

UNIVERZITA JANA AMOSE KOMENSKÉHO PRAHA

BAKALÁŘSKÉ / PREZENČNÍ STUDIUM

2012 – 2015

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Pavel Soukup

Měření rychlosti vozidel na pozemních komunikacích

Praha 2015

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Karel Machulda

JAN AMOS KOMENSKY UNIVERSITY PRAGUE

BACHELOR / FULL-TIME STUDIES

2012 - 2015

BACHELOR THESIS

Pavel Soukup

Vehicle speed measurement on traffic roads

Prague 2015

The Bachelor Thesis Work Supervisor:
Ing. Karel Machulda

Prohlášení

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je mým původním autorským dílem, které jsem vypracoval samostatně. Veškerou literaturu a další zdroje, z nichž jsem při zpracování čerpal, v práci řádně cituji a jsou uvedeny v seznamu použitých zdrojů.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v univerzitní knihovně.

V Praze dne 22. 2. 2015

Pavel Soukup

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu
Ing. Karlu Machuldovi za jeho cenné rady a připomínky při zpracování této práce.

Anotace

Předmětem pro bakalářskou práci „Měření rychlosti vozidel na pozemních komunikacích“ je informovat o tom, jaké jsou způsoby měření rychlosti motorových vozidel na pozemních komunikacích a jejich principu. Práce je zaměřena především na nejvíce používaný styl měření – měření za využití Dopplerova jevu. Součástí této práce je zároveň také realistické měření pro získání lepšího porozumění dané problematiky.

Klíčové pojmy

Rychlost, měřič rychlosti, radarový rychloměr, laserový rychloměr, indukční smyčka, úsekové měření rychlosti vozidel.

Annotation

The subject of the Bachelor thesis „Measuring the speed of vehicles on the road“ is to inform about the ways how to measure the speed of motor vehicles on the road and their principle. The thesis is mainly focused on the most used style of measurement - measurement using Doppler effect. Part of this work is also a realistic measurement in order to obtain a better understanding of the issue.

Key words

Speed, speed meter, radar speed meter, laser speed meter, inductive loop, sectional measuring the speed of vehicles.

OBSAH

OBSAH	7
ÚVOD.....	9
TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1 HISTORIE MĚŘENÍ RYCHLOSTI VOZIDEL.....	11
2 MĚŘENÍ RYCHLOSTI A SOUVISEJÍCÍ LEGISLATIVA.....	12
3 MĚŘENÍ RYCHLOSTI A ZÁKLADNÍ POJMY	14
3.1 RYCHLOST	14
3.2 ELEKTROMAGNETICKÉ VLNĚNÍ	14
3.3 MIKROVLNA	15
3.4 DOPPLERŮV JEV	15
3.5 LASER.....	17
4 ZÁKLADNÍ ZPŮSOBY, KTERÝMI LZE MĚŘIT RYCHLOST VOZIDEL NA POZEMNÍCH KOMUNIKACÍCH.....	19
4.1 RADAROVÉ RYCHLOMĚRY	19
4.1.1 <i>Princip činnosti.....</i>	<i>19</i>
4.1.2 <i>Použití v dopravě</i>	<i>21</i>
4.1.3 <i>Reflexe.....</i>	<i>21</i>
4.2 LASEROVÉ MĚŘIČE RYCHLOSTI	23
4.2.1 <i>Princip činnosti.....</i>	<i>23</i>
4.2.2 <i>Použití v dopravě</i>	<i>23</i>
4.3 POLICEJNÍ MĚŘIČE RYCHLOSTI	24
4.3.1 <i>Ramer 10.....</i>	<i>25</i>
4.3.2 <i>LTI 20 - 20 UltraLyte Micro Digi - Cam.....</i>	<i>27</i>
4.3.3 <i>ProLaser III - Lavet</i>	<i>28</i>
4.3.4 <i>Riegl FG 21 - P.....</i>	<i>29</i>
4.3.5 <i>Unicam LIDAR</i>	<i>30</i>
4.4 ÚSEKOVÉ MĚŘENÍ RYCHLOSTI VOZIDEL	31
4.4.1 <i>Princip činnosti.....</i>	<i>31</i>
4.4.2 <i>Unicam VELOCITY</i>	<i>32</i>

4.4.3	MUR - 07	33
4.4.4	PolCam PC 2006	34
5	DALŠÍ ZPŮSOBY, JAK LZE MĚŘIT RYCHLOST VOZIDEL	36
5.1	INDUKČNÍ SMYČKY	36
5.2	ŠIROKOUHLÝ INFRAČERVENÝ PAPERSEK	37
5.3	SVĚTELNÁ ZÁVORA	38
5.4	INFORMAČNÍ PANELE MĚŘÍCÍ RYCHLOST VOZIDEL	38
	PRAKTICKÁ ČÁST	39
6	CÍLE A METODY MĚŘENÍ	39
6.1	CÍLE MĚŘENÍ	39
6.2	FORMULACE HYPOTÉZ	39
6.3	PRAKTICKÉ MĚŘENÍ	39
6.4	OVĚŘENÍ HYPOTÉZ	47
6.5	VÝHODY A NEVÝHODY LASEROVÉHO MĚŘIČE MICRO DIGI-CAM LTI POUŽITÉHO PŘI PRAKTICKÉM MĚŘENÍ	48
	ZÁVĚR	49
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	51
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	51
	SEZNAM ZKRATEK	55
	SEZNAM POUŽITÝCH VELIČIN	56
	SEZNAM GRAFŮ	57
	SEZNAM PŘÍLOH	58
	PŘÍLOHY	I

ÚVOD

Jsou-li dodržována určitá pravidla silničního provozu, je dnešní silniční síť koncipována tak, že nabízí řidičům bezpečnou jízdu bez rizika. Dodržování povolené rychlosti je jedním z těchto pravidel. Mnoho řidičů však povolenou rychlost neustále překračuje, a to buď na velmi přehledných úsecích anebo bohužel i na nepřehledných úsecích, což může mít za následek nebezpečné situace, či dokonce nehody. Z důvodu nepřiměřené rychlosti dochází k nehodám s často fatálními následky.

Ačkoliv se neustále zlepšuje technická úroveň automobilů, a to v oblasti jak aktivní, tak pasivní bezpečnosti, vážným následkům nehod způsobených nepřiměřenou rychlostí tyto bezpečnostní prvky stále zabránit nedovedou.

Nepřiměřená rychlost se z širšího hlediska podílí na většině dopravních nehod. Od spatření překážky může být reakční doba řidiče stejná i při vyšší rychlosti, ale vzdálenost, kterou vozidlo urazí, je mnohem delší, než kdyby jelo pomaleji. U nehod, kde dochází k nezvládnutí řízení vozidla, hraje rychlost také podstatnou roli. K překročení mezí, které vyplývají z fyzikálních zákonů, dochází vlivem vyšší rychlosti.

Na tuto problematiku je rovněž možné nahlížet z jiného úhlu pohledu. Dovolená rychlost je řidiči často překračována na úsecích komunikace, které jsou přehledné a přímé, a to proto, že si myslí, že není důvod jet pomalu v místě, které se může zdát bezpečné a přehledné. V těchto případech vynucování dovolené rychlosti bývá řidiči vnímáno často jako zbytečné a neefektivní.

Důležité ovšem je, určitým způsobem vynucovat povolenou rychlost na pozemních komunikacích a řidiče tak donutit jet pomaleji, zejména v nepřehledných částech komunikace.

Přestože není celkový součet nehod, které byly způsobené pouze nepřiměřenou rychlostí velký, například ve srovnání s nesprávným způsobem jízdy, součet usmrcených osob je při nehodách, které byly způsobené právě nepřiměřenou rychlostí, mnohem vyšší.

Jednotlivé způsoby, kterými lze v současnosti měřit rychlost vozidel na pozemních komunikacích budou v této práci uvedeny a bude vysvětlen jejich princip. Na začátku Vás práce seznámí s dřívější a poté s nynější legislativou upravující a související s měřením rychlosti. V základní části práce se budu zabývat o čtyři hlavní způsoby měření, a to pomocí radarového a laserového měřiče rychlosti a také o úsekové měření rychlosti a měření průměrné rychlosti vozidel na pozemních komunikacích.

U každého principu měření znázorním příklady jednotlivých měřidel. Způsobů, kterými lze v dnešní době měřit rychlost, je velmi mnoho.

V praktické části práce se budu zabývat praktickým měřením, provedeným pomocí radarového rychloměru Micro Digi-Cam LTI ve čtyřech lokalitách města Plzně. Výsledky měření budou pro přehlednost zpracovány v jednotlivých tabulkách, dále přidám mapu měřeného úseku pro lepší pochopení místa měření. V neposlední řadě budou dány hypotézy, které budou nakonec vyhodnoceny.

TEORETICKÁ ČÁST

1 HISTORIE MĚŘENÍ RYCHLOSTI VOZIDEL

Již od vynálezu prvních dopravních prostředků se na celém světě začalo přemýšlet o tom, že jejich rychlost bude muset být omezena. Nebezpečnost těchto prostředků si lidé začali uvědomovat zejména proto, že byly příčinou několika úmrtí. Rychlost začala být omezována nejprve v okolí obydlí a poté také mimo obce.

První zákon, který se týkal omezení rychlosti na pozemních komunikacích, byl vydaný ve Spojeném království v roce 1865. Jednalo se o zákon tzv. Locomotive Act (Zákon o samohybech). Tímto zákonem byla omezena rychlost v obcích na 2 míle za hodinu, tj. 3,2 km/h a mimo obec na 4 míle za hodinu, tj. 6,4 km/h. Tento zákon také někdy bývá nazýván „Praporkový zákon“, protože nařizoval, aby jeden z členů posádky šel před vozidlem a mával červeným praporkem.¹

V Československu vstoupil o několik let později v platnost Zákon č. 81/1935 Sb., o jízdě motorovými vozidly, který omezil rychlost na 35 km/h v uzavřených osadách.

Momentálně je v platnosti Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změně některých zákonů (jedná se o zákon o silničním provozu), který krom jiného také upravuje současnou nejvyšší povolenou rychlost na pozemních komunikacích.

Původně bylo měření rychlosti prováděno za pomoci ručního měření času, za který vozidla stihla projet konkrétní úsek o konkrétní délce. Takto byla zjištěna průměrná rychlost podílem dráhy a času, který byl naměřen. Postupem času se začala vyvíjet zařízení, která výrazně zjednodušovala měření rychlosti.

John L. Barker Sr. vynalezl během druhé světové války pro měření rychlosti vozidel radarovou pistoli. Pro účely měření rychlosti vozidel na pozemních komunikacích byla poprvé oficiálně použita v roce 1947. Pro dopravní průzkumy ji policisté v Connecticutu začali používat v 70. letech 20. století a až následně pro pokutování vozidel za rychlou jízdu.²

¹ MACHUTOVÁ, Marcela, Kamil PAVLÍČEK, Jaroslav HOŘÍN. *Historie dopravní policie: (zvláštní část)*. Vyd. 1. Editor Dagmar Broncová. Praha: Milpo media, 1998, 159 s. ISBN 978-80-87040-14-0

² *Who made that traffic radar?* [online]. 2014 [cit. 2014-12-23] Dostupné z: http://www.nytimes.com/2013/09/01/magazine/who-made-that-traffic-radar.html?_r=0

2 MĚŘENÍ RYCHLOSTI A SOUVISEJÍCÍ LEGISLATIVA

Měření rychlosti vozidel je upraveno zákonem v ustanovení §79a) zákona č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů.

V České republice smí měřit rychlost bez omezení pouze Policie ČR (dále jen Policie). Měření rychlosti vozidel patří do kompetence také Obecní nebo městské policie, ti však při tom musí dodržovat určitá pravidla, která určuje Policie ČR. Mezi kompetence Obecní nebo městské policie v oblasti měření rychlosti vozidel patří pouze měření na místech určených Policií a musí při tom postupovat v součinnosti s Policií. V čem přesně tato součinnost spočívá, není však dále specifikováno.³

Když policie dohlíží na bezpečnost a plynulost silničního provozu, může využívat stacionární i mobilní přístroje k měření rychlosti vozidel.

Dle zákona č. 505/1990 Sb., o metrologii, ve znění pozdějších předpisů, všechna zařízení, která jsou policií používána pro měření rychlosti vozidel, musí chválit Český metrologický institut (ČMI). ČMI vydává Opatření obecné povahy. Tato Opatření stanoví metrologické a technické požadavky daným měřidlům.⁴

Podle Opatření obecné povahy vydané ČMI, by rychloměry neměly citlivě reagovat na relativní vlhkost vzduchu a měly by být chráněny proti prachu a před stříkající vodou stupněm ochrany krytem minimálně IP 54, zejména ty části rychloměru, které podléhají vystavování povětrnostním vlivům. Mimo jiné jsou ustanoveny základní části, které musí obsahovat každý rychloměr - snímač, výpočetní ovládání, výpočetní, ovládací, zobrazovací, vyhodnocovací jednotku, obrazovou dokumentační jednotku a software, popřípadě rozhraní pro přenášení dat.

Důležitá je schopnost jednoznačně přiřadit k příslušnému vozidlu každou naměřenou hodnotu. Nežádoucí elektromagnetické pole rychloměry vyzařovat nesmí, zároveň nesmí být ovlivnitelné žádnými elektrickými ani elektromagnetickými rušeními nebo na ně má reagovat předem nadefinovaným způsobem, např. ohlašování chyb apod.

Geometrické měřicí úhly, jedná se o úhly hlavních os antén k osám jízdních drah, musí mít takové nastavení, aby nedocházelo k chybám měření rychlosti vyšších než $\pm 0,5$ % konvenční hodnoty.

³ *Překročení rychlosti* [online]. [cit. 2014-12-23]. Dostupné z: <http://www.dopravni-pravo.cz/prekroceni-rychlosti/>

⁴ *Opatření obecné povahy číslo: 0111-OOP-C005-09* [online]. 2010 [cit. 2015-12-23]. Dostupné z: <http://www.cmi.cz/index.php?lang=1&wdc=1663>

Laserový rychloměr musí měřenou vzdálenost k vozidlu na počátku měření rychlosti zobrazovat a měřit v metrech. Maximální chyba, která je při měření vzdálenosti laserovým rychloměrem povolena, je $\pm 1\%$ naměřené hodnoty vzdálenosti.

Pro úsekové měření rychlosti vozidel musí být vyměřený měřicí úsek vybrán tak, aby délka tohoto úseku nezapříčinila relativní chybu měření rychlosti větší než $\pm 0,5\%$ konvenční hodnoty rychlosti.⁵

Záznam z policejního radaru se většinou užívá k prokázání překročení rychlosti. Je třeba počítat s určitou odchylkou, jelikož radary nejsou zcela přesné. Radary v České republice se schvalují s jednotnými odchylkami ± 3 km/h od zjištěných rychlostí do 100 km/h, respektive $\pm 3\%$ od zjištěných rychlostí nad 100 km/h. Na rychloměr působící rušivé vnější vlivy nesmí zapříčinit chyby měření, které by mohly překročit nejvyšší dovolenou chybu rychloměru. Sám policista nebo strážník musí zohlednit tuto odchylku.⁶

Povinností je pravidelná kalibrace a platné typové schválení radarů. Ministerstvo průmyslu a obchodu stanovilo vyhlášku č. 345/2002 Sb. v platném znění, na základě které stanovilo dobu pro platnost měření pro „Silniční rychloměry používané při kontrole dodržování pravidel silničního provozu“ na 1 rok.

Některými řidiči bývají užívány tzv. antiradary. Užívání tzv. aktivních antiradarů fungujících jako „rušičky“ policejních radarů znemožňujících měření rychlosti, je zákonem zakázané. Zákon nezakazuje užívání tzv. pasivních antiradarů. S totožnou frekvencí policejních radarů pracují pasivní antiradary. Takové antiradary pouze řidiče upozorňují na měření rychlosti.⁷

⁵ FELCAN, Miroslav, Zdeněk KOPECKÝ a Kamil PAVLÍČEK. *Teoreticko-metodologické základy řízení činnosti služby dopravní policie: [(zvláštní část)]*. Vyd. 1. Praha: Policejní akademie České republiky, 2007, 351 s. ISBN 978-80-7251-256-0.

⁶ KOPECKÝ, Zdeněk, Kamil PAVLÍČEK. *Dopravně bezpečnostní činnost: [(zvláštní část)]*. Vyd. 1. Praha: Police history, 2006. ISBN 80-864-7732-0.

⁷ *Tolerance rychloměrů a radarů* [online]. [cit. 2014-12-23]. Dostupné z: <http://www.dopravni-pravo.cz/prekroceni-rychlosti/tolerance-rychlomeru-a-radaru/>

3 MĚŘENÍ RYCHLOSTI A ZÁKLADNÍ POJMY

3.1 Rychlost

Rychlost patří mezi vektorovou fyzikální veličinu, kterou můžeme definovat pomocí dvou základních veličin, kterými jsou délka a čas. Délka se označuje písmenem v z anglického *velocity*. Jednotka SI znázorňuje metr za sekundu, $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. V praxi je používaná jednotka kilometr za hodinu $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ přičemž $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} = 3,6 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

Rozlišuje se průměrná a okamžitá rychlost. Průměrnou rychlostí je dáno, jakou dráhu za jednotku času předmět urazí.

$$v = \frac{s}{t}$$

Rychlost v daném časovém okamžiku se nazývá okamžitá rychlost. Tato rychlost se vypočítá jako první derivace dráhy dle času.

$$v = \frac{ds}{dt}$$

3.2 Elektromagnetické vlnění

James Clerk Maxwell, skotský fyzik a matematik, dokázal ve 2. polovině 19. století při objevování rovnic pro elektromagnetické pole (Maxwellovy rovnice) popsat podstatu elektromagnetického vlnění. Výsledkem těchto rovnic je, že při zrychleném pohybu částic s nábojem, vzniká kolem nich elektromagnetické pole, které zároveň vyvolává pole magnetické. Elektromagnetické oscilátory skládající se z cívky a kondenzátoru, bývají nejčastěji zdrojem takového vlnění.

Elektromagnetické záření tedy utváří kombinaci příčného postupného vlnění magnetického a elektrického pole (elektromagnetického pole). Záření má danou vlnovou délku λ a frekvenci f . Pro vlnovou délku a frekvenci platí následující vztah:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

kde c znázorňuje rychlost světla ($3\cdot 10^8 \text{ m/s}$). Záření je elektromagnetickým spektrem děleno do několika typů podle vlnové délky. Tohle spektrum je zobrazeno v příloze na obrázku č. 1.

