



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Ondřej Piksa

Sensorické systémy autonomních vozidel

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2018



K616.....Ústav dopravních prostředků

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Ondřej Piksa

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – DS – Dopravní systémy a technika

Název tématu (česky): **Senzorické systémy autonomních vozidel**

Název tématu (anglicky): Sensor systems of autonomous vehicles

Zásady pro vypracování

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

- Vypracovat přehled systémů a popsat jejich fyzikální principy (výhody/nevýhody)
- Definovat metody zkoušení a validace
- Provést jízdní zkoušky
- Analyzovat naměřená data
- Vyhodnotit a navrhnout úpravy metod




- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: předpisy EHK R 79, 130, 131, 139
Metodika testování Euro NCAP
SafetyWeek 2017 Proceeding
Aschaffenburg, 2017

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Martin Šotola, Ph.D.**
Ing. Josef Mík, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: **22. června 2016**
(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: **29. května 2018**
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. Petr Bouchner, Ph.D.
vedoucí
Ústavu dopravních prostředků




.....
prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.


.....
Bc. Ondřej Piksa
jméno a podpis studenta

V Praze dne 5. prosince 2017

Prohlášení

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 užívání 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 29.05.2018

.....
Podpis

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Martinu Šotolovi, Ph.D. za jeho odborné vedení, cenné rady, a především přátelské prostředí při zpracování tématu této diplomové práce. Další poděkování míjí mým rodičům za podporu ve studiu a v životě jako takovém. V neposlední řadě patří také veliká poklona autorům literatury, ze které jsem čerpal. Bez nich by tato práce nevznikla.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

Senzorické systémy autonomních vozidel

Diplomová práce
květen 2018
Ondřej Piksa

Abstrakt

Diplomová práce obsahuje dva hlavní oddíly, první se zabývá vhladem do problematiky autonomních vozidel a jejich senzorických systémů. Mezi které řadíme sonary, radary, lidary a kamery. Následně je pozornost věnována zkoušení a validaci těchto systémů. Druhý oddíl obsahuje praktickou část ověřující přídatný systém varování při opouštění jízdního pruhu pomocí experimentálně vyvinutého měřicího zařízení LDWS. Nakonec je uvedena analýza naměřených dat a návrh zlepšení metodiky měření a zkoušení.

Klíčová slova: senzorické systémy, autonomní vozidla, zkoušení, validace, LDWS

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

Faculty of Transportation Sciences

Sensoric systems of autonomous vehicles

Diploma thesis

May 2018

Ondřej Piksa

Abstract

The diploma thesis contains two main sections, the first dealing with the problems of autonomous vehicles and their sensoric systems. These include sonars, radars, lidars and cameras. Subsequently attention is paid to the testing and validation of these systems. The second section contains a practical part verifying the additional lane departure warning system with an experimentally developed LDWS measuring device. Finally, the analysis of the measured data and the proposed improvement of the measurement and testing methodology are presented.

Keywords: sensoric systems, autonomous vehicles, testing, validation, LDWS

Obsah

1	Úvod a cíle práce	12
1.1	Úvod	12
1.2	Cíle práce.....	12
2	Přehled systémů.....	13
2.1	Orientace vozidla na pozemních komunikacích.....	13
2.1.1	GPS (globální poziční systém).....	14
2.1.2	Systém Galileo	15
2.2	Orientace v provozu	16
2.2.1	Ultrazvukové senzory (Sonary).....	19
2.2.2	Radary.....	21
2.2.3	Lidary (laser skenery)	26
2.2.4	Kamery	29
3	Metody zkoušení a validace	34
3.1	Homologační	34
3.1.1	EHK 130 - Jednotná ustanovení pro schvalování motorových vozidel z hlediska jejich varovného systému při opuštění jízdního pruhu	36
3.1.2	Předpis č. 131 – Jednotná ustanovení pro schvalování motorových vozidel z hlediska vyspělých systémů záchranného brzdění.....	39
3.1.3	Předpis č. 79 - Jednotná ustanovení pro homologaci vozidle z hlediska mechanismu řízení	41
3.2	NCAP.....	42
3.2.1	Systémy podpory jízdních pruhů.....	50
3.2.2	Systém elektronické kontroly stability	55
3.2.3	Systém připomínání bezpečnostních pásů.....	56
3.2.4	Systémy regulace rychlosti.....	56
3.2.5	Systém autonomního nouzového brzdění	57
4	Jízdní zkoušky	58
4.1	Požadovaný výstup.....	58
4.2	Popis instrumentace.....	58
5	Analyzovaná naměřená data	60
5.1	Technická data měření	61
5.2	Výsledky testů	62

6	Vyhodnocení a navržení úprav měřících metod.....	71
7	Závěr.....	72
8	Použité zdroje.....	72
9	Seznam obrázků	75
10	Seznam Příloh.....	76

Seznam zkratk

2 D – Two Dimensions, dvoudimenzionální

3 D – Three Dimensions, trojdimenzionální

GPS – Global Positioning System, Globální poziční systém

SLAM – Simultaneous Localization and Mapping, neustálá lokalizace a mapování

EU – European Union, Evropská Unie

Laser – Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, zesilování světla stimulovanou emisí záření

Lidar – Light Detection And Ranging, světelná detekce a zaměřování

Sonar – Sound Navigation And Ranging, zvuková navigace a zaměřování

ACC – Adaptive Cruise Control, adaptivní tempomat

ABS – Anti-lock Braking System, protiblokovací systém

ESP – Electronic Stability Program, elektronický stabilizační program

CAN – Controller Area Network, sběrnice aplikovaná pro vnitřní komunikační síť senzorů

Radar – Radio Detection and Ranging, rádiová detekce a zaměřování

MMW – Millimeter Wave Radar, milimetrový radar

FMCW – Frequency Modulated Continuous Waves, spojitý mikrovlnný signál s lineárně se měnící frekvencí

FM – Frequency Modulated, lineárně měnící se frekvence

SRR – Short Range Radar, automobilový radiolokátor s krátkým dosahem

TOF – Time Of Flight, doba letu paprsku médiem

OPA – optical phased array, optické fázové pole

MEMS – Microelectromechanical Systems, mikroelektromechanické systémy

VW – Volkswagen

IR – Infrared, infračervený

CCD – Charge Coupled Device, zařízení s vázanými náboji

CMOS – Complementary Metal Oxide Semiconductor, komplementární kov oxid polovodič

FPA – Focal Plane Array, pole s ohniskovou rovinou

OEM – Original Equipment Manufacturer, výrobce zařízení, jehož výrobek je prodáván a propagován jinou obchodní značkou

ADC – Analog Digital Converter, analogově digitální převodník

EHS – Evropská hospodářské společenství

EHK – Evropská hospodářská komise

ES – Evropské společenství

OSN – Organizace spojených národů

MD ČR – Ministerstvo dopravy České republiky

GTR – Global Technical Regulations, celosvětově platné předpisy

LDWS – Lane Departure Warning System, varovný systém před odjezdem z jízdního pruhu

AEBS- Autonomous Emergency Braking System, Autonomní systém nouzového brzdění

ISO – International Organization for Standardization, Mezinárodní organizace pro normalizaci

CSF – Control Steering Function, funkce zasahující do řízení

ACSF – Automatic Commanded Steering Function, funkce automaticky zasahující do řízení

NCAP – New car Assessment Program, Evropský program hodnocení nových vozů

AOP – Adult Occupant Protection, ochrana dospělých cestujících

COP – Child Occupant Protection, ochrana dětských cestujících

ANCAP – Australasian New Car Assessment Program, Australasijský program hodnocení nových vozů

ASEAN – The New Car Assessment Program for Southeast Asia, Program hodnocení nových vozů pro Jižní Asii

C-NCAP – Chinese-New Car Assessment Program, Čínský program hodnocení nových vozů

ESC – Electronic Stability Control, elektronická kontrola stability

JNCAP – Japan New Car Assessment Program, Japonský program hodnocení nových vozů

NHTSA- National Highway Traffic Safety Administration, Národní správa bezpečnosti silničního provozu

US NCAP – The United States New Car Assessment Program, Americký program hodnocení nových vozů

ADAC – Allgemeiner Deutscher Automobil-Club, Německý automobilový klub

FIA – Fédération Internationale de l'Automobile, Mezinárodní automobilová federace

ELK – Emergency Lane Keeping, nouzové udržování v jízdnicích pruzích

LKA – Lane Keeping Assist, asistent udržení v jízdnicím pruhu

VUT – Vehicle under test, testované vozidlo

GVT – Global vehicle target, měkký vozidlový testovací cíl

DTLE – Distance To Lane Edge, vzdálenost k okraji pruhu

HMI – Human Machine Interface, rozhraní člověk – stroj

LSS – Lane Supports Systems, systémy podpory jízdnicích pruhů

SBR – Seatbelt Reminder, připomínáč bezpečnostních pásů

AEB – Autonomous Emergency Braking, autonomní nouzové brzdění

ČR – Česká republika

ADAS – Advanced driver-assistance systems, vyspělé vozidlové asistenční systémy

Seznam veličin

Veličina	Jednotka	Popis
α	[°]	rovinný úhel
a	[m/s ²]	zrychlení
I	[A]	elektrický proud
f	[Hz]	frekvence
λ	[nm]	vlnová délka
D	[mm]	průměr
t	[°]	teplota
L	[m]	délka
v	[km/h]	rychlost
c	[m/s]	rychlost šíření zvuku
U	[V]	napětí
m	[kg]	hmotnost
R	[mm]	poloměr

1 Úvod a cíle práce

1.1 Úvod

V současnosti je rostoucí zájem napříč lidskou společností od výrobců vozidel až po širokou veřejnost o technologii autonomních vozidel a podpůrné asistenční systémy ADAS. Tento trend plyne obecně z lidské snahy zjednodušit si život co možná nejvíce. V blízké budoucnosti z toho důvodu uvidíme rostoucí aplikaci senzorických systémů do nových vozidel až po zajištění plně autonomní úrovně řízení, kde řidič hraje roli pouze spolujezdce. Přinášející mu požadovaný komfort a pocit bezpečí. V posledních letech bylo reálně představeno několik přístupů řešení tohoto technologického oříšku současnosti lišící se použitými senzory, algoritmy vyhodnocování a zpracováním dat.

1.2 Cíle práce

Nadefinujeme si pomocí následujících tří nosných bodů:

- Vhled do problematiky autonomních vozidel a jejich smyslových orgánů v podobě senzorických systémů.
- Dnes platné předpisy pro schválení technické způsobilosti vozidel se zaměřením na vyspělé asistenční systémy.
- Provedení jízdních zkoušek pro ověření konkrétní aplikace přídavného systému varování před opouštěním jízdního pruhu navrhnutým měřícím systémem LDWS, vyhodnocení měřící metodiky a návržení jejího vylepšení.

2 Přehled systémů

2.1 Orientace vozidla na pozemních komunikacích

K obecné orientaci vozidla v prostoru používáme navigaci. Prvním krokem definujeme, kde se nacházíme, druhým bod, kterého chceme dosáhnout a třetím můžeme vybrat trasu našeho přesunu. V nedávné minulosti posádka vozidla věděla, kde se přesně nachází, otevřela mapu, dohledala místo, kam se chtěla přemístit a následně zvolila trasu cesty. Během cesty se orientovala pomocnými cíli, operativně během cesty pak vyhodnocovala překážky v provozu na pozemní komunikaci např. uzavírky.

Určení polohy vozidla

Schopností autonomního vozidla musí být neustálá orientace v prostoru, skládající se z několika úrovní. Jedna z nich je informace o poloze na zemi zprostředkovaná souřadnicovým systémem. K tomu se využívá systém satelitní navigace, který využívá souřadnicový systém zeměpisné délky a šířky zahrnující s relativně velkou přesností celou zeměkouli. Od nás vyslaný signál je prezentován v souřadnicích skrz satelity. Za zmínku stojí, že tato technologie přivedla vývojové inženýry poprvé k myšlence sestavení auta samostatně se pohybujícího po předem definované dráze.

Mapový podklad

Přesné souřadnice dokážeme určit, proto následujícím logickým krokem je lokalizace pozice do mapového podkladu. Jen pár firem po světě dokáže digitálně zpracovat tento technologický oříšek v požadovaném výstupu. Následně musí být schopen daný mapový systém prepisovat data na základě jejich průběžné aktualizace. V běžné uživatelské úrovni je mapový podklad satelitní navigace v 2 D rozměru. Pro náš případ autonomních vozidel je využít mapový podklad v 3 D rozměru, umožňující zásluhou výškového reliéfu upravit výkon vozidla podle parametrů jízdy. Příkladem uvedeme úpravu rychlosti a převodového stupně před a za horizontem stoupání. [1]

Skutečné prostředí

Data o poloze vozidla v souřadnicovém systému musí být porovnávány se skutečným prostředím, ve kterém se aktuálně vozidlo nachází. Tím je potvrzena poloha vozidla, korektnost mapového podkladu a v situaci rozdílnosti mapového podkladu se skutečností se nabízí možnost průběžné aktualizace, popř. vyhledání náhradní trasy. Již zmíněné aktualizace definují kvalitu a využití navigačních map pro provoz na pozemních komunikacích. Nakonec lze ovlivnit podobu map a jejich užití v rámci legislativy, a to povinností nahlášením všech

zásahů do silničních komunikací správcům mapového podkladu, patří sem modelové situace ovlivňující jejich průjezdnost např. opravy, havárie, demonstrace. [1]

2.1.1 GPS (globální poziční systém)

Nejpoužívanější sledovací družicový systém pro určení polohy předmětu v souřadnicovém systému zeměpisné délky a šířky. Původně vyvinutý pro vojenské účely Spojených Států Amerických, v současnosti používaný rovněž civilně.

2.1.1.1 Princip fungování

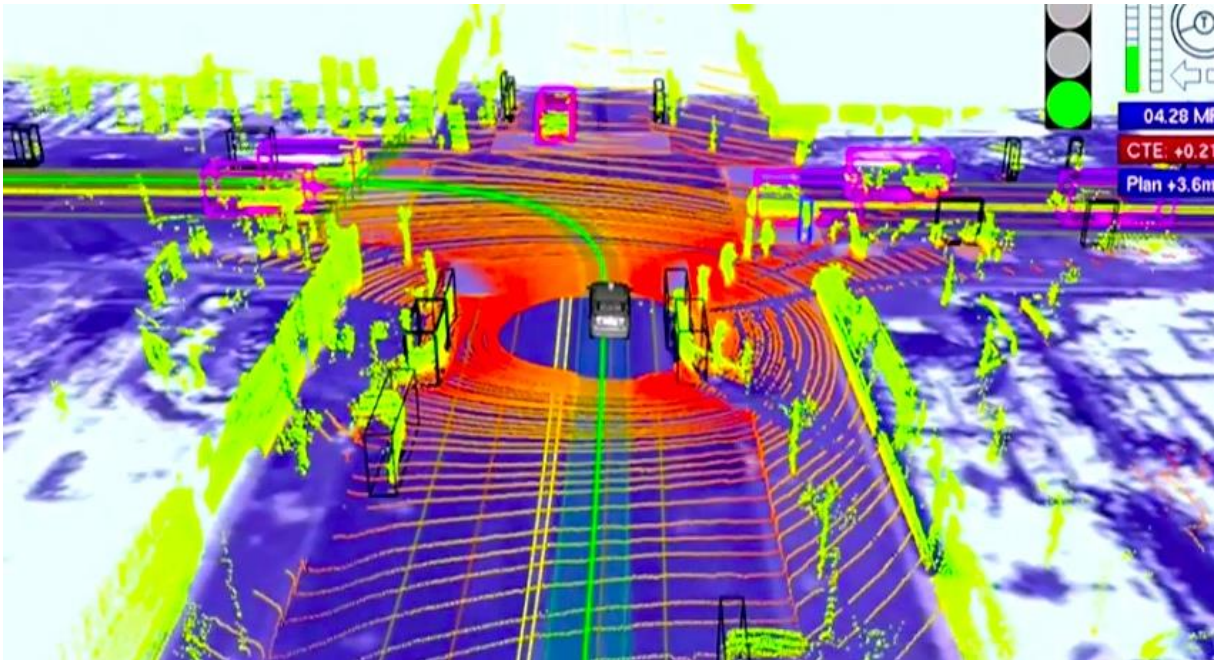
Součástí systému je 23 družic obíhajících na 6 kruhových drahách navzájem posunutých o 60°. Je tvořen 3 segmenty:

- Uživatelský – příjemce signálu, získávající informace o své poloze. (autonomní automobily)
- Vesmírný – družice obíhající po oběžné dráze vysílající signál pro příjem.
- Řídící – všechna zařízení a objekty určené k řízení systému. [2]

2.1.1.2 GPS + SLAM

Pro co nejpřesnější a nejvíce odpovídající mapový podklad se využívá kombinace GPS se systémem SLAM (Simultaneous Localization and Mapping), česky neustálá lokalizace a mapování. Výhodami je zvýšení přesnosti lokalizace vozidla, větší podrobnost a poskytnutí mapy pro vozidlo v detailnějším měřítku.

Za technologií SLAM se skrývají složité matematické rovnice. Vozidlo využívá dopředu definovanou mapu a zároveň mapuje své okolí. Data se vzájemně porovnávají a následně propojí, dochází tak k zpřesnění a aktualizaci mapování. S každým projetím vozidla je mapa zpřesněna. Výsledkem je mapa s vysokou úrovní detailů vyhodnocená z dat běžného používání vozidla. Síťové propojení vozidel vytváří další a další aktualizace celkové databáze dat. [3]



Obrázek 1 Mapování okolí technologií GPS a SLAM [1]

2.1.1.3 Nevýhody GPS pro autonomní vozidla

Síla signálu není veliká a jakýkoli narušující faktor není žádaný, příkladem uvedeme bouři, při níž snadno dochází k výpadku signálu. Podobné faktory lze jen těžko ovlivnit. Z toho vyvstává vylepšení nainstalovaným softwarem, schopným řídit vozidlo po zvolené trase prostřednictvím vizualizací mapového podkladu řídicím systémem s neustálou aktualizací. [1]

2.1.2 Systém Galileo

Do budoucna je dalším možným řešením satelitní navigace Galileo navržená pro civilní sektor. Vzhledem k vývoji zejména v poslední době, kdy jsou součástí systému nejmodernější technologie propagující vylepšenou verzi satelitní navigace by tato varianta byla pro autonomní vozidla výhodnější. V neposlední řadě systém GPS byl vyvinut původně k vojenským účelům, z čehož plynou jisté omezení a nedostatky vzhledem k provozu na pozemních komunikacích.

2.1.2.1 Princip fungování

Systém satelitní navigace vyvíjený vzájemnou spoluprací států EU. Součástí systému je 30 družic obíhajících na 3 kruhových drahách svírajících s rovinou rovníku úhel 56° , z toho plyne rozsah použití až do míst kolem 75° zeměpisné šířky. Z celkového počtu družic jsou 3 záložní. Přesnost systému určování polohy je větší než 1 m.

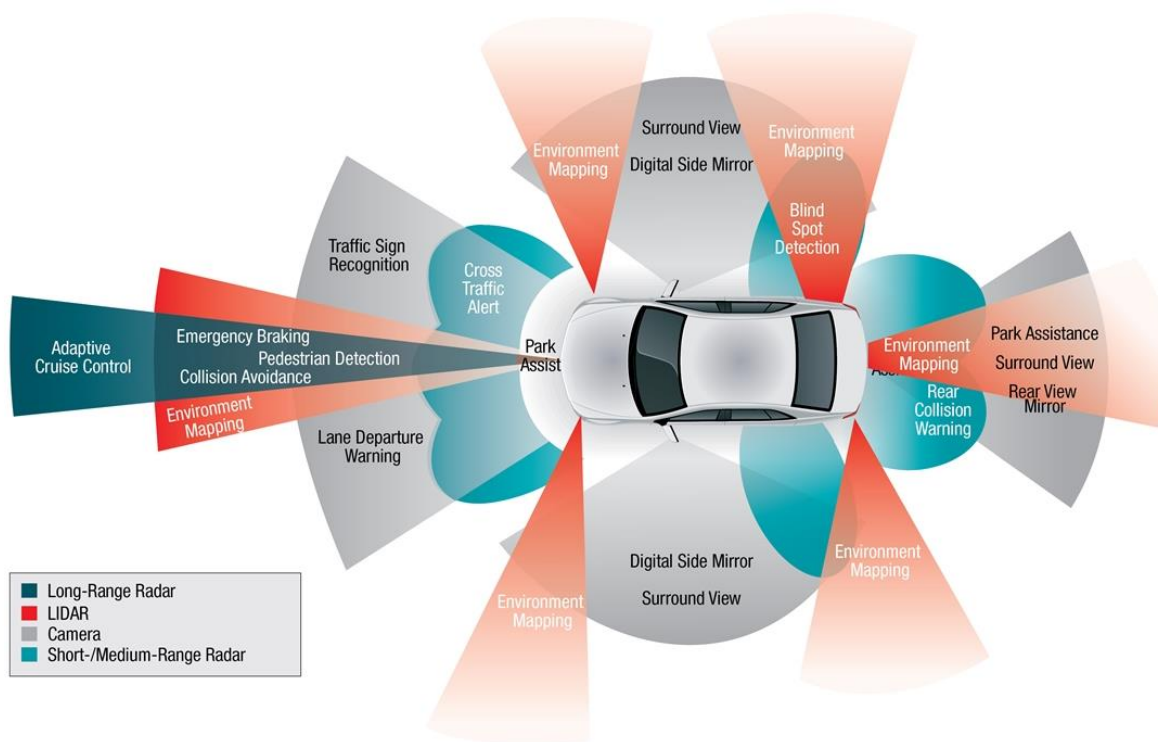
Družice emituje signály, které jsou přijímány zařízeními uživatelů. U autonomních vozidel přijímačem signálu, poté senzorovými stanicemi a naposled řídícími a administrativními středisky na zemi. Informace se zpracovávají a dál předávají telekomunikačním stanicím vysílajícím je zpět družicím. [4]

Orientace bez signálu satelitní navigace

Při absenci signálu ze satelitní navigace lze vypočítat aktuální polohu umístěním naměřených veličin do inerciálního systému. Principiálně je sledována dráha vozidla do doby, než vypadl signál a můžeme určit poslední přesný údaj o jeho poloze na základě měření rychlosti, zrychlení, úhlové rychlosti a magnetického pole. Následným vyhodnocením naměřených dat můžeme určit polohu vozidla i při ztrátě signálu. [5]

2.2 Orientace v provozu

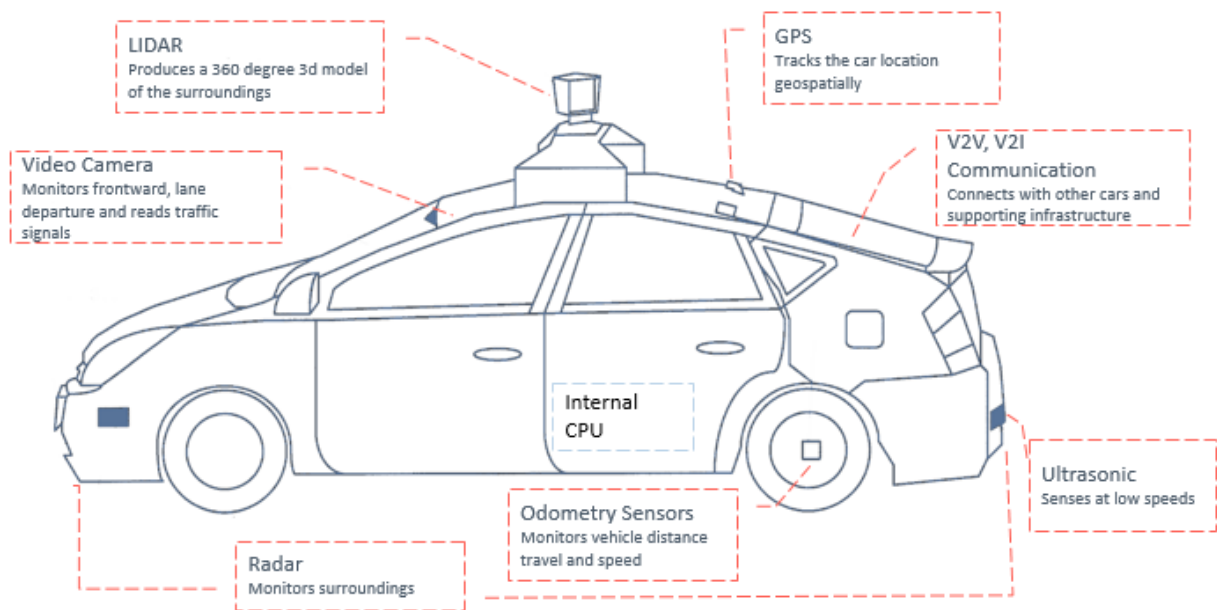
Vozidlo se pohybuje v mapovaném prostředí, které obsahuje pro představu budovy, tvar a zakřivení vozovky. Tyto informace můžeme brát jako předem definované a mění se v průběhu času minimálně. Stejně je tomu u cíle trasy a jejího průběhu, jsou nám předem známy. Mezi další z předpokladů řadíme aktuální polohu vozidla, jeho směr jízdy a předpokládanou dobu jízdy. Význačným problémem však přetrvává reakce na situace měnící se dynamicky v reálném čase s jejich téměř nemožným předpokladem. Sledování a bezpečnost provozu na pozemních komunikacích požaduje postřeh, zkušenosti a předvídavost člověka. Těchto schopností by se měl počítač naučit svojí umělou inteligencí. Pokud bude počítač vhodně naprogramován dokáže sledovat provoz na pozemních komunikacích v mimořádně malých časových jednotkách (řádově 1 milion snímků za sekundu). Počítač mapuje pohyblivé a nepohyblivé předměty ve svém okolí a přiřazuje jim rychlost, jež dále srovnává se samotným pohybem vozidla a vyhodnocuje bleskově všechna potenciální nebezpečí s následným přizpůsobením rychlosti vozidla. Příkladem uvedeme modelovou situaci, automobil jedoucí nepřiměřenou rychlostí z vedlejší komunikace s hrozcí kolizí, funkce systému dokáže reagovat pomocí snížení nebo zvýšení rychlosti automobilu. Program může být přizpůsoben mnoha dalším faktorům a dokáže je předvídat nesrovnatelně rychleji a efektivněji než člověk.



