



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA DOPRAVNÍ**

Využití dopravních modelů k analýze křižovatek na  
ul. Dr. E. Beneše v Bruntále

**Diplomová práce**

2015

Lenka Koupilová



**K612..... Ústav dopravních systémů**

**ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

**Bc. Lenka Koupilová**

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

**N 3710 – DS – Dopravní systémy a technika**

Název tématu (česky): **Využití dopravních modelů k analýze křižovatek na ul. Dr. Edv. Beneše v Bruntále**

Název tématu (anglicky): Using of Traffic Models for Junctions Analysis  
in Dr. E. Beneš Street in Bruntál

**Zásady pro vypracování**

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

- analýza stávající dopravní situace na křižovatkách ulic Dr. Edvarda Beneše (I/45), Květná a Zeyerova a ulic Dr. Edvarda Beneše (I/45), Dolní a vjezdu k obchodnímu centru Kaufland v Bruntále
- směrový průzkum intenzit dopravních proudů na obou řešených křižovatkách
- návrh variant uspořádání obou křižovatek (např. zachování světelného signalizačního zařízení, přestavba na okružní křižovatku, ... atd.) pro dopravní model
- vytvoření dopravních modelů v příslušném softwarovém nástroji pro navrhované varianty uspořádání křižovatek
- analýza výsledků z dopravního modelu
- návrh optimálního dopravně-inženýrského řešení pro vybranou lokalitu
- zhodnocení přínosů a dopadů jednotlivých variant

Rozsah grafických prací: stanoví vedoucí diplomové práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: stanoví vedoucí diplomové práce

Vedoucí diplomové práce:

**doc. Ing. Jiří Čarský, Ph.D.**

**Ing. Milan Koukol, Ph.D.**

Datum zadání diplomové práce:

**14. dubna 2014**

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

Datum odevzdání diplomové práce:

**31. května 2015**

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

prof. Ing. Pavel Příbyl, CSc.

vedoucí  
Ústavu dopravních systémů



prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek

děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

**Bc. Lenka Koupilová**

jméno a podpis studenta

V Praze dne ..... 14. dubna 2014

## **Poděkování**

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce. Zvláště pak děkuji doc. Ing. Jiřímu Čarskému, Ph.D. a Ing. Milanovi Koukolovi, Ph.D. za odborné vedení a konzultování diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat Bc. Ivaně Malinové a Marii Šumšalové za umožnění přístupu k mnoha důležitým informacím a materiálům. V neposlední řadě je mou milou povinností poděkovat svým rodičům a blízkým za morální a materiální podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.

## **Prohlášení**

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

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze 31. května 2015

.....

podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

**Využití dopravních modelů k analýze křižovatek  
na ul. Dr. E. Beneše v Bruntále**

**Diplomová práce**

**Květen 2015**

**Lenka Koupilová**

**ABSTRAKT**

Diplomová práce „Využití dopravních modelů k analýze křižovatek na ul. Dr. E. Beneše v Bruntále“ analyzuje současnou situaci křižovatek. Zabývá se návrhem tří různých variant prostorového uspořádání křižovatek a následným srovnáním těchto variant. Srovnání je provedeno pomocí mikrosimulačního programu VISSIM.

**ABSTRACT**

This thesis “Using of Traffic Models for Junctions Analysis in Dr. E. Beneš Street in Bruntál” analyzes the current situation of intersections. It deals with designing of three different variants of intersection layout and comparing these variants in the microsimulation program VISSIM.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Světelné signalizační zařízení, okružní křižovatka, turbo-okružní křižovatka, cestovní doba, doba zdržení, délka fronty, srovnání variant

## **KEYWORDS**

Signal control, roundabout, turbo-roundabout, travel time, delay, queue length, comparison of variants

## OBSAH:

1. Úvod .....	9
2. Bruntál .....	10
2.1. Silniční síť .....	10
2.2. Světelně řízené křižovatky na ulici Dr. E. Beneše .....	13
3. Analýza stávajícího stavu řešených křižovatek.....	18
3.1. Stávající stav křižovatky „I/45 -Květná - Zeyerova“ .....	18
3.1.1. Nehodovost křižovatky „I/45 - Květná - Zeyerova“ .....	20
3.2. Stávající stav křižovatky „I/45 - Dolní“ .....	21
3.2.1. Nehodovost křižovatky „I/45 - Dolní“ .....	22
3.3. Prvky pro nevidomé a slabozraké.....	23
4. Dopravní průzkumy.....	25
4.1. Křižovatkový průzkum.....	25
4.1.1. Průzkum křižovatky „I/45 - Květná - Zeyerova“ .....	28
4.1.2. Průzkum křižovatky „I/45 - Dolní“ .....	32
4.2. Prognóza dopravy.....	36
5. Návrh variant uspořádání křižovatek .....	37
5.1. Návrh varianty 1.....	37
5.2. Návrh varianty 2.....	41
5.2.1. Varianta 2 : křižovatka „I/45 - Květná - Zeyerova“ .....	41
5.2.2. Varianta 2: křižovatka „I/45 - Dolní“ .....	42
5.3. Varianta 3 .....	43
5.3.1. Varianta 3: křižovatka „I/45 - Květná - Zeyerova“ .....	43
5.3.2. Varianta 3: křižovatka „I/45 - Dolní“ .....	44
6. Model dopravy .....	46
6.1. Tvorba modelů.....	46

6.2. Výstupy simulace.....	52
7. Závěr.....	61
8. Seznam použité literatury .....	64
9. Seznam použitých internetových stránek .....	66
10. Seznam příloh .....	67



## **SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK:**

LN	lehká nákladní vozidla
MěÚ	Městský úřad
OA	osobní automobily
OC	obchodní centrum
SDZ	svislé dopravní značení
SSZ	světelné signalizační zařízení
TN	těžká nákladní vozidla
ÚKD	úroveň kvality dopravy
VDZ	vodorovné dopravní značení

# 1. Úvod

Problém průtahů silnic I. třídy je vlastní nejednomu městu, zatížení centra tranzitní dopravou, negativní ovlivnění životního prostředí v centrální části a negativní dopad na život ve městě. To vše trápí i město Bruntál. Do roku 2006 se město Bruntál potýkalo také s dopravními komplikacemi na ulici Dr. E. Beneše. Město se rozhodlo tuto situaci řešit přestavbou křižovatek v ulici Dr. E. Beneše. V roce 2006 byl zároveň zahájen provoz OC Kaufland, což vedlo k dalšímu nárůstu objemu dopravy. Město mělo na výběr ze dvou variant. Přestavbu křižovatek na křižovatky řízené světelným signalizačním zařízením (SSZ) a přestavbu křižovatek na křižovatky okružní. Město se přiklonilo k variantě se SSZ.

Křižovatka „I/45 – Květná – Zeyerova“ tzv. křižovatka u rybníka byla ponechána ve stávajících hranách, byla provedena kanalizace křižovatky pomocí dělicích, směrovacích a ochranných ostrůvků a zároveň byla křižovatka osazena SSZ. Po skoro 10 letech provozu je tato křižovatka hodnocena jako velmi riziková co se týče nehodovosti.

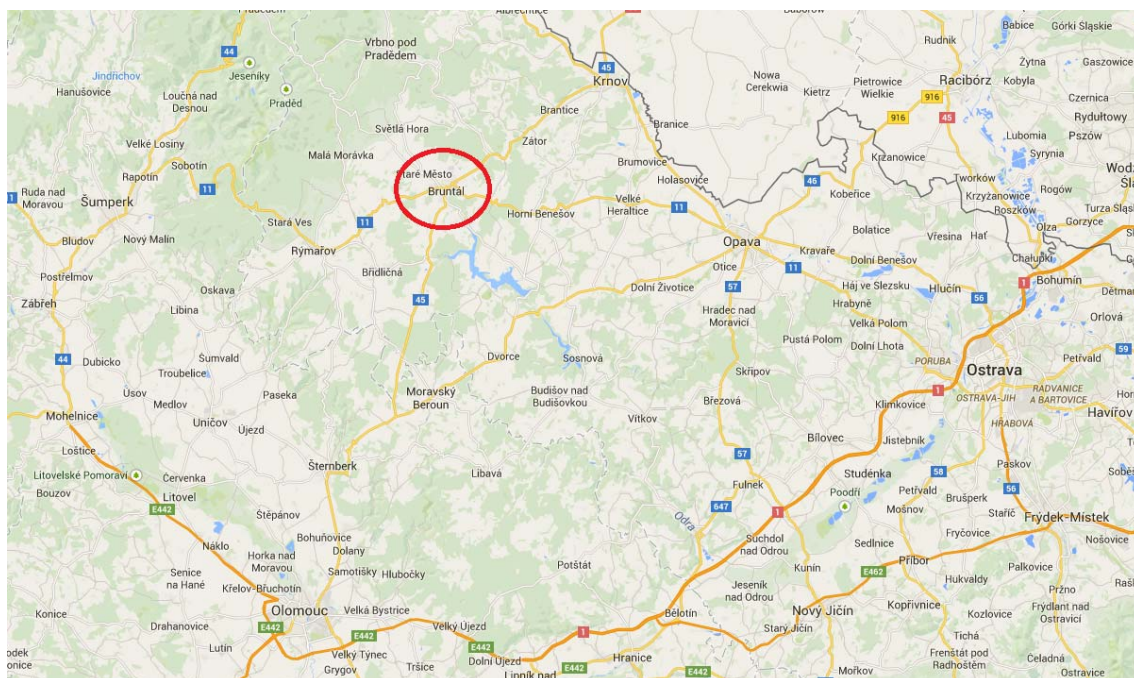
Velká část obyvatel s přestavbou není spokojena. Rozhodnutí postavit křižovatky řízené SSZ přišlo v době, kdy bylo velkým trendem stavět křižovatky okružní. Avšak pro výběr varianty musí být bráno v potaz více hledisek: hledisko intenzit provozu, cena stavby, prvek estetický a zklidňující, vliv na životní prostředí (hluk, exhalace) a na život ve městě.

Výše uvedené vedlo k této diplomové práci, která má sloužit jako předmět k porovnání variant. V první řadě byla naměřena dopravně-inženýrská data, poté následoval návrh variant. Na základě těchto dvou kroků se provedlo zvážení vhodnosti jednotlivých variant pomocí simulačního prostředí VISSIM.

Cílem práce je důkladná analýza dopravní situace na ulici Dr. E. Beneše v Bruntále, návrh variant pro zlepšení dopravní situace v této ulici, tvorba modelů a následné srovnání jednotlivých variant. Poznatky budou shrnuty v závěru, kde vyjde najevo, která z variant je nejvhodnější, jaké jsou jejich výhody a nevýhody.

## 2. Bruntál

Bruntál, město mezi horami a vodou, jak stojí v místním sloganu, je okresní město v Moravskoslezském kraji. Město leží na hranici Moravy a Slezska cca 50 km severně od Olomouce (viz Obrázek 1). V Bruntále žije 16 960 obyvatel k 1. 1. 2015. Jedná se o nejmenší okresní město Moravskoslezského kraje a v současnosti je centrem jednoho z ekonomicky nejslabších regionů s vysokou mírou nezaměstnanosti [15].



Obrázek 1: Mapa širších vztahů [16]

### 2.1. Silniční síť

Městem jsou vedeny dvě silnice I. třídy. Silnice jsou zobrazeny na Obrázku 2. Velkou část města jsou průtahy silnic vedeny po stejné trase. Bruntál je dopravní uzel ležící na dopravní severojižní ose mezi Krnovem (hraniční přechod do Polska Vysoká-Bartultovice) a Olomoucí – silnice I/45, na východozápadní ose, která spojuje Opavu a Šumperk – silnice I/11.



Obrázek 2: Silnice I. třídy [16]

Komunikace I. třídy vedou veškerou tranzitní dopravu do centra města. Tato skutečnost způsobuje negativní ovlivnění životního prostředí v centrální části města a stejně tak má negativní dopad na život ve městě.

V budoucnu se bude řešit problém s tranzitní dopravou obchvat Bruntálu. Obchvat města je řešen ve dvou etapách:

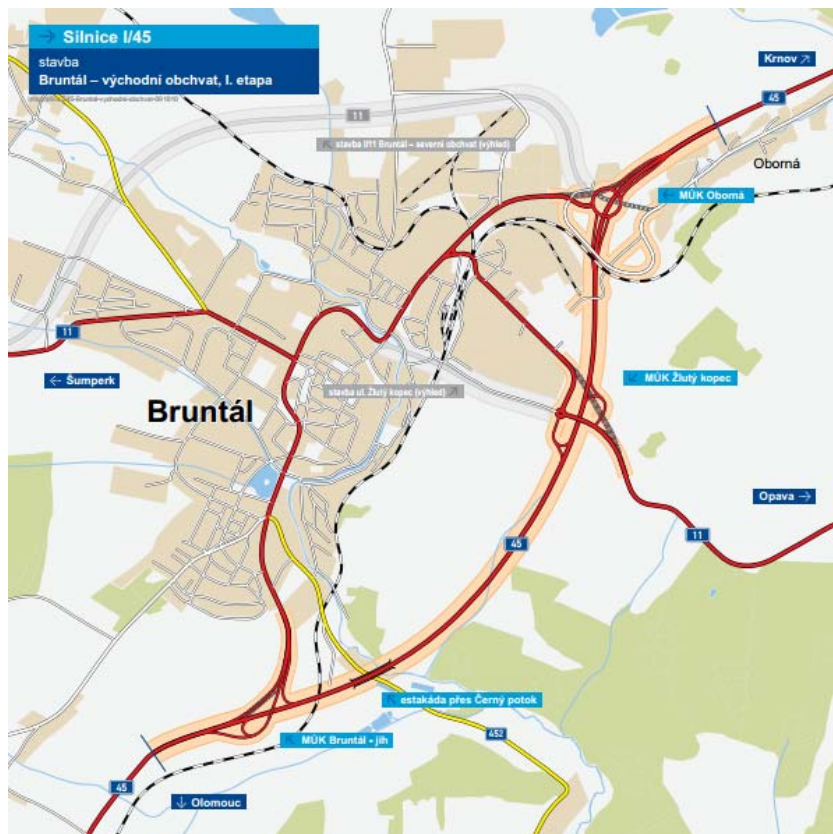
- I. etapa: východní obchvat silnice I/45
- II. etapa: severní obchvat silnice I/11

Obchvat zlepší dopravní situaci ve městě a s tím související negativní dopady na obyvatele, jako je nadměrný hluk, zvýšené emise a nebezpečí plynoucích z dopravy.

V roce 2017 by měla být zahájena výstavba I. etapy východního obchvatu města. Obchvat by převáděl tranzitní dopravu silnice I/45. Stavbu „Silnice I/45 Bruntál - východní obchvat“ lze považovat za první etapu přebudování dopravních tahů na administrativním území města. Obchvat města doplní stávající dopravní skelet o komunikaci obcházející Bruntál po jeho jihovýchodním okraji. Na jižním a severním okraji města bude obchvat napojený na stávající silnici I/45, na východním okraji města pak na silnici I/11. Navrhovaná trasa přeložky silnice I/45 je vedena obchvatem města, a to východně od jeho zástavby. Začátek obchvatu silnice I/45 je situován jižně od Bruntálu, kde se napojuje prostřednictvím mimoúrovňové křižovatky (MÚK) Bruntál-jih

na stávající silnici I/45 vedoucí do Olomouce. Konec přeložky se napojuje na trasu silnice I/45 v obchvatu obce Oborná vedoucí do Krnova, jejíž výstavba byla dokončena v roce 2000. Přeložka silnice I/45 délky 4831 m a úsek přeložky silnice I/11 v extravilánu jsou navrženy v kategorii S 11,5/80 [17].

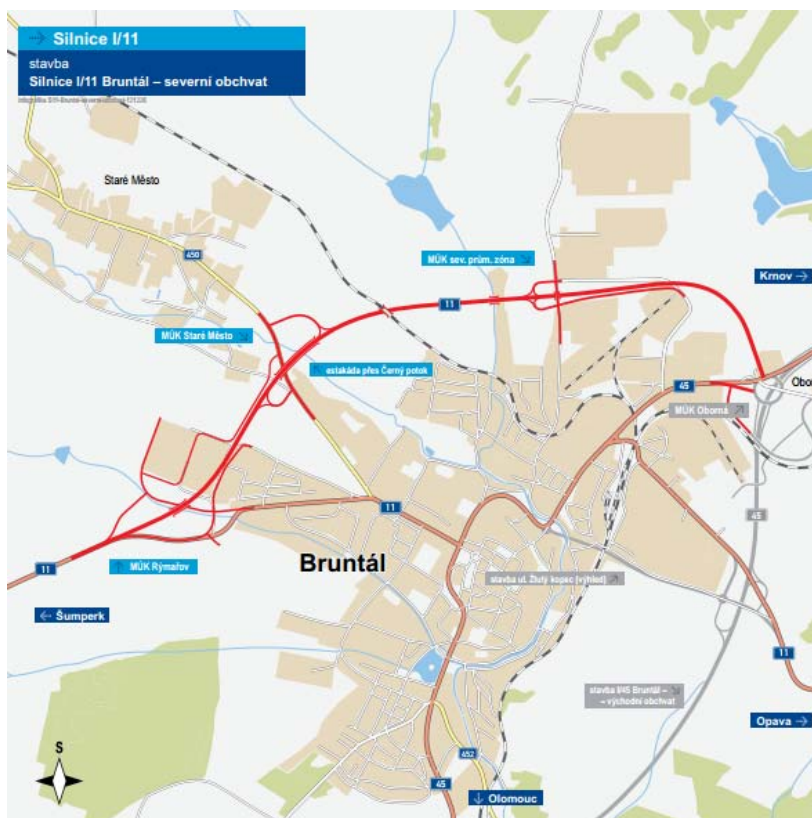
Obchvat Bruntálu dokumentuje Obrázek 3.



Obrázek 3: Bruntál – východní obchvat, I. etapa [17]

Datum zahájení výstavby II. etapy severního obchvatu města je zatím v nedohlednu. Pro okres Bruntál je v současné době prioritou tah silnice I/45 k hraničnímu přechodu Vysoká–Bartuňovice, který vyžaduje postupné vybudování obchvatů mimo zastavěná území. Z toho vyplývá i pokles významu silnice I/11 a přesun části stávající dopravy ve prospěch severojižního propojení. Přes toto předpokládané odlehčení průjezdné dopravy mimo město Bruntál je požadován tzv. Severní obchvat silnice I/11 ve směru východ - západ, na který by byla napojena severní průmyslová zóna města, což by se projevilo snížením množství nákladní dopravy v průjezdu městem [18].

Obrázek 4 dokumentuje severní obchvat.



