

UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2020

BURIANCOVÁ PAVLA

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Analýza dopravního toku v křížení ulic K Vinici, Na Spravedlnosti
a S. K. Neumanna v Pardubicích

Buriancová Pavla

Bakalářská práce

2020

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Pavla Buriancová**
Osobní číslo: **D16092**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Technologie a řízení dopravy: Technologie a řízení dopravních systémů**
Téma práce: **Analýza dopravního toku v křížení ulic K Vinici, Na Spravedlnosti a S. K. Neumanna v Pardubicích**
Zadávací katedra: **Katedra technologie a řízení dopravy**

Zásady pro vypracování

Úvod
1. Představení křižovatky
2. Měření a analýza dat
3. Zhodnocení a návrh
Závěr

Rozsah pracovní zprávy: **30-40**
Rozsah grafických prací: **3-4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

PŘIBYL, Pavel a Radim MACH. Řídicí systémy silniční dopravy. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02811-9.

LEDVINOVÁ, Michaela. Teorie dopravy: studijní opora [CD-ROM]. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2013. ISBN 978-80-7395-651-6.

LEDVINOVÁ, Michaela. Dopravní inženýrství: studijní opora. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2013. ISBN 978-80-7395-654-7

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Michaela Krbálková**
Katedra technologie a řízení dopravy

Datum zadání bakalářské práce: **5. února 2019**
Termín odevzdání bakalářské práce: **24. ledna 2020**

L.S.

doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

doc. Ing. Jaromír Široký, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 5. února 2019

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 24.1 2020

Buriancová Pavla

Poděkování:

Ráda bych poděkovala své vedoucí bakalářské práce Mgr. Michaele Krbákové za pomoc, ochotu, poskytnuté a doporučené materiály pro zpracování, připomínky a doporučení při vedení mé práce.

Také chci poděkovat svým blízkým za podporu.

ANOTACE

V bakalářské práci bude představen popis křižovatky a proudů, provedení a vyhodnocení jednoduchého měření dopravních dat ve vytížených časových úsecích (pracovní den – ranní a odpolední špička) a návrh změn k optimalizaci v křížení ulic K Vinici, Na Spravedlnosti a S. K. Neumanna v Pardubicích.

KLÍČOVÁ SLOVA

křižovatka, silnice, metody měření, dopravní proudy, dopravní data

TITLE

Traffic flow analysis in crossing streets K Vinici, Na Spravedlnosti a S. K. Neumanna in Pardubice

ANNOTATION

In this bachelor thesis will be introduced a description of crossroad and traffic flows, implementation and evaluation of simple measurement of traffic data in busy time periods (working day - morning rush hour and afternoon rush hour) and suggestion of changes for optimalization in crossing streets K Vinici, Na Spravedlnosti a S. K. Neumanna.

KEYWORDS

crossroad, road, methods of measuring, traffic flow, traffic data

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ	10
SEZNAM TABULEK	11
SEZNAM ZKRATEK	12
ÚVOD	13
1 PŘEDSTAVENÍ KŘIŽOVATKY	14
1.1 Posuzovaná křižovatka	15
1.2 Popis proudů křižovatky	16
1.2.1 Ulice S. K. Neumanna (směr do města i z města)	16
1.2.2 Ulice K Vinici	16
1.2.3 Ulice Na Spravedlnosti	17
2 MĚŘENÍ A ANALÝZA DAT	18
2.1 Metody měření	19
2.1.1 Indukční smyčky	20
2.1.2 Ultrazvukové detektory	24
2.1.3 Mikrovlnné detektory	24
2.1.4 Pasivní infračervené detektory	24
2.1.5 Optické detektory	24
2.1.6 Videodetekce	24
2.1.7 Detektory pro rozpoznávání obrazu	25
2.1.8 Ekologické detektory	25
2.2 Dopravní proudy	26
2.2.1 Stavové veličiny dopravních proudů	27
2.2.2 Měření intenzity, odstupu, rychlosti a hustoty	27
2.3 Analýza změřených dopravních dat	30
2.3.1 Ranní špička	30

2.3.2	Odpolední špička	33
3	ZHODNOCENÍ A NÁVRH.....	36
3.1	Zhodnocení změřených výsledků.....	36
3.1.1	Zhodnocení ranní špičky.....	36
3.1.2	Zhodnocení odpolední špičky.....	37
3.1.3	Porovnání ranní a odpolední špičky.....	38
3.2	Návrh změn	38
	ZÁVĚR	41
	SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	42

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Základní úrovněvé křižovatky	14
Obrázek 2: Letecký pohled na křižovatku	15
Obrázek 3: Posuzovaná křižovatka boční pohled	16
Obrázek 4: Umístění kamery	18
Obrázek 5: Konstrukční provedení indukčních detektorů	20
Obrázek 6: Schéma působení vozidla na indukční smyčku.....	21
Obrázek 7: Tvary indukčních smyček	22
Obrázek 8: Měření doby obsazenosti.....	23
Obrázek 9: Měření rychlosti dvěma smyčkami	23
Obrázek 10: Příčné uspořádání dopravního prostoru městských komunikací	26
Obrázek 11: Schématické znázornění měření odstupu vozidel	28
Obrázek 12: Obsazenost komunikace	29
Obrázek 13: Vzdálenost 22 metrů pro výpočet průměrné rychlosti a časového průjezdu vozidla křižovatkou.....	30
Obrázek 14: Náhradní trasa cyklostezky	39
Obrázek 15: Místo zrušení cyklistického pásu	39
Obrázek 16: Zobrazení některých změn	40

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Ranní špička	31
Tabulka 2: Hodnoty dopravních veličin pro S. K. Neumanna (Kaufland) - S. K. Neumanna (do města) pro ranní špičku	32
Tabulka 3: Hodnoty dopravních veličin pro S. K. Neumanna (z města) - S. K. Neumanna (Kaufland) pro ranní špičku.....	32
Tabulka 4: Intenzita a výskyt nákladních vozidel u vedlejších dopravních směrů pro ranní špičku.....	33
Tabulka 5: Odpolední špička	34
Tabulka 6: Hodnoty dopravních veličin pro S. K. Neumanna (Kaufland) - S. K. Neumanna (do města)	34
Tabulka 7: Hodnoty dopravních veličin pro S. K. Neumanna (z města) - S. K. Neumanna (Kaufland).....	35
Tabulka 8: Intenzita a výskyt nákladních vozidel u vedlejších dopravních směrů pro odpolední špičku	35

SEZNAM ZKRATEK

MHD Městská hromadná doprava

ÚVOD

V současné době čím dál tím více narůstá hustota dopravy, což je způsobeno mimo jiné rostoucí produkcí automobilového průmyslu, počtem automobilů na obyvatele, finanční dostupností silničních vozidel a zvýšením nákladní silniční dopravy. Proto je velice důležité, aby dopravní infrastruktura splňovala nároky na bezpečnost pro všechny účastníky dopravy. Dále je nezbytné chránit životní prostředí, dokonale obsluhovat území, zabezpečit všechny nároky na přepravu a jiné. Nedílnou součástí dopravní infrastruktury jsou křižovatky, které kříží a spojují různé směry a ulehčují pohyb účastníkům silničního provozu. Podstatný je jejich tvar a typ, což vyjadřuje možnou nadřazenost daného směru, případně rovnocennost všech směrů. Důležité u křižovatky je, aby její průjezd byl co nejplynulejší, aby byla bezpečná a měla důsledné, viditelné a srozumitelné dopravní značení, protože jsou místem s největším počtem provozních kolizí.

Bakalářská práce je zaměřena na právě zmíněnou částí tohoto dopravního odvětví, a to na konkrétní křižovatku v křížení ulic K Vinici, Na Spravedlnosti a S. K. Neumanna v Pardubicích. Jedná se o velice frekventovanou část města, protože je zde velké množství bytových domů, kterých přibývá, dále nákupní středisko a často využívaná trasa z města a do města. Díky tomu se na této křižovatce tvoří dopravní kongesce a riziko střetu účastníků silničního provozu je vysoké. Proto by mohla optimalizace této křižovatky zlepšit dopravu a zvýšit bezpečnost a plynulost provozu.

V první kapitole této práce jsou krátce popsány druhy silnic a křižovatek, ale především je vyhrazena pro představení samotné křižovatky včetně jejích proudů a okolí.

Druhá kapitola pojednává o dopravních proudech, přehledu měřících metod pro zjištění individuálních dopravních dat. Hlavní bodem této části je analýza změřených dat a výpočet vybraných dopravních veličin.

Třetí kapitola je určena pro zhodnocení současného stavu z naměřených výsledků a jsou zde popsány změny na zlepšení provozu v této křižovatce.

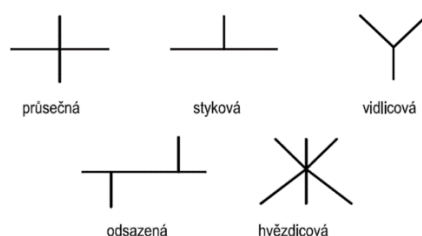
Cílem práce je analýza a návrh změn vedoucích k optimalizaci řízení křižovatky v křížení ulic K Vinici, Na Spravedlnosti a S. K. Neumanna.

