

VŠB-Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra dopravního stavitelství

Návrh organizace dopravy na ulici Mostní a Buničítá v Ostravě

Design of Traffic Organization on Mostní and Buničítá Streets
in Ostrava

Student:

Michal Kludka

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jiří Tichý

Ostrava 2010

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 3. května 2010

.....

Michal Kludka

Prohlášení o využití výsledků bakalářské práce

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevydělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 3. května 2010

.....

Michal Kludka

Anotace

Bakalářská práce se zabývá řešením a návrhem organizací dopravy na silnici II. třídy 478 Mostní v Ostravě, dále pak variantním návrhem křižovatky této silnice se silnicí II. třídy 477 Buničité. Řešení je provedeno v rozsahu technické studie. Práce popisuje zhodnocení stávajícího stavu, z hlediska širších dopravních vztahů, intenzity dopravy, a nehodovosti. Následuje prognóza zmíněných hledisek, s přihlédnutím k zamýšleným projektům v daném území. Dále práce obsahuje návrh komunikace pro pěší a cyklisty v celé trase a variantní návrh úprav křižovatky. Závěrem je konečné posouzení variant a doporučení nejlepšího návrhu.

Annotation

The bachelor thesis deals with a design and organisation of traffic for II. class road 478 Mostní in Ostrava, furthermore with a variant design of the crossroads of this road and II. class road 477 Buničítá. A solution is made in a range of the technical study. The thesis describes assessment of the current state with an aspect of wider traffic relations, traffic intensity and accident rate. Having taken intended projects in the given area into account, a prognosis of the mentioned aspects follows. Furthermore the thesis contains a design of pedestrian and bicycle communications for the whole route and the variant design of the crossroads. In conclusion there is a final assessment of the variants and a recommendation of the best solution.

Obsah bakalářské práce:

Seznam použitého značení

1. Úvod	8
2. Dopravní vztahy	9
2.1 Širší dopravní vztahy	9
2.2 Základní informace o řešeném úseku	9
3. Analýzy	10
3.1 Analýza z hlediska intenzity dopravy.....	10
3.1.1 Intenzita dopravy za 24 hodin v předchozích letech	10
3.1.2 Doplnující vlastní sčítání.....	11
3.2 Analýza z hlediska kapacity současného stavu	14
3.2.1 Vlastní výpočet:.....	14
3.3 Analýza z hlediska nehodovosti	20
3.3.1 Nehody na komunikaci Mostní	20
3.3.2 Nehody na křižovatce Mostní a Buničítá	21
3.4 Pohyb chodců a cyklistů.....	21
3.5 Závěr analýz	22
4. Prognóza.....	22
4.1 Prognóza intenzity dopravy v roce 2030	22
4.2 Prognóza nehodovosti	23
4.2.1 Prognóza nehodovosti na úseku	23
4.2.2 Prognóza nehodovosti na křižovatce Mostní Buničítá	24
5. Návrh.....	25
5.1 Návrh komunikace pro pěší a cyklisty	25
5.2 Návrh přestavby křižovatky silnic II. třídy 477 a 478.....	27
5.2.1 Varianta A	27
5.2.2 Varianta B	30
5.2.3 Varianta C	37
6. Vzájemné porovnání navržených variant	42
7. Závěr.....	43
8. Seznam použitých zdrojů a literatury	44
9. Přílohy	45

Seznam použitého značení

α ... faktor zohledňující geometrické poměry vjezdu

a_v ... stupeň vytížení dopravního proudu [-]

l_u ... délka úseku společného pruhu pro zastavení v rozšířeném vjezdu [m]

$p_{0,*}$... pravděpodobnost nevzdutého stavu [-]

t_f – následný odstup [m]

t_g – kritický odstup [m]

t_w – střední doba zdržení [s]

x ... pomocná proměnná [-]

z ... doba signálu volno [s]

ALG_e ... Stupeň vytížení vjezdu [%]

C ... kapacita vjezdu [voz/h]

C_n ... kapacita jízdního pruhu n-tého proudu [voz/h]

$C_{n,n}$... kapacita společného proudu n+n [voz/h]

C_y ... délka cyklu [s]

G_n - základní kapacita jízdního pruhu n-tého proudu [voz/h]

I_{16} – intenzita dopravy za 16 hodin [voz]

I_{24} – intenzita dopravy za 24 hodin [voz]

I_h ... rozhodující intenzita nadřazených proudů [voz/h]

I_n – intenzita dopravy n-tého proudu [voz/h]

I_{rok} – intenzita dopravy za rok [voz]

I_s ... stávající součet intenzit dopravy na všech vjezdech do křižovatky za 24 hodin [voz]

I_s – intenzita dopravy ve špičkovou hodinu [voz/h]

I_v ... výhledový součet intenzit dopravy na všech vjezdech do křižovatky za 24 hodin [voz]

L_e ... kapacita n-tého vjezdu [voz/h]

$N_{95\%}$... délka fronty [m]

N_v ... výhledový počet dopravních nehod

N_s ... výhledový počet dopravních nehod

Rez ... rezerva kapacity [voz/h]

S ... saturovaný tok vjezdu [voz/h]

Q_a ... intenzita na výjezdu [voz/h]

Q_e ... intenzita na vjezdu [voz/h]

Q_k ... intenzita mezi výjezdem a následujícím (posuzovaným) vjezdem [voz/h]

1. Úvod

Zadáním této bakalářské práce bylo vypracovat návrh řešení organizace dopravy na ulicích Mostní a Buničitá v Ostravě. Předmětem práce je zejména řešení pěší dopravy a variantní návrh úpravy křižovatky silnic II. třídy 477 a 478 v uvedené oblasti. Vychází z hledisek současných a plánovaných širších dopravních vztahů, intenzity dopravy a nehodovosti v zadaném úseku.

Práce se skládá ze tří základních částí. První část obsahuje zejména analýzu a vyhodnocení vývoje intenzit a nehodovosti z let minulých. Následuje vyčíslení hodnot ze stávajícího stavu, které budou tvořit podklady pro následný návrh.

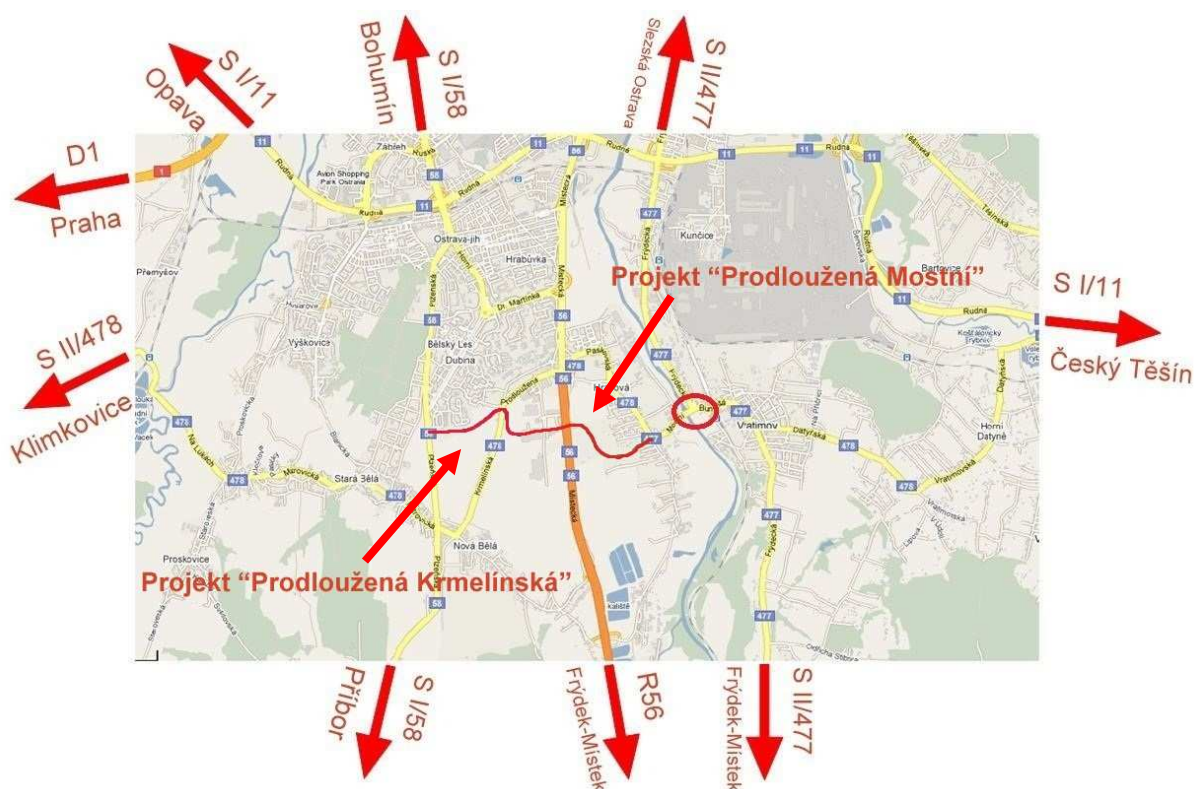
Druhá část je tvořena zmíněným návrhem a to pro příštích 20 let, tedy konečný rok je rok 2030. Řeší předpokládané zatížení dopravou v uvedeném časovém horizontu. Dále návrh komunikace pro pěší a cyklisty v přidruženém prostoru komunikace Mostní s přihlédnutím k již existujícím projektům, které budou v nejbližší době realizovány a přímo navazují na řešený úsek. Variantní návrh křižovatky silnic II. třídy 477 a 478 v uvedené oblasti.

Část třetí vyhodnocuje výsledky predikovaného stavu v roce 2030 a doporučení nejvýhodnější varianty návrhu křižovatky.

2. Dopravní vztahy

2.1 Širší dopravní vztahy

Nejvýznamnější komunikací v nejbližším okolí je R56 Místecká, která je významným vjezdem do města Ostravy. Ze silnic I. třídy prochází okolím I/11 Rudná a I/58 Plzeňská. Řešený úsek je s těmito tahy spojen silnicí II/487 Paskovská a II/477 Frýdecká. K propojení s I/58 dojde po realizaci projektu „Prodloužená Mostní“ a „Prodloužená Krmelínská“.



