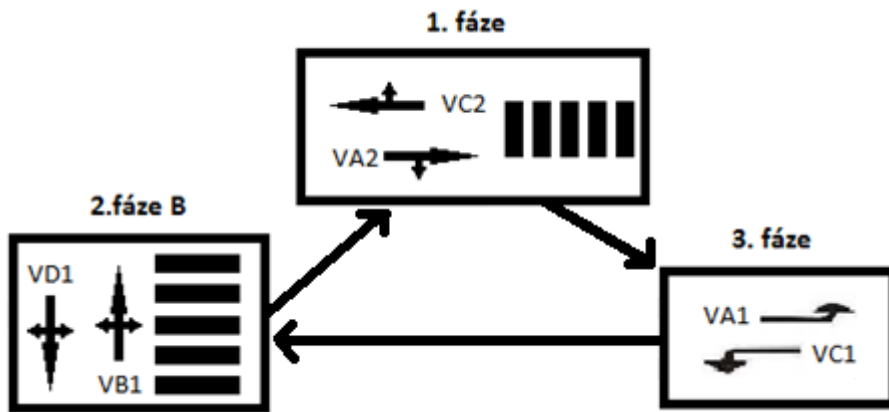
Obrázek 16 – Fázové přechody (vlastní)

Následně z tabulky rozhodujících mezičasů byla vytvořena tabulka s možnými sledy fází.

Tabulka 16 – Součet rozhodujících mezičasů (vlastní)

<b>1.</b>	1	→	2	→	3	→	1	<b>14 s</b>
<b>2.</b>	2	→	1	→	3	→	2	<b>12 s</b>

Po dosažení rozhodujících mezičasů za jednotlivé přechody lze zjistit, že 1. varianta by trvala 14 sekund a 2. varianta 12 sekund, tzn. 1. varianta je o 2 sekundy ztrátová oproti 2. variantě. Pro signální plán se tudíž použije 2. varianta a bude vypadat jako obrázek viz níže.



Obrázek 17 – Pořadí fází (vlastní)

Z výše uvedené tabulky byla vybrána varianta sledu fází č. 2 a v následující tabulce jsou uvedeny hodnoty rozhodujících mezičasů, které jsou v tomto fázovém přechodu.

Tabulka 17 – Součet mezičasů pro vybraný přechod fází (vlastní)

Fázový přechod	Rozhodující mezičas $t_{m,r}$ [s]
2 → 1	5
1 → 3	3
3 → 2	4
<b>Suma</b>	<b>12</b>

**Ztrátový čas**

Na základě znalostí rozhodujících mezičasů lze spočítat celkový ztrátový čas podle vzorce:

$$L = \sum_{i=1}^n t_{m,ri} - n \quad (10)$$

L – ztrátový čas

n – počet fází

i – index fáze

$t_{m,ri}$  – rozhodující mezičas

$$L = 12 - 3 = 9 \text{ s} \quad (10.1)$$

Celkový ztrátový čas je tedy 9 sekund.

### Výpočet optimálního cyklu $c_{opt}$ [s]

Nyní lze zjistit optimální délku cyklu ze vzorce:

$$c_{opt} = \frac{1,5 \cdot L + 5}{1 - Y} \quad (11)$$

$c_{opt}$  – délka optimálního cyklu

L – ztrátový čas

Y – celkový stupeň saturace

$$c_{opt} = \frac{1,5 \cdot 9 + 5}{1 - 0,565} = 42,53 \text{ s} \approx 43 \text{ s} \quad (11.1)$$

Optimální délka cyklu je 43 sekund.

