



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

**Vliv automatických systémů sledování přestupků na
bezpečnost dopravy**

Diplomová práce

2015

Bc. Martin Řezníček



K623 Ústav bezpečnostních technologií a inženýrství

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Martin Řezníček

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – BD – Bezpečnost dopravních prostředků a cest

Název tématu (česky): **Vliv automatických systémů sledování přestupků na bezpečnost dopravy**

Název tématu (anglicky): The Effect of Automatic Traffic Offence Monitoring Systems on the Road Security

Zásady pro vypracování

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


- proved'te rešerši právních předpisů týkajících se dopravy na silničních komunikacích
- proved'te rešerši v oblasti technických systémů využívaných ke sledování dopravy a dopravních prostředků a popište jejich fyzikální principy včetně negativních vlivů na jejich funkci;
- vyberte dva odlišné systémy (měření rychlosti a sledování průjezdu na červenou) a prokažte minimální technicko-právní tolerance, ve kterých musí systém operovat; uveďte příklady právních přestupků včetně prevence ke snížení počtu dopravních nehod
- připravte modelové příklady, které splňují i nespĺňují podmínky pro správnou technicko-právní funkci vybraných monitorovacích systémů;
- posuďte vymahatelnost práva v návaznosti na uvedené technické systémy – identifikace vozidla a řidiče


- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího diplomové práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů včetně prováděcích vyhlášek
předpisy International Telecommunication Union - Radiocommunication Sector (ITU-R - www.itu.int)
Zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů

Vedoucí diplomové práce: **JUDr. Milena Macková**
Ing. Václav Jirovský

Datum zadání diplomové práce: **30. června 2014**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **31. května 2015**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia


doc. Ing. Václav Jirovský, CSc.
vedoucí
Ústavu bezpečnostních technologií a inženýrství


prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.


Bc. Martin Řezníček
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 30. června 2014

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucím své diplomové práce JUDr. Mileně Mackové a Ing. Václavu Jirovskému za cenné rady a vstřícný a přátelský přístup během psaní mé diplomové práce. Dále děkuji Ing. Petru Honzíkovi, Ph.D. za poskytnuté konzultace a zaměstnancům společnosti RAMET a. s., zejména panu Ing. Ladislavu Mitášovi, za poskytnuté materiály. V neposlední řadě cítím povinnost poděkovat své rodině za umožnění studia na vysoké škole.

Prohlášení

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

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

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

V Praze dne 31. května 2015

Podpis:

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá systémy pro sledování dopravních přestupků, principem jejich funkce a negativními vlivy na jejich funkci a dále vlivem těchto systémů na bezpečnost dopravy – to vše v kontextu právního systému České republiky. Součástí je rešerše v oblasti právních předpisů souvisejících se silniční dopravou, včetně trestně právního postihu, a také rešerše systémů pro sledování dopravních přestupků. Praktická část obsahuje popis funkčních principů, posouzení spolehlivosti, modelové příklady pro posouzení praktické použitelnosti vybraných systémů (měření rychlosti radarem a detekce jízdy na červenou), posouzení technicko-právních limitů a možnosti prevence. Poslední částí je posouzení vymahatelnosti práva v návaznosti na uvedené systémy – identifikace vozidla a řidiče.

Klíčová slova

Dopravní přestupek, systém pro sledování dopravy, měření rychlosti, detekce jízdy na červenou, bezpečnost dopravy, spolehlivost systémů.

Abstract

This thesis deals with traffic offence monitoring systems, their principles and the negative effects on their function as well as with the influence of these systems on a traffic security – all in the context of the legal system of the Czech Republic. A part of this thesis is a research of legislation related to the road transportation, including criminal law sanctions, and a research of traffic offence monitoring systems. The practical part contains a functional description of these systems, a reliability assessment, model examples for assessing the practical applicability of the selected systems (car speed measurement and red light violation detection), an assessment of the technical and legal limits and possibilities of prevention. The last part is an assessment of law enforcement in relation to the mentioned systems – an identification of a vehicle and a driver.

Keywords

Traffic Offence, Traffic Monitoring Systems, Car Speed Measurement, Red Light Violation Detection (RLVD), Road Security, Reliability of Systems.

Bibliografická citace

ŘEZNÍČEK, Martin. *Vliv automatických systémů sledování přestupků na bezpečnost dopravy*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní, 2015. Vedoucí diplomové práce: JUDr. Milena Macková, Ing. Václav Jirovský.

Obsah

1	Úvod	7
2	Přehled právních předpisů souvisejících s dopravou	9
2.1	Zákon o pozemních komunikacích.....	9
2.2	Zákon o provozu na pozemních komunikacích	10
2.3	Zákon o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích	13
2.4	Zákon o technických požadavcích na výrobky	13
2.5	Zákon o metrologii	14
2.6	Trestní zákoník	15
2.7	Zákon o přestupcích	16
3	Přehled penalizačních systémů.....	18
3.1	Analýza obrazu.....	18
3.2	Měření rychlosti	19
3.3	Detekce jízdy na červenou.....	21
3.4	Vážení vozidel za jízdy (WIM).....	21
4	Principy fungování penalizačních systémů	22
4.1	Analýza obrazu.....	22
4.2	Měření okamžité rychlosti mikrovlnným radarem	26
4.3	Měření okamžité rychlosti lidarem.....	36
4.4	Měření okamžité rychlosti indukčními smyčkami.....	38
4.5	Aktivní zpomalovací práh Actibump	41
4.6	Měření úsekové rychlosti	45
4.7	Detekce jízdy na červenou.....	45
4.8	Vážení nákladních vozidel	52
5	Problematika překračování rychlosti v praxi	54
5.1	Vliv rychlosti na bezpečnost provozu a možnosti prevence.....	55
5.2	Problémy spojené s měřením rychlosti	56
6	Problematika jízdy na červenou v praxi	59

6.1	Vliv jízdy na červenou na bezpečnost provozu a možnosti prevence	59
6.2	Problémy spojené se systémy RLVD	61
7	Vymahatelnost práva v návaznosti na dané systémy	62
7.1	Právní pozadí pro identifikaci vozidla	62
7.2	Možnosti identifikace vozidla	63
7.3	Právní pozadí pro identifikaci řidiče	63
7.4	Možnosti identifikace řidiče	65
8	Závěr	66
	Literatura	68
	Seznam obrázků a tabulek	72

Seznam použitých zkratk

ADAC	Allgemeiner Deutscher Automobil-Club (<i>něm.</i>)
ALPR/ANPR	Automated License/Number Plate Recognition
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
CCTV	Closed-Circuit Television
ČMI	Český metrologický institut
EHF	Extremely High Frequency
IR	InfraRed
IZS	Integrovaný záchranný systém
LIDAR	Light Detection And Ranging
LPR	License Plate Recognition
MPE	Maximum Permissible Exposure
OCR	Optical Character Recognition
RLVD	Red Light Violation Detection
SHF	Super High Frequency
SPZ/RZ	Státní poznávací značka/registrační značka
SSZ	Světelné signalizační zařízení
STC	Sensitive Time Control
VIN	Vehicle Identification Number
WIM	Weight-In-Motion
TEN-T	Trans-European Transport Networks
TP	Technické podmínky
TSK	Technická správa komunikací

1 Úvod

V silniční dopravě se už od počátku setkáváme s dopravními nehodami a bohužel i s takovými, které mají osobní následky, tzn. lehká, těžká a v nejtragičtějším případech smrtelná zranění. Takovéto ztráty jsou nejenom osobními tragédiemi, ale je třeba je vnímat jako celospolečenské ztráty; vždyť i v Listině základních práv a svobod stojí, že „*lidský život je hoděn ochrany*“ [1].

Troufám si říct, že velkému počtu dopravních nehod by bylo možné zamezit správně nastavenou bezpečnostní politikou s vyváženým systémem prevence a represe. To dokazuje mimo jiné i statistika počtu obětí dopravních nehod v ČR za posledních 24 let (tabulka 1). Počet usmrcených a těžce zraněných osob při dopravních nehodách od roku 2003 dlouhodobě klesá, jejich počet je však stále nezanedbatelný a v Evropě existují země, kde je relativní četnost smrtelných nehod o poznání nižší, např. Velká Británie, Švédsko, Norsko jako státy s vůbec nejbezpečnějšími silnicemi, ale i Slovensko. V rámci Národní strategie BESIP 2004 – 2010 bylo cílem snížení počtu usmrcených osob při dopravních nehodách o polovinu ve srovnání s rokem 2002, tedy z 1314 usmrcených osob na 657, což se podařilo až mezi lety 2012/2013. Navazující národní strategie BESIP 2011 – 2020 si klade za cíl „*snížit do roku 2020 počet usmrcených v silničním provozu na úroveň průměru evropských zemí a současně oproti roku 2009 snížit o 40 % počet těžce zraněných osob*“ [2]. Už nyní se objevují názory, že se tuto politiku nepodaří naplnit, nicméně každé snížení lze považovat za úspěch.

Tabulka 1: Počet obětí dopravních nehod 1991-2014.

rok	počet obětí	rok	počet obětí
1991	1 194	2003	1 319
1992	1 395	2004	1 215
1993	1 355	2005	1 127
1994	1 473	2006	956
1995	1 384	2007	1 123
1996	1 386	2008	848
1997	1 411	2009	832
1998	1 204	2010	753
1999	1 322	2011	707
2000	1 336	2012	679
2001	1 219	2013	583
2002	1 314	2014	631

Dopravní nehodu chápeme z pohledu dopravního inženýrství jako spolupůsobení 4 faktorů, kterými jsou řidič (lidský faktor), vozidlo, komunikace a provozní stav, ve sledu příčina – důsledek – následek. Z toho jasně vyplývá, že řidič vozidla není jen pasivní účastník

dopravní nehody, ale může aktivně ovlivnit průběh nehody i její následky, nebo svým chováním dokonce nehodě předejít.

Právní předpisy společnost vytváří s cílem chránit sebe sama jako celek, ale také jednotlivé občany, kteří jsou nejcennější součástí lidské společnosti. Pokud tuto logiku použiju ve vztahu k pozemním komunikacím, závěr zní, že respektováním dopravních předpisů může každý řidič přispět ke zvýšení bezpečnosti dopravy – tzn. k bezpečí ostatních účastníků silničního provozu, ale i sebe samotného. Toto si bohužel každý neuvědomuje, a proto vzniká potřeba právních předpisů a prostředků k vymáhání práva. Dobrým prostředkem mohou být automatické systémy pro sledování dopravních přestupků (*penalizační systémy*).

Primárním cílem této práce je posoudit použitelnost penalizačních systémů, zejména jaké jsou technické limity v závislosti na vnějších vlivech a právní limity v podmínkách právního systému České republiky; to znamená především posouzení spolehlivosti penalizačních systémů a vymahatelnosti práva v návaznosti na tyto systémy. Sekundárním cílem je posouzení vlivu penalizačních systémů na bezpečnost dopravy s uvedením možností prevence. Abych tohoto mohl dosáhnout, provedl jsem nejprve rešerši v oblasti právních předpisů, která je uvedena v 2. kapitole této práce, a poté ještě rešerši v oblasti technických systémů pro sledování dopravy a dopravních přestupků (3. kapitola).

Z těchto rešerší pak vychází praktická část, která je rozdělena do 4 kapitol (4. až 7. kapitola). Ve 4. kapitole bude uveden technický popis systémů a popis fyzikálních principů, které buď umožňují jejich fungování, nebo na něj naopak mají negativní vliv. Na základě těchto poznatků provedu posouzení spolehlivosti, u vybraných systémů pak i posouzení praktické použitelnosti na základě modelových příkladů. V 5. a 6. kapitole se zaměřím na to, jak překračování nejvyšší dovolené rychlosti a nerespektování signálu „Stůj!“ ovlivňuje bezpečnost dopravy, na možnosti prevence a na další problémy spojené s vymáháním těchto přestupků pomocí penalizačních systémů. V 7. kapitole pak bude provedeno posouzení vymahatelnosti práva v návaznosti na uvedené technické systémy – zejména možnosti identifikace vozidla a řidiče.

2 Přehled právních předpisů souvisejících s dopravou

Vybral jsem několik právních předpisů souvisejících s dopravou na pozemních komunikacích a z nich zde uvádím především informace, které souvisí s cíli této diplomové práce.

2.1 Zákon o pozemních komunikacích

Celý název: *Zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů.*

Zákon o pozemních komunikacích definuje, co jsou to pozemní komunikace a rozděluje je do 4 základní kategorií: dálnice, silnice, místní komunikace a účelové komunikace; dále upravuje práva a povinnosti vlastníků pozemních komunikací a jejich uživatelů a výkon státní správy nad pozemními komunikacemi. Pro účely této práce jsou z tohoto zákona důležité především *podmínky užívání pozemních komunikací* (§ 1, 2 [3]).

2.1.1 **Stavebně-technické požadavky na pozemní komunikace**

Při stavbě pozemních komunikací je nutné dodržet stavebně-technické požadavky. Proto má tento zákon i funkci speciálního stavebního zákona pro pozemní komunikace. Definuje pojmy jako silniční pozemek, součásti a příslušenství pozemních komunikací a uvádí obecné požadavky na stavební řízení a jejich zrušení. Součástmi pozemních komunikací jsou většinou stavebně neoddělitelné části nacházející se na pozemní komunikaci nebo silničním pozemku, nutné pro bezpečné provozování komunikace a provoz na ní, např. vozovky a krajnice, jízdní a ostatní pruhy, mostní objekty, tunely, nosné zdi, odvodnění, svislé a vodorovné dopravní značení, svodidla atd. Příslušenstvím pozemních komunikací jsou většinou stavebně oddělitelné části sloužící k řízení provozu, údržbě komunikací, výkonu státní správy a informování řidičů, např. přenosné dopravní značky a dopravní zařízení, veřejné osvětlení, světelná signalizační zařízení, zařízení systému elektronické mytného, zařízení pro vysokorychlostní vážení vozidel a další. Součástmi ani příslušenstvím nejsou provozní a technická policejní zařízení. (§ 11-14, 16 [3])

2.1.2 **Bezpečnost pozemních komunikací**

Dále zákon udává požadavky na bezpečnost pozemních komunikací transevropské silniční sítě (TEN-T), především požadavky na posouzení stavby a její dokumentace (audit bezpečnosti) a na auditory bezpečnosti, jejich odbornou způsobilost a školení. Další ustanovení se týkají užívání pozemních komunikací, např. práva a povinnosti při obecném a zvláštním užívání pozemních komunikací, jejich sjízdnost (viz kap. 5.2.1), zpoplatnění obecného užívání a mýtné.

2.1.3 Správní delikty dle zákona o pozemních komunikacích

Zákon stanovuje podmínky pro kontrolní vážení vozidel. Mezi správní delikty podle tohoto zákona patří mimo jiné překročení hmotnosti při nízkorychlostním kontrolním vážení. Překročení největší povolené hmotnosti vozidla je správním deliktem podle § 42a odst. 2 písm. c), e) zák. č. 13/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů. Je stanovena sankce „7 000,– Kč za každou započatou tunu, která překračuje největší povolenou hmotnost vozidla.“ (§ 43 odst. 2 [3]) Tu stanovuje § 37 vyhlášky č. 341/2014 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích. V případě tohoto přestupku může celník nebo policista vybrat od řidiče motorového vozidla kauci ve výši od 5 000 Kč do 50 000 Kč, pokud kauci nesloží, je oprávněn zabránit řidiči v jízdě.

2.2 Zákon o provozu na pozemních komunikacích

Celý název: *Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu), ve znění pozdějších předpisů*

Tento zákon upravuje práva a povinnosti účastníků provozu na pozemních komunikacích (dále jen *silničního provozu*) a stanovuje pravidla silničního provozu. Z porušení povinností účastníků silničního provozu a pravidel silničního provozu vyplývají trestné činy a přestupky v dopravě. Povinností řidiče je např. plně se věnovat řízení vozidla, snížit rychlost jízdy nebo zastavit vozilo před přechodem pro chodce, učiní-li tak i řidiči ostatních vozidel jedoucích stejným směrem. Řidič naopak nesmí řídit vozidlo pod vlivem alkoholických nápojů nebo návykových látek, omezit nebo ohrozit chodce na přechodu pro chodce nebo chodce s viditelným úmyslem přecházet na přechodu pro chodce. (§ 4 [4])

Základními pojmy tohoto zákona jsou pro naše účely především:

účastník provozu na pozemních komunikacích – „každý, kdo se přímým způsobem účastní provozu na pozemních komunikacích“ (§ 2 písm. a) [4]);

řidič – „účastník provozu na pozemních komunikacích, který řídí motorové nebo nemotorové vozidlo anebo tramvaj“ (§ 2 písm. d) [4]);

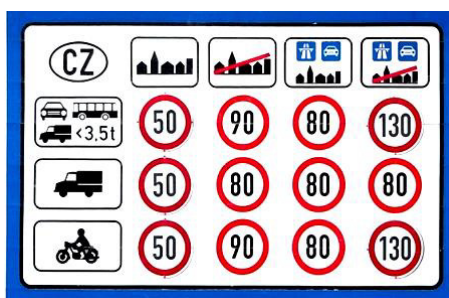
provozovatel vozidla – „je vlastník vozidla nebo jiná fyzická nebo právnická osoba zmocněná vlastníkem k provozování vozidla vlastním jménem“ (§ 2 písm. b) [4]).

De iure „nikdo nesmí používat technické prostředky a zařízení, které znemožňují nebo ovlivňují funkci technických prostředků používaných při dohledu na bezpečnost provozu na pozemních komunikacích“ (§ 3 odst. 4 [4]). Tímto se zákon snaží usnadnit aplikaci systémů sledování dopravních přestupků, a zároveň tak umožnit lepší vymahatelnost práva.

O bezpečnosti dopravy pojednává i další odstavec, cituji: „*Při účasti na provozu na pozemních komunikacích je každý povinen chovat se ohleduplně a ukázněně, aby svým jednáním neohrožoval život, zdraví nebo majetek jiných osob ani svůj vlastní*“ (§ 4 odst. 1 [4]). Toto chování by mělo být člověku přirozené, přesto tato věta do zákona dle mého názoru patří, neboť ne každý má natolik vyvinutý smysl pro morálku a spravedlnost, aby přirozeně respektoval práva druhých.

2.2.1 Rychlost jízdy vozidel

Bezpečnost silniční dopravy do vysoké míry ovlivňuje rychlost jízdy vozidel, proto jsou zákonem pro různé komunikace stanoveny *nejvyšší dovolené rychlosti* (obr. 1).



Obrázek 1: Přehled nejvyšších dovolených rychlostí [5].

Nejvyšší dovolená rychlost může být místní úpravou provozu na pozemních komunikacích v určitém úseku snížena, popř. zvýšena, zvýšení však nesmí být vyšší než o 30 km/h (§ 18 odst. 6 a 7 [4]). To se týká místních rychlostních komunikací a některých sběrných komunikací, kde je nevyšší dovolená rychlost zvýšena z 50 km/h na 80 km/h.

V zákonu se kromě nejvyšší dovolené rychlosti vyskytuje i pojem *nejvyšší povolená rychlost*. Ta se nevztahuje k pozemní komunikaci, ale k danému dopravnímu prostředku a může být nižší nebo vyšší než nejvyšší dovolená rychlost, např. nejvyšší povolená rychlost autobusu 100 km/h. Řidič však musí vždy dodržovat tu nižší.

2.2.2 Měření rychlosti vozidel

Měření rychlosti vozidel na pozemních komunikacích se provádí „*za účelem zvýšení bezpečnosti provozu*“ (§ 79a [4]) a je k němu oprávněna pouze Policie ČR a obecní (městská) policie, která „*tuto činnost vykonává výhradně na místech určených Policií ČR*“ (§ 79a [4]) a v součinnosti s ní.

2.2.3 Řízení provozu světelnými signály

Provoz na křižovatkách pozemních komunikací se řídí zejména tříbarevnou světelnou soustavou. Červený signál "Stůj!" říká, že řidič má „*povinnost zastavit vozidlo*“ (§ 70 odst. 2 písm. a) [4]). Signál "Volno" se zeleným plným světlem nebo se zelenou směrovou šipkou

(šipkami) znamená „možnost pokračovat v jízdě“ (§ 70 odst. 2 písm. c), e) [4]). Pokud svítí současně červené a žluté světlo, signál má význam "Pozor!" a signalizuje řidiči „povinnost připravit se k jízdě“ (§ 70 odst. 2 písm. b) [4]).

Signál se žlutým světlem má význam "Pozor!" a znamená „povinnost zastavit vozidlo (...); je-li však toto vozidlo při rozsvícení tohoto signálu již tak blízko, že by řidič nemohl vozidlo bezpečně zastavit, smí pokračovat v jízdě“ (§ 70 odst. 2 písm. d) [4]).

2.2.4 Bodový systém

Každý řidič, poruší-li pravidla silničního provozu, obdrží v závislosti na závažnosti přestupku určitý počet trestných bodů (od 2 do 7). Dosáhne-li maximálního počtu 12 bodů, je mu udělen zákaz řízení motorových vozidel. Prostřednictvím bodového systému „se zajišťuje sledování opakovaného páčání přestupků ... nebo trestných činů“ (§ 123a [4]), souvisejících s předpisy o silničním provozu. Přehled jednání, která jsou v rozporu s předpisy o silničním provozu, včetně bodového ohodnocení, je uveden v příloze k tomuto zákonu.

2.2.5 Správní delikty dle zákona o provozu na pozemních komunikacích

Správní delikty se v tomto zákoně se dělí na přestupky (§ 125c) a správní delikty právnických osob a podnikajících fyzických osob (§ 124d). V obou těchto paragrafech jsou správní delikty vyjmenovány a ke každému z nich je uvedena sankce. Za přestupky uvedené v § 125c se ukládají pokuty od 1 500 do 50 000 Kč a případně zákaz činnosti až na 2 roky; v blokovém řízení mohou být uloženy pokuty od 1 000 do 2 500 Kč. U závažnějších přestupků, tzn. takových, u nichž zákon ukládá zákaz činnosti, nelze přestupek projednat v blokovém řízení. Za správní delikty právnických a podnikajících fyzických osob se dle § 125d uloží pokuta do 100 000 Kč.

Za přestupek se považuje (§ 125c) např.:

- řízení vozidla, na němž není umístěna tabulka SPZ/RZ nebo je umístěna tabulka, která nebyla vozidlu přidělena;
- řízení vozidla, jehož tabulka SPZ/RZ nelze přečíst nebo je podstatně ztížena její čitelnost;
- překročení nejvyšší dovolené rychlosti;
- nezastavení vozidlo na signál příkazující zastavit;
- použití antiradaru.

2.3 Zákon o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích

Celý název: *Zákon č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů*

Tento zákon stanovuje podmínky provozu vozidel na pozemních komunikacích, a to zejména registraci vozidel, práva a povinnosti vlastníků a provozovatelů vozidel, pravidla schvalování technické způsobilosti vozidel k silničnímu provozu, technické požadavky na jejich provoz a způsob kontroly technického stavu vozidel. (§ 1 [6])

2.3.1 Silniční vozidlo a jeho druhy

Tento zákon také stanovuje, co je silniční vozidlo a definuje další typy vozidel jako např. zvláštní nebo historické vozidlo. „*Silniční vozidlo je motorové nebo nemotorové vozidlo ... vyrobené za účelem provozu na pozemních komunikacích pro přepravu osob, zvířat nebo věcí*“ (§ 2 odst. 1[6]). Silniční vozidla rozdělujeme dle § 3 odst. 2 tohoto zákona na 7 základních druhů, jimiž jsou:

1. motocykly,
2. osobní automobily,
3. autobusy,
4. nákladní automobily,
5. speciální vozidla,
6. přípojná vozidla,
7. ostatní silniční vozidla.

