ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební
Katedra silničních staveb

Návrh rekonstrukce křižovatky D5 a III/11533

Reconstruction desing of intersection D5 and III/11533

Diplomová práce

Studijní obor: K- Konstrukce a dopravní stavby

Vedoucí práce: Ing. Jan Hradil, Ph.D.

Bc. Jaroslav Šmerhovský

Praha 2018

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu své diplomové práce Ing. Janu Hradilovi, Ph.D. za pomoc a odborné vedení při zpracování daného tématu a rovněž za poskytnuté rady a materiály.

Čestné prohlášení

Čestně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně za odborného vedení Ing. Jana Hradila, Ph.D., za použití uvedené literatury.

V Praze dne 21.5.2018 Bc. Jaroslav Šmerhovský

.....

Anotace

Práce je zaměřena na řešení problému nedostatečné kapacity křižovatky v Berouně na křížení komunikací D5 a silnice III/11 533. První část je zaměřena na problematiku okružních křižovatek. V další části se zabývám variantním řešením úprav křižovatky. V poslední části je uveden princip multikriteriálního hodnocení.

Klíčová slova

Okružní křižovatka, Turbo-okružní křižovatka, PVT Vissim, kapacita, světelně řízená křižovatka, multikriteriální hodnocení

Anotation

This thesis is focused on solving a problem of the lack of the capacity at the crossroads in Beroun on the intersectuions D5 and III/11 533. The main aim of the first part is the issue of roundabouts. In the next part of this thesis I deal with variant solution of intersection upgrade. There is a multi-criteria analysis in the last part.

Key words

Roundabouts, Turbo-Roundabouts, PVT Vissim, capacity, light-controlled intersection, multi-criteria analysis

Obsah :

1. Úvod 8
2. Okružní křižovatky 9
2.1 Mini-okružní křižovatky 9
2.2 Jednopruhové okružní křižovatky 11
2.3 Turbo-okružní okružní křižovatky 13
3. Výpočet kapacity okružních křižovatek 18
3.1 Výpočet kapacity okružních křižovatek dle TP 234 18
3.1.1. Volba typu křižovatky 18
3.1.2. Typy okružních křižovatek 19
3.1.3. Návrhové intenzity dopravních proudů 19
3.1.4. Geometrické uspořádání 19
3.1.5. Posouzení úrovně kvality dopravy 20
3.1.6. Návrhové intenzity dopravních proudů 21
3.1.7. Stanovení kapacity vjezdu 21
3.1.8. Rezerva kapacity 24
3.1.9. Stanovení střední doby zdržení 24
3.1.10. Stanovení délky fronty 25
3.1.11. Posouzení kapacity výjezdu 25
3.1.12. Výstup kapacitního posouzení 27
3.2 Kapacitní výpočet okružní křižovatky v programu PVT Vissim 10 29
3.2.1. Úvod do posuzování dle softwaru 29
3.2.2. Popis programu 29
3.2.3. Prostředí programu 29
3.2.4. Tvorba pozadí 29
3.2.5. Linky a spojnice 31
3.2.6. Typ vozidel 32
3.2.7. Skladba dopravního proudu 32
3.2.8. Rozdělení rychlosti 32
3.2.9. Vložení vozidel 32
3.2.10. Nastavení tras vozidel 33

3.2.11. Omezení rychlosti ... 34
3.2.12. Konfliktní zóny ... 34
3.2.13. Vložení míst pro sběr dat ... 35
3.2.14. Cestovní čas a ztrátový čas, Délka kolony ... 35
3.2.15. Spuštění simulace ... 36
3.2.16. Shrnutí ... 36
4. Křižovatka v Berouně D5 x III/11 533 ... 37
4.1 Doprava města Beroun ... 37
4.2 Popis řešené lokality ... 37
4.3 Zdůvodnění diplomové práce ... 38
4.4 Nehodovost dané křižovatky ... 38
4.5 Analýza nedostatků stávajícího stavu křižovatky ... 41
4.6 Dopravní průzkum v dané lokalitě ... 42
4.8 Vymezení území pro hledání reálných variant ... 45
4.9 Podklady pro návrh řešení ... 46
4.10 Dopravní zatížení ... 47
5. Návrh typů okružních křižovatek ... 51
5.1 Varianta č.1 Okružní křižovatka s bypassy ... 51
5.1.1. Paprsek 10 (Sjezd Plzeň) ... 51
5.1.2. Paprsek 9 (Beroun - nádraží) ... 52
5.1.3. Paprsek 7 (Beroun/Plzeň) ... 52
5.1.4. Paprsek 8 (Nájezd Praha) ... 53
5.1.5. Kapacitní posouzení ... 54
5.1.6. Zhodnocení výsledků ... 56
5.2 Varianta č.2 Turbo-okružní křižovatka typ vejce ... 56
5.2.1. Paprsek 10 (Sjezd Plzeň) ... 56
5.2.2. Paprsek 9 (Beroun - nádraží) ... 56
5.2.3. Paprsek 7 (Beroun/Plzeň) ... 57
5.2.4. Paprsek 8 (Nájezd Praha) ... 57
5.2.5. Kapacitní posouzení ... 58
5.2.6. Zhodnocení výsledků ... 61
5.3 Varianta č.3 Turbo-okružní křižovatka typ základní ... 61

5.3.1. Paprsek 10 (Sjezd Plzeň) 61
5.3.2. Paprsek 9 (Beroun - nádraží) 62
5.3.3. Paprsek 7 (Beroun/Plzeň) 62
5.3.4. Paprsek 8 (Nájezd Praha) 63
5.3.5. Kapacitní posouzení 63
5.3.6. Zhodnocení výsledků 66
5.4 Varianta č.4 Turbo-okružní křižovatka atypická 66
5.4.1. Paprsek 10 (Sjezd Plzeň) 66
5.4.2. Paprsek 9 (Beroun - nádraží) 67
5.4.3. Paprsek 7 (Beroun/Plzeň) 67
5.4.4. Paprsek 8 (Nájezd Praha) 68
5.4.5. Kapacitní posouzení 68
5.4.6. Zhodnocení výsledků 71
5.5 Vyhodnocení variant okružních křižovatek 71
6. Křižovatka řešená světelnou signalizací 71
6.1 Výpočet kapacity světelně řízené křižovatky dle TP 235 71
6.1.1. Posouzení úrovně kvality dopravy 71
6.1.2. Návrhové intenzity dopravních proudů 72
6.1.3. Metoda saturovaného toku 73
6.1.4. Saturovaný tok 73
6.1.5. Stupeň saturace 74
6.1.6. Efektivní délka zelené 74
6.1.7. Ztrátový čas 75
6.1.8. Minimální délka cyklu 75
6.1.9. Optimální délka cyklu 75
6.1.10. Délka zelených 76
6.1.11. Minimální délka zelených 76
6.1.12. Kapacita vjezdu 76
6.1.13. Kapacita levého odbočení ovlivněného protisměrem 77
6.1.14. Délky řadících pruhů 78
6.1.15. Stanovení střední doby zdržení 79
6.2 Varianta č.5 Světelně řízená křižovatka s minimem zásahů do stávajícího stavu 79

6.2.1. Paprsek 10 (Sjezd Plzeň) 80
6.2.2. Paprsek 9 (Beroun - nádraží) 80
6.2.3. Paprsek 7 (Beroun/Plzeň) 80
6.2.4. Paprsek 8 (Nájezd Praha) 81
6.2.5. Kapacitní posouzení 82
5.4.6. Zhodnocení výsledků 84
6.2 Varianta č.6 Světelně řízená křižovatka s přidanými řadícími pruhy 84
6.2.1. Paprsek 10 (Sjezd Plzeň) 84
6.2.2. Paprsek 9 (Beroun - nádraží) 85
6.2.3. Paprsek 7 (Beroun/Plzeň) 85
6.2.4. Paprsek 8 (Nájezd Praha) 86
6.2.5. Kapacitní posouzení 86
5.4.6. Zhodnocení výsledků 89
7. Ekonomické hodnocení variantního řešení 89
8. Ověření průjezdnosti křižovatky 92
9. Multikriteriální hodnocení MCA 93
9.1 Kritéria multikriteriálního hodnocení 93
10 Závěr 96
Příloha G – Pentlogramy dopravy 97
Příloha H – Výsledky výpočtu kapacit křižovatek na začáteku životnosti 105
11. Seznam použité literatury 111
Použitý software 111
12. Seznam tabulek 112

1. Úvod

První okružní křižovatky vznikaly ve Spojených státech amerických již na počátku 20. století. Nešlo o typy okružních křižovatek používaných v současné době měly podobu jednosměrných dopravních okruhů neusměrněných vodorovným dopravním značením. Přednost v jízdě měla vozidla přijíždějící do okruhu. Dále bylo povoleno chodcům vcházet do středního ostrůvku. Již v 50. letech však v USA upadly v nepřízeň z důvodu velkých dopravních intenzit a z toho plynoucích kongescí a rovněž z pohledu bezpečnosti.

Obr. 1 Columbus Circle, New York, 1907

K zásadnímu pokroku došlo ve Velké Británii. V roce 1926 byl ve Velké Británii název „okružní křižovatka“ (roundabout) oficiálně přijat jako náhrada názvu „gyratory“ (gyratory-systém = systém s okružní křižovatkou). Bylo vyvráceno původní tvrzení, že velké kruhové objezdy s dlouhými průletovými rychlostmi byly správným řešením.
V počátcích zde rovněž neplatilo žádné pravidlo o přednosti vozidel, proto rovněž docházelo k dopravním zácpám na okružních křižovatkách. Úřední pravidlo o přednosti vozidel pohybujících se po okruhu bylo poprvé přijato v roce 1966. Byl upřednostněn návrh většího počtu malých okružních křižovatek zmenšením velikosti středního dělícího ostrůvku, přiblížení stop čár blíže k okruhu a rozšířením jízdních pruhů na vjezdu došlo k navýšení kapacity o 10-50 %. První návrhová pravidla pro okružní křižovatky byla vydána v roce 1971 Britským ministerstvem dopravy.

Tyto moderní okružní křižovatky se začaly navrhovat v 70. letech v Austrálii a některých částech Francie. V 80. letech se rozšířily do ostatních zemí jako je např. Německo, Španělsko, Švýcarsko.

Na území ČR se okružní křižovatky moderního typu začaly rozrůstat počátkem 90.let.

Hlavními důvody pro zřízení okružní křižovatky jsou zvýšení bezpečnosti a plynulosti dopravy a také ke zvýšení celkové dopravní kapacity křižovatky. Ve městech je jím rovněž dávána přednost kvůli jejich elegantnímu estetickému vzhledu. U malých typů okružních křižovatek dochází k malému záboru pozemků a prostoru při relativně vysoké kapacitě křižovatky. Obecně okružní křižovatky nepreferují pouze motorizované účastníky provozu zlepšují podmínky pro pěší zejména z hlediska bezpečnosti.

V současné době bohužel občas stále převládá názor, že okružní křižovatka je univerzálním řešením použitelným pro většinu rekonstrukcí stávajících typů křižovatek a že použitím tohoto typu dojde k nejlepšímu možnému zvýšení plynulosti dopravy a kapacity vjezdů křižovatky. Právě tato práce dokládá, že okružní křižovatka nemusí v některých případech vyhovět kapacitnímu posouzení z důvodu rozdělení intenzit na okruhu.

2. Okružní křižovatky

Okružní křižovatky se dle TP 135 dělí na mini-okružní (MOK,MINI) o vnějším průměru D≤23m, jednopruhové okružní křižovatky (JOK, OK1) o vnějším průměru D>23m, turbo-okružní křižovatky (TOK, OK2) o vnějším průměru D<23m.

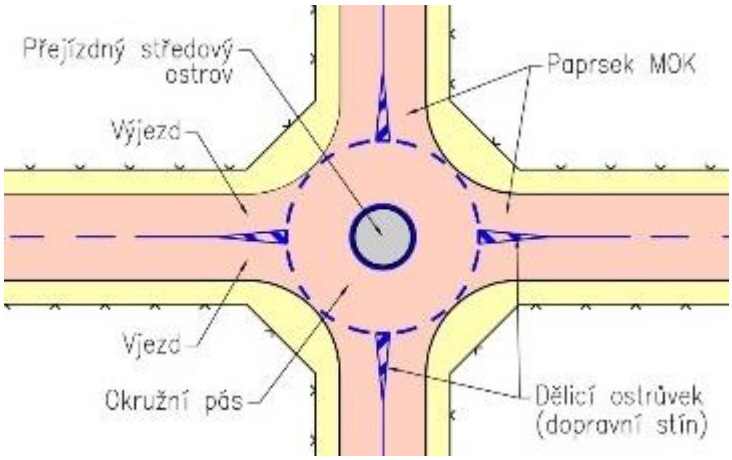
2.1 Mini-okružní křižovatky

(převzato z TP 135)

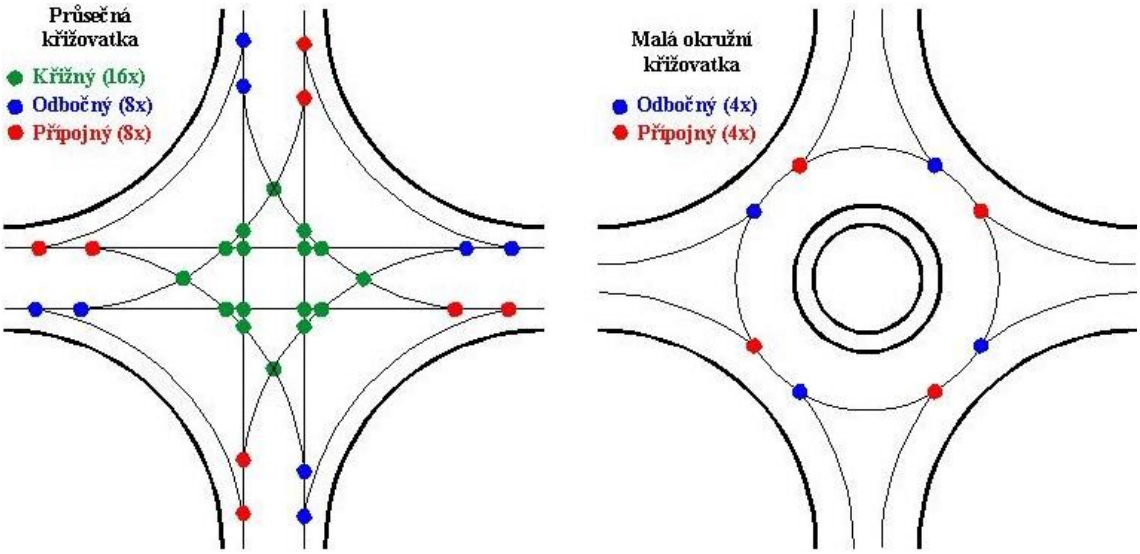
Mini-okružní křižovatka je úrovňová křižovatka, jejíž vnější průměr D ≤ 23m. Navrhuje se se zpevněným ostrovem (výjimečně může být vyznačen pouze opticky). Základním principem je usměrnění a zpomalení vozidel. Po okružním pásu je umožněn pouze průjezd osobních vozidel, případně dodávky. Rozměrnější vozidla se pohybují přes středový ostrov, který je nejčastěji tvořen odlišným materiálem než vozovka (beton, kamenná dlažba).

Použití tohoto typu křižovatek je vhodné na komunikacích malého dopravního významu, typicky se jedná o vnitřní části měst. Na místních komunikacích funkční skupiny C a D1. Tento typ křižovatky nemá řešit kapacitní problémy křižovatkových úseků. Funguje spíše jako prvek dopravního zklidnění. Mini-okružní křižovatka

zpravidla nahrazuje křižovatky s předností zprava v obytných a pěších zónách či v zónách 30.



Obr.2 Popis prvků mini-okružní křižovatky (převzato z TP 135)



Obr.3 Znázornění počtu kolizních bodů

Z obrázku je patrné, že mini-okružní křižovatka má výrazně nižší počet kolizních bodů oproti průsečné. Z hlediska bezpečnosti jde o výrazný rozdíl oproti průsečné křižovatce.

Obr.4 Mini-okružní křižovatka Prostějov

2.2 Jednopruhové okružní křižovatky

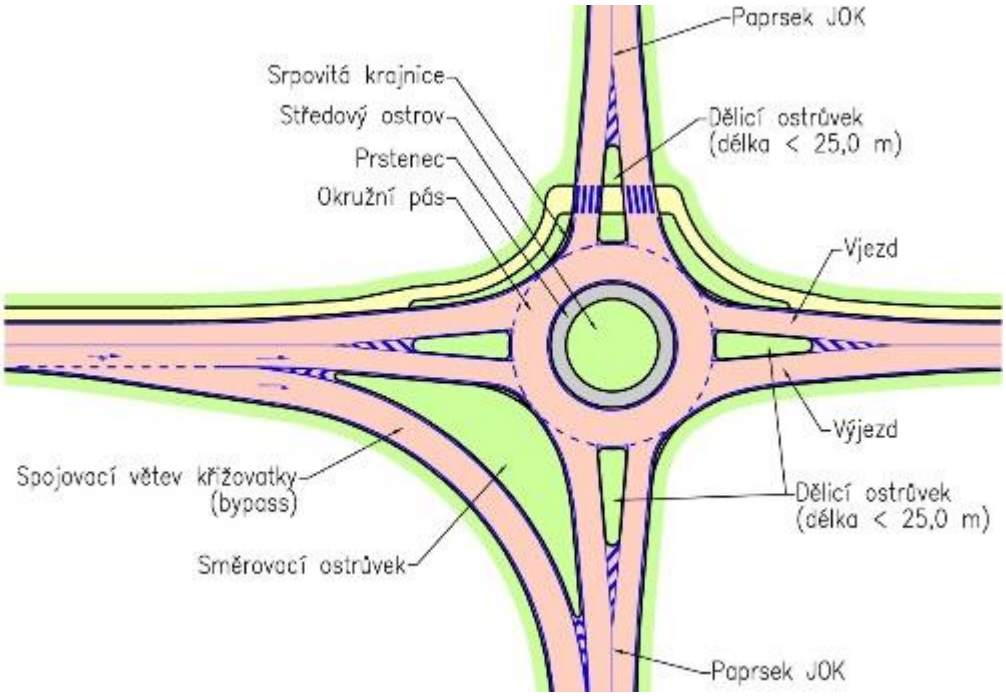
(převzato z TP 135)

Jednopruhová okružní křižovatka je úrovňová křižovatka s jedním pruhem na vjezdech, okružním páse a výjezdech. Jejíž vnější průměr D>23m. **Vnější průměr křižovatky není funkcí její kapacity**. Velikost křižovatky umožňuje průjezd osobním a nákladním vozidlům průjezd po okružním pásu. Rozměrnější vozidla např. návěsové soupravy a kloubové autobusy pojíždí navíc prstenec a srpovitou krajnici na vjezdech křižovatky.

Jednopruhové okružní křižovatky se navrhují na silnicích a místních komunikacích se záměrem snížení rychlosti projíždějících vozidel, zklidnění dopravy a zejména zvýšení bezpečnosti. Obecně lze říci, že je možné použití tohoto typu křižovatky pro zvýšení kapacity oproti stávajícím úrovňovým neřízeným křižovatkám ale výsledek je vždy závislý na intenzitě dopravy na jednotlivých vjezdech.

Vnější průměr křižovatky se navrhuje v rozmezí 23-50m. Větší vnější průměr křižovatky se nedoporučuje. Minimální šířka vjezdu mezi zvýšenými obrubami je 3,5m. V případě použití středního dělícího pásu je šířka vjezdu min. 5,5m mezi zvýšenými obrubami tak aby bylo možné objet odstavené vozidlo. Šířku lze snížit na 3,5m v případě přerušovaného dělícího pásu. Průjezd směrodatného vozidla je zajištěn srpovitou krajnicí na vjezdu. Krajnice je zpravidla provedena z kamenné dlažby.

Šířka výjezdu se navrhuje v rozmezí 4,0-5,0m mezi zvýšenými obrubami. V případě použití středního dělícího pásu v mezi-křižovatkovém úseku je minimální šířka výjezdu 5,5m mezi zvýšenými obrubami, z důvodu objetí odstaveného vozidla.



Obr.5 Popis prvků jednopruhové okružní křižovatky (převzato z TP 135)

Obr.6 Jednopruhová okružní křižovatka Hořovice

2.3 Turbo-okružní okružní křižovatky

(převzato z TP 135)

Turbo-okružní křižovatka je zvláštní typ okružní křižovatky se dvěma a více jízdními pruhy na okružním pásu. Základní myšlenkou je zařazení vozidel do příslušných řadících pruhů na vjezdu. Vozidla poté křižovatkou projíždějí po spirálových jízdních pruzích okružního pásu na nichž je zamezeno průpletu vozidel mezi sousedními pruhy. Řidiči se tedy musí zařadit do správných pruhů již na vjezdu. Navrhují se na stávajících nebo nově řešených křižovatkách za účelem zvýšení kvality dopravy.

Dělení turbo-okružních křižovatek dle vnějšího průměru:

- Malá turbo-okružní D < 56m
- Malá standartní turbo-okružní D = 56,0 - 60,0 m
- Standartní turbo-okružní D = 60,0 - 65,0 m
- Velká tok D > 65.0 m

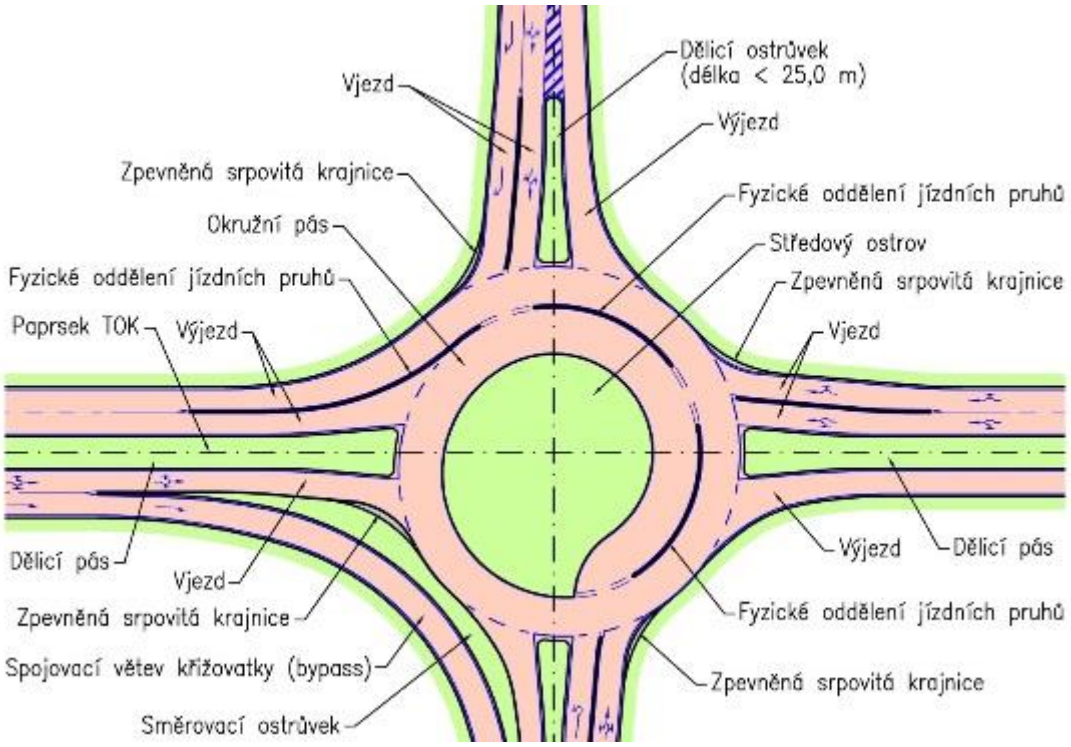
Dělení turbo-okružních křižovatek počtu paprsků a jízdních pruhů:

- Turbo-okružní křižovatka typu vejce
- Turbo-okružní křižovatka základní
- Turbo-okružní křižovatka typu koleno
- Turbo-okružní spirálovitá křižovatka
- Turbo-okružní rotorová křižovatka

Tento typ křižovatky je vyvíjen od roku 1998 v Nizozemí, kde nahradil standartní dvoupruhové okružní křižovatky. Tento typ křižovatky nabídl řešení pro otázku vytvoření okružní křižovatky s vyšší kapacitou než jednopruhová se zajištěním bezpečnosti, která bude výrazně vyšší než u dvoupruhové okružní křižovatky.

V současné době se již na území ČR dvoupruhové okružní křižovatky nenavrhují, jelikož oproti jednopruhovým nenabízí výraznější zvýšení kapacity křižovatky. Je to způsobeno tím, že řidiči se neřadí do pruhů křižovatky dle očekávání, ale dochází k nerovnoměrnému vytížení jízdních pruhů. Levý pruh využívá v některých případech jen 10 % vozidel a zbylá vozidla jsou v pruhu pravém z obavy, že jim nebude umožněno odbočit z levého pruhu na okruhu do vnějšího pravého a opustit křižovatku. Křižovatka má oproti jednopruhové také výrazně vyšší počet kolizních bodů. Namísto křižovatky dvoupruhové se dnes navrhují právě modernější typy křižovatek turbo-okružní.

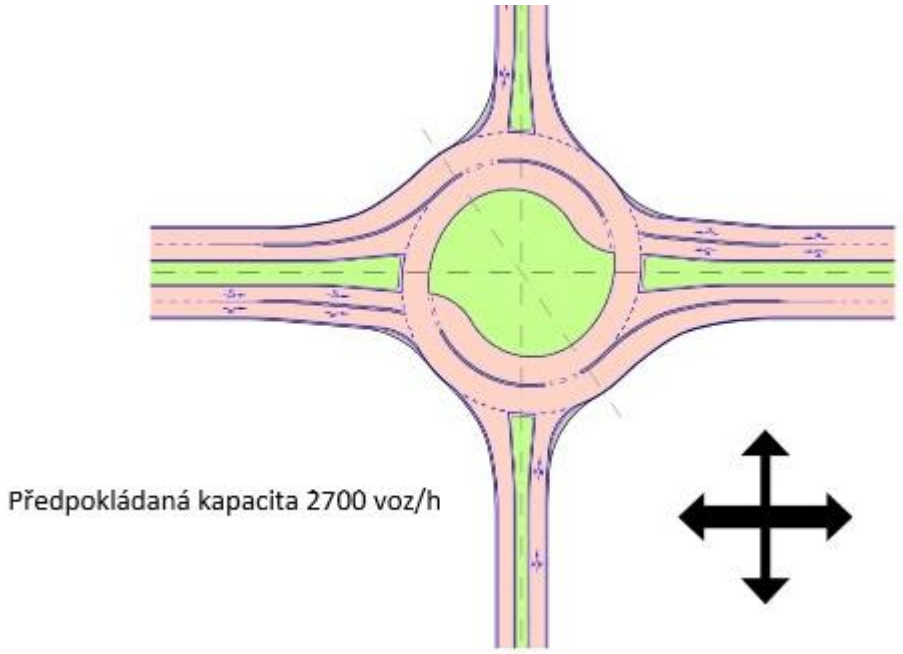
Výhodou použití turbo-okružních křižovatek je možnost návrhu vhodného typu křižovatky tak, aby na míru odpovídal intenzitám na jednotlivých vjezdech. Stejně tak je možné preferovat dominantní pohyb křižovatkou.



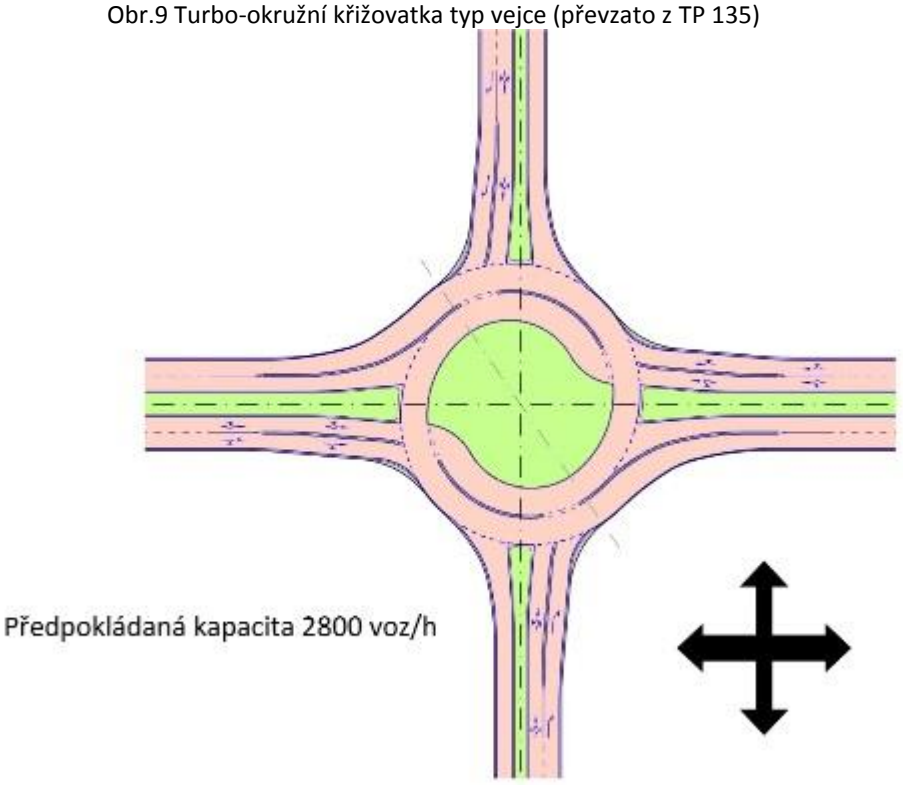
Obr.7 Popis prvků turbo-okružní křižovatky (převzato z TP 135)

Obr.8 Turbo-okružní křižovatka Beroun

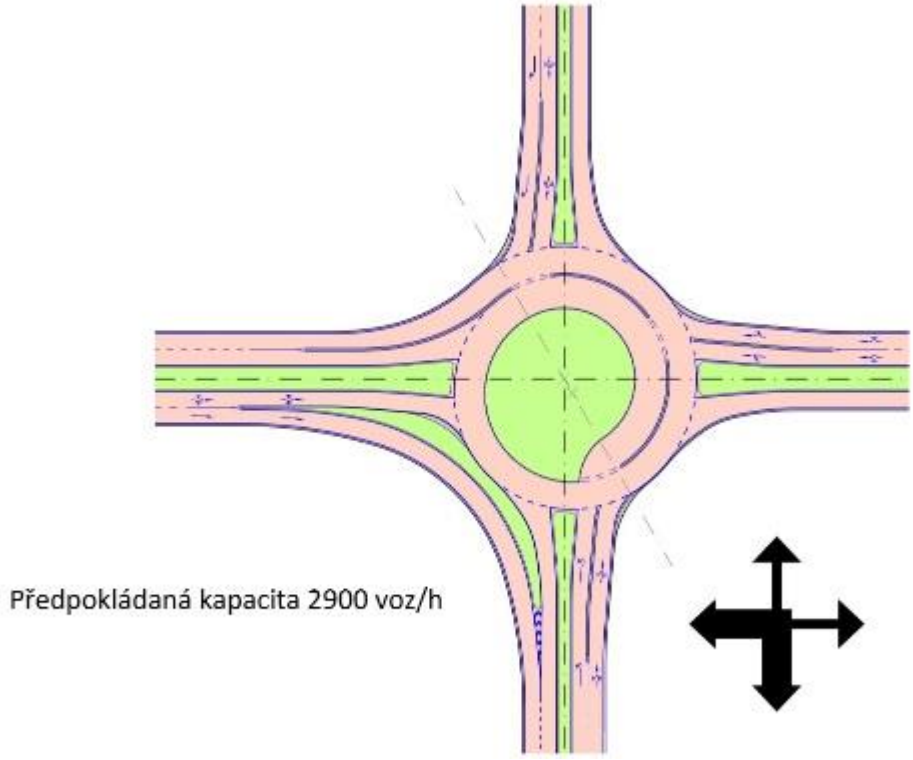
Na následujících obrázcích jsou znázorněny jednotlivé typy turbo-okružních křižovatek včetně předpokládaných maximálních kapacit křižovatek. Šipky vpravo značí dominantní směr pohybu vozidel křižovatkou.



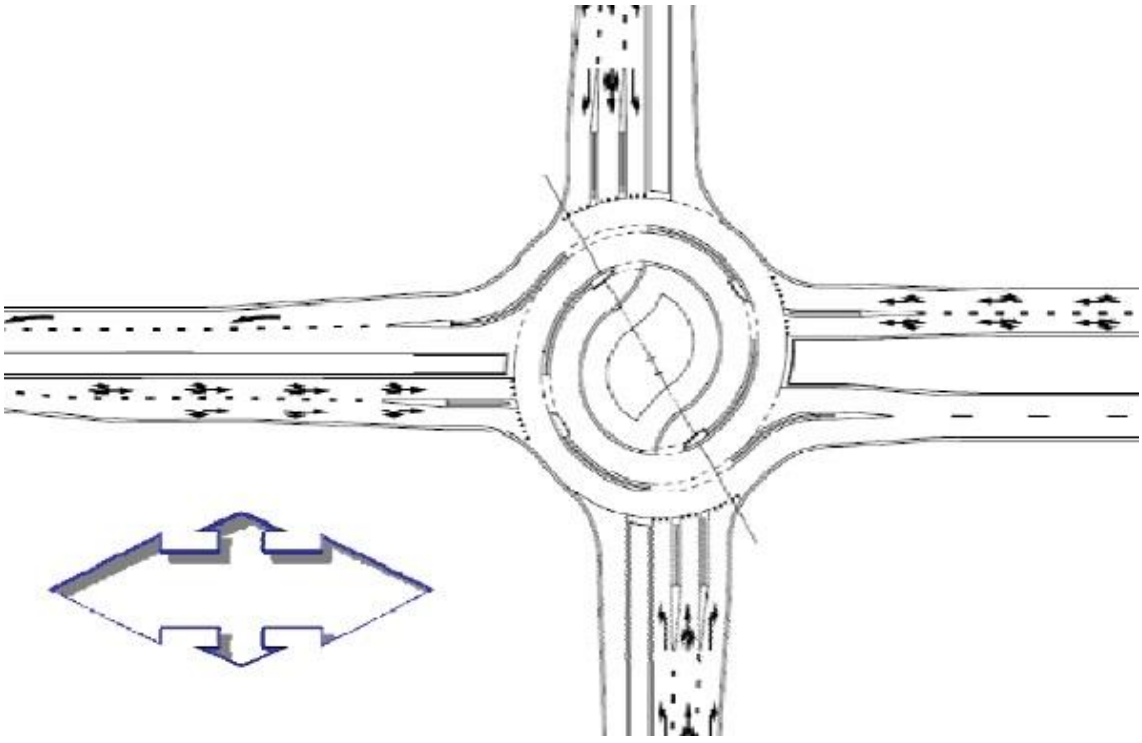
Obr.9 Turbo-okružní křižovatka typ vejce (převzato z TP 135)



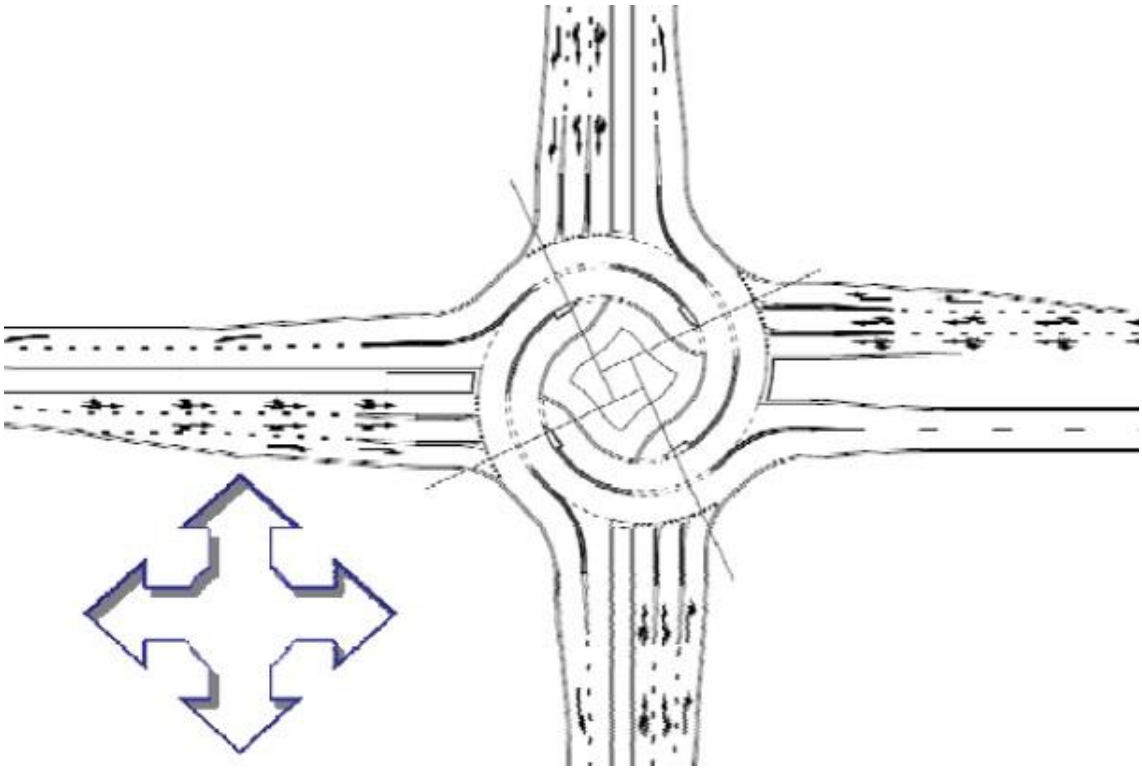
Obr.10 Turbo-okružní křižovatka typ základní (převzato z TP 135)



Obr.11 Turbo-okružní křižovatka typ koleno (převzato z TP 135)



Obr.12 Turbo-okružní spirálovitá křižovatka



Obr.13 Turbo-okružní křižovatka typ rotorová

Největšími přínosy oproti dvoupruhovým okružním křižovatkám je:

- Zvýšení bezpečnosti
- Zvýšeni kapacity křižovatky
- Předem určené vedení vozidel křižovatkou
- Minimalizace průpletových úseků

Nutnou podmínkou pro fungování turbo-okružní křižovatky je správné a přehledné vodorovné a svislé dopravní značení, neboť vozidla musí již před křižovatkou vědět kam se mají zařadit. V prostoru křižovatky již není možné zařadit se do jiného jízdního pruhu.

