



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Eva Hajčiarová

**NÁVRH SSZ NA KŘIŽOVATCE I/3 x KE STADIONU A
NA PŘILEHLÉM PŘECHODU U BENEŠOVA**

Bakalářská práce

2020



K620..... Ústav dopravní telematiky

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Eva Hajčiarová

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – ITS – Inteligentní dopravní systémy

Název tématu (česky): **Návrh SSZ na křižovatce I/3 x Ke Stadionu a
přílehlém přechodu u Benešova**

Název tématu (anglicky): The Design of Traffic Control at the Intersection I/3 x Ke
Stadionu

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte následujícími pokyny:

- Analýza současné dopravní situace a širších dopravních vztahů na posuzované křižovatce
- Analýza dostupných DI dat z provedeného průzkumu na posuzované křižovatce
- Posouzení vhodnosti zavedení SSZ na základě všech kritérií
- Návrh řízení křižovatky a přílehlého přechodu pomocí SSZ
- 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
PTV Vissim - User manual
TP 235 Posuzování kapacity světelně řízených křižovatek

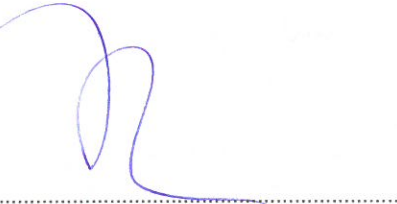
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Růžička**

Datum zadání bakalářské práce: **18. 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)

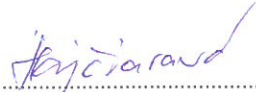
Datum odevzdání bakalářské práce: **10. srpna 2020**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia


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


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



Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.


Eva Hajčiarová
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 3. prosince 2019

Poděkování

Chtěla bych poděkovat panu Ing. Jiřímu Růžičkovi za cenné rady, odborné vedení, trpělivost a ochotu v průběhu zpracování mé bakalářské práce.

Prohlášení

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

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

V Praze dne 10. srpna 2020

.....

podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

NÁVRZ SSZ NA KŘIŽOVATCE I/3 x KE STADIONU A PŘILEHLÉM PŘECHODU U
BENEŠOVA

bakalářská práce

srpen 2020

Eva Hajčiarová

ABSTRAKT

Předmětem bakalářské práce je analýza současné dopravní situace na řešené lokalitě křižovatky I/3 x Ke Stadionu v těsném sousedství města Benešov a přilehlého přechodu pro chodce přes komunikaci I/3. Součástí analýzy je provedení a vyhodnocení dopravního průzkumu. Práce se dále zabývá návrhem řízení křižovatky a přilehlého přechodu pomocí SSZ, spolu s posouzením vhodnosti zavedení SSZ, a zhodnocení návrhu řízení pomocí simulace.

ABSTRACT

The subject of the bachelor thesis is the analysis of the current traffic situation at the addressed location situated close to the town Benešov – the intersection I/3 x Ke Stadionu and adjoining pedestrian crossing. The analysis includes carrying out the traffic survey and its evaluation. Furthermore, the thesis focuses on a design of traffic signals at the intersection and adjoining pedestrian crossing together with evaluation of its suitability and its verification by simulation.

Obsah

Obsah	4
Seznam použitých zkratek	7
1 Úvod	8
2 Vymezení a popis řešeného území	10
2.1 Město Benešov	10
2.2 Blízké okolí řešené lokality	12
2.3 Současný stav řešené lokality	13
2.3.1 Stavební uspořádání a dopravní značení	13
2.3.2 Rozhledové poměry	14
3 Dopravní průzkum	15
3.1 Obecně	15
3.2 Průzkum na řešené lokalitě	15
3.2.1 Provedení	15
3.2.2 Vyhodnocení	17
3.2.2.1 Směrová tabulka intenzit na křižovatce I/3 x Ke Stadionu	20
3.2.3 Závěr	21
4 Kapacitní výpočet neřízené křižovatky	22
4.1 Postup výpočtu	22
4.2 Závěr	23
5 Kritéria návrhu	25
5.1 Kritérium bezpečnosti provozu	25
5.1.1 Stanovení minimálního skutečného počtu vozidel	25
5.1.2 Závěr:	27
5.2 Kritérium intenzity provozu z hlediska vozidel	27
5.2.1 Vyhodnocení:	28
5.2.2 Závěr:	28
5.3 Kritérium intenzity provozu z hlediska chodců	29
5.3.1 Vyhodnocení:	29
5.3.2 Závěr:	29
5.4 Kritérium plynulosti jízdy vozidel městské hromadné dopravy	29
5.4.1 Závěr:	30
5.5 Závěr:	30
6 Návrh uspořádání křižovatky	31

6.1	Stavební úpravy	31
6.2	Vodorovné dopravní značení	31
6.3	Svislé dopravní značení.....	32
6.4	Návěstidla světelné signalizace.....	34
7	Návrh SSZ.....	35
7.1	Návrh signálních skupin.....	35
7.1.1	Přechod pro chodce	36
7.1.2	Křižovatka I/3 x Ke Stadionu.....	36
7.2	Návrh fází a pořadí fází.....	37
7.2.1	Přechod pro chodce	37
7.2.2	Křižovatka I/3 x Ke Stadionu.....	38
7.3	Stanovení mezičasů.....	40
7.3.1	Přechod pro chodce	41
7.3.2	Křižovatka I/3 x Ke Stadionu.....	41
7.4	Sestavení fázových přechodů.....	43
7.4.1	Přechod pro chodce	43
7.4.2	Křižovatka I/3 x Ke Stadionu.....	43
7.5	Výpočet parametrů cyklu.....	45
7.6	Sestavení signálního plánu.....	48
7.6.1	Křižovatka I/3 x Ke Stadionu.....	48
7.6.2	Přechod pro chodce	49
7.7	Kapacitní posouzení SSZ	50
7.7.1	Vstupní veličiny pro kapacitní výpočet.....	50
7.7.2	Postup výpočtu	51
7.8	Koordinace SSZ v řešené lokalitě	54
7.8.1	Vyhodnocení předpokladů a podmínek koordinace	54
7.8.2	Postup tvorby koordinace.....	55
7.8.3	Závěr	56
8	Simulace návrhu řízení pomocí simulačního nástroje	57
8.1	Tvorba modelu	57
8.2	Ověření a zhodnocení návrhu SSZ	58
9	Závěr	61
	Použité zdroje.....	63
	Literatura	63
	Internetové zdroje.....	63

Seznam obrázků	65
Seznam tabulek.....	66
Seznam příloh.....	67

Seznam použitých zkratk

CSD	... celostátní sčítání dopravy
ČSN	... česká státní norma
MHD	... městská hromadná doprava
SDZ	... svislé dopravní značení
SSZ	... světelné signalizační zařízení
TP	... technické podmínky
UKD	... úroveň kvality dopravy
VDZ	... vodorovné dopravní značení
VHD	... veřejná hromadná doprava
VISSIM	... Verkehr in Städten – Simulationsmodell

1 Úvod

Dopravní inženýrství je poměrně mladým vědním oborem, který se snaží reagovat na rychle se měnící dopravní chování společnosti. V souvislosti se současným rozvojem technologií a zvyšující se životní úrovni dochází ke stálému zvyšování přepravní nabídky i poptávky. V praxi silniční dopravy se toto projevuje stále se zvyšujícím počtem vozidel na pozemních komunikacích, což způsobuje řadu problémů – od delších dojezdových dob způsobených dopravními kongescemi přes obtíže při parkování ve městech až po zvýšenou nehodovost.

Reagovat na rostoucí intenzity dopravy a na s tím spojené problémy lze různými způsoby. Snaha o usměrnění provozu pomocí světelného signalizačního zařízení (dále jen SSZ), kterou se zabývá tato bakalářská práce, je jen jedním ze způsobů. Nicméně, vzhledem k ostatním možnostem (např. k rozsáhlejšímu stavebnímu úpravám komunikací) jde o poměrně rychlý, jednoduchý a levný způsob. Další výhodou SSZ je to, že jej lze poměrně snadno přizpůsobit dalším změnám v dopravě, které mohou vzhledem k různým špatně předvídatelným vlivům nastat.

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem SSZ na konkrétní lokalitě při zohlednění konkrétních místních podmínek. Vybranou lokalitou je křižovatka I/3 x Ke Stadionu, která se nachází v těsném sousedství středočeského města Benešov, a blízké místo přecházení chodců, kteří zde překonávají hlavní tah I/3, aby se dostali do parku u zámku Konopiště. V obou případech, jak křižovatky, tak přechodu chodců, se jedná o nebezpečné lokality, které jsou z důvodu poměrně hustého provozu na silnici I/3 pro ostatní účastníky provozu málo přehledné. Je zřejmé, že návrh SSZ na silnici I. třídy není příliš běžnou záležitostí, na druhou stranu, v tomto úseku se jedná v podstatě o obchvat města Benešov a v současnosti je zde již vybudovaná jedna okružní křižovatka a dochází k realizaci další. Tudíž lze konstatovat, že plynulost dopravy na silnici I/3 je již narušena a další případné zdržení na SSZ nebude příliš významným rušivým prvkem. Naopak, bude vyváženo zvýšením bezpečnosti a komfortu průjezdu pro účastníky provozu jiných než hlavních směrů.

Jako podklad k návrhu SSZ bude na řešené lokalitě proveden podrobný dopravní průzkum a stejně tak budou vyhodnoceny vlivy okolí řešené lokality na dopravní chování v lokalitě. Před samotným návrhem SSZ bude proveden kapacitní výpočet současného neřízeného stavu křižovatky I/3 x Ke Stadionu a budou vyhodnocena kritéria pro účelný návrh SSZ.

Samotný návrh SSZ bude proveden v souladu s běžnými postupy tak, aby výsledek zajišťoval vzhledem k možnostem optimální průjezd všech účastníků provozu řešenou lokalitou.

Případné stavební úpravy a úpravy v dopravním značení budou zakresleny v situačním výkresu, který bude jednou z příloh této práce. Výsledný návrh bude ověřen opět kapacitním výpočtem a zároveň posouzen pomocí simulačního prostředí VISSIM.

2 Vymezení a popis řešeného území

Řešená křižovatka silnic I/3 x Ke Stadionu se nachází v těsném sousedství města Benešov, a to na jednom z nejvýznamnějších silničních tahů v regionu.



Obrázek 1 – Řešená lokalita – širší vztahy

2.1 Město Benešov

Benešov je bývalým okresním městem, dnes má statut obce s rozšířenou působností. Rozkládá se 40 km na jihovýchod od Prahy, a to na ploše 46,87 km². K 1. 1. 2020 měl 16 758 obyvatel. Jeho historie sahá až do 13. století a v dnešní době je městem, které se snaží rozvíjet a zůstat atraktivním pro obyvatele.

Benešov je zároveň poměrně významným bodem z dopravního hlediska. Význačnost mu zajišťuje už jeho geografická poloha. Blízkost Prahy obyvatelům města i širšího regionu umožňuje časté dojíždění – jednak každodenně za prací, dále za kulturou a jinými volnočasovými aktivitami. Samotným městem prochází IV. tranzitní železniční koridor, který vede přes Českou republiku v severo-jížním směru (přes Děčín, Ústí nad Labem, Prahu a České Budějovice) a spojuje tak Německo s Rakouskem. Díky němu je možné cestovat vlakem mezi stanicemi Benešov a Praha hl.n. za necelých 40 minut. Na koridor se v Benešově napojuje trať 222, regionálního významu, která spojuje město s cca 25 km (vzdušnou čarou)

vzdáleným Trhovým Štěpánovem. Co se týče silniční dopravy, západně od Benešova v jeho těsném sousedství prochází již zmíněná silnice první třídy I/3. Ta zajišťuje zejména vazbu na Prahu, a to přes dálnici D1, na kterou se napojuje necelých 20 km severně od města. Kromě ní mezi místní páteřní komunikace patří tři silnice druhé třídy, a to II/106, II/110 a II/112. Silnice II/106 vede z Benešova severozápadním směrem přes Týnec nad Sázavou k osadě Hradištko, kde se u vodní nádrže Štěchovice napojuje na silnici první třídy I/2 směřující na Prahu. Silnice II/110 vede severovýchodním směrem, u obce Ostředek kříží dálnici D1 a pokračuje do města Sázava. Silnice II/112 míří jihovýchodním směrem a poskytuje Benešovu spojení s městy Vlašim a Pelhřimov. K cestám na západ mohou obyvatelé využít například silnici II/114, která se u obce Jírovice (cca 3 km jižně od Benešova) kříží s I/3.

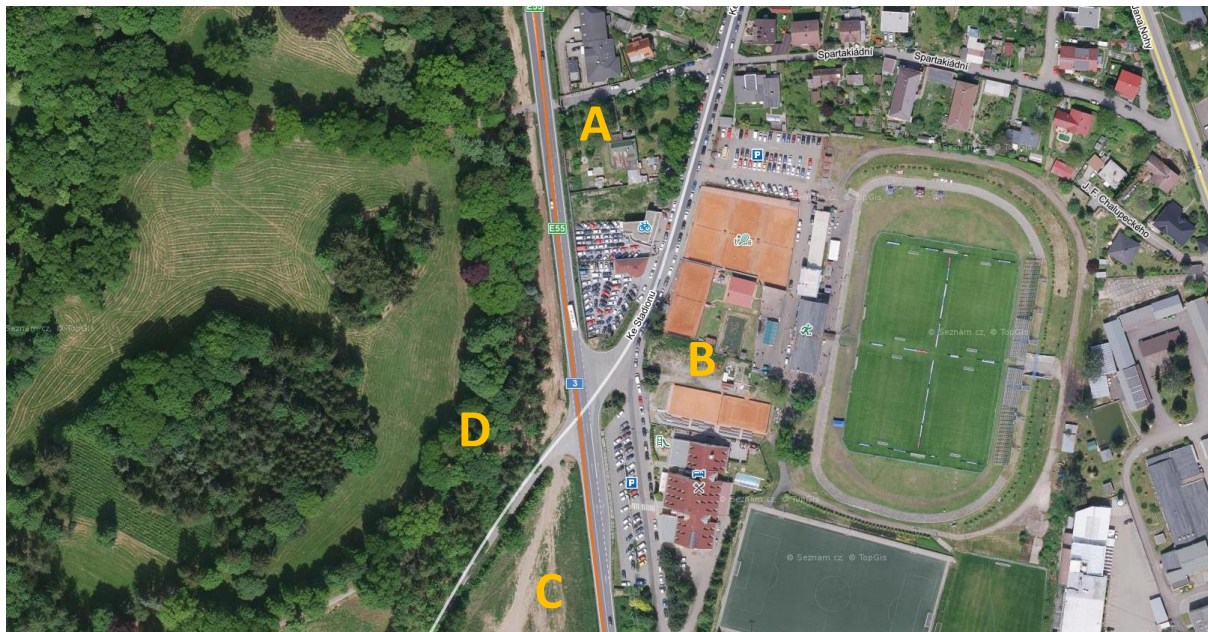
Co se týče Benešova jako možného dopravního cíle, turisticky nejatraktivnějším místem je pravděpodobně přilehlý zámek Konopiště. Přímo ve městě jsou obvyklé budovy občanské vybavenosti – kulturní dům, muzeum, divadlo nebo kino a dále se zde nachází například pivovar. Pro podporu volnočasových aktivit je zde zřízeno také několik sportovišť, mezi nimi plavecký bazén, zimní stadion, fotbalové hřiště, sokolovna a další. Město zároveň disponuje vlastní nemocnicí.

Dalším možným dopravním cílem jsou školy. Ve městě se nachází čtyři základní školy, sedm středních škol, dále praktická škola, vyšší odborná a základní umělecká. Kromě vzdělávacích zařízení sídlí ve městě několik větších zaměstnavatelů, např. již zmíněná Nemocnice Rudolfa a Stefanie Benešov, a.s. nebo TRW Autoelektronika, s.r.o., které představují dva největší zaměstnavatele ve městě. Jako bývalé okresní město funguje Benešov v těchto oblastech jako zdroj a cíl cest. (1)

Do budoucna má Benešov v plánu rozšiřovat obytnou zástavbu, jednak na nových plochách, ale i na stávajících zastavěných územích – např. na plochách bývalých kasáren. Dále má snahu rozvíjet například dopravní infrastrukturu nebo zlepšovat podmínky pro kulturu, sport a volnočasové aktivity. (2)

2.2 Blízké okolí řešené lokality

Řešená lokalita se nachází na jihozápadním okraji města. V jejím těsném sousedství leží konopištský zámecký park, který je častým cílem pohybu chodců. Pěší přechod přes silnici I/3, který do něj ústí, je vzdálený cca 150 m severně od řešené křižovatky.



Obrázek 2 – Řešená lokalita

Východně od zadané křižovatky se u ulice Ke Stadionu nachází sportovní areál, který mimo jiné obsahuje fotbalový stadion a tenisové kurty. Přiléhá k němu hotel s restaurací a dvě parkoviště, z nichž jedno se nachází přímo vedle řešené křižovatky. Kromě sportovního zázemí se zde nachází také autobazar. Všechna vyjmenovaná zařízení mají určitý, přestože pravděpodobně jen nárazový, vliv na intenzitu provozu na dané křižovatce.