Obr. 1 – Širší dopravní vztahy

2.2 Základní informace o řešeném úseku

Řešený úsek leží v katastrálním území obce Hrabová, jež je součástí statutárního města Ostrava a tvoří jeho jižní okraj. Hlavním tahem touto lokalitou je silnice II/478, která v obci nese název Paskovská, ale od stykové křižovatky se silnicí III/4705 je přejmenována na Mostní. Jedná se o komunikaci funkční skupiny B typu MO2 7,5/50. Pro automobilovou dopravu je to v dané lokalitě jediná možnost spojení s druhým břehem řeky Ostravice a zde situovanou obcí Vratimov okresu Frýdek – Místek. Přibližně po 760 m dochází ke křížení stykovou křižovatkou se silnicí II/477 Frýdecká. Jde o komunikaci funkční skupiny B typu

MO2 7,5/80. Název Buničitá je pro tuto komunikaci použit jen v části od této křižovatky dále ve směru na obec Vratimov, kde navazuje na původní ulici Frýdecká. V lokalitě se nachází tyto dopravní cíle. Pro nákladní dopravu jde zejména o průmyslovou zónu Hrabová a pro osobní dopravu je to hypermarket Tesco a Makro.



Obr. 2 – Poloha řešeného úseku silnic II. třídy 477 a 478 v Ostravě

3. Analýzy

Představu o vytížení celého úseku, získáme posouzením kritického bodu. V našem případě se jedná o křižovatku komunikací Mostní a Frýdecká.

3.1 Analýza z hlediska intenzity dopravy

3.1.1 Intenzita dopravy za 24 hodin v předchozích letech

Určení hodnoty intenzity dopravy za 24 hodin, vychází přepočtením údajů (vzorec 1) za 16 hodin (5:00 – 21:00), získaných z kartogramů dopravního zatížení města Ostravy [4]. Dostupné jsou pro roky 2008 a 2009. Hodnota pro rok 2009 je značně vyšší než rok předtím, a to z důvodu zpoplatnění silnice I/56 Místecká, kdy se zvýšil průjezd přes okolní nezpoplatněné komunikace. Ze zamýšlené politiky zpoplatňování významných komunikací lze předpokládat, že v dalších letech budou intenzity dále narůstat a neklesnou na úroveň roku 2008.

$$I_{24} = I_{16} \cdot 1,1 \quad (1, [9])$$

Rok	16 hod	24 hod
2008	12 963	14 260
2009	15 839	17 424

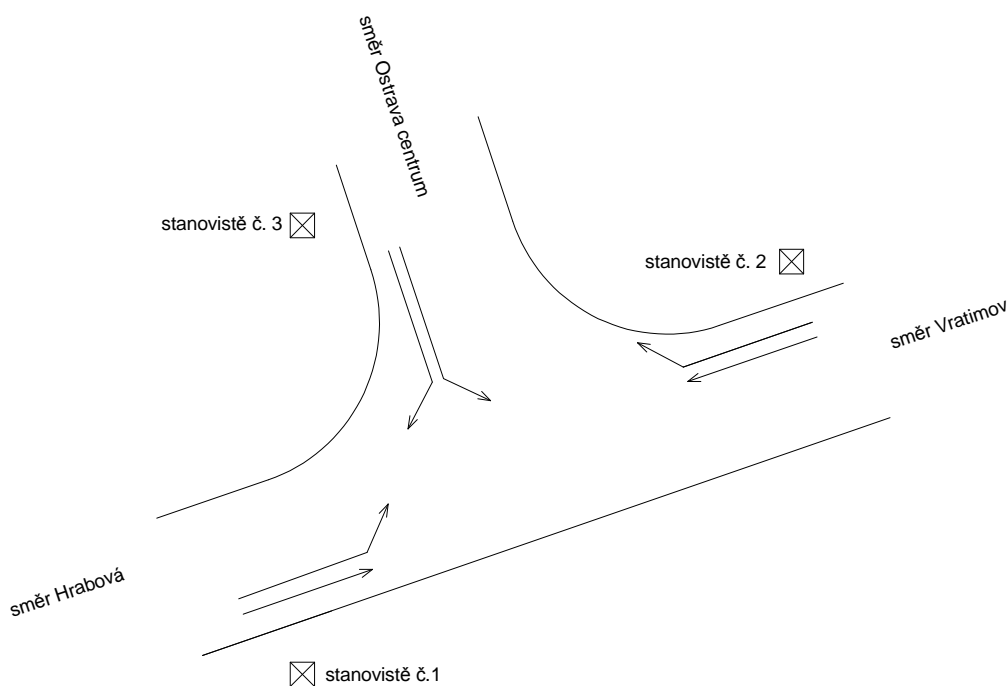
tab. 1 – Intenzity dopravy za 16 a 24 hodin

3.1.2 Doplnující vlastní sčítání

Sledování zkoumané křižovatky probíhalo na třech stanovištích (obr. 3) v pracovní den, ve čtvrtek dne 18. 3. 2010. Sčítání probíhalo ve špičkové hodině, která odpovídá 14:00 – 15:00. Celková doba sčítání tedy byla 1 hodina. Počasí během měření bylo polojasné. Teplota během měření se pohybovala kolem $+7^{\circ}\text{C}$. Rozlišovány byly motocykly, jízdní kola osobní vozidla, vozidla lehká, střední, těžká, a autobusy. Podle koeficientů (tab. 2), byly všechny hodnoty přepočteny na jednotkové vozidlo.

Jízdní kola	Motocykly	Osobní vozidla	Lehká nákladní	Těžké nákladní
0,5	0,8	1,0	1,5	2,0

tab. 2 – přepočtové koeficienty na jednotkové vozidlo



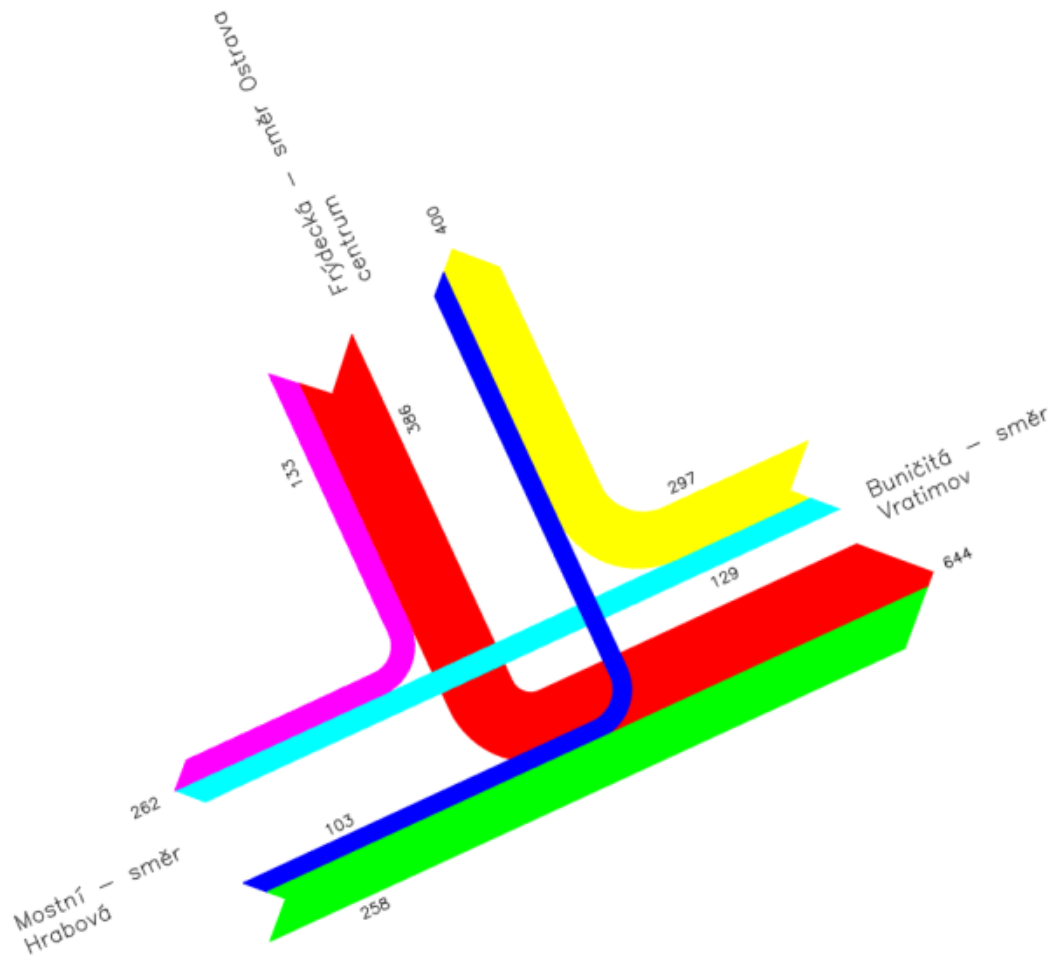
Obr. 3 – Pozice stanovišť

Stanoviště	Směr	Interval	Jízdní kola		Motocykly		Osobní vozidla		Lehká nákladní vozidla		Střední a těžká nákladní vozidla		Autobusy	
			voz.	j.v.	voz.	j.v.	voz.	j.v.	voz.	j.v.	voz.	j.v.	voz.	j.v.
1	rovně	14:00 - 14:15	1	0,5	1	0,8	20	20	1	1,5	2	4	1	1,5
		14:15 - 14:30	1	0,5	0	0	23	23	0	0,0	1	2	0	0
		14:30 - 14:45	0	0	0	0	16	16	1	1,5	2	4	1	1,5
		14:45 - 15:00	0	0,5	0	0	22	22	0	0	2	4	0	0
	vlevo	14:00 - 14:15	1	0,5	2	1,6	50	50	1	1,5	5	10	1	1,5
		14:15 - 14:30	2	1	1	0,8	61	61	1	1,5	3	6	1	1,5
		14:30 - 14:45	0	0	1	0,8	40	40	2	3,0	5	10	2	3,0
		14:45 - 15:00	1	0,5	1	0,8	54	54	0	0	4	8	0	0
2	rovně	14:00 - 14:15	1	0,5	0	0	19	19	1	1,5	2	4	1	1,5
		14:15 - 14:30	0	0	1	0,8	35	35	2	3,0	1	2	0	0
		14:30 - 14:45	0	0	0	0	27	27	0	0	2	4	1	1,5
		14:45 - 15:00	0	0	0	0	21	21	2	3,0	3	6	0	0
	vpravo	14:00 - 14:15	1	0,5	0	0	43	43	3	4,5	5	10	1	1,5
		14:15 - 14:30	1	0,5	1	0,8	81	81	4	6,0	3	6	1	1,5
		14:30 - 14:45	0	0	0	0	68	68	1	1,5	2	4	2	3,0
		14:45 - 15:00	0	0	1	0,8	47	47	3	4,5	6	12	1	1,5
3	vlevo	14:00 - 14:15	0	0	1	0,8	64	64	8	12	7	14	2	3
		14:15 - 14:30	1	0,5	2	1,6	71	71	6	9	5	10	1	1,5
		14:30 - 14:45	2	1,0	0	0	58	58	12	18	9	18	1	1,5
		14:45 - 15:00	0	0	1	0,8	78	78	1	1,5	10	20	1	1,5
	vpravo	14:00 - 14:15	0	0	1	0,8	22	22	3	4,5	2	4	1	1,5
		14:15 - 14:30	1	0,5	2	1,6	25	25	2	3	1	2	1	1,5
		14:30 - 14:45	2	1	0	0	18	18	4	6	3	6	1	1,5
		14:45 - 15:00	0	0	1	0,8	27	27	1	1,5	3	6	0	0

tab. 3 – sečtená vozidla a přepočtená jednotková vozidla pro stanoviště 1,2,3

Z výsledků sčítání, jsme se dozvěděli intenzity na všech vjezdech do křižovatky během špičkové hodiny, která činila 1 306 jednotkových vozidel. Podle vzorce 2 jsme došli k výsledné intenzitě 17 890 j.v. za 24 hodin, kterou potřebujeme pro následnou prognózu vývoje dopravy v následujících letech.