3. Výpočet kapacity okružních křižovatek

3.1 Výpočet kapacity okružních křižovatek dle TP 234

(převzato z TP 234)

Technické podmínky TP 234 Posuzování kapacity okružních křižovatek platí pro výpočet a posuzování kapacity všech druhů křižovatek s předností v jízdě na okružním pásu. Platí pro okružní křižovatky pozemních komunikací i připojení účelových komunikací na silnice a místní komunikace. Platí pro posuzování nových, stávajících i rekonstruovaných křižovatek.

Základní teoretický model pro výpočet kapacity vjezdu vychází z metodiky německé směrnice Handbuch Für die Bemessung von Strassenverkehersanlagen (HBS).

Metoda vychází z teorie časových mezer kdy kapacita vjezdu závisí na počtu pruhů na vjezdu a okruhu a na hodnotách t_g a t_f, které jsou nastaveny jako konstanty pro daný typ vjezdu.

t_g kritický časový odstup - 50% řidiču jej přijme 50% nepřijme

t_n následný časový odstup - minimální odstup mezi vozidly ve vedlejším pruhu

3.1.1. Volba typu křižovatky

Pro základní orientaci při volbě typu křižovatky lze vycházet z tabulky 1, která udává rozsah maximálních kapacit pro daný typ křižovatky. Jedná se o hodnoty pro maximální hodinovou a celodenní kapacitu. Tabulku je nutno brát s nadhledem v kapacitním posouzení je rozhodujícím faktorem zpravidla pohyb jednotlivých dopravních proudů. Např. při silném levém odbočení může dojít k výraznému ovlivnění kapacit na ostatních vjezdech.

Typ křižovatky	Maximální hodinová kapacita [voz/h]	Maximální celodenní kapacita [c)] [voz/den]
Neřízená křižovatka [a)]	1 500 – 2 000	18 000 – 24 000
Miniokružní křižovatka [a)]	1 500 – 2 000	18 000 - 24 000
Okružní křižovatka s jedním pruhem na okružním pásu a jedním pruhem na vjezdu [a)]	2 000 – 2 700	24 000 – 32 000
Okružní křižovatka s dvěma pruhy na okružním pásu a dvěma pruhy na vjezdu [a)]	2 500 – 3 500	30 000 – 40 000
Spirálovitá okružní křižovatka [a)]	2 500 – 3 500	30 000 – 40 000
Světelně řízená křižovatka [b)]	2 000 – 6 400	24 000 – 77 000

[a)] V závislosti na počtu jízdních nebo řadicích pruhů a na intenzitách jednotlivých dopravních proudů.
[b)] Kapacita řízené křižovatky závisí – kromě způsobu řízení – především na počtu řadicích pruhů.
[c)] Odvozeno z hodinových kapacit při běžných denních variacích dopravy.

Tab.1 Orientační maximální kapacity různých typů křižovatek (převzato z ČSN 73 61 02)

3.1.2. Typy okružních křižovatek

Metoda výpočtu dle TP 234 lze aplikovat na okružní křižovatky s předností v jízdě vozidel na okruhu:

- Okružní křižovatka s jedním pruhem na okruhu
- Okružní křižovatka se dvěma pruhy na okruhu
- Mini-okružní křižovatky
- Spirálovité okružní křižovatky

3.1.3. Návrhové intenzity dopravních proudů

Pro kapacitní posouzení je nezbytné znát:

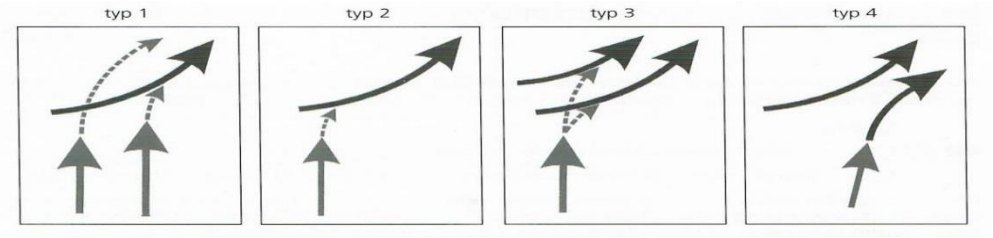
- Intenzity dopravy zjištěné dopravním průzkumem
- Koeficienty výhledových intenzit dopravy
- Skladbu dopravního proudu (osobní vozidla, nákladní vozidla a autobusy, nákladní soupravy, motocykly, jízdní kola)

3.1.4. Geometrické uspořádání

Vstupní údaje pro použití metodiky:

- Počet jízdních pruhů na vjezdu (n_i) [-]
- Počet jízdních pruhů na výjezdu (n_e) [-]
- Počet jízdních pruhů na okruhu (n_k) [-]
- Vnější průměr okružní křižovatky (D) [m]

- Poloměr vjezdu (R_i) [m]
- Poloměr výjezdu (R_e) [m]
- Vzdálenost mezi kolizními body (b) [m]
- Délka přechodu pro chodce na výjezdu z okružního pásu (d_p) [m]
- Spojovací větev mezi sousedními paprsky
- Typy vjezdu spirálovité okružní křižovatky



Obr.14 Typy vjezdů spirálovité okružní křižovatky (převzato z TP 234)

3.1.5. Posouzení úrovně kvality dopravy

Pro posouzení úrovně kvality dopravy na křižovatce bez řízení dopravy světelnou signalizací je kritériem ztrátový čas vyjádřený střední dobou zdržení. Pro stanovení závěru kapacitního posouzení zda intenzitou daného proudu není překročena hodnota střední doby zdržení t_w . Toto posouzení se provádí pro všechny vjezdy do okružní křižovatky. Výsledný stupeň UKD dané křižovatky je roven vjezdu s nevyšší střední dobou zdržení. Limitní hodnoty jsou uvedeny v tabulce 2.

$t_w^n \leq t_{w,lim}$

kde t_w^n je střední doba zdržení (n-tého) dopravního proudu [s]

$t_{w,lim}$ je maximální přípustná střední doba zdržení dle požadovaného stupně kvality dopravy [s]

Úroveň kvality dopravy		Střední doba zdržení [s]
Označení	Charakteristika doby zdržení	
A	Doba zdržení velmi malá	≤ 10
B	Zdržení ještě bez front	≤ 20
C	Ojedinělé krátké fronty	≤ 30
D	Stabilní stav s vysokými ztrátami	≤ 45
E	Nestabilní stav	> 45
F	Překročená kapacita	-[1)]
[1)] UKD na stupni F je dosaženo při hodnotě stupně vytížení a_v>1		

Tab.2 Orientační maximální kapacity různých typů křižovatek (převzato z ČSN 73 61 02)

Podle ČSN 73 6102 se pro křižovatky požadují následující stupně kvality dopravy:

- Dálnice, rychlostní silnice a silnice I. třídy stupeň C
- Silnice II. třídy stupeň D
- Silnice III. Třídy stupeň E
- Rychlostní místní komunikace a přechodové úseky stupeň D
- Místní komunikace a veřejně přístupné účelové komunikace stupeň E

3.1.6. Návrhové intenzity dopravních proudů

Pro kapacitní výpočet je třeba intenzity jednotlivých dopravních proudů z průzkumu násobit příslušnými koeficienty podle tabulky 3.

Typ křižovatky	Jízdní kola	Motocykly	Osobní vozidla [a]	Nákladní vozidla, autobusy [b]	Nákladní soupravy, kloubové autobusy
Okružní křižovatky	0,5 pvoz	0,8 pvoz	1,0 pvoz	2,0 pvoz	3,0 pvoz

[a] Včetně nákladních vozidel do 3,5 t celkové hmotnosti.
[b] Nákladní vozidla nad 3,5 t celkové hmotnosti mimo nákladních souprav a autobusy mimo kloubové autobusy.

Tab.3 Limitní hodnoty střední doby zdržení na vjezdu okružní křižovatky (převzato z TP 234)

3.1.7. Stanovení kapacity vjezdu

Výpočet kapacity vjezdu do okružní křižovatky se provádí jen tehdy, překročí-li návrhová intenzita dopravy na křižovatce zjištěná součtem všech vozidel vjíždějících do křižovatky hodnoty:

- Více než 10 000 voz/den u mini-okružních křižovatek
- Více než 15 000 voz/den u ostatních typů okružních křižovatek

$$C_i = 3600 * \left(1 - \frac{\Delta * I_k}{n_k * 3600}\right)^{n_k} * \frac{n_{i,koef}}{t_f} * e^{-\frac{I_k}{3600} * (t_g - \frac{t_f}{2} - \Delta)} \qquad (1)$$

kde C_i je kapacita vjezdu [pvoz/h]

I_k intenzita dopravy na okruhu [pvoz/h]

n_k počet jízdních pruhů na okruhu [-]

$n_{i,koef}$ koeficient zohledňující počet pruhů na vjezdu [-]

$n_{i,koef}$ = 1,00 pro jednopruhové vjezdy

$n_{i,koef}$ = 1,50 pro dvoupruhové vjezdy

t_g kritický časový odstup [s]

t_f následný časový odstup [s]

Δ minimální časový odstup mezi vozidly jedoucími za sebou na okruhu [s]

Okružní křižovatky s jedním pruhem na okruhu

t_g v závislosti na vzdálenosti mezi kolizními body b:

b < 11,00 m	t_g = 4,5 s
11,00 < b < 20,00 m	t_g = 5,6 - 0,1 * b
b > 20,00 m	t_g = 3,6 s

t_f v závislosti na poloměru vjezdu:

R_i < 8,00 m	t_f = 3,1 s
8,00 < R_i < 16,00 m	t_g = 3,6 - 0,0625 * R_i
R_i > 16,00 m	t_f = 2,6 s

Δ jako konstantní hodnota Δ = 2,1 s

Okružní křižovatky se dvěma pruhy na okruhu

t_g jako konstantní hodnota 3,7 s

t_f jako konstantní hodnota 2,6 s

Δ jako konstantní hodnota 2,1 s

Mini-okružní křižovatky

t_g jako konstantní hodnota 4,5 s

t_f jako konstantní hodnota 2,1 s

Δ v závislosti na vnějším průměru okružní křižovatky

D < 13,00 m	Δ = 2,8 s
13,00 < D < 23,00 m	Δ = 3,45 - 0,05 * D
D > 23,00 m	Δ = 2,3 s

Spirálovité okružní křižovatky

Typ 1

t_g jako konstantní hodnota 3,7 s

t_f jako konstantní hodnota 2,6 s

Δ jako konstantní hodnota 2,1 s

Typ 2

t_g v závislosti na vzdálenosti mezi koliznímy body b:

b < 11,00 m	t_g = 4,5 s
11,00 < b < 20,00 m	t_g = 5,6 - 0,1 * b
b > 20,00 m	t_g = 3,6 s

t_f v závislosti na poloměru vjezdu:

R_i < 8,00 m	t_f = 3,1 s
8,00 < R_i < 16,00 m	t_g = 3,6 - 0,0625 * R_i
R_i > 16,00 m	t_f = 2,6 s

Δ jako konstantní hodnota Δ = 2,1 s

Typ 3

t_g jako konstantní hodnota 3,7 s

t_f jako konstantní hodnota 2,6 s

Δ jako konstantní hodnota 2,1 s

Typ 4

U tohoto typu se základní vzorec kapacity (1) upravuje následovně

$C_i = 3600/ t_f$

t_f v závislosti na poloměru vjezdu:

R_i < 8,00 m	t_f = 3,1 s
8,00 < R_i < 16,00 m	t_g = 3,6 - 0,0625 * R_i
R_i > 16,00 m	t_f = 2,6 s

3.1.8. Rezerva kapacity

Rezerva kapacity lze určit ještě před stanovením střední doby zdržení t_w ze znalosti intenzity dopravních proudů a vypočtené kapacity. Pro výpočet kapacity platí vztah:

Rez = C_i - I_i

C_i je kapacita vjezdu [pvoz/h]

I_i intenzita dopravy na okruhu [pvoz/h]

3.1.9. Stanovení střední doby zdržení

Střední doba zdržení je nejpracnější částí posouzení je odvozena z rovnic teorie front Kimber/Holis, závisí na kapacitě jízdního pruhu a její rezervě dle vztahu:

$$t_w = D_1 + E + \frac{1}{\mu}$$

$$D_1 = \frac{1}{2} * (\sqrt{F^2 + G} - F)$$

$$F = \frac{1}{\mu_0 - q_0} * \left[\frac{T}{2} * (\mu - q) * y + \left(y - \frac{\mu - \mu_0 + q_0}{\mu}\right)\right] + E$$

$$G = \frac{2 * T * y}{\mu_0 - q_0} * \left[\frac{q}{\mu} - (\mu - q) * E\right]$$

$$y = 1 - \frac{\mu - \mu_0 + q_0}{q}$$

t_w je střední doba zdržení dopravního proudu [s]

T doba trvání požadovaného intervalu [s] T = 3600

μ kapacita pruhu podřazeného dopravního proudu v uvažovaném intervalu [pvoz/s] $\mu = \frac{C_n}{3600}$

q intenzita podřazeného dopravního proudu [pvoz/s] $q = \frac{I_n}{3600}$

μ_0 kapacita v čase po špičkovém intervalu [pvoz/s] $\mu_0 = n_{i,koef}\ \frac{1600}{3600}$

q_0 intenzita podřazeného dopravního proudu po špičkovém intervalu [pvoz/s]

q_0 = q

3.1.10. Stanovení délky fronty

Délka fronty na vjezdech se uvažuje s 95 % pravděpodobností délky fronty. Stanovuje se dle vzorce:

$$N_{95\%} = \frac{3}{2} * C_n * \left(a_v - 1 + \sqrt{(1 - a_v)^2 + 3{,}0 \left(\frac{8 * a_v}{C_n} \right)} \right)$$

$$a_v = \frac{I_n}{C_n}$$

kde $N_{95\%}$ je délka fronty [m]

a_v je stupeň vytížení [-]

I_n návrhová intenzita dopravního proudu [pvoz/h]

C_n Kapacita pruhu dopravního proudu [pvoz/h]

3.1.11. Posouzení kapacity výjezdu

Základní kapacita výjezdu:

$$C_e = \frac{3600 * n_{e,koef}}{t_f}$$

C_e je kapacita výjezdu [voz/h]

$n_{e,koef}$ koeficient zohledňující počet pruhů na výjezdu [-]

$n_{e,koef}$ = 1,00 pro jednopruhové výjezdy

$n_{e,koef}$ = 1,50 pro dvoupruhové výjezdy

t_f následný časový odstup vozidel na výjezdu z okružní křižovatky [s]

v závislosti na poloměru vjezdu:

R_e < 15,00 m t_f = 3,0 s

15,00 < R_e < 30,00 m t_g = 3,6 - 0,04 * R_e

R_i > 40,00 m t_f = 2,4 s

Vliv přecházejících chodců

Chodci pochopitelně snižují kapacitu jednotlivých výjezdů křižovatky. Pokud je intenzita přecházejících chodců I_{ch} > 250 ch/h nebo je součet přecházejících chodců a vyjíždějících vozidel $I_{ch} + I_e$ vyšší než 800 (voz+ch)/h stanovuje se kapacita výjezdu dle vzorce:

$$C_e = \frac{3600 * n_{e,koef}}{t_f} * e^{-\frac{I_{ch}}{3600}*(t_g - \frac{t_f}{2})}$$

C_e je kapacita výjezdu [pvoz/h]

$n_{e,koef}$ koeficient zohledňující počet pruhů na výjezdu [-]

$n_{e,koef}$ = 1,00 pro jednopruhové výjezdy

$n_{e,koef}$ = 1,50 pro dvoupruhové výjezdy

I_{ch} intenzita chodců [ch/h]

t_f následný časový odstup vozidel na výjezdu z okružní křižovatky [s]

v závislosti na poloměru vjezdu:

R_e < 15,00 m t_f = 3,0 s

15,00 < R_e < 30,00 m t_f = 3,6 - 0,04 * R_e

R_e > 40,00 m t_f = 2,4 s

t_g kritický časový odstup vozidel se učí dle vzorce: [s]

$$t_g = \frac{d_p}{v_p} + \frac{d_v}{v_v} + t_{bezp}$$

d_p délka přechodu [m]

v_p rychlost pohybu chodců [m/s] v_p = 1,6 m/s

d_v délka vozidla [m] d_v = 6,0 m

v_v rychlost vozidla [m/s] v_v = 5,56 m/s = 20 km/h pro R_e < 15,00 m

v_v = 8,83 m/s = 30 km/h pro R_i > 15,00 m

t_{bezp} bezpečnostní odstup vozidla a chodce $t_{bezp} = 1{,}7\ s$

Posouzení kapacity výjezdu

Pro každý výjezd okružní křižovatky se vypočte stupeň vytížení a_v.

$$a_v = \frac{I_e}{C_e}$$

I_e intenzita vozidel na výjezdu [pvoz/h]

C_e kapacita výjezdu [pvoz/h]

Pro $a_v < 0{,}9$ výjezd kapacitně vyhovuje

Pro $a_v > 0{,}9$ výjezd kapacitně nevyhovuje

3.1.12. Výstup kapacitního posouzení

Kapacitní výpočet se provede pro všechny vjezdy i výjezdy. Rozhodujícím prvkem je vjezd nebo výjezd s nejvyšším stupněm UKD. Pokud nevyhoví jeden vjezd nebo výjezd nevyhovuje celá křižovatka.

Tento model nezahrnuje vliv vzdutí do okružního pásu. V těchto případech je doporučené prověřit křižovatku pomocí mikroskopické simulace.

Tento model je univerzální po všechny typy okružních křižovatek v případě atypických řešení křižovatek je nutné postupovat individuálně aby model v maximální míře odpovídal realitě.

Výstupem kapacitního posouzení je jednotný protokol na obrázku 15.

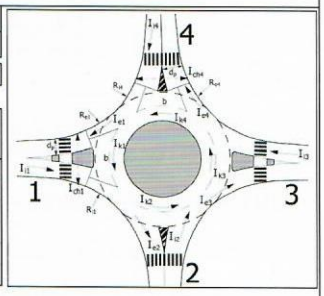
Kapacitní posouzení okružní křižovatky podle TP 234 — *Protokol 3*

Název křižovatky

Posuzovaný stav

Typ okružní křižovatky

Vnější průměr [m]



Vstupní parametry

Paprsek	Název komunikace	požad.st. UKD	$t_{w,lim}$ [s]	Poznámka
		1	2	
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Geometrické podmínky

Paprsek	Název komunikace	n_k [-]	n_i [-]	n_e [-]	typ vjezdu [-]	R_i [m]	R_e [m]	b [m]	d_p [m]
		3	4	5	6	7	8	9	10
1									
2									
3									
4									
5									
6									

Intenzity dopravy [pvoz/h]

do paprsku / z paprsku	Název komunikace	1	2	3	4	5	6	Součet	Poznámka
1									
2									
3									
4									
5									
6									
Součet									

Kapacita vjezdu

Paprsek	Název komunikace	I_k [pvoz/h]	I_i [pvoz/h]	C_i [pvoz/h]	Rez [pvoz/h]	t_w [s]	a_v [-]	$N_{95\%}$ [m]	UKD [-]
		11	12	13	14	15	16	17	18
1									
2									
3									
4									
5									
6									

Stanovená úroveň dopravy na vjezdech okružní křižovatky

Kapacita výjezdu

Paprsek	Název komunikace	I_e [pvoz/h]	I_{ch} [ch/h]	C_e [pvoz/h]	a_v [-]	Kap.výj. vyhovuje	Poznámka
		19	20	21	22	23	
1							
2							
3							
4							
5							
6							

Stanovená úroveň dopravy na výjezdech vyhovuje?

Závěr:

Obr.15 Jednotný protokol kapacitního posouzení (převzato z TP 234)

3.2 Kapacitní výpočet okružní křižovatky v programu PVT Vissim 10

3.2.1. Úvod do posuzování dle softwaru

Posouzení kapacity křižovatek pomocí výpočetní techniky ve specializovaném softwaru patří mezi nejmodernější metody výpočtu. Program dokáže zachytit mnohem širší dopravní souvislosti, než klasické postupy jsou však citlivé na vstupní data a parametry simulace proto je potřeba dát pozor při zadávání vstupních údajů. Rovněž je potřeba brát výstupy ze softwaru s nadhledem, neboť do modelu zadáváme přesné trasy vozidel a v reálném provozu se řidiči nemusí volit trasu s tak velkou preferencí vůči ostatním možným trasám. Pro co možná nejvěrohodnější výstupy odpovídající realitě je potřeba zadávat data s citem, aby bylo dosaženo maximální možné shody.

3.2.2. Popis programu

Program PVT Vissim pracuje na principu vytvoření dopravního modelu určité oblasti. Po dokončení zadání všech vstupů se spustí simulace v připraveném prostředí a po skončení časového intervalu probíhá shromažďování dat.

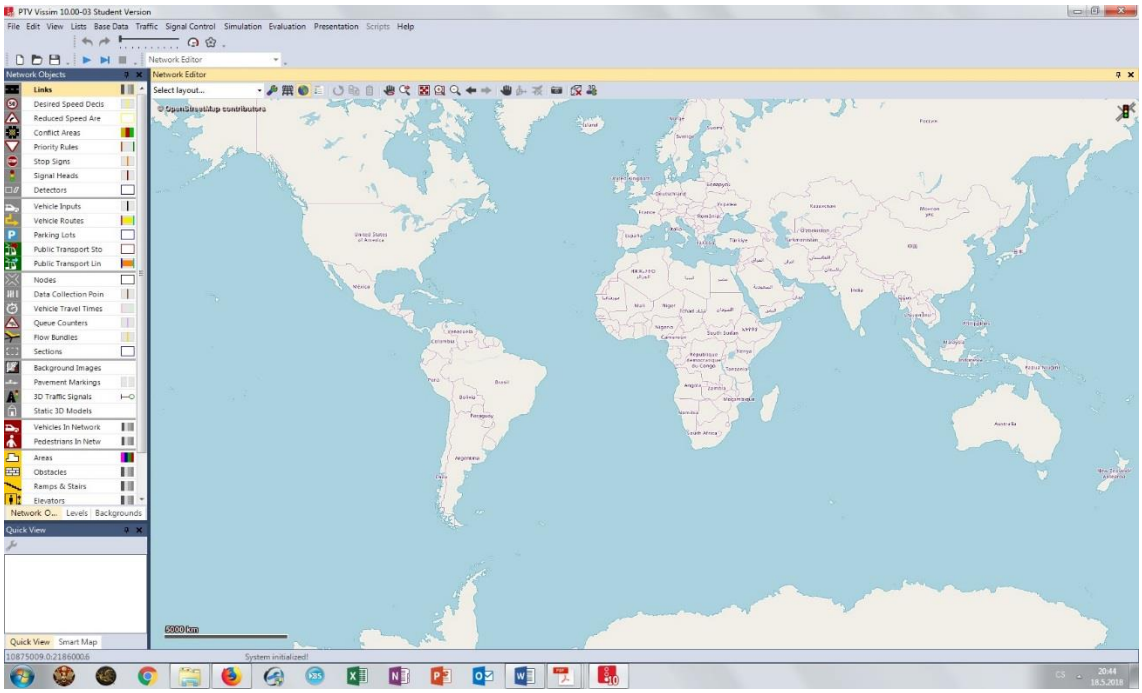
Pro účel kapacitního posouzení variantního řešení křižovatek byl využit jen zlomek potenciálu programu. Vissim lze použít pro simulace dopravy vozidel i přepravy osob. Do programu je možné kromě zadat mnoho parametrů komunikací např. (sklony komunikací, mimoúrovňová křížení, řízení světelnou signalizací, atypická řešení křižovatky…)

3.2.3. Prostředí programu

Program pracuje v běžném prostředí windows, ovládání je velmi intuitivní a není třeba jej ovládat pomocí textových příkazů a znalosti programovacího jazyka. Většina funkcí je dostupná prostřednictvím ikon na pracovním okně. Zbylé parametry jsou v liště na horním okraji obrazovky. Program pracuje v anglickém jazyce, českou verzi programu jsem zatím neobjevil.

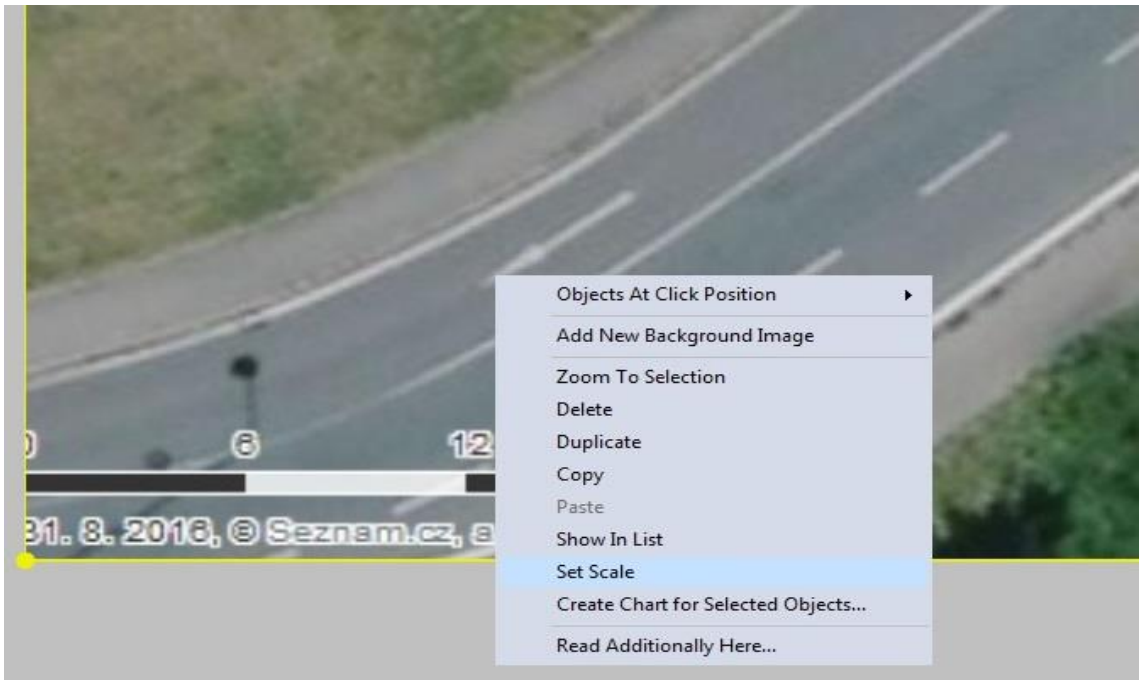
3.2.4. Tvorba pozadí

Po spuštění programu naskočí okno uvedené na obr.16, Vissim pracuje s mapovými podklady a je možné se ihned přesunout na řešenou lokalitu je však samozřejmě nutné znát stávající stav oblasti pro případ neaktuálnosti podkladové mapy.



Obr.16 Úvodní okno

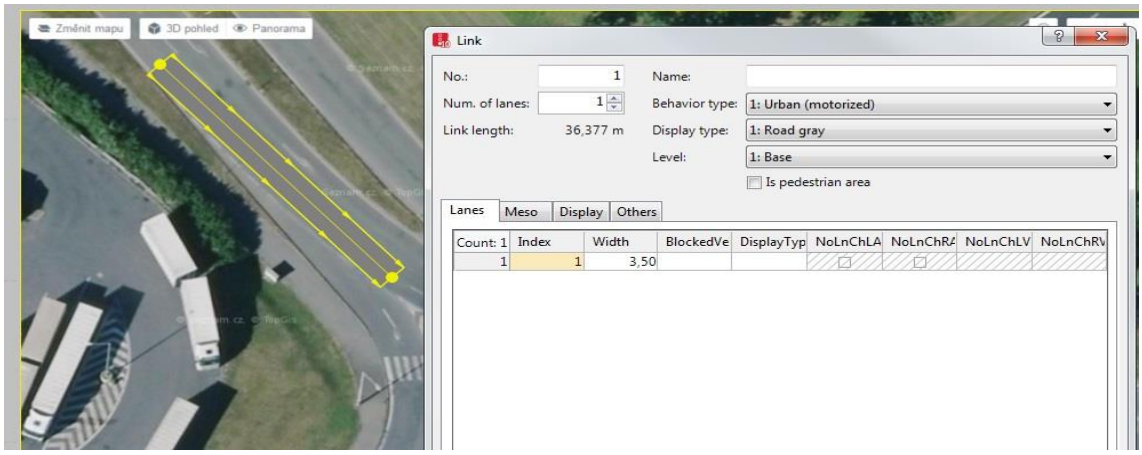
Samozřejmě je možné importovat jakoukoli mapu nebo výkres. Po nahrání souboru je nutné nastavit měřítko tak, aby odpovídalo měřítku použitém v programu. Nahrání vlastní mapy se provede pomocí ikony „background image“, následně se klikne pravým tlačítkem do pracovní plochy a vložíme obrázek. Pravým kliknutím do obrázku si rozklikneme panel s funkcí „set scale“ a nastavíme správné měřítko výkresu. Viz. Obr.17. Po nastavení měřítka je možno s podkladem dále pracovat.



Obr.17 Nastavení měřítka

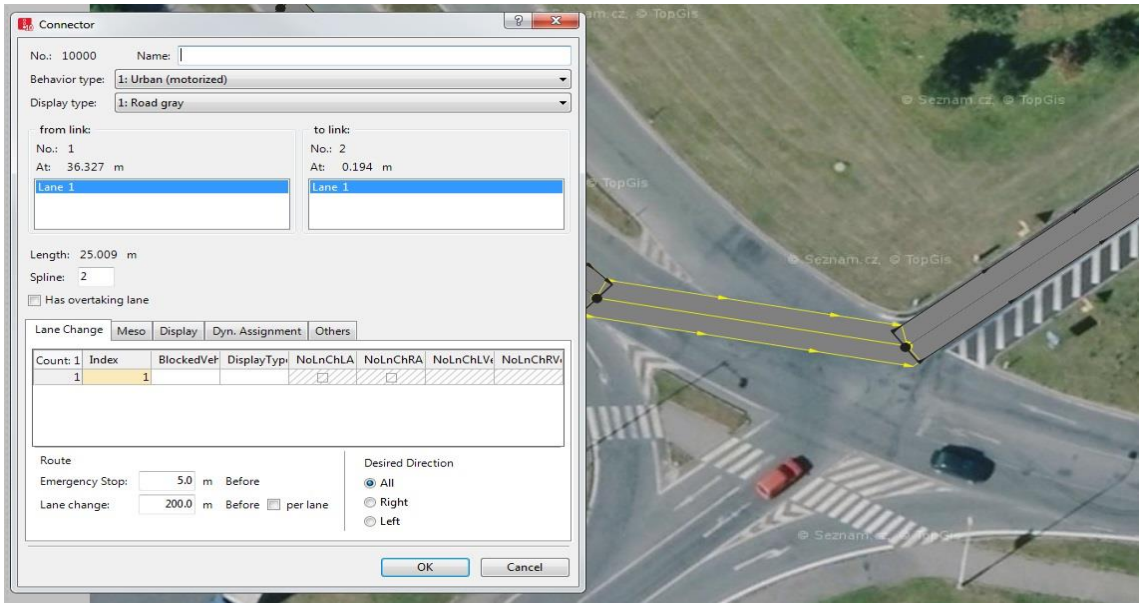
3.2.5. Linky a spojnice

Pro vytvoření jednotlivých paprsků komunikace slouží ikona „links“. Pro vytvoření paprsku klikneme na ikonu poté přejedeme do obrázku a za přidržení „control“ klikneme pravým tlačítkem myši do obrázku a vytvoříme linku. Vyskočí nám okno s velkým množství parametrů. Pro nás je nejdůležitější nastavení šířky pruhu a označení paprsku. Dále lze nastavit vrstvu nebo spíše úroveň ve které bude paprsek (slouží pro mimoúrovňové křižovatky), povrch paprsku (slouží pro vizualizace).



Obr.18 Vložení paprsku

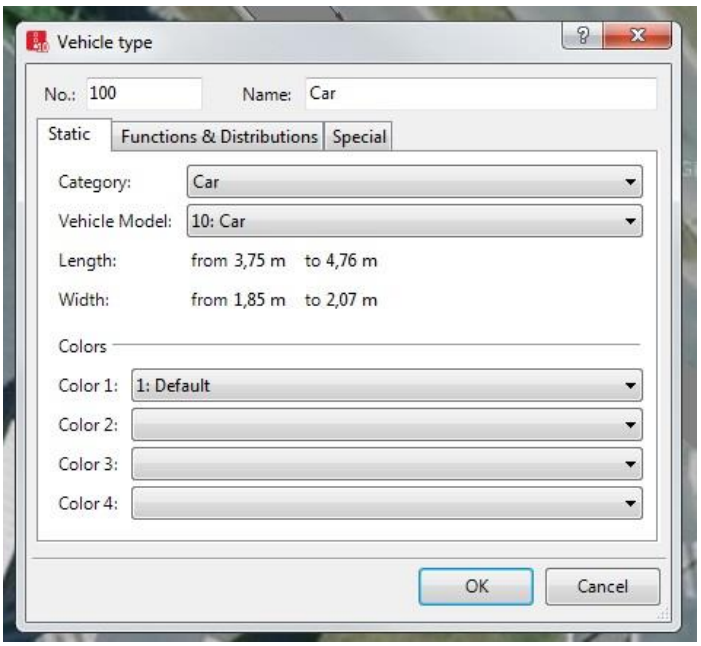
Spojnice mezi dvěma paprsky se vytvoří tak, že za přidržení „control“ kliknu pravým tlačítkem myši na výchozí paprsek a při držení tlačítka přetáhnu na paprsek, který potřebuji spojit. Vyskočí nám okno s nastavením pro nás ne nejdůležitější kolonka „spline“ čímž přiměřeným počtem bodů vytvoříme plynulou křivku spojnice.



Obr.19 Vytvoření spojnice

3.2.6. Typ vozidel

Program obsahuje databázi širokého spektra vozidel. Vozidla se liší akcelerací, decelerací a rozměry. Vše je znázorněno na obr. 20.



Obr.20 Typy vozidel

3.2.7. Skladba dopravního proudu

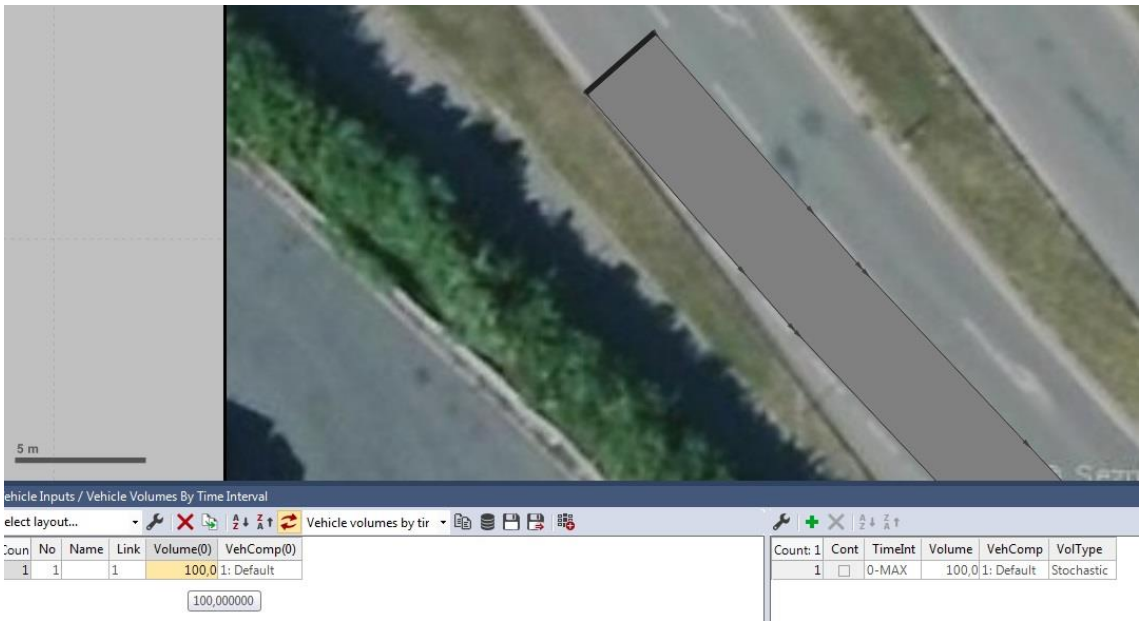
Důležitým krokem je nastavení skladby dopravního proudu. V programu je možné nastavit procentuální zastoupení jednotlivých vozidel a pěších (osobní automobily, nákladní automobily, autobusy, tramvaje a chodci) lze zadat jako procentuální podíl nebo přímo jako počet vozidel.