2.3.2 Registr silničních vozidel

„*Registr silničních vozidel obsahuje evidenci silničních vozidel, vlastníků a provozovatelů (dále jen provozovatelů) těchto vozidel*“ (§ 4 odst. a [6]). Zapisuje se do něj množství údajů, jak o provozovateli, tak o vozidle. Zásadní jsou osobní údaje o provozovateli a SPZ/RZ vozidla; jedná-li o majetkovou trestnou činnost, je důležitý i VIN kód vozidla. Nutno podotknout, že do registru je oprávněn nahlížet „*pouze ten, kdo prokáže právní zájem*“ (§ 4, odst. 3 [6]). Spáchání správního deliktu a jeho vyšetřování lze za právní zájem považovat.

Pokud pobyt osoby provozující silniční motorové vozidlo na území ČR nepřesáhne 185 dnů v příslušném kalendářním roce, nepodléhá toto vozidlo registraci do registru vozidel (§ 6 odst. 1 [6]).

Tabulka SPZ/RZ se umísťuje vždy podle zvláštního prováděcího předpisu, kterým je vyhláška č. 343/2014 Sb., o registraci vozidel.

2.4 Zákon o technických požadavcích na výroby

Celý název: *Zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výroby, ve znění pozdějších předpisů.*

Tento zákon upravuje mimo jiné „způsob stanovování technických požadavků na výrobky, které by mohly ve zvýšené míře ohrozit“ (§ 1 odst. 1 [7]) chráněné zájmy společnosti, a práva a povinnost osob zodpovědných za jejich distribuci a uvádění na trh. Uvádím jej proto, že přístroje používané pro měření dopravních parametrů a penalizační systémy jsou dozajista také výrobky, které musí splňovat požadavky stanovené tímto zákonem. To samé platí i pro silniční vozidla.

2.4.1 Výrobek

Výrobkem se pro účely tohoto zákona rozumí „jakákoliv věc, která byla vyrobena, vytěžena nebo jinak získána bez ohledu na stupeň jejího zpracování a je určena k uvedení na trh jako nová nebo použitá“ (§ 2 písm. a) [7]).

2.4.2 Technické požadavky na výrobek

Technickými požadavky na výrobek se podle tohoto zákona rozumí:

- 1) technické specifikace dané specifickými právními předpisy, technickými dokumenty a normami, jako jsou např. „úroveň jakosti, užité vlastnosti, bezpečnost a rozměry“ (§ 2, písm. h) č. 1 [7]), ale i požadavky na obchodní názvy výrobků, dále požadavky na zkoušení výrobku, požadavky na balení a označování výrobku a „postupy posuzování shody výrobku s právními předpisy nebo s technickými normami, výrobní metody a procesy mající vliv na charakteristiky výrobků“ (§ 2, písm. h) č. 1 [7]);
- 2) ostatní požadavky nezbytné z hlediska ochrany spotřebitele a ochrany veřejného zájmu, zejména požadavky týkající se životního cyklu výrobku „jako např. podmínky používání, recyklace, opětovného použití nebo zneškodnění výrobku“ (§ 2 písm. h) č. 2 [6]).

2.5 Zákon o metrologii

Celý název: *Zákon č. 505/1990 Sb., o metrologii, ve znění pozdějších předpisů.*

Tento zákon upravuje právní problematiku související s měřením a měřidly, definuje základní práva a povinnosti všech subjektů, které se účastní schvalování, ověřování a kalibrace měřidel, „a to v rozsahu potřebném k zajištění jednotnosti a správnosti měřidel a měření“ (§ 1 [8]).

2.5.1 Etalon

Etalon je v podstatě měřidlo nejvyšší přesnosti a slouží „k realizaci a uchování této jednotky nebo stupnice a k jejímu přenosu na měřidla nižší přesnosti“ (§ 3 odst. 2 [8]).

V České republice představují měřidla nejvyšší jakosti a přesnosti státní etalony, které uchovává Český metrologický institut (ČMI). Mimo to existují ještě mezinárodní etalony, na něž mají naše státní etalony přímou návaznost. Příkladem může být etalon metru, kilogramu či sekundy.

2.5.2 Stanovená měřidla

Pro mě rychlosti vozidel se používají tzv. stanovená měřidla, což *„jsou měřidla, která Ministerstvo průmyslu a obchodu ... stanoví vyhláškou k povinnému ověřování s ohledem na jejich význam pro stanovení sankcí, poplatků, tarifů a daní (...) při ochraně jiných veřejných zájmů chráněných zvláštními právními předpisy“* (§ 3 odst. 3 [8]).

2.5.3 Schvalování typu měřidel

Než jde měřidlo do výroby a prodeje, musí nejprve projít poměrně složitým schvalovacím procesem. *„Schvalování typu měřidla provádí Český metrologický institut. Zjišťuje, zda měřidlo bude schopno plnit funkci, pro kterou je určeno“* (§ 6, odst. 2 [8]). ČMI také stanoví počet vzorků, které musí výrobce dodat k procesu schvalování; pokud je měřidlo schváleno, vydá k němu certifikát a značku schválení typu. Nutno podotknout, že ne všechna měřidla podléhají schvalování a ČMI může za určitých okolností (např. nevhodnost schvalování) sdělit výrobci, že daný typ měřidla schvalování nepodléhá.

Zákon rozlišuje schvalování typů měřidel vyrobených v tuzemsku a dovezených měřidel. Na základě určitých smluv, při splnění podmínek české právní úpravy a poskytnutí výsledků schvalování ČMI mohou být uznány výsledky metrologických zjištění provedených v cizím státě a měřidlo uvedeno do prodeje bez dalšího schvalování. (§ 7, odst. 3 [8])

2.5.4 Ověřování a kalibrace měřidel

„Ověřením stanoveného měřidla se potvrzuje, že stanovené měřidlo má požadované metrologické vlastnosti“ (§ 9 odst. 1 [8]). Provádí ho ČMI nebo jiné autorizované metrologické středisko, které opatří měřidlo úřední značkou nebo k němu vydá ověřovací list. Kalibrací měřidla se rozumí porovnání s etalonem, popř. s certifikovaným nebo jiným referenčním materiálem a případná úprava jeho metrologických vlastností. Při použití jiného měřidla než etalonu je nutné dodržení zásad návaznosti měřidel.

2.6 Trestní zákoník

Celý název: *Zákon č. 40/2009 Sb., trestní zákoník, ve znění pozdějších předpisů.*

Trestní zákoník se zabývá trestnými činy, rozděluje se na dvě části – část obecnou a část zvláštní. V obecné části jsou uvedena společná ustanovení pro všechny trestné činy a

obecné zásady trestního práva a informace týkající se trestní odpovědnosti. Část zvláštní vyjmenovává jednotlivé trestné činy, udává jejich specifické znaky a výšku trestu. De iure je trestným činem „*protiprávní čin, který trestní zákon označuje za trestný a který vykazuje znaky uvedené v takovém zákoně*“ (§ 13 odst. 1 [9]).

V silniční dopravě se můžeme setkat s trestnými činy úmyslnými a nedbalostními. Z úmyslných lze uvést např. neposkytnutí pomoci řidičem dopravního prostředku při dopravní nehodě (§ 151 trestního zákoníku) nebo ohrožení pod vlivem návykové látky (§ 274 trestního zákoníku), což je společností vnímáno obzvláště negativně. Z nedbalostních trestných činů je to např. usmrcení či ublížení na zdraví z nedbalosti (§ 143 a § 147 trestního zákoníku). Trestnými činy v dopravě se v této práci nicméně nebudu zabývat. Naprostá většina protiprávních skutků spáchaných v dopravě jsou totiž přestupky – o nich pojednává zákon o přestupcích. Rozdíl mezi trestným činem a přestupkem je takový, že trestné činy jsou obecně závažnější a pro společnost nebezpečnější než přestupky. Trestné činy projednávají, řeší a trestají soudy a hrozí za ně odnětí svobody. [9]

2.7 Zákon o přestupcích

Celý název: *Zákon č. 200/1990 Sb., o přestupcích, ve znění pozdějších předpisů.*

Zákon o přestupcích má 3 hlavní části: první dvě části – obecná a zvláštní – jsou analogické k obecné a zvláštní části trestního zákoníku, třetí část se zabývá řízením o přestupcích.

2.7.1 Přestupek

Přestupek je charakterizován jako „*zaviněné jednání, které porušuje nebo ohrožuje zájem společnosti a je za přestupek výslovně označeno..., nejde-li o jiný správní delikt postižitelný podle zvláštních právních předpisů anebo o trestný čin*“ (§ 2 odst. 1 [10]).

Odpovědnost za spáchání přestupku zaniká už po jednom roce od jeho spáchání (§ 20 odst. 1 [10]). Proto je třeba co nejrychlejší projednání přestupků, aby nedocházelo k případům, kdy pachatel není potrestán, byť se může jednat o méně závažný přestupek, neboť pak právo ztrácí svou výchovnou funkci.

2.7.2 Řízení o přestupku

Na řízení o přestupcích se vztahují obecné předpisy správního řízení, vycházející ze správního řádu [11], není-li stanoveno jinak. Přestupek lze projednat v blokovém řízení nebo příkazním řízením a ve standardním správním řízení o přestupku.

Při blokovém řízení je přestupek projednán okamžitě a pachatel přestupku zaplatí na místě blokovou pokutu. Blokové řízení je možné pouze v případě, kdy je přestupek „*spolehlivě*

zjištěn (např. přistižením při činu), nestačí domluva a obviněný z přestupku je ochoten pokutu zaplatit“ (§ 84 odst. 1 [10]). V příkazním řízení vydá správní orgán bez dalšího řízení příkaz o uložení pokuty nebo napomenutí. Přistupuje se k němu, „není-li pochybnosti o tom, že obviněný z přestupku se přestupku dopustil a nebyla-li věc vyřízena v blokovém řízení“ (§ 87 odst. 1 [10]).

Přestupky projednávají obecní úřady a jiné správní orgány (policie). Za přestupky jsou sankce nižší než za trestné činy a mohou mít formu napomenutí, pokuty, zákazu činnosti, propadnutí věci či zákazu pobytu. Přestupky proti bezpečnosti a plynulosti silničního provozu projednávají obce s rozšířenou působností, v Praze pak Magistrát hlavního města Prahy.

3 Přehled penalizačních systémů

Pomocí penalizačních se měří a zaznamenávají různé fyzikální veličiny, jako je rychlost nebo hmotnost, někdy také dopravně-inženýrské veličiny jako obsazenost úseku nebo přítomnost vozidla. Dále mohou být sledovány i dopravní parametry jako intenzita dopravy, rychlost dopravního proudu nebo časová mezera, hlavním účelem je však sledování přestupků. V této kapitole budou uvedeny systémy pro sledování obrazu (detekce jízdy na červenou), měření rychlosti a vážení vozidel. Velkým přínosem penalizačních systémů je možnost plošného a dlouhodobého využívání; může tak být objasněno velké množství dopravních přestupků s využitím poměrně malého množství lidských zdrojů (ve srovnání s policejními hlídkami).

Podmínkou automatizovaného fungování těchto systémů je automatická identifikace vozidla, proto zde uvedu ještě dvě technologie pro analýzu obrazu, které toto umožňují. První z nich je automatická detekce pohybujících se objektů (dále jen *videodetekce*); druhou je *automatické rozpoznání SPZ/RZ* (dále jen ALPR).

3.1 Analýza obrazu

Obě uvedené technologie mohou ve větším rozsahu fungovat jen díky rozvoji výpočetní techniky a rozvoji digitálního snímání obrazu. S pomocí videokamer lze měřit i dopravní parametry, dokonce více parametrů najednou. Detektory jsou zde vlastně virtuální a vozidla jsou detekována pomocí virtuálních smyček a algoritmů, což znamená, že omezujícími prvky jsou pouze zorné pole kamery a výpočetní výkon. Jednou kamerou je tedy možné sledovat více jízdních pruhů, což u ostatních detektorů většinou možné není.

3.1.1 Videodetekce

Pomocí videodetekce lze detekovat pohybující se objekty ve snímané scéně, konkrétně se detekuje přítomnost resp. průjezd vozidla. Tato technologie je využívána hlavně pro detekci jízdy na červenou a měření úsekové rychlosti. Je také nezbytná pro ALPR.

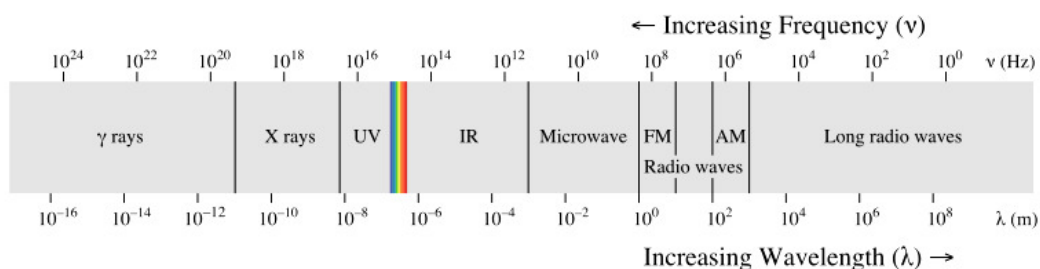
3.1.2 Technologie ALPR

Technologie ALPR je stěžejní pro rozpoznání SPZ/RZ při sledování přestupků, lze však najít i další příklady využití jako vyhledávání odcizených vozidel, elektronický výběr mýtného či omezení vjezdu do soukromých areálů. Podobně je možné číst i dodatkové tabulky na vozidlech (např. nebezpečný náklad). Technologie ALPR se dá zařadit k vědní disciplíně označované jako *počítačové vidění*.

3.2 Měření rychlosti

Měří se okamžitá a úseková rychlost. Okamžitá rychlost je rychlost zaznamenaná v jednom okamžiku a v jednom řezu pozemní komunikace, úseková rychlost je průměrná rychlost vozidla na sledovaném úseku.

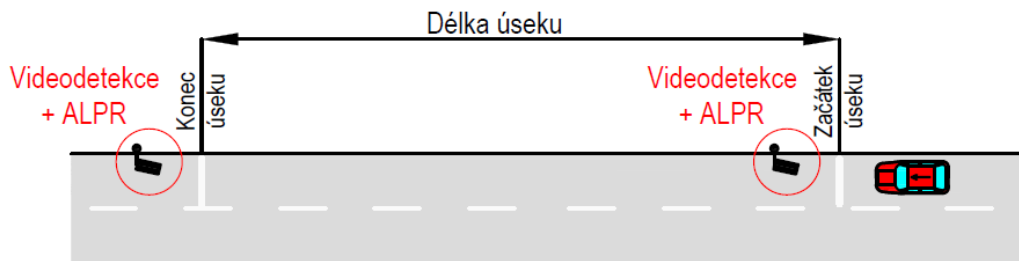
Měření okamžité rychlosti se provádí pomocí stacionárních nebo mobilních radarů. Měření mobilními radary, umístěnými ve vozzech, provádí Policie ČR na všech typech pozemních komunikací. Radary pracují na různých vysílacích frekvencích, podle toho je dělíme na mikrovlnné (Dopplerovské) a laserové (tzv. *lidary*). Mikrovlnné radary operují v oblasti mikrovln, lidary především v infračerveném spektru (viz obr. 2). Lasery mohou při kontaktu s lidskou tkání způsobovat její poškození, obzvláště závažně pak mohou poškodit lidské oko. Z tohoto důvodu se musejí používat lasery pro lidské zdraví neškodné – této problematice je věnována kap. 4.3.2.



Obrázek 2: Kmitočtové spektrum [12]. Upraveno.

Okamžitá rychlost se měří také pomocí indukčních smyček, které se řadí mezi tzv. *intrusivní* detektory neboli detektory zasahující do vozovky. Primárně se však používají pro detekci vozidel a měření dopravních parametrů. Na rozdíl od měření rychlosti radarem se neprovádí manuální měření rychlosti, ale pouze automatizované měření.

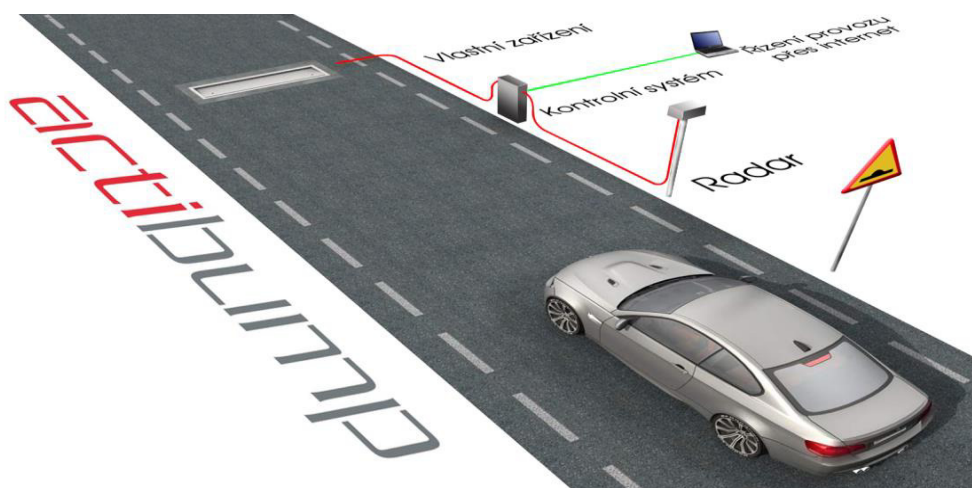
Měření úsekové rychlosti se provádí na vytipovaných úsecích, kde je žádoucí snížit rychlost celého dopravního proudu a kde je dlouhodobě překračována rychlost, např. na území hl. m. Prahy byla koncem roku 2014 měřena úseková rychlost na 35 úsecích [13]. Na začátku a na konci sledovaného úseku se detekuje průjezd a čas průjezdu vozidla a na základě známé délky úseku je pak vypočtena průměrná rychlost vozidla. Úsek by měl být mezikřižovatkový, bez sjezdů na soukromé pozemky. K detekci průjezdu vozidel se používá videodetekce na základě míjení grafického prvku na vozovce v kombinaci s ALPR. Schéma měření úsekové rychlosti je na obr. 3.



Obrázek 3: Schéma měření úsekové rychlosti.

3.2.1 Autonomní systémy pro měření rychlosti

Jako jediný příklad autonomního systému zde uvádím aktivní zpomalovací práh švédského výrobce Edeva AB, s obchodním označením *Actibump*. Systém je autonomní v tom, že řidiče, který se svým vozidlem překročí nejvyšší dovolenou rychlost, ihned a na místě penalizuje. Penalizace spočívá ve snížení komfortu jízdy. Je pravda, že i ostatní systémy pracují do jisté míry autonomně, nicméně penalizace je udělována prostřednictvím správního úřadu a lze se proti ní odvolat. Toto zařízení při překročení nejvyšší dovolené rychlosti vytvoří před vozidlem překážku, která donutí řidiče zpomalit. Na rozdíl od klasických zpomalovacích prahů nevytváří překážku nad úrovní vozovky, ale pod její úrovní tak, že vzniká prohlubeň. Ta má hloubku 60 mm a dle výrobce je navržena tak, aby nezpůsobila žádnému typu vozidla závadu. Pokud je dodržena rychlost, zpomalovací práh zůstane v neaktivní poloze a vytváří společně s vozovkou rovný, plynulý povrch bez překážky, takže řidič pocítí jen mírný ráz způsobený změnou povrchu a přejezdem rozhraní mezi vozovkou a zařízením. Zařízení tedy nutí řidiče zpomalit na požadovanou rychlost, stejně jako klasický zpomalovací práh, ale při dodržení rychlostního limitu mu umožní komfortní přejezd. Schéma systému viz obr. 4.



Obrázek 4: Vizualizace systému Actibump [14]. Upraveno.

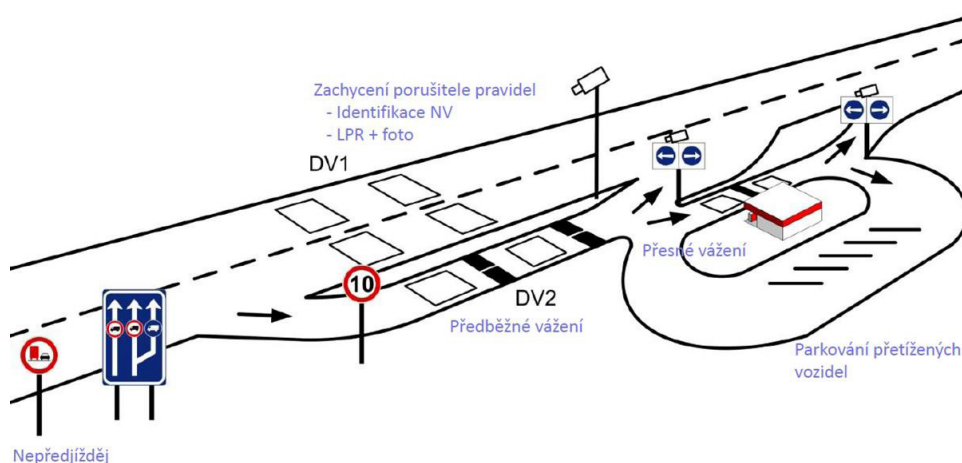
3.3 Detekce jízdy na červenou

Systémy RLVD (Red Light Violation Detection) se instalují na světelně řízených křižovatkách, především tam, kde dochází často k přestupkům a kde je vysoká nehodovost (nebo velké množství dopravních konfliktů), např. v Praze se průjezd na červenou detekuje na 15 křižovatkách [13]. Dnešní systémy využívají nejvíce videodetekci a ALPR. Dříve se pro detekci jízdy na červenou využívaly intrusivní detektory a videokamera pouze pořizovala důkazní snímky. Toto řešení je popsáno např. v [15].

3.4 Vážení vozidel za jízdy (WIM)

Systémy WIM uvádím především proto, že také mohou mít určitý vliv na bezpečnost dopravy. Přetížená vozidla neúměrně zatěžují nosnou konstrukci vozovky a způsobují její předčasnou degradaci, což znamená nejenom ekonomické ztráty, ale i bezpečnostní riziko, neboť stav vozovky se spolupodílí na vzniku dopravních nehod; krom toho je přetížené vozidlo hůře ovladatelné, tudíž méně bezpečné.

Existují poloautomatické WIM stanice (obr. 5), v nichž jsou všechna nákladní vozidla nad 3,5 tuny svedena do krajního jízdniho pruhu, kde dojde k předběžnému vážení v omezené rychlosti. Pokud vozidlo vyhovuje, je mu dán pomocí proměnné dopravní značky signál k opuštění WIM stanice; pokud je zjištěno přetížení, pokračuje vozidlo k přesnému převážení za asistence obsluhy. Když se přetížení potvrdí, postupuje se dle zákona o pozemních komunikacích a vozidlo pokračuje na odstavné parkoviště.



Obrázek 5: WIM poloautomatická stanice [16].

4 Principy fungování penalizačních systémů

Aby bylo možné posoudit spolehlivost systémů a technické limity při měření pomocí těchto systémů, je potřebné se seznámit s principy fungování těchto systémů. Ke každému systému proto na začátku každé podkapitoly uvádím nejprve technický popis, v případě potřeby i popis fyzikálních principů, což vede až k posouzení spolehlivosti měření. U vybraných systémů je pak posouzení spolehlivosti pro ještě hlubší pochopení problematiky a posouzení praktické použitelnosti rozšířeno o modelové příklady. Celou tuto kapitolu uvedu technologiemi pro analýzu obrazu, které jsou pro penalizační systémy nezbytné.

4.1 Analýza obrazu

4.1.1 Videodetekce

Existuje více metod videodetekce, postup je ovšem velmi často podobný. K pochopení principů videodetekce bude vhodné tento postup stručně krok po kroku popsat.

4.1.1.1 Postup videodetekce

Tvorba modelu prostředí

K vytvoření *modelu prostředí* lze použít více metod, např. metoda průměrování, metoda klouzavého průměru nebo metoda mediánová. Všechny využívají určitý počet snímků (25 až 100), z nichž je pro každý pixel referenčního snímku vypočtena „průměrná“ jasová hodnota. Příklad modelu prostředí vytvořeného z 25 snímků za plného provozu je na obr. 6. [17]

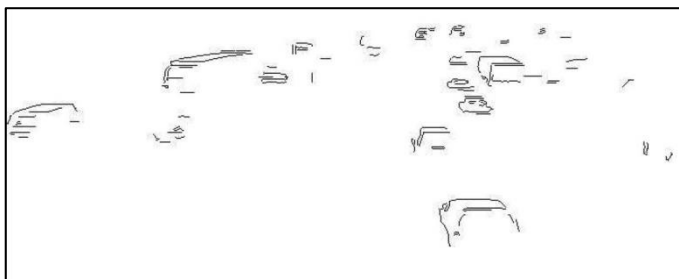


Obrázek 6: Tvorba modelu prostředí [17].

