ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Bc. Veronika Kostěncová

VYUŽÍVÁNÍ MODERNÍCH NÁSTROJŮ PRO ANALÝZU DOPRAVNÍCH NEHOD

Diplomová práce

2021

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta dopravní
děkan
Konviktská 20, 110 00 Praha 1

K622..... Ústav soudního znalectví v dopravě

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Veronika Kostěncová

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – DS – Dopravní systémy a technika

Název tématu (česky): **Využívání moderních nástrojů pro analýzu dopravních nehod**

Název tématu (anglicky): Use of Modern Methods in Traffic Accidents Analysis

Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte následujícími pokyny:

- Definice oboru analýzy dopravních nehod a jeho specifik v českém prostředí
- Výčet a popis moderních nástrojů a postupů, které jsou používány v rámci získávání podkladů pro analýzu dopravní nehody
- Použití vybraného nástroje v praxi - sběr dat, zpracování, posouzení a využití v rámci zpracování analýzy dopravní nehody
- Analýza současného stavu využitelnosti vybraného nástroje v České republice
- Doporučení vycházející ze získaných podkladů a analýz pro další používání vybraného nástroje ve znalecké praxi

Rozsah grafických prací: dle zadání vedoucího práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury:
ŠACHL, J. a kol. Analýza nehod v silničním provozu. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 2010.

BRADÁČ, A. a kol. Soudní inženýrství. Brno: Cerm, s.r.o., 1997. p. 1-725. ISBN: 80-7204-057-X.

49 CFR Part 563 - Event Data Recorders

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Luboš Nouzovský, Ph.D.**
Ing. Michal Frydrýn, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: **7. července 2020**
(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: **17. května 2021**
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

L. S.

doc. Ing. Tomáš Mičunek, Ph.D.
vedoucí
Ústavu soudního znalectví v dopravě

doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

Bc. Veronika Kostěncová
jméno a podpis studenta

V Praze dne ..... 7. července 2020

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu své diplomové práce Ing. Luboši Nouzovskému, Ph.D. za odborné vedení, množství cenných rad a konzultace, které mi ochotně poskytoval v průběhu zpracování práce. Mé poděkování patří též Ústavu soudního znalectví v dopravě a zejména Ing. Michalu Frydrýnovi, Ph.D. za poskytnutí potřebných informací, podkladů a odbornou konzultaci dané problematiky. Především bych pak ráda poděkovala své rodině a blízkým za veškerou podporu a důvěru nejen při tvorbě této práce, ale po celou dobu studia.

Prohlášení

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

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

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

V Praze dne 9. srpna 2021 ……

podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

VYUŽÍVÁNÍ MODERNÍCH NÁSTROJŮ PRO ANALÝZU DOPRAVNÍCH NEHOD

Diplomová práce

2021

Bc. Veronika Kostěncová

ABSTRAKT

Diplomová práce „Využívání moderních nástrojů pro analýzu dopravních nehod“ předkládá obecný vhled do problematiky soudního znalectví v dopravě, a to zejména z pohledu současně užívaných metod a postupů. V rámci teoretické části jsou stručně představeny technické nástroje, jejichž užití předchází samotné analýze dopravních nehod, kde je největší důraz kladen zejména na nástroje vyčítání a interpretace elektronických nehodových dat ze zapisovačů údajů o události (EDR), jež jsou integrovány přímo ve vozidle. Je zpracován detailní popis práce s nástrojem CDR, dále pak i analýza výstupního protokolu, která je v prakticky zaměřené části práce verifikována na příkladech reálných dopravních nehod. V neposlední řadě je věnována pozornost analýze aktuálního stavu využitelnosti dat EDR v České republice, která vede ke zhodnocení této problematiky na našem území.

KLÍČOVÁ SLOVA

Event Data Recorder (EDR, zapisovač údajů o události), Crash Data Retrieval (CDR), nehodová data, protokol CDR, řídicí jednotka airbagu, vyšetřování dopravních nehod, soudní znalectví

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

Faculty of Transportation Sciences

USE OF MODERN METHODS IN TRAFFIC ACCIDENT ANALYSIS

Master Thesis

2021

Bc. Veronika Kostěncová

ABSTRACT

The master thesis „Use of Modern Methods in Traffic Accident Analysis" presents a general insight into the issue of forensic expertise in transport, especially in terms of the methods and procedures that are currently most widely used. The theoretical part briefly introduces the technical tools whose use precedes the actual analysis of traffic accidents, where the main emphasis is placed on the tools for reading and interpreting electronic accident data from Event Data Recorders (EDRs), which are integrated directly in the vehicle. A detailed workflow for the use of CDR tool is elaborated, as well as the analysis of the output CDR report, which is verified in the practical part of the thesis with examples of real traffic accidents. Finally, an analysis of the current state of EDR data usability in the Czech Republic is presented, leading to an assessment of the situation in the Czech Republic.

KEY WORDS

Event Data Recorder (EDR), Crash Data Retrieval (CDR), accident data, CDR report, airbag control module, road traffic accident investigation, forensic expertise

Obsah

Seznam použitých zkratek ..... - 8 -

Úvod ..... - 10 -

1 Analýza dopravních nehod v českém prostředí ..... - 12 -

1.1 Analýza silničních nehod ..... - 12 -

1.2 Soudní znalectví ..... - 13 -

1.3 Soudní inženýrství ..... - 14 -

1.4 Podklady pro znaleckou analýzu ..... - 15 -

1.5 Vybrané metody analýzy ..... - 17 -

1.5.1 Nadoborové systémové metody ..... - 17 -

1.5.2 Soudně znalecká komparace ..... - 18 -

1.5.3 Analýza dějů v čase a prostoru ..... - 18 -

1.5.4 Metoda zpětného odvíjení děje a dopředné řešení ..... - 20 -

1.5.5 Korespondence poškození ..... - 21 -

1.5.6 Metoda zužování mezí ..... - 22 -

2 Nástroje a postupy užívané při dokumentaci dopravních nehod ..... - 23 -

2.1 Postup pro zajištění technických důkazů ..... - 23 -

2.1.1 Měření, vyhotovení náčrtku a plánku ..... - 24 -

2.1.2 Fotodokumentace místa dopravní nehody ..... - 26 -

2.1.3 Protokol o nehodě v silničním provozu ..... - 26 -

2.2 Vybraná měřicí technika ..... - 26 -

2.2.1 Geodetické systémy ..... - 27 -

2.2.2 Fotogrammetrie ..... - 28 -

2.2.3 Bezpilotní prostředky ..... - 29 -

2.2.4 3D skenery ..... - 29 -

2.2.5 Technologie EDR a nástroje pro čtení EDR dat ..... - 30 -

2.2.6 Event Data Recorder ..... - 31 -
2.2.7 Accident Data Recorder ..... - 32 -
2.2.8 Nástroje pro interpretaci dat EDR ..... - 35 -
3 Použití vybraného nástroje v praxi ..... - 38 -
3.1 Systém CDR ..... - 38 -
3.1.1 Hardwarová složka a zapojení CDR ..... - 38 -
3.1.2 Softwarová složka a inicializace systému ..... - 43 -
3.1.3 Proces vyčítání dat ..... - 45 -
3.2 Analýza výstupu CDR ..... - 51 -
3.2.1 Rozbor vybraného CDR protokolu ..... - 52 -
3.2.2 Teoretické využití výstupů v rámci dopravních nehod ..... - 62 -
3.3 Ověření čitelnosti řídicích jednotek ..... - 82 -
4 Analýza současného stavu využitelnosti EDR v České republice ..... - 89 -
4.1 Aktualizace legislativy ..... - 89 -
4.2 Zastoupení vozidel na českém trhu ..... - 93 -
4.3 Průzkum mezi znalci ..... - 97 -
4.3.1 Realizace dotazníkového šetření ..... - 97 -
4.3.2 Vyhodnocení průzkumu ..... - 98 -
5 Doporučení ..... - 108 -
6 Závěr ..... - 111 -
7 Seznam použitých zdrojů ..... - 113 -
8 Seznam obrázků ..... - 117 -
9 Seznam tabulek ..... - 120 -
10 Seznam příloh ..... - 121 -
Příloha č. 1 ..... - 122 -
Příloha č. 2 ..... - 124 -

Seznam použitých zkratek

AEBS	Advanced Emergency Braking System
ACM	Airbag Control Module
ADR	Accident Data Recorder
CAN	Controller Area Network
CDR	Crash Data Retrieval
DLC	Data Link Connector, Diagnostic Link Connector
DN	dopravní nehoda
DSSAD	Data Storage System for Automated Driving
DTM	Direct to Module
GIT	Global Information Technology
GSR	General Safety Regulation
GRSG	The Working Party on General Safety Provision
ECU	Electronic Control Unit
EDR	Event Data Recorder
FIA	Federation Internationale de l'Automobile
IDR	Impact Data Recorder
NHTSA	National Highway Traffic Safety Administration
OA	osobní automobil
OSN	Organizace spojených národů
PCM	Powertrain Control Module
RAG	Restwegaufzeichnungsgerät
RCM	Restraint Control Module
RSM	Rollover Sensing Module
STD	diagram dráha-čas
SDA	Svaz dovozců automobilů
TPMS	Tyre Pressure Monitoring System
TRL	Transport Research Laboratory
UAV	Unmanned Aerial Vehicle

UDS	Unfalldatenspeicher
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe
VBM	výchozí bod měření
VCI	Vehicle Communications Interface
VIN	Vehicle Identification Number
VSC	Vehicle Stability Control

Úvod

Silniční doprava je celosvětově nejvíce využívaným a zároveň nejrychleji se rozvíjejícím odvětvím dopravy, a to ať už hovoříme o růstu silniční sítě (infrastruktury) nebo obecně automatizaci, která se projevuje ve formě automatizovaných dopravních prostředků, ale i v samotné organizaci a řízení. Napříč veškerou modernizací se však stále setkáváme s významným problémem současné společnosti, a to nejvyšší nehodovostí, jež je negativním atributem tohoto druhu dopravy. Následky pak mohou být různé míry závažnosti, od škod na majetku až po nejhorší případy, které představují zranění neslučitelná se životem. Dle statistik Národní strategie bezpečnosti silničního provozu pro období 2011 – 2020 bylo v roce 2020 na českých silnicích usmrceno 460 osob, což je o 128 více než byl stanovený předpoklad. Statistiky u nás tak výrazně zaostávají za vývojem jiných evropských zemí.

Důvody vzniku dopravních nehod mohou být různé, mezi nejčastější příčiny s nejvyšším podílem na celkovém počtu usmrcených osob řadíme například nesprávný způsob jízdy, nepřiměřenou rychlost, nedání přednosti a další. Ne vždy je však ihned zřejmá tato příčina, průběh, případně pak i možnost odvrácení nehody, a tak je nutno v rámci zodpovězení těchto otázek využít systematických metod forenzního inženýrství. Jedním z nejdůležitějších předpokladů pro řádnou analýzu dopravní nehody je dokumentace místa, zajištění dostatečného množství důkazního materiálu, a pak také vhodně zvolená metoda rekonstrukce. V současné době je již pro dokumentaci užívána řada moderních technologií, jako jsou geodetické totální stanice, fotogrammetrie, bezpilotní prostředky a 3D skenery, které oproti dříve užívaným metodám zajišťují vysokou přesnost dat, na druhou stranu však vyžadují zdlouhavé zpracovávání získaných údajů odborníky. V teoretické části práce jsou představeny jednak klasické metody analýzy a podklady užívané pro tyto účely, a jednak i postupy pro zajištění technických důkazů. Zároveň je stručně popsána výše zmíněná měřicí technika.