$$I_{24} = I_{\xi} \cdot k_{md} = 1\,306 \cdot \frac{100}{7,3} = 17\,890 \text{ j. v.} \quad (2, [9])$$



Obr. 4 – Pentlogram pro špičkovou hodinu

í kola

ocykly

oní vozidla

á nákladní vozidla

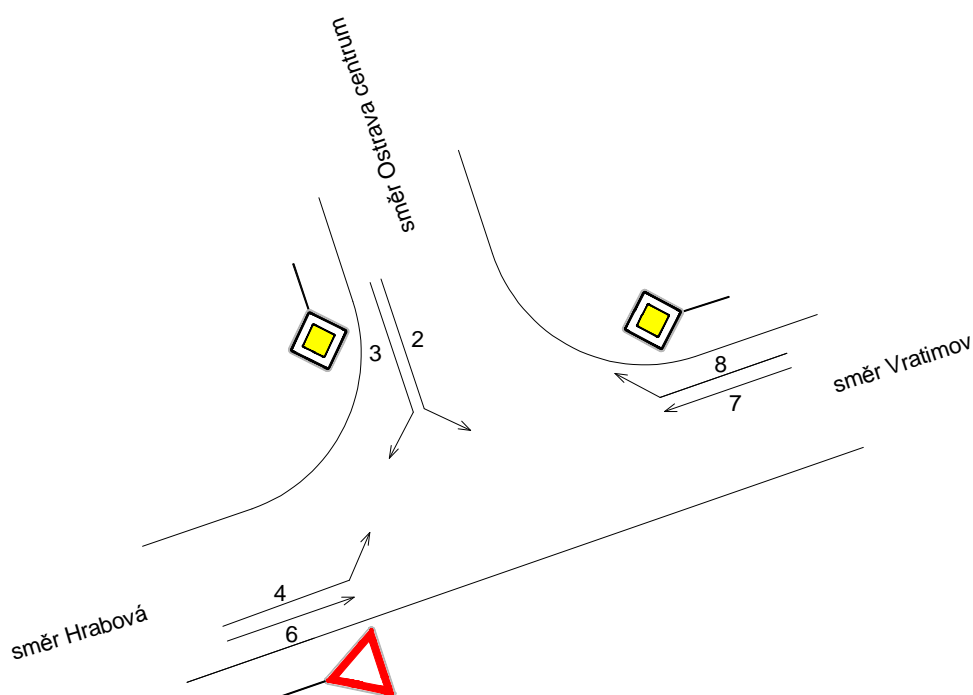
dní a těžká nákladní
řla

busy

Obr. 5 – složení dopravního proudu

3.2 Analýza z hlediska kapacity současného stavu

Pro výpočet a posouzení řešené křižovatky byly použity vztahy z TP 188 [8] pro výpočet a posouzení kapacity neřízené stykové křižovatky. Vstupní hodnoty (příloha 1) pro výpočet jsou intenzity vozidel na vjezdu do křižovatky a na následném směru jízdy. Dále je zohledněna skutečnost, že v žádném ze tří směrů není žádný samostatný odbočovací pruh. Existují pouze rozšířené vjezdy, kde je možnost společného řazení. Dle těchto hodnot je vypočtena střední doba zdržení t_w pro každý z podřazených proudů a stanovena délka fronty čekajících vozidel. Celý výpočet je uveden níže.



Obr. 6 – Číslování dopravních proudů ve stykové křižovatce

3.2.1 Vlastní výpočet:

Stupně podřazenosti dopravních proudů

1. Stupeň	2,3,8	nadřazenost
2. Stupeň	6,7	jednoduchá podřazenost proudu 1. stupně
3. Stupeň	4	dvojnásobná podřazenost proudům 1. a 2. stupně

Rozhodující intenzity nadřazených dopravních proudů

$$\text{proud } 7 = I_2 + I_3 = 386 + 133 = 519 \text{ voz/hod}$$

$$\text{proud } 6 = I_2 + 0,5 \cdot I_3 = 386 + 0,5 \cdot 133 = 452,5 \text{ voz/hod}$$

$$\text{proud } 4 = I_2 + 0,5 \cdot I_3 + I_7 + I_8 = 386 + 0,5 \cdot 133 + 129 + 297 = 878,5 \text{ voz/hod}$$

Hodnoty kritických a následných odstupů [8]

	Proud 7	Proud 6	Proud 4
Hodnoty kritických odstupů t_g	4,5	6,2	6,3
Hodnoty následných odstupů t_f	2,6	3,3	3,5

Tab. 4 – Hodnoty kritických a následných odstupů

Základní kapacita G_n

Jedná se o maximální počet vozidel z podřazeného dopravního proudu, která mohou projet křižovatkou v časové mezeře mezi vozidly nadřazených proudů. [8] Kapacita dopravních proudů 1. stupně není ničím omezena a odpovídá tedy kapacitě 1800 voz/hod. K určení použijeme vzorec 3.

$$G_n = \frac{3600}{t_f} \cdot e^{-\frac{I_h}{3600} \left(t_g - \frac{t_f}{2} \right)} \quad (3,[8])$$

Kde: G_n ... základní kapacita jízdního pruhu n-tého proudu [voz/h]

I_h ... rozhodující intenzita nadřazených proudů [voz/h]

$$G_7 = \frac{3600}{2,6} \cdot e^{-\frac{519}{3600} \left(4,5 - \frac{2,6}{2} \right)} = 1384,615 \cdot e^{-0,4613} = 687,8 \text{ voz/hod}$$

$$G_6 = \frac{3600}{3,3} \cdot e^{-\frac{452,5}{3600} \left(6,2 - \frac{3,3}{2} \right)} = 1090,909 \cdot e^{-0,5719} = 781,5 \text{ voz/hod}$$

$$G_4 = \frac{3600}{3,5} \cdot e^{-\frac{878,5}{3600} \left(6,3 - \frac{3,5}{2} \right)} = 1028,571 \cdot e^{-1,1103} = 338,9 \text{ voz/hod}$$

Kapacita n-tého jízdniho proudu 2. stupně

Základní kapacita je shodná s kapacitou jízdniho proudu druhého stupně a platí tedy vzorec 4.

$$C_n = G_n \quad (4,[8])$$

Kde: C_n ... kapacita jízdniho pruhu n-tého proudu [voz/h]

$$C_7 = G_7 = 687,8 \text{ voz/hod}$$

$$C_6 = G_6 = 781,5 \text{ voz/hod}$$

Kapacita 4. jízdniho proudu 3. Stupně

Pro výpočet kapacity C_4 (vzorec 6) pro proud 4 je nutno brát v úvahu pravděpodobnost nevzdutí nadřazeného proudu druhého stupně 7. Tuto pravděpodobnost vyjadřuje vzorec 5, který odpovídá neexistujícímu samostatnému odbočovacího pruhu.

$$p_{0,7} = \max \left\{ 1 - \left(\frac{I_i}{c_i} + \frac{I_j}{c_j} + \frac{I_k}{c_k} \right) \right\} = \max \left\{ 1 - \left(\frac{129}{687,8} + \frac{386}{1800} + \frac{133}{1800} \right) \right\} = 0,574 \quad (5,[8])$$

Kde: i ... dopravní proud 7 [-]

j ... dopravní proud 2 [-]

k ... dopravní proud 3 [-]

$p_{0,7}$... pravděpodobnost nevzdutého stavu

I_i, I_j, I_k ... intenzita dopravního proudu i, j, k [voz/h]

C_i, C_j, C_k ... kapacita dopravního proudu i, j, k [voz/h]

$$C_4 = p_{0,7} \cdot G_4 = 0,574 \cdot 338,9 = 194,4 \quad (6,[8])$$

Výpočet kapacity pruhu se společným řazením a rozšířeným vjezdem

Místo vjezdu do křižovatky je na všech větvích upraveno tak, aby se čekající vozidla mohla zastavovat v místě rozhledu vedle sebe. K výpočtu slouží vzorec 7.

$$C_{n,n} = \min \left\{ \frac{I_j + I_k}{\frac{l_u + 1}{6} \sqrt{a_{vj}^{\frac{l_u + 1}{6}} + a_{vk}^{\frac{l_u + 1}{6}}}} \right\} \quad (7,[8])$$

Kde: j ... dopravní proud 4, 2, 7 [-]

k ... dopravní proud 6, 3, 8 [-]

$C_{n,n}$... kapacita společného proudu 4+6, 2+3, 7+8 [voz/h]

a_{vj}, a_{vk} ... $\left(= \frac{I_j}{C_j} \text{ nebo } \frac{I_k}{C_k} \right)$ stupeň vytížení dopravního proudu j, k [-]

I_j, I_k ... intenzita dopravního proudu i, j, k [voz/h]

C_j, C_k ... kapacita dopravního proudu i, j, k [voz/h]

l_u ... délka úseku společného pruhu pro zastavení v rozšířeném vjezdu [m]

$$C_{4,6} = \min \left\{ \frac{103 + 258}{\frac{9,5}{6} \sqrt{\left(\frac{103}{194,4}\right)^{\frac{9,5}{6}} + \left(\frac{258}{781,5}\right)^{\frac{9,5}{6}}}} \right\} = \min \left\{ \frac{616,4}{1800} \right\} = 616,4 \text{ voz/hod}$$

$$C_{2,3} = \min \left\{ \frac{133 + 386}{\frac{8}{6} \sqrt{\left(\frac{133}{1800}\right)^{\frac{8}{6}} + \left(\frac{386}{1800}\right)^{\frac{8}{6}}}} \right\} = \min \left\{ \frac{2338}{1800} \right\} = 1800 \text{ voz/hod}$$

$$C_{7,8} = \min \left\{ \frac{297 + 129}{\frac{5}{6} \sqrt{\left(\frac{297}{1800}\right)^{\frac{5}{6}} + \left(\frac{129}{687,8}\right)^{\frac{5}{6}}}} \right\} = \min \left\{ \frac{1653}{1800} \right\} = 1653 \text{ voz/hod}$$