Na západ z křižovatky vede silnice místního významu, III/11457. Spojuje silnici I/3 se silnicí II/114 a měří cca 3,5 km. Vede podél jižního okraje konopištského parku a dále kolem Jarkovického rybníka a přes vesnici Jarkovice. Přibližně 400 m od řešené křižovatky se vedle silnice III/11457 nachází komplex hotelu Konopiště, v jehož sousedství by mělo být v budoucnu postaveno 60 rodinných domků pro přibližně 300 obyvatel. To bude znamenat nárůst nároků na křižovatku i přechod pro chodce, protože bude nezbytné propojit tuto lokalitu se zbytkem města. Nicméně přesný termín realizace výstavby nebyl zatím stanoven. (3)

Co se týče silnice I/3, ta na svém severním konci napojuje řadu měst a obcí na dálnici D1, směrem na jih poté tvoří například část obchvatu města Tábor, prochází krajským městem České Budějovice a pokračuje ke hranicím s Rakouskem u Dolního Dvořiště. Díky své důležitosti a umístění je součástí evropské silnice E55. Postupně má být nahrazena dálnicí

D3, ovšem v úsecích v okolí Benešova ještě není zahájení výstavby upřesněno, příprava je ve fázi čekání na územní rozhodnutí. (4)

V okolí Benešova tvoří silnice I/3 obchvat města. V současnosti jsou realizovány postupné stavební úpravy v úseku mezi křižovatkou „U Topolu“ na jižním okraji Benešova a křižovatkou „Červené Vršky“ na severním okraji města. Na úseku silnice I/3 řešeného v této práci je plánováno zahloubení této komunikace v délce 615 m, kvůli vyřešení nebezpečnosti pěšího přechodu do konopištského parku a křižovatky s ulicí Ke Stadionu. Tímto řešením vznikne v obou případech mimoúrovňové křížení. Realizace tohoto záměru má začít během roku 2020. (2) Tento záměr byl zjištěn až po zadání bakalářské práce, tato práce tedy zkoumá alternativní dopravní řešení dané lokality.

2.3 Současný stav řešené lokality

Současný stav řešené lokality byl zpracován v grafické podobě podle mapového podkladu poskytnutého městem Benešov. Je obsažen v Příloze 1 – Současný stav řešené lokality.

2.3.1 Stavební uspořádání a dopravní značení

V současnosti je na řešeném území silnice I/3 postavena jako dvoupruh v kategorii S9,5. Vzhledem k tomu, že neleží na území obce, neplatí zde omezení rychlosti na 50 km/h, ale v celém okolí Benešova je na ní snížena rychlost na 70 km/h.

Na rameni A (viz Obrázek 2) se cca 150 m severně od křižovatky s ulicí Ke Stadionu nachází řešený přechod pěších. Ten není označený jako přechod pro chodce – na zvýšený pohyb pěších a cyklistů upozorňuje svíslá dopravní značka „Jiné nebezpečí“ (A 22) s dodatkovou tabulkou, umístěná na reflexním žlutém podkladu s nápisem „POZOR“. V jeho okolí je snížena rychlost ze 70 km/h na 50 km/h. Za přechodem v obou směrech je nejvyšší dovolená rychlost opět zvýšena na 70 km/h.

Řešená křižovatka je uspořádána následovně:

Na ramenech A a C (silnice I/3) je omezena nejvyšší dovolená rychlost na 70 km/h a na rameni C je vyznačen 80 m dlouhý odbočovací pruh pro pravé odbočení ve směru do města. Žádné další odbočovací nebo připojovací pruhy na křižovatce vyznačené nejsou.

Obecně vodorovné dopravní značení existuje pouze na ramenech A a C, kromě již zmíněného odbočovacího pruhu se jedná o vodící čáry (V 4), podélné čáry (V 1a, V 2b), směrové šipky (V 9a) a o předběžné šipky (V 9a). Směrové šipky jsou nicméně vyznačeny jen na rameni C, a to

ne zcela přesně, protože vyznačený je pouze směr rovně v průběžném pruhu a doprava v odbočovacím pruhu, přestože z průběžného pruhu je dle svislého dopravního značení možné kromě přímého směru i odbočení vlevo. Na rameni A ve směru od křižovatky k přechodu pro chodce jsou vyznačeny v počtu tří šipek předběžné šipky, protože v místě přechodu pro chodce přechází podélná čára přerušovaná v souvislou. Nicméně podle TP 65 by mimo obec měly být předběžné šipky umístovány minimálně v počtu pěti. Přerušovaná podélná čára je vyznačena na rameni A v celé jeho délce od přechodu pro chodce až ke křižovatce. Na rameni C je naopak v úseku před křižovatkou zavedena souvislá podélná čára.

Ramena B a D nemají vodorovné dopravní značení a jsou před křižovatkou ukončena svislou dopravní značkou „Stůj, dej přednost v jízdě!“ (P 6), bez předběžné značky „Dej přednost v jízdě!“ (P 4), přestože jde o křižovátku mimo obec. Ovšem ani na jednom z těchto ramen pravděpodobně nehrozí jízda vozidel vysokými rychlostmi, protože rameno B (ulice Ke Stadionu) je značkou „Konec obce“ (IS 12b) označeno až cca 50 m před křižovatkou a rameno D (III/11457) je úzká silnice třetí třídy. Ani jedno z těchto ramen nemá vodorovné dopravní značení, přestože rameno B zaujímá poměrně velkou plochu.

2.3.2 Rozhledové poměry

Silnice I/3 je v řešeném úseku rovná, ale rozhledové poměry v okolí místa přecházení chodců a na ramenech křižovatky jsou sníženy. Jednak protihlukovou stěnou mezi rameny A a B, která odděluje silnici I/3 od města Benešov a je umístěna v těsné blízkosti ramene A, dále lesem konopištského parku mezi rameny A a D. Pokud by chodec bez rozhlédnutí rychle vběhl na silnici, pravděpodobně by to znamenalo problém, podobně i v případě vozidel na vedlejších ramenech křižovatky. Mezi rameny C a D jsou rozhledové poměry lepší díky absenci lesa (podél obou komunikací se jen občas vyskytují keře), ovšem mezi rameny B a C překáží rozhledu reklamní poutač, občasné keře a stromy, a pokud by bylo obsazené, také parkoviště.

3 Dopravní průzkum

3.1 Obecně

Za účelem zjištění relevantních informací o obvyklém stavu dopravy by se měly dopravní průzkumy provádět při co nejběžnějším provozu. Proto jsou vhodné jarní a podzimní měsíce, tzn. duben, květen, červen a září a říjen, kdy nedochází k výkyvům vlivem Vánoc, prázdnin, zimních a letních dovolených. Co se týče dní v týdnu, průměrný provoz lze nejlépe zjišťovat během pracovních dní, a to úterý, středy a čtvrtka, kdy není ovlivňován víkendy, prodlouženými víkendy a svátky.

Pro průzkumy je vhodné vybrat ty hodiny během dne, ve kterých lze očekávat nejvyšší intenzity, tzn. období kolem ranní a odpolední špičky.

Pro potřeby návrhu SSZ je z dopravních parametrů nejdůležitější *intenzita provozu, I*, s jednotkou *vozidla za hodinu, voz · hod⁻¹*.

Dopravní průzkum byl proveden v souladu s TP 189. (5)

3.2 Průzkum na řešené lokalitě

3.2.1 Provedení

Byly provedeny dva dopravní průzkumy. První dopravní průzkum na řešené lokalitě byl proveden v úterý 26. 9. 2017, a to během celého dne – od 6:00 ráno do 18:00 večer. Důvodem bylo použití kamer, které byly ráno na místě nainstalovány a večer opět odvezeny. Pro další zpracování bylo ale od začátku zamýšleno využít jen osm dopravně nejzatíženějších hodin, tzn. časové úseky od 6:00 do 10:00 dopoledne a od 14:00 do 18:00 odpoledne. Tyto úseky postačují pro získání co nejspolehlivějších informací ve smyslu předchozího odstavce.

Průzkum byl proveden pomocí dvou kamer. Jedna byla instalována mezi rameny C a D křižovatky, druhá na západní straně u přechodu chodců. Obě byly umístěny ve zvýšených polohách tak, aby jejich záběr pojal celou zájmovou oblast (křižovatka, přechod).

Počasí během průzkumu bylo polojasné, bez srážek a významných výkyvů. Na dopravu neměly vliv žádná dočasná omezení provozu, jako například práce na silnici a s ní spojené objízdne trasy.



Obrázek 3 – průzkum 26. 9. 2017 – přechod



Obrázek 4 – průzkum 21. 5. 2020 – křižovatka

Vzhledem k posunutí termínu odevzdání práce o rok bylo vyhodnoceno, že data z prvního průzkumu nebudou v termínu odevzdání dostatečně aktuální, proto byl naplánován druhý průzkum. Kvůli co nejlepší aktuálnosti dat byl naplánován na březen 2020, nicméně z důvodů nouzového stavu kvůli výskytu nemoci Covid-19 byl proveden až 21. 5. 2020, po ukončení nouzového stavu.

Průzkum byl proveden pomocí kamery na křižovatce a lidského sčítače na místě přecházení chodců.

Počasí během druhého průzkumu bylo teplé a jasné až polojasné, také s absencí výkyvů. Na dopravu měly mírný vliv stavební práce na křižovatce I/3 x ul. Červené Vršky na severním kraji Benešova, v rámci kterých byla doprava na jmenované křižovatce svedena do jednoho pruhu a byl znemožněn sjezd z komunikace I/3 ve směru do města a zároveň i nájezd na ni. Na dopravu v řešené lokalitě tato situace měla vliv ve větší koncentraci nákladních vozidel s výškou nad 3,6 m, kterým byla stanovena objízdna trasa přes okružní křižovatku „U Topolu“ na silnici I/3 jižně od řešené lokality.

3.2.2 Vyhodnocení

Vyhodnocení průzkumu obou průzkumů kromě druhého průzkumu chodců na řešeném místě pro přecházení proběhlo „ručně“ s pomocí videozáznamu. Druhý průzkum chodců byl vyhodnocen kompletně „ručně“. Byly napočítány intenzity vozidel ve všech dopravních proudech a intenzity přecházejících chodců. Vozidla byla při sčítání rozdělena do kategorií v souladu s převodními tabulkami pro převod počtu skutečných vozidel na univerzální jednotku *jednotkové vozidlo – jvoz* (viz tabulka 1) (6). Interval sčítání byl pět minut, pro pozdější využití v dopravních modelech. Další dílčí součty byly provedené po hodinách.

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

Tabulka 1 – Členění druhů vozidel

Úplná tabulka s napočítanými intenzitami obou průzkumů se nachází v Příloze 2 – Dopravní průzkum.

Níže jsou pro ilustraci výsledků uvedeny tři tabulky pro každý průzkum. V první dvojici tabulek (tabulka 2 a tabulka 3) je celkový součet intenzit za celé měřené období (8 hodin), ve kterém jsou vyznačeny dopravně nejzatíženější hodiny z dopoledne a odpoledne. Ve druhé dvojici tabulek (tabulka 4 a tabulka 5) jsou uvedeny intenzity vozidel v místě přechodu chodců přes silnici I/3 z ulice Spartakiádní do Konopišťského parku. Všechny tabulky obsahují i přepočítané hodnoty vozidel na jednotkové vozidlo, což bude využito v dalším zpracování. Poslední dvojice tabulek (tabulka 6 a tabulka 7) obsahuje intenzity chodců přecházejících na uvedeném místě silnici I/3.

26.09.2017	křižovatka I/3 x Ke Stadionu									
	skutečné počty vozidel					počty vozidel v jvoz				
Kategorie vozidel	OA	LNA	TNA	M	C	OA	LNA	TNA	M	C
06:00 - 07:00	1314	97	145	2	0	1314	165	363	2	0
07:00 - 08:00	1608	110	136	1	0	1608	187	340	1	0
08:00 - 09:00	1627	142	137	2	0	1627	241	343	2	0
09:00 - 10:00	1433	138	160	2	0	1433	235	400	2	0
14:00 - 15:00	1492	107	140	3	0	1492	182	350	2	0
15:00 - 16:00	1642	112	121	5	0	1642	190	303	4	0
16:00 - 17:00	1640	75	90	8	1	1640	128	225	6	1
17:00 - 18:00	1541	87	104	6	0	1541	148	260	5	0

Tabulka 2 – Celkový součet intenzit (26. 9. 2017)

21.05.2020	křižovatka I/3 x Ke Stadionu									
	skutečné počty vozidel					počty vozidel v jvoz				
Kategorie vozidel	OA	LNA	TNA	M	C	OA	LNA	TNA	M	C
06:00 - 07:00	1354	119	113	9	2	1354	202	283	7	1
07:00 - 08:00	1537	151	122	7	1	1537	257	305	6	1
08:00 - 09:00	1465	136	147	9	1	1465	231	368	7	1
09:00 - 10:00	1318	131	158	7	2	1318	223	395	6	1
14:00 - 15:00	1525	102	125	19	0	1525	173	313	15	0
15:00 - 16:00	1617	81	106	19	2	1617	138	265	15	1
16:00 - 17:00	1744	70	85	19	3	1744	119	213	15	2
17:00 - 18:00	1761	35	76	27	3	1761	60	190	22	2

Tabulka 3 – Celkový součet intenzit (21. 5. 2020)

26.09.2017	silnice I/3 - přechod chodců									
	skutečné počty vozidel					počty vozidel v jvoz				
Kategorie vozidel	OA	LNA	TNA	M	C	OA	LNA	TNA	M	C
06:00 - 07:00	1128	94	144	2	0	1128	160	360	2	0
07:00 - 08:00	1401	105	134	1	0	1401	179	335	1	0
08:00 - 09:00	1482	138	135	1	0	1482	235	338	1	0
09:00 - 10:00	1310	134	157	2	0	1310	228	393	2	0
14:00 - 15:00	1395	103	139	3	0	1395	175	348	2	0
15:00 - 16:00	1521	110	120	3	0	1521	187	300	2	0
16:00 - 17:00	1525	73	89	8	0	1525	124	223	6	0
17:00 - 18:00	1437	85	104	6	0	1437	145	260	5	0

Tabulka 4 – Součet intenzit v místě přechodu chodců (26. 9. 2017)

21.05.2020	silnice I/3 - přechod chodců									
	skutečné počty vozidel					počty vozidel v jvoz				
Kategorie vozidel	OA	LNA	TNA	M	C	OA	LNA	TNA	M	C
06:00 - 07:00	1220	115	111	9	2	1220	196	278	7	1
07:00 - 08:00	1376	143	120	7	0	1376	243	300	6	0
08:00 - 09:00	1344	131	143	8	0	1344	223	358	6	0
09:00 - 10:00	1200	126	158	7	0	1200	214	395	6	0
14:00 - 15:00	1378	98	121	15	0	1378	167	303	12	0
15:00 - 16:00	1498	78	105	16	0	1498	133	263	13	0
16:00 - 17:00	1623	69	85	18	2	1623	117	213	14	1
17:00 - 18:00	1638	32	73	25	0	1638	54	183	20	0

Tabulka 5 – Součet intenzit v místě přechodu chodců (21. 5. 2020)

	přechod chodců		
	směr město -> park	směr park -> město	součet
06:00 - 07:00	0	1	1
07:00 - 08:00	17	1	18
08:00 - 09:00	3	16	19
09:00 - 10:00	12	1	13
14:00 - 15:00	45	4	49
15:00 - 16:00	0	13	13
16:00 - 17:00	23	8	31
17:00 - 18:00	6	30	36

Tabulka 6 – Intenzity přecházejících chodců (26. 9. 2017)

21.05.2020	přechod chodců		
	směr město -> park	směr park -> město	součet
06:00 - 07:00	1	4	5
07:00 - 08:00	2	3	5
08:00 - 09:00	4	3	7
09:00 - 10:00	5	8	13
14:00 - 15:00	10	23	33
15:00 - 16:00	19	29	48
16:00 - 17:00	49	18	67
17:00 - 18:00	20	34	54

Tabulka 7 – Intenzity přecházejících chodců (21. 5. 2020)

3.2.2.1 Směrová tabulka intenzit na křižovatce I/3 x Ke Stadionu

Pro přehledné zobrazení intenzity dopravy na řešené křižovatce byly vytvořeny směrové tabulky intenzit. Tyto tabulky nerozlišují jednotlivé druhy vozidel, počty všech vozidel byly převedeny na jednotku jvoz a sečteny.