Obrázek 2 Snímací pole jednotlivých typů senzorů [2]

Obrázek 2 (výše) znázorňuje orientačně dosahy snímacích polí jednotlivých senzorů a jejich umístění. S rozmanitostí výrobců aut se setkáváme s různou konfigurací, dosahy, umístěním, přesností senzorů.

Pro autonomní pohyb vozidla po pozemní komunikaci je třeba využít vyspělé senzorické systémy. V současnosti se již používají některé z nich v asistenčních systémech automobilů, které jsou dílčími frakcemi systému autonomního řízení. Při kterém je nutnost využít kombinaci dat z více subsystémů a jejich finálním zpracováním můžeme pozorovat okolní prostředí permanentně v uspokojivé kvalitě i s požadovanou přesností. Použitím několika subsystémů současně ověřujeme správnost měření. V případě nesprávné funkce jednoho nebo více senzorů, bude předmět zaznamenán jiným senzorem nebo subsystémem. Podobné situace definujeme jako chybové a vozidlo může dostat impuls k zastavení své jízdy.



Obrázek 3 Vyspělé senzory pro autonomní vozidla [3]

Obrázek 3 (výše) znázorňuje vyspělé senzory pro autonomní automobily. Obsahující přijímací anténu pro signál GPS, ultrazvukové senzory (sonary) pro detekci předmětů v blízkém okolí vozidla, radar situovaný v předním nárazníku vozidla k měření vzdáleností k předmětům před vozidlem, 3 D laser (lidar) integrovaný po stranách v přední části vozu mapující okolí, stereo kamery pro rozlišení svislého a vodorovného dopravního značení a počítače pro vyhodnocení dat naměřených senzory a vydání impulsů k řízení vozidla, řidič zastává v automobilu funkci pasažéra.

2.2.1 Ultrazvukové senzory (Sonary)

2.2.1.1 Využití Ultrazvukových senzorů

Ultrazvukové senzory se dnes využívají zejména jako parkovací asistenty. V našem případě využijeme pro popis systém automatického parkování od firmy Valeo pod názvem Park4U®. Systém dokáže najít parkovací místo do rychlosti 30 km/h. Pokud je místo vyhodnoceno prostorově jako dostatečné (viz obrázek 4), řidič může opustit vozidlo. Před opuštěním vozidla vybere v aplikaci typ parkování paralelní nebo podélné, zároveň lze vozidlo jejím prostřednictvím kdykoli zastavit. Ultrazvukové senzory mapují okolí a vytváří jeho

zjednodušený model. Při nalezení vhodného parkovacího místa systémem se aktivuje příslušný algoritmus pro bezpečný parkovací manévr. Senzory jsou neustále aktivní a vyhodnocují vzdálenost vozidla od překážek a v případě potřeby řídicí jednotka vyšle signál k zastavení parkovacího manévru.



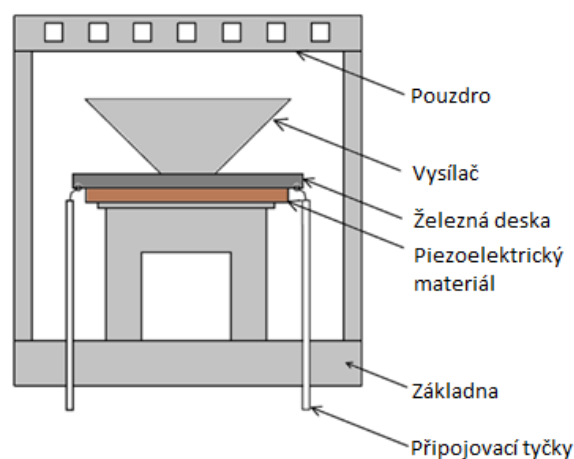
Obrázek 4 Vyhodnocení parkovacího místa [4]

Mimo parkovací asistenty se využívají jako pojistné senzory autonomního automobilu. Příkladem může být situace, kdy jedoucímu vozidlu náhle vběhne dítě do cesty, je nevyhnutelná bezprostřední detekce a následující reakce, alespoň ve formě aktivace brzd. Tato senzomotorická reakce je mnohem rychlejší než lidský zásah.

Objekty, které se nečekaně objeví před vozidlem sonar vyhodnocuje a vysílá následný impuls k úhybnému manévru, aktivaci brzd a předepnutí bezpečnostních pásů.

2.2.1.2 Fyzikální princip fungování ultrazvukových senzorů

Ultrazvukové senzory fungují na principu generování vysokofrekvenčních zvukových vln nad 20 kHz, které se odráží od objektů a vrací se zpět do senzoru. Pro generování požadovaných vln a měření vzdálenosti ve vzduchu se využívá piezoelektrický efekt. Způsobený piezoelektrickým krystalem, jenž při přivedení napětí mění svůj tvar (deformuje



Obrázek 5 Náčrt ultrazvukového senzoru [5]

se). Samotnou deformací vzniká napětí na jeho povrchu a dojde k vytvoření vibrací (zvukových vln). Ty se po odražení od objektu vrací zpět do jádra senzoru v podobě krystalu a předaná síla vytváří napětí zaznamenané elektronikou v senzoru. K ideálnímu fungování je potřeba mít vhodné prostředí pro šíření ultrazvukových vln. Sensory jsou schopny působit ve vzduchu a kapalině, naopak ve vakuu s nimi nelze počítat.

Pro výpočet vzdálenosti k nejbližší překážce se využívá tato interakce mezi jednotlivými veličinami:

$$a = 0,5 \cdot t_e \cdot c$$

kde

t_e -doba která uplyne, než se odražený paprsek vrátí zpět, c – rychlost šíření zvuku v daném médiu (pro naše použití vzduch $c = 340$ m/s)

2.2.1.3 Výhody a nevýhody ultrazvukových senzorů

Vlastnosti senzorů vycházejí z požadavků na jejich použití např. nárazníky aut, nádrže. Proto musejí být dostatečně odolné při použití v externích podmínkách. Je žádoucí, aby komunikace senzorů s řídicí jednotkou byla co nejjednodušší a nejspolehlivější. Vlastnosti senzorů jsou proto následující:

- Nárazová odolnost-obal senzorů je především z plastu. Pro více namáhaná místa se používá kombinace s gumou. Vnitřek senzoru neobsahuje složité mechanické části.
- Tepelná odolnost – senzory jsou podrobeny testům na bezchybnou funkci v rozmezí teplot 40 °C až $+90$ °C.
- Voděodolnost – vnitřní části senzoru jsou zality do plastového krytu, opatřeného na specifických místech gumovým těsněním. Konektor pro připojení kabeláže na propojení s ostatními senzory a řídicí jednotkou je opatřen pojistným zámkem s gumovým těsněním.
- Přesnost – pro senzory v automobilech nám postačuje menší přesnost (přesnost \pm několik cm) ve srovnání např. s těmi využívanými v průmyslu (přesnost ± 1 mm). Hlavním důvodem je zaznamenávání více druhů překážek. Tvar a typ odrážených překážek je různý plus se během detekce pohybují s vozidlem.
- Spolehlivost – Sensory jsou schopné pracovat spolehlivě za deště, sněžení nebo v zaprášeném prostředí. Pokud se jedná o měřený povrch není rozdíl mezi tekutým, sypkým nebo pevným stavem.
- Bezúdržbovost – Z hlediska nároku na napájení je zde malá spotřeba elektrické energie a to přibližně 20 mA. Mechanické namáhání senzorů je nulové, nedochází

k doteku senzoru s detekovaným objektem a nemůžeme tedy mluvit o vlivu tření na opotřebování.

Ultrazvukové senzory využívají zvukové vlny, proto je jejich limitace především spojena s nimi. Zvukové vlny mají tendenci se různě odrážet od jednotlivých materiálů a překážek. Některé vlny se můžou zcela ztratit vlivem tvaru překážky, nebo být pohlceny vlastnostmi materiálu. Vlivy způsobující limity funkčnosti senzorů jsou tyto:

- Poloha překážky – prvotní vlnění vygenerované senzorem má kuželovitý tvar. Z toho plynou problémy zaznamenání překážek pod větší úhlem než 70° na každou ze stran. Tento vliv je odstraněn větším množstvím senzorů (běžně 4 a více), jejichž vlnové působení se vykryvá.
- Vzdálenost překážky – senzory dokáží zaznamenat odraženou vlnu od překážky, která je vzdálena 20 cm až 3 m. Mimo tento rozsah není zaručena jejich správná funkce.
- Materiál povrchu – problémové materiály jsou např. kapalina nebo pěna. Detekce je ve většině příkladů velmi nepřesná, nebo zcela nepoužitelná. Pěna vlnění zcela pohlcuje.
- Tvar překážky – pro bezchybné detekování jsou problematické zaoblené nebo šikmé hrany překážek. Zvukové vlny se pak mohou odrazit jiným směrem, než potřebujeme a senzory nejsou pak schopné je zachytit. Sekundární vliv je opakované odražení vln, senzory pak špatně vyhodnocují skutečnou vzdálenost překážky.
- Teplota vzduchu – faktor přímo ovlivňující rychlost zvuku, při rozdílných teplotách bude senzor odlišně reagovat. Tento vliv je odstraněn propojením s teploměrem, který pošle skutečnou teplotu do řídicí jednotky a ta na základě toho vypočítá skutečnou rychlost zvuku.

Srovnání ultrazvukových senzorů s lidarem

Ultrazvukové senzory můžeme porovnat zejména s flash lidarem. Avšak jejich cena je nesrovnatelně nižší. Do budoucna se počítá s využitím ultrazvukových senzorů pouze jako parkovací asistent levnějších vozidel. Vyšší třídy budou pro stejnou aplikaci využívat fúzi senzorů Lidar-kamera. [8] [9] [10]

2.2.2 Radary

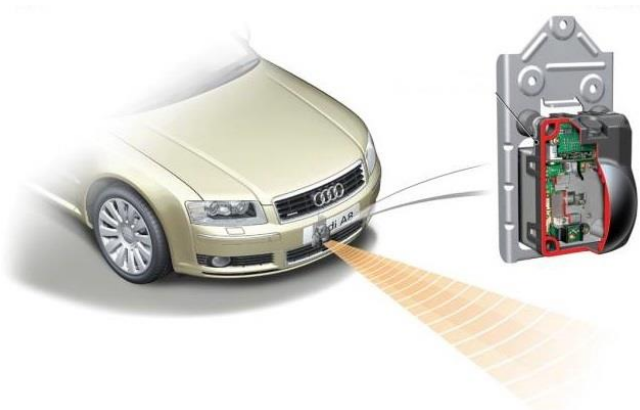
2.2.2.1 Využití radarů

Radary (také radiolokátory) jsou zařízeními dnes využívané především asistenčním systémem adaptivního tempomatu ACC. Jeho aplikace dokáže přizpůsobit rychlost vozidla s ohledem na to předcházející. V případě snížení rychlosti vozidla před námi systém ACC upraví i rychlost našeho vozidla, a to vše při zajištění předem nastavené bezpečné vzdálenosti. Řidič zadává

jako vstupní parametr předvolenou rychlost. Ta je udržována do doby, než je nevyhnutelně žádoucí jí adaptovat v závislosti k jedoucímu vozidlu vpředu. Jakmile vozidlo před námi opět zrychlí, případně odbočí či změní jízdní pruh, vozidlo se zapnutým systémem opět akceleruje na předvolenou rychlost jízdy. Adaptivní tempomat je spojením běžného tempomatu s moderními elektronickými systémy pro zvýšení aktivní bezpečnosti. Pro samočinné brzdění automobilu ACC kooperuje se systémy ABS/ESP, jenom tak může dojít k regulaci rychlosti zásahem do brzdové soustavy bez aktivní činnosti řidiče. Další propojení systémů je s regulací výkonu motoru a to akcelerátorem. Beztoho by vozidlo nemohlo samočinně opět zrychlit na předvolenou rychlost. Ke snížení rychlosti se aplikuje prvotně moment brzdění motorem, pokud nepostačuje aktivují se do činnosti brzdy. Pro zjištění polohy a pohybu vozidla jsou využity snímače ze systémů ABS/ESP. V úvahu bereme rychlost auta, jeho rychlost stáčení kolem svislé osy či příčné zrychlení. Vzájemná komunikace jednotek systémů probíhá prostřednictvím datové směrnice CAN. Avšak pro činnost ACC je nejdůležitějším údajem zjištění vzdálenosti vozidla od objektů, nacházejících se před ním. Proto se využívá radar, který může být nahrazen lidarem. Snímaná oblast před vozidlem se pohybuje v rozmezí 2 až 120 metrů při úhlu snímání 10 stupňů.

Systém měřící vzdálenost uplatňuje třípraskovou anténu pro zajištění vysílání i příjmu.

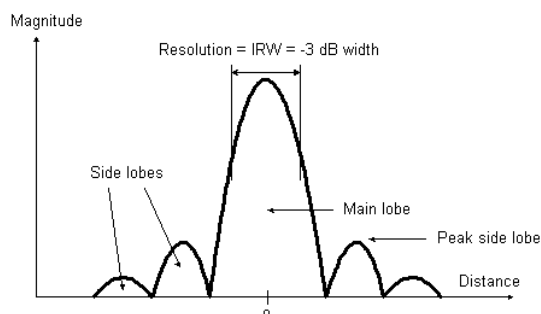
V autonomních vozidlech proměřuje radar na prvním místě rychlost a vzdálenost od objektů v okolí vozidla. Toto měření je přesnější v porovnání se stejnou aplikací měření kamerami vozu.



Obrázek 6 Radar senzor [6]

2.2.2.2 Fyzikální princip fungování radarů

Radar vysílá elektromagnetické vlnění přes anténu o frekvencích od 30 MHz až po desítky GHz s velkým výkonem nasměrovaným do žádaného směru. Překážky v okolí toto vlnění odráží, rozptylují nebo pohlcují. Vzdálenost měřených překážek lze určit pomocí časové korelace vyslaného a přijímaného



Obrázek 7 Schéma velikosti hlavního a vedlejších paprsků [7]

signálu. Současně využívané jsou panoramatické přístroje poskytující obraz v požadovaném úhlovém rozsahu, u kterých můžeme měnit směr vysílání i příjmu měřeného paprsku. Samotný signál se šíří kuželem kruhového nebo eliptického průřezu. K přesnému určení objektu je potřeba znát bližší specifikace vysílaného paprsku obzvláště jeho tvar. V šíření vlnění můžeme pozorovat hlavní paprsek a k němu přidružené vedlejší paprsky s menší intenzitou a mnohdy komplikujícími kvalitou hlavního signálu díky vysokému šumu.

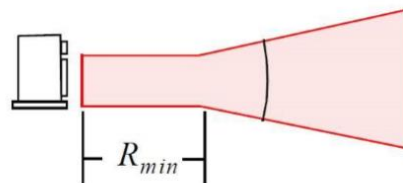
Pro výpočet vrcholového úhlu hlavního paprsku použijeme následující vzorec:

$$\theta = 1,02 \cdot \frac{\lambda}{D}$$

kde

λ – vlnová délka, D – průměr antény, θ – vrcholový úhel

Paprsek postupně prostupuje atmosférou a jeho průraznost se v přibývajícím čase zmenšuje. Suchý čistý vzduch vykazuje hodnoty zeslabení 0,2 – 0,4 dB/km, což je vzhledem k jeho dosahu zanedbatelná úroveň zkreslení. V okamžiku zhoršených povětrnostních podmínek či prašného prostředí může být funkce radaru lehce zkreslující. Paprsek vyslaný do prostředí se nešíří celou dobu kuželovým způsobem, ale s přibývajícím časem se deformuje. Nejprve je tvarem podobný válci, jako anténa, ze které je vyslán, po dosažení vzdálenosti označené v obrázku č. 8 jako R_{min} se začne šířit kuželovým způsobem.



Obrázek 8 Průběh deformace paprsku [8]

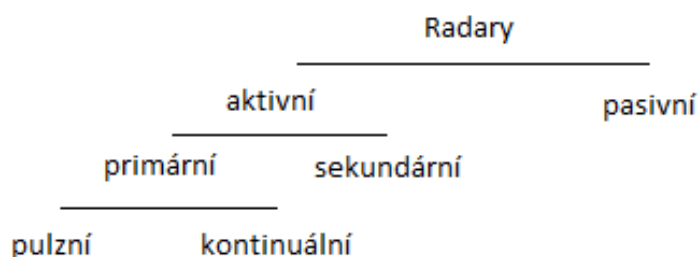
Tuto vzdálenost můžeme vypočítat z následujícího vztahu:

$$R_{min} = \frac{D^2}{\lambda}$$

kde

D – průměr antény, λ – vlnová délka

2.2.2.3 Rozdělení radarů



Pro vozidla jsou nasazované aktivní primární radary. Použit je vysílač, vysílající mikrovlnnou energii pomocí stálé vlny nebo impulzů v určitém čase a následně přijímající odrazy od objektů ve směru vysílání vlny. Pokud jde o stálou vlnu jsou anténní systémy pro vysílání a příjem odděleny, čímž je zajištěno přesnější měření.

MMW Radar

Zkratka MMW pochází z anglického Milimeter Wave Radar a je jádrem systému ACC. Využívá se s modulací FMCW (Frequency Modulated Continuous Waves) spojitého mikrovlnného signálu s lineárně se měnící frekvencí. Vzdálenost měřené překážky určíme porovnáním okamžité frekvence vysílaného a odraženého signálu. Radary využívané pro systém ACC tvoří oscilátor s citlivostí generování milimetrových vln, anténa, frekvenční a pulsní modulátor, přijímače signálu a procesoru pro získání relevantních dat. Frekvenční rozsahy se pohybují v rozmezí 76–77 GHz a paprsek je generován pod úhlem $\pm 4^\circ$ až do jeho dosahu 150 m.

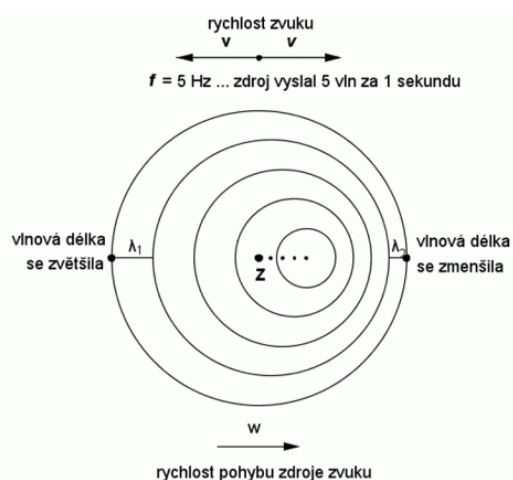
Anténa je plastová čočka s pomocným vyhříváním pro zajištění bezproblémového chodu v chladnějším období. Radar je běžně umístován v předním nárazníku, nebo v jeho blízkém okolí typicky ovšem za mřížkou chlazení motoru.



Obrázek 9 Tesla radar senzor v předním nárazníku [9]

FM-pulse Doppler radar

Tento typ radaru plně nahrazuje verzi popsanou výše. Pomocí Dopplerova jevu se mění frekvence a vlnová délka přijímaného oproti vysílanému signálu a dochází k posunu odražené vlny, která je následně zaznamenána a určena na jejím základě poměrná rychlost objektu, od něž se odrazila. Navíc časový zápis odpovídá vzdálenosti od daného objektu. Schopnost preciznějšího rozlišení objektů eliminuje jejich špatné rozlišení.



Obrázek 10 Vznik Dopplerova jevu [10]

SRR

Zkratka pochází z anglického označení Short Range Radar. Tento typ tvoří s lidarem a sonarem bezpečnostní zónu automobilu. Doplnuje využití asistenčních systémů pro malé rychlosti do 30 km/h a proměřuje okolí od 2-20 m při pracovní frekvenci 24 GHz. Je používán primárně Pre-crash systémy, které vyhodnocují neodvratitelné srážky.

2.2.2.4 Výhody a nevýhody radarů

Ve srovnání s lidarem, který je specifikován blíže níže (2.4 Lidary). Má radar menší prostorové rozlišení a určení polohy, přesnost lidarů je rovněž vyšší. Zorné pole je menší a je náchylnější na interferenci od jiných radarů v okolí. Detekce chodců přihrává další kladné body lidarů. Nyní se naopak dostaneme do silných stránek radarů v tomto porovnání. Radar dokáže z jednoho měření zjistit vzdálenost a rychlost překážky, lidar k tomu potřebuje 2–3 měření. Funkce radaru není zásadně ovlivněna špatným počasím (déšť, mlha, sníh). Radar je zatím levnější než lidar. Při porovnání funkce podpůrného systému řízení ACC s radarovým a lidarovým senzorem řidič nebyl schopen zaznamenat rozdíl ve funkci, avšak lidar trvalo delší dobu určit objekty. [11] a [12]

2.2.3 Lidary (laser skenery)

2.2.3.1 Využití Lidarů

Lidary se dnes využívají zejména pro měření vzdálenosti objektů a vytváření dokonalé mapy prostředí. V našem případě využijeme pro popis systém laserového snímače pro automobily s pracovním názvem Valeo SCALA®. Tento senzor je velmi důležitý pro plně automatizovanou jízdu vozidla v souladu s následujícími vlastnostmi: velký detekční rozsah, široké zorné pole a přesnost. Senzor skenuje pole před vozidlem a detekuje vozidla, motocykly, chodce a statické překážky. Po nasbírání dat o okolí skener integruje jeho mapu, následně propočítává a předvídá možné scénáře pohybu okolo vozidla. Celý systém slouží k vyšší aktivní bezpečnosti např. realizací nouzového brzdění. Aplikace tohoto snímače může být součástí komplexnějšího vysoce automatizovaného řešení Drive4U, kde v automatickém módu je plně ovládáno řízení vozidla, zrychlení a brzdy.