### Výpočet skutečného cyklu

Optimální délka cyklu a délka skutečného cyklu se může lišit. Minimální a maximální délku cyklu lze zjistit ze vzorce:

$$0,75 \cdot c_{opt} < t_c < 1,5 \cdot c_{opt} \quad (12)$$

$t_c$  – délka skutečného cyklu

$c_{opt}$  – délka optimálního cyklu

$$t_c \in (31; 64) \text{ s} \Rightarrow 43$$

Délka skutečného cyklu pro vybranou křižovatku by se měla pohybovat v rozmezí 31–64 sekund, kdy 31 sekund je minimální délka a 64 maximální délka. Dle technických podmínek TP 81 je doporučovaná délka od 50 do 80 sekund a maximální délka cyklu by neměla přesáhnout 100 sekund. V tomto případě bude použita délka cyklu 43 sekund. (Martolos, 2015)

### Tvorba signálního plánu

Pro správné sestavení signálního plánu je potřeba určit délky zelených pro kritické vjezdy. Od těchto délek zelených se odvíjí doby zelené v jednotlivých fázích.

Délka zelené se zjistí ze vzorce:

$$z_i = \frac{y \cdot (t_c - L)}{y} - 1 \quad (13)$$

$z_i$  – délka zelené pro kritický vjezd

$y$  – stupeň saturace kritického vjezdu

$t_c$  – délka skutečného cyklu

$L$  – ztrátový čas

Například pro VA1:

$$z_i = \frac{0,034 \cdot (43 - 9)}{0,565} - 1 = 1,046 \text{ s} \quad (13.1)$$

Tabulka 18 – Délky zelených pro kritické vjezdy (vlastní)

Kritický vjezd	Fáze	$y$	$z_i$ [s]	Použité
VA1	3	0,034	1,046	<b>5</b>
VC2	1	0,410	23,672	<b>24</b>
VD1	2	0,121	6,281	<b>7</b>

Ve sloupci s názvem „použité“ jsou uvedeny délky zelených, které byly použity pro světelný signální plán. U kritického vjezdu VA1 musela být prodloužena doba zelené dle TP 81 na minimální délku 5 sekund. U kritického vjezdu VC2 byla doba zelené zaokrouhlena na 24 sekund a u vjezdu VD1 byla doba zelené zaokrouhlena na 7 sekund.

Princip tvorby signálního plánu spočívá ve vyplnění délky zelených v jednotlivých fázích a následné dodržení mezičasů. Proto je pro tvorbu signálního plánu potřeba kooperovat s tabulkou mezičasů. Poté přidáme před každý zelený signál žlutý signál o délce 2 sekundy a za zelený signál přidáme žlutý signál o délce 3 sekundy. Žlutý signál se nepřidává před zelený signál pro chodce. Do zbylých polí se přidá červený signál.

V našem případě byly vytvořeny dva signální plány. První signální plán byl vytvořen bez přechodů pro chodce. U tohoto signálního plánu můžeme vidět, že došlo k prodloužení délky

cyklu na 47 sekund oproti stanovené době cyklu 43 sekund z důvodu navýšení doby zelené u kritického vjezdu VA1 o 4 sekundy na minimální dobu zelené dle TP 81.

Ve druhém signálním plánu byly přidány přechody pro chodce a tím došlo k prodloužení cyklu na 57 sekund.

SIGNALNÍ PLÁN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47						
VA1																																																					
VA2																																																					
VBI																																																					
VCI																																																					
VC2																																																					
VD1																																																					

Obrázek 18 – Signalizační plán bez přechodu (vlastní)





**Kapacitní posouzení**

Kapacitní posouzení slouží ke zhodnocení funkčnosti křižovatky v provozu a určení kvality dopravy.

Efektivní délka zelených se odvíjí od délky zelené jednotlivých fází dle tabulky níže.

Tabulka 19 – Určení efektivní délky zelených dle TP 235 (Martolos, 2011)

Doba zeleného signálu (z)	Doba efektivní zelené (z')
5-7	$z + 1,0$
8-10	$z + 0,5$
$\geq 11$	$z$

Tabulka 20 – Efektivní délky zelených (vlastní)

Vjezd	Fáze	$z$	$z'$
VA1	3	5	6
VA2	1	24	24
VB1	2	7	8
VC1	3	5	6
VC2	1	24	24
VD1	2	7	8