3.3 Mikrovlna

Část elektromagnetického spektra tvoří mikrovlna. Jedná se o elektromagnetické vlnění, které pracuje s frekvencí vyšší než 2 GHz nebo vlnovou délkou kratší než zhruba 0,15 m. Mikrovlnné záření, které radar vysílá, se šíří přímo a chová se obdobně jako světlo - prochází plastickými hmotami a sklem. Tyhle vlny jsou odraženy od kovových částí karoserie a od dalších terénních překážek, jako mohou být například sloupy veřejného osvětlení, betonové konstrukce nebo svodidla.⁸ V současnosti mají velice objemné spektrum možností využití, od radiolokace či navigaci, přes přenos informací, až po ohřev potravin.

3.4 Dopplerův jev

Elektromagnetického vlnění se využívá při měření rychlosti vozidel na silnicích pomocí radarových zařízení. Bývá využíván fyzikální jev, objevený v roce 1842 rakouským fyzikem Johannem Christianem Dopplerem, po kterém je rovněž pojmenován. Jedná se o Dopplerův jev.

Dopplerovým jevem je zahrnuta skutečnost, která je velmi známá z běžného života, že frekvence vlnového děje, která je zachycena pozorovatelem, není shodná s frekvencí vlnění emitovaného zdrojem vlnění, pohybují-li se zdroj vlnění a příjemce navzájem.⁹

Detektor, který je umístěný poblíž vozovky, je v klidu, přičemž zdroj vlnění se pohybuje. Vzhledem k detektoru se zdroj pohybuje určitou rychlostí v_z a jeho pohybem je měněna vlnová délka vysílaného zvuku, a tím pádem také frekvence mikrovln, kterou zaznamenal detektor.

Jednotlivé vlnoplochy v rozlišných okamžicích polohy zdroje vlnění jsou znázorněny v příloze na obrázku č. 2.¹⁰

⁸ *Jak se v ČR měří?* [online]. 2014 [cit. 2014-12-27] <http://www.antiradary.net/mereni-rychlosti-v-cr-ramer/>

⁹ Malá, Zuzana; Nováková, Danuše; Vítů, Tomáš. *Fyzika I. 3.* přeprac. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2009. 188 s. ISBN 978-80-01-04220-5

¹⁰ HALLIDAY, David. *Fyzika: Vysokoškolská učebnice obecné fyziky*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2000, 1198 s. ISBN 80-214-1869-9.

Abychom mohli změnit frekvenci, musíme vědět, jaká je doba mezi vysláním jakékoliv dvojice po sobě jdoucích vlnoploch W1 a W2:

$$T = \frac{1}{f}$$

kde f znázorňuje frekvenci.

V průběhu tohoto okamžiku se vlnoplocha W1 posune o vzdálenost

$$S_{W1} = v \cdot T$$

kde v značí šíření vln v daném prostředí,

a zdroj se posouvá o vzdálenost

$$S_Z = v_Z \cdot T$$

kde v_Z znázorňuje rychlost pohybu zdroje vln.

Následně se vyše vlnoplocha W2. V ose pohybu zdroje je vzdálenost mezi vlnoplochami rovna vlnové délce

$$\lambda' = v \cdot T - v_Z \cdot T$$

Obě tyto vlny jsou vzápětí zaznamenány detektorem s frekvencí f'

$$f' = \frac{v}{\lambda'} = \frac{v}{v \cdot T - v_Z \cdot T} = \frac{v}{v \cdot \frac{1}{f} - v_Z \cdot \frac{1}{f}} = \frac{f \cdot v}{v - v_Z}$$

V závěru vyplývá, že frekvence obdržená detektorem jako odražená od karoserie vozu je doopravdy vyšší, než jaká byla hodnota původní vyslané frekvence (kromě případu, kdy je rychlost zdroje rovna nule).¹¹

Vzdaluje-li se vlnění zdroje od detektoru, vztah pro přijatou frekvenci vypadá následovně

$$f' = \frac{f \cdot v}{v + v_Z}$$

Vlivem Dopplerova efektu se tedy frekvence přijatého signálu odlišuje od frekvence vysílaného signálu o tzv. Dopplerovu frekvenci, neboli Dopplerův posun, který je závislý na směru a rychlosti pohybu objektu, který je měřen.

¹¹ *Měření rychlosti vozidel*. [online]. 2014 [cit. 2014-12-27] http://k622.fd.cvut.cz/downloads/bp_silovska_2014.pdf

Vztah, pomocí kterého můžeme vypočítat rychlost měřeného vozidla, dostaneme po úpravě vzorce pro Dopplerovu frekvenci.¹²

$$V = \frac{c \cdot f_D}{2 \cdot f_S \cdot \cos \alpha}$$

3.5 Laser

LASER je zkratka pro sloučeninu anglického názvu Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, v překladu zesilování světla stimulovanou emisí záření. Vědec Theodor Maiman byl prvním, kdo v roce 1960 dokázal popsat a vyrobit první funkční laser.

Obdobně jako světlo vyzařované z obyčejné žárovky, je laserové světlo emitováno tehdy, pokud přechází atom z kvantového stavu s vyšší energií do kvantového stavu s nižší energií. Na rozdíl od jiného zdroje světla, atomy v laserech vyzařují společně a tím vytvářejí světlo, které má neobyčejné vlastnosti.¹³

Jednou z těchto vlastností je koherentnost, neboli uspořádanost paprsku, který produkuje. Světlo laseru je schopné se sdružovat v jednotlivé svazky na rozdíl od světla žárovky, které se šíří všemi směry.

Koherenční délka laseru může dosahovat až několika stovek kilometrů, zde je rozdíl od obyčejné žárovky, která má koherenční délku většinou menší než jeden metr.

Laserové světlo je vysoce monochromatické (jednobarevné) a má velmi malou divergenci (rozbíhavost).¹⁴

Laser se díky těmto vlastnostem nejčastěji využívá pro měřičské práce na delší vzdálenosti, kde je nutné docílit velice dobrých výsledků, jako např. měření vzdáleností, rychlostí, atd. Laserové přístroje jsou využívány v mnoha oborech, při snímání čárových kódů nebo při vyrábění a čtení kompaktních disků anebo ve zdravotnictví při různých operacích. Zde všude se používají laserová zařízení. Přecházení atomů mezi různými stavy energie patří mezi základní princip fungování laseru. Existují celkem tři známé způsoby, jak atomy přecházejí z jednoho stavu do druhého, kde můžeme nalézt

¹² RAMER10 NÁVOD K OBSLUZE R311 063X CZ, RAMET a.s. KUNOVICE, vydáno 2013-04-02

¹³ HALLIDAY, David. *Fyzika: Vysokoškolská učebnice obecné fyziky*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2000, 1198 s. ISBN 80-214-1869-9.

¹⁴ *Opatření obecné povahy číslo: 0111-OOP-C005-09* [online]. 2010 [cit. 2014-12-28]. Dostupné z: <http://www.cmi.cz/index.php?lang=1&wdc=1663>

izolovaný atom buď v primárním stavu s nejnižší energií E_0 , nebo naopak ve stavu s nejvyšší energií E_x .

Prvním způsobem je absorpce (znázorněno v příloze na obrázku č. 3 - (a)), kdy se atom nachází v primárním stavu a je umístěn do vnějšího elektromagnetického pole o frekvenci f a z tohoto pole může vstřebávat energii hf a tím se dostat do stavu o vyšší energii.

Situaci popisuje následující rovnice.

$$hf = E_x - E_0$$

Druhým způsobem je spontánní emise (znázorněno v příloze na obrázku č. 3 - (b)). Tímto způsobem je vytvářeno světlo v běžné žárovce. Posledním způsobem je stimulovaná emise (znázorněno v příloze na obrázku č. 3 - (c)). V tomto případě je atom v excitovaném stavu. Foton o energii hf stimuluje atom, aby přešel do svého původního stavu.¹⁵

¹⁵ HALLIDAY, David. *Fyzika: Vysokoškolská učebnice obecné fyziky*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2000, 1198 s. ISBN 80-214-1869-9.

4 ZÁKLADNÍ ZPŮSOBY, KTERÝMI LZE MĚŘIT RYCHLOST VOZIDEL NA POZEMNÍCH KOMUNIKACÍCH

Nejvíce používané způsoby, jak lze měřit rychlost vozidel na pozemních komunikacích, jsou popsány právě v této kapitole. Měření rychlosti vozidel můžeme obecně dělit na dva základní způsoby, prvním je měření okamžité rychlosti v konkrétním daném místě komunikace, nebo měření průměrné rychlosti na určitém úseku komunikace, který je předem určen. Pomocí radarových přístrojů, které fungují za využití Dopplerova jevu, nebo prostřednictvím laserových zařízení pro měření rychlosti vozidel, se zjišťuje okamžitá rychlost vozidel. Průměrnou rychlost vozidel měříme v České republice zejména prostřednictvím kamerových systémů.

4.1 Radarové rychloměry

Radar (Radio Detection and Ranging) je nejpoužívanějším a nejrozšířenějším zařízením, pomocí kterého měří rychlost vozidel na pozemní komunikaci policie České republiky. Měření rychlost u těchto zařízení funguje na základě Dopplerova jevu u elektromagnetických vln v GHz pásmu.¹⁶ Dopravní radary fungují za využití mikrovln, které se nachází v elektromagnetickém spektru na úrovni rádiových vln a infračervených záření.

4.1.1 Princip činnosti

Svazek mikrovln jisté frekvence f vysílá radarová jednotka směrem k příjíždějícímu vozidlu. Vyšší frekvenci f' , která je úměrná rychlosti vozidla v pohybu vůči radarové jednotce mají mikrovlny, které jsou odražené zpět od kovových součástí vozidla. Radar zaregistruje rozdíl mezi f a f' a následně jej převede na rychlost vozidla, která se pak zobrazí přímo na displeji. Pouze pokud se vůz pohybuje přímo k radaru

¹⁶ KOPECKÝ, Zdeněk, Kamil PAVLÍČEK a Jaroslav HOŘÍN. *Dopravně bezpečnostní činnost policie: (zvláštní část)*. 3., rozš. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky, 1998, 83 s. ISBN 80-859-8183-1.

nebo přímo od něj, je zobrazená rychlost správná. Pokud tomu tak není, je naměřená frekvence f' nižší a tím pádem je nižší i naměřená rychlost.¹⁷

Radary, kterými Policie České republiky měří rychlost vozidel na pozemních komunikacích, fungují na základě spojitého signálu (Continuous Wave – CW). Jinak řečeno, emituje radarový vysílač pomocí směrové antény ANT spojitý signál o frekvenci f , který se odráží od zaměřovaného objektu zpět do totožné přijímací antény ANT. Ve směšovači SM2 je posléze získán rozdílový signál o frekvenci $fD \pm f\theta$. Tento signál je poté zesilován v mezifrekvenčním zesilovači MFZ a detektorem D se získá Dopplerův kmitočet fD , pomocí kterého se určuje rychlost měřeného pohybujícího se cíle. Schéma CW radaru je znázorněno v příloze na obrázku č. 4.¹⁸

Touto metodou není možné změřit vzdálenost, jelikož v signálu nemůžeme stanovit fixní počáteční stav, proto je tento princip měření využíván pouze pro měření rychlosti. Existují také radarová zařízení s tzv. FMCW signálem (Frequency Modulated Continuous Wave) – frekvenčně modulovaný vysokofrekvenční signál. Jeho frekvence roste v časovém intervalu lineárně. Kmitočtově modulovaný vysílač vysílá signál k měřenému objektu prostřednictvím směrové antény. Tento signál následně dorazí k cíli, kde se odrazí a poté se vrací zpět do antény. Signál se opoždí o dobu, která je potřebná k průchodu vlnění po dráze od antény k objektu, který je měřený a zpět a poté je porovnáván ve směšovači se signálem momentálně vysílaným. Ve chvíli příchodu odraženého signálu disponuje vysílaný signál vyšší frekvencí. Schéma FMCW radaru je znázorněno v příloze na obrázku č. 5.

„Pro přístroje, které pracují v mikrovlnném pásmu, se vymezují tyto rozsahy:

- *X - pásmo 10.525 GHz +/- 50MHz*
- *K - pásmo 24.150 GHz +/- 100 MHz*
- *Ku – pásmo 13.450 GHz +/- 100 MHz*
- *Ka Narrow – pásmo 34.0 GHz a 34.3 GHz*
- *Ka Wide – pásmo 34.7 GHz +/- 1300 MHz* ¹⁹

¹⁷ HALLIDAY, David. *Fyzika: Vysokoškolská učebnice obecné fyziky*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2000, 1198 s. ISBN 80-214-1869-9.

¹⁸ *Rozvoj moderních dopravních inteligentních systémů – Modul č. 1* [online]. 2010 [cit. 2015-01-02]. Dostupné z: <http://romodis.cz/modules.php>

¹⁹ *Měření rychlosti vozidel*. [online]. 2014 [cit. 2015-01-20] http://k622.fd.cvut.cz/downloads/bp_silovska_2014.pdf

V Evropě je pásmo X vyhrazeným pásmem pro vojenské technologie, proto nemohou být na území EU zařízení, která pracují na uvedených frekvencích, využita k měření rychlostí vozidel na silnicích. Policie nejčastěji využívá pásma K a Ka.²⁰

4.1.2 Použití v dopravě

Mikrovlnné měřiče se vzhledem k použité technologii často omezují pouze na sledování jednoho jízdního pruhu, nejčastěji proti pohybu dopravního proudu, tzn., že jsou umístovány nad jízdními pruhy nebo vedle nich.

Kromě rychlosti vozidel, které umí mikrovlnné radary zaznamenat, dokážou také poskytnout informace o zatížitelnosti dopravy, klasifikovat vozidla podle délky a obsazenost jednotlivých jízdních pruhů.

Měření radarovým zařízením má ale také jistá určitá úskalí, zejména zvolit takové prostředí, které nebude měření ovlivňovat. Je bezpodmínečně nutné, aby v prostoru paprsku, který radar vyzařuje, nebyly zachyceny žádné předměty či osoby, které by narušily výsledek měření, jako například sloupy pouličního osvětlení, křoví apod. Přístroj užívající K-pásmo má zorné pole okolo 65 stupňů a zařízení, která pracují s Ka - pásmem, mají zorný úhel okolo 40 stupňů. Na radarovém zařízení bývá obvykle kamera k prokázání viníka. Nastavení kamery je takové, že při zaznamenání překročení rychlosti, která je předem nastavena, kamera automaticky sepne a vytvoří záznam o přestupku projíždějícího vozidla.

4.1.3 Reflexe

K tzv. lomovému odrazu neboli reflexi paprsku, dojde tehdy, když se mikrovlnné záření odráží od kovových ploch. Jak už bylo dříve řečeno, pro správnost měření je rozhodující výběr stanoviště. Příkladem jsou přístroje firmy Ramet, pro které platí, že se nesmí v anténním svazku $\pm 10^\circ$ od osy antény nacházet žádné překážky, které by zasahovaly do anténní charakteristiky radarové hlavy a zapříčinily vysílanému signálu rušivé reflexe. Rušivou reflexí máme na mysli zejména porosty, v nejhorším případě mokré, nebo další rušiče, které jsou z kovu. Měřený úsek by měl být v délce a směru přímý. Úměrně k délce a směru měření musí být zvolen i boční odstup měřiče od

²⁰ *Rozvoj moderních dopravních inteligentních systémů – Modul č. 1* [online]. 2010 [cit. 2015-01-02]. Dostupné z: <http://romodis.cz/moduly.php>

středu jízdního pruhu, který je měřen. Reflexi můžeme rozdělit na jednoduchou, dvojitou a vícenásobnou.²¹

Reflexe vyskytující se na plochách, které jsou rovnoběžně s jízdní dráhou, se označují jako jednoduchá reflexe. Tento jev nastane například od zaparkovaných vozidel či autobusů nebo svodidel. Schéma jednoduché reflexe je znázorněno v příloze na obrázku č. 6.

Z obrázku je patrné, že radarový paprsek dopadl na jiný automobil jedoucí stejným směrem, protože je odražen zpátky do jízdní dráhy. Tento zlom záření zjistíme tak, že na důkazovém materiálu není žádný automobil, nebo je snímek vozidla deformovaný.

Je také možné, že se reflexní potencionální a stabilní plocha, např. dopravní značení, vyobrazí na důkazovém materiálu a je k dopravnímu značení přiřazena rychlost. Příčinou je vozidlo jedoucí v protisměru a rychlost tohoto vozidla je zaznamenána na důkazním snímku. Schéma jednoduché reflexe – lom paprsku od stacionární reflexní plochy je znázorněno v příloze na obrázku č. 7.

Dvojitá reflexe (schéma dvojité reflexe je znázorněno v příloze na obrázku č. 8) může nastat, pokud je radarový signál odrážen od reflexní plochy zaměřovaného vozu (vůz 1) na čelní reflexní plochu vozu jedoucího v opačném směru (vůz 2). Od čelní plochy vozu 2 se odražený paprsek vrací zpátky k prvnímu vozu a poté k měřicímu přístroji. Pokud tato situace vznikne, dochází ke sčítání rychlosti vozu 2 a dvojité rychlosti vozu 1. Dvojitou reflexi můžeme tedy snadno poznat, pokud na displej přístroje vidíme neskutečně vysokou hodnotu naměřené rychlosti vozidla. Takhle reflexe je velmi málo pravděpodobná, jelikož proto, aby vznikla, musí být splněno více podmínek.

Tzv. reflexe na trojitém zrcadle může být třetí druh reflexe. Tenhle jev spočívá v odrazení od kolmých odrazových ploch, které stojí za sebou, značící se jako koutový odražeč. (Schéma trojitého koutového odražeče je znázorněno v příloze na obrázku č. 9). Trojitá zrcadla se vyskytují na ocelových konstrukcích, jako jsou mosty, kovová lešení, apod.

Aby mohlo dojít k takovému typu reflexe, musí se vyslaný paprsek odrazit od měřeného vozidla ve směru k trojitému reflektoru (koutovému odražeči) a zpět. Trojitou

²¹ RAMER10 NÁVOD K OBSLUZE R311 063X CZ, RAMET a.s. KUNOVICE, vydáno 2013-04-02

reflexi můžeme zjistit tak, že naměřená rychlost je většinou dvojnásobná oproti reálné rychlosti měřeného vozidla. Pro vznik této reflexe je opět nutné splnit více podmínek, a proto je velmi málo pravděpodobná, tak jako je to u dvojité reflexe. Vhodným výběrem stanoviště pro měření se dá snadno vyvarovat reflexe v trojitém zrcadle.²²

4.2 Laserové měřiče rychlosti

Laserové měřiče rychlosti vozidel fungují za využití laserových vln. Paprsek laseru je řazen podle limitů jako bezpečnost pro oči (třída bezpečnosti 1 dle EN 60825), tím pádem by za běžných podmínek neměl být přímý pohled do paprsku laseru pro oči nebezpečný. Tyto měřiče obvykle bývají ve tvaru pistole, a proto jsou nazývány „laserové pistole“ nebo LIDARy z anglického výrazu Light Detection and Ranging.