3.2.8. Rozdělení rychlosti

Vozidla v simulaci se pohybují požadovanou rychlostí, pokud nejsou ovlivněny jinými. Pokud má rychlejší vozidlo možnost předjet pomalejší učiní tak na základě tohoto nastavení.

3.2.9. Vložení vozidel

Vložení vozidel se provede označením ikony „vehicle inputs“ a za podržení „ctrl“ a pravým kliknutím myši do paprsku dojde k provedení příkazu. Poté nastavíme počet vozidel a vybereme již vytvořenou skladbu dopravního proudu.



Obr.21 Vložení intenzity vozidel na paprsku

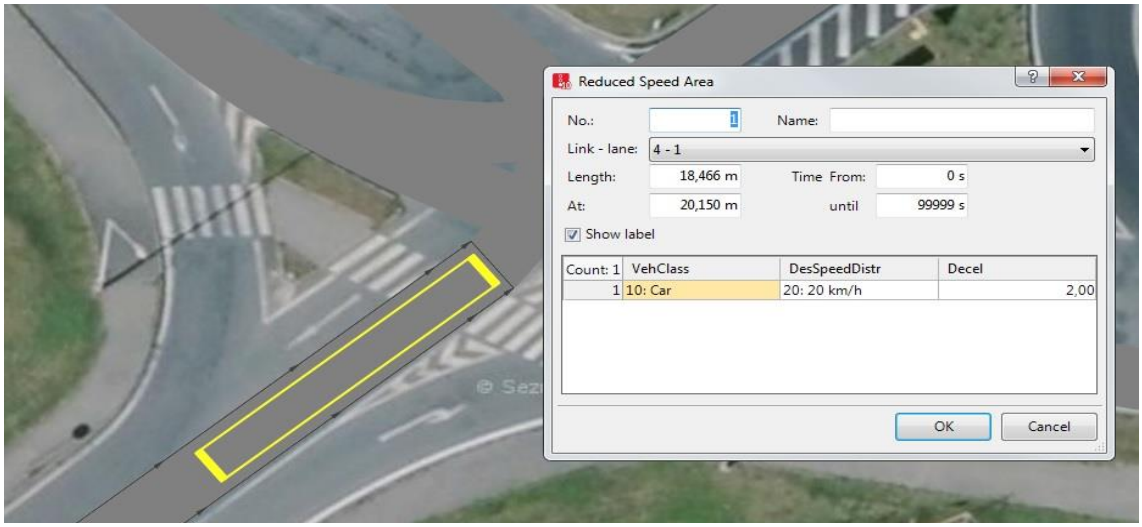
3.2.10. Nastavení tras vozidel

Zde nastavujeme volbu tras vozidel. V prvním kroku vytvoříme všechny trasy vozidel, k nimž v křižovatce dochází a poté přidělíme procentuální podíl vozidel v daném směru. Místo procentuálního podílu lze zadávat i pomocí absolutního počtu vozidel jedoucích danou trasou. Vložení trasy se provádí obdobným způsobem jako vložení paprsků. Na obrázku je nastaveno 10% vozidel pro odbočení vlevo a zbylých 90% pokračuje přímým směrem.

Obr.22 Zadání tras vozidel včetně procentuálního zastoupení volby dané trasy

3.2.11. Omezení rychlosti

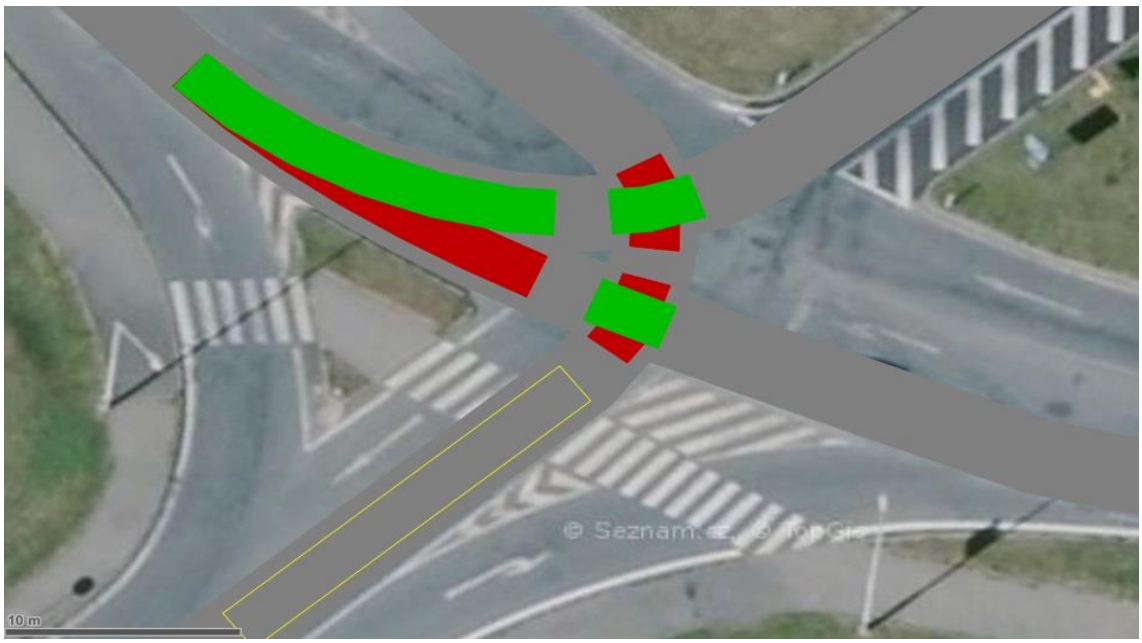
Důležitou funkcí je omezení rychlosti. Je aplikována např. před vjezdem na neřízené křižovatky, kde vozidla zpomalují, aby v případě nutnosti dání přednosti v jízdě byla schopna zastavit a nedošlo ke kolizi vozidel. Na obrázku je znázorněno zpomalení vozidel na pruhu vedlejší komunikace.



Obr.23 Vložení zpomalovacího úseku

3.2.12. Konfliktní zóny

Naprosto zásadní je správné řešení konfliktních zón. Zde jednoduše řečeno nastavujeme, který směr má přednost v jízdě. Změna se provede kliknutím pravého tlačítka myši na příslušnou zónu.



Obr.24 Nastavení konfliktních zón

3.2.13. Vložení míst pro sběr dat

Užitečným nástrojem programu jsou místa pro sběr dat. Slouží ke sběru dat ve zvolených místech. Může jít například o počet vozidel projíždějících určitým paprskem.

Measurement	Acceleration(All)	Dist(All)	Length(All)	Vehs(All)	Pers(All)	QueueDelay(All)	SpeedAvgArith(All)
	-0,10	68,50	12,40	9	9	0,00	54,22

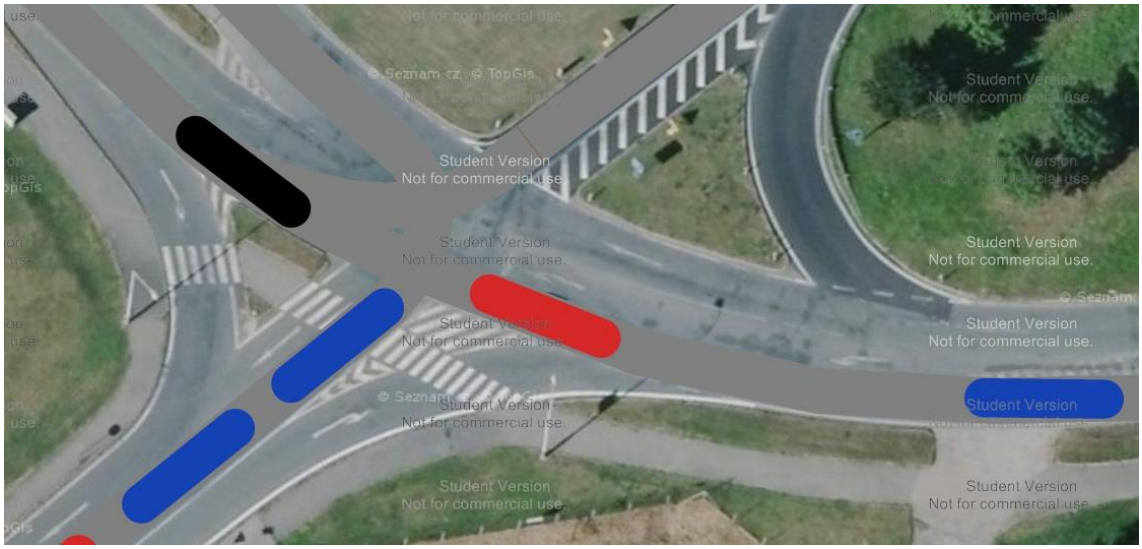
Obr.25 Místo pro sběr dat

3.2.14. Cestovní čas a ztrátový čas, Délka kolony

Pomocí těchto funkcí měříme časové zdržení a délku front mezi zvolenými úseky. Pro posouzení kapacity jde o nejpodstatnější výstupy mikrosimulačního modelu. Ztrátový čas je určen na základě rozdílu mezi projetím nastaveného úseku v simulačním modelu a ideálním případem bez zdržení v daném úseku.

3.2.15. Spuštění simulace

Pokud máme všechny potřebné informace zadané do programu můžeme simulaci spustit. Její průběh lze sledovat v režimu 2D i 3D. V průběhu simulace lze vizuálně ověřit předpokládané chování vozidel. Před spuštěním se program vždy automaticky zeptá, zda si přejeme model uložit což je velmi užitečné v případě, že simulace způsobí zaseknutí systému. Po skončení simulace je uživatel rovněž varován, pokud změní prvek, který ovlivní výsledky původní simulace.



Obr.26 Simulace spuštěná v režimu 2D

3.2.16. Shrnutí

Program PVT Vissim je velice užitečným pomocníkem při kapacitních posouzeních, modelování dopravy a mnoha dalších dopravně-inženýrských úlohách. Prostředí programu je uživatelsky příjemné a intuitivní. Umožňuje obrovské množství nastavení vstupních parametrů. Pro účely kapacitního posouzení byl využit pouze zlomek potenciálu programu, který je pro tyto účely více než vyhovující.

Jak jsem již zmínil výsledky je nutno brát s nadhledem, neboť výsledky simulací budou přesně odpovídat tomu jaká data byla do programu vložena. Ne vždy je možné s naprostou jistotou predikovat chování vozidel.

4. Křižovatka v Berouně D5 x III/11 533

4.1 Doprava města Beroun

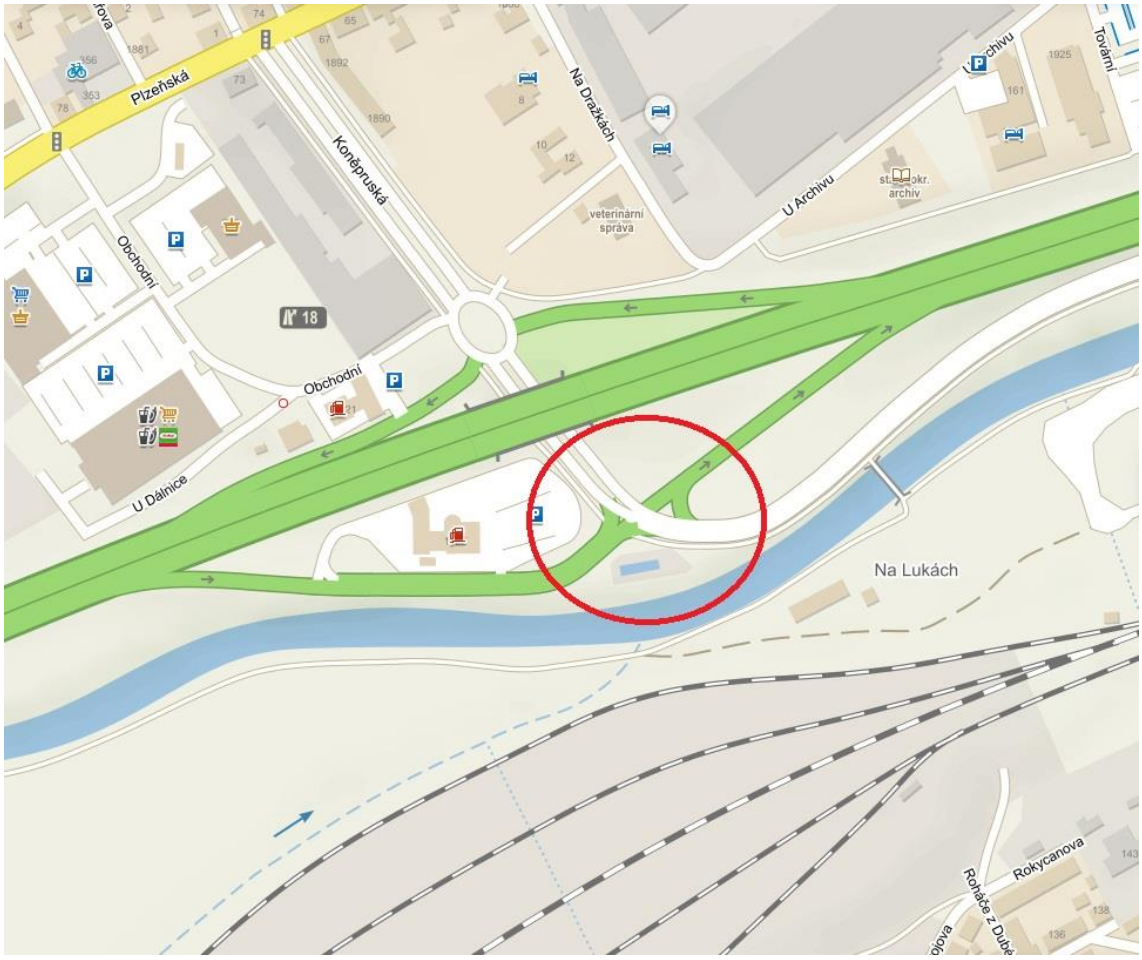
Město Beroun se nachází ve Středočeském kraji na 18km dálnice D5. Představuje důležitý komunikační uzel.

Z pozemních komunikací je nejvýznamnější komunikací dálnice D5 lemující město po jižní straně. Městem prochází také silnice II/605, která spojuje Prahu s Německem přes hraniční přechod Rozvadov.

Z hlediska železniční dopravy je po jižní straně města veden III. tranzitní železniční koridor.

4.2 Popis řešené lokality

Řešená křižovatka se nachází na jižní části města Beroun v místě napojení mimoúrovňové křižovatky na 18km dálnice D5 ve směru Praha a silnice III/11 533.



Obr.27 Řešená lokalita

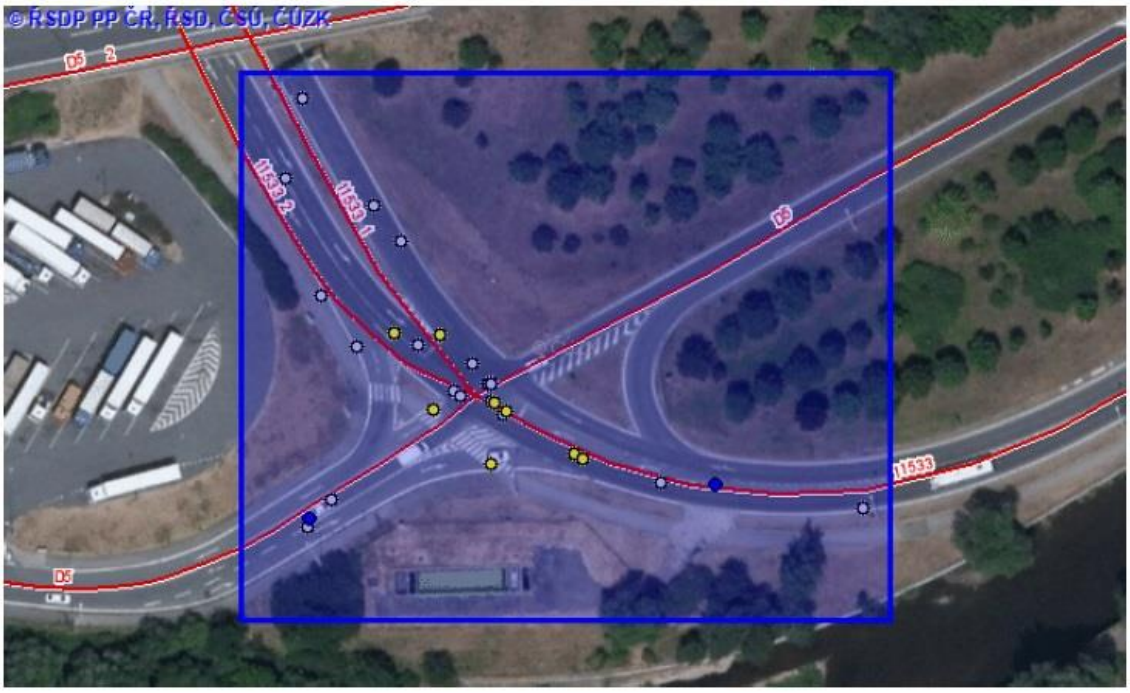
4.3 Zdůvodnění diplomové práce

Důvodem zpracování této práce je kapacitně nevyhovující průsečná křižovatka. Největších kolon a zdržení je dosahováno na paprsku sjezdové rampy dálnice D5. V době dopravního průzkumu dosahovala délka kolony až do míst čerpací stanice OMW. Sjezdová rampa je vedena jako přímá se směrovými oblouky na sjezdu a před napojením na silnici III/11 533 v důsledku tohoto řešení jsou vytvořené kolony velmi nebezpečné, neboť vozidla sjíždějící z dálnice mají vysokou rychlost oproti sjezdu řešeným jako např. vratná rampa kde je nutné snížit rychlost vozidla. Hrozí tedy riziko srážky vozidel v případě, že vozidla nezačnou zpomalovat včas.

Město Beroun si je tohoto problému vědomo a tato práce má sloužit jako podklad pro konkrétní řešení nové křižovatky.

4.4 Nehodovost dané křižovatky

Data pro zjištění nehodovosti byla získána z webového portálu www.jvdm.cz. Z jednotné dopravní vektorové mapy. Sběr dat byl proveden za období posledních 10-ti let.



Obr.28 Uvažovaná oblast dopravních nehod

Všeobecný přehled o nehodách v zadané lokalitě	
Počet nehod celkem	31
Počet nehod s následky na zdraví	10
Počet usmrcených osob (stav do 24 hod.)	0
Počet těžce zraněných osob (stav do 24 hod.)	2
Počet lehce zraněných osob (stav do 24 hod.)	10

Statistika nehod podle přítomnosti alkoholu nebo drog u viníka nehody				
Druh nehody	Počet nehod	Usmrcené osoby	Těžce zraněné osoby	Lehce zraněné osoby
ne	24	0	1	9
nezjišťováno	4	0	1	1
ano - obsah alkoholu v krvi 1‰ a více	1	0	0	0
ano, obsah alkoholu v krvi do 0,99‰	1	0	0	0
ano - obsah alkoholu v krvi 1‰ a více (2)	1	0	0	0

Tab.4 Statistické vyhodnocení nehodovosti v silničním provozu na vybrané lokalitě (převzato JVDM)

Z dat tab.4 vyplívá, že za toto období došlo k celkem 31 nehodám při nichž nedošlo k usmrcení osob do 24 hodin. U třech nehod byla u viníků nehody zjištěna přítomnost alkoholu v krvi.

Statistika nehod podle hlavních příčin nehody				
Druh nehody	Počet nehod	Usmrcené osoby	Těžce zraněné osoby	Lehce zraněné osoby
proti příkazu dopravní značky DEJ PŘEDNOST	7	0	0	6
při odbočování vlevo	5	0	0	0
nesprávné otáčení nebo couvání	3	0	0	0
nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem	3	0	0	0
nepř. rychlosti dopravně technickému stavu vozovky (zatáčka,klesání,stoupání,šířka apod.)	3	0	0	0
jízda po nesprávné straně, vjetí do protisměru	2	0	1	3
jiný druh nesprávného způsobu jízdy	2	0	0	0
nepř. rychlosti stavu vozovky (náledí, výtluky, bláto, mokrý povrch apod.)	1	0	1	0
chodci na vyznačeném přechodu	1	0	0	1
vyhýbání bez dostatečné boční vůle	1	0	0	0
při vjíždění na silnici	1	0	0	0
nezaviněná řidičem	1	0	0	0
chyby při udání směru jízdy	1	0	0	0

Tab.5 Vyhodnocení nehod dle příčiny (převzato JVDM)

Z tabulky 5 vyplývá že nejčastějším důvodem dopravní nehody je porušení příkazu dej přednost v jízdě a to v 7 případech. Druhou nejčastější příčinou je odbočování vlevo. K těžkému zranění osob došlo v důsledku vjetí do protisměru nebo nepřizpůsobení jízdě danému povrchu vozovky. I přes velmi dlouhý a nevhodně řešený přechod pro chodce došlo pouze k jednomu lehkému zranění na vyznačeném přechodu.

Statistika nehod podle druhu				
Druh nehody	Počet nehod	Usmrcené osoby	Těžce zraněné osoby	Lehce zraněné osoby
srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem	22	0	1	8
srážka s pevnou překážkou	3	0	1	0
srážka s vozidlem zaparkovaným, odstaveným	2	0	0	0
srážka s chodcem	1	0	0	1
jiný druh nehody	1	0	0	1
srážka s lesní zvěří	1	0	0	0
havárie	1	0	0	0

Statistika nehod podle způsobu zavinění nehody				
Druh nehody	Počet nehod	Usmrcené osoby	Těžce zraněné osoby	Lehce zraněné osoby
řidičem motorového vozidla	29	0	1	10
řidičem nemotorového vozidla	1	0	1	0
lesní zvěří, domácím zvířectvem	1	0	0	0

Statistika nehod podle druhu vozidla viníka nehody				
Druh nehody	Počet nehod	Usmrcené osoby	Těžce zraněné osoby	Lehce zraněné osoby
osobní automobil bez přívěsu	23	0	0	9
nákladní automobil s návěsem	3	0	0	0
motocykl (včetně sidecarů, skútrů apod.)	1	0	1	0
jízdní kolo	1	0	1	0
nezjištěno, řidič ujel	1	0	0	1
nákladní automobil s přívěsem	1	0	0	0
nákladní automobil (včetně multikáry, autojeřábu, cisterny atd.)	1	0	0	0

Tab.6 Vyhodnocení nehod dle druhu a zavinění nehody (převzato JVDM)

Z tabulky 6 vidíme dominantní počet 22 nehod jako srážku s jedoucím nekolejovým vozidlem. Zavinění nehody je 29 případech způsobeno řidiči motorových vozidel.

Statistika nehod v zadané lokalitě podle viditelnosti				
Druh nehody	Počet nehod	Usmrcené osoby	Těžce zraněné osoby	Lehce zraněné osoby
ve dne, viditelnost nezhoršená vlivem povětrnostních podmínek	25	0	2	8
v noci - s veřejným osvětlením,viditelnost nezhoršená vlivem povětrnostních podmínek	3	0	0	1
v noci - s veřejným osvětlením, zhoršená viditelnost vlivem povětrnostních podmínek (mlha,déšť, sněžení apod.)	2	0	0	1
ve dne, zhoršená viditelnost vlivem povětrnostních podmínek (mlha,sněžení,déšť apod.)	1	0	0	0

Tab.7 Vyhodnocení nehod dle viditelnosti (převzato JVDM)

Na základě statistiky dle tabulky 7 nebyly nehody způsobeny za zhoršených podmínek. Více jak 80 % nehod se stalo ve dne během normálních povětrnostních podmínek.

Statistika nehod v zadané lokalitě podle rozhledových poměrů				
Druh nehody	Počet nehod	Usmrcené osoby	Těžce zraněné osoby	Lehce zraněné osoby
dobré	31	0	2	10

Statistika nehod v zadané lokalitě podle stavu komunikace				
Druh nehody	Počet nehod	Usmrcené osoby	Těžce zraněné osoby	Lehce zraněné osoby
dobrý, bez závad	31	0	2	10

Tab.8 Vyhodnocení nehod dle rozhledových poměrů a stavu vozovky (převzato JVDM)

Dle tabulky 8 nebyla žádná nehoda vyhodnocena tak, že by se na ní podílel stav vozovky nebo špatné rozhledové poměry.

4.5 Analýza nedostatků stávajícího stavu křižovatky

Největší nedostatek této křižovatky je její nedostatečná kapacita. I když to není ze součtu všech vozidel ve špičkové hodině, který je uveden v následující kapitole patrné vliv rozdělení intenzit do jednotlivých směrů způsobuje tvorbu velkých dopravních kolon paprsku sjezdu dálnice D5.

Z hlediska bezpečnosti se jedná o průsečnou křižovatku, která sama o sobě nepatří k nejbezpečnějším typům a její úprava na okružní křižovatku povede zcela jistě ke zvýšení bezpečnosti.

Z pohledu chodců se křižovatka neřadí mezi bezpečnou. Přechod pro chodce je řešen jako rozdělený dopravním ostrůvkem a dopravním stínem což je v pořádku ale délka rozděleného přechodu je i tak 5,6m mezi chodníkem a dopravním ostrůvkem, 8,0m mezi ostrůvkem a dopravním stínem a 7,7m mezi dopravním stínem a chodníkem. Dle statistiky zde došlo pouze k jednomu střetu chodců s osobním vozidlem a navíc intenzita chodců ve špičkové hodině nepřesahuje číslo 25chodců/h ale pro neřízenou křižovatku je dle současných platných norem velmi dlouhý.

Z hlediska rozhledových poměrů se křižovatka nachází v příznivé oblasti pro rozhledy jak ostatně ukazuje i statistika. Dle vizuálního průzkumu je křižovatka umístěna v údolnicovém oblouku z pohledu ramp dálnice D5 a v mírném klesajícím podélném sklonu silnice III/11 533 ze směru Beroun centrum.

4.6 Dopravní průzkum v dané lokalitě

Pro stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích se postupuje dle TP 189. Pro posouzení kapacity jednotlivých řešení úpravy křižovatky je bezpodmínečně nutné mít k dispozici dopravní průzkum intenzit a směrovosti veškerého provozu na komunikaci. Pro účely posouzení dle metodiky TP 134 by postačilo provést dopravní průzkum pouze v místě stávající průsečné křižovatky. Pro potřeby dopravního modelování v programu PVT Vissim byl proveden dopravní průzkum na stávající spirálovité křižovatce nacházející se na opačné straně od dálnice D5.

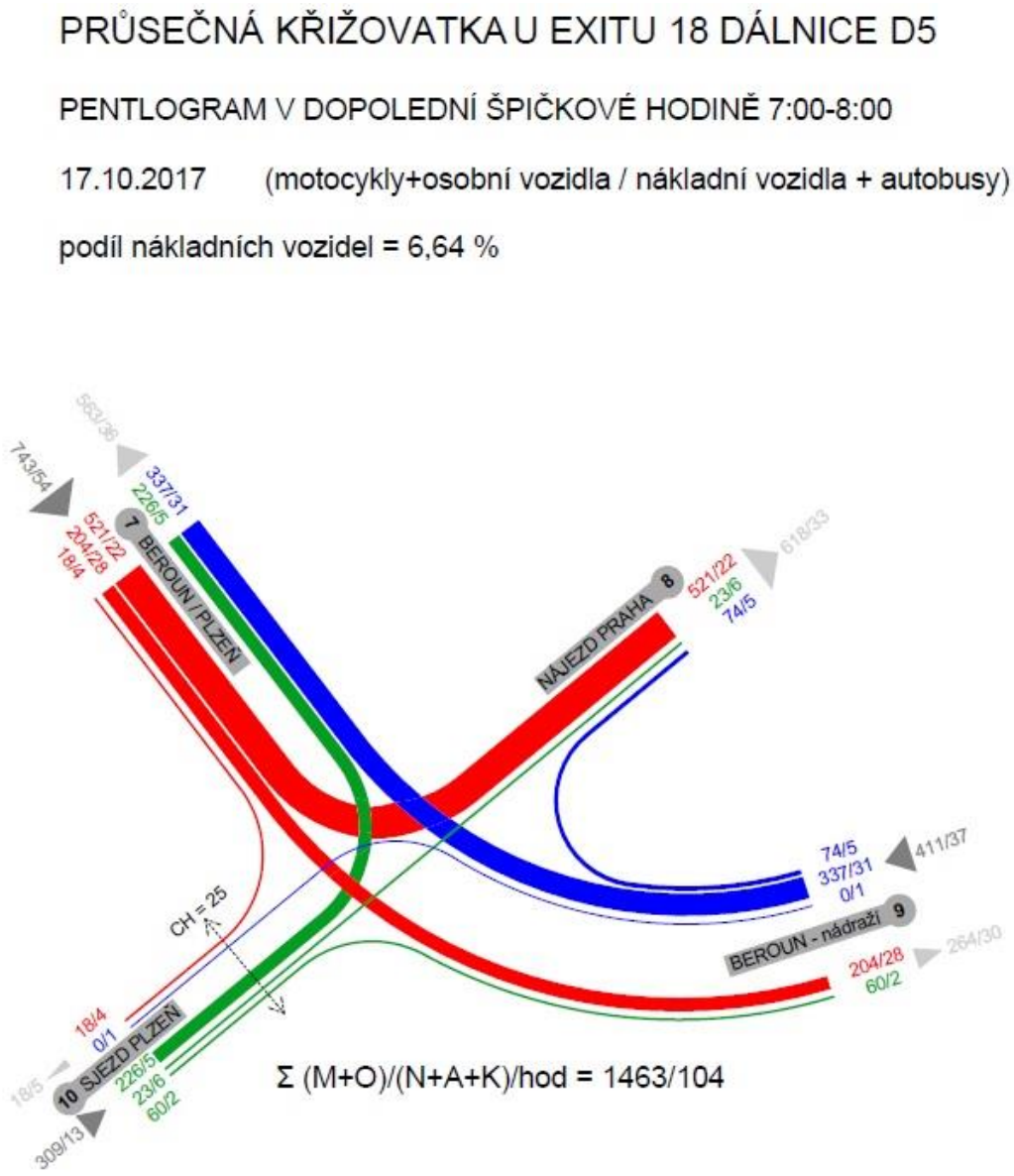
Průzkum byl proveden v úterý dne 17.10.2017 ráno. Počasí bylo pro účely průzkumu příznivé na počátku průzkumu byla mírná mlha, která se později vytratila. Během průzkumu nedošlo k žádným dešťovým srážkám ani mrazu teplota se pohybovala okolo 10°C. V lokalitě nebylo možné provést průzkum dříve z důvodu opravy komunikace III/11 533 za autobusovým nádražím města Beroun výsledky dopravního průzkumu provedeného v době uzavírky by nebyly příliš shodné s obvyklým provozem křižovatkou.

Průzkum byl proveden na základě informací města Beroun od 7:00. Doba průzkumu byla 1,5h. Dopravní průzkum po skončení 8 hodiny ranní byl proveden pouze pro ověření, že nedochází k tvorbě kolon i po skončení 8. hodiny což se neprokázalo. Pro účely posouzení je tedy uvažována špičková hodina mezi 7:00 – 8:00.

Vzhledem k tomu že bylo nutné znát intenzity a směrovost obou křižovatek zároveň byla průsečná křižovatka zaznamenána ručně pomocí sčítačů a spirálovitá křižovatka pomocí záznamu na kameru a následně vyhodnocena.

Sčítána byla osobní a nákladní vozidla, autobusy, těžká nákladní vozidla a chodci.

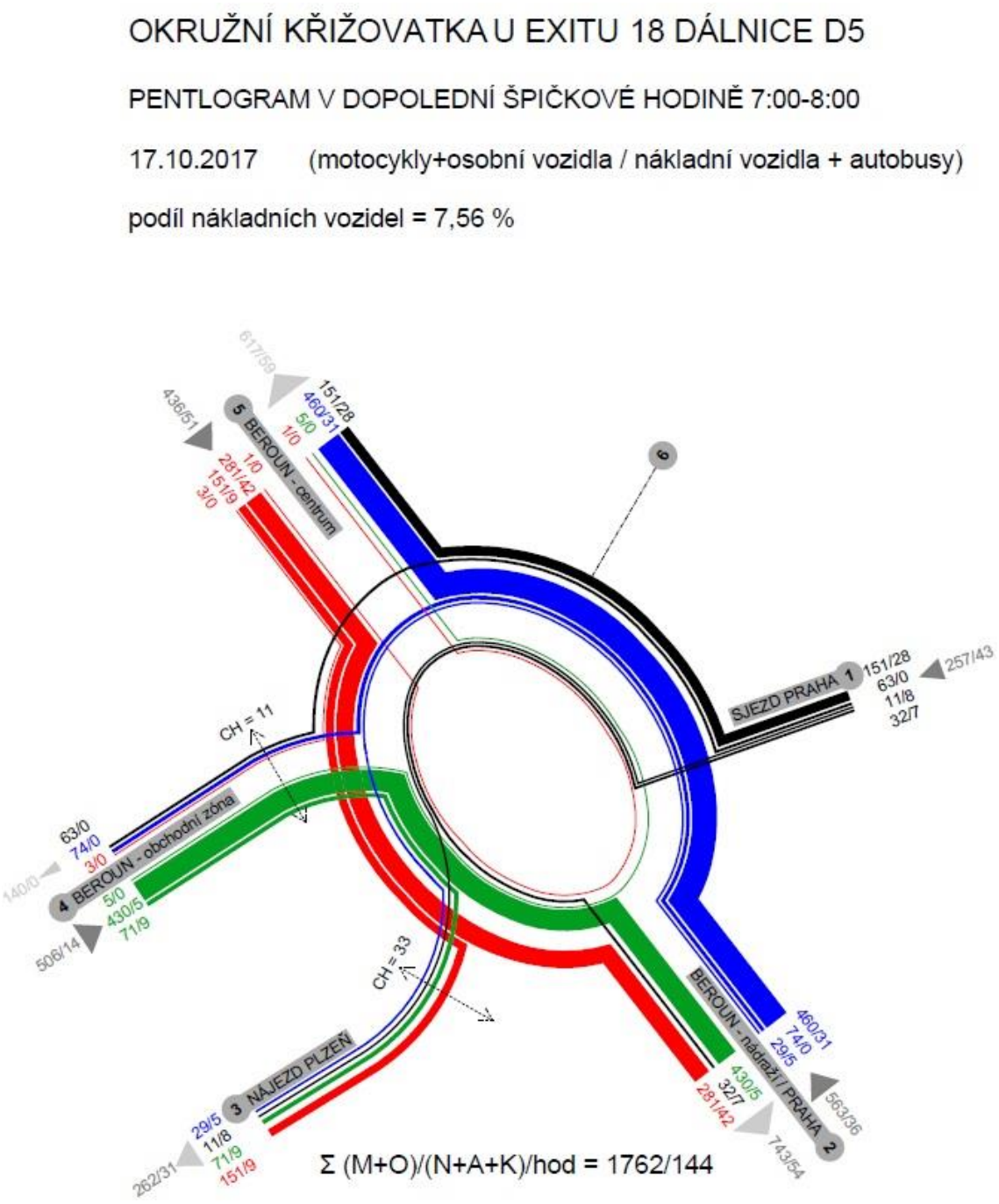
Zjištěná data byla přepsána do formulářů a z nich byly vytvořeny pentlogramy dopravy, které jsou znázorněny na obrázcích 29 a 30 a v příloze.



Obr.29 Pentlogram průsečné křižovatky ve špičkové hodině

Z obrázku je patrné, proč dochází k tvorbě kolon na paprsku 10 „Sjezd Plzeň“. Je to způsobeno dominantním proudem z paprsku 7 „Beroun/Plzeň“ znázorněným červeně. Extrémně silné levé odbočení v kombinaci s relativně silnou intenzitou v přímém směru na hlavní znázorněným modře způsobí, že vozidla na paprsku 10, kde tvoří dominantní směr levé odbočení nemají možnost odbočit. Celkový součet vozidel ve špičkové hodině není příliš velký, ale přesto způsobí, že křižovatka nevyhovuje.

Intenzita chodců přecházejících přes paprsek 10 je velmi nízká činí pouze 25chodců během špičkové hodiny.



Obr.30 Pentlogram spirálovité okružní křižovatky ve špičkové hodině

Tato křižovatka není v rámci práce řešena za zmínku však stojí, že vlivem silné intenzity na paprsku 5 znázorněného červeně dochází k tomu, že paprsek 4 znázorněný zeleně s dominantní intenzitou ve směru Beroun – nádraží/Praha je negativně ovlivněn a má problémy s kapacitou. Během dopravního průzkumu byla pozorována tvorba front na paprsku 4. Tento problém odhalil v rámci mikrosimulačního modelu i program PVT Vissim.