Stanovení střední doby zdržení t_w

Střední doba závisí na rezervě kapacity jízdního pruhu příslušných smíšených proudů a jeho intenzitě. [8] Rezervu stanovíme podle vzorce 8 a střední hodnotu pomocí vzorce 9 a jemu podřízených. Pro přehlednost jsou střední doby zdržení spolu s dílčími výsledky znázorněny v tabulce 5.

$$Rez = C_n - I_n \quad (8,[8])$$

Kde: Rez ... rezerva kapacity[voz/h]

$$Rez_{4,6} = C_{4,6} - I_4 - I_6 = 616,4 - 103 - 258 = 255,4 \text{ voz/h}$$

$$Rez_{2,3} = C_{2,3} - I_2 - I_3 = 1800 - 133 - 386 \text{ voz/h}$$

$$Rez_{7,8} = C_{7,8} - I_7 - I_8 = 1653 - 297 - 129 \text{ voz/hod}$$

$$t_w = D_i + E + \frac{1}{\mu} \quad (9,[8])$$

$$D_i = \frac{1}{2} \cdot (\sqrt{F^2 + G} - F) \quad (9a,[8])$$

$$F = \frac{1}{\mu_0 - q_0} \cdot \left[\frac{T}{2} \cdot (\mu - q) \cdot y + \left(y - \frac{\mu - \mu_0 + q_0}{\mu} \right) \right] + E \quad (9b,[8])$$

$$G = \frac{2 \cdot T \cdot y}{\mu_0 - q_0} \cdot \left[\frac{q}{\mu} - (\mu - q) \cdot E \right] \quad (9c,[8])$$

$$E = \frac{q_0}{\mu_0 \cdot (\mu_0 - q_0)} \quad (9d,[8])$$

$$y = 1 - \frac{\mu - \mu_0 + q_0}{q} \quad (9e,[8])$$

	Proud 4	Proud 6	Proud 7
μ	0,054	0,217	0,191
μ₀	0,444	0,444	0,444
q	0,029	0,072	0,036
q₀	0,014	0,036	0,018
T	3600	3600	3600
y	14,147	3,672	7,572
E	0,075	0,197	0,095
G	125 047,529	19 504,624	22 098,595
F	1 551,452	2 363,961	4 980,212
D	19,895	2,061	1,109
t_w	38,5	6,9	6,4

Tab. 5 – Výsledky střední doby zdržení a dílčích výpočtů

Stanovení délky fronty N95%

Délka fronty čekajících vozidel udává délku fronty na vjezdu do neřízené křižovatky, která bude nejméně v 95% případů během špičkové hodiny kratší, než vypočtená hodnota. Délka fronty $N_{95\%}$ je dána vzorcem 10.

$$N_{95\%} = \frac{3}{2} \cdot C_n \cdot \left(a_v - 1 + \sqrt{(1 - a_v)^2 + 3,0 \cdot \frac{8 \cdot a_v}{C_n}} \right) \quad (10,[8])$$

Kde: $N_{95\%}$... délka fronty [m]

a_v ... stupeň vytížení [-]

$$\text{vjezd 4,6: } N_{95\%} = 924,6 \cdot \left(0,586 - 1 + \sqrt{0,172 + 3,0 \cdot \frac{4,68}{616,4}} \right) = 24,65 \text{ m}$$

$$\text{vjezd 6,7: } N_{95\%} = 2479,4 \cdot \left(0,258 - 1 + \sqrt{0,551 + 3,0 \cdot \frac{2,06}{1652,95}} \right) = 6,23 \text{ m}$$

3.3 Analýza z hlediska nehodovosti

Potřebné informace k vypracování rozboru nehodovosti na řešené křižovatce jsme získali z online databáze Policie ČR [3]. Jedná se o záznamy z let 2007 až 2010. Obsahují velké množství informací, které dovolují odvodit příčiny jejich vzniku a taky způsobu, kterým by se jim dalo předcházet. Podrobný výpis nehod pro přímý úsek silnice II/487 Mostní obsahuje příloha 3. Samostatný výpis pro křižovatku silnic II. Třídy 478 a 477 je v příloze 4.



Obr. 7 – Místa nehod na řešeném úseku

3.3.1 Nehody na komunikaci Mostní

V časovém rozmezí 1. 1. 2007 až 31. 3. 2010 zde došlo k sedmi nehodám. Kromě jedné, se všechny staly přes den za nezhoršené viditelnosti. Hlavními příčinami jsou nedodržení bezpečné vzdálenosti, nebo nevěnování se plně řízení vozidla. Ve třech případech došlo k lehkým zraněním, jedná se především o jednu kolizi s chodcem a jednu s cyklistou.

3.3.2 Nehody na křižovatce Mostní a Buničitá

Ve stejném časovém období došlo i zde k sedmi nehodám. Všechny se staly během dne a obešly se bez zranění zúčastněných osob. Více než polovina byla způsobena nedodržením bezpečné vzdálenosti a pouze jedna byla způsobena nedáním přednosti vozidlu přijíždějícímu zprava. Rozhledové poměry na křižovatce jsou výborné, a tudíž se nepředpokládá větší množství nehod způsobených nedáním přednosti, pokud se tedy řidič bude plně věnovat řízení.

3.4 Pohyb chodců a cyklistů

Po komunikaci Mostní se denně pohybuje chodci, kteří zde bydlí, ale i ti, kteří jdou například na nádraží v obci Vratimov, nebo opačně. Kvůli absenci chodníku jsou nuceni chodit přímo po vozovce, takže jsou vystaveni nebezpečí srážky. Také řidiči, kteří je míjejí, musí zbytečně měnit směr jízdy při vyhýbaní. Za mostem přes řeku Ostravici dochází ke křížení s velmi oblíbenou a tudíž i frekventovanou cyklistickou stezkou, která vede podél řeky. Při pěkném počasí zde dochází za hodinu k přibližně dvaceti nechráněným přechodům chodců a asi k třiceti přejezdům cyklistů, nebo bruslařů. Lepší přehled o současném umístění chodníků a vedení cyklostezky vypovídá obrázek 8.



Obr. 8 – Současné umístění chodníků a cyklistické stezky

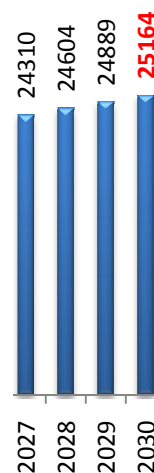
3.5 Závěr analýz

Analýza kapacitního posouzení stykové neřízené křižovatky prokázala odpovídající vedení směru hlavní komunikace pro nejvytíženější směry. Zároveň ukazuje velmi dobrou úroveň kvality dopravy na ramenech hlavní silnice, která odpovídá stupni A (úroveň zdržení velmi malá) [8]. Na rameni vedlejší silnice je ale situace horší, a odpovídá stupni D (fronta vozidel vyvolává výrazné časové ztráty, dopravní situace je ještě stabilní) [8]. Lze tedy usoudit, že pro budoucnost bude nutné navrhnout patřičné změny ke zvýšení kapacity. Nehodám s chodci, nebo cyklisty by šlo předejít vybudováním souběžné komunikace pro pěší a cyklisty po celé délce řešeného úseku.

4. Prognóza

4.1 Prognóza intenzity dopravy v roce 2030

Pro určení intenzity dopravy v roce 2030 byla použita metoda lineární extrapolace s regresí. Vstupními údaji jsou intenzity v kritickém bodě posuzovaného úseku, kterým je křižovatka komunikací Mostní a Buničítá. Jedná se o intenzity vjezdů za 24 hodin. Tyto údaje byly určeny v kapitolách 3.1.1 a 3.1.2. Pro tuto metodu nevyhovuje údaj z roku 2008, s ohledem na přílišnou odlišnost od roku 2009 nebo 2010. V příštích letech se nepočítá s poklesem na úroveň z roku 2008, tudíž je tedy zanedbána. Metoda vychází z hodnot dvou po sobě jdoucích let. Výsledky pro jednotlivé roky jsou přehledně zobrazeny v obrázku č. 7. Celý výpočet včetně použitých vzorců je v příloze 5.



Obr. 9 – Grafické zobrazení vývoje intenzit dopravy na prístich 20 let

Transformací vzorce 2 na vzorec 11 vypočteme z intenzity za 24 hodin v roce 2030 intenzitu pro špičkovou hodinu. Tato hodnota bude dále použita pro kapacitní posouzení navržených variant přestavby křižovatky.

$$I_{\xi} = \frac{I_{24}}{k_{md}} = 25\,164 \cdot \frac{100}{7,3} = 1\,837 \text{ j. v.} \quad (11, [9])$$

Změna intenzit vlivem výstavby zamýšleného projektu „Prodloužená Mostní“ bude zanedbatelná. Význam tohoto projektu je především v odklonění dopravy směřující přes centrum obce Hrabová po komunikaci Paskovská na rychlostní komunikaci R56 Místecká. Množství vozidel zůstane přibližně stejné.

4.2 Prognóza nehodovosti

Nehodovost bude záviset na navržených typech přestavby křižovatky. Na přímém úseku se nenachází zvláště nebezpečné místo a nehody, které se zde stanou, budou spíše vlivem nepozornosti řidičů.

4.2.1 Prognóza nehodovosti na úseku

Díky návrhu souběžné komunikace pro pěší a cyklisty můžeme nehody s těmito účastníky silničního provozu vypustit. Zbývá tedy pět nehod za období od ledna 2007 po prosinec 2009, čili 3 roky. Pro výpočet použijeme roky 2007 a 2008, kdy se tyto nehody staly. V roce 2008 zde projelo za 16 hodin 6 245 vozidel [3]. Použitím vzorce 1 z kapitoly 3.1.1 získáme hodnotu za 24 hodin, kterou následně přenásobíme 315, abychom zjistili množství vozidel za rok. Pro rok 2007 nemáme dostupné intenzity, budeme proto předpokládat stejné množství vozidel jako v roce 2008.

$$I_{24} = I_{16} \cdot 1,1 = 6\,245 \cdot 1,1 = 6\,869 \quad (1, [9])$$

$$I_{rok,2008} = I_{24} \cdot 315 = 6\,869 \cdot 315 = 2\,163\,735 \quad (12, [9])$$

Pro roky 2007 a 2008 je tedy poměr nehod na milión vozidel 0,86. Při přepočtu intenzity na rok 2030 podle výhledových koeficientů [11], zjistíme předpokládanou intenzitu v tomto roce. Při zachování stejného poměru nehod k miliónu projetých vozidel zjistíme, že se dají předpokládat 2-3 dopravní nehody.

$$I_{rok,2030} = I_{rok,2008} \cdot 1,359 = 2\,163\,735 \cdot 1,359 = 2\,941\,574 \quad (12)$$

4.2.2 Prognóza nehodovosti na křižovatce Mostní Buničitá

Při predikci nehodovosti je třeba brát ohled na druh návrhu křižovatky. Z dostupných informací víme, že křižovatka netrpí vážnými nehodami. Pro odhad použijeme vzorec 13. Jako stávající intenzitu použijeme intenzitu z roku 2008, která je sice nižší, ale v tomto roce došlo k největšímu počtu nehod.

$$N_v = N_s \cdot \frac{I_v}{I_s} = 7 \cdot \frac{25\,164}{14\,261} = 12 \quad (13)$$

Kde: N_v ... výhledový počet dopravních nehod

N_s ... výhledový počet dopravních nehod

I_v ... výhledový součet intenzit dopravy na všech vjezdech do křižovatky za 24 hodin

I_s ... stávající součet intenzit dopravy na všech vjezdech do křižovatky za 24 hodin

5. Návrh

Návrh řeší celý úsek ve dvou blocích. Prvním je návrh komunikace pro pěší a cyklisty souběžně s komunikací Mostní. Druhý blok se zabývá variantním návrhem úprav křižovatky silnic II. Třídy 477 a 478.