Hledání pohybujících se objektů

Pro vyhledání pohybujících se objektů existuje také více metod. První z nich vyhledává objekty na základě rozdílů mezi aktuálním snímkem a modelem prostředí. Rozdílový snímek v odstínech šedi se převádí na binární snímek a porovnává se s binárním modelem prostředí, čímž se operace zjednodušuje. Při převodu na binární snímek je důležité zvolit vhodnou hodnotu prahu, který udává, jaký odstín šedé bude považován za bílou a jaký za černou. Druhá metoda využívá také rozdíl mezi aktuálním snímkem a modelem, ale pouze

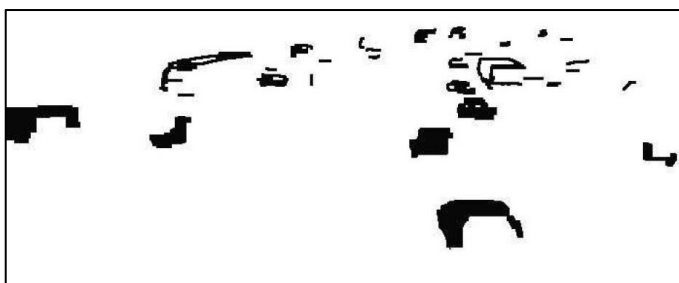
na základě detekovaných hran; hrany lze vyhledat za použití hranového detektoru, což je běžně užívaný algoritmus. Dle [17] lze velmi dobrých výsledků dosáhnout kombinací obou metod. Aby program nevyhledával objekty mimo jízdní pruhy, lze použít binární mapu snímané scény a vynásobit s ní nalezený binární rozdílový snímek. Na obr. 7 je vidět, jak vypadá scéna po detekci hran. [17]



Obrázek 7: Hrany pohybujících se objektů získané detekcí hran (inverzní barvy) [17].

Označení objektů

Nalezené objekty je třeba nějaký označit. Toho lze dosáhnout sloučením detekovaných hran (obrysů vozidel) do dostatečně velkých ucelených obrazců tak, že každému pixelu je přiřazen čtverec s délkou hrany několik pixelů (obr. 8). Poté se vyfiltrují solitérní hrany a shluky pixelů se transformují na obdélníky. Z obdélníku se pro lepší viditelnost skutečných objektů nakonec použije pouze obrys o tloušťce např. 2 pixely (obr. 9). [17]



Obrázek 8: Zvýrazněné detekované hrany [17].



Obrázek 9: Výsledek označení objektů pomocí popsané metody [17].

Je-li potřeba detekovat průjezd vozidla určitým profilem, např. pro sledování úsekové rychlosti či detekce jízdy na červenou, je vhodné detekovat vozidla na základě míjení grafického prvku (příčně čáry) na vozovce. V takovém případě není třeba vyhodnocovat změny všech pixelů, ale stačí se zaměřit pouze na tu část obrazu, kde se nachází grafický prvek.

4.1.1.2 Spolehlivost videodetekce

Videodetekce selhává při extrémním počasí, např. při sněhových vánicích nebo při husté mlze; problémy se vyskytují také v noci. V noční scéně jsou nejvýraznějšími objekty na vozidlech jejich světlomety, které ovšem vytváří značné odlesky na vozovce. Použije-li se vhodná metoda detekce pohyblivých objektů – dle [17] detekce hran v kombinaci s ekvalizací histogramu snímku pozadí a aktuálního snímku – lze objekty identifikovat se stejnou úspěšností jako při denním osvětlení.

4.1.2 Technologie ALPR

Pro rozpoznání SPZ/RZ vozidla je stěžejní *technologie OCR* (Optical Character Recognition). Algoritmus OCR zpracovává obraz, a pokud v něm identifikuje skupiny pixelů reprezentující text nebo číslice, převede je na znak nebo řetězec znaků *standardu ASCII*, který lze dále počítačově zpracovávat. Algoritmus se na tréninkové množině musí naučit, jaké znaky se mohou objevit a jak vypadají – vytvořit si databázi znaků. „*Při rozpoznávání se pak hledané znaky porovnávají s naučenou databází*“ [18]. Kromě toho je také nutné vědět, v jakém místě obrazu má algoritmus znaky hledat (lokalizovat SPZ/RZ).

4.1.2.1 Proces rozpoznání SPZ/RZ

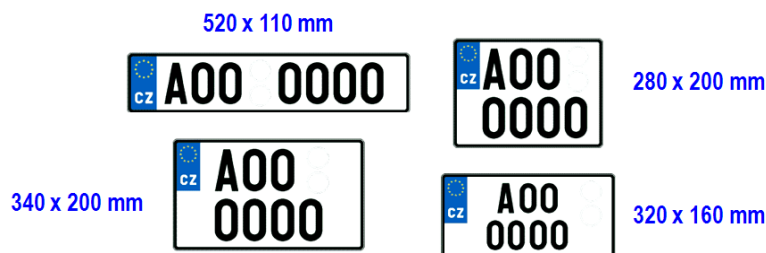
Proces rozpoznání SPZ/RZ se dá rozdělit do pěti fází:



Obrázek 10: Proces rozpoznání SPZ/RZ.

Pořízení snímku probíhá automaticky, snímek je uložen do databáze společně s datem a místem pořízení a záznamem o přestupku a slouží důkazní materiál. V rámci předzpracování se někdy provádí obrazové korekce jako např. vyvážení bílé barvy či odstranění soudkovitosti po použití širokoúhlého objektivu [19]. Lokalizace oblasti SPZ/RZ se provádí pomocí detekce hran, ve snímku jsou nalezeny tzv. *kandidátní oblasti* – obdélníky, které by mohly představovat tabulku SPZ/RZ. Na základě předpokládaných rozměrů SPZ/RZ je pak vybrán nejpravděpodobnější kandidát pro další zpracování. Pak je nalezený obdélník rozdělen na segmenty, v nichž se nacházejí jednotlivé znaky. I když je v ČR většina SPZ/RZ jednořádkových – s rozměry 520 x 110 mm – je možné se setkat i s víceřádkovými značkami (viz obr. 11). Proto je někdy nejprve potřeba provést segmentaci řádků. Omezený počet vstupních znaků a poměrně jednoznačně definovaný styl písma – včetně mezer, výšky a šířky znaku – umožňuje použít algoritmus, který rozdělí SPZ/RZ na jednotlivé segmenty na

základě znalosti rozmístění znaků. V poslední fázi je každý znak samostatně rozpoznán OCR modulem. Nepodaří-li se text identifikovat, zasahuje lidský faktor.



Obrázek 11: Různé rozměry RZ dle Vyhlášky č. 343/2001 Sb., o registraci vozidel [20].

4.1.2.2 Spolehlivost ALPR

Pro spolehlivost ALPR jsou zásadní dvě věci: kvalita pořízeného záznamu a spolehlivost rozpoznání znaků OCR. Spolehlivost OCR je především záležitostí algoritmu, který zde nebudu posuzovat. Kvalitu pořízeného záznamu lze ovlivnit volbou kamery a jejího vybavení, správným umístěním a nastavením.

Důležitou roli hraje vztah mezi dobou expozice a rychlostí vozidla. Při rychlosti $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1} \approx 14 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a rychlosti závěrky $1/50$ s urazí vozidlo za tuto dobu přibližně $0,28 \text{ m}$, což je téměř třikrát víc než výška nejčastější SPZ/RZ (110 mm). Proto by mohlo dojít k rozmazání snímku. Při rychlosti závěrky $1/500$ s dosáhneme hodnoty $0,028 \text{ m}$, při $1/1000$ pak $0,014 \text{ m}$. Je tedy dobré, aby použitá kamera měla rychlost závěrky $1/500$ s nebo nižší. Toto nabývá významu se zvětšujícím se úhlem snímání obrazu. [21]

Negativně působí zhoršené klimatické podmínky – hlavně déšť, sněžení a mlha; tyto negativní jevy ovšem není jednoduché kvantifikovat. Je logické, že identifikaci SPZ/RZ ztěžuje i znečištění a poškození SPZ/RZ.

Potíže může činit snímání obrazu v noci, kdy čelní světlomety automobilů vytvářejí silné protisvětlo, tomu lze ovšem předejít vhodně zvoleným úhlem snímání obrazu a speciálním vybavením kamery (zatmění). Také existují speciální LPR kamery pro čtení SPZ/RZ, ty jsou vybaveny infračervenými diodami pro přisvětlení scény. České SPZ/RZ (a většina zahraničních) jsou pro IR záření retroreflexní, což znamená, že paprsky záření dopadající na plochu značky se neodráží podle zákona dopadu a odrazu, ale rovnoběžně s paprsky dopadajícími. Aby byla tato vlastnost maximálně využita při čtení SPZ/RZ za různých světelných podmínek, musí být LPR kamera na infračervené záření dostatečně citlivá; zároveň je vhodné použít filtr na viditelnou část spektra. Snímek takto pořízený je monochromatický a je na něm vidět pouze SPZ/RZ, zato však roste pravděpodobnost rozpoznání. Snímek lze takto pořídít nejenom v noci, ale i ve dne, jak je vidět na obr. 12.

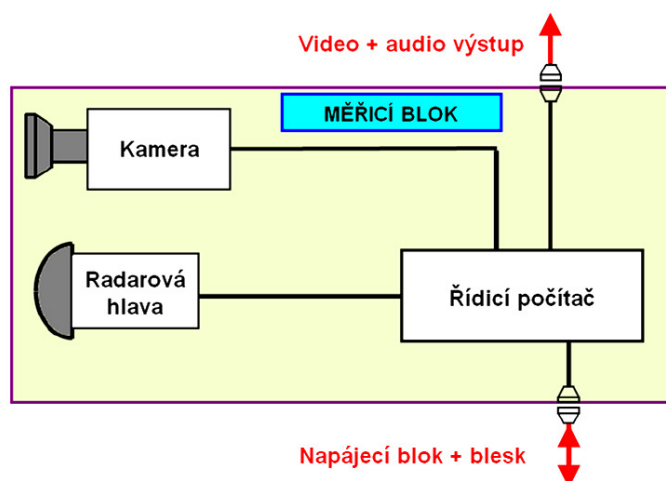


Obrázek 12: Snímek pořízení LPR kamerou ve dne (vlevo) a v noci (vpravo) [22].

Podle vyjádření Policie ČR se „úspěšnost správného rozpoznání registrační značky pohybuje okolo 90%. Pokud je registrační značka správně rozpoznána, je následná identifikace vozidla stoprocentní“ [23].

4.2 Měření okamžité rychlosti mikrovlnným radarem

Měření rychlosti zajišťuje měřicí blok zařízení, který se skládá z tří základních komponent: radarové hlavy, řídicího počítače a kamery (obr. 14). Radarová hlava vysílá elektromagnetické záření o určité frekvenci ve směru pozorovaného objektu, od kterého se odrazí zpět k radaru. Jestliže se pozorovaný objekt pohybuje jinou rychlostí než radar, odražené vlnění se vrací s jinou frekvencí, což elektronika radaru dokáže identifikovat. Z rozdílu frekvencí vypočítá řídicí počítač rychlost vozidla a vyhodnotí, zda došlo k přestupku. Zařízení také pořídí důkazní snímek. Rychlost lze měřit jak protijedoucím, tak vzdalujícím se vozidlům.



Obrázek 13: Blokové schéma radarového měřiče RAMER 10 T [24]. Upraveno.

Dopplerovský radar využívá frekvenční pásmo mikrovln, nejčastěji 34,0 GHz (s vlnovou délkou 8,82 mm). Má výkon kolem 2 mW a měří se s ním většinou na vzdálenost do 35 m, maximální vzdálenost se udává 60 m. Nízký vysílací výkon sice znamená nutnost signál na přijímači zesilovat, na druhou stranu však znesnadňuje odhalení radarovým detektorem (antiradarem). Svazek paprsků vysílaný radarem má úhel vyzařování pouhých 5°, což umožňuje dobré zaměření vozidla. Přesnost měření je výrobcem udávána:

- do 100 km/h $\pm 3\text{km/h}$;
- nad 100 km/h $\pm 3\%$. [24]

Pozn.: Veškeré informace uvedené v tomto odstavci se týkají radarů RAMER 10 českého výrobce *RAMET a. s.* Mikrovlnné radary jiných výrobců se mohou v konkrétních charakteristikách lišit.

4.2.1 Fyzikální principy

Mikrovlnný radar pracuje na základě Dopplerova jevu. Ten popisuje změnu frekvence a vlnové délky elektromagnetického vlnění v závislosti na vzájemném pohybu dvou těles – vysílače a přijímače. Tento jev nastává, pokud se dvě tělesa, z nichž jedno je zdrojem vlnění a druhé přijímačem vlnění, vůči sobě pohybují. Frekvence přijímaného signálu je potom jiná než frekvence signálu vyslaného. Vždy platí, že při vzájemném přibližování dvou objektů je frekvence vyšší a při jejich vzdalování nižší. Pro vlnovou délku λ platí přesný opak, protože:

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

kde: c rychlost šíření vlnění v daném prostředí [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$],
 f frekvence [Hz].

Při měření rychlosti v praxi mohou nastat dva případy:

- 1) pozorovaný objekt je v pohybu a zdroj vlnění je v klidu,
- 2) pohybují se zdroj vlnění i pozorovaný objekt.

V prvním případě se jedná buď o stacionární radar, nebo mobilní radar umístěný ve stojícím policejním automobilu. Přijímanou frekvenci f' pak zjistíme ze vztahu:

$$f' = f \frac{c + v_p}{c},$$

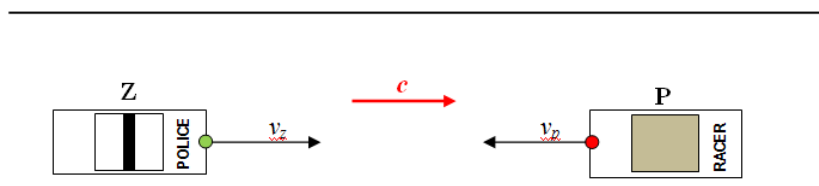
kde: v_p rychlost pohybu pozorovaného objektu [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$].

V druhém případě je mobilní radar umístěn v jedoucím policejním automobilu.

$$f' = f \frac{c + v_p}{c - v_z},$$

kde: v_z rychlost pohybu zdroje vlnění [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$].

Kladný smysl pro uvedené rychlosti je patrný z následujícího obrázku.



Obrázek 14: Znaménková konvence pro Dopplerův jev.

Při interakci elektromagnetického záření s látkou můžeme sledovat tři jevy: *reflexi* (odraz) záření, průchod látkou a *absorpci* záření v látce. Všechny tři jevy mají určitý negativní vliv na spolehlivost měření a jejich popis bude následovat.

4.2.2 Spolehlivost měření rychlosti mikrovlnným radarem

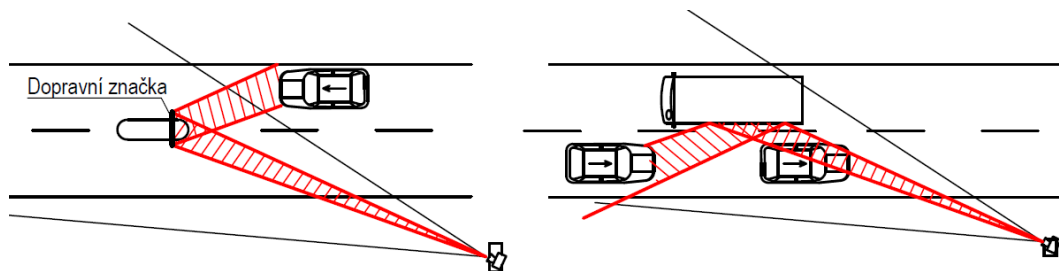
Na spolehlivost negativně působí vnější vlivy jako např. atmosférické podmínky, teplota, rušení elektromagnetickými signály či fyzické překážky, popř. i chyby měření způsobené nesprávným zacházením s přístrojem či nesprávnou kalibrací. Lidský faktor ovšem vynechám a zaměřím se pouze na ostatní vlivy.

Přístroje samotné jsou konstruovány tak, aby dobře odolávaly všem vnějším vlivům. Jsou odolné vůči nízkým i vysokým teplotám, vysoké atmosférické vlhkosti i dešti; stejně tak proti mechanickému poškození. Zajištěna je odolnost vůči vibracím a zrychlení. [24] S Dopplerovským radarem lze bez potíží měřit rychlost i za snížené viditelnosti či v noci, problém nastává pouze s pořízením důkazní fotografie či videozáznamu měřeného vozidla, což lze do jisté míry řešit buď klasickým bleskem, který ovšem nemá velký dosah, nebo v lepším případě infračerveným přisvícením – viz kap. 4.1.2.2.

4.2.2.1 Vliv reflexe na spolehlivost

Velice důležitým aspektem při měření rychlosti radarem je výběr stanoviště, v jehož blízkosti by se neměly nacházet žádné překážky, a to zejména kvůli jevu reflexe neboli nežádoucímu odrazu paprsku. Především „*v okolí osy anténního svazku hlavy měřicího přístroje $\pm 10^\circ$ se nesmí nacházet žádné překážky, které by mohly zapříčinit rušivou reflexi vysílaného signálu*“ [17]. K nejběžnějším předmětům způsobujícím reflexi patří dopravní značky (zejména větší), garážová vrata či parkující automobily, problémy ale mohou působit i stromy, vysoká křoviska a tráva. Pokud dojde při měření k reflexi, může být vozidlu změřena špatná rychlost nebo nemusí být správně vyfotografované, měření může být nakonec i zcela vynecháno [24]. Existují tři základní druhy reflexe: jednoduchá reflexe, dvojitá reflexe a reflexe na trojitém zrcadle. Poslední dva druhy jsou však velmi málo pravděpodobné.

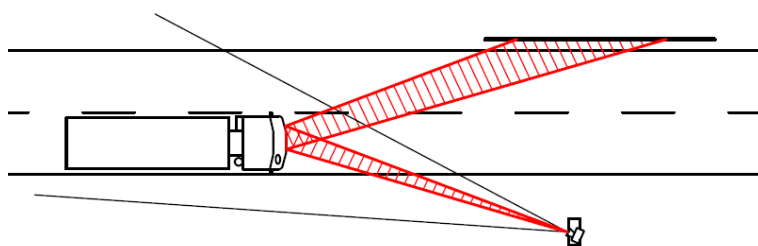
Jednoduchá reflexe může nastat na plochách rovnoběžných se směrem jízdy vozidla, např. odrazem paprsku od svodidel či parkujících vozidel. Také může nastat, pokud se paprsek odrazí od rozměrnějšího vozidla v jiném jízdním pruhu „*a dopadá na jiný automobil jedoucí ve směru měření*“ [24], obr. 15 vpravo. V tomto případě na snímku není zobrazeno žádné vozidlo, popř. je v neobvyklé poloze. Stejně tak může dojít k odrazu od dopravní značky a změření vozidla v protisměru, přičemž na snímku bude tato dopravní značka a bude jí přiřazena rychlost vozidla v protisměru, obr. 15 vlevo.



Obrázek 15: Dva příklady jednoduché reflexe. Vlastní obrázek autora dle [24].

V případě dvojité reflexe se paprsek odrazí od čelní plochy měřeného automobilu na vozidlo jedoucí v protisměru a od něj zase zpět na první vozidlo a k měřicímu přístroji. Na snímku je zachyceno správné vozidlo, avšak změřená rychlost se rovná součtu rychlosti druhého automobilu a dvojnásobku rychlosti prvního automobilu. [24]

Reflexe na trojitém zrcadle se podobá dvojité reflexi, ale zatímco u ní se paprsek odráží od dvou víceméně rovnoběžných ploch, v tomto případě jsou na sebe tyto plochy kolmé (obr. 16). K tomuto jevu dochází obvykle v místech, „kde se vyskytují ocelové konstrukce, jako např. mosty, kovové lešení, apod. (...) Jev na trojitém zrcadle se projeví naměřením dvojnásobné rychlosti oproti skutečné rychlosti měřeného vozidla“ [25].



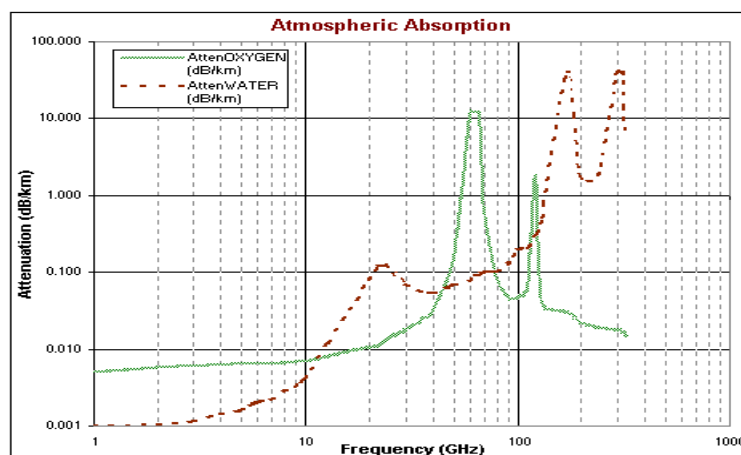
Obrázek 16: Odraz na trojitém zrcadle. Vlastní obrázek autora dle [24].

4.2.2.2 Vliv absorpce na spolehlivost

Absorpce je fyzikální děj, který se odehrává až na subatomární úrovni a popisuje se pomocí kvantové fyziky. Při absorpci záření dojde k absorbování fotonu a „předání jeho energie absorbujícímu objektu“ [26]. Energie je nejčastěji absorbována elektronem, který je tím převeden do vyššího energetického stavu. Schopnost absorbovat záření mají látky pevného skupenství, ale i kapaliny a plyny, které jsou běžně obsaženy v atmosféře. Např. voda v kapalném skupenství absorbuje mikrovlnné elektromagnetické záření do takové míry, že ji s jeho pomocí lze přivést k varu (princip ohřevu v mikrovlnné troubě).

Absorpce způsobuje útlum záření i za normálního počasí, především ale ve spojitosti s deštěm, mlhou a sněžením, kdy navíc dochází k rozptýlu záření na vodních kapkách. Útlum způsobený sněžením a mlhou je relevantní při frekvenci vyšších než cca 30 GHz, útlum způsobený deštěm nad 10 GHz. [27]

Na obr. 17 je znázorněna velikost *měrného útlumu* elektromagnetického záření v závislosti na frekvenci záření v oblasti EHF a SHF. Červená přerušovaná křivka znázorňuje vodní absorpci, zelená absorpci kyslíkem. Na první pohled jsou patrné píky pro některé specifické frekvence; u nich dochází k silné interakci mezi fotony elektromagnetického záření a molekulami vodní páry (H₂O) či atomy kyslíku (O₂). Je vidět, že trend útlumu je stoupající. Graf je v logaritmickém měřítku.



Obrázek 17: Útlum elektromagnetického záření v oblasti SHF a EHF [28].

4.2.3 Praktická použitelnost měření rychlosti radarem

Abych dále prověřil spolehlivost měření mikrovlnným radarem, připravil jsem několik modelových příkladů, pro které jsem vypočítal útlum elektromagnetického záření, a na základě přeneseného výkonu posoudil, zda lze systém ještě použít, či nikoliv. Jako měřicí přístroj jsem vybral radarový měřič RAMER 10 českého výrobce RAMET a. s. Tento přístroj má následující parametry:

- vysílací frekvence: $34,0 \pm 0,1$ % GHz;
- vysílací výkon typicky: 2 ± 1 mW;
- šířka svazku antény: $5^\circ \pm 1^\circ$;
- zisk antény 10^3 ;
- prahová citlivost přijímače 10^{-12} W;
- maximální vzdálenost měřeného objektu: 60 m;
- rozsah zaručované přesnosti měření: 20 km/h až 250 km/h.