Dále můžeme spočítat kapacitu vjezdů podle vzorce:

$$c_v = S_v * \frac{z'}{t_c} \quad (14)$$

$c_v$  – kapacita vjezdu

$S_v$  – saturovaný tok vjezdu

$z'$  - efektivní délka zelené

$t_c$  – délka skutečného cyklu

Například pro VA1:

$$c_v = 1860 * \frac{6}{47} = 237 \quad (14.1)$$

Tabulka 21 – Kapacity vjezdů (vlastní)

Vjezd	S <sub>v</sub> [pvoz/h]	t <sub>c</sub>	z'	c <sub>v</sub> [pvoz/h]
VA1	1860	47	6	237
VA2	2000	47	24	1021
VB1	1920	47	8	326
VC1	1960	47	6	250
VC2	2000	47	24	1021
VD1	1920	47	8	326

Rezervu kapacity vjezdu R<sub>ez</sub> [%] získáme pomocí vzorce

$$R_{ez} = \left(1 - \frac{I}{c_v}\right) * 100 \quad (15)$$

R<sub>ez</sub> – rezerva kapacity vjezdu

c<sub>v</sub> – kapacita vjezdu

I – intenzita dopravy vjezdu

Například pro VA1:

$$R_{ez} = \left(1 - \frac{64}{237}\right) * 100 = 73 \quad (15.1)$$

Tabulka 22 – Rezerva kapacity vjezdu (vlastní)

Vjezd	I [pvoz/h]	c <sub>v</sub> [pvoz/h]	Rez [%]
VA1	64	237	73
VA2	772	1021	24
VB1	34	326	90
VC1	16	250	94
VC2	819	1021	20
VD1	233	326	29

Střední dobu zdržení získáme ze vzorce:

$$t_w = 0,45 * \left[ \frac{(t_c - z')^2 * c_v}{c_v * t_c - I * z'} + \frac{3600 * I}{c_v^2 - I * c_v} \right] \quad (16)$$

$t_w$  – střední doba zdržení na vjezdu

$t_c$  – délka skutečného cyklu

$c_v$  – kapacita vjezdu

$z'$  - efektivní délka zelené

$I$  – intenzita dopravy vjezdu

Například pro vjezd VA1:

$$t_w = 0,45 * \left[ \frac{(47-6)^2 * 237}{237 * 47 - 64 * 6} + \frac{3600 * 64}{237^2 - 64 * 237} \right] = 19 \text{ s} \quad (16.1)$$

Tabulka 23 – Střední doby zdržení (vlastní)

Vjezd	I [pvoz/h]	$c_v$ [pvoz/h]	$z'$	$t_w$
VA1	64	237	6	19
VA2	772	1021	24	13
VB1	34	326	8	15
VC1	16	250	6	17
VC2	819	1021	24	18
VD1	233	326	8	29

Na základě střední doby zdržení můžeme posoudit úroveň kvality dopravy pro jednotlivé vjezdy. Rozdělení úrovně kvality dopravy je řešeno v normě ČSN 73 6102, kdy platí pravidlo, že dálnice a silnice I. třídy mohou být označeny nejhůře úrovní C. Z tabulky níže je viditelné, že silnice I/11 má označení A a nejhorší označení má silnice II/467 a to označení B. I přesto všechny vjezdy splnily úroveň kvality dopravy hodnocené normou ČSN 73 6102.

Tabulka 24 – Úroveň kvality dopravy (vlastní)