1 PŘEDSTAVENÍ KŘÍŽOVATKY

Obecně se křižovatky se dělí na úrovnňové a mimoúrovnňové. Úrovnňové křižovatky, které jsou na silnicích I., II. a III. třídy, na městských komunikacích různých funkčních tříd, se rozdělují na průsečné, stykové, vidlicové, odsazené, hvězdicové, nekonvenční, okružní (velké, malé, mini a zvláštní) a jsou mimo okružních křižovatek jednoduše a schématicky znázorněny na obrázku 1. Tyto křižovatky mohou být řízené světelným signalizačním zařízením, dopravním značením, tedy s určením přednosti v jízdě, nebo nemají žádné dopravní značení. Mohou být také rozděleny dle typu umístění jako je křižovatka s dělicím ostrůvkem na vedlejší komunikaci, s řadícím pruhem pro odbočování vlevo nebo vpravo, s připojovacím pruhem a se středním ostrůvkem.

Mimoúrovnňové křižovatky, které se využívají především na dálnici I. a II. třídy nebo na silnici pro motorová vozidla (I. třída vybudována bez úrovnňového křížení), křížení silnice a železnice (především na koridorech, ale i v jiných nebezpečných úsecích, když to území dovoluje), nebo i ve větších městech, jakými jsou Pardubice nebo Praha. Tento typ se člení na několik různých druhů, jako jsou útvarové (rozštěpová, spirálová, turbínová, hvězdicová), s křížnými body (kosodélná, jednovětvá, osmičková, deltovitá), s průpletovými úseky (srdcovitá, čtyřlístková, trojlístková, dvojlístková, prstencová) a bezprůpletová (trubkovitá, trubkovitá sdružená a dvojlístková).

Nepostradatelnou součástí pro určení křižovatky je charakteristika dopravy jako samotného celku, do které patří skladba dopravních proudů, požadovaná rychlost vozidel, výskyt a intenzita pohybu chodců či cyklistů, ale hlavně intenzita dopravy. Nejčastěji se udává tzv. roční průměr denních intenzit v obou směrech v počtu vozidel za 24 hodin pro daný úsek. Měří se pravidelně v pětiletých cyklech ručně nebo automaticky a díky těmto měřením lze zjistit i údaje o typech projíždějících vozidel (1, 2, 3).



Zdroj: (11)

Obrázek 1: Základní úrovnňové křižovatky

Pozemní komunikace, které tvoří silniční síť, mají různé kategorie. Jsou to dálnice (I. a II. třídy) určené pro rychlou dálkovou a mezistátní dopravu pro motorová vozidla, která dosahují minimální povolené rychlosti 80 km/h. Dále tu jsou silnice, což jsou veřejně přístupné komunikace a rozdělují se dle dopravního významu do tří tříd (I. třída + silnice pro motorová vozidla, II. třída pro okresy a III. třída pro vzájemné spojení obcí nebo napojení na ostatní pozemní komunikace). V poslední řadě tu jsou místní komunikace (sběrné, obslužné, rychlostní a nemotoristické) a účelové komunikace (veřejné a neveřejné) (1, 3).

1.1 Posuzovaná křižovatka

Posuzovaná křižovatka se nachází v Pardubickém kraji blízko středu města Pardubice, a to konkrétně v křížení velice frekventovaných ulic K Vinici, Na Spravedlnosti a S. K. Neumanna, a je znázorněna na obrázcích 2 a 3. V okolí křižovatky se nachází velké množství bytových domů, kterých přibývá, nákupní středisko i sportovní zařízení. V současné době probíhá výstavba několika bytových domů na rohu ulic Boženy Vikové – Kunětické a Na Spravedlnosti, která je součástí křižovatky a lze u ní očekávat zvýšení hustoty provozu. K tomu Magistrát města Pardubice zvažuje zobousměrnění této ulice a zavedení linky městské hromadné dopravy (dále jen MHD), která by projížděla i přímo zastavovala v ulici Na Spravedlnosti. V těsné blízkosti se také nachází zastávka MHD Výzkumný ústav, kterou obsluhují linky 6, 25 a 98. (4).



Zdroj: (12)

Obrázek 2: Letecký pohled na křižovatku



Zdroj: (13)

Obrázek 3: Posuzovaná křižovatka boční pohled

1.2 Popis proudů křižovatky

Křižovatka je úroňová bez světelného signalizačního zařízení a je řízena pouze dopravním značením s určením přednosti v jízdě. Součástí jsou také cyklostezky, které jsou součástí chodníků společně s pásem pro pěší, viditelně jsou rozděleny z ulice S. K. Neumanna směrem do ulice Na Spravedlnost a také od odbočení ulice K Vinici směrem do města. Jednotlivé proudy jsou samostatně popsány v následujících podkapitolách 1.2.1-1.2.3.

1.2.1 Ulice S. K. Neumanna (směr do města i z města)

Ulice S. K. Neumanna má směrově rozdělené jízdní pruhy, které se shlukují do jednoho. Její jízdní pruh je vždy na každé straně 3,5 metrů široký. Jedná se o hlavní silnici, která je označena příslušnou dopravní značkou. V blízkosti křižovatky jsou také umístěny na každé straně ostrůvky pro přecházení. Na jedné straně se jedná o přechod pro chodce a na druhé je to pouze místo pro přecházení, které je určeno pro cyklisty, protože se zde napojují cyklostezky. Dále pro odbočení do ulice K Vinici je odbočovací pruh označený bílou odbočovací šipkou (neboli vodorovným dopravním značením).

Směrem do města se řidič může napojit na silnici I/36, což je hlavní tah Pardubice – Holice – Olomouc a jiné, nebo se z ní může napojit na další směry, jako je Chrudim, Kolín, Přelouč, Praha či Hradec Králové.

1.2.2 Ulice K Vinici

Dopravní cesta ulice K Vinici je obousměrná a její komunikace má šířku 5,5 metrů. Přednost v jízdě je zde určena pomocí svíslého dopravního značení značkou stop a dodatkových značek. Je to také důležitá spojnice se stávajícími i nově postavenými bytovými domy a také s několika firmami.

1.2.3 Ulice Na Spravedlnosti

Následuje ulice Na Spravedlnosti, která je vedená jako jednosměrná ulice směrem do křižovatky. Její pruhy jsou široké 3,5 metrů a druhým jízdním pruhem lze jet rovněž do ulice K Vinici, nebo odbočit vpravo na S. K. Neumanna směr z města. Druhým jízdním pruhem pouze odbočit vlevo na S. K. Neumanna směr do města. Oba dva pruhy jsou označeny příslušným dopravním značením, jak vodorovným, tak i svislým, a to konkrétně značkou stop a dodatkovou tabulkovou označující hlavní a vedlejší pozemní komunikaci. Do této ulice také odbočuje z hlavní silnice cyklostezka.

V ulici se nachází Krajské ředitelství policie Pardubického kraje a může se odbočit do ulice Boženy Vikové – Kunětické, kde se nalézá Úřad práce města Pardubice.
(4).

2 MĚŘENÍ A ANALÝZA DAT

V této kapitole budou popsány metody měření individuálních dopravních dat, dopravní proudy, dále bude provedena analýza změřených dopravních dat, které byly zjištěny pomocí vlastních videozáznamů z určitého místa zobrazeného na následujícím obrázku. Z těchto dat se vypočetly některé dopravní veličiny.



Zdroj: (12)

Obrázek 4: Umístění kamery

Nejstarší a zároveň nejvíce komplikovanou technologií detekce v dopravě je letecké snímkování, kterým lze získat celkový přehled o situaci na určitém sledovaném úseku, ale pouze pro kvalitativní zhodnocení. Pokud jde o konkrétní hodnoty dopravních veličin, lze je získat pomocí obrazové analýzy, což je komplikované, obtížné, výsledky můžou být nevyvážené, a proto se využívá pouze zřídka.

Další způsob měření dopravních dat je za pomoci plovoucího vozidla, které plní funkci pohyblivého detektoru. Podle druhu vybavení může sledovat polohu a rychlost okolních vozidel v závislosti na čase, proto je tato metoda vhodná při ověřování teoretických modelů u jednotlivých vozidel a pro sledování aktuální rychlosti provozu. Není vhodná na použití pro dlouhodobější v měření.

Třetí metodou je profilové měření, kterým je doprava monitorována za pomoci pevně umístěnými detektory a ty v bezchybném případě snímají každé vozidlo, jeho průjezd, délku, rychlost, časový odstup i další specifické charakteristiky. Druhy detektorů a principy měření budou rozebrány v další části (5 s. 25-26).

2.1 Metody měření

Dopravní detektory umožňují nejenom měřit parametry dopravního proudu, ale některé slouží i k měření vlivu dopravy na životní prostředí. Měření se dají rozdělit do tří skupin.

Za prvé to jsou dopravní průzkumy, které se připravují jako jednorázové akce, nebo se doprava sleduje trvale a získané hodnoty se využívají pro návrh dopravního systému nebo pro jeho následnou analýzu.

Druhou oblast tvoří online měření dopravních parametrů, které je základem pro reálné řízení telematických systémů.

Třetí významnou oblastí je využití senzorů pro speciální účely, a to například v rámci bezpečnostních systémů, parkovacích zařízení nebo při zjištění tvorby dopravních kongescí. Detektory lze dělit na základní kategorie podle:

- stavebně technického uspořádání,
- dopravně technického použití,
- měřených a výstupních hodnot,
- fyzikálního a technického způsobu činnosti.