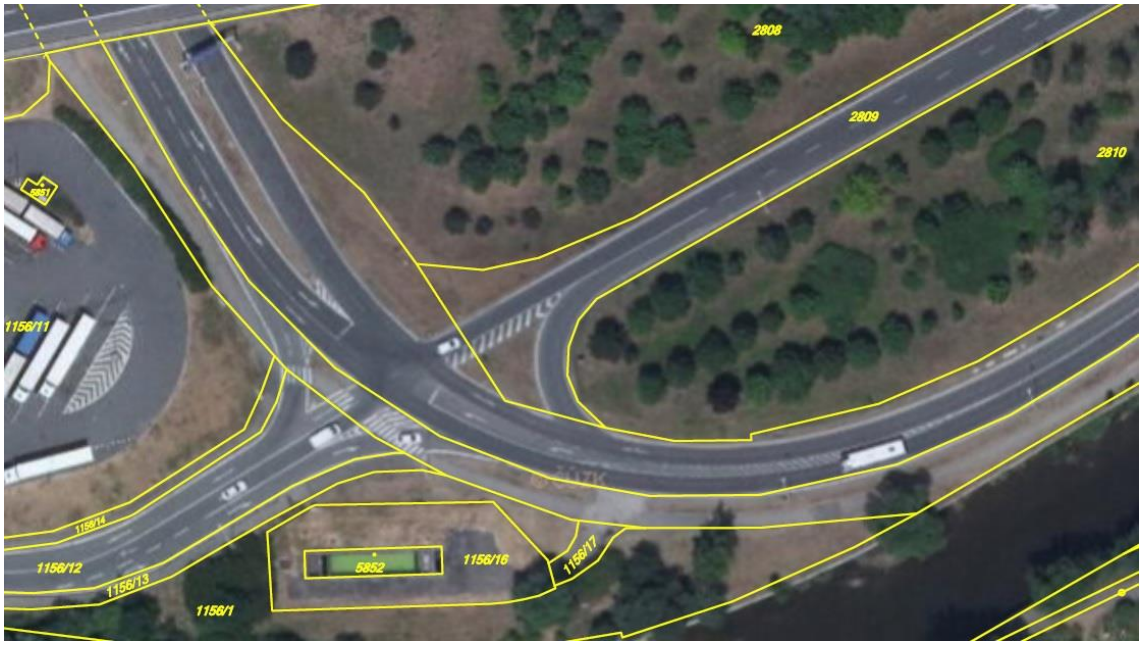
Jako v předchozím případě je intenzita chodců v křižovatce nízká.

4.8 Vymezení území pro hledání reálných variant

Pro návrh řešení problému kapacity bylo nezbytné zjistit záměry města s danou lokalitou i jejich představu řešení daného problému.

Představa města byla navrhnout okružní typ křižovatky namísto stávající průsečné.

Město má rovněž v plánu vybudovat obchvat kolem města, ten má být veden podél dálnice D5 ze směru Plzeň a následně zaústěn přes mostní konstrukci do této křižovatky. Vzhledem k tomu, že není žádná informace kdy se začne obchvat města řešit ani kdy bude hotov není tato budoucí komunikace do křižovatky v rámci variantního řešení zaústěna. Dalším argumentem proti řešení křižovatky s obchvatem, je fakt, že nemáme jakoukoliv představu, jak by se změnila intenzita dopravy a její směrovost. Během modelování v programu Vissim nebyla nalezena rozumná kapacita budoucího dopravního proudu, která by zajistila vyhovující řešení z hlediska kapacity. Jako alternativní řešení se nabízí vést budoucí možný obchvat dále podél dálnice na opačném břehu vodního toku a následné napojení provést přes mostní konstrukci do silnice III/11 533.



Obr.31 Katastrální mapa

Parcelní číslo	Vlastnické právo	Adresa
1156/6	Město Beroun	Husovo nám. 68, Beroun-Centrum, 26601 Beroun
1156/5	Město Beroun	Husovo nám. 68, Beroun-Centrum, 26601 Beroun
888/13	Středočeský kraj KSUS	Zborovská 81/11, Smíchov, 15000 Praha 5
888/14	Město Beroun	Husovo nám. 68, Beroun-Centrum, 26601 Beroun
2808	Česká republika ŘSD	Na Pankráci 546/56, Nusle, 14000 Praha 4
2809	Česká republika ŘSD	Na Pankráci 546/56, Nusle, 14000 Praha 4
2810	Česká republika ŘSD	Na Pankráci 546/56, Nusle, 14000 Praha 4
1156/11	OMW	Štětkova 1638/18, Nusle, 14000 Praha 4
1156/14	OMW	Štětkova 1638/18, Nusle, 14000 Praha 4
1156/12	OMW	Štětkova 1638/18, Nusle, 14000 Praha 4
1156/13	OMW	Štětkova 1638/18, Nusle, 14000 Praha 4
1156/1	OMW	Štětkova 1638/18, Nusle, 14000 Praha 4

Tab.9 Seznam dotčených parcel

4.9 Podklady pro návrh řešení

Projektovou dokumentaci mi ochotně poskytlo Ředitelství silnic a dálnic. Bohužel poskytnuté podklady zahrnovaly pouze původní řešení mimoúrovňové křižovatky, kde byla realizována pouze silnice III/11 533 v té době velmi odlišná od současného stavu a najíždějící rampa dálnice D5 ve směru na Prahu.

Pro účely dopravního modelování jsou však dostatečnými podklady ortofota. Proto jsem pracoval z orotoftem z geoportálu čúzk, který byl pro návrh variant vhodný. Vypracované variantní řešení bylo rovněž importováno do dopravního modelu. Pro ověření hodnot z orotofot jsem na dané lokalitě provedl kontrolní měření některých prvků silniční sítě.

Pro účely zjištění významných inženýrských sítí v oblasti byl použit aktuální územní plán města Beroun z roku 2017. V rámci navržený řešení nedošlo ke kolizi s plynovým vedením nacházejícím se na okraji dané lokality. V lokalitě dle podkladu nebyla nalezena přítomnost kanalizace ani vodovodní vedení. V oblasti se nachází sedimentační nádrž mezi paprsky 10 a 9 v rámci úprav nebylo do tohoto objektu ani jeho pozemku zasaženo.

4.10 Dopravní zatížení

Součástí diplomové práce je i ekonomické posouzení navržených variant. Proto je třeba znát minimálně orientační skladbu vozovky pro stanovení objemu výkopových prací a dále nacenění dané skladby vozovky. Návrh vozovky byl proveden dle TP 170 Navrhování vozovek pozemních komunikací - 2010.

Prvním krokem je stanovení návrhové úrovně porušení. Vzhledem k tomu, že se jedná o relativně významný komunikační uzel, neboť křižovatka je napojena na dálniční síť a lze předpokládat pohyb těžkých nákladních vozidel byla návrhová úroveň porušení stanovena jako D0.

V dalším kroku stanovíme třídu dopravního zatížení. Pro jeho vypočtení jsem využil výsledky z celostátního sčítání dopravy z roku 2016. Data jsou pro silnici III/11 533 jedná se o součet projetých vozidel za den v obou směrech komunikace.

Sčítání dopravy 2016 (sč.úsek: 1-7520)												... význam zkratek			
Roční průměr denních intenzit dopravy		*LN*	*SN*	*SNP*	*TN*	*TNP*	*NSN*	*A*	*AK*	*TR*	*TRP*	*TV*	*O*	*M*	*SV*
RPDI - všechny dny	voz/den	440	110	4	82	11	80	316	0	5	0	1 048	6 629	57	7 734
		LN	*SN*	*SNP*	*TN*	*TNP*	*NSN*	*A*	*AK*	*TR*	*TRP*	*TV*	*O*	*M*	*SV*
RPDI - pracovní den (Po-Pá)	voz/den	545	136	5	102	14	102	366	0	6	0	1 276	7 194	53	8 523
RPDI - volné dny (mimo svátky)	voz/den	178	45	1	33	3	25	192	0	2	0	479	5 215	67	5 761
Hodinová intenzita dopravy												*TV*			*SV*
Padesátirázová intenzita dopravy	voz/h											128			944
Špičková hodinová intenzita dopravy	voz/h											116			858
Těžká nákladní vozidla - TNV															*TNV*
Hodnota TNV	voz/den														755
Intenzita dopravy pro hlukové a emisní výpočty												*OA*	*NA*	*NS*	*Celkem*
Roční průměr intenzit, den (06-18)	voz/den											5 318	814	76	6 208
Roční průměr intenzit, večer (18-22)	voz/den											909	52	9	970
Roční průměr intenzit, noc (22-06)	voz/den											458	86	10	554
Emise										*OA*	*LNA*	*TNA*	*NS*	*BUS*	*Celkem*
Roční špičková hodinová intenzita dopravy	voz/h									956	63	28	14	45	1 106
Koeficienty nerovnoměrnosti dopravy												*alfa*	*beta*	*gama*	*PS*
Koeficient nerovnoměrnosti dopravy	-											0.00	0.00	0.00	-
Intenzita cyklistické dopravy															*C*
Cyklistická doprava	cyklo/den														125

Tab.10 Sčítání dopravy z roku 2016 (zdroj www.scitani2016.rsd.cz)

Pro výpočet zatížení komunikace je dle TP 170 Navrhování vozovek pozemních komunikací je nutné provést přepočet. Metoda je založená na principu přepočtu všech vozidel projíždějících komunikací na počet těžkých vozidel značených TNV. Metoda je založená na faktu, že těžká vozidla poškozují komunikaci výrazně více než vozidla lehká neplatí zde přímá úměra, že vozidlo o poloviční hmotnosti poškodí vozovku o 50 % méně. Pro přepočet se používá následující vzorec.

$$TNV_0 = 0{,}1*N1 + 0{,}9*N2 + PN2 + N3 + PN3 + 1{,}3NS + PA$$

TNV_0	průměrná denní intenzita všech těžkých nákladních vozidel v roce sčítání dopravy	[voz/den]
N1	intenzita lehkých nákladních vozidel (do 3,5t)	[voz/den]
N2	intenzita středních nákladních vozidel (3,5-10t)	[voz/den]
PN2	intenzita přívěsů středních nákladních vozidel	[voz/den]
N3	intenzita těžkých nákladních vozidel (nad 10t)	[voz/den]
PN3	intenzita přívěsů těžkých nákladních vozidel	[voz/den]
A	intenzita autobusů	[voz/den]
PA	intenzita přívěsů autobusů	[voz/den]

Z výsledků sčítání dopravy vidíme že vozidla jsou značena jinak než v uvedeném vzorci. Tento vzorec je potřeba aktualizovat, aby odpovídal současným podkladům ze sčítání dopravy. Pro výpočet je tedy použit vzorec aktuální vzorec dle řsd.

$TNV_0 = 0,1*LN + 0,9*SN + 1,9*SNP + TN + 2,0*TNP + 2,3NSN + A + AK$

$TNV_0 = 0,1*440+ 0,9*110 + 1,9*4 + 82 + 2,0*11 + 2,3*80 + 316 + 0$

$TNV_0 = 755$ [TNV/den]

Na tabulce 10 je tato hodnota uvedena uprostřed na pravém okraji.

Následně stanovíme průměrnou denní intenzitu provozu TNV v návrhovém období.
K tomu je potřeba znát uvažovanou dobu životnosti komunikace. Ta se běžně navrhuje na období 25 let. Jedná se o životnost celé skladby vozovky nikoliv obrusné vrstvy.
V žádném případě to neznamená, že životnost obrusné vrstvy je 25 let. V návrhovém období se uvažuje výměna obrusné vrstvy.

Uvažujeme lineární nárůst intenzity.

Pro stanovení hodnoty použijeme následující vztah:

$TNV_k = 0,5 * (\delta_z + \delta_k) * TNV_0$

TNV_k průměrná denní hodnota intenzity TNV v návrhovém období

δ_z, δ_k součinitele nárůstu intenzity dopravy od začátku do konce návrhového období (z TP 225 Prognóza intenzit automobilové dopravy)

$TNV_k = 0,5 * (1,08 + 1,44) * 755$

TNV_k = 952 [TNV/den]

Návrhová hodnota intenzity provozu se stanoví pro nejvíce zatížený jízdní pruh dle vztahu:

$TNV_d = C_1 * TNV_k$

TNV_d návrhová hodnota denní intenzity provozu

C_1 součinitel vyjadřující podíl intenzity TNV na nejvíce zatíženém jízdním pruhu.

- pro jednopruhové komunikace $C_1 = 1,0$
- pro obousměrné komunikace s
  - jedním pruhem v jednom směru $C_1 = 0,50$
  - dvěma pruhy v jednom směru $C_1 = 0,45$
  - třemi a více pruhy v jednom směru $C_1 = 0,40$

$TNV_d = 0,45 * 952$

TNV_d = 429 [TNV/den]

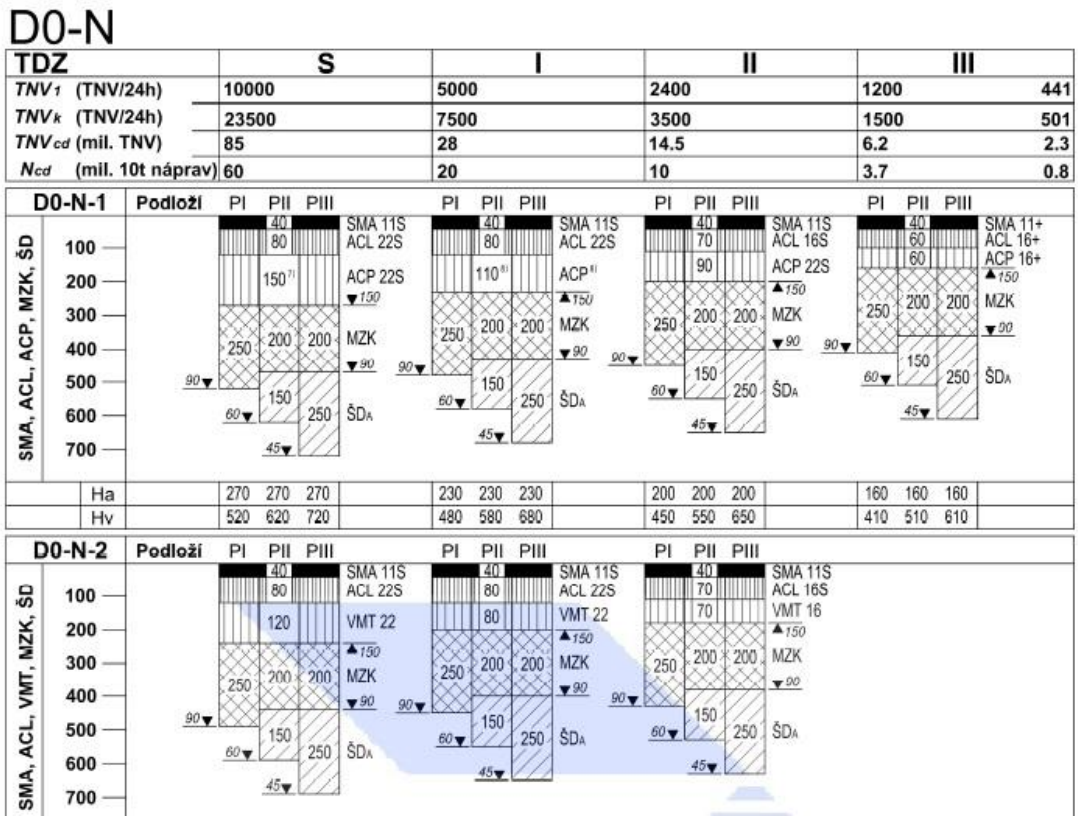
V dalším kroku stanovíme návrhovou hodnotu celkového počtu přejezdů TNV za dané období ta je vypočtena ze vztahu:

$TNV_{cd} = TNV_d * 365 * t_d$

$TNV_{cd} = 429* 365 * 25$

TNV_{cd} = 3 914 625 [TNV/návrhové období]

Nyní již máme výpočty kompletní a lze se přesunout do katalogu vozovek.



Obr.32 Katalog vozovek (převzato z TP 170)

V katalogu vybereme vhodnou vozovku odpovídající námi vypočtené hodnotě TNV_{cd}, která je v našem případě 3,9mil. TNV. Musíme si uvědomit, že se pohybujeme v prostoru křižovatky, kde je rychlost 50km/h a méně a proto dle katalogu musíme hodnotu TNV_{cd} zdvojnásobit.

Podloží bylo odhadnuto na PII.

Vozovka vhodná pro náš případ je tedy D0-N-1-II-PII o celkové tloušťce 650 mm se skladbou:

SMA 11S	tl. 40 mm	asfaltový koberec mastixový
ACL 16S	tl. 70 mm	asfaltový beton pro ložné vrstvy
APC 22S	tl. 90 mm	asfaltový beton pro podkladní vrstvy
MZK	tl. 200 mm	mechanicky zpevněné kamenivo
$ŠD_A$	tl. 250 mm	štěrkodrť

Vozovka byla použita v rámci celé řešené úpravy stávajícího stavu pro orientační ekonomické posouzení jednotlivých variant v rámci studie. Pro další stupně projektové dokumentace je nutné posuzovat intenzity vozidel v určených místech okruhu, kde očekáváme největší intenzity dopravy. Stejně tak bude zcela určitě rozdílná tloušťka vozovky na okružní křižovatce a na paprscích komunikací zaústěných do křižovatky.

5. Návrh typů okružních křižovatek

Dle zadání navržení okružní křižovatky byly vytvořeny celkem 4 varianty okružních křižovatek. Konkrétně jde o jednopruhovou křižovatku s bypassy, turbo-okružní křižovatku typ vejce, turbo-okružní křižovatku typu základní a poslední variantou je atypická turbo-okružní křižovatka se snahou přizpůsobit tvar požadavkům směrovosti intenzit v křižovatce.

5.1 Varianta č.1 Okružní křižovatka s bypassy

Nejjednodušším typem okružní křižovatky je jednopruhová proto je zde uvažována jako první možné řešení. Zde je navíc doplněna bypassy pro pravé odbočení na všech vjezdech pro odlehčení jednotlivým vjezdům do okružní křižovatky. Vnější průměr křižovatky je 37,0m. S okružním prstencem šířky 2,0m. Šířka okružního pásu je 5,2m.

5.1.1. Paprsek 10 (Sjezd Plzeň)

U této komunikace nedošlo ke změně směrového řešení. Střed okružní křižovatky je navržen tak aby procházel osou této komunikace. Byly zachovány 2 pruhy o šířce 3,25m z nichž jeden směřuje do okružní křižovatky a druhý se napojuje přímo na sousední paprsek č. 9 formou bypassu. Komunikace je směrově rozdělená pomocí středního dělícího pásu šířky 2,0 m

Šířka na vjezdu do okružní křižovatky je 5,5m mezi zvýšenými obrubami. Poloměr vjezdu je 35,0m. Na vnitřní straně je vjezd doplněn o srpovitou krajnici navrženou dle přiložených vlečných křivek.

Šířka bypassu je 5,0m mezi zvýšeními obrubami. Z přímého směru je vychýlen směrovým obloukem o poloměru 45,0m na vnitřní straně obruby. Před napojením na paprsek č.9 je úprava přednosti v jízdě provedená stopčárou s vodorovným „značením

dej přednost v jízdě“ V6a. Z bypassu je navíc pomocí snížené chodníkové plochy umožněno odbočení k sedimentační nádrži.

Šířka výjezdu je 5,5m mezi zvýšenými obrubami. Poloměr na výjezdu je 30,0m. Jízdní pruh se za přechodem pro chodce zužuje na 3,5m.

Šíře chodníků včetně bezpečnostního odstupu je na obou stranách komunikace navržena 2,75m. Došlo ke zkrácení přechodu pro chodce a rozdělní přechodu pomocí dopravního ostrůvku.

5.1.2. Paprsek 9 (Beroun - nádraží)

U této komunikace došlo ke změně směrového řešení. Osu komunikace je nutné napojit na střed okružní křižovatky tak aby nedocházelo k tangenciálním průjezdům. Komunikace je na střed okružní křižovatky napojena pomocí oblouku o poloměru 70,0 m měřeným v ose komunikace. Byly zachovány 2 pruhy o šířce 3,5m z nichž jeden směřuje do okružní křižovatky druhý se napojuje přímo na sousední paprsek č. 8 formou bypassu. Komunikace není směrově rozdělena.

Šířka na vjezdu do okružní křižovatky je 5,5m mezi zvýšenými obrubami. Poloměr vjezdu je 15,0m.

Největší šířka bypassu je 7,0m mezi zvýšeními obrubami z důvodu rozšíření v oblouku. Z přímého směru je vychýlen směrovým obloukem o poloměru 60,0m a následně 15,0 m. Před napojením na paprsek č.10 není potřeba úprava přednosti v jízdě.

Šířka výjezdu je 5,5m mezi zvýšenými obrubami. Poloměr na výjezdu je 30,0m. Jízdní pruh je šířky 4,0m.

Šířka chodníku vedeného po levé straně komunikace je 2,75m. Chodník je od komunikace oddělen pruhem zeleně o šířce 3,50m.

5.1.3. Paprsek 7 (Beroun/Plzeň)

U této komunikace došlo ke změně směrového řešení. Osu komunikace je nutné napojit na střed okružní křižovatky tak aby nedocházelo k tangenciálním průjezdům. Komunikace je na střed okružní křižovatky napojena pomocí protisměrných oblouků o poloměru 40,0 a 30,0m měřeným v ose komunikace. Byly zachovány 2 pruhy o šířce 3,5 m z nichž jeden směřuje do okružní křižovatky druhý se napojuje přímo na sousední paprsek č. 10 formou bypassu. Komunikace je směrově rozdělená pomocí středního dělícího pásu šířky 3,5m

Šířka na vjezdu do okružní křižovatky je 6,0 m mezi zvýšenými obrubami. Poloměr vjezdu je 15,0m.

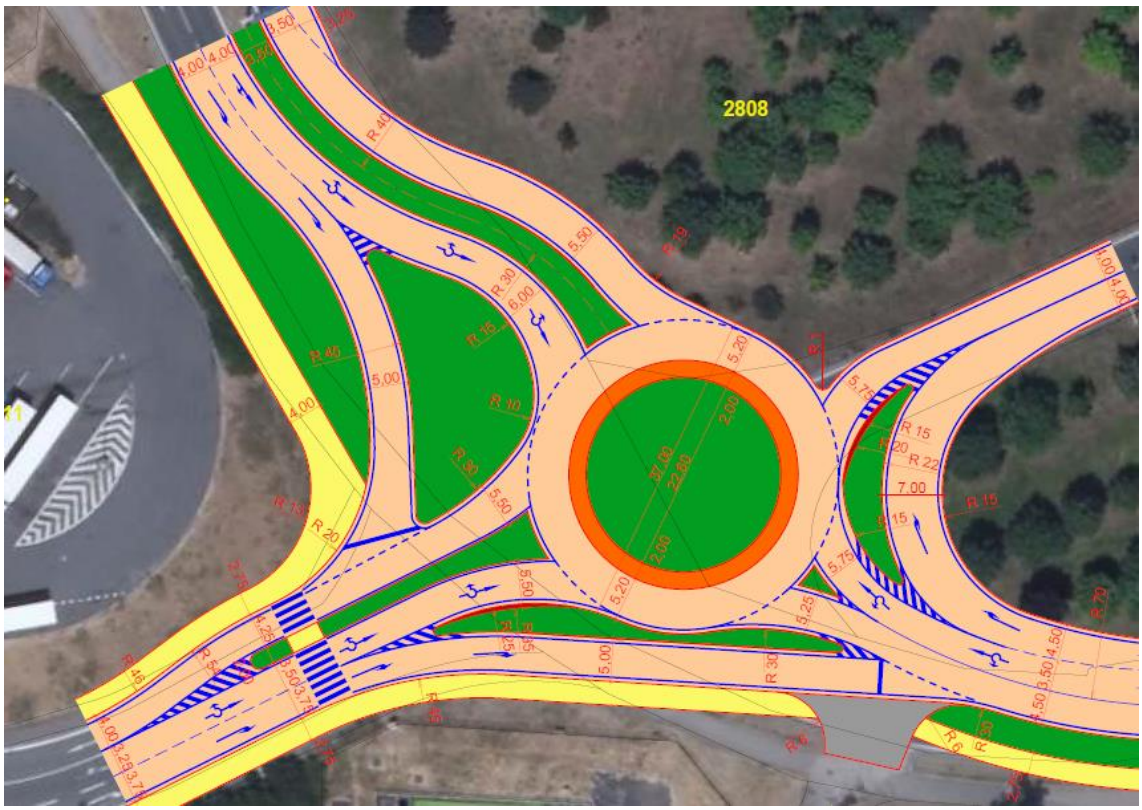
Šířka bypassu je 5,0m mezi zvýšeními obrubami. Z přímého směru je vychýlen směrovým obloukem o poloměru 40,0m na vnitřní straně obruby. Před napojením na paprsek č.10 je úprava přednosti v jízdě provedená stopčárou s vodorovným „značením dej přednost v jízdě“ V6a.

Šířka výjezdu je 5,5m mezi zvýšenými obrubami. Poloměr na výjezdu je 19,0m. Jízdní pruh je šířky 4,5m. Na konci úpravy se rozšiřuje na dvoupruhovou komunikaci.

Šířka chodníku vedeného po pravé straně komunikace je 4,0m. Chodník je od komunikace oddělen pruhem zeleně.

5.1.4. Paprsek 8 (Nájezd Praha)

Výjezd je řešen jako jednopruhový ve vzdálenosti 20,0m od vnější hranice okružního pásu se rozšiřuje do dvou. Šířka výjezdu je v nejužším místě 5,75m mezi zvýšenými obrubami. Poloměr výjezdu je 20,0m na vnitřní straně obruby. Na vnitřní výjezdu je doplněna srpovitá krajnici navržená dle přiložených vlečných křivek.



Obr.33 Situace varianta č.1

5.1.5. Kapacitní posouzení

Kapacitní posouzení bylo provedeno pro současné i výhledové intenzity na základě již popsané metodiky dle TP 234 a programu PVT Vissim, v něm byla zohledněna interakce se spirálovitou okružní křižovatkou. Na tabulce č.11 je porovnání výsledků obou metod. Přísné hodnoty UKD jsou požadovány, aby nedocházelo na paprsku č.7 ke tvorbě dlouhých kolon, které by mohly ovlivnit sousední spirálovitou křižovatku. Paprsek č.10 je rampou dálnice proto je zde stejný požadavek navíc zde kvůli zmíněnému problému přímé krátké rampy může tvorbou kolon docházet ke srážkám vozidel zezadu.

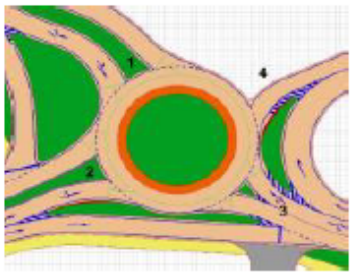
Vjezd	Dle TP 234			PVT Vissim		Požadovaná doba zdržení t_w	Požadovaný stupeň UKD
	t_w	UKD	a_v	t_w	UKD		
Č.7 Beroun / Plzeň	31,5	D	0,907	39,1	D	≤30	**C**
Č.10 Sjezd Plzeň	242,9	F	0,971	224,1	F	≤30	**C**
Č.9 Beroun - nádraží	-	F	1,606	170,2	F	≤45	**D**

Tab.11 Porovnání výsledků kapacitního posouzení

Obr.34 Schéma modelu pro mikrosimulaci

KAPACITNÍ POSOUZENÍ OKRUŽNÍ KŘIŽOVATKY DLE TP 234

Název křižovatky	Beroun, D5 x 11533
Posuzovaný stav	stav 2037, špičková hodina
Typ okružní křižovatky	jeden pruh na okruhu s bypassy
Vnější průměr	37,6



Vstupní parametry

Paprsek	Název komunikace	pož. st. UKD	$t_{w,lim}$ (s)	poznámka
1	Beroun / Plzeň	C	30	Vzhledem k nízké intenzitě vozidel odbočujících k paprsku 2 a nízké intenzitě chodců nebyl přechod pro chodce v kapacitním posouzení uvažován.
2	Sjezd Plzeň	C	30	
3	Beroun - nádraží	D	45	

Geometrické podmínky

Paprsek	Název komunikace	n_k	n_j	n_e	typ vjezdu	R_j (m)	R_e (m)	b (m)	d_p (m)
1	Beroun / Plzeň	1	1	1	-	10,5	19,5	17,2	0,0
2	Sjezd Plzeň	1	1	1	-	25,5	10,5	16,9	0,0
3	Beroun - nádraží	1	1	1	-	15,0	30,5	13,8	0,0

Intenzity dopravy (pvoz/h)

do paprsku / z paprsku	Název komunikace	1	2	3	4	5	6	Součet	pozn.
1	Beroun / Plzeň	0	0	349	758			1107	
2	Sjezd Plzeň	354	0	0	53			407	
3	Beroun - nádraží	536	3	0	0			539	
Součet		890	3	349	811			2053	

Kapacita vjezdu

Paprsek	Název komunikace	I_k (pvoz/h)	I_j (pvoz/h)	c_j (pvoz/h)	Rez (pvoz/h)	t_w (s)	a_v	$N_{95\%}$ (m)	UKD
1	Beroun / Plzeň	3	1107	1220	113	31,5	0,907	127,696	D
2	Sjezd Plzeň	1107	407	419	12	242,9	0,971	130,936	F
3	Beroun - nádraží	1165	539	336	-203	-18,3	1,606	654,544	F

Stanovená úroveň na vjezdech okružní křižovatky	**F**

Kapacita výjezdu

Paprsek	Název komunikace	I_e (pvoz/h)	I_{ch} (ch/h)	c_e (pvoz/h)	a_v	Kapacita vyhovuje			
1	Beroun / Plzeň	636		1277	0,498	ANO			
2	Sjezd Plzeň	28	25	1200	0,023	ANO			
3	Beroun - nádraží	324		1513	0,214	ANO			
4	Nájezd Praha	684		1200	0,570	ANO			

Stanovená úroveň dopravy na výjezdech vyhovuje ?	**ANO**	

Závěr : Křižovatka kapacitně nevyhovuje. Požadovaného stupně UKD nebylo dosaženo na všech vjezdech.

Obr.35 Protokol s výpočtem kapacity jednopruhovou okružní křižovatku s bypassy

5.1.6. Zhodnocení výsledků

Varianta č.1 kapacitně výrazně nevyhověla v obou výpočtových metodách. Dopravní model s metodikou dle TP 234 dosahuje relativně dobré schody. Největší rozdíl na vjezdu č.9 Beroun – nádraží. Z dopravního modelu je patrné, že vozidla na paprsku č.7 vytvoří v křižovatce dominantní pohyb a neumožní vozidlům jedoucím z ostatních vjezdů projet křižovatkou. V rámci mikrosimulace byla zvážena i varianta typu křižovatky „kost“. Simulace prokázala, že by došlo pouze k prohloubení problému a vozidla na paprsku č.7 nemusela dávat přednost vozidlům na okružním pásu. Vlivem toho byly střední doby zdržení ostatních paprsků výrazně horší.

5.2 Varianta č.2 Turbo-okružní křižovatka typ vejce

Dalším možným typem okružní křižovatky je křižovatka turbo-okružní proto je zde uvažována jako další možné řešení. Vnější průměr křižovatky je 57,6m. Na okruhu jsou dva jízdní pruhy o stejné šířce 6,25m rozdělené pomocí fyzického oddělení o šířce 0,3 m. Vnitřní spirály jsou o poloměru 12,0 a 19,28m.

5.2.1. Paprsek 10 (Sjezd Plzeň)

U této komunikace nedošlo ke změně směrového řešení střed okružní křižovatky je navržen tak aby procházel osou této komunikace. Jízdní pruhy byly sníženy na jeden pruh o šířce 3,50m. Komunikace není směrově rozdělená jen na výjezdu je dopravní ostrůvek z důvodu přechodu pro chodce.

Šířka na vjezdu do okružní křižovatky je 4,75m mezi zvýšenými obrubami. Poloměr vjezdu je 20,0m. Na vnitřní straně je vjezd doplněn o srpovitou krajnici navrženou dle přiložených vlečných křivek.

Šířka výjezdu je 5,0m mezi zvýšenými obrubami. Poloměr na výjezdu je 20,0m. Jízdní pruh se za přechodem pro chodce zužuje na 3,5m.

Šíře chodníků včetně bezpečnostního odstupu je na obou stranách komunikace navržena 2,75m. Došlo ke zkrácení přechodu pro chodce a rozdělní přechodu pomocí dopravního ostrůvku.

5.2.2. Paprsek 9 (Beroun - nádraží)

U této komunikace došlo ke změně směrového řešení. Osu komunikace je nutné napojit na střed okružní křižovatky tak aby nedocházelo k tangenciálním průjezdům. Komunikace je na střed okružní křižovatky napojena pomocí oblouku o poloměru 35,0 m měřeným v ose komunikace. Byly zachovány 2 pruhy o šířce 3,5m které jsou na

vjezdu rozděleny pomocí liniového dělícího prvku. Komunikace je směrově rozdělená pomocí středního dělícího pásu o šířce 2,0m.

Šířka na vjezdů do okružní křižovatky je 3,85 a 4,1m mezi zvýšenými obrubami a liniovým dělícím prvkem. Poloměr vjezdu je 20,0m na vnitřní straně obruby. Na vnitřní straně je vjezd doplněn o srpovitou krajnici navrženou dle přiložených vlečných křivek.

Šířka výjezdů je proměnná. Za liniovým dělícím prvkem jsou dva jízdní pruhy o šířce 3,5 m pravý výjezd se napojuje do levého 20m od hrany vnitřního okružního pásu. Poloměr na výjezdu je na vnější straně 40,0m. Po napojení vnějšího výjezdu do vnitřního je šířka jízdního pruhu 4,0m. Z vnějšího výjezdu je navíc pomocí snížené chodníkové plochy umožněno odbočení k sedimentační nádrži.

Šířka chodníku vedeného po levé straně komunikace je 2,75m.

5.2.3. Paprsek 7 (Beroun/Plzeň)

U této komunikace došlo ke změně směrového řešení. Osu komunikace je nutné napojit na střed okružní křižovatky tak aby nedocházelo k tangenciálním průjezdům. Komunikace je na střed okružní křižovatky napojena pomocí protisměrných oblouků o poloměru 50,0 a 30,0m měřeným v ose komunikace. Byly zachovány 2 pruhy o šířce 3,5 m. Komunikace je směrově rozdělená pomocí středního dělícího pásu šířky 3,5m

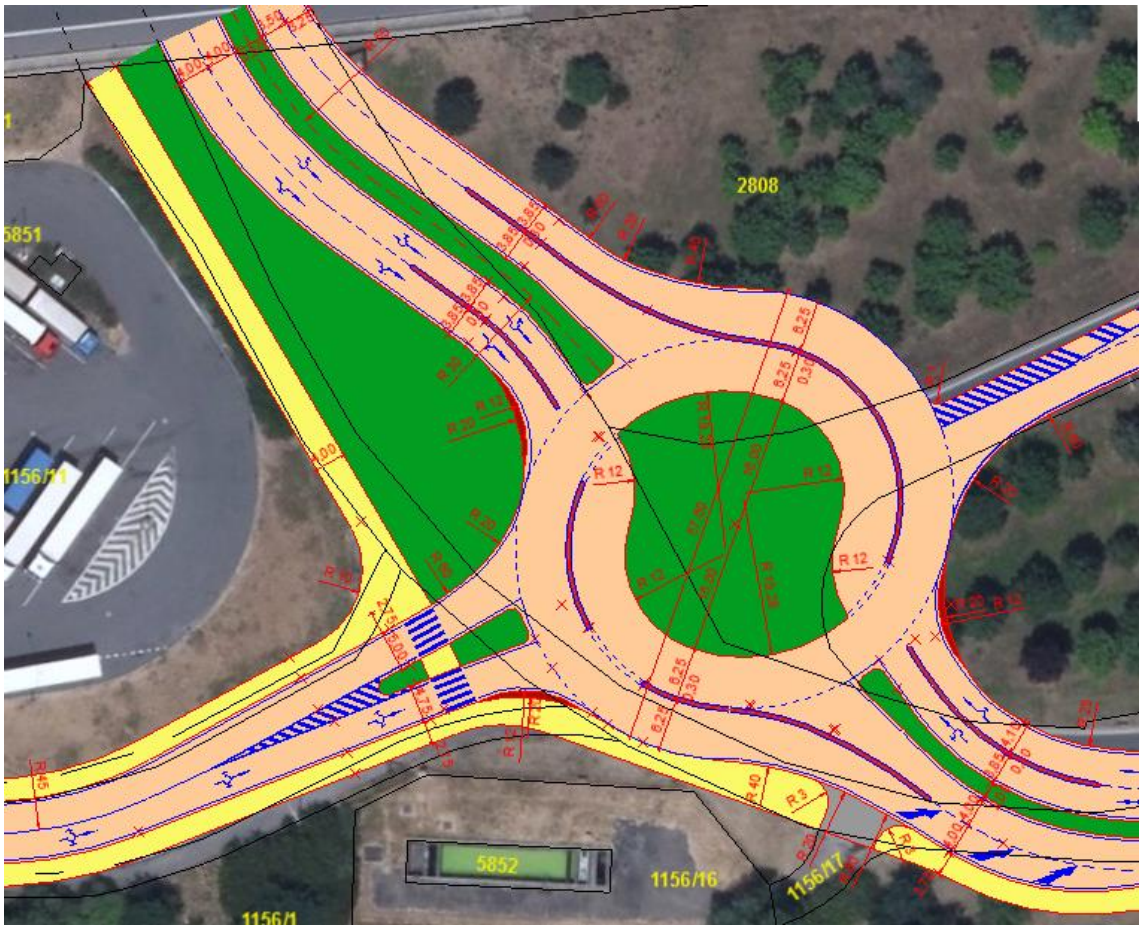
Šířka na vjezdů do okružní křižovatky je 3,85m mezi zvýšenými obrubami a liniovým dělícím prvkem. Poloměr vjezdu je 20,0m na vnitřní straně vnější obruby. Na vnitřní straně je vjezd doplněn o srpovitou krajnici navrženou dle přiložených vlečných křivek.