4.2.1 Princip činnosti

Laserový měřič funguje na stejném principu jako laserový dálkoměr, v krátkém časovém úseku naměří vzdálenost od jedoucího vozidla a jeho rychlost počítá ze změny vzdálenosti v čase.²³ Laserová pistole se namíří na zaměřený vůz, zaměření je možné na jakékoli části karoserie a laser následně vysílá infračervené impulsy, jejichž vlnová délka je 904 nm. Tyhle impulsy se následně vrací zpět od povrchu vozidla do přístroje měření. Pomocí časového zpoždění signálu vyhodnotí řídicí jednotka vzdálení vozu a následně dokáže vypočítat jeho okamžitou rychlost. Tahle metoda nezabere více jak 1 sekundu, odečtení rychlosti je velice rychlé. V současnosti jsou policií nejvíce využívané laserové měřiče od firem Lavet, s.r.o., která sídlí v Praze a Laser Technology, Inc., která sídlí v Colorado, USA. Princip laserového měření je zobrazeno v příloze na obrázku č. 10.

4.2.2 Použití v dopravě

Laserové snímače lze používat mimo měření rychlosti vozidel i k jiným účelům, jako např. řízení signalizace, měření intenzity, obsazenost, klasifikace vozidel a k

²² RAMER10 NÁVOD K OBSLUZE R311 063X CZ, RAMET a.s. KUNOVICE, vydáno 2013-04-02

²³ *Opatření obecné povahy číslo: 0111-OOP-C005-09* [online]. 2010 [cit. 2015-01-03]. Dostupné z: <http://www.cmi.cz/index.php?lang=1&wdc=1663>

měření jejich odstupů. Tyto snímače jsou dále využívány v oblasti systému kontroly elektronického mýta.²⁴

Dosah měření se nejčastěji pohybuje mezi 50 a 400 m, ale může být i vyšší při výkonnějším laseru. Součástí měření obvykle bývá záznam vozidla digitální kamerou. Přístroje není dobré používat na moc velkou vzdálenost kvůli kvalitě obrazového materiálu.²⁵

Zařízení dokáže naměřit rychlost vozidla, které přijíždí, ale také které odjíždí od stanoviště, nejčastěji jsou ale měřena přijíždějící vozidla. Úhel měření vozidla by měl být co nejmenší, vzhledem k ose jízdní dráhy vozidla. Lépe změřitelné je vozidlo světlé barvy, než vozidlo tmavé.²⁶ Přístroje, které měří rychlost vozidla pomocí laseru, detekují i vozidla, která jedou v koloně, vysílají totiž velice úzký paprsek – ve 100 metrové vzdálenosti je jeho průměr menší než 30 cm.²⁷

Měření je soustředěno vždy jen na jeden jízdní pruh, jelikož je nutné nejprve vozidlo zaměřit hledáčkem a to nějakou chvíli zabere. K tomu je potřeba po celou dobu zaměřování mít směrem k vozidlu volný průhled, tím pádem se vylučuje měřit vozidla ve vzdáleném jízdním pruhu s vyšší intenzitou. Pomocí hledáčku je nejčastěji zaměřována registrační značka vozidla. Následně už jde velmi rychle změřit rozdíl vzdálenosti v čase a vypočítat rychlost vozidla.

Měření laserovými přístroji má určitá omezení. Hlavní problém představuje špatné počasí. Za deště, sněhu či mlhy, je měření komplikované, jelikož vzniká lom paprsku od kapek vody, když se odrazí. V mnoha případech je měření v takovémto počasí nemožné.²⁸

4.3 Policejní měřiče rychlosti

Policií jsou k měření rychlosti vozidel využívány radary vyráběné českou firmou RAMET a.s. Tyhle zařízení jsou určena zejména pro měření a pro následnou

²⁴ *Rozvoj moderních dopravních inteligentních systémů – Modul č. 1* [online]. 2010 [cit. 2015-01-03]. Dostupné z: <http://romodis.cz/moduly.php>

²⁵ *Praktické informace o měření rychlosti* [online]. [cit. 2015-01-03]. Dostupné z: <http://www.antiradary.eu/cz/mereni-rychlosti/>

²⁶ *Jak se v ČR měří?* [online]. 2014 [cit. 2015-01-03] <http://www.antiradary.net/mereni-rychlosti-v-cr-ramer/>

²⁷ *LIDAR – ProLASER III* [online]. [cit. 2015-01-03]. Dostupné z: <http://www.lavet.cz/prolaser/prolaser.php>

²⁸ *Praktické informace o měření rychlosti* [online]. [cit. 2015-01-03]. Dostupné z: <http://www.antiradary.eu/cz/mereni-rychlosti/>

dokumentaci znázorňující překročení nejvyšší povolené rychlosti u vozidel, vyžaduje digitální obrazovou dokumentaci, která je automaticky pořízena při překročení povolené rychlosti. Tato fotografie se ukládá na pevný disk měřiče spolu se změřenými údaji, kterými je rychlost vozidla, směr jízdy a údaje o datu a čase. V současnosti je v provozu přibližně 400 kusů a z 80% se jedná právě o tento typ radaru. Nejčastěji používané jsou radary řady AD9 a Ramer7M, nověji Ramer10.

Do policejních vozidel jsou nejčastěji zabudované radary tohoto typu. Do přední masky vozidla je zasazena radarová hlava a před sedadlem spolujezdce je zasazen počítač s LCD displejem a řídicí panel. Ve skříních podél silnic jsou umístěny stacionární radary.

Paprsky vysílané radarem jsou v Ka-pásmu o frekvenci 34,0 GHz nebo 34,3 GHz a používají úhly hlavních os antén k osám drah vozidel 22°. Zařízení dokáže vyhodnotit, jestli přijatý signál pochází od vozu, které projelo úsekem měření, také je schopné určovat směr jízdy tohoto konkrétního vozidla, vypočítá výši rychlosti jízdy a upřesní nejvhodnější chvíli pro instalaci digitální kamery.

4.3.1 Ramer 10

Radarová hlava (znázorněna v příloze na obrázku č. 11), kterou tvoří mikrovlnný vysílač, přijímač a anténa, funguje tak, že vyšle signál mikrovlnného záření o jisté frekvenci a přijme signál odražený od měřeného vozu. Tenhle signál se od původní frekvence liší o hodnotu Dopplerova posunu. Když zařízení přijme odražený signál, zesílí se a převede se do měřicí jednotky, která je umístěna v řídicím počítači. Informaci o rychlosti měřeného vozidla obsahuje frekvence přijatého signálu.

Činnost měřicí jednotky má čtyři fáze:

1. Start měření

Jednotka měření zjistí, že se do snímaného svazku radarové hlavy dostalo vozidlo, spustí zahájení měření a následně vyhodnotí rychlost a směr jízdy. V následujících krocích dojde k blokování měření signálu od vozů, jedoucích v opačném směru.

2. Měření rychlosti

Jednotka měření v posloupnosti změřených hodnot vyhledá takový úsek, který má největší přesnost ze všech hodnot. Jakmile získá potřebný počet těchto měření, vypočte průměrnou hodnotu frekvence signálu v daném úseku a poté se určuje rychlost zaměřeného vozu.

3. Ověření výsledku měření

Po změření rychlosti kontroluje měřící jednotka další průběh signálu. Jestliže v průběhu projíždění zaměřovaného vozidla úsekem konkrétní délky není hodnota frekvence odlišná od průměrné hodnoty o více, než je stanovená chyba měření, může být měření považováno za správné. V odlišném případě dojde k anulování měření.

4. Ukončení měření

Je-li úspěšně ověřeno, hledá se konec vozidla a posléze se měření ukončí.

Měřící jednotka kromě těchto čtyř kroků může navíc stanovit nejvhodnější chvíli pro expozici digitální kamery tak, aby v pořízeném snímku byl zobrazený příjezdějící nebo odjíždějící měřený vůz podle zvoleného měření.

V závislosti na směru zaměřovaného vozu vzhledem k měřící jednotce se měření liší. Měříme-li vůz, který projíždí, a jeho rychlost se nachází nad stanoveným limitem, dojde ke snímání okamžitě, jakmile vjede do anténního paprsku. K sejmutí tudíž dochází ještě před tím, než dojde k ověření výsledků a fotodokumentace je pouze připravena k uložení. Až když dojde k úspěšnému ověření výsledků měření (tzv. verifikaci), ukládá se do paměti zařízení. Pokud nedojde k úspěšnému ověření měření, snímek se automaticky smaže a měření se zruší. Měří-li se odjíždějící vozidlo, dojde ke snímání až ve chvíli, kdy je celé měření ukončeno a je zjištěný konec vozu. Nejsou-li výsledky měření ověřené, měření se ukončí ještě před samotným spuštěním kamery.

Podle časového průběhu signálu, který byl odražený, je možné určit délku vozu podle toho, jak dlouho trvá signál a tím stanovit, jestli jde o osobní či nákladní vozidlo.²⁹

²⁹ RAMER10 NÁVOD K OBSLUZE R311 063X CZ, RAMET a.s. KUNOVICE, vydáno 2013-04-02

„Technické parametry radaru Ramer10:

<i>Vysílací kmitočet</i>	<i>34,3 GHz nebo 34,0 GHz</i>
<i>Vysílací výkon</i>	<i>2 ± 1 mW</i>
<i>Šířka svazku antény</i>	<i>5°</i>
<i>Odklon elektrické a mechanické osy</i>	<i>max 0,5°</i>
<i>Odklon osy svazku antény od směru jízdy měřených vozidel</i>	<i>22°</i>
<i>Způsob měření podle typu s radarem</i>	<i>z místa i za jízdy; oba směry</i>
<i>zástavby bez radaru</i>	<i>pouze za jízdy</i>
<i>Maximální vzdálenost měřeného objektu</i>	<i>60 m (4 jízdní pruhy)</i>
<i>Rozlišitelnost měřené rychlosti</i>	<i>1 km/h</i>
<i>Rozsah zaručované přesnosti měření rychlosti</i>	<i>20 km/h až 250 km/h</i>
<i>Maximální povolená chyba měřená</i>	<i>do 100 km/h ± 3 km/h</i> <i>nad 100 km/h ± 3%</i>
<i>Odklon optické osy digitální kamery od směru jízdy měřených vozidel</i>	<i>19°</i>

Provozní odolnost přístroje

Přístroj je odolný proti mechanickým rázům, které jsou zapříčiněny pádem z výšky 50 mm. Konstrukce odolává vlivu sinusových vibrací v rozmezí od 10 Hz do 150 Hz při zrychlení 20 ms⁻². Pracovní teplota přístroje s radarem je - 10°C až +60°C a přístroje bez radaru -20°C až +60°C. “³⁰

Radar je znázorněn v příloze na obrázku č. 12.

4.3.2 LTI 20 - 20 UltraLyte Micro Digi - Cam

Laserový rychloměr UltraLyte Micro Digi-Cam uceluje v jeden přístroj laserový měřič, digitální kameru a elektronickou sběrnici dat. Tenhle tzv. fotografický radar spolu s rychlostí vozu a jeho fotografiemi zaznamená také čas, datum, měřené místo, vzdálenost vozu, směr jízdy a popřípadě rušení zařízení z řidičovy strany.³¹

³⁰ *Měření rychlosti vozidel.* [online]. 2014 [cit. 2015-01-03]
http://k622.fd.cvut.cz/downloads/bp_silovska_2014.pdf

³¹ *Micro Digi-Cam* [online]. 2003 [cit. 2015-01-04]. Dostupné z: <http://www.lasertech.com/Micro-Digi-Cam.aspx?s=1>

Policie v České republice začala tento typ laserových měřičů nejvíce používat v roce 2008, kdy jich pořídila přibližně 100 kusů. Maximální dosah laseru je 1 kilometr a záznamové zařízení dokáže vyhotovit fotodokumentaci na maximální vzdálenost přibližně 200 metrů. Tyto lasery jsou schopné měřit i v noci, protože obsahují infračervené přisvícení, které je součástí volitelné výbavy. Přístroj měří jak přijíždějící, tak odjíždějící vozidla.³²

Laserový měřič LTI 20-20 UltraLyte Micro Digi-Cam je znázorněn v příloze na obrázku č. 13

„Technické parametry měřiče LTI 20-20 UltraLyte:

<i>Rozsah měření rychlosti</i>	<i>1 km/h až 320 km/h</i>
<i>Dosah (záznamové zařízení)</i>	<i>50 - 200 m, optimálně 80 - 150 m</i>
<i>Dosah (laser)</i>	<i>15 - 1000 m</i>
<i>Přesnost měření</i>	<i>± 2 km/h</i>
<i>Hmotnost měřidla</i>	<i>2 300 g</i>
<i>Doba měření</i>	<i>0,3 s</i>
<i>Způsob měření</i>	<i>z místa</i>
<i>Vlnová délka laseru</i>	<i>904 nm ± 10nm</i>
<i>Opakovací kmitočet laserových impulsů</i>	<i>125 Hz³³</i>

4.3.3 ProLaser III - Lavet

Laserový měřič ProLaser III vyrábí česká firma Lavet, s.r.o. a policií je využíváno pro měření rychlosti vozidel přes 100 kusů těchto přístrojů. Zařízení ProLaser III zjišťuje momentální rychlost vozu a posílá tato data dál dokumentačnímu zařízení PL-DOK I, které je následně vyhodnocuje a porovnává s nastavenými limity. Je-li přednastavený rychlostní limit překročený, automaticky se zadokumentuje, vytvoří digitální snímek a titulek, v závěru se jedná o jediný soubor. Závěrečný snímek obsahuje všechny údaje o měření a měřeném vozidle.

³² *Jak se v ČR měří?* [online]. 2014 [cit. 2015-01-04] <http://www.antiradary.net/mereni-rychlosti-v-cr-ramer/>

³³ *Měření rychlosti vozidel.* [online]. 2014 [cit. 2015-01-04] http://k622.fd.cvut.cz/downloads/bp_silovska_2014.pdf

Zařízení ProLaser III dokáže vypočítat momentální rychlost vozu v době 0,5 - 2 sekundy, když zvukový signál oznámí správné měření, rychlost a vzdálenost vozu se vzápětí zobrazí na displeji.³⁴

„Technické parametry měřiče ProLaser III:

<i>Rozsah měření rychlosti</i>	<i>5 km/h až 250 km/h</i>
<i>Maximální vzdálenost měřeného objektu</i>	<i>250 m (pro čitelnost SPZ)</i>
<i>Přesnost měření</i>	<i>lepší než ± 3 km/h</i>
<i>Hmotnost měřidla</i>	<i>3 160 g</i>
<i>Způsob měření</i>	<i>z místa</i>
<i>Vlnová délka laseru</i>	<i>904 nm \pm 10 nm</i>
<i>Rozlišitelnost měřené rychlosti</i>	<i>1 km/h</i>
<i>Opakovací kmitočet laserových impulsů</i>	<i>200 Hz</i>
<i>Maximální povolená chyba měření</i>	<i>do 100 km/h \pm 3 km/h nad 100 km/h \pm 3%</i>
<i>Velikost stopy laserového svazku</i>	<i>Kruhová stopa o průměru 0,3 m do vzdálenosti 100 m</i>

*Přístroj je schopný pracovat při teplotách -10°C až 50°C.*³⁵

Přístroj ProLaser III - Lavet je znázorněn v příloze na obrázku č. 14.

4.3.4 Riegl FG 21 - P

Tenhle kompaktní laserový rychloměr je velmi odolný a chrání ho tenká vrstva gumy, tím pádem je možné používat ho i za špatného počasí. Lidar Riegl je primárně určený pro používání bez stativu, jen v ruce. Zařízení vyvinula v roce 1998 rakouská společnost Riegl Laser Measurement Systems GmbH, který má sídlo v Hornu, v Rakousku. Je to velice pokročilý a moderní přístroj, který přesně měří vzdálenost vozu a jeho momentální rychlost.³⁶

³⁴ LIDAR – ProLASER III [online]. [cit. 2015-01-30]. Dostupné z:

<http://www.lavet.cz/prolaser/prolaser.php>

³⁵ Měření rychlosti vozidel. [online]. 2014 [cit. 2015-01-04]

http://k622.fd.cvut.cz/downloads/bp_silovska_2014.pdf

³⁶ Dopravně inženýrská laboratoř Ústavu dopravních systémů [online]. [cit. 2015-01-03]. Dostupné z:
<http://k612.fd.cvut.cz/?kap=vyzkum&pkap=laboratords>

„Technické parametry měřiče Riegl FG21-P:

<i>Rozsah měření rychlosti</i>	<i>1 km/h až 250 km/h</i>
<i>Dosah (laser)</i>	<i>30 - 1000 m</i>
<i>Hmotnost měřidla</i>	<i>1 850 g</i>
<i>Doba měření</i>	<i>0,5 s</i>
<i>Způsob měření</i>	<i>z místa</i>
<i>Vlnová délka laseru</i>	<i>904 nm ± 10 nm</i>
<i>Přesnost měření vzdálenosti</i>	<i>± 10 cm</i>
<i>Maximální povolená chyba měření</i>	<i>do 100 km/h ± 3 km/h</i> <i>nad 100 km/h ± 3%“³⁷</i>

Přístroj Riegl FG 21 - P je znázorněn v příloze na obrázku č. 15.

4.3.5 Unicam LIDAR

UnicamLIDAR je laserový měřič rychlosti společnosti CAMEA, spol. s.r.o., který je určen měřit okamžitou rychlost pohybu motorových vozidel na určitém místě vozovky a účelem je pořídit záznam o přestupku. Lidar se při měření nejčastěji instaluje na trojnožku, tím je eliminován lidský faktor. V mnoha zemích je přímo nezákonné měřit tzv. „z ruky“, protože hrozí riziko, že výsledek bude ovlivněn pohybem ruky. Existuje ovšem také přenosné provedení pro tento rychloměr. Díky pokročilé technologii, je zde možnost on-line přenosu přestupků na vzdálenější pracoviště operátora.³⁸

„Technické parametry měřiče UnicamLIDAR:

<i>Rozsah měření rychlosti</i>	<i>10 km/h až 500 km/h</i>
<i>Rozsah měření vzdálenosti</i>	<i>10 m až 1500 m</i>

³⁷ *Měření rychlosti vozidel.* [online]. 2014 [cit. 2015-01-04]
http://k622.fd.cvut.cz/downloads/bp_silovska_2014.pdf

³⁸ *Laserový rychloměr UnicamLIDAR* [online]. 2008 [cit. 2015-01-03]. Dostupné z:
<http://www.camea.cz/cz/dopravni-aplikace/dopravni-prestupky/lidar-1/>

Maximální povolená chyba měření

do 100 km/h \pm 3 km/h

nad 100 km/h \pm 3%“³⁹

Přístroj Unicom LIDAR je znázorněn v příloze na obrázku č. 16 a 17.