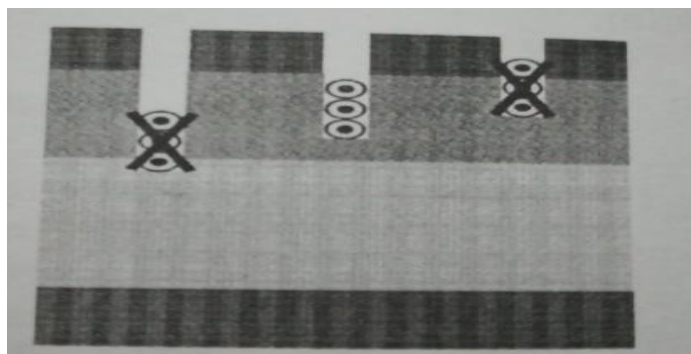
Detektory můžou být děleny dle fyzikálního principu, což je nejpřehlednější dělení. Ten je u každého detektoru rozdílný, přičemž mohou dávat shodné výsledky a vždy záleží na dopravním inženýrovi, co za detektor zvolí. Z fyzikálního hlediska lze detektory rozdělit do několika následujících skupin (6 s. 117-121):

- Kontaktní detektory**, které vyžadují mechanický styk s detekovaným předmětem jako je například pneumatický detektor, výzvoová tlačítka pro chodce, cyklisty a slepecké senzory, trolejové kontakty, kolejové kontakty a piezoelektrické senzory, které se zabudovávají přes jízdní pruh do povrchu komunikace a používají se na zjištění intenzit, základní kategorie vozidel a mohou se použít i na měření hmotnosti případně rychlosti.
- Elektromagnetické se střídavým polem** jsou detektory, které fungují buď tak, že změní stacionární elektromagnetické pole pomocí kovové karoserie vozidla, anebo indikují pole generované vozidlem. Do této kategorie spadají indukční smyčky, které jsou popsány níže v samostatném bodě, dále to jsou vazební cívky (MHD), kolejové indukční smyčky (MHD) a magnetické střídavé detektory.

- c) **Magnetické se stejnosměrným polem** se řadí do detektorů, které indikují změny v poli vyvolané přítomností kovové hmoty.
- d) **Aktivní** neboli vyzařující detektory, které pracují s různými kmitočty a zaznamenávají jejich změny, přerušení nebo odrazy.
- e) **Pasivní** neboli přijímací detektory, které jsou specifické tím, že měřená vlastnost u nich vyvolá změnu a ta se projeví jako proudový nebo napěťový výstup.
- f) **Elektrické se střídavým polem**, které jsou ovlivněny nejen kovovými předměty, ale i za přítomnosti člověka. K těmto detektorům se řadí kapacitní přítomnostní tlačítka, které se používají pro zvýšení spolehlivosti při identifikaci chodce či cyklisty.

2.1.1 Indukční smyčky

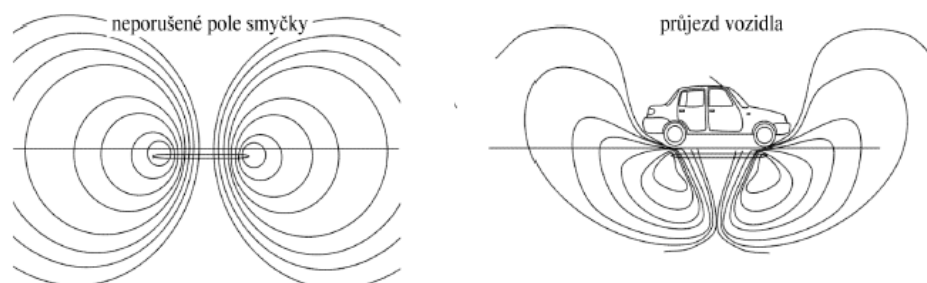
Indukční smyčky jsou nejčastěji používané detektory pro zjišťování dopravních dat. Hlavní výhodou indukčních smyček je jejich snadná aplikace a spolehlivá funkce. Jejich dalším pozitivem je relativně nízká cena ve srovnání s jinými detektory, přizpůsobitelná konstrukce, osvědčená a funkční technologie, klasifikace dat a fakt, že nejsou ovlivněny počasím. K nevýhodám patří, že pomocí jedné smyčky lze spolehlivě vyhodnotit pouze intenzitu a s poměrně velkou nepřesností rychlost. Komplikací může být údržba a instalace, protože se tím naruší doprava. Konstrukční provedení indukčních smyček je dáno hlavně stavem a strukturou komunikace, kde se provádí měření. Pokud se smyčky umísťují do komunikací s asfaltovým povrchem je nutné dbát na správnou hloubku založení, která je znázorněna na obrázku 5, a to z toho důvodu, aby smyčka nebyla umístěna mezi různými vrstvami komunikace. U nových komunikací se začíná uplatňovat technologie, kdy je cívka uložena v ochranných trubkách na podkladní vrstvě komunikace a je zalita povrchovou vrstvou.



Zdroj: (6)

Obrázek 5: Konstrukční provedení indukčních detektorů

Zařízení představuje vzduchovou cívku s určitou indukčností, která je napájena z 20-150 kHz. Na obrázku 6 je schematicky znázorněno působení kovové karoserie vozidla na magnetické pole cívky pod povrchem komunikace. Na levé straně obrázku je zobrazena situace ustáleného magnetického pole a na pravé straně narušení pole vozidlem.



Zdroj: (6)

Obrázek 6: Schéma působení vozidla na indukční smyčku

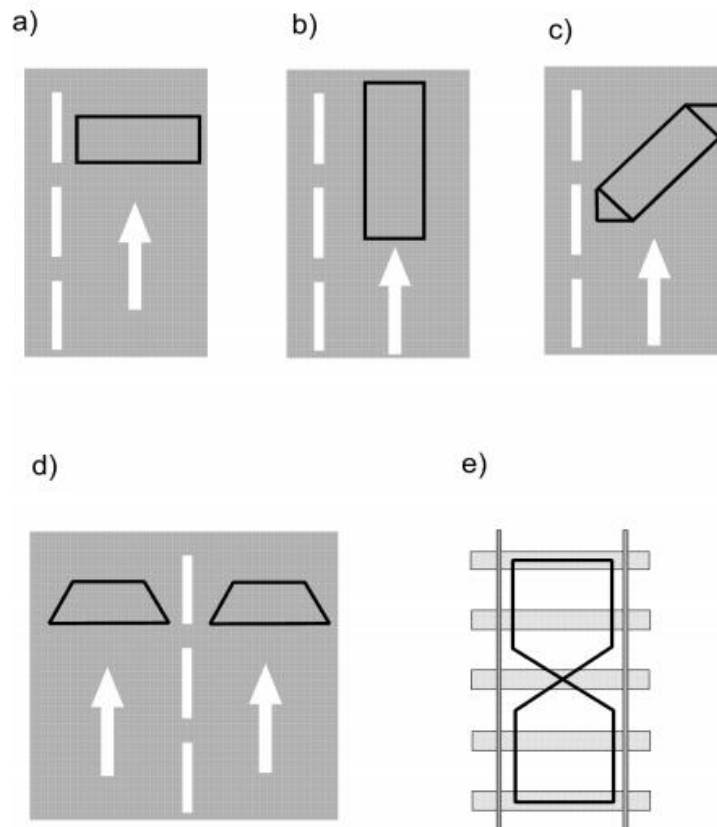
Detektory vyhodnocují jednu nebo více změn vyvolaných přítomností vozidla (6 s. 121-122):

- Změnu amplitudy (přítomnost vozidla – menší amplituda),
- posuv fáze díky přítomnosti vozidla,
- změnu kmitočtu (přítomnosti vozidla – vyšší kmitočet).

Velikost a tvary smyček

Smyčky lze klasifikovat dvěma různými způsoby. Za prvé podle velikost, která se volí podle účelu jejich využití a také velikosti zkoumané oblasti. Standardní smyčky jsou 1-3 metry dlouhé a 2 – 2,5 metru široké, ale existují i speciální smyčky, které jsou dlouhé až 30 metrů. Za druhé podle tvaru indukčních, které jsou zobrazeny na obrázku 7 a jsou následovné (6 s. 123-124):

- Pravoúhlá krátká smyčka (nejběžnější),
- dlouhá smyčka (pro identifikaci kolon),
- šikmá smyčka (detekování cyklistů),
- trapézová smyčka (málo ovlivňována vedlejším pruhem),
- osmičková smyčka (detekce kolejových vozidel).



