

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Michaela Víznerová

NÁVRH SSZ NA KŘIŽOVATCE STANOVÁ X EMILIE
DVOŘÁKOVÉ V TEPLICÍCH

Bakalářská práce

2019



K620..... Ústav dopravní telematiky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Michaela Víznerová

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – DOS – Dopravní systémy a technika

Název tématu (česky): **Návrh SSZ na křižovatce Stanová x Emílie
Dvořákové v Teplicích**

Název tématu (anglicky): The Desing of Traffic Control at the Intersection Stanová x
Emílie Dvořákové

Zásady pro vypracování

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

- Analýza současného řízení dopravy na křižovatce a širších dopravních vztahů
- Provedení dopravního průzkumu na křižovatce s účelem získání DI dat
- Posouzení vhodnosti zavedení SSZ na křižovatce
- Návrh řízení křižovatky pomocí pevných signálních plánů
- Ověření a zhodnocení návrhu řízení pomocí vhodného simulačního nástroje



- Rozsah grafických prací: dle požadavků vedoucího bakalářské práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: TP 81 - Navrhování světelných signalizačních zařízení pro řízení provozu na pozemních komunikacích
TP 188 - Posuzování kapacity neřízených úrovnových křižovatek
PTV VISSIM - User manual

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jiří Růžička

Datum zadání bakalářské práce:

5. října 2018

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

Datum odevzdání bakalářské práce:

2. prosince 2019

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

Ing. Zuzana Bělinová, Ph.D.
vedoucí
Ústavu dopravní telematiky



doc. Ing. Pavel Hruběš, Ph.D.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Michaela Víznerová
jméno a podpis studenta

V Praze dne.....26. srpna 2019

Poděkování

Ráda bych zde poděkovala mému vedoucímu Ing. Jiřímu Růžičkovi za odborné vedení a konzultování mé bakalářské práce a za jeho užitečné rady, čas a trpělivost. Dále děkuji všem respondentům za poskytnutí potřebných informací a podkladů.

Prohlášení

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

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

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

V Děčíně dne 26. srpna 2018

.....

podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

NÁVRH SSZ NA KŘIŽOVATCE STANOVÁ X EMILIE
DVOŘÁKOVÉ V TEPLICÍCH

Bakalářská práce

Červen 2019

Michaela Víznerová

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá návrhem SSZ na průsečné křižovatce Stanová x Emilie Dvořákové v Teplicích. Pomocí provedeného průzkumu se zjistí hodnoty intenzit křižovatky a posoudí se vhodnost zavedení SSZ pomocí výpočtů dopravních intenzit a zohlednění všech potřebných kritérií. Navrhne se řízení křižovatky pomocí pevných signálních plánů a tento návrh se pomocí počítačového simulačního softwaru PTV Vissim ověří a dále zhodnotí. Součástí bakalářské práce je i alternativní varianta zlepšení plynulosti a bezpečnosti dopravy.

KLÍČOVÁ SLOVA

Světelná signalizace, křižovatka, Teplice, intenzita dopravy, kapacita křižovatky, mikrosimulace

ABSTRACT

Bachelor thesis deals with the design of traffic lights at the intersection of Stanová x Emilie Dvořákové in Teplice. The survey will determine the intersection intensity values and assess the suitability of the traffic lights control by calculating traffic intensities and taking into account all the necessary criteria. The intersection control will be designed using fixed signal plans and this design will be verified and further evaluated using the computer simulation software PTV Vissim. Part of the bachelor thesis is also an alternative variant of improving the flow and safety of transport.

KEY WORDS

Traffic lights, intersection, Teplice, traffic intensity, intersection capacity, microsimulation

Obsah

Obsah.....	5
Seznam použitých zkratk.....	6
Úvod.....	7
1. Popis současného stavu.....	9
1.1 Město Teplice.....	9
1.2 Popis křižovatky a její lokality.....	9
1.3 Širší dopravní vztahy.....	10
2. Dopravní průzkum.....	13
2.1 Popis způsobu měření a získaných dat.....	13
2.2 Vlastní komentáře z průzkumu.....	18
2.3 Kapacitní výpočet neřízené varianty.....	18
3. Kritéria zavedení SSZ.....	21
3.1 Kritérium bezpečnosti provozu.....	21
3.2 Kritérium intenzity provozu z hlediska vozidel.....	23
3.3 Kritérium intenzity provozu z hlediska chodců.....	25
3.4 Kritérium plynulosti jízdy vozidel městské hromadné dopravy.....	25
4. Návrh SSZ.....	27
4.1 Fázové skupiny a schéma fází.....	27
4.2 Mezičasy.....	29
4.3 Stanovení saturovaného toku vjezdu.....	30
4.4 Stanovení délky cyklu a délky fází.....	31
4.5 Kapacitní výpočet řízené křižovatky.....	34
5. Mikrosimulace v PTV Vissim.....	38
5.1 Parametry.....	38
5.2 Průběh vyhodnocení.....	40
5.3 Shrnutí simulace.....	41
6. Alternativní návrh křižovatky.....	42
6.1 Nové stavební uspořádání.....	42
6.2 Způsoby objížďky.....	42
6.3 Nevýhody alternativy.....	42
6.4 Výhody alternativy.....	43
Závěr.....	44
Použité zdroje.....	46
Seznam obrázků.....	47
Seznam tabulek.....	48
Seznam příloh.....	49

Seznam použitých zkratk

CSD	Celostátní sčítání dopravy
ČR	Česká republika
ČSN	Česká technická norma
DI	Dopravně-inženýrská data
DÚK	Doprava Ústeckého kraje
DZ	Dopravní značení
MHD	Městská hromadná doprava
MK	Městská komunikace
PK	Pozemní komunikace
PTV	Planung Transport Verkehr
RPDI	Roční průměr denních intenzit
ŘSD	Ředitelství silnic a dálnic
SDZ	Svislé dopravní značení
SSZ	Světelně signalizační zařízení
SV	Součet vozidel
TP	Technické podmínky
TV	Těžká motorová vozidla
ÚKD	Úroveň kvality dopravy
VISSIM	Verkehr in Städten – Simulationsmodell
VHD	Veřejná hromadná doprava
VDZ	Vodorovné dopravní značení

Úvod

Město Teplice se potýká s problémem organizace dopravy na křižovatce, kde se kříží ulice Stanová a ulice Emilie Dvořákové. Křižovatka je průsečná a v současném stavu je neřízená. Přednost je nyní dána tak, že ulice Stanová je hlavní pozemní komunikací a ulice Emilie Dvořákové je vedlejší pozemní komunikací. Ulice Stanová se těsně po křížení stáčí do směrového pravotočivého oblouku, což způsobuje špatné rozhledové podmínky do křižovatky z ulice Emilie Dvořákové. Další problém způsobují řidiči, kteří nedbají na dopravní značení „Stůj, dej přednost v jízdě!“, které je osazeno v obou směrech v ulici Emilie Dvořákové. Řidiči vjíždí do křižovatky bez zastavení, což vede k dopravním nehodám. Dalším problémem je potýkání se až s několikaminutovým čekáním na vedlejší PK, které zdržuje také MHD.

Cílem této bakalářské práce je změna organizace dopravy na neřízené křižovatce pomocí návrhu SSZ. Prostřednictvím provedení dopravního průzkumu se získají data, která jsou potřeba na analýzu současného stavu, současných intenzit a kapacit. Následně se s těmito informacemi pracuje a vyhodnocuje se vhodnost zavedení SSZ. Navrhují se signální plány a následně se celé řešení ověří simulací.

Práce se dá rozdělit na tři části, kde první část se zabývá analýzou současného stavu křižovatky. Tedy popis křižovatky a její lokality, popis současného řízení křižovatky a širších dopravních vztahů. Popis všech významných komunikací, které jsou v okolí křižovatky a které by nějakým způsobem mohli ovlivňovat řešenou křižovatku. Také je zde popis linek veřejné hromadné dopravy, které projíždějí touto křižovatkou. Dále sem spadá provedení dopravního průzkumu na křižovatce v době dopravní ranní a odpolední špičky, kde se popisuje způsob měření a samotné získání dat z průzkumu. Získaná data z průzkumu se vyhodnotí a vypočítají se intenzity a kapacity křižovatky.

V druhé části je posouzení vhodnosti zavedení SSZ a samotný návrh signálního plánu pro zavedení SSZ. K posouzení vhodnosti je potřeba zohlednit všechna kritéria. Jako první se zohledňuje kritérium bezpečnosti provozu. Zde je potřeba celková analýza nehodovosti a spočte se relativní nehodovost. Dalším kritériem je kritérium intenzity provozu z hlediska vozidel. Zde se počítají intenzity provozu hlavního a vedlejšího směru a následně se vyhodnocují dle grafu. Třetím kritériem je kritérium intenzity provozu z hlediska chodců. Sečtou se intenzity komunikací a dle tabulkových mezních hodnot intenzit se vyhodnotí bezpečnost chodců a následná účelnost SSZ. Posledním posuzovaným kritériem je kritérium plynulosti jízdy vozidel městské hromadné dopravy. Posoudí se doba čekání MHD a vliv na plynulost jízdy. Po posouzení všech kritérií se navrhne samotný signální plán. Nejdříve se navrhnou signální skupiny a schémata fází. Dále následují výpočty mezičasů. K tomu je potřeba znát nové stavební uspořádání křižovatky. Po sestavení tabulky mezičasů jsou na řadě samotné

výpočty saturovaného toku vjezdu a následuje stanovení délky cyklu a délky fází. Po výpočtech se navrhne samotný signální plán. Dále následuje kapacitní posouzení křižovatky řízené varianty.

V třetí části bude celé navržené řešení řízení křižovatky ověřeno a zhodnoceno. K tomu se použije mikrosimulační software PTV VISSIM, kde se celý návrh namodeluje. Ověří se zde, zda fázová schémata jsou navržena správně, to samé i pro délku cyklů. Dále zda vznikají místa kolizí, popřípadě kde vznikají. Zjistí se, jestli navržená délka volna pro všechny směry je dostatečná, zda nevznikají fronty vozidel, popřípadě jak dlouhé. V neposlední řadě se prozkoumá účelnost délky volna pro chodce. Nakonec v této části bude i alternativní návrh řešení křižovatky.

1. Popis současného stavu

1.1 Město Teplice

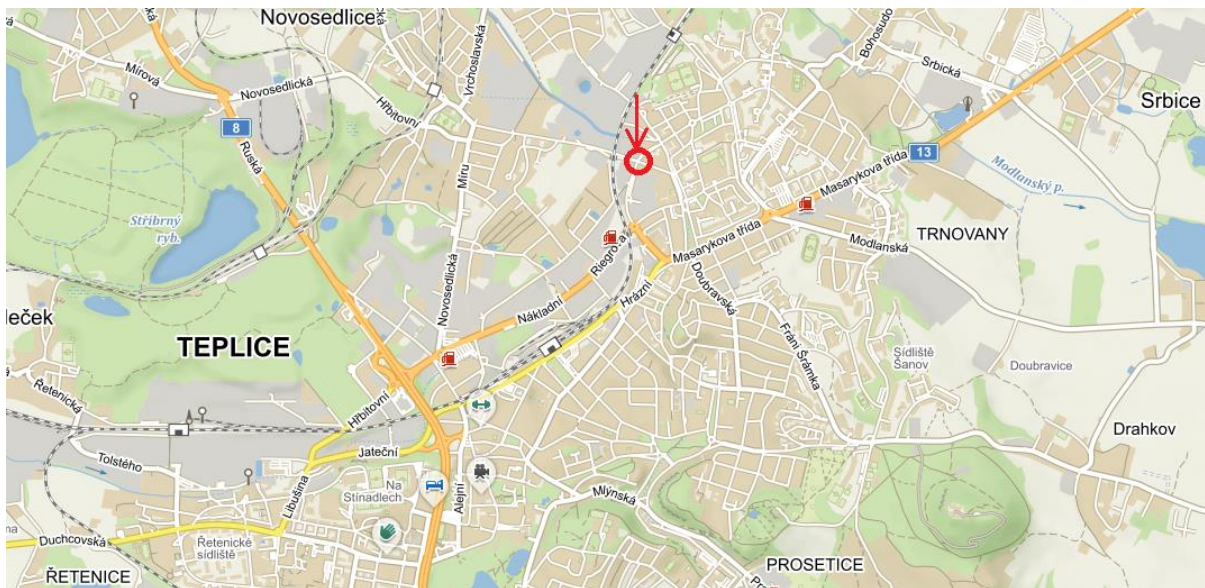
Křižovatka se nachází ve statutárním městě Teplicích, které leží v Ústeckém kraji. K roku 2018 zde žije přibližně 50 000 obyvatel [1] a katastrální výměra je 23,8 km². [2] Město je tvořeno 7 částmi obce. Toto lázeňské město leží cca 20 km jižně od německých hranic. Silniční doprava je zde převládajícím druhem dopravy. [3] Městem Teplice vedou dvě důležité komunikace a těmi jsou I/13 a I/8. Silnice I/13 spojuje Karlovy Vary s polskou hranicí a vede přes Most, Teplice, Děčín. Silnice I/8 spojuje německou hranici s Lovosicemi, kde se napojuje na komunikaci D8. [4]



Obrázek 1 – Poloha města Teplic na mapě ČR [5]

1.2 Popis křižovatky a její lokality

Nehodová lokalita se nachází v intravilánu ve městě Teplice, v městské části Teplice – Trnovany. Jedná se o čtyřramennou křižovatku, která je křižovatkou průsečnou. Kříží se zde ulice Stanová s ulicí Emilie Dvořákové. Ulice Stanová má počátek v průsečné křižovatce (severní rameno), kde se protíná s ulicí Zemskou a ulicí Jana Koziny a končí severně od okružní křižovatky (jižní rameno), která je součástí komunikace I/13. Tato komunikace by mohla ovlivňovat řešenou křižovatku, jelikož komunikace I/13 je významnou komunikací s vysokými intenzitami. Ulice Emilie Dvořákové začíná v průsečné křižovatce (východní rameno), kde se protíná s ulicí Zemskou, ulicí Scheinerova a ulicí U Červeného kostela. Dále ulice Emilie Dvořákové protíná železniční přejezd (cca 130 m od křižovatky) a končí ve stykové křižovatce, kde se protíná s ulicí Východní a napojuje se na ulici Trnovanskou (západní rameno).