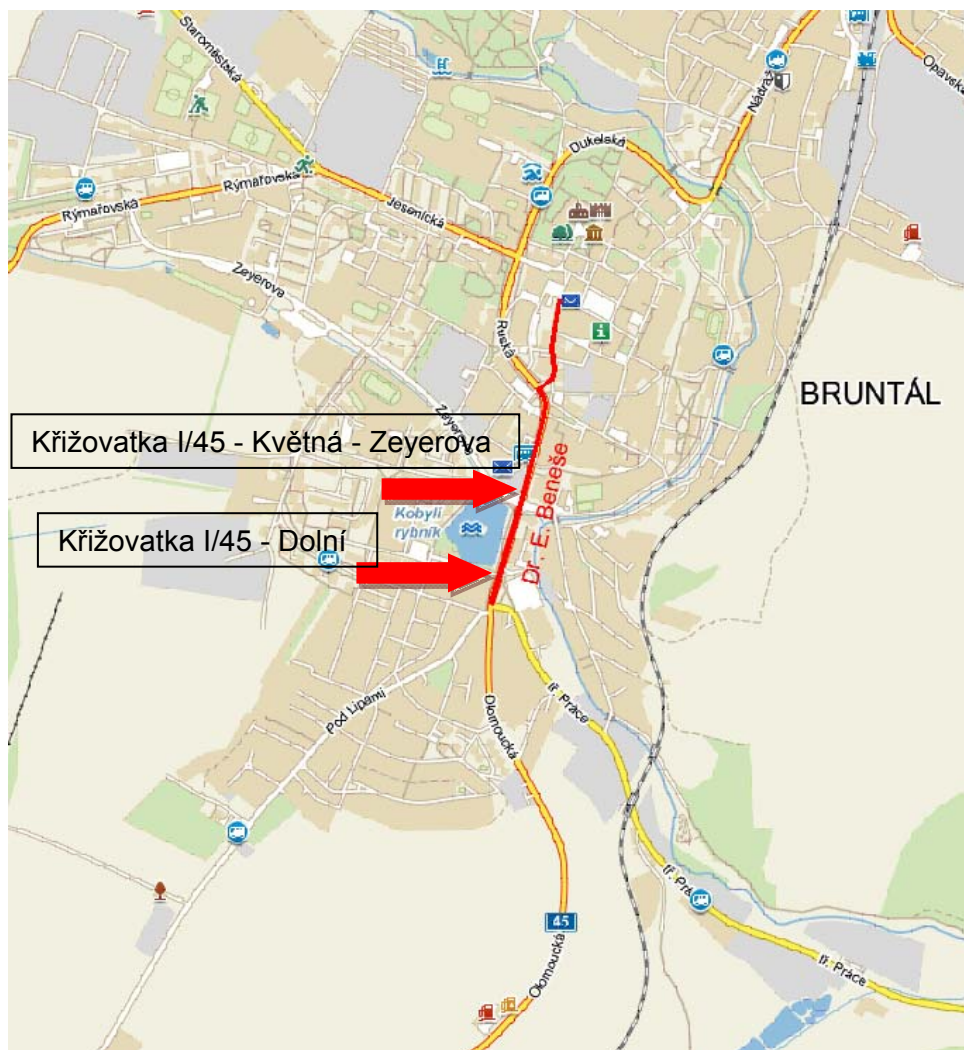
Obrázek 4: Bruntál – severní obchvat, II. etapa [18]

## 2.2. Světelně řízené křižovatky na ulici Dr. E. Beneše

Část ulice Dr. E. Beneše je vedena po průtahu silnice I/45. Ulice začíná křižovatkou „I/45 - tř. Práce - Pod Lipami“, nedaleko OC Kaufland a pokračuje po silnici I/45 kolem Kobylího rybníka, autobusového nádraží až ke „křižovatce I/45 – Ruská“, kde je vedena mimo silnici I/45 směr centrum (náměstí Míru).

Řešené křižovatky „I/45 – Dolní“ a „I/45 – Květná – Zeyerova“ se nachází nedaleko Kobylího rybníka. Vzdálenost křižovek je 185m.

Na Obrázku 5 je vyobrazena ulice Dr. E. Beneše.



Obrázek 5: Ulice Dr. E. Beneše [16]

V roce 2006 došlo k otevření OC Kaufland. Křižovatka „I/45 – Dolní“ byla přebudována na křižovatku se SSZ z důvodu napojení kapacitního parkoviště. To šlo ruku v ruce s rekonstrukcí křižovatky „I/45 – Květná – Zeyerova“. Stav křižovatky před rokem 2006 přinášel řidičům nemalé problémy. Křižovatka byla rozlehlá, bez směrových a ochranných ostrůvků, realizace levého odbočení zabralo i několik minut. Na rameni křižovatky na ulici Zeyerova se nacházel přechod pro chodce dlouhý 30 m. Na silnici I/45 chybělo vodorovné dopravní značení (VDZ) i přes to, že je komunikace v tomto úseku čtyř-proudová.

Obrázek 6 dokumentuje situaci na ulici Dr. E. Beneše před rokem 2006.



Obrázek 6: Stav řešených křižovatek před rokem 2006 [16]

Nabízela se dvě řešení křižovatky „I/45 – Květná – Zeyerova“: vybudování okružní křižovatky a křižovatky řízené SSZ. Na tom závisel i návrh křižovatky „I/45 – Dolní“. Křižovatka se SSZ se ukázala jako levnější, tím pádem i reálnější alternativou.

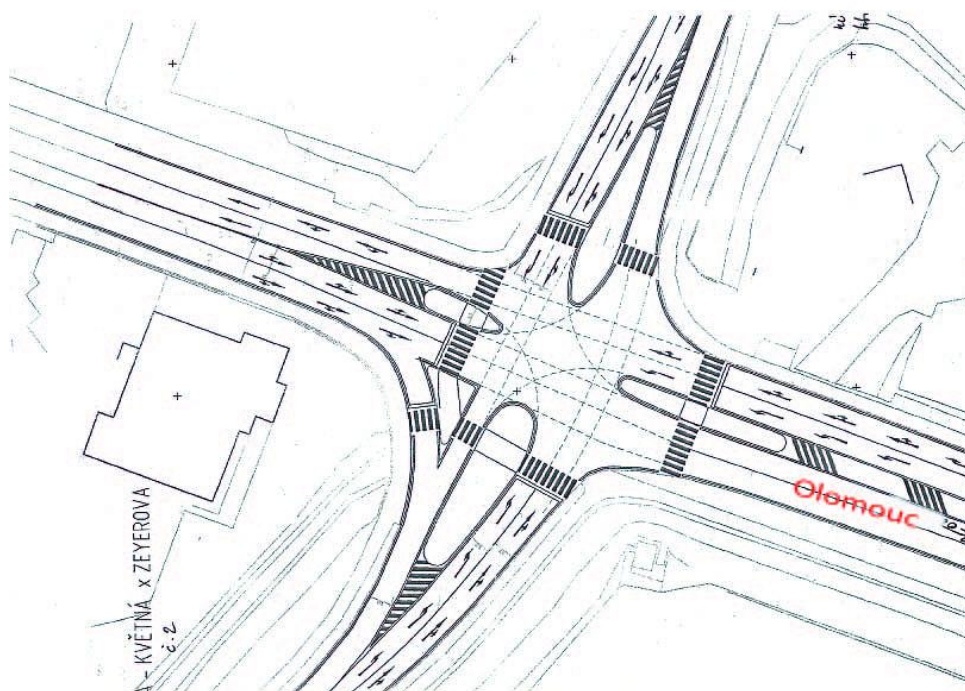
Okružní křižovatce „I/45 – Květná – Zeyerova“ bránilo několik skutečností. Průtah silnice I/45 není ve vlastnictví města, takže stavba okružní křižovatky by byla v režii Ředitelství silnic a dálnic (ŘSD). ŘSD nezařadilo křižovatku do svých investičních akcí až do roku 2013 s odůvodněním, že tehdejší stav křižovatky nevykazoval těžké dopravní nehody a propustnost silnice je vyhovující. Výstavba okružní křižovatky by byla pro město dražší alternativa. Existovaly tedy dvě možnosti řešení. Počkat do období 2013 a doufat, že parametry komunikace budou pro ŘSD důvodem pro



započítí stavby okružní křižovatky nebo se na vlastní náklady pustit do realizace světelně řízené křižovatky [19].



Obrázek 7: Křižovatka I/45 – Květná – Zeyerova před rokem 2006 [19]



Obrázek 8: Návrh úpravy křižovatky I/45 – Květná – Zeyerova před rokem 2006[19]

Z Obrázků 7 a 8 je patrné, že při rekonstrukci byly zachovány původní hrany křižovatky, což vedlo k nižším nákladům, než by bylo zapotřebí k vybudování křižovatky okružní.

### 3. Analýza stávajícího stavu řešených křižovatek

#### 3.1. Stávající stav křižovatky „I/45 -Květná - Zeyerova“



Obrázek 9: Stávající stav křižovatky „I/45 - Květná – Zeyerova“ [20]

Křižovatka „I/45 - Květná – Zeyerova“ je křižovatka čtyřramenná, řízená SSZ. Stávající stav křižovatky dokumentuje Obrázek 9.

Rameno ulice Zeyerova má dva řadící pruhy - řadící pruh pro odbočení vlevo a řadící pruh pro jízdu rovně a doprava. Protisměr je oddělen dělicím/ochranným ostrůvkem. Na rameni je také umístěn směrovací/ochranný ostrůvek, pro oddělení levého odbočení ze směru Olomouc a pravého odbočení ze směru Krnov.

Hlavní problémem na rameni ulice Zeyerova je, že řadící pruh průběžný ve směru Květná navádí řidiče na dělicí/ochranný ostrůvek na rameni „I/45 směr Olomouc“. Při delším pobytu u křižovatky pozorovatel zjistí, že řidiči jedoucí ve směru Květná, využívají řadící pruh pro levé odbočení. Situaci dokumentují Obrázky 10 a 11.



Obrázek 10: Pohled z ulice Zeyerova směr ulice Květná



Obrázek 11: Pohled z ulice Květná směr ulice Zeyerova

Rameno „I/45 směr Krnov“ má dva řadící pruhy - řadící pruh pro odbočení vlevo a řadící pruh pro jízdu rovně a doprava. Protisměr je oddělen dělicím/ochranným ostrůvkem.

Rameno ulice Květná má dva řadící pruhy - řadící pruh pro odbočení vlevo a řadící pruh pro jízdu rovně a doprava (na Obrázku 9 je zaznamenán starší stav, nově jsou řadící pruhy zobrazeny na Obrázku 12). S touto změnou však nebylo počítáno v návrhu křižovatky, proto řidičům ve směru „Květná - Zeyerova“ překáží dva dopravní ostrůvky v jejich cestě. Situaci dokumentuje Obrázek 13. Protisměr je oddělen dělicím/ochranným ostrůvkem. Na rameni je použit dopravní stín u pravého okraje komunikace ve směru „Květná - Zeyerova“. Tento stín by bylo vhodné nahradit vysazenou chodníkovou plochou, pojížděnou srpovitou krajnicí, pásem zeleně případně jejich kombinací.



Obrázek 12: Řadící pruhy na rameni ulice Květná



Obrázek 13: překážky v přímé jízdě ve směru „Květná – Zeyerova“

Rameno „I/45 směr Olomouc“ má dva řadící pruhy - řadící pruh pro odbočení vlevo a řadící pruh pro jízdu rovně a doprava. Protisměr je oddělen dělicím/ochranným ostrůvkem.

### 3.1.1. Nehodovost křižovatky „I/45 - Květná - Zeyerova“

Na Křižovatce se od roku 2007 stalo 44 dopravních nehod způsobených:

- 41x srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem (33 dopravních nehod bylo způsobeno z boku, 3 zezadu a 6 čelních)
- 1x srážka s chodcem
- 1x srážka s pevnou překážkou
- 1x jiný druh nehody

Při nehodách v posuzované křižovatce bylo 21 osob lehce zraněno. 26 dopravních nehod bylo způsobeno při odbočování vlevo [21].

Situace je zobrazena na Obrázku 14.

Dále byla stanovena relativní nehodovost  $R$ . Ta vyjadřuje bezpečnost jako pravděpodobnost nehody ve vztahu k dopravnímu výkonu. Velikost tohoto ukazatele se obvykle pohybuje v rozmezí 0,1 – 0,9. Překročení hodnoty ukazatele 1,6 již signalizuje zásadní nedostatek.

$$R = \frac{N_0}{365 \cdot I \cdot t} \cdot 10^6$$

Kde:

- $N_0$  je celkový počet osobních nehod,
- $I$  je průměrná denní intenzita provozu [voz/den], (viz kapitola 4: „Dopravní průzkumy“),
- $t$  je sledované období (roky)

Po dosazení dostaneme:

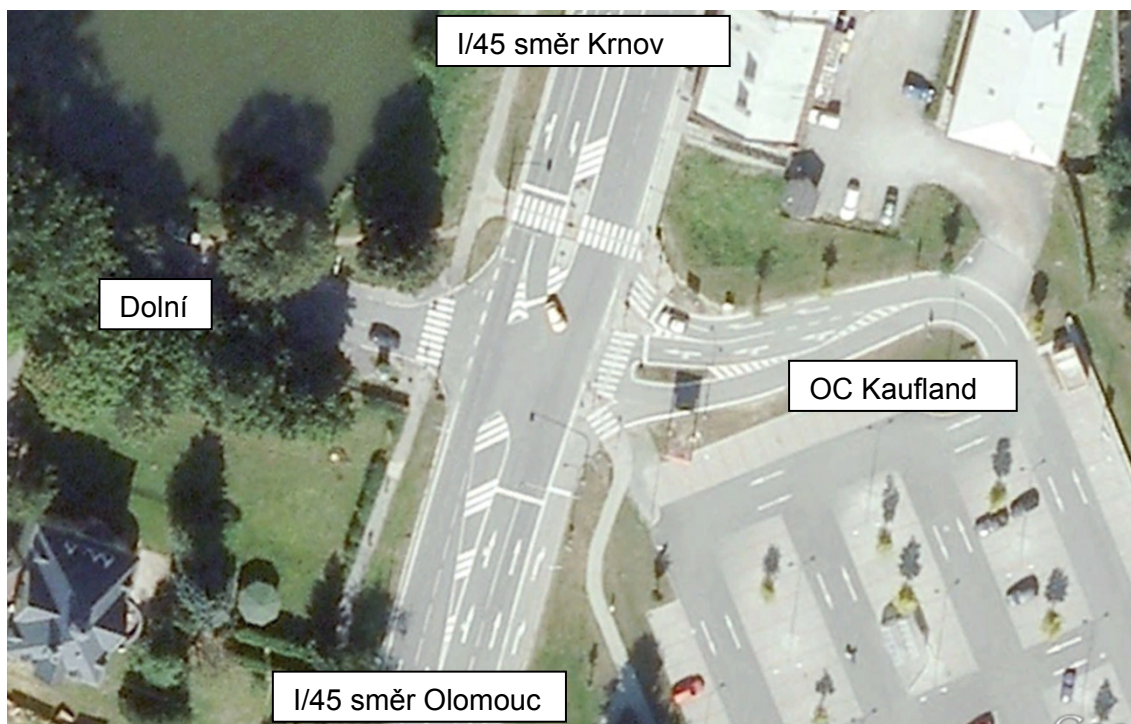
$$R = \frac{44}{365 \cdot 14667.7} \cdot 10^6 = 1,17 \text{ počet osobních nehod/milion vozidel a rok}$$

Na křižovatce je zaznamenán zvýšený počet nehod. Ukazatel relativní nehodovosti má hodnotu vyšší jak 0,9 avšak pod 1,6. Přesto je křižovatka stále značně nehodová.



Obrázek 14: Dopravní nehody na křižovatce „I/45 - Květná – Zeyerova“ [21]

### 3.2. Stávající stav křižovatky „I/45 - Dolní“



Obrázek 15: Stávající stav křižovatky „I/45 – Dolní“ [20]

Křižovatka „I/45 - Dolní“ je křižovatka čtyřramenná, řízená SSZ. Stávající stav křižovatky dokumentuje Obrázek 15.

Rameno ulice Dolní je bez řadících pruhů a dopravních ostrůvků. Na tomto rameni je zakázán vjezd nákladních automobilů pomocí SDZ B4 „Zákaz vjezdu nákladních automobilů“.

Rameno „I/45 směr Krnov“ má dva řadící pruhy - řadící pruh pro odbočení vlevo a řadící pruh pro jízdu rovně a doprava. Protisměr je oddělen dělicím/ochranným ostrůvkem a dopravním stínem délky 70 m. Doporučuje se zřízení dělicího pásu.

Rameno „OC Kaufland“ má dva řadící pruhy - řadící pruh pro odbočení vpravo a řadící pruh pro jízdu rovně a doleva. Protisměr je oddělen dělicím ostrůvkem. Dále se zde nachází dva směrovací/ochranné ostrůvky. Na tomto rameni je zakázán vjezd nákladních automobilů pomocí SDZ B4 „Zákaz vjezdu nákladních automobilů“.

Rameno „I/45 směr Olomouc“ má tři řadící pruhy - řadící pruh pro odbočení vpravo, řadící pruh pro jízdu rovně a řadící pruh pro jízdu rovně a doleva. Protisměr je oddělen dopravním stínem. Doporučuje se zřízení dělicího ostrůvku.

### 3.2.1. Nehodovost křižovatky „I/45 - Dolní“

V řešené křižovatce se od roku 2007 stalo 21 dopravních nehod způsobených:

- 15x srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem (12 dopravních nehod bylo způsobeno z boku, 2 zezadu a 1 čelní)
- 4x srážka s pevnou překážkou
- 1x havárie
- 1x jiný druh nehody

Při nehodách v posuzované křižovatce bylo 6 osob lehce zraněno. V 9 případech byla hlavní příčina odbočení vlevo [21].

Situace je zobrazena na Obrázku 16.

Dále byla stanovena relativní nehodovost R viz kapitola 3.1.1: „Nehodovost křižovatky I/45 - Květná - Zeyerova“

$$R = \frac{21}{365.15298.7} \cdot 10^6 = 0,54 \text{ počet osobních nehod/milion vozidel a rok}$$

Vidíme, že relativní nehodovost se pohybuje v rozmezí 0,1 - 0,9. Lze prohlásit, že křižovatka je bezpečná z hlediska pravděpodobnosti nehody ke vztahu k dopravnímu výkonu.



Obrázek 16: Dopravní nehody na křižovatce „I/45 - Dolní“ [21]

### 3.3. Prvky pro nevidomé a slabozraké

V roce 2013 byla provedena rekonstrukce chodníku na ulici Dr. E. Beneše podél Kobylího rybníka. Přesto nejsou prvky pro nevidomé a slabozraké na přechodech pro chodce provedeny správně. Byla provedena menší bezpečnostní inspekce. V některých případech chybí signální pásy, signální pásy vedou do středu křižovatky namísto do osy přechodu. Sloupy SSZ, s tlačítkem pro výzvu chodců nejsou umístěny ve středu signálních pásů, což způsobuje nevidomým a slabozrakým nemalé komplikace. V jednom případě není signální pás proveden ve výrazné barvě. Situace je zobrazena na Obrázcích 17 - 22. Správné provedení prvků pro nevidomé a slabozraké a správné provedení bezbariérového přechodu je vyobrazeno v Příloze 4: „Bezbariérový přechod pro chodce“.