Zdroj: (6)

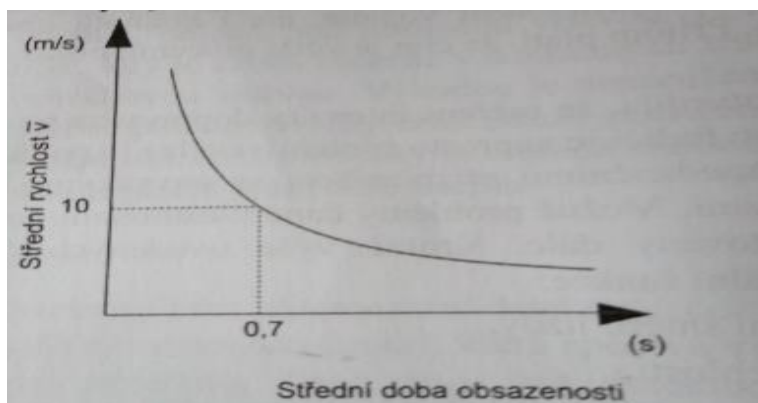
Obrázek 7: Tvary indukčních smyček

Měření rychlosti

Rychlost patří mezi nejdůležitější dopravní data, která jsou měřena. Má význam pro řízení a klasifikaci dopravy. U bezpečnostních systémů se nejvíce pracuje s měřením rychlosti individuálního vozidla, především měření při nájezdu do nebezpečného silničního oblouku.

Pro řízení je to rychlost dopravního proudu v určitém časovém období. Rychlost v tomto případě lze zjistit těmito způsoby (6 s. 126-127):

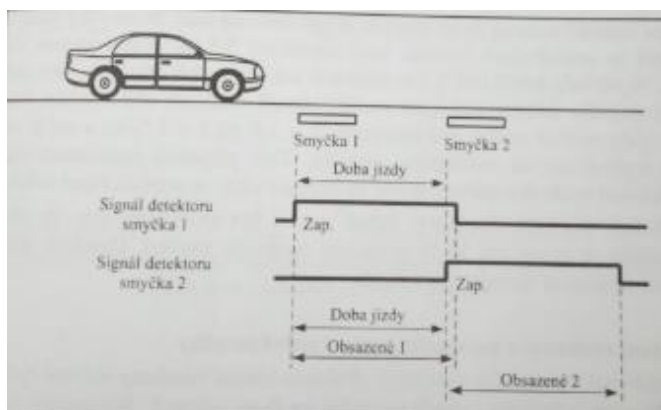
- a) **Přibližné měření rychlosti z doby obsazenosti**, kde se jedná o přibližné měření jednou smyčkou a vychází ze změřené doby obsazenosti, znalosti délky smyčky a také předpokladu délky vozidla. Rychlost se spočítá jako součet délky smyčky a délky vozidla dělený dobou obsazenosti. Tvary výstupních signálů jsou uvedeny na obrázku 8.



Zdroj: (6)

Obrázek 8: Měření doby obsazenosti

- b) **Měření rychlosti dvěma smyčkami**, které patří mezi nejrozšířenější měření, a je ukázáno na obrázku číslo 9. Jeho velikou výhodou je přesnost, ale má i nevýhodu, protože se musí zavést dvě smyčky a použít další detektor. Detektory musí být velice kvalitní, stabilní, mít rychlou reakci a vysoký kmitočet vzorkování.



Zdroj: (6)

Obrázek 9: Měření rychlosti dvěma smyčkami

Kategorizace vozidel

Nejjednodušší, ale zároveň nejméně spolehlivé určení se provádí pomocí jedné smyčky, a to dle doby trvání obsazenosti. Tato metoda vychází z předpokladu, že velká vozidla nad smyčkou zůstanou déle než osobní automobily a porovnávají se průměrné hodnoty obsazenosti. Určení kategorie vozidel za pomoci dvou smyček spočívá v tom, že jsou od sebe smyčky vzdáleny o takovou délku, jakou je potřeba rozlišit. Vozidla kratší než požadovaná délka, neobsadí obě smyčky, tak se jedná o osobní automobil. Ve druhém případě, když vozidlo zabere obě smyčky, jedná se o nákladní vozidlo (6 s. 127-128).

2.1.2 Ultrazvukové detektory

Tento typ detektorů se především používá pro měření intenzity a rychlosti. Mezi jeho velkou nevýhodu patří nízká přesnost oproti ostatním detektorům. Oproti tomu mají podstatnou výhodu, protože jejich montáž nenarušuje povrch komunikace.

2.1.3 Mikrovlnné detektory

Mají velkou řadu výhod jako je odolnost oproti změnám vnějších fyzikálních podmínek (vítr, prach, hluk, mlha vlhkost), vyšší přesnost měření a výhodné směrové charakteristiky. Tento typ dokáže měřit rychlost, délku vozidla, počet vozidel za určité časové období, které se odvodí z délky a rychlosti (6 s. 131-132).

2.1.4 Pasivní infračervené detektory

Pasivní infračervené detektory, které jsou typickým příkladem pasivních detektorů, se používají pro zjištění rychlosti, délky a přítomnosti vozidla nebo i k zaznamenání chodců. Velkou výhodou je dobré šíření záření ve špatně viditelném prostředí. Oproti tomu jeho nevýhodou je, že infračervené záření můžou jiné zdroje, než je vozidlo či člověk, a to je například slunce nebo okolní osvětlení. Tomu lze zamezit vhodnou technologií detektoru a montáží (6 s. 132-133).

2.1.5 Optické detektory

Tyto detektory se používají k nalezení vozidla v měřeném úseku, proto jsou vhodné také pro parkovací systémy. Jedná se o pasivní detekci. Mohou se využívat například u světelných závor, a to konkrétně pro zjištění, zda výška vozidla nepřesahuje vyznačenou mez. Pro měření rychlosti se používají zřídka, takže se využijí hlavně u výškové kontroly vozidel v tunelech, mostech, parkovacích garážích a podobně (6 s. 134-136).

2.1.6 Videodetekce

Videodetekce využívá celého zorného pole kamery, což je velká výhoda oproti ostatním způsobům, kdy se dopravní data určují v konkrétním bodě. V případě videodetekce lze určit délku kolony, hustotu, shluky vozidel a rychlostní profily podél komunikace. Mezi její základní přednosti patří, že umožňuje vyhodnocovat více dopravních dat, která mohou být využita pro zobrazení reálného stavu. Výhodná je také možnost postupné optimalizace, polohu detektoru lze měnit při úpravách či rekonstrukci. Nevýhodou je vysoká cena a problémy při extrémním počasí. Dá se uplatnit v různých oblastech jako je řízení dopravních uzlů, měření podél komunikace a měření a dohled v tunelu. A tyto oblasti se dají dále rozdělit (6 s. 140-142):

a) Řízení dopravních uzlů:

- Výzvové detektory,
- rychlostní detektory,
- detektory pro rozlišení vozidel,
- detektory vzduť vozidel v křižovatce,
- detektory pro statistické účely.

b) Měření podél komunikace:

- Měření intenzity a rychlosti,
- detekce zastavení vozidel, jako součást Incident detection,
- zjišťování vozidel v odstavném pásu,
- zjišťování vozidel jedoucích v protisměru,
- detekce pro statistické účely.

c) Měření a dohled v tunelu:

- Měření intenzity a rychlosti,
- detekce tvorby kolon,
- detekce zastavení vozidla.

2.1.7 Detektory pro rozpoznávání obrazu

Tyto detektory pracují na principu kamery, která zaměřuje přední část příjezdějícího vozidla. Systém zpracuje video obrazu a je schopen najít místo kde je na vozidle umístěna registrační značka, kterou následně přečte. Toto rozpoznávání obrazu je nezbytné i pro realizaci kontroly při elektronické platbě mýtného, protože vozidlo, které po průjezdu mýtnou bránou nezaplatilo, je zaznamenáno do databáze a je k tomu uveden čas, kód mýtného místa a registrační značka vozidla. Dále jsou vhodné pro bezpečnostní systémy, kde se kontroluje předepsaná rychlost na nebezpečných místech. Dnes, jsou tyto systémy tak dokonalé, že jsou realizovány i v mobilním provedení (6 s. 142).

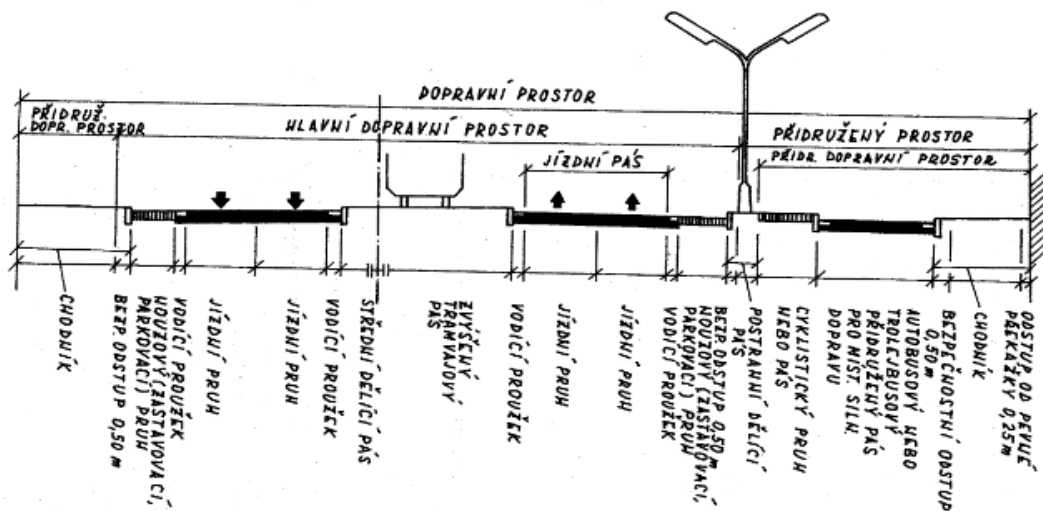
2.1.8 Ekologické detektory

V dnešní době je potřeba mimo popisu dopravního proudu, popisu dopravního proudu sledovat také koncentrace škodlivých látek a povětrnostní podmínky. Právě měření škodlivých látek je plně zavedeno v tunelech na pozemních komunikacích, parkovacích garážích, ale čím dál tím častěji se to uplatňuje i v některých částech centra měst. Jedná se o velice drahou a složitou záležitost z důvodu vybavení na toto měření. Měří se jak výfukové zplodiny spalovacích motorů, tak i diesellových motorů. Povětrnostní detektory mají zásadní význam

v telematických aplikacích a jsou velice důležitou součástí bezpečnostních systémů. Patří do nich měřiče námrazy, které měří stav vozovky z hlediska tvorby námrazy pomocí teploty vzduchu, povrchu vozovky, vozovky pod povrchem, relativní vlhkosti a stavu povrchu komunikace, zdali je mokrá či suchá (6 s. 143-147).