Ze směru	I/3 (rameno A)				Ke Stadionu (rameno B)				I/3 (rameno C)				III/11457 (rameno D)			
	VLEVO	ROVNĚ	VPRAVO	OBRAT	VLEVO	ROVNĚ	VPRAVO	OBRAT	VLEVO	ROVNĚ	VPRAVO	OBRAT	VLEVO	ROVNĚ	VPRAVO	OBRAT
Do směru	B	C	D	A	C	D	A	B	D	A	B	C	A	B	C	D
26.09.2017	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06:00 - 07:00	10	646	10	0	6	0	23	0	0	957	182	0	4	4	2	0
07:00 - 08:00	16	832	18	0	3	0	24	0	0	1023	208	0	2	10	0	0
08:00 - 09:00	45	973	20	0	11	0	24	0	0	986	140	0	7	5	2	0
09:00 - 10:00	64	949	19	0	17	0	37	0	0	859	114	0	4	2	4	0
14:00 - 15:00	24	1019	27	1	18	0	40	0	2	807	83	0	1	3	1	0
15:00 - 16:00	11	1117	21	0	6	2	31	0	6	821	98	1	9	14	2	0
16:00 - 17:00	14	1100	17	0	10	0	34	0	5	710	98	1	2	8	0	0
17:00 - 18:00	20	1096	30	0	5	0	23	0	2	676	95	0	2	2	3	0

Tabulka 8 – Směrová tabulka intenzit (26. 9. 2017)

Ze směru	I/3 (rameno A)				Ke Stadionu (rameno B)				I/3 (rameno C)				III/11457 (rameno D)			
	VLEVO	ROVNĚ	VPRAVO	OBRAT	VLEVO	ROVNĚ	VPRAVO	OBRAT	VLEVO	ROVNĚ	VPRAVO	OBRAT	VLEVO	ROVNĚ	VPRAVO	OBRAT
Do směru	B	C	D	A	C	D	A	B	D	A	B	C	A	B	C	D
21.05.2020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06:00 - 07:00	24	687	12	1	4	0	66	0	0	907	140	0	3	1	2	0
07:00 - 08:00	37	819	20	1	7	1	44	0	0	1000	170	0	4	4	0	0
08:00 - 09:00	34	924	19	0	7	0	45	0	0	904	133	0	5	2	0	0
09:00 - 10:00	20	957	19	0	11	2	52	1	0	764	109	0	3	4	1	0
14:00 - 15:00	33	1004	22	0	23	1	54	2	0	744	127	0	2	5	9	0
15:00 - 16:00	37	1102	28	0	15	2	48	1	3	685	101	0	5	5	4	0
16:00 - 17:00	20	1200	22	0	12	4	63	2	0	660	99	0	4	5	3	0
17:00 - 18:00	20	1194	17	0	19	3	42	0	1	614	103	1	8	6	6	0

Tabulka 9 – Směrová tabulka intenzit (21. 5. 2020)

3.2.3 Závěr

Při porovnání průzkumu intenzit vozidel je vidět, že poměrové rozložení dopravy v čase je přibližně stejné. Je nutné poznamenat, že druhý průzkum byl zřejmě ovlivněn pandemií Covid-19, což mohlo vést jednak obecně k naměření nižších intenzit a také k naopak významnému nárůstu počtu osobních vozidel po 16. hodině. Důvodem pro tento nárůst může být například přesun lidí z Prahy směrem k turistickým destinacím u Vltavy nebo na jihu Čech. Průzkum byl prováděn ve čtvrtek, a ačkoli v pátek nebyl státní svátek, vzhledem k množství lidí pracujících kvůli pandemii v režimu „home-office“, nebyla v době průzkumu nutná jejich fyzická přítomnost na pracovišti. Vzhledem k tomu, že nárůst dopravy po 16. hodině se projevil jen v počtu osobních vozidel, bude tento jev brán nadále jako zkreslení a v práci bude jako hodina s nejvyšší intenzitou brána hodina 15:00 – 16:00.

Počet chodců vykázal při druhém průzkumu mírný nárůst. Bez dlouhodobějšího sledování nelze určit, zda se jedná o obecně vzrůstající tendenci nebo ne. Mezi případné vnější vlivy ovlivňující počet chodců patří opět např. režim „home-office“, případně obecně lepší počasí.

Dále budou v práci používána pouze data získaná při druhém průzkumu, 21. 5. 2020.

4 Kapacitní výpočet neřízené křižovatky

Za účelem posouzení, zda řešená křižovatka I/3 x Ke Stadionu v současné stavu kapacitně odpovídá naměřeným intenzitám provozu, byl proveden kapacitní výpočet. Provedení bylo řešeno podle TP 188 (7) a v Příloze 3 – Kapacitní posouzení neřízené křižovatky lze nalézt celkový standardizovaný protokol výpočtu. Výpočet byl proveden podle dat z dopravního průzkumu 21. 5. 2020, a to pro období 8:00 – 9:00, tzn. dopolední špičku a 15:00 – 16:00, tzn. odpolední špičku.

Dle kritéria výkonnosti je kapacita neřízené úroňové křižovatky dostatečná, pokud je na všech dopravních proudech střední doba zdržení t_w menší nebo rovna nejvyšší přípustné době zdržení $t_{w,lim}$ pro příslušný stupeň úrovně kvality dopravy. Limitní hodnoty jsou dle TP 188 vyjádřeny následující tabulkou 10 (7). Zároveň podle ČSN 73 6102 platí, že požadovaný stupeň úrovně kvality dopravy pro řešenou křižovatku je na ramenech A a C stupeň C, protože jde o silnici I. třídy, a na ramenech B a D stupeň E, protože jde o silnici III. třídy a místní komunikaci.

Úroveň kvality dopravy		Střední doba zdržení v sekundách
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 $a_v > 1$

Tabulka 10 – Limitní hodnoty střední doby zdržení na vjezdu do neřízené křižovatky

4.1 Postup výpočtu

Prvním krokem k provedení výpočtu bylo stanovení geometrických podmínek, tzn. rozdělení dopravních proudů dle standardizovaného číslování (viz Příloha 3), určení podřazených a nadřazených dopravních proudů, určení stupňů podřazenosti a určení počtu a délek řadicích pruhů. Z dat z dopravního průzkumu byly dopravním proudům přiděleny příslušné intenzity provozu podle vyhodnocovaných hodinových intervalů a byly dopočítány rozhodující intenzity nadřazených proudů. Dále byly podle rychlosti jízdy stanoveny hodnoty následných a kritických časových odstupů t_r [s] a t_g [s]. Jako rychlost jízdy byla počítána maximální dovolená rychlost v daném úseku silnice I/3, což je 70 km/h.

Následně byla vypočítána základní kapacita dopravních proudů. Základním vztahem pro tento výpočet je dle TP 188 (7) vztah $C_{g,n} = \frac{3600}{t_f} \cdot e^{-\frac{I_H}{3600} \left(t_g - \frac{t_f}{2} \right)}$. Tento vztah byl posléze upravován dle stupňů podřazenosti dopravních proudů a dle konkrétních stavebních podmínek jednotlivých vjezdů do řešené křižovatky.

Dle vztahu $a_v = \frac{I}{C}$ byl pro každý dopravní proud stanoven stupeň vytížení dopravního proudu a_v [s] a bylo ověřeno, zda v nějakém případě přesahuje hodnotu 1, protože $a_v > 1$ indikuje úroveň kvality dopravy na stupni F.

V závěru byly vypočítány hodnoty rezervy kapacity Rez [jvoz/h], a to podle vztahu $Rez = C - I$. Bylo ověřeno, zda je na všech vjezdech rezerva kapacity kladná, v opačném případě by nebylo možné počítat střední dobu zdržení t_w [s] a stupeň ÚKD by vyšel F.

Střední doba zdržení byla vypočtena podle vztahu

$$t_w = \frac{3600}{C_n} + \frac{T}{4} \cdot \left[(a_v - 1) + \sqrt{(a_v - 1)^2 + \frac{3600 \cdot 8 \cdot \min(a_v, 1)}{C_n \cdot T}} \right]$$
 a s její pomocí byla dle výše uvedené tabulky 10 stanovena pro každý vjezd příslušná úroveň kvality dopravy.

Stanoveny byly také hodnoty délky fronty $L_{95\%}$ [m] na vjezdech do neřízené křižovatky. Hodnota $L_{95\%}$ určuje „mezni“ délku fronty, kterou v 95 % času v průběhu špičkové hodiny reálná délka fronty nepřesáhne. Je třeba, aby křižovatka byla na $L_{95\%}$ dimenzovaná. Délka fronty byla určena podle vztahu $L_{95\%} = \frac{3}{2} \cdot C_n \cdot \left(a_v - 1 + \sqrt{(1 - a_v)^2 + 3,0 \cdot \frac{8 \cdot a_v}{C_n}} \right)$.

4.2 Závěr

Tabulky 11 a 12, viz níže, popisují výsledné posouzení UKD na řešené křižovatce I/3 x Ke Stadionu v současné neřízené variantě. Lze z nich vyčíst, že kvalita dopravy pro dopolední i odpolední špičku odpovídá požadavkům stanoveným v ČSN 73 6102 (7). Stupeň vytížení na všech vjezdech splňuje podmínku $a_v < 1$, stejně jako rezerva kapacity Rez splňuje podmínku $Rez > 0$.

Pro dopolední špičku vyšla UKD pro vjezdy A, B, C na stupni A, pro vjezd D vyšel stupeň E. V odpolední špičce vyšla UKD pro vjezdy A a C na stupni A, pro vjezd B vyšel stupeň B a pro vjezd D stupeň D.

Z posouzení vypočítaných délek front na jednotlivých vjezdech lze konstatovat, že na vedlejších ramenech dochází k tvorbě jen zanedbatelných front v řádu jednotek metrů.

Nicméně, na hlavních ramenech již dochází až téměř k 40m frontám, a to zejména v odpoledních hodinách na rameni A, které je v současném stavu řešeno jen jedním pro všechny směry společným řadicím pruhem. Z tohoto výsledku lze vyvodit závěr, že by bylo vhodné při návrhu nového stavebního uspořádání rozšířit počet pruhů na tomto rameni např. o odbočovací pruh pro levé odbočení.

Tyto výsledky neindikují nutnost přestavby křižovatky na křižovatku řízenou SSZ, nicméně ze znalosti lokality lze konstatovat, že současné řešení není ideální, a to z důvodů, které jsou podrobněji popsány v následující kapitole 5 – Kritéria návrhu. Jedná se zejména o důvody bezpečnostní.

Posouzení úrovně kvality dopravy - dopolední špička													
Papísek	Název komunikace	Proud (vjezd - výjezd)	I [jvoz/h]	C [jvoz/h]	Rez [jvoz/h]	aV [-]	tw [s]	UKD [-]	L95% [m]		tw,lim [s]	tw≤tw,lim Rez>0	
1	I/3 (A)	1	-	-	-	-	-	-	-		-	-	
		1+2+3, 1+2,1+3	876	1620	744	0,54	5	A	21		30	ANO	
2	III/11457 (B)	4	-	-	-	-	-	-	-		-	-	
		5	-	-	-	-	-	-	-		-	-	
		6	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-
		4+5+6, 4+5, 4+6, 5+6	52	424	372	0,12	10	A	3		-	ANO	
3	I/3 (C)	7	-	-	-	-	-	-	-		-	-	
		7+8+9, 7+8,7+9	1170	1800	630	0,65	6	A	33		30	ANO	
4	MK Ke Stadionu (D)	10	-	-	-	-	-	-	-		-	-	
		11	-	-	-	-	-	-	-		-	-	
		12	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-
		10+11+12, 10+11, 10+12, 11+12	8	85	77	0,09	47	E	2		-	ANO	

Tabulka 11 – Posouzení úrovně kvality dopravy, křižovatka I/3 x Ke Stadionu, 8:00 - 9:00

Posouzení úrovně kvality dopravy - odpolední špička													
Papísek	Název komunikace	Proud (vjezd - výjezd)	I [jvoz/h]	C [jvoz/h]	Rez [jvoz/h]	aV [-]	tw [s]	UKD [-]	L95% [m]		tw,lim [s]	tw≤tw,lim Rez>0	
1	I/3 (A)	1	-	-	-	-	-	-	-		-	-	
		1+2+3, 1+2,1+3	1167	1712	545	0,68	7	A	38		30	ANO	
2	III/11457 (B)	4	-	-	-	-	-	-	-		-	-	
		5	-	-	-	-	-	-	-		-	-	
		6	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-
		4+5+6, 4+5, 4+6, 5+6	65	273	208	0,24	17	B	6		-	ANO	
3	I/3 (C)	7	-	-	-	-	-	-	-		-	-	
		7+8+9, 7+8,7+9	789	1782	993	0,44	4	A	14		30	ANO	
4	MK Ke Stadionu (D)	10	-	-	-	-	-	-	-		-	-	
		11	-	-	-	-	-	-	-		-	-	
		12	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-
		10+11+12, 10+11, 10+12, 11+12	14	106	92	0,13	39	D	3		-	ANO	

Tabulka 12 – Posouzení úrovně kvality dopravy, křižovatka I/3 x Ke Stadionu, 15:00 - 16:00

5 Kritéria návrhu

Návrh SSZ na křižovatkách je účelný, pokud je splněno alespoň jedno z následujících čtyř kritérií:

1. kritérium bezpečnosti provozu,
2. kritérium intenzity provozu z hlediska vozidel,
3. kritérium intenzity provozu z hlediska chodců,
4. kritérium plynulosti jízdy vozidel městské hromadné dopravy.

Tato kritéria jsou stanovena v TP 81 (8) a zde jsou uvedena a vyhodnocena níže.

5.1 Kritérium bezpečnosti provozu

Aby bylo splněno kritérium bezpečnosti, je nutné, aby průměrná relativní nehodovost v řešené oblasti byla za poslední tři roky minimálně 4 nehody na milion vozidel vjíždějících do křižovatky. Zároveň nesmí být možné nehody omezit jiným způsobem.

Data o nehodách byla získána pomocí statistické webové aplikace využívající jednotnou dopravní vektorovou mapu (9). Při vymezení časového období na úsek 1. 9. 2016 – 1. 9. 2019 byla získána níže uvedená data o nehodovosti (viz tabulka 13).

Výpočtem dle podmínek kritéria byl z tohoto počtu nehod získán maximální počet vozidel, která mohla křižovatkou za dané období projet, aby bylo kritérium splněno (viz tabulka 13). Minimální skutečný počet vozidel (viz tabulka 13) byl stanoven dle veřejně přístupných výsledků celostátního sčítání dopravy (CSD) z roku 2016 (10).

5.1.1 Stanovení minimálního skutečného počtu vozidel

V roce 2016 byla dle výše uvedeného zdroje denní intenzita provozu v zájmovém úseku komunikace I/3 17 692 vozidel. Za tři roky zde tedy projelo minimálně 19 372 740 vozidel. Pro řešenou lokalitu se ovšem jedná o přibližný výsledek, protože intenzita uvedená ve výsledcích celostátního sčítání dopravy je průměrná intenzita na značně rozsáhlejší úseku I/3. Zároveň zde nejsou započítána vozidla projíždějící přes křižovatku po vedlejších komunikacích. Vzhledem k výsledkům dopravního průzkumu (viz předchozí kapitola) lze ovšem konstatovat, že tento počet vozidel je vzhledem k intenzitám na I/3 zanedbatelný. Také je nutno upozornit, že výsledky CSD jsou uváděny ve skutečných počtech vozidel, ne v jednotkách *jvoz*. To ale pro účel posouzení kritéria nevádí, protože lze říci, že hodnota intenzity v *jvoz* by byla vyšší. Z tabulky 13 pod tímto odstavcem vyplývá, že počet dopravních nehod v této lokalitě není dostatečný pro splnění kritéria bezpečnosti provozu.

Celkový počet dopravních nehod	23
Maximální počet vozidel pro splnění kritéria [jvoz]	5 750 000
Minimální skutečný počet vozidel [voz]	26 704 860

Tabulka 13 – Kritérium bezpečnosti provozu

Nicméně je nutno zmínit, že i když takto kritérium bezpečnosti nevyšlo, jde o nebezpečné místo. Během přípravy na dopravní průzkum, která proběhla ráno 19.5.2020, byla autorka této bakalářské práce svědkem řešení dopravní nehody přímo na řešené křižovatce. Zároveň v průběhu samotného dopravního průzkumu došlo dvakrát ke skoronehodě, z toho jednou u přechodu pro chodce a jednou na křižovatce. Skoronehoda vzniklá na křižovatce byla zaznamenána kamerou – viz níže obrázek 5. Řidič bílého osobního vozidla vjíždějícího do křižovatky podcenil vzdálenost vozidel na hlavní komunikaci od křižovatky, naštěstí návěsový nákladní automobil dokázal včasným prudkým bržděním odvrátit nehodu. Následně bílé osobní vozidlo čekalo v prostoru křižovatky, než mu vozidla v protilehlém hlavním směru dala přednost, aby mohlo dokončit manévry. Na záběru z kamery je zachycena tato situace, s bílým vozidlem zastaveným v prostoru křižovatky.



Obrázek 3 – Skoronehoda na křižovatce I/3 x Ke Stadionu

Kritérium bezpečnosti provozu dále zahrnuje případy, kdy se v blízkém okolí řešené křižovatky nacházejí místa zvláštního zřetele, jako jsou například přechody dětí u škol.

V blízkém okolí křižovatky I/3 x Ke Stadionu se z prvků občanské vybavenosti nachází fotbalové a tenisové sportoviště a Hotel a Restaurace Benica. Dále zde má svou budovu a

parkoviště Institut pro veřejnou správu a firma Sport 2000 Sport Ševčík, která nabízí služby půjčovny, servisu, prodeje a bazaru zejména lyží a jízdnicích kol.

Vyjmenované objekty slouží jako zdroje a cíle cest, nicméně nejedná se o natolik dopravně vytížená místa, aby je bylo možné označit za zvláštní zřetel pro vybudování SSZ na přilehlé křižovatce.

Nicméně, jak bylo zmíněno v kapitole 2.2 Blízké okolí řešené lokality, u silnice III/11457 má být v budoucnu vybudována zástavba rodinných domů, jejichž spojením s městem Benešov by byla právě řešená křižovatka a pro chodce by mohlo být vhodné používat řešený přilehlý přechod. V případě realizace tohoto záměru by z důvodu zajištění bezproblémové přepravy vozidel a pěších do města šlo o důvod pro vybudování SSZ.