5.1 Návrh komunikace pro pěší a cyklisty

Návrh vychází z potřeby zajistit chodcům bezpečné spojení k nemovitostem podél komunikace a také v rámci obcí Hrabová a Vratimov. Cyklistům bezpečné propojení místních cyklistických stezek. V nejbližším období by měl být realizován projekt „Prodloužená Mostní“ (obrázek 10). Komunikace bude kategorie MS2 12,5/8,5/60. V přidruženém prostoru, který činí 4 m, je veden jízdní pruh pro cyklisty v šířce 2 m a pruh pro chodce v šířce 1,5 m. Projekt však začíná přestavbou křižovatky silnic II. třídy 478 Mostní a III. třídy 4705 Paskovská na okružní křižovatku a samotná ulice Mostní nedozná změn.



Obr. 10 – Grafické zobrazení zamýšlených změn po realizaci projektu „Prodloužená Mostní“

Můj návrh tedy řeší výstavbu komunikace pro pěší a cyklisty v přidruženém prostoru komunikace Mostní po celé její délce až po most. Za mostem bude řešena spolu s přestavbou křižovatky. Šířkové uspořádání samotné komunikace zůstává stejné a to 3,25 m pro oba jízdní pruhy a 0,25 m pro vodící proužek. Návrh bude realizován na severní straně, protože se zde nachází většina potencionálních cílů chodců a taky takto přímo naváže na chodník a cyklistickou stezku vzniklou realizací zmíněné okružní křižovatky viz Obrázek 11.



Obr. 11 – Situace okružní křižovatky realizované projektem „Prodloužená Mostní“

Od vozovky bude oddělen zvýšenou obrubou o výšce 12 cm. Jízdní pruh pro cyklisty oddělí od pruhu pro chodce hmatný pás. Celý přidružený prostor bude proveden ze zámkové dlažby s barevným odlišením jednotlivých pruhů. Charakteristický řez je v příloze 8-2.

5.2 Návrh přestavby křižovatky silnic II. třídy 477 a 478

Návrh obsahuje 3 varianty přestavby křižovatky. Variantou A vychází z posouzení stávajícího stavu s odbočovacím pruhem vlevo, na vedlejší komunikaci Mostní, na výhledovou kapacitu v roce 2030. Varianta B řeší přestavbu na okružní křižovatku, která je následně kapacitně posouzena. Varianta C pak návrh odbočovacích pruhů na všech ramenech a řízení pomocí světelného signalizačního zařízení (dále SSZ).

5.2.1 Varianta A

K výpočtu použijeme intenzitu špičkové hodiny z bodu 4.1 a to 1 837 vozidel. Protože se dá předpokládat nevyhovující výsledek, bude v posouzení uvažován již samostatný odbovací pruh vlevo z ulice Mostní. Posudek je obdobný posudku současného stavu z 3.2. Proto zde budou vypsané samostatně jen body, ve kterých se navzájem liší. Intenzity jednotlivých směrů vycházejí z procentuálního zastoupení v současné době (Příloha 2).

Rozhodující intenzity nadřazených proudů

$$\text{proud 7} = I_2 + I_3 = 543 + 187 = 730 \text{ voz/hod}$$

$$\text{proud 6} = I_2 + 0,5 \cdot I_3 = 543 + 0,5 \cdot 187 = 636 \text{ voz/hod}$$

$$\text{proud 4} = I_2 + 0,5 \cdot I_3 + I_7 + I_8 = 543 + 0,5 \cdot 187 + 181 + 418 = 1\,232 \text{ voz/hod}$$

Základní kapacita G_n

$$G_n = \frac{3600}{t_f} \cdot e^{-\frac{I_n}{3600} \left(t_g - \frac{t_f}{2} \right)} \quad (3,[8])$$

$$G_7 = \frac{3600}{2,6} \cdot e^{-\frac{730}{3600} \left(4,5 - \frac{2,6}{2} \right)} = 1384,615 \cdot e^{-0,6489} = 570 \text{ voz/hod}$$

$$G_6 = \frac{3600}{3,3} \cdot e^{-\frac{636}{3600} \left(6,2 - \frac{3,3}{2} \right)} = 1090,909 \cdot e^{-0,8044} = 619 \text{ voz/hod}$$

$$G_4 = \frac{3600}{3,5} \cdot e^{-\frac{1235}{3600} \left(6,3 - \frac{3,5}{2} \right)} = 1028,571 \cdot e^{-1,5583} = 216 \text{ voz/hod}$$

Kapacita n-tého jízdního proudu 2. stupně

$$C_n = G_n \quad (4,[8])$$

$$C_7 = G_7 = 570 \text{ voz/hod}$$

$$C_6 = G_6 = 619 \text{ voz/hod}$$

Kapacita 4. jízdního proudu 3. Stupně

Pro výpočet kapacity C_4 (vzorec 6) pro proud 4 je nutno brát v úvahu pravděpodobnost nevzdutí nadřazeného proudu 7 druhého stupně. Tuto pravděpodobnost vyjadřuje vzorec 13, který odpovídá samostatnému odbočovacího pruhu.

$$p_{0,7} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1 - \frac{I_7}{C_7} \\ 0 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1 - \frac{181}{570} \\ 0 \end{array} \right\} = 0,682 \quad (13,[8])$$

Kde: I_7 , intenzita dopravního proudu 7 [voz/h]

C_7 ... kapacita dopravního proudu 7 [voz/h]

$$C_4 = p_{0,7} \cdot G_4 = 0,682 \cdot 216 = 147 \text{ voz/hod} \quad (6,[8])$$

Výpočet kapacity pruhu se společným řazením a rozšířeným vjezdem

Místo vjezdu do křižovatky je na všech větvích upraveno tak, aby se čekající vozidla mohla zastavovat v místě rozhledu vedle sebe. Toto platí pro směry 2+3 a 7+8, směr 4+6 má již zmiňovaný samostatný odbočovací pruh vlevo. K výpočtu slouží vzorec 7.

$$C_{n,n} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{I_j + I_k}{\frac{l_{u+1}}{6} \sqrt{a_{vj}^{\frac{l_{u+1}}{6}} + a_{vk}^{\frac{l_{u+1}}{6}}}} \\ 1800 \end{array} \right\} \quad (7,[8])$$

$$C_{2,3} = \min \left\{ \frac{187 + 534}{\sqrt[{\frac{8}{6}+1}]{\frac{(187)^{\frac{8}{6}+1}}{1800} + \frac{(534)^{\frac{8}{6}+1}}{1800}}} \right\} = \min \left\{ \frac{2338}{1800} \right\} = 1800 \text{ voz/hod}$$

$$C_{7,8} = \min \left\{ \frac{415 + 181}{\sqrt[{\frac{5}{6}+1}]{\frac{(415)^{\frac{5}{6}+1}}{1800} + \frac{(181)^{\frac{5}{6}+1}}{570}}} \right\} = \left\{ \frac{1473}{1800} \right\} = 1473 \text{ voz/hod}$$

Stanovení střední doby zdržení t_w

Pro přehlednost jsou střední doby zdržení spolu s dílčími výsledky znázorněny v tabulce 6.

$$Rez_4 = C_4 - I_4 = 147 - 148 = -1 \text{ voz/h}$$

$$Rez_6 = C_6 - I_6 = 619 - 363 = 256 \text{ voz/h}$$

$$Rez_{2,3} = C_{2,3} - I_2 - I_3 = 1800 - 187 - 543 = 1\,070 \text{ voz/h}$$

$$Rez_{7,8} = C_{7,8} - I_7 - I_8 = 1473 - 181 - 415 = 877 \text{ voz/hod}$$

	Proud 4	Proud 6	Proud 7
μ	0,041	0,172	0,158
μ₀	0,444	0,444	0,444
q	0,041	0,101	0,050
q₀	0,021	0,050	0,025
T	3600	3600	3600
y	10,313	3,202	6,176
E	0,109	0,288	0,135
G	176 327,518	33 081,144	32 206,583
F	41,653	1 053,874	2 881,580
D	189,761	7,790	2,791
t_w	214	14	9

tab. 6 – Výsledky střední doby zdržení a dílčích výpočtů

Stanovení délky fronty N95%

$$N_{95\%} = \frac{3}{2} \cdot C_n \cdot \left(a_v - 1 + \sqrt{(1 - a_v)^2 + 3,0 \cdot \frac{8 \cdot a_v}{C_n}} \right) \quad (10,[8])$$

$$\text{vjezd 4: } N_{95\%} = 221,4 \cdot \left(1,003 - 1 + \sqrt{9 \cdot 10^{-6} + 3,0 \cdot \frac{8,022}{147}} \right) = 89,99 \text{ m}$$

$$\text{vjezd 6: } N_{95\%} = 929,1 \cdot \left(0,586 - 1 + \sqrt{0,171 + 3,0 \cdot \frac{4,69}{616,4}} \right) = 24,67 \text{ m}$$

$$\text{vjezd 6,7: } N_{95\%} = 2210,5 \cdot \left(0,405 - 1 + \sqrt{0,354 + 3,0 \cdot \frac{3,24}{1473}} \right) = 12,18 \text{ m}$$

Shrnutí výsledků kapacity křižovatky pro rok 2030

Výpočet ukazuje kvalitu dopravy, na ramenech hlavní silnice, která odpovídá stupni A (úroveň zdržení velmi malá). [8] Na rameni vedlejší silnice je situace nevyhovující a odpovídá stupni F (kapacita je překročena, fronta vozidel narůstá bez ohledu na dobu čekání, křižovatka je přetížená v delším časovém intervalu). [8] Lze tedy tvrdit, že pro budoucnost je neřízená styková křižovatka nevyhovující. A to i s uvažovaným samostatným pruhem pro odbočení vlevo z vedlejší silnice. Dále se návrhem této varianty nebudeme zabývat.