Obrázek 17: Chybějící signální pás



Obrázek 20: Nesprávné umístění sloupu SSZ



Obrázek 18: Nesprávné provedení signálního pásu 1



Obrázek 21: Nesprávné provedení signálního pásu a nesprávné umístění sloupu SZZ



Obrázek 19: Nesprávné provedení signálního pásu 2



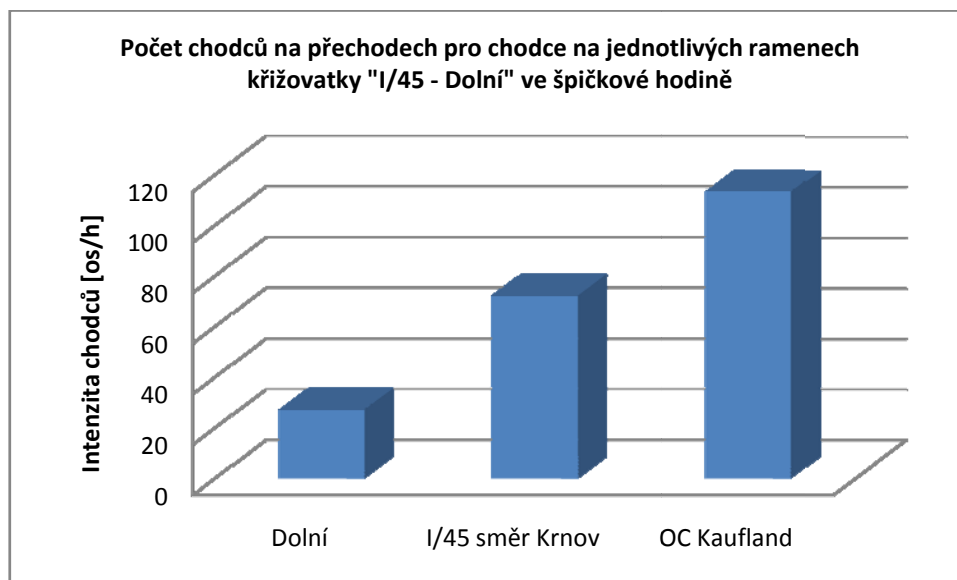
Obrázek 22: Provedení signálního pásu v nekontrastní barvě

## 4. Dopravní průzkumy

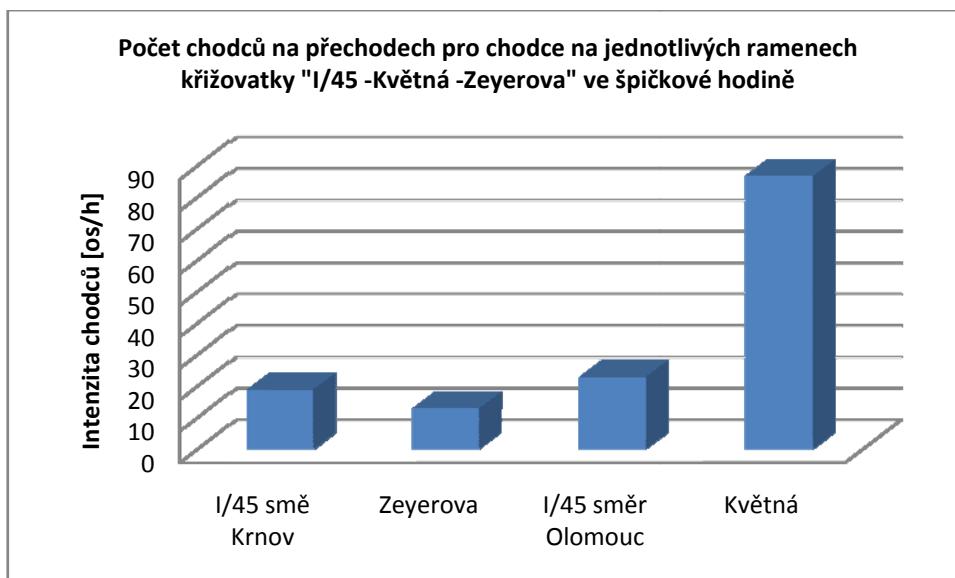
Dopravní průzkumy tvoří velmi důležitý pramen poznání stávajícího stavu dopravního provozu. Obecně vzato však jsou jednou ze složek pro analýzu dopravy. Dopravní průzkumy silniční dopravy jsou nejpestřejšími podklady pro analýzu dopravy, protože zahrnují všechny elementy dopravního procesu (dopravní cestu, dopravní prostředky, subjekty-řidič, chodec, cyklista). Využití dopravních průzkumů je především k zajištění podkladů pro projektování a pro hodnocení stávajícího dopravního stavu [1].

### 4.1. Křižovatkový průzkum

Dopravní průzkum byl proveden v úterý 7. 10. 2014. Počasí bylo polojasné bez srážek, teplota 18 °C. Profily křižovatky byly natočeny a následně byl videozáznam vyhodnocen. Na každém rameni byly sledovány tři směry - přímo, doprava, doleva. Vozidla byla zaznamenávána v 15 minutových intervalech a v 6 kategoriích - jízdní kola, motocykly, osobní automobily, autobusy, lehká nákladní vozidla, těžká nákladní vozidla. Pro dopravní model byli sledováni i chodci a to jen na přechodech pro chodce, vždy ve dvou směrech. Průzkum pěších byl prováděn ve špičkové hodině, viz Graf 1 a 2.



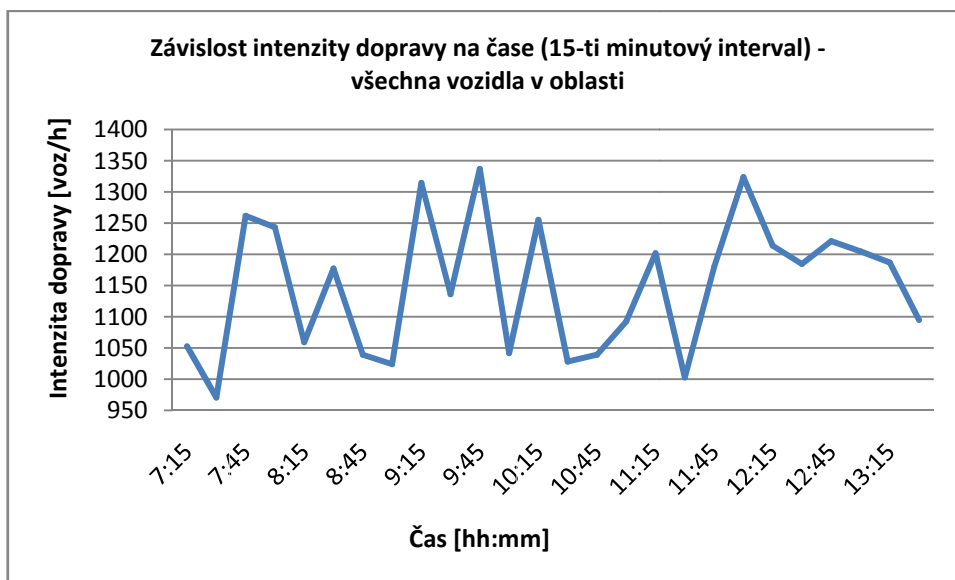
Graf 1: Počet chodců na přechodech pro chodce na jednotlivých ramenech křižovatky „I/45 – Dolní“ ve špičkové hodině



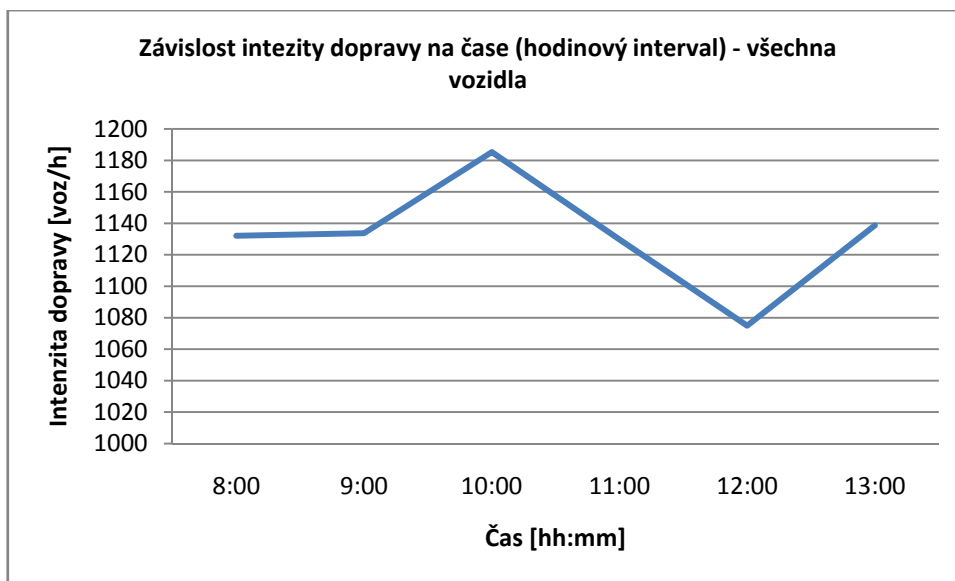
Graf 2: Počet chodců na přechodech pro chodce na jednotlivých ramenech křižovatky „I/45 - Květná - Zeyerova“ ve špičkové hodině

Můžeme pozorovat, že nejvíce chodců se pohybuje na rameni „OC Kaufland“ křižovatky „I/45 – Dolní“. O trochu méně, přesto stále výrazné procento chodců se pohybuje na rameni „Květná“ křižovatky „I/45 - Květná – Zeyerova“. Tato skutečnost je dána spojnící centra s OC Kaufland.

Na dalších grafech je vyobrazena závislost intenzity dopravy na čase v 15 minutových intervalech (Graf 3) a v hodinových intervalech (Graf 4).



Graf 3: Závislost intenzity dopravy na čase v 15 min. intervalech pro všechna vozidla v oblasti



Graf 4: Závislost intenzity dopravy na čase v hodinových intervalech pro všechna vozidla v oblasti

V Tabulce 1 jsou zobrazeny použité přepočtové koeficienty:

Tabulka 1: Přepočtové koeficienty

Druh vozidla	Přepočtový koeficient
jízdní kola	0,5
motocykly	0,8
osobní automobily	1
autobusy, lehká nákladní vozidla	1,7
těžká nákladní vozidla	2,2

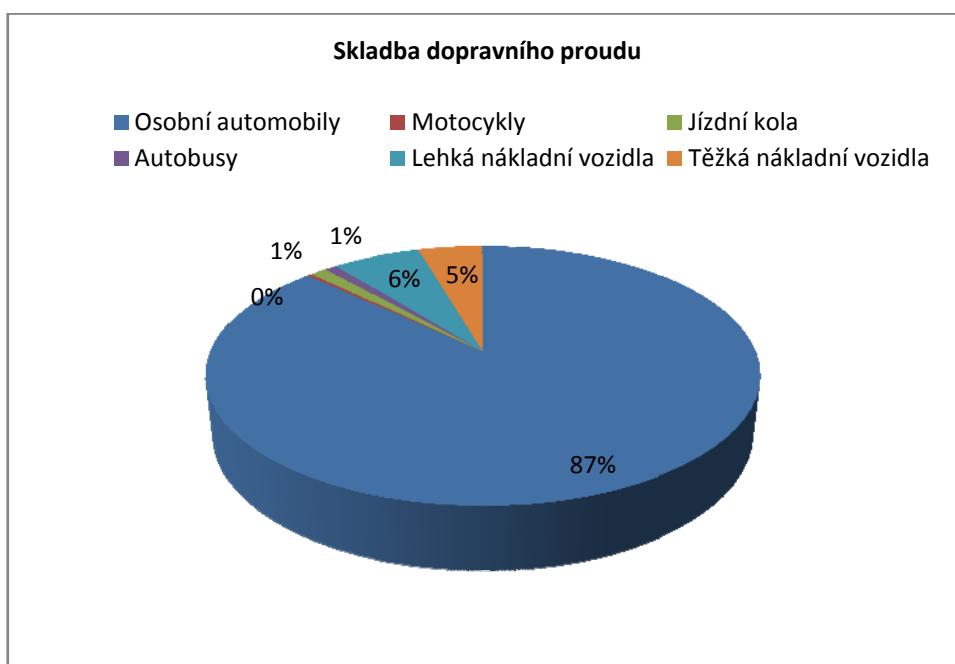
Na grafech můžeme pozorovat kolísání intenzity. Pro 15 minutové intervaly není patrná typická ranní špička a dopolední sedlo. Na grafu s hodinovými intervalemy můžeme pozorovat, že největší intenzita nastává v 10:00, tedy ranní špička je v intervalu 9:00-10:00, což je pro město Bruntál netypické.

V oblasti vymezené křižovatkami „I/45 – Dolní“ a „I/45 - Květná – Zeyerova“ se v ranní špičkové hodině pohybuje 1185 přepočtených vozidel.

V grafech jsou intenzity zaznamenány pouze od 7:00 do 13:00 z důvodu výpadku kamery na křižovatce „I/45 - Květná – Zeyerova“. K výpadku došlo vlivem vybití baterie. Z druhé křižovatky „I/45 – Dolní“ byla stanovena největší intenzita dopravy v hodině 14:30 - 15:30. Tato hodina byla stanovena za špičkovou. Pro dopravní modely byly

použity špičkové hodiny, Pro vybranou špičkovou hodinu musel být následující úterý 14. 10. 2014 uskutečněn další průzkum na křižovatce „I/45 - Květná – Zeyerova“. Průzkum musel být proveden pro obě křižovatky aby se intenzity shodovaly s křižovatkou „I/45 – Dolní“.

Dále byl zpracován graf skladby dopravního proudu viz. Graf 5. Z grafu je zřetelné, že autobusy a nákladní vozidla se podílí 12 % na intenzitě dopravního proudu, osobní automobily 87%, Jízdní kola a motocykly reprezentují 1% dopravy, což je zanedbatelná část skladby dopravního proudu.

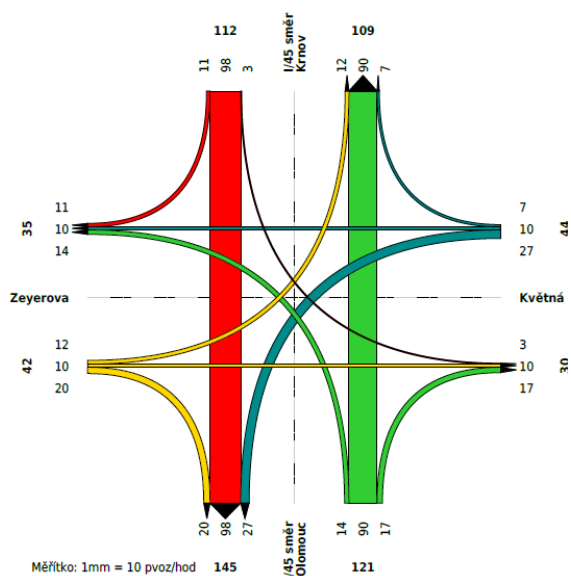


Graf 5: Skladba dopravního proudu

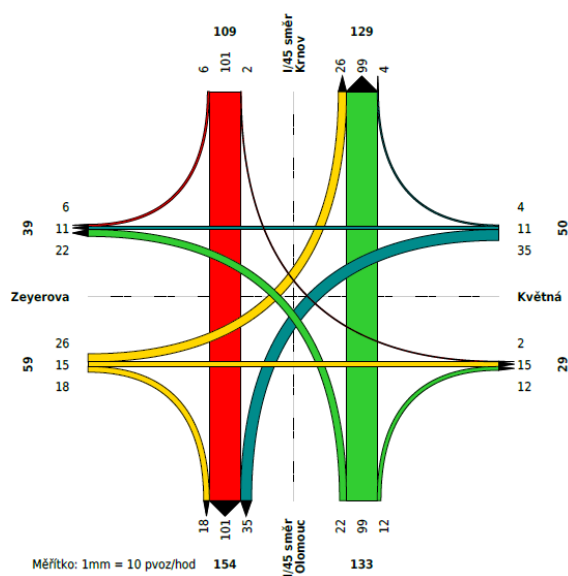
#### 4.1.1. Průzkum křižovatky „I/45 - Květná - Zeyerova“

Na následujících zátěžových diagramech (Graf 6 – 9) jsou zobrazeny intenzity dopravy v jednotlivých směrech v intervalu 15 minut ve špičkové hodině. Nepozorujeme žádné výrazné změny v průběhu špičkové hodiny.

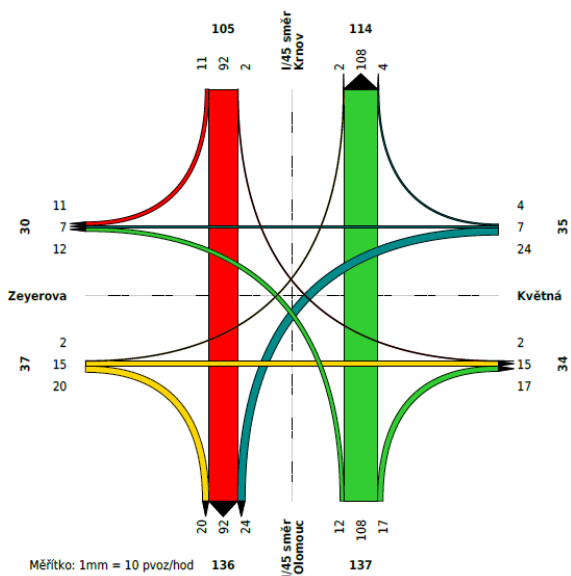
Veškeré zátěžové diagramy byly zpracovány pomocí programu Tralys, aplikace - Zátěžový diagram intenzit.