Šířka výjezdů je proměnná v nejužším místě mezi obrubami a liniovým dělícím prvkem je 3,85m. Poloměr na výjezdu je 40,0m na vnitřní straně vnější obruby. Dále komunikace pokračuje jako dvoupruhová až na konec úpravy v šířce pruhu 3,5 a 2,75m.

Šířka chodníku vedeného po pravé straně komunikace je 4,0m. Chodník je od komunikace oddělen pruhem zeleně.

5.2.4. Paprsek 8 (Nájezd Praha)

Výjezd je řešen jako jednopruhový ve vzdálenosti 15m od vnější hranice okružního pásu se rozšiřuje do dvou. Šířka výjezdu je v nejužším místě 6,8m mezi zvýšenými obrubami. Poloměr výjezdu je 20,0m.



Obr.36 Situace varianta č.2

5.2.5. Kapacitní posouzení

Kapacitní posouzení bylo provedeno pro současné i výhledové intenzity na základě již popsané metodiky dle TP 234 a programu PVT Vissim, v něm byla zohledněna interakce se spirálovitou okružní křižovatkou. Na tabulce č.11 je porovnání výsledků obou metod. Důvod požadovaných přísných stupňů UKD byl již zmíněn dříve.

Vjezd	Dle TP 234			PVT Vissim		Požadovaná doba zdržení t_w	Požadovaný stupeň UKD
	t_w	UKD	a_v	t_w	UKD		
Č.7 Beroun / Plzeň	3,9	A	0,551	3,6	A	≤30	**C**
Č.10 Sjezd Plzeň	46,2	F	0,869	164	F	≤30	**C**
Č.9 Beroun - nádraží	-	F	1,108	91,4	F	≤45	**D**

Tab.12 Porovnání výsledků kapacitního posouzení

Obr.37 Schéma modelu pro mikrosimulaci

KAPACITNÍ POSOUZENÍ OKRUŽNÍ KŘIŽOVATKY DLE TP 234

Název křižovatky	Beroun, D5 x 11533
Posuzovaný stav	stav 2037, špičková hodina 7:00 - 8:00
Typ okružní křižovatky	spirálovitá typ vejce
Vnější průměr	57,6

Vstupní parametry

Paprsek	Název komunikace	pož. st. UKD	$t_{w,lim}$ (s)	poznámka
1	Beroun / Plzeň	C	30	Vzhledem k nízké intenzitě vozidel odbočujících k paprsku 2 a nízké intenzitě chodců nebyl přechod pro chodce v kapacitním posouzení uvažován.
2	Sjezd Plzeň	C	30	
3	Beroun - nádraží	D	45	

Geometrické podmínky

Paprsek	Název komunikace	n_k	n_l	n_e	typ vjezdu	R_i (m)	R_e (m)	b (m)	d_p (m)
1	Beroun / Plzeň	1	2	2	typ 1		40,5		0,0
2	Sjezd Plzeň	2	1	1	typ 3		20,5		0,0
3	Beroun - nádraží	1	2	2	typ 1		40,5		0,0

Intenzity dopravy (pvoz/h)

do paprsku / z paprsku	Název komunikace	1	2	3	4	5	6	Součet	pozn.
1	Beroun / Plzeň	0	35	349	758			1142	
2	Sjezd Plzeň	354	0	96	53			503	
3	Beroun - nádraží	536	3	0	113			652	
Součet		890	38	445	924			2297	

Kapacita vjezdu

Paprsek	Název komunikace	I_k (pvoz/h)	I_i (pvoz/h)	c_i (pvoz/h)	Rez (pvoz/h)	t_w (s)	a_v	$N_{95\%}$ (m)	UKD
1	Beroun / Plzeň	3	1142	2073	931	3,9	0,551	21,913	A
2	Sjezd Plzeň	1107	503	579	76	46,2	0,869	86,4596	E
3	Beroun - nádraží	1165	652	604	-48	-80,7	1,080	273,16	F

Stanovená úroveň na vjezdech okružní křižovatky	**F**

Kapacita výjezdu

Paprsek	Název komunikace	I_e (pvoz/h)	I_{ch} (ch/h)	c_e (pvoz/h)	a_v	Kapacita vyhovuje			
1	Beroun / Plzeň	890		2250	0,396	ANO			
2	Sjezd Plzeň	38		1295	0,029	ANO			
3	Beroun - nádraží	445		2250	0,198	ANO			
4	Nájezd Praha	924		1000	0,924	ANO			

Stanovená úroveň dopravy na výjezdech vyhovuje ?	**ANO**	

Závěr : Křižovatka kapacitně nevyhovuje. Požadovaného UKD nebylo dosaženo na vjezdu 2 a 3.

Obr.38 Protokol s výpočtem kapacity turbo-okružní křižovatky typ vejce

5.2.6. Zhodnocení výsledků

Varianta č.2 rovněž kapacitně nevyhověla v obou výpočtových metodách. Dopravní model s metodikou dle TP 234 dosahuje relativně dobré schody pouze na vjezdu č.7 Velký rozdíl na vjezdu č.10 Sjezd Plzeň je dle mě způsoben tím, že dle metodiky TP 234 je na dvoupruhovém vjezdu č.7 uvažováno že vozidla budou rovnoměrněji rozložena do obou jízdních pruhů na okružní křižovatce. V dopravním modelu však drtivá většina vozidel volí trasu po vnitřní straně okruhu, protože odbočují vlevo na paprsek č.8.

Z dopravního modelu je i zde patrné, že vozidla na paprsku č.7 vytvoří v křižovatce dominantní pohyb a neumožní vozidlům jedoucím z ostatních vjezdů projet křižovatkou. V rámci mikrosimulace byla jako u předchozího modelu zvážena i varianta typu křižovatky „kost“. Simulace prokázala, že by došlo pouze k prohloubení problému a vozidla na paprsku č.7 nemusela dávat přednost vozidlům na okružním pásu. Vlivem toho byly střední doby zdržení ostatních paprsků výrazně horší. V dalších variantách jsem se o podobné řešení nepokoušel, protože by došlo ke stejnému výsledku.

5.3 Varianta č.3 Turbo-okružní křižovatka typ základní

Drobnou úpravou turbo-okružní typ vejce je turbo-okružní křižovatka základního typu. uvažována jako další možné řešení. Vnější průměr křižovatky je stejný 57,6m. Na okruhu jsou dva jízdní pruhy o stejné šířce 6,25m rozdělené pomocí fyzického oddělení o šířce 0,3m. Vnitřní spirály jsou o poloměru 12,0 a 19,28m.

5.3.1. Paprsek 10 (Sjezd Plzeň)

U této komunikace nedošlo ke změně směrového řešení střed okružní křižovatky je navržen tak aby procházel osou této komunikace. Jízdní pruh byl oproti předchozí variantě zvýšen na dva pruhy o šířce 3,50m. Komunikace není směrově rozdělená jen na výjezdu je dopravní ostrůvek z důvodu přechodu pro chodce.

Šířka vjezdů do okružní křižovatky je 3,85m mezi zvýšenými obrubami a liniovým dělícím prvkem. Poloměr vjezdu je 20,0m. Na vnitřní straně je vjezd doplněn o srpovitou krajnici navrženou dle přiložených vlečných křivek.

Šířka výjezdu je 5,0m mezi zvýšenými obrubami. Poloměr na výjezdu je 20,0m. Jízdní pruh se za přechodem pro chodce zužuje na 3,5m.

Šíře chodníků včetně bezpečnostního odstupu je na obou stranách komunikace navržena 2,75m. Došlo ke zkrácení přechodu pro chodce a rozdělní přechodu pomocí dopravního ostrůvku.

5.3.2. Paprsek 9 (Beroun - nádraží)

U této komunikace došlo ke změně směrového řešení. Osu komunikace je nutné napojit na střed okružní křižovatky tak aby nedocházelo k tangenciálním průjezdům. Komunikace je na střed okružní křižovatky napojena pomocí oblouku o poloměru 35,0 m měřeným v ose komunikace. Byly zachovány 2 pruhy o šířce 3,5m které jsou na vjezdu rozděleny pomocí liniového dělícího prvku. Komunikace je směrově rozdělená pomocí středního dělícího pásu o šířce 2,0m.

Šířka na vjezdů do okružní křižovatky je 3,85 a 4,1m mezi zvýšenými obrubami a liniovým dělícím prvkem. Poloměr vjezdu je 20,0m na vnitřní straně obruby. Na vnitřní straně je vjezd doplněn o srpovitou krajnici navrženou dle přiložených vlečných křivek.

Šířka výjezdů je proměnná. Za liniovým dělícím prvkem jsou dva jízdní pruhy o šířce 3,5 m pravý výjezd se napojuje do levého 20m od hrany vnitřního okružního pásu. Poloměr na výjezdu je na vnější straně 40,0m. Po napojení vnějšího výjezdu do vnitřního je šířka jízdního pruhu 4,0m. Z vnějšího výjezdu je navíc pomocí snížené chodníkové plochy umožněno odbočení k sedimentační nádrži.

Šířka chodníku vedeného po levé straně komunikace je 2,75m.

5.3.3. Paprsek 7 (Beroun/Plzeň)

U této komunikace došlo ke změně směrového řešení. Osu komunikace je nutné napojit na střed okružní křižovatky tak aby nedocházelo k tangenciálním průjezdům. Komunikace je na střed okružní křižovatky napojena pomocí protisměrných oblouků o poloměru 50,0 a 30,0m měřeným v ose komunikace. Byly zachovány 2 pruhy o šířce 3,5 m. Komunikace je směrově rozdělená pomocí středního dělícího pásu šířky 3,5m

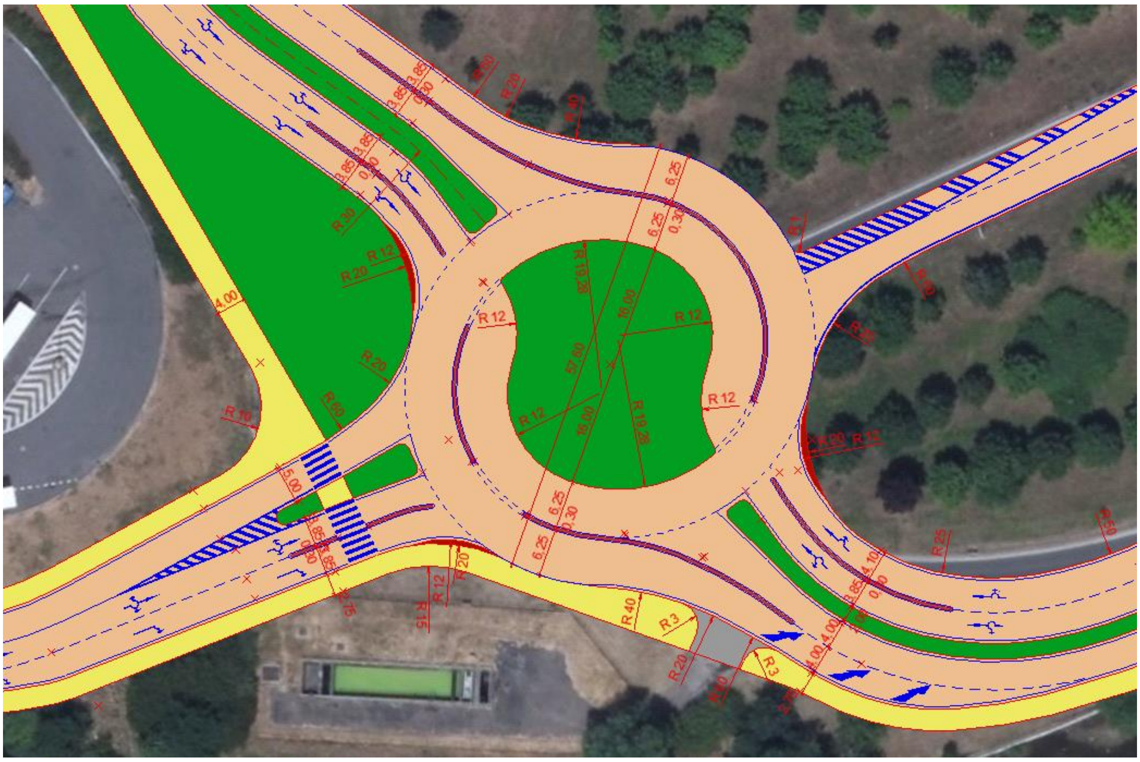
Šířka na vjezdů do okružní křižovatky je 3,85m mezi zvýšenými obrubami a liniovým dělícím prvkem. Poloměr vjezdu je 20,0m na vnitřní straně vnější obruby. Na vnitřní straně je vjezd doplněn o srpovitou krajnici navrženou dle přiložených vlečných křivek.

Šířka výjezdů je proměnná v nejužším místě mezi obrubami a liniovým dělícím prvkem je 3,85m. Poloměr na výjezdu je 40,0m na vnitřní straně vnější obruby. Dále komunikace pokračuje jako dvoupruhová až na konec úpravy v šířce pruhu 3,5 a 2,75m.

Šířka chodníku vedeného po pravé straně komunikace je 4,0m. Chodník je od komunikace oddělen pruhem zeleně.

5.3.4. Paprsek 8 (Nájezd Praha)

Výjezd je řešen jako jednopruhový ve vzdálenosti 15m od vnější hranice okružního pásu se rozšiřuje do dvou. Šířka výjezdu je v nejužším místě 6,8m mezi zvýšenými obrubami. Poloměr výjezdu je 20,0m.



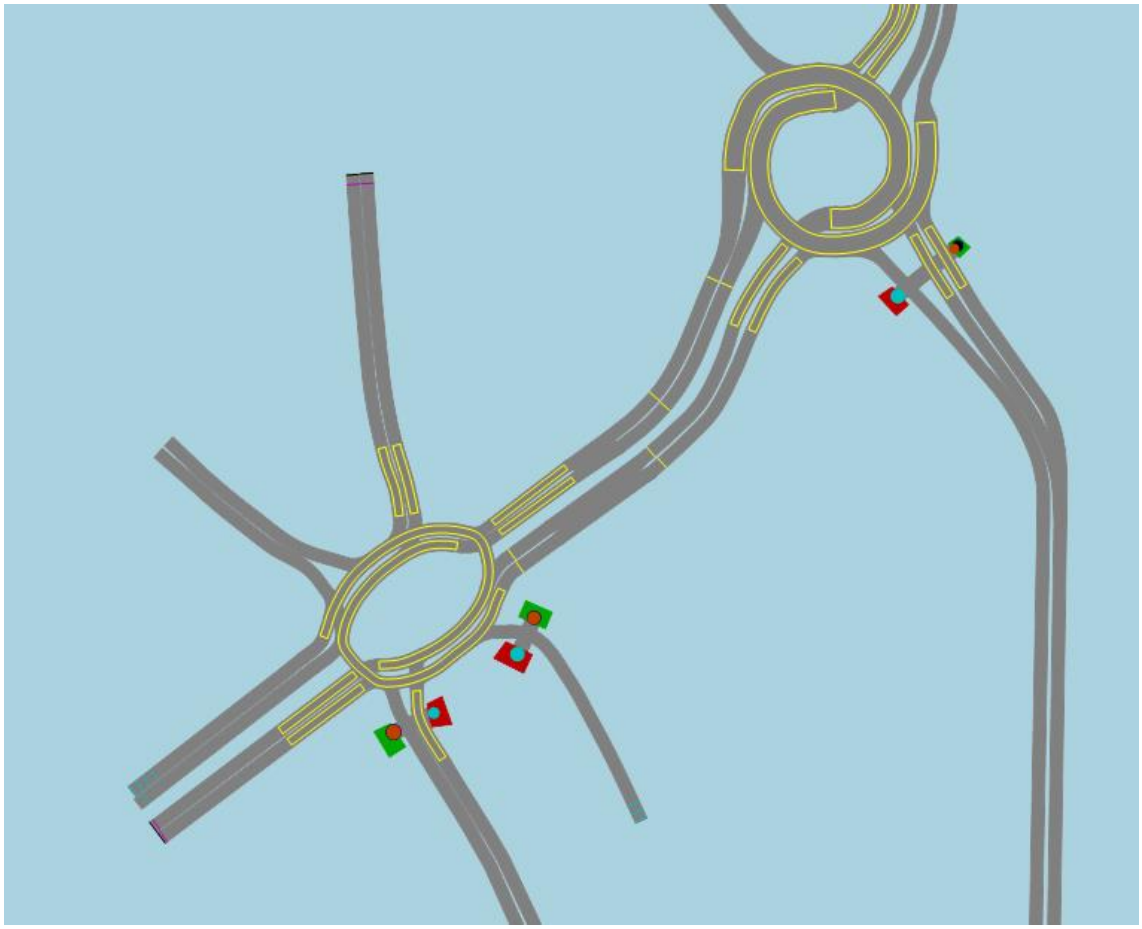
Obr.39 Situace varianta č.3

5.3.5. Kapacitní posouzení

Kapacitní posouzení bylo provedeno pro současné i výhledové intenzity na základě již popsané metodiky dle TP 234 a programu PVT Vissim, v něm byla zohledněna interakce se spirálovitou okružní křižovatkou. Na tabulce č.11 je porovnání výsledků obou metod. Důvod požadovaných přísných stupňů UKD byl již zmíněn dříve.

Vjezd	Dle TP 234			PVT Vissim		Požadovaná doba zdržení t_w	Požadovaný stupeň UKD
	t_w	UKD	a_v	t_w	UKD		
Č.7 Beroun / Plzeň	3,9	A	0,551	2,3	A	≤30	**C**
Č.10 Sjezd Plzeň	9,8	A	0,579	144	F	≤30	**C**
Č.9 Beroun - nádraží	-	F	1,108	219	F	≤45	**D**

Tab.13 Porovnání výsledků kapacitního posouzení



Obr.40 Schéma modelu pro mikrosimulaci

KAPACITNÍ POSOUZENÍ OKRUŽNÍ KŘIŽOVATKY DLE TP 234

Název křižovatky	Beroun, D5 x 11533
Posuzovaný stav	stav 2037, špičková hodina 7:00 - 8:00
Typ okružní křižovatky	spirálovitá typ základní
Vnější průměr	57,6

Vstupní parametry

Paprsek	Název komunikace	pož. st. UKD	$t_{w,lim}$ (s)	poznámka
1	Beroun / Plzeň	C	30	Vzhledem k nízké intenzitě vozidel odbočujících k paprsku 2 a nízké intenzitě chodců nebyl přechod pro chodce v kapacitním posouzení uvažován.
2	Sjezd Plzeň	C	30	
3	Beroun - nádraží	D	45	

Geometrické podmínky

Paprsek	Název komunikace	n_k	n_l	n_e	typ vjezdu	R_l (m)	R_e (m)	b (m)	d_p (m)
1	Beroun / Plzeň	1	2	2	typ 1		40,5		0,0
2	Sjezd Plzeň	2	2	1	typ 3		20,5		0,0
3	Beroun - nádraží	1	2	2	typ 1		40,5		0,0

Intenzity dopravy (pvoz/h)

do paprsku / z paprsku	Název komunikace	1	2	3	4	5	6	Součet	pozn.
1	Beroun / Plzeň	0	35	349	758			1142	
2	Sjezd Plzeň	354	0	96	53			503	
3	Beroun - nádraží	536	3	0	113			652	
Součet		890	38	445	924			2297	

Kapacita vjezdu

Paprsek	Název komunikace	I_k (pvoz/h)	I_l (pvoz/h)	c_l (pvoz/h)	Rez (pvoz/h)	t_w (s)	a_v	$N_{95\%}$ (m)	UKD
1	Beroun / Plzeň	3	1142	2073	931	3,9	0,551	21,913	A
2	Sjezd Plzeň	1107	503	868	365	9,8	0,579	24,2454	A
3	Beroun - nádraží	1165	652	604	-48	-80,4	1,080	273,16	F

Stanovená úroveň na vjezdech okružní křižovatky | **F**

Kapacita výjezdu

Paprsek	Název komunikace	I_e (pvoz/h)	I_{ch} (ch/h)	c_e (pvoz/h)	a_v	Kapacita vyhovuje			
1	Beroun / Plzeň	636		2250	0,283	ANO			
2	Sjezd Plzeň	28		1295	0,022	ANO			
3	Beroun - nádraží	324		2250	0,144	ANO			
4	Nájezd Praha	684		1000	0,684	ANO			

Stanovená úroveň dopravy na výjezdech vyhovuje ? | **ANO**

Závěr : Křižovatka kapacitně nevyhovuje. Požadovaného stupně UKD nebylo dosaženo na vjezdu 3.

Obr.41 Protokol s výpočtem kapacity turbo-okružní křižovatky typ základní

5.3.6. Zhodnocení výsledků

Varianta č.3 stejně jako předchozí varianty kapacitně nevyhověla v obou výpočtových metodách. Dopravní model s metodikou dle TP 234 v tomto případě nevykazuje dobrou shodu. Velký rozdíl na vjezdu č.10 Sjezd Plzeň je dle mě způsoben tím, že dle metodiky TP 234 je na dvoupruhovém vjezdu č.10 uvažováno, že vozidla budou rovnoměrněji rozložena do obou jízdních pruhů na okružní křižovatce. V dopravním modelu je ale vidět, že se na paprsku č. 10 tvoří kolony a nedostatečná délka odbočujícího pruhu vpravo způsobí, že vozidla odbočující vpravo stojí ve stejném pruhu jako ty, co jedou přímým směrem nebo vlevo.

A stejně jako v předchozím případě je vjezd č. 7 nadhodnocen, neboť si drtivá většina vozidel volí trasu po vnitřní straně okružního pásu.

5.4 Varianta č.4 Turbo-okružní křižovatka atypická

Posledním řešením je turbo-okružní křižovatka atypická, která bude svou dispozicí co možná nejlépe odpovídat požadavkům intenzit dopravy a jejich směrovosti. Vnější průměr křižovatky je stejný 57,6m jako v předchozích variantách. Na okruhu jsou dva jízdní pruhy o stejné šířce 6,25m rozdělené pomocí fyzického oddělení o šířce 0,3m. Vnitřní spirály jsou o poloměru 12,0 a 19,28m. Rozdíl spočívá v prodloužení vnějšího pruhu od paprsku č.7 k paprsku č.8. Dojde tedy k vytvoření turbo-okružní křižovatky podobné typu koleno. Avšak s dvoupruhovými výjezdy na protilehlých paprscích.

5.4.1. Paprsek 10 (Sjezd Plzeň)

U této komunikace nedošlo ke změně směrového řešení střed okružní křižovatky je navržen tak aby procházel osou této komunikace. Vjezd do křižovatky byl ponechán dvoupruhový šířce pruhů 3,50m. Komunikace není směrově rozdělená jen na výjezdu je stejně jako v předchozí variantě dopravní ostrůvek z důvodu přechodu pro chodce.

Šířka vjezdů do okružní křižovatky je 3,85m mezi zvýšenými obrubami a liniovým dělícím prvkem. Poloměr vjezdu je 20,0m. Na vnitřní straně je vjezd doplněn o srpovitou krajnici navrženou dle přiložených vlečných křivek.

Šířka výjezdu je 5,0m mezi zvýšenými obrubami. Poloměr na výjezdu je 20,0m. Jízdní pruh se za přechodem pro chodce zužuje na 3,5m.

Šíře chodníků včetně bezpečnostního odstupu je na obou stranách komunikace navržena 2,75m. Došlo ke zkrácení přechodu pro chodce a rozdělní přechodu pomocí dopravního ostrůvku.

5.4.2. Paprsek 9 (Beroun - nádraží)

U této komunikace došlo ke změně směrového řešení. Osu komunikace je nutné napojit na střed okružní křižovatky tak aby nedocházelo k tangenciálním průjezdům. Komunikace je na střed okružní křižovatky napojena pomocí oblouku o poloměru 35,0 m měřeným v ose komunikace. Byly zachovány 2 pruhy o šířce 3,5m které jsou na vjezdu rozděleny pomocí liniového dělícího prvku. Komunikace je směrově rozdělená pomocí středního dělícího pásu o šířce 2,0m.

Šířka na vjezdů do okružní křižovatky je 3,85 a 4,1m mezi zvýšenými obrubami a liniovým dělícím prvkem. Poloměr vjezdu je 16,0m na vnitřní straně obruby. Na vnitřní straně je vjezd doplněn o srpovitou krajnici navrženou dle přiložených vlečných křivek.

Minimální šířka výjezdů je 5,0m mezi zvýšenými obrubami. Poloměr na výjezdu je 20,0 m. Jízdní pruh se v místě konce úpravy zužuje na 4,0m Z výjezdu je navíc pomocí snížené chodníkové plochy umožněno odbočení k sedimentační nádrži.

Šířka chodníku vedeného po levé straně komunikace je 2,75m včetně bezpečnostního odstupu. Na výjezdu je oddělen zeleným pásem proměnné šířky dále je chodník veden podél komunikace bez oddělení.

5.4.3. Paprsek 7 (Beroun/Plzeň)

U této komunikace došlo ke změně směrového řešení. Osu komunikace je nutné napojit na střed okružní křižovatky tak aby nedocházelo k tangenciálním průjezdům. Komunikace je na střed okružní křižovatky napojena pomocí protisměrných oblouků o poloměru 50,0 a 30,0m měřeným v ose komunikace. Byly zachovány 2 pruhy o šířce 3,5 m. Komunikace je směrově rozdělená pomocí středního dělícího pásu šířky 3,5m

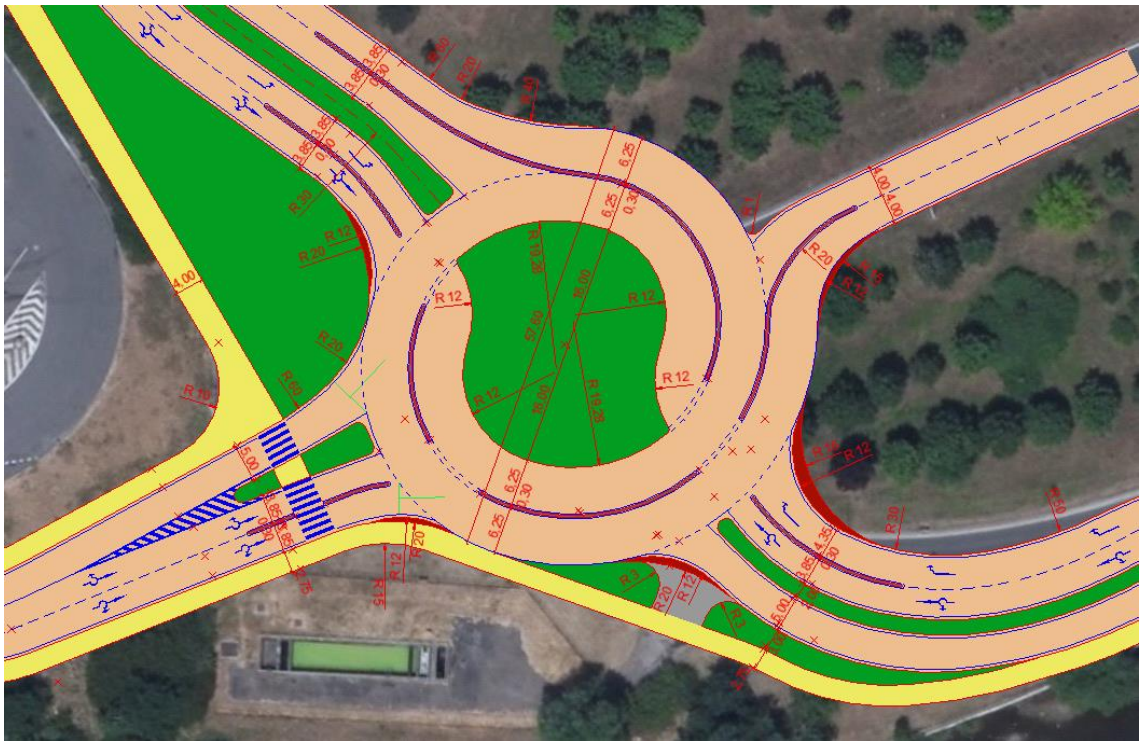
Šířka na vjezdů do okružní křižovatky je 3,85m mezi zvýšenými obrubami a liniovým dělícím prvkem. Poloměr vjezdu je 20,0m na vnitřní straně vnější obruby. Na vnitřní straně je vjezd doplněn o srpovitou krajnici navrženou dle přiložených vlečných křivek.

Šířka výjezdů je proměnná v nejužším místě mezi obrubami a liniovým dělícím prvkem je 3,85m. Poloměr na výjezdu je 40,0m na vnitřní straně vnější obruby. Dále komunikace pokračuje jako dvoupruhová až na konec úpravy v šířce pruhu 3,5 a 2,75m.

Šířka chodníku vedeného po pravé straně komunikace je 4,0m. Chodník je od komunikace oddělen pruhem zeleně.

5.4.4. Paprsek 8 (Nájezd Praha)

Výjezd je řešen jako dvoupruhový. Šířka výjezdu je v nejužším místě 4,0m mezi zvýšenými obrubami. Poloměr výjezdu je 15,0m. Na vnitřní straně je výjezd doplněn o srpovitou krajnici navrženou dle přiložených vlečných křivek.



Obr.42 Situace varianta č.4

5.4.5. Kapacitní posouzení

Kapacitní posouzení bylo provedeno pro současné i výhledové intenzity na základě již popsané metodiky dle TP 234 a programu PVT Vissim, v něm byla zohledněna interakce se spirálovitou okružní křižovatkou. V tomto případě bylo ke křižovatce přistupováno odlišně. Nebyly posuzovány jednotlivé vjezdy a jízdní pruhy. Aby bylo možné zohlednit atypické řešení křižovatky. Pruhy na vjezdech jsou rozděleny na pravé a levé z jejich pohledu do křižovatky. Pro posouzení jsem na pruhu č. 7 jsem uvažoval, že 70 % všech vozidel odbočujících na paprsek č.8 bude umístěno v tomto pruhu. Do pravého pruhu jsem vložil vozidla jedoucí vpravo, přímo a zbylá vozidla pro levé odbočení. Zbylé paprsky jsou rozděleny obdobně na pravý a levý. Na tabulce č.11 je porovnání výsledků obou metod. Důvod požadovaných přísných stupňů UKD byl již zmíněn dříve.

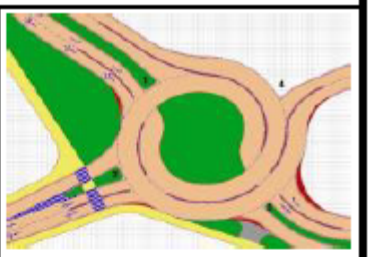
Vjezd	Dle TP 234			PVT Vissim		Požadovaná doba zdržení t_w	Požadovaný stupeň UKD
	t_w	UKD	a_v	t_w	UKD		
Č.7 Beroun / Plzeň (L)	4,2	A	0,384	2,8	A	≤30	**C**
Č.7 Beroun / Plzeň (P)	4,7	A	0,442	1,05	A	≤30	**C**
Č.10 Sjezd Plzeň (L)	15,9	B	0,612	70,46	F	≤30	**C**
Č.10 Sjezd Plzeň (P)	4,2	A	0,148	27	C	≤30	**C**
Č.9 Beroun – nádraží (L)	338,6	F	0,984	53,62	F	≤45	**D**
Č.9 Beroun – nádraží (P)	3,9	A	0,109	11,92	B	≤45	**D**

Tab.14 Porovnání výsledků kapacitního posouzení

Obr.43 Schéma modelu pro mikrosimulaci

KAPACITNÍ POSOUZENÍ OKRUŽNÍ KŘIŽOVATKY DLE TP 234

Název křižovatky	Beroun, D5 x 11533
Posuzovaný stav	stav 2037, špičková hodina 7:00 - 8:00
Typ okružní křižovatky	spirálovitá typ atypická
Vnější průměr	57,6



Vstupní parametry

Paprsek	Název komunikace	pož. st. UKD	$t_{w,lim}$ (s)	poznámka
1	Beroun / Plzeň	C	30	Vzhledem k nízké intenzitě vozidel odbočujících k paprsku 2 a nízké intenzitě chodců nebyl přechod pro chodce v kapacitním posouzení uvažován.
1	Beroun / Plzeň	C	30	
2	Sjezd Plzeň	C	30	
2	Sjezd Plzeň	C	30	
3	Beroun - nádraží	D	45	
3	Beroun - nádraží	D	45	

Geometrické podmínky

Paprsek	Název komunikace	n_k	n_i	n_e	typ vjezdu	R_i (m)	R_e (m)	b (m)	d_p (m)
1	Beroun / Plzeň	1	1	2		20,3	40,5	19,0	0,0
1	Beroun / Plzeň	1	1	2		12,5	40,5	23,7	0,0
2	Sjezd Plzeň	2	1	1		-	20,5	-	0,0
2	Sjezd Plzeň	1	1	1		12,5	20,5	20,3	
3	Beroun - nádraží	2	1	1		-	12,5	-	
3	Beroun - nádraží	1	1	1		12,5	12,5	16,8	

Intenzity dopravy (pvoz/h)

do paprsku / z paprsku	Název komunikace	1	2	3	4	5	6	Součet	pozn.
1	Beroun / Plzeň	0	0	0	531			531	
1	Beroun / Plzeň	0	35	349	227			611	
2	Sjezd Plzeň	354	0	0	0			354	
2	Sjezd Plzeň	0	0	96	53			149	
3	Beroun - nádraží	536	3	0	0			539	
3	Beroun - nádraží	0	0	0	113			113	
Součet		890	38	445	924			2297	

Kapacita vjezdu

Paprsek	Název komunikace	I_k (pvoz/h)	I_i (pvoz/h)	c_i (pvoz/h)	Rez (pvoz/h)	t_w (s)	a_v	$N_{95\%}$ (m)	UKD
1	Beroun / Plzeň	3	531	1382	851	4,2	0,384	11,1845	A
1	Beroun / Plzeň	3	611	1382	771	4,7	0,442	14,1805	A
2	Sjezd Plzeň	1107	354	579	225	15,9	0,612	27,2334	B
2	Sjezd Plzeň	349	149	1008	859	4,2	0,148	3,11754	A
3	Beroun - nádraží	1165	539	548	9	338,6	0,984	158,078	F
3	Beroun - nádraží	280	113	1035	922	3,9	0,109	2,20439	A
Stanovená úroveň na vjezdech okružní křižovatky									A

Kapacita výjezdu

Paprsek	Název komunikace	I_e (pvoz/h)	I_{ch} (ch/h)	c_e (pvoz/h)	a_v	Kapacita vyhovuje			
1	Beroun / Plzeň	890		2250	0,396	ANO			
2	Sjezd Plzeň	38		1818	0,021	ANO			
3	Beroun - nádraží	445		1500	0,297	ANO			
4	Nájezd Praha	924		1942	0,476	ANO			
Stanovená úroveň dopravy na výjezdech vyhovuje ?						ANO			

Závěr : Křižovatka kapacitně nevyhovuje. Požadovaného stupně UKD nebylo dosaženo na vjezdu 3.

Obr.44 Protokol s výpočtem kapacity turbo-okružní křižovatky atypické

5.4.6. Zhodnocení výsledků

Varianta č.4 stejně jako předchozí varianty kapacitně nevyhověla v obou výpočtových metodách. Dopravní model s metodikou dle TP 234 v tomto případě nevykazuje dobrou shodu v případě paprsků 9 L a 10 L. Velký rozdíl je na vjezdu č.9. Ten je sám o sobě problematický z pohledu nadřazenosti dvou pruhů na okružní křižovatce, přes které musí vjíždějící vozidla přejet. V dopravním modelu jsem zkoušel přerozdělovat intenzity ze sousední spirálovité křižovatky, ale výsledky to nijak významně neovlivnilo. Přesto však křižovatka vykazovala ze všech čtyř řešení nejvyváženější délky front na paprscích č.9 a č.10 z hlediska kapacity však nevyhověla.