5.2.2 Varianta B

Varianta B řeší přestavbu stávající stykové křižovatky na křižovatku okružní s jedním jízdním pruhem a jednopruhovými vjezdy a výjezdy. Křižovatka má 3 ramena. Na všech ramenech jsou zvýšené ostrůvky se zelení. Návrh vychází ze stávajícího šířkového uspořádání dotčených komunikací. Na ulici Buničitá je za výjezdem z křižovatky vytvořen krátký odbočovací pruh vlevo. Bude sloužit k oddělení vozidel čekajících na odbočení vlevo k čerpací stanici pohonných hmot. Viz obrázek 12 a výkres 3.

Návrhové prvky okružní křižovatky

Vjezdy:

Vjezdy vozidel na okružní jízdní pás jsou uskutečněny stykovým napojením, kde průběžná (hlavní) komunikace je okružní jízdní pás s předností v jízdě a vedlejšími komunikacemi jsou vjezdové větve křižujících se komunikací.[7] Šířka jízdních pruhů na vjezdu je 4,5 m, jsou doplněné vodícím a odvodňovacím proužkem o celkové šířce 0,5 m. Poloměry vjezdových oblouků jsou ve všech třech ramenech 15 m. Návrhová rychlost na vjezdech je 30 km/hod.

Výjezdy:

Šířka jízdních pruhů na výjezdu je 4,5 m, jsou doplněny vodícím a odvodňovacím proužkem o celkové šířce 0,5 m. Poloměry výjezdových oblouků jsou ve všech třech ramenech 27 m. Návrhová rychlost na výjezdech je 30 km/hod.

Okružní pás:

Okružní jízdní pás je navržen v šířce 6 m. Zahrnuje šířku jízdního pruhu 5,5 m a vodící a odvodňovací proužek v šířce 0,5 m. Tvarově jde o klasické mezikruží o vnitřním poloměru 12 m a vnějším 18 m.

Středový ostrov:

Středový ostrov je kruh poloměru 8,0 m lemovaný prstencem šířky 4,0 m. Ostrov je od prstence oddělen zvýšenou obrubou. Jeho povrch je nepojízdný a osazený zelení. Prstenec je tvořen povrchem ze žulových kostek. Toto opatření dovolí ojedinělé poježdění většími automobily, ale zároveň odradí (z důvodu nepohodlné jízdy) řidiče osobních automobilů od zkracování si cesty přes něj.

Dopravní ostrůvky:

Dopravní ostrůvky umístěné u vjezdu/výjezdu přináší fyzické oddělení protisměrných jízdnic pruhů. Jsou rovněž odděleny od jízdnic pásu zvýšenou obrubou a jsou porostlé zelení.

Komunikace pro pěší:

Komunikace pro pěší navazuje na předchozí návrh z bodu 5. Napojí se za mostem přes řeku Ostravici a povede podél komunikace Mostní. V místě, kde je doposud neřešený přejezd a přechod z přílehlé cyklostezky, budou chodci a cyklisté převedeni na jižní stranu cesty a dále pak vedení bez dalšího křížení oblastí křižovatky na komunikaci Buničítá. Provoz chodců bude zajištěn v přidruženém dopravním prostoru. Šířka pruhu pro chodce je 1,5 m a od vozovky je oddělen bezpečnostním odstupem 0,5 m. V místě křižovatky se pak odstup zvýší ještě o 1,25 m tvořený zeleným pásem. Přechod pro chodce a přejezd pro cyklisty je proveden v šířce 4 m spolu s varovným a signálním pásem. Obruby jsou v těchto místech sníženy na 0,02 m nad vozovku. Délka mezi obrubami je 7 m.

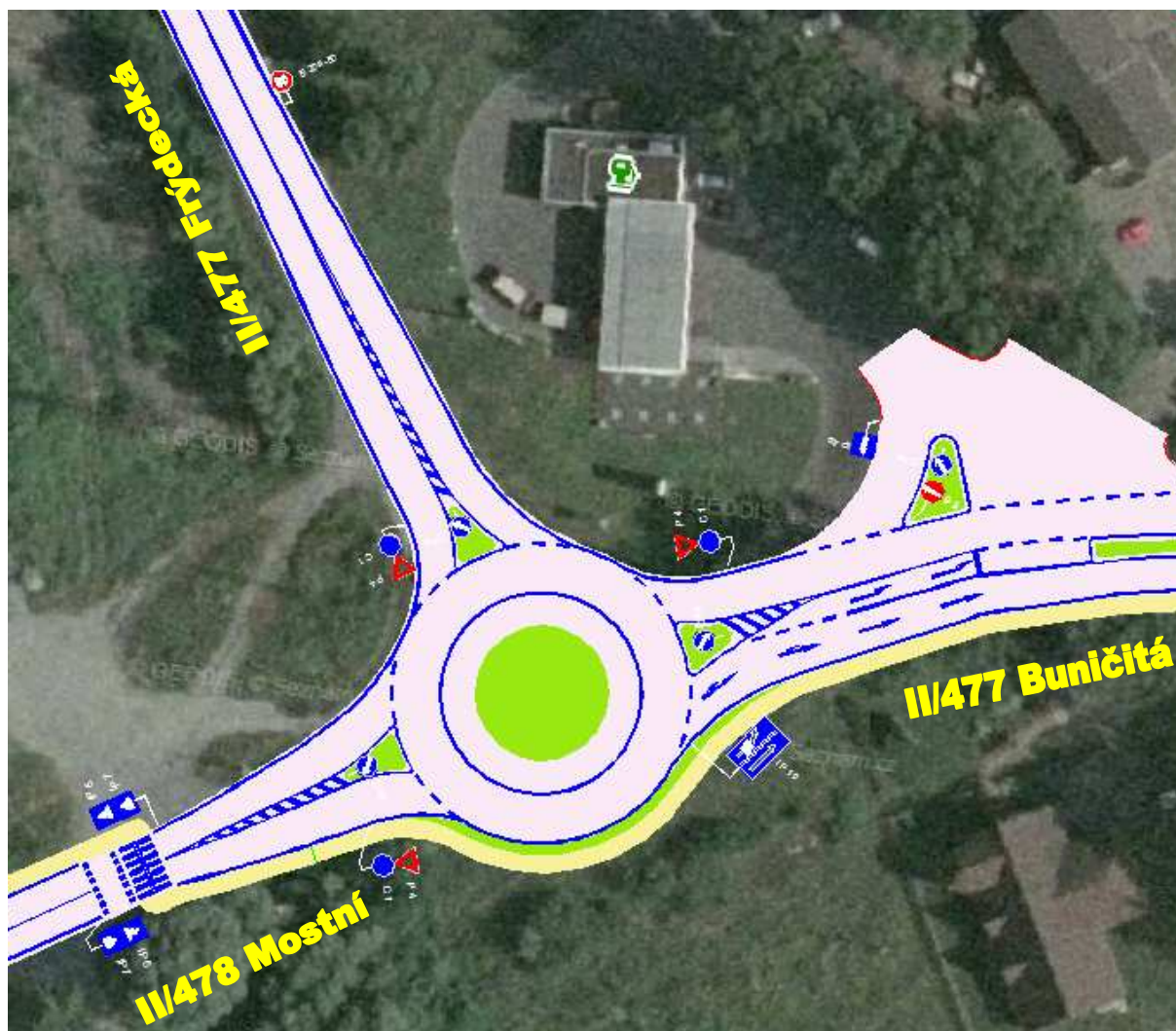
Vodorovné dopravní značení:

Okraj vozovky se označí vodorovnou dopravní značkou vodící čára (V4), tl. 0,25 m. Protisměrné jízdnic pruhy se oddělí podélnou čarou souvislou (V1a), tl. 0,125 m. Okraj jízdnic pásu podélnou čarou přerušovanou (V2b) v provedení 1,5/1,5/0,25. Dopravní stín se vyznačí značkou (V13a), v uspořádání 0,5/1,0 m, provedené pod úhlem 45°. Přechod pro chodce se vyznačí značkou V7 v provedení 0,5/0,5 na příslušnou šířku přechodu. Přejezd pro cyklisty se vyznačí značkou V8 v provedení 0,5/0,5 na příslušnou šířku přechodu. Směrové šipky (V9a) v délce 5m.

Svislé dopravní značení:

Pro určení přikázaného směru jízdy na okružní křižovatce se umístí značka C1 „Kruhový objezd“, společně se značkou P4 „Dej přednost v jízdě!“. Tyto dvě značky se umístí na společný sloupek. Čela dopravních ostrůvků se osadí značkami C4a „Přikázaný směr objíždění vpravo. Přechody pro chodce a přejezd pro cyklisty se označí svislou dopravní

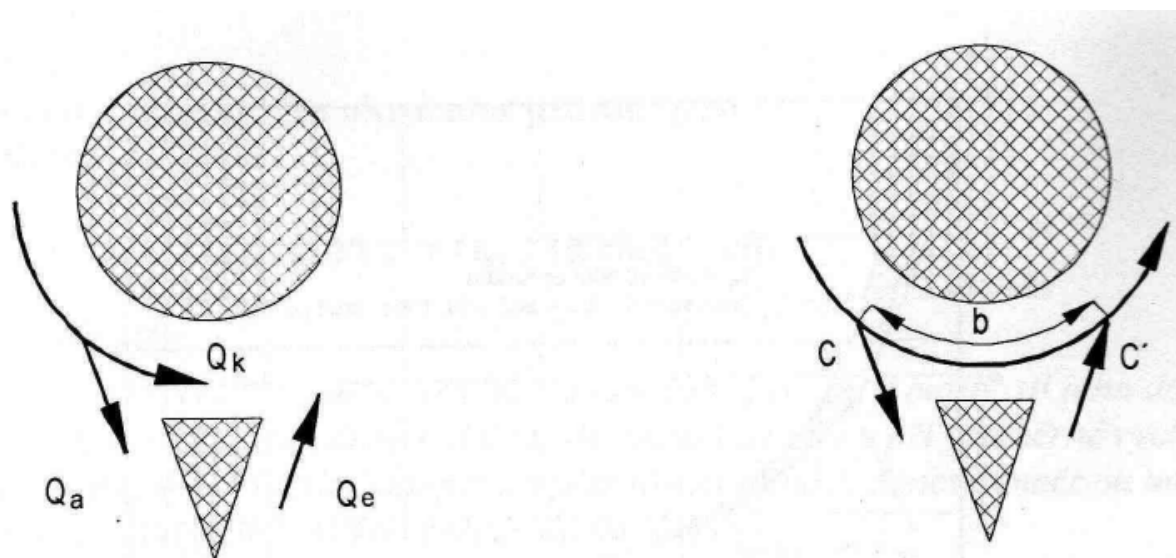
značkou IP6 „Přechod pro chodce“ a IP7 „Přejezd pro cyklisty“ značky se umístí bezprostředně před přechodem pro chodce na společný sloupek. Jednosměrný výjezd od čerpací stanice pohonných hmot se na počátku osadí značkou IP4b „Jednosměrný provoz“ a na konci B2 „zákaz vjezdu všech vozidel“. Pro informování řidičů o způsobu řazení do odbočovacího pruhu pro odbočení vlevo k čerpací stanici se užije označení IP19 „Řadící pruhy“ s doplňkovou značkou IJ7 „čerpací stanice“.