V posledních letech se stále více do povědomí dostává možnost pro analýzu užít elektronických nehodových dat, jinak též jako data EDR. Dle aktuálních evropských nařízení je totiž od roku 2022 u nových vozidel kategorií M1 a N1 vyžadován zapisovač údajů o události (Event Data Recorder, EDR). Systémy vozidel jsou dnes schopny zaznamenávat v závislosti na výrobci celou řadu údajů o provozních podmínkách vozidla, konkrétně EDR je funkcí řídicí jednotky airbagů ve vozidle, jež zaznamenává technické informace po dobu

několika sekund před a během nárazu. Vyčítání a dekódování těchto dat je následně umožněno skrze systém Crash Data Retrieval (CDR), případně jiné nástroje užívané v rámci konkrétních značek vozidel. Rovněž tomuto tématu se podrobně věnuje diplomová práce, důraz je kladen především na představení procesu vyčítání dat a činnostem, které mu předchází, tedy hardwarové a softwarové nastavení celého systému.

Praktická část diplomové práce se věnuje zejména analýze protokolu CDR, která je představena nejen na ilustračním výstupu jedné z realizovaných nárazových zkoušek, ale též v rámci skutečné dopravní nehody, kde se dostupnost údajů EDR značným způsobem podílí na rekonstrukci průběhu celého děje. V práci je dále představeno několik dalších reálných nehod, v rámci jejichž objasnění by data mohla na teoretické úrovni přinést jasnější obraz posloupností jednotlivých událostí nehodového děje.

Jak již bylo zmíněno, EDR je funkcí řídicí jednotky airbagů. Nabízí se však otázka, zda jsou data v těchto jednotkách uchována i po uplynutí určité doby a lze tak stejná data vyčítat opakovaně. Tato problematika nesmí být opomenuta, neboť pokud by po daném časovém odstupu byla vyčtena data jiného charakteru, jednalo by se o závažný problém, který by zapříčinil určité pochybení o spolehlivosti uložených údajů. Dílčím cílem práce je ověření a komparace získaných datových výstupů z konkrétního vozidla, které byly získány až po uplynutí určitého časového období.

EDR není v České republice ani na evropské úrovni aktuálně příliš rozšířenou metodou užívanou v rámci rekonstrukce nehodového děje, nicméně to neznamená, že je metodou zcela neznámou. Jedním z cílů je zjištění využitelnosti dat EDR na našem území, a to prostřednictvím dotazníkového šetření mezi soudními znalci oboru silniční dopravy. Dalším zásadním prvkem pro analýzu současného stavu je vytvoření databáze vozidel, která jsou v současné době technologií již podporována. V neposlední řadě jsou v rámci prezentace konkrétních výsledků této práce vytvořeny webové stránky, prostřednictvím kterých je zároveň možno rozšířit povědomí o možnostech dat EDR.

1 Analýza dopravních nehod v českém prostředí

Důležitým aspektem pro zvyšování bezpečnosti v různých oblastech technických odvětví je především pochopení toho, proč a jakým způsobem dochází k nehodám, a to zejména z důvodu, aby bylo následně možné zabránit jejich opakování. Obecně vzato je třeba určit, proč daná kombinace událostí, okolností a chování účastníků vede k určitému incidentu. Tento princip lze aplikovat i na nehody v silničním provozu, přičemž analýza nehod získává poznatky ze tří stěžejních oblastí, kterými jsou dopravní infrastruktura, automobilová technika a lidský faktor.

Kapitola je zaměřena na seznámení s problematikou analýzy silničních nehod, s podklady potřebnými pro řádnou analýzu, vymezení pojmů soudní inženýrství a znalectví a v neposlední řadě i na stručný pohled na legislativní stránku problematiky.

1.1 Analýza silničních nehod

Zaměříme-li se čistě na analýzu nehod v souvislosti s provozem na pozemních komunikacích, je třeba nejprve definovat některé zásadní pojmy.

Dopravní nehoda (DN) je zákonem definována jako *„událost v provozu na pozemních komunikacích, například havárie nebo srážka, která se stala nebo byla započata na pozemní komunikaci a při níž dojde k usmrcení nebo zranění osoby nebo ke škodě na majetku v přímé souvislosti s provozem vozidla v pohybu.“* [1] Jinými slovy a přeneseno na silniční nehody, které se mimo jiné dlouhodobě majoritně podílí na celkovém počtu dopravních nehod, se jedná o neúmyslnou a náhlou událost v silničním provozu, jejímž následkem je vznik společenské škody. Pro účely klasifikace nehody pak může i dosažená výše škody hrát zásadní roli, pro příklad lze uvést dělení dopravních nehod dle nejhoršího následku a samozřejmě existuje řada dalších kritérií, dle kterých lze rozdělovat dopravní nehody – místo, příčina, druh srážky, kategorie vozidla aj. [2]

Z hlediska aplikace analytických metod však nehody jednoduše dělíme do dvou kategorií:

a) **střet**, při kterém dochází ke srážce alespoň dvou pohyblivých objektů,
b) **havárie,** ta nastává tehdy, je-li účastníkem nehody pouze jeden objekt (sjetí vozidla z komunikace, náraz na pevnou překážku, převrácení).

Problematika silničních nehod je rovněž úzce spjata s otázkou odpovědnosti za dopravní nehodu, kdy je technická analýza nehodového děje jedním z podkladů v trestním a občanskoprávním řízení při řešení záležitostí právního charakteru. [3]

Každá dopravní nehoda je svým způsobem individuální jev a je často velmi obtížným úkolem pochopit jeho dynamiku, neboť existuje nespočet scénářů průběhu a hlavních příčin takového děje. To je pak jedním z hlavních úkolů analýzy dopravních nehod, která se zaměřuje na rekonstrukci a objasňování technických otázek v souvislosti s řešenou událostí. Je více než zřejmé, že s touto disciplínou souvisí hned několik technických oborů, znalostmi konstrukce vozidel, vozidlové techniky, strojírenství a mechaniky počínaje, psychologií řidiče, biomechanikou člověka a právem konče. Základem vyšetřování jsou i logické vztahy mezi těmito disciplínami, proto odborníci na rekonstrukci dopravních nehod pro získávání poznatků využívají jak metody logické, tedy analýzu, syntézu a konkretizaci, tak i modelování. [4]

Aplikace fyzikálních a matematických vzorců může nalézt odpověď na otázky týkající se nárazové rychlosti vozidla, místa střetu a následného pohybu vozidel, zrychlení a zpomalení vozidla, přičemž na počátku veškerého vyšetřování je konečný stav. Takový postup je označován jako zpětné odvíjení nehodového děje, kdy je nejprve analyzován pohyb vozidel těsně po střetu a následně se dostáváme k šetření událostí v časovém okamžiku před střetem až do úplného počátku nehodové situace. Jedná se o určení polohy, rychlosti, trajektorie v každém bodě časové osy. V současné době se užívá i dopředného odvíjení děje, tedy dle chronologické posloupnosti. Takového způsobu výpočtu využívají počítačové simulační programy. Je třeba zmínit, že v každém případě je pro správnou interpretaci děje vyžadováno co největší množství přesných informací, s čímž se pojí náročnost na dokumentační techniku. Dnes je již k dispozici mnoho technologií vyspělého softwarového řešení, které využívají pokročilé databáze dynamiky vozidel vytvořené během řady nárazových testů a simulací. Jedná se například o 3D laserové skenování, fotogrammetrii a následné zpracování scény pomocí počítačových rekonstrukčních a simulačních programů; pro příklad lze uvést PC Crash, který je na poli soudního znalectví velmi populárním nástrojem. [3]

1.2 Soudní znalectví

Soudním znalectvím se rozumí služba vykonávaná odborníky z různých oblastí lidské činnosti pomocí aplikací vědomostí své specializace, která pomáhá především státním

orgánům při rozhodovací činnosti. Je třeba, aby poskytovaná služba byla srozumitelná i pro ostatní subjekty, kterých se týká výsledek řízení, tedy občany a organizace (fyzické a právnické osoby). [5]

Dle zákona se výkonem znalecké činnosti rozumí *„provádění znaleckých úkonů, zejména zpracování a podání znaleckého posudku, jeho doplnění nebo vysvětlení, a činnost, která bezprostředně směřuje k podání znaleckého posudku, jeho doplnění nebo vysvětlení.“* [6]

O výkonu znalecké činnosti, dohledu a zápisu do seznamu znalců rozhoduje Ministerstvo spravedlnosti ČR. Znalectví se člení na 52 základních oborů, v rámci kterých je vykonávána znalecká činnost. Pro příklad lze uvést obory z oblasti ekonomiky, elektroniky a elektrotechniky, kriminalistiky a zdravotnictví. Seznam znaleckých oborů, které přímo souvisí dle zákona č. 254/2019 Sb. s analýzou silničních nehod jsou především doprava a strojírenství.

Znalecká činnost v České republice je upravena **zákonem č. 254/2019 Sb. o znalcích, znaleckých kancelářích a znaleckých ústavech** ze dne 10. září 2019, který zcela ruší a nahrazuje zákon č. 36/1967 Sb. o znalcích a tlumočnících i jeho pozdější změny. Je prováděn následujícími předpisy:

- 505/2020 Sb. Vyhláška, kterou se stanoví seznam znaleckých odvětví jednotlivých znaleckých oborů, jiná osvědčení o odborné způsobilosti, osvědčení vydaná profesními komorami a specializační studia pro obory a odvětví
- 504/2020 Sb. Vyhláška o znalečném
- 503/2020 Sb. Vyhláška o výkonu znalecké činnosti [6]

1.3 Soudní inženýrství

Vznik oboru a původního vědeckého pojetí lze datovat do druhé poloviny 20. století, kdy Ing. Jiří Smrček (1906 – 1987) definoval soudní inženýrství takto: *„Soudní inženýrství je nová technická disciplína, zabývající se zkoumáním příčin, průběhu a důsledků negativních technických jevů všech oborů. Jejím významným použitím v rámci hledání materiální pravdy je objasňování těchto jevů pro účely řízení před státními orgány zejména v řízení trestním a občanskoprávním, příp. i pro potřeby správních orgánů a organizací.“* [7]

Soudní inženýrství, též někdy označované jako inženýrství forenzní, je především interdisciplinárním vědeckým oborem, což se vyznačuje aplikací inženýrských poznatků hned z několika vědních oborů, neboť problémy řešené v praxi jsou velmi rozmanité a je třeba, aby forenzní inženýr nebyl orientován pouze na jednu omezenou specializaci. Jádro veškerého inženýrství je společné všem odvětvím, a proto je důležitá znalost základních principů. Významný vztah lze v rámci soudního inženýrství pozorovat k vědám právním a ekonomickým, zde zejména v rámci hodnocení rozsahu poškození a ceny zařízení. Za zmínku pak nepochybně stojí i vědy přírodovědné, v mnoha případech jsou využívány znalosti z lékařských oborů. Mezi činnosti spojené s forenzním inženýrstvím patří stanovení fyzických a technických příčin nebo poruch, obecně vzato tedy znalecké a expertní posouzení různorodých typů objektů v klasických inženýrských oborech. Soudní inženýrství má svá specifika a v případě, že uvádíme pojmy jako je soudní inženýrství a znalectví, je podstatné uvést hlavní rozdíl. Znalectví je teoreticko-aplikačním oborem, jehož činnost je spjata téměř se všemi oblastmi lidských činností, zatímco soudní inženýrství je datovou, informační, metodologickou a znalostní nadstavbou znalectví v klasických inženýrských oborech. [8] [9]

1.4 Podklady pro znaleckou analýzu

K prokázání určitých skutečností, které jsou řešeny v rámci trestního a občanskoprávního řízení slouží důkazy. Jsou to též prostředky, jimiž lze zjistit stav věci, zejména pak výslech svědků, zprávy a vyjádření orgánů, notářské nebo exekutorské zápisy a znalecké posudky. [10] Ke každému posudku znalec obdrží nebo si vyžádá podklady. Samozřejmě záleží na druhu řízení, pro které je posudek vypracováván, v trestním řízení obdrží znalec veškeré podklady k podání posudku od orgánu činného v trestním řízení, přičemž si je nemůže obstarat sám a v případě potřeby doplňujících podkladů je nucen navrhnout opatření orgánu, jenž jej k podání posudku ustanovil. V případě občanskoprávního řízení je znalci v případě potřeby dovoleno nahlédnout do spisů nebo je znalci zapůjčit, přičemž v obou případech pak smí být přítomen u výslechu obviněného a svědků a může též klást otázky vztahující se na předmět znaleckého vyšetřování. Je však třeba dbát na to, že znalec nesmí provádět hodnocení důkazů a řešit právní otázky. [5] [11]