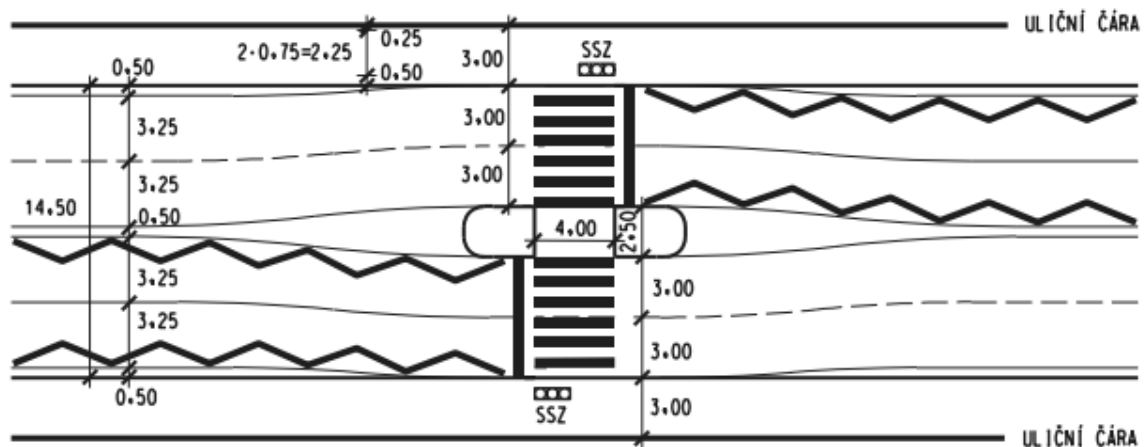
Vjezd	$t_w$	Střední doba zdržení	Charakteristika kvality dopravy	Označení
VA1	19	$\leq 20$	Velmi dobrá	A
VA2	13	$\leq 20$	Velmi dobrá	A
VB1	15	$\leq 20$	Velmi dobrá	A
VC1	17	$\leq 20$	Velmi dobrá	A
VC2	18	$\leq 20$	Velmi dobrá	A
VD1	29	$\leq 35$	Dobrá	B

## 12 OPTIMALIZACE S OHLEDEM NA BEZPEČNOST CHODCŮ

Aktuálně se na křižovatce nachází dva přechody pro chodce označené jako PA1 a PA2. Přechod PA1 v tuto chvíli je nedělený a vede přes čtyřproudou silnici. Délka přechodu je 14 metrů a šířka 4 metry. Při dopravním průzkumu bylo zjištěno, že přechod za hodinu využili pouze 4 lidé.

Norma ČSN 73 6110 udává, že přechody pro chodce řízené světelnou signalizací se navrhují přes dva a více stejnosměrných pruhů. Další bod, který norma zmiňuje, že nedělený přechod je veden nejvýše přes 3 řadící pruhy a nepřesahuje délku 9,5 metru. (ČSN 73 6110, 2006)

Jelikož přechod PA1 nespĺňuje normu ČSN 73 6110 je potřeba tento přechod rekonstruovat, případně zrušit. V případě zachování přechodu PA1 je potřeba vystavět na přechodu ostrůvek dle normy o šířce minimálně 2,5 metru, což vzhledem k zastavěnému území lze docílit pouze za předpokladu zúžení dopravních pruhů z 3,5 metru na 3 metry. Návrh podoby ostrůvku můžeme vidět na obrázku níže. Otázkou zůstává, zda vzhledem k bezpečnosti, malému využití přechodu, vysokému provozu a prodloužení cyklu světelného řízení křižovatky má smysl přechod zachovat. Náhradním řešením je možnost udělat mimoúrovňový přechod. V simulaci v softwaru PTW Vissim je použita varianta bez přechodu PA1. (ČSN 73 6110, 2006)



Obrázek 20 – Vzor možného umístění ostrůvku (ČSN 73 6110, 2006)

Přechod PA2 je nedělený a vede přes dvouproudou silnici. Přechod PA2 je zde kvůli přilehlé zastávce. Ačkoliv je přechod využíván minimálně, je možno přechod zachovat, či přesunout autobusovou zastávku přibližně o 100 metrů dále a přechod zrušit. V optimalizovaném návrhu světelného řízení křižovatky nezpůsobuje žádné prodlevy, ale vzhledem k poloze

křižovatky, intenzitě dopravy a dopravní propustnosti je jednodušší řešení přechod zrušit. V simulaci v softwaru PTW Vissim je použita varianta bez přechodu PA2.

### 13 SIMULACE OPTIMALIZOVANÉHO ŘEŠENÍ

Pro simulaci propustnosti optimalizovaného stavu byla využita data intenzity vozidel získána z dopravního průzkumu. U fáze světelného zařízení a doba zelených byly použity hodnoty zjištěné metodou saturovaného toku bez přechodů pro chodce.