Mimo to obsahuje zdokonalené funkce aktivní bezpečnosti, vylepšující nejenom bezpečnost manuální či automatizované jízdy, ale i její efektivitu. Mimo tyto aplikace lze využít tento systém také pro plně samočinné parkování. Využití senzoru je pro širokou škálu asistenčních systémů.



Obrázek 11 Laser skener-Valeo [11]

2.2.3.2 Fyzikální princip fungování Lidarů

Přístroj je svou funkcí podobný radaru, odlišností je aplikace kratších vlnových délek elektromagnetického spektra záření. Mikrovlnné vlny jsou zde nahrazeny laserovými pulsy. Vysílač vygeneruje přesný úzký paprsek do požadovaného směru. Překážka stojící v cestě vysílání může signál pohltit, rozptýlit nebo odrazit. Pokud se jedná o poslední variantu, tak je po zaznamenání přijímačem paprsek následně vyhodnocen. Laserové impulsy vykazují vlnové délky 850-1650 nm, pro lidský zrak neviditelné a zcela neškodné. Nejkomerčnější metoda vyhodnocování se nazývá TOF a měří čas dopadu odraženého paprsku. Laserové pulsy jsou generovány v rychlých časových úsecích a zaznamenává se čas pouze navrácených odražených paprsků. Přesnost měření u levnějších typů je řádově v nanosekundách (cm přesnost), u dražších variant se posouváme do pikosekund (mm přesnost) a je stanovena na základě rychlosti světla v daném prostředí. Další metodou vyhodnocení je měření fázového posunu uplatňující kontinuální vlnění. Určitý zlomek z celkového paprsku se vyše zpět do

snímače, poté se porovná s kontinuálním vlněním a spočítá se vzájemný vlnový posun. Měřenou vzdálenost můžeme spočítat podle následujících vztahů:

$$\varphi = \frac{4 \cdot \pi \cdot d}{\lambda} \quad d = \frac{\varphi \cdot \lambda}{4 \cdot \pi} = \frac{\varphi \cdot c}{4 \cdot \pi \cdot f}$$

Kde

φ – fázový posuv, d – vzdálenost k překážce, λ – vlnová délka signálu, c – rychlost zvuku, f – frekvence signálu.

2.2.3.3 Rozdělení lidarů

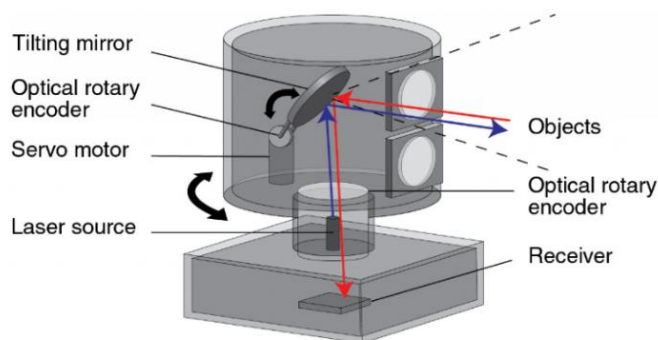
Elementárním rozdělením lidarů je podle typu měření:

1D 2D 3D

- 1D lidar definuje vzdálenost jednoho bodu, zpravidla toho na který je zaměřen.
- 2D lidar vytváří skenovací rovinu s více měřenými vzdálenostmi, vychyluje laserový paprsek.
- 3D lidar měří vzdálenosti ve více rovinách, vrstvách.

V automobilovém průmyslu se využívá 2D nebo 3D měření. Vyplývá to z potřeby detekovat překážky ve větším paprskovém rozptylu, než je u 1D dálkoměrů. Tyto skenery využívají obvykle TOF lasery, o vlnové délce 905 nm s délkou pulsu v nanosekundách a rozšiřují jejich rozptyl prostřednictvím rotujícího zrcadla, které je odkloněno o 45° od přímé osy paprsku.

Skenované překážky jsou proto v radiální rovině kolmé k paprsku. S každou otáčkou zrcadla je vytvořen jeden sken viditelného pole a skenovací frekvence tím pádem odpovídá otáčkám zrcadla. Při samotné rotaci zrcadla se odečítá jeho poloha od známého úhlu a vzdálenosti, plus se finálně integruje konečný obraz okolí.



Obrázek 12 Schéma Lidaru [12]

Laserový skener

Laserový paprsek je vychylován a jeho parametry jsou směrem k měřenému bodu dobře známy. V současnosti se používají dva způsoby odklání laserového paprsku laserových skenerů. První varianta využívá pohyblivý laser, jež natáčí laserový zdroj upevněný na elektromotoru do požadovaného směru. Podle natočení motoru získáme úhel a vzdálenost

umístění bodu v rovině. Při otáčkách motoru se velká část odraženého signálu vrátí zpět, protože lidar se pootočí jen o malý úhel. Příkladem může být model lidaru Velodyne Puck, tento lidar skenuje 360° v rozsahu úhlové diference horizontální roviny až 20° a vertikální 1,33°. Měřená vzdálenost je 100 m při přesnosti 3 cm. Frekvence skenu je 5 – 20 Hz a naměří se až 300 000 bodů. Druhá varianta je statický laser s pohyblivým zrcadlem využívající laser emitující paprsek na zrcadlo otáčející se konstantní rychlostí. Paprsek bývá vychýlen o známý úhel plynoucí ze znalosti pulzu laseru a natočení zrcadla poháněného elektromotorem. Odražený paprsek dopadající na zrcadlo je směřován na polovodičový detektor. Příkladem tohoto typu lidaru může být již výše zmíněný typ od firmy Valeo.

Solid-State Lidar

Současně vyvíjený typ lidaru bez pohyblivých částí. Podle způsobu vychylování laserového paprsku rozlišujeme dvě varianty. První z nich se nazývá OPA optické fázové pole, pomocí něhož je paprsek vychylován. Jedním z přístupů pro změnu frekvence fáze světelného signálu je využití likvidních krystalů vložených do optického vlákna a natáčejících se potenciálem elektrického pole. Tím je prodloužena optická dráha a zajištěn žádoucí fázový posun. Výhodou ve srovnání s pohyblivými lidary je rozměr a nižší cena při zachování dostatečného výkonu. Druhou z variant je Flash 3D lidar osvětluje širokým paprskem větší prostor před lidarem a zpět odražené paprsky od objektů dopadají na pole nebo matici detektorů. U tohoto typu není potřeba vychylovat laserový paprsek, je totiž rozšířen a kolimován optikou. Laserový zdroj emituje pulsy nesoucí energii s trváním nanosekund. Výsledná měření z jednotlivých detektorů se průměrují za účelem minimalizace šumu a chyb.

MEMS Lidar

MEMS mikroelektromechanické systémy označují propracovaný systém malých zrcátek elektricky rozvibrovaných k vychylování laserového paprsku žadáním směrem. Rozlišujeme dva typy systémů, první z nich vychyluje paprsek jedním malým zrcátkem. Příkladem může být varianta s horizontálním zorným polem 240° a vertikálním 40° při rychlosti skenu 50 ms a dosahem 30 m. Druhý typ systému vychyluje paprsek pomocí pole zrcátek natáčejících a vysouvajících se pro dosažení fázového posunu celé světelné vlny a změny směru paprsku. Menší zrcátka jsou rychlejší například jedna z alternativ při napětí 10 V dosahuje rychlosti odezvy 2 μs s dosahem 100 m. Vlnovou délkou laseru určujeme velikost zorného pole.

2.2.3.4 Výhody a nevýhody Lidarů

Z nevýhod lidarů můžeme uvést ovlivnění měření vzdálenosti za deště, sněžení či mlhy. Přesnost určení polohy a rychlosti vozidla při pohybujícím se vozidle. Zašumění jako výsledek přijímání odraženého paprsku s příměsí slunečního záření nebo světel protijedoucích vozidel. Utlumení signálu vzduchem a částicemi v něm obsaženými. Obtíže způsobené citlivostí na

environmentální podmínky, mezi něž patří námraza, zamlžení, orosení optiky nebo variace nečistot. Problémem rovněž zůstává interference s jinými lidary. Naopak výhodami je velká hustota naměřených dat v krátkém časovém intervalu, možnost použití i za tmy a vysoká přesnost získaných dat. [11] a [13]

2.2.4 Kamery

2.2.4.1 Využití kamer

Kamery se dnes využívají především v přední části vozidla pro sledování mrtvého úhlu, identifikaci překážek, značek a sledování jízdních pruhů, v zadní části vozidla jsou využity jako parkovací asistenty. V našem případě použijeme pro popis asistenční systém Lane Assist skupiny VW s integrovanou kamerou v oblasti zpětného zrcátka. Tento asistent udržuje vozidlo v jízdním pruhu a snaží se zabránit jeho nechtěnému vybočení pomocí cílených zásahů do řízení. Systém automaticky funguje při rychlostech vyšších než 65 km/h, pokud rychlost klesne na 60 km/h nebo je aplikován blinkr systém nereaguje. Rozlišuje plnou i přerušovanou čáru a byl zkonstruován pro pozemní komunikace s kvalitním dopravním značením. Funguje ve dvou režimech. První z nich zabraňuje vozidlu vyjetí z jízdního pruhu. V blízkosti vodorovného dopravního značení zasáhne systém automaticky do řízení a srovná jízdu směrem zpět. Při předjíždění se zapnutým blinkrem nereaguje stejně jako při rychlosti nižší než 65 km/h. Druhý režim je adaptivní vedení vozidla v jízdním pruhu. Při zaznamenání vodorovného dopravního značení z obou stran vozidla systém dokáže udržet vozidlo v aktuálním jízdním pruhu. Pomocí hlídání odstupů od vodorovného dopravního značení. U obou variant se musí řidič věnovat řízení a mít ruce na volantu. Pokud tato podmínka není splněna, systém se přibližně po 10 s deaktivuje.



Obrázek 13 Kamera využívaná pro systém Lane assist [13]

2.2.4.2 Rozdělení a fyzikální princip fungování kamer

Infračervená kamera

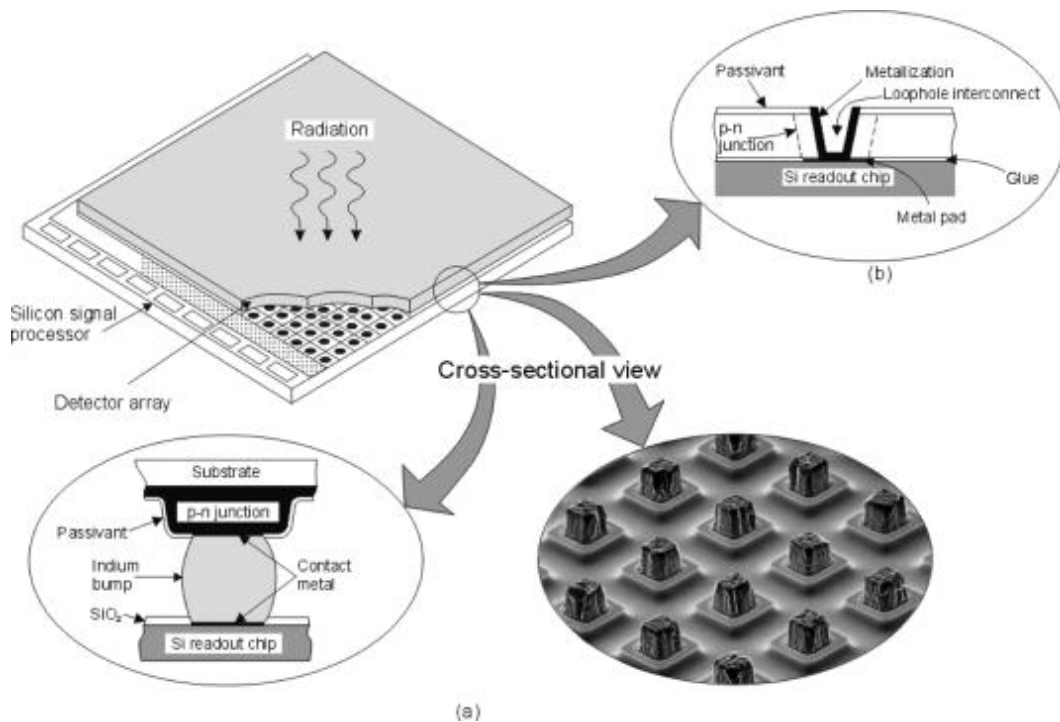
IR kamery pracují s infračerveným světlem o vlnové délce 880 nm (pro lidské oko neviditelné). Elementární funkcí je přístup snímání a zobrazování záření z objektů pomocí obrazů, termogramů s možností je znázorňovat v barevných paletách. IR kamery jsou osvědčeny a aplikovány v mnoha průmyslových činnostech. Pro řidiče jsou přínosem ve vidění na delší vzdálenost a jasněji než za běžných světelných podmínek. Výhodou je rychlejší zaznamenání překážek pevných (např. stromy, svodidla, mostní pilíře) nebo pohyblivých (např. chodci, zvěř), z toho plyne rychlejší doba reakce a vyšší bezpečnost. Data z kamer využívají asistenční systémy pro varování řidičů před možným nebezpečím. Ve srovnání s ostatními typy kamer (zejména CCD a CMOS) pracují infračervené ve tmě, kouři a mlze, což je jejich veliká výhoda.



Obrázek 14 Využití IR kamery pro noční vidění v Mercedes Benz [14]

Focal plane array

FPA jedná se o speciální pole obrazových bodů, které využívá i popisovaná IR kamera. Čip je rozčleněn do několika polí, každé z nich tvoří dva zlaté pláty pokryté silikonem a laserem jsou do nich vypáleny kruhové otvory. Tyto pole slouží k vyfiltrování nepotřebného elektromagnetického vlnění. Pod horní vrstvou čipu jsou umístěny buňky citlivé na infračervené záření. Výrobní technologie FPA senzoru je značně složitá se zajištěním vysoké míry preciznosti a odpovídající cenou Infračervených kamer.



Obrázek 15 FPA čip-rozdělení jednotlivých polí [15]

PathFind IR

Je kvalifikovaný systém pro aplikace spojené s pohonem vývoje zraku. Zaručuje lepší informovanost řidiče při jízdě v noci, za nepříznivých podmínek a doplňuje tím běžné světlomety. Sofistikovaný tepelný senzor rozkládá teplo scény na dvourozměrný obraz, zobrazovaný následně na video monitoru uvnitř vozidla. Systém je opatřen certifikací odolnosti IP-67 pro použití v těch nejnáročnějších podmínkách. Je integrován spolu s ohříváči oken v automobilu. V kameře je začleněn ohříváč čočky, který se automaticky aktivuje, pokud teplota klesne pod 4 °C. Rozměry kamery jsou pro konkrétní model od firmy X-sight 71,4 mm x 57,4mm x 56,1 mm, čímž je umožněna integrace do mnoha úzkých prostorů v nárazníku nebo OEM systémů. Rozlišení 320 x 240 pixelů zajišťuje čistý obraz a výrazně dalekosáhlejší pozorovací vzdálenosti. Hmotnost je 360 g.



Obrázek 16 PathFinder IR camera upevnění v nárazníku a reálný pohled [16]

CCD a CMOS kamera

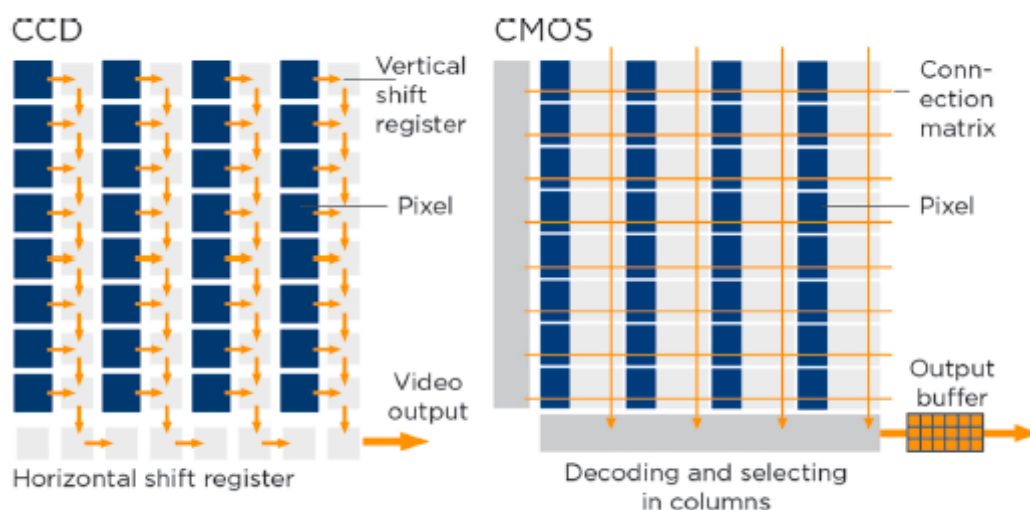
Tyto dvě technologie CCD a CMOS snímačů si navzájem konkurují ve vývoji a hrají významnou roli před jinými typy. Zkratky jsou z anglického pojmenování a vystihují blíže jejich funkci,

- CCD – Charge-Coupled Device (zařízení s vázanými náboji)
- CMOS – Complementary Metal-Oxide-Semiconductor (komplementární kov-oxid-polovodič)

Diference mezi technologiemi je následující:

CCD – přemísťování vzniklých nábojů z jednoho pixelu na druhý a následně na výstupním uzlu převedení na napětí.

CMOS – převedení jednotlivých nábojů na napětí vně všech pixelů.

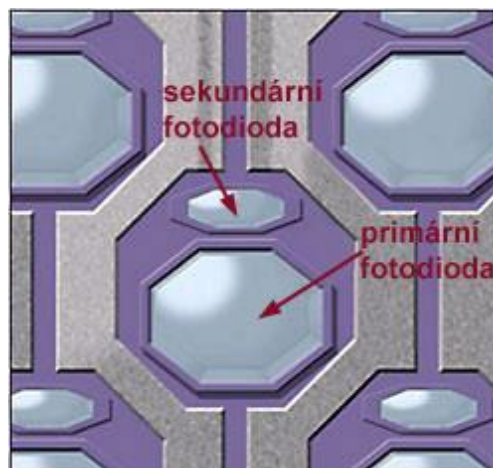


Obrázek 17 Popis CCD a CMOS technologie [17]

Technologie je založena na polovodičovém snímači, zaznamenávající intenzitu dopadajícího světla, které je dále transformováno fotoelektrickým efektem na elektrickou energii. Fotony světla dopadající na křemíkovou mřížku generují energii a při její určité úrovni se uvolňují elektrony a vzniká elektrický náboj. Zákonitost měření vychází ze vzniklého náboje (elektrického napětí), který je zesílen a potom proveden převod ADC převodníkem na binární číslo. Velmi rychlý vývoj CCD snímačů byl zásadní pro mobilní telefony, skenery, digitální fotoaparáty a videokamery, využívají se dále v nejrůznějších oborech jako je zdravotnictví, strojírenství a různé vědecké a vojenské přístroje. CMOS technologie se vyvíjela značně pomaleji, za posledních pár let však nalézá uplatnění díky jednodušší výrobě s docílením vysokého výkonu.

SuperCCD SR

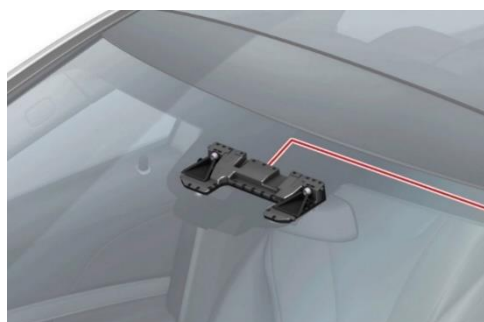
Obvykle používané digitální kamery se vyznačují kontrastem, proto vznikají bílé nebo naopak tmavé oblasti bez výrazné kresby detailů. K výslednému posouzení jsou nevhodné pro nedostatečné rozpoznání detailů předmětů. Pro jejich detekci je žádoucí využít techniku s vyšším dynamickým kontrastem. Východiskem může být např. SuperCCD SR s dvěma fotodiody v každé buňce zajišťujícími detailnější rozdíl jasů a stínů. Větší vysoko citlivý pixel má takřka stejnou citlivost jako CCD nebo CMOS snímač. Dynamický rozsah se pohybuje do 6 EV. Na ně dopadající světlo mimo rozsah mezní hodnoty se projeví jako vypálené místo v odstínech bílé barvy na fotografii. Pixel s nízkou citlivostí řádově cca 4x je schopen kreslit i tam, kde vysokocitlivý vykresluje pouze bílou barvu, proto se pomocí kombinace obou dvou pixelů zvyšuje dynamický rozsah SuperCCD SR a samotný čip je tím pádem větší.



Obrázek 18 Pixely SuperCCD [18]

Stereo kamera

Toto technologické uspořádání je velmi praktické, a přitom jednoduché s docílením kvalitních výsledků. Ve většině případů jde o upevnění dvou totožných kamer do hliníkové konstrukce pod různými úhly. Při zpracování dostaneme prostorový výstup. Z něhož po odečtení vzdáleností a následným softwarovým zpracováním obrazu je možné identifikovat svislé a vodorovné dopravní značení, semaforey nebo přečíst dopravní značky. Současně využívají stereo kamery asistenční systémy hlídání jízdního pruhu a sledování dopravních značek. Pro autonomní vozidla jsou umístěny po celém jeho obvodu vzhledem k jejich přesnosti a dosahu. Z pravidla, pokud kamery mají větší dosah musíme jich použít více k dosažení úplného obrazu v 360°. Obvykle se využívá kombinace kamer s různou ohniskovou vzdáleností, čím je vyšší tím užší výřez získáváme. U kamer pro sledování bočního okolí je rozlišovací vzdálenost 30-60 m, u těch sledujících vpřed a vzad 100-150 m i vyšší.



Obrázek 19 Stereo kamera Mercedes-Benz [19]

2.2.4.3 Výhody a nevýhody kamer

Srovnání kamer s lidarem

Kamerové systémy a lidar se v současné době fúzí. Kamery jsou schopné z přijatého paprsku poskytnout barvy, kontury a ostré tvary vhodné pro identifikaci dopravních značek, vodorovného dopravního značení a třídění zaznamenaných objektů, zda se jedná o chodce či vozidlo. Lidar naopak pracuje s intenzitou přijatého paprsku, je tedy vhodnější pro definování oblasti s vysokou přesností a určení vzdálenosti dílčích překážek. Z toho plynou vysoké požadavky na správnou kalibraci obou zařízení. Všechny kamerové systémy jsou pasivní senzory nevysílající signál, ale pouze ho přijímající. Kamerové systémy jsou z té příčiny citlivé na intenzitu světla v okolí, ve kterém se vyskytují.

Problémem zůstává optika, která může podávat zkreslené informace například zaznamenáním oblaku prachu jako objekt a způsobit tím falešnou detekci. Měla by být vždy dostatečně čistá, nepoškrábaná, neerosená, nezamížená nebo nezamrzlá. Všechny tyto parametry ovlivňují spolehlivost systémů autonomních vozidel. [14]

3 Metody zkoušení a validace

3.1 Homologační

Cílem homologačních (schvalovacích) zkoušek vozidla je schválení technické způsobilosti vozidla pro provoz na pozemních komunikacích (zákon č. 56/2001 Sb., část třetí, o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích. Technická způsobilost vozidla je schvalována jako celek nebo jeho konstrukční části (skupiny). Všechny homologační zkoušky jsou provedeny podle předpisů EHK, směrnice EHS/ES v souladu s příslušnými nařízeními Rady ES.