5.1.2 Závěr:

Kritérium bezpečnosti za současných podmínek **nebylo splněno**. Skutečná intenzita provozu v řešené oblasti více než třikrát převyšuje maximální intenzitu nutnou pro jeho splnění a v blízké okolí řešené lokality nevykazuje žádná místa zvláštního zřetele pro zavedení SSZ.

Přesto se ale jedná o nebezpečné místo, kde dochází k častým dopravním nehodám a mnohem více ke skoronehodám, z nichž dvě se udály přímo během dopravního průzkumu. Proto lze i navzdory nesplnění kritéria bezpečnosti říct, že je vhodné bezpečnostní situaci na křižovatce a přilehlém přechodu nějakým způsobem řešit.

5.2 Kritérium intenzity provozu z hlediska vozidel

Kritérium intenzity vozidel se týká neřízených křižovatek. Aby bylo splněno, musí být intenzita provozu v křižovatce vyšší než přípustná intenzita, která je v ČSN 736102 (11) pro neřízené křižovatky stanovena. Při vyhodnocování jsou posuzovány čtyři směry pohybu vozidel, a to:

- levé odbočení z hlavní komunikace
- pravé odbočení z vedlejší komunikace
- přímý směr z vedlejší komunikace
- levé odbočení z vedlejší komunikace

Intenzity vozidel jsou dosazovány v jednotkách *jvoz* jako průměr osmi dopravně nejzatíženějších hodin. Posouzení probíhá zobrazením v grafu 1 viz níže. (8)

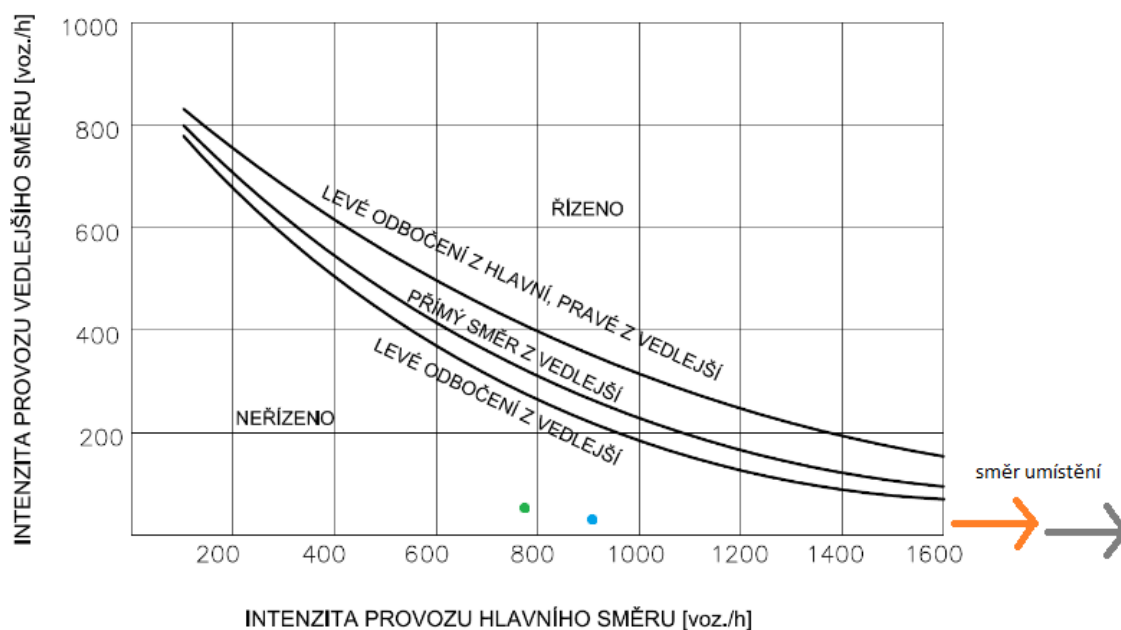
Intenzity vozidel byly získány z výsledků provedeného dopravního průzkumu (viz Příloha 2 – Dopravní průzkum). Posuzovaná křižovatka je čtyřramenná, tzn. ke každému posuzovanému bodu existují dvě varianty – například pro „levé odbočení z hlavní komunikace“ lze vyhodnocovat buď odbočení z ramena A na rameno B nebo z ramena C na D. Spočteny byly intenzity pro obě varianty a ke každé byl vypočítán poměr intenzit vedlejšího směru ke hlavnímu. Pro vyhodnocení v grafu byla vybrána ta varianta s vyšším poměrem.

5.2.1 Vyhodnocení:

Směry uvedené v tabulce 14 (viz níže) jsou ty, které byly zvolené pro dosažení do grafu.

	posuzovaný směr	vedlejší	hlavní
levé odbočení z hlavní	A -> C	28	907
pravé odbočení z vedlejší	B -> A	52	785
přímý směr z vedlejší	B -> D	4	1922
levé odbočení z vedlejší	B -> C	12	1806

Tabulka 14 – Kritérium intenzity vozidel



Obrázek 4 – Kritériem intenzity vozidel

5.2.2 Závěr:

Kritérium intenzity vozidel **nebylo splněno**. Po dosažení intenzit do grafu žádný z posuzovaných směrů pohybu vozidel nevykazuje nutnost zavedení SSZ do křižovatky.

5.3 Kritérium intenzity provozu z hlediska chodců

Pro splnění kritéria je nutné, aby intenzita dopravy na příslušném přechodu pro chodce převyšovala v průměru osmi dopravně nejzatíženějších hodin stanovenou mezní hodnotu. Tato hodnota vyjadřuje mez, při které mohou chodci za běžných podmínek v souladu s pravidly provozu na pozemních komunikacích bezpečně přejít.

V řešeném případě lokality křižovatky I/3 x Ke stadionu byl posuzován přilehlý přechod pěších do konopištského parku. Tento přechod vede přes dva jízdní pruhy, tzn. mezní intenzita provozu je pro něj stanovena na $1100 \text{ jvoz} \cdot \text{hod}^{-1}$. Přímo na uvedené křižovatce žádné přechody pro chodce nejsou zřízeny a během dopravního průzkumu zde byl naměřen jen minimální počet pěších.

5.3.1 Vyhodnocení:

Níže připojená tabulka 15 ukazuje průměrnou intenzitu dopravy v místě přecházení chodců spočítanou podle kritéria. Tato hodnota byla dále porovnána s mezní hodnotou.

Skutečná průměrná intenzita dopravy	$1875 \text{ jvoz} \cdot \text{hod}^{-1}$
Mezní průměrná intenzita dopravy	$1100 \text{ jvoz} \cdot \text{hod}^{-1}$

Tabulka 15 – Kritérium intenzity z hlediska chodců

5.3.2 Závěr:

Kritérium intenzity z hlediska chodců **bylo splněno**. Při porovnání intenzit vyšlo najevo, že skutečná intenzita dopravy převyšuje mezní hodnotu téměř 1,7krát.

5.4 Kritérium plynulosti jízdy vozidel městské hromadné dopravy

Pro splnění kritéria je třeba, aby v průběhu třech nejzatíženějších hodin dne docházelo na křižovatce minimálně u každého druhého vozidla MHD ke zdržení minimálně 2 minuty. Zároveň je třeba vzít v úvahu dlouhodobé ekonomické dopady nebo benefity, které mohou spočívat např. v úspoře počtu vozidel.

Z obou provedených dopravních průzkumů vyplynulo, že zdržení vozidel na křižovatce jen ojediněle přesahuje dobu 1,5 min, a to i v případě nákladních souprav odbočujících vlevo z vedlejších ramen křižovatky.

Zároveň během průzkumu řešenou křižovatkou jiným než přímým směrem po hlavní komunikaci projíždělo minimum vozidel MHD (do 10 vozidel).

5.4.1 Závěr:

Z výše zjištěných informací bylo dovozeno, že kritérium preference MHD **nebylo splněno**.

5.5 Závěr:

Za současného stavu bylo splněno jedno kritérium návrhu SSZ, a to kritérium intenzity provozu z hlediska chodců. V závislosti na realizaci záměru výstavby rodinných domů u silnice III/11457 by v blízké budoucnosti mohlo být splněno také kritérium bezpečnosti v souvislosti s místem zvláštního zřetele.

6 Návrh uspořádání křižovatky

Byl zpracován výkres návrhu nového uspořádání řešené lokality. Tento výkres lze najít v Příloze 4 – Navržený stav řešené lokality.

6.1 Stavební úpravy

Na řešené lokalitě byly navrženy dvě stavební úpravy, a to rozšíření ramen A a D v oblasti před křižovatkou I/3 x Ke Stadionu. Úpravy byly navrženy v souladu s normou ČSN 73 6110 (12) a TP 81 (8).

Na rameni A byl navržen řadicí pruh pro levé odbočení v šířce 3,5 m a délce 80 m, a z toho důvodu v této délce došlo k rozšíření ramene A o 3,5 m. Rozšíření bylo navrženo na západní stranu, ve směru konopištského parku, kde se v současnosti nachází cca 10 široký nezalesněný pruh. Délka 80 m byla navržena s ohledem na dostatečné prostorové poměry mezi přechodem pro chodce a křižovatkou (přechod pro chodce je od křižovatky vzdálen 150 m). Pro zajištění co nejplynulejšího průběhu dopravy je nezbytné, aby řadicí pruh pojmul všechna odbočující vozidla v jednom cyklu a z dopravního průzkumu vyplývá, že je nutno počítat i s přívěsovými a návěsovými soupravami.

Na rameni D bylo rovněž navrženo rozšíření komunikace, a to z toho důvodu, že v původním stavebním uspořádání byla celková šířka ramene D před křižovatkou 6 m, což nebylo dostatečné pro umístění vodorovného dopravního značení za současného zachování šířky jízdních pruhů 3 m pro každý směr jízdy. Rozšíření bylo navrženo o 1 m v délce komunikace 20 m, a to do prostoru mezi rameny D a B, kde se v současnosti nachází pole a mezi ním a ramenem D nevyužívaný pruh keřů a stromů.

6.2 Vodorovné dopravní značení

Vodorovné dopravní značení bylo navrženo v souladu s TP 133 (13) a TP 81 (8).

Na místě přecházení chodců do konopištského parku byl značkou V7 vyznačen přechod pro chodce, a to v šířce 5 m. Ve vzdálenosti 1,5 m od přechodu byly na komunikaci I/3 v obou směrech vyznačeny značky V 5, „Příčné čáry souvislé“.

Na rameni A byla v celé délce ramene mezi přechodem pro chodce a křižovatkou vyznačena „Podélná čára souvislá“, V 1a. V rozšířeném úseku ramene před křižovatkou byla nově vyznačena vodící čára, V 4, a podélná přerušovaná čára, V 2b, umožňující vozidlům odbočujícím vlevo zařazení do řadicího pruhu. Zároveň byly řadicí pruhy osazeny směrovými

šipkami, V 9a, které byly opakovány v každém pruhu čtyřikrát ve vzdálenostech 5, 15, 30 a 45 m od stopčáry. Zároveň byla ve vzdálenosti 70 m od stopčáry ještě navržena společná směrová šipka pro všechny směry pokračování v jízdě. Řadicí pruhy byly ukončeny příčnou souvislou čarou, tzv. „stopčárou“, V 5.

Rameno B je ve svém stavebním uspořádání poměrně široké, proto byla snaha ho vodorovným dopravním značením primárně zpřehlednit. Z toho důvodu byl mezi řadicími pruhy pro směry rovně a vlevo a směr vpravo navrženo značení V 13a, „Šikmé rovnoběžné čáry“. Řadicí pruhy o šířce 3,5 m byly navrženy v délce 10 m pro směr přímo a vlevo a v délce 15 m pro směr vpravo. Tyto délky byly zvoleny z důvodu nízkých intenzit vozidel zjištěných v dopravním průzkumu (ze stejného důvodu byl navržen jeden řadicí pruh pro směr přímo i vlevo) a také z důvodu omezeného prostoru kvůli přiléhající křižovatce ulice Ke Stadionu s příjezdovou komunikací k Hotelu Benica a Institutu pro veřejnou správu. Řadicí pruh pro směry přímo a vlevo byl ukončen stopčárou, V 5. Řadicí pruh pro směr vpravo značkou V 5 ukončen nebyl, protože pro něj nebude navrhováno řízení pomocí SSZ (viz níže). Oba řadicí pruhy byly označeny směrovými šipkami V 9a. Na rameni B byly zároveň doplněny vodící čáry, V 4.

Vodorovné značení ramena C bylo převážně ponecháno v původním stavu, přidány byly pouze příčné souvislé čáry V 5 a upraveny byly směrové šipky V 9a. V obou řadicích pruzích byly opakovány třikrát ve vzdálenostech 5, 15 a 30 m od stopčáry, která byla v obou pruzích nově vyznačena značkou V 5. Společná směrová šipka pro všechny směry pokračování v jízdě byla navržena dvakrát v průběžném pruhu, a to ve vzdálenostech 50 m a 75 m od stopčáry.

Naproti tomu na rameni D bylo veškeré vodorovné značení navrženo nově. Navrženy byly vodící čáry V 4, řadicí pruhy v šířce 3 m a šikmé rovnoběžné čáry V 13a pro oddělení řadicích pruhů a zpřehlednění vjezdu do křižovatky. Z důvodu velmi nízkých intenzit vozidel zjištěných dopravním průzkumem a z důvodu omezeného prostoru daného stavebním uspořádáním ramene D byl řadicí pruh společný pro směry přímo a vlevo navržen v délce 5 m s ukončením stopčárou V 5. Řadicí pruh pro směr vpravo byl navržen v délce 11 m a obdobně jako v případě ramene B nebyl ukončen značkou V 5. Samostatná směrová šipka V 9a byla z důvodu omezeného prostoru navržena jen na řadicím pruhu pro odbočení vpravo. Dále byla ve vzdálenosti 15 m od hranice křižovatky navržena společná směrová šipka pro všechny směry pokračování v jízdě.

6.3 Svislé dopravní značení

Svislé dopravní značení (dále SDZ) bylo navrženo v souladu s TP 65 (14) a TP 81 (8).

Řešená lokalita byla osazena zejména značkami A10, Světelné signály. Na ramenech A, C a D byla v souladu s TP (14) umístěna ve vzdálenosti 100 m před prvním SSZ. Na rameni B byla umístěna ve vzdálenosti 50 m před řešenou křižovatkou I/3 x Ke Stadionu, vzhledem k tomu, že v této vzdálenosti se rameno B nachází na území obce. Na silnici I/3 byla značka A10 zopakována v úseku mezi řešenou křižovatkou a přechodem pro chodce. Všechny značky A10 na ramenech A a C byly umístěny na retroreflexivním žlutém podkladu, kvůli většímu upozornění řidičů, vzhledem k faktu, že jde o silnici I. třídy.

Co se týče omezení nejvyšší dovolené rychlosti, na rozdíl od současného řešení, kdy je na silnici I/3 v celém okolí Benešova, snížena nejvyšší dovolená rychlost na 70 km/h a pouze v těsném okolí řešeného přechodu pro chodce snížena na 50 km/h, bylo nově navrženo snížení rychlosti na 50 km/h na celé řešené lokalitě. Hlavním důvodem bylo zavedení SSZ, které neumožňuje vyšší rychlosti vozidel než 60 km/h (8) a dále sjednocení s již zavedeným omezením na přechodu pro chodce. Při označování SDZ bylo na příjezdu k přechodu pro chodce ze směru z Prahy využito stávající značení B20a, za přechodem ve směru k řešené křižovatce byla zrušena značka B20b a místo toho byla zopakována značka B20a. Na rameni C byla umístěna značka B20a, nejvyšší dovolená rychlost 50 km/h, ve vzdálenosti 40 m před stopčárou a za křižovatkou ve směru k řešenému přechodu byla zopakována. Na rameni D byla tato značka umístěna ve vzdálenosti 30 m před stopčárou. Na rameni B nebyla značka B20a umístěna, a to z toho důvodu, že křižovatka I/3 x Ke Stadionu se nachází na výjezdu z města Benešov v těsné blízkosti obce, kde je povolená nejvyšší rychlost plošně 50 km/h.

Upozornění pomocí SDZ na přechod pro chodce bylo navrženo následovně: Bylo odstraněno značení značkou A 22, „Jiné nebezpečí“, která byla s dodatkovou tabulkou upozorňující na pohyb chodců a cyklistů umístěna z obou stran před přechodem na žlutém retroreflexním podkladu. Namísto toho bylo navrženo značení značkou A 11, „Pozor, přechod pro chodce,“ která byla umístěna z obou stran přechodu ve vzdálenosti 100 m a to na stejném sloupku jako značka A 10, „Světelné signály“.

Pro umístění svislého dopravního značení v prostoru křižovatky I/3 x Ke Stadionu byly v maximální možné míře využity nově navržené sloupy návěstidel světelné signalizace (viz níže). Na ramenech A a C byla umístěna značka P 2, „Hlavní pozemní komunikace“. Na ramenech B a D byla umístěna značka P4, „Dej přednost v jízdě!“, která byla v případě řadicího pro pravé odbočení umístěna na nově navrženém samostatném sloupku a doplněna o „Přerušované žluté světlo“ S 7. Původní označení ramene D a ramene B značkou P 6, „Stůj, dej přednost v jízdě!“ bylo odstraněno.