5.5 Vyhodnocení variant okružních křižovatek

Ani jedna z navrhovaných variant neposkytla uspokojivé kapacitní řešení dané křižovatky. Důkazem je kapacitní posouzení dle TP 234 i dopravní model zpracovaný v programu PVT Vissim. Důvodem je zřejmě kombinace velmi silné intenzity levého odbočení z paprsku č.7 v kombinaci s dominantním levým odbočením z paprsku č.10 a relativně silnou dopravní intenzitou v přímém směru paprsku č.9 v kombinaci s okružní křižovatkou dojde k situaci, že vozidla jedoucí z paprsku č. 7 nejsou prakticky nijak ovlivněna na vjezdu do křižovatky a vytvoří tak dominantní pohyb křižovatkou. Na základě výsledků tedy není okružní křižovatka vhodným typem řešení dané lokality. Z hlediska realizovatelných možností zbývá pouze navržení křižovatky řízené pomocí světelně signalizačního zařízení (SSZ). V další části práce se budu řešit alternativním řešení křižovatky.

6. Křižovatka řešená světelnou signalizací

6.1 Výpočet kapacity světelně řízené křižovatky dle TP 235

(převzato z TP 235)

6.1.1. Posouzení úrovně kvality dopravy

Stejně jako u okružních křižovatek jsou křižovatky řízené pomocí SSZ posuzovány na základě úrovně kvality dopravy, kterou charakterizuje ztrátový čas vyjádřený střední dobou zdržení. Pro stanovení závěru kapacitního posouzení zda intenzitou daného proudu není překročena hodnota střední doby zdržení t_w . Toto posouzení se provádí pro všechny vjezdy křižovatky. Výsledný stupeň UKD dané křižovatky je roven vjezdu s nevyšší střední dobou zdržení. Limitní hodnoty jsou uvedeny v tabulky 15

$t_w^n \leq t_{w,lim}$

kde t_w^n je střední doba zdržení (n-tého) dopravního proudu [s]

$t_{w,lim}$ je maximální přípustná střední doba zdržení dle požadovaného stupně kvality dopravy [s]

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

Tab.15 Limitní hodnoty střední doby zdržení na vjezdu do světelně řízené křižovatky

Podle ČSN 73 6102 se pro křižovatky požadují následující stupně kvality dopravy:

- Dálnice, rychlostní silnice a silnice I. třídy stupeň C
- Silnice II. třídy stupeň D
- Silnice III. Třídy stupeň E
- Rychlostní místní komunikace a přechodové úseky stupeň D
- Místní komunikace a veřejně přístupné účelové komunikace stupeň E

6.1.2. Návrhové intenzity dopravních proudů

Pro kapacitní výpočet je třeba intenzity jednotlivých dopravních proudů z průzkumu násobit příslušnými koeficienty podle tabulky 16

Druh vozidla	Přepočtový koeficient
Jízdní kolo	0,5
Motocykl	0,8
Osobní vozidlo (včetně nákladních vozidel do hmotnosti 3,5 tuny)	1,0
Nákladní vozidla nad 3,5 tuny (mimo jízdní soupravy), autobus (mimo kloubové)	1,7
Jízdní souprava, kloubový autobus	2,5

Tab.16 Přepočtové koeficienty skladby dopravního proudu pro světelně řízené křižovatky

6.1.3. Metoda saturovaného toku

Neboli Websterova metoda jejíž principem je stanovení délky cyklu a zelených v závislosti na stupních saturace jednotlivých vjezdů.

6.1.4. Saturovaný tok

Saturovaný tok je nejvyšší počet vozidel, která mohou projet profilem stopčáry za jednotku času při ideálních dopravních podmínkách. Základní saturovaný tok má hodnotu 2000 [pvoz/h]. Základní saturovaný tok je ovlivněn podélným sklonem vozovky, poloměrem oblouku a podílem odbočujících vozidel. Vypočte se ze vztahu:

$S_i = S_{zákl} * k_{skl} * k_{obl}$ [pvoz/h]

S_i základní saturovaný tok [pvoz/h]

$S_{zákl}$ základní saturovaný tok [pvoz/h]

K_{skl} koeficient sklonu [-]

k_{obl} koeficient oblouku [-]

$k_{skl} = 1 - 0{,}02 * a$ a je podélný sklon vjezdu (platí pro sklony do 10%)

$k_{obl} = \frac{R}{R+1{,}5*f}$ R je poloměr oblouku [m]

f podíl odbočujících vozidel [-]

6.1.5. Stupeň saturace

Pro všechny vjezdy s automobilovou dopravou určíme stupeň saturace ze vztahu:

$y = \frac{I}{S_v}$ [-]

I je intenzita na příslušném vjezdu [pvoz/h]

S_v je saturovaný tok vjezdu [pvoz/h]

V každé fázi vybereme kritický vjezd. Tedy vjezd, který má nejvyšší stupeň saturace

y_{crit} je stupeň saturace pro kritický vjezd [-]

Celkový stupeň saturace je dán součtem stupňů saturace kritických vjezdů pro jednotlivé fáze signálního plánu.

$Y = \sum_{i=1}^{n} y_{crit}$ [-]

6.1.6. Efektivní délka zelené

Efektivní délka zelené závisí na délce zeleného signálu

Délka zelené z (s)	Efektivní délka zelené z´(s)
5-7	z + 1
8-10	z + 0,5
>11	z

Tab.17 Efektivní délka zelené

6.1.7. Ztrátový čas

Ztrátový čas je neproduktivní doba mezi koncem efektivní zelené jedné fáze a začátkem efektivní zelené další fáze tedy rozhodující mezičas zmenšený o rozdíl mezi efektivní a skutečnou zelenou. Ztrátový čas se vypočte ze vztahu:

$l = t_m - (z' - z)$ [s]

Celkový ztrátový čas je tedy součet všech ztrátových časů v jednotlivých fázích.

$L = \sum_{i=1}^{n} l_i$ [s]

t_m mezičas je časový úsek od konce doby zelené na návěstidle pro jeden směr po začátek doby zelené pro kolizní směr

6.1.8. Minimální délka cyklu

Nejkratší možná délka cyklu pro dané intenzity na vjezdech musí být menší než 120s. Výpočet provedeme dle vztahu:

$t_{c,min} = \frac{L}{1-Y}$ [s]

L je celkový ztrátový čas [s]

Y celkový stupeň saturace [-]

6.1.9. Optimální délka cyklu

Optimální délka cyklu pro izolovanou křižovatku nemá být delší než 100s a nesmí být delší než 120s. Výpočet provedeme dle vztahu:

$t_{c,opt} = \frac{1{,}5 * L + 5}{1-Y}$ [s]

L je celkový ztrátový čas [s]

Y celkový stupeň saturace [-]

Optimální rozsah délky cyklu:

$0{,}75 * t_{c,opt} \leq t_c \leq 1{,}5 * t_{c,opt}$

6.1.10. Délka zelených

Nejprve stanovíme délky zelených pro jednotlivé kritické vjezdy.

$$z = \frac{y*(t_c - L)}{Y} - 1 \text{ [s]}$$

t_c	délka cyklu	[s]
L	je celkový ztrátový čas	[s]
Y	celkový stupeň saturace	[-]
y	nejvyšší stupeň saturace na vjezdu	[-]

6.1.11. Minimální délka zelených

$$z_{min} = \frac{I* t_c}{S_v} * \frac{100}{100 - Rez} - 1 \quad \text{[s]}$$

z_{min}	minimální délka cyklu	[s]
I	intenzita na příslušném vjezdu	(pvoz/h)
S_v	je saturovaný tok vjezdu	(pvoz/h)
Rez	rezerva kapacity (doporučená 10%)	[-]

6.1.12. Kapacita vjezdu

Kapacitu vjezdu získáme ze vztahu:

$$C_v = S_v \frac{z'}{t_c} \text{ (pvoz/h)}$$

6.1.13. Kapacita levého odbočení ovlivněného protisměrem

Pro samostatný jízdní pruh pro levé odbočení. Rovná se menší z hodnot kapacity na stopčáře a kapacita levého odbočení.

$C_v = min(C_s, C_l)$ (pvoz/h)

C_s kapacita na stopčáře

$$C_s = S_v * \frac{z'}{t_c} \quad \text{(pvoz/h)}$$

z´	efektivní délka zelené	[s]
S_v	je saturovaný tok vjezdu	(pvoz/h)
t_c	délka cyklu	[s]

$$C_l = C_{l1} + C_{l2} + C_{l3} \quad \text{(pvoz/h)}$$

C_{l1}	dílčí kapacita levého odbočení v době zelené protisměru	(pvoz/h)
C_{l2}	dílčí kapacita levého odbočení po skončení vlastní zelené při změně fází	(pvoz/h)
C_{l3}	dílčí kapacita levého odbočení neovlivněná protisměrem	(pvoz/h)

$$C_{l1} = \frac{(1400 - 1{,}2 * I_p) * (z_p * S_{p-} I_p * t_c)}{t_c * (S_{p-} I_p)} \quad \text{(pvoz/h)}$$

C_{l1}	dílčí kapacita levého odbočení v době zelené protisměru	(pvoz/h)
I_p	návrhová intenzita dopravy v protisměru	(pvoz/h)
S_p	saturovaný tok protisměru	(pvoz/h)
t_c	délka cyklu	[s]
z_p	délka zeleného signálu protisměru	[s]

$$C_{l2} = \frac{(N_a * 3600)}{t_c} \quad \text{(pvoz/h)}$$

C_{l2} dílčí kapacita levého odbočení po skončení vlastní zelené při změně fází (pvoz/h)

N_a počet míst k najetí do křižovatky a zastavení při dávání přednosti protijedoucím vozidlům automobily odbočujícími vlevo (pvoz/h)

t_c délka cyklu [s]

$$C_{l3} = S_l \frac{z_o}{t_c} \quad \text{(pvoz/h)}$$

C_{l3} dílčí kapacita levého odbočení neovlivněná protisměrem (pvoz/h)

S_l saturovaný tok pro levé odbočení (pvoz/h)

z_o zbývající délka zeleného signálu po skončení zeleného signálu v protisměru [s]

t_c délka cyklu [s]

6.1.14. Délky řadících pruhů

$$L_{F1} = 6{,}0 * \frac{(t_c - z') * I_v}{n_p * 3600} \quad \text{[m]}$$

$$L_{F2} = \frac{6{,}0}{n_p} * \left(I_v - C_v + \frac{(t_c - z') * I_v}{3600}\right) \quad \text{[m]}$$

L_{F1} průměrná délka fronty na začátku zelené [m]

L_{F1} délka fronty na konci návrhové hodiny s překročenou kapacitou vjezdu [m]

t_c délka cyklu [s]

C_v kapacita vjezdu (pvoz/h)

C_v kapacita vjezdu (pvoz/h)

n_p počet řadících pruhů které tvoří společně jeden vjezd (pvoz/h)

6.1.15. Stanovení střední doby zdržení

Na základě hodnoty střední doby zdržení stanovíme odpovídající stupeň UKD. Pokud nevyhoví jeden vjezd křižovatky nevyhovuje celá křižovatka. Střední dobu zdržení na vjezdu světelně řízené křižovatky vypočteme dle vztahu:

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

t_w	střední doba zdržení	[s]
t_c	délka cyklu	[s]
z´	efektivní délka zelené	[s]
C_v	kapacita vjezdu	(pvoz/h)
I_v	návrhová intenzita dopravy na vjezdu	(pvoz/h)

6.2 Varianta č.5 Světelně řízená křižovatka s minimem zásahů do stávajícího stavu

V rámci této varianty se pokusím nalézt řešení s minimem zásahů do stávající křižovatky. Budou osazena návěstidla na vjezdech a zmenšen stávající poloměr na vjezdu č.7 Sjezd Plzeň z důvodu velmi dlouhého přechodu pro chodce. Poloměr je zmenšen na 20,5m a podél vodící čáry jsou umístěny směrové sloupky typu „baliset“. Další úpravou jsou minimální nutné změny dopravního značení jako jsou stopčáry. Vodorovné značení v prostoru zmíněného zmenšeného poloměru křižovatky. A změna vodorovného značení V13 a podél dopravního ostrůvku u napojení paprsku č.8 tak aby naváděla vozidla jedoucí přímým směrem z paprsku 10. na zmíněnou rampu.

Je navržen signální plán složený ze tří fází. V první fázi jsou vozidla na paprsku č.7 pro směr vpravo a rovně současně s paprskem č. 9 pro směr vlevo a rovně. V druhé fázi je paprsek č. 10 pro směry vlevo, rovně a vpravo. Ve třetí fázi jsou jen vozidla odbočující vlevo na paprsku č.7 s chodci na paprsku č.10 jde tedy z hlediska chodců o bezkolizní řešení. Fázové schéma je uvedeno na výkresu dopravního značení.

6.2.1. Paprsek 10 (Sjezd Plzeň)

U této komunikace nedošlo ke změně směrového řešení. Vjezd je zde dvoupruhový levý jízdní pruh je šířky 3,25m pravý jízdní pruh je šířky 3,0m.

Šířka výjezdu je 5,6m mezi zvýšenými obrubami v místě dopravního ostrůvku. Poloměr na výjezdu je 15,0m. Jízdní pruh se za přechodem v místě oblouku zužuje na 3,0m.

Šíře chodníků na levé straně je 2,5m včetně bezpečnostního odstupu na pravé straně 3,0m včetně bezpečnostního odstupu.

Na dopravním ostrůvku budou osazena světelná návěstidla jedno základní a druhé opakovací. Všechna vozidla z tohoto paprsku jsou ve stejné fázi označené jako fáze 2.

Zmenšením poloměru křižovatky pro pravé odbočení došlo ke zkrácení délky přechodu na 12,5m.

Pro chodce budou osazena celkem čtyři světelná návěstidla. Dvě na dopravním ostrůvku a zbylá na přilehlých chodnících.

6.2.2. Paprsek 9 (Beroun - nádraží)

U této komunikace nedošlo ke změně směrového řešení. Vjezd je zde dvoupruhový levý jízdní pruh je šířky 2,75m pravý jízdní pruh je šířky 3,5m. Šířka mezi dopravním ostrůvkem a obrubou v místě směrového oblouku odbočovacího pruhu je 5,7m.

Šířka jízdního pruhu na výjezdu je 3,5m. Na výjezdu je umožněn přístup k sedimentační nádrži.

Šířka chodníku vedeného po levé straně komunikace je 3,00m. Chodník je oddělen zeleným pásem šířky 3,0m.

Na dopravním ostrůvku budou osazena světelná návěstidla jedno základní a druhé opakovací. Vozidla z tohoto paprsku jsou ve stejné fázi označené jako fáze 1. Odbočení vpravo není světelnou signalizací regulováno.

6.2.3. Paprsek 7 (Beroun/Plzeň)

U této komunikace nedošlo ke změně směrového řešení. Komunikace je směrově rozdělená pomocí středního dělícího pásu šířky 3,5m

Vjezd je zde dvoupruhový šířka jízdních pruhů je 3,5m.

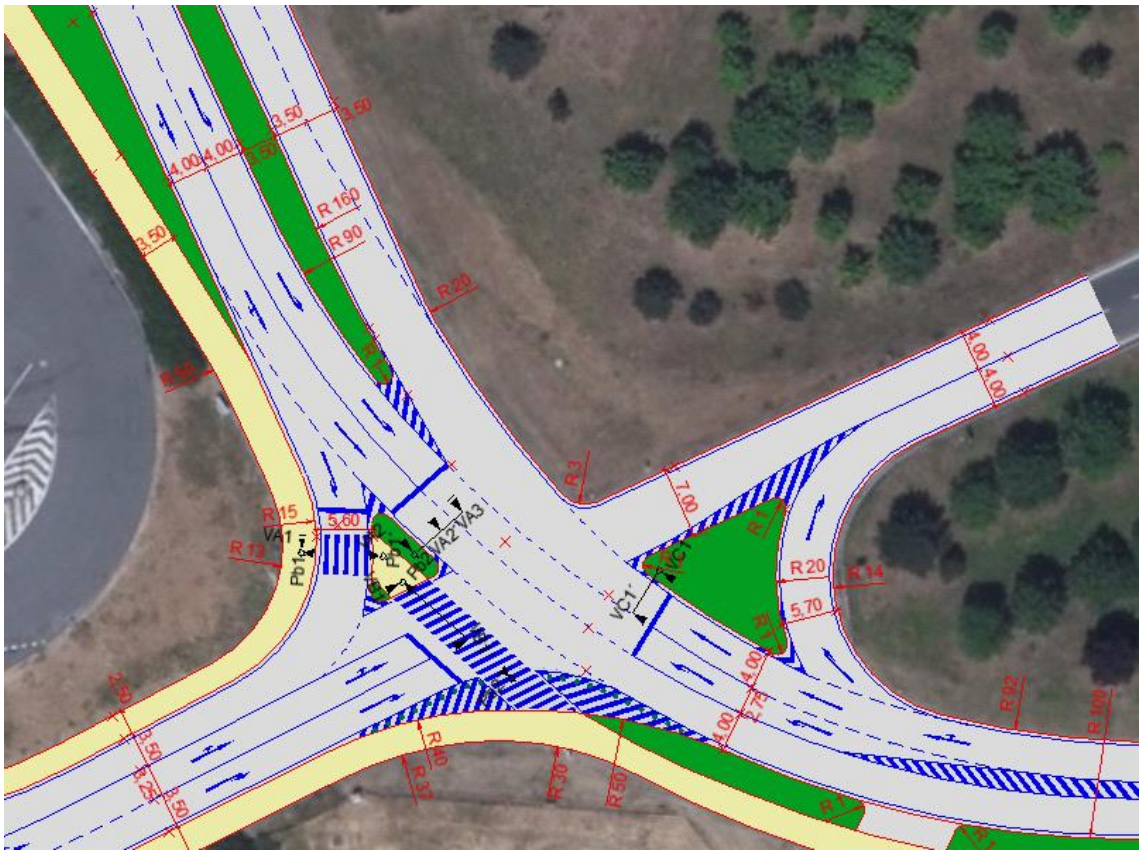
Šířka na výjezdu je 6,0m mezi zvýšenými obrubami v místě začátku středního dělícího pásu. Poloměr na výjezdu je 20,0m. Jízdní pruh se postupně rozšiřuje na dva jízdní pruhy o šířce 3,0m.

Šířka chodníku vedeného po pravé straně komunikace je 3,5m včetně bezpečnostního odstupu. Chodník je od komunikace oddělen pruhem zeleně. V místě odbočovacího pruhu tvoří vnější linii jízdního pruhu.

Na dopravním ostrůvku budou osazena světelná návěstidla jedno základní a druhé opakovací pro přímý směr. Pro odbočení vpravo je osazena vyklizovací šipka na stožáru návěstidla pro chodce. Tato fáze bude označována jako fáze 1. Pro odbočení vlevo bude osazeno návěstidlo na stožár pro přímý směr. Pro levé odbočení bude vyhrazena samostatná fáze označená jako fáze 3.

6.2.4. Paprsek 8 (Nájezd Praha)

Výjezd je řešen jako jednopruhový. Za dopravním ostrůvkem je již komunikace řešena jako dvoupruhová. Šířka výjezdu je 7,0m mezi zvýšenými obrubami.



Obr.45 Situace varianta č.5

6.2.5. Kapacitní posouzení

Kapacitní posouzení bylo provedeno pro současné i výhledové intenzity na základě již popsané metodiky v kapitole 6.1. Vzhledem k tomu, že křižovatka nebude dostatečně dlouho kapacitně vyhovovat nebyly v tomto případě výsledky porovnány s programem PVT Vissim. Na tabulce č.18 jsou uvedeny výsledky které byly dosaženy pro výhledovou životnost 5 let. Důvod požadovaných přísných stupňů UKD byl již zmíněn dříve.

Vjezd	Dle TP 234			Požadovaná doba zdržení t_w	Požadovaný stupeň UKD
	t_w	UKD	y		
Č.7 Beroun / Plzeň (R,P)	31,6	B	0,16	≤50	**C**
Č.7 Beroun / Plzeň (L)	36,4	C	0,35	≤50	**C**
Č.10 Sjezd Plzeň (L,R,P)	42,9	C	0,612	≤50	**C**
Č.9 Beroun – nádraží (L,R)	51,2	D	0,984	≤70	**D**

Tab.18 Výsledky kapacitního posouzení na 5 let varianty č.5.

základní tok 2000 pvoz/h

				Saturovaný tok řadících pruhů								
				Intenzita	Sklon	Poloměr	Podíl odbočujících vozidel	Koeficient sklonu	koeficient oblouku	Saturovaný tok		Stupeň saturace
řadící pruh	typ	fáze	směr jízdy	I	a	R	f	k_{skl}	k_{obl}	S_v		y
				pvoz/h	%	m	-	-	-	pvoz/h		
A1+A2	V	1	R,P	312	0	95	0,11	1	1,00	1997		**0,16**
A3	V	3	L	628	0	15	1,00	1	0,91	1818		**0,35**
B1	V	2	R,L	301	0	20	0,87	1	0,94	1877		0,16
B2	V	2	P	72	0	19	1,00	1	0,93	1854		0,04
C1	V	1	R	440	0	100	1,00	1	0,99	1970		0,22
C2	V	1	L	3	0	35	1,00	1	0,96	1918		0,00

Celkový ztrátový čas:

1.fáze	4
2.fáze	4
3.fáze	4
L=	12 s

	Stupeň saturace	Saturovaný tok	Minimální délka cyklu	Optimální délka cyklu	Délka cyklu
	y_{max}	S	t_{min}	t_{opt}	t_c
		voz/h	s	s	s
1.fáze	0,22	1997	44,28	84,88	**90,00**
2.fáze	0,16	1877			
3.fáze	0,35	1818			
Y=	**0,73**				
	63,66	<			90,00

Obr.46 Výpočet kapacity varianty č. 5 část 1/2

	Posouzení ÚKD											
Stupeň saturace	Mezičas fáze	Délka zelené	Minimální délka zelené	Kapacita vjezdu	Rezerva	Kapacita na stopčáře	Kapacita levého odbočení při zelené	Kapacita levého odbočení při změně fází	Kapacita levého odbočení	Průměrná délka fronty na zač. zelené	Střední doba zdržení na vjezdu	úroveň kvality dopravy
y	t_m	z	z_{min}	C_V	Rez	C_S	C_{L1}	C_{L2}	C_L	Lf	t_W	
	s	s	s	pvoz/h	%	pvoz/h	pvoz/h	pvoz/h	pvoz/h	m	s	
0,16	4	23	22	510	38,85	510				34,8	31,6	B
0,35	4	36	35	727	13,65	727				56,5	36,4	C
0,16	4	19	18	396	24,06	396				35,6	42,9	C
0,04		19	18	391	81,60	391				8,5	27,2	
0,22	4	23	22	504	12,62	504				49,1	51,2	D
0,00		23	22	490	99,39	490	121	120	241	0,3	22,5	

Délka cyklu	zelených pro kritické vjezdy	Navrhovaná délka zelených
t_C		
s	s	s
90,00	22,9	23
	16,2	19
	36,0	36

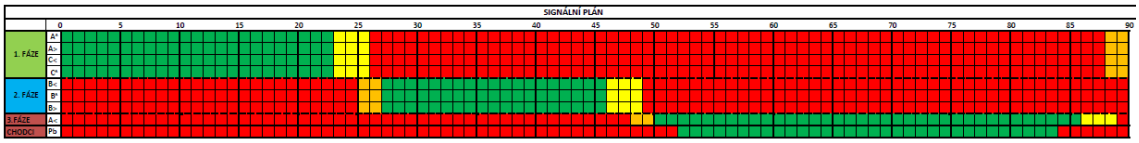
90,00	<	127,32	kontrola tc= 90

Obr.47 Výpočet kapacity varianty č. 5 část 2/2

kolizní bod	vyklizuje		najíždí		Lvyk	Lnaj	Vvyk	Vnaj	Tvyk	Tnaj	Tm
	typ	směr	typ	směr	m	m	m/s	m/s	s	s	s
1	v	A^	v	B<	11,5	10,0	9,7	7,0	1,70	1,43	3
2	v	A^	v	B^	14,0	10,5	9,7	9,7	1,96	1,08	3
3	v	A^	v	B>	26,0	17,0	9,7	7,0	3,20	2,43	3
4	v	C^	v	B<	25,0	23,6	9,7	7,0	3,09	3,37	2
5	v	C^	v	B^	9,2	16,3	9,7	9,7	1,46	1,68	2
6	v	C<	v	B<	16,7	9,1	7,0	7,0	3,10	1,30	4
7	v	C<	v	B^	12,0	12,6	7,0	9,7	2,43	1,30	3
8	v	B<	v	A<	14,6	8,5	7	7,0	2,80	1,21	4
9	v	B^	v	A<	26,5	24,0	9,7	7,0	3,25	3,43	2
13	v	A<	v	C^	15,6	11,2	7	9,7	2,94	1,15	4
KONFLIKT S CHODCI											
14	p	Pb	v	A>	5,7	1,5	1,4	7	4,07	0,21	4
15	p	Pb	v	C<	12,5	21,0	1,4	7	8,93	3,00	6
16	v	B<	p	Pb	5,6	0,0	7	1,4	0,80	0,00	3
17	v	B^	p	Pb	5,5	0,0	9,7	1,4	0,57	0,00	3
18	v	B>	p	Pb	5,7	0,0	7	1,4	0,81	0,00	3

FÁZE 1
FÁZE 2
FÁZE 3

Tab.19 Výpočet mezičasů varianty č.5



Obr.48 Navržený signální plán

5.4.6. Zhodnocení výsledků

Varianta č.5 vyhovuje daným intenzitám na období maximálně 5-ti let, proto nebyla posouzena v rámci softwaru PVT Vissim. Byla uvažována pouze jako snaha o vytvoření minimalistického řešení úpravy dané křižovatky. Ve výhledovém období 20 let tedy nevyhovuje stejně jako předchozí typy okružích křižovatek.

6.2 Varianta č.6 Světelně řízená křižovatka s přidanými řadícími pruhy

Tato varianta se neobejde bez přidání řadících pruhů na vjezdech je to jediná možnost pro výrazné zvýšení kapacity křižovatky. V rámci této varianty budou osazena návěstidla na vjezdech oproti předchozí variantě se přidají dvě návěstidla.

I zde je navržen signální plán složený ze tří fází. V první fázi jsou vozidla na paprsku č.7 pro směr vpravo a rovně současně s paprskem č. 9 pro směr vlevo a rovně a vpravo. V druhé fázi je paprsek č. 10 pro směry vlevo, rovně a vpravo. Ve třetí fázi jsou jen vozidla odbočující vlevo na paprsku č.7 s chodci na paprsku č.10 jde tedy z hlediska chodců o bezkolizní řešení. Z důvodu dlouhého vyklizovacího úseku po změně fází z 3 na 1 je na paprsku č.10 zpožděno pravé odbočení o 4 s.

6.2.1. Paprsek 10 (Sjezd Plzeň)

U této komunikace nedošlo ke změně směrového řešení. Vjezd je zde dvoupruhový levý jízdní pruh je šířky 3,25m pravý jízdní pruh je šířky 3,0m. Na vjezdu došlo ke změně poloměru na výjezdu ze 40,0 m na 30,0m.

Šířka výjezdu je 5,5m mezi zvýšenými obrubami v místě dopravního ostrůvku z paprsku č.7 z paprsku č.9 je šířka výjezdu mezi zvýšenými obrubami 5,0m. Pro zkrácení přechodu pro chodce byl navržen dopravní ostrůvek na vjezdu v šířce 2,5m. Poloměr na výjezdu je 18,0m z paprsku č.7 a 13,0m z paprsku č.9. Jízdní pruh se za přechodem v místě oblouku zužuje na 3,25m. Výjezd byl rozšířen s korekcí dle přiložených vlečných křivek.

Šíře chodníků na levé straně je 2,75m včetně bezpečnostního odstupu na pravé straně 3,0m včetně bezpečnostního odstupu.

Na dopravním ostrůvku budou osazena světelná návěstidla jedno základní a druhé opakovací. Všechna vozidla z tohoto paprsku jsou ve stejné fázi označené jako fáze 2.

Pro chodce budou osazena celkem čtyři světelná návěstidla. Dvě na dopravním ostrůvku a zbylá na přilehlých chodnících.

6.2.2. Paprsek 9 (Beroun - nádraží)

U této komunikace nedošlo ke změně směrového řešení. Vjezd je zde dvoupruhový levý jízdní pruh byl vodorovným dopravním značením rozšířen na 3,5m. Pravý jízdní pruh byl zmenšen na 3,25m ve prospěch sousedního pruhu. Šířka mezi dopravním ostrůvkem a obrubou v místě směrového oblouku odbočovacího pruhu je zvětšena na 7,15m s korekcí dle přiložených vlečných křivek. Úpravou vodorovného značení V 13 a byl vytvořen delší jízdní pruh, který byl ze samostatného levého odbočení změněn na společný pro přímý směr a levé odbočení.

Šířka jízdního pruhu na výjezdu je snížena na 3,0m. Na výjezdu je umožněn přístup k sedimentační nádrži.

Šířka chodníku vedeného po levé straně komunikace je 3,00 m. Chodník je oddělen zeleným pásem šířky 3,0m.

Na dopravním ostrůvku budou osazena světelná návěstidla jedno základní a druhé opakovací. Vozidla z tohoto paprsku jsou ve stejné fázi označené jako fáze 1. Odbočení vpravo je oproti předchozí variantě řízeno světelnou signalizací. Směrový signál pro odbočení vpravo je však o 4 s zpožděn z důvodu dlouhých vyklizovacích úseků při změně fáze z 3 na 1.

6.2.3. Paprsek 7 (Beroun/Plzeň)

U této komunikace nedošlo ke změně směrového řešení. Komunikace je směrově rozdělená pomocí středního dělícího pásu šířky 3,5m

Na vnější straně původní komunikace je přidán pruh pro přímý směr a odbočení vpravo o šířce jízdního pruhu 3, m. Zbylé dva jízdní pruhy slouží pro levé odbočení a jsou v šířce 3,5m.

Šířka na výjezdu je 7,0m mezi zvýšenými obrubami v místě začátku středního dělícího pásu. Poloměr na výjezdu je zvětšen na 155,0m. Výjezd je řešen jako dvoupruhový o šířce pruhů 3,0m.

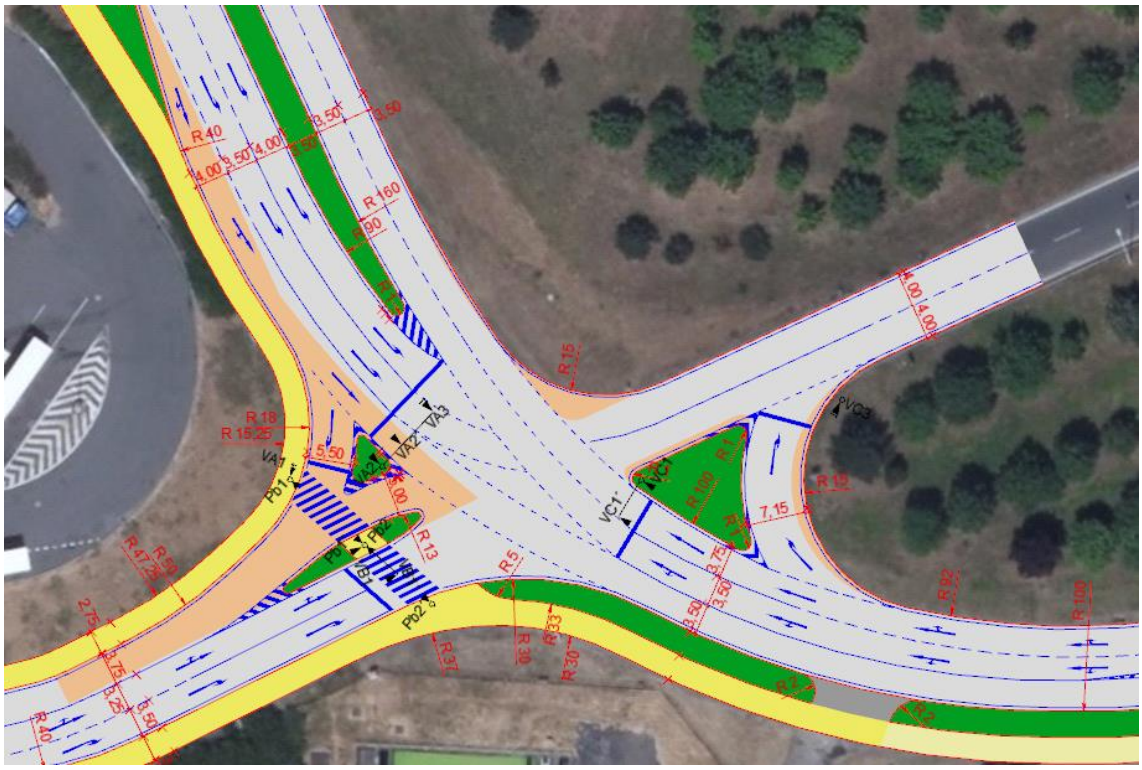
Šířka chodníku vedeného po pravé straně komunikace je 2,75m včetně bezpečnostního odstupu. Chodník je od komunikace oddělen pruhem zeleně. V místě odbočovacího pruhu tvoří vnější linii jízdního pruhu.

Na dopravním ostrůvku budou osazena světelná návěstidla jedno základní a druhé opakovací pro přímý směr. Pro odbočení vpravo je osazena vyklizovací šipka na stožáru návěstidla pro chodce. Tato fáze bude označována jako fáze 1. Pro odbočení vlevo bude osazeno návěstidlo na stožár pro přímý směr. Pro levé odbočení bude vyhrazena samostatná fáze označená jako fáze 3.

6.2.4. Paprsek 8 (Nájezd Praha)

Výjezd je zde řešen jako dvoupruhový o šířce jízdních pruhů 3,5m. Z důvodu rozšíření na 2 jízdní pruhy byl zmenšen stávající dopravní ostrůvek. Obruba byla posunuta o 1,0 m ve prospěch jízdního pruhu.

Poloměr vjezdu musel být zvětšen z původních 3,0m na 15,0m z důvodu zvětšení počtu jízdních pruhů na výjezdu na 2.



Obr.49 Situace varianta č.6

6.2.5. Kapacitní posouzení

Kapacitní posouzení bylo provedeno pro současné i výhledové intenzity na základě již popsané metodiky v kapitole 6.1. V tomto případě bylo kapacitní posouzení provedeno i v softwaru PVT Vissim. Na tabulce č.20 jsou uvedeny výsledky pro porovnání obou přístupů. Důvod požadovaných přísných stupňů UKD byl již zmíněn dříve.