Obr. 12 – Varianty B - okružní křižovatka

Kapacitní posouzení varianty A

Kapacita byla posouzena podle TP 135. Jedná se o metodu EPFL (Exile Polytechnoques Fédérale de Lausanne), pro kterou je nutné znát hodnoty zatížení vjezdů a výjezdů. Pro komunikaci Mostní použijeme označení A, pro Buničitou B a pro komunikaci Frýdeckou C.



Obr. 13 – Označení dopravních proudů a vzdálenost „b“ mez kolizními body [7]

	A	B	C
Q_e	508	596	730
Q_a	368	906	560
Q_k	543	148	181
b	14,6	16	15,4
α	0,37	0,31	0,34

Tab. 7 – Vstupní údaje pro kapacitní posouzení okružní křižovatky

$$L_e = 1500 - \frac{8}{9} \cdot (Q_k + \alpha \cdot Q_a) \quad (14,[7])$$

Kde: L_e ... kapacita n-tého vjezdu [voz/h]

Q_k ... intenzita mezi výjezdem a následujícím (posuzovaným) vjezdem [voz/h]

Q_a ... intenzita na vjezdu [voz/h]

α ... faktor zohledňující geometrické poměry vjezdu v závislosti vzdálenosti mezi kolizními body C a C'

$$L_{eA} = 1500 - \frac{8}{9} \cdot (Q_{kA} + \alpha \cdot Q_{aA}) = 1500 - \frac{8}{9} \cdot (543 + 0,37 \cdot 386) = 896 \text{ voz/h}$$

$$L_{eB} = 1500 - \frac{8}{9} \cdot (Q_{kB} + \alpha \cdot Q_{aB}) = 1500 - \frac{8}{9} \cdot (148 + 0,31 \cdot 906) = 1119 \text{ voz/h}$$

$$L_{eC} = 1500 - \frac{8}{9} \cdot (Q_{kC} + \alpha \cdot Q_{aC}) = 1500 - \frac{8}{9} \cdot (181 + 0,34 \cdot 560) = 1170 \text{ voz/h}$$

Rezervy jednotlivých vjezdů:

$$R = L_e - Q_e \quad (15,[7])$$

Kde: R ... rezerva kapacity vjezdu [voz/h]

Q_e ... intenzita na vjezdu [voz/h]

$$R_A = L_{eA} - Q_{eA} = 896 - 508 = 388 \text{ voz/h}$$

$$R_B = L_{eB} - Q_{eB} = 1119 - 596 = 523 \text{ voz/h}$$

$$R_C = L_{eC} - Q_{eC} = 1170 - 730 = 440 \text{ voz/h}$$

Stupeň vytížení jednotlivých vjezdů:

$$ALG_e = \frac{Q_e}{L_e} \cdot 100 \quad (16,[7])$$

Kde: ALG_e ... Stupeň vytížení vjezdu [%]

$$ALG_{eA} = \frac{Q_{eA}}{L_{eA}} \cdot 100 = \frac{508}{896} \cdot 100 = 56,68 \%$$

$$ALG_{eB} = \frac{Q_{eB}}{L_{eB}} \cdot 100 = \frac{596}{1119} \cdot 100 = 53,27 \%$$

$$ALG_{eC} = \frac{Q_{eC}}{L_{eC}} \cdot 100 = \frac{730}{1170} \cdot 100 = 62,40 \%$$

Střední doba zdržení:

	A	B	C
t _w [s]	9,5	7,9	8,1

Tab. 8 – Střední doba zdržení pro jednotlivé vjezdy odečtená z grafu viz příloha 6

Délka čekající fronty:

$$L = \frac{Q_e \cdot t_w}{3600} \cdot L_{voz} \quad (17,[7])$$

Kde: L ... délka čekající fronty [m]

L_{voz} ... délka čekajícího vozidla (6 m) [m]

$$L_A = \frac{Q_{eA} \cdot t_{wA}}{3600} \cdot L_{voz} = \frac{508 \cdot 9,5}{3600} \cdot 6 = 8,0 \text{ m}$$

$$L_B = \frac{Q_{eB} \cdot t_{wB}}{3600} \cdot L_{voz} = \frac{596 \cdot 7,9}{3600} \cdot 6 = 7,8 \text{ m}$$

$$L_C = \frac{Q_{eC} \cdot t_{wC}}{3600} \cdot L_{voz} = \frac{730 \cdot 8,1}{3600} \cdot 6 = 9,9 \text{ m}$$

Posouzení okružní křižovatky z bezpečnostního hlediska

Řidič přijíždějící na křižovatku je nucen zpomalit před vjezdem na okružní pás, což zvyšuje bezpečnost dopravy. Toto zpomalení hraje důležitou úlohu v závažnosti dopravních nehod. Na okružní křižovatce se nacházejí pouze dva typy kolizních bodů a to přípojně a odbočné, což také snižuje množství nehod. Podle predikovaného počtu 12 nehod za rok, se dá předpokládat snížení o 2 nehody, odpovídající křížným bodům, které okružní křižovatka nemá.

Posouzení okružní křižovatky z ekonomického hlediska

Cena přibližných nákladů potřebných k realizaci varianty je stanovena na základě ceníků UUR. [10]

Vozovka:

Typ vozovky	Skladba	Tloušťka celkem	Cena Kč/m ²
D1-N-1-III-II	ABS I	47 cm	1400
	ABH I		
	OK I		
	MZK		
	ŠD		

Tab. 9 – skladba vozovky

Chodník:

Typ chodníku	Skladba	Tloušťka celkem	Cena Kč/ m ²
D2 –D-1-CH-PII a PIII	ŠD	24 cm	950
	L		
	Dlažba		

Tab. 10 – skladba chodníku

Obrubník do betonu včetně osazení	400 Kč za bm
Dopravní značení vodorovné	700 Kč za m ²
Svislé dopravní značení	4 000 Kč za ks
Odstranění asfaltových povrchů	500 Kč za m ²
Odstranění dlažby z betonových dlaždic	110 Kč za m ²

Položka	Cena [m2, bm, ks]	Plocha	Cena celkem [Kč]
Vozovka	1400	3988	5 583 200
Chodník	950	518	492 100
Obruba	400	779	311 600
Svislé dopravní značení	4 000	19	76 000
Vodorovné dopravní značení	700	386	207 200
Odstranění asfaltových ploch	500	2786	1 393 000
CELKOVÁ CENA REALIZACE VARIANTY:			8 063 100

Tab. 11 – Přehled cen jednotlivých položek

Cena realizace varianty je stanovena na 8 063 100 Kč.

5.2.3 Varianta C

Varianta C řeší přestavbu stávající křižovatky formou přidáním samostatných odbočovacích pruhů do všech třech ramen a osazením SSZ. Z důvodu umístění SSZ je přechod pro chodce a přejezd pro cyklisty veden v nároží komunikace Mostní. Obdobně jako ve variantě B je snaha zachovat stávající šířkové hranice křižovatky.

Návrhové prvky

Průběžné jízdní pruhy jsou zachovány ve stejné šířce jako původní stav a to 3,25 m. Pouze u dělicího ostrůvku na komunikaci Buničitá je šířka zvětšena na 3,75 m pro pohodlnější průjezd větších vozidel.

Jako přídatné pruhy jsou navrženy na všech ramenech v šířce 3,25 m. Na ulici Mostní se jedná o pruh pro odbočení vlevo, jeho délka je limitována přítomností mostu. Na ulici Frýdecká a Buničitá jde o přidání pruhu pro odbočení vpravo. Délka pruhu na ulici Buničitá je limitována blízkým výjezdem od čerpací stanice pohonných hmot.

Nároží úrovně křižovatky je řešeno složeným kružnicovým obloukem. Poměr poloměru je 2:1:3 s dílčím poloměrem 15 m.

Dopravní ostrůvek na ulici Buničitá je složeného typu se zaoblením vrcholů poloměrem 0,5 m. V místě kde bude objížděn vozidly z ulice Frýdecká, je poloměr zaoblení 15 m. Ostrůvek má dostatečnou plochu, aby byl proveden jako zvýšený. Od okraje přilehlých jízdních pruhů je odsazen o 0,25 m. Povrch bude proveden osazením zelení.

Okraj vozovky se označí vodorovnou dopravní značkou vodící čára (V4), tl. 0,25 m. Protisměrné jízdní pruhy se oddělí podélnou čarou souvislou (V1a), tl. 0,125 m. Vedení pruhů v křižovatce se provede značkou (V2b) v provedení 1,5/1,5/0,25. Dopravní stín se vyznačí (V13a) v uspořádání 0,5/1,0 m, provedené pod úhlem 45°. Přejezd pro chodce se vyznačí značkou V7 v provedení 0,5/0,5 na příslušnou šířku přechodu. Přejezd pro cyklisty se vyznačí značkou V8 v provedení 0,5/0,5 na příslušnou šířku přechodu. Směrové šipky (V9a) v délce 5m. Příčnou souvislou čarou (V5) se označí místo, kde je nutné zastavit. Šířka čáry je totožná s šířkou jízdního pruhu, tloušťka je 0,5 m. Odbočovací pruhy se od přilehlého průběžného pruhu oddělí ve směru jízdy nejprve podélnou čarou přerušovanou (V2b) v provedení 1,5/1,5/0,25, následuje podélná čára souvislá (V1a) o tloušťce 0,25 m. Způsob řazení do jízdních pruhů označují směrové šipky (V9a) umístěné v ose pruhu.

Do nároží ulic Frýdecké a Buničité se umístí značky P2 „Hlavní pozemní komunikace“ upravující přednost. Budou doplněny o značku E2d „Tvar křižovatky“. Na rameni ulice Mostní bude umístěna značka P4 „Dej přednost v jízdě!“, také spolu s E2d „Tvar

křižovatky“, Čelo dopravního ostrůvku se osadí značkou C4a „Přikázaný směr objíždění vpravo. Přejezd pro chodce a přejezd pro cyklisty se označí svislou dopravní značkou IP6 „Přechod pro chodce“ a IP7 „Přejezd pro cyklisty“, značky se umístí bezprostředně před přechodem pro chodce na společný sloupek. Jednosměrný výjezd od čerpací stanice pohonných hmot se na počátku osadí značkou IP4b „Jednosměrný provoz“ a na konci B2 „zákaz vjezdu všech vozidel“. Pro informování řidičů o způsobu řazení do odbočovacích pruhů se užije označení IP19 „Řadicí pruhy“.