4.4 Úsekové měření rychlosti vozidel

U úsekového měření rychlosti se jedná o naprosto nový způsob řešení problematiky dodržování rychlosti na pozemních komunikacích. Úsekové měření je pasivní forma, jak měřit rychlost motorových vozidel. V tomto případě se neměří momentální rychlost v konkrétním bodě, jako u standardních radarů, ale měří se průměrná rychlost v předem označené části komunikace. Řidiči jsou při měření průměrné rychlosti donuceni udržovat maximální rychlost na daleko delším úseku než při měření okamžité rychlosti, kdy řidiči za měřeným úsekem opět zrychlují.⁴⁰

4.4.1 Princip činnosti

K úsekovému měření rychlosti jsou zapotřebí kamerové systémy, zaznamenávající vjíždění a vyjíždění vozidel ze zaměřeného úseku. Měřená oblast většinou bývá vymezena pruhy bílé barvy. Kamerový systém eviduje registrační značku vozidla a následně spočítá, jakou průměrnou rychlostí jedoucí vozidlo jelo, na základě doby, za jakou daný úsek projelo a známé vzdálenosti mezi vjezdem a výjezdem. Jinak řečeno systém kontroluje, jestli čas mezi vytvořením obou fotografií vozu nepřekračuje přednastavený rychlostní limit. U všech vozidel je poté zaregistrován snímek společně s registrační značkou, čas vjezdu a výjezdu z měřeného úseku včetně jeho rychlost.⁴¹

Kamerový systém bude nejlépe umístěn tak, aby snímal z pohledu v ose jízdní pruhy, dobrým umístěním může být sloup pro světelnou signalizaci, sloup pro veřejné osvětlení, popř. billboardy. Virtuální smyčky se softwarově definují na obrazu z kamery, jejich polohu a tvar je možné zvolit libovolně. Různé funkce, kterými jsou –

³⁹ *Měření rychlosti vozidel*. [online]. 2014 [cit. 2015-01-03]

http://k622.fd.cvut.cz/downloads/bp_silovska_2014.pdf

⁴⁰ *Měření úsekové rychlosti* [online]. 2008 [cit. 2015-01-03]. Dostupné z:

<http://www.camea.cz/cz/dopravni-aplikace/dopravni-prestupky/mereni-usekove-rychlosti/>

⁴¹ *Jak se v ČR měří?* [online]. 2014 [cit. 2015-01-03] <http://www.antiradary.net/mereni-rychlosti-v-cr-ramer/>

detektory rychlosti, přítomnost nebo obsazenost, lze přiřazovat jednotlivým smyčkám. U vozu, který projíždí, budou změněny hodnoty barev a jasu v oblasti, která je sledovaná, díky tomu bude identifikován.

Procesory pro záznam a zpracování obrazu se skládají typicky z jednoho nebo z více kamerových systémů, počítače pro vytvoření digitalizace a analýzy obrazu a softwaru pro vyhodnocování obrazového záznamu a jeho konverzi s dopravními daty. Rozbor černobílého obrazu se provede pomocí algoritmů, zkoumajících, jak kolísá úroveň šedé u konkrétních pixelů (obrazových bodů), ze kterých se skládá snímek obrazu.

Videodetekci je možné využít pro detekci každého vozidla. Systém vyhodnotí obsazenost těchto smyček a vygeneruje impuls obdobný, jako je impuls u běžné indukční smyčky. Na podobném principu jako videodetekce funguje také podsystém identifikace registračních značek vozů, jehož programová vybavenost je schopna z digitalizovaného obrazu poznávací značky, tohle číslo vyhodnotit. Použití kamerových systémů je využitelné na každém typu komunikace, je ovšem nutná pravidelná údržba.⁴² Systém měření úsekové rychlosti je znázorněn v příloze na obrázku č. 18.

4.4.2 Unicom VELOCITY

Systém UnicomVELOCITY patří mezi nejrozšířenější systém v České republice pro monitoring dopravy, vyvinutý společností Camea, spol. s.r.o. Od první instalace v roce 2003 systém prošel několika inovačními změnami, momentální vyřešení znázorňuje už třetí generaci, která zohledňuje nejen technologický pokrok, ale zejména zkušenosti policie a správních orgánů s jeho používáním. Systém pro čtení SPZ/RZ vozidel je také součástí tohoto kamerového systému (UnicomLPR). Funkcí UnicomLPR je detekce vozidla opatřeného RZ nebo SPZ v zorném poli kamerového systému a následné přečtení poznávací značky. Tyhle procesy jsou uskutečňovány ve skutečném čase a díky tomu je značka rozpoznána okamžitě po detekci vozidla, do 1 s. Systém je schopný rozpoznávat SPZ/RZ s velkou pravděpodobností.⁴³

⁴² *Rozvoj moderních dopravních inteligentních systémů – Modul č. 1* [online]. 2010 [cit. 2015-01-03]. Dostupné z: <http://romodis.cz/moduly.php>

⁴³ *Měření úsekové rychlosti* [online]. 2008 [cit. 2015-01-03]. Dostupné z: <http://www.camea.cz/cz/dopravni-aplikace/dopravni-prestupky/mereni-usekove-rychlosti/>

„Technické parametry měřiče UnicamVELOCITY:

<i>Rozsah měření rychlosti</i>	<i>1 km/h až 250 km/h</i>
<i>Minimální délka úseku</i>	<i>100 m</i>
<i>Maximální délka úseku</i>	<i>10 km</i>
<i>Maximální povolená chyba měření</i>	<i>do 100 km/h ± 3 km/h</i> <i>nad 100 km/h ± 3%“⁴⁴</i>

Zařízení, které vyhodnocuje úsekovou rychlost vozidel systémem UnicamVELOCITY je znázorněn v příloze na obrázku č. 19.

4.4.3 MUR - 07

Stacionární systém MUR-07 je zakládán na laserovém rozeznání vozidel, které projíždějí kontrolním stanovištěm umístěným na začátku a na konci monitorovaného úseku. Videosystém se aktivuje ihned po detekci vozidla, které zrovna projíždí a následovně rozpozná registrační značku vozidla. Rozmezí teplot, za kterých je schopen provozu, je od -20°C do 50°C a stupeň krytí je IP 65, což představuje odolnost před vniknutím prachu a ochranu před dešťovým počasím.⁴⁵ Stacionární systém MUR - 07 je znázorněn v příloze na obrázku č. 20.

„Technické parametry měřiče MUR-07:

<i>Rozsah měření rychlosti</i>	<i>10 km/h až 200 km/h</i>
<i>Minimální délka úseku</i>	<i>200 m</i>
<i>Maximální délka úseku</i>	<i>neomezena</i>
<i>Maximální povolená chyba měření</i>	<i>do 100 km/h ± 3 km/h</i> <i>nad 100 km/h ± 3%“⁴⁶</i>

⁴⁴ *Měření rychlosti vozidel.* [online]. 2014 [cit. 2015-01-03]

http://k622.fd.cvut.cz/downloads/bp_silovska_2014.pdf

⁴⁵ *MUR-07-Systém měření úsekové rychlosti* [online]. [cit. 2015-01-03]. Dostupné z:

<http://www.azd.cz/produkty/systemy-pro-silnicni-dopravu-1/>

⁴⁶ *Měření rychlosti vozidel.* [online]. 2014 [cit. 2015-01-03]

http://k622.fd.cvut.cz/downloads/bp_silovska_2014.pdf

4.4.4 PolCam PC 2006

Zařízení PolCam, název je zkratka slov „Police Camera“, je mobilní videosystém pro zaznamenávání a hlídání veškerých přestupků v silniční dopravě a také pro měření průměrných rychlostí na základě vzdálenosti a měření času.

Se zařízením PolCam je možné zaznamenat jakékoliv přestupky ve vysoké kvalitě, např. jízdu na červenou, nepovolené předjíždění, nedání znamení o změně směru jízdy, držení hovorového nebo záznamového zařízení za jízdy, rychlost apod., po celou dobu činnosti. Systém PolCam je možné nainstalovat na libovolný automobil či motocykl.

Toto zařízení umožňuje vyčerpávající doložení celého procesu měření, a to buď videozáznamem, nebo ve vytištěné podobě na jednotlivých snímcích. Na obrazovce jsou vyobrazeny hodnoty, jako měřený úsek silnice se zaznamenanou rychlostí měřených rychlostí, změřený čas a jiné údaje (např. datum a čas, vlastní rychlost vozidla, počítadlo snímků, přiblížení či oddálení kamery, souřadnice GPS atd.) spolu se zbylým okolím v silničním provozu. Veškeré hodnoty jsou uloženy v paměti zařízení a zapsány k jednotlivým snímkům.

Zařízení PolCam pracuje s výpočty průměrné rychlosti, to znamená, základem je přesné měření určité projeté dráhy za určitý čas.

Zařízení Polcam se skládá z více částí. Hlavním komponentem je centrální jednotka a dálkový ovladač, který se nachází v interiéru vozidla co nejbližší k sedadlu spolujezdce. Na motocyklu je ovladač rozvržen dle možností řidiček. Dále systém zahrnuje dvě kamery (přední a zadní), zobrazovací monitor, GPS přijímač, záznamové zařízení a další doplňkové příslušenství.

Pro řešení a zpracování přestupků slouží jako výstup videosekvence nebo tisk dvou snímků, tj. jeden z okamžiku zahájení měření a druhý v okamžiku ukončení měření. První snímek dokazuje začátek měření konkrétního vozidla. Druhý snímek zachycuje veškeré naměřené hodnoty a identifikaci ukončení měření konkrétního vozidla. Měřené vozidlo musí být na druhém snímku vyobrazeno ve stejné nebo menší velikosti při nezměněném ZOOMu objektivu. To znamená, že měřené vozidlo a policejní vozidlo mají v době měření mezi sebou konstantní vzdálenost nebo se musí od

policejního vozidla vzdalovat. Rychlost vozidla se zaznamená po ujetí vzdálenosti 100 metrů. Hodnota 100 metrů je doporučena pro měření rychlosti vozidel do 100km/hod. Při měření v místech s velkou rychlostí je vhodné nastavit delší úsek měření, aby se zvýšila délka záznamu a tím i přesnost měření. Velkou výhodou tohoto zařízení je, že nevysílá žádný laserový paprsek v době měření. Zařízení PolCam snímá rychlost pouze z policejního vozidla, tím pádem žádný antiradar nedokáže rozeznat měření tímto zařízením.⁴⁷

Zařízení PolCam je znázorněno v příloze na obrázku č. 21.

⁴⁷ *Vlastní zdroj*

5 DALŠÍ ZPŮSOBY, JAK LZE MĚŘIT RYCHLOST VOZIDEL

V předchozí kapitole jsou uvedeny základní způsoby, kterými je možné měřit rychlost motorových vozidel na pozemních komunikacích. Samozřejmě existují i další způsoby, které je nutné zmínit, a právě tyto jsou zmíněny v této kapitole. Zejména se jedná o měření rychlosti pomocí indukčních smyček, které nepracují sami o sobě, tím pádem požadují dohled kamery pro ztotožnění vozů, také o měření za pomoci světelných závor či širokoúhlých infračervených paprsků. V téhle kapitole jsou zařazeny také informační panely měřící rychlost vozidel na pozemních komunikacích a policejní vozidla, která policie využívá k měření rychlosti za jízdy.

5.1 Indukční smyčky

Smyčkový měřič rychlosti - jedná se o přístroj, který měří rychlosti vozidel prostřednictvím čidel, která jsou umístěna ve vozovce. Toto zařízení funguje na principu změny elektromagnetické indukce průjezdem vozidla nad indukčními smyčkami, které se zařezávají pod povrch vozovky.⁴⁸ Funkce indukčních smyček je znázorněna v příloze na obrázku č. 22.

Indukční detektory jsou složeny z indukčních smyček, vlastních detektorů a analytických jednotek. Kabelový vodič, který vytváří indukční smyčku, se nachází v hloubce cca 30-120 mm ve vozovce. Pokud vozidlo projede oblastí, kde je umístěna smyčka, dojde k rozladění elektromagnetického pole smyčky. Tuto změnu vyvolají vířivé proudy vodivých částí vozidla. To způsobí vzrůst ztrátového odporu cívky.⁴⁹

Rozladění elektromagnetického pole je znázorněné v příloze na obrázku č. 23.

Indukční smyčky nejsou použitelné pouze pro měření rychlosti, ale také pro měření intenzity, délky vozidel, pro určení obsazenosti pruhů, atd. Pokud je tento

⁴⁸ *Měření rychlosti pomocí indukčních smyček* [online]. 2012 [cit. 2015-01-04]. Dostupné z: <http://www.camea.cz/cz/dopravni-aplikace/dopravni-prestupky/indukcni-smycky-2/>

⁴⁹ Čech, Bedřich. *Vybrané technické prostředky využívané v bezpečnostní praxi*. 1. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky, 1999. 161 s. ISBN 80-7251-002-9.

systém spojen se zařízením, kterým může být například kamerový systém, je následně možné rozeznat jednotlivá vozidla a postihnout konkrétní překročení rychlosti.⁵⁰

Nutný zásah do vozovky, který vyžaduje instalace indukčních smyček, je jasnou nevýhodou tohoto zařízení – jedná se o intrusivní systém. Použití systému indukčních smyček má jistá omezení použití, zejména v oblasti kolejí nebo železobetonových konstrukcí a proto je nutné kvalitní provedení smyčky i vozovky, aby další neodkladné zásahy do vozovky nenarušily činnost indukčních smyček. Takováto detekce vozidel je na druhou stranu finančně nenáročná a je velmi přesná a spolehlivá, za jakýchkoliv povětrnostních podmínek.⁵¹

5.2 Širokoúhlý infračervený paprsek

Přístroje, využívající širokoúhlý infračervený paprsek, mohou být drženy v ruce nebo mohou být umístěny na trojnožce. Pro dokumentaci měření jsou v obou případech spojeny s videorekordérem. Přístroj vyšle pulz infračerveného světla a následně dokáže měřit časový interval mezi emisí pulzu a přijetím jeho odrazu od cíle. Bude-li se vozidlo blížit k přístroji, časové intervaly se budou příslušně zkracovat a poté lze vypočítat rychlost. Tyto přístroje pracují na rozdíl od konvenčních laserových systémů s širokoúhlým (3x3) infračerveným paprskem, který je schopný celkově osvětlit zaměřované vozidlo.

Zařízení jsou naprogramována tak, aby vozidla, která se nenachází v naprogramovaném vzdálenostním rozsahu, měření ignorovala, stejně jako ta vozidla, která se vzdalují od přístroje. Přístroj tedy dokáže měřit pouze ve stacionárním modu a pouze vozidla, která se k němu přibližují. Měření probíhá na deseti metrovém úseku ve vzdálenosti 50 až 40 metrů. Obsluha nemusí díky širokoúhlému infračervenému paprsku zaměřovat cíl maximálně přesně, jak je nutností u klasických laserových pistolí, a ani slabým chvěním a třesením nedojde k chybnému měření. Příkladem přístroje, který měří rychlost vozidel touto technologií, je Leivtec XV2 vyráběný firmou Leivtec Verkehrstechnik GmbH znázorněný v příloze na obrázku č. 24.⁵²

⁵⁰ *Měření rychlosti pomocí indukčních smyček* [online]. 2012 [cit. 2015-01-04]. Dostupné z: <http://www.camea.cz/cz/dopravni-aplikace/dopravni-prestupky/indukcni-smycky-2/>

⁵¹ *Rozvoj moderních dopravních inteligentních systémů – Modul č. 1* [online]. 2010 [cit. 2015-01-04]. Dostupné z: <http://romodis.cz/module.php>

⁵² *Tureček, Jaroslav. Policejní technika*. 1. vyd. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2008. 316 s. ISBN 978-80-7380-119-9

5.3 Světelná závora

Světelná závora vyšle úzký světelný paprsek napříč vozovkou – nejméně dva, většinou se z důvodu spolehlivosti měření vyšlou tři. Paprsky od sebe nebývají moc vzdálené, délka měřeného úseku bývá 1 m. Přístroj následně jednoduše spočítá rychlost vozidla na pozemní komunikaci z rozdílů časů protnutí drah každým paprskem a ze známé, neměnné vzdálenosti těchto paprsků. Při třech paprscích je měřené vozidlo hned čtyřikrát změřeno. Světelné závory se synchronizují s kamerami, které zaznamenávají snímky vozidla, které přísluší danému měření. Měřicí možnosti jsou u světelné závory oproti radaru či laseru omezené. Ve srovnání s laserem, je zde výhodou možnost kvalitní obrazové dokumentace. Všechny rušičky jsou v této chvíli neúčinné.⁵³

5.4 Informační panely měřící rychlost vozidel

Informační panely zobrazující momentální rychlost vozidel, jsou využívány pouze pro preventivní účely. Cílem těchto panelů je pouze informovat řidiče o jeho aktuální rychlosti. Přesto některé z nich mohou mít imitace kamery, ale ani ty nemají žádné záznamové zařízení, které by bylo schopné dokumentovat přestupky.

Informační panely fungují v mikrovlnných pásmech K a Ka na podobném principu jako radarové měřiče typu Ramer. Nejčastěji jsou umístěny na vjezdech do obcí a většina řidičů se po spatření panelu snaží svou rychlost omezit tak, aby zobrazil rychlost menší než 50 km/h, což je maximální povolená rychlost vozidel v obcích. V naší republice jsou využívány zejména 2 typy těchto panelů: RAMER 8RS a panel IPR 10 vyrobené společností NWK TECHNOLOGY s.r.o.⁵⁴

Informační panel IPR 10 a RAMER 8RS jsou zobrazeny v příloze na obrázku č. 25.