Podle Informačního dokumentu k zákonu č. 56/2001 Sb., část první, se pod postupem schvalování rozumí získání:

Jak uvádí zákon č. 56/2001 sb. podle [15]:

„a) osvědčení o schválení technické způsobilosti typu silničního vozidla, systému vozidla, konstrukční části vozidla nebo samostatného technického celku nebo silničního vozidla vyráběného v malé sérii, které výrobce nebo akreditovaný zástupce výrobce (dále jen výrobce) hodlá uvádět hromadně na trh, podle části třetí, hlava I zákona č. 56/2001 Sb.

b) rozhodnutí o schválení technické způsobilosti jednotlivě vyrobeného silničního vozidla nebo jednotlivě dovezeného silničního vozidla podle části třetí, hlava II a hlava III zákona č. 56/2001 Sb.

c) rozhodnutí o schválení technické způsobilosti přestavby silničního vozidla nebo hromadné přestavby silničního vozidla podle části páté zákona č.56/2001 Sb.

d) rozhodnutí o schválení technické způsobilosti výbavy vozidla podle části šesté zákona č. 56/2001 Sb. osvědčení o schválení technické způsobilosti typu zvláštního vozidla nebo rozhodnutí o schválení technické způsobilosti jednotlivě vyrobeného zvláštního vozidla nebo jednotlivě dovezeného zvláštního vozidla podle části sedmé zákona č.56/2001 Sb.

e) osvědčení o schválení technické způsobilosti typu zvláštního vozidla nebo rozhodnutí o schválení technické způsobilosti jednotlivě vyrobeného zvláštního vozidla nebo jednotlivě dovezeného zvláštního vozidla podle části sedmé zákona č.56/2001 Sb. “

A pod pojmem homologace typu:

prohlášení o shodě: typu vozidla, typu systému vozidla, typu konstrukční části vozidla, typu samostatného technického celku vozidla. Podle požadavků mezinárodně platných technických předpisů formulovaných v EHK OSN, jejich příslušných směrnících a dalších dokumentech (rozhodnutích, nařízeních) ES.

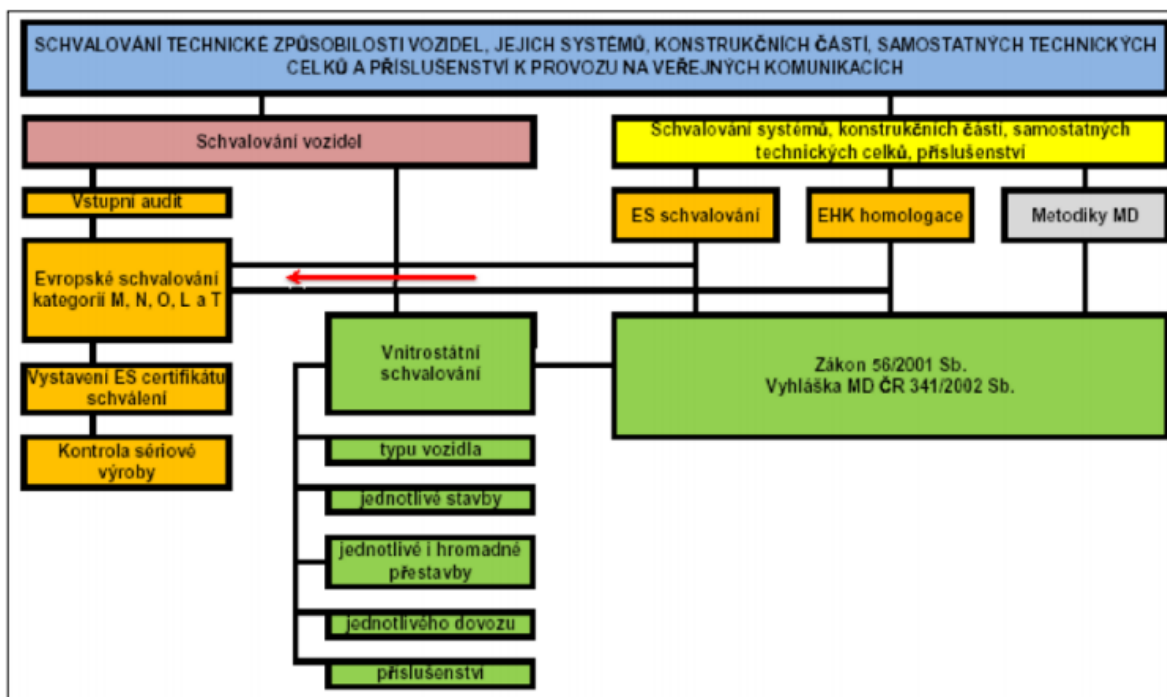
Technická způsobilost vozidla je schvalována podle: národního schvalování nebo evropského (evropská homologace).

Princip schvalování a autocertifikace

Princip schvalování – výrobce přistaví vozidlo na zkušebnu prověřenou Ministerstvem dopravy České republiky, zkušebna ověří vlastnosti vozidla a v případě splnění požadavků předpisů EHK, směrníc EHS/ES vydá protokoly ze zkoušek MD ČR pro finální homologaci.

Princip autocertifikace – výrobce vozidla prohlásí splnění požadavků příslušných předpisů. Ministerstvo dopravy České republiky namátkově kontroluje plnění předpisů a nesrovnalosti řeší soudní cestou.

Pro unifikaci předpisů je snahou vytvořit celosvětově platné předpisy GTR podle dohody z r. 1998 EHK 77 OSN. Příkladem do budoucna je náhrada části směrníc ES za předpisy EHK nebo nahrazování povinných homologačních zkoušek zkouškami výrobce pomocí aktuálních trendů autocertifikace nebo virtuálních zkoušek. [15] a [16]



Obrázek 20 Metodika schvalování technické způsobilosti vozidel [20]

Vzhledem k praktické části práce použijeme jako vzhled do problematiky, její struktury a bližší specifikace předpis EHK 130. Z dalších předpisů vytáhneme pouze jejich nejdůležitější předmět testování.

3.1.1 EHK 130 - Jednotná ustanovení pro schvalování motorových vozidel z hlediska jejich varovného systému při opuštění jízdního pruhu

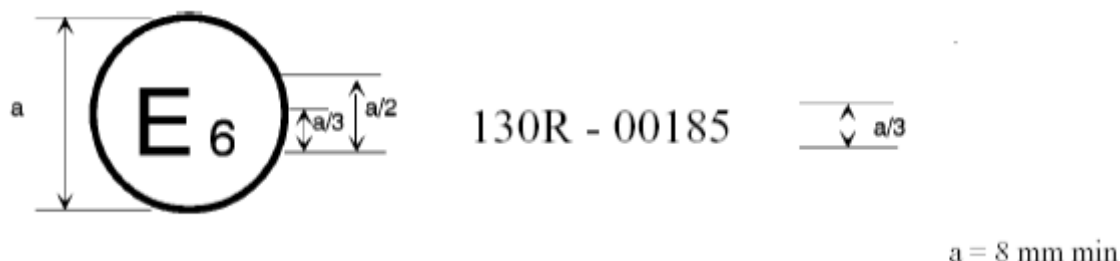
Cílem tohoto předpisu je stanovení podmínek pro systémy varování opuštění jízdního pruhu (LDWS) aplikované v motorových vozidlech kategorií M2, M3, N2 a N3, zejména při jízdě na rychlostních komunikacích. Systém LDWS je prospěšný při jednotlivých jízdních situacích, kdy upozorňuje ospalého nebo rozptýleného řidiče varováním, před nezáměrným opuštěním jízdního pruhu. Při schvalování typu vozidla tento předpis není schopen pojmout skutečné podmínky a vlastnosti infrastruktury, které by neměly mít za výsledek chybnou funkci systému.

Žádost o schválení typu vozidla

Podává výrobce vozidla, nebo jeho úředně ověřený zástupce. Musí obsahovat tyto informace: specifikaci typu vozidla viz dále, kótované výkresy a dokumentaci, čísla a symboly identifikující typ vozidla. Pro schvalovací zkoušky musí být dodán představitel typu vozidla pro schválení.

Schválení

Je uděleno vozidlům, které splní specifikační podmínky. Schváleným typům je přiřazeno schvalovací číslo, které je unikátní pro daný typ. Na každé vozidlo odpovídajícího typu schváleného podle tohoto předpisu se umístí viditelně schvalovací značka.



Obrázek 21 Příklad schvalovací značky

E6 – vozidlo bylo schváleno jako typ v Belgii z hlediska LDWS

13 – schválení byla provedena v souladu s předpisem č.130 v původním znění

Specifikace

Jakékoli vozidlo s LDWS daných kategorií musí splnit následující podmínky:

- Činnost systému LDWS nesmí být nepříznivě ovlivňována magnetickými nebo elektrickými poli.
- Splnění požadavků na vlastnosti.
- Při aktivní funkci systému funguje varování řidiče při překročení viditelné čáry jízdního pruhu až do směrového tvaru 250 m. Zejména pro: zkoušku varování výjezdu, záměrného opuštění jízdního pruhu řidičem, zkoušku detekce závady (signál musí být trvalý), při rychlostech vyšších než 60km/h.
- Pokud je možnost deaktivace LDWS platí následující: při novém cyklu startování se systém reinstaluje, trvalý optický signál (žlutý varovný signál) informuje o deaktivaci.
- Varovný indikátor: zajištěn minimálně dvěma varovnými prostředky (optické, akustické a hmatové), vždy je viditelný.
- Musí být navrženo důvěryhodné opatření proti jednoduché nepovolené změně chování systému.

Postup zkoušení

- Výrobce zajišťuje základní dokumentaci konstrukce systému, včetně jeho provázanosti s ostatními systémy vozidla.
- Zkušební podmínky.
- Testy probíhají na suchém asfaltovém nebo betonovém povrchu v rozmezí teplot 0°C až 45°C.

- Viditelné značení jízdního pruhu. Je nutnost, aby systém fungoval pro veškeré značení v příloze předpisu.
- Zajištění podmínek viditelnosti, pro bezpečné řízení při požadované rychlosti.
- Hmotnost vozidla, systém musí fungovat při všech podmínkách naložení.
- Huštění pneumatik je doporučené výrobcem.
- Ověřovací zkouška optického varovného signálu.
- Zkouška varování o opuštění jízdního pruhu: probíhá za rychlosti 65 km/h \pm 3 km/h na středu jízdního pruhu. Jemně vychylte vozidlo buď doleva nebo doprava s rychlostí opuštění mezi 0,1 a 0,8 m/s. Zkoušku opakujte v opačném směru opuštění jízdního pruhu. LDWS musí zajistit indikaci varování opuštění jízdního pruhu nejpozději, když vnější obrys přední pneumatiky vozidla, nejbližší k označení jízdního pruhu překročí o 0,3 m vnější obrys viditelného značení jízdního pruhu, který vozidlo opouští.
- Zkouška detekce závady.
- Simulace závady LDWS, rozpojením elektrického spojení nebo odpojením zdroje.
- Zkouška deaktivace.

Konec předpisu se zabývá:

- Změnou typu vozidla a rozšířením schválení.
- Shodností výroby.
- Postihem za neshodnost výroby.
- Ukončením výroby.
- Názvy a adresy technických zkušeben zodpovědných za provádění schvalovacích zkoušek a orgánů státní zprávy. [17]



Vydal: Název správního orgánu:

.....
.....
.....

o: ^{2/} UDĚLENÍ SCHVÁLENÍ
ROZŠÍŘENÍ SCHVÁLENÍ
ODMÍTNUTÍ SCHVÁLENÍ
ODEJMUTÍ SCHVÁLENÍ
UKONČENÍ VÝROBY

typu vozidla z hlediska varovného systému pro opuštění jízdního pruhu (LDWS) podle předpisu č.....

Schválení č.: Rozšíření č.:

1. Obchodní označení:
2. Typ a obchodní název (názy):
3. Název a adresa výrobce:
4. Název a adresa případného zástupce výrobce:.....
5. Stručný popis vozidla:
6. Datum předání vozidla ke zkouškám:
7. Technická zkušebna zodpovědná za provádění schvalovacích zkoušek:
8. Datum protokolu vydaného technickou zkušebnou:
9. Číslo protokolu vydaného technickou zkušebnou:
10. Schválení pro LDWS udělena/odmítnuta 2/
11. Místo:
12. Datum:
13. Podpis:
14. K tomuto dokumentu jsou přiloženy dále uvedené dokumenty, opatřené shora uvedeným schvalovacím číslem:
15. Poznámky:

Obrázek 22 Náhled zprávy

3.1.2 Předpis č. 131 – Jednotná ustanovení pro schvalování motorových vozidel z hlediska vyspělých systémů záchranného brzdění

Tento předpis se zabývá vyspělými systémy záchranného brzdění (AEBS), aplikovaných v motorových vozidlech kategorií M2, M3, N2 a N3 a to při jízdě na rychlostních komunikacích. Systém musí v případě nereakce řidiče zjistit automaticky možnosti čelní kolize a následně upozornit řidiče výstražným signálem, poté uvést do činnosti bzdový systém vozidla. Cílem je zabránění kolize, nebo zmírnění jejich následků. Řidič může kdykoli zasáhnout do činnosti systému a převzít tak plně ovládání vozidla.

Požadavky a testování:

- Vozidlo vybaveno funkcí protiblokovacího brzdění.

- Požadavky na výstražnou signalizaci, po všech signálech musí nastat záchranné brzdění.
- Zapnutý systém musí být aktivní od rychlosti vozidla 15 km/h do jeho maximální konstrukční rychlosti, při jakémkoli naložení vozidla.
- Zapnutí funkce AEBS při každém novém nastartování.
- Funkčnost veškeré signalizace spojené se systémem.
- Při schválení je nutnost popsat prostředky bezpečnosti proti neoprávněné změně způsobu činnosti systému.

Postup zkoušky:

- Probíhá na rovném a suchém povrchu (beton nebo asfalt) s dobrými adhezními vlastnostmi.
- Teplota v rozmezí 0 °C–45 °C za bezvětří.
- Rozsah horizontální viditelnosti musí zajišťovat pozorování cílového předmětu.
- Zkouší se běžný osobní automobil kategorie M₁ AA sedan, nebo jeho alternativa, vybaveným systémem AEBS.

Sled jednotlivých zkoušek:

- Zkouška uvedení systému do činnosti. (stojící cílový předmět)
- Zkoušené vozidlo se postupně přibližuje k cílovému předmětu po konstantní trajektorii po čas nejméně 2 s, před funkční částí zkoušky. Vzdálenost mezi střednicemi zkoušeného vozidla a cílového předmětu není větší než 0,5 m. V následném průběhu funkční zkoušky vozidlo jede rychlostí 80 km/h ± 2 km/h a je v minimální vzdálenosti 120 m od cílového předmětu. V průběhu funkční zkoušky až do bodu vyhodnoceného jako kolize nesmí řidič zasahovat do ovládacích prvků vozidla, výjimkou jsou minimální korekce volantem.
- Zkouška časového sledu režimů výstražné signalizace.
- Po signalizaci následuje záchranné brzdění, maximální snížení rychlosti je udáváno v tabulce v přílohách předpisu.
- Následuje zkouška činnosti systému s pohybujícím se cílem. (Rozdíl pouze v pohyblivém cíli, ostatní parametry zůstávají nezměněny.)
- Zkouška zjištění poruchy, rozpojením elektrického spojení nebo odpojením zdroje.

Zkouška vyřazení z činnosti:

- U typů vozidel s prostředkem pro vyřazení systému z činnosti se nastartuje motor a systém se vyřadí z činnosti. Musí se rozsvítit výstražný signál. Opakovaně se nastartuje motor, tím se ověří, že výstražná signalizace již není aktivní.

Zkouška chybné detekce:

- Dvě stojící vozidla kategorie M₁ AA sedan jsou umístěny v poloze:

Směřující do stejného směru jízdy, jako zkoušené vozidlo,

ve vzdálenosti 4,5 m od sebe (podle referenčního bodu z normy ISO 612-1978),

zadě vozidel jsou srovnány do stejné úrovně.

- Zkoušené vozidlo jede ve vzdálenosti nejméně 60 m při konstantní rychlosti 50 km/h \pm 2 km/h, a následně projede středem mezi oběma stojícími vozidly. Řidiči není dovoleno zasahovat do ovládacích prvků vozidla, výjimkou jsou minimální korekce volantem.
- Systém nesmí spustit výstražnou signalizaci kolize a následné záchranné brzdění. [18]

3.1.3 Předpis č. 79 - Jednotná ustanovení pro homologaci vozidle z hlediska mechanismu řízení

Cílem je stanovení jednotných ustanovení pro koncepci a funkci systémů řízení u silničních vozidel. Důležitý požadavek je mechanická vazba volant/kola k určování trajektorie vozu. Předpis nechává prostor i pro technicky vyspělé podpůrné systémy řízení s automaticky ovládanou funkcí řízení. Příkladem může být používání pasivního zařízení infrastruktury nebo korektivní funkce řízení. Platí podmínka, že řidič může kdykoli vyřadit podpůrné funkce z činnosti. Vývoj počítá s řízením pomocí čidel a signálů vzniklých ve vozidle nebo mimo něj. Systémy nepožadující zásah řidiče jsou nazvány autonomní. Předpis platí pro vozidla kategorií M, N a O.

Ustanovení pro konstrukci:

- Systém musí zprostředkovat jednoduché ovládání vozidla v plném rozsahu jízdních vlastností.
- Odolnost mechanismu řízení při běžném provozu, před účinky magnetických a elektrických polí.
- Technicky vyspělé podpůrné systémy řízení jsou homologovány pouze pokud jejich funkce nenarušuje funkci hlavního systému řízení a v neposlední řadě je řidič může kdykoli vypnout.
- Uvádí podmínky pro systém CSF, Převod řízení, Řízená kola, Přívod energie, Ovládací systémy.
- Požadavky na vlastnosti a poruchy, Systém řízení s posilovačem, Systémy strojního řízení, Výstražnou signalizaci, Pravidelné technické prohlídky mechanismu řízení.
- Ustanovení pro systém ACSF.

Ustanovení pro zkoušky:

- Rovný povrch s dobrou adhezí.
- Vozidlo je naloženo na jeho maximální přípustnou hmotnost.
- Nahuštění pneumatik předepsané výrobcem.

Ustanovení pro motorová vozidla:

- Možnost vyjetí z oblouku o poloměru 50 m po tečně s normálními vibracemi mechanismu řízení (rychlosti jsou určeny kategoriemi vozidel).
- Požadavky na měření ovládacích sil.
- Vozidlo najede z přímého úseku do spirály v rychlosti 10 km/h.
- Ovládací síla řízení je určena v tabulce v příloze předpisu, rovněž doba její aplikace.

Pro detailnější postup testování slouží přílohy, například ta s č. 8 se zabývá **požadavky na zkoušky korektivních a automaticky ovládaných funkcí řízení**. Jsou zde podrobně popsány podmínky zkoušek, povolené odchylky, podmínky pro vozidlo a postup zkoušky CSF:

- Zkouška výstražné signalizace.
Vozidlo jede se zapnutým systémem CSF na vozovce s vyznačenými jízdními pruhy na každé ze stran. Systém CSF vyhodnocuje pouze přítomnost a ohraničení jízdního pruhu, konkrétněji doba trvání optických a zvukových výstražných signálů.
- Zkouška síly volantu potřebné k překonání systému.
Totožný postup se zkouškou výstražné signalizace, s rozdílem vyhodnocení síly na volantu způsobené řidičem k překonání systému. [19]

3.2 NCAP



1

Cílem Globálního programu pro posuzování nových vozidel je podpora veřejné bezpečnosti a ochrana veřejného zdraví, ochrana a zachování lidského života a zlepšení, zachování a ochrana fyzického a přírodního prostředí, zejména přes:

¹ Loga a obrázky převzat ze zdrojů: [21] a [22]

- Podporu a provádění nezávislých výzkumných a zkušebních programů, které budou posuzovat bezpečnostní a environmentální charakteristiky motorových vozidel a jejich vzájemné srovnání přístupné veřejnosti; a
- Podporu rozvoje nových programů hodnocení vozidel, poskytováním finanční podpory a technické pomoci pro usnadnění mezinárodní spolupráce mezi těmito programy.

Vize

- Dlouhodobá snaha je vidět svět bez smrtelných nehod a silných zranění z dopravních nehod.
- Do roku 2020 chceme, aby všechny nové automobily ve výrobě překročily minimální standardy Spojených Národů pro crash testy, ochranu chodců a elektronickou kontrolu stability. (Vše v souladu s návrhy Roadmap 2020, které byly zahájeny v roce 2015).
- Podpora další demokratizace bezpečnosti vozidel, podporou osvědčených postupů v oblasti konstrukce a technologie automobilů ve všech oblastech světa.
- Podpora propagace informací pro spotřebitele s cílem podpořit celosvětový trh s vozidly, které jsou bezpečnější a šetrnější k životnímu prostředí.

Prohlášení o poslání

- Podpora nových programů posuzování vozidel na rozvíjejících se trzích prostřednictvím nabídky poradenství technické podpory a zajišťování kvality.
- Poskytnout platformám spolupráci s NCAP a podobnými organizacemi po celém světě, aby sdíleli osvědčené postupy, dále vyměňovaly informace a podporovaly využívání informací pro spotřebitele s cílem podpořit výrobu bezpečnějších automobilů na globálním trhu automobilového průmyslu.
- Podporovat osvědčené bezpečnostní technologie vozidel a jejich urychlené používání na celém světě díky zvýšenému povědomí spotřebitelů a případně zasazením se o jejich povinnou aplikaci.
- Podporovat iniciativy v oblasti vzdělávání a regulace v oblasti bezpečnosti vozidel s cílem podpořit vytváření politiky zejména na rozvíjejících se trzích.
- Podporovat používání bezpečnějších vozidel a technologií manažery vozových parků ve veřejném i soukromém sektoru.
- Definovat úspěchy v oblasti bezpečnosti vozidel, inovace v technologiích souvisejících s bezpečností a výrobků prostřednictvím globálního systému oceňování.
- Podporovat cíle OSN pro udržitelný rozvoj se snížením počtu úmrtí a zranění na polovinu do roku 2020 a plná implementace Globálního Plánu opatření OSN pro toto desetiletí zaměřeného na bezpečnost silničního provozu, zejména na doporučené činnosti pro vozidla.

- Podpořit zlepšení v oblasti snižování emisí z vozidel, účinnosti paliv a spotřebitelských informací založených na důkazech s cílem informovat spotřebitele o environmentálních vlastnostech motorových vozidel.