Základním podkladem pro znaleckou analýzu je tedy spis dodaný policií nebo soudem, nicméně předpokládá se, že znalec využívá i podkladů obecných, jejichž znalost je již

předpokladem klasifikace znalce, konkrétně odborná literatura, tabulky, ceníky, normy aj. Ze soudně znaleckého hlediska lze však podklady pro vypracování znaleckého posudku dělit na:

a) **podklady objektivní**, které představují důležitý zdroj informací, a analýza by měla být založena především na těchto podkladech. Možnost zkreslení je minimální, neboť se jedná o informace změřené či měřitelné. Mohou být přímo získané (např. při ohledání) anebo zprostředkované (plánek, protokol, fotodokumentace, lékařské znalecké posudky, technická dokumentace, zprávy zkušeben, CDR protokol apod.)
b) **podklady subjektivní**, které jsou využívány jako dodatečné, a to v případech, kdy míra objektivních podkladů není na takové úrovni, aby bylo možno zpracovat technicky přijatelnou analýzu. Jedná se zejména o svědecké výpovědi zúčastněných osob. Kvalita těchto informací bývá často ovlivněna schopnostmi odhadu technických parametrů konkrétními osobami, jejich zdravotním stavem, momentálním duševním rozpoložením a ovlivněním jedince různými faktory (alkohol, léky, návykové látky). Mnohdy nemusí být výpovědi ani pravdivé vzhledem k možnému zaměření jedince na vlastní prospěch. Proto je třeba tyto prameny brát s určitou mírou rezervy. [7] [8]

Podklady lze dále také klasifikovat dle technické přijatelnosti. Může se totiž stát, že ač jsou úplné, nejsou technicky přijatelné, to hned z několika možných důvodů:

- **nesoulad se skutečností**; jedná se o podklady, které jsou v dokumentaci v rozporu se skutečným stavem, např. rozměry budovy nebo vozidla v plánku jsou jiné než ve skutečnosti;
- **nepřijatelnost podkladů navzájem**; kdy jsou opomenuty některé zásadní důkazní skutečnosti, např. v protokolu o nehodě a v plánku uvedeno, že na místě dopravní nehody nebyly zjištěny žádné vozidly způsobené stopy, a přitom na snímcích jsou zcela zřetelné;
- podklady **v rozporu s přírodními zákony**, např. svědek uvádí, že vozidlo jelo rychlostí 100 km/h, a přitom ve skutečnosti brzdilo do zastavení pouze na dráze 15 m, původní rychlost pak tedy byla mnohem nižší.

Znalci nepřísluší provádět hodnocení důkazů, na druhou stranu je třeba, aby se v posudku vycházelo z technicky přijatelných podkladů. Proto je nutné všechny podklady z tohoto hlediska prověřit a seznámit se se situací, to může být spojeno s prohlídkou místa a případně

i předmětu posuzovaného znalcem. [5] Metody a postupy užívané pro sběr technicky relevantních dat dále popsány v kapitole 2.

1.5 Vybrané metody analýzy

V průběhu let byla vyvinuta řada metod pro usnadnění analýzy dopravních nehod. Hledíme-li na problematiku analýzy komplexněji, zkoumaný děj lze přirovnat k chování určitého systému, přičemž známe všechny jeho prvky a vzájemné interakce (vztahy). Tento přístup lze aplikovat prakticky ve všech vědních oborech, tedy i v rámci soudního inženýrství. Pro řešení expertních problémů se využívají nadoborové a oborové metody. [8]

1.5.1 Nadoborové systémové metody

Pro analýzu z hlediska systémového jsou využívány především logické metody, systémový přístup, a logické matice. Neodmyslitelnou součástí je i pravděpodobnost a teorie chyb, výpočty a výpočetní programy.

Podstata **logických metod** spočívá v tom, že ze známých poznatků jsou odvozeny poznatky nové, které doposud nebyly uvažovány. Mezi základní logické postupy patří analýza (rozbor vlastností vztahů, faktů a jevů); syntéza (základ pro zobecňování poznatků získaných na základě analýzy); redukce (logické vyplývání jedněch tvrzení z druhých); indukce (postup od jedinečného k obecnému); hypotéza (předpoklad, na základě kterého jsou vysvětlována fakta, která nelze vysvětlit pomocí dosavadních vědomostí); dedukce (postupuje od obecného jevu k jednotlivým případům) a analogie (závěry vytvářeny na základě podobných nebo shodných vlastností a vztahů mezi objekty).

Systémový přístup spočívá v tom, že je zkoumaný systém nejprve rozdělen na subsystémy, následně jsou popsány vlastnosti těchto prvků, jejich vzájemné interakce a na základě tohoto poznání je odvozeno chování jednotlivých prvků i celého systému. V závěru je řešeno eventuální chování systému v případě, že by jeho prvky měly jiné vlastnosti nebo jiný způsob chování.

Logické matice jsou v soudním znalectví využívány též jako pomůcka pro znaleckou analýzu. Pro příklad lze uvést „matici hypotéz“, v jejíž svislých sloupcích jsou seřazeny všechny prvky a interakce zkoumaného systému a konkretizovány příčiny každého z nich, ve vodorovných řádcích jsou uvedeny prameny, tedy metody ověřování jednotlivých

hypotéz. Do jednotlivých políček jsou následně zaznamenávána zjištění, jež uvedenou hypotézu potvrzují, činí ne/pravděpodobnou, nebo vylučují. [7]

1.5.2 Soudně znalecká komparace

Jak již z názvu vypovídá, tato metoda je založena na jistém porovnávání subjektů posuzované problematiky. Konkrétně se jedná o strukturní vlastnosti posuzovaného objektu a prvků jeho okolí, které byly zjištěny měřením, pozorováním, na základě fotodokumentace apod., porovnávané se stavem předpokládaným (legálním) dle projektu, technických norem, literatury aj. Právě již zmíněná fotodokumentace bývá velkým pomocníkem při užití této metody, přičemž důsledný rozbor fotografie může přinést zásadní poznatky do řešené problematiky. Z hlediska struktury je důležité, aby takové porovnání bylo v posudku zaneseno na jednom místě, nikoliv v různých kapitolách, rovněž tak i fotografie a jejich detailní popis. [5]

1.5.3 Analýza dějů v čase a prostoru

Analýza dějů v čase a prostoru je metodou graficko-početní a zabývá se posuzováním složitých procesů probíhajících v příslušných dimenzích. Jednotlivé procesy jsou znázorněny na časové ose, případně na ose jiné v závislosti na řešeném vztahu. [3]

1.5.3.1 Jednotný čas

Při analýze jakékoliv dopravní nehody je jednotný čas zásadním odrazovým prvkem pro následnou rekonstrukci. Může se totiž stát, že na různých záznamových přístrojích (hodinách) jsou nastaveny jiné časy. Děj je tedy nejprve rozložen na funkci jednotlivých subsystémů v jejich vlastním čase a následně je nalezen okamžik vzájemného styku dvou dějů, za který je obvykle považován okamžik střetu. Je-li čas jednotlivých dějů různý, je jeden (případně i více) z dějů opraven posunutím času do souladu s dějem druhým, takto modifikovaný čas je tzv. jednotný čas. [5] [8]

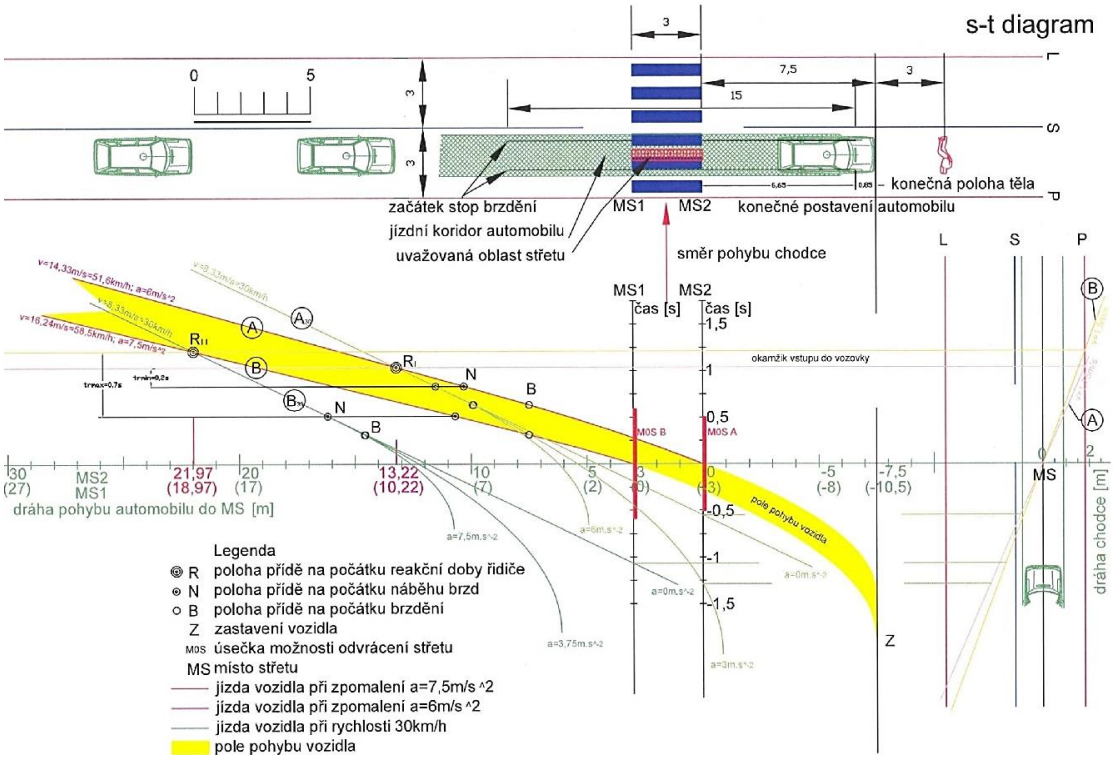
1.5.3.2 Analýza prostorová intervalová

Znalost okamžiku rázu se pojí s prostorovým pojetím děje, konkrétně s místem střetu. Jednotlivé fáze děje je pak možno vykreslit v pravidelných nebo nepravidelných intervalech, a to jednak jako pohyb všech v jednom schématu (intervalový diagram složený), nebo postupně (intervalový diagram rozložený). [8]

1.5.3.3 Diagram dráha – čas (STD)

V praxi hojně využívanou metodou je užití diagramu dráha – čas (STD), který má vysoké vypovídací schopnosti. Jedná se o přehlednou grafickou interpretaci závislosti ujeté dráhy na čase, respektive poměrů pohybů několika objektů, u kterých došlo ke střetu, případně určitému ovlivnění, z nichž každý může mít jiný směr a průběh změn své rychlosti. Z grafu lze mimo jiné určit polohu každého z účastníků, zjistit možnost odvrácení nehody jednotlivci, nebo sestrojit oblast zakrytého výhledu přes stojící nebo pohybující se překážku. Výhodou tohoto grafického zobrazení je možnost připojit výkres se situačním plánem místa nehody, přičemž tak lze snadno určit u každého z účastníků polohu na ose korespondující s reálnou pozicí na plánku. Je-li diagram doplněn i z něj odvozeným rozloženým intervalovým diagramem, jedná se o diagram sdružený. [3] [4] [7]

Co se týče konstrukčního uspořádání grafu, základ tvoří pravoúhlá soustava souřadnic, kde podélná osa reprezentuje délky drah všech pohyblivých objektů nezávislé na směru jejich pohybu v prostoru v různém měřítku (nejčastěji však 1:200) a svislá osa reprezentuje čas, který postupuje shora dolů, přičemž místo a okamžik střetu reprezentuje nulový bod. Obr. 1 představuje ukázku diagramu dráha – čas. [3] [4]