⁵³ Tureček, Jaroslav. *Policejní technika*. 1. vyd. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2008. 316 s. ISBN 978-80-7380-119-9

⁵⁴ *Jak se v ČR měří?* [online]. 2014 [cit. 2015-01-04] <http://www.antiradary.net/mereni-rychlosti-v-cr-ramer/>

PRAKTICKÁ ČÁST

6 CÍLE A METODY MĚŘENÍ

6.1 Cíle měření

Cílem mé bakalářské práce a její praktické části je měření rychlosti vozidel v určitých lokalitách města Plzně a zjištění, zda se zde překračuje nejvyšší povolená rychlost, dále pokud je měření rychlosti i do budoucna účelné. Výsledkem jsou reálná data, získaná v reálném provozu a výsledky jsou zapsány v tabulkách.

6.2 Formulace hypotéz

Pro výzkum bylo formulováno 5 hypotéz:

H1 - Nejvyšší dovolenou rychlost překročí z většiny osobní motorová vozidla.

H2 - Nejvyšší naměřená rychlost bude naměřena na ulici Rokycanská.

H3 - Nejvíce přestupků bude naměřeno na ulici Domažlická.

H4 - V měřených úsecích nebude naměřena rychlost 90 km/h a vyšší.

H5 - Ve všech měřených úsecích má smysl dále měřit rychlost.

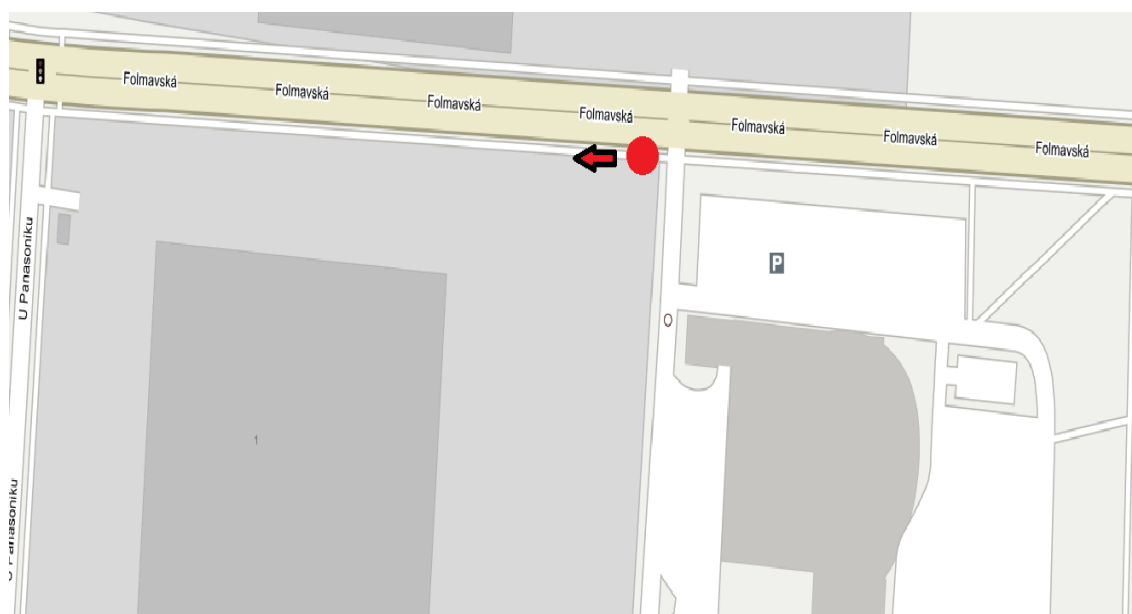
6.3 Praktické měření

Pro přiblížení výše popsaných zařízení bylo uskutečněné pokusné měření s radarovým přístrojem Laserový měřič LTI 20-20 UltraLyte Micro Digi-Cam, společnosti Laser Technology Inc., se sídlem v Colorado, Spojené státy americké. Jedná se o mobilní radar, který k měření rychlosti vozidel používá Policie České republiky, respektive Dopravní inspektorát Plzeň - město.

Laserový měřič LTI 20-20 UltraLyte Micro Digi-Cam měří okamžitou rychlost vozidel, tzn. aktuální rychlost vozidel v daném bodě. Zařízení vytvoří ke každému změřenému vozidlu fotografii s popisem data, času, místa měření, maximální povolené rychlosti a naměřené rychlosti.

První měření

Praktické měření probíhalo v sobotu, dne 3. 1. 2015 od 10:20 - 13:00 hodin na ulici Folmavská v Plzni, ve směru do centra města, mezi křižovatkami ulic U Panasonicu x Folmavská a výjezdem z parkoviště od OC Tesco. Jedná se o vozovku tvořenou dvěma jízdními pruhy pro každý směr jízdy. Důvodem měření v této lokalitě je časté překračování nejvyšší povolené rychlosti, protože jízdni pruhy jsou široké, vozovka má rovný povrch a jedná se o přímý úsek bez zatáček. Jde sice o průmyslovou část města, ale i zde jsou chodníky a pohybují se zde pracovníci z průmyslových hal. Dále se zde nacházejí výjezdy z areálů firem, obchodní centrum Tesco s velkým počtem návštěvníků a v neposlední řadě zastávky MHD. V době měření byla vozovka místy mokrá a výjezd vozidel z parkoviště OC Tesco nebyl silný.



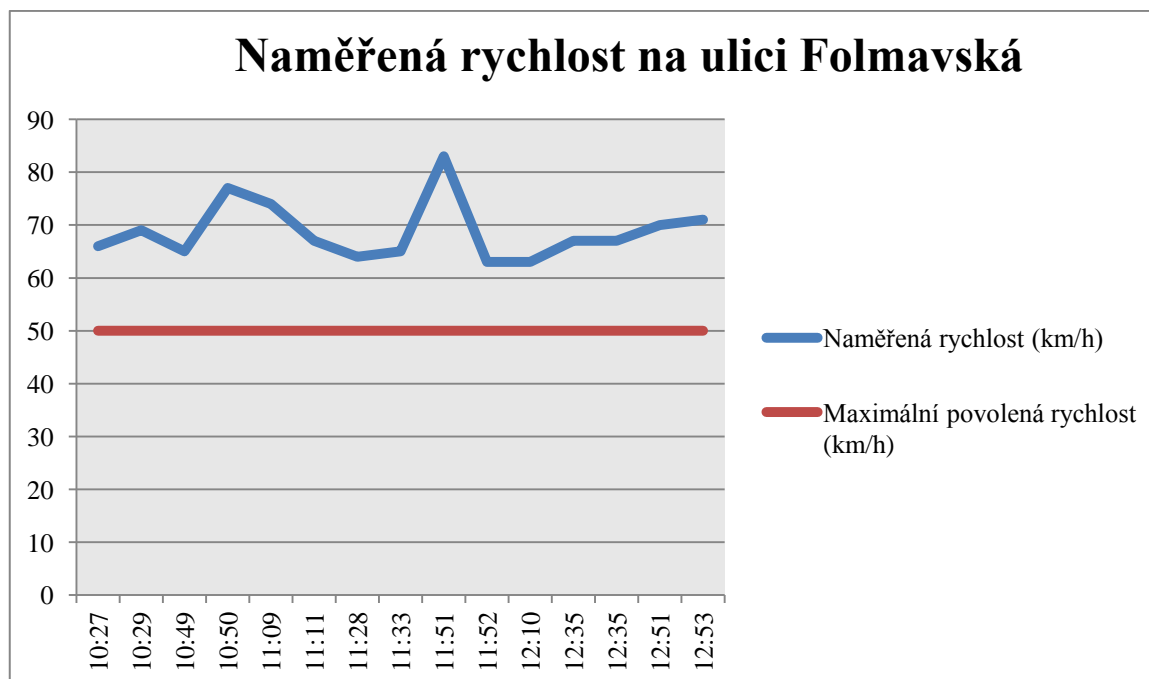
Červená značka znázorňuje postavení laserového měřiče rychlosti. Šipka znázorňuje směr měření. Zdroj: <http://www.mapy.cz/>.

Za tuto dobu bylo zaznamenáno 15 přestupků překročení nejvyšší povolené rychlosti v obci. Nejvyšší povolená rychlost v tomto úseku je 50 km/h. Přestupky jsou zapsány v přehledné tabulce pro lepší orientaci.

čas	druh vozidla	naměřená rychlost
10:27	osobní automobil	66
10:29	osobní automobil	69
10:49	osobní automobil	65
10:50	osobní automobil	77
11:09	osobní automobil	74
11:11	osobní automobil	67
11:28	osobní automobil	64
11:33	osobní automobil	65
11:51	osobní automobil	83
11:52	osobní automobil	63
12:10	osobní automobil	63
12:35	osobní automobil	67
12:35	osobní automobil	67
12:51	nákladní automobil	70
12:53	osobní automobil	71

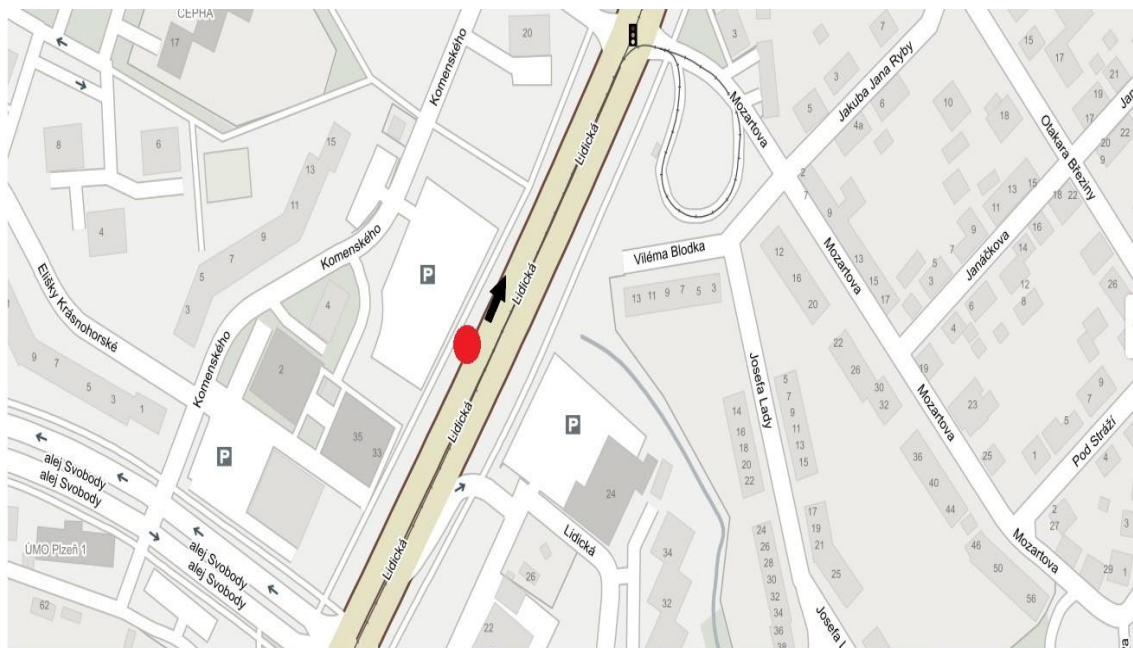
Za dobu měření projelo v daném úseku 153 osobních vozidel, 3 nákladní automobily a 1 autobus. Celkově tedy projelo 157 vozidel. Z měření vyplývá, že každý desátý řidič v tuto dobu překročil nejvyšší povolenou rychlost.

Graf 1: Naměřená rychlost na ulici Folmavská



Druhé měření

Druhé praktické měření probíhalo v neděli, dne 4. 1. 2015 od 10:20 - 12:10 hodin na ulici Lidická v Plzni, ve směru do centra města, cca 150 metrů před křižovatkou ulic Lidická x Alej Svobody. U této křižovatky je přechod pro chodce a vozovka má dva jízdní pruhy v každém směru jízdy. Mezi jízdními pruhy se nacházejí dva tramvajové pásy a tramvajová zastávka. Vozovka byla v den měření mokrá od roztávajícího sněhu.



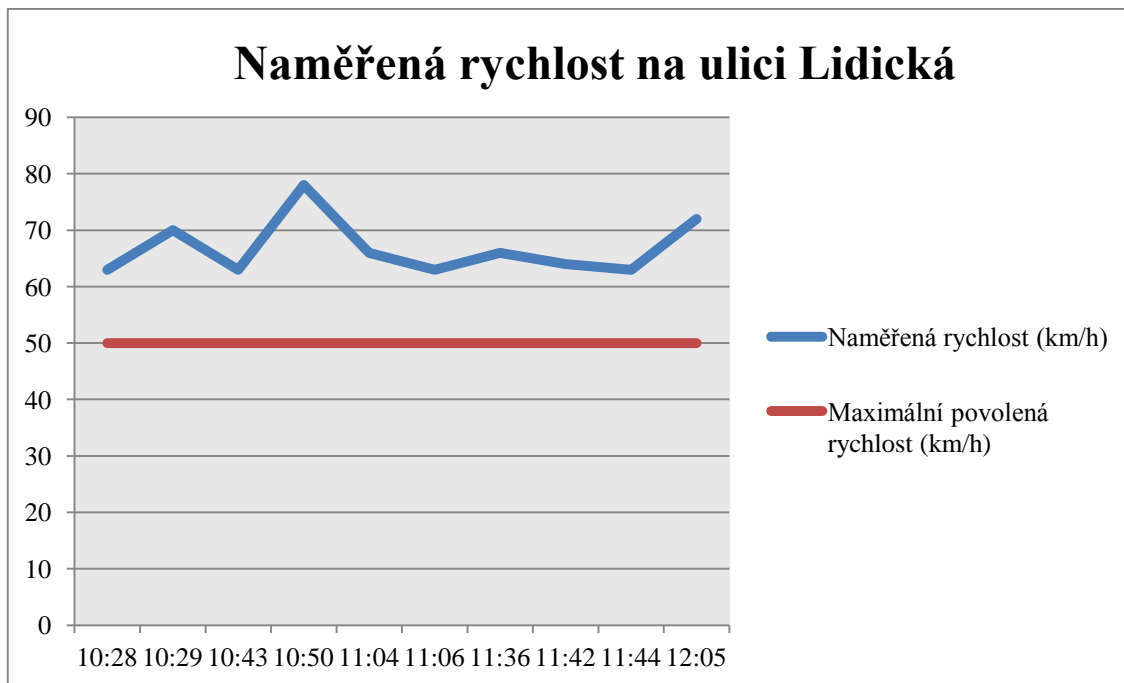
Červená značka znázorňuje postavení laserového měřiče rychlosti. Šipka znázorňuje směr měření. Zdroj: <http://www.mapy.cz/>.

Za dobu měření bylo zaznamenáno 10 přestupků překročení nejvyšší povolené rychlosti v obci. Nejvyšší povolená rychlost v tomto úseku je 50 km/h.

čas	druh vozidla	naměřená rychlost
10:28	osobní vozidlo	63
10:29	osobní vozidlo	70
10:43	osobní vozidlo	63
10:50	osobní vozidlo	78
11:04	osobní vozidlo	66
11:06	osobní vozidlo	63
11:36	osobní vozidlo	66
11:42	osobní vozidlo	64
11:44	osobní vozidlo	63
12:05	osobní vozidlo	72

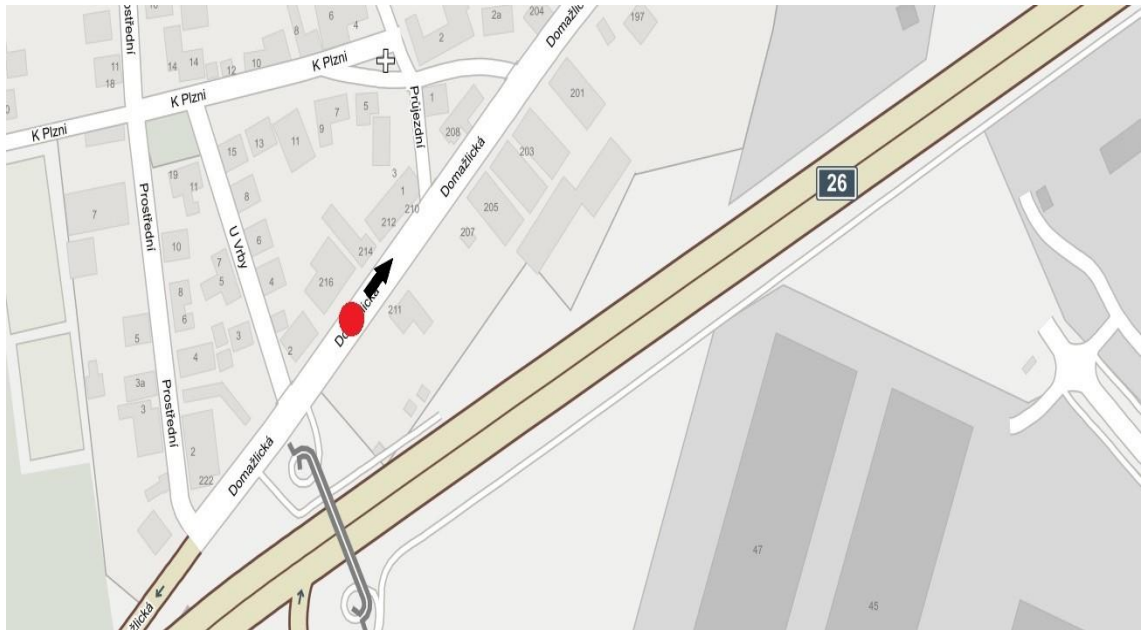
V dobu měření projelo daným úsekem 107 osobních vozidel, 1 nákladní automobil a 2 autobusy. Celkově tedy projelo 110 vozidel. Z měření vyplývá, že každý jedenáctý řidič v tuto dobu překročil nejvyšší povolenou rychlost.

Graf 2: Naměřená rychlost na ulici Lidická



Třetí měření

Třetí praktické měření probíhalo ve středu, dne 11. 2. 2015 od 15:20 - 17:00 hodin na ulici Domažlická v Plzni, ve směru z centra města. Jedná se o vozovku s jedním jízdním pruhem pro každý směr jízdy. Místo bylo k měření vybráno z důvodu stížnosti občana na rychlost projíždějících vozidel. Jedná se o vozovku vyústující na dálniční přivaděč, kdy tato silnice byla dříve hlavním tahem z města. Dnes je hned vedle vystavěn dálniční přivaděč, tudíž veškerá doprava jezdí novou rychlejší cestou přes dálniční přivaděč. Na měřeném úseku tedy projíždí vozidla minimálně, je tedy předpoklad, že se zde bude překračovat rychlost a to z důvodu přehledného úseku, minimálního provozu a minimálního počtu chodců a osob pohybujících se v blízkosti vozovky. Vozovka byla v den měření suchá.