Použité hodnoty intenzity vozidel jsou uvedeny v kapitole „Dopravní průzkum“. Fáze světelného zařízení a doby zelených jsou použity z kapitoly „Optimalizace světelného zařízení“.

Pro tvorbu simulace byla využita přednastavená mapa v softwaru.

Silnice se na mapový podklad přidaly po zvolení nabídky Links a možnosti Add New Link..

Pro zajištění křížování silnic, byly zapotřebí přidat odbočovací pruhy pomocí přidržení Ctrl a přetažením myši na požadované připojení. Tímto způsobem se propojily všechny odbočovací směry dle námi zvolených fází.

Díky propojení všech potřebných odbočovacích směrů vznikly pouze dva kolizní body. U těchto kolizních bodů byla potřeba určit přednosti, například: „Set status to 2 waits for 1“, kdy odbočovací směr č. 2 se zbarví zeleně a je stanoven jako přednostní před kolizním směrem č. 1, který je zbarven červeně.

Silniční provoz se přidal pomocí bodu Vehicle Inputs, kdy se označilo místo vjezdu a kombinace možného odbočení, zároveň se ke každé možnosti přidá intenzita dopravy v daném dopravním směru dle hodnot získaných ze sčítání dopravy.

Světelné dopravní značení se přidalo pomocí bodu Signal Controls, kdy po přidání signálního bodu se přejde k jeho editaci, kde se určuje typ sekvence, doba cyklu, délky zelených z dat zjištěných Websterovou metodou saturovaného toku a následně se sestaví signální plán dle výstupu z optimalizace.

Pro lepší vizualizaci bylo v softwaru využito 3D modelů.





Obrázek 21 – Simulace optimalizovaného řešení (PTV Group, 2023)

Po spuštění simulace můžeme pozorovat, že ubylo konfliktních míst v křižovatce. Jediné dvě konfliktní místa jsou na dopravních proudech VB1 a VD1 při situaci, kdy jedno vozidlo jede přímým směrem a vozidlo přijíždějící v opačném směru odbočuje vlevo. Na silnici I/11 vyhrazení odbočovacích pruhů pouze pro odbočení vlevo nijak neomezilo dopravu a v simulaci se netvoří žádné velké kolony. Naopak díky optimálnímu střídání mezi fázemi dochází k rychlejší propustnosti.

## 14 ZÁVĚR

Cílem práce diplomové práce byla optimalizace vybrané křižovatky v Moravskoslezském kraji.

V praktické části byla provedena charakteristika vybraného dopravního uzlu. Následně se provedl dopravní průzkum s cílem zjistit intenzitu dopravy na vybrané křižovatce, směry dopravních proudů, způsob řízení dopravy pomocí stálých světelných zařízení, jejich fáze a doby intervalů propustnosti. V rámci dopravního průzkumu byla zjištěna nehodovost v křižovatce a její blízkosti za období od roku 2010 do současnosti.

Z dopravního průzkumu byly získány data pro vytvoření simulace současného stavu v softwaru PTV Vissim. Z dopravního průzkumu a simulace vyšel jako hlavní problém odbočování vlevo, kdy vzhledem k vysoké intenzitě vozidel vozidlo „zablokuje“ dopravní proud a zpomalí vozidla jedoucí přímým směrem. Na tento problém byla zaměřena následná optimalizace.

Pro optimalizaci byla vybrána metoda saturovaného toku, kdy jsme na začátku přidali o jednu fázi – odbočení vlevo oproti aktuálnímu stavu. Pomocí Websterovy metody saturovaného toku byly vytvořeny dva signální plány. Jeden signální plán bez přechodů pro chodce a druhý s ponechanými přechody.

Jelikož jeden přechod lze odstranit přesunutím autobusové zastávky na vhodnější místo přibližně o 100 metrů za křižovatkou a druhý přechod nesplňuje požadavky normy ČSN 73 6110, nejjednodušším řešením je oba přechody zrušit z důvodu zvýšení bezpečnosti, zanedbatelného využití přechodu a zlepšení propustnosti napříč křižovatkou.