Mapa dopravy pro bezpečnější vozidla 2020

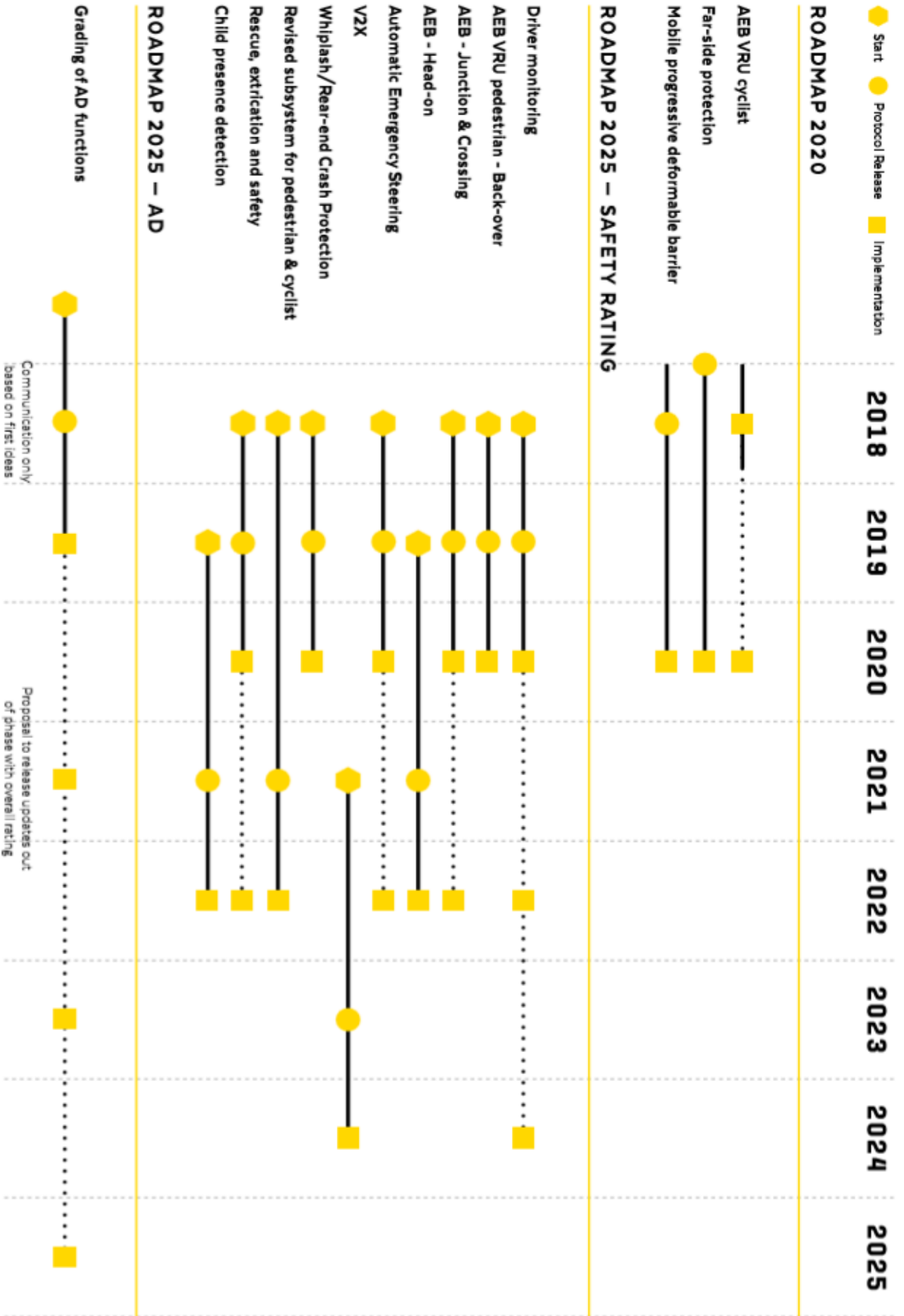
Globální NCAP přijal mapu dopravy pro bezpečnější vozidla do roku 2020, která poskytuje členským státům OSN doporučený časový harmonogram pro uplatňování nejdůležitějších předpisů OSN o bezpečnosti vozidel. S návrhem, aby se tyto předpisy nebo ekvivalentní vnitrostátní normy použili nejprve na nové modely, a pak na veškerá vozidla ve výrobě, nejpozději do konce desetiletého období OSN pro bezpečnost silničního provozu a to v roce 2020.

	Electronic Stability Control No.140 (GTR. 8)	2018	2020
	Motorcycle Anti-Lock Brakes No.78 (GTR.3)	2018	2020
	Autonomous Emergency Braking Systems	Highly Recommended	Highly Recommended

Obrázek 23 Prvky aktivní bezpečnosti v Road Map 2020

Timeline

◆ Start
 ● Protocol Release
 ■ Implementation



Jednotlivé Složky (Global NCAPu)



ANCAP je přední nezávislý podporovatel pro bezpečnost vozidel v Australasii. Poskytuje spotřebitelům nezávislé poradenství a srovnávací informace na úrovni ochrany cestujících a chodců poskytované různými modely vozidel v nejčastějších typech havárií a také jejich schopnost – díky technologii – zabránit havárii.



ASEAN NCAP zahájil v roce 2012 svůj crash testovací program s dvěma druhy hodnocení: Ochrana dospělých cestujících (AOP) a Ochrana dětí (COP), aplikované do roku 2016. Poskytuje spotřebitelům informace o úrovni bezpečnosti testovaného vozidla s odděleným hodnocením pro AOP a COP. Vzhledem k možnosti dalšího vylepšení hodnocení systému, mimo bezpečnostních výhod, které nové technologie nabízejí, ASEAN NCAP revidoval svůj dřívější program pro odolnost proti nárazu. To spotřebitelům vozidel poskytne další výhodu pro získání bezpečnějšího automobilu, který může zabránit tomu, aby se havárie stala.



Od svého zavedení se C-NCAP ukázal jako hlavní posudek na výzkum a vývoj pro výrobce automobilů a hraje velkou roli ve směřování a podporování bezpečnostních technologií v automobilech v Číně. Výsledky hodnocení ukázaly, že se s každým rokem zlepšuje hodnocení vozidel. Mezitím se zvyšuje i rychlost instalace bezpečnostního zařízení, jako je připomenutí nezapnutých bezpečnostních pásů, ESC a bočních airbagů. V současné době se hodnocení C-NCAP stalo důležitým kanálem informací pro spotřebitele, aby věděli o úrovni automobilové bezpečnosti. Výsledky C-NCAP jsou zaměřeny na tisk a širokou veřejnost a staly se jedním z hlavních faktorů, které ovlivňují nákupní chování spotřebitelů.



Evropský program pro hodnocení nových vozidel, poskytuje spotřebitelům realistické a nezávislé hodnocení bezpečnosti vozidel některých nejoblíbenějších vozů prodávaných v

Evropě. Organizace měla důležitý vliv na konstrukci vozidel, vedoucí k snížení počtu dopravních nehod na evropských cestách. Tento program je detailněji popsán níže.



Pojišťovací ústav pro bezpečnost silnic je nezávislá nezisková vědecká a vzdělávací organizace zaměřená na snižování ztrát – úmrtí, zranění a poškození majetku – z havárií motorových vozidel. Dálniční úřad pro ztrátová data sdílí a podporuje tuto misi pomocí studie o pojišťovacích datech. Obě organizace jsou plně podporovány americkými a kanadskými pojišťovnami.



Cílem JNCAP je podporovat používání bezpečnějších automobilů vytvořením prostředí, ve kterém si mohou uživatelé automobilů snadno zvolit vozidlo a zároveň tím podporovat výrobce automobilů vyvíjet bezpečnější vozidla. Konkrétněji, všechna komerčně dostupná vozidla splňují bezpečnostní normy japonského zákona o silničních dopravních prostředcích, bezpečnostní provedení podporující předcházení nehodám se liší podle různých modelů. Jako takové jsou prováděny srovnávací testy bezpečnostních provedení každého modelu a výsledky jsou zveřejněny.



Korejský program pro posuzování nových automobilů (KNCAP) hodnotí úroveň bezpečnosti motorových vozidel provedením různých zkoušek, aby spotřebitelé byli informováni o hodnocení bezpečnosti a výrobci jsou zároveň povzbuzováni vyvíjet bezpečnější vozidla.



Nový testovací program pro Latinskou Ameriku a Karibik (Latinské testy NCAP) je založen na mezinárodních známých metodikách s hodnocením vozidel mezi 0 až 5 hvězdičkami, které označují bezpečnost vozidel pro dospělé i děti. Latin NCAP byl zahájen v roce 2010 jako společná iniciativa a v roce 2014 byl založen jako sdružení v rámci právního subjektu. Cílem je poskytnout spotřebitelům v oblasti Latinské Ameriky a Karibiku nezávislé a nestranné

posouzení bezpečnosti nových automobilů, povzbudit výrobce ke zlepšení bezpečnosti vozidel, které nabízejí k prodeji, a povzbudit vlády v celém regionu, aby uplatňovaly předpisy OSN o nárazových zkouškách vozidel pro osobní automobily.



Americký program pro posuzování nových vozidel (US NCAP) je vlajkovou lodí spotřebitelského informačního programu Národní správy bezpečnosti silničního provozu (NHTSA) ministerstva dopravy USA. Posláním NHTSA je snížení počtu úmrtí a úrazů způsobených haváriemi motorových vozidel prostřednictvím federálních bezpečnostních norem pro motorová vozidla a dalšími předpisy. Také provádí programy bezpečnosti spotřebitelských vozidel, včetně US NCAP, který vzdělává spotřebitele o bezpečnosti vozidel a povzbuzuje výrobce, aby vyráběli vozidla, která překračují minimální federální bezpečnostní požadavky.



Jedná se o organizaci sdružující představitele ministerstev dopravy zemí EU, automobilových asociací, pojišťoven a zákaznických organizací. Název pochází z anglického Europa New Car Assessment Programme (Evropský program hodnocení nových vozů). Cílem konsorcia je nezávislé zhodnocení aktivní a pasivní bezpečnosti automobilů bez ohledu na jejich značku. Výsledky jsou znázorněny pomocí počtu hvězdiček (0 nevyhovující – 5 bezpečné). Testy a jejich výsledky jsou dostupné a lze jednoduše zjistit bezpečnost vozu na uživatelské úrovni.

Před uvedením automobilu na trh je povinnost, aby každý nový model prošel homologačními testy, které jsou jednotné v rámci EU. EuroNCAP je jednotný systém hodnocení za souměřitelných předpokladů, celý systém testování je podporován jednotlivými ministerstvy vlád v Evropě a strategickými partnery např. Královský automobilový klub ve Velké Británii, ADAC, FIA.

Testy probíhají takto, nezávislá autorizovaná zkušebna provádějící testy zakoupí anonymně vůz a zajistí tím náhodný výběr bez jakéhokoli ovlivnění ze strany výrobce. Následně jsou přizváni reprezentanti dané značky, asistující při přípravě vozu na testování. Při průběhu zkoušky mají roli pozorovatelů a provádí se jednou.

Výsledky zkoušek jsou rozděleny do 4 hlavních oblastí: ochrana dospělých cestujících, ochrana dětí, ochrana chodců a funkce asistenčních systémů. Každá oblast je začleněna do konečného výsledku, přitom žádná z nich nemůže selhat.

Tento systém zkoušení je v dnešní vizuální době účinný nástroj pro průzkum trhu a bezpečnost vozů velmi zjednodušuje. Jednotlivé oblasti testování jsou uvedeny níže. Pro naše účely se však podrobněji zaměříme pouze na test asistenčních systémů. Zdroj: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/euro-ncap/>



Ochrana dospělých cestujících:

Vyhodnocení zkoušky je na základě šesti jednotlivých zkoušek:

- částečný čelní náraz do deformovatelné bariéry
- plný čelní náraz do nedeformovatelné bariéry
- boční náraz
- boční náraz do sloupu
- test ochrany krční páteře
- test bezpečnosti systémů



Ochrana dětí:

Vyhodnocení zkoušky je na základě 3 hledisek:

- ochrana dětských pasažérů při čelním a bočním nárazu
- schopnost vozidla pojmout dětské zádržné systémy různých velikostí a provedení
- ověření správného uchycení dětských zádržných systémů



Ochrana chodců:

Vyhodnocení zkoušky je na základě testů střetu chodce s přední částí vozidla. Posuzuje se potenciální riziko zranění hlavy, pánve, horní a dolní nohy.

- střet s hlavou

- střet s horní částí dolních končetin
- střet s dolní částí dolních končetin



Asistenční systémy:

Vyhodnocení zkoušky je na základě nejdůležitějších testů asistenčních systémů podporující bezpečné řízení. Zkouší se a ověřuje účinnost a funkčnost aktivních prvků bezpečnosti.

- test elektronického stabilizačního systému
- kontrola zapnutí bezpečnostních pásů
- asistent rychlostních limitů
- test automatického nouzového brzdění
- asistent jízdy v jízdním pruhu

Hodnocení asistenčních systémů je určeno z dílčích testů nejdůležitějších technologií, které pomáhají řidiči a podporují bezpečnou jízdu, aby se předešlo nehodám a zamezilo zranění. Při těchto testech Euro NCAP testuje funkčnost a nebo výkonnost systému během běžné jízdy a při typických nehodových scénářích.

Jako vzorový příklad hodnocení uvedeme podobně jako u homologačních předpisů vyhodnocení podpůrných systémů hlídající jízdní pruhy. Hodnocení dalších systémů se díky účelnosti dotkneme.

3.2.1 Systémy podpory jízdních pruhů

Mnoho nehod je způsobeno vozidly opouštějícími zamýšlené jízdní pruhy, a to buď postupně z důvodu nepozornosti ze strany řidiče, nebo náhle, kde je špatně odhadnut směrový oblouk vozovky řidičem. Opuštění jízdního pruhu může vést k vážným nehodám s překážkami nebo s dopravou v protisměru.

Asistenční systém udržení v jízdním pruhu napomáhá korigovat správný směr jízdy vozidla, které postupně vybočuje ze svého jízdního pruhu. Často je řidič upozorněn, aby korigoval směr vozidla, dále tyto systémy ovládají částečně řízení k zastavení vozidla před opuštěním jízdního pruhu. Systémy nouzového udržování v jízdním pruhu (ELK) zasahují mnohem agresivněji, avšak jenom při detekci kritických situací. Například systém ELK využije velký vstup do řízení, pokud se vozidlo chystá vyjet z vozovky. Systém Euro NCAP odměňuje systémy LKA a ELK

na základě standardního souboru testů provedených na zkušební dráze. Oba typy systémů jsou testovány při různých typech silničních značení, včetně plných čar a přerušovaných čar a také v situacích, kdy okraj silnice není označen čarou. Výkon se vyhodnocuje zvážením blízkosti vozidla k okraji značení jízdního



Obrázek 24 Detekce krajnice vozovky

pruhu nebo okraji vozovky v době zásahu. Další body se udělují vozům vybaveným systémem varování při opouštění z jízdního pruhu a systémem sledování mrtvých úhlů. Zavedeno v roce 2014.

HODNOCENÍ SYSTÉMŮ PODPORY JÍZDNÍCH PRUHŮ (protokol testování a ohodnocení)

Systémy pro podporu jízdních pruhů se široce rozšiřují a nesou s sebou značný bezpečnostní potenciál, proto se jim uděluje hodnocení v rozšířeném programu Safety assist (od roku 2014). Vyvinuté testy doplňují legislativní požadavky.

Definice jednotlivých pojmů:

Nouzové udržování v jízdních pružích (ELK) – výchozí automatická korekce směru používaná v reakci s detekováním vozidla, které se chystá posunout za krajnici vozovky nebo směrem do sousedního pruhu přijíždějící/předjíždějící dopravy.

Asistent udržení v jízdním pruhu (LKA) – automaticky pomocí detekce koriguje směr vozidla, které se chystá vyjet z vymezeného jízdního pruhu.

Varování při odjezdu z jízdního pruhu (LDW) – automatické varování, které je vozidlem poskytováno v reakci na vozidlo, které se chystá vyjet z vymezené aktuální jízdní dráhy.

Testované vozidlo (VUT) - znamená vozidlo testované z hlediska LKA/LDWS.

Čas do kolize (TTC) - znamená zbývající čas před tím, než testované vozidlo (VUT) narazí do měkkého cíle (GVT), za předpokladu, že VUT a GVT budou pokračovat dále v cestovní rychlosti.

Okraj jízdních pruhů – znamená vnitřní část značení jízdního pruhu nebo krajnice vozovky.

Vzdálenost k okraji pruhu (DTLE) - znamená zbývající boční vzdálenost (kolmá k okraji pruhu) mezi okrajem pruhu a vnějšího okraje pneumatiky předtím, než VUT překročí okraj pruhu za předpokladu, že VUT bude pokračovat v jízdě konstantní boční rychlostí směrem k němu.

Kritéria a bodování

Aby bylo vozidlo způsobilé pro získání bodů, musí být vybaveno systémem ESC, který je v souladu s předpisem 13 EHK. Dále musí být možnost zakročení řidičem do funkce systému.

Rozhraní HMI (Human Machine Interface) může dosáhnout následujících bodů:

- Varování před opuštěním jízdního pruhu **0,25 bodů**

Ohodnocení získává systém LDW, který vydá zvukové a / nebo hmatové varování před DTLC o hodnotě 0,2 m. V případě, že systém LKA splňuje požadavky všech dílčích testů, body LDWS se udělují automaticky.

- Monitorování slepých úhlů **0,25 bodů**

Vozidlo je navíc vybaveno systémem monitorující mrtvé úhly, upozorňující řidiče, o přítomnosti dalších vozidel v mrtvém úhlu. Pokud je vozidlo vybaveno systémem ELK, který splňuje požadavky testů na předjíždění, body BSM jsou uděleny automaticky.

Asistent udržení v jízdním pruhu (LKA)

Pro testy systému LKA jsou použitým hodnotícím kritériem vzdálenost k okraji pruhu (DTLE). Mezní hodnota DTLE pro testy LKA je nastavena na 0,3 m pro zkoušení vůči liniím (vodorovnému dopravnímu značení), což znamená, že systém LKA nesmí dovolit VUT

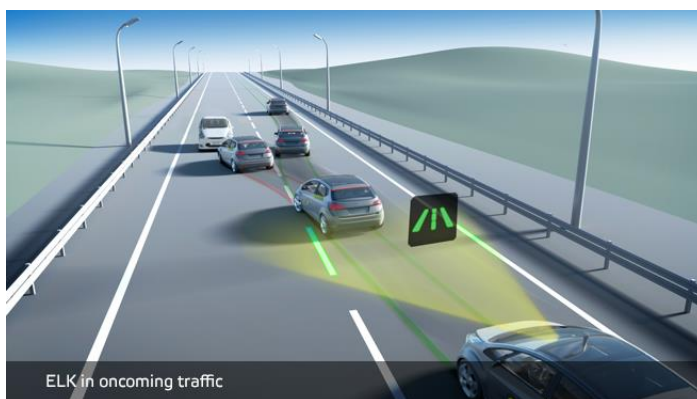


překročit vnitřní okraj linie dráhy o vzdálenost větší než 0,3 m. Pro zkoušení vůči krajnici vozovky je tato hodnota 0,1 m. Dostupné body z jednotlivých zkoušek jsou uděleny na základě splnění / nesplnění, je nutné splnit všechny zkoušky v rámci scénáře s různou kombinací dopravního značení. Body, které jsou k dispozici pro různé kombinace scénářů LKA jsou uvedeny v následující tabulce:

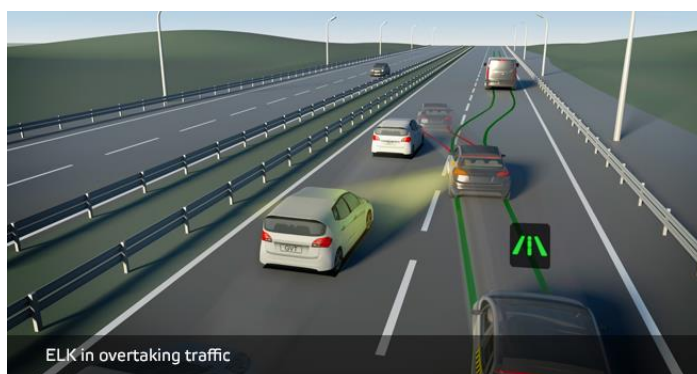
Scénář LKA	Dopravní značení	Body
Krajnice vozovky	Pouze krajnice vozovky.	0,25
	Krajnice vozovky s plnou středovou čarou.	0,25
Přerušovaná čára	Pouze přerušovaná čára vozovky.	0,25
	Plné označení jízdního pruhu.	0,50
Plná čára	Pouze plná čára vozovky.	0,25
	Plné označení jízdního pruhu.	0,50
CELKEM		2,00

Nouzový systém udržování v jízdních pruzích (ELK)

V testech ELK pro krajnici vozovky jsou použitým hodnotícím kritériem vzdálenost k okraji dráhy (DTLE). Mezní hodnota DTLE pro testy ELK je nastavena na 0,1 m, což znamená, že vozidlo smí mít pouze část předního kola mimo okraj vozovky. Při zkouškách ELK s protijedoucími a předjíždějícími vozidly je použitým hodnotícím kritériem neovlivnění VUT v žádném okamžiku během testu, tj. kontakt předjíždějícího nebo přijíždějícího vozidla s cílovým vozidlem. Dostupné body za zkoušku jsou uděleny na základě splnění / nesplnění, kde všechny zkoušky v rámci scénáře s různou kombinací silničního značení musí být splněny. Body dostupné pro různé kombinace scénářů ELK a kombinace silničního značení jsou uvedeny v následující tabulce:



Obrázek 27 Systém ELK pro projíždějící vozidla



Obrázek 26 Systém ELK pro předjíždějící vozidla

Scénář ELK	Dopravní značení	Body
Krajnice vozovky	Přerušovaná středová čára & žádné značení krajnice vozovky.	0,25
	Přerušovaná středová čára & přerušovaná čára krajnice vozovky.	0,25
	Přerušovaná středová čára & plná čára krajnice vozovky.	0,25
Projíždějí vozidla	Plné značení jízdních pruhů.	0,50
Předjíždějí vozidla	Plné značení jízdních pruhů.	0,25
CELKEM		1,50

Celkové skóre LSS

Celkové skóre v bodech je suma skóre HMI, LKA a ELK.

Funkce LSS	Body
HMI	0,50
LKA	2,00
ELK	1,50
CELKEM	4,00

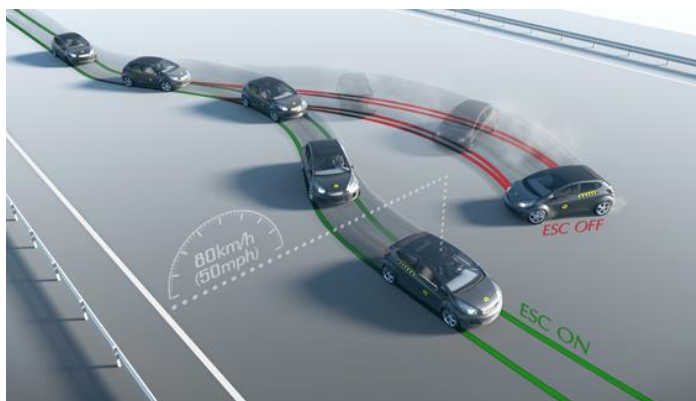
Finální vizualizace

Skóre LSS je prezentováno samostatně pomocí barvy pro různé funkce LSS, HMI, LKA a ELK. Použité barvy jsou založeny na funkčních skórech zaokrouhlených na tři desetinná místa.

Barva	Výrok	Aplikace celkovému hodnocení	k	Dílčí hodnocení	váha
Zelená	Dobrý	3,001 bodů	–	4,000	75,0% - 100,0%
Žlutá	Adekvátní	2,001 bodů	–	3,000	50,0% - 75,0%
Oranžová	Marginální	1,001 bodů	-	2,000	25,0% - 50,0%
Hnědá	Slabý	0,001 bodů	-	1,000	00,0% - 25,0%
Červená	Velmi slabý	0,000 bodů			00,0%

3.2.2 Systém elektronické kontroly stability

Je velmi efektivní systém, pomáhající řidiči udržet kontrolu nad vozem a tím zabráňuje, nebo snižuje závažnost havárií. Elektronická kontrola stability je technologie, která zlepšuje stabilitu vozidla tím, že detekuje a snižuje ztrátu trakce. ESC byl uveden v testech EURO Ncap v roce 2009 a díky tomu došlo k razantnímu rozšíření systému. V rozmezí let 2011–2013 byly provedeny další testy funkčnosti všech vozů vybavených ESC. Systém byl vyhodnocen provedením řady tzv. Sine-with dwell testů, založených na skutečném manévru s dvojitými jízdními pruhy. Tyto testy byly provedeny při rychlosti 80 km/h s náhlým otočením volantu až o 270 stupňů. S vyhodnocením bočního posunutí, stability a schopnosti vozidla sledovat přímou dráhu. V roce 2014 se instalace systémů ESC stala povinnou pro všechna nová vozidla, a proto Euro NCAP tento systém přestal testovat a odměňovat.