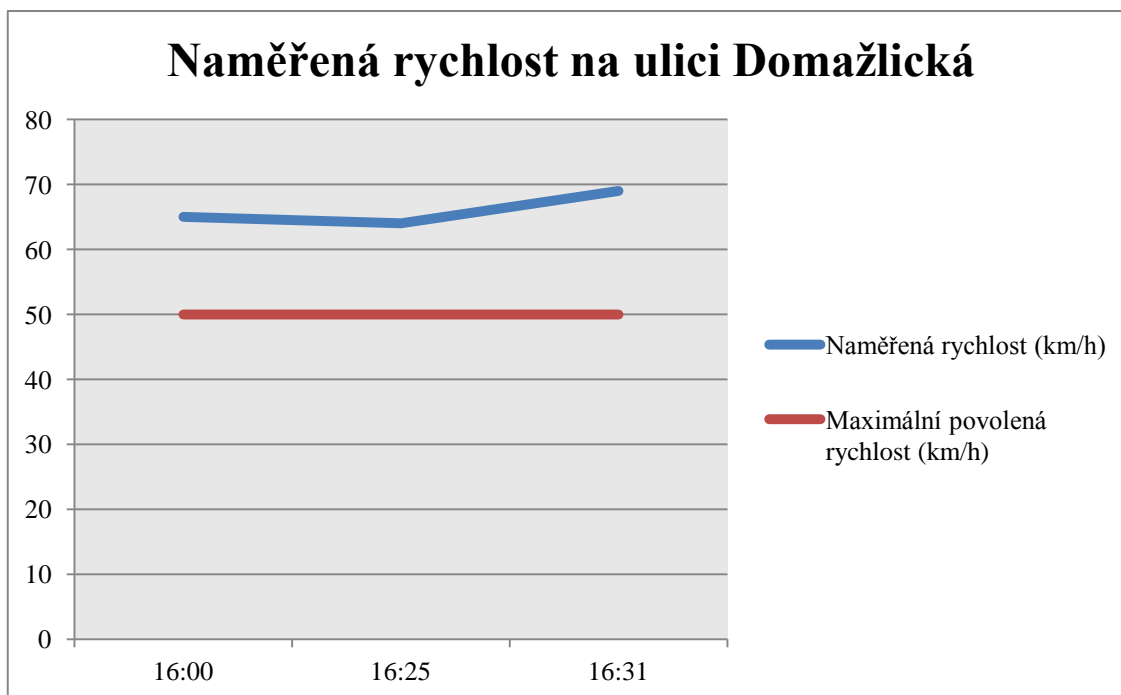
Červená značka znázorňuje postavení laserového měřiče rychlosti. Šipka znázorňuje směr měření. Zdroj: <http://www.mapy.cz/>.

Za tuto dobu byly zaznamenány 3 přestupky překročení nejvyšší povolené rychlosti v obci. Nejvyšší povolená rychlost v tomto úseku je 50 km/h. Přestupky jsou zapsány v přehledné tabulce pro lepší orientaci.

čas	druh vozidla	naměřená rychlost
16:00	osobní vozidlo	65
16:25	osobní vozidlo	64
16:31	osobní vozidlo	69

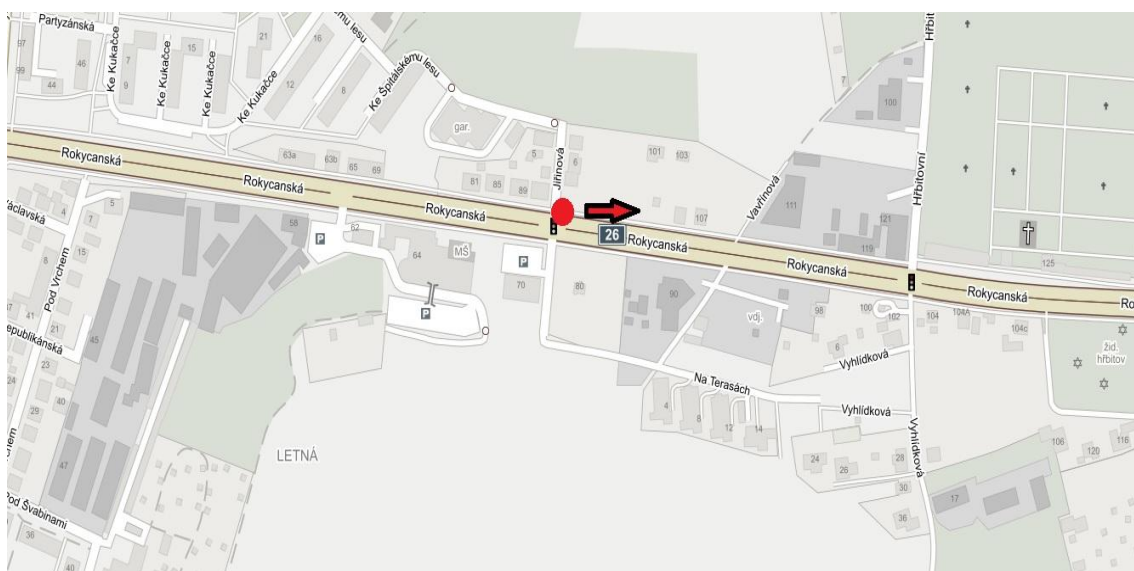
V dobu měření projelo daným úsekem 60 osobních vozidel. Nákladní automobily ani autobusy se v tomto úseku po dobu měření neobjevily. Celkově tedy projelo 60 vozidel. Z měření vyplývá, že každý dvacátý řidič v tuto dobu překročil nejvyšší povolenou rychlost.

Graf 3: Naměřená rychlost na ulici Domažlická



Čtvrté měření

Čtvrté praktické měření probíhalo v sobotu, dne 10. 1. 2015 od 11:40 - 14:00 hodin na ulici Rokycanská v Plzni, ve směru do centra města, mezi křižovatkami ulic Vavřínová x Jiřínová, cca. 30 metrů před křižovatkou ul. Rokycanská x Jiřínová. Jedná se o vozovku tvořenou dvěma jízdnicemi pruhy pro každý směr jízdy. Vozovka je směrem do centra města ve snižení, je velice přehledná, přímá a má kvalitní povrch. Po straně vnějších jízdnic pruhů se nacházejí chodníky. Kolmo na ulici Rokycanská jsou výjezdy z mnoha ulic, které jsou z většiny osazeny světelným signalizačním zařízením. Pokud ale nepřijede vozidlo z bočních ulic, vozidla na vozovce ulice Rokycanská mají zelený signál na světelném signalizačním zařízením. Je velice pravděpodobné, že zde řidiči překročí rychlost, jen aby je nikde nezastavila "červená." Dále se po celé délce ulice Rokycanská nachází zastávky MHD. V době měření byla vozovka suchá.



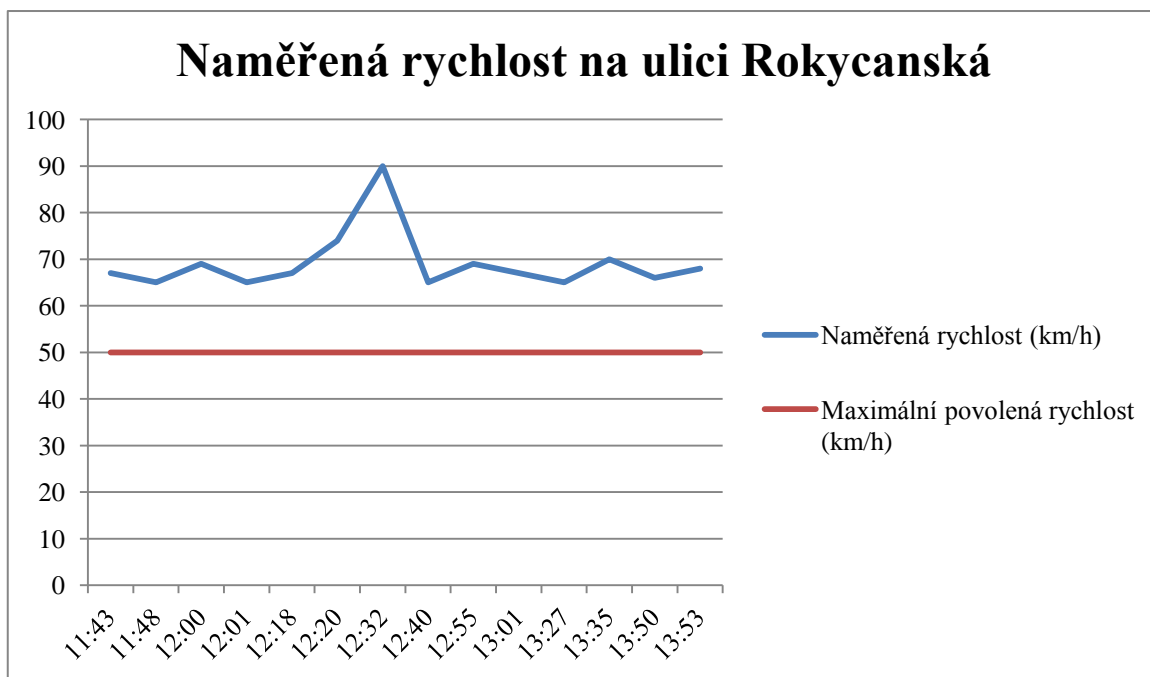
Červená značka znázorňuje postavení laserového měřiče rychlosti. Šipka znázorňuje směr měření. Zdroj: <http://www.mapy.cz/>.

Za tuto dobu bylo zaznamenáno 14 přestupků překročení nejvyšší povolené rychlosti v obci. Nejvyšší povolená rychlost v tomto úseku je 50 km/h. Přestupky jsou zapsány v přehledné tabulce pro lepší orientaci.

čas	druh vozidla	naměřená rychlost
11:43	osobní vozidlo	67
11:48	osobní vozidlo	65
12:00	osobní vozidlo	69
12:01	osobní vozidlo	65
12:18	osobní vozidlo	67
12:20	osobní vozidlo	74
12:32	osobní vozidlo	90
12:40	osobní vozidlo	65
12:55	osobní vozidlo	69
13:01	osobní vozidlo	67
13:27	osobní vozidlo	65
13:35	osobní vozidlo	70
13:50	osobní vozidlo	66
13:53	osobní vozidlo	68

Za dobu měření projelo daným úsekem 125 osobních vozidel, 2 nákladní automobily a 4 autobusy. Celkově tedy projelo 131 vozidel. Z měření vyplývá, že každý devátý řidič v tuto dobu překročil nejvyšší povolenou rychlost.

Graf 4: Naměřená rychlost na ulici Rokycanská



6.4 Ověření hypotéz

Na základě praktického měření a takto získaných dat můžeme hypotézu H1 potvrdit. Z měření vyplývá, že jen jedno nákladní vozidlo překročilo nejvyšší povolenou rychlost a zbytek byly jen osobní automobily.

H2 se šetřením potvrdila. Nejvyšší zaznamenaná překročená rychlost byla na ulici Rokycanská a to 90 km/h.

H3 se měřením vyvrátila. I přes malý provoz a přehlednost úseku zde řidiči dodržovali nejvyšší dovolenou rychlost. V měřeném úseku byly naměřeny pouze 3 přestupky.

H4 se měřením nepotvrdila, protože jednomu vozidlu byla naměřena rychlost 90 km/h. Důvodem nízkého počtu řidičů, kteří nepřekročili rychlost 90 km/h v obci a vyšší, bude nejspíše povědomost o odebrání řidičského průkazu při překročení nejvyšší povolené rychlosti v obci o 40 km/h a více.

H5 není ani potvrzená, ani vyvrácená. Ve třech lokalitách má měření smysl, pouze v lokalitě ulice Domažlická je měření rychlosti neúčelné.

6.5 Výhody a nevýhody laserového měřiče Micro Digi-Cam LTI použitého při praktickém měření

Výhody	Nevýhody
Mobilita	Požizovací cena
Váha	Nutnost proškolení obsluhy
Skladnost	Provoz laserového měřiče na baterie
Jednoduchost ustavení	Provoz ovládacího panelu na akumulátor
Možnost nastavení výšky	Omezení použití při vysokých a nízkých teplotách
Jednoduchá obsluha při měření	Nutnost pevného a rovného podkladu při měření
Jednoduchá manipulace	
Velký rozsah měření (km/h)	

55

⁵⁵ Vlastní zdroj

ZÁVĚR

V současné moderní a uspěchané době, kdy jsou vozidla vybavena nespočtem bezpečnostních prvků a různých asistentů, se člověk cítí uvnitř vozidla v bezpečí a z tohoto důvodu je jeho jízda rychlejší a agresivnější. I přes pasivní bezpečnost, jako jsou airbagy a bezpečnostní pásy, má lidský faktor největší podíl na dopravních nehodách a často z důvodu překračování nejvyšší povolené rychlosti. Proto v práci bylo popsáno mnoho přístrojů k měření rychlosti vozidel na pozemních komunikacích, které svým způsobem přispívají ke snížení rychlosti.

Práce byla rozdělena do více kapitol. Začátek práce se týkal historie měření rychlosti a zákonů, které měření rychlosti upravovaly. Dále se práce týkala současné legislativy při měření rychlosti a dalších souvisejících zákonů, které určitým způsobem ovlivňují a zasahují do problematiky měření rychlosti. Poté se práce zaměřila na fyzikální jevy, se kterými pracují radarová zařízení, veličiny bez kterých nelze měření provádět a různé vzorce, které se využívají v oblasti fungování radarových a laserových přístrojů. V další kapitole se popisovaly základní způsoby, kterými lze měřit rychlost vozidel na pozemních komunikacích. Těchto způsobů je více a v práci byly popsány. Na jakém principu činnosti fungují radarové rychloměry a jaké je následné použití v dopravě, popsala další kapitola, na kterou navazuje reflexe radarových rychloměrů. Jelikož existují i laserové měřiče rychlosti, byly i tyto v práci popsány a také jejich princip činnosti v návaznosti na použití v dopravě. Zaměření práce se netýkalo jen obecného popisu měřičů rychlosti, ale také policejních měřičů, které jsou využívány v České republice. Pořízení měřičů rychlosti je finančně náročná záležitost, proto každý Dopravní inspektorát v České republice nemá stejné technické prostředky k měření rychlosti. To je dáno postupnou obnovou, tedy nákupem nových zařízení. Neexistují pouze stacionární měřiče rychlosti, dále se používají měřiče rychlosti mobilní, neboli přenosné a měřiče instalované ve vozidlech a to jak v civilních vozidlech policie, tak i ve vozidlech označených barevným provedením a vnějším označení policie. Dalším způsobem, jak měřit rychlost vozidel, je použití úsekového měření. Princip fungování je popsán v příslušné kapitole s popisem různých modelů využívaných pro úsekové měření. Tímto způsobem lze trvale snížit rychlost vozidel ve vybraném úseku. Hodně je tento jev využíván při průjezdu tunely nebo v kritických lokalitách velkých měst. Zdá se, že je již vymyšleno mnoho způsobů jak dokumentovat a snímat rychlost, ale ještě existují další způsoby měření. Jedná se především o indukční smyčky, širokoúhlé

infračervené paprsky, světelné závory nebo informační panely zobrazující rychlost projíždějících vozidel. Popisu těchto jevů jsem se věnoval v poslední kapitole mé práce.

K praktické části práce bylo využito laserového měřiče rychlosti Micro Digi-Cam LTI, kterým bylo provedeno měření ve čtyřech lokalitách města Plzně. U každého měření je popsáno prostředí, ve kterém měření probíhalo. Pro lepší představu je u každé lokality mapa, ve které je zakreslena pozice měřiče rychlosti a směr měření. V každém úseku je povolena maximální rychlost 50 km/h a veškeré přestupky, které byly naměřeny, jsou zpracovány do přehledné tabulky s časem přestupku. V praktické části byly také vytvořeny hypotézy. Některé se praktickým měřením potvrdily, jiné se vyvrátily.

Používání jakéhokoli způsobu měření má psychologický vliv na řidiče, hlavně při užívání mobilních zařízení, protože se hlídky policie mohou objevit prakticky kdekoliv, aniž by o tom byl řidič dopředu informován. Při úsekovém měření je dobře patrné zpomalení řidičů projíždějících daným úsekem. Radar a příslušné kamery jsou totiž viditelné na větší vzdálenost a jsou umístěny natrvalo. Efektivním způsobem se zdá být umístění informačních panelů, které jsou nejčastěji umístěny při vjíždění do obcí. I na to řidiči reagují. Dále je velice efektivním způsobem měření rychlosti za jízdy v civilních vozidlech policie. Řidiči si zvyknou, že se v daném úseku pohybují civilní vozidla policie a sníží trvale rychlost. Tento jev je pozorován i v době, kdy se měřící vozidla delší dobu v úseku vůbec nepohybují. Téma nebylo vybráno náhodně, pracuji jako policista na Dopravním inspektorátu Plzeň - město. Přiblížit funkčnost a složitost těchto zařízení není od věci, a pokud pomůže tato práce k lepšímu povědomí o měření rychlosti v návaznosti na snížení rychlosti, bude to jen dobře. Dodržováním maximální dovolené rychlosti nebude docházet k dopravním nehodám a zařízení na donucení řidičů snížit rychlost se bude využívat pouze k prevenci.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Seznam použitých českých zdrojů:

ČECH, Bedřich. *Vybrané technické prostředky využívané v bezpečnostní praxi*. 1. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky, 1999. 161 s. ISBN 80-7251-002-9.

FELCAN, Miroslav, Zdeněk KOPECKÝ a Kamil PAVLÍČEK. *Teoreticko-metodologické základy řízení činnosti služby dopravní policie: [(zvláštní část)]*. Vyd. 1. Praha: Policejní akademie České republiky, 2007, 351 s. ISBN 978-80-7251-256-0.

HALLIDAY, David. *Fyzika: Vysokoškolská učebnice obecné fyziky*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2000, 1198 s. ISBN 80-214-1869-9.

KOPECKÝ, Zdeněk, Kamil PAVLÍČEK. *Dopravně bezpečnostní činnost: [(zvláštní část)]*. Vyd. 1. Praha: Police history, 2006. ISBN 80-864-7732-0.

KOPECKÝ, Zdeněk, Kamil PAVLÍČEK a Jaroslav HOŘÍN. *Dopravně bezpečnostní činnost policie: (zvláštní část)*. 3., rozš. vyd. Praha: Policejní akademie České republiky, 1998, 83 s. ISBN 80-859-8183-1.

MACHUTOVÁ, Marcela, Kamil PAVLÍČEK, Jaroslav HOŘÍN. *Historie dopravní policie: (zvláštní část)*. Vyd. 1. Editor Dagmar Broncová. Praha: Milpo media, 1998, 159 s. ISBN 978-80-87040-14-0.