Dále bylo provedeno kapacitní posouzení optimalizace, kdy jsme zjistili, že námi stanovený signální plán má nejmenší rezervní kapacitu 20 % v dopravním proudu označeným VC2. Pomocí střední doby zdržení byla zjištěna úroveň kvality dopravy, kdy dopravní proud označen jako VD1 má úroveň kvality označení B – dobrá, ostatní proudy mají označení A – Velmi dobrá. S těmito výsledky lze konstatovat, že námi navrhované řešení splňuje normu ČSN 73 6102 a lze jej využít pro řízení vybrané křižovatky.

Na závěr diplomové práce byla vytvořena simulace námi optimalizovaného řešení v softwaru PTV Vissim, čímž byly splněny zásady a cíle diplomové práce.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- BEHRISCH, Michael a Melanie WEBER, 2015. *Simulating Urban Traffic Scenarios*. Cham: Springer. ISBN 978-3-319-33614-5.
- Britannica* [online], 2019. Encyclopedia Britannica [cit. 2022-08-05]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/technology/transportation-technology>
- ČSN 36 5601-1, 1997. *Světelná signalizační zařízení. Technické a funkční požadavky. Část 1: Světelná signalizační zařízení pro řízení silničního provozu*. Praha: Český normalizační institut.
- ČSN 73 6021, 1994. *Světelná signalizační zařízení. Umístění a použití návěstidel*. Praha: Český normalizační institut.
- ČSN 73 6101, 2018. *Projektování silnic a dálnic*. Praha: Česká agentura pro standardizaci.
- ČSN 73 6102, 2007. *Projektování křižovatek na pozemních komunikacích*. 2007. Praha: Český normalizační institut.
- ČSN 73 6110, 2006. *Projektování místních komunikací*. Praha: Český normalizační institut.
- DORDA, Michal, b.r. *Návrh signálního plánu pro světelně řízenou křižovatku* [online]. Ostrava: VŠB. Dostupné také z: [http://homel.vsb.cz/~dor028/DI\\_6.pdf](http://homel.vsb.cz/~dor028/DI_6.pdf)
- DORDA, Michal, 2019. *Návrh pevného signálního plánu metodou saturovaného toku* [online]. Ostrava: VŠB. Dostupné také z: <https://docplayer.cz/106776195-Navrh-pevneho-signalniho-planu-metodou-saturovaneho-toku-ing-michal-dorda-ph-d.html>
- GENTLE, Guido a Klaus NOEKEL, 2016. *Modelling Public Transport Passenger Flow in the Era of Intelligent Transport System*. Cham: Springer. ISBN 978-3-319-25082-3.
- Google maps* [online], 2023. Google [cit. 2023-04-27]. Dostupné z: <https://www.google.com/maps>
- KESSELS, Ferdinanda Lamberta Maria, 2019. *Traffic flow modelling: introduction to traffic flow theory through a genealogy of models*. Cham, Switzerland: Springer. EURO advanced tutorials on operational research. ISBN 978-3-319-78694-0.
- KLEPRLÍK, Jaroslav, 2011. *Silniční doprava*. Pardubice: Univerzita Pardubice. ISBN 978-80-7395-451-2.
- KLEPRLÍK, Jaroslav, 2020. *Technologie silniční dopravy*. Pardubice: Univerzita Pardubice. ISBN 978-80-7560-295-4.
- KOTAS, Patrik, 2002. *Dopravní systémy a stavby*. Praha: Vydavatelství ČVUT. ISBN 80-010-2321-4.

KŘIVDA, Vladislav, 2004. *Návrh světelného signalizačního zařízení: Výpočty pevných signálních plánů*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava.

KŘIVÝ, Ivan a Evžen KINDLER, 2001. *Simulace a modelování*. Ostrava: Ostravská univerzita. ISBN 80-704-2809-0.

MÁLEK, Zdeněk, 2009. *Základy logistiky: opory pro kombinované studium*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN ISBN978-80-7318-899-3.