Obrázek 28 Systém ESC

3.2.3 Systém připomínání bezpečnostních pásů

Připomínač bezpečnostních pásů zůstává jedním z neúčinnějších prvků bezpečnostního vybavení v jakémkoli automobilu, jak pro cestující na předních sedadlech, tak i pro posádku vzadu. Mnoho lidí však nadále nepoužívá bezpečnostní pásy a tito lidé jsou ve statistikách vážných a smrtelných zranění zastoupeni v nadměrné míře. Správné zadržení cestujících na zadních sedadlech je rozhodující pro bezpečnost, ale také zadržení cestujících na předních sedadlech. Výzkum ukazuje, že cestující, kteří používají správně bezpečnostní pásy jedou s největší pravděpodobností v autě s připomínači bezpečnostních pásů. Během jízdních zkoušek jsou pásy utaženy a odpojeny a posuzována je hlasitost a trvání zvukových signálů daných SBR. V obecném porovnání populace, je nepřipoutaná posádka nejčastěji zastoupena v haváriích a smrtelných nehodách.

Umístění a zřetelnost každého vizuálního výstražného hlášení se kontroluje, aby byla viditelná pro různé cestující. Dodatečné ocenění je poskytováno těm výrobcům, u kterých nalezneme pokročilé a inteligentní systémy SBR na všech sedadlech, včetně zadních sedadel. Zavedeno v roce 2002.



Obrázek 29 Systém SBR

3.2.4 Systémy regulace rychlosti

Nadměrná rychlost je příčinným faktorem a také souvisí s závažností mnoha silničních nehod. Nejvyšší povolené rychlosti jsou určeny k udržení rychlosti provozu na příslušné úrovni pro dané prostředí, což zajišťuje bezpečnost motoristů a ostatních účastníků silničního provozu. Nejvyšší povolené rychlosti by měly být řádně zvoleny tak, aby usnadnily efektivní dopravní tok a podporovaly bezpečné jízdní podmínky. Vyšším dodržováním nejvyšších povolených rychlostí, by došlo k odvrácení mnoha nehod a k zmenšení jejich účinku.

EuroNCAP hodnotí různé funkce těchto systémů:

- informování řidiče o současné nejvyšší povolené rychlosti
- varování řidiče vozidla, když rychlost přesáhne nastavené limitní hodnoty
- aktivního zabránění překročení nebo udržení nastavené rychlosti

Nejpokročilejší systémy, omezovač rychlosti nebo inteligentní adaptivní tempomat (ACC), kombinují všechny tyto funkce, přičemž nastavení rychlosti může být jednoduše potvrzeno detekovanou nejvyšší povolenou rychlostí zobrazenou vozidlem na základě rozeznání

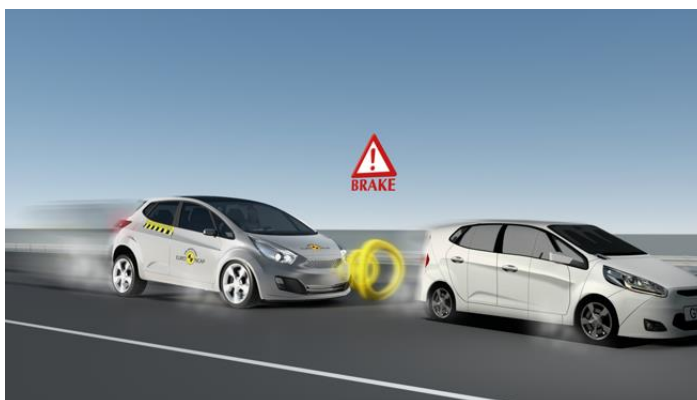
dopravních značek nebo digitálních mapových dat. Funkce systému musí zaručovat jeho využití bez zbytečného odvrácení pozornosti řidiče. Navíc je řidič jemně varován, když vozidlo není fyzicky schopno dosáhnout nastavené rychlosti. U systémů aktivně kontrolujících rychlost, jsou prováděny testy ověřující přesnost provedení nastavení systémem. Zavedeno v roce 2009.



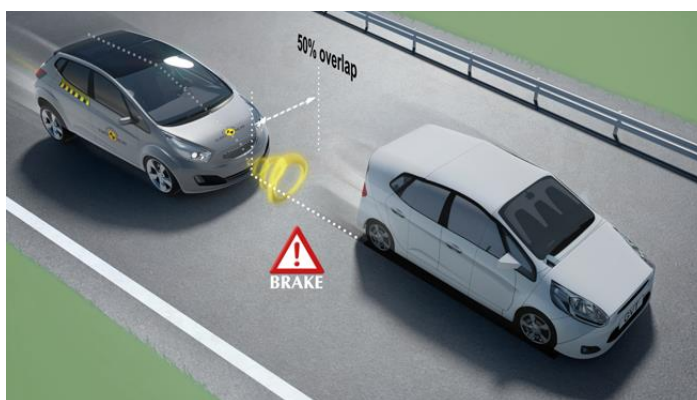
Obrázek 30 Systém regulace rychlosti

3.2.5 Systém autonomního nouzového brzdění

Meziměstský systém autonomního nouzového brzdění pomáhá řidiči předejít zadnímu nárazu a varuje a podporuje přiměřené brzdění, nebo úplné autonomní zastavení vozidla. Zadní náraz auto vs. auto je jednou z nejčastějších nehod na evropských silnicích. Modelové havárie se vyskytují na otevřené cestě, při mírných až vyšších rychlostech, kde je řidič rozptýlen, nebo špatně rozezná, že provoz před ním je zastaven, zastavuje se, nebo se pohybuje nižší rychlostí. Výrobci automobilů nabízejí řidiči technologii, která varuje, popř. se vyhýbá blízkému se střetu a podporuje přiměřené brzdění nebo sama zastaví vozidlo. Pro AEB



Obrázek 31- a. Systém AEB



Obrázek 32 b. Systém AEB

meziměstské systémy, Euro NCAP vyhodnocuje funkci automatické brzdy a varování před nárazem ve třech různých scénářích jízdy:

- jízda směrem k stojícímu vozidlu (30-80 km/h); přibližování k pohybujícímu se pomalejšímu vozidlu vpředu (30-80 km/h), které náhle začne brzdít (50 km/h, jemné a drsné brzdění)

- dva scénáře – stacionární cílové vozidlo a pomaleji se pohybující cílové vozidlo, se opakují pro pravý a levý offset, kde středová linie testovaného vozidla není v souladu se středem cíle.

Vzhledem k tomu, že senzory testovaného vozidla mohou zaznamenat strany cíle při offsetových testech, byl vyvinut speciálně navržený 3 D cíl známý jako Global Vehicle Target (GVT). Vysoké skóre se uděluje systémům, které jsou schopny vyhnout se kolizi ve všech zkušebních podmínkách nebo jsou schopny výrazně snížit závažnost havárie. Je však třeba poznamenat, že AEB je systém podpory, na který by řidič neměl příliš spoléhat. V náročnějších situacích nemusí být aktivace AEB dostatečná nebo dostatečně včasná, aby se zabránilo úplnému nárazu, i když výsledná rychlost nárazu může být výrazně snížena. Dobrá ochrana cestujících zůstává zásadní, aby se zabránilo vážným následkům. Zavedeno v roce 2014. [20] a [21]

4 Jízdní zkoušky

4.1 Požadovaný výstup

Požadovaným výstupem jízdních zkoušek je otestování přídavného systému varování před opouštěním jízdního pruhu od společnosti AudioBus podle EHK 130 respektive vyhlášky EU 2012/351, zda vyhovuje/nevyhovuje. Toto řešení je nabízeno jako přídavný podpůrný asistenční systém do vozidel. Vzhledem ke skutečnosti neznalosti algoritmů vyhodnocování musíme řešení vnímat jako tzv. černou krabičku o níž nevíme, jak přesně uvnitř pracuje, proto ho budeme analyzovat z hlediska funkce v daných situacích. Systém bude namontován do vozu Rošero FLHxL a k ověření jeho činnosti podle norem použijeme experimentálně vyvinutý měřicí systém pro tento účel, využívající kontrastní laserové snímače.

4.2 Popis instrumentace

Již dříve jsme si uvedli postup zkoušení podle normy EHK 130 (viz bod 2.1.1), které se budeme držet a bude pro nás zároveň měřítkem posouzení správné funkce systému a doplníme navíc nařízení EU 2012/351. Pro účely našich testů si popíšeme nejdůležitější měřicí zařízení. Testovacím prostředím se nám stala testovací dráha v Úhelnici (ČR) nedaleko Mladé Boleslavi, jako testované vozidlo nám posloužil Midibus Rošero FLHxL osazený následujícími zařízeními:

- Stabilizovaná plošina OXTS RT4102
Inerciální navigační jednotka zjišťující v našem případě rychlosti ve složkách X a Y plus jeho výsledný vektor, určení GPS pozice a úhlu natočení vozidla.



Obrázek 33 Stabilizovaná plošina [23]

- AudioBus, SAC3LF-FHD
Přídavný systém varování před opouštěním jízdního pruhu pomocí zvukového a vizuálního varovného signálu. Systém detekuje a varuje pomocí snímků z kamery v reálném čase.



Obrázek 34 Systém AudioBUS [24]

- Měřicí zařízení LDWS, SICK KT8L-P3756
Navržené měřicí zařízení využívající 3 laserové snímače upevněné na hliníkovém profilu v předem definovaných vzdálenostech: výchozí 0 cm – 15 cm – 30 cm. Jedná se o kontrastní lasery nakalibrované na barvu vodorovného dopravního značení. Hliníkový profil byl upevněn na nápravu vozidla.



Obrázek 35 Měřicí zařízení LDWS [25]

- Převodníková základna cDAQ-917x s převodníkovou kartou NI 9862
Zajišťující napájení senzorů a následný sběr dat. Napájení základny je realizováno přes 12 V zdroj a pro sběr dat je připojen měřicí notebook přes rozhraní USB.



Obrázek 36 Převodníková základna s kartou a měřícím notebookem [26]

- Měřicí notebook

Zajišťuje sběr dat pomocí programu DAQ Ware file, který vypisuje a ukládá surová data ze senzorů do textového souboru. Ten je vhodný pro následnou kompletní analýzu dat z měření.

- Manometr Conrad Electronics 11 bar

Pro pořízení přesných informací o tlaku pneumatik vozu s jeho možnou regulací na nižší hodnoty.



Obrázek 37 manometr Conrad 11 bar [27]

- Kolové váhy Haenni WL 103

Pomocí přenosných kolových vah jsme zvážili testované vozidlo. Každá náprava byla zvážena zvlášť a pak jsme dopočítali celkovou váhu vozu sečtením naměřených hodnot.



Obrázek 38 kolové váhy Haenni WL 103 [28]

- Meteostanice Vantage Pro 2 - Sloužící ke zjištění okolní teploty externím teploměrem a síly větru externím anemometrem v testovaném prostředí dráhy.



Obrázek 39 Meteo stanice Vantage Pro 2 [29]

5 Analyzovaná naměřená data

Sběr dat ze senzorů jsme provedli prostřednictvím měřicího notebooku s nainstalovaným programem DAQ Ware file. Sbírající v reálném čase data ze všech připojených senzorů do převodníkové základny s kartou a ukládající je do textového souboru, který byl pro nás výchozím bodem k statistickému zpracování dat. Veškeré vyhodnocení s finálními grafy proběhlo v programu excel pomocí naprogramování šablon pro získání požadovaných výstupů

z testů. Využili jsme přitom pohled systémové analýzy, kdy jsme zdánlivě složitý problém rozčlenili na soubor problémů s elementárním řešením. Z toho důvodu nám pro vyhodnocení postačili základní statistické funkce. Příkladem uvedeme sumu, průměr, minimum, maximum atd., jež jsme vhodně nakombinovali do logických podmínek a vzorců k finální vizualizaci výsledků v konkrétních číselných hodnotách a grafech. Přesnost měření je zajištěna provedením a vyhodnocením celkově třiceti jízdních manévrů pro dvě limitní úrovně nastavení citlivosti měřícího zařízení LDWS a dva směry vybočení (vpravo a vlevo).

Testy proběhly v souladu s předpisy EHK 130 a nařízením komise EU 2012/351,

Pokud jde o požadavky na schvalování typu pro montáž zařízení
systémů varování při vybočení z jízdního pruhu v motorových vozidlech.

5.1 Technická data měření

Testované vozidlo:	Rošero FLHxL
Kategorie vozidla:	M3
Typ motoru:	FPT F1CF
Typ převodovky:	manuální, 6°
Pneumatiky:	225/75 R16C, Michelin Agilis Alpin, dvojitě pneumatiky na zadní nápravě
Tlak vzduchu	–vpředu: 470kPa
	– vzadu: 470 kPa
Systém varování odjezdu z jízdního pruhu	
Výrobce, typ:	AudioBus, SAC3LF-FHD
Typ varování:	Akustické a vizuální
Nastavení citlivosti:	Úroveň 1 – 5 /*
	/* Úrovně 1 a 5 byly testovány jako limitní scénáře
Použité zkušební postupy:	351/2012/EU, příloha II

Měřicí a zkušební zařízení: Stabilizovaná Plošina RT4102 (GPS)
Měřicí zařízení LDWS (SICK KT8L-P3756)
Kolové váhy Haenni
Převodníková základna cDAQ-917x
Převodníková karta ZZ424 NI 9862
Digitální teploměr typ 30.5013
Manometr Conrad Electronics 11 bar

Teplota okolí: 1 ÷ 3 °C
Datum testu: 2018-03-05

Testovací dráha nebo místo: zkušební dráha Úhelnice, ČR

Povrch vozovky: suchý asfalt

Hmotnosti vozidla při zkoušce:

náprava 1	2 240 kg
náprava 2	2 580 kg
celkem	4 820 kg

5.2 Výsledky testů

Specifikace LDWS podle nařízení EHK (EU) č. 351/2012:

Testované vozidlo splnilo požadavky následujících odstavců přílohy II nařízení:

1.1.1, 1.2.1, 1.2.2, 1.2.3, 1.3, 1.4.1, 1.4.2, 1.4.3, 1.4.4, 1.5 a 2.2.3.2

Zkoušky podle paragrafu 5, 6 a 7 nařízení

Viditelné značení jízdních pruhů použitých při zkoušce:

popis	šířka [cm]	odkaz na přílohu III nařízení
plná čára	12	"Německo (sekundární)"

Všechny úseky byly provozovány v obou směrech, tj. vodorovné dopravní značení bylo otestováno po obou stranách vozidla.

Zkouška varování při vybočení z jízdního pruhu:

par. 2.5 přílohy II nařízení

Vozidlo jelo rychlostí 65 km/h \pm 3 km/h na středu jízdního pruhu ve stabilní poloze. Při udržování rychlosti jsme lehce vybočili doprava nebo doleva s boční rychlostí 0,1- 0,8 m/s a překročením značení jízdního pruhu. Zkouška se opakovala s rozdílnými rychlostmi vybočení v daném rozmezí a pro opačný směr jízdy vozidla. Systém vydával varovné znamení při vybočení z jízdního pruhu, nejpozději však když vnější část pneumatiky předního kola překročila linii pro stanovenou limitní vzdálenost 0,3 m za vnějším okrajem viditelného značení jízdního pruhu.

Následně si uvedeme výsledky vybraných jízdních zkoušek, které jsou porovnány v následujících tabulkách, a nakonec i vizuálně v podobě grafů.

Citlivost měřicího zařízení LDWS nastavena na úroveň 1:

Směr vybočení	Rychlost vozidla [km/h]	Boční rychlost [m/s]	Odchylka v době varování *) [m]	
Vlevo	66	0,3	0,10	Vyhovuje
Vlevo	68	0,5	0,21	Vyhovuje
Vlevo	66	0,7	0,15	Vyhovuje
Vpravo	65	0,3	0,03	Vyhovuje
Vpravo	65	0,5	0,03	Vyhovuje
Vpravo	64	0,8	0,10	Vyhovuje

Citlivost měřicího zařízení LDWS nastavena na úroveň 5:

Směr vybočení	Rychlost vozidla [km/h]	Boční rychlost [m/s]	Odchylna v době varování *) [m]	
Vlevo	64	0,2	0,27	Vyhovuje
Vlevo	67	0,6	0,30	Vyhovuje
Vlevo	67	0,7	0,29	Vyhovuje
Vpravo	64	0,2	0,15	Vyhovuje
Vpravo	64	0,4	0,17	Vyhovuje
Vpravo	64	0,7	0,23	Vyhovuje

*) vzdálenost vnější strany pneumatiky předního kola vozidla nejbližší vodorovnému dopravnímu značení jízdního pruhu od vnějšího okraje viditelného pruhu (odstavec 2.5.2 přílohy II nařízení)

Zkouška detekce poruch:

Testované vozidlo splňuje požadavky par. 2.6.1. a 2.6.2. přílohy II nařízení.

Byla simulována porucha systému přerušením elektrického obvodu mezi konstrukčními částmi. Elektrický obvod pro varovný signál poruchy a prostředek pro deaktivaci nebyl přerušen. Varovný signál poruchy (1.4.2.) se aktivoval a zůstal v tomto stavu během jízdy.

Test deaktivace:

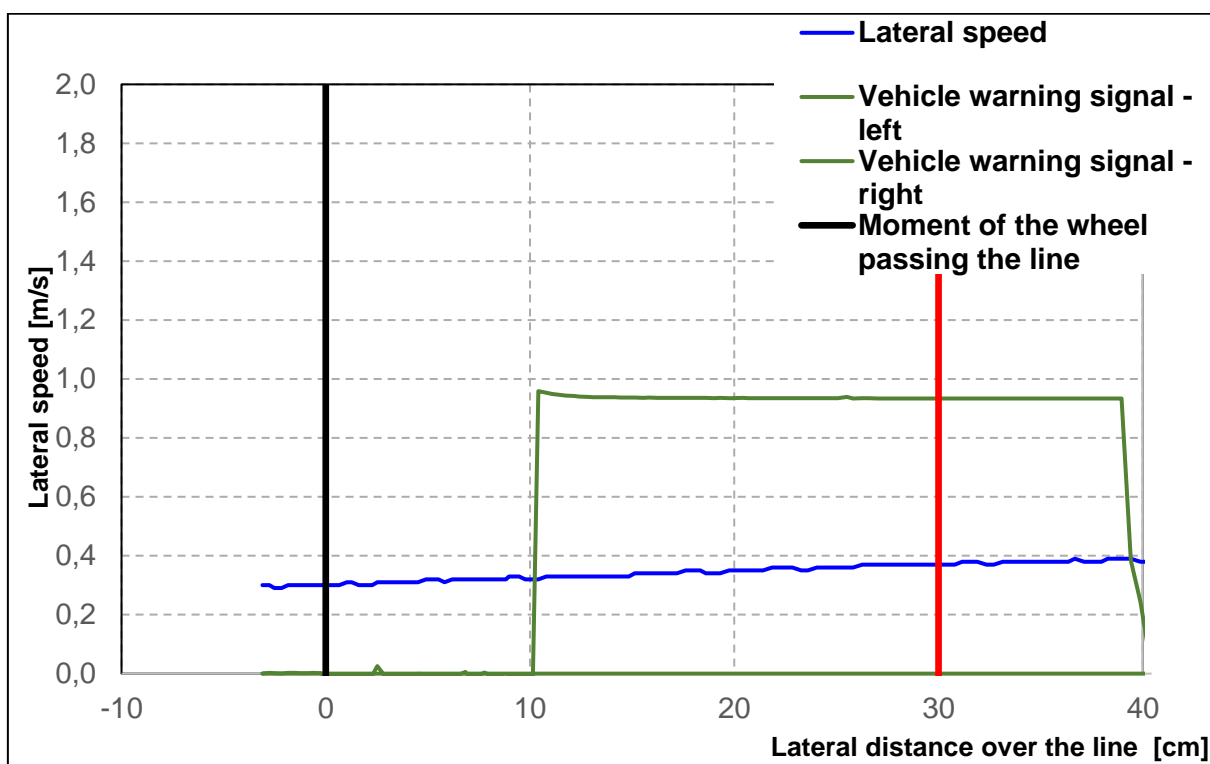
Testované vozidlo splňuje požadavky par. 2.7. přílohy II nařízení.

U vozidla vybaveného prostředkem pro deaktivaci systému bylo sepnuto zapalování a deaktivován systém. Varovný signál musí se aktivoval (1.3.2.). Následně byl spínač zapalování uveden do polohy vypnuto/následně zapnuto a ověřen již neaktivní varovný signál a opětovná správná funkce systému. (1.3.1.)