MALÁ, Zuzana; NOVÁKOVÁ, Danuše; VÍTŮ, Tomáš. *Fyzika I*. 3. přeprac. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2009. 188 s. ISBN 978-80-01-04220-5.

PŘIBIL, Pavel. *Inteligentní dopravní systémy a dopravní telematika II*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. 254 s. ISBN 978-80-01-03648-8.

RAMER10 NÁVOD K OBSLUZE R311 063X CZ, RAMET a.s. KUNOVICE, vydáno 2013-04-02.

TUREČEK, Jaroslav. *Policejní technika*. 1. vyd. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2008. 316 s. ISBN 978-80-7380-119-9.

Úplné znění zákona č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu). Vyd. 10. Praha: Armex, 2012, 148 s. ISBN 978-80-87451-11-3.

Seznam použitých zahraničních zdrojů

Back office evaluation software [online]. 2012 [cit. 2015-02-05]. Dostupné z: <http://www.camea.cz/en/traffic-applications/enforcement-systems/evaluation-software-unicampen-3/>

Who made that traffic radar? [online]. 2014 [cit. 2014-12-23] Dostupné z: http://www.nytimes.com/2013/09/01/magazine/who-made-that-traffic-radar.html?_r=0

Seznam použitých internetových zdrojů

Dopravně inženýrská laboratoř Ústavu dopravních systémů [online]. [cit. 2015-01-03]. Dostupné z: <http://k612.fd.cvut.cz/?kap=vyzkum&pkap=laboratorods>

Jak se v ČR měří II? [online]. 2014 [cit. 2014-12-27]. Dostupné z: <http://www.antiradary.net/mereni-rychlosti-v-cr-passat-r36/>

Jak se v ČR měří? [online]. 2014 [cit. 2014-12-27] Dostupné z: <http://www.antiradary.net/mereni-rychlosti-v-cr-ramer/>

Laserový rychloměr UnicamLIDAR [online]. 2008 [cit. 2015-01-03]. Dostupné z: <http://www.camea.cz/cz/dopravni-aplikace/dopravni-prestupky/lidar-1/>

LIDAR – ProLASER III [online]. [cit. 2015-01-03]. Dostupné z: <http://www.lavet.cz/prolaser/prolaser.php>

Mapy.cz [online]. 2015 [cit. 2015-02-14]. Dostupné z: <http://www.mapy.cz/>

Měření rychlosti pomocí indukčních smyček [online]. 2012 [cit. 2015-01-04]. Dostupné z: <http://www.camea.cz/cz/dopravni-aplikace/dopravni-prestupky/indukcni-smycky-2/>

Měření rychlosti vozidel. [online]. 2014 [cit. 2014-12-27]
http://k622.fd.cvut.cz/downloads/bp_silovska_2014.pdf

Měření úsekové rychlosti [online]. 2008 [cit. 2015-01-03]. Dostupné z:
<http://www.camea.cz/cz/dopravni-aplikace/dopravni-prestupky/mereni-usekove-rychlosti/>

Micro Digi-Cam [online]. 2003 [cit. 2015-01-04]. Dostupné z:
<http://www.lasertech.com/Micro-Digi-Cam.aspx?s=1>

MUR-07-System měření úsekové rychlosti [online]. [cit. 2015-01-03]. Dostupné z:
<http://www.azd.cz/produkty/systemy-pro-silnicni-dopravu-1/>

Opatření obecné povahy číslo: 0111-OOP-C005-09 [online]. 2010 [cit. 2015-12-23].
Dostupné z: <http://www.cmi.cz/index.php?lang=1&wdc=1663>

Policejní radar AD9T [online]. 2011 [cit. 2015-01-03]. Dostupné z: <http://ff-safetyway.webnode.cz/products/policejni-radar-rady-ad9/>

Praktické informace o měření rychlosti [online]. [cit. 2015-01-03]. Dostupné z:
<http://www.antiradary.eu/cz/mereni-rychlosti/>

Překročení rychlosti [online]. [cit. 2014-12-23]. Dostupné z: <http://www.dopravni-pravo.cz/prekroceni-rychlosti/>

Riegl FG21-P [online]. 1999 [cit. 2015-02-05]. Dostupné z:
<http://www.radarfalle.de/technik/ueberwachungstechnik/fg21-p.php>

Rozvoj moderních dopravních inteligentních systémů – Modul č. 1 [online]. 2010 [cit. 2015-01-02]. Dostupné z: <http://romodis.cz/moduly.php>

Tolerance rychloměrů a radarů [online]. [cit. 2014-12-23]. Dostupné z: <http://www.dopravni-pravo.cz/prekroceni-rychlosti/tolerance-rychlomeru-a-radaru/>

Zákon č. 505/1990 Sb., o metrologii, ve znění pozdějších předpisů [online]. [cit. 2015.02.08]. Dostupné z: <http://www.unmz.cz/urad/uplne-pracovni-zneni-zakona-c-505-1990-sb-o-metrologii-c237>

Zákon č. 81/1935 Sb., o jízdě motorovými vozidly [platnost do 1945-01-02]. [online]. [cit. 2015.02.08]. Dostupné z: <http://www.epravo.cz/vyhledavaniapi/?Id=6219&Section=1&IdPara=1&ParaC=2>

SEZNAM ZKRATEK

CW - Continuous wave

ČMI - Český metrologický institut

ČR - Česká republika

EN - Evropská norma

FMCW - Frequency modulated continuous wave

GPS - Global Positioning System

HF – energie

LASER - Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

LCD - Liquid crystal display

LIDAR - Light Detection and Ranging

PolCam - Police Camera

Radar - Radio Detection And Ranging

RZ – registrační značka

SPZ – státní poznávací značka

W - vlnoplocha

SEZNAM POUŽITÝCH VELIČIN

Veličina a její značka	Jednotka	Rozměr
Čas t	s	[s]
Dráha s	m	[m]
Energie E	J	[kg.m ² .s ⁻²]
Frekvence f	Hz	[s ⁻¹]
Hmotnost m	kg	[g]
Perioda T	s	[s]
Rychlost v	km.h ⁻¹	[m.s ⁻¹]
Vlnová délka λ	m	[m]
Výkon P	W	[kg.m ² .s ⁻³]

SEZNAM GRAFŮ

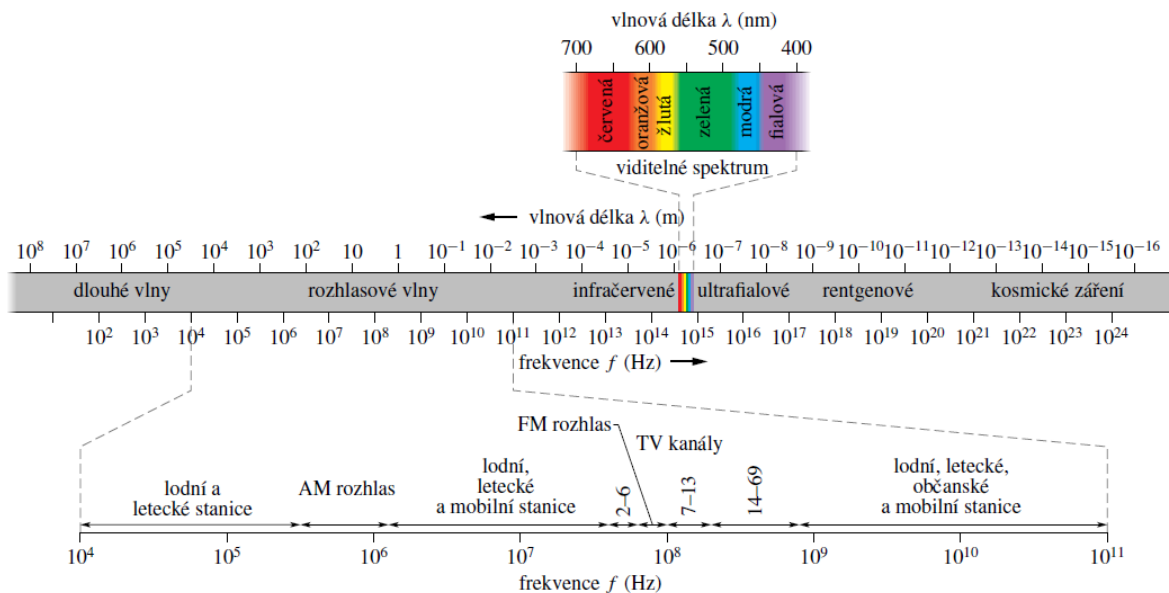
Graf 1: Naměřená rychlost na ulici Folmavská	41
Graf 2: Naměřená rychlost na ulici Lidická.....	43
Graf 3: Naměřená rychlost na ulici Domažlická	45
Graf 4: Naměřená rychlost na ulici Rokycanská	47

SEZNAM PŘÍLOH

Obrázek 1 - Spektrum elektromagnetických vln – Maxwellova duha.....	I
Obrázek 2 – Znázornění Dopplerova jevu	I
Obrázek 3 – Interakce záření s hmotou	II
Obrázek 4 - Blokové schéma CW radaru	II
Obrázek 5 - Schéma FMCW radaru	III
Obrázek 6 – Jednoduchá reflexe	III
Obrázek 7 - Jednoduchá reflexe - lom paprsku od stacionární reflexní plochy	IV
Obrázek 8 – Schéma dvojité reflexe	IV
Obrázek 9 – Reflexe na koutovém odražeči	V
Obrázek 10 - Princip laserového měřiče rychlosti	V
Obrázek 11 – Radarová hlava	V
Obrázek 12 – Měřič rychlosti firmy Ramet – řada AD9T	VI
Obrázek 13 – LTI 20-20 UltraLyte Micro Digi-Cam	VI
Obrázek 14 – ProLaser III	VII
Obrázek 15 – Riegl FG21-P.....	VII
Obrázek 16 - Výstup z laserového rychloměru UnicomLIDAR.....	VIII
Obrázek 17 - Umístění rychloměru ve vozidle	VIII
Obrázek 18 - Schéma systému měření úsekové rychlosti.....	IX
Obrázek 19 - Systém pro vyhodnocování úsekové rychlosti vozidel systémem UnicomVELOCITY	IX
Obrázek 20 - Stacionární systém MUR-07	X
Obrázek 21 - PolCam PC 2006 – záznam.....	X
Obrázek 22 - Funkce indukčních smyček.....	XI
Obrázek 23 - Rozladění elektromagnetického pole	XI
Obrázek 24 - Měřič rychlosti pracující na principu širokoúhlého infračerveného paprsku	XII
Obrázek 25 - Informační panel IPR 10 (vlevo) a RAMER 8RS (vpravo).....	XII

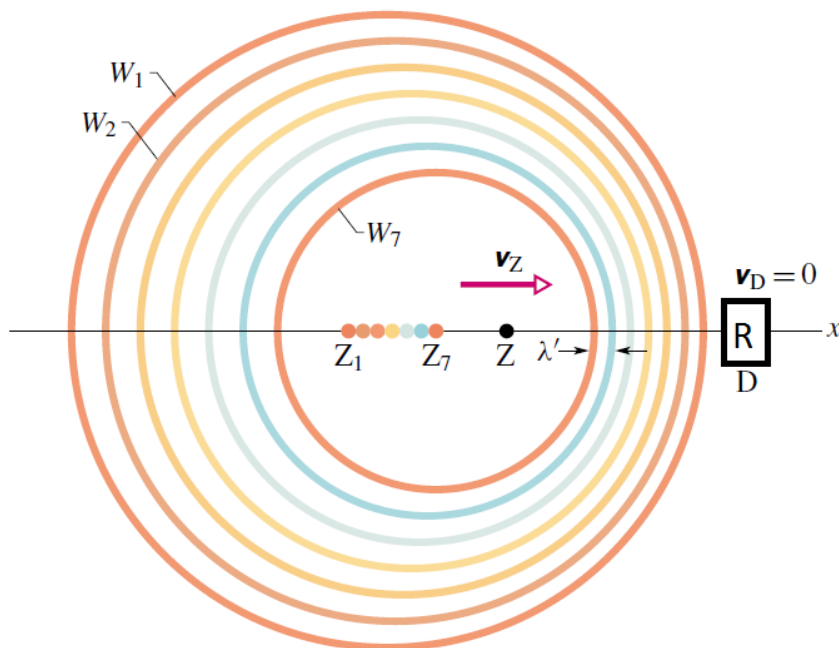
PŘÍLOHY

Obrázek 1 - Spektrum elektromagnetických vln – Maxwellova duha



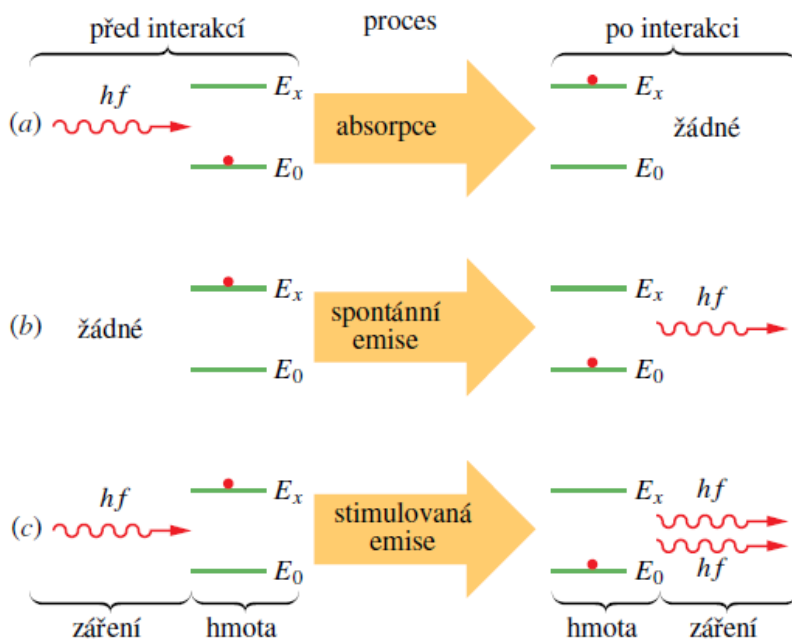
Zdroj: Halliday, David; Resnick, Robert; Walker, Jearl. Fyzika. 1. vyd. Brno: VUTIUM; Praha: PROMETHEUS, 2000. 1198 s. ISBN 80-214-1869-9

Obrázek 2 – Znázornění Dopplerova jevu



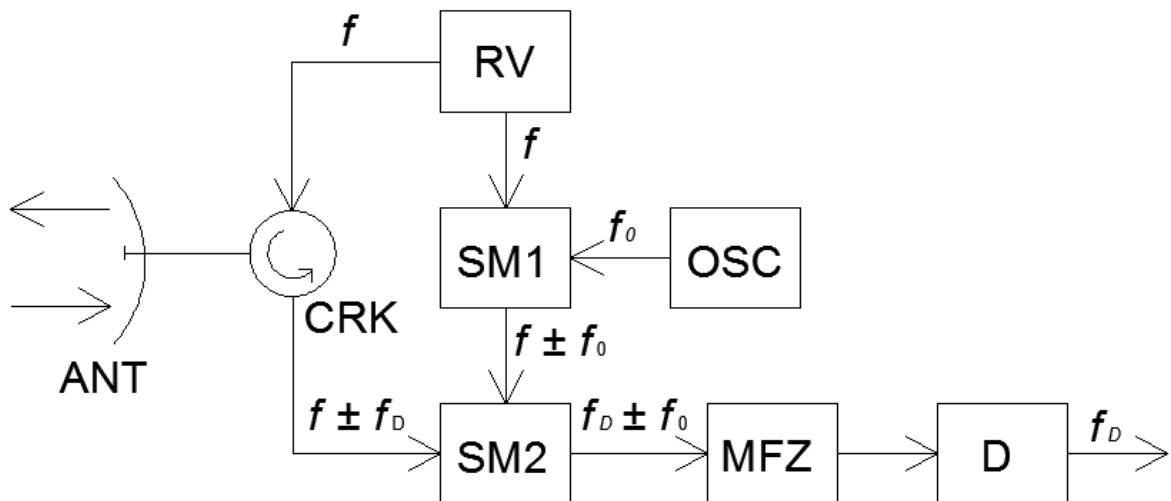
Zdroj: Halliday, David; Resnick, Robert; Walker, Jearl. Fyzika. 1. vyd. Brno: VUTIUM; Praha: PROMETHEUS, 2000. 1198 s. ISBN 80-214-1869-9

Obrázek 3 – Interakce záření s hmotou



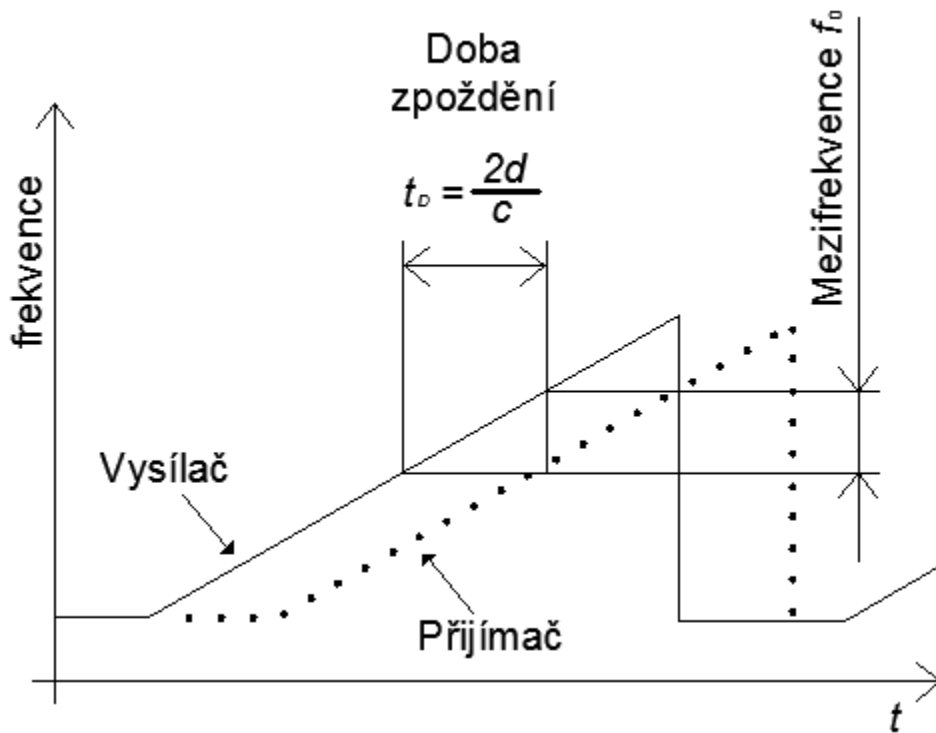
Zdroj: Halliday, David; Resnick, Robert; Walker, Jearl. Fyzika. 1. vyd. Brno: VUTIUM; Praha: PROMETHEUS, 2000. 1198 s. ISBN 80-214-1869-9