2.2 Dopravní proudy

Dopravní proud lze charakterizovat jako posloupnost objektů pohybujících se na dopravní síti. Je složen z různých druhů vozidel, které mají různé vlastnosti, ale spadají sem i všichni účastníci provozu. Může se skládat z několika jízdních i pěších pruhů a má svou charakteristiku a odlišnost, které vystihují jeho pohyb na komunikaci při různých podmínkách. Schematicky je příklad uspořádání dopravního prostoru na městských komunikacích k vidění na obrázku 9. Přesně se nedá matematicky charakterizovat, pohyb dopravního proudu je čistě náhodný proces (3 s. 110).



Zdroj: (14)

Obrázek 10: Příčné uspořádání dopravního prostoru městských komunikací

Dopravní proud závisí na parametrech komunikace a jejím stavu (8 s. 56-57):

- dané parametry – délka přímých úseků, oblouků, stoupání, profil,
- proměnné parametry – šířka vozovky, krajnice (překážky na komunikaci),
- křižovatky – jejich organizace, svislé a vodorovné značení, jejich hustota,
- stav vozovky a krajnice – nebezpečí smyku,
- rovnost a materiál povrchu vozovky,
- vnějším prostředí – noční a denní doba, zataženo, mlha, sněžení – vliv viditelnosti, déšť, vítr, námraza, teplota a vlhkost vzduchu,

- řídicích a na jejich schopnostech a stavu,
- vozidlech a na jejich vlastnostech a stavu,
- sociálních faktorech – ohleduplnost, tolerance.

Dopravní proud na úrovňových křižovatkách lze zaznamenávat několika způsoby:

- dopravním značením určujícím přednost v jízdě,
- dělicím ostrůvkem na hlavní komunikaci nebo vedlejší komunikaci,
- řadícími pruhy pro odbočení vlevo nebo vpravo,
- přípojovací pruhy,
- dopravními ostrůvky a dělicími pásy,
- nepojížděným částečně nebo občas pojížděným středním ostrovem,
- spojovací větví pro odbočení vpravo,
- turbínovým uspořádáním jízdnic pruhů na okružním pásu.

2.2.1 Stavové veličiny dopravních proudů

Stavové veličiny dopravních proudů charakterizují dopravní proud v určitém čase, směru a místě. Pomáhají zjednodušovat tvorbu a optimalizaci dopravní infrastruktury.

Mezi stavové veličiny patří (3, 8):

- rychlost dopravního proudu,
- intenzita, což je počet vozidel, který projede určitým příčným řezem komunikace nebo její částí za zvolené časové období v jednom dopravním směru,
- hustota (počet vozidel vyskytujících se, v určitém okamžiku na zvoleném úseku komunikace),
- vlnová rychlost (rychlost pohybu místa o stejné hustotě),
- časový odstup vozidel – doba mezi průjezdem čel dvou vozidel jedoucích v jízdnicím pruhu za sebou určitým řezem silniční komunikace,
- délkový odstup vozidel – vzdálenost čel dvou vozidel jedoucích v jízdnicím pruhu za sebou v daném časovém okamžiku.

2.2.2 Měření intenzity, odstupů, rychlosti a hustoty

Intenzita, odstup, rychlost a hustota jsou čtyři nejčastější charakteristické veličiny dopravního proudu.

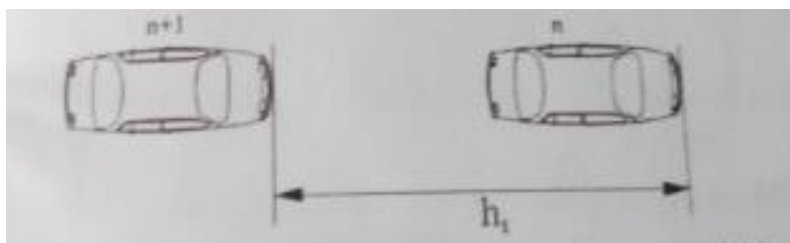
a) Měření v bodě (profilové měření)

Nejjednodušší metoda sběru dopravních dat je měření v jistém řezu dopravní komunikace v určitém časovém období. Dotyčný analytik či senzor je na určitém místě a počítá počet projíždějících vozidel v určitém čase. Dále tam může být měřen odstup neboli časová mezera a rychlost.

V první řadě se určuje intenzita, která udává počet vozidel za určitou časovou jednotku v daném místě. Pro statistické účely je obvykle používán interval 15 minut nebo 1 hodina. Intenzitu q se vypočítá dle následujícího vzorce jako podíl počtu projetých vozidel N za určitý časový interval T .

$$q = \frac{N}{T} \quad [\text{voz. s}^{-1}, \text{voz. h}^{-1}] \quad (1)$$

Dále se určuje časová mezera h_t , což je doba mezi průjezdy čelních nárazníků měřicím místem dvou následujících vozidel a je vyjádřena v sekundách. Její schématické znázornění je vidět na obrázku 11.



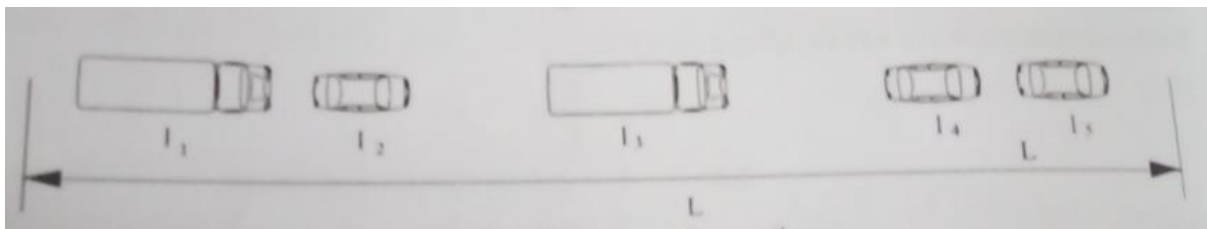
Zdroj: (6)

Obrázek 11: Schématické znázornění měření odstupů vozidel

V neposlední řadě tu je rychlost, která je velice důležitým parametrem nejen v jednom bodu komunikace, ale i v celém profilu. Rozlišuje se na úsekovou rychlost \bar{v} , což je průměrná rychlost všech vozidel na úseku komunikace a spočítá se jako podíl celkové jízdní vzdálenosti a celkové doby jízdy. Ve všech případech s výjimkou konstantní rychlosti je úseková rychlost nižší než druhá v pořadí střední bodová rychlost \bar{v}_t , která je aritmetickým průměrem jednotlivých rychlostí v daném bodě komunikace měřených v delším časovém intervalu.

A v poslední řadě tu je hustota, neboli koncentrace vozidel na komunikaci je vyjádřena počtem vozidel na jednotku délky. Lze ji vyjadřovat pro linii komunikací nikoli pro profil, protože z hlediska definice hustoty není možno ji měřit v jednom měřicím bodě. Pouze pro její určení je možno zavést pojem obsazenost komunikace, a to je poměr délky všech

vozidel na daném úseku k celkové délce tohoto úseku, jak je patrné z obrázku 12 (6 s. 148-155).



Zdroj: (6)

Obrázek 12: Obsazenost komunikace

b) Měření podél komunikace

Měření podél komunikace neboli úseková měření pomáhají zjišťovat rychlost vozidel v určitém sledovaném úseku a v konkrétním čase. Tento způsob měření je možný pomocí přístrojů na sledování rychlosti nebo pomocí vyhodnocení za sebou dvou jdoucích leteckých snímků. Tyto způsoby jsou ale velice náročné. V tomto případě se jedná o okamžité hodnoty měření, je nutné provést přepočet (9 s. 30).

c) Měření dopravních parametrů plovoucím vozidlem

Tenhle způsob měření je vhodný pro měření liniových komunikací a umožňuje získat prostorově-časové veličiny dopravního proudu, což lze vysvětlit jako záznam trajektorie pohybu vozidla v prostoru a čase. Referenční vozidlo projíždí daný sledovaný úsek, tak aby bylo plně zapadlo mezi ostatní vozidla do dopravního proudu. Jeho trasa bývá rozdělena do několika částí charakteru měření a bývají několikrát projížďeny, a to z důvodu, aby se omezili účinky náhodných vlivů. Po sběru dat měření se získají potřebné objektivní informace o dopravním proudu na daném úseku. Pro potřebu tohoto měření lze využít jakékoli vozidlo, jehož vlastnosti dokážou plyně synchronizovat typickou jízdu pro sledovaný úsek. Součástí vozidla je řidič a jeden nebo více měřičů. Dále se tzv. plovoucí vozidlo může využít následovně do skupin:

- a) **Pro účely mapování**, které se zabývá měřením a zobrazením skutečného stavu pozemní komunikace. Jde především o záznam geometrického vedení trasy pomocí polohových senzorů.
- b) **Pro účely pasportizace**, což znamená pro potřeby správce komunikace a zahrnuje vodorovné a svislé dopravní značení.