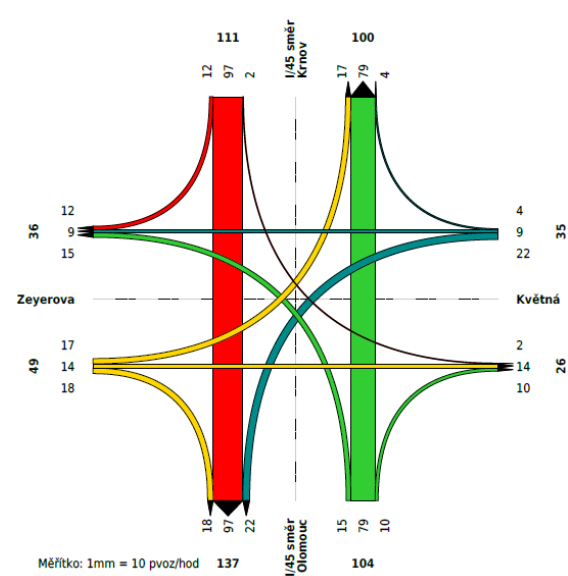
Graf 6: Zátěžový diagram intenzit křižovatky „I/45 - Květná - Zeyerova“ 14:30 – 14:45 [22]



Graf 7: Zátěžový diagram intenzit křižovatky „I/45 - Květná - Zeyerova“ 14:45 – 15:00 [22]



Graf 8: Zátěžový diagram intenzit křižovatky „I/45 - Květná - Zeyerova“ 15:00 – 15:15 [22]

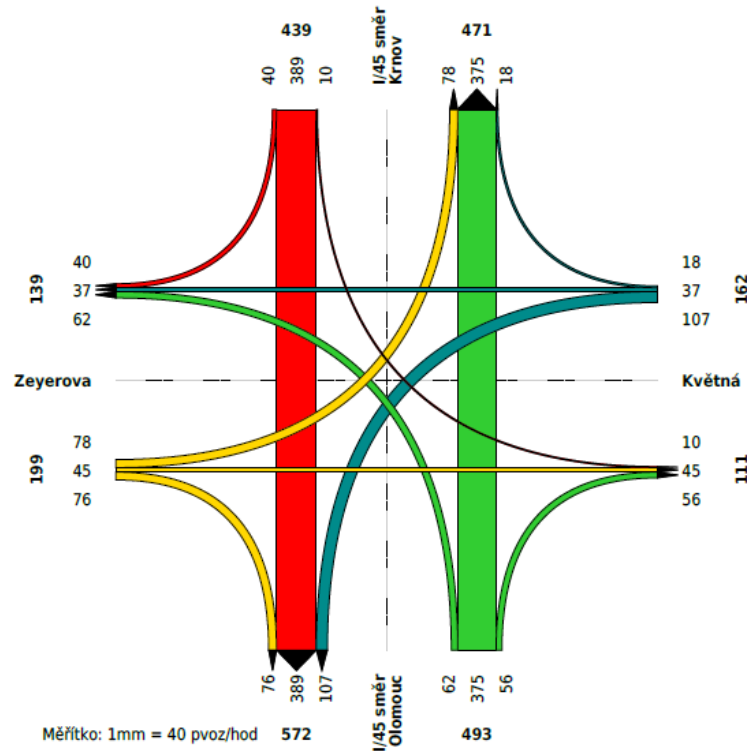


Graf 9: Zátěžový diagram intenzit křižovatky „I/45 - Květná - Zeyerova“ 15:15 – 15:30 [22]

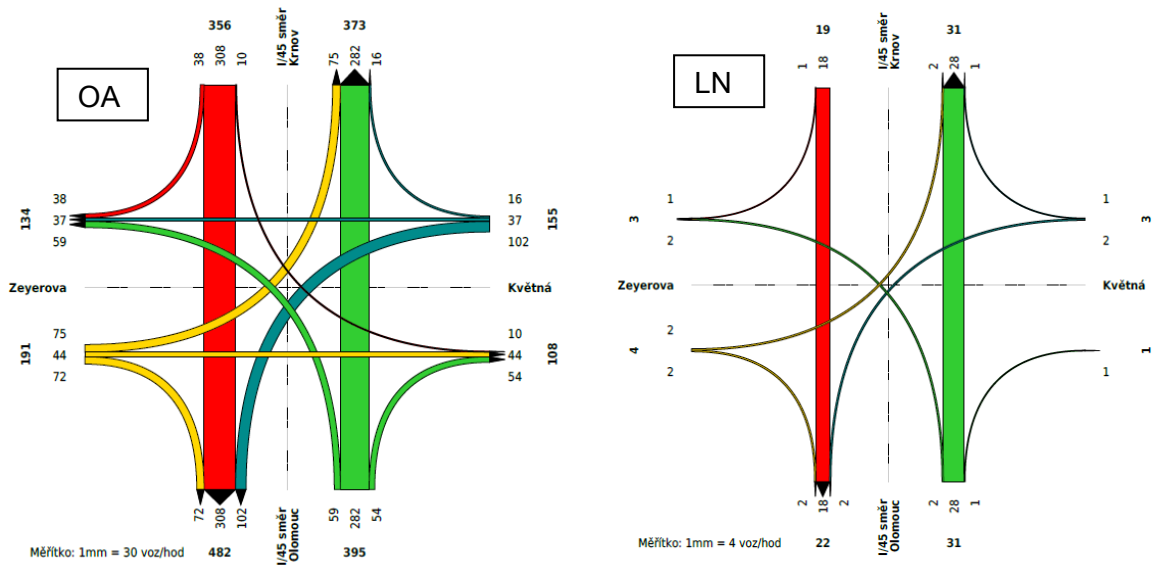
Další zátěžový diagram (Graf 10) zobrazuje intenzitu dopravy v jednotlivých směrech ve špičkové hodině. Vidíme výraznou dominanci hlavních směrů, tedy směry „Olomouc - Krnov“ a „Krnov - Olomouc“. Výraznější je také levé odbočení z ulice Květná a levé i pravé odbočení z ulice Zeyerova.

Dále jsou vyobrazeny zátěžové diagramy ve špičkové hodině pro jednotlivé třídy vozidel. Těžká nákladní vozidla se vyskytují jen ve směru „Olomouc - Krnov“

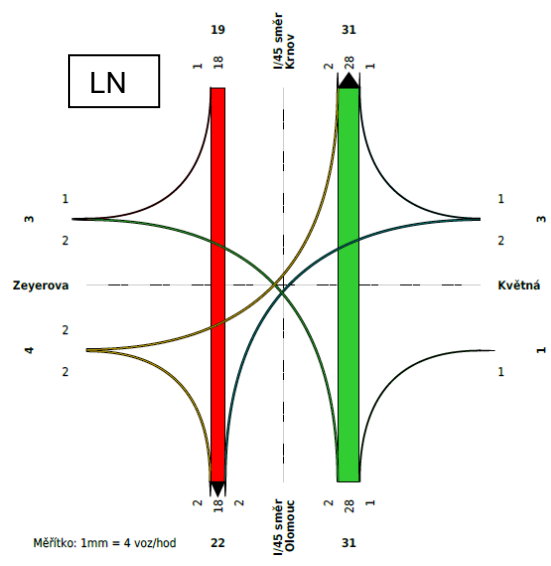
a „Krnov - Olomouc“. Totéž lze říci o lehkých nákladních vozidlech. Jejich pohyb mimo hlavní směry je v porovnání s těmito směry zanedbatelný (Graf 11 – 13).



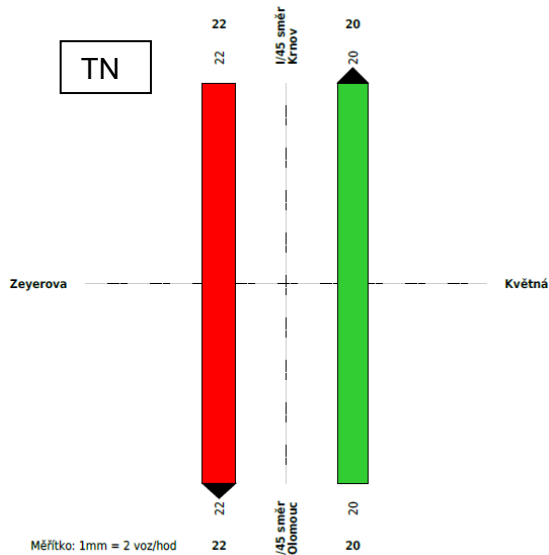
Graf 10: Zátěžový diagram intenzit křižovatky „I/45 - Květná - Zeyerova“ ve špičkové hodině, všechna vozidla [22]



Graf 11: Zátěžový diagram intenzit křižovatky „I/45 - Květná - Zeyerova“ ve špičkové hodině, osobní automobily [22]



Graf 12: Zátěžový diagram intenzit křižovatky „I/45 - Květná - Zeyerova“ ve špičkové hodině, lehká nákladní vozidla [22]



Graf 13: Zátěžový diagram intenzit křižovatky „I/45 - Květná - Zeyerova“ ve špičkové hodině, těžká nákladní vozidla [22]

Na obrázku 23 je vyobrazen výstup z programu Tralys, aplikace – Stanovení intenzit dopravy. Aplikace je navržena v souladu s TP 189: „Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích, II. vydání“. Můžeme vyčíst roční průměr denních intenzit v běžný pracovní den  $RPDI_{PD}$ , Padesátirázovou hodinovou intenzitu dopravy  $I_{50}$ , Intenzitu špičkové hodiny  $I_{sh}$ .

Měření:

#	Délka měření	Začátek měření	Konec měření	Druhy vozidel					S
				M	O	N	A	K	
1	1:00	14:00	15:00	0	1 097	47	2	4	1150

		Druhy vozidel						
		M	O	N	A	K	S	
5	Intenzita dopravy za dobu průzkumu běžného pracovního dne	$I_m$ [voz/dobu]	0	1097	47	2	4	1150
6	Přepočtový koeficient denních variací intenzit dopravy	$k_{m,d}$ [-]	-	13.245	14.306	13.587	14.663	
7	Denní intenzita dopravy (ve dni průzkumu)	$I_d$ [voz/den]	0	14530	673	28	59	15290
8	Přepočtový koeficient týdenních variací intenzit dopravy	$k_{d,t}$ [-]	-	1.003	0.814	0.892	0.807	
9	Týdenní průměr denních intenzit dopravy	$I_t$ [voz/den]	0	14574	548	25	48	15195
10	Přepočtový koeficient ročních variací intenzit dopravy	$k_{t,RPDI}$ [-]	-	0.966	0.944	0.94	0.943	
11	Roční průměr denních intenzit dopravy	$RPDI$ [voz/den]	0	14079	518	24	46	14667
12	Odhad přesnosti určení RPDI	%						±28

Koeficient týden. variací intenzit dopravy v běžný prac. den	$k_{d,t,PD}$ [-]	1.084	1.059	1.005	1.052	1.030	-
Roční průměr denních intenzit dopravy v běžný pracovní den	$RPDI_{PD}$ [voz/den]	0	15388	677	30	61	16156

13	Koeficient padesátirázové hodinové intenzity dopravy	$k_{RPDI,50}$ [-]					1.13
14	Padesátirázová hodinová intenzita dopravy	$I_{50}$ [voz/h]					1300

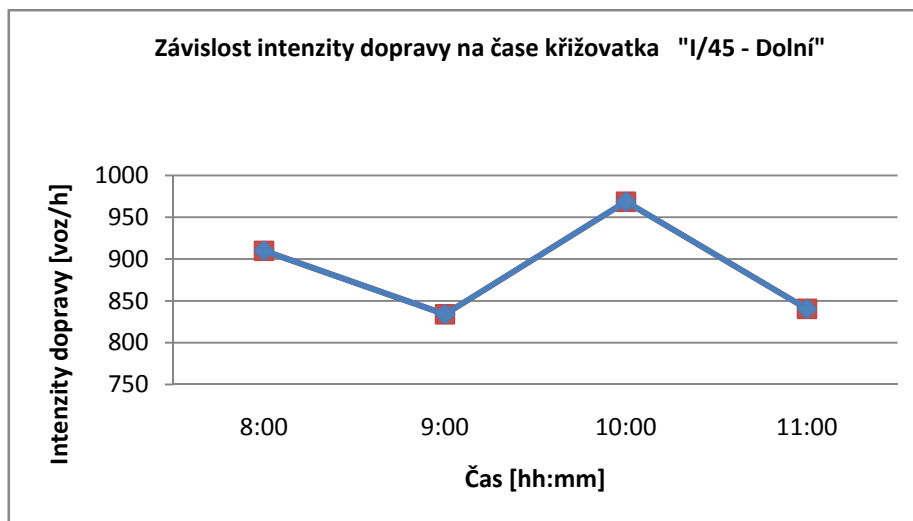
15	Přepočtový koeficient pro výpočet špičkové hodiny	$k_{RPDI,sh}$ [-]					-
16	Intenzita špičkové hodiny	$I_{sh}$ [voz/h]					1150

Obrázek 23: Intenzity dopravy pro křižovatku „I/45 – Květná – Dolní“ [22]

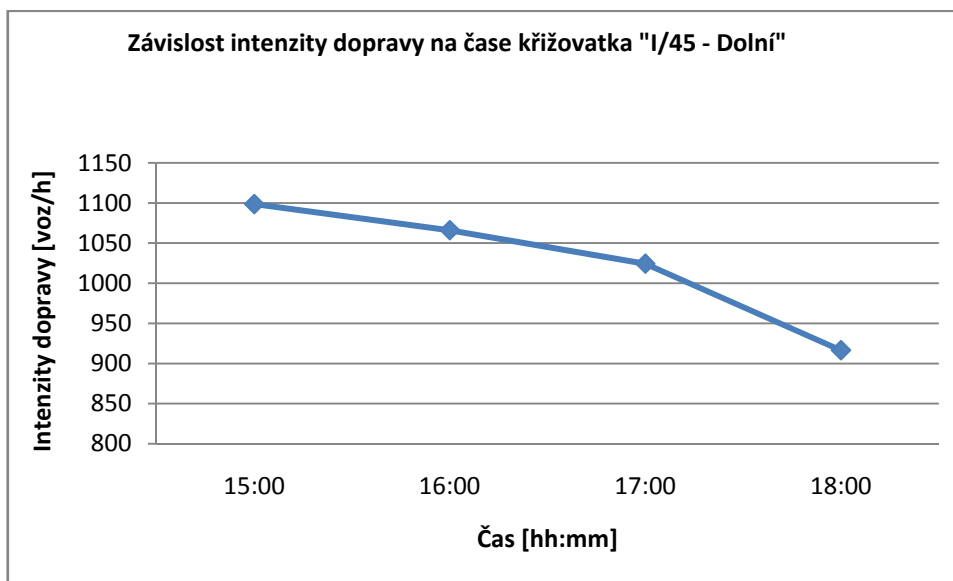


#### 4.1.2. Průzkum křižovatky „I/45 - Dolní“

Na následujících grafech je vyobrazena závislost intenzity dopravy na čase v ranní a odpolední špičce. V ranní špičce lze pozorovat kolísání intenzit viz Graf 14. Odpolední špička má již typický průběh, jak zobrazuje Graf 15.

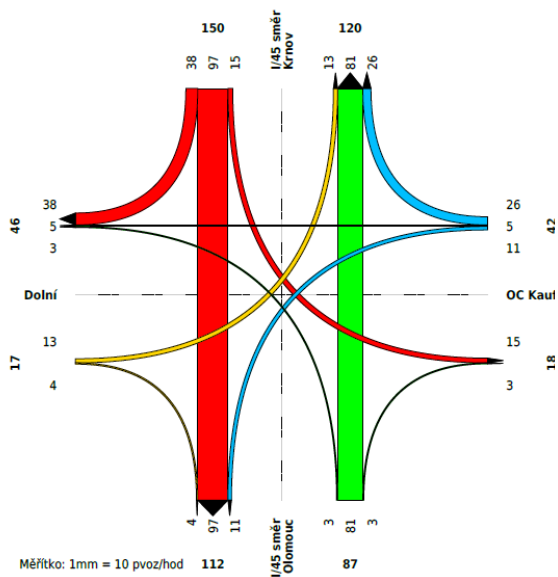


Graf 14: Závislost intenzity dopravy na čase, křižovatka „I/45 – Dolní“, ranní špička

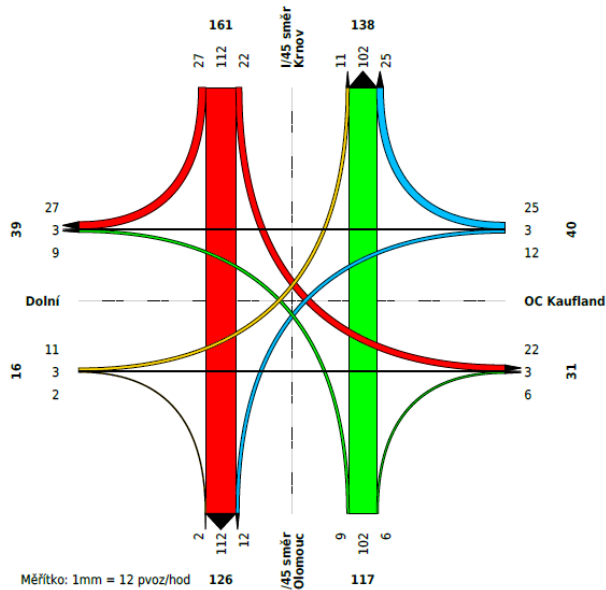


Graf 15: Závislost intenzity dopravy na čase, křižovatka „I/45 – Dolní“, odpolední špička

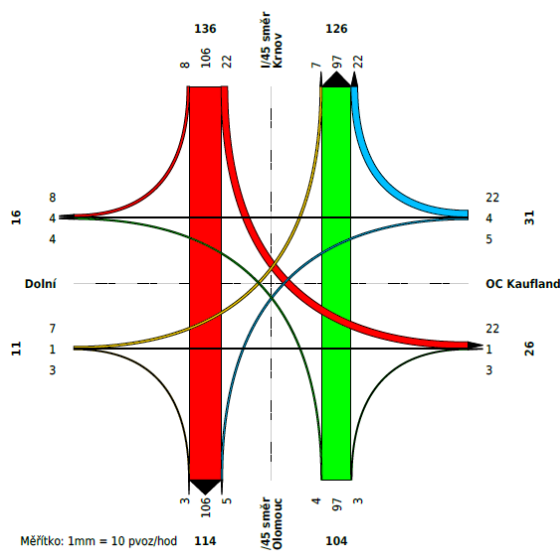
Na následujících zátěžových diagramech jsou zobrazeny intenzity dopravy v jednotlivých směrech v intervalu 15 minut ve špičkové hodině. Lze pozorovat změny levého a pravého odbočení ze směru Krnov (Graf 16 - 19).