Vjezd	Dle TP 234			PVT Vissim		Požadovaná doba zdržení t_w	Požadovaný stupeň UKD
	t_w	UKD	y	t_w	UKD		
Č.7 Beroun / Plzeň (R,P)	28,2	B	0,19	26,29	B	≤50	**C**
Č.7 Beroun / Plzeň (L)	32,3	B	0,20	36,95	B	≤50	**C**
Č.10 Sjezd Plzeň (L,R,P)	32,4	B	0,22	23,69	B	≤50	**C**
Č.9 Beroun – nádraží (L,R,P)	32,1	B	0,20	33	B	≤70	**D**

Tab.20 Výsledky kapacitního posouzení na výhledovou životnost varianty č.6

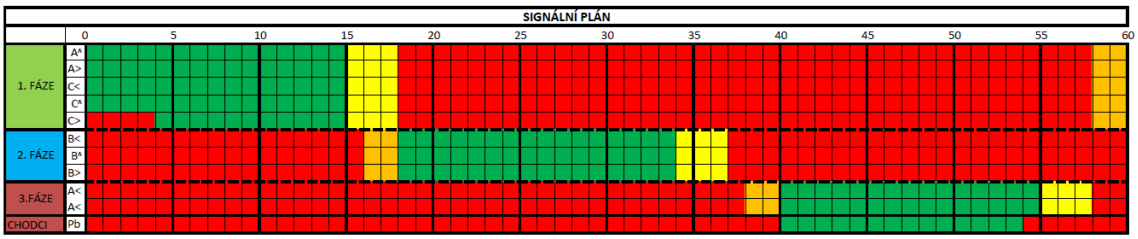
základní tok			2000 pvoz/h	Saturovaný tok řadících pruhů							
				Intenzita	Sklon	Poloměr	Podíl odbočujících vozidel	Koeficient sklonu	koeficient oblouku	Saturovaný tok	Stupeň saturace
řadící pruh	typ	fáze	směr jízdy	I	a	R	f	k_{skl}	k_{obl}	Sv	y
				pvoz/h	%	m	-	-	-	pvoz/h	
A1+A2	V	1	R,P	372	0	95	0,11	1	1,00	1997	**0,19**
A3	V	3	L	375	0	25	1,00	1	0,94	1887	**0,20**
A4	V	3	L	375	0	30	1,00	1	0,95	1905	**0,20**
B1	V	2	R,L	403	0	18	0,87	1	0,93	1865	0,22
B2	V	2	P	96	0	25	1,00	1	0,94	1887	0,05
C1	V	1	R	394	0	100	1,00	1	0,99	1970	0,20
C2	V	1	R+L	211	0	104	1,00	1	0,99	1972	0,11
C3	V	1	P	112	0	17	1,00	1	0,92	1838	0,06

Celkový ztrátový čas:

1.fáze	3	
2.fáze	6	
3.fáze	5	9
L=	14	s

	Stupeň saturace	Saturovaný tok	Minimální délka cyklu	Optimální délka cyklu	Délka cyklu
	y_{max}	S	t_{min}	t_{opt}	t_c
		voz/h	s	s	s
1.fáze	0,20	1997	36,35	67,50	**60,00**
2.fáze	0,22	1865			
3.fáze	0,20	1887			
Y=	**0,61**				
	50,62	<			60,00

Obr.50 Výpočet kapacity varianty č.6 část 1/2



Obr.51 Navržený signální plán

Posouzení ÚKD

Mezičas fáze	Délka zelené	Minimální délka zelené	Kapacita vjezdu	Rezerva	Kapacita na stopčáře	Kapacita levého odbočení při zelené	Kapacita levého odbočení při změně fází	Kapacita levého odbočení	Průměrná délka fronty na zač. zelené	Střední doba zdržení na vjezdu	úroveň kvality dopravy
t_m	z	z_{min}	C_v	Rez	C_s	C_{L1}	C_{L2}	C_L	Lf	tw	
s	s	s	pvoz/h	%	pvoz/h	pvoz/h	pvoz/h	pvoz/h	m	s	
3	15	14	499	25,47	499				27,9	28,2	B
5	15	14	472	20,50	472				28,1	32,3	B
	15	14	476	21,25	476				28,1	31,5	
6	16	15	497	18,96	497				29,6	32,4	B
	16	15	503	80,92	503				7,0	16,1	
3	15	14	493	20,02	493				29,6	32,1	B
	15	14	493	57,19	493				15,8	19,5	
	11	10	337	66,76	337				9,1	21,6	

zelených pro kritické vjezdy	**Navrhovaná délka zelených**
s	**s**
14,0	**15**
15,2	**16**
13,9	**15**
<	101,25

kontrola tc= 60

ÚKD	tw
A	≤ 20
B	≤ 35
C	≤ 50
D	≤ 70
E	> 70
F	Rez < 0

Obr.52 Výpočet kapacity varianty č.6 2/2

kolizní bod	vyklizuje		najíždí		Lvyk	Lnaj	Vvyk	Vnaj	Tvyk	Tnaj	Tm
	typ	směr	typ	směr	m	m	m/s	m/s	s	s	s
1	v	A^	v	B<	12,0	17,6	9,7	7,0	1,75	2,51	2
2	v	A^	v	B^	17,5	17,0	9,7	9,7	2,32	1,75	3
3	v	A^	v	B>	33,7	30,0	9,7	7,0	3,99	4,29	2
4	v	C^	v	B<	19,0	26,8	9,7	7,0	2,47	3,83	1
5	v	C^	v	B^	10,0	26,3	9,7	9,7	1,55	2,71	1
6	v	C<	v	B<	17,0	19,6	7,0	7,0	3,14	2,80	3
7	v	C<	v	B^	11,6	21,0	7,0	9,7	2,37	2,16	3
8	v	C>	v	B^	11,5	63,0	7,0	9,7	2,36	6,49	=0
9	v	B<	v	A4<	22,2	9,8	7,0	7,0	3,89	1,40	5
10	v	B<	v	A3<	26,0	7,4	7,0	7,0	4,43	1,06	6
11	v	B^	v	A4<	28,6	24,7	9,7	7,0	3,46	3,53	2
12	v	A3<	v	C^	19,2	9,8	7,0	9,7	3,46	1,01	5
13	v	A4<	v	C^	15,7	14,9	7,0	9,7	2,96	1,54	4
14	v	A4<	v	C>	55,7	12,0	7,0	7,0	8,67	1,71	9
KONFLIKT S CHODCI											
15	p	Pb	v	A>	8,8	1,5	1,4	7,0	6,29	0,21	6
16	p	Pb	v	C<	8,8	33,7	1,4	7,0	6,29	4,81	2
17	v	B<	p	Pb	5,5	0,0	7,0	1,4	0,79	0,00	3
18	v	B^	p	Pb	5,5	0,0	9,7	1,4	0,57	0,00	3
19	v	B>	p	Pb	5,5	0,0	7,0	1,4	0,79	0,00	3

FÁZE 1
FÁZE 2
FÁZE 3

Tab.21 Výpočet mezičasů varianty č.6

5.4.6. Zhodnocení výsledků

Varianta č.6 jako jediná z navržených řešení splňuje podmínky kapacitního posouzení. Bylo dosaženo velice dobré shody mezi řešením dle TP 235 a softwarem PVT Vissim. V dopravním modelu byl stejně jako v předchozích případech uvažován vliv sousední spirálovité křižovatky. Během simulace docházelo k rovnoměrnému úbytku vozidel na všech vjezdech. Signální plán byl totožný s plánem získaným dle TP 235. Simulace se lišila tím, že nezohledňovala vliv chodců ale vzhledem k délce doby zelené na přechodech a nízké intenzitě provozu vozidel odbočujících přes přechod by nemělo docházet ke komplikacím.

7. Ekonomické hodnocení variantního řešení

Součástí diplomové práce je i ekonomické posouzení daných variant. Pro účely studie této studie byly použity podklady z Ústavu územního rozvoje UUR z roku 2015. Posouzení složí pouze jako relativní ukazatel ceny daných variant, kde byly brány v potaz jen stavební náklady. V rozpočtu byla odhadnuta jednotná cena pro zřízení návěstidel jako 2,0 mil. / křižovatku. Dále v rámci nacenění nebylo řešeno odvodnění komunikace což by náklady na výstavbu jistě prodražilo.

Položka	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6
Odstranění silniční obruby (m)	733	854	851	851	-	737
Odstranění chodníkové obruby (m)	405	530	547	547	-	539
Odstranění stávající skladby vozovky (m^2)	3 570	4 326	4 326	4 326	3 925	3 925
Odstranění chodníků s asfaltovým krytem (m^2)	1 070	1 304	1 304	1 304	-	821
Sejmutí ornice (m^3)	284	510	510	548	-	24
Odkopávky tř. III (m^3)	830	1 507	1 652	1 684	-	64
Nová skladba vozovky (m^2)	3 865	5 164	5 384	5 448		3 558
Výměna obrusné vrstvy (m^2)					3 925	309
Nová silniční obruba (m)	1 064	1 150	1 147	1 127	-	294
Nová chodníková obruba (m)	389	434	431	431	-	237
Chodník s betonovou dlažbou (m^2)	874	1 190	1 190	1 104	-	821
Světelná signalizace	-	-	-	-	ANO	ANO
Prstenec + Srpovitá krajnice (m^2)	165	21	21	52	-	-
Pokládka ornnice (m^2)	1 775	2 179	2 179	2 261	-	352
Výsev trávníku (m^2)	1 775	2 179	2 179	2 261	-	352

Tab.22 Seznam položek provedeného rozpočtu

Položka	Varianta 1
Odstranění silniční obruby (m)	388 Kč/m
Odstranění chodníkové obruby (m)	349 Kč/m
Odstranění stávající skladby vozovky (m^2)	739 Kč/m^2
Odstranění chodníků s asfaltovým krytem (m^2)	700 Kč/m^2
Odkopávky tř. III do 1 000 m^3	75 Kč/m^3
Odkopávky tř. III do 5 000 m^3	60,7 Kč/m^3
Sejmutí ornice	37 Kč/m^2
Nová skladba vozovky (m^2)	2 050 Kč/m^2
Výměna obrusné vrstvy (m^2)	585 Kč/m^2
Nová silniční obruba (m)	777 Kč/m
Nová chodníková obruba (m)	178 Kč/m
Chodník s betonovou dlažbou (m^2)	950 Kč/m^2
Světelná signalizace	2,0 mil. / křižovatku
Prstenec + Srpovitá krajnice (m^2)	1 373 Kč/m^2
Pokládka ornnice (m^2)	33 Kč/ m^2
Výsev trávníku (m^2)	23 Kč/ m^2

Tab.23 Cena jednotlivých položek rozpočtu

Položka	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6
Odstranění silniční obruby (m)	240 404	331 352	330 188	330 188	-	285 956
Odstranění chodníkové obruby (m)	141 345	184 970	190 903	190 903	-	188 111
Odstranění stávající skladby vozovky (m^2)	2 638 230	3 196 914	3 196 914	3 196 914	-	633 450
Odstranění chodníků s asfaltovým krytem (m^2)	749 000	912 800	912 800	912 800	-	574 700
Sejmutí ornice (m^3)	10 508	18 870	18 870	20 276	-	888
Odkopávky tř. III (m^3)	62 250	91 475	100 277	102 219	-	3 885
Nová skladba vozovky (m^2)	3 865	5 164	5 384	5 448		3 558
Výměna obrusné vrstvy (m^2)					2 296 125	2 081 430
Nová silniční obruba (m)	826 728	893 550	891 219	875 679	-	228 438
Nová chodníková obruba (m)	69 242	77 252	76 718	76 718	-	42 186
Chodník s betonovou dlažbou (m^2)	830 300	1 130 500	1 130 500	1 048 800	-	779 950
Světelná signalizace	-	-	-	-	2 000 000	2 000 000
Prstenec + Srpovitá krajnice (m^2)	226 545	28 833	28 833	71 396	-	-
Pokládka ornnice (m^2)	58 575	71 907	71 907	74 613	-	11 616
Výsev trávníku (m^2)	40 825	50 117	50 117	52 003	-	8 096

Tab.24 Ceny položek jednotlivých variant (Kč bez DPH)

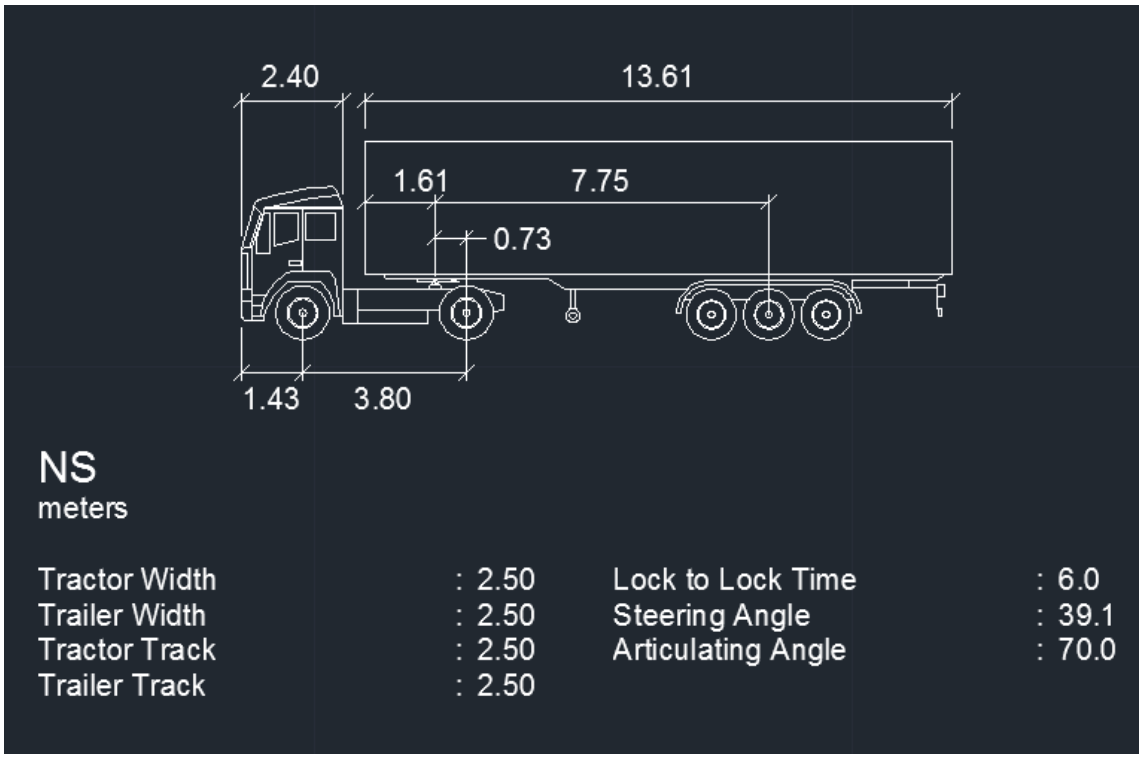
	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3	Varianta 4	Varianta 5	Varianta 6
Stanovená cena bez DPH	5 897 817	6 993 704	7 004 630	6 957 957	4 296 125	6 842 264

Tab.25 Výsledné ceny jednotlivých variant (Kč bez DPH)

Z tabulky 25 vyplývá, že nejdražší variantou je variantač.3. Varianta č.6 která jako jediná vyhověla kapacitním požadavkům v návrhové životnosti je v pořadí ceny na čtvrtém místě. Vyšší cena je pochopitelně dána pořizovacími náklady na světelně signalizační zařízení. V rámci provozních nákladů, které zde nebyly posuzovány by jistě světelně řízená křižovatka vyšla dražší než všechny typy okružních křižovatek.
Z pohledu záboru pozemků, které v ekonomickém posouzení nebyly zohledněny by světelně řízená křižovatka vyšla zaručeně lépe než křižovatky okružní.

8. Ověření průjezdnosti křižovatky

Dle TP 171 jsou vlečné křivky definovány jako plochy vznikající při průjezdu vozidel směrovým obloukem. Kdy se řiditelná náprava pohybuje dle otočení volantem ale náprava pevná je vlečená za řiditelnou nápravou. To vede ke vzniku charakteristického srpovitého rozšíření plochy ohraničené vozidlem na vnitřní straně oblouku. Tato plocha je ohraničená vlečnými křivkami. Tyto plochy jsou dobře známy pro dané kategorie vozidel. Díky tomu je možné vytvořit hospodárný návrh umožňující plynulý průjezd vozidel směrovým obloukem bez nadbytečných ploch. To oceníme zejména ve stísněných podmínkách městských komunikací. Všechny varianty řešení byly za pomocí softwaru Autoturn prověřeny pomocí zmíněných vlečných křivek. Pro posouzení je třeba znát směrodatné vozidlo, které se bude danou komunikací případně křižovatkou pohybovat. V našem případě je to návěsová souprava značená NS na obr.53. Doložení průjezdu jednotlivých variant křižovatek je v příloze F.



Obr.53 Návrhové vozidlo pro posouzení průjezdu křižovatkou

9. Multikriteriální hodnocení MCA

Původně plánovanou součástí této diplomové práce bylo multikriteriální hodnocení vytvořených variant. Vzhledem k tomu, že bylo nalezeno pouze jedno řešení, které by bylo dostatečně kapacitně vyhovující je multikriteriální analýza zbytečná. Jejím výsledkem by bylo, že jediná akceptovatelná varianta je právě varianta č.6. Důvody,proč by k tomu došlo vysvětlím níže.

Multikriteriální hodnocení je jediný postup, který dokáže objektivně vyhodnotit soubor variantních řešení z hlediska více kritérií a jejich porovnání. Přestože je do metody vnášen subjektivní prvek z hlediska určování dopadů jednotlivých kritérií do celkového hodnocení bylo snahou tento negativní prvek co nejlépe objektivizovat za pomocí velkého statistického souboru hodnotitelů a na jejichž odborném názoru byly stanoveny váhy jednotlivých kritérií. Obecně lze říci, multikriteriální hodnocení simuluje rozhodovací proces člověka při výběru nejvhodnějšího výsledku. Základní postup je velice jednoduše definovatelný v průběhu let bylo matematicky definováno velké množství metod hodnocení, které lze použít. Každá metoda má definovány podmínky, za nichž funguje. Jejich nerespektování může vést k nevěrohodnosti výsledků. Ve státní správě je často používána metoda CEA (cost effectiveness anylysis) v oblasti dopravy je však vhodnější použití metodu CBA (cost benefits analysis).

9.1 Kritéria multikriteriálního hodnocení

Řešení problému pomocí multikriteriálního hodnocení můžeme v našem případě rozdělit do dvou fází:

- **Fáze eliminační**

  V eliminační fázi máme stanovené rozhodující hledisko pro každou variantu. Pro náš případ je to hodnota kapacity křižovatky. V případě, že dojde k tomu, že křižovatka kapacitně nevyhovuje je z další fáze hodnocení vyřazena.

- **Fáze hodnotící**

  V hodnotící fázi již hodnotíme na základě stanovených kritérií jednotlivé varianty, které prošly eliminační fází.

  U dopravních staveb je použita celá řada hledisek pro posouzení:

- **Hlediska ekologická** (hluk, emise,vibrace,zábor pozemků, zatíženíekosystému vliv na faunu a flóru, vliv na evropsky významné lokality)
- **Hlediska zřizovatele** (investiční náklady, vyvolané investice)
- **Hlediska uživatelů** (bezpečnost provozu,spotřeba pohonných hmot a času, kapacita a kvalita dopravy)
- **Hlediska celospolečenská** (estetické působení, vztah k funkci území)

V současné době má u křižovatek nejvyšší váhu bezpečnost následovaná střední dobou zdržení, provozními nebo stavebními náklady, zplodinami, hlukem. Kritéria za bezpečností nemusí být vždy v tomto pořadí, ale bezpečnost je na prvním místě.

Výstupem z procesu multikriteriálního hodnocení je bodové ohodnocení variant.

To lze provést jednoduše např. pomocí Metfesselovy alokace. Ta předpokládá rozdělení 100% mezi jednotlivá kritéria dle jejich důležitosti. Pro bodové ohodnocení lze použít stupnici 0-10. Kdy vyšší číslo značí lepší hodnocení.

Hodnocení se provede tak že váhu kritéria násobím bodovým ohodnocením varianty a součet provedených součinů se rovná celkovému hodnocení.

Na následujícím jednoduchém příkladu vysvětlím postup hodnocení:

Máme celkem dvě varianty a 6 kritérií z nichž budeme hledat vhodnější řešení

w_i je váha jednotlivého kritéria

- Bezpečnost $w_1 = 0,35$
- Střední dobu zdržení $w_2 = 0,20$
- Provozní náklady $w_3 = 0,15$
- Stavební náklady $w_4 = 0,14$
- Zplodiny $w_5 = 0,12$
- Hluk $w_6 = 0,04$

Součet w_i je roven:

$$w = w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 + w_6$$

$$w = 0,35 + 0,20 + 0,15 + 0,14 + 0,12 + 0,04$$

$$w = 1 = 100\%$$

	Bezpečnost	Střední doba zdržení	Provozní náklady	Stavební náklady	Zplodiny	Hluk
Varianta 1	8	4	7	5	4	6
Varianta 2	5	9	6	6	4	8

Tab.26 Bodové hodnocení variant

Bodové hodnocení získáme ze vztahu:

$$C_i = \sum_{i=1}^{n} B_i * w_i$$

C_i bodové ohodnocení varianty

B_i je bodové ohodnocení kritéria

$C_1 = B_1 * w_1 + B_2 * w_2 + B_3 * w_3 + B_4 * w_4 + B_5 * w_5 + B_6 * w_6$

C_1 = 8 * 0,35 + 4 * 0,2 + 7 * 0,15 + 5 * 0,14 + 4 * 0,12 + 6 * 0,04

C_1 = 6,07

Pro C_2 je výpočet obdobný a po dosazení vyjde:

C_1 = 6,09

Na základě multikriteriálního hodnocení vychází vhodnější varianta č.2

10 Závěr

Cílem této práce bylo navržení variantního řešení rekonstrukce křižovatky v Berouně na křížení komunikací D5 a III/11 533. Původní zadaní dle města Beroun nebylo splněno. Ani jeden z navržených typů okružní křižovatky kapacitě nevyhověl na konci návrhového období životnosti. V rámci práce bylo hledáno alternativní řešení ve formě světelně řízené křižovatky. Poslední řešení označené jako varianta 6. vyhovělo z hlediska kapacity velmi příznivě, a i z hlediska záboru pozemků se jeví jako nejreálnější varianta. Z ekonomického hlediska se jedná o variantu relativně vhodnou, ale jak již bylo zmíněno cenové porovnání bylo spíše orientační. Diplomová práce je příkladem toho, že okružní křižovatka nemusí v důsledku nepříznivého rozložení směrovosti intenzit v křižovatce kapacitně vyhovět.

Příloha G – Pentlogramy dopravy

PRŮSEČNÁ KŘIŽOVATKA U EXITU 18 DÁLNICE D5

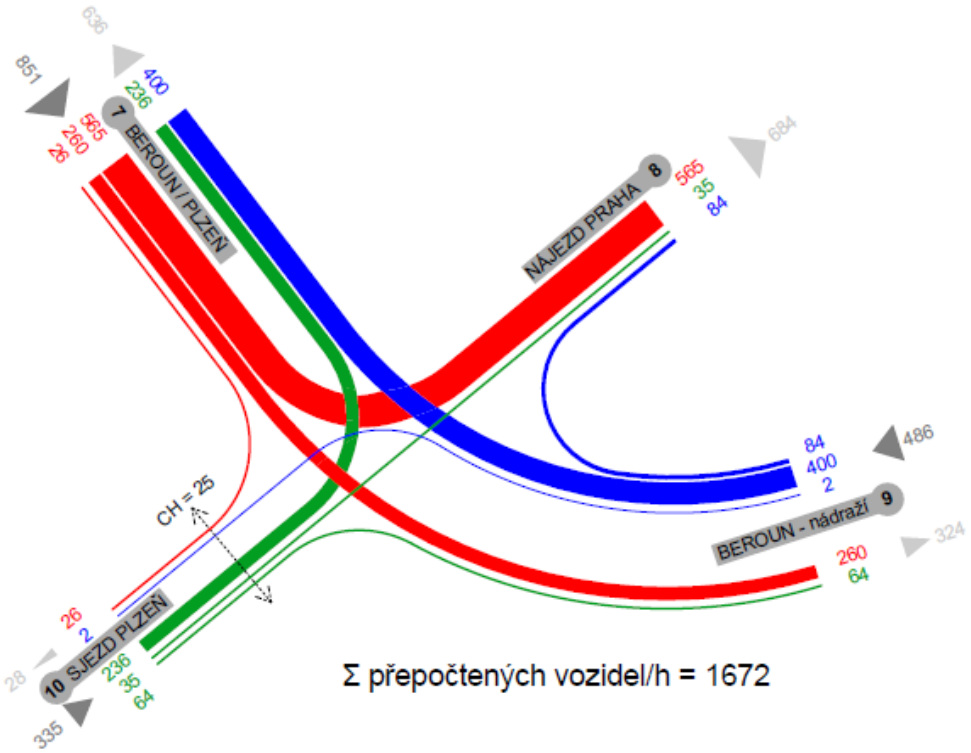
PENTLOGRAM V DOPOLEDNÍ ŠPIČKOVÉ HODINĚ 7:00-8:00

rok 2017 (pro OK)

17.10.2017 (přepočtená vozidla)

přepočtové koeficienty :

motocykly	- 0,8
osobní aut.	- 1,0
nákl. + aut.	- 2,0
nákl. soupravy	- 3,0



Obr.54 Pentlogram dopravy pro rok 2017 pro okružní křižovatky

PRŮSEČNÁ KŘIŽOVATKA U EXITU 18 DÁLNICE D5

PENTLOGRAM V DOPOLEDNÍ ŠPIČKOVÉ HODINĚ 7:00-8:00

prognóza pro rok 2037 (pro OK)

kategorie komunikací :

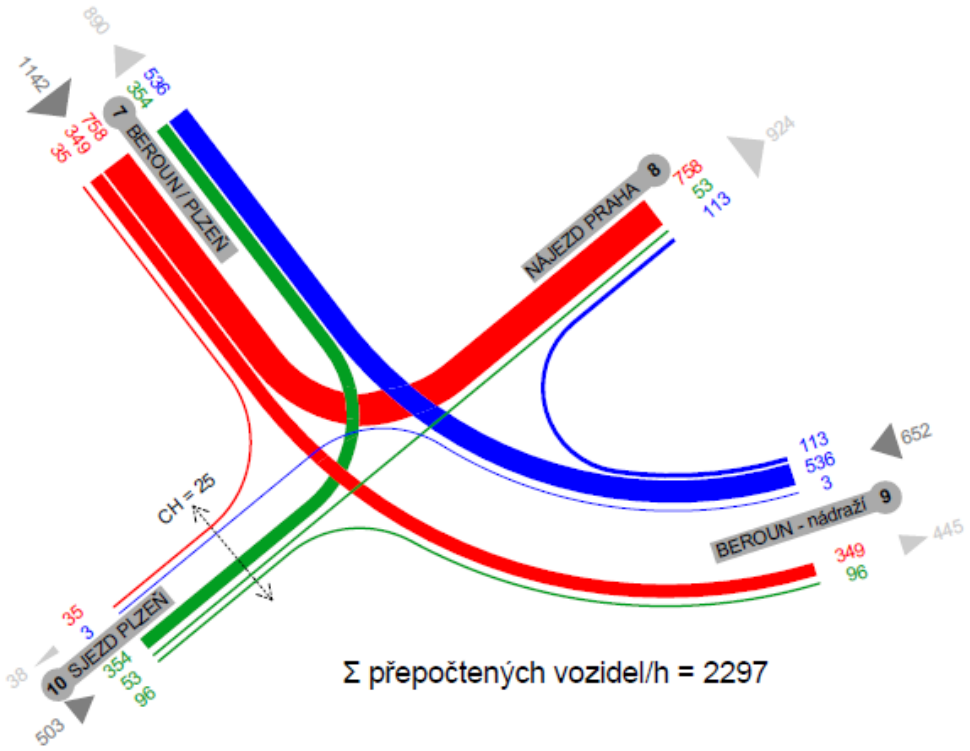
paprsky 7,9 - silnice III, třídy
paprsky 8,10 - dálnice

koeficienty vývoje intenzit dopravy pro všechna vozidla :

	II.+III.	D
2017	1,12	1,19
2037	1,50	1,79

koeficienty prognózy intenzit dopravy :

	II.+III.	D
k_p	1,34	1,50



Obr.55 Pentlogram dopravy pro rok 2037 pro okružní křižovatky

PRŮSEČNÁ KŘIŽOVATKA U EXITU 18 DÁLNICE D5

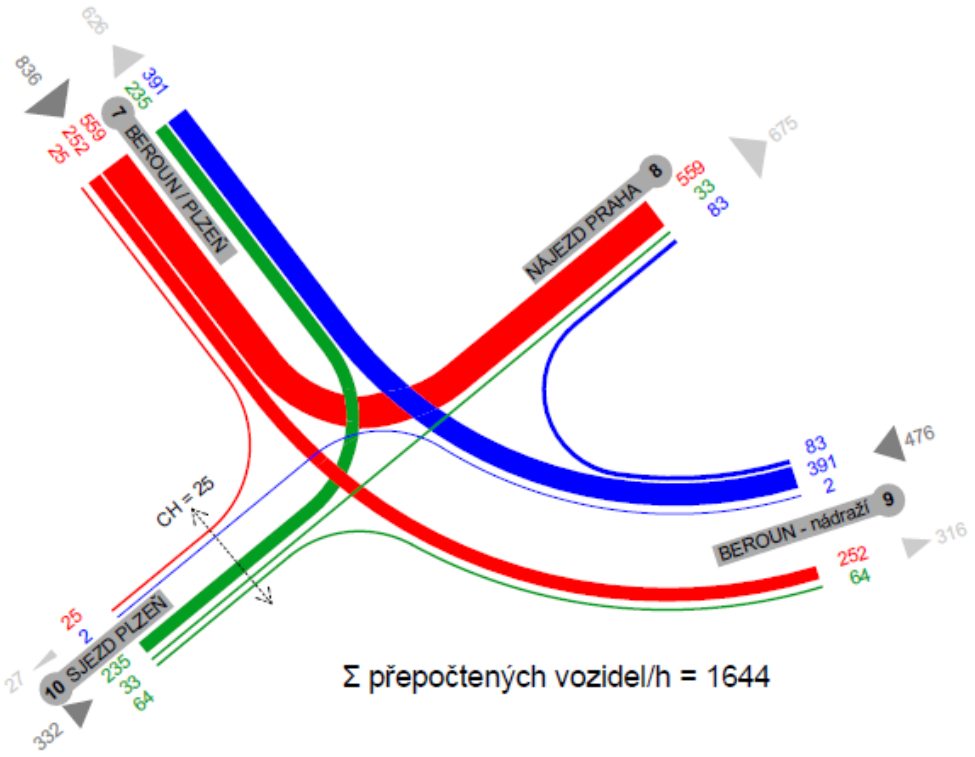
PENTLOGRAM V DOPOLEDNÍ ŠPIČKOVÉ HODINĚ 7:00-8:00

rok 2017 (pro SSZ)

17.10.2017 (přepočtená vozidla)

přepočtové koeficienty :

motocykly	- 0,8
osobní aut.	- 1,0
nákl. + aut.	- 1,7
nákl. soupravy	- 2,5



Σ přepočtených vozidel/h = 1644

Obr.56 Pentlogram dopravy pro rok 2017 pro SSZ

PRŮSEČNÁ KŘIŽOVATKA U EXITU 18 DÁLNICE D5

PENTLOGRAM V DOPOLEDNÍ ŠPIČKOVÉ HODINĚ 7:00-8:00

prognóza pro rok 2037 (pro SSZ)

kategorie komunikací :

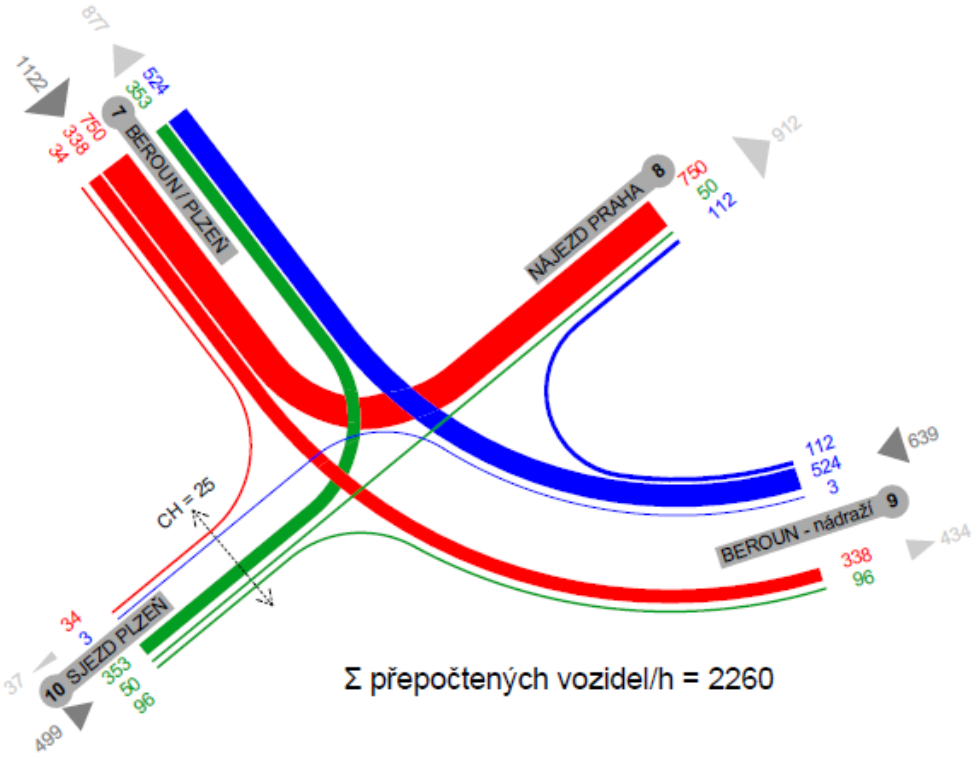
paprsky 7,9 - silnice III. třídy
paprsky 8,10 - dálnice

koeficienty vývoje intenzit dopravy pro všechna vozidla :

	II.+III.	D
2017	1,12	1,19
2037	1,50	1,79

koeficienty prognózy intenzit dopravy :

	II.+III.	D
k_p	1,34	1,50



Obr.57 Pentlogram dopravy pro rok 2037 pro SSZ

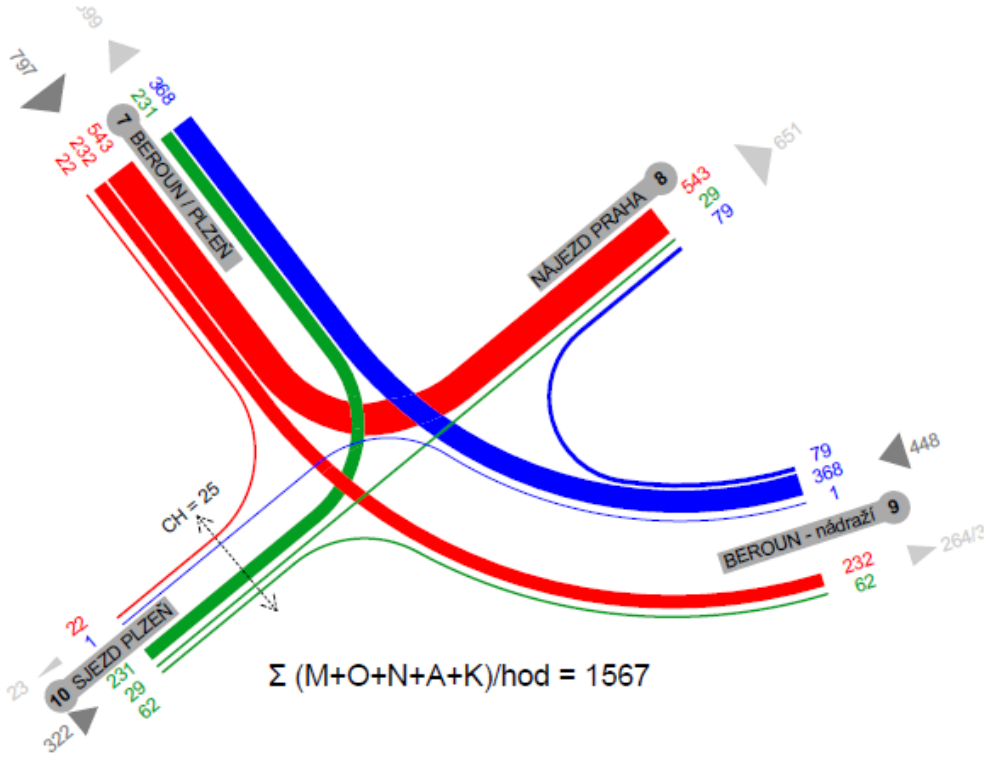
PRŮSEČNÁ KŘIŽOVATKA U EXITU 18 DÁLNICE D5

PENTLOGRAM V DOPOLEDNÍ ŠPIČKOVÉ HODINĚ 7:00-8:00

rok 2017 (pro dopravní model)

kategorie komunikací :

paprsky 7,9 - silnice III, třídy
paprsky 8,10 - dálnice



Obr.58 Pentlogram dopravy pro rok 2017 pro software PVT Vissim

PRŮSEČNÁ KŘIŽOVATKA U EXITU 18 DÁLNICE D5

PENTLOGRAM V DOPOLEDNÍ ŠPIČKOVÉ HODINĚ 7:00-8:00

prognóza pro rok 2037 (pro dopravní model)

kategorie komunikací :

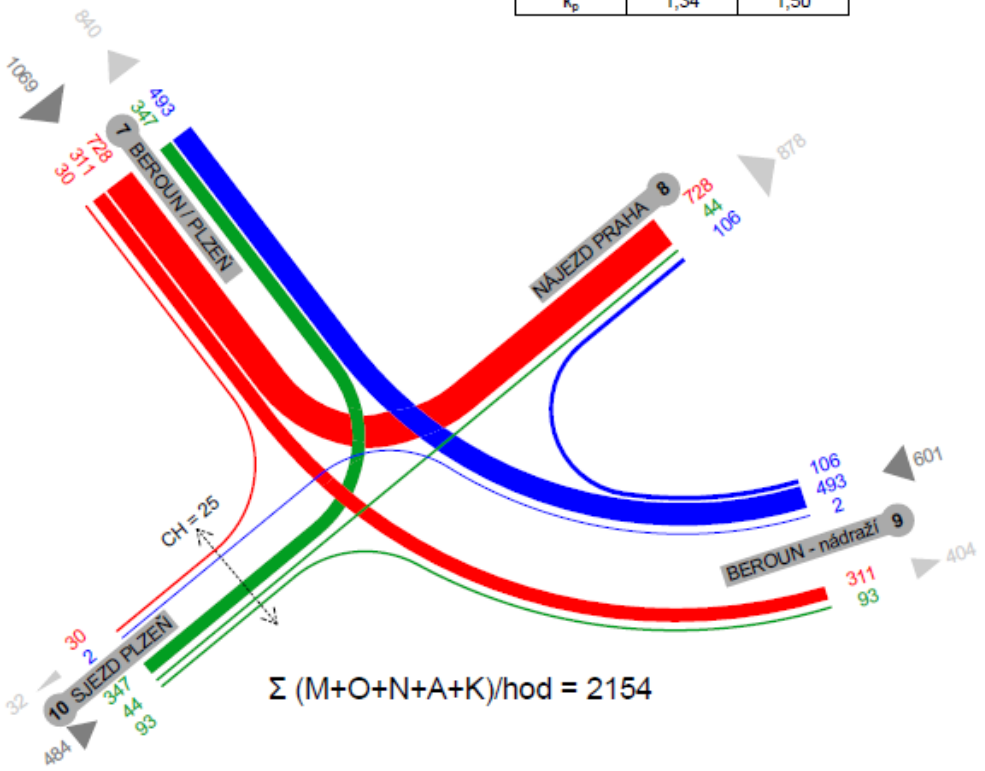
paprsky 7,9 - silnice III, třídy
paprsky 8,10 - dálnice

koeficienty vývoje intenzit dopravy pro všechna vozidla :