Kapacitní posouzení řízené stykové křižovatky

Vychází z předpokládaných intenzit dopravy v roce 2030. Pro výpočet bylo nutné navrhnout signální plán. Dílčí výsledky jsou uvedeny v tabulce 12. Celý postup výpočtu je v příloze 7.

Vjezd	Fáze	Intenzita I (j.v./h)	Základní saturovaný tok pruhu	Základní saturovaný tok vjezdu	Podélný sklon vjezdu (%)	Koeficient a	Koeficient sklonu kskl	Podíl odbočujících vozidel f	Poloměr oblouku R	Koeficient oblouku kobl	Saturovaný tok vjezdu S (j.v.)	Stupeň saturace vjezdu y	Max y
VB1	1	418	1900	1900	-1,2	0	1	1	15	0,91	1727	0,34	0,41
VC1	1	187	1900	1900	-1,1	0	1	0,26	6	0,94	1786	0,41	
VC2	1	543	1900	1900	-1,1	0	1	0,74	15	0,93	1768	0,41	
VA1	2	363	1900	1900	1,2	1,2	0,98	0	∞	1	1854	0,28	0,34
VA2	2	145	1900	1900	1,2	1,2	0,98	1	15	0,91	1686	0,28	
VB2	2	181	1900	1900	-1,2	0	1	0	∞	1	1900	0,34	

Tab. 12a – Přehled jednotlivých výsledků výpočtu signálního plánu (pokračování tab. 12b)

Vjezd	Celkový stupeň saturace Y	Rozhodující mezičas t_m	Ztrátový čas ve fázi (s)	Celkový ztrátový čas za cyklus L (s)	Optimální délka cyklu C_{opt} (s)	Reálná délka cyklu C (s)	Délka zelené pro kritický vjezd z (s)	Efektivní zelená z' (s)	Kapacita vjezdu C (s)	Rezerva kapacity vjezdu Rez (%)	Délka řadícího pruhu l	(m)Střední doba zdržení
VB1	0,749	5,0	4,0	10,0	79,7	90,0	43,0	44,0	844,4	50,5	62,7	14,6
VC1									873,0	78,6	28,1	12,3
VC2									864,6	37,2	81,5	15,9
VA1		7,0	6,0				33,0	34,0	700,6	48,2	54,5	20,2
VA2									636,9	77,2	21,8	28,1
VB2									717,8	74,8	27,2	28,4

Tab. 12b – Přehled jednotlivých výsledů výpočtu signálního plánu - dokončení

Výpočet kapacity vjezdu:

$$L = S \cdot \frac{Z+1}{C_y} \quad (18,[5])$$

Kde: C ... kapacita vjezdu [voz/h]

S ... saturovaný tok vjezdu [voz/h]

Z ... doba signálu volno [s]

 C_y ... délka cyklu [s]**Střední doba zdržení na vjezdu do řízené křižovatky:**

$$t_w = 0,9 \cdot \left[\frac{(C_y - z)^2 \cdot S}{2 \cdot C_y \cdot (S - I_n)} + \frac{x^2 \cdot 3600}{2 \cdot I_n \cdot (1 - x)} \right] \quad (19,[5])$$

Kde: t_w ... Střední doba zdržení na vjezdu do řízené křižovatky [s] I_n ... návrhová intenzita na vjezdu [voz/h]

x ... pomocná proměnná [-]

Posouzení stykové řízené křižovatky z bezpečnostního hlediska

Záměrem návrhu řízené stykové křižovatky bylo zvýšit nejen bezpečnost, ale i plynulost dopravy. Samostatné odbočovací pruhy mají pozitivní vliv na bezpečnost. Na křižovatce se nachází 2 křižné body. Ve fázi jedna je to odbočení vpravo z ulice Frýdecké a následné křížení s chodci a cyklisty. V druhé fázi to je křížení vlevo odbočujících vozidel z ulice Mostní, kříží dráhu protijedoucích vozidel z ulice Buničité. I přesto jde o výrazné snížení oproti křižovatce neřízené. Ve večerních hodinách bude řízení dopravy pomocí SSZ vypnuto a účastníci provozu se budou řídit dle navrženého svislého dopravního značení.

Posouzení okružní křižovatky z ekonomického hlediska

Cena přibližných nákladů potřebných k realizaci varianty je stanovena na základě ceníků UUR. [10]

Vozovka:

Typ vozovky	Skladba	Tloušťka celkem	Cena Kč/m ²
D1-N-1-III-PII	ABS I	47 cm	1400
	ABH I		
	OK I		
	MZK		
	ŠD		

tab. 13 – skladba vozovky

Chodník:

Typ chodníku	Skladba	Tloušťka celkem	Cena Kč/ m ²
D2 –D-1-CH-PII a PIII	ŠD	24 cm	950
	L		
	Dlažba		

tab. 14 – skladba chodníku

Obrubník do betonu včetně osazení	400 Kč za bm
Dopravní značení vodorovné	700 Kč za m ²
Svislé dopravní značení	4 000 Kč za ks
Odstranění asfaltových povrchů	500 Kč za m ²
Odstranění dlažby z betonových dlaždic	110 Kč za m ²

Položka	Cena [m2, bm, ks]	Plocha	Cena celkem [Kč]
vozovka	1400	1635	2 289 000
Chodník	950	763	724 850
Obruba	400	465	186 000
Svislé dopravní značení	4000	15	60 000
Vodorovné dopravní značení	700	239	167 300
Odstranění asfaltových ploch	500	1234	817 500
SSZ			500 000
CELKOVÁ CENA REALIZACE VARIANTY:			4 744 650

tab. 15 – Přehled cen jednotlivých položek

Cena realizace varianty je stanovena na 4 744 650 Kč.

6. Vzájemné porovnání navržených variant

Na základě daných kritérií jsou srovnány jednotlivé varianty. Každé kritérium má bodové ohodnocení pro dané kritérium od 1 do 3 bodů, kde 3 body znamenají nejvýhodnější stav.

	Varianta A	Varianta B	Varianta C
Průjezdni kapacita	Neposuzováno	2	3
Plynulost dopravy		3	1
Doba zdržení		3	1
délka fronty čekajících vozidel		3	2
Nehodovost		3	2
Bezpečnost chodců		2	2
Náklady		1	2
Vizuální hledisko		3	1
Vyhodnocení	0	20	14

Tab. 16 – Vyhodnocení navržených variant

Nejvyšší hodnocení dosáhla varianta A. Tento návrh nejlépe splňuje daná kritéria uvedená v tabulce č. 14, a proto je doporučen k realizaci.

7. Závěr

Práce posoudila řešený úsek v současném stavu z hlediska intenzity dopravy, nehodovosti a problémů, které se ho týkají. Ze stejných hledisek došlo k posouzení predikovaného stavu za dvacet let, tedy v roce 2030.

Největším problémem byla chybějící komunikace pro pěší. Toto vyřešil návrh souběžné komunikace pro pěší a cyklisty v přidruženém prostoru komunikace Mostní. Po realizaci dojde k bezpečnému spojení obcí Hrabová a Vratimov pro pěší. Cyklisté určitě ocení propojení cyklistické stezky v Hrabové s cyklistickou stezkou vedenou kolem řeky Ostravice. Dále návrh velmi sníží, nebo zcela eliminuje počet nehod s těmito účastníky dopravního provozu. Problémem zůstává vedení pruhu pro cyklisty přes most na komunikaci Mostní. V případě jeho rekonstrukce, by bylo vhodné na tento problém pamatovat a vyřešit jej například rozšířením mostu nebo přidáním konzoly na stranu.

Současný stav křižovatky na řešeném úseku je na hranici své kapacity a tudíž vyžaduje přestavbu. V bakalářské práci byly navrženy celkem 3 varianty úprav. Varianta A nevyhověla na kapacitní posouzení, a proto nebylo dále v jejím rozpracování pokračováno. Variantou B byla přestavba na křižovatku okružní. Došlo by tím ke zvýšení průjezdní kapacity, plynulosti dopravy a snížení počtu vážných dopravních nehod. Varianta C uvažuje s přidáním samostatných odbočovacích pruhů do všech větví křižovatky a řízením provozu pomocí světelně signalizačního zařízení. Všechny varianty řeší v místě křížení komunikace Mostní s cyklostezkou kolem řeky Ostravice, přechod pro chodce a přejezd pro cyklisty.

Závěr práce je věnován kritériálnímu posouzení navržených variant. Z hodnocení byla vypuštěna varianta A. I přes vyšší náklady na pořízení varianty B oproti variantě C má varianta B konečný součet bodů vyšší a proto je doporučena k realizaci.

8. Seznam použitých zdrojů a literatury

- [1] ČSN 73 6102 - *Projektování křižovatek na pozemních komunikacích*, Praha, 2006.
- [2] ČSN 73 6110 - *Projektování místních komunikací*, Praha, 2006.
- [3] Databáze nehod Policie ČR [online].. Dostupné z:<<http://www.jdvm.cz/pcr>>
- [4] Ostravské komunikace a.s.
- [5] TP 81 - *Navrhování světelných signalizačních zařízení pro řízení silničního provozu*, CDV Brno, 1996, ISBN 80-902141-2-6
- [6] TP 133 - *Zásady pro vodorovné dopravní značení na pozemních komunikacích*, Ministerstvo dopravy, 2005
- [7] TP 135 - *Projektování okružních křižovatek na silnicích a místních komunikacích*, Ostrava: V-projekt s.r.o., 2005
- [8] TP 188 - *Posuzování kapacity neřízených úrovnňových křižovatek* Praha: EDIP s.r.o., 2007
- [9] TP 189 - *Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích*, Praha: EDIP s.r.o., 2008
- [10] Ústav územního rozvoje [online].. Dostupné z:<<http://www.uur.cz>>
- [11] Výhledové koeficienty růstu dopravy pro období 2005 – 2040, Ředitelství silnic a dálnic ČR [online], Dostupné z:<[http://www.rsd.cz/rsd/rsd.nsf/0/d795e8881160bae5c1256e230048ef8348ef83/\\$FILE/P%C5%99%C3%ADloha%20D.doc](http://www.rsd.cz/rsd/rsd.nsf/0/d795e8881160bae5c1256e230048ef8348ef83/$FILE/P%C5%99%C3%ADloha%20D.doc)>