Obr. 1: Diagram dráha – čas [3]

Nejjednodušším zobrazením je stojící objekt, který je znázorněn přímkou rovnoběžnou s osou času ($s = s_0$), dále pohyb rovnoměrný:

$$s = s_0 + v_0 \cdot t$$

a pohyb nerovnoměrný:

- objekt zrychlující s konstantním zrychlením (konkávní parabola)

$$s = s_0 + v_0 \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2},$$

- objekt zpomalující s konstantním zrychlením (konvexní parabola)

$$s = s_0 + v_0 \cdot t - \frac{a \cdot t^2}{2},$$

v případě úbytku rychlosti rázem při střetu se tento jev projeví jako tupoúhlý zlom příslušné čáry. [3] [4]

1.5.3.4 Síťová analýza a harmonogram

Tato graficko-analytická metoda je převážně užívána v aplikacích dopravy, spojů, při projektování stavebních prací a obecně v organizační sféře, a to především ve složitých procesech plánování, řízení a kontroly. Základem síťové analýzy je teorie grafů, mezi hlavní nástroj pak patří síťový graf, který zobrazuje vzájemné závislosti činností pomocí uzlů a hran. [12] Výstupem síťové analýzy jsou vypočtené doby trvání jednotlivých fází činnosti, přičemž na základě zjištěného časového průběhu lze sestavit harmonogram (řádkový síťový graf). [5]

1.5.4 Metoda zpětného odvíjení děje a dopředné řešení

Při analýze nehod se velmi hojně využívá metody zpětného odvíjení děje. Jak již název napovídá, děj je analyzován zpětně od konečných poloh dopravních prostředků a účastníků nehody až po počátek nehodového děje. Nejprve je provedena výběhová analýza, která řeší pohyb vozidel (zejména rychlost a směr) bezprostředně po střetu. Následuje analýza vlastního střetu, jejímž výsledkem je zjištění rychlosti před střetem, analýza předstřetového průběhu děje a v posledním kroku je odvozeno trvání reakční doby od počátku spatření kritické situace do začátku brzdění. [3]

Druhou možností je dopředný způsob. Na rozdíl od předchozího řešení, zde je třeba nejprve výsledky odhadnout a postupnou obměnou vstupních dynamických parametrů výpočet upřesňovat tak, aby vypočítaný pohyb objektů korespondoval se zdokumentovanými stopami a konečnými polohami. Toto řešení vyžaduje použití simulačních programů. [4]

1.5.5 Korespondence poškození

Analýza korespondence poškození vychází ze změn, které vznikly při vzájemném mechanickém působení mezi dvěma tělesy (systémy), přičemž takováto poškození vzájemně korespondují. Hlavním nástrojem této metody je matice stop, resp. matice korespondence poškození, kde jsou nejprve popsána poškození prvků systému a ta vzájemně porovnávána z hlediska rozsahu. Na základě toho lze usuzovat, jak poškození vznikla, který prvek a jakou svou částí je způsobil, případně i intenzita a délka vzájemného působení. [5] Následující obrázek představuje příklad analýzy korespondence poškození ve vztahu ke stanovení místa střetu.

Obr. 2: Stanovení střetové polohy na základě zdokumentovaných stop [4]

Obecně je třeba stopám nehodového děje věnovat dostatek pozornosti, jedná se totiž často o jediný spolehlivý podklad pro určení místa střetu. Mezi takové stopy řadíme již zmíněná poškození na vozidlech a dalších objektech (svodidla, stromy), stopy pneumatik na vozovce (jízdní, brzdné, blokovací, driftové, smykové), stopy krve a tělesných tkání, vyteklých kapalin, střepiny skla, úlomky plastů a kovů, části oděvů atp. [3] [4]

1.5.6 Metoda zužování mezí

Poslední vybranou metodou je metoda zužování mezí. Principem a zásadní výhodou je analýza konkrétního technického problému pomocí všech známých metod aplikovatelných pro zjišťování průběhu děje. To umožňuje zvýšení pravděpodobnosti korektního závěru znaleckého posudku. Pro každou z metod je nejprve zjištěno rozmezí výsledku, přičemž celkové rozmezí je průnikem těchto dílčích řešení. [4] [5]

2 Nástroje a postupy užívané při dokumentaci dopravních nehod

Rekonstrukce dopravní nehody jakožto proces znovuvytvoření obrazu nehodové události, který je nezbytný pro účely analýzy dynamiky kolize, vyžaduje co nejpřesnější data zobrazované situace. Prohlídky, měření, znalecké experimenty, vyšetřovací pokusy – to vše výrazně přispívá k získání úplné představy daného děje. Mezi jednotlivými měřicími nástroji a metodami souvisejícími s vyšetřováním dopravních nehod existují určité rozdíly, stejně tak jako eventualitou jejich použití a přesností měření. Za předpokladu, že požadujeme kvalitní data, je třeba počítat s určitou časovou náročností sběru dat z místa nehody. Jelikož je z rozličných důvodů (např. ovlivnění účastníků provozu v souvislosti s uzavřením komunikace, tvorba kongescí) častým požadavkem zkrátit čas potřebný k provedení měření, přesnost shromážděných údajů může být negativně, ač neúmyslně, ovlivněna. Tato kapitola pojednává jednak o postupu získávání technických důkazů z místa dopravní nehody, tak o moderní technice, která je v současnosti nejčastěji užívána pro tyto účely.

2.1 Postup pro zajištění technických důkazů

Hlavním účelem dokumentace místa dopravní nehody je zajištění technických důkazů, které mohou následně sloužit ke zjištění reálné příčiny nehody a jejího průběhu. Důležitým krokem před vlastním ohledáním je však i provedení počátečních neodkladných opatření, ta lze charakterizovat jako soubor úkonů, které jsou vykonávány bezprostředně po příchodu na místo nehody. Z uvedeného je zřejmé, že tyto činnosti budou úzce souviset s poskytnutím první pomoci zraněným osobám, zajištěním odstranění hrozícího nebezpečí vzniklého v rámci dopravní nehody (nebezpečí požáru, výbuchu) a také s uzavřením místa dopravní nehody. [13]

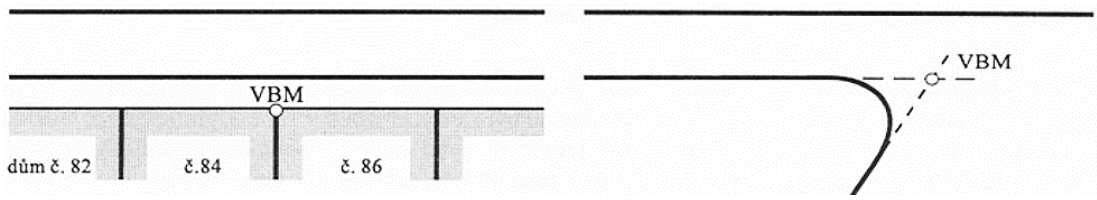
Následuje samotné ohledání místa nehody. Charakteristickým znakem tohoto procesu je používání prostředků technické povahy, které vyžadují odborné znalosti a systematický postup vyšetřovatelů a policejních orgánů. V rámci ohledání je třeba upozornit na důležitost dokumentace veškerých stop, ač zdánlivě nesouvisí s nehodovým dějem. Dokumentaci z místa nehody lze rozdělit do několika oblastí:

- měření, případně vyhotovení náčrtku nebo plánku,
- obrazová dokumentace (foto, videodokumentace) místa dopravní nehody,
- odběry vzorků,

- prohlídka, demontáž, ověřování funkce, popis,
- protokol o nehodě v silničním provozu. [7]

2.1.1 Měření, vyhotovení náčrtku a plánku

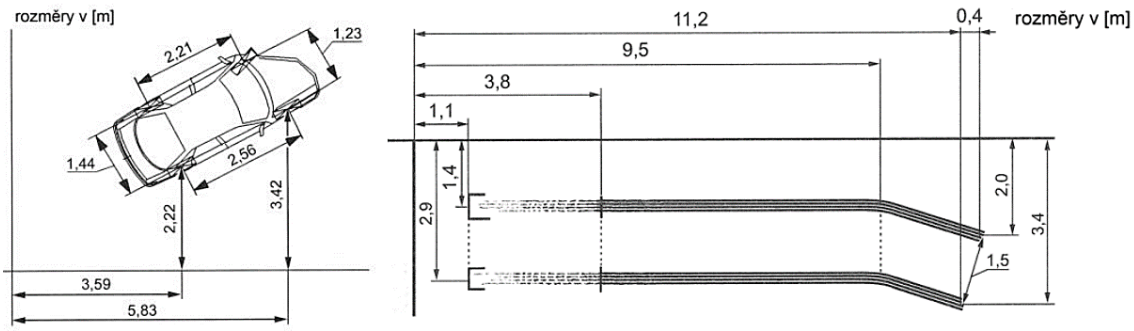
Jednou z nejdůležitějších činností je zjištění rozměrů dokumentovaných objektů, vzájemných poloh a vzdáleností a geometrického tvaru. Nejprve je zvolen tzv. výchozí bod měření (VBM), ke kterému se vztahují vzdálenosti jednotlivých stop, vozidel a dalších objektů, které se nachází v místě DN. Obvykle se jedná o relativně stálý a neměnný objekt v blízkém okolí nehody, např. sloup, roh budovy, kilometrovník. Obr. 3 prezentuje možnosti určení VBM (hranice dvou budov a průsečík prodloužení okrajů chodníku). [4]



Obr. 3: Příklad určení VBM [7]

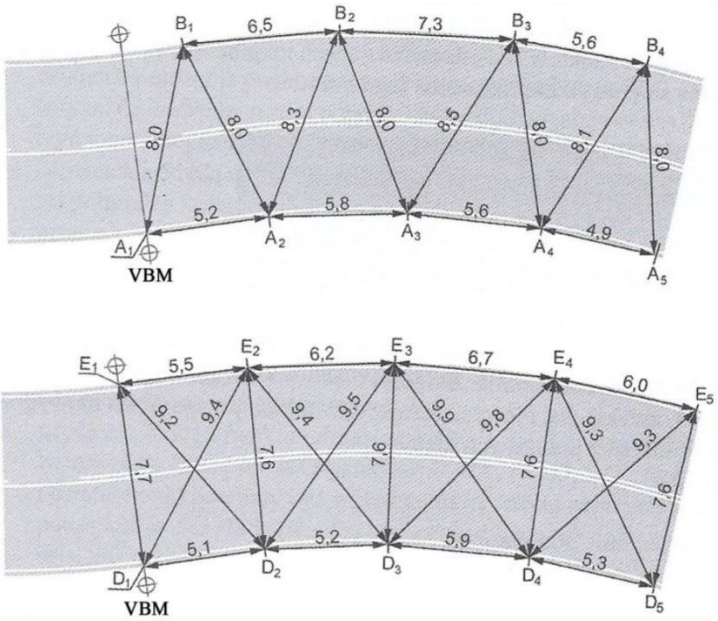
Pro účely měření parametrů jako je výškopis a polohopis od VBM je možno užít jednak geodetických metod (teodolit, dálkoměr, totální stanice, GPS), tak i konvenční metody polohového měření:

1. **Metoda pravoúhlých souřadnic**; též metoda ortogonální, je využívána především pro měření ploch malého rozsahu a krátkých, rovných úseků míst DN. Základem je zvolení měřické přímky a vztyčování kolmic od zaměřovaných bodů na tuto přímku. Počet bodů (minimálně dva) je určen členitostí měřeného objektu. [13] Přehledněji znázorněno na Obr. 4.



Obr. 4: Zaměření vozidla a brzdných stop ortogonální metodou [14]

2. **Měření trojúhelníkovou metodou**; též metoda průsečíková, je na rozdíl od předchozí vhodná pro měření rozsáhlejších a členitějších ploch. Spočívá ve stanovení polohy bodu vzhledem ke dvěma dalším bodům pomocí trojúhelníku daného délkou tří stran. V podstatě je měřený prostor pokryt sítí trojúhelníků a všechny vzniklé délky změřeny. [7] Následující obrázek představuje zaměření komunikace s jedním VBM.