Jako kritérium spolehlivosti měření rychlosti jsem použil prahovou citlivost přijímače 10^{-12} W. Pokud je výsledný přenesený výkon větší než 10^{-12} W, měření **vyhovuje**; pokud je menší, pak **nevhovuje**. Pokud měření nevyhovuje, přístroj buď nenaměří žádnou hodnotu, nebo je naměřena hodnota s příliš vysokou nejistotou, takže přestupek nemůže být spolehlivě posouzen.

Vytvořil jsem pět scénářů:

1. normální počasí;
2. déšť;
 - a. silný déšť,
 - b. přívál,
 - c. průtrž mračen (úhrn 50 mm.h⁻¹),
 - d. průtrž mračen (úhrn 150 mm.h⁻¹).

Pro výpočet přeneseného výkonu P_p jsem použil radiolokační rovnici ve tvaru pro společnou vysílací a přijímací anténu:

$$P_p = \frac{P_v G^2 \sigma \lambda^2 \xi}{(4\pi)^3 r^4 L} = \frac{P_v G^2 \sigma c^2 \xi}{(4\pi)^3 r^4 f^2 L'}$$

- kde: P_v - vysílací výkon,
 G - zisk antény,
 σ - efektivní odrazná plocha vozidla,
 ξ - celkové polarizační ztráty,
 r - vzdálenost radaru a cíle,
 L - vnitřní ztráty.

$$\xi = |\cos \psi|^2,$$

- kde: ψ - úhel mezi vektory vlny vyslané a odražené.

V případě totožné vysílací a přijímací antény:

$$\psi = 0^\circ \rightarrow \xi = 1.$$

Při průchodu atmosférou k cíli a zpět, tzn. na dráze $2r$, se vlivem atmosférické absorpce zmenší přenesený výkon P_0 na:

$$P = P_0 e^{-0,46\alpha r}.$$

Při výpočtu jsem neuvažoval vnitřní ztráty a vzhledem k výše uvedenému nebylo nutné uvažovat ani polarizační ztráty, takže kombinací posledních dvou vztahů:

$$P_p = \frac{P_v G^2 \sigma c^2}{(4\pi)^3 r^4 f^2} e^{-0,46\alpha r}.$$

Efektivní odraznou plochu osobního automobilu jsem zvolil stejnou jako výrobce radaru:

$$\sigma = 1 \text{ m}^2.$$

4.2.3.1 Normální počasí

I při normálním počasí bude přítomen útlum H₂O, neboť se jedná o útlum vlivem vodních par obsažených ve vzduchu. Z výše uvedeného grafu (obr. 17, str. 30) vyplývá, že pro frekvenci 34,0 GHz je celkový měrný útlum α asi 0,1 dB.km⁻¹, nebo 10⁻⁴ dB.m⁻¹ (součet hodnot 0,03 dB.km⁻¹ pro absorpci O₂ a 0,07 dB.km⁻¹ pro H₂O). Uvažoval jsem měření na vzdálenost 30 m. Dále jsem pro zjednodušení uvažoval stejnou frekvenci vyslaného i odraženého záření, neboť Dopplerův posuv může u tohoto přístroje nabývat hodnoty maximálně 14,6 MHz, což je pro tento výpočet zanedbatelné. Výstupní výkon je definovaný 2 ± 1 mW, tudíž budu počítat s nejnižší zaručenou hodnotou 1 mW. Minimální potřebný přenesený výkon je 10⁻¹² W.

$$P_v = 1 \cdot 10^{-3} \text{ W}; G = 10^3; \sigma = 1 \text{ m}^2; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}; \alpha = 10^{-4} \text{ dB.m}^{-1}; r = 30 \text{ m}; f = 3,4 \cdot 10^{10} \text{ Hz.}$$

$$P_p = ?$$

$$P_p = \frac{P_v G^2 \sigma c^2}{(4\pi)^3 r^4 f^2} e^{-0,46\alpha r} = \frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 10^8}{(4\pi)^3 \cdot 30^4 \cdot 3,4 \cdot 10^{10}} e^{-0,46 \cdot 10^{-4} \cdot 30}$$

$$P_p = 4,8 \cdot 10^{-11} \text{ W} > 10^{-12} \text{ W}$$

Závěr: **vyhovuje**.

4.2.3.2 Déšť

Při dešti budu měrný útlum α počítat pomocí empirického vztahu:

$$\alpha = aR^b,$$

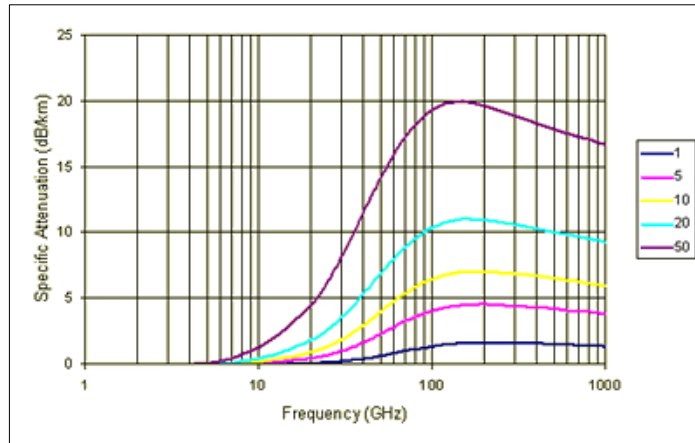
kde: R - intenzita srážek [mm.h⁻¹],

a, b - empiricky zjištěné koeficienty v závislosti na frekvenci záření.

Tabulka 2: Empiricky získané koeficienty pro výpočet útlumu deštěm [29].

f [GHz]	a	b
30	0,187	1,021
40	0,350	0,939

Pro frekvenci 34,0 GHz není tabulková hodnota, tudíž jsem hodnotu specifického útlumu interpoloval z hodnoty vypočtené pro frekvence 30 GHz a 40 GHz. Na obr. 18 je vidět, že závislost specifického útlumu na frekvenci není lineární, ale spíše logaritmická, a tak nelze interpolovat lineárně.



Obrázek 18: Specifický útlum vlivem deště pro různé intenzity srážek [29].

a) Silný déšť

$$R = 10 \text{ mm.h}^{-1}.$$

$$P_p = ?$$

$$f = 30 \text{ GHz: } a_{30} = 0,187, b_{30} = 1,021:$$

$$\alpha_{30} = 0,187 \cdot 10^{1,021} = 1,96 \text{ dB.km}^{-1}$$

$$f = 40 \text{ GHz: } a_{40} = 0,350, b_{40} = 0,939:$$

$$\alpha_{40} = 0,350 \cdot 10^{0,939} = 3,04 \text{ dB.km}^{-1}$$

Pro frekvenci 34,0 GHz lze hodnotu interpolovat takto:

$$\log(\alpha_{34}) = \log\left(\frac{\alpha_{40}}{\alpha_{30}}\right) \cdot \log(34 - 30) + \log(\alpha_{30})$$

$$\log(\alpha_{34}) = \log\left(\frac{3,04}{1,96}\right) \cdot \log(4) + \log(1,96)$$

$$\log(\alpha_{34}) = 0,41$$

$$\alpha_{34} = 2,55 \text{ dB.km}^{-1} = 2,55 \cdot 10^{-3} \text{ dB.m}^{-1}$$

$$P_p = \frac{P_v G^2 \sigma c^2}{(4\pi)^3 r^4 f^2} e^{-0,46\alpha r} = \frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 10^8}{(4\pi)^3 \cdot 30^4 \cdot 3,4 \cdot 10^{10}} e^{-0,46 \cdot 2,55 \cdot 10^{-3} \cdot 30}$$

$$P_p = 4,7 \cdot 10^{-11} \text{ W} > 10^{-12} \text{ W}$$

Závěr: **vyhovuje.**

b) Příval

$$R = 20 \text{ mm.h}^{-1}.$$

$$P_p = ?$$

$$\alpha_{30} = 0,187 \cdot 20^{1,021} = 4,86 \text{ dB.km}^{-1},$$

$$\alpha_{40} = 0,350 \cdot 20^{0,939} = 5,83 \text{ dB.km}^{-1},$$

$$\log(\alpha_{34}) = \log\left(\frac{5,83}{4,83}\right) \cdot \log(4) + \log(4,86) = 0,73$$

$$\alpha_{34} = 5,42 \text{ dB.km}^{-1} = 5,42 \cdot 10^{-3} \text{ dB.m}^{-1}$$

Přenesený výkon:

$$P_p = \frac{P_v G^2 \sigma c^2}{(4\pi)^3 r^4 f^2} e^{-0,46\alpha r} = \frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 10^8}{(4\pi)^3 \cdot 30^4 \cdot 3,4 \cdot 10^{10}} e^{-0,46 \cdot 5,42 \cdot 10^{-3} \cdot 30}$$

$$P_p = 4,5 \cdot 10^{-11} \text{ W} > 10^{-12} \text{ W}$$

Závěr: **vyhovuje.**

c) Průtrž mračen (úhrn 50 mm.h⁻¹)

$$R = 50 \text{ mm.h}^{-1}.$$

$$P_p = ?$$

$$\alpha_{30} = 0,187 \cdot 50^{1,021} = 10,15 \text{ dB.km}^{-1},$$

$$\alpha_{40} = 0,350 \cdot 50^{0,939} = 13,78 \text{ dB.km}^{-1},$$

$$\log(\alpha_{34}) = \log\left(\frac{13,78}{10,15}\right) \cdot \log(4) + \log(10,15) = 1,09$$

$$\alpha_{34} = 12,20 \text{ dB.km}^{-1} = 0,0122 \text{ dB.m}^{-1}$$

Přenesený výkon:

$$P_p = \frac{P_v G^2 \sigma c^2}{(4\pi)^3 r^4 f^2} e^{-0,46\alpha r} = \frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 10^8}{(4\pi)^3 \cdot 30^4 \cdot 3,4 \cdot 10^{10}} e^{-0,46 \cdot 0,0122 \cdot 30}$$

$$P_p = 4,1 \cdot 10^{-11} \text{ W} > 10^{-12} \text{ W}$$

Závěr: **vyhovuje.**

d) Průtrž mračen (úhrn 150 mm.h⁻¹)

R = 150 mm.h⁻¹.

$P_p = ?$

Pro intenzitu srážek 150 mm/h už nebylo možné použít informace z [29], proto jsem hodnotu pouze odhadl z grafu [30].

$$\alpha_{34(ODHAD)} = 40 \text{ dB} \cdot \text{km}^{-1} = 0,04 \text{ dB} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$P_p = \frac{P_v G^2 \sigma c^2}{(4\pi)^3 r^4 f^2} e^{-0,46\alpha r} = \frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 10^8}{(4\pi)^3 \cdot 30^4 \cdot 3,4 \cdot 10^{10}} e^{-0,46 \cdot 0,04 \cdot 30}$$

$$P_p = 2,8 \cdot 10^{-11} \text{ W} > 10^{-12} \text{ W}$$

Závěr: **vyhovuje**.

V tabulce 3 jsou uvedeny výsledky výpočtu pro vzdálenosti měření od 10 m až po maximální vzdálenost 60 m. Tabulka udává riziko selhání měření. Pro její posouzení jsem zvolil následující škálu:

- bez rizika: $P_p \geq 10^{-11} \text{ W}$;
- nízké riziko: $P_p \geq 3 \cdot 10^{-12} \wedge P_p < 10^{-11} \text{ W}$;
- střední riziko: $P_p \geq 1 \cdot 10^{-12} \wedge P_p < 3 \cdot 10^{-12} \text{ W}$;
- vysoké riziko: $P_p \approx 10^{-12} \text{ W}$ nebo $P_p < 10^{-12} \text{ W}$.

Riziko v tomto kontextu chápu jako riziko, že měření selže nebo že naměřená hodnota nebude věrohodná. V případě „bez rizika“ lze měřit rychlost bez problémů. V případě nízkého rizika lze měření doporučit, ale je třeba věnovat větší pozornost vnějším vlivům a dbát na přesné dodržování návodu k použití. V případě středního rizika platí stejná doporučení jako u nízkého rizika, navíc je třeba věnovat zvýšenou pozornost obdrženým výsledkům, nicméně měření za účelem vybírání sankcí nelze zcela doporučit. V případě vysokého rizika doporučuji neprovádět měření.

Tabulka 3: Matice rizika pro měření rychlosti radarem.

MATICE RIZIKA (přenesený výkon [W])		Intenzita srážek [mm/h]				
		0	10	20	50	150
Měřicí vzdálenost [m]	10	3,9.10 ⁻⁹	3,9.10 ⁻⁹	3,8.10 ⁻⁹	3,7.10 ⁻⁹	3,3.10 ⁻⁹
	20	2,4.10 ⁻¹⁰	2,4.10 ⁻¹⁰	2,3.10 ⁻¹⁰	2,2.10 ⁻¹⁰	1,7.10 ⁻¹⁰
	30	4,8.10 ⁻¹¹	4,7.10 ⁻¹¹	4,5.10 ⁻¹¹	4,0.10 ⁻¹¹	2,8.10 ⁻¹¹
	40	1,5.10 ⁻¹¹	1,5.10 ⁻¹¹	1,4.10 ⁻¹¹	1,2.10 ⁻¹¹	7,3.10 ⁻¹²
	50	6,2.10 ⁻¹²	5,9.10 ⁻¹²	5,5.10 ⁻¹²	4,7.10 ⁻¹²	2,5.10 ⁻¹²
	60	3,0.10 ⁻¹²	2,8.10 ⁻¹²	2,6.10 ⁻¹²	2,2.10 ⁻¹²	1,0.10 ⁻¹²

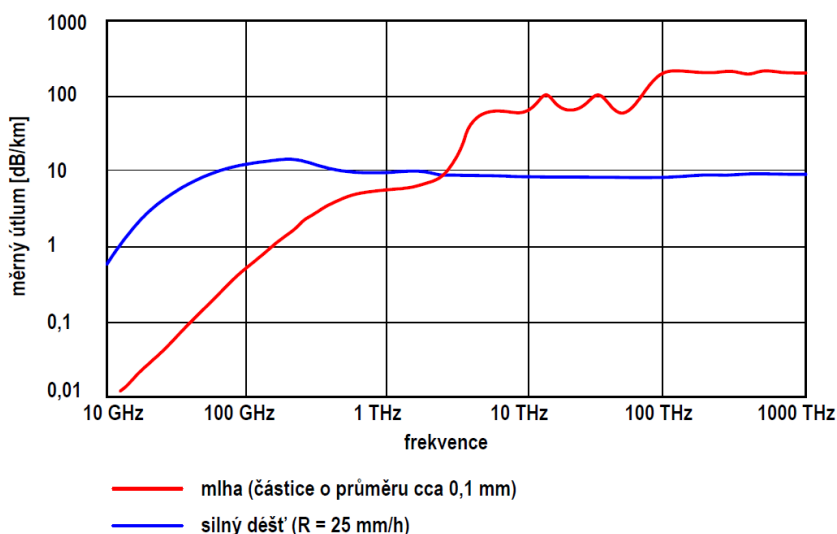
4.3 Měření okamžité rychlosti lidarem

Při měření rychlosti lidarem hovoříme o tzv. *impulzním měření*. Zařízení vyšle v přesně daném časovém odstupu dva impulzy, které se postupně odrazí od sledovaného vozidla. Pokud se toto vozidlo bude pohybovat, vrátí se signály s jiným časovým odstupem, než s jakým byly vyslány. Na základě rozdílu těchto dvou hodnot se určí vzdálenost, jakou vozidlo za daný čas urazilo, a tím pádem i jeho rychlost.

Pomocí lidarů lze změřit rychlost a přestupek „*fotograficky zdokumentovat, včetně detailního snímku SPZ/RZ a obličeje řidiče*. Snímky se ukládají na paměťovou kartu pro další zpracování“ [31]. Ve výbavě české policie jsou přenosné, tzv. pistolové lidary (podle jejich tvaru připomínajícího pistolu). Přenosným lidarem lze měřit rychlost vozidel na vzdálenost 15 až 1000 m, ovšem prakticky lze použít pouze na vzdálenost do 200 m, aby bylo možné pořídit dobře vypovídající fotografii vozidla a řidiče. Rozsah měření rychlosti je až do 350 km/h. Přesnost se udává ± 2 km/h.

4.3.1 Spolehlivost měření lidarem

Vlnová délka často používaného gallium-arsenového laseru je 904 nm, což odpovídá frekvenci asi 330 THz. Tyto vlny jsou mnohem kratší než rádiové, což způsobuje jiné chování vlny než u mikrovlnného radaru. Měření lidarem je ovlivněno počasím – projevuje se absorpce, reflexe a rozptyl. Jak je patrné z obr. 19, od frekvence cca 100 GHz se měrný útlum pro vyšší frekvence už prakticky nemění. Naopak rostoucí trend lze pozorovat u mlhy, což je dáno menší vlnovou délkou, která je ve srovnání s průměrem vodních kapiček rozptýlených v atmosféře mnohem menší.



Obrázek 19: Měrný útlum pro GHz a THz frekvence. Vlastní obrázek autora dle [30].

Při dešti dochází k ovlivnění signálu a vzniku *šumu*, takže je pak detekován signál, jehož charakteristiky se pohybují v určitém intervalu okolo správné hodnoty. Takto ovlivněný signál může být přesto zpracován za použití STC jednotky (Sensitive Time Control) [32]. Stejným způsobem lze odstranit šum i při sněžení, ovšem záleží na intenzitě srážek. Dle [32] navzdory vyššímu útlumu mlha nečiní tak velké potíže jako sníh a déšť. Sluneční světlo zhoršuje poměr signál-šum, nejvíce při malých úhlech mezi vysílanými laserovými paprsky a slunečními paprsky. Úhel menší než 10° může měření úplně znemožnit. Doporučuje se tedy neměřit s přístrojem namířeným proti slunci nebo alespoň dodržet dostatečně velký úhel. [32]

Test německého autoklubu ADAC, který testoval tři laserové měřiče rychlosti, ukázal, že při měření lidarem může dojít k záměně vozidel, pokud není laserový svazek namířen přesně na tabulku SPZ/RZ vozidla. Zpráva také udává, že na vině není pouze lidský faktor, ale chyba může být způsobena i špatným seřízením přístroje. [33]

4.3.2 Ochrana zdraví při používání laserů

S ochranou zdraví při používání laserů souvisí zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, ke kterému bylo vydáno nařízení vlády č. 1/2008 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením, ve znění pozdějších předpisů.

Pro oči je nejvíce škodlivé záření o vlnové délce přibližně od 400 do 1400 nm. Riziko poškození zraku však nezávisí pouze na vlnové délce záření, nýbrž také na *době expozice* a *velikosti zářivého toku* (výkonu záření). Zářivý tok je dán energií záření procházející sledovaným místem (plochou) za časovou jednotku. Pro různé vlnové délky a doby expozice existují různé hodnoty tzv. *nejvyšší přípustné hodnoty expozice* (MPE), což je maximální „*velikost zářivého toku ..., kterému může být za normálních okolností vystavena osoba bez projevu nepříznivých vlivů ozáření*“ [34]. Hodnoty MPE lze nalézt v příloze k [35].

4.3.2.1 Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví

Tento zákon definuje neionizující záření jako „*elektrická a magnetická pole a elektromagnetická záření o frekvenci do $1,7 \cdot 10^{15}$ Hz*“ (§ 35 odst. 1 [35]). Dále udává povinnosti osob, které používají či provozují stroje a zařízení emitující neionizující záření. V § 36 jsou uvedeny povinnosti výrobce a dovozce laseru. [35]

4.3.2.2 Nařízení vlády č. 1/2008 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením

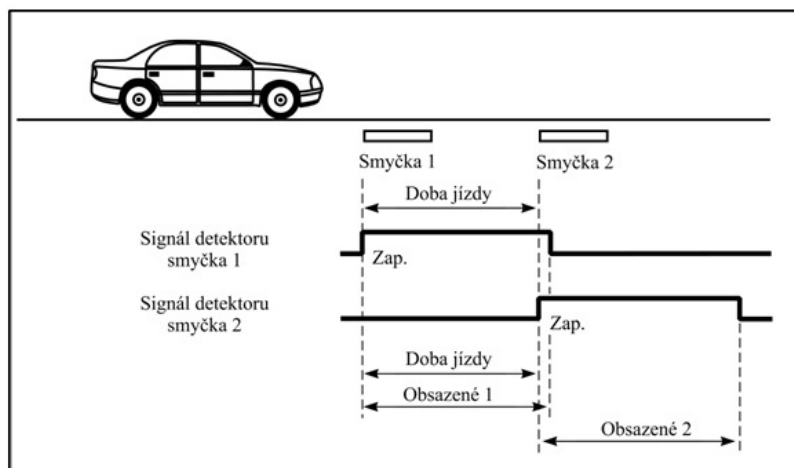
Tento předpis upravuje způsob zařazení laserů do tříd (§ 9 [36]). Při zařazování laserů do tříd se postupuje podle ČSN EN 60825-1:2007. Podlé této technické normy se laserová zařízení dělí do 7 tříd (třída 1 až 4 a jejich podtřídy). Rozdělení je provedeno na základě limitů přípustné emise, což je veličina odvozená od MPE. Lasery zařazené do třídy 1 jsou potenciálně nejméně nebezpečné, kdežto lasery zařazené do třídy 4 nejvíce.

V § 10 tohoto právního předpisu jsou vyjmenovány všechny náležitosti, které musí být uvedeny v technické dokumentaci laseru. Jsou to fyzikální charakteristiky, jako druh laseru a jeho vlnová délka, režim generování záření (spojitý, impulsní, impulsní s vysokou opakovací frekvencí) a energie záření, dále zařazení do tříd dle ČSN EN 60825-1:2007, návody k obsluze a instalaci, výrobní a identifikační údaje a další. [36]

Podle údajů uvedených v ČSN EN 60825-1:2007 by lidary měly splňovat požadavky na laserová zařízení třídy 1 nebo 1M.

4.4 Měření okamžité rychlosti indukčními smyčkami

Ze signálu dodaného indukční smyčkou se určuje průjezd vozidla, pro měření rychlosti je tudíž nutno instalovat dvě smyčky za sebou (obr. 20). Výpočet rychlosti je pak principiálně stejný jako u měření úsekové rychlosti, proto se někdy tento způsob měření označuje jako úsekové, "miniúsekové" či "miniúsekovka". Pořád ale platí, že se sleduje okamžitá rychlost.



Obrázek 20: Schéma měření rychlosti dvěma indukčními smyčkami [16].

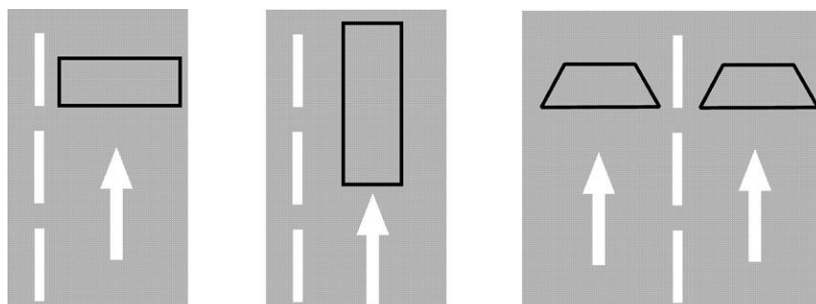
Indukční smyčky mohou mít různý tvar, který se volí podle umístění a účelu použití, tak aby se minimalizovaly chyby měření či vzájemné ovlivnění smyček. K měření rychlosti je pro smyčku patrně nejvhodnější tvar obdélníku, orientovaný dle obr. 21 vlevo, neboť zaručuje nejmenší pravděpodobnost zastavení vozidla na smyčce a téměř bodovou detekci vozidla; průběh *rozladění* je strmější, a proto lépe čitelný a zaznamenanatelný.

$$\text{Rozladění} = \frac{\Delta L}{L},$$

kde: L vlastní indukčnost.