Obrázek 2 – Poloha křižovatky na mapě města Teplic [4 – upraveno autorem]

V blízkém okolí křižovatky se sice nachází pár obytných zón, avšak spíše tu převládají firmy či prodejny. Proto je křižovatka obsluhována i nákladní dopravou. V okruhu 100 m se zde nachází Zahradnictví Dvořák a syn, pobočka firmy Plzeňský prazdroj a.s., firma Vavex 1990 s.r.o. vyrábějící tapety, ROKA Industry, spol s.r.o., která vyrábí ocelové konstrukce a nákladní automobilové komponenty, pneuservis a další menší firmy.



Obrázek 3 – Letecký snímek křižovatky [4]

1.3 Širší dopravní vztahy

V současné době je křižovatka neřízená. Komunikace v obou ulicích jsou dvoupruhové a směrově rozdělené. Na všech ramenech křižovatky z obou stran jsou chodníky. Na chodnicích jsou umístěny sloupy s osvětlením. Východní i západní rameno křižovatky je v přímé. Jižní

rameno je v přímé ze směru komunikace I/13. Po křížení s ulicí Emilie Dvořákové je komunikace v pravotočivém oblouku (severní rameno), která směřuje k ulici Zemská. Přechody pro chodce jsou umístěny na v ulici Stanová v obou směrech. V ulici Emilie Dvořákové je přechod pro chodce pouze na východním rameni.

V ulici Emilie Dvořákové, která je vedlejší pozemní komunikací, jsou umístěny dopravní značky P6 „Stůj, dej přednost v jízdě!“ na obou ramenech této křižovatky, které jsou opticky zvýrazněny. Ramena hlavní křižovatky v ulici Stanová jsou osazena dopravním značením P2 „Hlavní pozemní komunikace“. Na všech ramenech křižovatky jsou dodatkové tabulky ukazující vzhled křižovatky. V ulici Emilie Dvořákové – východní rameno – je dopravní značka B 24b „Zákaz odbočování vlevo“ s dodatkovou tabulkou E9 pro nákladní automobily. V ulici Emilie Dvořákové – západní rameno – je dopravní značka B 24a „Zákaz odbočování vpravo“ s dodatkovou tabulkou E9 pro nákladní automobily. V ulici Stanová – jižní rameno – je dopravní značka B4 „Zákaz vjezdu nákladních automobilů“.

V ulici Stanová je podélná souvislá čára V1a, zatímco v ulici Emilie Dvořákové je přerušovaná podélná čára V2a na obou ramenech. V ulici Emilie Dvořákové je také vodorovné značení STOP V15, které doplňuje svislé dopravní značení. Toto vodorovné značení je na obou ramenech křižovatky. Pro lepší představu a ilustraci je v příloze přidán výkres č. 1 současného stavu stavebního uspořádání křižovatky.

Pravotočivý oblouk severního ramena způsobuje špatné rozhledové podmínky pro výjezd z východního ramena, což je také jedna z příčin nehod. Nejvyšší dovolená rychlost je 50 km/h ve všech směrech.

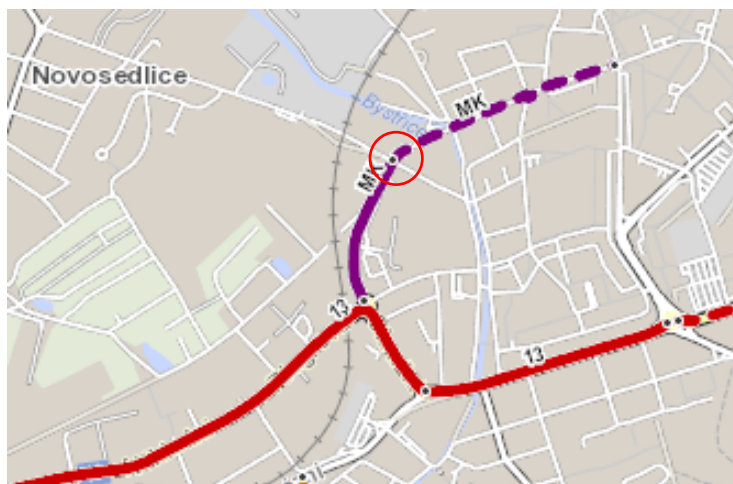
Co se týče VHD, křižovatkou pravidelně projíždí autobusy MHD a DÚK. Linky 121, 122, 123 a 131 jezdí z ulice Stanová ze severního ramena a odbočuje do ulice Emilie Dvořákové do východního ramena. Linky 491, 492 a 494 projíždí ulicí Emilie Dvořákové v obou směrech, tedy jezdí z vedlejší komunikace, projíždí přes hlavní PK a pokračují do vedlejší PK. Tyto linky jsou velmi často zdržovány až několik minut svým vyčkáváním na volnost průjezdu po hlavní PK, což pak způsobuje zpoždění VHD. [6]

Jediné zveřejněné dostupné intenzity křižovatky a okolí jsou podle CSD od ŘSD [7] z roku 2016, které jsou zaneseny v tabulce 1. V tabulce jsou hodnoty RPD1 pro všechny dny, dále RPD1 pro všední dny, 50-ti rázová intenzita a špičková hodinová intenzita. Hodnoty jsou vyznačeny pro součet všech vozidel a dále hodnoty pouze pro těžká vozidla. V příloze je připojena mapa sítě MHD linek vydána Dopravou Ústeckého kraje. [6]

Úsek silnice	RPDI (všechny dny) [voz/24 h]		RPDI (Po-Pá) [voz/24 h]		50-ti rázová intenzita [voz/h]		Špičková hodinová intenzita [voz/h]	
	SV	TV	SV	TV	SV	TV	SV	TV
MK - ul. Stanová (severní r.)	5 928	651	6 836	786	710	78	656	73
MK - ul. Stanová (jižní r.)	7 321	475	8 425	577	1 027	54	957	51
I/13	16 419	2 616	18 061	3 331	1 680	260	1 560	249

Tabulka 1 – intenzity dopravy podle CSD z roku 2016 [7]

Na obrázku 4 lze vidět snímek pořízený z interaktivní mapy, kde je zanesena komunikace ulice Stanová – severní i jižní rameno – a komunikace I/13, na kterou navazuje ulice Stanová na okružní křižovatce.



Obrázek 4 – Schéma intenzit dle CSD z roku 2016 [7]

2. Dopravní průzkum

Dopravní průzkum se prováděl za účelem získání aktuálních dat, ze kterých se výpočtem získají intenzity či kapacity. Průzkum byl proveden v úterý 6. 11. 2018, tedy v běžný pracovní den. Měřilo se v ranní dopravní špičce od 7.00 – 8.00 a odpolední špičce od 15.00 – 16.00. Průzkum byl proveden pouze jednou osobou za pomoci jedné kamery JVC. Místo natáčení po celou dobu bylo na chodníku po pravé straně ulice Stanová – severní rameno. Z tohoto místa bylo vidět na všechny ramena křižovatky a díky tomu se následně dala lehce vyhodnotit data z průzkumu. Průzkum nebyl nijak zvláště ovlivněn okolními vlivy jako jsou dopravní nehody či extrémním počasím. Na obrázku 5 je znázorněno stanoviště kamery, odkud se natáčelo po celou dobu jak dopoledne, tak i odpoledne.



Obrázek 5 – Stanoviště kamery [4 – upraveno autorem]

2.1 Popis způsobu měření a získaných dat

Jelikož se měřila jak dopolední, tak i odpolední špička, videa byla pořízena 2. Celková délka obou videí byly tedy 2 hodiny. Bylo zapotřebí zpracovat 8 hodin, jelikož jsou 4 směry. Každý směr se vyhodnocoval zvlášť, začalo se nejdříve severním ramenem a vyhodnocovalo se po 5 minutách, aby se předešlo jakékoliv početní chybě. Postupovalo se pomocí ruční klasické čárkovací metody, kdy se vozidla projetá křižovatkou zaznamenávala na papír. Vozidla se rozdělila do 6 kategorií dle TP188 [8]. Kategorie autobusů se neslučovala spolu s nákladními vozy, nýbrž byla osamostatněná z důvodu zaznamenání přesného počtu projetých autobusů. Toto samostatné počítání je potřeba později až ve druhé části bakalářské práce u posouzení účelnosti zavedení SSZ, přesněji u kritéria plynulosti jízdy vozidel městské hromadné dopravy.

Po vyhodnocení průzkumu se sestavily tabulky zvlášť pro dopoledne a odpoledne, které ukazují počet jednotlivých vozidel a jejich směrovost. Paprsky jsou pojmenovány dle abecedy proti směru hodinových ručiček dle TP 188 [8]. Tedy paprsek A je severní rameno, ulice Stanová; paprsek B je západní rameno, ulice Emilie Dvořákové; paprsek C je jižní rameno, ulice Stanová a paprsek D je východní rameno, ulice Emilie Dvořákové. Značení pruhů směru jízdy je značeno od 1 do 12 opět proti směru hodinových ručiček, kde směr jízdy č. 1 začíná vlevo, č. 2 rovně a č. 3 doprava atd. Toto značení řadicích pruhů je využito pouze pro následné výpočty pro lepší orientaci ve výpočtech. Značení paprsků je popsáno v tabulce č. 2.

Dopravní proud	Paprsek	Rameno	Řadicí pruh	Číslo ř. p.
Stanová – sever	A	severní rameno	Emilie D. – východ	1
			Stanová – jih	2
			Emilie D. – západ	3
Emilie D. – západ	B	západní rameno	Stanová – sever	4
			Emilie D. – východ	5
			Stanová – jih	6
Stanová – jih	C	jižní rameno	Emilie D. – západ	7
			Stanová – sever	8
			Emilie D. – východ	9
Emilie D. – východ	D	východní rameno	Stanová – jih	10
			Emilie D. – západ	11
			Stanová – sever	12

Tabulka 2 – Popis dopravních proudů a řadicích pruhů [zdroj: autor]

Po spočtení všech vozidel projeté křižovatkou se tyto hodnoty zanesou do tabulky. V tabulce 3 jsou hodnoty pouze pro dopolední špičku. Motocykly jedoucí z paprsku B, C a D mají nulové hodnoty. Autobusů jezdí nejvíce z paprsku B. Nákladní soupravy projely pouze 2 a to z paprsku A a B. Nákladní vozidla jezdí nejvíce po hlavní komunikaci. Z paprsku B a D nejezdili ani žádní cyklisté a jak je predikováno, největší intenzitu tvoří osobní vozidla.

Paprsek	Směr jízdy	Osobní vozidla [voz/h]	Motocykly [voz/h]	Autobus [voz/h]	Nákladní vozidla [voz/h]	Nákladní soupravy [voz/h]	Jízdní kola [voz/h]
A	1	24	1	6	2	0	0
	2	438	2	0	16	1	4
	3	69	1	0	2	0	0
B	4	47	0	0	1	1	0
	5	34	0	6	0	0	0
	6	54	0	2	4	0	0
C	7	47	0	4	3	0	0
	8	254	0	1	17	0	1
	9	6	0	0	2	0	0
D	10	3	0	0	0	0	0
	11	25	0	5	2	0	0
	12	4	0	0	1	0	0

Tabulka 3 – Naměřené intenzity dopravy v dopolední špičce [zdroj: autor]

V tabulce 4 jsou zaneseny hodnoty pro odpolední špičku. I zde jsou obdobné hodnoty jako v dopolední špičce. Motocykly jezdily pouze z paprsku A a C, tedy po hlavní komunikaci. Nákladní souprava projela pouze jedna, a to z paprsku A pokračující dále po hlavní komunikaci. Autobusů jelo nejvíce z paprsku A a D. Tentokrát jich jezdí méně oproti ranní špičce, jelikož v ranní špičce je nasazeno více řidičů. Nákladních vozidel jezdí opět nejvíce po hlavní komunikaci. Jízdní kola jsou tentokrát zanesena jedoucím z paprsku B, C a D. Osobní vozidla opět tvoří největší podíl na odpolední špičce.

Paprsek	Směr jízdy	Osobní vozidla [voz/h]	Motocykly [voz/h]	Autobus [voz/h]	Nákladní vozidla [voz/h]	Nákladní soupravy [voz/h]	Jízdní kola [voz/h]
A	1	24	0	6	0	0	0
	2	388	2	0	7	1	0
	3	135	0	0	4	0	0
B	4	74	0	0	2	0	0
	5	44	0	5	1	0	1
	6	59	0	0	3	0	1
C	7	86	1	1	3	0	0
	8	488	1	0	13	0	1
	9	5	0	0	0	0	0
D	10	5	0	0	0	0	0
	11	20	0	5	1	0	1
	12	11	0	1	0	0	0

Tabulka 4 – Naměřené intenzity dopravy v odpolední špičce [zdroj: autor]

V tabulce 5 jsou zaneseny hodnoty pro dopolední špičku, které ukazují součet všech vozidel jedoucích z jednoho paprsku do jiného. Tedy lze názorně vidět, že z paprsku A jede nejvíce vozidel do paprsku C a naopak, tedy největší podíl vozidel jezdí po hlavní komunikaci. Nejnižší hodnoty jsou pro vozidla jedoucí z paprsku D do A, z paprsku D do C, a naopak z paprsku C do D.