	II.+III.	D
2017	1,12	1,19
2037	1,50	1,79

koeficienty prognózy intenzit dopravy :

	II.+III.	D
k_p	1,34	1,50



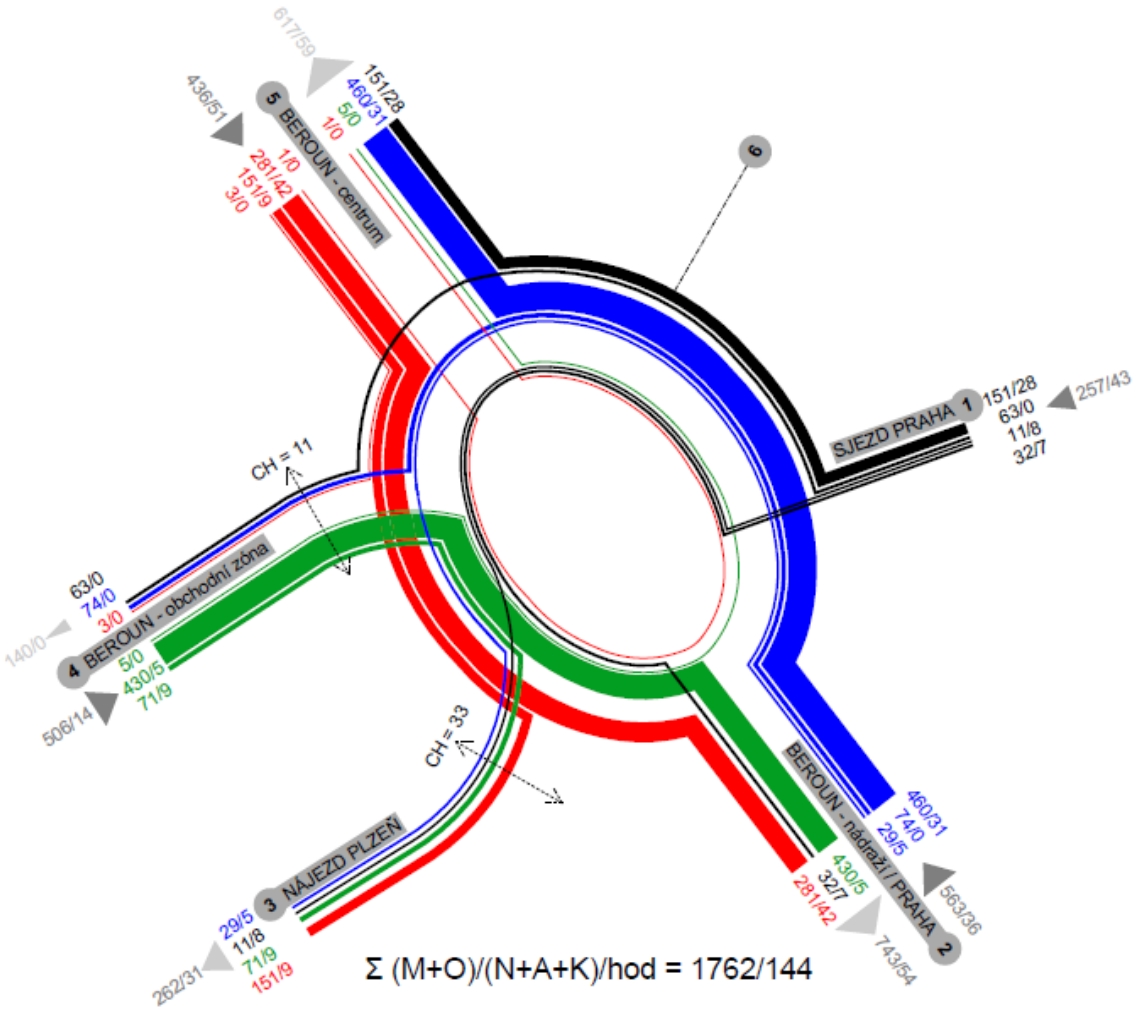
Obr.59 Pentlogram dopravy pro rok 2037 pro software PVT Vissim

OKRUŽNÍ KŘIŽOVATKA U EXITU 18 DÁLNICE D5

PENTLOGRAM V DOPOLEDNÍ ŠPIČKOVÉ HODINĚ 7:00-8:00

17.10.2017 (motocykly+osobní vozidla / nákladní vozidla + autobusy)

podíl nákladních vozidel = 7,56 %



Obr.60 Pentlogram dopravy pro rok 2017 pro software PVT Vissim

PENTLOGRAM V DOPOLEDNÍ ŠPIČKOVÉ HODINĚ 7:00-8:00

prognóza pro rok 2037 (pro dopravní model)

kategorie komunikací :

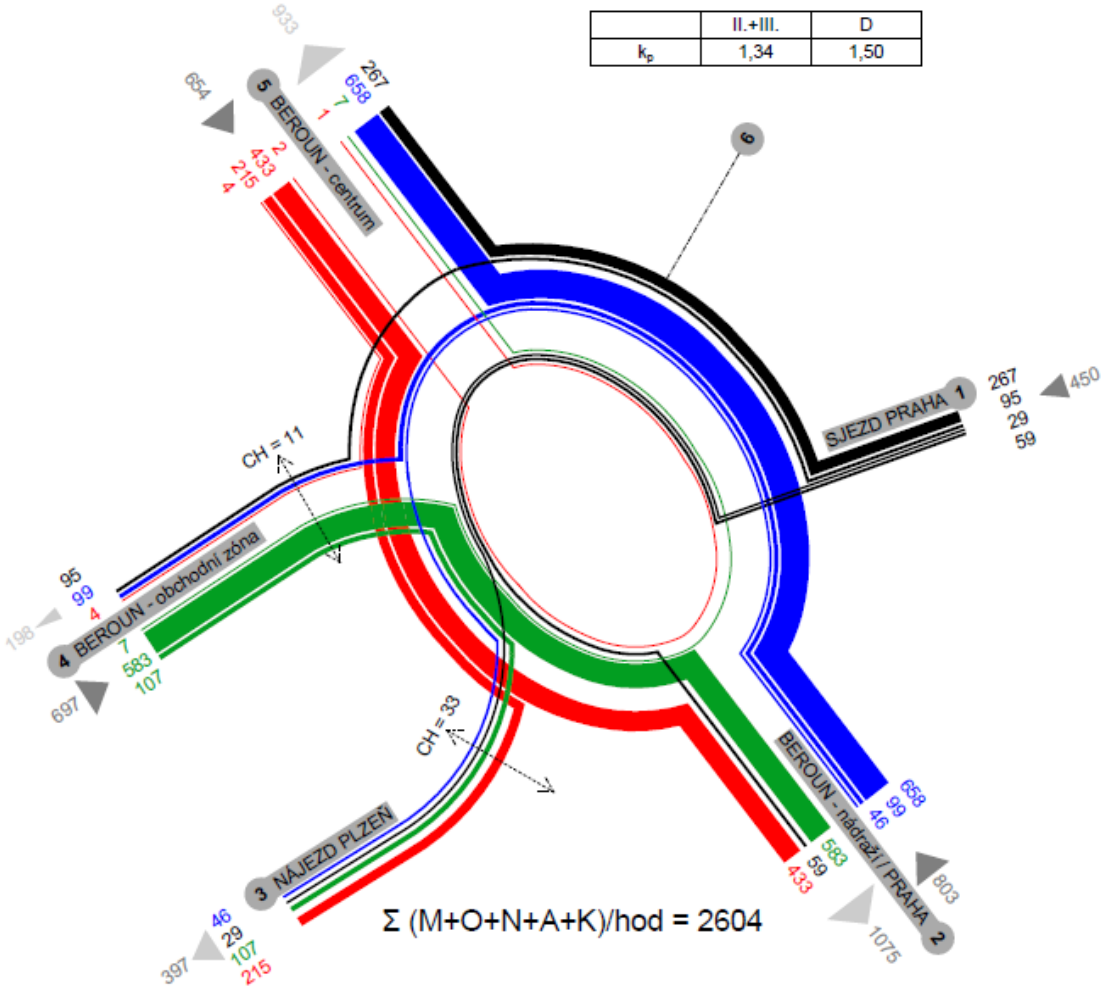
paprsky 2,4,5 - silnice III, třídy
paprsky 1,3 - dálnice

koeficienty vývoje intenzit dopravy pro všechna vozidla :

	II.+III.	D
2017	1,12	1,19
2037	1,50	1,79

koeficienty prognózy intenzit dopravy :

	II.+III.	D
k_p	1,34	1,50

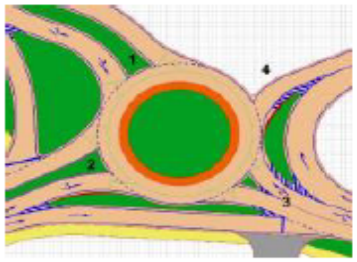


Obr.61 Pentlogram dopravy pro rok 2037 pro software PVT Vissim

Příloha H – Výsledky výpočtu kapacit křižovatek na začátku životnosti

KAPACITNÍ POSOUZENÍ OKRUŽNÍ KŘIŽOVATKY DLE TP 234

Název křižovatky	Beroun, D5 x 11533
Posuzovaný stav	stav 2017, špičková hodina 7:00 - 8:00
Typ okružní křižovatky	jeden pruh na okruhu s bypassy
Vnější průměr	37,6



Vstupní parametry

Paprsek	Název komunikace	pož. st. UKD	$t_{w,lim}$ (s)	poznámka
1	Beroun / Plzeň	C	30	Vzhledem k nízké intenzitě vozidel odbočujících k paprsku 2 a nízké intenzitě chodců nebyl přechod pro chodce v kapacitním posouzení uvažován.
2	Sjezd Plzeň	C	30	
3	Beroun - nádraží	D	45	

Geometrické podmínky

Paprsek	Název komunikace	n_k	n_l	n_e	typ vjezdu	R_i (m)	R_e (m)	b (m)	d_p (m)
1	Beroun / Plzeň	1	1	1	-	10,5	19,5	17,2	0,0
2	Sjezd Plzeň	1	1	1	-	25,5	10,5	16,9	0,0
3	Beroun - nádraží	1	1	1	-	15,0	30,5	13,8	0,0

Intenzity dopravy (pvoz/h)

do paprsku / z paprsku	Název komunikace	1	2	3	4	5	6	Součet	pozn.
1	Beroun / Plzeň	0	26	260	565			851	
2	Sjezd Plzeň	236	0	64	35			335	
3	Beroun - nádraží	400	2	0	84			486	
Součet		636	28	324	684			1672	

Kapacita vjezdu

Paprsek	Název komunikace	I_k (pvoz/h)	I_l (pvoz/h)	c_i (pvoz/h)	Rez (pvoz/h)	t_w (s)	a_v	$N_{95\%}$ (m)	UKD
1	Beroun / Plzeň	2	851	1221	370	9,7	0,697	39,9317	A
2	Sjezd Plzeň	825	335	497	162	22,1	0,675	34,8048	C
3	Beroun - nádraží	836	486	447	-39	-100,5	1,088	231,21	F

Stanovená úroveň na vjezdech okružní křižovatky F

Kapacita výjezdu

Paprsek	Název komunikace	I_e (pvoz/h)	I_{ch} (ch/h)	c_e (pvoz/h)	a_v	Kapacita vyhovuje
1	Beroun / Plzeň	636		1277	0,498	ANO
2	Sjezd Plzeň	28		1200	0,023	ANO
3	Beroun - nádraží	324		1513	0,214	ANO
4	Nájezd Praha	684		1200	0,570	ANO

Stanovená úroveň dopravy na výjezdech vyhovuje ? ANO

Závěr : Křižovatka kapacitně nevyhovuje. Požadovaného stupně UKD nebylo dosaženo na vjezdu 3.

Obr.62 Protokol s výpočtem kapacity okružní křižovatky s bypassy na začátku životnosti

KAPACITNÍ POSOUZENÍ OKRUŽNÍ KŘIŽOVATKY DLE TP 234

Název křižovatky	Beroun, D5 x 11533
Posuzovaný stav	stav 2017, špičková hodina 7:00 - 8:00
Typ okružní křižovatky	spirálovitá typ vejce
Vnější průměr	57,6

Vstupní parametry

Paprsek	Název komunikace	pož. st. UKD	$t_{w,lim}$ (s)	poznámka
1	Beroun / Plzeň	C	30	Vzhledem k nízké intenzitě vozidel odbočujících k paprsku 2 a nízké intenzitě chodců nebyl přechod pro chodce v kapacitním posouzení uvažován.
2	Sjezd Plzeň	C	30	
3	Beroun - nádraží	D	45	

Geometrické podmínky

Paprsek	Název komunikace	n_k	n_l	n_e	typ vjezdu	R_i (m)	R_e (m)	b (m)	d_p (m)
1	Beroun / Plzeň	1	2	2	typ 1		40,5		0,0
2	Sjezd Plzeň	2	1	1	typ 3		20,5		0,0
3	Beroun - nádraží	1	2	2	typ 1		40,5		0,0

Intenzity dopravy (pvoz/h)

do paprsku / z paprsku	Název komunikace	1	2	3	4	5	6	Součet	pozn.
1	Beroun / Plzeň	0	26	260	565			851	
2	Sjezd Plzeň	236	0	64	35			335	
3	Beroun - nádraží	400	2	0	84			486	
Součet		636	28	324	684			1672	

Kapacita vjezdu

Paprsek	Název komunikace	I_k (pvoz/h)	I_l (pvoz/h)	c_l (pvoz/h)	Rez (pvoz/h)	t_w (s)	a_v	$N_{95\%}$ (m)	UKD
1	Beroun / Plzeň	2	851	2074	1223	2,9	0,410	12,4809	A
2	Sjezd Plzeň	825	335	745	410	8,8	0,449	14,522	A
3	Beroun - nádraží	836	486	992	506	7,1	0,490	17,0805	A

Stanovená úroveň na vjezdech okružní křižovatky **A**

Kapacita výjezdu

Paprsek	Název komunikace	I_e (pvoz/h)	I_{ch} (ch/h)	c_e (pvoz/h)	a_v	Kapacita vyhovuje
1	Beroun / Plzeň	636		2250	0,283	ANO
2	Sjezd Plzeň	28		1295	0,022	ANO
3	Beroun - nádraží	324		2250	0,144	ANO
4	Nájezd Praha	684		1000	0,684	ANO

Stanovená úroveň dopravy na výjezdech vyhovuje ? **ANO**

Závěr : Křižovatka kapacitně vyhovuje. Na všech vjezdech bylo dosaženo stupně UKD A.

Obr.63 Protokol s výpočtem kapacity turbo - okružní křižovatky typu vejce na začátku životnosti

KAPACITNÍ POSOUZENÍ OKRUŽNÍ KŘIŽOVATKY DLE TP 234

Název křižovatky	Beroun, D5 x 11533
Posuzovaný stav	stav 2017, špičková hodina 7:00 - 8:00
Typ okružní křižovatky	spirálovitá typ základní
Vnější průměr	57,6

Vstupní parametry

Paprsek	Název komunikace	pož. st. UKD	$t_{w,lim}$ (s)	poznámka
1	Beroun / Plzeň	C	30	Vzhledem k nízké intenzitě vozidel odbočujících k paprsku 2 a nízké intenzitě chodců nebyl přechod pro chodce v kapacitním posouzení uvažován.
2	Sjezd Plzeň	C	30	
3	Beroun - nádraží	D	45	

Geometrické podmínky

Paprsek	Název komunikace	n_k	n_l	n_e	typ vjezdu	R_l (m)	R_e (m)	b (m)	d_p (m)
1	Beroun / Plzeň	1	2	2	typ 1		40,5		0,0
2	Sjezd Plzeň	2	2	1	typ 3		20,5		0,0
3	Beroun - nádraží	1	2	2	typ 1		40,5		0,0

Intenzity dopravy (pvoz/h)

do paprsku / z paprsku	Název komunikace	1	2	3	4	5	6	Součet	pozn.
1	Beroun / Plzeň	0	26	260	565			851	
2	Sjezd Plzeň	236	0	64	35			335	
3	Beroun - nádraží	400	2	0	84			486	
Součet		636	28	324	684			1672	

Kapacita vjezdu

Paprsek	Název komunikace	I_k (pvoz/h)	I_l (pvoz/h)	c_l (pvoz/h)	Rez (pvoz/h)	t_w (s)	a_v	$N_{95\%}$ (m)	UKD
1	Beroun / Plzeň	2	851	2074	1223	2,9	0,410	12,4809	A
2	Sjezd Plzeň	825	335	1118	783	4,6	0,300	7,67523	A
3	Beroun - nádraží	836	486	992	506	7,1	0,490	17,0805	A

Stanovená úroveň na vjezdech okružní křižovatky	A

Kapacita výjezdu

Paprsek	Název komunikace	I_e (pvoz/h)	I_{ch} (ch/h)	c_e (pvoz/h)	a_v	Kapacita vyhovuje			
1	Beroun / Plzeň	636		2250	0,283	ANO			
2	Sjezd Plzeň	28		1295	0,022	ANO			
3	Beroun - nádraží	324		2250	0,144	ANO			
4	Nájezd Praha	684		1000	0,684	ANO			

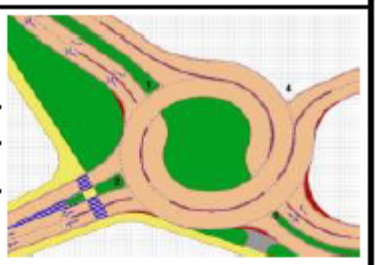
Stanovená úroveň dopravy na výjezdech vyhovuje ?	ANO

Závěr : Křižovatka kapacitně vyhovuje. Na všech vjezdech bylo dosaženo stupně UKD A.

Obr.64 Protokol s výpočtem kapacity turbo - okružní křižovatky typu základní na začátku životnosti

KAPACITNÍ POSOUZENÍ OKRUŽNÍ KŘIŽOVATKY DLE TP 234

Název křižovatky	Beroun, D5 x 11533
Posuzovaný stav	stav 2037, špičková hodina 7:00 - 8:00
Typ okružní křižovatky	spirálovitá typ atypická
Vnější průměr	57,6



Vstupní parametry

Paprsek	Název komunikace	pož. st. UKD	$t_{w,lim}$ (s)	poznámka
1	Beroun / Plzeň	C	30	Vzhledem k nízké intenzitě vozidel odbočujících k paprsku 2 a nízké intenzitě chodců nebyl přechod pro chodce v kapacitním posouzení uvažován.
2	Sjezd Plzeň	C	30	
3	Beroun - nádraží	D	45	

Geometrické podmínky

Paprsek	Název komunikace	n_k	n_l	n_e	typ vjezdu	R_l (m)	R_e (m)	b (m)	d_p (m)
1	Beroun / Plzeň	1	2	2	typ 1		40,5		0,0
2	Sjezd Plzeň	2	2	1	typ 3		20,5		0,0
3	Beroun - nádraží	2	2	1	typ 1		40,5		0,0

Intenzity dopravy (pvoz/h)

do paprsku / z paprsku	Název komunikace	1	2	3	4	5	6	Součet	pozn.
1	Beroun / Plzeň	0	26	260	565			851	
2	Sjezd Plzeň	236	0	64	35			335	
3	Beroun - nádraží	400	2	0	84			486	
Součet		636	28	324	684			1672	

Kapacita vjezdu

Paprsek	Název komunikace	I_k (pvoz/h)	I_l (pvoz/h)	c_l (pvoz/h)	Rez (pvoz/h)	t_w (s)	a_v	$N_{95\%}$ (m)	UKD
1	Beroun / Plzeň	2	851	2074	1223	2,9	0,410	12,4809	A
2	Sjezd Plzeň	825	335	974	639	5,6	0,344	9,38407	A
3	Beroun - nádraží	836	486	964	478	7,5	0,504	18,089	A

Stanovená úroveň na vjezdech okružní křižovatky	A

Kapacita výjezdu

Paprsek	Název komunikace	I_e (pvoz/h)	I_{ch} (ch/h)	c_e (pvoz/h)	a_v	Kapacita vyhovuje			
1	Beroun / Plzeň	890		2250	0,396	ANO			
2	Sjezd Plzeň	38		1295	0,029	ANO			
3	Beroun - nádraží	445		1500	0,297	ANO			
4	Nájezd Praha	924		1500	0,616	ANO			

Stanovená úroveň dopravy na výjezdech vyhovuje ?	ANO

Závěr : Křižovatka kapacitně vyhovuje. Požadovaného stupně UKD bylo dosaženo na všech vjezdech.

Obr.65 Protokol s výpočtem kapacity turbo - okružní křižovatky atypické na začátku životnosti

základní tok	2000 pvoz/h	Saturovaný tok řadících pruhů										
		Intenzita	Sklon	Poloměr	Podíl odbočujících vozidel	Koeficient sklonu	koeficient oblouku	Saturovaný tok	Stupeň saturace	Mezičas fáze	Délka zelené	
řadící pruh	typ	fáze	směr jízdy	I	a	R	f	k_{skl}	k_{obl}	S_v	y	t_m	z	
				pvoz/h	%	m	-	-	-	pvoz/h		s	s	
A1+A2	V	1	R,P	277	0	95	0,11	1	1,00	1997	0,14	4	17	
A3	V	3	L	559	0	15	1,00	1	0,91	1818	0,31	4	23	
B1	V	2	R,L	268	0	20	0,87	1	0,94	1877	0,14	4	13	
B2	V	2	P	64	0	19	1,00	1	0,93	1854	0,03		13	
C1	V	1	R	391	0	100	1,00	1	0,99	1970	0,20	4	17	
C2	V	1	L	2	0	35	1,00	1	0,96	1918	0,00		17	

Celkový ztrátový čas:

1.fáze	4
2.fáze	4
3.fáze	4
L=	12 s

	Stupeň saturace	Saturovaný tok	Minimální délka cyklu	Optimální délka cyklu
	y_{max}	S	t_{min}	t_{opt}
		voz/h	s	s
1.fáze	0,20	1997	34,15	65,46
2.fáze	0,14	1877		
3.fáze	0,31	1818		
Y=	0,65			

Délka cyklu	zelených pro kritické vjezdy	Navrhovaná délka zelených
t_c		
s	s	s
65,00	15,2	17
	10,7	13
	24,1	23

49,09 < 65,00 < 98,19

Obr.66 Výpočet kapacity varianty č. 5 na začátku životnosti část 1/2

	Posouzení ÚKD											
Stupeň saturace	Mezičas fáze	Délka zelené	Minimální délka zelené	Kapacita vjezdu	Rezerva	Kapacita na stopčáře	Kapacita levého odbočení při zelené	Kapacita levého odbočení při změně fází	Kapacita levého odbočení	Průměrná délka fronty na zač. zelené	Střední doba zdržení na vjezdu	úroveň kvality dopravy
y	t_m	z	z_{min}	C_v	Rez	C_s	C_{L1}	C_{L2}	C_L	L_f	t_w	
	s	s	s	pvoz/h	%	pvoz/h	pvoz/h	pvoz/h	pvoz/h	m	s	
0,14	4	17	16	522	46,95	522				22,2	22,0	A
0,31	4	23	22	643	13,11	643				39,1	34,3	B
0,14	4	13	12	375	28,63	375				23,2	32,6	B
0,03		13	12	371	82,74	371				5,5	20,3	
0,20	4	17	16	515	24,13	515				31,3	29,8	B
0,00		17	16	502	99,60	502	152	166	318	0,2	16,0	

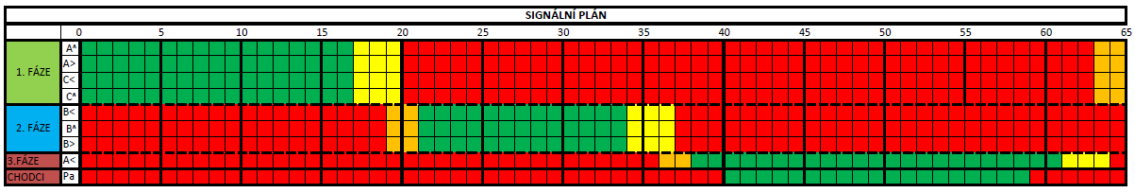
Délka cyklu	zelených pro kritické vjezdy	Navrhovaná délka zelených
t_c		
s	s	s
65,00	15,2	17
	10,7	13
	24,1	23

65,00 < 98,19

kontrola tc= 65

ÚKD	tw
A	≤ 20
B	≤ 35
C	≤ 50
D	≤ 70
E	> 70
F	Rez < 0

Obr.67 Výpočet kapacity varianty č. 5 na začátku životnosti část 2/2



Obr.68 Navržený signální plán pro variantu č. 5 na začátku životnosti

základní tok	2000 pvoz/h	Saturovaný tok řadících pruhů								
		Intenzita	Sklon	Poloměr	Podíl odbočujících vozidel	Koeficient sklonu	koeficient oblouku	Saturovaný tok		Stupeň saturace
řadící pruh	typ / fáze / směr jízdy	I	a	R	f	kskl	kobl	Sv		y
		pvoz/h	%	m	-	-	-	pvoz/h		
A1+A2	V 1 R,P	277	0	95	0,11	1	1,00	1997		0,14
A3	V 3 L	280	0	25	1,00	1	0,94	1887		0,15
A4	V 3 L	279	0	30	1,00	1	0,95	1905		0,15
B1	V 2 R,L	268	0	18	0,87	1	0,93	1865		0,14
B2	V 2 P	64	0	25	1,00	1	0,94	1887		0,03
C1	V 1 R	236	0	100	1,00	1	0,99	1970		0,12
C2	V 1 R+L	157	0	104	1,00	1	0,99	1972		0,08
C3	V 1 P	83	0	17	1,00	1	0,92	1838		0,05

Celkový ztrátový čas:

1.fáze	3	
2.fáze	6	
3.fáze	5	9
L=	14	s

	Stupeň saturace ymax	Saturovaný tok S	Minimální délka cyklu tmin	Optimální délka cyklu topt	Délka cyklu tc
		voz/h	s	s	s
1.fáze	0,14	1997	24,60	45,68	60,00
2.fáze	0,14	1865			
3.fáze	0,15	1887			
Y=	0,43				
		34,26	<		60,00

Obr.69 Výpočet kapacity varianty č. 6na začátku životnosti část 1/2

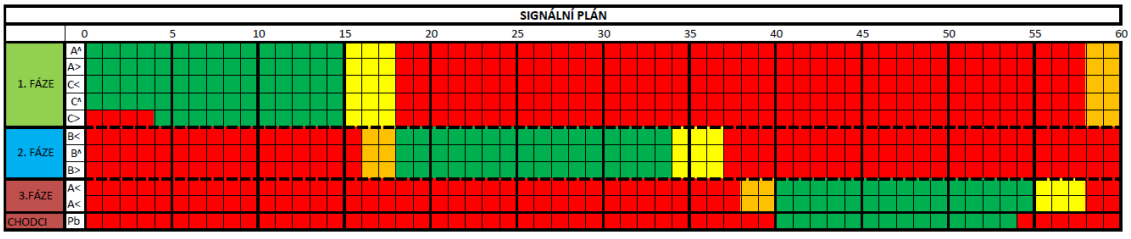
Posouzení ÚKD											
Mezičas fáze	Délka zelené	Minimální délka zelené	Kapacita vjezdu	Rezerva	Kapacita na stopčáře	Kapacita levého odbočení při zelené	Kapacita levého odbočení při změně fází	Kapacita levého odbočení	Průměrná délka fronty na zač. zelené	Střední doba zdržení na vjezdu	úroveň kvality dopravy
tm	z	zmin	Cv	Rez	Cs	CL1	CL2	CL	Lf	tw	
s	s	s	pvoz/h	%	pvoz/h	pvoz/h	pvoz/h	pvoz/h	m	s	
3	15	14	499	44,50	499				20,8	21,7	B
5	15	14	472	40,64	472				21,0	22,9	B
	15	14	476	41,41	476				20,9	22,6	
6	16	15	497	46,11	497				19,7	20,8	B
	16	15	503	87,28	503				4,7	15,5	
3	15	14	493	52,09	493				17,7	20,3	B
	15	14	493	68,15	493				11,8	18,0	
	11	10	337	75,37	337				6,8	20,4	

zelených pro kritické vjezdy	Navrhovaná délka zelených
s	s
13,8	15
14,3	16
14,8	15
<	68,52

kontrola tc= 60

ÚKD	tw
A	≤ 20
B	≤ 35
C	≤ 50
D	≤ 70
E	> 70
F	Rez < 0

Obr.70 Výpočet kapacity varianty č. 6 na začátku životnosti část 2/2



Obr.71 Navržený signální plán pro variantu č. 6 na začátku životnosti

11. Seznam použité literatury

ČSN 73 6101	Projektování silnic a dálnic
ČSN 73 6102	Projektování křižovatek na pozemních komunikacích +Z1
CŠN 73 6110	Projektování místních komunikací + Z1
ČSN 01 3466	Výkresy inženýrských staveb - Výkresy pozemních komunikací
TP 81	Navrhování světelných signalizačních zařízení pro řízení provozu na pozemních komunikacích
TP 133	Zásady pro vodorovné dopravní značení na pozemních komunikacích
TP 135	Projektování okružních křižovatek na silnicích a místních komunikacích
TP 170	Navrhování vozovek pozemních komunikací + Dodatek TP170
TP 171	Vlečné křivky pro ověřování průjezdnosti směrových prvků pozemních komunikací
TP 189	Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích
TP 225	Prognóza intenzit automobilové dopravy II.vydání
TP 234	Posuzování kapacity okružních křižovatek
TP 235	Posuzování kapacity světelně řízených křižovatek

Použitý software

Archicad 12

Autocad 13

AutoTURN 8

PVT Vissim 10

12. Seznam tabulek

Tab.1 Orientační maximální kapacity různých typů křižovatek (převzato z ČSN 73 61 02) 19

Tab.2 Orientační maximální kapacity různých typů křižovatek (převzato z ČSN 73 61 02) 20

Tab.3 Limitní hodnoty střední doby zdržení na vjezdu okružní křižovatky (převzato z TP 234) 21

Tab.4 Statistické vyhodnocení nehodovosti v silničním provozu na vybrané lokalitě (převzato JVDM) 39

Tab.5 Vyhodnocení nehod dle příčiny (převzato JVDM) 39

Tab.6 Vyhodnocení nehod dle druhu a zavinění nehody (převzato JVDM) 40

Tab.7 Vyhodnocení nehod dle viditelnosti (převzato JVDM) 40

Tab.8 Vyhodnocení nehod dle rozhledových poměrů a stavu vozovky (převzato JVDM) 41

Tab.9 Seznam dotčených parcel 46

Tab.10 Sčítání dopravy z roku 2016 (zdroj www.scitani2016.rsd.cz) 47

Tab.11 Porovnání výsledků kapacitního posouzení 54

Tab.12 Porovnání výsledků kapacitního posouzení 58

Tab.13 Porovnání výsledků kapacitního posouzení 64

Tab.14 Porovnání výsledků kapacitního posouzení 69

Tab.15 Limitní hodnoty střední doby zdržení na vjezdu do světelně řízené křižovatky. 72

Tab.16 Přepočtové koeficienty skladby dopravního proudu pro světelně řízené křižovatky 73

Tab.17 Efektivní délka zelené 74

Tab.18 Výsledky kapacitního posouzení na 5 let varianty č.5. 82

Tab.19 Výpočet mezičasů varianty č.5 83

Tab.20 Výsledky kapacitního posouzení na výhledovou životnost varianty č.6 87

Tab.21 Výpočet mezičasů varianty č.6 89

Tab.22 Seznam položek provedeného rozpočtu 90

Tab.23 Cena jednotlivých položek rozpočtu 90

Tab.24 Ceny položek jednotlivých variant (Kč bez DPH) 91

Tab.25 Výsledné ceny jednotlivých variant (Kč bez DPH) 91

Tab.26 Bodové hodnocení variant 95

13. Seznam obrázků

Obr.1 Columbus Circle, New York, 1907 8
Obr.2 Popis prvků mini-okružní křižovatky (převzato z TP 135) 10
Obr.3 Znázornění počtu kolizních bodů 10
Obr.4 Mini-okružní křižovatka Prostějov 11
Obr.5 Popis prvků jednopruhové okružní křižovatky (převzato z TP 135) 12
Obr.6 Jednopruhová okružní křižovatka Hořovice 12
Obr.7 Popis prvků turbo-okružní křižovatky (převzato z TP 135) 14
Obr.8 Turbo-okružní křižovatka Beroun 14
Obr.9 Turbo-okružní křižovatka typ vejce (převzato z TP 135) 15
Obr.10 Turbo-okružní křižovatka typ základní (převzato z TP 135) 15
Obr.11 Turbo-okružní křižovatka typ koleno (převzato z TP 135) 16
Obr.12 Turbo-okružní spirálovitá křižovatka 16
Obr.13 Turbo-okružní křižovatka typ rotorová 17
Obr.14 Typy vjezdů spirálovité okružní křižovatky (převzato z TP 234) 20
Obr.15 Jednotný protokol kapacitního posouzení (převzato z TP 234) 28
Obr.16 Úvodní okno 30
Obr.17 Nastavení měřítka 30
Obr.18 Vložení paprsku 31
Obr.19 Vytvoření spojnice 31
Obr.20 Typy vozidel 32
Obr.21 Vložení intenzity vozidel na paprsku 33
Obr.22 Zadání tras vozidel včetně procentuálního zastoupení volby dané trasy 33
Obr.23 Vložení zpomalovacího úseku 34
Obr.24 Nastavení konfliktních zón 34
Obr.25 Místo pro sběr dat 35
Obr.26 Simulace spuštěná v režimu 2D 36
Obr.27 Řešená lokalita 37

Obr.28 Uvažovaná oblast dopravních nehod..... 38
Obr.29 Pentlogram průsečné křižovatky ve špičkové hodině 43
Obr.30 Pentlogram spirálovité okružní křižovatky ve špičkové hodině 44
Obr.31 Katastrální mapa 45
Obr.32 Katalog vozovek (převzato z TP 170) 50
Obr.33 Situace varianta č.1 53
Obr.34 Schéma modelu pro mikrosimulaci 54
Obr.35 Protokol s výpočtem kapacity jednopruhové okružní křižovatky s bypassy 55
Obr.36 Situace varianta č.2 58
Obr.37 Schéma modelu pro mikrosimulaci 59
Obr.38 Protokol s výpočtem kapacity turbo-okružní křižovatky typ vejce 60
Obr.39 Situace varianta č.3 63
Obr.40 Schéma modelu pro mikrosimulaci 64
Obr.41 Protokol s výpočtem kapacity turbo-okružní křižovatky typ základní 65
Obr.42 Situace varianta č.4 68
Obr.43 Schéma modelu pro mikrosimulaci 69
Obr.44 Protokol s výpočtem kapacity turbo-okružní křižovatky atypické 70
Obr.45 Situace varianta č.5 81
Obr.46 Výpočet kapacity varianty č. 5 část 1/2 82
Obr.47 Výpočet kapacity varianty č. 5 část 2/2 83
Obr.48 Navržený signální plán 83
Obr.49 Situace varianta č.6 86
Obr.50 Výpočet kapacity varianty č.6 část 1/2 87
Obr.51 Navržený signální plán 88
Obr.52 Výpočet kapacity varianty č.6 2/2 88
Obr.53 Návrhové vozidlo pro posouzení průjezdu křižovatkou 92
Obr.54 Pentlogram dopravy pro rok 2017 pro okružní křižovatky 97
Obr.55 Pentlogram dopravy pro rok 2037 pro okružní křižovatky 98
Obr.56 Pentlogram dopravy pro rok 2017 pro SSZ 99
Obr.57 Pentlogram dopravy pro rok 2037 pro SSZ 100
Obr.58 Pentlogram dopravy pro rok 2017 pro software PVT Vissim 101
Obr.59 Pentlogram dopravy pro rok 2037 pro software PVT Vissim 102

Obr.60 Pentlogram dopravy pro rok 2017 pro software PVT Vissim 103
Obr.61 Pentlogram dopravy pro rok 2037 pro software PVT Vissim 104
Obr.62 Protokol s výpočtem kapacity okružní křižovatky s bypassy na začátku životnosti 105
Obr.63 Protokol s výpočtem kapacity turbo - okružní křižovatky typu vejce na začátku životnosti..... 106
Obr.64 Protokol s výpočtem kapacity turbo - okružní křižovatky typu základní na začátku životnosti 107
Obr.65 Protokol s výpočtem kapacity turbo - okružní křižovatky atypické na začátku životnosti..... 108
Obr.66 Výpočet kapacity varianty č. 5 na začátku životnosti část 1/2 109
Obr.67 Výpočet kapacity varianty č. 5 na začátku životnosti část 2/2 109
Obr.68 Navržený signální plán pro variantu č. 5 na začátku životnosti..... 109
Obr.69 Výpočet kapacity varianty č. 6 na začátku životnosti část 1/2 110
Obr.70 Výpočet kapacity varianty č. 6 na začátku životnosti část 2/2 110
Obr.71 Navržený signální plán pro variantu č. 6 na začátku životnosti..... 110