- c) **Pro účely bezpečnosti inspekce**, která se zabývá prohlídkami stávající komunikace za účelem zjištění rizikových faktorů (10 s. 9-14).

2.3 Analýza změřených dopravních dat

Tento bod pojednává o výsledcích měření, které autorka práce prováděla ve dvou určitých časových obdobích, a to v ranní a odpolední špičce pomocí videozáznamu. Z tohoto videozáznamu byla získána dopravní data, která jsou uvedena v částech 2.3.1 a 2.3.2. Vyhodnocenými veličinami byly intenzita za celý měřený úsek pro každé časové období i pro jednotlivě dopravní směry. Časový průjezd vozidla křižovatkou vypočítaný na vzdálenost 22 metrů (od přechodu k přechodu), která je zobrazena na následujícím obrázku. Dále to je průměrnou rychlost, časový odstup vozidel a v poslední řadě počet cyklistů, chodců, autobusů i nákladních vozidel.



Zdroj: (13)

Obrázek 13: Vzdálenost 22 metrů pro výpočet průměrné rychlosti a časového průjezdu vozidla křižovatkou

2.3.1 Ranní špička

První časovým měřeným úsekem je čtvrtěční ranní špička, a to konkrétní časové období 6:15 – 10:00. Celé ranní měření je rozděleno pro jednotlivě směry a všechny výsledky jsou uspořádány v jednoduchých tabulkách. U hlavního směru S. K. Neumanna (Kaufland) – S. K. Neumanna (do města) a zpět jsou uvedeny všechny výše zmíněné dopravní veličiny vozidel. Na jednotlivý úsek měření ze tří vychází 75 minut.

Jediné údaje, které nejsou rozděleny u jednotlivých směru, je počet autobusů, chodců a cyklistů. Tyto hodnoty jsou toho zobrazeny souhrnně pro celou ranní špičku s celkovou intenzitou křižovatkou a celkovým počtem nákladních vozidel v jednoduché následující tabulce 1.

Tabulka 1: Ranní špička

Celková intenzita	4583	vozidel
Nákladní vozidla Celkem	91	vozidel
-	Počet	Průměrný počet / hodinu
Autobusy	37	-
Chodci	320	107
Cyklisté	256	85

Zdroj: (autorka)

**a) Směr S. K. Neumanna (Kaufland) - S. K. Neumanna (do města) a směr
S. K. Neumanna (z města) – S. K. Neumanna (Kaufland)**

Pro tyto hlavní směry autorka analyzovala intenzitu a nákladní vozidla jako celek pro časové období. Pro ostatní dopravní veličiny (průměrná rychlost, časový průjezd vozidla křižovatkou a časový odstup vozidel) byly zvoleny tři stejně časové úseky, ve kterých byla vypočítána každá z těchto veličin. Průměrná rychlost se určila dělením dráhy o délce 22 m (vzdálenost od přechodu k přechodu) dělená časem průjezdu vozidla křižovatkou. O uvedených hodnotách dopravních veličin pojednávají tabulky 2 a 3.

Tabulka 2: Hodnoty dopravních veličin pro S. K. Neumanna (Kaufland) - S. K. Neumanna (do města) pro ranní špičku

Intenzita	1895			vozidel
	1. Úsek (75 min)	2. Úsek (75 min)	3. Úsek (75 min)	Jednotky
Průměrná rychlost	8,033	11,210	24,985	[km/h]
Nákladní vozidla	44			vozidel
Časový průjezd vozidla	9,759	7,064	3,170	[s]
Časový odstup vozidel	2,136	4,150	5,076	[s]

Zdroj: (autorka)

Tabulka 3: Hodnoty dopravních veličin pro S. K. Neumanna (z města) - S. K. Neumanna (Kaufland) pro ranní špičku

Intenzita	1665			vozidel
	1. Úsek (75 min)	2. Úsek (75 min)	3. Úsek (75 min)	Jednotky
Průměrná rychlost	40,408	31,340	37,54	[km/h]
Nákladní vozidla	32			vozidel
Časový průjezd vozidla	1,960	2,544	2,1098	[s]
Časový odstup vozidel	7,084	2,793	4,176	[s]

Zdroj: (autorka)

b) Ostatní směry

Pro všechny ostatní tak zvané vedlejší směry autorka určila pouze intenzitu a výskyt nákladních vozidel a všechny je zaznamenala do následující tabulky.

Tabulka 4: Intenzita a výskyt nákladních vozidel u vedlejších dopravních směrů pro ranní špičku

S. K. Neumanna (z města) – K Vinici		
Intenzita	114	vozidel
Nákladní vozidla	0	vozidel
K Vinici – S. K. Neumanna (do města)		
Intenzita	203	vozidel
Nákladní vozidla	3	vozidel
K Vinici – S. K. Neumanna (Kaufland)		
Intenzita	73	vozidel
Nákladní vozidla	0	vozidel
Na Spravedlnosti – S. K. Neumanna (do města)		
Intenzita	271	vozidel
Nákladní vozidla	4	vozidel
Na Spravedlnosti - S. K. Neumanna (Kaufland)		
Intenzita	228	vozidel
Nákladní vozidla	8	vozidel
Na Spravedlnosti – K Vinici		
Intenzita	25	vozidel
Nákladní vozidla	0	Vozidel
S. K. Neumanna (Kaufland) – K Vinici		
Intenzita	109	vozidel
Nákladní vozidla	0	vozidel

Zdroj: (autorka)

2.3.2 Odpolední špička

Druhým měřeným časovým úsekem je čtvrtěční odpolední špička a konkrétně časové období 13:45 – 17:15. Stejně jako u ranní špičky je odpolední špička uvedena dle hlavních dvou směrů S. K. Neumanna (Kaufland) – S. K. Neumanna (do města) a S. K. Neumanna (z města) – S. K. Neumanna (Kaufland). Postup byl shodný jako u ranního měření, výsledky jsou zapsány v tabulkách 5, 6, 7 a 8.

Tabulka 5: Odpolední špička

Celková intenzita	4443	vozidel
Nákladní vozidla Celkem	79	vozidel
-	Počet	Průměrný počet / hodinu
Autobusy	37	-
Chodci	320	107
Cyklisté	256	85

Zdroj: (autorka)

Tabulka 6: Hodnoty dopravních veličin pro S. K. Neumanna (Kaufland) - S. K. Neumanna (do města)

Intenzita	2115			vozidel
	1. Úsek (70 min)	2. Úsek (70 min)	3. Úsek (70 min)	Jednotky
Průměrná rychlost	34,336	8,350	9,210	[km/h]
Nákladní vozidla	36			vozidel
Časový průjezd vozidla	2,310	9,500	8,600	[s]
Časový odstup vozidel	5,936	2,395	3,741	[s]

Zdroj: (autorka)

Tabulka 7: Hodnoty dopravních veličin pro S. K. Neumanna (z města) - S. K. Neumanna (Kaufland)

Intenzita	1367			vozidel
	1. Úsek (70 min)	2. Úsek (70 min)	3. Úsek (70 min)	Jednotky
Průměrná rychlost	43,732	33,590	40,120	[km/h]
Nákladní vozidla	35			vozidel
Časový průjezd vozidla	1,810	2,358	1,974	[s]
Časový odstup vozidel	10,842	3,470	5,187	[s]

Zdroj: (autorka)

Tabulka 8: Intenzita a výskyt nákladních vozidel u vedlejších dopravních směrů pro odpolední špičku

S. K. Neumanna (z města) – K Vinici		
Intenzita	112	vozidel
Nákladní vozidla	2	vozidel
K Vinici – S. K. Neumanna (do města)		
Intenzita	133	vozidel
Nákladní vozidla	2	vozidel
K Vinici – S. K. Neumanna (Kaufland)		
Intenzita	78	vozidel
Nákladní vozidla	0	vozidel
Na Spravedlnosti – S. K. Neumanna (do města)		
Intenzita	270	vozidel
Nákladní vozidla	0	vozidel
Na Spravedlnosti - S. K. Neumanna (Kaufland)		
Intenzita	243	vozidel
Nákladní vozidla	3	vozidel
Na Spravedlnosti – K Vinici		
Intenzita	21	vozidel
Nákladní vozidla	0	Vozidel
S. K. Neumanna (Kaufland) – K Vinici		
Intenzita	104	vozidel
Nákladní vozidla	1	vozidel

Zdroj: (autorka)

3 ZHODNOCENÍ A NÁVRH

Třetí kapitola obsahuje zhodnocení současného stavu z výsledků měření i poukázání na problémy řízení a ukazuje navržené změny pro optimalizaci řízení křižovatky.