Na rameno A byla dále z důvodu zavedení řadicího pruhu pro odbočení vlevo umístěna značka IP19, a to ve vzdálenosti 36 m před rozdělením pruhů.

6.4 Návěstidla světelné signalizace

Na přechodu pro chodce byly navrženy dva sloupy s návěstidly a na každém z nich bylo spolu s návěstidlem pro vozidla navrženo návěstidlo pro chodce. Dále byla na obou sloupech navržena tlačítka pro vyžádání signálu „Volno“ pro chodce. V návrhu SSZ bude počítáno se spuštěním fáze „Volno“ pro chodce pouze na vyžádání, z důvodu nízkých intenzit přecházejících chodců zjištěných v dopravním průzkumu.

Co se týče řešené křižovatky, dle dat z dopravního průzkumu bylo rozhodnuto o dvoufázovém řízení plným signálem (viz níže) s tím, že odbočení vpravo na vedlejších ramenech B a D bude ponecháno bez řízení SSZ. Z toho důvodu byly sloupy pro návěstidla na křižovatce navrženy následovně: Na ramenech A a C byly navrženy sloupy s výložníkem pro hlavní a opakovací návěstidlo pro dobrou viditelnost z obou řadicích pruhů. Na rameni A bude návěstidlo umístěno ve vzdálenosti m od hrany křižovatky, na rameni C ve vzdálenosti m. Na ramenech B a D budou řadicí pruhy pro směr přímo a vlevo osazeny každý jedním návěstidlem, které bude umístěno na ploše značky V 13a, a to ve vzdálenosti m od hrany křižovatky. Návěstidla na všech ramenech křižovatky budou umístěna ve vzdálenosti m před stopčarami řadicích pruhů.

7 Návrh SSZ

Na základě zjištěných poznatků o řešené lokalitě popsanych výše, zejména intenzit dopravy a stavebního uspořádání, bylo rozhodnuto pro návrh pevného signálního plánu. Signální plán bude sestaven zvlášť pro křižovatku I/3 x Ke Stadionu a zvlášť pro přilehlý přechod pro chodce a následně bude provedena jejich koordinace. Signální plány budou vytvořeny ve dvou variantách – se zohledněním intenzit dopoledního a odpoledního provozu zjištěného dopravním průzkumem.

Na křižovatce i přilehlém přechodu pro chodce bylo navrženo dvoufázové řízení plnými signály. Důvodem byl zejména fakt, že dvoufázové řízení oproti vícefázovým variantám zvyšuje kapacitu křižovatky. Dle TP 81 (8) je právě kvůli kapacitě doporučeno přednostně navrhnout dvoufázové řízení, s výjimkou případů, kdy by toto řešení ohrozilo bezpečnost dopravy nebo nebylo vhodné kvůli intenzitám jednotlivých dopravních proudů nebo vzhledem k dopravním poměrům. Vzhledem k tomu, že z dopravního průzkumu na řešené lokalitě (viz kapitola 3 Dopravní průzkum) vyplynulo, že intenzity dopravy v přímém směru na hlavní komunikaci I/3 více než 7krát převyšují součet intenzit ve všech ostatních směrech, byl při návrhu SSZ kladen značný důraz na zachování co největší plynulosti provozu v tomto směru. Zároveň počty vozidel odbočujících vlevo nepřevyšují na žádném rameni 2 vozidla za 2 min (což je maximální délka jednoho cyklu), takže toto netvoří překážku v návrhu dvoufázového řízení plnými signály.

Vzhledem k nízkým intenzitám odbočení vpravo z vedlejších ramen B a D nebudou tyto dopravní proudy řízeny SSZ.

Závěrem je nutno zmínit, že mezi 21:00 a 5:00 bude SSZ na řešené křižovatce kvůli nočnímu poklesu intenzit dopravy v režimu přerušovaného žlutého signálu, tzn. křižovatka v tomto rozmezí nebude řízena SSZ. SSZ na přechodu pro chodce bude trvale v režimu trvalé zelené pro vozidla s výzvami pro chodce, a to z důvodu zajištění bezpečnosti chodců při zohlednění poměrně nízkých intenzit chodců na přechodu.

7.1 Návrh signálních skupin

Pod pojmem signální skupina je dle TP 81 (8) myšlen soubor návěstidel, která udávají v každém okamžiku pro jeden vjezd vozidel nebo vstup chodců na jeden přechod stejný signální obraz. Signální skupinu může tvořit jedno nebo více návěstidel.

V případě řešené lokality byly signální skupiny vytvořeny na základě stanoveného předpokladu dvoufázového řízení plnými signály.

7.1.1 Přejechod pro chodce

Byly navrženy dvě signální skupiny pro vozidla:

- V_E pro vozidla jedoucí ze severu na jih (tzn. k řešené křižovatce),
- V_F pro vozidla jedoucí z jihu na sever (tzn. od řešené křižovatky).

Dále byly navrženy dvě signální skupiny pro chodce:

- P_E pro chodce ve směru z konopištského parku do Benešova,
- P_F pro chodce ve směru z Benešova do konopištského parku.

7.1.2 Křižovatka I/3 x Ke Stadionu

V návrhu řízení SSZ na řešené křižovatce vzhledem k současnému stavu, kdy na křižovatce nejsou zavedeny přechody pro chodce a i z provedeného dopravního průzkumu vyplynulo, že intenzita chodců je zde minimální, budou zohledněna pouze motorová vozidla. Z toho důvodu byly navrženy následující signální skupiny:

- na rameni A – signální skupina V_A – pro směr přímo a odbočení vpravo a vlevo,
- na rameni B – signální skupina V_B – pro směr přímo a vlevo,
- na rameni C – signální skupina V_C – pro směr přímo a odbočení vpravo a vlevo,
- na rameni C – vyklizovací šipka K_A – pro levé odbočení z ramene A,
- na rameni D – signální skupina V_D – pro směr přímo a vlevo.

7.2 Návrh fází a pořadí fází

Pojem fáze dle TP 81 (8) označuje časový interval, v němž mají současně volno určité, pravidla vzájemně nekolizní dopravní pohyby na křižovatce.

Pořadí fází je dle TP 81 (8) nutno v zásadě navrhovat tak, aby byl minimalizován součet mezičasů. Výjimku z tohoto pravidla umožňuje několik podmínek, z nichž jsou pro řešenou lokalitu relevantní následující:

- určité fáze musejí probíhat za sebou, aby na sebe plynule navazovaly signály volno, které jsou v těchto fázích,
- určité dopravní směry musejí následovat po sobě, aby na křižovatce nevznikalo zdržení z důvodu nakupení vozidel.

Na základě výše uvedeného byl pro řešenou lokalitu vytvořen prvotní návrh fází a jejich pořadí. Zde uvedený sled fází byl dále ověřen na základě vypočtených mezičasů (viz kapitola 7.3 Stanovení mezičasů).

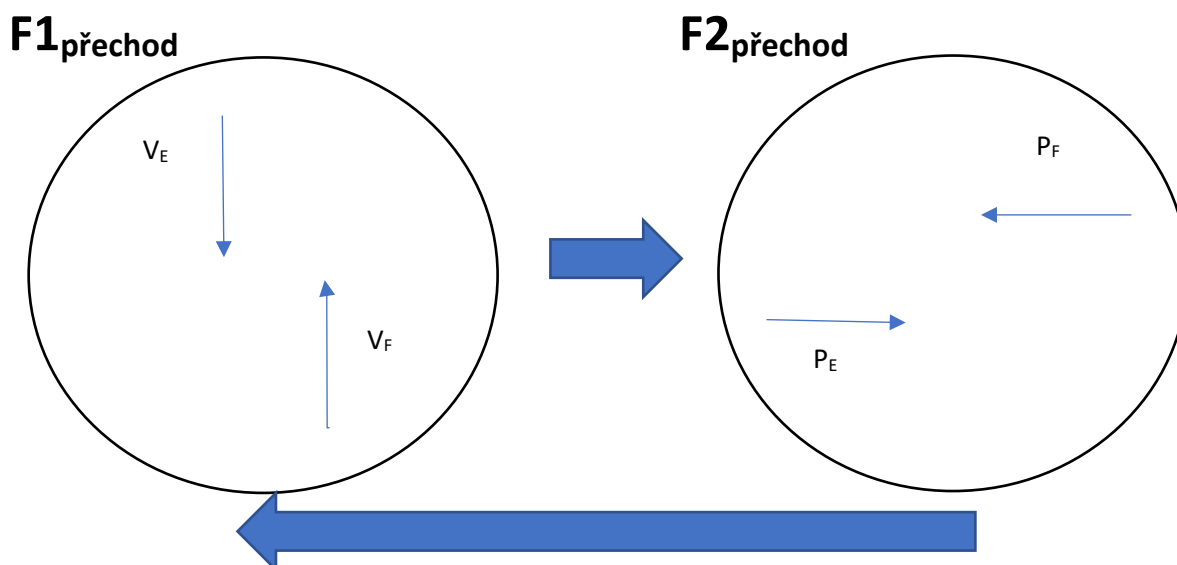
7.2.1 Přejechod pro chodce

Dle výše uvedeného byly navrženy dvě fáze:

- fáze F1 – která obsahuje signál „Volno“ pro vozidla v obou směrech a signál se znamením „Stůj!“ pro chodce v obou směrech,
- fáze F2 – která obsahuje signál „Stůj!“ pro vozidla v obou směrech a signál se znamením „Volno“ pro chodce v obou směrech.

Pořadí fází bylo navrženo F1 -> F2 -> F1. Jedná se o jediné možné pořadí.

Nicméně, fáze F2 byla navržena jako fáze, která bude spouštěna pouze na výzvu, pokud chodec stiskne tlačítko. V opačném případě bude SSZ na přechodu pro chodce zůstat stále ve fázi F1, z důvodu zajištění co nejplynulejšího provozu.



Obrázek 5 – Návrh fází a pořadí fází na přechodu pro chodce

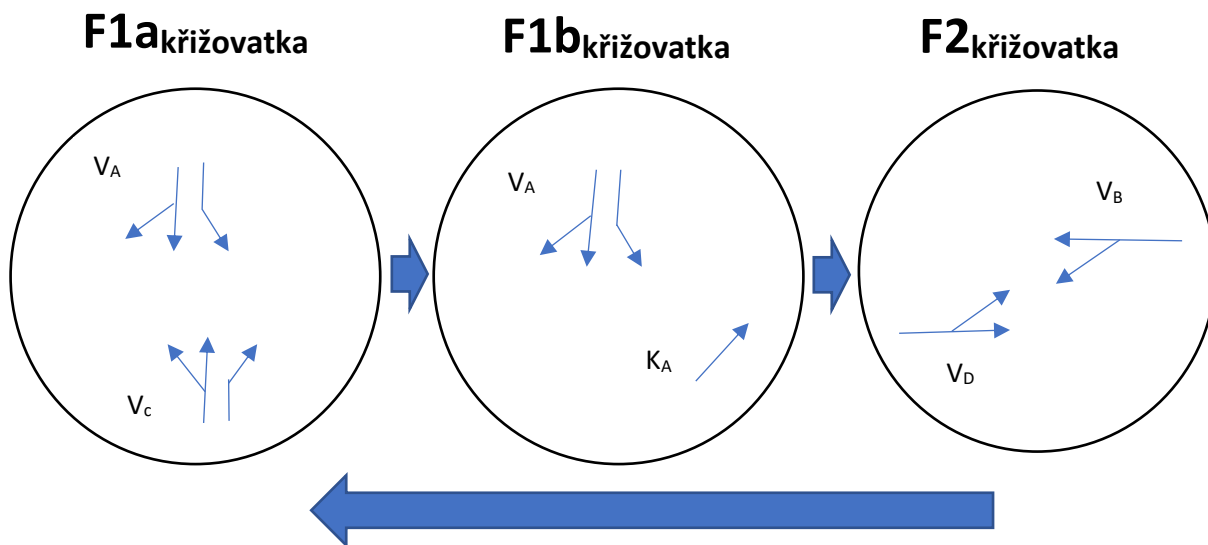
7.2.2 Křižovatka I/3 x Ke Stadionu

Na řešené křižovatce byly stejně jako v případě přilehlého přechodu pro chodce navrženy dvě fáze, přičemž fáze F1 byla z důvodu zahrnutí vyklizovací šipky rozdělena na dvě části, F1a a F1b:

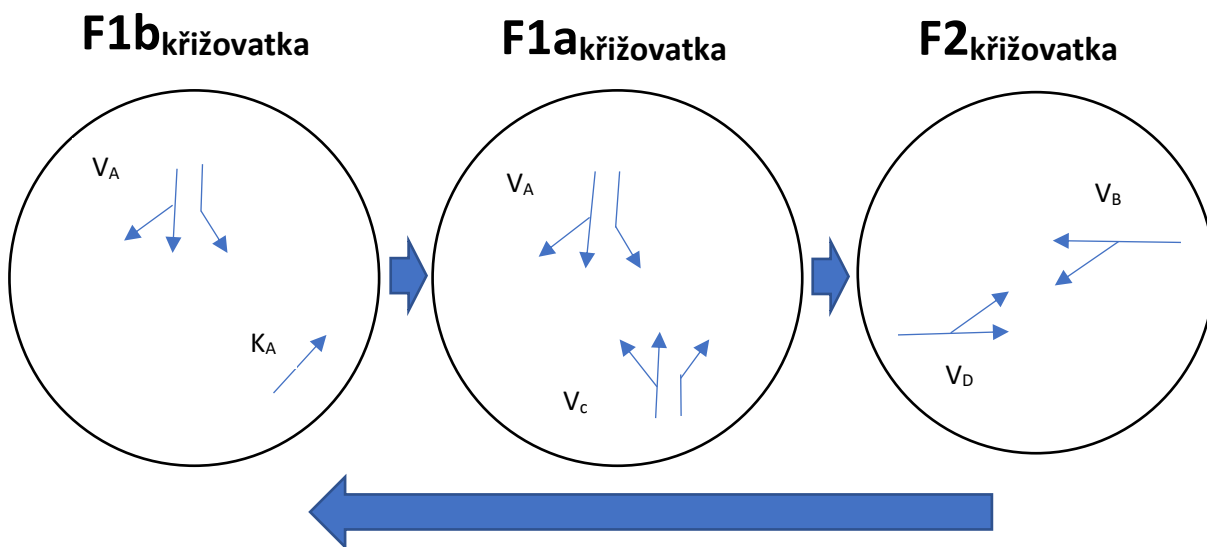
- fáze F1a – obsahuje signál „Volno“ pro signální skupiny na hlavní komunikaci I/3, tzn. signální skupiny V_A a V_C . Signální skupiny pro vozidla na vedlejších ramenech B a D, tzn. signální skupiny V_B a V_D , mají v této fázi rozsvícen signál „Stůj!“. Vyklizovací šipka nesvítí,
- fáze F1b – obsahuje signál „Volno“ pro signální skupinu V_A a zároveň je rozsvícená vyklizovací šipka K_A . Signální skupiny pro vozidla na ramenech B, C a D mají rozsvícen signál „Stůj!“,
- fáze F2 – která obsahuje signál „Volno“ pro signální skupiny V_B a V_D na vedlejších komunikacích, tzn. na ramenech B a D, a signál „Stůj!“ pro signální skupiny V_A a V_C na hlavní komunikaci. Vyklizovací šipka nesvítí.

Pořadí fází bylo v prvotním návrhu navrženo ve dvou možných variantách. Mezi variantami bude rozhodnuto v dalším kroku po spočítání tabulky mezičasů:

- varianta 1 (viz níže Obrázek 6): F1a -> F1b -> F2 -> F1a,
- varianta 2 (viz níže Obrázek 7): F1b -> F1a -> F2 -> F1b.



Obrázek 6 – Návrh fází a pořadí fází na křižovatce, varianta 1



Obrázek 7 – Návrh fází a pořadí fází na křižovatce, varianta 2

7.3 Stanovení mezičasů

Mezičasem se dle TP 81 (8) rozumí časový interval od konce signálu volno signální skupiny po začátek signálu volno kolizní signální skupiny. Tento časový interval zajišťuje všem vyklizujícím vozidlům bezpečné opuštění kolizní plochy dříve, než této kolizní plochy dosáhne první najíždějící vozidlo v kolizním směru. Kolizní plochou se rozumí část plochy komunikace, ve které se dráha vyklizujícího vozidla nebo chodce střetává s dráhou najíždějícího vozidla nebo chodce.

Mezičasy je třeba stanovit pro všechny kombinace a sledy signálních skupin, které mohou na řešené křižovatce nastat. V případě řízení pevným signálem, kdy jedna signální skupina řídí provoz ve více proudech nebo směrech, dále platí, že rozhodujícím mezičasem je největší z dílčích mezičasů, které jsou zjištěny jednotlivě pro každou kolizní plochu.

Vzorec pro stanovení mezičasu je následující: $t_m = t_v - t_n + t_b$; kde:

- t_m = doba mezičasu,
- t_v = vyklizovací doba,
- t_n = najížděcí doba,
- t_b = bezpečnostní doba.

Zároveň platí, že: $t_v = (L_v + l_{voz})/v_v$ a $t_n = L_n/v_n$, kde:

- L_v = vyklizovací dráha,
- L_n = najížděcí dráha,
- l_{voz} = délka vyklizujícího vozidla,
- v_v = vyklizovací rychlost,
- v_n = najížděcí rychlost.