Obrázek 4 - Blokové schéma CW radaru



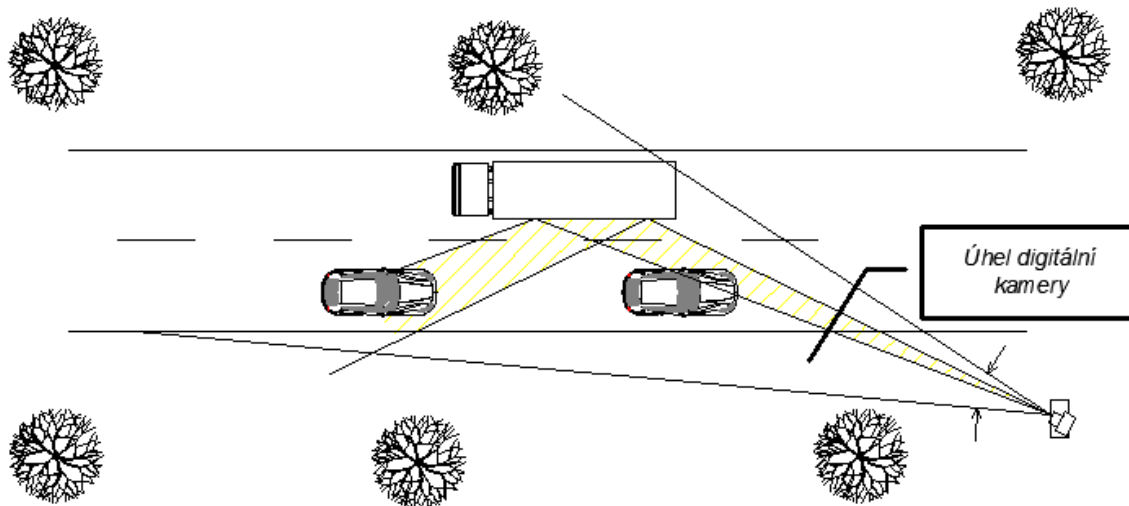
Zdroj: Rozvoj moderních dopravních inteligentních systémů – Modul č. 1 [online]. 2010 [cit. 2015-02-05]. Dostupné z: <http://romodis.cz/moduly.php>

Obrázek 5 - Schéma FMCW radaru



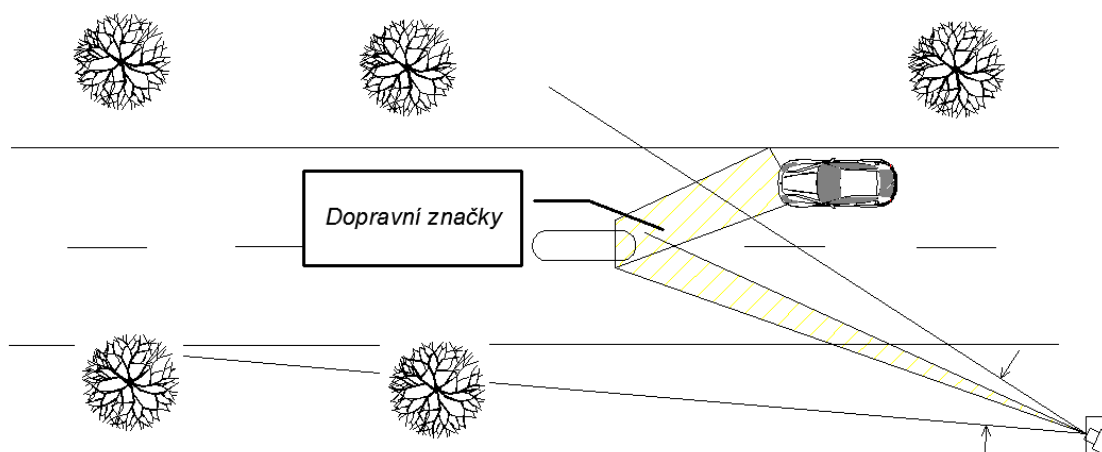
Zdroj: Rozvoj moderních dopravních inteligentních systémů – Modul č. 1 [online]. 2010 [cit. 2015-02-05]. Dostupné z: <http://romodis.cz/moduly.php>

Obrázek 6 – Jednoduchá reflexe



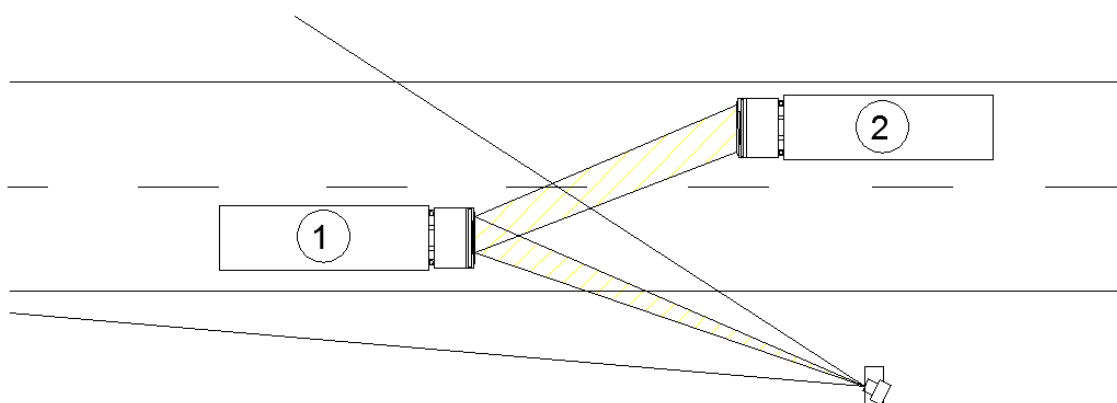
Zdroj: RAMER10 NÁVOD K OBSLUZE R311 063X CZ, RAMET a.s. KUNOVICE, vydáno 2013-04-02

Obrázek 7 - Jednoduchá reflexe - lom paprsku od stacionární reflexní plochy



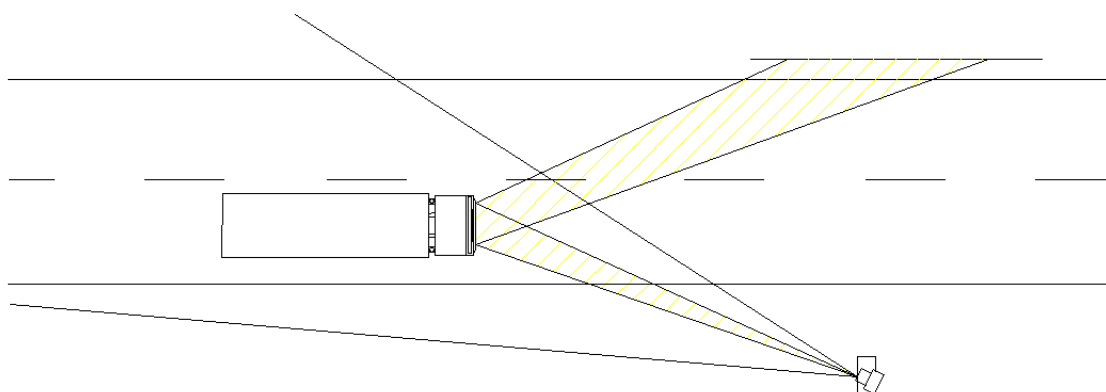
Zdroj: RAMER10 NÁVOD K OBSLUZE R311 063X CZ, RAMET a.s. KUNOVICE, vydáno 2013-04-02

Obrázek 8 – Schéma dvojité reflexe



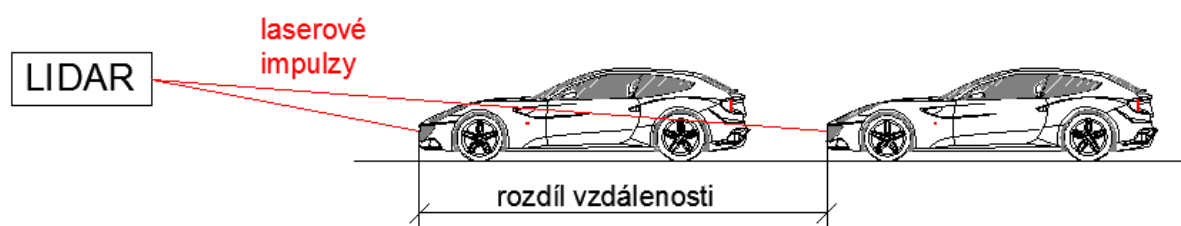
Zdroj: RAMER10 NÁVOD K OBSLUZE R311 063X CZ, RAMET a.s. KUNOVICE, vydáno 2013-04-02

Obrázek 9 – Reflexe na koutovém odražči



Zdroj: RAMER10 NÁVOD K OBSLUZE R311 063X CZ, RAMET a.s. KUNOVICE, vydáno 2013-04-02

Obrázek 10 - Princip laserového měřiče rychlosti



Zdroj: Vlastní zdroj

Obrázek 11 – Radarová hlava



Zdroj: Vlastní zdroj

Obrázek 12 – Měřič rychlosti firmy Ramet – řada AD9T



Zdroj: Policejní radar AD9T [online]. 2011 [cit. 2015-02-05]. Dostupné z: <http://ff-safetyway.webnode.cz/products/policejni-radar-rady-ad9/>

Obrázek 13 – LTI 20-20 UltraLyte Micro Digi-Cam



Zdroj: Vlastní zdroj

Obrázek 14 – ProLaser III



LIDAR – ProLASER III [online]. [cit. 2015-02-05]. Dostupné z: <http://www.lavet.cz/prolaser/prolaser.php>

Obrázek 15 – Riegl FG21-P



Zdroj: Dopravně inženýrská laboratoř Ústavu dopravních systémů [online]. [cit. 2015-02-05]. Dostupné z: <http://k612.fd.cvut.cz/?kap=vyzkum&pkap=laboratords>

Obrázek 16 - Výstup z laserového rychloměru UnicamLIDAR



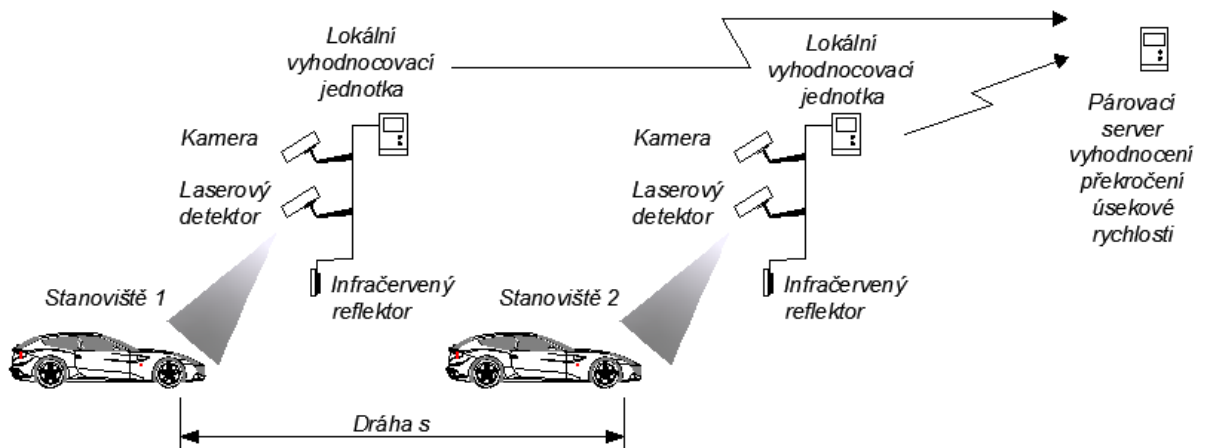
Zdroj: Laserový rychloměr UnicamLIDAR [online]. 2008 [cit. 2015-02-05]. Dostupné z: <http://www.camea.cz/cz/dopravni-aplikace/dopravni-prestupky/lidar-1/>

Obrázek 17 - Umístění rychloměru ve vozidle



Zdroj: Laserový rychloměr UnicamLIDAR [online]. 2008 [cit. 2015-02-05]. Dostupné z: <http://www.camea.cz/cz/dopravni-aplikace/dopravni-prestupky/lidar-1/>

Obrázek 18 - Schéma systému měření úsekové rychlosti



Zdroj: Měření rychlosti pomocí indukčních smyček [online]. 2012 [cit. 2015-02-05].

Dostupné z: <http://www.camea.cz/cz/dopravni-aplikace/dopravni-prestupky/indukcni-smycky-2/>

Obrázek19 - Systém pro vyhodnocování úsekové rychlosti vozidel systémem UnicamVELOCITY



Zdroj: Back office evaluation software [online]. 2012 [cit. 2015-02-05]. Dostupné z:

<http://www.camea.cz/en/traffic-applications/enforcement-systems/evaluation-software-unicampen-3/>

Obrázek 20 - Stacionární systém MUR-07



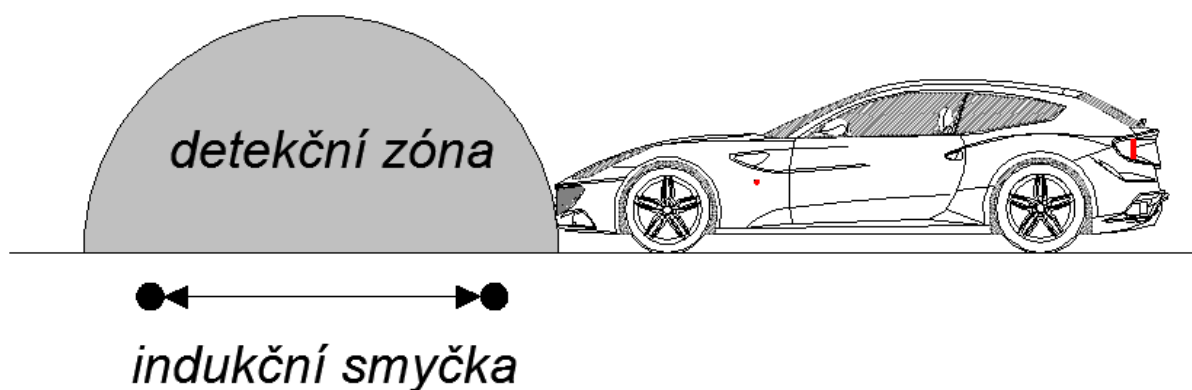
Zdroj: Stacionární systém MUR-07 [online]. 2008 [cit. 2015-02-05]. Dostupné z:
<http://www.cdv.cz/mereni-rychlosti-radary-a-tolerance-mereni-v-ceske-republice-a-v-jinych-statech/>

Obrázek 21 - PolCam PC 2006 – záznam



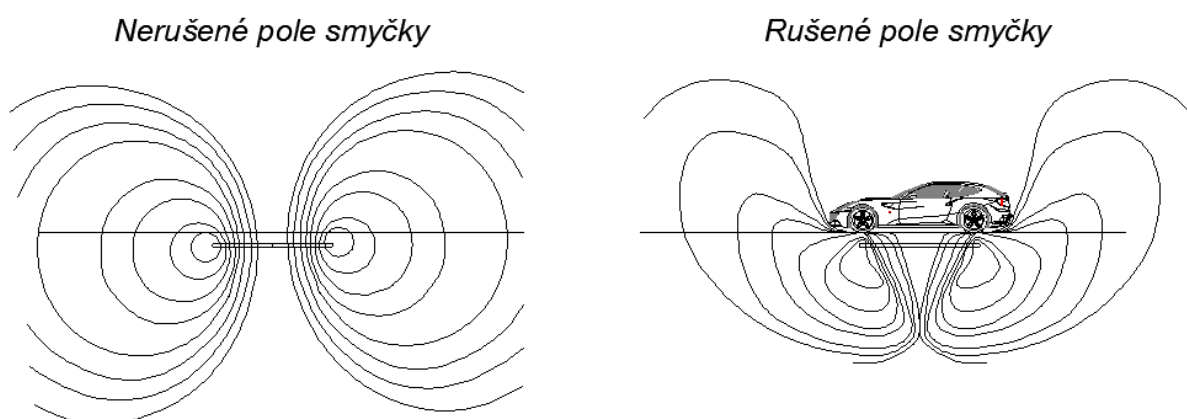
Zdroj: PolCam PC2006 [online]. 2015 [cit. 2015-02-05]. Dostupné z:
http://xman.idnes.cz/rychla-kola-v-akci-jeden-den-ve-sluzbe-s-dalnicni-policii-a-passatem-r36-1j9-/xman-adrenalin.aspx?c=A090311_111424_xman-styl_fro

Obrázek 22 - Funkce indukčních smyček



Zdroj: Rozvoj moderních dopravních inteligentních systémů – Modul č. 1 [online]. 2010 [cit. 2015-02-05]. Dostupné z: <http://romodis.cz/moduly.php>

Obrázek 23 - Rozladění elektromagnetického pole



Zdroj: Rozvoj moderních dopravních inteligentních systémů – Modul č. 1 [online]. 2010 [cit. 2015-02-05]. Dostupné z: <http://romodis.cz/moduly.php>

Obrázek 24 - Měřič rychlosti pracující na principu širokoúhlého infračerveného paprsku



Zdroj: Leivtec XV2 [online]. 2000 [cit. 2015-02-05]. Dostupné z:
<http://www.radarfalle.de/technik/ueberwachungstechnik/xv2.php>

Obrázek 25 - Informační panel IPR 10 (vlevo) a RAMER 8RS (vpravo)



Zdroj: Jak se v ČR měří? [online]. 2014 [cit. 2015-02-05]
<http://www.antiradary.net/mereni-rychlosti-v-cr-ramer/>

BIBLIOGRAFICKÉ ÚDAJE

Jméno autora: Pavel Soukup

Obor: Bezpečnostní studia

Forma studia: Kombinované studium

Název práce: Měření rychlosti vozidel na pozemních komunikacích

Rok: 2015

Počet stran textu bez příloh: 41

Celkový počet stran příloh: 12

Počet titulů českých použitých zdrojů: 11

Počet titulů zahraničních použitých zdrojů: 2

Počet internetových zdrojů: 20

Počet ostatních zdrojů: 0

Vedoucí práce: Ing. Karel Machulda