Smyčky se také mohou umístit o něco blíže za sebe, což umožňuje měřit rychlost na kratším úseku, čímž se více blíží okamžité rychlosti. U takto orientované smyčky je také velmi malá pravděpodobnost (při vyšších rychlostech prakticky nulová), že se na smyčce nacházejí dvě vozidla zároveň. Orientace smyčky dle obr. 21 uprostřed je naopak vhodnější pro zjišťování

obsazenosti úseku, protože pravděpodobnost, že na ni vozidlo zastaví, je vysoká. Tvar smyčky úplně vpravo (obr. 21) se používá tam, kde jsou dva souběžné stejnosměrné jízdní pruhy, protože zaručuje menší vzájemné ovlivnění smyček ze stran. [16]



Obrázek 21: Tvary indukčních smyček [16].

Bylo řečeno, že pro zjištění rychlosti pomocí indukčních smyček jsou nutné dvě smyčky, teoreticky je ovšem možné měření rychlosti jednou smyčkou. Metoda je náročnější na výpočetní techniku, nicméně je z evidentních důvodů levnější. "Jednosmyčková" metoda spočívá ve vypočtení rychlosti na základě vyhodnocení časové změny rozladění smyčky. Při vyšší rychlosti dosáhne rozladění maximální hodnoty dříve než při rychlosti nižší a náběh rozladění bude strmější. Nevýhodou je, že není prokázána přesnost měření rychlosti touto metodou, tudíž se nehodí pro penalizační systémy. Pro měření rychlosti dopravního proudu by však mohla být vhodná.

4.4.1 Fyzikální principy

Indukční smyčka se zásadně neliší od vodivé smyčky. Každá vodivá smyčka má svoji charakteristickou *vlastní indukčnost*, která závisí na jejím tvaru, jejích rozměrech a na magnetických vlastnostech prostředí. Zjednodušený výpočet pro jednotkovou relativní permeabilitu – tedy pro vakuum – a pro smyčku s jedním závitem:

$$L = \mu_0 r \left(\ln \frac{8r}{a} - \frac{7}{4} \right),$$

kde: μ_0 relativní permeabilita vakua,

r poloměr smyčky,

a poloměr průřezu vodiče.

Na indukční smyčku lze pohlížet i jako na cívku s jedním nebo několika málo závity, ve výpočtu je pak zohledněna i relativní permeabilita prostředí:

$$L = \mu_0 \mu_r \frac{N^2 S}{l},$$

kde: μ_r relativní permeabilita prostředí,
 N počet závitů cívky,
 S plocha cívky,
 l výška cívky (v podstatě N-krát průměr vodiče).

Protéká-li vodičem střídavý elektrický proud, ve vodiči se indukuje napětí přímo úměrné vlastní indukčnosti vodiče a proudu. Za předpokladu, že vlastní indukčnost daného vodiče je konstantní, indukované napětí U_{in} :

$$U_{in} = -\frac{d\Phi}{dt} = -L \frac{dI}{dt},$$

kde: Φ magnetický indukční tok smyčkou (vodičem),
 I elektrický proud procházející smyčkou.

Tím, že se do blízkosti smyčky dostane vozidlo, které má také určitou vlastní indukčnost, dojde k jejich vzájemnému ovlivnění (ke změně indukčnosti), a tak i ke změně indukovaného napětí. Napětí a jeho změny lze jednoduše změřit voltmetrem a zaznamenat.

4.4.2 Spolehlivost měření indukčními smyčkami

Při poruše indukční smyčky jsou opravy finančně a časově náročné. K mechanické poruše může dojít např. najetím velmi těžkého vozidla, je-li narušena obrusná vrstva vozovky; do drážky, v níž je smyčka umístěná, se také může dostat voda. Také může dojít k porušení kabeláže při neopatrných opravách nezpevněné části krajnice.

Pokud je smyčka dobře umístěna a kalibrována, měření bude spolehlivé. Řidič se může pokusit detektor objet a je možné, že se mu to povede do té míry, že rozladění smyčky bude příliš malé, než aby se dal s jistotou určit průjezd vozidla. Velkou roli tedy hraje umístění detektoru. S tím také souvisí správná citlivost detektoru, která závisí na hloubce uložení (čím hlouběji, tím nižší citlivost), délce kabelů a vlastnostech vozovky (ideálně elektricky nevodivý materiál). Důležitá je přiměřeně velká vlastní indukčnost cívky, kterou ovlivňují hlavně rozměry cívky.

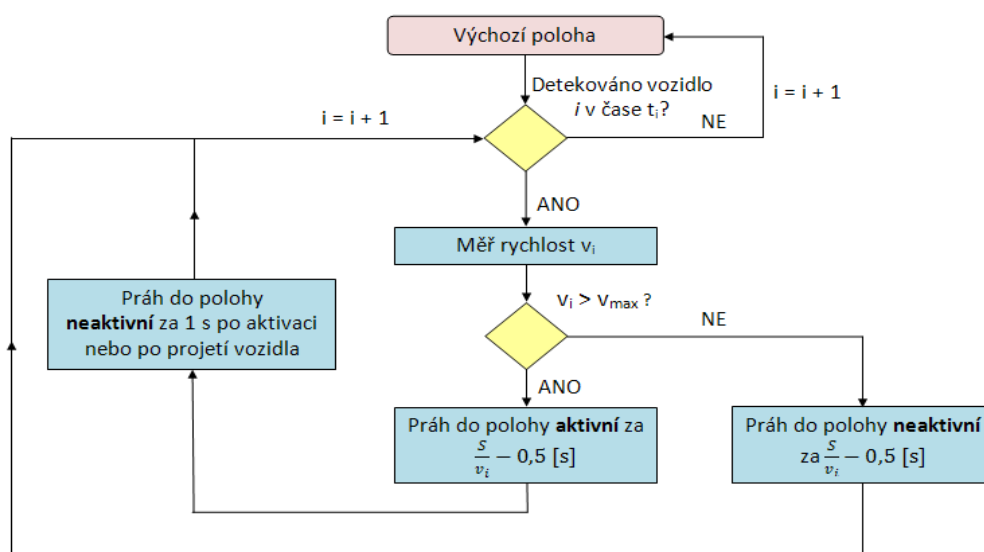
Problémy nastávají spíše v případech, kdy se data z indukčních smyček používají pro řízení dopravy. Signál totiž ztrácí vypovídací hodnotu, pokud na něm zastaví vozidlo (neplatí pro prodlužovací detektory). V Praze byl zaznamenán případ, kdy se opravoval úsek komunikace a na smyčku byl odstaven kontejner, takže se detektor stále jevil jako obsazený.

4.5 Aktivní zpomalovací práh Actibump

Zařízení je vybaveno samostatným měřidlem rychlosti a řídicí jednotkou, která vyhodnocuje naměřená data a ovládá vlastní zařízení. Krom toho musí být přítomno i odpovídající svislé dopravní značení. Vlastní zařízení se skládá z ocelové skříně a pohyblivého poklopu. Uvnitř je umístěn elektromotor, který ovládá pohyb poklopu, kabeláž a válec, který se otáčí okolo excentrické osy, což umožňuje pohyb poklopu nahoru a dolů. Celá skříně je zapuštěna do betonového obalu. Pojížděná část aktivního zpomalovacího prahu je vyrobena z oceli, tudíž má jiný koeficient smykového tření než povrch vozovky. Změna povrchu může za určitých povětrnostních podmínek negativně působit na stabilitu vozu, tudíž není vhodné použití v zatáčkách. Rychlost je možné měřit mikrovlnným radarem, lidarem či indukčními smyčkami. Kontrolní jednotka primárně koordinuje činnost zpomalovacího prahu a měřidla rychlosti, krom toho umožňuje zaznamenávat počet vozidel a jejich typ.

4.5.1 Spolehlivost Actibumpu

Spolehlivost je dána spolehlivostí měřidla rychlosti (viz výše) a spolehlivostí vlastního zařízení. Z dostupné technické dokumentace [14] usuzuji, že zařízení je dostatečně odolné, aby dlouhodobě odolávalo dopravnímu zatížení, ovšem za podmínky pravidelné údržby (alespoň jednou ročně). Spolehlivost Actibumpu ale především znamená, že se zařízení aktivuje ve správný čas a pro správné vozidlo, což může činit potíže, zejména pokud jedou za sebou dvě vozidla s krátkou časovou mezerou. Navrhnul jsem jednoduchý způsob řízení, který funguje tak, že se zpomalovací práh aktivuje vždy se zpožděním úměrným rychlosti detekovaného vozidla, jak je to naznačené na vývojovém diagramu na obr. 22. Aplikací tohoto algoritmu na různé modelové příklady jsem identifikoval dva problémy, které jsou popsány v kap. 4.5.2.



Obrázek 22: Návrh algoritmu pro řízení činnosti Actibumpu.

4.5.2 Praktická použitelnost Actibumpu

Pro zjednodušení jsem uvažoval s měřením rychlosti v jednom řezu komunikace ve vzdálenosti $s = 20 \text{ m}$ od vlastního zařízení a s konstantními rychlostmi. Algoritmus by však bylo možné s drobnými úpravami použít i pro kontinuální měření rychlosti na určitém úseku za předpokladu, že měřidlo rychlosti bude dodávat diskrétní hodnoty. Čas najetí na zpomalovací práh t_P jsem určil ze vztahu:

$$t_P = t_i + 3,6 \frac{s}{v_i},$$

kde: - t_i čas detekce i-tého vozidla [s],

- v_i rychlost naměřená i-tému vozidlu [km/h].

Pro výpočet času aktivace/deaktivace prahu $t_{A/D}$ jsem pak použil vztah:

$$t_{A/D} = t_P - 0,5 \text{ [s]}.$$

Doba 0,5 s je časová rezerva, která se vkládá před čas očekávaného najetí na práh t_P . Časová rezerva musí být dodržena v případě přepínání do obou poloh – aktivní i neaktivní. Přejetí zpomalovacího prahu trvá 5 m dlouhému vozidlu 0,60 s při rychlosti 30 km/h a 0,36 s při rychlosti 50 km/h. Proto by měl být práh v dané poloze alespoň 1 s, čehož lze dosáhnout vložением podmínky 1:

$$t_{iP} - t_{(i-1)P} \geq 1 \text{ s}.$$

Vhodnější by však bylo zpomalovací práh sensoricky vybavit pro detekci průjezdu vozidla. Práh by pak zůstal v dané poloze až do doby průjezdu obou náprav osobního automobilu.

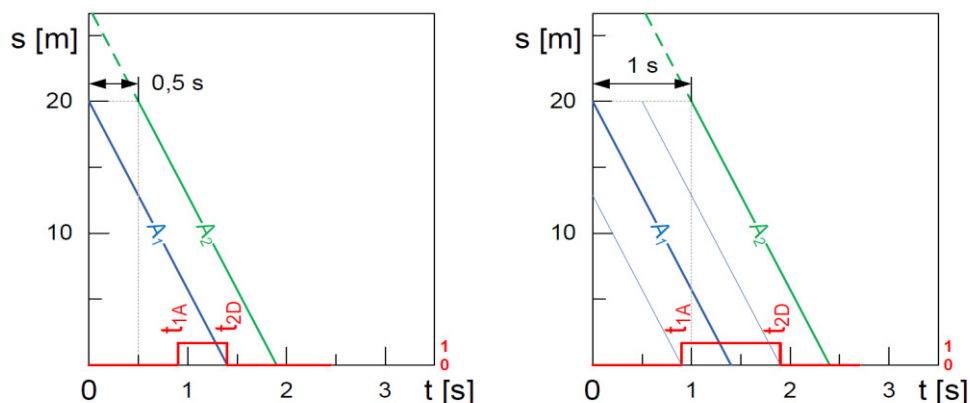
4.5.2.1 Modelový příklad 1

Scénář: přijíždějí dvě vozidla (A_1 a A_2) s malou časovou mezerou a podobnými rychlostmi, první překračuje rychlostní limit, druhé nikoliv. Minimální možnou časovou mezeru při daném poměru rychlostí jsem zvolil 0,5 s.

Vozidlo A_1 je detekováno v čase $t_1 = 0 \text{ s}$ a jede rychlostí $v_1 = 52 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Vozidlo A_2 je detekováno v čase $t_2 = 0,5 \text{ s}$ a jede rychlostí $v_2 = 50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Vozidlo A_1 najíždí na práh v čase $t_{1P} = 1,38 \text{ s}$, takže práh bude přepnut do polohy aktivní v čase $t_{1A} = 0,88 \text{ s}$. Vozidlo A_2 najíždí v čase $t_{2P} = 1,94 \text{ s}$, takže bude přepnut do polohy neaktivní v čase $t_{2D} = 1,44 \text{ s}$.

$$t_{2P} - t_{1P} = 0,56 \text{ s} < 1 \text{ s}.$$

Podmínka 1 není splněna a nelze zaručit, že bude vozidlo A_1 penalizováno, aniž by nebylo penalizováno i vozidlo A_2 (a naopak), což je lépe vidět na obr. 23 vlevo v souřadnicích dráha-čas; červeně je v grafu vyznačena poloha prahu (0 – poloha neaktivní, 1 – poloha aktivní).



Obrázek 23: Modelový příklad 1 v diagramu dráha-čas.

Scénář jsem tedy upravil zvětšením časové mezery na 1 s. Pro vozidlo A_1 platí stejné hodnoty t_1 , v_1 , t_{1P} a t_{1A} jako v předchozím případě; pro vozidlo A_2 platí stejná rychlost v_2 , ale $t_2 = 1,00\text{ s}$, $t_{2P} = 2,44\text{ s}$, $t_{2D} = 1,94\text{ s}$. Situace je znázorněna na obr. 23 vpravo, modré ekvidistanty úsečky A_1 vymezují interval, v němž musí být práh aktivní.

$$t_{2P} - t_{1P} = 1,06\text{ s} \geq 1\text{ s}$$

Podmínka 1 je splněna. Pro vozidla jedoucího podobnou rychlostí, z nichž první jede vyšší než dovolenou rychlostí tedy vyvozují nutnou podmínku 2:

$$t_i - t_{(i-1)} \geq 1\text{ s}.$$

Níže bude dokázáno, že pro obrácený poměr rychlostí nestačí ani takto formulovaná podmínka 2.

4.5.2.2 Modelový příklad 2

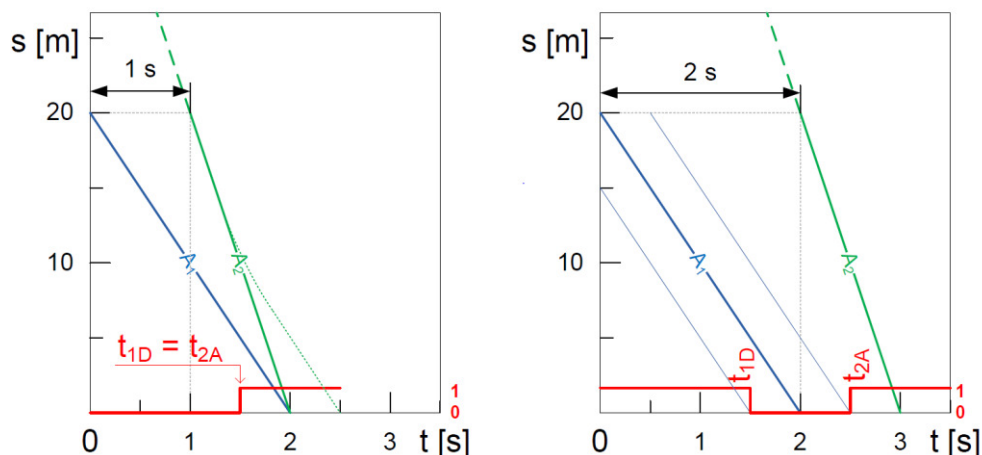
Scénář: přijíždějí dvě vozidla (A_1 a A_2) s malou časovou mezerou v době detekce a velmi rozdílnými rychlostmi (dvojnásobně), první vozidlo jede pomalu a nepřekračuje rychlostní limit, druhé vozidlo limit překračuje. Minimální časovou mezeru jsem zvolil 1 s.

Vozidlo A_1 je detekováno v čase $t_1 = 0\text{ s}$ a jede rychlostí $v_1 = 36\text{ km.h}^{-1}$; vozidlo A_2 je detekováno v čase $t_2 = 1,0\text{ s}$ a jede rychlostí $v_2 = 72\text{ km.h}^{-1}$. Vozidlo A_1 najíždí na práh v čase $t_{1P} = 2,0\text{ s}$ a práh zůstává ve výchozí neaktivní poloze ($t_{1D} = 1,5\text{ s}$). Vozidlo A_2 najíždí v čase $t_{2P} = 2,0\text{ s}$ a práh bude přepnut do polohy aktivní v čase $t_{2A} = 1,5\text{ s}$.

$$t_{2P} - t_{1P} = 0\text{ s} < 1\text{ s}.$$

Ze zadání vyplývá, že podmínka 2 je splněna. Podmínka 1 však splněna není, navíc nastává situace, kdy druhé, rychleji jedoucí vozidlo aktivuje zařízení pomalu jedoucímu vozidlu (viz obr. 24 vlevo). Je sice pravda, že vozidlo A_2 by bylo nuceno zpomalit, aby nedošlo k nárazu do vozidla A_1 (na obr. 24 vlevo naznačeno tečkovaně), nicméně k aktivaci prahu by při daném způsobu řízení došlo.

Pozn.: Tato situace by se mohla stát snadno kritickou, pokud je na místě vozidla A_1 cyklista, neboť při přejetí prahu hrozí kolize a újma na zdraví. Pokud není cyklista měřidlem rychlosti detekován, je situace potenciálně nebezpečná vždy, když se za ním pohybuje vozidlo překračující nejvyšší dovolenou rychlost.



Obrázek 24: Modelový příklad 2 v diagramu dráha-čas.

Scénář jsem tedy upravil zvětšením časové mezery na 2 s. Pro vozidlo A_1 platí stejné hodnoty t_1 , v_1 , t_{1P} a t_{1D} jako výše v tomto modelovém příkladu; rychlost v_2 je taktéž stejná, ale $t_2 = 2,0$ s, $t_{2P} = 3,0$ s, $t_{2A} = 2,5$ s. Pro větší názornost jsem ponechal práh ve výchozí poloze aktivní.

$$t_{2P} - t_{1P} = 1 \text{ s.}$$

Podmínka 1 je splněna, jak je vidět i na obr. 24 vpravo, takže jako souhrnnou a finální podmínku upravím *podmínku 2* do následujícího tvaru:

$$t_i - t_{(i-1)} \geq 2 \text{ s.}$$

Z analýzy dalších modelových příkladů vyšlo najevo, že tato podmínka je postačující pouze pro maximálně dvojnásobný rozdíl rychlostí a pro rychlost vozidla A_1 vyšší než 35 km/h. V jiných případech musí být časová mezera ještě větší. Na druhou stranu je stanovená časová mezera 2 s při daném poměru rychlostí velmi nepravděpodobná a – jak už bylo řečeno – vozidlo A_2 by muselo za vozidlem A_1 snížit rychlost, takže by se dal tento problém řešit kontinuálním měřením rychlosti např. až do vzdálenosti 10 m před prahem. Pokud nebude podmínka 2 přesto splněna, doporučuji nastavit automatické přepnutí do polohy neaktivní. Možným řešením je úprava algoritmu vložení dalších okrajových podmínek pro různé scénáře na základě těchto a případně i dalších modelových příkladů a také už diskutovaná detekce přejetí prahu vozidlem.

Z uvedeného tedy vyplývá, že instalaci zařízení lze doporučit pouze tam, kde to dovoluje intenzita dopravy a kde jsou mezi vozidly časové mezery větší než 2 s. Pokud jde o snížení rychlosti vozidel, může mít srovnatelný vliv levnější neautonomní systém pro měření rychlosti, ať už okamžité nebo úsekové.

4.6 Měření úsekové rychlosti

Postačující technický popis byl uveden už v kap. 3.2.

4.6.1 Spolehlivost měření úsekové rychlosti

Spolehlivost tohoto systému závisí především na spolehlivosti videodetekce a spolehlivosti ALPR, které byly popsány výše v kap. 4.1.1.2 a 4.1.2.2. Pro správnost měření je třeba zajistit zaznamenání přesného času vjezdu a výjezdu. Proto se využívá videodetekce vozidla na základě míjení grafického prvku (příčné čáry) na vozovce. Tato příčná čára má šířku 0,125 m, což znamená, že vozidlo jedoucí rychlostí 50 km/h ji zakryje za 9 ms, takže je změna kontrastu okamžitá a chyba měření zanedbatelná.

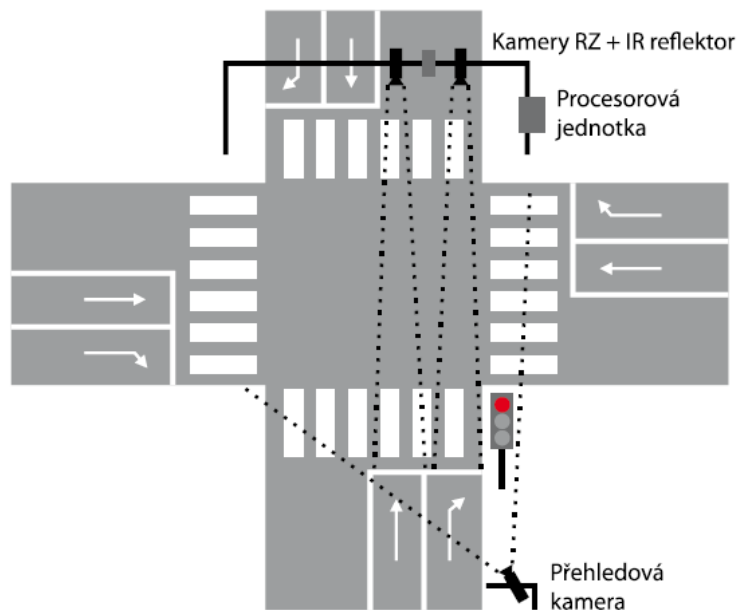
4.7 Detekce jízdy na červenou

U dnešních systémů je detekce plně automatizovaná a zajišťuje ji několik kamer s vysokým rozlišením – vždy jedna *detailová kamera* pro příslušný jízdní pruh, která umožňuje přečtení SPZ/RZ a případně i identifikaci řidiče, a *přehledová kamera*, sledující situaci v celé křižovatce a „*chování řidiče před vjezdem do křižovatky*“ [37]. Přehledové kamery bývají širokoúhlé, aby snímaly co největší oblast, detailové kamery mají obvyklý poměr stran. Detailová kamera je většinou namířena proti směru jízdy vozidla, takže zabírá předek vozidla, nicméně existují i systémy s detailovými kamerami zabírajícími vozidla zezadu.

Pro správné fungování je nutné přesně vědět, kdy je pro příslušný směr a jízdní pruh aktivní červený signál „Stůj!“. Existují dvě možnosti, jak to zajistit:

- I. propojení systému s křižovatkovým řadičem;
- II. sledování signálů pomocí přehledové kamery.

Pokud je RLVD propojeno s řadičem, má systém přesnou informaci o tom, v jaké fázi se cyklus nachází. Spolehlivost detekce pak závisí pouze na spolehlivosti videodetekce vozidla. Pokud jsou signály sledovány pomocí přehledové kamery, spolehlivost závisí i na přesném určení červené. Výhodou tohoto řešení je menší množství kabelů a snazší instalace. U obou řešení jsou detailové kamery propojeny s řídicím prvkem a zaznamenávají případné přestupky, pouze když pro příslušný jízdní pruh svítí červená. Na obr. 25 je vidět druhé řešení a rozmístění kamer na průsečné křižovatce.



Obrázek 25: Schéma rozmístění kamer RLVD systému [38].