Obr. 5: Zaměření komunikace trojúhelníkovou metodou [14]

Existuje řada dalších metod pro polohové zaměřování, pro příklad lze uvést metodu tětiva – výška při měření oblouků, křížová projekce při zjišťování polohy předmětů a stop v uzavřených prostorách apod. Ideální je pak kombinace více metod pro kontrolní měření. [4] [7]

Výsledky měření jsou zpravidla zaznamenány do grafické dokumentace – náčrtek (bez měřítka, pořízen na místě) nebo plánek (v měřítku, pořízen s časovým odstupem). Ta obsahuje mimo jiné parametry povrchu, postavení vozidel, stop, polohu usmrcených osob, rozmístění dopravních značek a předměty, které bezprostředně souvisí s nehodovým dějem. Přehlednost grafické dokumentace je též dána používáním symbolů a značek pro označení různých předmětů na místě DN. [13]

2.1.2 Fotodokumentace místa dopravní nehody

Zásadní a neodmyslitelnou součástí je fotografické zachycení celé situace. U dopravních nehod rozsáhlého charakteru je pak stále více využíván i videozáznam, ten by měl poskytnout kompletní systematický pohled na objekty a okolí nehody. Fotografie nebo videozáznamy slouží k zachycení jak celkové situace dopravní nehody, tak i dílčích předmětů, případných překážek v rozhledu řidiče (vozidla, která svým nevhodným zaparkováním značně ztížila rozhled řidiči bouraného vozidla), poškození vozidel (interiér i exteriér), k dokumentaci stop, dopravního značení apod. Další možností je využití fotogrammetrie, která ač je užitečným nástrojem, jedná se o technicky a organizačně náročnou metodu. [3] [4]

2.1.3 Protokol o nehodě v silničním provozu

Protokol je v podstatě formulář, který má předem danou osnovu, a do kterého jsou zapisovány konkrétní informace o dopravní nehodě. V protokolu bývá zvykem postupovat od obecných informací k detailnímu popisu. Obsahuje:

- údaje o oznámení nehody, době ohledání a osobách přítomných ohledání,
- údaje o zúčastněných osobách nehody,
- údaje popisující nehodu,
- údaje o zúčastněných dopravních prostředcích a
- údaje o výsledku ohledání místa nehody. [15]

2.2 Vybraná měřicí technika

V praxi nejvíce užívané nástroje pro získávání délkových a polohových parametrů zahrnují jednak jednoduché vybavení jako je svinovací metr, pásmo, délkoměrné kolečko, přes měření pomocí stanice totální a referenční GNSS, dronů, fotogrammetrie až po nejmodernější technická zařízení, která provádí měření plně automaticky – tzv. laserové skenery. Užití konkrétního nástroje pak závisí na různých faktorech jako např. rozsahu měření, světelných a povětrnostních podmínkách, možnosti vzdáleného měření, pozdějšího zpracování shromážděných údajů a požadované přesnosti dat. Současný technologický pokrok moderních měřicích nástrojů však zaručuje nejen získání přesných, standardizovaných a jednotných dat, ale také jednu nespornou výhodu, a to výraznou úsporu času ve srovnání s užitím konvenčních metod a technologií. [16]

Pro získání objektivních podkladů pro analýzu mimo dokumentaci z místa nehody slouží též technologie integrovaná přímo ve vozidle, konkrétně v řídicí jednotce airbagů – Event Data Recorder (EDR). Vybrané nástroje získávání technických důkazů jsou stručně představeny v následujících kapitolách.

2.2.1 Geodetické systémy

Geodetická **totální stanice** (Obr. 6) je elektronické zařízení, jež je kombinací elektronického teodolitu a elektrooptického dálkoměru (dnes se často používá pulzní dálkoměr nebo jeho kombinace s frekvenčním dálkoměrem) se vzájemným přenosem a záznamem dat do interní či vyjímatelné paměti. Moderní přístroje pro přenos dat používají také Bluetooth a USB porty. Totální stanice se používají zejména k měření nebo vytyčování vodorovných a svislých úhlů (jako teodolity), délek a samozřejmě i záznamu těchto hodnot. Délky mohou být měřeny jednak s pomocí odrazného hranolu, nebo v režimu bez hranolu, kdy je paprsek odražen přímo od povrchu měřeného objektu. Často umožňují provádění standardních i pokročilých matematických nebo geodetických operací. Na rozdíl od starších modelů, které při zaměřování bodů vyžadují obsluhu dvěma pracovníky, moderní přístroje umožňují obsluhu jednou osobou. [17] [18]

Obr. 6: Totální stanice Leica Nova TS60 (zdroj: https://surveyequipment.com)

V současné době je možné robotické totální stanice spolu s kontrolery vzájemně kombinovat s GNSS přijímači. Jedná se pak o **geodetické GNSS** sestavy, které zajišťují přesné a rychlé určení prostorové polohy bodů na základě příjmu a zpracování signálů z dostupných

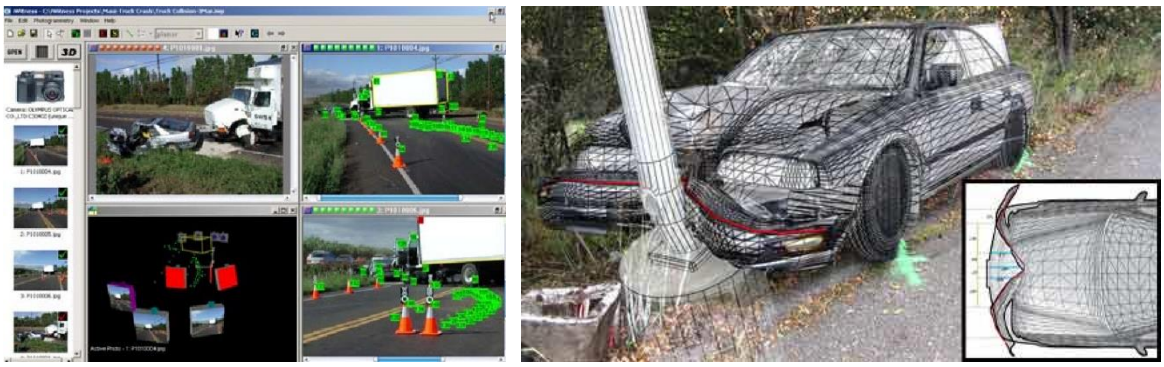
satelitních družic, kterými jsou satelitní sítě GPS, GLONASS, GALILEO, BEIDOU a dalších lokálních a rozšiřujících systémů. [19]

2.2.2 Fotogrammetrie

Další měřickou metodou, která je – v současné době však omezeně – užívána v rámci získávání potřebných informací o reálných objektech na zemském povrchu, je fotogrammetrie. Obecně platí, že pomocí fotogrammetrie lze určit tvar, velikost nebo polohu měřeného předmětu z jednoho či více obrazových fotografických záznamů. [20]

Na základě snímkové konfigurace lze fotogrammetrii dělit na jednosnímkovou, u které, jak již název napovídá, k rekonstrukci slouží pouze jeden snímek; a je určena především pro měření objektů rovinných či blízkých rovinným. Vícesnímková fotogrammetrie je metodou přesnější, přičemž předmět je nasnímán neomezeným počtem snímků tak, aby bylo umožněno protnutí úhlů paprskových svazků v prostoru. Dle polohy komory lze pak rozlišovat satelitní, leteckou, pozemní, blízkou a makro fotogrammetrii, přičemž ve spojitosti s dopravními nehodami je nejčastěji užívána pozemní, kdy je komora umístěna na pevném bodě na zemi. [20]

Výhoda této metody spočívá v rychlém a komplexním záznamu scény pro pozdější analýzu s minimální dobou přerušení provozu a také v možnosti dokumentace za zhoršených světelných podmínek (v noci). Na druhou stranu zpracování získaných dat je časově mnohem náročnější než při užití konvenčních metod. Fotogrammetrie není vhodná pro dokumentaci rozsáhlých dopravních nehod nebo míst s výrazným výškovým profilem. [21] Obr. 7 představuje možnosti využití fotogrammetrie při analýze DN.



Obr. 7: Zpracování fotogrammetrických snímků a deformace na vozidle [20]

2.2.3 Bezpilotní prostředky

Pokročilé metody dokumentace místa DN zahrnují i použití dálkově ovládaných bezpilotních prostředků, také známé pod pojmem dron nebo UAV (Unmanned Aerial Vehicle). V podstatě se jedná o leteckou fotogrammetrii, kdy drony vybaveny různými typy fotoaparátů nebo videokamer pořizují snímky/záznam z nízkých výšek, a to kolmo k měřenému povrchu.

Výhodu lze pozorovat v přesnosti a obrazové věrnosti získaných výstupů, které následně umožňují detailní zaměření místa DN, a také možnosti získání uceleného obrazu včetně dokumentace různých druhů stop bezprostředně po nehodě. Nevýhodou je, ostatně jako u všech moderních technologií, náročnost na hardwarové vybavení a software pro následné zpracování dat. Mimo jiné je užití této metody závislé na vhodných meteorologických podmínkách a místě dokumentace (problematické v tunelech). Nejvíce omezujícím faktorem je však v současné době legislativní úprava, která neumožňuje provoz UAV nad zastavěnými oblastmi, nad osobami, pozemními komunikacemi apod. [22] [23] Výstupy UAV lze kombinovat s výstupy jiných metod, např. geodetické totální stanice (Obr. 8).

Obr. 8: Kombinace snímku UAV s polygonem naměřeným totální stanicí [24]

2.2.4 3D skenery

Laserové skenování je metoda bezkontaktního snímání prostorových souřadnic, které mohou být následně vizualizovány a převedeny do 3D modelu. Pro účely soudního znalectví jsou využívány skenery terestrické (pozemní), které pro měření prostorové vzdálenosti využívají pulzní laserovou technologii, podobně jako moderní totální stanice. Primárním výstupem laserového skenování je mračno bodů, tedy soubor prostorových informací všech měřených bodů. Po zpracování příslušnými softwary jsou vytvořeny 3D animace scén a 3D fyzické

modely. Výhodou je, že tyto modely mohou pomoci při analýze dynamiky nehodového děje, neboť na základě měření deformace vozidla, případně jiných objektů, lze určit nárazovou rychlost. Další výhodou této metody je opět možnost získávání dat z nehodové lokality, aniž by byl významným způsobem ovlivněn provoz (uzavírání jízdních pruhů, přerušení provozu), navíc rychlejším a flexibilnějším způsobem. Podobně jako u fotogrammetrie lze dokumentovat za zhoršených světelných podmínek, nicméně opět se setkáváme s problémem náročnosti zpracování velkého množství dat a uchovávání velkých souborů. [17] [20] Následující obrázek představuje výstup laserového skenování, tedy 3D scénu dopravní nehody.

Obr. 9: 3D model nehodové scény (zdroj: https://www.ee.co.za/)

2.2.5 Technologie EDR a nástroje pro čtení EDR dat

Zdrojem objektivních podkladů pro analýzu nehodového děje mohou být i data interního původu, tedy data získaná z havarovaných vozidel. Ta lze řadit do dvou pomyslných skupin. V prvé řadě data diagnostiky, která nejsou až tak spojena s nehodovým dějem, nicméně i z nich lze získat užitečné informace jako např. funkční nesprávnosti soustav, ústrojí, částí vozidel a případně i příčiny těchto nedostatků. Druhou možností jsou data nehodová, která jsou ukládaná pomocí funkce EDR. Následující kapitoly a též převážná část této práce jsou zaměřeny převážně na technologii EDR a výstupy získané systémem Crash Data Retrieval (CDR).