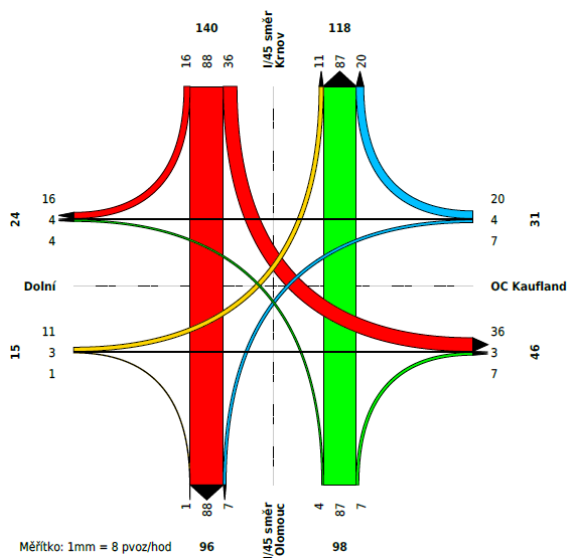
Graf 16: Zátěžový diagram intenzit křižovatky „I/45 - Dolní“ 14:30 – 14:45 [22]



Graf 17: Zátěžový diagram intenzit křižovatky „I/45 - Dolní“ 14:45 – 15:00 [22]



Graf 18: Zátěžový diagram intenzit křižovatky „I/45 - Dolní“ 15:00 – 15:15 [22]

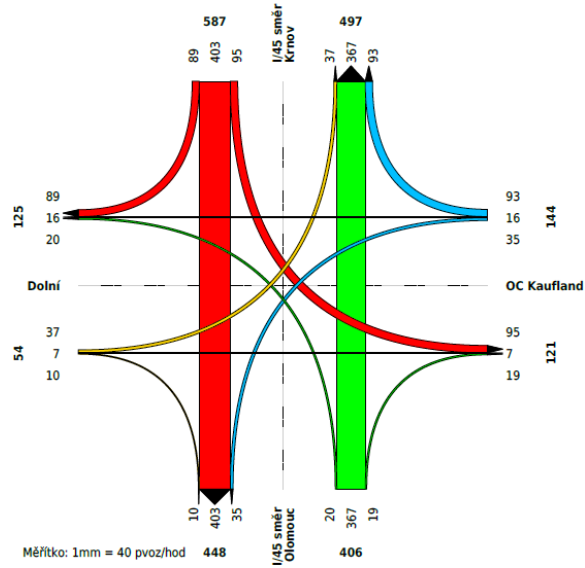


Graf 19: Zátěžový diagram intenzit křižovatky „I/45 - Dolní“ 15:15 – 15:30 [22]

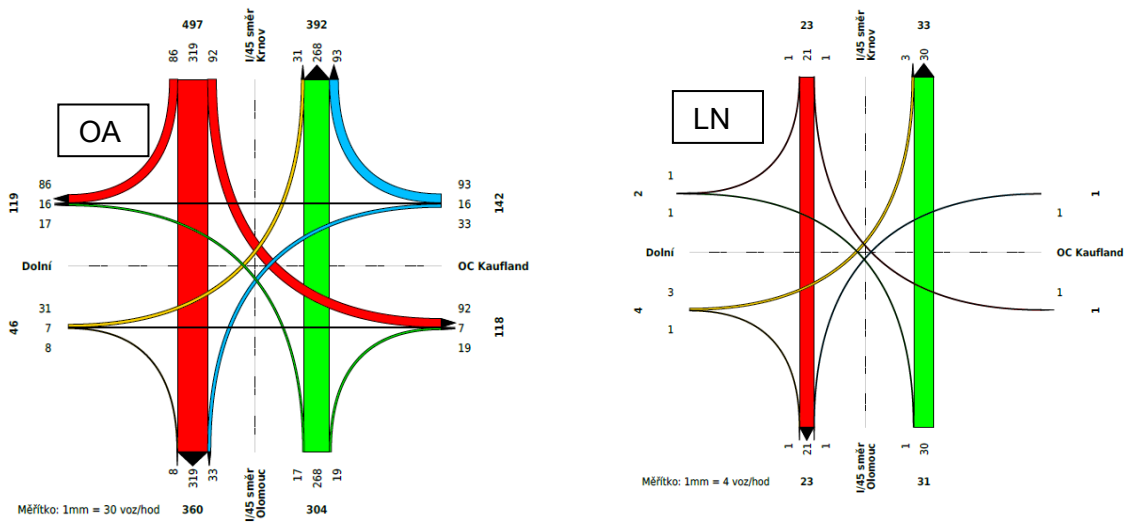
Další zátěžový diagram (Graf 20) zobrazuje intenzity dopravy v jednotlivých směrech ve špičkové hodině. Vidíme výraznou dominanci hlavních směrů, tedy směry „Olomouc - Krnov“ a „Krnov – Olomouc“. Výraznější je také pravé a levé odbočení ze směru Krnov a pravé odbočení od OC Kaufland.

Dále jsou vyobrazeny zátěžové diagramy ve špičkové hodině pro jednotlivé třídy vozidel. Těžká nákladní vozidla se vyskytují jen ve směru „Olomouc – Krnov“

a „Krnov – Olomouc“. Totéž lze říci o lehkých nákladních vozidlech. Jejich pohyb mimo hlavní směry je v porovnání s hlavními směry zanedbatelný (Graf 21 – 23).

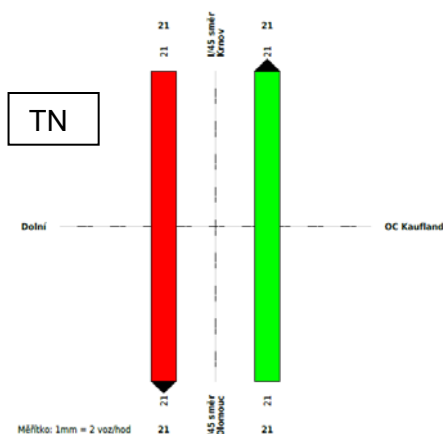


Graf 20: Zátěžový diagram intenzit křižovatky „/45 - Dolní“ ve špičkové hodině, všechna vozidla [22]



Graf 21: Zátěžový diagram intenzit křižovatky „/45 - Dolní“ ve špičkové hodině, osobní automobily [22]

Graf 22: Zátěžový diagram intenzit křižovatky „/45 - Dolní“ ve špičkové hodině, lehká nákladní vozidla [22]



Graf 23: Zátěžový diagram intenzit křižovatky „I/45 - Dolní“ ve špičkové hodině, těžká nákladní vozidla [22]

Na obrázku 24 je vyobrazen výstup z aplikace Tralys, aplikace – Stanovení intenzit dopravy. Můžeme vyčíst roční průměr denních intenzit v běžný pracovní den  $RPDI_{PD}$ , Padesátirázovou hodinovou intenzitu dopravy  $I_{50}$ , Intenzitu špičkové hodiny  $I_{sh}$ .

Měření:

#	Délka měření	Začátek měření	Konec měření	Druhy vozidel					S
				M	O	N	A	K	
1	1:00	14:00	15:00	0	989	49	10	42	1090

		Druhy vozidel						
		M	O	N	A	K	S	
5	Intenzita dopravy za dobu průzkumu běžného pracovního dne	$I_m$ [voz/dobu]	0	989	49	10	42	1090
6	Přepočtový koeficient denních variací intenzit dopravy	$k_{m,d}$ [-]	-	15.432	15.723	16.129	17.889	
7	Denní intenzita dopravy (ve dni průzkumu)	$I_d$ [voz/den]	0	15263	771	162	752	16948
8	Přepočtový koeficient týdenních variací intenzit dopravy	$k_{d,t}$ [-]	-	1.017	0.832	0.892	0.795	
9	Týdenní průměr denních intenzit dopravy	$I_t$ [voz/den]	0	15523	642	145	598	16908
10	Přepočtový koeficient ročních variací intenzit dopravy	$k_{t,RPDI}$ [-]	-	0.904	0.9	0.934	0.92	
11	Roční průměr denních intenzit dopravy	$RPDI$ [voz/den]	0	14033	578	136	551	15298
12	Odhad přesnosti určení RPDI	%						±29

Koeficient týden. variací intenzit dopravy v běžný prac. den	$k_{d,RPDI}$ [-]	1.084	1.059	1.009	1.052	0.983	-
Roční průměr denních intenzit dopravy v běžný pracovní den	$RPDI_{PD}$ [voz/den]	0	16164	778	171	740	17853

13	Koeficient padesátirázové hodinové intenzity dopravy	$k_{RPDI,50}$ [-]					1.13
14	Padesátirázová hodinová intenzita dopravy	$I_{50}$ [voz/h]					1232

15	Přepočtový koeficient pro výpočet špičkové hodiny	$k_{RPDI,sh}$ [-]					-
16	Intenzita špičkové hodiny	$I_{sh}$ [voz/h]					1090

Obrázek 24: Intenzity dopravy pro křižovátku „I/45 – Dolní“ [22]

## 4.2. Prognóza dopravy

Prognóza dopravy byla zpracována pomocí programu Tralys, aplikace – Prognóza intenzit dopravy. Tato aplikace je navržena v souladu s TP 225: „Prognóza intenzit automobilové dopravy, II. vydání“. Prognóza byla zpracována na 20 let.

Výhledová intenzita  $I_v$  byla spočítána následovně:

$$I_v = I_0 \cdot k_p,$$

kde:

- $I_0$  je výchozí intenzita dopravy (rok 2015)
- $k_p$  je koeficient prognózy intenzit dopravy

1 Výchozí rok:	2015			
2 Výhledový rok:	2035			
		L	T	S
3 Výchozí intenzita dopravy:	$I_0$ voz/hod	1183	104	0
4 Koeficient vývoje intenzit dopravy pro výchozí rok	$k_0$ [-]	1.10	1.02	-
5 Koeficient vývoje intenzit dopravy pro výhledový rok	$k_v$ [-]	1.60	1.15	-
6 Koeficient prognózy intenzit dopravy	$k_p$ [-]	1.45	1.13	-
7 Výhledová intenzita dopravy v roce 2035	$I_v$ [voz/hod]	1715	118	= 1833

Obrázek 25: Prognóza dopravy [22]

Na Obrázku 25 je vyobrazen výstup z aplikace Tralys. Jako výchozí intenzity byly použity intenzity špičkové hodiny. V oblasti křižovatek se v tuto dobu pohybovalo 1183 lehkých vozidel a 104 těžkých vozidel. Výhledová intenzita byla stanovena na 1715 lehkých vozidel a 118 těžkých vozidel.

## 5. Návrh variant uspořádání křižovatek

Varianty prostorového uspořádání křižovatek jsou navrženy podle platných technických norem a podmínek především dle ČSN 73 6310 „Projektování místních komunikací“ [2] a dle ČSN 73 6102 „Projektování křižovatek na pozemních komunikacích“ [3]. Návrh klade důraz na optimalizaci pohybu vozidel v prostoru křižovatek.

Mapové podklady byly získány z MěÚ Bruntál, Odbor výstavby a územního plánování.

Návrh variant byl zpracován ve výukové verzi programu AutoCAD 2014 společnosti Autodesk.

### 5.1. Návrh varianty 1

První varianta byla zachována ve stávajícím stavu jen s drobnými úpravami pro optimalizaci pohybu vozidel. Varianta 1 je vyobrazena v Příloze 1: „Situace - varianta 1“.

Na křižovatce „I/45 – Dolní“ byly provedeny tyto úpravy:

- na rameni „I/45 směr Olomouc“ byl dopravní stín nahrazen dělicím ostrůvkem,
- na rameni „OC Kaufland“ byla optimalizována velikost ochranného/směrovacího ostrůvku a velikost ochranného/dělicího ostrůvku,
- v celé křižovatce byly opraveny signální pásy.

Na křižovatce „I/45 – Květná – Zeyerova“ byly provedeny tyto úpravy:

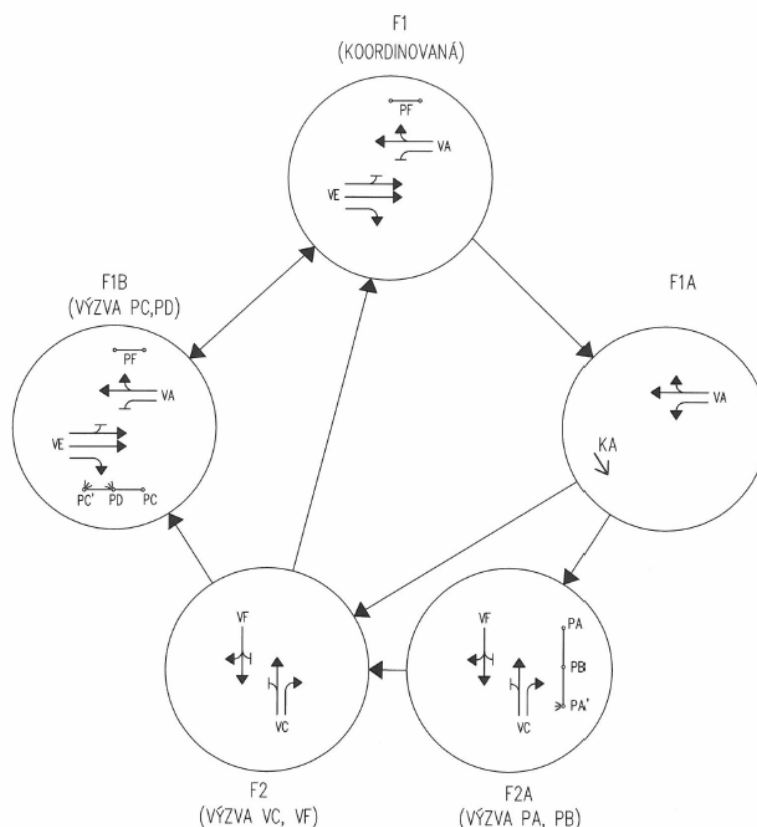
- na rameni Zeyerova byla upravena pravá hrana a hrana ochranného/dělicího ostrůvku tak, aby řidičům jedoucím přímo nepřekážel dopravní ostrůvek na rameni „I/45 směr Olomouc“,
- na rameni Zeyerova byla opravena hrana směrovacího/ochranného ostrůvku, tak aby byla umožněna přímá jízda ze směru Květná,
- na rameni Květná byl dopravní stín nahrazen pojížděnou krajnicí,
- byly opraveny signální pásy na přechodech pro chodce.

Použité VDZ a SDZ je vyobrazeno v Příloze 1.2: „Situace dopravního značení - varianta 1“.

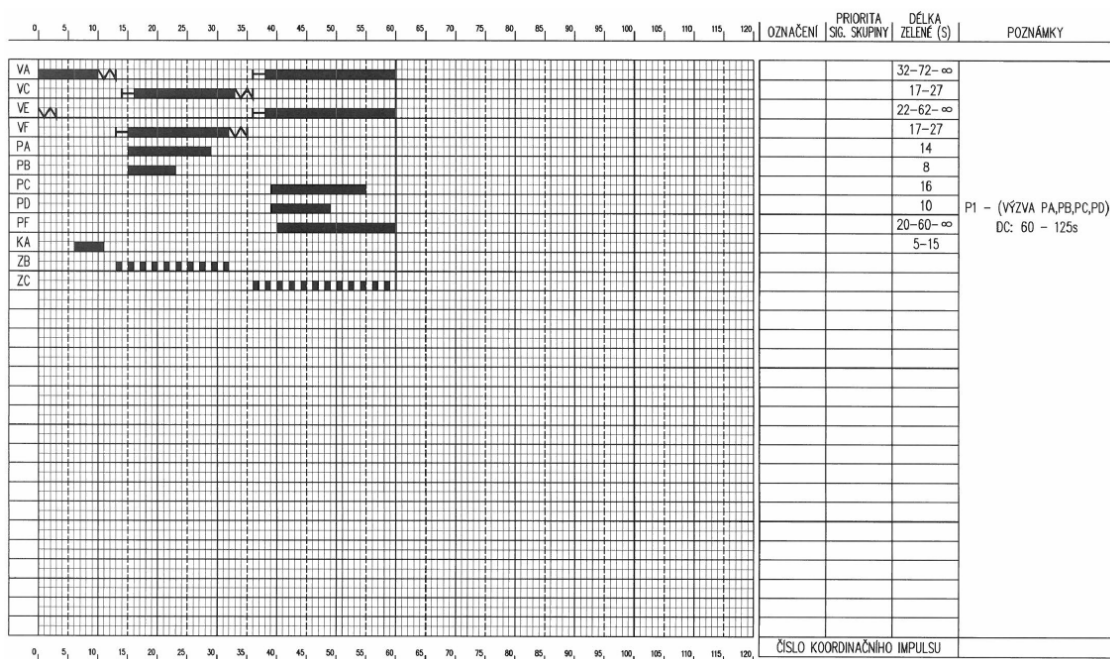
Ve variantě 1 jsou křižovatky navrženy jako křižovatky řízené SSZ. Návrh SSZ byl proveden společností AŽD Praha s.r.o. Na křižovatkách je obousměrná dynamická koordinace s proměnou délkou cyklu a trvalá zelená hlavního směru, vedlejší komunikace na výzvu. Přechody pro chodce jsou na výzvu. Signální plány a schéma fází obou křižovatek, které poskytla společnost AŽD Praha s.r.o., jsou zobrazeny na Obrázku 26 - 29.

Vývojové diagramy řídicí logiky potřebné pro tvorbu modelu v programu VISSIM bohužel nejsou k dispozici. Řešené křižovatky jsou osazeny staršími typy radičů, které nejsou volně programovatelné, nekreslí se pro ně detailní vývojové diagramy.

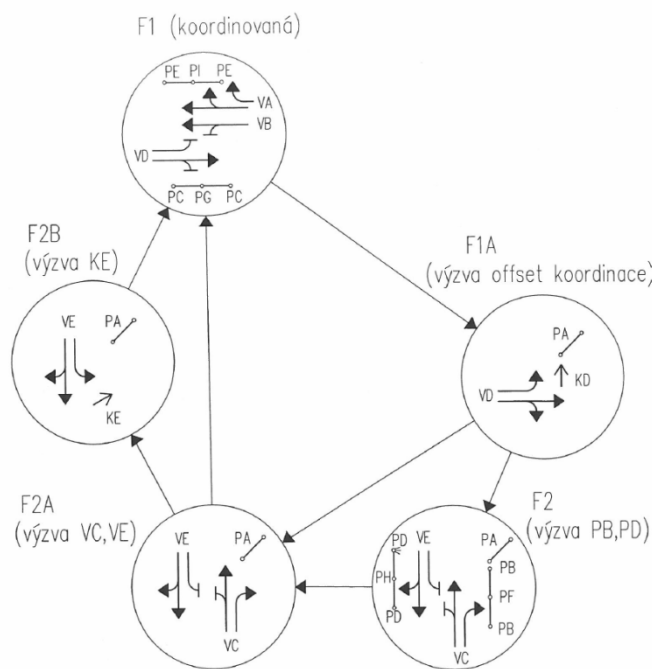
Proto byl v modelu použit pevný signální plán, který je vhodnější při koordinaci křižovatek. Koordinace je sladění signálních programů sousedních křižovatek. Základem je jednotná doba cyklů a tedy i pevné signální plány.



Obrázek 26: Schéma fází, křižovatka „I/45 – Dolní“, AŽD Praha s.r.o.