Při detekci přestupku systém pořídí důkazní snímek vozidla a snímek SPZ/RZ a zajistí její přečtení pomocí ALPR. Většinou jsou pořízeny detailovou kamerou dva snímky – jeden na úrovni stop čáry a jeden za ní – nebo může být pořízena i celá videosekvence. Dále se také pořizují snímky přehledovou kamerou, na nichž je vidět, jaký signál byl v daný moment na semaforu. Přestupek jízdy na červenou je většinou posuzován jako přejetí vodorovné dopravné značky *příčná čára souvislá* (dále jen *stop-čára*), což se odehrává jen na velmi krátké vzdálenosti (stop-čára má šířku 0,5 m), takže je možné videodetekci provádět na velmi malém výřezu z pořízeného snímku. Tím se ušetří velké množství výpočetního výkonu. Jelikož je časté, že především rozměrnější vozidla zastavují před stop-čarou tak, že ji svojí přední z větší části zakryjí, není vhodné vybírat detekční oblast přímo na stop-čáře, ale až za ní, např. 0,5 – 1,0 m široký pruh rovnoběžný se stop-čarou v plné šíři jízdního pruhu nebo vozovky, jak bude ukázáno níže.

4.7.1 Spolehlivost videodetekce jízdy na červenou

Spolehlivost videodetekce viz kap. 4.1.1.2. Problémy působí hlavně extrémní počasí. Videodetekce jízdy na červenou se většinou provádí ve městech, kde je dostatečné umělé osvětlení, takže v noci nevznikají zásadní problémy, ale pro zvýšení pravděpodobnosti úspěšné a správné detekce přestupku i při zhoršených světelných a atmosférických podmínkách bývají RLVD systémy vybaveny infračerveným reflektorem („IR přisvětlení“), který pomáhá hlavně při čtení retroreflexních SPZ/RZ (viz kap. 4.1.2.2).

4.7.2 Praktická použitelnost systémů RLVD

Abych prověřil správnou technicko-právní funkci systémů RLVD, připravil jsem několik modelových příkladů. V nich jsem se zaměřil pouze na spolehlivost videodetekce.

Použil jsem snímky z dopravní kamery [26] na křižovatce ulic Zborovská x Lidická, Praha 5 – Smíchov, rameno Zborovská. Jako kritérium spolehlivosti videodetekce jsem si stanovil množství správně detekovaných hran v obraze při stejném nastavení vyhodnocovacího algoritmu a postupoval jsem především podle poznatků uvedených v [17]. Stanovil jsem pouze dva možné výsledky: detekce hran **úspěšná** a **neúspěšná**. Pokud je videodetekce neúspěšná, nemůže být přestupek jízdy na červenou spolehlivě odhalen a právně vymáhán.

Použil jsem tři scénáře:

1. normální počasí;
2. silný déšť;
3. hustá mlha.

4.7.2.1 Normální počasí

Na tomto prvním scénáři ukážu, jak jsem postupoval u všech scénářů, takže u těch následujících už pouze okomentuji výsledky a případné modifikace. Grafické úpravy jsem prováděl v grafickém editoru *GIMP 2.8.14*. Postup jsem rozdělil do následujících kroků:

Pořízení snímku pozadí

Jako snímek pozadí (obr. 26) jsem použil jeden z aktuálních snímků, na němž se ve vozovce nenacházely žádné rušivé objekty. Chodci na chodníku vlevo zde nevadí, neboť po označení oblasti pro detekci již nebudou do scény zahrnuti. Snímek pozadí jsem otevřel jako základní vrstvu v projektu a převedl do odstínů šedé.



Obrázek 26: Snímek pozadí [39]. Upraveno.

Pořízení aktuálního snímku

Aktuální snímek (obr. 27) jsem do projektu připsal jako novou vrstvu a převedl do odstínů šedé.



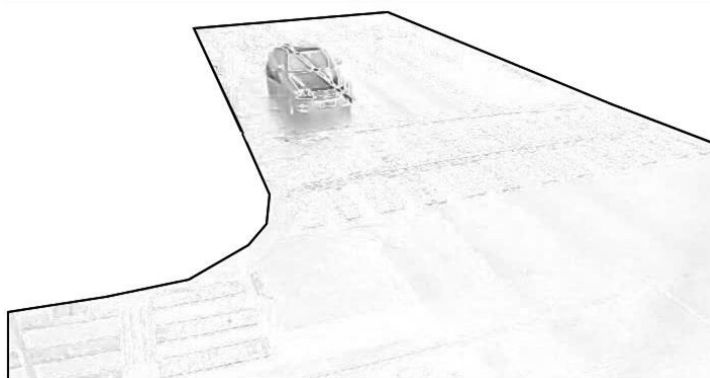
Obrázek 27: Aktuální snímek. [39]. Upraveno.

Pořízení rozdílového snímku

Rozdílový snímek (obr. 28) jsem získal tak, že jsem vrstvě aktuálního snímku nastavil režim zobrazení *rozdíl*. Poté jsem použil příkaz *kopírovat viditelné* a výběr vložil do nové vrstvy.

Označení oblasti pro detekci pohybujících se objektů

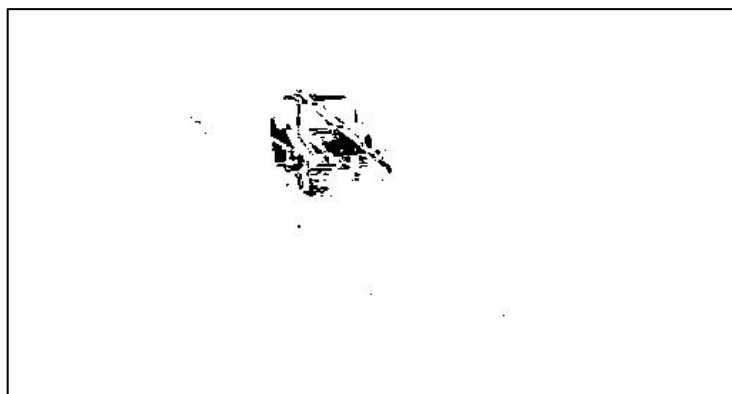
Oblast pro detekci jsem označil tak, že jsem pomocí nástroje *cesty* vytvořil výběr z tzv. *Bezierových křivek* a oblast mimo výběr jsem přebarvil na černo. Alternativní postup je vytvoření binární mapy a vynásobení snímku touto mapou (např. v MATLABu). Oblast je vyznačena na obr. 28 tlustou černou čarou.



Obrázek 28: Rozdílový snímek se zobrazením oblasti pro detekci. [39]. Upraveno.

Převod snímku na binární

Pro převod snímku na binární jsem použil binární prahování (funkce *barvy*⇒*práh*). Testováním různých variant jsem došel k nejvhodnější hodnotě prahu 81, kterou jsem pak použil i pro ostatní scénáře. Výsledek viz obr. 29.



Obrázek 29: Rozdílový snímek binární. [39]. Upraveno.

Detekce hran

Detekci hran jsem provedl pomocí Laplaceova operátoru, funkce *filtry*⇒*detekovat hrany*⇒*hrana*. Výsledek viz obr. 30.



Obrázek 30: Detekované hrany. [39]. Upraveno.

Je vidět, že detekované hrany dobře odpovídají realitě, tudíž je možné tento postup detekce hran považovat na základě tohoto příkladu za spolehlivý.

Závěr: **Detekce hran úspěšná**.

4.7.2.2 Silný déšť

Pro tento scénář jsem provedl totožné úpravy jako u prvního scénáře. Na obr. 31 a 32 jsou za sebou snímek pozadí a aktuální snímek. Snímky jsou celkově o něco méně kvalitní, a tak i detekovaných hran je méně a nejsou dokonale spojitě, nicméně i u velmi tmavých automobilů v obou krajních jízdních pruzích bylo detekováno dostatečné množství hran. U tmavých vozů to jsou v tomto případě především stín na stop-čáře a světlometry (obr. 33), které dle příkladů uvedených v [17] postačují.



Obrázek 31: Snímek pozadí za deště [39]. Upraveno.



Obrázek 32: Aktuální snímek za deště [39]. Upraveno.

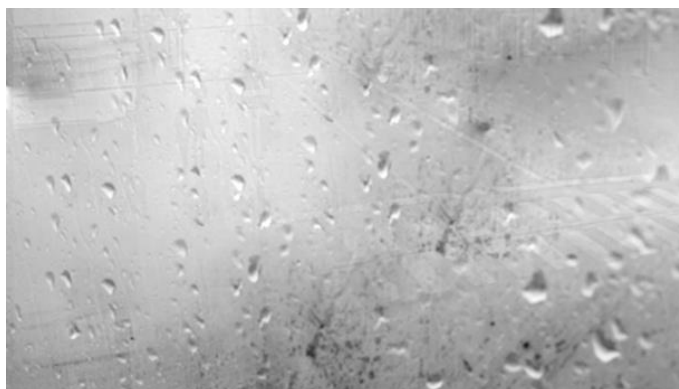


Obrázek 33: Detekované hrany za deště [39]. Upraveno.

Závěr: **Detekce hran úspěšná.**

4.7.2.3 Mlha

Zde musím nejprve předeslat, že se mi bohužel nepodařilo získat snímky z dopravních kamer, když byla mlha. Tudiž jsem byl nucen přistoupit ke grafickým úpravám snímků obr. 26 a 27, použitých pro první scénář s normálním počasím. Snímky jsem upravil tak, že jsem je prolнул se snímkem zachycujícím mlhu a mírně je zesvětlil. Pro detekci jsem opět použil stejný postup. Ten, jak jsem očekával, selhal a nebyla detekována jediná hrana. Snímek pozadí a aktuální snímek viz obr. 35 a 36.



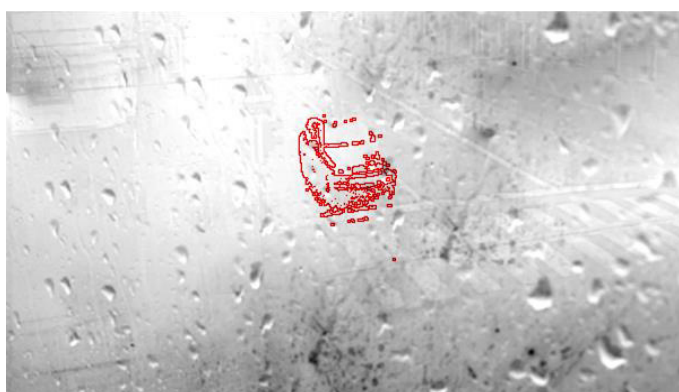
Obrázek 34: Snímek pozadí (mlha). [39]. Upraveno.



Obrázek 35: Aktuální snímek (mlha). [39]. Upraveno.

Při manuálním nastavení prahu na hodnotu 8 jsem dosáhl velmi dobrých výsledků (obr. 36), nicméně algoritmus, které by dokázal automaticky měnit hodnotu prahu tak, aby tyto hrany odhalil, by byl dle mého názoru výpočetně příliš náročný, a to vzhledem k rozdílu mezi obvyklým prahem 81 a zde použitým prahem 8, ke kterému by algoritmus došel až po mnoha iteracích. Z tohoto důvodu budu považovat detekci hran za husté mlhy za neúspěšnou.

Závěr: **Detekce hran neúspěšná.**



Obrázek 36: Detekované hrany (použitý práh 8). [39]. Upraveno.

Z uvedených poznatků vyplývá, že videodetekce jízdy na červenou nelze použít, pokud je hustá mlha, silný déšť nevadí.

4.7.2.4 Detekce objektů před stop-čarou

Jak bylo popsáno výše, není třeba detekovat objekty v celém prostoru křižovatky, ale stačí se zaměřit na oblast za stop-čarou. Vybranou oblast je vidět na obr. 37, detekované hrany pak na obr. 38. Mohu konstatovat, že toto řešení se pro normální počasí jeví jako vhodné.



Obrázek 37: Oblast detekce při stop-čáře [39]. Upraveno.



Obrázek 38: Detekované hrany ve vymezené oblasti [39]. Upraveno.

4.8 Vážení nákladních vozidel

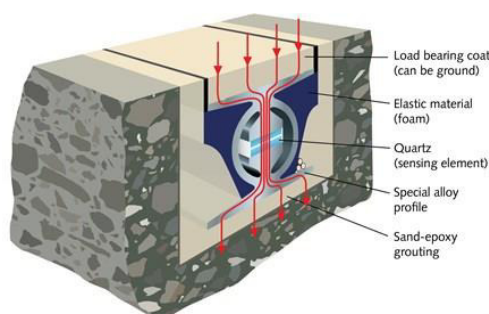
Technický popis a fyzikální principy zde omezím na popis WIM senzorů, možné technické řešení systému bylo uvedeno v kap. 3.4.

Pro vážení vozidel za jízdy se používají tyto tři typy senzorů:

- 1) piezo-keramické senzory;
- 2) krystalové senzory;
- 3) kapacitní senzory.

Pro piezo-keramické senzory se využívají uměle vyrobené polykrystalické piezoelektrické látky (piezoelektrická keramika). Fungování těchto senzorů je založeno na *přímém piezoelektrickém jevu*, který se projevuje u látek s nesymetrickou strukturou krystalu. Piezoelektrický jev popisuje „*schopnost krystalu generovat elektrické napětí při jeho deformování.*“ [40] Toto napětí bývá řádově 10^{-7} V při tlaku 1 Pa. Jádrem piezo-keramického senzoru je kabel z piezo-keramiky a mědi, zapouzdřený do ochranného hliníkového kanálu. Senzor se instaluje přímo do vozovky a při přejetí vozidlem je na něm naměřeno napětí, jehož velikost je úměrná hmotnosti vozidla. [41]

Krystalové senzory také využívají piezoelektrického jevu, ale liší se svou konstrukcí a použitým materiálem. K jejich výrobě se využívají krystalické piezoelektrické látky (monokrystaly) přírodního původu nebo uměle vytvořené, typicky křemen (SiO_2). Snímací prvek (výbrus krystalu křemene) je umístěn ve speciálně tvarovaném hliníkovém pouzdře, které je obklopeno elastickým materiálem, celý snímač je pak instalován do vozovky a zalit fixační hmotou – viz obr. 39.



Obrázek 39: Řez krystalovým WIM senzorem [42].

Kapacitní senzory se skládají z dvou až tří vodivých metalických desek, které jsou odděleny nevodivým dielektrikem, jedná se tedy o deskový kondenzátor. Přejetím vozidla přes senzor se nevodivé dielektrikum stlačí a vzdálenost mezi deskami kondenzátoru se zmenší, čímž dojde ke zvýšení kapacity kondenzátoru. S tím jsou spojené změny náboje a napětí na kondenzátoru, které lze jednoduše měřit.

Kromě uvedených senzorů se dále používají ještě siloměrné váhy s tenzometrickými senzory a dále optické senzory, u nichž se vyhodnocuje optický útlum v závislosti na ohybu optického vlákna vlivem jeho zatížení.

4.8.1 Spolehlivost WIM senzorů

U piezo-keramiky se při správné kalibraci přesnost měření pohybuje v rozsahu $\pm 3-7\%$, ale spolehlivost velmi závisí na teplotě vozovky, takže pokud nejsou senzory kalibrovány na danou teplotu, která se může v průběhu dne značně měnit, chyba měření dosahuje až desítek procent. Konstrukce krystalových senzorů má tu výhodu, že senzor snímá pouze vertikálně působící síly (na rozdíl od piezo-keramiky), čímž je dosaženo větší přesnosti; přesnost měření navíc prakticky nezávisí na okolní teplotě. Kapacitní senzory měří při rychlosti pohybu 1-10 km/h s přesností $\pm 3\%$ a na rozdíl od předchozích dvou druhů senzorů umožňují i statické měření, a to s přesností $\pm 0,5\%$. [41]

5 Problematika překračování rychlosti v praxi

Dle zákona o provozu na pozemních komunikacích se fyzická osoba „dopustí přestupku tím, že v provozu na pozemních komunikacích při řízení vozidla překročí nejvyšší dovolenou rychlost“ (§ 125c odst. 1 písm. f) [4]). Zákon pak rozlišuje podle závažnosti 3 stupně tohoto přestupku, kterým odpovídají 3 pásma sankcí (viz tabulka 4).

Tabulka 4: Přehled možných sankcí za překročení nejvyšší dovolené rychlosti.

Překročení rychlosti o [km/h]		Výše pokuty [Kč]		Počet trestných bodů	Zákaz činnosti
v obci	mimo obec	standardní řízení	blokové řízení		
více než 40	více než 50	5 000 – 10 000	nelze	5	6 až 12 měsíců
více než 20	více než 30	2 500 – 5 000	2 500	3	1 až 6 měsíců**
méně než 20	méně než 30	1 500 – 2 500	1 000	2*	nelze uložit

*při překročení o více než 5 km.h⁻¹ v obci a 10 km.h⁻¹ mimo obec

**při opakování přestupku dvakrát a vícekrát v období dvanácti po sobě jdoucích kalendářních měsíců.

Z důvodu technických limitů měřidel nelze objektivně pokutovat překročení dovolené rychlosti o jednotky km/h. V případě, kdy by policie měřila rychlost na úseku, kde je rychlost omezená na 50 km/h, by bylo právně přípustné sankcionovat řidiče vozidla jedoucí rychlostí 51 km/h. Přesnost měření přístroje je však v tomto případě ± 3 km/h a je-li naměřena rychlost 51 km/h, znamená to, že vozidlo se pohybuje rychlostí 48 – 54 km/h. Existuje určitá pravděpodobnost, že se vozidlo pohybuje nedovolenou rychlostí, nicméně je společensky nepřipustné, aby byl někdo trestán za přestupek, který nespáchal. Z uvedené logiky vyplývá, že minimální naměřená rychlost, za kterou je možno pokutu udělit, je 54 km/h. Analogicky to platí i pro jiné rychlosti do 100 km/h. Pro rychlost nad 100 km/h je přesnost $\pm 3\%$. Pro rychlost 130 km/h je interval spolehlivosti 126 – 134 km/h, tudíž je minimální naměřená rychlost pro vymáhání 135 km/h. I při objektivně prokázaném překročení nejvyšší dovolené rychlosti (při zvážení odchylky) však nemusí být takové jednání považováno za přestupek.

To potvrzuje případ řidiče, kterému byla v obci prokazatelně naměřena rychlost 52 km/h a rozhodnutím Magistrátu města uložena pokuta a náhrada správního řízení. Řidič se nejprve proti tomuto rozhodnutí odvolal ke Krajskému úřadu, ten však odvolání zamítl a potvrdil rozhodnutí magistrátu. Proto řidič proti tomuto rozhodnutí podal žalobu ke Krajskému soudu, který shledal, že „nedošlo k naplnění materiálního znaku přestupku“ [43] a k žádnému ohrožení zájmů společnosti. Soud rozhodl zejména s přihlédnutím k tomu, že překročení rychlosti bylo o pouhé 2 km/h, což označil jako „bagatelní ... a v běžném provozu řidičem jen

stěží *seznatelné a ohlídatelné*“ [43] překročení rychlosti. Navíc k inkriminovanému jednání nedošlo „*v městské aglomeraci, nikoliv v blízkosti škol, či přechodů, nýbrž na rovném a přehledném úseku komunikace v místech těsně před koncem obce*“ [43]. Tento rozsudek Krajského soudu potvrdil i rozsudek Nejvyššího správního soudu [43].

5.1 Vliv rychlosti na bezpečnost provozu a možnosti prevence

Nepřiměřená rychlost byla v roce 2013 dle policejní statistiky dopravních nehod druhou nejčastější příčinou dopravních nehod s druhým nejvyšším počtem usmrcených osob. Relativní četnost úmrtí byla u tohoto druhu ovšem nevyšší a je srovnatelná pouze s četností u nehod zapříčiněných nesprávným předjížděním, kterých se ovšem událo přibližně 10krát méně (viz tabulka 5). Celkově vzato má nepřiměřená rychlost přímou souvislost s cca 40 % všech úmrtí při dopravních nehodách.

Tabulka 5: Příčiny dopravních nehod za rok 2013 dle statistiky Policie ČR [44].

Příčina nehody	<i>nepřiměřená rychlost</i>	<i>nesprávné předjíždění</i>	<i>nedání přednosti v jízdě</i>	<i>nesprávný způsob jízdy</i>
počet nehod	14 973	1 405	12 801	45 722
počet usmrcených osob	198	18	84	213
relativní četnost úmrtí při DN	1,32%	1,28%	0,66%	0,47%

Tento trend potvrzují i údaje z předchozích let, a proto si sledování rychlosti vozidel v provozu zaslouží minimálně takovou pozornost, jaká je mu v současné době věnována. Uvedené systémy měření rychlosti mají dozajista preventivní účinek a bodově i úsekově vedou ke snížení rychlosti a nehodovosti, nicméně je třeba hledat spíše plošná opatření. Důležitá je srozumitelnost daných opatření, aby řidič věděl, proč má v daném úseku jet požadovanou rychlostí. Kontraproduktivně potom mohou působit zbytečně navržená omezení. Pozemní komunikace by pak měly nutit řidiče k respektování nejvyšší dovolené rychlosti především svým stavebním uspořádáním, tedy směrovým a výškovým vedením, šířkou jízdnic pruhů a vhodnými prvky pro zklidňování dopravy; to znamená, že celý proces začíná už při navrhování pozemních komunikací. Jelikož ovšem není možné v krátkém čase provést vhodné úpravy všech problematických úseků, je třeba hledat i jiné cesty. Já se zaměřením na jedno z možných opatření a tím je sledování rychlosti vozidel pomocí dopravních kamer. V této souvislosti by bylo vhodné zmínit ještě tzv. *mocninný model*.

5.1.1 Mocninný model

Ten navrhl švédský výzkumník G. Nilsson. Model obsahuje 6 rovnic a dává do vztahu rychlost a bezpečnost dopravy. Zde ukážu pouze rovnici, která popisuje vztah mezi rychlostí a počtem dopravních nehod se smrtelnými následky:

$$\frac{N_1}{N_0} = \left(\frac{v_1}{v_0}\right)^4,$$

kde: N_0 počet nehod před snížením rychlosti,

N_1 počet nehod po snížení rychlosti,

v_0 původní rychlost [km.h⁻¹],

v_1 snížená rychlost [km.h⁻¹].

Pro snížení rychlosti ze 100 km/h na 90 km/h dostaneme:

$$\frac{N_1}{N_0} = \left(\frac{90}{100}\right)^4 = 0,9^4 = 0,656.$$

To znamená, že lze očekávat pokles nehod se smrtelnými následky o $(1-0,656) \cdot 100\%$, tedy o 34,4 %. Tento model byl potvrzen např. v odborné studii *Powering to fewer road deaths* publikované Dr. Rune Elvikem, který podrobil 174 jiných studií statistické analýze a zjistil, že „*může být s jistotou odhadnuto, že 10 % snížení průměrné rychlosti znamená redukci v počtu usmrčených o 37,8 %*“ [45]. Dále bylo prokázáno, že snížení rychlosti vedlo v 95% k snížení počtu dopravních nehod.

5.1.2 Vliv kamerového dohledu na bezpečnost provozu

Dle provedených studií se pohybuje snížení počtu závažných dopravních nehod vlivem zavedení kamerového dohledu nad dodržováním rychlosti v řádech desítek procent. V Norsku, které zavedlo měření rychlosti dopravními kamerami v roce 1988, byl zaznamenán 20 % pokles zranění při dopravních nehodách. Ve Velké Británii podobné opatření způsobilo dokonce „*33 % snížení počtu nehod se zraněním a 40 % snížení počtu usmrčených či těžce zraněných*“ [45]. Po zohlednění dlouhodobých trendů a změn intenzit dopravy byl prokázán 22 % pokles počtu nehod se zraněním. Toto ukazuje, že **systemy automatického sledování dopravy mají pozitivní vliv na vývoj nehodovosti.**

5.2 Problémy spojené s měřením rychlosti

Kromě problémů přesnosti a spolehlivosti měření v závislosti na vnějších vlivech, které byly popsány a zhodnoceny výše, se vyskytují při měření rychlosti i další nezanedbatelné problémy. Jeden z největších – a je to obecně problém všech penalizačních systémů –

spatřuji v tom, že **přestupky sledují nekontextově**, přitom kontext přestupku může v některých případech ukázat, že přestupek nebyl spáchán, nebo řidič neměl jinou možnost, pokud nechtěl ohrozit bezpečnost provozu. Tak např. pokud se dopravní proud pohybuje rychlostí 80 km/h v místě, kde je dovolená rychlost 60 km/h (a nejsou k tomu objektivní důvody), může být teoreticky jedno pomalejší vozidlo nebezpečnější než velké množství rychle jedoucích vozidel, dodržujících bezpečné rozestupy. Problém „nekontextovosti“ bude evidentnější u systému RLVD.