Pro řešenou lokalitu byly spočítány dvě tabulky mezičasů, a to jedna pro přechod pro chodce z ulice Spartakiádní do konopištského parku a druhá pro křižovatku I/3 x Ke Stadionu. Obě tabulky byly vypočteny pro všechny kolizní dopravní proudy, ve smyslu výše uvedených zásad. Vyklizovací a najížděcí dráhy byly odměřeny z výkresu nově navrženého stavebního uspořádání křižovatky. Vyklizovací a najížděcí rychlosti, délky vozidel a bezpečnostní doba byly dosazeny podle standardních hodnot dle TP 81 (8). Výsledné hodnoty mezičasů byly zaokrouhleny na sekundy.

	Vv = Vn		Lvoz [m]	Tb [s]	
	[km/h]	[m/s]			
motorová voz.	v přímém směru	35	9,7	5	2
	v oblouku	25	7	5	2
chodci		5	1,4	0	0

Tabulka 16 – Standardní hodnoty pro výpočet mezičasů

Následně byl vypočten součet mezičasů v rámci jednoho cyklu. Jako rozhodující mezičas pro fázový přechod byl zvolen vždy nejvyšší z mezičasů v daném fázovém přechodu. V případě křižovatky I/3 x Ke Stadionu, kde byly v kapitole 7.2 Návrh fází a pořadí fází navrženy dvě varianty fází a jejich pořadí, byla pro další návrh SSZ zvolena varianta s nižší hodnotou součtu mezičasů.

7.3.1 Přechod pro chodce

Pro přechod pro chodce přes komunikaci I/3 byla stanovena následující tabulka mezičasů

		najíždí			
		VE	VF	PE	PF
vyklizuje	VE			3	3
	VF			3	3
	PE	8	10		
	PF	10	8		

Tabulka 17 – Výpočet mezičasů dopravních pohybů na přechodu pro chodce

Součet doby mezičasů v rámci jednoho cyklu byl stanoven na 13 s.

- fázový přechod F1 -> F2 ... 3 s
- fázový přechod F2 -> F1 ... 10 s

Vzhledem k tomu, že na přechodu bylo v kapitole 7.2 Návrh fází a pořadí fází navrženo dvoufázové řízení s jednoznačně stanoveným pořadím fází, tento návrh se po stanovení doby mezičasů nijak nezměnil.

7.3.2 Křižovatka I/3 x Ke Stadionu

Pro řešenou křižovatku byla stanovena následující tabulka mezičasů:

		najíždí				
		VA	KA	VB	VC	VD
vyklizuje	VA			3		4
	KA			2	3	2
	VB	4	4		4	
	VC		5	3		5
	VD	7	6		4	

Tabulka 18 – Výpočet mezičasů dopravních pohybů na křižovatce

Součet doby mezičasů v rámci jednoho cyklu pro variantu 1 byl stanoven na 16 s.

- fázový přechod F1a -> F1b ... 5 s
- fázový přechod F1b -> F2 ... 4 s
- fázový přechod F2 -> F1a ... 7 s

Součet doby mezičasů v rámci jednoho cyklu pro variantu 2 byl stanoven na 15 s

- fázový přechod F1b -> F1a ... 3 s
- fázový přechod F1a -> F2 ... 5 s
- fázový přechod F2 -> F1b ... 7 s

Vzhledem k nižší hodnotě součtu doby mezičasů, by pro další návrh SSZ měla být vybrána varianta 2 pořadí fází, tedy pořadí F1b -> F1a -> F2.

Nicméně byly zvaženy následující skutečnosti:

- rozdíl mezi součty mezičasů mezi variantami 1 a 2 je pouze 1 s,
- přehlednější, a tudíž bezpečnější variantou je z důvodu ustáleného používání varianta 1,
- porovnáním doby fáze „Volno“ pro signální skupinu VC vyšlo najevo, že při variantě 1 bude doba fáze „Volno“ o 1 s delší než při variantě 2, přičemž signální skupina VC řídí dopravní proud na rameni C (silnice I/3), který má vysokou intenzitu provozu. Podobně vysoké intenzity dosahuje doprava pouze na rameni A, ovšem fáze „Volno“ na rameni A je prodloužena vyklizovací šipkou. Z hlediska intenzit provozu je žádoucí, aby rozdíl ve fázích „Volno“ na ramenech A i C byl co nejmenší.

S přihlédnutím k výše uvedenému bylo pro další návrh SSZ vybráno pořadí fází podle varianty 1.

7.4 Sestavení fázových přechodů

Fázový přechod je dle TP 81 (8) časový úsek mezi signály volno skupin končící fáze a signály volno skupin nastupující fáze.

Vzhledem k tomu, že je navrhován pevný signální plán, byly navrženy pevné fázové přechody. Návrh byl tvořen v souladu s mezičasy stanovenými v kapitole 7.3 Stanovení mezičasů, a to tak, aby časové intervaly mezičasů nebyly zbytečně prodlužovány.

7.4.1 Přechod pro chodce

F1 -> F2	přechod pro chodce						
čas [s]	1	2	3	4	5	6	7
VE	green	green	yellow	yellow	yellow	red	red
VF	green	green	yellow	yellow	yellow	red	red
PE	red	red	red	red	red	green	green
PF	red	red	red	red	red	green	green

Obrázek 8 – Fázový přechod F1 -> F2 na přechodu pro chodce

F2 -> F1	přechod pro chodce													
čas[s]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
VE	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	yellow	yellow	green	green
VF	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	yellow	yellow	green	green
PE	green	green	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red
PF	green	green	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red	red

Obrázek 9 – Fázový přechod F2 -> F1 na přechodu pro chodce

7.4.2 Křižovatka I/3 x Ke Stadionu

F1a -> F1b	křižovatka I/3 x Ke Stadionu								
čas [s]	1	2	3	4	5	6	7	8	9
VA	green	green	green	green	green	green	green	green	green
KA	white	white	white	white	white	white	white	green	green
VB	red	red	red	red	red	red	red	red	red
VC	green	green	yellow	yellow	yellow	red	red	red	red
VD	red	red	red	red	red	red	red	red	red

Obrázek 10 – Fázový přechod F1a -> F1b na křižovatce I/3 x Ke Stadionu

F1b -> F2	křižovatka I/3 x Ke Stadionu								
čas [s]	1	2	3	4	5	6	7	8	9
VA	green	green	green	yellow	yellow	yellow	red	red	red
KA	green	green	green	green	white	white	white	white	white
VB	red	red	red	red	yellow	yellow	green	green	green
VC	red	red	red	red	red	red	red	red	red
VD	red	red	red	red	red	yellow	yellow	green	green

Obrázek 11 – Fázový přechod F1b -> F2 na křižovatce I/3 x Ke Stadionu

F2 -> F1a	křižovatka I/3 x Ke Stadionu										
čas [s]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
VA	red	red	red	red	red	red	red	yellow	yellow	green	green
KA	white	white	white	white	white	white	white	white	white	white	white
VB	green	green	yellow	yellow	yellow	red	red	red	red	red	red
VC	red	red	red	red	yellow	yellow	green	green	green	green	green
VD	green	green	yellow	yellow	yellow	red	red	red	red	red	red

Obrázek 12 – Fázový přechod F2 -> F1a na křižovatce I/3 x Ke Stadionu

7.5 Výpočet parametrů cyklu

Po stanovení fázových přechodů byly dopočteny postupně následující níže uvedené parametry cyklu. Výpočet byl proveden podle TP 81 (8) a TP 235 (6) za účelem získání podkladů pro sestavení signálního plánu. Z důvodu tvorby čtyř signálních plánů (dopolední a odpolední signální plán zvlášť pro řešenou křižovatku a přechod pro chodce) byl výpočet proveden čtyřikrát. Tabulku výpočtu saturovaného toku a stupně saturace lze nalézt v Příloze 5 – Výpočet saturovaného toku.

Byly vypočítány tyto parametry:

- koeficient sklonu ... k_{skl} [-],
- koeficient oblouku ... k_{obl} [-],
- saturovaný tok pruhu ... S_i [jvoz/h],
- saturovaný tok vjezdu ... S_V [jvoz/h],
- stupeň saturace pro vjezd s automobilovou dopravou ... y [h/jvoz],
- celkový stupeň saturace ... Y [h/jvoz],
- ztrátový čas pro fázi ... I [s],
- celkový ztrátový čas ... L [s],
- optimální délka cyklu ... t_{copt} [s],
- doba zelené fáze ... Z [s].

Koeficient sklonu byl vypočítán podle vztahu $k_{skl} = 1 - 0,02 \cdot a$, kde a je podélný sklon vjezdu v %, který byl zjištěn odměřením z výkresu a přepočtem na procenta. k_{skl} byl vypočítán na křižovatce pro signální skupiny na vjezdech z ramen A a B, protože tyto vjezdy se nacházejí ve stoupání do 10 %. Pro vjezdy v klesání, tedy vjezdy C a D byl k_{skl} stanoven na 1. Na přechodu pro chodce byl koeficient sklonu vypočítán pro signální skupinu V_E . Signální skupina V_F se nachází v klesání.

Koeficient oblouku byl počítán dle vztahu $k_{obl} = \frac{R}{R+1,5 \cdot f}$, a to pouze pro řešenou křižovatku.

R [m] vyjadřuje poloměr oblouku pro odbočení a bezrozměrná veličina f vyjadřuje podíl odbočujících vozidel z jízdního pruhu. Poloměr oblouku byl odměřen z výkresu. Na řešené křižovatce byl k_{obl} spočítán pro všechny jízdní pruhy. Pro přechod pro chodce nebyl tento koeficient počítán vzhledem k tomu, že se zde ve všech pruzích jedná pouze o přímé směry.

Saturovaný tok pruhu byl spočítán pro každou vozidlovou signální skupinu na řešené křižovatce i přechodu podle vztahu $S_i = S_{zákl} \cdot k_{skl} \cdot k_{obl}$, kde $S_{zákl}$ [jvoz/h], je základní

saturovaný tok, který byl dosazen 2000 pro jízdní pruhy na silnici I/3 a 1900 pro ostatní jízdní pruhy.

Saturovaný tok vjezdu byl vypočten pro každý vjezd, a to podle vztahu $S_v = \sum_{i=1}^{n_p} S_i$. Jde tedy o součet saturovaných toků pruhu, které společně tvoří jeden vjezd.

Dále byl dle vzorce $y = \frac{1}{S_v}$ stanoven **stupeň saturace pro každý vjezd s automobilovou dopravou** a pro každou fázi určen kritický vjezd. **Kritický vjezd** je vjezd s nejvyšším stupněm saturace, jehož signální skupina má v dané fázi signál „Volno“. Stupeň saturace pro vjezd s automobilovou dopravou byl zároveň využit pro stanovení **celkového stupně saturace**, který byl stanoven dle vztahu $Y = \sum_{i=1}^n \max y$.

Ztrátový čas pro fázi a celkový ztrátový čas byly určeny podle vztahů $l = t_m$ a $L = \sum_{i=1}^n l_i = \sum_{i=1}^n t_{mi}$. Tzn, ztrátový čas pro každou fázi se rovná době skutečného mezičasu mezi kritickými vjezdy v končící a následující fázi a celkový ztrátový čas za cyklus je součet všech ztrátových časů l v jednom cyklu. Potřebné mezičasy byl odečteny z tabulky fázových přechodů.

Optimální délka cyklu byla stanovena dle vzorce pro návrh optimálního cyklu pro izolované křižovatky. Tato délka cyklu minimalizuje celkové zdržení náhodně přijíždějících vozidel. Aby se ztrátové časy náhodně přijíždějících vozidel významněji neměnily, měla by skutečná délka cyklu t_c splňovat podmínku $0,75 \cdot t_{copt} < t_c < 1,5 \cdot t_{copt}$. Zároveň platí, že orientační hodnoty pro délku cyklu dle TP (8) jsou: minimální: 30 s, optimální: 50 až 80 s a maximální: 100 s, případně 120 s.

Níže v tabulce 19 je uveden přehled vypočtených optimálních délek cyklu.

		Tcopt. [s]	0,75*Tcopt. [s]	1,5*Tcopt [s]
křižovatka	dopoledne	38	28	56
	odpoledne	26	20	40
přechod	dopoledne	45	34	68
	odpoledne	53	40	80

Tabulka 19 – Optimální délka cyklu

Z těchto hodnot je zřejmé, že ne vždy odpovídají orientačním optimálním hodnotám dle TP (8). Skutečná hodnota délky cyklu byla stanovena se zohledněním orientačních optimálních hodnot a výsledků kapacitního posouzení křižovatky (viz kapitola 7.7 Kapacitní posouzení

SSZ). Stanovení proběhlo primárně pro řešenou křižovatku, kde pro dopolední i odpolední intenzity provozu nejlépe vyšlo $t_c = 60$ s.

Vzhledem k faktu, že řešený přechod pro chodce bude s křižovatkou koordinován, byla na něm stanovena délka cyklu rovněž $t_c = 60$ s. Výsledek kapacitního posouzení této délce cyklu nebránil.

Na závěr byly dle vztahu $z = \frac{y*(t_c-L)}{y}$ vypočteny **délky zelených pro kritické vjezdy** v jednotlivých fázích, viz níže tabulka 20. Vypočtené délky zelených byly následně přepočítány, aby vyhovovaly okrajovým podmínkám pro tvorbu signálního plánu. Výsledné doby zelených jsou uvedeny v následující kapitole 7.6 Sestavení signálního plánu.

		kritický vjezd (fáze)	z [s]
křižovatka	dopoledne	VC (F1)	46
		VB (F2)	1
	odpoledne	VA (F1)	51
		VB (F2)	3
přechod	dopoledne	VF (F1)	49
	odpoledne	VE (F1)	49

Tabulka 20 – Délky zelených pro kritické vjezdy

7.6 Sestavení signálního plánu

Signální plán je dle TP 81 (8) graficky zpracovaný program řízení SSZ. Stanovuje a znázorňuje pořadí a délku signálu volno jednotlivých signálních skupin.

Signální plán byl sestaven se zohledněním okrajových podmínek pro nejnižší hodnoty signálních dob:

- signál volno pro vozidla ... 5 s,
- signál volno pro chodce ... 5 s,
- signál pozor (žlutá) pro vozidla ... 3 s,
- signál pozor (současně svítící červená a žlutá) ... 2 s,
- signál pro opuštění křižovatky (vyklizovací šipka) ... 4 s.

Dále byly zohledněny tyto podmínky:

- doba signálu volno pro chodce by měla být alespoň taková, aby chodec během zeleného signálu přešel 2/3 přechodu, nejméně však 1/2 přechodu,
- maximální doba signálu volno je omezena dobou cyklu a fázovými přechody.

Vzhledem k uvedeným podmínkám byly přepočteny doby zelených fází kritických vjezdů a dopočteny ostatní délky zelených fází.

Grafické znázornění signálního plánu lze dohledat v Příloze 5 – Signální plán. Níže v tomto textu jsou v tabulkách uvedeny finální délky zelených fází.

7.6.1 Křižovatka I/3 x Ke Stadionu

Z níže uvedených tabulek 21 a 22 je možné vyčíst, že dopolední i odpolední signální plán vyšel stejný, a to nezávisle na intenzitách provozu. Tuto skutečnost lze vysvětlit tím, že intenzity provozu v hlavním směru natolik převyšují intenzity vedlejších směrů, že směrodatnými pro návrh signálního plánu se staly minimální délky zelených fází, stanovená délka cyklu a délky mezičasů.

křižovatka	z [s] (F1)	z [s] (F2)
VA	44	0
KA	5	0
VB	0	6
VC	38	0
VD	0	5

Tabulka 21 – Finální délky zelených fází; křižovatka I/3 x Ke Stadionu, dopoledne

křižovatka	z [s] (F1)	z [s] (F2)
VA	44	0
KA	5	0
VB	0	6
VC	38	0
VD	0	5

Tabulka 22 – Finální délky zelených fází; křižovatka I/3 x Ke Stadionu, odpoledne

7.6.2 Přechod pro chodce

Na přechodu pro chodce po dosažení minimálních dob zelených fází pro chodce a po zohlednění dalších podmínek daných TP (8) nastala obdobná situace jako na křižovatce. Tedy, dopolední i odpolední signální plán vyšel stejný, viz tabulky 23 a 24. Vysvětlení lze opět hledat ve vysokých intenzitách provozu na silnici I/3.

K signálnímu plánu na přechodu pro chodce je ovšem nutné dodat, že fáze F2 bude spouštěna jen na výzvu, po stisknutí tlačítka pro chodce. V opačném případě bude nepřerušeně aktivní fáze F1.

přechod	z [s] (F1)	z [s] (F2)
VE	42	0
VF	42	0
PE	0	5
PF	0	5

Tabulka 23 – Finální délky zelených fází; přechod pro chodce, dopoledne

přechod	z [s] (F1)	z [s] (F2)
VE	42	0
VF	42	0
PE	0	5
PF	0	5

Tabulka 24 – Finální délky zelených fází; přechod pro chodce, odpoledne

7.7 Kapacitní posouzení SSZ

Za účelem posouzení kvality dopravy na navrženém SSZ na řešené křižovatce a přilehlém přechodu pro chodce byl proveden kapacitní výpočet. Zároveň byla pomocí kapacitního výpočtu v průběhu návrhu optimalizována délka cyklu, viz. kapitola 7.5 Výpočet parametrů cyklu. Kapacitní výpočet byl proveden dle metodiky popsané v TP 235 (6). Protokol o posouzení kapacity lze nalézt v Příloze 6 – Kapacitní posouzení SSZ.