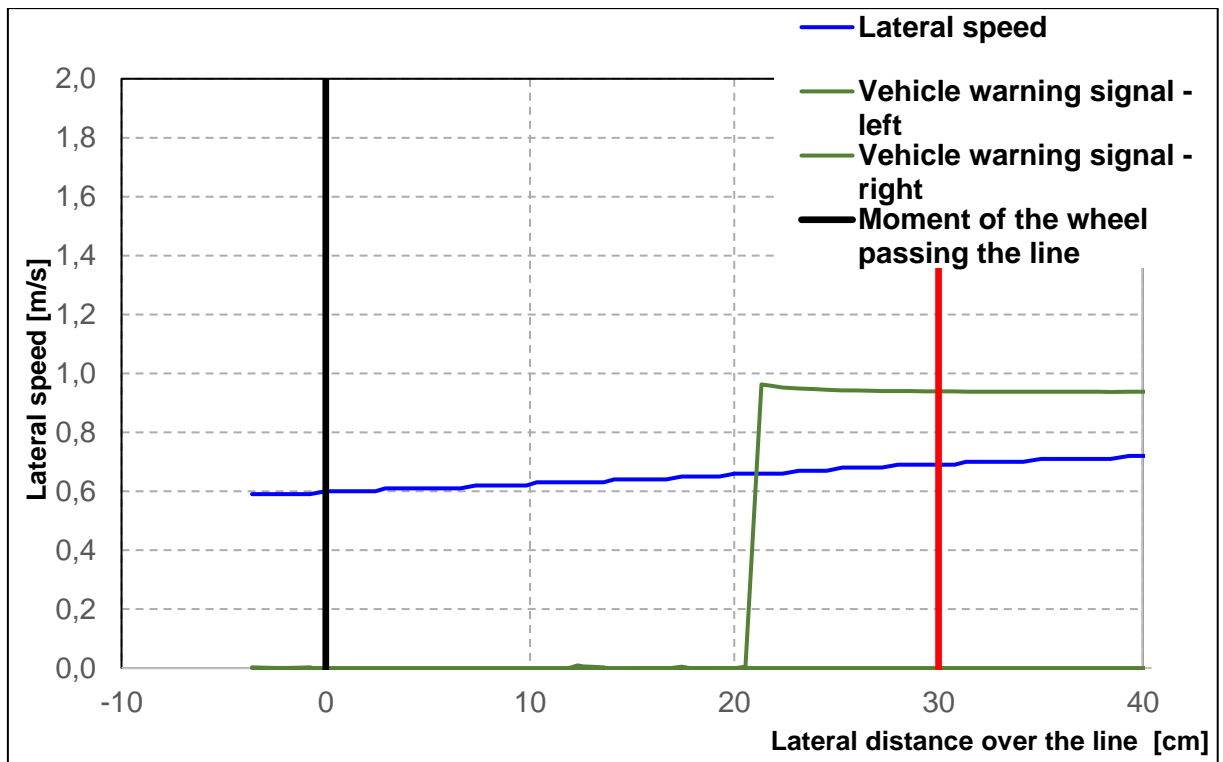
Vybrané grafy jízdních zkoušek

Popis grafů	
Lateral speed	boční rychlost
Vehicle warning signal – left	varovný signál vozidla-levý
Vehicle warning signal – right	varovný signál vozidla-pravý
Moment of the wheel passing the line	moment překročení značení jízdního pruhu kolem vozidla
Warning signal limit	limit varovného signálu
Lateral distance over the line	boční rychlost překročení značení jízdního pruhu

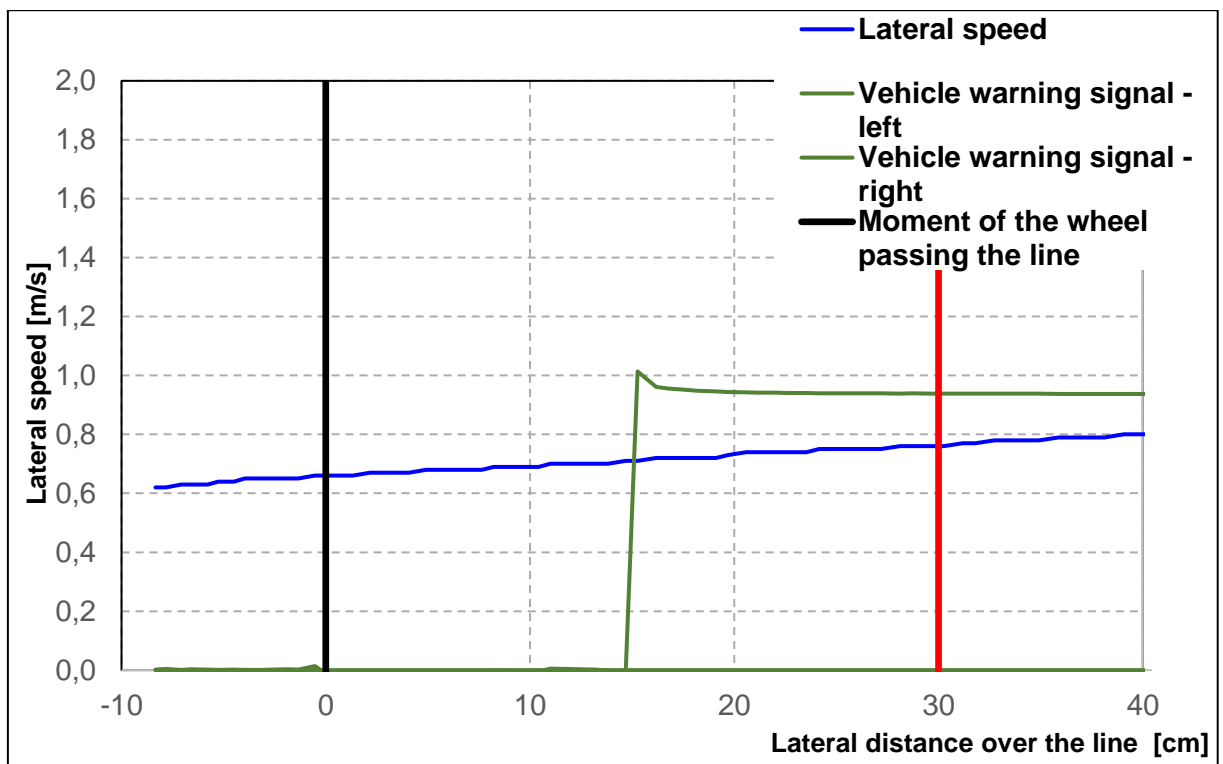
LDWS – levé vybočení 3, úroveň citlivosti 1



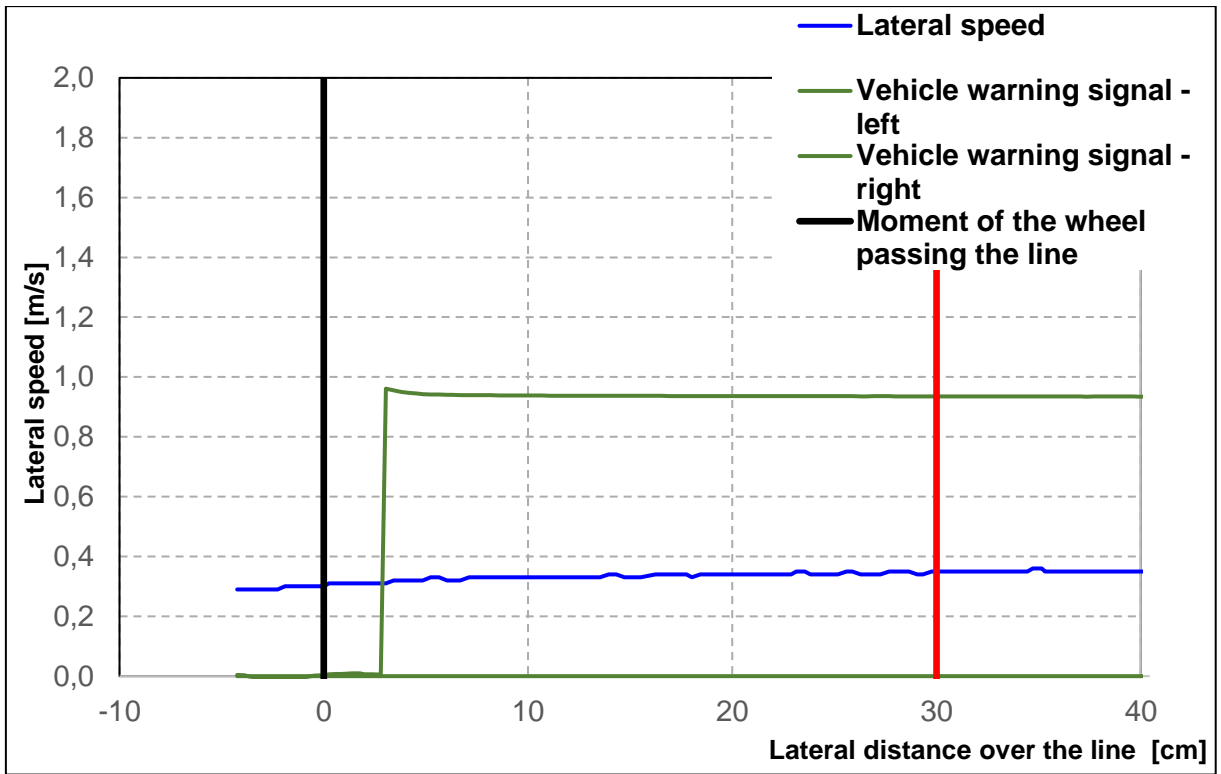
LDWS – levé vybočení 4, úroveň citlivosti 1



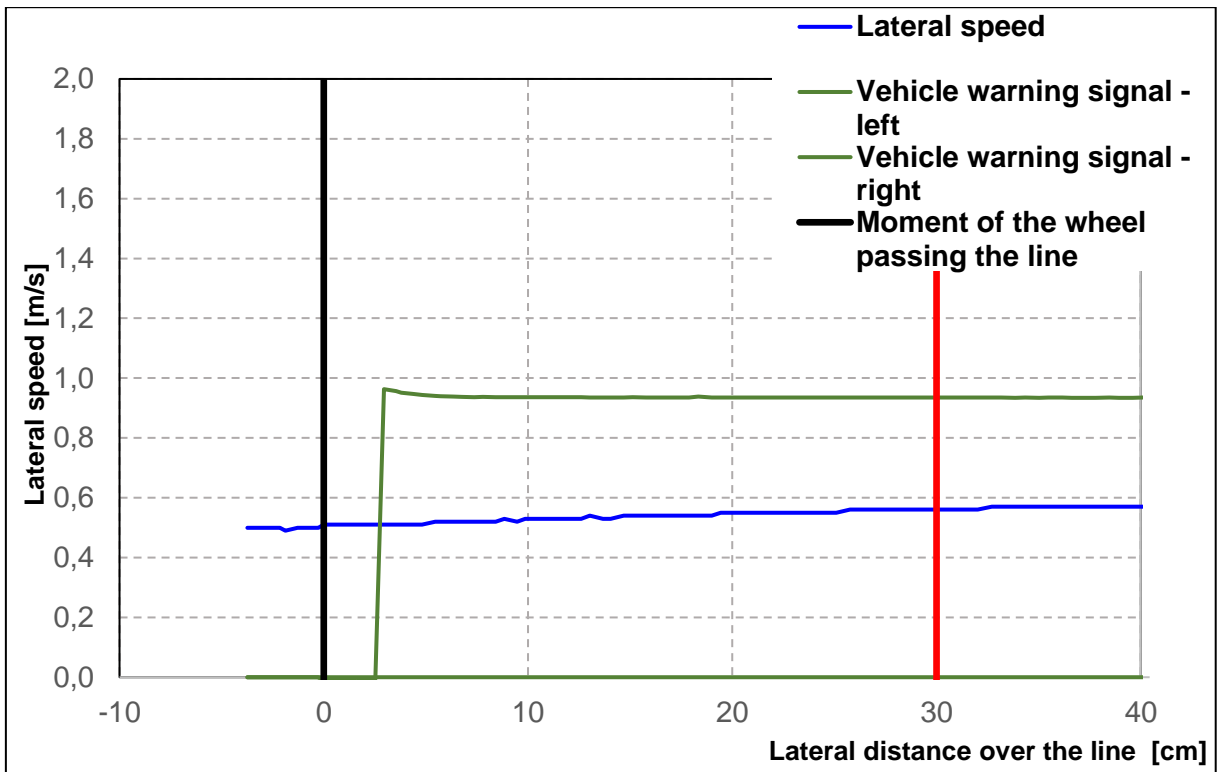
LDWS – levé vybočení 5, úroveň citlivosti 1



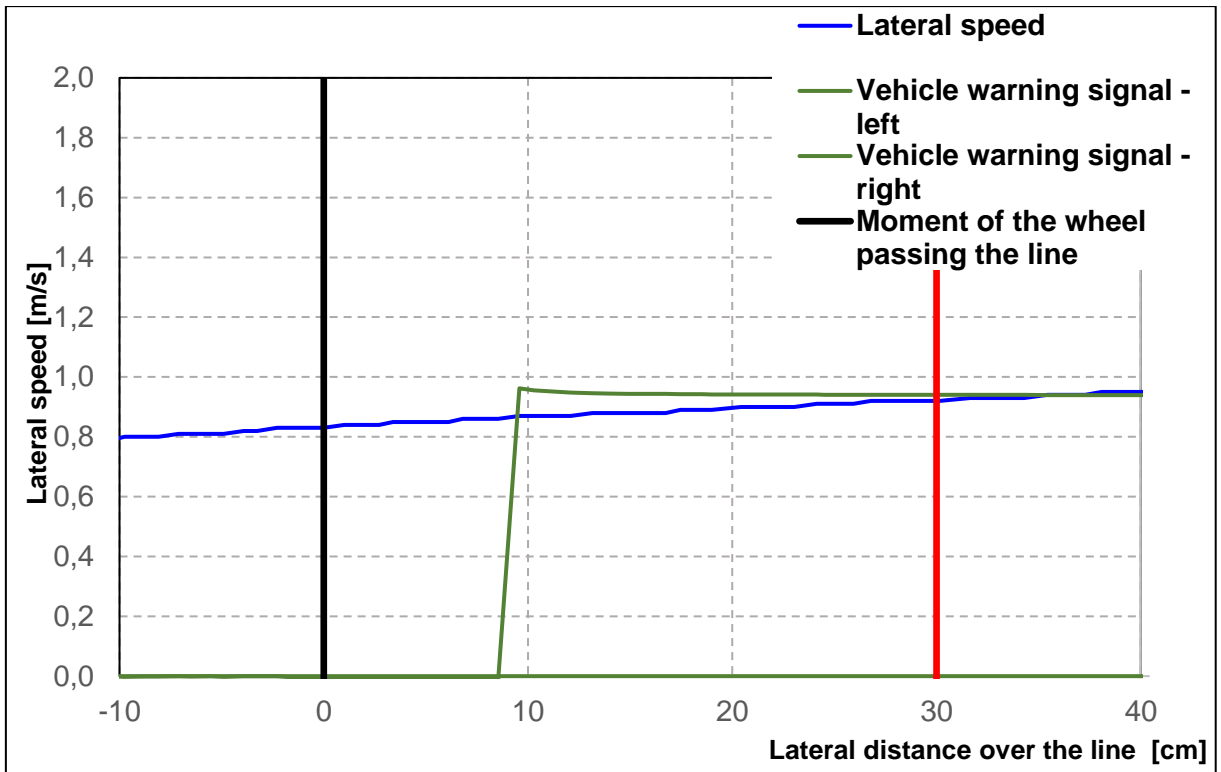
LDWS – pravé vybočení 2, úroveň citlivosti 1



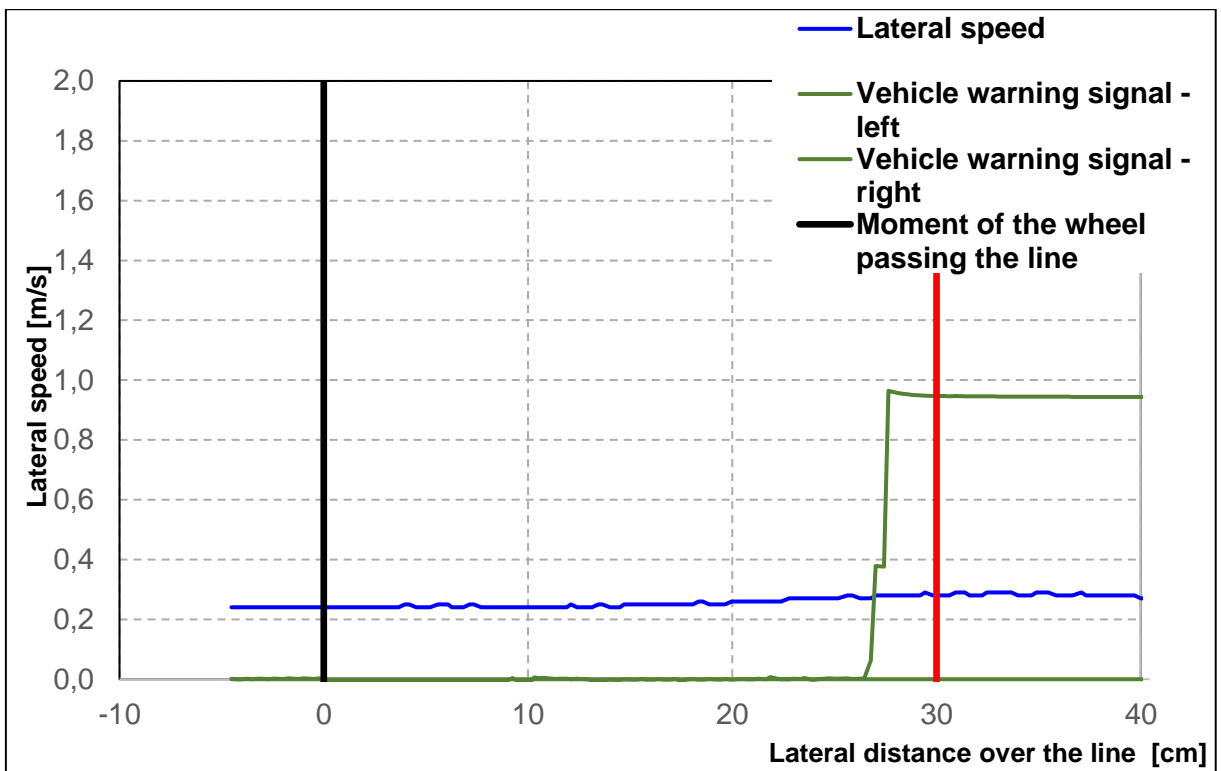
LDWS – pravé vybočení 1, úroveň citlivosti 1



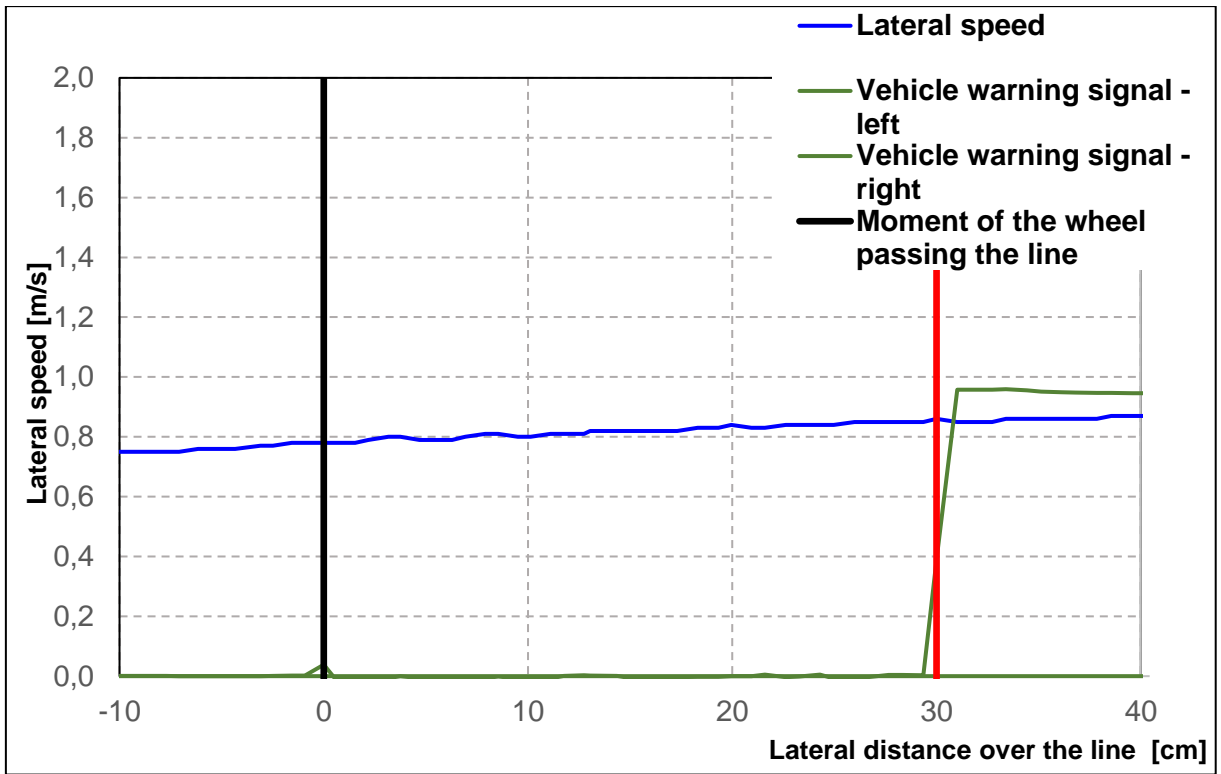
LDWS – pravé vybočení 5, úroveň citlivosti 1



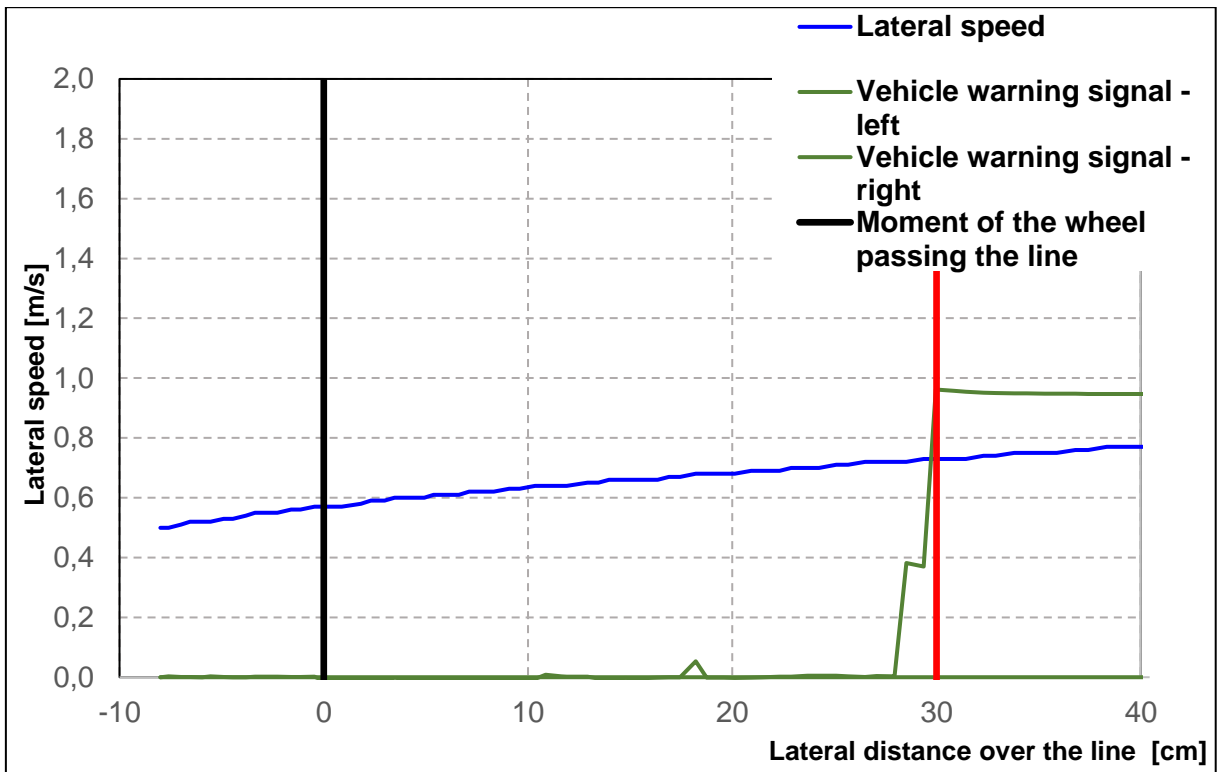
LDWS – levé vybočení 1, úroveň citlivosti 5



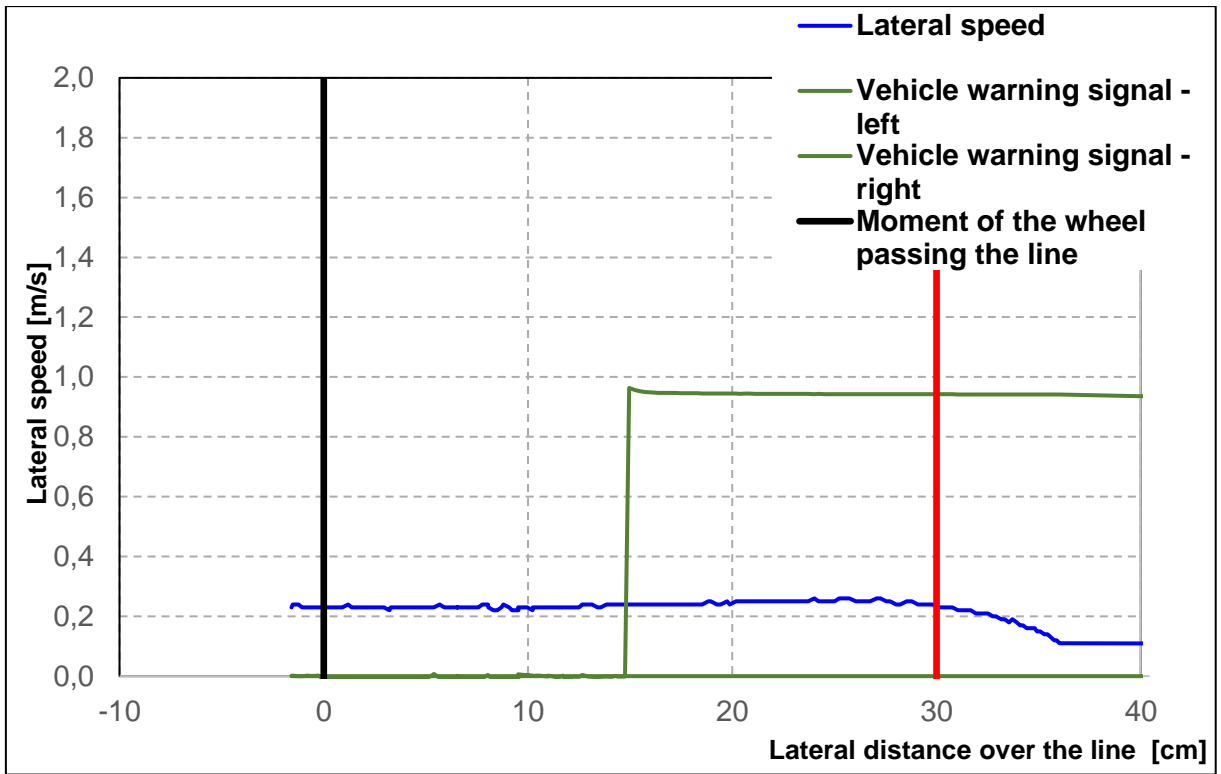
LDWS – levé vybočení 9, úroveň citlivosti 5