2.2.6 Event Data Recorder

Event Data Recorder (EDR) je prvkem konkrétního modulu ve vozidle, nejčastěji však řídicího modulu airbagů ACM (Airbag Control Module), který umožňuje záznam dynamických sériových dat během časového období těsně před, během a po nehodové události. Ukládány jsou informace o rychlosti, brzdění, stavu bezpečnostních pásů, podélného zrychlení, otáčkách motoru, ale také přítomnosti osob na sedadlech a mnoho dalších. Budoucím předpokladem je záznam dalších parametrů, které jsou aktuálně u některých modelů již dostupné, a to např. zeměpisné souřadnice, čas, datum a fotografická dokumentace. Často je EDR přirovnáváno k černé skříňce v letadlech, nicméně EDR záznam nezahrnuje zvuková a zatím ani obrazová data. [25] [26]

Modul ACM (Obr. 10) bývá umístěn ve středové konzoli, tedy v dobře chráněném místě vozidla tak, aby v případě nehodové události bylo možné zařízení vyjmout. ACM na principu uzavřené smyčky průběžně zachycuje a vyhodnocuje data z vyhrazených senzorů rozmístěných po celém vozidle (brzdy, rychlost). To znamená, že zachycená data (resp. několik předchozích vteřin) jsou neustále přepisována, dokud není přepis zastaven událostí, která splňuje stanovenou prahovou závažnost. Ta je obvykle definována změnou rychlosti vozidla v podélném směru, při překročení pak prediktivní algoritmus určí, zda má být aktivován airbag, nebo ne. Následuje uložení dat, konkrétně několikasekundového intervalu před, během a po nehodové události pro následné vyčtení. Pro tyto účely slouží mimo jiné systém Bosch CDR. [25]

Obr. 10: Umístění modulu ACM ve vozidle (zdroj: https://www.crashdatagroup.com/)

V evropském prostředí začíná být možnost využívání technologie EDR pro analytické a znalecké účely stále aktuálnější. Ve Spojených státech je standardizace sběru, získávání a uchovávání dat již od roku 2006 ukotvena v kodexu federálních předpisů 49 CFR, části 563. V USA jsou v současné době data EDR hojně užívána k vyšetřování dopravních nehod (potvrzení, nebo vyvrácení viny, odhalení podvodů, stanovení závažnosti nárazu apod). [25]

2.2.7 Accident Data Recorder

Accident Data Recorder (ADR), v německy mluvících zemích též označován jako Unfalldatenspeicher (UDS) nebo Restwegaufzeichnungsgerät (RAG), je v podstatě evropskou obdobou EDR, též zaznamenává dynamické parametry, též v krátkém nehodovém intervalu, avšak s tím rozdílem, že ADR je nezávislým zařízením, tedy není součástí žádného modulu ve vozidle, a tak může být umístěno v kterékoli části vozidla. Nutno podotknout, že ADR zaznamenává omezenou škálu dat, konkrétně až deset stavových veličin, a ty jsou vesměs srovnatelné s daty EDR. Ač jsou si tato zařízení v mnohém podobná, existují i další principiální rozdíly, pro příklad lze uvést následující: EDR se spoléhají výhradně na senzory, které jsou v režii modulu ACM, kdežto UDS mají vlastní inerciální senzory; dalším zajímavým rozdílem u zařízení ADR je možnost iniciovat ukládání dat pomocí spouštěcího tlačítka na přístrojové desce (pokud však dojde k automaticky generované události, takto uložená data jsou přepsána). [27]

V současné době existuje mnoho verzí ADR, které jsou užívány k různým účelům (databáze příčin nehod v motorsportu, vybavení vozidel záchranné služby, policie apod.). V následujících kapitolách je uvedena trojice různých záznamníků ADR.

2.2.7.1 FIA ADR

Organizace FIA (Federation Internationale de l'Automobile) v rámci získání cenných dat o nehodách v motorsportu již v roce 1997 přichází s implementací záznamníků ADR do vozidel Formule 1, přičemž od roku 2015 vyžaduje Světová rada motoristického sportu (FIA World Motor Sport Council) ADR jako povinnou výbavu pro všechna vozidla na národních šampionátech. ADR je zde kombinací tří komponent – záznamník nehodových dat ADR (Obr. 11), vysokorychlostní kamera v kabině vozidla a akcelerometry do uší, které měří zrychlení hlavy řidiče. Záznamníky nehodových dat jsou upraveny pro potřeby organizace FIA, a tedy liší se ve srovnání se záznamníky určenými pro osobní automobily, a to nejen datovými prvky. Je totiž vyžadováno, aby záznam obsáhl více incidentů po delší dobu i

v případě ztráty napájení a mimo jiné mělo i robustnější konstrukci a nízkou hmotnost pro potřeby vozidel formule. Dojde-li k dosažení určitých prahových hodnot závažnosti, je vyjma spuštění záznamu dat rovněž upozorněn zásahový personál, který v případě nutnosti zajistí odpovídající lékařskou péči. [28]

Systém ADR dodává společnost MoTeC, přičemž mezi hlavní funkce patří:

- tříosý senzor zrychlení rozsahu [– 150 g; + 150 g] s konfigurovatelnou hodnotou triggeru a záznamu sil působících jak na posádku, tak na vozidlo;
- záznam až 10 jednotlivých událostí;
- sběrnice CAN BUS a protokolování až 20 datových kanálů (10 předdefinovaných, 10 uživatelských);
- LED indikátory pro napájení, stav a pro indikaci zaznamenaných událostí;
- sběr 2 s dat před událostí;
- sběr 30 s dat po události;
- možnost korelace s GPS – údaje o čase, datu, poloze;
- software ADS Manager pro programování a stahování dat;
- přístup k datům ADR z místa pomocí přenosného počítače. [29]

Obr. 11: MoTeC ADR (zdroj: https://www.motec.com.au/)

V únoru 2021 uveřejnila FIA informaci o uvedení nového datového zapisovače – Impact Data Recorder (IDR). Toto zařízení bylo vyvinuto bezpečnostním oddělením FIA ve spolupráci s AiM Technologies ve Velké Británii, přičemž hlavní výhodou ve srovnání se současně užívanou technologií je výrazně nižší cena. ADR jsou totiž vzhledem k vysokým nákladům v současné době instalována pouze na méně než 1 % závodních vozů na světě.

FIA tak vytvořením cenově dostupného zařízení podporuje začlenění IDR do povinné výbavy vozidel nejen mezinárodních, ale i místních šampionátů. IDR je též součástí systému, jenž zahrnuje přístup k datům z mobilní aplikace. [30]

2.2.7.2 UDS

UDS-AT PRO je koncepčně i technologicky nejmodernějším systémem z rodiny UDS. Jedná se o čtvrtou generaci záznamníků dat UDS, přičemž předchozí verze UDS-AT byla instalována do více než 25 000 motorových vozidel po celé Evropě. UDS-AT PRO je zařízením pro záznam nehodových dat s využitím technologie 3D senzorů, modulu GNSS a větší přesností ukládaných dat. Sběr dat zahrnuje uchovávání 30 s záznamu před a 15 s po události a rovněž data do 100 m dojezdové vzdálenosti po ukončení záznamu. Implementace není omezena na konkrétní typ vozidel, lze ho použít téměř pro všechny kategorie včetně osobních automobilů, motocyklů, autobusů, nákladních vozidel a tramvají. Jak již bylo výše uvedeno, záznam událostí lze zahájit i manuálně, pro tyto účely je určen speciální klíč (Obr. 12). Data z UDS lze vyčíst a zobrazit pomocí softwaru UDS-AT (Service pro servisní partnery, Basic pro vozové parky a Science pro analytiky) přes kabel USB 2.0. [31]

Obr. 12: Zařízení UDS-AT PRO a UDS klíč [30]

2.2.7.3 RAG

Poslední evropskou verzí záznamníku ADR je původem švýcarský RAG (Restwegaufzeichnungsgerät). Existují dvě verze RAG 1000 a RAG 2000/A+ (Obr. 13), přičemž obě zaznamenávají data o průběhu jízdy a při detekci nehodové události opět uloží získaná data. Liší se způsobem záznamu, RAG 2000/A+ uloží posledních 12 km, RAG 1000 minimálně 350 m nebo posledních 20 minut). [27]

Obr. 13: RAG 1000 (vlevo) a RAG 2000/A+ (vpravo), (zdroj: https://www.mobatime.ch/)

2.2.8 Nástroje pro interpretaci dat EDR

Po schválení konečného pravidla 49 CFR 563 přichází povinnost zpřístupnit EDR data z vozidel, která jsou touto funkcí vybavena. V roce 2000 byla představena sada pro stahování nehodových dat společnosti Vetronix – Crash Data Retrieval (CDR), v současné době ve vlastnictví společnosti Bosch. Pro výrobce vozidel se tedy nabízely dvě možnosti – připojit se k CDR, nebo vytvořit vlastní nástroj pro přístup k datům EDR. Této příležitosti se chopily výrobci Hyundai, Kia a Tesla; většina výrobců se však rozhodla použít Bosch CDR jako řešení pro interpretaci EDR dat. [25] Kapitola představuje nástroje, které jsou aktuálně využívány pro zobrazování (nikoliv však ke změně nebo odstranění) dat z EDR jednotek.

2.2.8.1 Bosch CDR Tool

Systém Bosch CDR (dále jen „CDR“) je nástrojem, který se používá pro vyčtení a zobrazení dat EDR z automobilů od většiny výrobců. CDR v současné době podporuje více než 50 značek vozidel a zaujímá tak primární postavení na trhu nástrojů pro čtení dat EDR. Vyčtení dat je možné realizovat hned dvěma způsoby, přičemž v obou případech je použito sériové datové rozhraní. Použití konkrétní metody závisí např. na rozsahu poškození vozidla a dostupném zdroji energie. Přístup může být uskutečněn následovně:

a) přes komunikační cestu sériového připojení k diagnostickému portu vozidla DLC (též konektor OBD II), nebo
b) přímým připojením k řídicí jednotce airbagů (Direct to Module – DTM), kdy je nalezen modul a připojení je realizováno ve vozidle, nebo je vyjmut a data jsou

vyčtena, jakmile je to možné (tento způsob však není až tak preferovaným, je totiž nutné postupovat s náležitou opatrností, aby získaná data nebyla přepsána).

Výstupem CDR je protokol v textovém a grafickém formátu, který je automaticky vytvořen na základě překladu hexadecimálního kódu. Toto zařízení je vybráno pro ukázku použití v praxi (kapitola 3), tudíž zde není podrobněji rozebíráno.