Dopravní proud [pvoz/hod]				
z/do	A	B	C	D
A	-	73	468	37
B	51	-	63	43
C	282	58	-	9
D	6	36	3	-

Tabulka 5 – Intenzity směrovosti dopravních proudů pro dopolední špičku [zdroj: autor]

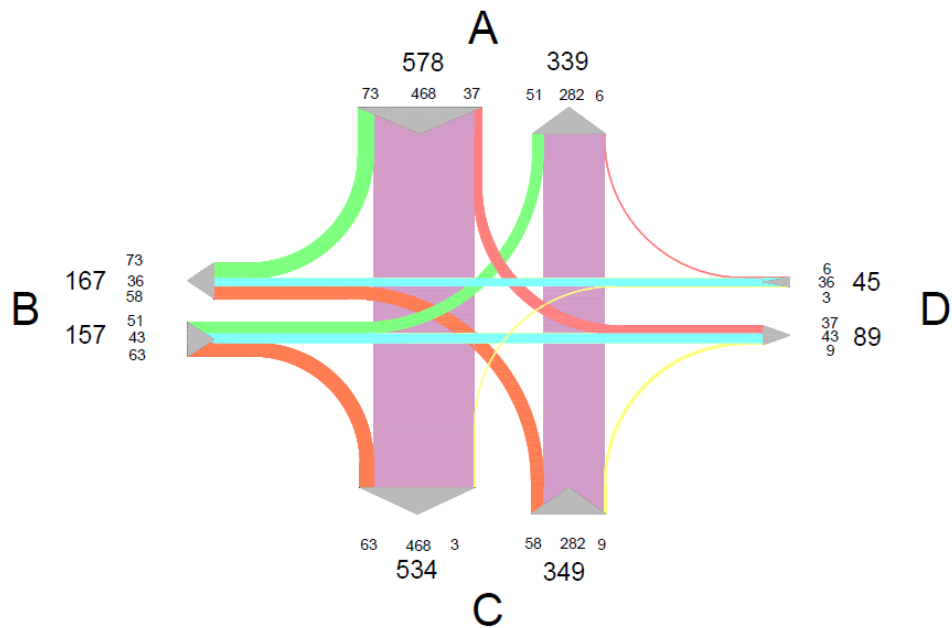
V tabulce 6 jsou zaneseny hodnoty pro odpolední špičku ukazující totéž, avšak v tomto případě lze vidět, že zde je mnohem silnější odbočení doleva z paprsku A, tedy z A do B. Nejslabším dopravním proudem je pořád odbočení z paprsku C do D a z D do C.

Dopravní proud [pvoz/hod]				
z/do	A	B	C	D
A	-	141	403	33
B	77	-	64	54
C	509	93	-	5
D	13	30	5	-

Tabulka 6 – Intenzity směrovosti dopravních proudů pro odpolední špičku [zdroj: autor]

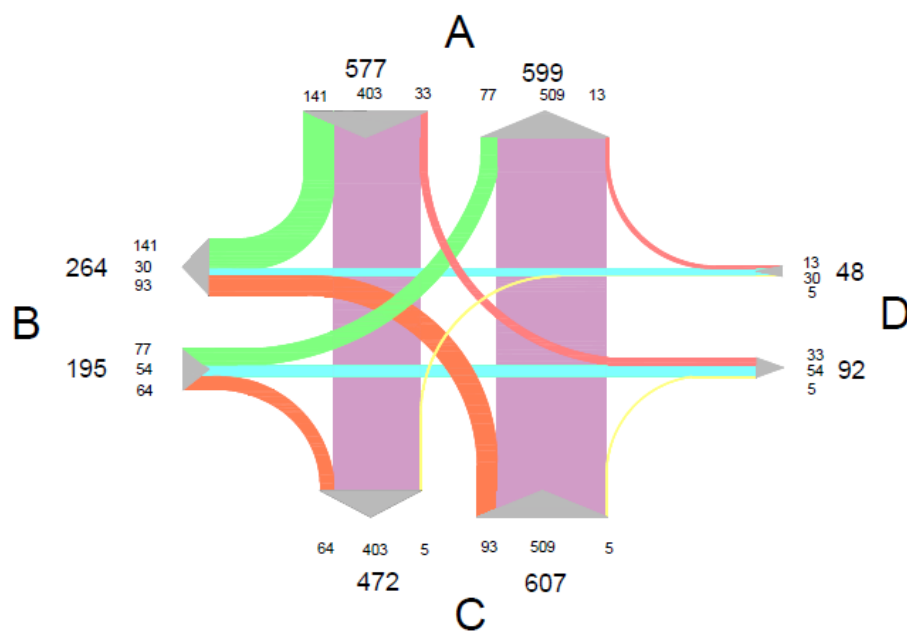
Pro lepší znázornění všech hodnot intenzit se vykresluje tzv. pentlogram intenzit dopravy či jinak zvaný kartogram intenzit dopravy. Pentlogram je grafické vyjádření zjištěných nebo návrhových intenzit dopravy [9]. Z pentlogramu lze vyčíst druhy paprsků, tedy v tomto případě paprsky od A do D. Dále hodnoty intenzit, jak celkový dopravní proud jedoucích z paprsků do jiného paprsku, tak i přesný počet intenzit pro řadičův pruh, tedy pro odbočení. Dále jsou zde barvy znázorňující dopravní proud a v neposlední řadě je zde tloušťka linií, které vyjadřují velikost hodnoty intenzity, tedy čím větší tloušťka linie, tím vyšší hodnota intenzity. Dalším pravidlem bývá, že nejtenčí linie jsou na vrchu, zatímco ty nejsilnější jsou vespod.

Na obrázku 5 lze vidět pentlogram znázorněný pro dopolední špičku. Nejsilnější linie jsou tedy pro hlavní komunikaci, pro paprsky A a C. Nejslabší linie je vedoucí z paprsku D odbočující vlevo do paprsku C.



Obrázek 6 – Pentlogram intenzit dopravy pro dopolední špičku [zdroj: autor]

Na obrázku 6 je znázorněn pentlogram pro odpolední špičku. Na tomto pentlogramu lze jasně vidět, že odpolední intenzity jsou mnohem vyšší. Z paprsku C je intenzita o hodnotě 607, což je skoro dvakrát větší než ranní intenzita, avšak intenzita vedoucí z paprsku A je o jednu jednotku nižší než intenzita dopolední špičky. Odbočení vlevo z paprsku D je zde opět slabé, stejně tak jako odbočení vpravo z paprsku C. V odpolední špičce je mnohem silnější odbočení vpravo z paprsku A do B oproti dopoledním hodnotám.



Obrázek 7 – Pentlogram intenzit dopravy pro odpolední špičku [zdroj: autor]

2.2. Vlastní komentáře z průzkumu

I přestože ulice Stanová se napojuje na komunikaci I/13, po které jezdí většina nákladních vozidel, byl očekáván větší podíl nákladní dopravy jezdící i po této městské komunikaci, z důvodu průmyslových zón v okolí. 90 % všech vozidel byly osobní automobily, zatímco cyklisté či motocykly netvořili významný podíl. V dopolední špičce jich nejvíce jezdilo ze směru ulice Stanová – severní rameno a v odpolední špičce ze směru ulice Stanová – jižní rameno. Během měření byly zaregistrovány až 2 skoronehody. Skoronehoda představuje mezní stav, který jen shodou příznivých okolností neskončil nehodou [10]. Jedna se stala u přechodu pro chodce, kdy osobní automobil zastavil na poslední chvíli vozidlo a dal přednost chodci, který už měl nakročeno do silnice. Druhou skoronehodu zavinil řidič osobního automobilu, který vyjížděl z ulice Emilie Dvořákové a téměř nedal přednost automobilu jedoucí po hlavní komunikaci.

V ulici Emilie Dvořákové vznikaly několikaminutové fronty z obou směrů, jelikož po hlavní komunikaci jezdily plynule automobily a nevznikala žádná mezera, kdy by vozidla z vedlejší komunikace mohly vjet na hlavní komunikaci. Nejdéle trávající fronta byla naměřena po dobu trávající 4,5 minuty u vozidel stojící v ulici Emilie Dvořákové – východní rameno. Největší problém však způsobovaly autobusy, které potřebovali jet z vedlejší komunikace na vedlejší komunikaci, tj. z paprsku B do D či z paprsku D do B. Tyto autobusy stály až několik minut ve frontě.

2.3 Kapacitní výpočet neřízené varianty

Kapacitní výpočty a následné posouzení je nezbytnou částí pro návrh SSZ. Je potřeba vědět přesnou kapacitu všech jízdních pruhů, aby se dále mohly navrhnout úpravy pro zlepšení plynulosti provozu. Je pro to potřeba vědět všechny potřebné údaje, jako jsou intenzity proudů a stavební uspořádání křižovatky (počty jízdních pruhů a jejich délky, úprava přednosti v jízdě na vedlejší PK, rychlost vozidel na hlavní PK). Veškeré výpočty podléhají TP 188 [8].

Pro výpočet základní kapacity je potřeba znát I_H (= rozhodující intenzita dopravního proudu), t_g (= kritický časový odstup) a t_r (= následný časový odstup).

Pro výpočet kapacity jízdních pruhů je potřeba rozlišit čtyři stupně podřazenosti jednotlivých dopravních proudů na křižovatce. [8] V tabulce 7 lze vidět, jak jsou charakterizovány stupně a jaké dopravní proudy spadají do těchto stupňů. První stupeň je plně nadřazený a sem spadají dopravní proudy č. 2, 3, 8 a 9. Druhý stupeň je charakterizován jako jednoduchou podřazeností proudu 1. stupně, sem spadají proudy č. 1, 6, 7 a 12. Třetí stupeň je dvojnásobně podřazený proudům 1. a 2. stupně. Mezi tyto proudy spadají proudy č. 5 a 11. Posledním, tedy čtvrtým stupněm jsou proudy č. 4 a 10, ty jsou trojnásobně podřazené všem předešlým proudům 1., 2. a 3. stupně.

Stupeň	Charakteristika	Dopravní proudy
1. Stupeň	Nadřazenost	2, 3, 8, 9
2. Stupeň	Jednoduchá podřazenost proudů 1. stupně	1, 6, 7, 12
3. Stupeň	Dvojnásobná podřazenost proudům 1. a 2. stupně	5, 11
4. Stupeň	Trojnásobná podřazenost proudům 1., 2. a 3. stupně	4, 10

Tabulka 7 – Charakteristika nadřazenosti proudů [8]

Intenzity u podřazených proudů se musí přepočítat přepočtovými koeficienty, tzn. násobí se hodnotami, které jsou zanesené v tabulce 8.

Osobní vozidla	Nákladní vozidla, autobusy	Nákladní soupravy, kloubové autobusy	Motocykly	Jízdní kola
1,0	1,5	2,0	0,8	0,5

Tabulka 8 – Přepočtové koeficienty [8]

Dále pro výpočet kapacity jízdních pruhů je potřeba znát $p_{0,n}$ (= pravděpodobnost nevzdutého stavu nadřazených proudů), p_x (= pravděpodobnost současného nevzdutí proudů) a a_v (= stupeň vytižení pro proud , n').

Dále následuje výpočet pro zohlednění řazení, tedy výpočet kapacity pruhů se společným řazením a rozšířeným vjezdem. Dále výpočet t_w (= střední doby zdržení) a $L_{95\%}$ (= délky fronty čekajících vozidel). Pomocí vypočítaných hodnot t_w pro jednotlivé podřazené dopravní proudy lze přiřadit patřičnou úroveň kvality dopravy.

V tabulce 9 je vyneseno označení úrovně kvality dopravy písmeny od A do F. Vedle tohoto označení je charakteristika těchto písmen. Ke každému písmeni je přiřazen interval hodnot, který představuje střední dobu zdržení t_w . Dle této tabulky se následně rozhodne, jaká úroveň kvality dopravy přísluší výpočtům v této bakalářské práci.

Úroveň kvality dopravy		Střední doba zdržení t_w [s]
Označení	Charakteristika kvality dopravy	
A	Velmi dobrá	≤ 20
B	Dobrá	≤ 35
C	Uspokojivá	≤ 50
D	Dostatečná	≤ 70
E	Nestabilní stav	> 70
F	Překročená kapacita	- ¹⁾

¹⁾ UKD na stupni F je dosaženo při rezervě kapacity vjezdu $Rez \leq 0$

Tabulka 9 – ÚKD v závislosti na t_w [8]

V tabulce 10 jsou vypočteny hodnoty dopolední špičky pro rezervu kapacity, délku fronty, střední dobu zdržení a přiřazenou ÚKD. Z výsledných hodnot je patrné, že nejvyšší hodnotu střední doby zdržení přísluší dopravnímu proudu č. 4, kde tato hodnota činí 14,28 s a délka fronty je 3,6 m. Avšak střední doba zdržení stále spadá do intervalu pod 20 s a tedy ÚKD je pořád charakterizováno jako A. Naopak nejnižší hodnota střední doby zdržení činí 3,44 s s délkou fronty 0,6 m. Tyto hodnoty náleží dopravnímu proudu č.1.

Dopravní proud	Rezerva kapacity [pvoz/h]	Délka fronty [m]	Střední doba zdržení [s]	ÚKD
1	1046	0,637	3,44	A
6	593	1,910	6,07	A
7	811	1,287	4,44	A
12	775	0,139	4,65	A
5	289	2,670	12,46	A
11	284	2,276	12,67	A
4	252	3,625	14,28	A
10	279	0,194	12,90	A

Tabulka 10 – Kapacitní výpočty neřízené varianty pro dopolední špičku [zdroj: autor]

V tabulce 11 jsou znázorněny hodnoty pro odpolední špičku. V tomto případě nejhorší hodnota střední doby zdržení činí 24,27 s. Tato hodnota přísluší opět dopravnímu proudu č. 4, jak již bylo obdobně v tabulce 10 pro dopolední špičku. Délka fronty je 9,17 m a ÚKD je charakterizováno písmenem B.