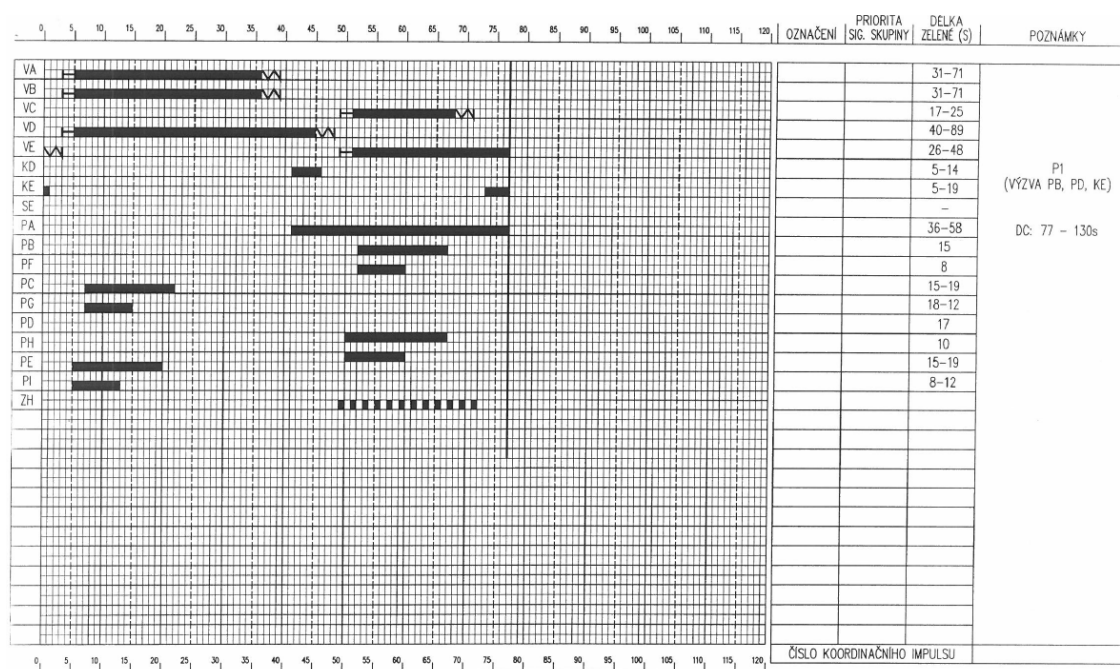


Obrázek 27: Signální plán, křižovatka „I/45 – Dolní“, AŽD Praha s.r.o.



Obrázek 28: Schéma fází, křižovatka „I/45 - Květná – Zeyerova“, AŽD Praha s.r.o.





Obrázek 29: Signální plán, křižovatka „I/45 - Květná – Zeyerova“, AŽD Praha s.r.o.

Za zmínku stojí, že na rameni „OC Kaufland“ jsou chodci vedeni přes dva směrovací/ochranné ostrůvky i přesto, že v podkladech od firmy AŽD Praha s.r.o. je tento přechod pro chodce vedený přes dělicí/ochranný ostrůvek viz Obrázek 30. Při pobytu u křižovatky pozorovatel zjistí, že hodně chodců dostane signál stůj na směrovacím/ochranném ostrově, který se nachází u ramene „I/45 směr Olomouc“. To vede k porušování pravidel a chodci chodí na signál stůj.



Obrázek 30: Návrh SSZ na křižovatce „I/45 - Dolní“, AŽD Praha s.r.o.

## 5.2. Návrh varianty 2

Ve druhé variantě byly navrženy turbo-okružní křižovatky. Varianta 2 je vyobrazena v Příloze 2.1: „Situace - varianta 2“. V Příloze 2.2: „Situace dopravního značení - varianta 2“ je zakresleno použité VDZ a SDZ.

Návrh byl proveden tak, aby co v největší míře kopíroval stávající stav, tedy aby stavební náklady byly co nejmenší. Přesto se jedná o turbo-okružní křižovatky a prostor této křižovatky je daleko rozsáhlejší, nežli je tomu u křižovatky průsečné.

Návrh turbo-okružní křižovatky byl proveden dle TP 135 „Projektování okružních křižovatek na silnicích a místních komunikacích“ [4].

Turbo-okružní křižovatka je řešením problému, jak zvýšit kapacitu okružní křižovatky a současně zachovat její vysokou míru bezpečnosti. Tato křižovatka je řešením zachovávajícím jednoduchý princip průjezdu křižovatkou bez potřeby změny jízdního pruhu. Díky vedení vozidla v jednom pruhu od vjezdu až po výjezd jsou eliminovány kolizní body vznikající na dvou-pruhových okružních křižovatkách [23].

### 5.2.1. Varianta 2 : křižovatka „I/45 - Květná - Zeyerova“

Pro turbo-okružní křižovátku „I/45 - Květná - Zeyerova“ byl navržen vnější průměr  $D = 46,00\text{ m}$ , tento průměr je však proměnlivý. Na okružním jízdním páse jsou navrženy dva pruhy. Vnější pruh má šířku 5,00 m a vnitřní pruh má šířku 4,00 m. Pro usnadnění pohybu nákladních vozidel byl navržen prstenec šířky 2,00 m okolo středového ostrova s konstrukcí zpevněné krajnice. Ten může být ojedinele pojížděn vozidly projíždějícími okružní křižovatkou, jeho pojíždění však nemá být pro řidiče příjemné. Prstenec má v příčném profilu odlišný sklon oproti přilehlému okružnímu jízdnímu pásu [2].

V hlavních směrech, tedy „Olomouc - Krnov“ a „Krnov - Olomouc“, byl zvolen poloměr vjezdu 15,00 m. Poloměr vjezdu na rameni „Květná“ a „Zeyerova“ byl navržen 12,00 m. Při návrhu byla použita zásada, že vjezd má být směřován nejvíce na střed okružní křižovatky. Poloměry výjezdu jsou na všech ramenech 20,00 m.

Na všech ramenech jsou navrženy dělící/ochranné ostrůvky, tak aby co v největší možné míře kopírovali jízdní dráhu vozidel.

Přechody pro chodce jsou navrženy s šířkou 4,00 m. Byla snaha odsadit přechody pro chodce o minimálně 5,50 m od hrany křižovatky a byly vybaveny prvky pro nevidomé a slabozraké.

Průjezd nákladních automobilů křižovatkou byl ověřen obalovými křivkami pomocí programu Auto TURN 8. Obalové křivky jsou součástí Přílohy 2.2: „Obalové křivky, křižovatka I/45 - Květná - Zeyerova, varianta 2“.

### 5.2.2. Varianta 2: křižovatka „I/45 - Dolní“

Pro turbo-okružní křižovatku „I/45 – Dolní“ byl navržen vnější průměr  $D = 42,00$  m, tento průměr je však proměnlivý. Na okružním jízdním páse jsou navrženy dva pruhy. Vnější pruh má šířku 5,00 m a vnitřní pruh má šířku 4,00 m. Pro usnadnění pohybu nákladních vozidel byl navržen prstenec šířky 1,5 m. Pro prstenec platí stejné podmínky, jaké jsou uvedeny v kapitole 5.2.1 „Varianta 3: křižovatka I/45 - Květná - Zeyerova“.

V hlavních směrech, tedy „Olomouc - Krnov“ a „Krnov - Olomouc“, byl zvolen poloměr vjezdu 14,00 m. Poloměr vjezdu na rameni Dolní a „OC Kaufland“ byl navržen 11,50 m. Při návrhu byla použita zásada, že vjezd má být směřován nejvíce na střed okružní křižovatky. Poloměry výjezdu jsou na ramenech Dolní a „I/45 směr Olomouc“ 19,50 m, na rameni „I/45 směr Krnov“ 19,00 m a na rameni „OC Kaufland“ 14,50 m.

Na ramenech „I/45 směr Olomouc“ a „OC Kaufland“ jsou navrženy dělicí/ochranné ostrůvky, tak aby co v největší možné míře kopírovaly jízdní dráhu vozidel. Na rameni „I/45 směr Krnov“ je navržena pojížděná plocha pro oddělení protisměrných jízdních pruhů, která přechází v dělicí pás. Pojížděná plocha byla navržena z důvodu její šířky 0,55 m, která neumožňuje vybudování dělicího ostrůvku s hranou výšky 0,12 m. Na rameni Dolní je použit pouze dopravní stín.

Přechody pro chodce jsou navrženy s šířkou 4,00 m. Byla snaha odsadit přechody pro chodce o minimálně 5,50 m od hrany křižovatky, čehož nebylo dosaženo na rameni „OC Kaufland“. Přechod pro chodce na rameni „I/45 směr Krnov“ ve stavu byl přesunut na rameno „I/45 směr Olomouc“ a to z důvodu nedostatečné šířky ochranného ostrova pro ochranu chodců, jelikož je v tomto místě komunikace čtyř-proudová. Přechody pro chodce byly vybaveny prvky pro nevidomé a slabozraké.

Průjezd nákladních automobilů křižovatkou byl ověřen obalovými křivkami pomocí programu Auto TURN 8. Obalové křivky jsou součástí Přílohy 2.3: „Obalové křivky, křižovatka I/45 - Dolní, varianta 2“.

### 5.3. Varianta 3

Ve třetí variantě byly navrženy okružní křižovatky. Varianta 3 je vyobrazena v Příloze 3.1: „Situace – varianta 3“. V Příloze 3.2: „Situace dopravního značení - varianta 3“ je zakresleno použité VDZ a SDZ.

Návrh byl proveden tak, aby co v největší míře kopíroval stávající stav, tedy aby stavební náklady byly co nejmenší. Přesto se jedná o okružní křižovatky a prostor této křižovatky je daleko rozsáhlejší nežli je tomu u křižovatky průsečné.

Návrh okružních křižovatek byl proveden dle TP 135 „Projektování okružních křižovatek na silnicích a místních komunikacích“ [4].

Okružní křižovatka je druh úrovně křižovatky, kde na okružní křižovatku vjíždějí všechna vozidla odbočením vpravo a pohybují se jednosměrně po okružním jízdním pásu proti směru hodinových ručiček k požadovanému výjezdu, na kterém odbočují vpravo. Okružní křižovatky lze výhodně použít zejména za účelem snížení závažnosti dopravních nehod nebo je-li třeba tvarem křižovatky zdůraznit konec komunikace s vyšší povolenou rychlostí, popř. změnu dopravního režimu nebo funkce komunikace (např. vjezd do obce apod.) [2].

#### 5.3.1. Varianta 3: křižovatka „I/45 - Květná - Zeyerova“

Pro okružní křižovatku „I/45 - Květná - Zeyerova“ byl navržen vnější průměr  $D = 35,00 \text{ m}$ . Okružní jízdní pás má šířku 4,50 m. Pro usnadnění pohybu nákladních vozidel byl navržen prstenec šířky 2,00 m. Pro prstenec platí stejné podmínky, jaké jsou uvedeny v kapitole 5.2.1 „Varianta 2: křižovatka I/45 - Květná – Zeyerova“.

V křižovatce byly zřízeny také dvě spojovací větve. Spojovací větev křižovatky je jízdní pruh nebo pás, který spojuje dvě sousední větve okružní křižovatky mimo okružní jízdní pás křižovatky a umožňuje odlehčení křižovatky uskutečněním pravého odbočení po této spojovací větvi bez napojení na okružní jízdní pás křižovatky. [2]

Spojovací větve byly použity následovně:

- pro pravé odbočení ze směru Olomouc na ulici Květná
- pravého odbočení ze směru Zeyerova ve směru Olomouc.

Dle kapitoly 4.1.1 „Průzkum křižovatky I/45 - Květná – Zeyerova“ byly stanoveny tyto směry za nejméně vytížené pravé odbočení. Spojovací větve mají šířku 4,50 m a jsou odděleny pojížděným směrovacím ostrůvkem od okružního jízdního pásu. Z prostorových důvodů nelze použít fyzické oddělení pomocí směrovacího ostrůvku s výškou hrany 0,12 m.

Na rameni „I/45 směr Olomouc“ je použit poloměr vjezdu a poloměr výjezdu 15,00 m. Poloměr vjezdu spojovací větve je 15,00 m. Zde je taky umístěn dělicí/ochranný ostrůvek, jeho část u výjezdu z křižovatky je pojížděná. Na rameni Květná je použit poloměr vjezdu 12,00 m a poloměr výjezdu 15,00. Protisměrné pruhy jsou odděleny dělicím/ochranným ostrůvkem. Na rameni „I/45 směr Krnov“ je použit poloměr vjezdu 12,00 m a poloměr výjezdu 15,00 m. Na vjezdu je použita pojížděná srpovitá krajnice. Je to zpevněný okraj vozovky na pravé straně připojovacího oblouku sousedního vjezdu a výjezdu a má půdorys ve tvaru srpů. Slouží pro ojedinělý pojezd vozidly s větším poloměrem zatáčení. Srpovitá krajnice má poloměr 18,00 m. Na tomto rameni je umístěn dělicí/ochranný ostrůvek. Na rameni Zeyerova je použit poloměr vjezdu 12,00 m a poloměr výjezdu 15,00 m. Poloměr vjezdu spojovací větve je 15,00 m. Nachází se zde dělicí/ochranný ostrůvek.

Přechody pro chodce jsou navrženy s šířkou 4,00 m. Byla snaha odsadit přechody pro chodce o minimálně 5,50 m od hrany křižovatky. Přechody pro chodce byly vybaveny prvky pro nevidomé a slabozraké.

Průjezd nákladních automobilů křižovatkou byl ověřen obalovými křivkami pomocí programu Auto TURN 8. Obalové křivky jsou součástí Přílohy 3.2: „Obalové křivky, křižovatka I/45 - Květná - Zeyerova, varianta 3“.

### 5.3.2. Varianta 3: křižovatka „I/45 - Dolní“

Pro okružní křižovatku „I/45 - Dolní“ byl navržen vnější průměr  $D = 35,00$  m. Okružní jízdní pás má šířku 4,50 m. Pro usnadnění pohybu nákladních vozidel byl navržen

prsteneč šířky 2,00 m. Pro prsteneč platí stejné podmínky, jaké jsou uvedeny v kapitole 5.2.1 „Varianta 2: křižovatka I/45 - Květná - Zeyerova“.

V křižovatce byla zřízena spojovací větev. Spojovací větev byla použita na rameni „OC Kaufland“ pro pravé odbočení ve směru Krnov. Dle kapitoly 4.1.2 „Křižovatkový průřez křižovatky I/45 - Dolní“ byl stanoven tento směr za nejméně vytížené pravé odbočení. Spojovací větev má šířku 4,50 m a je oddělena pojížděným směrovacím ostrůvkem od okružního jízdního pásu. Z prostorových důvodů nelze použít fyzické oddělení pomocí směrovacího ostrůvku s výškou hrany 0,12 m.

Na rameni „I/45 směr Olomouc“ je použit poloměr vjezdu 12,00 m a poloměr výjezdu 15,00 m. Zde je také umístěn dělicí/ochranný ostrůvek. Na rameni „OC Kaufland“ je použit poloměr vjezdu 12,00 m a poloměr výjezdu 15,00. Poloměr vjezdu spojovací větve je 15,00 m. Protisměrné pruhy jsou odděleny dělicím/ochranným ostrůvkem. Na rameni „I/45 směr Krnov“ je použit poloměr vjezdu 12,00 m a poloměr výjezdu 18,00 m. Na tomto rameni je umístěn dělicí pás délky 70 m. Na tomto rameni byl původní vjezd dvou-pruhový, vnější pruh byl použit jako připojovací pruh křižovatky „I/45 - Květná - Zeyerova“. V návrhu je vjezd jednopruhový a zbylá šířka byla použita pro místo se zelení. Na rameni Dolní je použit poloměr vjezdu 12,00 m a poloměr výjezdu 15,00 m. Nachází se zde dělicí ostrůvek.

V návrhu byla použita pojížděná srpovitá krajnice a to následovně:

- na rameni „I/45 směr Olomouc“ - na vjezdu s poloměrem 18,00 m a na výjezdu s poloměrem 20,00 m,
- na rameni „I/45 směr Krnov“ - na vjezdu s poloměrem 18,00 m,
- na rameni Dolní - na výjezdu s poloměrem 20,00 m.

Přechody pro chodce jsou navrženy s šířkou 4,00 m. Byla snaha odsadit přechody pro chodce o minimálně 4,00 m od hrany křižovatky. Přechod na rameni „I/45 směr Krnov“ v původním stavu byl přesunut na rameno „I/45 směr Olomouc“ z důvodu bezpečnějšího přechodu přes jeden jízdní pruh a z důvodu vazby na „OC Kaufland“. Přechody pro chodce byly vybaveny prvky pro nevidomé a slabozraké.

Průjezd nákladních automobilů křižovatkou byl ověřen obalovými křivkami pomocí programu Auto TURN 8. Obalové křivky jsou součástí Přílohy 3.3: „Obalové křivky, křižovatka I/45 - Dolní, varianta 3“.

## 6. Model dopravy

Dopravní modelování je moderní disciplínou dopravního inženýrství. Přestože vlastní modelování je poměrně náročné a vyžaduje vysoký stupeň znalosti v dané problematice, výstupy z dopravních modelů jsou velice přehledné a dokážou dát jasnou odpověď na otázky spojené s analýzou současného stavu i stavu prognózovaného. [24]

Dopravní model lze s úspěchem využít pro potřeby:

- budování nové dopravní infrastruktury,
- **rozhodování o variantách** a kategoriích komunikací v dopravních generelech a územních plánech,
- **kapacitního posuzování silniční sítě a křižovatkových uzlů,**
- optimalizace hromadné dopravy,
- organizace veřejné hromadné dopravy osob,
- zřizování nových tras nebo linek hromadné dopravy [24].

Modelování křižovatky je úlohou mikrosimulační. Postup vytvoření mikrosimulačního modelu vychází z několika kroků:

- získání vstupních dat (z dopravních průzkumů),
- tvorba modelu, u něhož se provede analýza vstupních dat (verifikace),
- kalibrace (pokud model neodpovídá realitě),
- validace (ověření výsledků oproti vybranému kalibračnímu parametru),
- prezentace výsledků.

Data pro tvorbu modelu byla získána křižovatkovým průzkumem viz kapitola 4: „Dopravní průzkumy“.

Pro dopravní modelování byl použit program PTV VISSIM 7.

### 6.1. Tvorba modelů

Mikrosimulační model všech variant byl nejprve vytvořen pro špičkovou hodinu, následně byla ověřena správná funkce modelu a dále byl vytvořen mikrosimulační model pro špičkovou hodinu s predikcí pro 20 let, tedy pro rok 2035.

Program PTV VISSIM 7 umožňuje vložení pozadí ve formátu dwg. Po vložení pozadí jako podkladu pro tvorbu infrastruktury modelu, byly v modelu nataženy linky a konektory. Linky a konektory tvoří dráhu pro jízdu vozidel. Zároveň jsou vektorově orientovány, tedy jejich vytvořením definujeme směr, kterým budou vozidla jezdit. To samé platí pro přechody pro chodce. Ty se vkládají stejně, akorát se změní ve vlastnostech linky „Behavior type“ (typ chování) z Urban na Footpath (tedy chodník). Tvorba infrastruktury je zobrazena na Obrázku 31.



Obrázek 31: Linky a konektory

Dalším krokem bylo vložení vstupů vozidel a chodců. Intenzity vstupů vozidel byly vloženy v intervalech 5 minut pro každou třídu vozidel. Intenzity intervalů 5 minut byly přepočítány na hodinové intenzity. To samé bylo provedeno i pro intenzity chodců. V modelu byly použity následující třídy vozidel:

- osobní automobily,
- autobusy,
- těžká nákladní vozidla,
- lehká nákladní vozidla.