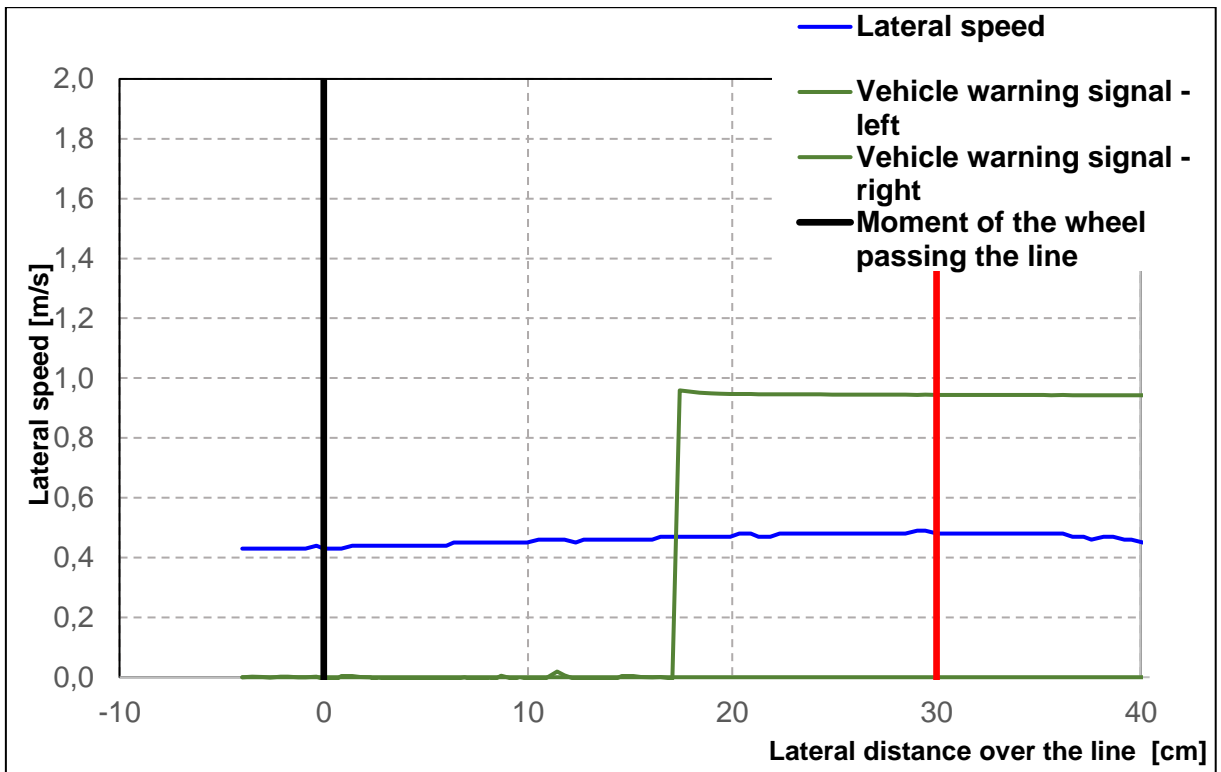
LDWS – levé vybočení 4, úroveň citlivosti 5



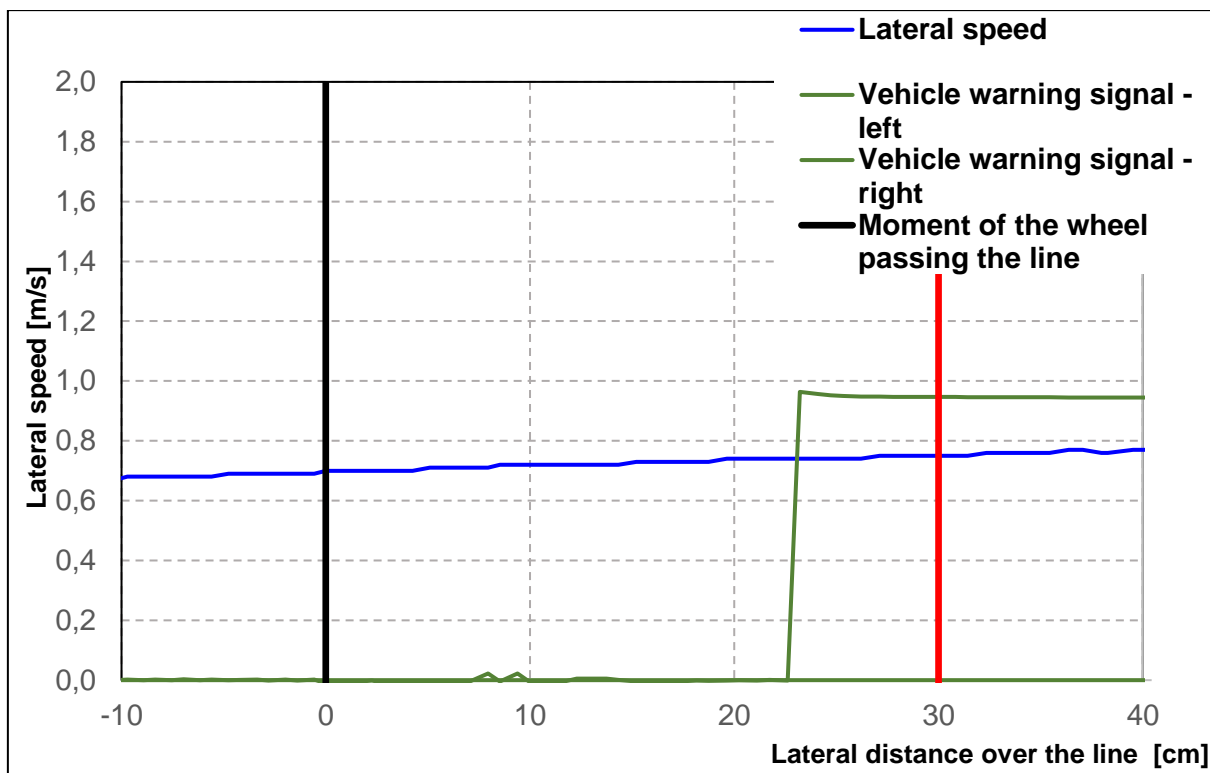
LDWS – pravé vybočení 1, úroveň citlivosti 5



LDWS – pravé vybočení 2, úroveň citlivosti 5



LDWS – pravé vybočení 5, úroveň citlivosti 5



6 Vyhodnocení a návržení úprav měřících metod

Přídavný systém varování před opuštěním jízdního pruhu AudioBus model SAC3LF-FHD byl přeměřen a ověřen pomocí experimentálně vyvinutého měřícího zařízení LDWS. Využívajícího znalosti funkce kontrastních laserů SICK KT8L-P3756 nakalibrovaných na barvu vodorovného dopravního značení a upevněných na hliníkovém profilu. Vzájemné vzdálenosti laserů výchozí 0 cm – 15 cm – 30 cm byly navrženy pro splnění limitních hodnot testovacích scénářů EHK 130 a nařízení komise EU 2012/351. Pro měření bylo nutné teoreticky využít pouze dva krajní lasery, třetí prostřední nám posloužil pro lepší orientaci v naměřených datech a následnou kontrolu přesnosti. Pro budoucí měření je rozsah přesnosti dostatečný a připravený reagovat na menší odchylky měření. Hliníkový rám upevněný na nápravě vozidla vykazuje dostatečnou stabilitu a můžeme proto zanedbat enviro vlivy nebo vibrace způsobené jízdou vozidla. Podobně zbylé senzorické systémy osazené na vozidle nevykazovaly problémy během jízdních zkoušek a fungovali bezproblémově se zárukou dosažení požadovaného výstupu. Testování bylo podrobena v souladu s požadavky na efektivitu, bezpečnost a opakovatelnost.

Metoda zkoušení a ověření je spolehlivá pro jízdní zkoušky s plnou čarou vodorovného dopravního značení. Pro čáru přerušovanou je nutnost vymyslet vylepšení měřícího systému LDWS. Jako problematické se jeví opakované rozestupy mezi jednotlivými úseky značení. Pravděpodobnost vybočení vozidla při jízdním manévru do tzv. hluchého místa, bez snímané

barvy lasery, je vysoká. Dalším vylepšením pro validaci podobných systémů v praxi by mělo projít upevnění a návrh nosného hliníkového profilu v souladu s předpokladem na univerzální využití pro co nejširší základnu vozidel různých kategorií a typů. Systém lze rovněž vhodně zdokonalit použitím kvalitnějších laserových snímačů s vyšší citlivostí a dosahem snímacího paprsku. Navrhovaná vylepšení měřicí metody zaručují její využití pro běžné ověřování podobných systémů v komerční praxi a zároveň partikulárně odstraňuje nedostatky s přerušovaným značením.

7 Závěr

Začátek díla je věnován vzhledu do problematiky autonomních vozidel a jejich smyslových orgánů v podobě senzorických systémů. Mezi hlavní řadíme sonary, radary, lidary a kamery blíže popsané a specifikované z pohledu využití, fyzikálních principů a výhod/nevýhod. Z důvodu rychlého dynamického vývoje v automobilovém průmyslu jsou kladeny čím dále vyšší nároky na zkoušení a homologaci vozidel, konstrukčních částí nebo vyspělých asistenčních systémů. Aktuálně platné hlavní předpisy pro schválení technické způsobilosti vozidel jsou navazující náplní práce. Jejich výčet není vyčerpávající, avšak předpokládající rychlost vývoje a doplnění dalších bližších specifikací zkoušení. Hlavní rozdělení přístupů je věnováno homologačním a NCAP metodám zkoušení. S ohlednutím k praktické části jsou vzorově zpracovány zkušební metody asistenčních systémů podpory jízdních pruhů. Posledním nosným bodem práce jsou jízdní zkoušky zaměřené na konkrétní aplikaci přídatného systému varování před opouštěním jízdního pruhu od společnosti AudioBus a ověření správné funkce v souladu s platnými předpisy a nařízeními. Pro tento účel byl navržen měřicí systém LDWS. Načrtnutá metodika měření byla vyhodnocena jako vyhovující pro námi provedené jízdní zkoušky. V případě uplatnění navrhovaných vylepšení samotné metodiky měření je zaručeno využití v komerční praxi pro širokou škálu různých kategorií a typů vozidel.

8 Použité zdroje

Zdroje textu:

- [1] *European Roadmap Smart Systems for Automated Driving* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: https://www.smart-systems-integration.org/public/documents/publications/EPoSS%20Roadmap_Smart%20Systems%20for%20Automated%20Driving_V2_April%202015.pdf
- [2] *GPS overview* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <https://www.gps.gov/systems/gps/>

- [3] RIISGARD, S. *SLAM for Dummies* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: https://ocw.mit.edu/courses/aeronautics-and-astronautics/16-412j-cognitive-robotics-spring-2005/projects/1aslam_blas_repo.pdf
- [4] Český kosmický portál-GALILEO [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <http://www.czechspaceportal.cz/3-sekce/gnss-systemy/galileo/>
- [5] Martin Homolka, *Inerciální navigační systém* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: https://dspace.vutbr.cz/xmlui/bitstream/handle/11012/27270/INS_Martin_Homolka_134496.p%20df?sequence=2&isAllowed=y.%20Brno:%20VUT,%202013
- [8] Ryan Whitwam, *How Google's self-driving cars detect and avoid obstacles*. [online]. In: . [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <https://www.extremetech.com/extreme/189486-how-googles-self-driving-cars-detect-and-avoid-obstacles>
- [9] Valeo Park4U® *automated parking* [online]. In: . [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <https://www.valeo.com/en/park4u-automated-parking/>
- [10] ESKANDARIAN, Azim. *Handbook of Intelligent Vehicles*. 2012. ISBN ISBN 978-0-85729-084-7.
- [11] BARTÁK. *Senzory a navigační systémy pro mobilní roboty*. [online]. 2012. Plzeň [cit. 2018-05-29].
- [12] Lane Assist [online]. [cit. 2018-05-29]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/lane-assist/>
- [13] Valeo Scala [online]. [cit. 2018-05-29]. Dostupné z: <https://www.valeo.com/en/valeo-scala/>
- [14] Kamery [online]. [cit. 2018-05-29]. Dostupné z: https://www.wikiskripta.eu/w/Princip_CCD_kamery
- [15] Citace zákona [online]. [cit. 2018-05-29]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-56/zneni-20170701>
- [16] FIRST, Jiří. *Zkoušení automobilů a motocyklů*. 2008. ISBN ISBN 978- 80-254-1805-5.
- [17] EHK 130. TÜV SÜD CZECH.
- [18] Předpis 131. TÜV SÜD CZECH.
- [19] Předpis 79. TÜV SÜD CZECH.
- [20] GlobalNCAP [online]. [cit. 2018-05-29]. Dostupné z: <http://www.globalncap.org/>
- [21] EuroNCAP [online]. [cit. 2018-05-29]. Dostupné z: <https://www.euroncap.com/en>

Zdroje obrázky:

[1] *Mapování okolí technologií GPS a SLAM* [online]. In: . [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <https://www.keopsys.com/2016/04/28/high-energy-pulsed-laser/>

[2] *Snímací pole jednotlivých typů senzorů* [online]. In: . [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: https://www.google.cz/search?q=autonomous+vehicle+sensor&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKewitn97S05vbAhXpO5oKHddnBE0Q_AUICigB&biw=1366&bih=637#imgdii=Y0iDmXMfHRKP3M:&imgc=hobjgbF8Ao_X9M:

[3] *Vyspělé senzory pro autonomní vozidla* [online]. In: . [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <http://driverless.guru/104/driverless-car-101-avs-work-part-2-3/>

[4] *Vyhodnocení parkovacího místa* [online]. In: . [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <https://www.valeo.com/en/park4u-automated-parking/>

[5] *Ondřej Piksa, Náskres ultrazvukového senzoru*. [cit. 2018-05-25].

[6] *Radar senzor* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/adaptivni-tempomat-jak-funguje-a-jake-zname-druhy-104364/foto?foto=0>

[7] *Schéma velikosti hlavního a vedlejších paprsků* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <https://earth.esa.int/handbooks/asar/CNTR5-2.html>

[8] *Průběh deformace paprsku* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <https://pdfs.semanticscholar.org/f2a7/3f2b9adfdd5fdbd175f40a74881487a40b01.pdf>

[9] *Tesla radar senzor v předním nárazníku* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <https://electrek.co/2016/11/28/tesla-delphi-advanced-radar-system/>

[10] *Vznik Dopplerova jevu* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <http://edu.techmania.cz/de/node/542>

[11] *Valeo-laser skener* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <https://www.valeo.com/en/valeo-scala/>

[12] *Schéma Lidaru* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: Zdroje: <http://www.renishaw.com/en/optical-encoders-and-lidar-scanning--39244>

[13] *Kamera využívaná pro systém Lane assist* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/lane-assist/>

[14] *Využití IR kamery pro noční vidění v Mercedes Benz* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <https://www.autoevolution.com/news/how-night-vision-works-6891.html>

[15] *FPA čip - rozdělení jednotlivých polí* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Hybrid-IR-FPA-with-independently-optimized-signal-detection-and-readout-a-indium-bump_fig2_318111138?_sg=z6A5ChNZhTMxURZBUeErp7xjnlZyjc0EvARiXTMz-JFqy0cJzZWgHgU_YaqD0H9J6dWmD1Tiy90p62jWj6gezg

[16] *PathFinder IR camera upevnění v nárazníku a reálný pohled* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z: <https://www.tequipment.net/FLIR/PathFindIR-II/Driver-Vision-Vehicle-Thermal-Imagers/>

- [17] [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z:
<https://www.techbriefs.com/component/content/article/tb/features/articles/23094>
- [18] *Pixel SuperCCD* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z:
<https://www.fotoaparát.cz/clanek/76/technologie-super-ccd-sr-2183/>
- [19] *Stereo kamera Mercedes-Benz* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z:
<http://docs.vlaamsparlement.be/pfile?id=1106656>
- [20] *Metodika schvalování technické způsobilosti vozidel* [online]. [cit. 2018-05-25]. Dostupné z:
<http://www.tuv-sud.cz/cz>
- [21] *GlobalNCAP* [online]. [cit. 2018-05-29]. Dostupné z: <http://www.globalncap.org/>
- [22] *EuroNCAP* [online]. [cit. 2018-05-29]. Dostupné z: <https://www.euroncap.com/en>
- [23] *Stabilizovaná plošina* [online]. [cit. 2018-05-29]. Dostupné z:
<https://www.oxts.com/products/rt4000/>
- [24] *AudioBus* [online]. [cit. 2018-05-29]. Dostupné z:
http://audiobus.com/site/img/cms/pdf/01%20Cat_Electronica_2016.pdf
- [25] *Ondřej Piksa, fotografie měřícího zařízení LDWS* [online]. [cit. 2018-05-29].
- [26] *Převodníková základna s kartou* [online]. [cit. 2018-05-29]. Dostupné z:
httpwww.trinergy.co.thpdfchas_usb.pdf
- [27] *Manometr Conrad 11 bar* [online]. [cit. 2018-05-29]. Dostupné z:
<httpswww.conrad.czdigitalni-meric-tlaku-pneumatik-840785-0-11-bar.k840785#>
- [28] *Kolové váhy Haenni* [online]. [cit. 2018-05-29]. Dostupné z: kolove vahy
httpswww.google.czsearchq=kolove+vahy+haenni&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwik14v8uKDbAhVrLZoKHROkCkoQ_AUICigB&biw=1366&bih=588#imgrc=koGInwyEjAabnM
- [29] *Meteostanice Vantage pro 2* [online]. [cit. 2018-05-29]. Dostupné z:
<https://www.meteoshop.cz/poloprofessionalni-meteostanice-davis-vantage-pro-bezdratova-verze-24-hod-aspiracnim-stitem-p-431.html>
- [29] *Meteostanice Vantage pro 2* [online]. [cit. 2018-05-29]. Dostupné z:
<https://www.meteoshop.cz/poloprofessionalni-meteostanice-davis-vantage-pro-bezdratova-verze-24-hod-aspiracnim-stitem-p-431.html>
- [29] *Meteostanice Vantage pro 2* [online]. [cit. 2018-05-29]. Dostupné z:
<https://www.meteoshop.cz/poloprofessionalni-meteostanice-davis-vantage-pro-bezdratova-verze-24-hod-aspiracnim-stitem-p-431.html>

9 Seznam obrázků

OBRÁZEK 1 MAPOVÁNÍ OKOLÍ TECHNOLOGIÍ GPS A SLAM [1]	15
OBRÁZEK 2 SNÍMACÍ POLE JEDNOTLIVÝCH TYPŮ SENZORŮ [2]	17
OBRÁZEK 3 VYSPĚLÉ SENZORY PRO AUTONOMNÍ VOZIDLA [3]	18

OBRÁZEK 4 VYHODNOCENÍ PARKOVACÍHO MÍSTA [4].....	19
OBRÁZEK 5 NÁKRES ULTRAZVUKOVÉHO SENZORU [5].....	19
OBRÁZEK 6 RADAR SENZOR [6]	22
OBRÁZEK 7 SCHÉMA VELIKOSTI HLAVNÍHO A VEDLEJŠÍCH PAPERKŮ [7].....	22
OBRÁZEK 8 PRŮBĚH DEFORMACE PAPERKU [8].....	23
OBRÁZEK 9 TESLA RADAR SENZOR V PŘEDNÍM NÁRAZNÍKU [9].....	24
OBRÁZEK 10 VZNIK DOPPLEROVA JEVU [10].....	25
OBRÁZEK 11 LASER SKENER-VALEO [11]	26
OBRÁZEK 12 SCHÉMA LIDARU [12]	27
OBRÁZEK 13 KAMERA VYUŽÍVANÁ PRO SYSTÉM LANE ASSIST [13].....	29
OBRÁZEK 14 VYUŽITÍ IR KAMERY PRO NOČNÍ VIDĚNÍ V MERCEDES BENZ [14]	30
OBRÁZEK 15 FPA ČIP-ROZDĚLENÍ JEDNOTLIVÝCH POLÍ [15].....	31
OBRÁZEK 16 PATHFINDER IR CAMERA UPEVNĚNÍ V NÁRAZNÍKU A REÁLNÝ POHLED [16].....	31
OBRÁZEK 17 POPIS CCD A CMOS TECHNOLOGIE [17].....	32
OBRÁZEK 18 PIXELY SUPERCCD [18].....	33
OBRÁZEK 19 STEREO KAMERA MERCEDES-BENZ [19].....	33
OBRÁZEK 20 METODIKA SCHVALOVÁNÍ TECHNICKÉ ZPŮSOBILOSTI VOZIDEL [20]	36
OBRÁZEK 21 PŘÍKLAD SCHVALOVACÍ ZNAČKY.....	37
OBRÁZEK 22 NÁHLED ZPRÁVY	39
OBRÁZEK 23 PRVKY AKTIVNÍ BEZPEČNOSTI V ROAD MAP 2020	44
OBRÁZEK 24 DETEKCE KRAJNICE VOZOVKY.....	51
OBRÁZEK 25 SYSTÉM LKA	52
OBRÁZEK 26 SYSTÉM ELK PRO PŘEDJÍŽDĚJÍCÍ VOZIDLA	53
OBRÁZEK 27 SYSTÉM ELK PRO PROJÍŽDĚJÍCÍ VOZIDLA	53
OBRÁZEK 28 SYSTÉM ESC	55
OBRÁZEK 29 SYSTÉM SBR.....	56
OBRÁZEK 30 SYSTÉM REGULACE RYCHLOSTI	57
OBRÁZEK 31- A. SYSTÉM AEB	57
OBRÁZEK 32 B. SYSTÉM AEB.....	57
OBRÁZEK 33 STABILIZOVANÁ PLOŠINA [23].....	59
OBRÁZEK 34 SYSTÉM AUDIOBUS [24]	59
OBRÁZEK 35 MĚŘÍCÍ ZAŘÍZENÍ LDWS [25].....	59
OBRÁZEK 36 PŘEVODNÍKOVÁ ZÁKLADNA S KARTOU A MĚŘÍCÍM NOTEBOOKEM [26].....	59
OBRÁZEK 37 MANOMETR CONRAD 11 BAR [27].....	60
OBRÁZEK 38 KOLOVÉ VÁHY HAENNI WL 103 [28].....	60
OBRÁZEK 39 METEO STANICE VANTAGE PRO 2 [29].....	60

10 Seznam Příloh

Příloha č. 1 – Vyhodnocení jízdních manévřů..... rozsah 30 stran