Dopravní proud	Rezerva kapacity [pvoz/h]	Délka fronty [m]	Střední doba zdržení [s]	ÚKD
1	850	0,699	4,24	A
6	605	1,902	5,95	A
7	767	2,180	4,69	A
12	636	0,368	5,66	A
5	194	4,968	18,55	A
11	199	2,701	18,09	A
4	148	9,175	24,27	B
10	201	0,447	17,91	A

Tabulka 11 – Kapacitní výpočty neřízené varianty pro odpolední špičku [zdroj: autor]

3. Kritéria zavedení SSZ

3.1 Kritérium bezpečnosti provozu

SSZ je účelné navrhovat na silně zatížených a nehodových křižovatkách, kde byla v uplynulých třech letech průměrná relativní nehodovost při neřízeném provozu minimálně 4 nehody na 1 milion vozidel vjíždějících do křižovatky a kde bylo analýzou nehodovosti prokázáno, že tyto nehody nelze omezit jiným způsobem. (Citace ze zdroje [11], str. 10.)

Všechny potřebné informace ohledně nehodovosti jsou čerpány ze statistik ministerstva dopravy. [12] Jelikož v této oblasti je větší počet nehod, datum je od 1. 1. 2015 do 31. 12. 2018, tedy v tabulce je zaneseno 9 dopravních nehod. Jak lze vyčíst z tabulky 12, u všech dopravních nehod se jednalo o srážku s nekolejovým vozidlem, přesněji s osobním automobilem a vždy je označen řidič za viníka nehody. Alkohol nikdy nebyl zjištěn u žádné z nehod. 8 z 9 nehod jsou lokalizovány přesně ve středu křižovatky, 1 nehoda je lokalizována v ulici Stanová ze směru komunikace I/13 ještě před přechodem pro chodce. Žádné usmrcení (U) ani těžká zranění (TZ) nejsou evidována. Jsou zde zaneseny pouze 2 nehody, kdy jsou evidována lehká zranění (LZ). Nejčastější druhy nehody jsou boční (3x) a z boku (3x), dále tu jsou čelní (2x) a zezadu (1x). Nejvíce nehod se stalo v roce 2018. Nejvážnější nehoda je nehoda č.4, kdy jsou dvě osoby lehce zraněné a celková hmotná škoda činila 425 000,- Kč. Období nehodovosti je rozmanité, není zde žádný opakující se měsíc či den. Většina nehod se stala ve dne na suchém povrchu a za dobrých rozhledových poměrů. Rozhledové poměry byly pouze ve 2 případech špatné vlivem okolní zástavby a mokry povrch je evidován pouze v 1 z případů. Žádná z nehod nemá evidovanou zhoršenou viditelnost vlivem povětrnostních podmínek. Z tabulky nehodovosti je patrné, že nejčastější příčinou dopravní nehody je nezastavení na dopravní značku P6 „Stůj, dej přednost v jízdě!“. Čísla nehod jsou zanesena na obrázku 7 níže pod tabulkou, který je pořízený z jednotné dopravní vektorové mapy.

č.	ID nehody	Datum	Den v týdnu	Čas	Druh nehody	Druh srážky s vozidlem	Druh pevné překážky	Vinik nehody	Stav povrchu vozovky	Povětrnostní podmínky	Viditelnost	Rozhledové poměry	Druh vozidla	Hlavní příčina nehody	U	TZ	LZ	Celková hmotná škoda [Kč]
1	40906150287	18.03.2018	středa	14:50	zezadu	s jedoucím vozidlem	není pevná překážka	řidič	povrch suchý, neznečištěný	neztížené	ve dne, viditelnost nezhoršená vlivem povětrnostních podmínek	dobré	osobní	řidič se plně neovládal řízení vozidla	0	0	0	70.000,-
2	40906161302	22.12.2016	čtvrtek	13:20	boční	s jedoucím vozidlem	není pevná překážka	řidič	povrch moký	neztížené	ve dne, viditelnost nezhoršená vlivem povětrnostních podmínek	špatné vlivem okolní zástavby (budovy, plně zadrželi, lešení apod.)	osobní	řidič nezastavil na STOP	0	0	1	80.000,-
3	40906170812	14.08.2017	pondělí	14:30	z boku	s jedoucím vozidlem	není pevná překážka	řidič	povrch suchý, neznečištěný	neztížené	ve dne, viditelnost nezhoršená vlivem povětrnostních podmínek	dobré	osobní	řidič nezastavil na STOP	0	0	0	20.000,-
4	40906181200	29.11.2018	čtvrtek	21:15	čelní	s jedoucím vozidlem	není pevná překážka	řidič	povrch suchý, neznečištěný	neztížené	v noci - s veřejným osvětlením, viditelnost nezhoršená vlivem povětrnostních podmínek	dobré	osobní	řidič nezastavil na STOP	0	0	2	425.000,-
5	40906180146	10.02.2018	sobota	11:25	z boku	s jedoucím vozidlem	není pevná překážka	řidič	povrch suchý, neznečištěný	neztížené	ve dne, viditelnost nezhoršená vlivem povětrnostních podmínek	dobré	osobní	řidič se plně neovládal řízení vozidla	0	0	0	70.000,-
6	40906180454	07.05.2018	pondělí	14:00	boční	s jedoucím vozidlem	není pevná překážka	řidič	povrch suchý, neznečištěný	neztížené	ve dne, viditelnost nezhoršená vlivem povětrnostních podmínek	dobré	osobní	řidič se plně neovládal řízení vozidla	0	0	0	70.000,-
7	40906150151	13.02.2015	pátek	8:45	z boku	s jedoucím vozidlem	není pevná překážka	řidič	povrch suchý, neznečištěný	neztížené	ve dne, viditelnost nezhoršená vlivem povětrnostních podmínek	dobré	osobní	řidič nezastavil na STOP	0	0	0	120.000,-
8	40906150303	24.03.2015	úterý	20:40	boční	s jedoucím vozidlem	není pevná překážka	řidič	povrch suchý, neznečištěný	neztížené	v noci - s veřejným osvětlením, viditelnost nezhoršená vlivem povětrnostních podmínek	špatné vlivem okolní zástavby (budovy, plně zadrželi, lešení apod.)	osobní	řidič nezastavil na STOP	0	0	0	35.000,-
9	40906150438	27.04.2015	pondělí	14:20	čelní	s jedoucím vozidlem	není pevná překážka	řidič	povrch suchý, neznečištěný	neztížené	ve dne, viditelnost nezhoršená vlivem povětrnostních podmínek	dobré	osobní	řidič nezastavil na STOP	0	0	0	110.000,-

Tabulka 12 – Nehodovost [12 – upraveno autorem]

Na obrázku 7 jsou umístěny číslice se značkou, která ukazuje, kde se nehoda přesně stala. Lze vidět, že 8 z 9 nehod se stalo přímo v centru křižovatky, tedy tam, kde se přesně kříží všechny ramena. Jediná nehoda č. 9, se stala na paprsku C, tedy jižním rameni křižovatky.



Obrázek 8 – Označená nehodovost v mapě [12 – upraveno autorem]

Pro posouzení účelného zavedení SSZ je potřeba spočítat relativní nehodovost. Ta se spočte podle vzorce:

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

kde:

R = relativní nehodovost [počet osobních nehod/milion vozidel]

N_0 = celkový počet osobních nehod ve sledovaném období

I = průměrná denní intenzita provozu [vozidel/24 hodin]

t = sledované období [rok]

[13]

Přibližná průměrná denní intenzita vozidel vycházející z CSD [7] v ulici Stanová celkem za oba směry činí 13 300 voz/den. Průměrná denní intenzita vozidel pro ulici Emilie Dvořákové není zveřejněná, avšak pro toto kritérium se dá intenzita odhadnout, jelikož z průzkumu lze vidět, že celková intenzita ulice Emilie Dvořákové činí 1/5 intenzity hlavní pozemní komunikace. Tedy v tomto případě by to bylo 2 660 voz/den. Celková intenzita je tedy zhruba 16 000 voz/den. Pokud celkový počet osobních nehod čítá 9 a sledované období se ponechá na 3 letech, pak relativní nehodovost vyjde 0,51 nehody na milion vozidel. Tato hodnota ani vzdáleně neodpovídá hodnotě pro účelné zavedení SSZ, avšak také záleží na individuálním posouzení.

3.2 Kritérium intenzity provozu z hlediska vozidel

SSZ je účelné, dosáhne-li intenzita silničního provozu vyšších hodnot, než jsou stanoveny přípustnými intenzitami neřízených křižovatek podle ČSN 73 6102, a to v průměru 8 dopravně nejméně zatížených hodin dne na hlavní i vedlejší komunikaci. Jestliže křižovatka podle výpočtu kapacitně vyhoví jako neřízená, pak z hlediska intenzity automobilového provozu není SSZ objektivně nutné. (Citace ze zdroje [11], str. 11.)

Pro posouzení účelnosti SSZ je potřeba znát intenzity nadřazených a podřazených dopravních proudů, a to u levého odbočení z hlavní, pravého odbočení z vedlejší, přímého směru z vedlejší a levého odbočení z vedlejší.

Spočtené hodnoty pro tento posudek jsou uvedené v tabulce 13, která zobrazuje hodnoty naměřené pro dopolední měření. Nejvyšší intenzita provozu vedlejšího směru je pro dopravní proud odbočující vpravo z vedlejší pozemní komunikace. Nejvyšší intenzita provozu hlavního směru je pro dopravní proudy, kterým dává přednost dopravní proud odbočující vlevo z vedlejší pozemní komunikace.

DOPOLEDNE	Levé odbočení z hlavní	Pravé odbočení z vedlejší	Přímý směr z vedlejší	Levé odbočení z vedlejší
Intenzita provozu vedlejšího směru [voz/h]	58	63	43	51
Intenzita provozu hlavního směru [voz/h]	541	468	854	887

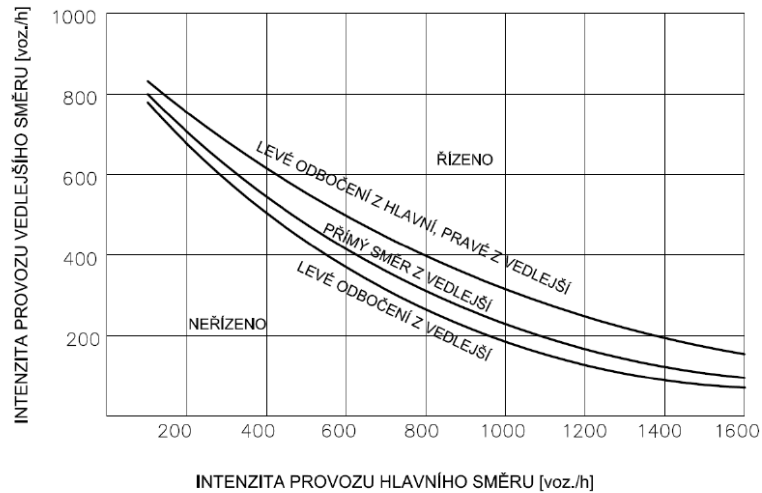
Tabulka 13 – Vzájemné působení intenzit nadřazených a podřazených proudů pro dopolední špičku [zdroj: autor]

V tabulce 14 jsou tytéž hodnoty, ale pro odpolední měření. Zde nejvyšší intenzita provozu vedlejšího směru je pro dopravní proud odbočující vlevo z hlavní pozemní komunikace. Nejnižší intenzita provozu hlavního směru je taktéž pro dopravní proudy, kterým dává přednost dopravní proud odbočující vlevo z vedlejší pozemní komunikace.

DOPOLEDNE	Levé odbočení z hlavní	Pravé odbočení z vedlejší	Přímý směr z vedlejší	Levé odbočení z vedlejší
Intenzita provozu vedlejšího směru [voz/h]	93	64	54	77
Intenzita provozu hlavního směru [voz/h]	544	403	1043	1081

Tabulka 14 – Vzájemné působení intenzit nadřazených a podřazených proudů pro odpolední špičku [zdroj: autor]

V následném grafu na obrázku 8 lze posoudit, zda naměřené intenzity odpovídají variantě řízené či neřízené křižovatky. Avšak všechny hodnoty zanesené jak v tabulce 13, tak v tabulce 14, odpovídají variantě neřízené. Kritickým hodnotám se ze všech hodnot zanesené v tabulce nejvíce přibližují hodnoty levého odbočení z vedlejší, a to v obou případech, jak v dopoledním, tak i v odpoledním měření. Toto kritérium tedy nesplňuje účelnost zavedení SSZ.



Obrázek 9 – Graf pro kritérium intenzity provozu pro zavádění SSZ [11]

3.3 Kritérium intenzity provozu z hlediska chodců

SSZ je účelné tehdy, dosahují-li intenzity dopravy na příslušném přechodu pro chodce v průměru osm dopravně nejvíce zatížených hodin dne hodnot vyšších, než jsou mezní hodnoty intenzit dopravy, při kterých mohou chodci za běžných podmínek podle pravidel provozu na pozemních komunikacích bezpečně přejít:

- 1100 voz/h – přechod přes jednopruhový nebo dvoupruhový jízdní pás,
- 1000 voz/h – přechod přes třípruhový jízdní pás,
- 900 voz/h – přechod přes čtyřpruhový (nebo výjimečně vícepruhový) směrově nerozdělený jízdní pás; takové stavební uspořádání však na nově zřizovaných a rekonstruovaných komunikacích není přípustné podle ČSN 73 6110. (Citace ze zdroje [11], str. 11.)

V této křižovatce se nachází 3 přechody pro chodce. Na paprsku A, tedy na severním rameni ulice Stanová, se nachází přechod pro chodce, který vede přes dva jízdní pruhy hlavní pozemní komunikace. Dále na paprsku B, východním rameni ulice Emilie Dvořákové, vedoucí přes dva jízdní pruhy vedlejší pozemní komunikace. Poslední přechod pro chodce leží na paprsku C, jižním rameni ulice Stanová, který vede přes dva jízdní pruhy hlavní pozemní komunikace. Jelikož na křižovatce jsou pouze přechody pro chodce, které křižují dva jízdní pruhy, není třeba se zabývat jinými hodnotami než kritickou hodnotou 1 100 voz/h. Vzhledem k tomu, že k dispozici nejsou žádné hodnoty intenzit osmi nejvíce zatížených hodin, pro následné porovnání se použije špičková hodinová intenzita dle CSD. [7] Jediná hodnota, která se blíží hodnotě 1 100 voz/h je intenzita v ulici Stanová, avšak v případě intenzit osmi nejvíce zatížených hodin se intenzita této hodnotě blížit nebude, a tudíž toto kritérium nevyhovuje.