2.2.8.2 GIT EDR pro Hyundai a Kia

Aby bylo vyhověno požadavku 49 CFR 563, vytvořila společnost Global Information Technology (GIT) nástroje pro vyčtení EDR dat z vozidel Hyundai a Kia (Obr. 14). V podstatě se jedná o dva podobné nástroje, přičemž rozdíl je pouze v povaze distribuce a barvě vnějšího plastového krytu (modrý pro Hyundai, červený pro Kia). Připojení je realizováno vesměs stejným způsobem jako u Bosch CDR, tedy jak přes diagnostický port DLC, tak metodou přímého připojení k ACM. Obecně však lze ve srovnání s CDR pozorovat několik rozdílů. GIT nevyžadují před zahájením stahování zadání identifikačního čísla vozidla (VIN), zadáván je pouze model vozidla, modelový rok a objem motoru. Nástroje GIT čtou data pouze jednou, poté je uloží. CDR čte data třikrát a před samotným uložením tato data porovnává. Další odlišnou skutečností je formát získaného protokolu, CDR ukládá nezpracovaná data v souboru .CDRx, kdežto GIT pouze jako soubor .pdf, to má za následek nemožnost zpětné interpretace těchto dat. Data též nejsou nijak šifrována, a tak mohou podlehnout riziku neoprávněné manipulace s údaji. [27] [32]

Obr. 14: Hyundai a Kia EDR Tool (zdroj: http://www.collisionsafety.net)

2.2.8.3 Tesla EDR

Tesla má též vlastní systém, a to jak pro záznam, tak pro získávání nehodových dat z vozidel Tesla Model 3, Model S, Model X a Model Y. Reakcí na požadavek vládní agentury NHTSA (National Higway Traffic Safety Administration) o zpřístupnění dat tedy bylo vytvoření celého systému, který mimo jiné zahrnuje i záznam z kamer autopilota. Jedním ze zajímavých poznatků je fakt, že data nejsou omezena pouze na interval nehodové události, nicméně systém uchovává data mnohem většího objemu, tedy i dynamická data průběhu jízdy. Ta jsou uložena v řídicím modulu zádržného systému vozidla (RCM) a přístup k nim je zajištěn buď připojením k RCM ve vozidle, nebo metodou DTM, kdy je zařízení připojeno přímo k modulu, který bývá umístěn v podlahové části vozidla, pod středovou konzolí mezi sedadly, nebo na podlaze pod středovou obrazovkou. Co se týče dalších náležitostí, správné vyčtení dat vyžaduje počítač s operačním systémem Windows, neboť jiné operační systémy nejsou podporovány; a také internetové připojení s vytvořeným účtem MyTesla, kde je po nahrání datového souboru EDR generován protokol ve formátu .pdf. [26] [27]

Obr. 15: EDR Retrieval Hardware Kit (zdroj: www.kneifel.de)

3 Použití vybraného nástroje v praxi

V rámci praktické části je pro účely ukázky úkonů potřebných ke správnému vyčtení, zpracování, následné interpretaci a uplatnění dat EDR zvolena komerčně dostupná jednotka CDR (Crash Data Retrieval), která poskytuje přístup k nehodovým údajům, jež jsou uloženy zpravidla v řídicích jednotkách airbagů (u vozidel Ford k řídicí jednotce motoru PCM, u některých novějších vozidel k modulu snímání převrácení RSM apod.) automobilů osobních, lehkých nákladních a SUV. Správně interpretovaná data mohou poskytnout jednoznačný a nezaujatý obraz o scénáři nehodové události, a odpovědět tak na zásadní otázky při vyšetřování nehody. Pro příklad lze uvést hned několik možných úkonů, od obecných jako je identifikace pojistných podvodů, hodnocení odpovědnosti za nehodu, ověření dostupných důkazů, tak i konkrétní otázky, např. zda byly zapnuty bezpečnostní pásy, kdo koho při nehodě více účastníků zasáhl první a potvrzení informace, zda řidič zrychloval, zpomaloval, stál, překročil rychlost aj.

Tato kapitola je zaměřena především na ukázku použití nástroje CDR, tedy samotnou přípravu, zapojení, práci se softwarovou složkou systému, ale také zpracování a posouzení výstupů, které mohou být užity v rámci analýzy dopravních nehod.

3.1 Systém CDR

Systém Bosch CDR je v podstatě zprostředkovatelem EDR dat koncovému uživateli, vyčítá kódovou soustavu, kterou přeloží na technické jednotky a následně zobrazí v textovém a grafickém formátu – CDR protokolu. Jinými slovy řečeno se jedná o systém hardwarových a softwarových komponent, které při správné činnosti umožní získání nehodových dat uložených v jednotce EDR.

3.1.1 Hardwarová složka a zapojení CDR

Ať už je vyčítání dat realizováno skrze komunikační port DLC, nebo připojením k ACM, vždy je zapotřebí hardwarové platformy CDR (modul CDR, potřebné adaptéry a kabely) a počítače (laptopu) se systémem Windows. Na trhu jsou dostupné základní sady, které obsahují většinu komponent potřebných k zobrazení dat EDR přímo z diagnostického konektoru DLC podporovaných vozidel. Pro připojení ke konkrétnímu modulu vozidla metodou DTM jsou často vyžadovány další kabely nebo adaptéry, které je možno zakoupit

jednotlivě nebo v sadách. Obecně platí, že konektory jednotlivých ACM/ECU (Electronic Control Unit) nemají standardizovanou podobu, a tudíž každý modul vyžaduje individuální formu propojení (v zásadě se jedná o jiné kabely) jednotky CDR a modulu.

CDR DLC Base Kit (Obr. 16) je základní sadou, která svou výbavou vyhovuje pro potřeby vyčtení dat cestou připojení k diagnostickému portu vozidla, tedy v případě, že jsou po dopravní nehodě stále funkční elektrické obvody. Neobsahuje žádné připojovací komponenty specifické pro konkrétní vozidlo. Součástí základní sady je následující příslušenství:

1. Taška Bosch;
2. CDR modul rozhraní CANplus;
3. Diagnostické vedení k diagnostickému rozhraní;
4. Sériový připojovací kabel USB dle RS232 (60 cm);
5. Sériové připojovací vedení (180 cm);
6. Síťový zdroj 12 V (2,5 A);
7. Snímatelné síťové připojovací vedení;
8. Připojovací vedení k zásuvce zapalovače cigaret. [33]

Obr. 16: Sada Bosch CDR DLC Base Kit

Ke stávající sadě je možno připojit další příslušenství. V některých případech je pro vyčtení dat prostřednictvím metody DTM vyžadován adaptér ACM (na Obr. 16 označen „9“), který

je užíván pro řadu vozidel modelového roku 2006 a novější. Tento adaptér dodává energii do řídicího modulu během stahování dat. Další možností je užití adaptéru Bosch CDR500 FlexRay, ten se používá v kombinaci s modulem rozhraní CDR pro zobrazování dat metodou DTM z vozidel, která využívají komunikační protokol FlexRay. Ten na rozdíl od sběrnic CAN (Controller Area Network) a K-line zajišťuje zejména vysokorychlostní datové propojení jednotlivých aplikací a nalézá uplatnění především u vozidel s výbavou pokročilých a počítačově řízených systémů. Prostřednictvím adaptéru CDR500 FlexRay je zajištěn převod protokolu FlexRay na CAN, který používá modul rozhraní CDR. [26]

Za zmínku nepochybně stojí nejnovější aktualizace nástroje – Bosch CDR 900 Upgrade Kit (Obr. 17). Tato sada je nezbytnou pro vyčtení dat z nově podporovaných vozidel, např. Mitsubishi a Subaru, nicméně nenahrazuje v plném rozsahu stávající modul rozhraní CANplus, protože ten je stále vyžadován pro vyčítání dat většiny vozidel. Modul CDR zejména zajišťuje rychlejší komunikaci než modul rozhraní verze současné, možnost bezdrátového připojení mezi zařízením a počítačem, a také reaguje na požadavky vyspělých vozidlových technologií (vysoce výkonné řídicí jednotky, autonomní systémy). [26] [34]

Obr. 17: Sada Bosch CDR 900 Upgrade Kit

Sada obsahuje:

1. CDR 900 VCI (Vehicle Communications Interface);
2. CDR 900 napájecí a propojovací kabel;
3. Kabel DLC/OBD J1962;
4. CDR 900 prodlužovací kabel;

5. Adaptér kabelu Legacy D2ML, CDR;
6. CDR 900 USB vysokozátěžový kabel, 3 m;
7. WiFi Dongle 802.11. [34]

Následující tabulka zobrazuje základní technické údaje modulů CDR.

Tab. 1: Technické údaje CDR a CDR 900 [33] [34]

Technické údaje	**Hodnota/rozsah**	
	CANplus	CDR 900
Provozní napětí	9 V – 16 V (DC)	6 V – 16 V (DC)
Rozměry (D x Š x V)	135 x 105 x 30 mm	1635 x 115 x 40 mm
Hmotnost	285 g	240 g
Provozní teplota	0 – 40 °C	- 20 – 70 °C

Zapojení systému opět závisí na metodě, které je užito pro čtení dat. Nelze tvrdit, že by se od sebe výrazně lišily, nicméně pro potřeby srozumitelné ilustrace je znázorněn obojí přístup a pro oba typy modulů. Při zapojování systému při užití metody komunikace přes **diagnostický port DLC** (Obr. 18) nejprve vycházíme z hardwarového příslušenství dodaného v sadě CDR DLC Base Kit. CDR modul rozhraní (2) je připojen k počítači pomocí 9-pinového USB/sériového kabelu (4), port je na modulu rozhraní označen „PC“. Pro účely propojení modulu s diagnostickým portem vozidla je zapotřebí 15-pinového diagnostického kabelu (3), port na modulu opět označen, tentokrát však jako „Vehicle“. Napájení zařízení je zajištěno prostřednictvím rozhraní vozidla nebo dodaného síťového zdroje (6).

Obr. 18: Systémové zapojení při vyčítání přes DLC – modul CANplus (vlevo), modul CDR 900 (vpravo)

Je-li pro vyčítání užito novější sady – CDR 900, pak je k modulu rozhraní (1) připojen kabel napájecí a propojovací (2) a k této sestavě pak i kabel DLC/OBD J1962 (3) aby byl umožněn přenos EDR dat z diagnostického portu. Připojení k počítači zajišťuje kabel CDR USB (6), případně je realizováno bezdrátově, pro tyto účely je potřeba do modulu rozhraní vložit bezdrátový adaptér Dongle (7).

Je-li třeba vzhledem k rozsáhlému poškození vozidla či jeho elektrických obvodů nutné přistoupit k metodě čtení dat prostřednictvím **přímého připojení DTM** (Obr. 19, Obr. 20), je zapojení realizováno pro oba typy rozhraní právě tak jako v předchozích případech, jedinou odlišností je spojení rozhraní CDR (port s označením „Vehicle“)/CDR 900 k řídicímu modulu. To je zajištěno prostřednictvím specifického kabelu (případně i adaptéru) pro konkrétní typ řídicího modulu.

Obr. 19: Systémové zapojení při vyčítání metodou DTM – modul rozhraní CANplus

Obr. 20: Systémové zapojení při vyčítání metodou DTM – modul rozhraní CDR 900

3.1.2 Softwarová složka a inicializace systému

Důležitou součástí nástroje Bosch CDR je software, který je třeba nainstalovat a aktivovat v počítači. Počínaje verzí 3.6 CDR je software k dispozici ke stažení a instalaci přímo z webu Bosch Diagnostics, na rozdíl od verzí předchozích, které byly distribuovány formou CD−ROM. S každou novou verzí softwaru přichází i nové funkce, lepší výkonové charakteristiky a také širší pokrytí, co se podporovaných vozidel týče. 21. ledna 2021 byla společností Bosch vydána nejnovější aktualizovaná verze softwaru 21.0, která mimo jiné zahrnuje podporu vyčítání dat z vozidel Ferrari a vozidel čínského trhu. [35]

Jak již bylo výše zmíněno, software je třeba nejprve nainstalovat do počítače. Je vyžadován operační systém Windows, s operačními systémy jako Mac a Chrome není software kompatibilní. Následující tabulka prezentuje minimální požadavky na počítač, které jsou nezbytné pro správnou funkci systému. Tyto požadavky se mohou s novými verzemi aktualizací měnit.