Jak bylo popsáno výše, vinou reflexe může dojít k naměření několikanásobně vyšší rychlosti vozidla, tento problém lze řešit pouze ze strany policie, a to vhodně zvoleným místem měření a zvážením, zda je naměřená rychlost reálná; v případě automatizovaného systému je vhodné použít algoritmus, který v případě nezvykle vysokých rychlostí vyvolá zásah lidského činitele.

5.2.1 Problematika autonomních systémů

Jako jediný příklad autonomních systémů opět použiji Actibump a zaměřím se na jeho souvislost s českými právními předpisy, zejména se zákonem o pozemních komunikacích. Jelikož v České republice nebyl ještě tento systém nikdy použit, neexistuje právní úprava a jeho použití vyvolává různé otázky, a to zejména z hlediska možného poškození vozidla.

Výrobce tvrdí, že Actibump je navržen tak, aby nezpůsobil žádnému vozidlu žádné poškození. Z pohledu občana i celé společnosti je ovšem potřeba právní jistoty, kterou tvrzení výrobce nezaručuje. Ze zákona o pozemních komunikacích vyplývá, že „*uživatel se musí přizpůsobit stavebnímu stavu a dopravně technickému stavu dotčené pozemní komunikace*“ (§ 19, odst. 1 [3]) a dále také, že uživatelé pozemních komunikací „*nemají nárok na náhradu škody, která jim vznikla ze stavebního stavu nebo dopravně technického stavu těchto pozemních komunikací*“ (§ 27, odst. 1 [3]).

Dle mého názoru by byl Actibump považován za specifický druh zpomalovací prahu a jeho instalace by se považovala za stavební úpravu pozemní komunikace, čímž by došlo ke změně jejího stavebního stavu; takže řidič by byl povinen se tomuto novému stavu přizpůsobit. Stavebním stavem pozemní komunikace se přitom rozumí „*vybavení pozemní komunikace součástmi a příslušenstvím*“ (§ 26, odst. 3 [3]) a zpomalovací prahy se považují za *součást* pozemní komunikace (§ 12 odst. 1 [3]).

Actibump však nemění stavební stav trvale, ale pouze krátkodobě, a to v intervalu několika sekund. Nabízí se otázka, jestli je řidič schopný se takto rychlé změně stavebního stavu přizpůsobit a dokáže-li změnu předvídat. Pokud ne, nemůže nést odpovědnost za způsobenou škodu. Toto je ovšem můj subjektivní názor a bohužel se mi nepodařilo najít

žádnou judikaturu, která by něco podobného dokazovala na analogickém případě (např. náhlé změny stavebního stavu po zborcení krajnice, propadu vozovky apod.). Jedinou oporou je § 26 odst. 6 zák. o pozemních komunikacích, kde se uvádí, že „závadou ve sjízdnosti pro účely tohoto zákona se rozumí taková změna ve sjízdnosti dálnice, silnice nebo místní komunikace, kterou nemůže řidič vozidla předvídat“ [3]. Zpomalovací práh samozřejmě nemůže být považován za závadu ve sjízdnosti, ani pokud pracuje špatně, ale nabízí se určitá analogie a pro příště by mohl být formulován zcela nový paragraf, znějící např. takto: „Závadou technického zařízení pozemní komunikace se rozumí taková změna stavebního nebo dopravně technického stavu pozemní komunikace, kterou nemůže řidič vozidla předpovídat“.

Na druhou stranu je pravda, že řidič by změnu stavebního stavu v místě zpomalovacího prahu (i aktivního) měl očekávat, protože podle Zásad pro dopravní značení na pozemních komunikacích (TP 65), schválených Ministerstvem dopravy ČR se „označuje každý zpomalovací práh, s výjimkou jeho umístění v obytné nebo pěší zóně,“ [46] svislou dopravní značkou č. A 7b „Pozor, zpomalovací práh“. V tomto případě by bylo vhodné ještě doplnění o značku č. B 20a „Nejvyšší dovolená rychlost“, což TP 65 v odůvodněných případech umožňuje. Situace by byla jiná, kdyby zařízení nebylo nijak označeno nebo kdyby značka nebyla rozpoznatelná a čitelná (např. zakrytá vegetací nebo poničená), to ovšem nebude vzhledem k rozsahu této práce dále rozebírat.

V případě, kdy by zařízení pracovalo špatně a zůstalo v poloze aktivní a vozidlo jelo nižší než nejvyšší dovolenou rychlostí, by bylo nepřipustné, aby odpovědnost za škodu nesl řidič vozidla. Nicméně toto by bylo v jurisdikci soudu, který by případný spor mezi správcem komunikace a řidičem rozhodoval a který by musel přihlídnout ke všem důkazům a ke všem relevantním právním normám, stanoveným platnými právními předpisy. Rozsudek soudu by pak mohl posloužit jako judikatura pro další případy.

Ještě jednou však uvádím, že moje úvahy jsou pouze hypotetické, neboť Actibump zatím nebyl v České republice použit. Dokazují však, že náš právní systém na jeho použití není připraven a jeho implementace by si vyžádala zásah do řady právních předpisů.

6 Problematika jízdy na červenou v praxi

Nejprve ještě jednou zopakují, co přesně dle zákona o provozu na pozemních komunikacích znamenají jednotlivé světelné signály:

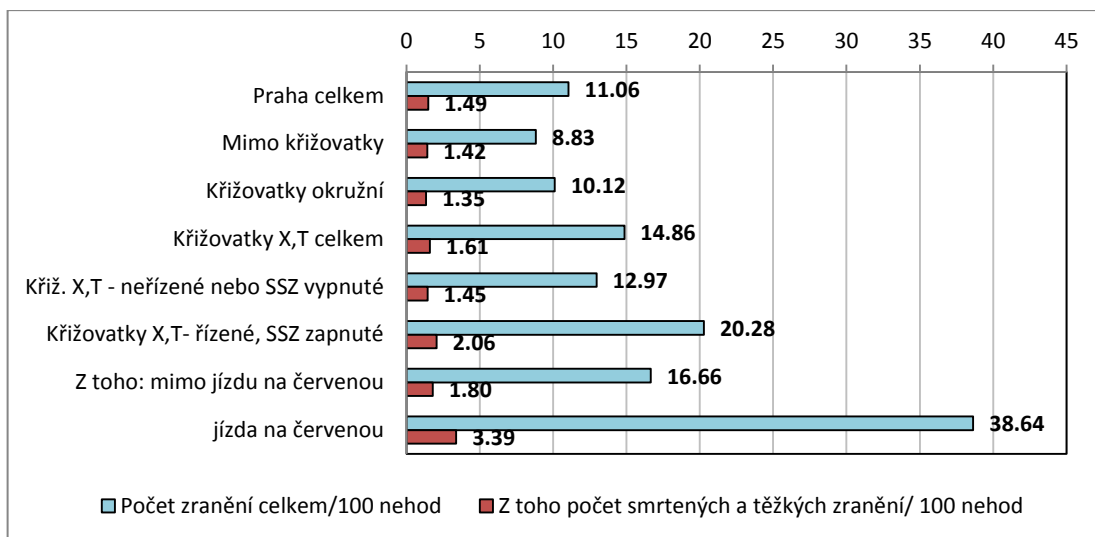
- **červený signál "Stůj!"** - povinnost zastavit vozidlo;
- **zelený signál "Volno"** - možnost pokračovat v jízdě;
- **červeno-žlutý signál "Pozor!"** - povinnost připravit se k jízdě;
- **žlutý signál "Pozor!"** - povinnost zastavit vozidlo, je-li to možné provést bezpečně.

Z uvedeného jasně vyplývá, že zelená neznamena příkaz k okamžité jízdě, ale řidič musí brát ohled na to, co se děje v jeho okolí. Pokud by se tedy řidič vozidla ze závažných důvodů nemohl na zelený signál rozjet a jiný řidič by do něj zezadu narazil, neměl by být právně postihován řidič prvního vozidla. Velká diskuze je kolem signálu se žlutým světlem, který svádí mnoho řidičů k tomu akcelerovat a projet křižovatkou těsně předtím, než padne červená. Toto chování je potenciálně velmi nebezpečné. Právní formulace mu může nahrávat, ovšem dle mého názoru je takto korektní, neboť intenzivní brzdění je také nebezpečné.

Jízda křižovatkou na červenou je přestupkem dle § 125c odst. 1 písm. f) zákona č. 361/2000 Sb. Cituji: „*Fyzická osoba se dopustí přestupku tím, že ... nezastaví vozidlo na signál, který jí přikazuje zastavit vozidlo*“ [4]. Bodový postih tohoto přestupku je 5 bodů a je možné uložit peněžitou sankci ve výši od 2 500 do 5 000 Kč.

6.1 Vliv jízdy na červenou na bezpečnost provozu a možnosti prevence

Tento přestupek lze považovat za jeden z nejzávažnějších a nejnebezpečnějších v silničním provozu, neboť hrozí bezprostřední kolize v prostoru křižovatkou s vážnými osobními následky. („*Když dva jedou na oranžovou, teče červená!*“, tak hlásá výstižný slogan jedné pojišťovny.) Tuto skutečnost potvrzují např. data TSK hl. m. Prahy z let 2003-2005 (obr. 40). V policejních statistikách se jízda na červenou zahrnuje do kategorie s hlavní příčinou nehody nedání přednosti v jízdě. Jak je vidět v tabulce 5 (str. 56), relativní četnost úmrtí je u těchto nehod nejmenší, nicméně tato statistika nemá v tomto případě vypovídací hodnotu. Závažnost dopravních nehod při jízdě na červenou vyplývá také z důvodů, proč se světelné křižovatkou zřizují, mezi něž patří i špatné rozhledové poměry v daném místě, nepřehlednost křižovatkou a vysoká nehodovost.



Obrázek 40: Vážnost dopravních nehod v Praze v letech 2003-2005. [47]

6.1.1 Vliv zavedení RLVD na bezpečnost provozu

Vliv RLVD systémů na bezpečnost provozu se nebudu pokoušet kvantifikovat tak jako v kap. 5.1, neboť ani odborné studie se na konkrétních číslech neshodnou a používají spíše verbální stupnici. S jistotou však lze tvrdit, že **systemy RLVD mají pozitivní vliv na snížení počtu obětí při dopravních nehodách** [48]. Uvedu ještě dvě studie, které to dokládají. Studie [49] uvádí snížení počtu nehod s bočním nárazem a střetů při levém odbočení a odůvodňuje to tím, že méně řidičů vjíždí do křižovatky na červenou, takže se nestřetávají vozidla z kolizních směrů; naopak ale dochází ke zvýšení počtu nehod s nárazem zezadu vinou častějšího prudkého brzdění před křižovatkou. I u těchto nehod však došlo k snížení závažnosti jejich následků a zvýšení podílu nehod pouze s hmotnou škodou. Studie [50] srovnávala data z dvou 4letých období (1992-1996 a 2004-2008) v 62 amerických městech. Ve 14 z nich byly v mezidobí instalovány RLVD systémy. Ve 12 ze 14 měst došlo ke snížení počtu nehod se smrtelnými následky, zapříčiněných nerespektováním signálu „Stůj“ a v 11 z nich došlo k poklesu všech smrtelných nehod na křižovatkách řízených SSZ. Ve zbylých 48 městech došlo také ke snížení počtu nehod – u prvního typu (jízda na červenou) asi v polovině z nich, u druhého typu nehod pak ve více než jedné třetině z nich.

Je vidět, že zavedení RLVD je jednou z možností prevence. Důležitou roli zde hraje také hrozící sankce, Proto je nutné řidiče v maximální míře informovat, že jsou křižovatky sledovány systémem RLVD, což má preventivní účinek. Odhalené přestupky je pak třeba trestat, což má výchovnou funkci. Vybírání pokut je ovšem pouze prostředkem k dosažení tohoto cíle, nikdy nesmí být cílem samotným. Proto by neměl být subjekt, který je pověřen sledováním, posuzováním či projednáváním přestupku (policie, správní úřady), nemluvě o provozovateli systémů, hmotně zainteresován na postihu. Důležité je i správné řízení SSZ, aby se nestávalo, že na křižovatce vozidla v jednom směru stojí a v kolizním směru

žádná neprojždějí a nepřecházejí chodci (např. při poklesu intenzit v noci). Pro řidiče je to demotivující až frustrující a může ho to vést k pokusům o projetí křižovatky na červenou, především pokud daný úsek zná a má pocit, že má dostatečný přehled.

6.2 Problémy spojené se systémy RLVD

Zde se ve větší míře projevuje problém nekontextového sledování přestupků. Může nastat situace, kdy řidič vjede do prostoru křižovatky na zelenou, ale opouští ji, když už svítí červená, např. při vysokých intenzitách na dopravně zatížených křižovatkách. Synchronizace detailových kamer a signálního plánu zaručuje, že průjezd křižovatkou je zaznamenán, až když svítí červený signál, ale nezaručuje, že nebudou detekovány podobné situace. Je sice pravda, že *„řidič nesmí vjet do křižovatky, nedovoluje-li mu situace pokračovat v jízdě v křižovatce a za křižovatkou, takže by byl nucen zastavit vozidlo v křižovatce“* (§ 22 odst. 3 [4]), ale není právně přípustné, aby za takovéto jednání byl sankcionován jako za přestupek nezastavení vozidla na signál "Stůj!". Pokud je detailová kamera namířena proti směru pohybu vozidla a detekuje pouze přejetí stop-čáry v oblasti okolo ní, tento problém nenastává.

Závažnější je situace, kdy řidič vjede na červenou do křižovatky ve snaze umožnit průjezd vozidlu IZS a systém ho zachytí, vyhodnotí situaci jako přestupek a řidič je pokutován. Je jasné, že v této situaci je společensky prospěšnější, pokud řidič projede křižovátku na červenou. Zákon o provozu na pozemních komunikacích k tomu říká: *„Řidiči ostatních vozidel musí vozidlům s právem přednostní jízdy ... umožnit bezpečný a plynulý průjezd, a jestliže je to nutné, i zastavit vozidla na takovém místě, aby jim nepřekážela“* (§ 41 odst. 7 [4]). Toto ustanovení by mělo mít v těchto případech vyšší prioritu než ustanovení § 4: *„při účasti na provozu na pozemních komunikacích je každý povinen řídit se světelnými ... signály“* (§ 4 písm. a) [4]). Mimo to dle zákona o přestupcích *„přestupkem není jednání, jímž někdo odvrací nebezpečí přímo hrozící zájmu chráněnému zákonem“* (§ 2 odst. 2 písm. b) [10]). Co jiného je chráněným zájmem, když ne život a zdraví člověka přepravovaného vozidlem IZS!

Tento kontext ovšem není automatickými systémy vnímán, tudíž může být řidič sankcionován a nebude-li se aktivně bránit, je nucen sankci strpět, což by mohlo vést k tomu, že se příště stejný řidič (nebo někdo obeznámený s jeho případem) bude bát umožnit vozidlu průjezd. V případě, že se bude řidič bránit a na snímku z přehledové kamery se z nějakého důvodu neprokáže přítomnost vozidla IZS, musí opět sankci strpět, navíc ještě s poplatkem za správní řízení. Takovéto případy mohou na celý systém vrhat neblahé světlo a v očích veřejnosti vážně poškodit jeho důvěryhodnost a víru v oprávněnost používání penalizačních systémů.

7 Vymahatelnost práva v návaznosti na dané systémy

Zaznamenání dopravního přestupku penalizačním systémem vždy nezaručuje automatické potrestání pachatele, hlavní roli v dokazování přestupku hraje identifikace vozidla, bez níž by byly všechny uvedené systémy bezzubé. Jak bude ukázáno níže, identifikace řidiče není nutnou podmínkou k uplatňování zákona.

7.1 Právní pozadí pro identifikaci vozidla

Uplatňují se především zákon č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a vyhláška č. 343/2014 Sb., o registraci vozidel.

7.1.1 **Zákon č. 56/2001 Sb.**

De iure by neměla identifikace vozidla činit žádné potíže. Vozidlo totiž identifikujeme hlavně podle SPZ/RZ, kterou musí být opatřeno každé vozidlo provozované na pozemních komunikacích v ČR – značka může být tuzemská nebo zahraniční. Vozidlo musí být „zaregistrováno v registru silničních vozidel v České republice nebo registru silničních vozidel jiného státu“ (§ 38 odst. 1 písm. b) [6]). Nepřihlásí-li fyzická osoba (nebo právnická či podnikající fyzická osoba) vozidlo, které hodlá provozovat na území ČR, k registraci, dopouští se přestupku. Taktéž se dopouští přestupku, neumístí-li na vozidlo tabulku s SPZ/RZ. (§ 83 a § 83a [6])

7.1.2 **Zákon č. 361/2000 Sb.**

Podle tohoto zákona se přestupku dopouští i ten, kdo řídí vozidlo, na němž „není umístěna tabulka (SPZ/RZ) nebo je umístěna tabulka ..., která nebyla vozidlu přidělena (...) nebo jehož tabulka registrační značky je zakryta, nečitelná nebo upravena anebo umístěna tak, že je znemožněna nebo podstatně ztížena její čitelnost“ (§ 125c odst. 1 písm. a) [4]). Identifikaci vozidla by měl ještě usnadňovat fakt, že tabulka s SPZ/RZ se umísťuje vždy podle zvláštního prováděcího předpisu (vyhlášky č. 343/2014 Sb., o registraci vozidel). V případě převážení nákladu musí být vždy náklad umístěn na vozidle tak, aby SPZ/RZ nezakrýval.

7.1.3 **Vyhláška č. 343/2014 Sb.**

Tímto právním předpisem se upravuje způsob umístění SPZ/RZ na vozidle. „Tabulka s registrační značkou ... má být v čistém stavu za nesnížené viditelnosti čitelná na vzdálenost nejméně 40 metrů“ (§ 32 odst. 2 [20]). Umísťuje se v podélné ose vozidla kolmo ke směru jízdy a tak, aby spodní hrana tabulky nebyla níže než 200 mm nad rovinou vozovky u přední tabulky a 300 mm u zadní tabulky. Její horní hrana pak nesmí být výše než

1200 mm nad rovinou vozovky, neumožňuje-li to konstrukční řešení vozidla, pak ne výše než 2000 mm. Na tabulce ani v její blízkosti nesmějí být umístěny žádné nápisy a vyobrazení, které by zhoršovaly čitelnost značky. (§ 32 [20])

Informace uvedené v předchozím odstavci platí pouze pro běžná silniční motorová vozidla, pro zvláštní motorová vozidla platí zvláštní pravidla podle § 33 této vyhlášky. Tato pravidla se vztahují např. na traktory, pracovní stroje a motocykly. Tato vozidla jsou ovšem mimo záběr této práce.

Tyto právní předpisy poskytují dle mého názoru dostatečnou právní sílu, jak zajistit identifikaci vozidla.

7.2 Možnosti identifikace vozidla

Možnosti identifikace vozidla jsou v podstatě dvě, první je identifikace lidským činitelem (např. policista), druhá možnost je ALPR. V této práci se však zabývám pouze spolehlivostí umělých systémů, takže reálně pouze ALPR. Jako důkazní materiál zde slouží fotografie automobilu se zaznamenaným přestupkem, z fotografie musí být patrná SPZ/RZ a v ideálním případě také obličej řidiče (pro případné správní řízení). Při automatické detekci se postupuje tak, že je na základě identifikace vozu z registru zjištěn jeho provozovatel a proti němu je zahájeno příkazní řízení (detailněji viz níže). Pokud z nějakého důvodu nelze přečíst SPZ/RZ vozidla, nelze určit ani jeho provozovatele, tudíž není možné zahájit správní řízení, ledaže by bylo vozidlo identifikováno jiným způsobem – lidským činitelem.

7.3 Právní pozadí pro identifikaci řidiče

Budu předpokládat, že se podařilo spolehlivě identifikovat vozidlo. Jakmile je vozidlo identifikováno, může správní orgán (odbor dopravně správních činností, oddělení přestupkového řízení) nahlédnout do registru a zjistit příslušné údaje o provozovateli vozidla*. Následně je zahájeno *příkazní řízení* proti provozovateli vozidla za spáchání přestupku ve smyslu § 125f, odst. 1 zák. č. 361/2000 Sb., podle kterého se provozovatel vozidla „*dopustí správního deliktu tím, že ... nezajistí, aby při užití vozidla na pozemní komunikaci byly dodržovány povinnosti řidiče a pravidla provozu na pozemních komunikacích*“ [4]. Je vydán příkaz s uloženou pokutou, takže provozovatel vozidla dostane obsílku s dokladem k zaplacení pokuty. Nyní má provozovatel vozidla možnost pokutu do 15 dnů uhradit bez odečtu bodů v bodovém systému. Pokud vozidlo neřídil, je na něm, aby se vypořádal

* V případě automatických systémů jde pouze o jeho propojení s databází (registrem) a záznam o přestupku je automaticky přeposlán správnímu orgánu.

s řidičem vozidla, o němž musí dle § 10 odst. 1 písm. d) zák. č. 361/2000 Sb. znát „*údaje potřebné k určení totožnosti.*“ [4]

Pokud není provozovatel vozidla ochoten uloženou pokutu strpět, má možnost do 15 dnů oznámit úřadu údaje o totožnosti řidiče. „*Toto sdělení se považuje za podání vysvětlení*“ (§ 125h odst. 6 [4]) a správní řízení s provozovatelem vozidla je tímto ukončeno. Správní úřad pak vede nové správní řízení o přestupku proti řidiči vozidla, kterému je udělena pokuta a bodový postih.

Pokud provozovatel ve zmíněné lhůtě neuhradí určenou částku a nesdělí údaje o totožnosti řidiče, správní úřad pokračuje v šetření přestupku. Věc se odloží, pokud správní orgán „*nezjistí do 60 dnů ode dne, kdy se o přestupku dozvěděl, skutečnosti odůvodňující zahájení řízení proti určité osobě*“ (§ 66 odst. 3 písm. g) [10]); a je zahájeno „*řízení o správním deliktu provozovatele vozidla podle § 125f odst. 1 zák. č. 361/2000 Sb.*“ [51].

Ve lhůtě 15 dnů může provozovatel vozidla proti příkazu podat odpor, který má odkladný účinek. V případě podání odporu je zahájeno „klasické“ správní řízení dle správního řádu. Obviněný z přestupku je předvolán k správnímu řízení, kde je seznámen s důkazy a podá „*správním orgánům nezbytné vysvětlení k prověření došlého oznámení o přestupku*“ (§ 60, odst. 1 [9]). Po prošetření přestupku správní orgán zhodnotí předložené důkazy a vydá tzv. rozhodnutí, proti němu lze podat odvolání.

Problém dříve nastával, pokud dotyčná osoba využila své zákonné právo a odmítla podat vysvětlení. „*Výpověď může odepřít ten, kdo by jí způsobil sobě nebo osobě blízké nebezpečí stíhání pro trestný čin nebo správní delikt*“ (§ 55, odst. 4 [11]). Podle zákona o přestupcích pak „*podání vysvětlení může být odepřeno, jestliže by takovým osobám nebo osobám jim blízkým hrozilo nebezpečí postihu za přestupek*“ (§ 60, odst. 1 [10]), přičemž osoba blízká je v § 68, odst. 4 téhož zákona charakterizována jako „*příbuzný v pokolení přímém, osvojitel, osvojenec, sourozenec a manžel, partner*“ [10], ale i jiné osoby, u nichž „*by újmu, kterou utrpěla jedna z nich, druhá právem pociťovala jako újmu vlastní*“ (§ 68, odst. 4 [10]). Tato právní skutečnost velmi znesnadňovala vymahatelnost práva, neboť ji řidiči zneužívali ve svůj prospěch. Pojem osoby blízké navíc zná i Listina základních práv a svobod, která říká: „*Každý má právo odepřít výpověď, jestliže by jí způsobil nebezpečí trestního stíhání sobě nebo osobě blízké*“ (čl. 37 odst. 1 [1]).