3.4 Kritérium plynulosti jízdy vozidel městské hromadné dopravy

Za důvod k vybudování SSZ pro zajištění plynulosti jízdy vozidel MHD lze považovat zdržení nejméně každého druhého vozu na dobu delší než dvě minuty ve třech nejzatíženějších hodinách dne. (Citace ze zdroje [11], str. 12.)

Toto kritérium je pro tuto řešenou křižovatku velmi stěžejní, jelikož jak již bylo zmíněno, přes křižovatku pravidelně projíždí jak autobusy MHD, tak i autobusy DÚK. Celkem to tvoří 7 pravidelných linek. Během ranní dopravní špičky projelo křižovatkou až 24 autobusů. Z důvodu vyšší intenzity na hlavní pozemní komunikaci autobusy přijíždějící do křižovatky z vedlejší pozemní komunikace byly velmi často nuceny vyčkávat až několik minut na volnost průjezdu, což tvořilo několikametrové fronty. Ačkoli průměrná doba zdržení autobusů byla 3 minuty, nejdelší doba, po jakou musel autobus ve frontě vyčkávat na volnost průjezdu, dosáhla až 4,5 minuty. Toto vyčkávání v křižovatce následně způsobuje několikaminutové zpoždění a jízda vozidel městské hromadné dopravy tímto není zajištěna. Vzhledem k tomu, že hodnota 4,5 minut zřetelně překračuje kritickou hodnotu 2 minut, je zřejmé, že toto kritérium je více než potvrzeno a poukazuje to na nutnost vybudování SSZ.

4. Návrh SSZ

Řešením na zlepšení plynulosti provozu a snížení nehodovosti by mohlo být vybudování světelného signalizačního zařízení. Tím, že se změní celá organizace provozu dopravy také dojde k nevyhnutelným stavebním úpravám. Vzhledem k tomu, že v roce 2005 zde proběhla rekonstrukce křižovatky a přestavba šířkového uspořádání, není potřeba zahajovat rozsáhlé nové přestavby.

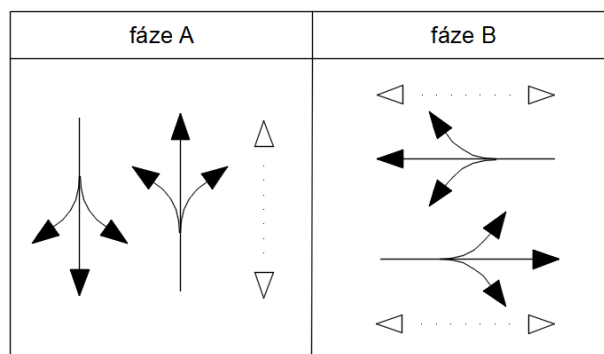
Všechny řadicí pruhy se ponechají v původním stavu, tedy na každém rameni je pouze jeden řadicí pruh, jelikož šířkové uspořádání neumožňuje výstavbu více řadicích pruhů. Všechna ramena křižovatky se musí osadit novým VDZ – stop čárou V5. V ulici Stanová se tato stop čára osadí 1 m před přechod pro chodce, a to v obou směrech. V ulici Emilie Dvořákové – východní rameno – se čára osadí taktéž 1 m před přechodem pro chodce. V ulici Emilie Dvořákové – západní rameno – zde se čára osadí 10 m od počátku západního ramena křižovatky. Dále je potřeba výstavba sloupů pro světelná návěstidla a osazení 4,5 m za stop čárou na všech čtyřech ramenech křižovatky. Dále by se na všechna ramena křižovatek doplnilo nové VDZ a tím by byly směrové šipky V 9a pro lepší orientaci.

Co se týče SDZ, v ulici Emilie Dvořákové – západní rameno – se posune dopravní značení P6 „Stůj, dej přednost v jízdě!“ cca 4 m za stop čárou. V příloze je výkres č.2 pod názvem návrh stavebního uspořádání křižovatky, kde jsou všechny tyto změny zaneseny včetně zakreslení návěstidel.

Pro sestavení signálního plánu je potřeba znát přehlednou a podrobnou situaci pro výpočet mezer, dále jsou potřeba údaje o intenzitách. Signální plán se navrhne dle metody saturovaného toku neboli Websterovy metody, která je popsána v kapitole „3 Návrh signálního plánu“ v TP 81. [11] Přechody pro chodce jsou taktéž součástí signálního plánu.

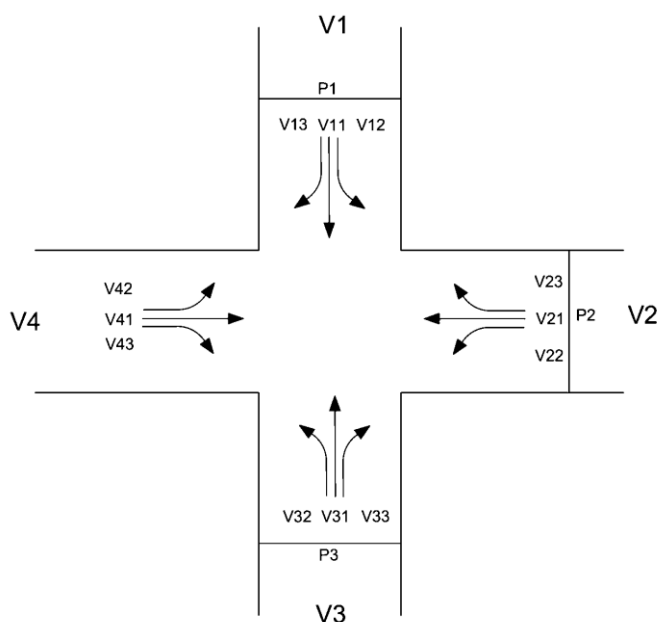
4.1 Fázové skupiny a schéma fází

Při sestavování signálního plánu jsou velmi důležité tzv. fázové skupiny. Fázová skupina vznikne seskupením více signálních skupin, které mohou mít současně signál volno. V tomto signálním plánu jsou fázové skupiny 2 označené jako A a B. Schéma fází je zakresleno na obrázku 9. Plné čáry značí dopravní proudy vozidel a tečkované přerušované čáry značí přechody pro chodce. Ve fázi A je zakreslen pouze jeden přechod pro chodce, který je v ulici Emilie Dvořákové – východní rameno, zatímco ve fázi B jsou zakresleny oba přechody pro chodce, které jsou v ulici Stanová na obou ramenech, tedy severním a jižním.



Obrázek 10 – Schéma fází [zdroj: autor]

Ve fázové skupině A jsou zahrnuty dopravní proudy hlavní komunikace označeny jako V1 a V3. Dopravní proud V1 je paprsek A, tedy severní rameno a dopravní proud V3, což je jižní rameno křižovatky. Dále do této skupiny spadá přechod pro chodce P2, který je v ulici Emilie Dvořákové – východní rameno. Ve fázové skupině B jsou zahrnuty dopravní proudy vedlejší komunikace, tedy V2 a V4. V2 leží na východním rameni a V4 na západním. Dále jsou v této skupině přechody pro chodce P1 a P3, kdy P1 leží na severním rameni a P3 na jižním. Na obrázku 10 lze vidět, že dopravní proudy jsou dále rozděleny na menší proudy a přidány číslice tak, že číslo 1 značí dopravní proud směřující rovně, číslo 2 značí odbočení vlevo a číslo 3 značí odbočení vpravo. Takto popsáno to je z důvodu lepší organizace při výpočtech hodnot pro sestavení tabulky mezičasu.

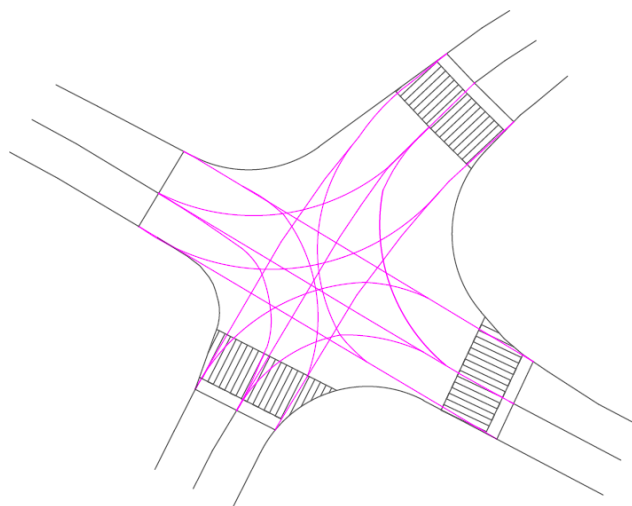


Obrázek 11 – Označení dopravních proudů a přechodů pro chodce [zdroj: autor]

4.2 Mezičasy

„Mezičas je časový interval od konce signálu volno signální skupiny po začátek signálu volno kolizní signální skupiny.“ (Citace ze zdroje [11], str. 27.) Pro výpočet hodnot mezičasů je potřeba znát kolizní body. Pomocí vlečných křivek lze najít kolizní body a spočítat potřebné hodnoty.

Na obrázku 12 lze vidět schéma nových vlečných křivek všech dopravních proudů. Tyto vlečné křivky jsou potřeba k výpočtům mezičasů. Na obrázku jsou již přidány stop čáry, které jsou umístěny 1 m před přechodem pro chodce, přesně jak to je zaneseno v novém návrhu – výkresu č. 2 pojmenovaný jako Návrh stavebního uspořádání křižovatky, který je součástí přílohy. Na západním rameni ulice Emilie Dvořákové je tato stop čára posunuta a leží 10 m od počátku západního ramena. Všechny vlečné křivky začínají od stop čár.



Obrázek 12 – Schéma nových vlečných křivek pro výpočet mezičasů [zdroj: autor]

Dle následujících vztahů se spočtou hodnoty mezičasů.

$$t_m = t_v - t_n + t_b,$$

kde:

t_m = mezičas [s]

t_v = vyklizovací doba [s]

t_n = najížděcí doba [s]

t_b = bezpečnostní doba [s]

$$t_v = \frac{L_v + L_{voz}}{v_v},$$

kde:

t_v = vyklizovací doba [s]

L_v = vyklizovací dráha [m]

L_{voz} = délka vyklizujícího vozidla [m]

v_v = vyklizovací rychlost [m/s]

$$t_n = \frac{L_n}{v_n},$$

kde:

t_n = najížděcí doba [s]

L_n = najížděcí dráha [m]

v_n = najížděcí rychlost [m/s]

[11]

Výpočty jednotlivých kolizních bodů jsou uvedeny v příloze. Vzhledem k tomu, že v tomto případě se pohybují po křižovatce pouze motorová vozidla a chodci, zajímají nás pouze následující standartní hodnoty pro výpočet. Vyklizovací dráha L_v pro automobil je 5 m, pro chodce 0 m; bezpečnostní doba t_b pro vyklizení činí 2 s pro automobil; vyklizovací rychlost v_v pro automobil jedoucí přímo je 9,7 m/s, pro automobil jedoucí do oblouku je 7 m/s a pro chodce 1,40 m/s. Pokud dopravní proud, který najíždí má více kolizních bodů s dopravním proudem, který plochu vyklizuje, vybere se nejvyšší hodnota ze spočtených mezičasů a ta se dále doplní do tabulky mezičasů.

V tabulce 15 jsou uvedeny všechny hodnoty již spočtených mezičasů. Políčka, která jsou šedivě podbarvená, jsou důležitá pro sestavování délky volna pro vozidla. Políčka, která zůstávají bílá, jsou důležitá pro sestavení délky volna pro chodce.

t_m			Najíždí						
			A		B		A	B	
			V1	V3	V2	V4	P2	P1	P3
Vyklizuje	A	V1	---	---	7	5	9	---	6
		V3	---	---	5	6	7	10	---
	B	V2	6	7	---	---	---	8	8
		V4	7	6	---	---	6	8	6
	A	P2	1	3	---	3	---	---	---
	B	P1	---	6	10	9	---	---	---
P3		6	---	5	6	---	---	---	

Tabulka 15 – Mezičasy [zdroj: autor]

4.3 Stanovení saturovaného toku vjezdu

První část výpočtů je stanovení saturovaného toku vjezdu. Po spočtení saturovaného toku vjezdu dle vztahu níže se dále pokračuje k výpočtu stupně saturace vjezdu. V každé fázi se

vybere nejvyšší hodnota stupně saturace vjezdu, tyto nejvyšší hodnoty se dále sečtou a získává se hodnota pro celkový stupeň saturace křižovatky. Pokud je hodnota menší anebo rovna jak 0,80, znamená to, že saturace křižovatky je normální, tedy z toho vyplývá, že cyklus je také normální. Pokud celkový stupeň saturace křižovatky přesahuje hodnotu 0,80, saturace je vysoká, kritická nebo dokonce přečerpaná, tím pádem cyklus je dlouhý.

$$S_i = S_z \cdot k_{skl} \cdot k_{obl},$$

kde:

S_i = saturevaný tok vjezdu [pvoz/h]

S_z = základní saturevaný tok vjezdu = 2 000 [pvoz/h]

k_{skl} = koeficient podélného sklonu [-]

k_{obl} = koeficient oblouku [-]

$$y_i = \frac{I_i}{S_i},$$

kde:

y_i = stupeň saturace vjezdu [-]

I_i = intenzita dopravního proudu [pvoz/h]

S_i = saturevaný tok vjezdu [-]

$$Y = \sum_i^N \max(y_i),$$

kde:

Y = celkový stupeň saturace křižovatky [-]

y_i = stupeň saturace vjezdu [-]

[11]

4.4 Stanovení délky cyklu a délky fází

Po výpočtech saturevaného toku vjezdu a získání všech hodnot mezičasů, se vyberou nejvyšší hodnoty podle patřičně zvolených cyklů. V tabulce 15 jsou vyznačeny všechny mezičasy, které jsou potřebné pro tyto výpočty. V tomto případě mezičas z fáze A do fáze B činí 7 s a mezičas z fáze B do fáze A činí taktéž 7 s. Dle Websterovy metody se dále pokračuje s výpočty, kde dostaneme hodnoty pro délku cyklu, ztrátový čas, neproduktivní dobu cyklu, efektivní zelené a produktivní dobu cyklu. Všechny tyto výpočty se provedou dle následujících vztahů. Všechny hodnoty získané výpočty jsou v tabulce 16.

$$z = y \cdot (C - L) \cdot Y - 1,$$

kde:

z = délka zelené pro kritické vjezdy [s]

y = stupeň saturace [-]

C = délka reálného cyklu [s]

L = součet ztrátových časů všech fází [s]

Y = součet stupňů saturace kritických vjezdů [-]

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

kde:

C_{opt} = délka optimálního cyklu [s]

L = součet ztrátových časů všech fází [s]

Y = součet stupňů saturace kritických vjezdů [-]

$$0,75 \cdot C_{opt} < C < 1,5 \cdot C_{opt},$$

kde:

C_{opt} = délka optimálního cyklu [s]

C = délka reálného cyklu [s];

[11]

Vzhledem k tomu, že délka cyklu i délka fází vyšly stejně jak pro hodnoty z dopolední špičky, tak i pro hodnoty odpolední špičky, výpočty pro odpolední špičku jsou přidány do přílohy a dále budou ukázány výpočty pro dopolední špičku. V tabulce 16 jsou všechny potřebné spočítané hodnoty, které stanovují délku cyklu a fází. Jelikož některé veličiny již byly vysvětleny v předchozích vzorcích, legenda veličin je přidána taktéž do přílohy.