3.1 Zhodnocení změřených výsledků

Po analýze ranní a odpolední špičky lze zaznamenat znatelné rozdíly i poměrně velkou vytíženost dané křižovatky. V podkapitolách se obě špičky zhodnotí zvlášť, ale i vzájemně porovnají.

3.1.1 Zhodnocení ranní špičky

Ranní špička v časovém období 6:15 – 10:00 hodin měla celkovou intenzitu 4583 silničních vozidel. Z toho nákladních vozidel projelo celkem 91, autobusů a linek MHD bylo 37. Chodci a cyklisté v měřené ranní špičce by zasloužili samostatnou kapitolu, neboť tvoří významnou zatíženost měřeného úseku. Velkým problémem této skupiny je také nedodržování pravidel silničního provozu, například přejíždění na mimo vyznačených místech. Vedle cyklistů a chodců jsou to však i řidiči motorových vozidel, kteří se otáčejí v křižovatce, nedodržují vodorovné dopravní značení (hlavně v ulici Na Spravedlnosti) nebo nedání přednosti v jízdě (tzn. nezastavení na svislou dopravní značku stop). Velkým problémem je tvoření dopravních kongescí přímo v křižovatce, před ní i za ní směrem do města, což způsobuje nejen zpoždění MHD.

První a nejvytíženější proud S. K. Neumanna (Kaufland) – S. K. Neumanna (do města) ukazuje, jak se postupně ve třech časových úsecích veličiny měnily. Když se autorka zaměří na průměrnou rychlost v křižovatce, je patrné, že se postupně od začátku měření zvyšovala. Mezi prvním a druhým úsekem není zase tak velký skok, oproti tomu mezi druhým a třetím je vidět nárůst cca o 13,5 km/h. Co se týče časových průjezdů vozidla, tak nejdelší průjezd včetně čekacích dob byl v první části měření. V průběhu dalších dvou úseků se zkracoval, což zapříčinilo postupné a pomalé opadání intenzity zhruba od osmé hodiny ranní. Odstup vozidel se měnil stejně jako dopravní veličina průjezd vozidla.

Z porovnání intenzity je druhým nejvytíženějším proudem S. K. Neumanna (z města) – S. K. Neumanna (Kaufland). Dopravní veličiny jsou však obrácené. Pokud se porovná průměrná rychlost, tak v prvním úseku je standardní (40,480 km/h) a během druhého úseku značně klesá o cca 9 km/h. V tu dobu se totiž zvyšuje časový průjezd vozidla z 1,960 na 2,254 sekund a současně se snižuje časový odstup vozidel ze 7,084 na 2,793 sekund, což je značný rozdíl hodnot, který se ve třetím úseku postupně zvyšuje.

Ulice K Vinici má nejvytíženější směrem S. K. Neumanna do města a naopak. Celkem to činí 217 vozidel za měřené časové období.

Poslední součást křižovatky je jednosměrná ulice Na Spravedlnosti, kde největší intenzita je směrem do města, a to 271 vozidel. Směrem S. K. Neumanna (Kaufland) je intenzita 228 vozidel a nejmenší intenzita pouhých 25 vozidel je do ulice K Vinici.

3.1.2 Zhodnocení odpolední špičky

Odpolední špička má celkovou intenzitu 4443 silničních vozidel za časové období 13:56 – 17:15. Nákladních vozidel zde projelo celkem o 12 méně, než v ranní špičce. K tomu ještě patří autobusy a linky MHD, kterých projelo stejně. Poměr cyklistů a chodců byl rozdílný. Cyklistů bylo více, oproti tomu chodců cca o 20 méně než v ranní špičce. Zřejmě více lidí využívá ranních spojů MHD, když cestují například do práce. Z pohledu problémů s nedodržením pravidel silničního provozu je to obdobné jako u ranní špičky. Proto je potřeba změnit a zvýšit plynulost a bezpečnost provozu v křižovatce.

První a nejvytíženější proud S. K. Neumanna (Kaufland) – S. K. Neumanna (do města) ukazuje, jak postupně ve třech časových úsecích se veličiny postupně měnily. Když se autorka zaměří na průměrnou rychlost v křižovatce, je patrné, že se postupně od začátku měření mění a to razantně. V prvním úseku dosahuje ještě v podstatě normální rychlosti 34,3 km/h, ale ve druhém úseku se sníží jenom na 8,350 km/h, což je obrovský rozdíl mezi prvním a druhým úsekem. Co se týče třetího oddílu je zde nepatrný nárůst na rychlost 9,210 km/h. U časových průjezdů vozidla jsou také velké znatelné rozdíly a je vidět průběh, jak se mění od prvního 2,310 sekund ke druhému 9,5 sekund včetně čekacích dob až po třetí úsek, kde se to nepatrně sníží na 8,6 sekund. Odstup vozidel dopadl obdobně jako dopravní veličina průjezd vozidla a to tak, že v první části, byl 5,936 sekund, ve druhé se snížil na 2,395 sekund, tím se zhustil provoz a ve třetím úseku se začal postupně navyšovat.

Druhý nejvytíženější proud S. K. Neumanna (z města) – S. K. Neumanna (Kaufland) má intenzitu 1367 silničních vozidel, což je o 298 vozidel méně oproti ranní špičce. Vezme-li se v úvahu průměrná rychlost, která je v prvním úseku optimální 43,732 km/h, postupně během druhého značně klesá na 33,590 km/h. V ten okamžik se zvyšuje časový průjezd vozidel z 1,810 na 2,356 sekund a současně se snižuje časový odstup vozidel z 10,842 na 3,47, což je značný rozdíl, který se ve třetím úseku postupně zvyšuje. U průměrné rychlosti to je velký obrat na 40,120 km/h, průjezdu vozidel 1,973 sekund a časového odstupu vozidel na 5,187 sekund.

Celková intenzita ulici K Vinici je 211 vozidel za měřené časové období v obou směrech.

Třetí a poslední součást křižovatky je jednosměrná ulice Na Spravedlnosti, kde největší intenzita je 270 vozidel směrem do města, a to bez jediného silničního vozidla shodná s intenzitou v ranní špičce, 243 vozidel směrem S. K. Neumanna (Kaufland) a opět nejmenší intenzita pouhých 21 vozidel je do ulice K Vinici.

3.1.3 Porovnání ranní a odpolední špičky

Po porovnání obou dopravních špiček jsou vidět zřetelné problémy křižovatky, které právě snižují účinnost a křižovatka není plynulá, bezpečná a nemá hlavně viditelné dopravní značení. Co se týká obou dopravních špiček, je znatelné, že se obě liší. V intenzitách je pokles v odpolední špičce zhruba o 2,2 procenta silničních vozidel oproti ranní. U průměrných rychlostí, časových odstupů a průjezdu vozidel je vidět, že změny u ulice S. K. Neumana se mění a mají jinou posloupnost v ranní špičce a jinou v odpolední špičce. Samotné intenzity vedlejších směrů jsou poměrně ve stejné výši. Větší rozdíl je znát jen u směru K Vinici – S. K. Neumanna (do města), kde to ukazuje o 70 silničních vozidel více ráno než odpoledne.

3.2 Návrh změn

Návrh na zlepšení řízení křižovatky se bude skládat z několika změn.

V první řadě zrušení ostrůvku s místem pro přechod cyklistů a tím i zrušení cyklistického pásu až po rozšířený chodník v blízkosti podjezdu blíž u ulice K Vinici. Z toho důvodu, že cyklistický pás stačí pouze na straně blíž ulice Na Spravedlnosti směrem do města. Zrušením tohoto pásu cyklisté nepřichází o svůj prostor, protože náhradní trasa povede ulicí K Vinici. Bude doplněna vhodným dopravním značením a napojí se na cyklostezku u řeky Labe, která je k vidění na obrázku 14. Místo, kde se zruší cyklistický pás a přidá se ochranné zábradlí, jež je zobrazeno na obrázku 15. Zrušením se rozšíří a prodlouží jízdní pruhy ulice S. K. Neumanna. Navíc se místo cyklostezky vytvoří rychloprůpletový odbočovací pruh, a tím se řidiči vyhnou při odbočování doprava křižovatce, a přímo se zařadí do provozu. Vše navíc bude doplněno příslušným svislým a vodorovným dopravním značením.

V druhé řadě posunutí nebo úplné předělení parkovacích míst v blízkosti křižovatky v ulici K Vinici. Tato změna povede k jednoduššímu, klidnějšímu a bezpečnějšímu vyjíždění vozidel.

Třetí bod změny je celková obnova vodorovného dopravního značení. Přidání světel na místa pro přechody pro chodce. Z druhého přechodu pro chodce ulice S. K. Neumanna se stane přechod jak pro chodce, tak i pro cyklisty.

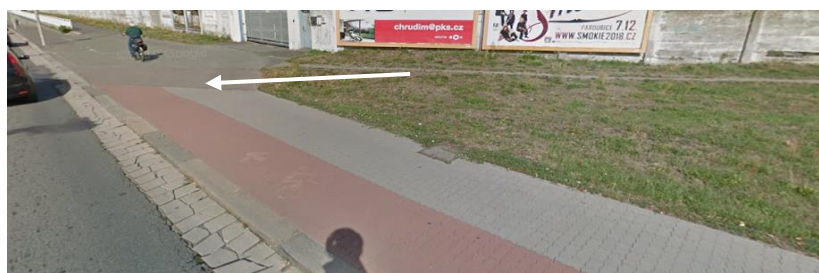
Co se týče ulice Na Spravedlnosti, autorka navrhuje stále jednosměrnou ulici, z důvodu, že zobousměrnění vede spíše k větším dopravním kolizím a zbytečnému zrušení parkovacích míst pro obyvatelé v okolní zástavbě. Návrh spočívá v pouhém zrušení dvou míst, které prodlouží odbočovací pruh doleva směrem do města. Dále je potřeba umístit dostatečně včas svislé dopravní značení o rozdělení pruhů.