*Mapa dopravních nehod* [online], 2023. Praha: Policie ČR [cit. 2023-04-27]. Dostupné z: <https://nehody.policie.cz/#15/18.00236/49.9075/1e32j3>

*Mapy.cz* [online], 2023. Praha: Seznam.cz [cit. 2023-04-27]. Dostupné z: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

MARTOLOS, Jan, 2011. *Posuzování kapacity světelně řízených křižovatek*. Liberec: EDIP. ISBN 978-80-87394-03-8.

MARTOLOS, Jan, 2015. *Technické podmínky TP81 - Navrhování světelných signalizačních zařízení pro řízení provozu na pozemních komunikacích*. 3. vydání. Praha: Ministerstvo dopravy.

*PTV Group* [online], 2023. Germany: PTV Group [cit. 2023-04-27]. Dostupné z: <https://www.ptvgroup.com/en/solutionsproducts/ptv-vissim/>

*Ředitelství silnic a dálnic ČR* [online], 2023. Praha [cit. 2023-04-27]. Dostupné z: <https://www.rsd.cz/silnice-a-dalnice/scitani-dopravy#zalozka-celostatni-scitani-dopravy-2020>

*Silniční doprava: Pozemní komunikace ; Veřejné služby v přepravě cestujících ; Dráhy : redakční uzávěrka ..*, 2011. Ostrava: Sagit. ÚZ. ISBN 978-80-7488-426-9.

*Správa silnic Moravskoslezského kraje* [online], b.r. Ostrava: Správa silnic Moravskoslezského kraje [cit. 2023-04-27]. Dostupné z: <https://www.ssmk.cz/>

ŠIROKÝ, Jaromír, 2020. *Technologie dopravy*. Páté doplněné vydání. Pardubice: Univerzita Pardubice. ISBN 978-80-7560-309-8.

*Vyhláška č. 156/2008 Sb.: Vyhláška o zdokonalování odborné způsobilosti řidičů a o změně vyhlášky č. 167/2002 Sb., kterou se provádí zákon č. 247/2000 Sb., o získávání a zdokonalování odborné způsobilosti k řízení motorových vozidel a o změnách některých zákonů, ve znění zákona č. 478/2001 Sb.*, 2008. In: . Praha. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-156>

*Vyhláška č. 277/2004 Sb.: Vyhláška o stanovení zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel, zdravotní způsobilosti k řízení motorových vozidel s podmínkou a náležitosti lékařského potvrzení osvědčujícího zdravotní důvody, pro něž se za jízdy nelze na sedadle motorového vozidla připoutat bezpečnostním pásem (vyhláška o zdravotní způsobilosti k*

řízení motorových vozidel), 2004. In: . Praha. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-277>

*Vyhláška č. 294/2015 Sb.: Vyhláška, kterou se provádějí pravidla provozu na pozemních komunikacích*, 2015. In: . Praha. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-294>

*Vyhláška č. 341/2014 Sb.: Vyhláška o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích*, 2014. In: . Praha. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2014-341>

*Zákon č. 111/1994 Sb.: Zákon o silniční dopravě*, 1994. In: . Praha. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1994-111>

*Zákon č. 13/1997 Sb.: Zákon o pozemních komunikacích*, 1997. In: . Praha. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-13>

*Zákon č. 247/2000 Sb.: Zákon o získávání a zdokonalování odborné způsobilosti k řízení motorových vozidel a o změnách některých zákonů*, 2000. In: . Praha. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-247>

*Zákon č. 361/2000 Sb.: Zákon o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu)*, 2000. In: . Praha. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-361?text=361%2F2000>

*Zákon č. 56/2001 Sb.: Zákon o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích*, 2001. In: . Praha. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-56>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

ČR	Význam první zkratky
ČSN	Význam druhé zkratky
HDP	Hrubý domácí produkt
EU	Evropská unie
OECD	Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj
VA1 a VA2	Označení ramen na dopravním vjezdu
VB1	Označení ramen na dopravním vjezdu
VC1 a VC2	Označení ramen na dopravním vjezdu
VD1	Označení ramen na dopravním vjezdu
PA1 a PA2	Označení přechodů pro chodce
TP	Technické podmínky