Pruh	Fáze	I [pvoz/h]	k_obl [-]	S_i [pvoz/h]	S [pvoz/h]	y_i [-]	Y [-]
V1	A	578	0,84	1680,2	6182,5	0,344	0,48
V3	A	349	0,839	1677,9		0,208	
V2	B	45	0,833	1666,7		0,027	
V4	B	157	0,579	1157,7		0,136	

Pruh	Fáze	t_m,i [s]	l_i [s]	L [s]	c_opt [s]	C [s]	z_opt [s]
V1	A	7	6	12	44,1880	60	33,43
V3	A						19,82
V2	B	7	6				1,70
V4	B						12,56

Pruh	Fáze	z_i [s]	z_min [s]	l_přímo [pvoz/h]	l_odb [pvoz/h]	z_i' [s]
V1	A	33	19,64	468	110	33
V3	A		11,48	282	67	
V2	B	13	0,62	36	9	13
V4	B		7,13	43	114	

Tabulka 16 – Výpočty pro stanovení saturovaného toku vjezdu a stanovení délky cyklu a délky fází pro dopolední špičku [zdroj: autor]

Minimální délka cyklu by měla být 30 s a maximální 100 s, ve výjimečných případech 120 s. V tomto případě se délka cyklu stanovila na 60 s. Podle výpočtů by stačila délka 50 s, avšak chodci by měli velmi krátký čas na přechod komunikace, a proto se zvolila hodnota 60 s. Délka fáze A je 33 s. Sem spadají dopravní proudy V1 a V3 a přechod pro chodce P2. Délka fáze B je 13 s. Sem spadají dopravní proudy V2 a V4 a přechody pro chodce P1 a P3. Tedy fáze A hodnotě 33 s, fáze B o hodnotě 13 s a celkové mezičasy 14 s (7 s z fáze A do fáze B a 7 s z fáze B do fáze A) celkem tvoří cyklus o hodnotě 60 s. Chodci P1 a P3 z fáze B mají 10 s na přechod komunikace. Chodci P2 z fáze A mají 20 s na přechod komunikace.

Na základě všech těchto hodnot se vytvoří signální plán. Signální plán musí splňovat určité podmínky.

- Signál „pozor!“, který je před signálem „volno“ musí trvat 2 s.
- Signál „výstraha!“, který následuje před signálem „stůj!“ musí trvat 3 s.

Tyto doby spadají do doby mezičasů.

- Nejkratší dovolené signální doby pro automobily, cyklisty, tramvaje a chodce jsou 5 s.
- Doporučená délka signálu „volno“ na hlavní pozemní komunikaci je 12 s
- Doporučená délka signálu „volno“ na vedlejší pozemní komunikaci je 8 s

Na obrázku 11 je znázorněn signální plán pro obě fázové skupiny. Jedno vybarvené políčko znázorňuje 1 s. Zelená barva značí signál „volno“, žlutá značí signál „výstraha!“, žluto-červená značí signál „pozor!“ a červená značí signál „stůj!“.

fáze	j. pruh/čas	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
A	V1	zelená	zelená	zelená	zelená	zelená	zelená	zelená	zelená	zelená	zelená	zelená	zelená	zelená
A	V3	zelená	zelená	zelená	zelená	zelená	zelená	zelená	zelená	zelená	zelená	zelená	zelená	zelená
B	V2	červená	červená	červená	červená	červená	červená	červená	červená	červená	červená	červená	červená	červená
B	V4	červená	červená	červená	červená	červená	červená	červená	červená	červená	červená	červená	červená	červená
A	P2	zelená	zelená	zelená	zelená	zelená	zelená	zelená	zelená	zelená	zelená	zelená	zelená	zelená
B	P1	červená	červená	červená	červená	červená	červená	červená	červená	červená	červená	červená	červená	červená
B	P3	červená	červená	červená	červená	červená	červená	červená	červená	červená	červená	červená	červená	červená

Obrázek 13 – Signální plán řešené křižovatky [zdroj: autor]

Na všech ramenech křižovatky budou tyto signály:

- signál s kombinovanou směrovou šipkou s červeným světlem „Stůj“ (č. S 3a),
- signál s kombinovanou směrovou šipkou se žlutým světlem „Pozor“ (č. S3 b),
- signál s kombinovanou zelenou směrovou šipkou „Volno“ (č. S3 c).

Všechny přechody pro chodce budou mít také návěstidla se světly s tyto signály:

- Signál pro chodce se znamením „Stůj!“ (č. S 9a)
- Signál pro chodce se znamením „Volno“ (č. S 9b).

Jestliže SSZ bude nefunkční, na komunikaci zůstane upravená přednost v jízdě pomocí svíslého dopravního značení. Tedy na hlavní komunikaci zůstane SDZ P2 „Hlavní pozemní komunikace“ s dodatkovou tabulkou vzhledu křižovatky, a to v obou směrech. Na vedlejší pozemní komunikaci zůstane SDZ P6 „Stůj, dej přednost v jízdě!“ s taktéž dodatkovou tabulkou vzhledu křižovatky taktéž v obou směrech.

4.5 Kapacitní výpočet řízené křižovatky

Již v kapitole 2.3 se řešil kapacitní výpočet neřízené křižovatky, avšak toto posouzení se týká kapacity již řízené křižovatky, tedy jak by vypadala kapacita již po instalaci SSZ. Jelikož už je navržen samotný signální plán, dalším nezbytným krokem je posouzení kapacity.

V tabulce 17 jsou vypsány intervaly kapacit, které jsou přiřazeny k určitému typu křižovatky, a které by neměly být překročeny. V tomto případě je důležitým typem křižovatky světelně řízená křižovatka. Této křižovatce přísluší maximální hodinová kapacita 2 000 – 6 400 voz/h a maximální celodenní kapacita 24 000 – 77 000 voz/den. Tento interval je velmi rozsáhlý, a to proto, že záleží nejen na způsobu řízení, ale také především na počtu řadicích pruhů, jak je napsáno v legendě. Křižovatka, kterou se zabývá tato práce, nemá více než jeden řadicí pruh, a to na žádném z ramen. Tudíž kapacita této křižovatky bude nižší, než pokud by křižovatka obsahovala více řadicích pruhů.

Typ křižovatky	Maximální hodinová kapacita [voz/h]	Maximální celodenní kapacita ^o [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.
^o Odvozeno z hodinových kapacit při běžných denních variacích dopravy.

Tabulka 17 – Intervaly přípustných kapacit pro určité typy křižovatek [8]

Dále je důležitý posudek úrovně kvality dopravy. Pro tento posudek jsou na obrázku 14 vypsány požadované stupně kvality pro určité typy komunikací. V případě této křižovatky, která je na místní komunikaci, je požadovaný stupeň E, což je nízká úroveň kvality dopravy a nemělo by být těžké dosáhnout i lepších výsledků.

Požadované stupně kvality

- | | |
|--|-----------|
| • na dálnicích, rychlostních silnicích a silnicích I. třídy | stupeň C; |
| • na silnicích II. třídy | stupeň D; |
| • na silnicích III. třídy | stupeň E; |
| • na rychlostních místních komunikacích a přechodových úsecích | stupeň D; |
| • na místních komunikacích | stupeň E. |

Obrázek 14 – Požadované stupně kvality pro určité typy komunikací [8]

Kritériem posouzení kapacity je spočtení ztrátového času neboli střední dobu zdržení daného pruhu $t_{w,i}$. K tomu je potřeba znát saturovaný tok S_i daného pruhu, dále kapacitu daného pruhu K_i . V tomto případě jsou výpočty lehčí v tom ohledu, že zde není více řadicích pruhů, a to na žádném z ramen, tudíž počítáme kapacitu pouze pro jeden pruh na každém rameni. Postačí tedy pouze vzorec pro výpočet kapacity běžného vjezdu. Dále je potřeba znát intenzitu provozu I_i . Tak jako v předešlé kapitole při posuzování kapacity se využily naměřené špičkové intenzity, využijí se i v tomto případě při výpočtech, jelikož jsou založené na reálných podkladech. Budou tedy opět dvě tabulky pro dopolední a odpolední špičku. Dále je důležitá efektivní doba zelené z_i' , zvolená délka cyklu C . Díky spočítané kapacitě K_i pak lze snadno spočítat rezervu kapacity R_i , již zmiňovanou střední dobu zdržení $t_{w,i}$ a nakonec střední délku fronty $L_{F,i}$. Všechny potřebné vzorce jsou vypsány níže.

$$K_i = \frac{S_i \cdot z_i'}{C},$$

kde:

K_i = kapacita daného pruhu [pvoz/h]

S_i = saturovaný tok daného pruhu [pvoz/h]

z_i' = efektivní doba zelené [s]

C = zvolená délka cyklu [s]

$$R_i = \frac{K_i - I_i}{K_i} \cdot 100,$$

kde:

R_i = rezerva kapacity daného pruhu [%]

K_i = kapacita daného pruhu [pvoz/h]

I_i = intenzita provozu daného pruhu [pvoz/h]

$$t_{w,i} = 0,45 \cdot \left[\frac{K_i \cdot (C - z_i')^2}{K_i \cdot C - I_i \cdot z_i'} + \frac{3600 \cdot I_i}{K_i^2 - K_i \cdot I_i} \right],$$

kde:

$t_{w,i}$ = střední doba zdržení daného pruhu

C = zvolená délka cyklu [s]

z_i' = efektivní doba zelené [s]

I_i = intenzita provozu daného pruhu [pvoz/h]

$$L_{F,i} = 6,00 \cdot \frac{I_i \cdot (C - z_i')}{3600},$$

kde:

$L_{F,i}$ = střední délka fronty daného pruhu [m]

I_i = intenzita provozu daného pruhu [pvoz/h]

C = zvolená délka cyklu [s]

z_i' = efektivní doba zelené [s]

[11]

Všechny hodnoty výpočtů jsou zanesené v tabulce 18 a 19. Tabulka 18 znázorňuje výpočty pro dopolední špičku. Požadovaná kapacita je více než 10 % a to je ve všech pruzích splněno. V pruhu V2, což je východní rameno ulice Emilie Dvořákové, je rezerva dokonce 87,5 %. Tato hodnota je způsobena nízkou intenzitou provozu v daném pruhu, proto střední délka fronty činí pouze 3,5 m. Nejhorší hodnotou střední doby zdržení je 29,94 s, čemuž i přísluší nejhorší hodnota ÚKD. Jelikož ale tato hodnota je B, znamená to, že všechny hodnoty splňují požadovaný stupeň kvality pro místní komunikaci. Co se týče kapacity, maximální hodinová kapacita má být mezi 2 000 – 6 400 voz/h. Pokud se vezme v úvahu, že křižovatka nemá více jak jeden řadící pruh na jednom rameni, požadovaná kapacita by měla představovat spíše nižší hodnoty. Zde krajní požadovaná maximální hodnota činí 2 000 voz/h. Vzhledem k tomu, že nejvyšší hodnota kapacity z tabulky 18 činí 924,13 pvoz/h, je zřejmé, že křižovatka za dopolední špičky kapacitně vyhovuje.

Pruh	Fáze	K_i [pvoz/h]	R_i [%]	$t_{w,i}$ [s]	ÚKD [-]	$L_{F,i}$ [m]
V1	A	924,13	37,5	11,26	A	26,0
V3	A	922,84	62,2	7,97	A	15,7
V2	B	361,11	87,5	17,67	A	3,5
V4	B	251,05	37,5	29,94	B	12,3

Tabulka 18 – Kapacitní výpočty řízené varianty pro dopolední špičku [zdroj: autor]

Tabulka 19 znázorňuje hodnoty spočtené pro odpolední špičku. Zde všechny hodnot rezervy kapacity taktéž přesahují 10 %, tudíž vyhovují. Největší rezerva je 85,9 % se střední délkou fronty 3,7 m. Nejvyšší hodnota střední doby zdržení je 34,46, což je limitní hodnota intervalu pro úroveň B. Nejhorší ÚKD je tedy opět B a tzn., že křižovatka vyhovuje, co se týče úrovně kvality dopravy. Nejvyšší hodnota kapacity je 918,39 pvoz/h, tedy křižovatka v době odpolední špičky vyhovuje i kapacitně.