Posledním bodem návrhu je zavedení světelně řízené křižovatky a spočítání vhodných intervalů. Některé změny jsou jednoduše, ručně a schématicky zobrazeny na obrázku 16.



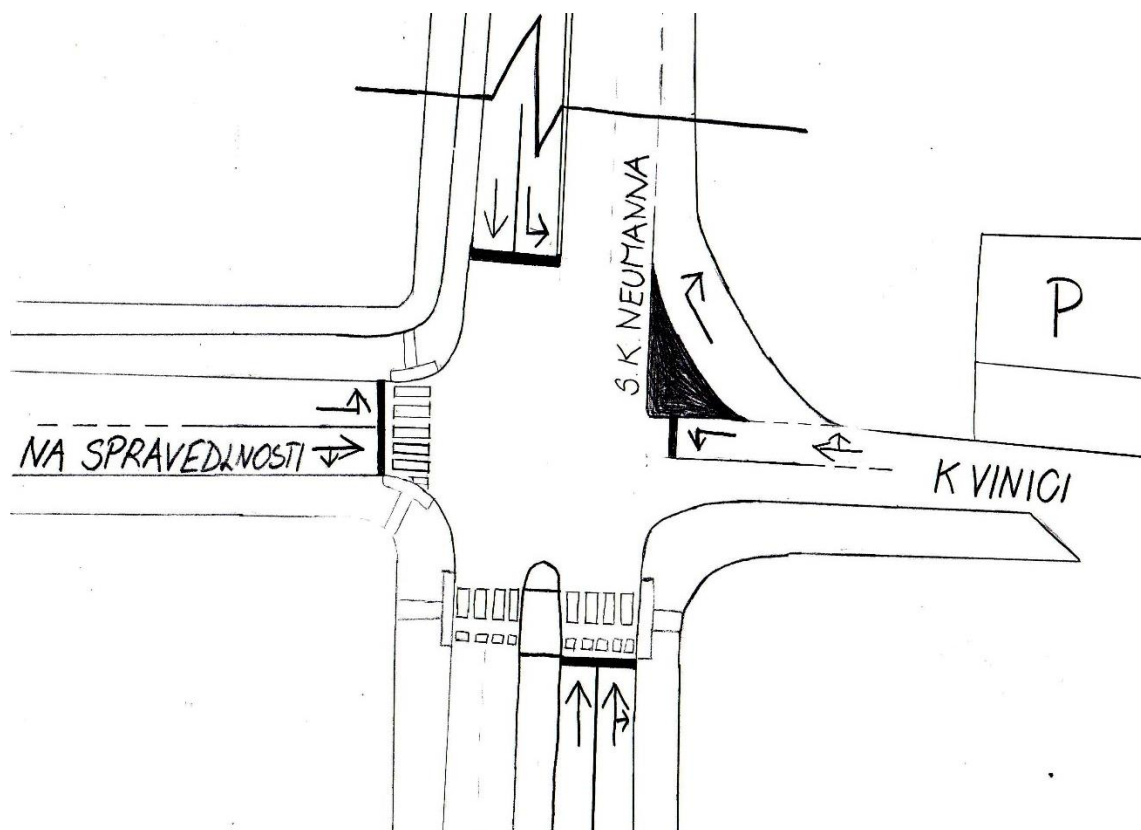
Zdroj: (15)

Obrázek 14: Náhradní trasa cyklostezky



Zdroj: (16)

Obrázek 15: Místo zrušení cyklistického pásu



Zdroj: (autorka)

Obrázek 16: Zobrazení některých změn

ZÁVĚR

Cílem práce byla analýza a návrh změn vedoucích k optimalizaci řízení křižovatky v křížení ulic K Vinici, Na Spravedlnosti a S. K. Neumanna.

Analýzou byly zjištěny dopravní data a veličiny, ke kterým patří intenzita, počet autobusů, chodců, cyklistů a nákladních vozidel. Průměrná rychlost, časový odstup vozidel a průjezd vozidla křižovatkou byly stanoveny pro nejvíce vytíženou ulici křižovatky S. K. Neumanna. Celé měření a výpočty se pohybovaly v přesně stanoveném časovém období, a to ve dvou odvětvích, ranní špičky v čase 6:15-10:00 a odpolední špičky v čase 13:45 – 17:15. Byly zaznamenány v jednoduchých, přehledných a snadno srozumitelných tabulkách.

Při návrhu optimalizaci autorka došla k závěru několika změn, které by byly velice finančně a pracně náročné, ale celkově vedou ke zlepšení a jsou přínosem pro všechny účastníky silničního provozu. Celková postupná rekonstrukce by jen částečně omezila provoz, kde by se začalo od jednodušších úkolů, případně u rozsáhlejší úprav se navrhne vhodná objízdná trasa. Ale vzhledem k rozrůstání dané oblasti je rekonstrukce či optimalizace nezbytně nutná.

SEZNAM POUŽITÝCH INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

- (1) KOTAS, Patrik. *Dopravní systémy a stavby*. Vyd. 2. V Praze: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN isbn978-80-01-03602-0.
- (2) CENTRUM DOPRAVNÍHO VÝZKUMU. *Úrovňové křižovatky* [online]. Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2018 [cit. 2019-01-04]. Dostupné z: <https://www.cdv.cz/file/vr-67b-krizovatky-urovnove/>
- (3) LEDVINOVÁ, Michaela. *Teorie dopravy: studijní opora* [CD-ROM]. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2013. ISBN 978-80-7395-651-6.
- (4) MAGISTRÁT MĚSTA PARDUBICE. Magistrát města Pardubice, Pardubice: Materiál k posuzované křižovatce, 2018
- (5) APELTAUER, TOMÁŠ. *Generální vlastnosti modelů dopravního proudu*. Brno 201, 200 s. Doktorská práce. VUT v Brně, Fakulta stavební – Ústav automatizace inženýrských úloh a informatiky. Vedoucí práce doc. RNDr. Jiří Macur, Csc.
- (6) PŘIBYL, Pavel a Radim MACH. *Řídicí systémy silniční dopravy*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02811-9.
- (7) PŘIBYL, Ondřej. Přednáška 3 – *Detektory zasahující do vozovky do detekce*, ČVUT v Praze, Fakulta dopravní. PŘIBYL, Ondřej. Přednáška 3 – *Detektory zasahující do vozovky do detekce*, ČVUT v Praze, Fakulta dopravní. [cit. 2019-01-07]. Dostupné z: <https://zolotarev.fd.cvut.cz/mzd>
- (8) LEDVINOVÁ, Michaela. *Dopravní inženýrství: studijní opora*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2013. ISBN 978-80-7395-654-7.
- (9) APELTAUER, TOMÁŠ. *Dopravní Inženýrství modul 2 Modelování dopravního proudu: studijní opora*. Brno: VUT v Brně, 2007. Dostupné z: <http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta>
- (10) AMBROS, Jiří a Ondřej GOGOLÍN. *Metodika sběru parametrů dopravního prostoru pozemní komunikace pomocí měřicího vozidla: výsledek výzkumného programu číslo 3 Dopravního VaV centra*. Brno: Centrum dopravního výzkumu, 2014. ISBN isbn978-80-88074-00-7.
- (11) RADIMSKÝ, Michal. Přednáška *Úrovňové křižovatky*, VUT v Brně, Fakulta stavební. [cit. 2019-01-07]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/8656388-Urovnove-krizovatky-michal-radimsky.html>

- (12) MAPY.CZ, Mapy: *Křižovatka v křížení ulic S. K. Nemanna, Na Spravedlnosti a K Vinici* [online]. 2018 [cit. 2019-01-07]. Dostupné z: <https://en.mapy.cz/zakladni?x=15.7793631&y=50.0295054&z=19&m3d=1&height=182&yaw=0&pitch=-45&source=pubt&id=15208469>
- (13) Vlastnoručně natočený videozáznam
- (14) VÁCLAVÍK, Vojtěch. *Dopravní stavby* [online]. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2018 [cit.2019-01-07].
Dostupné z: <http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ1/vyuka/doprava/cleneni.html>
- (15) GOOGLE.COM, Mapy: *Nová trasa cyklostezky* [online]. 2020 [cit. 2020-01-07]. Dostupné z: <https://www.google.com/maps/dir/50.0290577,15.7792564/50.0294375,15.7839217/@50.0295177,15.7802715,17.22z/data=!4m2!4m1!3e2>
- (16) GOOGLE.COM, Mapy: *Místo pro zrušení cyklistického pásu* [online]. 2020 [cit. 2020-01-07]. Dostupné z: https://www.google.com/maps/@50.0297574,15.7791879,3a,75y,65.38h,80.38t/data=!3m6!1e1!3m4!1s-nD3riothezW48dyvr-V_w!2e0!7i13312!8i6656