Následně bylo vytvořeno směrování vozidel tzv. routování. Routování vychází z křižovatkového průzkumu. Intenzity jednotlivých směrů byly opět rozděleny



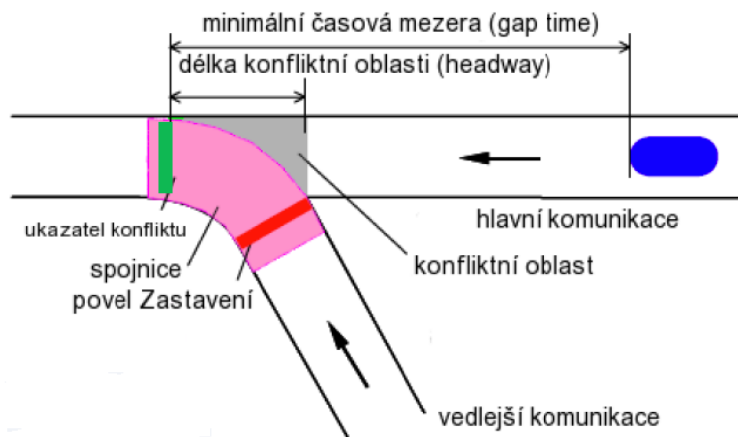
v intervalech 5 minut a přepočítány na hodinové intenzity. Routování je zobrazeno na Obrázku 33 (fialové a modré čáry).

Dalším krokem bylo nastavení redukováných rychlostních zón. To je nutné z důvodu nižší rychlosti v průjezdu křižovatkou. Pro variantu 1, tedy téměř stávající stav, byly rychlosti průjezdu křižovatkou, rychlosti před křižovatkou a rychlosti v mezikřižovatkovém úseku změřeny pomocí laserového radaru Riegl. Ve variantách 2 a 3 musel být proveden odhad na základě odborného posouzení. Byly určeny tyto rychlosti:

- na okružním jízdním pásu 25 km/h pro OA, 20 km/h pro LN, 15 km/h pro TN,
- na vjezdech a výjezdech do/z křižovatky 30 km/h pro OA, 25 km/h pro LN a 20 km/h pro TN.

Tvorba redukováných rychlostních zón je zobrazena na Obrázku 33 (žluté zóny).

Dalším krokem bylo nastavení „Priority Rules“, tedy předností v jízdě. Nastavení předností v jízdě činíme v souladu s pravidly silničního provozu. Při nastavování této přednosti je důležitou částí nastavení minimální časové mezery. Tato mezera udává čas, při kterém se vozidlo na vedlejší komunikaci rozhoduje, jestli zastaví. Časová mezera je zobrazena na Obrázku 32. Tvorbu předností v jízdě dokumentuje Obrázek 33 (červené a zelené čáry).



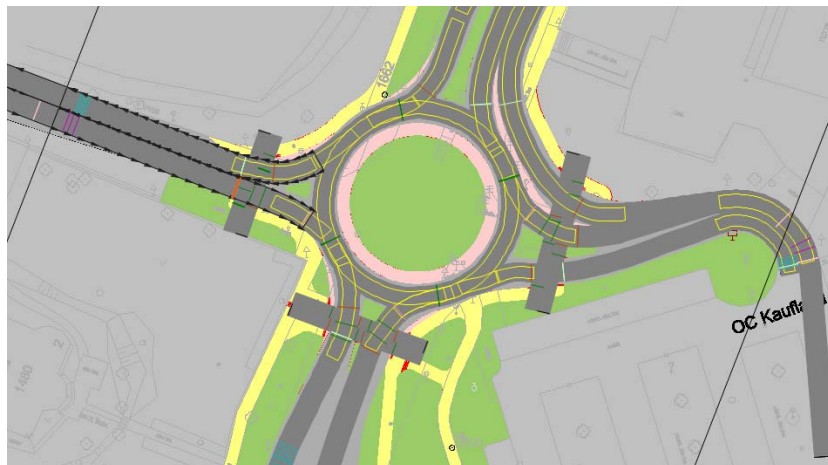
Obrázek 32: Časová mezera [13]

V modelu byly použity následující časové mezery:

- 3,8 s pro OA,

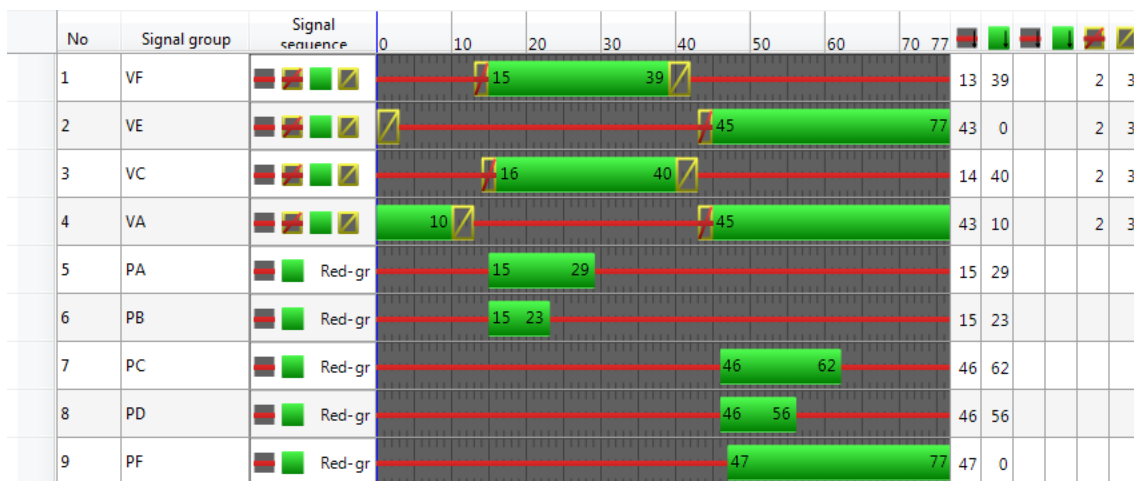
- 4,0 s pro LN,
- 4,2 s pro TN.

Časové mezery byly v některých případech prodlouženy až o 0,7 s. U přechodů pro chodce byly použity časové mezery 6-8 s.

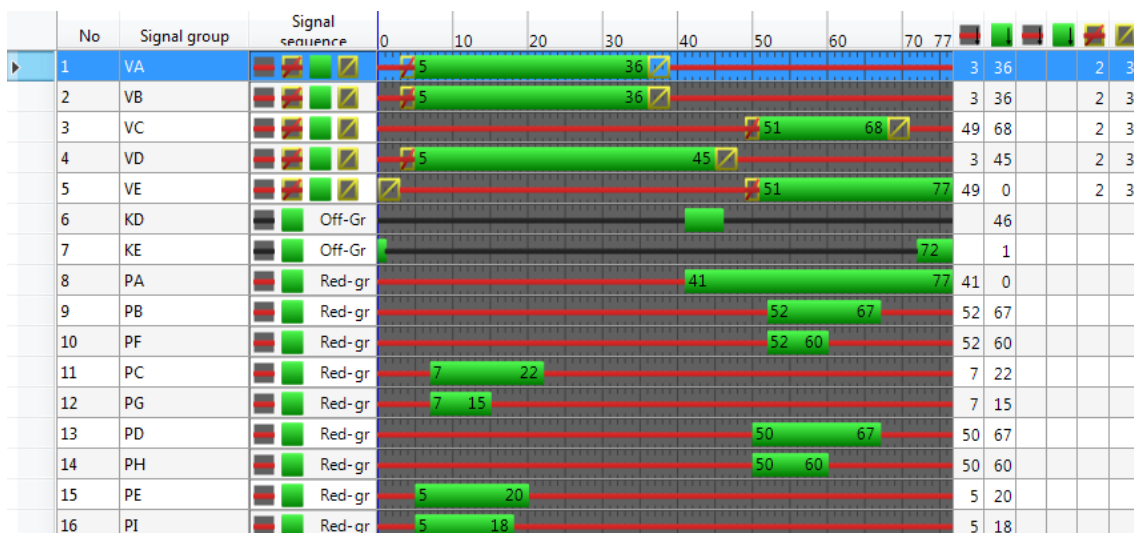


Obrázek 33: Tvorba modelu

Posledním krokem, tedy pouze pro variantu 1, je umístění SSZ do situace. Bloky SSZ se umísťují do míst stopčáry. V kartě „Signal control“ byly vytvořeny signální programy dle signálních plánů zobrazených na Obrázku 27 až Obrázku 29. Jak již bylo zmíněno v kapitole 5.1 „Varianta 1“, nebyly dodány dostatečné podklady pro tvorbu dynamického řízení. Navíc pro koordinaci obou křižovatek jsou vhodnější pevné signální plány. Délky cyklu jsou u obou křižovatek zvoleny na 77 s. U signálního programu křižovatky „I/45 – Dolní“ je nastaven offset 35 s. Signální plány použité pro mikrosimulační model (vytvořeny v aplikaci VISSIG) jsou zobrazeny na Obrázku 34 a Obrázku 35.



Obrázek 34: Signální program křižovatky „I/45 – Dolní“



Obrázek 35: Signální program křižovatky „I/45 – Květná – Zeyerova“

Výsledný 3D pohled na model varianty 1 je zobrazen na Obrázku 36, model varianty 2 je zobrazen na Obrázku 37.



Obrázek 36: Mikrosimulační model varianty 1



Obrázek 37: Mikrosimulační model varianty 2

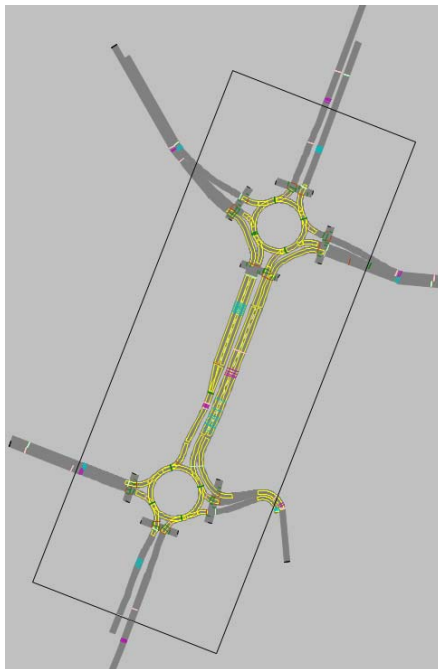
## 6.2. Výstupy simulace

Průběh simulace poměrně přesně dokumentoval reálnou dopravní situaci. Pro srovnání variant byly použity výhledové intenzity a ty byly již v hotových modelech změněny.

Před prezentací výsledků je nutné zmínit, že model počítá s absolutní slušností jednotlivých účastníků silničního provozu a s absolutním respektováním podmínek silničního provozu. To způsobuje v simulacích větší zdržení než by reálně nastalo. Jedná se například o situaci na přechodu pro chodce, kdy automobil dá přednost chodci, který se k přechodu přibližuje. Tato skutečnost se reálně vyskytuje velice ojediněle.

Srovnání variant bylo provedeno pomocí tří bloků měření. Jedná se o blok Travel time (cestovní doba, založená na úsekovém měření), Queue counters (délka fronty) a Nodes (oblast-celkové zdržení v oblasti). Nodes je vymezen polygonem, který ohraničí sledovanou oblast. Není důležitý přesný pohyb vozidla v oblasti, ale jen jeho zdržení oproti ideálnímu průjezdu. Nodes je zobrazen na Obrázku 38 (obdélník).

Vždy je zapotřebí porovnávat dvě veličiny, v případě této diplomové práce je druhou veličinou počet vozidel.



Obrázek 38: Nodes

Výsledky uvedené v Tabulkách 2 – 5, 7 a 8 jsou průměrné hodnoty z 10 simulačních kol, přičemž byla nastavená jiná hodnota Random seed.

Hodnota Random seed inicializuje generátor náhodných čísel. Při stejném nastavení Random seed bychom měli pokaždé dojít ke stejným výsledkům. Při změně random seed stochastická funkce v programu VISSIM přiřadí odlišné sekvence hodnot a tím změní dopravní proud. Pro získání výsledků je potřeba nastavit více než jedno simulační kolo (v praxi se používá od 10-20 kol) s různým random seed [9].

Tabulka 2: Cestovní doby

	Varianta 1		Varianta 2		Varianta 3	
	Poč. vozidel	Travel Time [s]	Poč. vozidel	Travel Time [s]	Poč. vozidel	Travel Time [s]
Dolní - Olomouc	13	32,61	13	19,91	12	27,26
Dolní - Kaufland	17	33,44	19	29,78	18	29,14
Dolní - Květná	5	66,79	5	48,64	5	49,72
Dolní - Krnov	27	65,95	27	54,76	26	58,17
Dolní - Zeyerova	5	78,94	5	55,58	7	57,89
Olomouc - Kaufland	28	24,08	28	17,84	32	23,57
Olomouc - Květná	54	44,63	51	38,80	56	41,81
Olomouc - Krnov	345	45,43	346	42,47	351	52,85
Olomouc - Zeyerova	70	52,84	74	38,36	69	52,54
Olomouc - Dolní	29	50,66	27	25,03	21	30,00
Kaufland - Květná	16	65,85	17	37,40	15	31,25
Kaufland - Krnov	95	62,52	90	39,46	94	41,68
Kaufland - Zeyerova	23	74,06	23	35,16	23	41,75
Kaufland - Dolní	26	31,39	27	28,96	28	25,73
Kaufland - Olomouc	47	33,80	44	30,64	44	27,81
Květná - Krnov	21	40,21	22	19,13	21	32,32
Květná - Zeyerova	51	40,94	46	26,17	45	44,12
Květná - Dolní	15	71,38	17	50,62	17	72,08
Květná - Olomouc	91	68,70	86	52,44	85	74,21
Květná - Kaufland	25	88,45	28	53,61	27	69,39
Krnov - Zeyerova	59	28,00	58	15,98	63	26,56
Krnov - Dolní	53	46,29	50	40,34	53	56,69
Krnov - Olomouc	339	46,80	333	42,94	342	56,69
Krnov - Kaufland	98	56,72	96	45,55	101	60,47
Krnov - Květná	25	47,54	22	22,83	22	31,01
Zeyerova - Dolní	9	54,78	11	35,14	13	39,89

	Varianta 1		Varianta 2		Varianta 3	
	Poč. vozidel	Travel Time [s]	Poč. vozidel	Travel Time [s]	Poč. vozidel	Travel Time [s]
Zeyerova - Olomouc	70	58,20	72	37,11	72	43,69
Zeyerova - Kaufland	23	73,84	26	40,37	20	47,54
Zeyerova - Květná	74	32,50	77	25,62	74	32,67
Zeyerova - Krnov	125	36,54	128	27,62	121	35,90

Bloky, které měří v mikrosimulačním modelu cestovní dobu, byly vloženy ve všech variantách přesně na stejné místo a to na všechny vstupy do sledované oblasti křižovatek:

- vstup od Olomouce,
- vstup od Krnova,
- vstup na rameni Květná
- vstup na rameni Zeyerova,
- vstup na rameni Dolní,
- vstup na rameni OC Kaufland.

Každý sledovaný úsek byl dlouhý 50 – 250 m pro všechny varianty s menší odlišností dle geometrie křižovatky.

Tabulka 2 ukazuje naměřené hodnoty cestovních dob. Pomocí této tabulky můžeme zhodnotit jednotlivé varianty pomocí cestovní doby průjezdu křižovatkami. Je zřejmé, že nejkratší cestovní doby jsou u varianty 2: turbo-okružní křižovatky. Varianta 2 má výrazně kratší cestovní doby ve všech směrech oproti variantě 1. Ve třech případech (vyznačené zelenou barvou v Tabulce 2) jsou cestovní doby kratší pro variantu 3 než pro variantu 2. Jsou to směry „OC Kaufland - Květná“, „OC Kaufland - Dolní“ a „OC Kaufland - Olomouc“. Směr „OC Kaufland - Květná“ může být kratší ve variantě 3 z důvodu existence spojovacích větví jak na výjezdu ze směru OC Kaufland tak na vjezdu ve směru Květná.

V hlavních směrech, ve směrech největší intenzity dle kapitoly 4: „Dopravní průzkumy“, jsou cestovní doby nejkratší u varianty 2, následuje varianta 1 a varianta 3 (vyznačeno červeně v Tabulce 2). Další směry, ve kterých jsou cestovní doby kratší ve variantě 1 než ve variantě 3, jsou vyznačeny oranžovou barvou v Tabulce 2. Toto chování může být způsobeno koordinací křižovatek řízených SSZ. Protože se jedná skoro

o 1000 vozidel, což je víc jak polovina, můžeme říct, že varianta 1: křižovatky řízené SSZ je z hlediska cestovní doby lepším řešením než varianta 3: okružní křižovatky.

Pořadí variant z hlediska cestovních dob:

1. varianta 2: turbo-okružní křižovatky,
2. varianta 1: křižovatky se SSZ,
3. varianta 3: okružní křižovatky.



Tabulka 3: Celkové zdržení v oblasti

	Varianta 1		Varianta 2		Varianta 3	
	Poč. vozidel	Delay [s]	Poč. vozidel	Delay [s]	Poč. vozidel	Delay [s]
Dolní - Olomouc	13	20,11	13	8,26	12	14,19
Dolní - Kaufland	17	18,62	19	13,37	18	12,90
Dolní - Květná	5	39,76	5	14,35	5	17,02
Dolní - Krnov	27	37,85	27	19,02	26	20,18
Dolní - Zeyerova	5	48,51	5	21,24	7	18,35
Olomouc - Kaufland	28	13,34	28	6,53	32	14,41
Olomouc - Květná	54	20,06	51	11,29	56	15,52
Olomouc - Krnov	345	19,96	346	12,28	351	21,02
Olomouc - Zeyerova	70	25,18	74	9,70	69	19,62
Olomouc - Dolní	29	38,85	27	4,94	21	13,22
Kaufland - Květná	16	40,30	17	12,37	15	5,92
Kaufland - Krnov	95	36,40	90	12,19	94	11,11
Kaufland - Zeyerova	23	45,90	23	8,81	23	9,79
Kaufland - Dolní	26	18,11	27	8,89	28	8,79
Kaufland - Olomouc	47	18,52	44	9,65	44	8,73
Květná - Krnov	21	26,25	22	5,64	21	18,34
Květná - Zeyerova	51	25,82	46	10,74	45	31,23
Květná - Dolní	15	43,52	17	15,85	17	39,34
Květná - Olomouc	91	40,33	86	17,09	85	40,91
Květná - Kaufland	25	59,93	28	14,01	27	30,72
Krnov - Zeyerova	59	17,52	58	3,35	63	15,63
Krnov - Dolní	53	20,29	50	7,89	53	28,98
Krnov - Olomouc	339	20,10	333	8,84	342	25,70
Krnov - Kaufland	98	29,97	96	8,01	101	25,89
Krnov - Květná	25	31,70	22	3,95	22	12,37
Zeyerova - Dolní	9	30,17	11	8,38	13	13,45
Zeyerova - Olomouc	70	32,94	72	7,96	72	15,09
Zeyerova - Kaufland	23	48,01	26	8,00	20	14,48
Zeyerova - Květná	74	18,26	77	10,27	74	16,30
Zeyerova - Krnov	125	21,64	128	10,63	121	16,34
celkové zdržení	1876	25,54	1866	10,31	1873	20,88

Tabulka 3 nám ukazuje výstup simulace pomocí bloku Nodes. Stejně jako v předchozím příkladě byl blok Nodes (oblast) vložen přesně na stejné místo ve všech variantách. Varianty budou porovnávány pomocí veličiny Delay, tedy zdržení. Zdržení

je definováno jako doba, o kterou se průjezd simulací prodlouží oproti času ideálního průjezdu simulací. Opět bychom mohli srovnat varianty stejně jako v předchozím případě, ale tentokrát nás zajímá pouze celkové zdržení (část vyznačena modrou barvou v Tabulce 3). Opět se jeví jako nejlepší variantou varianta 2, zdržení je výrazně menší oproti ostatním variantám. Varianta 3 má menší zdržení než varianta 1.