Pruh	Fáze	K _i [pvoz/h]	R _i [%]	t _{w,i} [s]	ÚKD [-]	L _{F,i} [m]
V1	A	819,53	29,6	14,12	A	26,9
V3	A	918,39	33,9	12,52	A	28,3
V2	B	339,39	85,9	17,20	A	3,7
V4	B	27,83	28,0	34,46	B	15,0

Tabulka 19 – Kapacitní výpočty řízené varianty pro odpolední špičku [zdroj: autor]

5. Mikrosimulace v PTV Vissim

K simulaci byl použit program PTV Vissim, který je vyvinut německou firmou a je velmi běžně používaný pro tyto druhy simulace.

Jako podklad byl zvolený snímek mapy stažený z online internetových map v příslušném měřítku.

5.1 Parametry

Perioda byla nastavena o hodnotě 4 200 s, což je 70 minut, a to z toho důvodu, že prvních 10 minut se vozidla teprve načítají do simulace, a tedy během těchto 10 minut tento provoz neodpovídá realitě. Výsledky simulace se tedy vyhodnocovaly od hodnoty periody 600 s a končilo se hodnotou 4 200 s, tedy perioda 1 hodiny, která odpovídá reálnému měření.

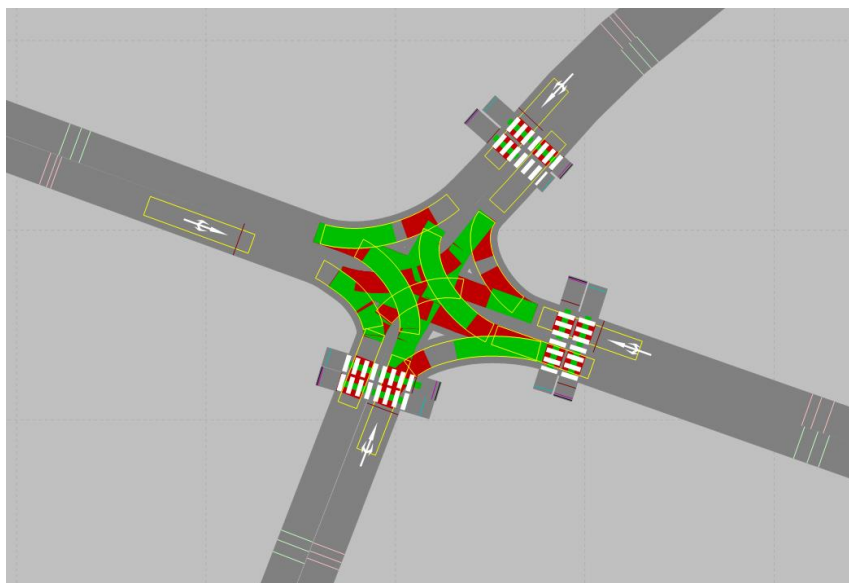
Dále se projektovalo samotné prostředí křižovatky. Do programu se zanesla všechna ramena křižovatky a přechody pro chodce, které se i barevně vyznačily.

K správnému fungování simulace je potřeba zanesení hodnot intenzit pro každé rameno křižovatky včetně intenzit pro směrovost. Totéž platí pro nastavení intenzit pro přechody pro chodce. Hodnoty byly rovnoměrně rozděleny pro všechny tři přechody pro chodce ležící na této křižovatce. Hodnoty intenzit zanesené do programu odpovídají naměřeným hodnotám v odpolední špičce. Ta je vybrána proto, že odpoledne zde byly naměřené vyšší intenzity než v dopoledních hodinách, a proto výsledky simulace mohou odpovídat větší dopravní zátěži v reálném prostředí.

Dále je potřeba úprava skladby dopravního proudu. Zde byla nastavena vozidla typu: osobní automobily, motocykly, nákladní vozidla a nákladní soupravy, cyklisté a autobusy.

Když se všechny hodnoty a parametry nadefinovaly, byla potřeba nastavit redukované rychlostní zóny. Ty se nastavují v místech, kde se očekává, že nějaká činnost vyvolá zpomalení řidiče. Tyto zóny se nachází před přechodem pro chodce, před stop čarou, před křižovatkou či v průjezdu křižovatky.

Jedna z velmi důležitých částí je úprava přednosti v jízdě. Přednost se upravila pomocí karty „Conflict Areas“. Jak lze vidět na obrázku 15, tento způsob vykreslil všechna místa případných konfliktních zón. Tyto zóny jsou vypsány na kartě, kde se upravila přednost v jízdě.

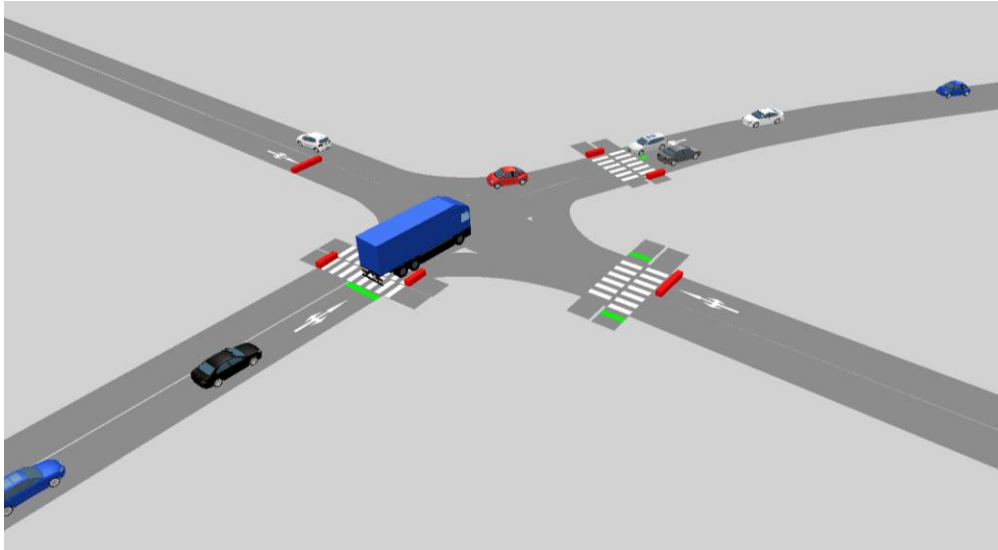


Obrázek 15 – Konfliktní zóny křižovatky [zdroj: autor]

Po těchto všech nadefinování parametrů proběhla zkušková simulace pro ukázkou, zda vše funguje bez problémů, a zda nikde nevznikají případné konfliktní zóny.

Dále je potřeba nadefinovat systém světelného signalizačního zařízení, tedy to, kvůli čemu se mikrosimulace vlastně vytváří. To se definovalo pomocí karty na liště „Signal Control“. Nastavilo se 7 signálních skupin, a to proto, že na křižovatce jsou 4 ramena a k tomu 3 přechody pro chodce. Následně se upravily správné sekvence časů a minimální hodnoty pro signály. Vyplnila se tabulka mezičasů a definoval se počet fází. Naposled se upravila délky doby volna na kartě „Signal program“.

Po finálním nadefinování posledního parametru na kartě „Signal Control“ se přešlo zpátky do výkresu simulace, kde se umístily návěstidla a ke každému návěstidlu se přiřadila správná signální skupina. Na obrázku 16 lze vidět, jak vypadala výsledná simulace. Pohled pochází z místa, které leží mezi paprskem C a D.



Obrázek 16 – Snímek zachycený během výsledné simulace [zdroj: autor]

5.2 Průběh vyhodnocení

K vyhodnocení simulací je nápomocná karta „Vehicle Travel Times“, která umožňuje vyhodnotit dobu zdržení vozidla, tedy ekvivalent ke stanovení úrovně kvality dopravy. „Delay“, tedy zdržení vozidla se měří na každém rameni pro každý směr zvlášť, tedy 12 řadicích pruhů s výsledky. Aby se ze simulace dostaly co nejvíce přesné výsledky, je potřeba, aby proběhlo více čtení této simulace. V tomto případě se zvolilo 25 čtení. Program tyto výsledky přenesl do souboru s koncovkou „rsr“, a ty se dále upravovaly v programu Excel. Nejdříve se text převedl do sloupců a pomocí filtru se vybraly pouze potřebné hodnoty. Ze všech hodnot se následně spočetl aritmetický průměr.

Všechny výsledky jednotlivých čtení mikrosimulace jsou přidány v příloze 8. V tabulce 20 jsou spočteny průměry ze všech jednotlivých čtení pro každý jednotlivý řadicí pruh. Následně jsou i tyto hodnoty zprůměrovány pro získání hodnot střední doby zdržení pouze pro jeden jízdní pruh. Tyto hodnoty se dají následně porovnat s již teoreticky vypočtenými hodnotami odpovídající stavu po zřízení SSZ, které jsou uvedeny v kapitole 4.5. Střední doby zdržení vyhodnocené programem jsou ve všech jízdních pruzích značně nižší kromě pruhu V2, zde je hodnota nepatrně vyšší oproti vypočtené hodnotě. Avšak úroveň kvality dopravy pořád zůstává na úrovni A. Co se týče ÚKD, v případě jízdního pruhu V4 se úroveň zvýšila na hodnotu A, jelikož střední doba zdržení je nižší dokonce o 16,46 s.

Pruh	Číslo ř. p.	Simulace: t_w,i [s]	Simulace: t_w,i [s]	Simulace: ÚKD	Výpočty: t_w,i [s]	Výpočty: ÚKD
V1	V11	4,5	6,5	A	14,12	A
	V12	10,2				
	V13	4,9				
V2	V21	16,8	19,6	A	17,2	A
	V22	22,7				
	V23	19,4				
V3	V31	6,5	8,5	A	12,52	A
	V32	12,4				
	V33	6,6				
V4	V41	17,6	18,0	A	34,46	B
	V42	18,3				
	V43	18,0				

Tabulka 20: Hodnoty spočtené programem v porovnání s hodnotami z předešlých výpočtů

[zdroj: autor]

5.3 Shrnutí simulace

Návrh SSZ byl simulačním programem PTV Vissim úspěšně ověřen. Simulace křižovatky proběhla bez problémů a signální programy fungovaly také bezchybně. Cyklus a doby volna byly více než dostačující. Tímto simulace prokázala, že hodnoty spočtené programem vykazují lepší výsledky než hodnoty spočtené pouze teoretickými výpočty. Důvodů, proč program vykazuje lepší výsledky, je více. Důvod, který by nejvíce mohl ovlivnit celé chování modelu, je následující. PTV Vissim je německý program, tedy jsou tam již přenastavené určité vstupní parametry, které odpovídají německým normám, a ty mohou ovlivnit ty české, jelikož při výpočtech se používaly pouze české TP. Co se týče ÚKD, všechny jízdní pruhy spadají do úrovně A.

6. Alternativní návrh křižovatky

V případě, že by návrh SSZ z finančních důvodů nebyl možný uskutečnit, lze navrhnout méně finančně náročné alternativní sanační opatření, které by zlepšilo plynulost a bezpečnost průjezdu křižovatkou.

6.1 Nové stavební uspořádání

Obě ramena ulice Stanová by zůstala beze změny. Změny by se prováděly pouze na obou ramenech ulice Emilie Dvořákové. Východní i západní rameno by se osadilo novou svislou dopravní značkou C 2b, který přikazuje směr jízdy vpravo. K tomu by se doplnila dodatková tabulka E 3b znázorňující „Mimo MHD“. Tyto změny jsou zaneseny ve výkresu č.3 – Alternativní návrh stavebního řešení křižovatky – který je přidán v příloze. Vodorovné dopravní značení by zůstalo nepozměněno.

Avšak na západním rameni ulice Emilie Dvořákové je dopravní značka B 24a zakazující směr jízdy vpravo a k tomu je přidána doplňková tabulka E 9 znázorňující nákladní automobily s přidaným limitem váhy. Tím pádem by vozidla přesahující tento váhový limit nesměly vůbec vjet do ulice Emilie Dvořákové, proto by se musel vjezd západního ramena ulice Emilie Dvořákové osadit dopravním značením B4 zakazující vjezd nákladním automobilům s nadměrnou váhou. Nejlepším řešením by bylo osadit tento vjezd na stykové křižovatce v Novosedlicích, kde se ulice Emilie Dvořákové stýká s ulicí Trnovanskou a Severní. Tato křižovatka leží 625 m od křižovatky Stanová x Emilie Dvořákové.

6.2 Způsoby objížděky

Další nevýhodou, které toto opatření přináší, je změna jízdy směru těch řidičů, kteří zamýšlejí jet jiným směrem než doprava.

Řidiči jedoucí z východního ramena ulice Emilie Dvořákové mohou na konci ulice Stanová pokračovat směrem rovně po ulici Jana Koziny, dále vjet na okružní křižovatku, po které se lze otočit a vrátit zpět na ulici Stanová, ze které už lze odbočit či pokračovat ve směru.

Řidiči jedoucí ze západního ramena ulice Emilie Dvořákové mohou na konci ulice Stanová vjet na okružní křižovatku, kde se otočí a vrátí zpět do ulice Stanová, ze které lze opět odbočit či pokračovat ve směru.

6.3 Nevýhody alternativy

Již zmíněnou nevýhodou by byl zákaz vjezdu nákladním automobilům s nadměrnou váhou do ulice Emilie Dvořákové – západní rameno. Další také již zmíněnou nevýhodou, které toto

opatření přináší, je změna jízdy směru těch řidičů, kteří zamýšlejí jet jiným směrem než doprava.