Podle TP 235 (6) je pro stanovení úrovně kvality dopravy na všech vjezdech do křižovatky zásadní určit pro každý vjezd ztrátový čas t_w , který musí být menší nebo roven limitnímu ztrátovému času $t_{w,lim}$ (viz níže tabulka 25). Ztrátový čas je vyjádřený střední dobou zdržení na jednotlivých vjezdech.

Úroveň kvality dopravy		Střední doba zdržení $t_{w,lim}$ [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 25 – Limitní hodnoty střední doby zdržení na vjezdu do světelně řízené křižovatky

TP 235 dále uvádí požadované stupně kvality dopravy, které jsou podle druhu komunikace stanovené ČSN 73 6102 (11). Pro řešenou lokalitu je podstatné následující:

- na silnicích I. třídy ... požadován stupeň C,
- na místních komunikacích a silnicích III. třídy ... požadován stupeň E.

7.7.1 Vstupní veličiny pro kapacitní výpočet

Vstupní veličiny nutné pro kapacitní výpočet jsou dle TP 235 (6) následující:

- saturovaný tok vjezdu ... S_V [jvoz/h],
 - viz kapitola 7.5 Výpočet parametrů cyklu,
- saturovaný tok pruhu pro levé odbočení ... S_L [jvoz/h],
 - pro výpočet kapacity levého odbočení ovlivněného protisměrem,
 - viz kapitola 7.5 Výpočet parametrů cyklu,
- saturovaný tok protisměru ... S_P [jvoz/h],

- pro výpočet kapacity levého odbočení ovlivněného protisměrem,
 - viz kapitola 7.5 Výpočet parametrů cyklu,
- délka zelené ... z [s],
 - zjištěno ze signálního plánu,
- délka zelené v protisměru ... z_P [s],
 - pro výpočet kapacity levého odbočení ovlivněného protisměrem,
 - zjištěno ze signálního plánu,
- délka cyklu ... t_C [s],
 - viz kapitola 7.5 Výpočet parametrů cyklu,
- intenzita dopravy na vjezdu ... I_V [jvoz/h],
 - zjištěno z dopravního průzkumu,
- intenzita dopravy v protisměru ... I_P [jvoz/h],
 - pro výpočet kapacity levého odbočení ovlivněného protisměrem,
 - zjištěno z dopravního průzkumu,
- počet míst k najetí do křižovtky a zastavení vozidla při dávání přednosti protijedoucím vozidlům automobily odbočujícími vlevo ... N_A [jvoz],
 - odměřeno z výkresu návrhu uspořádání křižovatky,
 - standardizovaná délka jednotkového vozidla je (dle TP 81) 5 m,
- délka části zeleného signálu neovlivněná protisměrem ... z_O [s],
 - zbývající délka zeleného signálu po skončení zeleného signálu v protisměru,
 - zjištěno ze signálního plánu,
- počet řadicích pruhů tvořících společně jeden vjezd ... n_P [-].

7.7.2 Postup výpočtu

Prvním krokem bylo stanovení délek efektivních zelených z' [s]. Stanovení proběhlo dle následující tabulky 26:

Délka zeleného signálu z [s]	Délka efektivní zelené z' [s]
5 - 7	$z + 1,0$
8 - 10	$z + 0,5$
≥ 11	z

Tabulka 26 – Délka efektivní zelené

Další postup výpočtu byl odlišný pro běžný vjezd a pro vjezd tvořený samostatným řadicím pruhem pro levé odbočení, který je ovlivněn protisměrem.

Kapacita běžného vjezdu byla počítána pro všechny vjezdy kromě samostatného levého odbočení z ramene A na křižovatce I/3 x Ke Stadionu. Výpočet proběhl dle vztahu $C_V = S_V \cdot \frac{z'}{t_C}$.

Kapacita C_V samostatného pruhu pro levé odbočení z ramene A byla stanovena jako menší z hodnot C_S a C_L , kde

- C_S [jvoz/h] je kapacita na stopčáře, která je dána počtem vozidel, která mohou s ohledem na světelné signály vjet přes stopčáru do křižovatky a
- C_L [jvoz/h] je kapacita levého odbočení ovlivněného protisměrem, která je dána počtem vozidel, která mohou s ohledem na intenzitu dopravy v protisměru odbočit v křižovatce vlevo.

Kapacita na stopčáře byla spočítána podle vztahu $C_S = S_V \cdot \frac{z'}{t_C}$, což je stejný vztah jako pro výpočet kapacity běžného vjezdu.

Kapacita C_L je dána jako součet tří složek: $C_L = C_{L1} + C_{L2} + C_{L3}$, kde

- C_{L1} [jvoz/h] je dílčí kapacita levého odbočení v době zelené protisměru, která se rovná
 - $C_{L1} = \frac{(1400 - 1,2 \cdot I_P) \cdot (z_P \cdot S_P - I_P \cdot t_C)}{t_C \cdot (S_P - I_P)}$ a
 - $C_{L1} = 0$, pokud $I_P > 1166$ nebo $I_P \cdot t_C > z_P \cdot S_P$,
- C_{L2} [jvoz/h] je dílčí kapacita levého odbočení po skončení vlastní zelené při změně fází, která se rovná $C_{L2} = \frac{N_A \cdot 3600}{t_C}$,
- C_{L3} [jvoz/h] je dílčí kapacita levého odbočení neovlivněná protisměrem, která byla počítána z důvodu návrhu vyklizovací šipky, a to podle vztahu $C_{L3} = S_L \cdot \frac{z_o}{t_C}$.

Po provedení výpočtu byla kapacita C_V stanovena jako $C_V = C_L$.

Další průběh výpočtu již proběhl totožně pro všechny vjezdy.

Dle vztahu $Rez = \left(1 - \frac{I_V}{C_V}\right) \cdot 100$ byla vypočtena **rezerva kapacity** Rez [%] a dále **střední doba zdržení** t_w [s] dle vztahu $t_w = 0,45 \cdot \left(\frac{(t_C - z')^2 \cdot C_V}{C_V \cdot t_C - I_V \cdot z'} + \frac{I_V \cdot 3600}{C_V^2 - I_V \cdot C_V}\right)$. Následně byla vypočítána **délka fronty** v řadícím pruhu na vjezdu do světelně řízené křižovatky L_F [m]. Vzhledem k tomu, že na všech vjezdech byla splněna podmínka $I_V < C_V$, byl pro výpočet použit vztah $L_{F1} = 6,0 \cdot \frac{(t_C - z') \cdot I_V}{n_P \cdot 3600}$.

Ve výkresu návrhu uspořádání SSZ bylo ověřeno, že délky čekacích úseků řadících pruhů jsou větší než vypočtené L_F a zároveň že délky pruhů pro odbočení jsou větší než vypočtené L_F v sousedním pruhu pro jízdu přímo. Pokud by toto nebylo splněno, nebyl by zajištěn optimální průjezd vozidel řešenou lokalitou.

Na závěr byla dle výše uvedené tabulky 25 stanovena pro každý vjezd **úroveň kvality dopravy**. Z tabulky 27, viz níže, lze vyčíst, že UKD vyšla pro naprostou většinu vjezdů A, tedy „Velmi dobrá“. Vždy byla splněna podmínka, že dosažená ÚKD je lepší než požadovaná.

křižovatka I/3 x Ke Stadionu							přechod pro chodce						
Vjezd (signální skupina)	dopoledne			odpoledne			Vjezd (signální skupina)	dopoledne			odpoledne		
	t_w [s]	ÚKD		t_w [s]	ÚKD			t_w [s]	ÚKD		t_w [s]	ÚKD	
		dosažená	požadovaná		dosažená	požadovaná			dosažená	požadovaná		dosažená	požadovaná
VA-L	3,485021	A	C	2,099646	A	C	VE	7,280925	A	C	12,77405	A	C
VA-R,P	5,497336	A	C	11,24385	A	C	VF	8,550172	A	C	5,141017	A	C
VB-R,L	22,46808	B	E	24,31513	B	E							
VC-R,L	12,05605	A	C	7,088094	A	C							
VC-P	4,212446	A	C	3,959459	A	C							
VD-R,L	22,87122	B	E	23,14027	B	E							

Tabulka 27 – Úroveň kvality dopravy na navrženém SSZ

7.8 Koordinace SSZ v řešené lokalitě

Na závěr návrhu SSZ byla vytvořena koordinace SSZ na křižovatce I/3 x Ke Stadionu a přilehlém přechodu pro chodce. Návrh koordinace proběhl v souladu s TP 81 (8), kde je popisován návrh zelené vlny. Je nutno poznamenat, že koordinace těchto dvou SSZ je nutná pro zachování co nejplynulejšího provozu na silnici I/3. Zároveň je třeba zmínit, že koordinace se projeví jen při přítomnosti chodce na přechodu, když bude do cyklu na výzvu zařazena fáze „Volno“ pro chodce. V opačném případě nebude provoz vozidel na přechodu nijak omezován a na obou vozidlových signálních skupinách V_E a V_F bude trvale zobrazen signál „Volno“ pro vozidla.

Vzhledem k výše uvedenému byl při koordinaci upřednostněn již navržený signální plán na křižovatce I/3. Koordinace signálního plánu na přechodu pro chodce k signálnímu plánu na křižovatce byla vytvořena vždy jen pro nejsilnější dopravní proud ve špičkové hodině. Pro dopolední variantu signálního plánu, kdy nejvyšších intenzit dosahoval dopravní proud ve směru na Prahu, byl koordinován směr mezi signálními skupinami V_C a V_F . V odpolední variantě nejvyšších intenzit dosahoval směr z Prahy, takže koordinace proběhla pro směr mezi signálními skupinami V_E a V_A .

7.8.1 Vyhodnocení předpokladů a podmínek koordinace

Před samotnou koordinací byly vyhodnoceny předpoklady a okrajové podmínky, které je dle TP 81 (8) nutné vzít v úvahu pro návrh zelené vlny:

- na všech koordinovaných křižovatkách je stejná délka cyklu,
 - splněno
 - délka cyklu je 60 s,
- komunikační tah určený pro zelenou vlnu má mít v koordinovaném směru více než jeden jízdní pruh,
 - není splněno,
 - důsledkem může být zpomalení proudu vozidel pomalejšími vozidly,
- na komunikaci má platit zákaz zastavení, eventuálně s omezením v průběhu dne,
 - splněno,
 - koordinovaný tah se nachází na silnici I. třídy mimo obec, kde je Silničním zákonem zakázáno zastavení a stání mimo místa označená jako parkoviště,
- pro autobusové zastávky je vhodné vybudovat zastávkové zálivy,
 - splněno,
 - na koordinovaném tahu nejsou autobusové zastávky,

- z důvodu bezpečnosti a plynulosti provozu je nutné vyřešit odbočování vlevo – např. samostatnými jízdními pruhy nebo zákazem odbočování,
 - splněno,
 - na rameni A na křižovatce I/3 x Ke Stadionu je pro levé odbočení navržen samostatný řadící pruh,
 - na rameni C na křižovatce I/3 x Ke Stadionu je intenzita vlevo odbočujících vozidel zanedbatelná,
- na koordinovaném tahu nejsou přípustné přechody pro chodce řízené SSZ bez zařazení do zelené vlny,
 - splněno,
 - jediný přítomný přechod pro chodce je koordinovaný přechod do konopištského parku,
- počet a základní struktura fází na koordinovaných křižovatkách vyplývá ze vzdálenosti křižovatky od dělicího bodu a ze záměru, které dopravní proudy se mají koordinovat a které mají být bezkolizní,
 - bráno v úvahu,
 - při návrhu byl brán jako prioritní optimální signální plán na řešené křižovatce.

Vyhodnocení výše uvedených podmínek lze uzavřít tak, že byly většina podmínek byla splněna, jedna splněna nebyla a jedna byla brána v potaz, nicméně pro konkrétní návrh koordinace na řešené lokalitě nebyla plně relevantní. Důvodem je fakt zjištěný při dopravním průzkumu, že intenzity chodců přecházejících na řešeném přechodu nejsou vysoké, z čehož plyne, že po většinu doby provozu SSZ bude na přechodu pro chodce trvale svítit zelená pro vozidla, tzn. koordinovaný úsek se bude chovat jako samostatná křižovatka. Ze stejného důvodu nebude příliš závažné ani zhoršení kvality provozu vlivem nesplněné podmínky ohledně více jízdních pruhů v jednom směru jízdy.

7.8.2 Postup tvorby koordinace

Koordinace byla navržena jako zelená vlna s progresivním systémem. Progresivní systém je dle TP 81 (8) takový systém, ve kterém doby volno na za sebou následujících SSZ navazují v souladu s vypočtenou dobou jízdy mezi stopčárami.

Vzhledem k výše zdůvodněnému upřednostnění již navrženého signálního plánu na křižovatce I/3 x Ke Stadionu nebyly při koordinaci jednotlivé signální plány přizpůsobovány vzdálenosti SSZ od dělicího bodu, přestože dle výsledku koordinace lze konstatovat, že křižovatka se nachází v blízkosti dělicího bodu. Postup návrhu koordinace byl následující:

Byla stanovena progresivní rychlost v_P , která reprezentuje rychlost pohybu čela kolony vozidel. Vzhledem k tomu, že koordinovaný úsek je rovný úsek bez významného převýšení na kvalitní komunikaci, byla progresivní rychlost stanovena jako $v_P = v = 50 \text{ km/h}$.

Z progresivní rychlosti a vzdálenosti stopčar byly vypočteny doby jízdy mezi oběma SSZ v obou směrech jízdy. Ve směru mezi signálními skupinami V_E a V_A byla doba jízdy vypočtena jako $t_{V_E-V_A} = 11 \text{ s}$. V opačném směru, tedy mezi signálními skupinami V_C a V_F , byla doba jízdy vypočtena $t_{V_C-V_F} = 12 \text{ s}$.

Na základě těchto hodnot byl stanoveny vzájemné posuny signálních plánů. Grafické zpracování pro dopolední i odpolední variantu řízení je součástí Přílohy 8 – Koordinace SSZ na řešené lokalitě. Zde následuje textový popis:

V dopolední variantě koordinace byl signální plán na řešeném přechodu pro chodce zpožděn oproti signálnímu plánu na křižovatce I/3 x Ke Stadionu o 12 s. A to tak, aby signál „Volno“ na signální skupině V_F začal o 12 s po rozsvícení signálu „Volno“ na signální skupině V_C .

V odpolední variantě koordinace byl zpožděn signální plán na křižovatce oproti přechodu pro chodce o 11 s. A to tak, aby signál „Volno“ na signální skupině V_A začal o 11 s po rozsvícení signálu „Volno“ na signální skupině V_C .

7.8.3 Závěr

Z grafického řešení v Příloze 8 lze vyčíst, že v dopolední variantě bude koordinovaný tah ($V_C \rightarrow V_F$) řešenou lokalitou projíždět optimálně, tedy bude vyloučena nutnost zastavení na SSZ u přechodu pro chodce. Na druhou stranu, při zachování navržených signálních plánů na křižovatce a přechodu, pro tah $V_E \rightarrow V_A$ nebylo možno zajistit neomezeně plynulý průjezd. Z grafického řešení je vidět, že vozidla, která signální skupinou V_E projedou v prvních 24 sekundách signálu „Volno“, projedou bez nutnosti zastavit i signální skupinou V_A . Lze konstatovat, že jde o mírnou nadpoloviční většinu.

Co se týče odpolední varianty, ta vychází obdobně. Pro koordinovaný tah $V_A \rightarrow V_E$ je zachována možnost plynulého průjezdu bez nutnosti zastavení kvůli SSZ na křižovatce I/3 x Ke Stadionu. Pro opačný směr $V_C \rightarrow V_F$ je tato možnost zachována pro vozidla, která projedou křižovatkou I/3 x Ke Stadionu v prvních 22 sekundách signálu „Volno“ na signální skupině V_C . Opět jde o mírnou nadpoloviční většinu.

Dopravní chování při koordinaci bylo následně ověřeno v simulaci, viz následující kapitola 8.

8 Simulace návrhu řízení pomocí simulačního nástroje

Ověření a zhodnocení návrhu SSZ bylo provedeno pomocí simulačního nástroje PTV VISSIM. Tento software umožňuje simulovat provoz a řízení na navrhovaných křižovatkách nebo koridorech, čímž lze nalézt případné chyby v návrhu a optimalizovat řešení před uvedením do reálného provozu. Za účelem vytvoření co nejrealističtějšího modelu umožňuje individuální nastavení parametrů, kterým lze znázornit konkrétní chování účastníků provozu v dané lokalitě. (15)

8.1 Tvorba modelu

Za účelem vytvoření co nejrealističtějšího modelu byla v prostředí VISSIM využita možnost nahrát situační výkres řešené lokality přímo ve formátu .dwg, který vytvořil přesnější mapový podklad než běžná ortofotomapa. Podle tohoto podkladu byla již pomocí nástrojů VISSIM namodelována řešená lokalita. Byly definovány jízdní pruhy a přechody pro chodce, zároveň se směry pohybu vozidel a chodců a nastavením předností v kolizních bodech.