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 – Úrovňové křižovatky (Kotas, 2002).....	20
Obrázek 2 – Mapa vybrané křižovatky (Mapy.cz, 2023) .....	35
Obrázek 3 – Schéma křižovatky (vlastní).....	36
Obrázek 4 – Ramena VA1 a VA2 (Google maps, 2023).....	37
Obrázek 5 – Rameno VB1 (Google maps, 2023) .....	37
Obrázek 6 – Ramena VC1 a VC2 (Google maps, 2023) .....	38
Obrázek 7 – Rameno VD1 (Google maps, 2023).....	39
Obrázek 8 – Graf intenzity vozidel (vlastní) .....	41
Obrázek 9 – Sčítání dopravy 2020 (Ředitelství silnic a dálnic ČR, 2023) .....	41
Obrázek 10 – Pentlogram křižovatky (vlastní) .....	42
Obrázek 11 – Fázové schéma (vlastní) .....	43
Obrázek 12 – Signální plán – současnost (vlastní) .....	44
Obrázek 13 – Mapa nehod (Mapa dopravních nehod, 2023) .....	45
Obrázek 14 – Simulace propustnosti (PTV Group, 2023).....	49
Obrázek 15 – Návrh třífázového schématu (vlastní) .....	51
Obrázek 16 – Fázové přechody (vlastní) .....	59
Obrázek 17 – Pořadí fází (vlastní) .....	60
Obrázek 18 – Signalizační plán bez přechodu (vlastní) .....	64
Obrázek 19 – Signální plán s přechody (vlastní) .....	65
Obrázek 20 – Vzor možného umístění ostrůvku (ČSN 73 6110, 2006).....	70
Obrázek 21 – Simulace optimalizovaného řešení (PTV Group, 2023) .....	73

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 – Standartní hodnoty pro výpočet mezičasů (Martolos, 2015).....	25
Tabulka 2 – Určení efektivní délky zelených dle TP 235 (Martolos, 2011) .....	29
Tabulka 3 – Úroveň kvality dopravy (ČSN 73 6102, 2007).....	30
Tabulka 4 – Intenzita dopravních proudů (vlastní).....	40
Tabulka 5 – Tabulka nehod (Mapa dopravních nehod, 2023).....	46
Tabulka 6 – Podíl odbočujících vozidel (vlastní) .....	51
Tabulka 7 – Poloměr oblouků (vlastní) .....	52
Tabulka 8 – Koeficienty oblouků (vlastní).....	53
Tabulka 9 – Sklon vjezdů a koeficient sklonu (vlastní).....	53
Tabulka 10 – Standartní hodnoty pro výpočet mezičasů (vlastní).....	55
Tabulka 11 – Tabulka mezičasů (vlastní) .....	55
Tabulka 12 – Saturovaný tok vjezdu (vlastní) .....	56
Tabulka 13 – Stupeň saturace vjezdu (vlastní) .....	57
Tabulka 14 – Kritické vjezdy (vlastní) .....	58
Tabulka 15 – Rozhodující mezičasy (vlastní).....	59
Tabulka 16 – Součet rozhodujících mezičasů (vlastní) .....	59
Tabulka 17 – Součet mezičasů pro vybraný přechod fází (vlastní).....	60
Tabulka 18 – Délky zelených pro kritické vjezdy (vlastní).....	62
Tabulka 19 – Určení efektivní délky zelených dle TP 235 (Martolos, 2011) .....	66
Tabulka 20 – Efektivní délky zelených (vlastní) .....	66
Tabulka 21 – Kapacity vjezdů (vlastní).....	67
Tabulka 22 – Rezerva kapacity vjezdu (vlastní).....	68
Tabulka 23 – Střední doby zdržení (vlastní).....	69
Tabulka 24 – Úroveň kvality dopravy (vlastní).....	69



## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Dopravní průzkum – intenzita dopravy

# PŘÍLOHA P I: DOPRAVNÍ PRŮZKUM – INTENZITA DOPRAVY