Novelou zákona o provozu na pozemních komunikacích ovšem došlo k výraznému posunu kupředu. Ta přináší zcela nové pojetí tzv. objektivní odpovědnosti provozovatele vozidla, tak jak bylo popsáno o několik odstavců výše. Provozovatel vozidla je nyní povinen zajistit, „*aby při užití vozidla na pozemní komunikaci byly dodržovány povinnosti řidiče a pravidla provozu*

na pozemních komunikacích“ (§ 125f odst. 1[4]). Pokud toto není schopen zajistit, hrozí mu pokuta až 10 000 Kč.

Jak je vidět, vymahatelnost práva je dnes už o něco jednodušší, ovšem stále existuje možnost odepření výpovědi a pokud bude osoba, která byla identifikována provozovatelem vozidla jako jeho řidič, tvrdit, že vozidlo neřídila ona, nastává situace, kdy stojí jedno tvrzení proti druhému, takže při neexistenci nezvratných důkazů může být právo samo proti sobě stále zneužito.

7.4 Možnosti identifikace řidiče

Nejjednodušší případ nastává, pokud je řidič páchající přestupek přistižen přímo při činu policistou; pokud ne, je jediná možnost identifikace z pořízené fotografie nebo videozáznamu. Na snímku ale nemusí být řidič zachycen dostatečně zřetelně, což může viníka vést k pokusům o prohlášení snímku za neprůkazný. Rozhodující slovo zde ovšem má pracovník správního úřadu, který přestupek projednává, což zlepšuje možnosti vymahatelnosti práva.

Pokud by fotografie opravdu nebyla postačující, bylo by třeba přiznání nebo svědecká výpověď, např. od spolujezdce, který stejně tak nemusí být identifikován a vypátrán, takže se prokázání přestupku stává prakticky nemožným. Také existují tzv. *fotokomparativní metody*, pomocí nichž lze poměrně spolehlivě identifikovat člověka podle obličejových biometrických údajů, ale v případě dopravních přestupků by bylo její využití skoro až neopodstatněné a vzhledem k úrovni detailu na typických snímcích by metoda ani nebyla moc spolehlivá. Identifikace řidiče tedy stále zůstává na lidském činiteli.

8 Závěr

Cíle této diplomové práce byly zmíněny už v jejím úvodu. Primárním cílem bylo posoudit do jaké míry je možné použití penalizačních systémů, zejména jaké jsou technické a právní limity jejich použití; tzn. posouzení spolehlivosti těchto systémů a vymahatelnosti práva. Sekundárním cílem bylo posouzení vlivu penalizačních systémů na bezpečnost dopravy, včetně uvedení možností prevence. Určité dílčí závěry už byly uvedeny v jednotlivých kapitolách praktické části, na tomto místě bude nicméně vhodné udělat jejich stručné shrnutí kapitoly po kapitole.

Ve 4. kapitole jsem provedl podrobné posouzení spolehlivosti systému pro měření okamžité rychlosti radarem, systému RLVD a autonomního systému pro měření rychlosti Actibump.

U mikrovlnného radaru jsem se zaměřil především na spolehlivost měření v závislosti na intenzitě srážek, zjistil jsem, že při akceptaci nízkého až středního rizika je možné provádět měření za všech uvažovaných okolností s výjimkou měření na maximální vzdálenost 60 m a při maximální uvažované intenzitě srážek 150 mm/h (viz tabulka 3, str. 35). To je poněkud překvapivý závěr vzhledem k uváděnému vlivu počasí na šíření elektromagnetického vlnění, nicméně byla hodnocena pouze možnost přenosu vzhledem k uváděnému prahu bez ohledu na kvalitu signálu (podíl šumu). Takto dobré výsledky si také vysvětluji uvažovanou velmi malou přenosovou vzdáleností, která se u přenosových rovnic pohybuje většinou v řádech kilometrů. V další práci by bylo vhodné navázat užší spoluprací s výrobcem radarů a provést řadu experimentálních měření pro různé scénáře a do úvahy vzít i mlhu a sněžení.

U systémů RLVD jsem se zaměřil na spolehlivost videodetekce, konkrétně detekce hran, a to opět v závislosti na počasí (déšť, mlha). Ukázalo se, že videodetekce je možná za silného deště i za mlhy – nikoliv však za použití stejného prahu pro převod snímku na binární, který hraje velmi důležitou roli. V další práci by bylo vhodné prověřit tyto poznatky na větším množství snímků, abych získal i statisticky významná data, a dále navrhnout a otestovat iterativní algoritmus pro prahování snímků, který by byl schopen v reálném čase a za využití dostupného výpočetního výkonu automaticky detekovat vozidlo i v mlze. V neposlední řadě by bylo vhodné prověřit spolehlivost videodetekce při sněžení.

U Actibumpu jsem prověřil možnosti jeho fungování při malých časových mezerách, čímž se potvrdil předpoklad, že tento systém není vhodný pro vyšší intenzity dopravy; odvodil jsem minimální časovou mezeru 2 s. Nicméně ani dvousekundová časová mezera nezaručuje 100 % spolehlivost. V další práci by bylo vhodné zrevidovat navržený algoritmus řízení a otestovat ho např. pomocí vhodné simulační metody i pro kontinuální měření rychlosti.

Z poznatků uvedených v 5. a 6. kapitole vyplývá, že oba systémy – kamerový dohled nad dodržováním nejvyšší dovolené rychlosti a sledování jízdy na červenou – mají pozitivní vliv na bezpečnost dopravy. U měření rychlosti je důležité zvážit přesnost měření a možné odchylky a v případě „malého“ překročení rychlosti o pouhé jednotky km/h i společenskou závažnost přestupku a jeho okolnosti, což bylo ilustrováno na rozsudku Nejvyššího správního soudu [43]. Posouzení kontextu spáchání přestupku je velmi důležité i u jízdy na červenou, což bylo ukázáno na hypotetickém příkladu s průjezdem vozidla IZS v kapitole 6.2. Co se týká prevence těchto přestupků, je důležitá zejména smysluplnost použitých opatření a jejich srozumitelnost pro řidiče, informovanost řidičů a v oprávněných případech důsledné vymáhání práva. U systému Actibump jsem se snažil posoudit možnost jeho implementace v našich podmínkách a došel jsem k závěru, že náš právní systém na jeho použití není připraven.

Pokud jde o vymahatelnost práva, v 7. kapitole byly posouzeny možnosti identifikace vozidla a řidiče. Zjistil jsem, že v ČR existuje dostatečná právní síla, jak zajistit identifikaci vozidla. Tu zajišťují tyto tři právní předpisy: zákon č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a vyhláška č. 343/2014 Sb., o registraci vozidel. Pokud je vozidlo zapsáno v registru silničních vozidel, což je zákonná povinnost, je v případě úspěšného rozpoznání SPZ/RZ pomocí technologie ALPR možné jednoduše identifikovat vozidlo i jejího provozovatele. Díky institutu objektivní odpovědnosti provozovatele vozidla pak není nutná identifikace řidiče, při níž se v současné době uplatňuje pouze lidský činitel a je problematická. Identifikace vozidla je tedy nutnou a zároveň dostačující podmínkou k uplatňování práva dle zákona o provozu na pozemních komunikacích.

Přestože se mohou vyskytnout řidiči, kteří se – ať už právem nebo neprávem – cítí fungováním penalizačního systému poškozeni nebo omezováni, je přínos těchto systémů pro společnost celkově pozitivní, neboť je prokázán jejich pozitivní vliv na vývoj nehodovosti a závažnost dopravních nehod.

V předchozích odstavcích jsem nastínil některé problémy, které kvůli omezenému rozsahu této diplomové práce zůstaly zatím nedořešeny. Věřím, že se v další práci najde prostor pro jejich vyřešení a že veškeré zde uvedené poznatky najdou své uplatnění na akademické půdě i mimo ni.

Literatura

- [1] ZÁKON Č. 2/1993 Sb., LISTINA ZÁKLADNÍCH PRÁV A SVOBOD, jako součást ústavního pořádku České republiky, ve znění pozdějších předpisů
- [2] *Národní strategie bezpečnosti silničního provozu 2011-2020*[online]. BESIP, 2012. [vid. 22. 4. 2015]. Dostupné z: <http://www.ibesip.cz/cz/strategie/narodni-strategie-bezpecnosti-silnicniho-provozu/nsbsp-2011-2020>
- [3] ZÁKON Č. 13/1997 Sb., O POZEMNÍCH KOMUNIKACÍCH, ve znění pozdějších předpisů
- [4] ZÁKON Č. 361/2000 Sb., O PROVOZU NA POZEMNÍCH KOMUNIKACÍCH A O ZMĚNÁCH NĚKTERÝCH ZÁKONŮ, ve znění pozdějších předpisů
- [5] *VisitPraha.cz, online tourist guide.* [online]. [vid. 28. 12. 2014]. Dostupné z: <http://www.visitpraha.cz/img/31b.jpg>
- [6] ZÁKON Č. 56/2001 Sb., O PODMÍNKÁCH PROVOZU VOZIDEL NA POZEMNÍCH KOMUNIKACÍCH, ve znění pozdějších předpisů
- [7] ZÁKON Č. 22/1997 Sb., O TECHNICKÝCH POŽADAVCÍCH NA VÝROBKY, ve znění pozdějších předpisů
- [8] ZÁKON Č. 505/1990 Sb., O METROLOGII, ve znění pozdějších předpisů
- [9] ZÁKON Č. 40/2009 Sb., TRESTNÍ ZÁKONÍK, ve znění pozdějších předpisů
- [10] ZÁKON Č. 200/1990 Sb., O PŘESTUPCÍCH, ve znění pozdějších předpisů
- [11] ZÁKON Č. 500/2004 Sb., SPRÁVNÍ ŘÁD, ve znění pozdějších předpisů.
- [12] *EM spektrum.* In: *Wikimedia Commons.* St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundation. [vid. 23. 5. 2015]. Dostupné z: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:EM_spectrum_es.svg
- [13] TSK hl. m. Prahy – Úsek dopravního inženýrství. *Ročenka dopravy – Praha 2014.* [online]. [vid. 23. 5. 2015]. TSK hl. m. Prahy, 2015. Dostupné z: <http://www.tsk-praha.cz/static/webbooks/Rocenka2014CZ/index.html>
- [14] *Actibump – jak aktibump funguje.* [online] [vid. 29. 12. 2014]. Dostupné z: <http://www.actibump.cz/popis-produktu/>
- [15] PASSETTI, Karl A. *Use of automated enforcement for Red light violations.* College Station, Texas: Texas A&M University, Department of Civil Engineering, 1997.
- [16] FALTUS, Vladimír: *Inteligentní dopravní systémy: Přednáška 2 – Měření dopravních parametrů.* [přednáška]. Praha: ČVUT, LS 2013/2014.
- [17] KOZINA, Lubomír. *Detekce a počítání automobilů v obraze (videodetekce): diplomová práce.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 60 s. Vedoucí práce: Ing. Peter Honec, Ph.D.

- [18] SMÉKAL, David. *Detekce státní poznávací značky pro dohledové systémy: bakalářská práce*. Brno: VUT v Brně, Fakulta elektrotechnická a komunikačních technologií, Ústav telekomunikací, 2013. 42 s. Vedoucí práce: Ing. Jiří Přinosil, Ph.D.
- [19] VALA, Tomáš. *Rozpoznání SPZ z jednoho snímku: diplomová práce*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Matematicko-fyzikální fakulta, Katedra softwarového inženýrství, 2006, 84 s. Vedoucí práce: RNDr. Jana Štanclová.
- [20] VYHLÁŠKA Č. 343/2014 Sb., O REGISTRACI VOZIDEL, ve znění pozdějších předpisů.
- [21] *An Introduction to ANPR - CCTV Information. (Supplied by Mike Constant and originally published in CCTV Today.)* [online]. [vid. 7. 2. 2015]. Dostupné z: [http://www.cctv-information.co.uk/i/An Introduction to ANPR](http://www.cctv-information.co.uk/i/An%20Introduction%20to%20ANPR)
- [22] *GeoVision Polska, popis produktu PV-RALPR4.* [online]. [vid. 7. 2. 2015]. Dostupné z: <http://www.geovision.com.pl/produkty/rejestratory-sieciowe-ip/gv-ralpr4.htm>
- [23] *Radarový měřič Ramer 10 C – Policie ČR.* [online]. © 2015 Policie ČR. [vid. 28. 4. 2015]. Dostupné z: <http://www.policie.cz/clanek/radarovy-meric-ramer-10-c.aspx>
- [24] RAMER 10: NÁVOD K OBSLUZE. Kunovice: RAMET C.H.M. a. s., KUNOVICE, vydání 17. 10. 2011. R311 063X CZ.
- [25] THIERBACH, Petr: *Radarové měřiče rychlosti používané v ČR*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 2011. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita, Přírodovědecká fakulta.
- [26] TOMKOVÁ, Eva: Kap. 2 - Dopad elektromagnetického záření. In: *Fyzika povrchů* [online]. MFF UK v Praze, 2002. [vid. 24. 9. 2014]. Dostupné z: http://physics.mff.cuni.cz/kevf/skripta/Fyzika_povrchu/2_Dopad_zareni.pdf
- [27] McLARNON, Barry: *VHF/UHF/Microwave Radio Propagation: A Primer for Digital Experimenters*. In: *16 th TAPR/ARRL Digital Communications Conference* [online]. Baltimore (USA), 1997. [vid. 31. 12. 2014]. Dostupné z: <https://www.tapr.org/ve3jf.dcc97.html>
- [28] *Atmospheric Absorption / Attenuation – RF Cafe.* [online]. [vid. 7. 2. 2015]. Dostupné z: <http://www.rfcafe.com/references/electrical/atm-absorption.htm>
- [29] WILLIS, Mike: The Fundamentals. In: *Propagation tutorial* [online]. © Mike Willis, 2007. [vid. 4. 4. 2015]. Dostupné z: <http://www.mike-willis.com/Tutorial/PF10.htm>.
- [30] MAZÁNEK, PECHÁČ, VRBA: *Základy antén, šíření vln a mikrovlnné techniky*. Praha: ČVUT v Praze, 2008. ISBN 978-80-01-03997-7.
- [31] KUSALA, Jaroslav: Aplikace radarů - Policejní radary. In: *Radarová encyklopedie* [online]. Ministerstvo obrany ČR, 2008. [vid. 28. 12. 2014]. Dostupné z: http://www.army.cz/images/id_8001_9000/8753/radar/k33.htm#z

- [32] MONSI, Mohammad Sohrab Hossan: *Laser Radar for Precise Vehicle Velocity Measurement*. Kassel: Kassel university press GmbH, 2009. Disertační práce. The University of Kassel, the Faculty of Electrical Engineering and Computer Science.
- [33] STEHLÍK, Jakub. Policejní radary nejsou neomylné. In: *Hospodářské noviny (ihned.cz)*. [online]. © 1996-2014 Economia, a.s., Hospodářské Noviny, 2006. [vid. 31. 12. 2014]. Dostupné z: <http://hn.ihned.cz/c1-19046700-policejni-radary-nejdou-neomylné>
- [34] ČOS (Český obranný standard) 051636 *Posuzování bezpečnosti provozu laserů ve vojenských výcvikových prostorech*. Praha: Úřad pro obrannou standardizaci, katalogizaci a státní ověřování jakosti, 2005.
- [35] ZÁKON Č. 258/2000 Sb., O OCHRANĚ VEŘEJNÉHO ZDRAVÍ, ve znění pozdějších předpisů
- [36] NAŘÍZENÍ VLÁDY Č. 1/2008 Sb., O OCHRANĚ ZDRAVÍ PŘED NEIONIZUJÍCÍM ZÁŘENÍM, ve znění pozdějších předpisů
- [37] *Unicam® systém pro monitorování dopravy* [online]. CAMEA spol. s r.o., 2008. [vid. 2. 5. 2015]. Dostupné z: http://camea.cz/underwood/download/files/UnicamRedLight_Web.pdf
- [38] *Systémy pro silniční dopravu* [online]. AŽD Praha, 2011. [vid. 2. 5. 2015] Dostupné z: <http://www.azd.cz/admin/files/Dokumenty/pdf/Produkty/Silnicni/Redcon.pdf>
- [39] *Pražská doprava – dopravní situace* [online]. Hlavní město Praha. [vid. 28. 12. 2014]. Dostupné z: <http://kamery.praha.eu/Situace.jsp>
- [40] KOUKOLÍK, Václav. *Využití piezoelektrického jevu v praxi: diplomová práce*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická, Katedra elektroenergetiky a ekologie, 2013. 77 s. Vedoucí práce: Doc. Ing. Eva Kučerová, CSc.
- [41] JIANG, Xiaohua et al. *Improvements in Piezoelectric Sensors and WIM Data Collection Technology*. In: *2009 Annual Conference of the Transportation Association of Canada* [online]. Vancouver (Kanada): 2009. [vid. 7. 2. 2015]. Dostupné z: <http://conf.tac-atc.ca/english/resourcecentre/readingroom/conference/conf2009/pdf/Jiang.pdf>
- [42] *Weigh in motion and ANPR technology aid highway protection* [online]. World Highways, 2012. [vid. 8. 2. 2015] Dostupné z: <http://www.worldhighways.com/categories/traffic-focus-highway-management/features/weigh-in-motion-and-anpr-technology-aid-highway-protection/>
- [43] ROZSUDEK NEJVYŠŠÍHO SPRÁVNÍHO SOUDU ze dne 14. 12. 2009, č .j. 5 As 104/2008 – 45.
- [44] *Přehled o nehodovosti na pozemních komunikacích v České republice za rok 2013*. [online]. Ředitelství služby dopravní policie Policejního prezidia České republiky. Praha,

2014. [vid. 15. 4. 2015]. Dostupné z: <http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx?q=Y2hudW09Mg%3d%3d>

[45] *Závislost počtu obětí silničních nehod na rychlosti aneb mocninami ke snížení počtu usmrčených* [online]. (Překlad článku: ELVIK, Rune. *Powering to fewer road deaths*. ITS International, 2005). CDV – Centrum dopravního výzkumu, Brno. [vid. 15. 4. 2015]. Dostupné z: <http://www.cdv.cz/zavislost-poctu-obeti-silnicnich-nehod-na-rychlosti-aneb-mocninami-ke-snizeni-poctu-usmrčených/>

[46] TP 65 *Zásady pro dopravní značení na pozemních komunikacích*. Praha: Ministerstvo dopravy - odbor pozemních komunikací, červenec 2013.

[47] *Dopravní nehody - Vážnost dopravních nehod v Praze a v ČR v letech 2003 – 2005* [online]. Technická správa komunikací hl. m. Prahy. Praha, 2005. [vid. 21. 4. 2015]. Dostupné z:

http://www.tsk-praha.cz/wps/wcm/connect/www.tsk-praha.cz20642/162b0925-3c9e-48ac-91df-4d5626c550f9/Vaznost_dopravnich_nehod_v_Praze_a_v_CR_v letech_2003-2005.docx?MOD=AJPERES

[48] AERON-THOMAS, Amy, HESS, Stephane. *Red-light cameras for the prevention of road traffic crashes* [online]. London (UK): Cochrane Database of Systematic Reviews, 2005. [vid. 25. 5. 2015]. Dostupné z: www.update-software.com/pdf/CD003862.pdf

[49] SHIN, Kangwon, WASHINGTON, Simon. *The impact of red light cameras on safety in Arizona*. [online] Tempe (USA): Department of Civil and Environmental Engineering, Ira A. Fulton School of Engineering, Arizona State University, 2007. [vid. 25. 5. 2015]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000145750700053X>

[50] HU, McCARTT, TEOH. *Effects of Red Light Camera Enforcement on Fatal Crashes in Large US Cities* [online]. Arlington (USA): Insurance Institute for Highway Safety, 2011. [vid. 25. 5. 2015]. Dostupné z: http://www.northfieldil.org/documents/police/ihs_study_2-1-11.pdf

[51] *Nejčastější dotazy v rámci objektivní odpovědnosti provozovatele vozidla* [online]. Magistrát hl. m. Prahy. Praha, 2015. [vid. 19. 5. 2015]. Dostupné z: <http://www.praha.eu/jnp/cz/potrebuji-resit/zivotni-situace/dopravni-prestupky/nejcastejsi-dotazy-v-ramci-objektivni.html>

Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 1: Přehled nejvyšších dovolených rychlostí [5].....	11
Obrázek 2: Kmitočtové spektrum [12]. Upraveno.	19
Obrázek 3: Schéma měření úsekové rychlosti.	20
Obrázek 4: Vizualizace systému Actibump [14]. Upraveno.	20
Obrázek 5: WIM poloautomatická stanice. [16]	21
Obrázek 6: Tvorba modelu prostředí [17].....	22
Obrázek 7: Hrany pohybujících se objektů získané detekcí hran (inverzní barvy) [17].	23
Obrázek 8: Zvýrazněné detekované hrany [17].....	23
Obrázek 9: Výsledek označení objektů pomocí popsané metody [17].....	23
Obrázek 10: Proces rozpoznání SPZ/RZ.	24
Obrázek 11: Různé rozměry RZ dle Vyhlášky č. 343/2001 Sb., o registraci vozidel [20].	25
Obrázek 12: Snímek pořízení LPR kamerou ve dne (vlevo) a v noci (vpravo) [22].....	26
Obrázek 13: Blokové schéma radarového měřiče RAMER 10 T [24]. Upraveno.	26
Obrázek 14: Znaménková konvence pro Dopplerův jev.	27
Obrázek 15: Dva příklady jednoduché reflexe. Vlastní obrázek autora dle [24].	29
Obrázek 16: Odraz na trojitém zrcadle. Vlastní obrázek autora dle [24]	29
Obrázek 17: Útlum elektromagnetického záření v oblasti SHF a EHF [28].....	30
Obrázek 18: Specifický útlum vlivem deště pro různé intenzity srážek [29].	33
Obrázek 19: Měrný útlum pro GHz a THz frekvence. Podle [30].	36
Obrázek 20: Schéma měření rychlosti dvěma indukčními smyčkami [16].	38
Obrázek 21: Tvary indukčních smyček [16].....	39
Obrázek 22: Návrh algoritmu pro řízení činnosti Actibumpu.	41
Obrázek 23: Modelový příklad 1 v diagramu dráha-čas.	43
Obrázek 24: Modelový příklad 2 v diagramu dráha-čas.	44
Obrázek 25: Schéma rozmístění kamer RLVD systému [38].....	46
Obrázek 26: Snímek pozadí [39]. Upraveno.	47
Obrázek 27: Aktuální snímek. [39]. Upraveno.	48
Obrázek 28: Rozdílový snímek se zobrazením oblasti pro detekci. [39]. Upraveno.....	48
Obrázek 29: Rozdílový snímek binární. [39]. Upraveno.	49
Obrázek 30: Detekované hrany. [39]. Upraveno.	49
Obrázek 31: Snímek pozadí za deště [39]. Upraveno.	50
Obrázek 32: Aktuální snímek za deště [39]. Upraveno.....	50
Obrázek 33: Detekované hrany za deště [39]. Upraveno.	50
Obrázek 34: Snímek pozadí (mlha). [39]. Upraveno.....	51
Obrázek 35: Aktuální snímek (mlha). [39]. Upraveno.....	51

Obrázek 36: Detekované hrany (použitý práh 8). [39]. Upraveno.....	51
Obrázek 37: Oblast detekce při stop-čáře [39]. Upraveno.....	52
Obrázek 38: Detekované hrany ve vymezené oblasti [39]. Upraveno.	52
Obrázek 39: Řez krystalovým WIM senzorem [42].....	53
Obrázek 40: Vážnost dopravních nehod v Praze v letech 2003-2005. [47]	60
Tabulka 1: Počet obětí dopravních nehod 1991-2014.....	7
Tabulka 2: Empiricky získané koeficienty pro výpočet útlumu deštěm [29].....	32
Tabulka 3: Matice rizika pro měření rychlosti radarem.	35
Tabulka 4: Přehled možných sankcí za překročení nejvyšší dovolené rychlosti.	54
Tabulka 5: Příčiny dopravních nehod za rok 2013 dle statistiky Policie ČR [44].	55