Pořadí variant z hlediska zdržení:

1. varianta 2: turbo-okružní křižovatky,
2. varianta 3: okružní křižovatky,
3. varianta 1: křižovatky se SSZ.

Tabulka 4: Délka kolony křižovatka „I/45 – Dolní“

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Dolní	1,90	0,93	0,99
Olomouc	10,95	2,50	8,42
Kaufland	4,41	0,77	0,79
Krnov	4,90	0,87	2,71

Tabulka 5: Délka kolony křižovatka „I/45 – Květná – Zeyerova“

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Olomouc	4,21	2,64	4,87
Květná	5,40	2,78	10,11
Krnov	11,01	1,24	10,47
Zeyerova	5,04	0,17	4,91

Následuje srovnání z hlediska délky kolon. Kolona je v programu VISSIM definována pomocí následujících parametrů:

- Begin:  $v < 5$  km/h, vozidlo se nachází v koloně, pokud jeho rychlost klesne pod 5 km/h,
- End:  $v > 10$  km/h, vozidlo opouští kolonu, když je jeho rychlost vyšší než 10 km/h,
- Max. headway: 20 m, jedná se o maximální rozestup, tedy vzdálenost mezi 2 vozidly, při které nedojde k porušení řady za sebou jedoucích vozidel,

- Max. length: 500 m, maximální vzdálenost, do které se má délka kolony vyhodnocovat.
- A zvolíme Consider adjacent lanes, tedy bereme v úvahu přilehlé jízdní pruhy, přilehlé jízdní pruhy budou součástí vyhodnocení [14].

Blok Queue counter se vkládá přímo na stopčáru. Tento blok byl vložen na každé rameno. Na křižovatce „I/45 – Dolní“ je vidět výrazně nejhorší řešení - varianta 1 (Tabulka 4). Na křižovatce „I/45 - Květná - Zeyerova“ je rozdíl ve variantách 1 a 3 skoro zanedbatelný (Tabulka 5).

Pořadí variant z hlediska délky kolon:

1. varianta 2: turbo-okružní křižovatky,
2. varianta 3: okružní křižovatky,
3. varianta 1: křižovatky se SSZ.

Tabulka 6: Úroveň kvality dopravy

Úroveň kvality dopravy		Střední doba zdržení [s]
Označení	Charakteristika kvality dopravy	
A	Velmi dobrá	< = 20
B	Dobrá	< = 35
C	Uspokojivá	< = 50
D	Dostatečná	< = 70
E	Nestabilní stav	> 70
F	Překročená kapacita	*

Tabulka 7: Vyhodnocení ÚKD křižovatka „I/45 – Dolní“

	Varianta 1		Varianta 2		Varianta 3	
	Vehicle Delay	ÚKD	Vehicle Delay	ÚKD	Vehicle Delay	ÚKD
Olomouc-Kaufland	12,12	A	4,97	A	9,38	A
Olomouc-Krnov	14,40	A	4,26	A	8,31	A
Olomouc-Dolní	36,77	B	3,79	A	8,31	A
Kaufland-Krnov	20,32	B	4,90	A	1,86	A
Kaufland-Dolní	17,42	A	8,72	A	7,65	A
Kaufland-Olomouc	17,51	A	9,32	A	7,73	A
Krnov-Dolní	0,58	A	2,34	A	3,81	A
Krnov-Olomouc	0,20	A	3,59	A	4,76	A
Krnov-Kaufland	9,47	A	3,15	A	5,77	A
Dolní-Olomouc	18,05	A	6,93	A	12,74	A
Dolní-Kaufland	16,61	A	11,94	A	11,27	A
Dolní-Krnov	26,19	B	11,94	A	10,87	A
UKD	B		A		A	

Tabulka 8: vyhodnocení ÚKD křižovatka „I/45 – Květná – Zeyerova“

	Varianta 1		Varianta 2		Varianta 3	
	Vehicle Delay	ÚKD	Vehicle Delay	ÚKD	Vehicle Delay	ÚKD
Olomouc-Květná	6,08	A	5,16	A	1,89	A
Olomouc-Krnov	4,67	A	5,35	A	6,56	A
Olomouc-Zeyerova	12,58	A	3,25	A	6,00	A
Květná-Krnov	24,38	B	4,67	A	14,61	A
Květná-Zeyerova	24,50	B	9,77	A	24,13	B
Květná-Olomouc	27,87	B	10,92	A	22,08	B
Krnov-Zeyerova	13,71	A	2,38	A	6,51	A
Krnov-Olomouc	13,40	A	3,22	A	6,99	A
Krnov-Květná	29,57	B	3,05	A	6,10	A
Zeyerova-Olomouc	17,88	A	2,55	A	0,71	A
Zeyerova-Květná	17,07	A	8,80	A	14,81	A
Zeyerova-Krnov	20,36	B	9,36	A	15,25	A
UKD	B		A		B	

Posledním srovnání je pomocí ÚKD. Pro určení ÚKD je rozhodující celkový ztrátový čas průjezdu křižovatkou. To lze v programu VISSIM vyřešit pomocí bloku Travel Time a Delay Measurement. Blok začátku měření ztrátového času se vloží na konec fronty

na každém rameni a konec měření hned za hranu křižovatky, případně za přechod pro chodce na výjezdu z křižovatky. Následné hodnoty ztrátových časů jsou porovnány s Tabulkou 6. V Tabulce 7 a 8 jsou pak shrnuty výsledky.

Pořadí variant z hlediska ÚKD:

1. varianta 2: turbo-okružní křižovatky,
2. varianta 3: okružní křižovatky,
3. varianta 1: křižovatky se SSZ.

## 7. Závěr

Byl zhodnocen stávající stav křižovatek na ulici Dr. E. Beneše. Některé změny, které nebyly brány v potaz při návrhu křižovatek, nejsou vhodné. Jedná se například o změnu řadících pruhů na rameni Květná, kde přímému směru překáží v přímé jízdě dopravní ostrůvek. Dále je nevhodné řešení přechodu pro chodce na rameni „OC Kaufland“, kde návrh signálního plánu počítal s vedením chodců přes dělicí ostrůvek, nikoli přes poměrně menší směrovací/ochranný ostrůvek. Další chybou je vedení řidičů na rameni Zeyerova na dělicí/ochranný ostrůvek na rameni „I/45 směr Olomouc“. Stejná chyba se vyskytuje u druhé křižovatky na rameni Dolní. U obou křižovatek jsou chybně provedeny prvky pro nevidomé a slabozraké (ne však na všech ramenech).

V dalším kroku byly provedeny dopravní průzkumy. Jednalo se o průzkum křižovatkový, tedy ten, který sleduje pohyb vozidel v křižovatce. Sledovaná vozidla byla rozdělena do 6 tříd (jízdni kola, motocykly, osobní automobily, autobusy, lehká nákladní vozidla a těžká nákladní vozidla). Byla zjištěna špičková hodina, tedy čas 14:30 až 15:30. Intenzity v této hodině byly použity pro tvorbu mikrosimulačních modelů. Ve špičkovou hodinu byl proveden i průzkum pěších na přechodech pro chodce, což je také důležitý podklad pro tvorbu modelů.

Byly navrženy tři možnosti prostorového uspořádání křižovatek na ulici Dr. E. Beneš v Bruntále. Varianta 1 byla ponechána ve stávajícím stavu, tedy křižovatky řízené SSZ, jen s drobnými úpravami hran ostrůvků, tak aby více kopírovaly dráhu vozidel. Ve variantě 2 byly navrženy turbo-okružní křižovatky s vnějším poloměrem 23 m a 21 m. Ve variantě 3 byly navrženy okružní křižovatky o vnějších poloměrech 17,5 m.

Následně byly zpracovány mikrosimulační modely všech variant v programu VISSIM. Po ověření správné funkce modelu byly intenzity v modelech upraveny na intenzity s predikcí na 20 let. Výstupy ze simulací byly použity pro srovnání variant. Veličiny použity pro srovnání jsou následující: cestovní doba, celkové zdržení v oblasti, délka kolon a ÚKD.

Z hlediska posouzení parametrů vyjadřující kvalitu dopravy je varianta 2: turbo-okružní křižovatky jednoznačně nejvhodnějším řešením. Turbo-okružní křižovatka je kombinací

převedení velkých objemů dopravy (křižovatka řízená SSZ) a bezpečnosti (okružní křižovatka). Avšak trend turbo-okružních křižovatek přišel až daleko poté, co se město rozhodlo postavit křižovatku řízenou SSZ. Diplomová práce ukazuje prospěšnost turbo-okružních křižovatek.

V roce 2006 mělo město na výběr ze dvou variant, křižovatky se SSZ a okružní křižovatky. Dopravní modely ukazují, že lepším řešením je varianta 3: okružní křižovatky. V hlavních směrech „Olomouc - Krnov“ a „Krnov - Olomouc“, tedy ve směru pohybu velké části vozidel, jsou výsledky příznivější pro variantu 1. V těchto směrech jsou křižovatky v koordinaci. Tyto příznivé výsledky varianty 1 se neliší nijak zásadně oproti variantě 3. Proto lze prohlásit, že varianta 3 v mikrosimulačních modelech zvítězila před variantou 1.

Křižovatky nepřevádějí takový objem dopravy, aby bylo nutné řízení pomocí SSZ, a to i přes porovnávání modelů, kde byly zadány intenzity s prognózou na 20 let. Nízké intenzity dopravy na křižovatce řízené SSZ způsobují zdržování dopravy. Dalším plusem pro variantu 3 je skutečnost, že v roce 2020 má být uveden do provozu východní obchvat Bruntálu, který odstraní velkou část tranzitní dopravy.

Pro město Bruntál byly rozhodující v roce 2006 náklady. Cenové náklady je však nutné rozdělit do dvou skupin. Počáteční náklady na výstavbu bývají u okružní křižovatky 2x větší, než je tomu u křižovatky se SSZ. Druhou skupinou jsou náklady na údržbu a provoz křižovatky. U okružní křižovatky jsou tyto náklady zanedbatelné, náklady u křižovatek řízených SSZ zahrnují spotřebu elektrické energie, pravidelné revize, nákup a výměnu žárovek v návěstidlech. K tomu je zapotřebí proškolený personál a vozidla s pracovní plošinou z čehož vyplývá, že náklady na údržbu a provoz se pohybují okolo 100 000 Kč za rok na jednu křižovatku. Ve výhledu 30 let se náklady na výstavbu okružní křižovatky vyrovnají s náklady křižovatky řízené SSZ. Jelikož životnost komunikace je 25 let, varianta 1 se jeví lepší oproti variantě 3 z hlediska nákladů.

Výhodou okružních křižovatek jsou méně závažné následky dopravních nehod a nižší počet kolizních bodů. Okružní křižovatka zároveň přispívá ke zpomalení a zklidnění dopravy, má estetický význam a je to urbanistický prvek.

Výhody křižovatky řízené SSZ je možnost zapojení křižovatky do koordinace s dalšími křižovatkami, možnost preference vozidel IZS, bezpečnější převedení chodců, kratší

chodecké trasy, lepší převedení cyklistů, menší zábor pozemků a vyšší kapacita, i když v tomto konkrétním případě již bylo prokázáno, že kapacita není problém ani u křižovatky okružní.

Výhody varianty 1 jsou zároveň nevýhody varianty 3 a naopak. Velkou výhodou křižovatek řízených SSZ jsou nižší náklady. Naopak velkou výhodou okružních křižovatek je jejich bezpečnost.

Výše uvedené skutečnosti jasně ukazují, že okružní křižovatky jsou lepším řešením než křižovatky řízené SSZ. Pokud by město mělo možnost přestavby křižovatek, nejlepším řešením by byla přestavba na turbo-okružní křižovatky.

Před rokem 2006 byla situace na ulici Dr. E. Beneše velice špatná. Z finančních důvodů město mělo možnost rekonstrukce na křižovatky řízené SSZ nebo počkat a doufat, že ŘSD zařadí křižovatky do svých investičních plánů. Z tohoto pohledu lze prohlásit, že se město rozhodlo zcela správně.



## 8. Seznam použité literatury

- [1] KOČÁRKOVÁ, Dagmar, KOCOUREK, Josef, JACURA, Martin: *Základy dopravního inženýrství*, ČVUT, Praha, 2009
- [2] *Projektování místních komunikací: ČSN 73 6110*. 1. vyd. Praha: Český normalizační institut, 2006, 128 s.
- [3] *Projektování křižovatek na pozemních komunikacích: ČSN 73 6102*. 1. vyd. Praha: Český normalizační institut, 2007, 180 s.
- [4] MALINA, Tomáš. *Projektování okružních křižovatek na silnicích a místních komunikacích: TP 135*. 2. vyd. Slezská Ostrava: Pro MD ČR vydalo nakl. V-projekt, 2000, 54 s.
- [5] SEIDL, Antonín. *Zásady pro dopravní značení na pozemních komunikacích: TP 65*. 2. vyd. Praha: MD, 2012, 156 s.
- [6] *Zásady pro navrhování světelných signalizačních zařízení na pozemních komunikacích: TP 81*. 2. vyd. Brno: CDV, 2006, 130 s.
- [7] SEIDL, Antonín. *Zásady pro vodorovné dopravní značení: TP 133*. 1. vyd. Praha: MD, 2013, 84 s.
- [8] *Vlečné křivky pro ověřování průjezdnosti směrových prvků pozemních komunikací: TP 171*, 1. vyd. Brno: CDV, 2004, 14 s. ISBN 80-86502-14-7
- [9] *PTV VISSIM 7: USER MANUAL*, 1. vyd. Karlsruhe: PTV AG, 2014, 789 s.
- [10] Vyhláška č. Ministerstva dopravy a spojů ČR č. 104/1997, kterou se provádí zákon č. 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích
- [11] Vyhláška Ministerstva dopravy a spojů ČR č. 30/2001, kterou se provádějí pravidla provozu na pozemních komunikacích a úprava a řízení provozu na pozemních komunikacích

- [12] Vyhláška Ministerstva pro místní rozvoj ČR č. 398/2009 Sb. o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb, kterou se provádějí některá ustanovení zákona o územním plánování a stavebním řádu č. 183/2006 Sb.
- [13] KOUKOL, Milan. Školní prezentace: *Úvod do dopravních simulací* - 12USIM14DIVT, ČVUT, 2015.
- [14] KOUKOL, Milan. Školní prezentace: *Úvod do dopravních simulací* - Vyhodnocení modelu (délka kolony), ČVUT, 2015.

## 9. Seznam použitých internetových stránek

- [15] Bruntál. *Moravskoslezský kraj*. [online]. [cit. 2015-05-05].  
Dostupné z: <http://www.moravsko-slezsky-kraj.cz/bruntal>
- [16] *Mapy.cz*. [online]. [cit. 2015-05-25].  
Dostupné z: <http://www.mapy.cz/zakladni?x=17.4936676&y=49.9589510&z=11>
- [17] Bruntál- východní obchvat, I. etapa. *ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR*. [online]. 1.10.2014 [cit. 2015-05-05]. Dostupné z:  
[http://www.rsd.cz/rsd/rsdcat.nsf/0/4A14058B8F6EA28FC12576D5007B9907/\\$file/s45-bruntal-vychobchvat.pdf](http://www.rsd.cz/rsd/rsdcat.nsf/0/4A14058B8F6EA28FC12576D5007B9907/$file/s45-bruntal-vychobchvat.pdf)
- [18] Bruntál- severní obchvat. *ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR*. [online].  
1.11.2013 [cit. 2015-05-05]. Dostupné z:  
[http://www.rsd.cz/rsd/rsdcat.nsf/0/1919158DD1D45BE6C1257C23004E038E/\\$file/s11-bruntal-sev-obchvat.pdf](http://www.rsd.cz/rsd/rsdcat.nsf/0/1919158DD1D45BE6C1257C23004E038E/$file/s11-bruntal-sev-obchvat.pdf)
- [19] ONDRÁŠEK, Jiří. V plánu je také světelná křižovatka. *Město Bruntál*. [online].  
9.1.2006 [cit. 2015-05-05]. Dostupné z:  
<http://m.mubruntal.cz/vismo/dokumenty2.asp?id=300049&p1=39894&n=v-planu-je-take-svetelna-krizovatka&defpc=1>
- [20] *Mapy Google*. [online]. [cit. 2015-05-05]. Dostupné z:  
<https://www.google.cz/maps/@49.9830723,17.4627983,265m/data=!3m1!1e3>
- [21] Jednotná dopravní vektorová mapa. *MD, GIS JDVM*. [online]. 2006 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://www.jdvm.cz/cz/s477/Rozcestnik/c7314-Jednotna-dopravni-vektorova-mapa>
- [22] *TRALYS transport analysis*. [online]. [cit. 2015-05-24].  
Dostupné z: <http://www.tralys.cz/>
- [23] SÚKENNÍK, Peter , Petr Hofhansl a Martin Smělý . Turbo-okružní křižovatky: syntéza bezpečnosti a kapacity . *AF-CITYPLAN*. [online]. 1.11.2013 [cit. 2015-05-24]. Dostupné z:  
[http://konference.af-cityplan.cz/soubory/anotace2013/BDI\\_2013\\_Sukennik-Hofhansl\\_Smely.pdf](http://konference.af-cityplan.cz/soubory/anotace2013/BDI_2013_Sukennik-Hofhansl_Smely.pdf)
- [24] Dopravní model ČR. *AF-CITYPLAN*. [online]. 2015 [cit. 2015-05-24].  
Dostupné z: <http://www.af-cityplan.cz/dopravni-model.html>

## 10. Seznam příloh

- [1] Situace – varianta 1
- [1.2] Situace dopravního značení – varianta 1
- [2.1] Situace – varianta 2
- [2.2] Situace dopravního značení – varianta 2
- [2.3] Obalové křivky, křižovatka „I/45 – Květná – Zeyerova“, varianta 2
- [2.4] Obalové křivky, křižovatka „I/45 – Dolní“, varianta 2
- [3.1] Situace – varianta 3
- [3.2] Situace dopravního značení – varianta 3
- [3.3] Obalové křivky, křižovatka „I/45 – Květná – Zeyerova“, varianta 3
- [3.4] Obalové křivky, křižovatka „I/45 – Dolní“, varianta 3
- [4] Bezbariérový přechod pro chodce
- [5] Videozáznam mikrosimulačního modelu varianty 1
- [6] Videozáznam mikrosimulačního modelu varianty 2
- [7] Videozáznam mikrosimulačního modelu varianty 3

Přílohy 5-7 jsou součástí přiloženého CD