6.4 Výhody alternativy

Výhodou této alternativy je, že není finančně náročná. Nekonají se zde žádné přestavby. Jedinou finanční výlohou je osazení dvou ramen novým SDZ. Další velmi důležitou výhodou je, že alternativní návrh by pomohl jak bezpečnosti, tak i plynulosti průjezdu křižovatkou. Příkladovaný směr by zrychlil napojení vozidel z vedlejších pozemních komunikací na hlavní pozemní komunikaci. Řidiči MHD by stále mohly projíždět křižovatkou a díky tomu by se vyvarovali nových objížděk, či i případné změně jízdního řádu. Řidiče autobusů by už ani tolik nezdržoval provoz, jelikož díky příkázanému směru bude provoz mnohem plynulejší, tedy zvýší se plynulost MHD, která nebude nabírat několikaminutové zpoždění, čímž se zvýší i efektivnost.

Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout SSZ na křižovatce, kde se protínají ulice Stanová a Emilie Dvořákové. Tato křižovatka je v současnosti řízena pouze dopravním značením a dochází zde k častému výskytu skoronehod. Největším problémem této křižovatky je velká nepřehlednost, především pro řidiče přijíždějící z vedlejších pozemních komunikací. Nejhorší rozhledové podmínky jsou při vjezdu do křižovatky z východního ramena ulice Emilie Dvořákové z důvodu geometrických podmínek směrového oblouku hlavní pozemní komunikace. Obě ramena ulice Emilie Dvořákové – tedy vedlejší PK – jsou osazena svislým dopravním značením P6 „Stůj, dej přednost v jízdě!“, avšak řidiči velmi často nezastavují, čímž se způsobují skoronehody, dokonce až i nehody.

V běžný pracovní den bylo provedeno měření v dopoledních a odpoledních hodinách dopravní špičky, tedy doba, kdy křižovatka byla nejvíce zatížená. Tímto průzkumem se naměřily intenzity na všech ramenech křižovatky a zjistila se směrovost řidičů. Následně se sestavily tabulky s intenzitami a touto zachycenou směrovostí. Také se vytvořil pentlogram, který názorně ukazuje velikost intenzity. Všechny poznatky zachycené během měření byly důkladně popsány. Dále se vypočítala kapacita neřízené křižovatky, která prokázala velmi dobrou kvalitu dopravy této křižovatky. Všechny výpočty provedeny v této bakalářské práci podléhají TP 188 a TP 81.

Pro posudek zavedení SSZ existují určitá kritéria. Tyto kritéria jsou přesněji čtyři. První bylo kritérium bezpečnosti provozu, kde se řešila nehodovost této lokality. Nehody byly detailně popsány a následně se spočetla relativní nehodovost, která avšak vyšla záporně pro zavedení SSZ. Druhým kritériem je kritérium intenzity provozu z hlediska vozidel, kde se posuzovalo vzájemné působení intenzit nadřazených a podřazených proudů. Zde nevyšla žádná hodnota, která by převyšovala limitní hodnoty zanesené v grafu pro toto kritérium. Třetím kritériem zohledňuje intenzity provozu z hlediska chodců, které vyšlo pro nezavedení SSZ. Posledním kritériem je kritérium plynulosti jízdy vozidel městské hromadné dopravy. Zde se posuzovaly čekací doby řidičů na vedlejších pozemních komunikací. Tyto řidiči buď způsobovaly fronty, anebo byli součástí fronty při vjezdu do křižovatky. To však způsobuje zpoždění, a tudíž plynulost vozidel MHD je omezená, tudíž toto kritérium potvrzuje zavedení SSZ.

Po všech zohledněných kritériích se navrhlo samotné řízení křižovatky pomocí SSZ. Nejdříve se navrhlo nové stavební řešení křižovatky, avšak jediné změny, které nastanou, je osazení křižovatky novými SDZ, VDZ a přidání návěstidel pro světla. Následně se navrhly fáze A a B pro vozidla a chodce. Po navržení nového VDZ se mohly spočítat hodnoty mezičasů, díky kterým se navrhla tabulka mezičasů. Tato tabulka je základem pro výpočet délky cyklu a fází,

keré se spočetly pomocí Websterovy metody. Nejdříve se určil saturovaný tok vjezdu, pak se spočetla délka cyklu a fází. Cyklus byl stanoven na dobu 60 s kvůli chodcům, kteří potřebují více času na přechod komunikace. Když už se věděly délky volna pro každý dopravní proud a pro chodce, sestavil se pevný signální plán. Nakonec se spočetla kapacita řízené křižovatky. ÚKD zde vyšlo skoro na všech dopravních proudech jako velmi dobré.

Celkový návrh se nasimuloval v mikrosimulačním prostředí PTV Vissim, kde byl celý chod světelně řízené křižovatky ověřen. Nejdříve se narýsovala křižovatka s přechody pro chodce. Následně se určily vstupní parametry simulace, tj. definování periody, úprava nastavení práce s programem, definice hodnoty intenzit pro všechny jízdní pruhy a úprava skladby dopravního proudu. V jistých úsecích se snížila rychlost pomocí redukovaných rychlostních zón a pomocí konfliktních zón se upravila přednost v jízdě. Nakonec se vytvořily signální skupiny a definovaly se délky dob volna. Po všech těchto definicích se spustila simulace, která proběhla bez problému. Program umožňuje spočítat střední dobu zdržení jak v určitých místech, tak i v úsecích. V tomto případě byly zapotřebí hodnoty pro úsek. Program spočítal střední dobu zdržení pro všechny řadicí pruhy. Po následném filtrování a roztřídění dat v Excelu se spočetly aritmetické průměry a porovnaly se s již spočtenými teoretickými hodnotami pro střední dobu zdržení po zřízení SSZ. Výsledky ze simulace vyšly lépe, než spočtené hodnoty vycházející z teorie. Střední doby zdržení vyšly menší a ÚKD vyšla všude jako úroveň A. Simulace tedy prokázala, že zavedení SSZ rozhodně napomůže úrovni kvality dopravy a zrychlení provozu. Délka cyklu a doby volna byly dostačující, jelikož na křižovatce nevznikaly kongesce a průjezd byl plynulý. Tedy tento signální plán odpovídá požadavkům této křižovatky.

V případě neuskutečnění návrhu SSZ, např. z finančních důvodů, navrhlo se alternativní sanační opatření. V tomto návrhu je přidání SDZ na obě ramena vedlejší pozemní komunikace, přesněji přikázaného směru jízdy vpravo, což zlepší plynulost i bezpečnost provozu.

Na křižovatce se doporučuje zavést SSZ, protože jak už bylo řečeno, simulace prokázala, že úroveň kvality se zvýšila díky nižším hodnotám střední doby zdržení. Provoz se stal více plynulým a bezpečným. Řidiči budou muset zastavit před vjezdem do křižovatky z důvodu světelnému řízení křižovatky, zatímco doteď většina řidičů ignorovala povinnost zastavit na dopravní značce P6 „Stůj, dej přednost v jízdě!“, čímž nedala přednost vozidlům jedoucím z hlavní PK, a tak způsobovala nehody či skoronehody. Provoz MHD je také více plynulý, čímž nevznikají zpoždění a zvyšuje se vyšší přesnost dodržování jízdních řádů.

Použité zdroje

- [1] – Počet obyvatel ve městě Teplice; Počet obyvatel v obcích – k 1. 1. 2019, Český statistický úřad; Dostupné z: <<https://www.czso.cz/csu/czso/pocet-obyvatel-v-obcich-za0wri436p>>; [citace 15. 3. 2019]
- [2] – Katastrální výměra Teplic; Malý lexikon obcí ČR 2017, Český statistický úřad; Dostupné z: <<https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=vystup-objekt&pvo=MLO201719&skupId=2120&z=T&f=TABULKA&katalog=32225&pvo=MLO201719&pvokc=65&pvoch=4213>>; [citace 15. 3. 2019]
- [3] – Městské části Teplic; Číselník obcí v kraji, Český statistický úřad; Dostupné z: <<https://www.czso.cz/csu/xs/ciselniky-klasifikace>>; [citace 30. 8. 2019]
- [4] – Mapa Teplic; Seznam: mapy; Dostupné z <mapy.cz>; [citace 15. 3. 2019]
- [5] – Poloha Teplic na mapě; Tiposs: Výroba reklamy a reklamní služby; Dostupné z: <<http://www.tiposs.cz/>>; [citace 15. 3. 2019]
- [6] – MHD v Teplicích; Doprava Ústeckého kraje; Dostupné z: <https://www.kr-ustecky.cz/assets/File.ashx?id_org=450018&id_dokumenty=1731134>; [citace 15. 3. 2019]
- [7] – Intenzity dle CSD; Ředitelství silnic a dálnic ČR; Dostupné z: <<http://scitani2016.rsd.cz/pages/map/default.aspx>>; [citace 15. 3. 2019]
- [8] – TP 188 „Posuzování kapacity křižovatek a úseků pozemních komunikací“
- [9] – Vysvětlení pojmu „pentlogram“; Slovník dopravní terminologie, Ministerstvo dopravy ČR, 2009, Dostupné z: <<http://www.slovnikdopravy.cz/>>; [citace 30. 8. 2019]
- [10] – Vysvětlení pojmu „skoronehoda“; Terminologický slovník, Ministerstvo dopravy ČR, 2016, Dostupné z: <file:///C:/Users/Michaela/Downloads/Terminologicky_slovník_MV-2016.pdf>; [citace 30. 8. 2019]
- [11] – TP 81 „Zásady pro navrhování světelných signalizačních zařízení na pozemních komunikacích“
- [12] – Nehodovost v mapě; Jednotná dopravní vektorová mapa; Dostupné z: <<http://maps.jdvm.cz/cdv2/apps/nehodyvmape/Search.aspx>>; [citace: 15. 3. 2019]
- [13] – SLABÝ, Petr; DLOUHÁ, Eva. Dopravní stavby a systémy 20, 30. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. 161 s. ISBN 80-01-02453-9

Seznam obrázků

Obrázek 1 – Poloha města Teplic na mapě ČR [5]	9
Obrázek 2 – Poloha křižovatky na mapě města Teplic [4 – upraveno autorem]	10
Obrázek 3 – Letecký snímek křižovatky [4]	10
Obrázek 4 – Schéma intenzit dle CSD z roku 2016 [7]	12
Obrázek 5 – Stanoviště kamery [4 – upraveno autorem]	13
Obrázek 6 – Pentlogram intenzit dopravy pro dopolední špičku [zdroj: autor]	17
Obrázek 7 – Pentlogram intenzit dopravy pro odpolední špičku [zdroj: autor]	17
Obrázek 8 – Označená nehodovost v mapě [12]	22
Obrázek 9 – Graf pro kritérium intenzity provozu pro zavedení SSZ [11]	25
Obrázek 10 – Schéma fází [zdroj: autor]	28
Obrázek 11 – Označení dopravních proudů a přechodů pro chodce [zdroj: autor]	28
Obrázek 12 – Schéma nových vlečných křivek pro výpočet mezičasů [zdroj: autor]	29
Obrázek 13 – Signální plán řešené křižovatky [zdroj: autor]	33
Obrázek 14 – Požadované stupně kvality pro určité typy komunikací [8]	35
Obrázek 15 – Konfliktní zóny křižovatky [zdroj: autor]	39
Obrázek 16 – Snímek zachycený během výsledné simulace [zdroj: autor]	40

Seznam tabulek

Tabulka 1 – Intenzity dopravy podle CSD z roku 2016 [7]	12
Tabulka 2 – Popis dopravních proudů a řadicích pruhů [zdroj: autor]	14
Tabulka 3 – Naměřené intenzity dopravy v dopolední špičce [zdroj: autor]	15
Tabulka 4 – Naměřené intenzity dopravy v odpolední špičce [zdroj: autor]	15
Tabulka 5 – Intenzity směrovosti dopravních proudů pro dopolední špičku [zdroj: autor]	16
Tabulka 6 – Intenzity směrovosti dopravních proudů pro odpolední špičku [zdroj: autor]	16
Tabulka 7 – Charakteristika nadřazenosti proudů [8]	19
Tabulka 8 – Přepočtové koeficienty [8]	19
Tabulka 9 – ÚKD v závislosti na t_w [8]	19
Tabulka 10 – Kapacitní výpočty neřízené varianty pro dopolední špičku [zdroj: autor]	20
Tabulka 11 – Kapacitní výpočty neřízené varianty pro odpolední špičku [zdroj: autor]	20
Tabulka 12 – Nehodovost [12 – upraveno autorem]	22
Tabulka 13 – Vzájemné působení intenzit nadřazených a podřazených proudů pro dopolední špičku [zdroj: autor]	24
Tabulka 14 – Vzájemné působení intenzit nadřazených a podřazených proudů pro odpolední špičku [zdroj: autor]	24
Tabulka 15 – Mezičasy [zdroj: autor]	30
Tabulka 16 – Výpočty pro stanovení saturovaného toku vjezdu a stanovení délky cyklu a délky fází pro dopolední špičku [zdroj: autor]	33
Tabulka 17 – Intervaly přípustných kapacit pro určité typy křižovatek [8]	34
Tabulka 18 – Kapacitní výpočty řízené varianty pro dopolední špičku [zdroj: autor]	36
Tabulka 19 – Kapacitní výpočty řízené varianty pro odpolední špičku [zdroj: autor]	37
Tabulka 20 – Hodnoty spočtené programem v porovnání s hodnotami z předešlých výpočtů [zdroj: autor]	41

Seznam příloh

Příloha 1 – Výkres č. 1 – Současné stavební uspořádání křižovatky

Příloha 2 – Mapa MHD Ústeckého kraje [6]

Příloha 3 – Výkres č. 2 – Návrh stavebního uspořádání křižovatky

Příloha 4 – Výpočty mezičasů – kolizní body

Příloha 5 – Výpočty délky cyklu a fází pro odpolední špičku

Příloha 6 – Legenda veličin u výpočtů délky cyklu a fází

Příloha 7 – Výkres č. 3 – Alternativní návrh stavebního uspořádání křižovatky

Příloha 8 – Výsledky jednotlivých čtení mikrosimulace PTV Vissim