Dále byly nastaveny základní parametry simulace, přičemž perioda simulace byla zvolena 4200 s, tak aby vyhodnocování trvalo 1 hodinu s tím, že prvních 600 s nebude vyhodnocováno kvůli „zahřívání“ simulace. Kromě základních parametrů simulace byly nastaveny parametry skladby dopravního proudu. Toto nastavení proběhlo dle reálných dat z dopravního průzkumu. Zároveň byla vytvořena návěstidla a byl nahrán vytvořený signální plán.

Na závěr byly do modelu vytvořeny vstupy a dráhy vozidel i chodců, opět podle dat získaných z dopravních průzkumů, a byly vytvořeny zóny snížených rychlostí, aby došlo ke zpřesnění dopravního chování účastníků provozu.

Model byl vytvořen ve dvou variantách pro dopolední a odpolední špičky.



Obrázek 13 – Model řešené lokality v simulačním prostředí VISSIM

8.2 Ověření a zhodnocení návrhu SSZ

Je nutno poznamenat, že simulovaný signální plán nepočítal se signálem pro chodce na výzvu, ale s pevně zařazenou fází volno na přechodu. Tím pádem byl výsledek simulace mírně odlišný od skutečného návrhu SSZ. Lze konstatovat, že skutečný návrh SSZ je přívětivější k vozidlům, protože je nenutí v pravidelných časových intervalech zastavovat u přechodu pro chodce.

Dále je nutno zmínit, že přes snahu co nejvíce přiblížit dopravní chování vozidel realitě, nebylo toto možné plně zaručit – vozidla v modelu se chovají podle přednastaveného modelu chování, tzn. jejich chování neodpovídá zcela přesně reálnému chování účastníků provozu na řešené lokalitě.

Návrh SSZ byl ověřen v první řadě vizuálně při spuštění zrychleného průběhu simulace.

Dopolední varianta při vizuálním posouzení nevykazovala žádné podstatné problémy, provoz byl plynulý a délky front nepřesáhly délky navržených řadicích pruhů. Vozidla, která byla nucena zastavit signálem „Stůj!“, byla schopna lokalitou projet v následujícím cyklu.

Odpolední varianta při vizuálním posouzení vykazovala rovněž plynulý provoz. Délky front nepřesáhly délky navržených řadicích pruhů a vozidla, která byla nucena zastavit z důvodu SSZ, projela lokalitou v následujícím cyklu.

Lze tedy vyvodit závěr, že koordinace obou SSZ proběhla pro podmínky provozu na řešené lokalitě úspěšně, a to i pro nekoordinovaný směr jízdy na hlavním tahu mezi křižovatkou a přechodem, protože vozidla nebyla nucena kvůli SSZ v žádném cyklu zastavit dvakrát.

V druhé řadě byl návrh SSZ zhodnocen pomocí funkce programu PTV VISSIM, která umožňuje vyhodnotit doby zpoždění, tzv. „Delays“, v libovolných směrech průjezdu řešenou lokalitou. Průměr získaných hodnot lze porovnat se střední dobou zdržení vypočítanou pomocí kapacitního výpočtu, a umožňuje tedy určit úroveň kvality dopravy.

Doby zpoždění byly vyhodnoceny zvlášť pro dopolední a odpolední variantu simulace. Pro každou z variant byla doba zpoždění vyhodnocována pro dopravně nejzatíženější směr, tedy v dopolední variantě pro směr v relaci C-A pro průjezd přes celou řešenou lokalitu, tedy od signální skupiny V_C po vzdálenější hranu přechodu pro chodce. V odpolední variantě byl vyhodnocován směr A-C, od signální skupiny V_E po vzdálenější hranu křižovatky.

Pro zajištění dostatečného souboru dat pro statistické vyhodnocení byla simulace pro každou z variant vyhodnocena 30krát. Ze získaných hodnot byl spočítán aritmetický průměr a dle výsledku byla určena úroveň kvality dopravy.

Získané hodnoty lze nalézt níže v tabulce 28. Z dat je vidět, že průměrná doba zdržení se pro dopolední i odpolední provoz pohybovala mezi 4 a 5 sekundami, což s přehledem odpovídá ÚKD na stupni A. Při hrubém porovnání s provedeným kapacitním výpočtem úroveň kvality dopravy přibližně odpovídá. Nicméně je nutné zmínit, že kapacitní výpočet nebyl na rozdíl od simulace proveden pro koordinaci obou SSZ, ale zvlášť pro průjezd křižovatkou a přes přechod pro chodce.

Závěrem lze tedy konstatovat, že simulace nevykázala žádné zásadní nedostatky návrhu.

V Příloze 9 – Videozáznam simulace lze nalézt krátký videozáznam ze simulace odpoledního provozu. Řízení lokality pomocí SSZ odpovídá návrhu vytvořenému v předchozích kapitolách s tím rozdílem, že v simulaci je na přechodu pro chodce pevný signální plán, kdežto skutečný návrh počítá s fází „Volno“ pro chodce jen na výzvu po stisknutí tlačítka.

Číslo simulace	Průměrná doba zdržení [s]	
	dopoledne	odpoledne
	směr VC -> VF	směr VE -> VA
1	4,491	4,171
2	3,948	4,341
3	4,289	4,049
4	4,491	4,043
5	4,315	4,131
6	4,264	4,016
7	4,160	4,407
8	4,664	4,357
9	4,800	4,280
10	4,382	4,378
11	4,405	4,245
12	4,378	4,330
13	4,518	4,229
14	4,682	4,151
15	4,286	4,264
16	4,169	4,476
17	4,208	4,385
18	4,611	4,368
19	4,410	4,329
20	4,560	4,730
21	4,196	4,521
22	4,404	4,638
23	4,283	4,614
24	4,622	4,687
25	4,556	4,159
26	4,525	4,402
27	4,616	4,616
28	4,287	4,240
29	4,245	4,500
30	4,231	4,020
Celkový aritmetický průměr [s]	4,400	4,336
ÚKD	A	A

Tabulka 28 – Vyhodnocení střední doby zdržení pomocí simulačního nástroje VISSIM

9 Závěr

V této bakalářské práci byla zpracována analýza současné dopravní situace a širších dopravních vztahů na řešené lokalitě u Benešova – křižovatky I/3 x Ke Stadionu a přilehlého přechodu pro chodce do konopištského parku. Byl vyhodnoceny dva dopravní průzkumy, které byly na lokalitě provedeny, a to v obdobích osmi dopravně nejzatíženějších hodin 6:00 – 12:00 a 14:00 – 18:00 ve dnech 26. 9. 2017 a 21. 5. 2020. Dále byl proveden kapacitní výpočet neřízené křižovatky, byla posouzena kritéria pro zavedení SSZ a byl vypracován samotný návrh SSZ na řešené lokalitě. Vypracování návrhu SSZ proběhlo ve dvou variantách – podle dopoledních a odpoledních intenzit provozu, a to jako koordinace signálních plánů na křižovatce I/3 x Ke Stadionu a přechodu pro chodce. Návrh nového uspořádání řešené lokality byl zároveň zpracován v situačním výkresu, který je obsažen v příloze 4. Vytvořený návrh řízení byl ověřen jednak kapacitním výpočtem a zároveň v simulaci pomocí simulačního nástroje VISSIM. Z výše uvedeného lze konstatovat, že všechny cíle bakalářské práce byly splněny.

Nicméně, přestože byl návrh řízení lokality pomocí SSZ rozpracován a z kapacitního posouzení i z vyhodnocení simulací vyšel dobře (stupně úrovně kvality dopravy na vjezdech vyšly A – B), při posouzení všech okolností nebude na řešené lokalitě doporučen. Níže jsou shrnuty důvody, které již byly rozvedeny v samotné práci:

Pro zavedení řízení lokality pomocí SSZ:

- nebezpečnost lokality z důvodu hustého provozu v hlavních proudech, a to jak pro chodce, tak pro vozidla nejedoucí v hlavních směrech, zejména pro ta, která vyjíždějí z vedlejších ramen křižovatky nebo odbočují z hlavních ramen vlevo,
- jedná se o řešení ke snížení nehodovosti a zvýšení bezpečnosti provozu, které by na rozdíl od plánovaného zahloubení silnice I/3 zachovalo možnosti odbočování na křižovatce I/3 x Ke Stadionu,
- relativní jednoduchost, rychlost a cena zavedení,
- výsledek posouzení úrovně kvality dopravy navrženého SSZ na řešené lokalitě a výsledek posouzení pomocí simulace, kdy na všech hlavních vjezdech vyšel stupeň úrovně kvality dopravy A a na vedlejších vjezdech do řešené křižovatky vyšel tento stupeň B.

Proti zavedení řízení lokality pomocí SSZ:

- zjištěné velmi nízké intenzity chodců využívajících přechod do konopištského parku a značně nerovnoměrné rozdělení intenzit v jednotlivých dopravních proudech na řešené křižovatce, kdy významně převládají intenzity v přímých směrech na silnici I/3, které by ze SSZ s pevným signálním plánem neměly benefity,
- již existující studie, které pracují se plánem zahloubení silnice I/3 v úseku řešené lokality, jejichž realizace by měla započít v roce 2020, přičemž zahloubení silnice zajistí jak bezpečnost dopravy v dané lokalitě, tak plynulý průjezd pro vozidla v hlavních tazích,
- úroveň kvality dopravy neřízené křižovatky, která byla na všech ramenech s výjimkou ramene D zjištěna na stupni A, přičemž rameno D je nejméně vytížené,
- simulací ověřený fakt, že přestože kvůli SSZ nedochází k významnému zdržení vozidel v hlavních proudech (přímý směr mezi rameny A a C), vzhledem k pevnému signálnímu plánu a nízkým intenzitám na vedlejších ramenech křižovatky dochází často ke zbytečnému zastavování hlavních proudů.

Z porovnání výše uvedených skutečností byl vyvozen následující závěr:

Zavedení řízení SSZ na řešené lokalitě v navržené podobě není doporučeno. Nicméně, pokud by nedošlo k realizaci záměru zahloubení silnice I/3, lze vzhledem k nebezpečné povaze lokality doporučit podrobnější vypracování a porovnání následujících způsobů řešení:

1. řešení bez řízení SSZ, ale se stavebními úpravami navrženými v této práci – přidání pruhu pro levé odbočení na rameni A by spolu se zpřehledněním vodorovného dopravního značení mohl významně přispět ke zvýšení plynulosti a bezpečnosti provozu, toto naznačila i simulace provedená v rámci této práce,
2. řešení se řízením SSZ pomocí dynamického signálního plánu, který by zařazoval zelené fáze na vedlejších ramenech křižovatky jen při přítomnosti vozidla – podobným způsobem, jakým je v této práci navrženo řízení přechodu pro chodce.

Použité zdroje

Literatura

5. TP 189 - Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích (II. vydání). 2012.
6. TP 235 - Posuzování kapacity světelně řízených křižovatek. 2011.
7. TP 188 - Posuzování kapacity neřízených úrovnňových křižovatek. 2008.
8. TP 81 - Navrhování světelných signalizačních zařízení pro řízení provozu na pozemních komunikacích. 2015.
11. ČSN 73 6102 - Projektování křižovatek na pozemních komunikacích. 2007.
12. ČSN 73 6110 - Projektování místních komunikací . 2006.
13. TP 133 - Zásady pro vodorovné značení na pozemních komunikacích. 2013.
14. TP 65 - Zásady pro dopravní značení na pozemních komunikacích. 2013.

Internetové zdroje

1. Benešov, město. <http://benesov-zdravemesto.cz/>. *Benešov - zdravé město*. [Online] 31. 1 2019. [Citace: 8. 8 2020.] http://benesov-zdravemesto.cz/assets/File.ashx?id_org=200269&id_dokumenty=1108.
2. —. <https://www.benesov-city.cz/>. *Benešov - oficiální stránky města*. [Online] [Citace: 8. 8 2020.] https://www.benesov-city.cz/assets/File.ashx?id_org=219&id_dokumenty=83536.
3. Danda, Ing.Arch. Jiří. Benešov: oficiální stránky města. <https://www.benesov-city.cz/>. [Online] 12 2019. [Citace: 8. 8 2020.] https://www.benesov-city.cz/assets/File.ashx?id_org=219&id_dokumenty=85656.
4. dálnic, Ředitelství silnic a. <http://www.dalniced3.cz/>. *Dálnice D3*. [Online] [Citace: 8. 8 2020.] <http://www.dalniced3.cz/#useky-dalnice-d3>.
9. výzkumu, Centrum dopravního. <http://maps.jdvm.cz/cdv2/apps/nehodynalokalite>. *Statistické vyhodnocení nehodovosti v silničním provozu na vybrané lokalitě*. [Online] [Citace: 8. 8 2020.] <http://maps.jdvm.cz/cdv2/apps/nehodynalokalite/Search.aspx>.

10. dálnic, Ředitelství silnic a. <http://scitani2016.rsd.cz/pages/map/>. *Celostátní sčítání dopravy 2016*. [Online] [Citace: 8. 8 2020.] <http://scitani2016.rsd.cz/pages/map/>.

15. Group, PTV. <https://www.ptvgroup.com/en/solutions/products/ptv-vissim/>. *PTV Group*. [Online] [Citace: 8. 8 2020.] <https://www.ptvgroup.com/en/solutions/products/ptv-vissim/>.

Seznam obrázků

Obrázek 1 – Řešená lokalita – širší vztahy	10
Obrázek 2 – Řešená lokalita	12
Obrázek 3 – Skoronehoda na křižovatce I/3 x Ke Stadionu	26
Obrázek 4 – Kritériem intenzity vozidel	28
Obrázek 5 – Návrh fází a pořadí fází na přechodu pro chodce.....	38
Obrázek 6 – Návrh fází a pořadí fází na křižovatce, varianta 1	39
Obrázek 7 – Návrh fází a pořadí fází na křižovatce, varianta 2	39
Obrázek 8 – Fázový přechod F1 -> F2 na přechodu pro chodce	43
Obrázek 9 – Fázový přechod F2 -> F1 na přechodu pro chodce	43
Obrázek 10 – Fázový přechod F1a -> F1b na křižovatce I/3 x Ke Stadionu.....	43
Obrázek 11 – Fázový přechod F1b -> F2 na křižovatce I/3 x Ke Stadionu	44
Obrázek 12 – Fázový přechod F2 -> F1a na křižovatce I/3 x Ke Stadionu	44
Obrázek 13 – Model řešené lokality v simulačním prostředí VISSIM.....	58

Seznam tabulek

Tabulka 1 – Členění druhů vozidel	17
Tabulka 2 – Celkový součet intenzit (26. 9. 2017)	18
Tabulka 3 – Celkový součet intenzit (21. 5. 2020)	18
Tabulka 4 – Součet intenzit v místě přechodu chodců (26. 9. 2017)	18
Tabulka 5 – Součet intenzit v místě přechodu chodců (21. 5. 2020)	18
Tabulka 6 – Intenzity přecházejících chodců (26. 9. 2017).....	19
Tabulka 7 – Intenzity přecházejících chodců (21. 5. 2020).....	19
Tabulka 8 – Směrová tabulka intenzit (26. 9. 2017).....	20
Tabulka 9 – Směrová tabulka intenzit (21. 5. 2020).....	20
Tabulka 10 – Limitní hodnoty střední doby zdržení na vjezdu do neřízené křižovatky	22
Tabulka 11 – Posouzení úrovně kvality dopravy, křižovatka I/3 x Ke Stadionu, 8:00 - 9:00 ..	24
Tabulka 12 – Posouzení úrovně kvality dopravy, křižovatka I/3 x Ke Stadionu, 15:00 - 16:00	24
Tabulka 13 – Kritérium bezpečnosti provozu	26
Tabulka 14 – Kritérium intenzity vozidel.....	28
Tabulka 15 – Kritérium intenzity z hlediska chodců	29
Tabulka 16 – Standardní hodnoty pro výpočet mezičasů	41
Tabulka 17 – Výpočet mezičasů dopravních pohybů na přechodu pro chodce	41
Tabulka 18 – Výpočet mezičasů dopravních pohybů na křižovatce.....	42
Tabulka 19 – Optimální délka cyklu.....	46
Tabulka 20 – Délky zelených pro kritické vjezdy	47
Tabulka 21 – Finální délky zelených fází; křižovatka I/3 x Ke Stadionu, dopoledne.....	49
Tabulka 22 – Finální délky zelených fází; křižovatka I/3 x Ke Stadionu, odpoledne.....	49
Tabulka 23 – Finální délky zelených fází; přechod pro chodce, dopoledne.....	49
Tabulka 24 – Finální délky zelených fází; přechod pro chodce, odpoledne.....	49
Tabulka 25 – Limitní hodnoty střední doby zdržení na vjezdu do světelně řízené křižovatky	50
Tabulka 26 – Délka efektivní zelené	51
Tabulka 27 – Úroveň kvality dopravy na navrženém SSZ	53
Tabulka 28 – Vyhodnocení střední doby zdržení pomocí simulačního nástroje VISSIM.....	60

Seznam příloh

Příloha 1 – Současný stav řešené lokality

Příloha 2 – Dopravní průzkum

Příloha 3 – Kapacitní posouzení neřízené křižovatky

Příloha 4 – Navržený stav řešené lokality

Příloha 5 – Výpočet saturovaného toku

Příloha 6 – Signální plán

Příloha 7 – Kapacitní posouzení SSZ

Příloha 8 – Koordinace SSZ na řešené lokalitě

Příloha 9 – Videozáznam simulace