Tab. 2: Minimální požadavky softwaru CDR na počítač [33] [34]

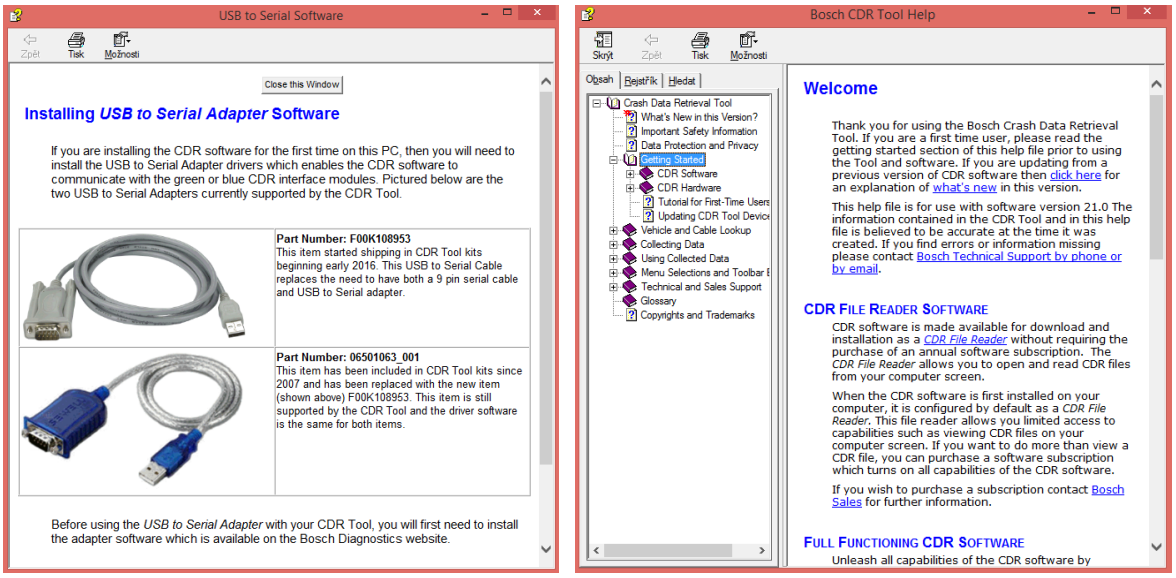
Položka	**Systémové požadavky**	
	CANplus	CDR 900
Operační systém	Windows XP/Vista/7/8 (32-Bit a 64-Bit)	Windows 7/8/10 (32-Bit a 64-Bit)
Dostupná kapacita pevného disku	100 MB nebo vyšší	100 MB nebo vyšší
RAM	256 MB nebo vyšší	512 MB nebo vyšší
Rozlišení videozáznamu	1024 x 768 nebo vyšší	1024 x 768 nebo vyšší

Software CDR je volně k dispozici na webových stránkách Bosch Diagnostics, přičemž pro stažení, instalaci a pouhé zobrazování souborů CDR není nutné předplatné softwaru. Uživatel, který vyžaduje i jiné funkce než jen prohlížení protokolů, již musí vlastnit aktivační certifikát. Certifikáty jsou nově vytvářeny pro každou novou verzi softwaru, a tak je při aktualizaci důležité zvolit kompatibilní certifikát pro danou verzi softwaru.

Nyní se již dostáváme k samotné instalaci softwaru. Stahování je zahájeno po kliknutí na odkaz CDRXX.XSetup.zip[1] nejnovější verze softwaru CDR (v našem případě CDR21.0Setup.zip) na webové stránce Bosch CDR https://cdr.boschdiagnostics.com/cdr/cdr-v210-system-software. Po zobrazení výzvy je

[1] XX.X je symbol zastupující číslo aktuální verze softwaru

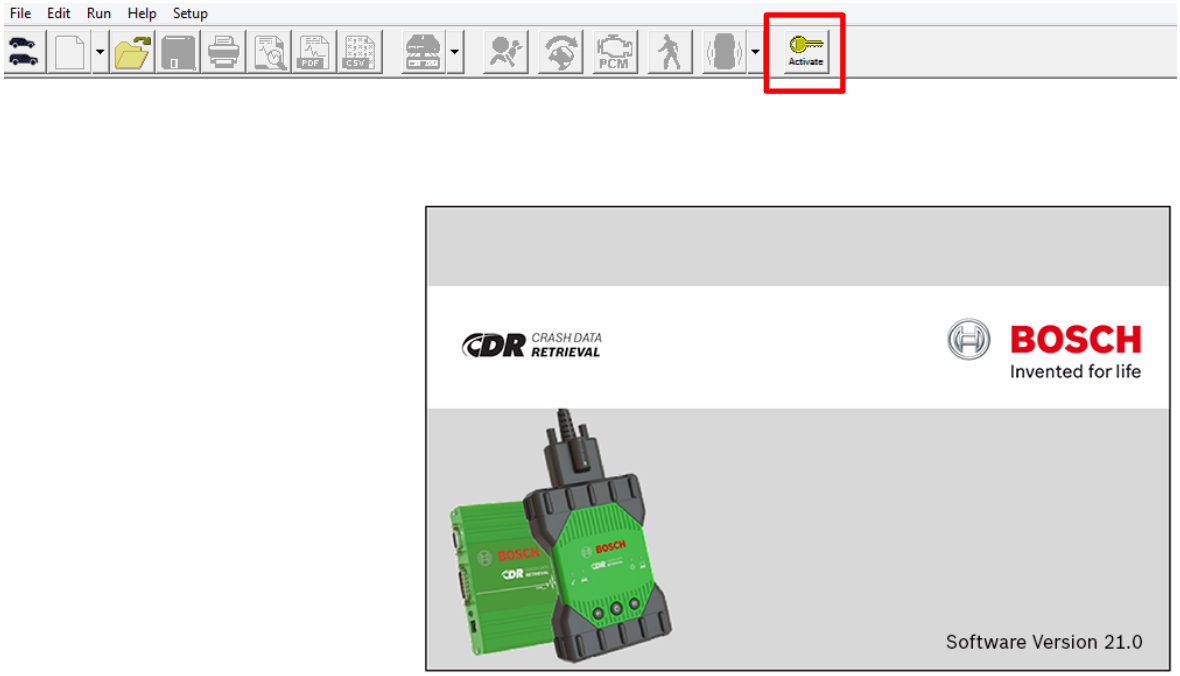
stažen soubor do zvolené složky v počítači, dalším krokem je otevření/spuštění souboru CDRXX.XSetup.exe (CDR 21.0Setup.exe). Potvrzením souhlasu s licenční smlouvou a po přečtení doplňujících informací je uživateli zobrazena nabídka možnosti přizpůsobení hlavního panelu a funkcí klávesových zkratek CDR dle požadavků uživatele. Před dokončením instalace se může objevit okno s upozorněním, které však pouze informuje o dostupnosti aktualizace hardwarových součástí. Po zavření tohoto okna se zobrazí výzva k instalaci softwarového ovladače USB k sériovému portu. Ten musí být v počítači nainstalován, aby bylo možné užít USB kabel pro připojení s modulem rozhraní CANplus. Zároveň se zobrazí okno nápovědy (Obr. 21), tato okna je však možno uzavřít, instalace je tímto dokončena. Na plochu jsou přidány dvě nové ikony – Crash Data Retrieval Software (spuštění softwarového programu) a VCI Manager (CDR), která slouží k nastavení a programování CDR 900 a automaticky se instaluje s verzí softwaru 17.8 nebo vyšší.



Obr. 21: Okna zobrazená po dokončení instalace

Jakmile je v počítači nainstalován software CDR, lze přistoupit k dalšímu kroku – a tedy jeho aktivaci, která je ovšem dostupná pouze pro nové a stávající předplatitele. Při zakoupení předplatného uživatel obdržel e-mail s pokyny k instalaci a v příloze pak aktivační certifikát. Je doporučováno tuto přílohu uložit do stejné složky, ve které je instalován software a neotvírat stažený soubor, neboť by tak mohlo dojít k jeho poškození. Po spuštění softwarového programu je na panelu nástrojů nutno kliknout na ikonu „Activate“ (Obr. 22), přičemž je otevřeno dialogové okno – zde je následně nalezena složka, ve které je uložen

aktivační certifikát. Otevře se hned několik oken týkajících se licenční smlouvy, po přečtení a potvrzení zmizí ikona aktivace, což znamená, že software CDR je aktivován.



Obr. 22: Ikona "Activate"

Může se stát, že z důvodu převedení licence na jiný počítač, bude muset být software z konkrétního zařízení deaktivován. Pro takové účely slouží tlačítko „Deactivate CDR“ v rozbalovací nabídce „Setup“.

Společnost Bosch ojediněle vydává softwarové opravy, které zahrnují ne příliš zásadní revize softwaru nebo přidaná vozidla. Ty jsou oznamovány držitelům licence prostřednictvím e-mailové korespondence přímo od společnosti Bosch. Tyto opravy lze identifikovat podle čísla verze obsahující dvě desetinná místa, základní verze obsahuje jen jedno. Pro tyto účely však není vydáván nový aktivační certifikát. [26]

3.1.3 Proces vyčítání dat

Samotnému vyčítání dat předchází jisté úkony, které jsou zásadními pro správnost provedení celého procesu. V první řadě je třeba zajistit v předchozích podkapitolách zmiňované hardwarové nastavení a inicializaci softwaru, bez aktivovaného programu nelze stahovat žádná data. Je potřeba ověřit, zda je dané vozidlo vůbec podporováno CDR; dále pak zjistit, jaký hardware je vyžadován pro konkrétní užitou metodu a v neposlední řadě i identifikační číslo vozidla (VIN). V rámci praktické části je provedeno čtení dat přímo z vozidla metodou

DLC a též prostřednictvím přímého připojení k řídicí jednotce vozidla. Následující podkapitoly uvádí postup pro oba případy.

3.1.3.1 Čtení dat přes diagnostický port vozidla DLC

Pro účely ukázky čtení dat přes DLC je vybráno vozidlo Volkswagen Touran modelového roku 2020. V prvním kroku je nutno zjistit, zda je vozidlo podporováno CDR, po spuštění softwaru je toto možné realizovat spuštěním okna nápovědy CDR (Obr. 23), které mimo seznam podporovaných vozidel obsahuje též modul(y), ze kterého jsou nehodová data vyčítána (např. ACM, RCM), dále rozhraní, která lze použít pro čtení dat (obvykle CANplus a CDR 900), a také hardware, který je užíván pro metodu DTM.

Obr. 23: Okno nápovědy programu CDR

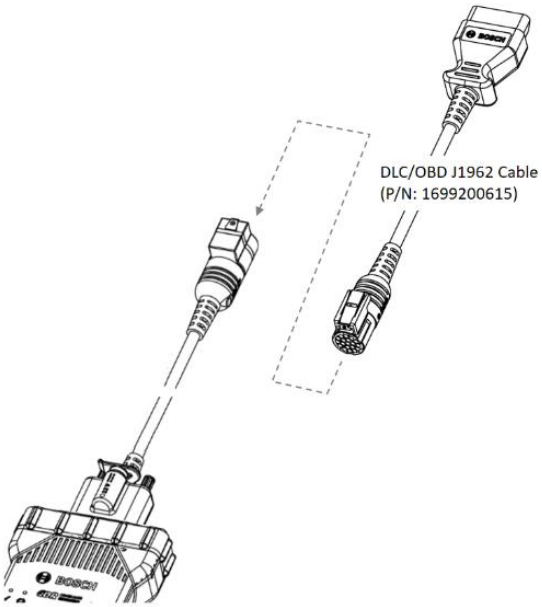
Následující obrázek prezentuje detaily z databáze vozidel zjištěné pro dané vozidlo. Zároveň je tak potvrzena skutečnost, že toto vozidlo je podporováno CDR. Pro účely stahování dat z DLC je přínosná informace o modulu rozhraní. Z Obr. 24 je zřejmé, že lze použít modul rozhraní CANplus nebo CDR900, přičemž vyčtená data budou stejná bez ohledu na to, který modul byl použit. Co se hardwaru a adaptérů týče, při užití rozhraní CANplus je vyžadován standardní DLC propojovací kabel s označením F00K108287, při užití CDR900 je nutno rozkliknout hypertextový odkaz, následně se zobrazí schéma připojení a všechny potřebné komponenty.

Mkt	Year/Make	Model	Module		Vehicle Interface	OBD/DLC Connect Adapter/Cable	D2M Connect Adapter/Cable	Module Location
7	2020 Volkswagen	Touran	ACM	Data	CANplus or CDR 900	CANplus - F00K108287 CDR 900 - click here	CANplus - F00K108387 & Cable# 805 CDR 900 - click here (use listed cable above and no ACM adapter)	Under Center Stack

Obr. 24: Detailní informace z programu CDR pro vozidlo Volkswagen Touran 2020

V tomto případě jsou data vyčítána pomocí modulu rozhraní CDR 900, pro které je charakteristické systémové připojení z Obr. 25, respektive Obr. 18. Po tomto kroku je konec propojovacího kabelu zapojen do DLC portu, jež je umístěn pod palubní deskou na straně

řidiče (Obr. 26). V drtivé většině případů je třeba, aby byl elektrický systém vozidla zapnut klíčem zapalování. LED kontrolka na zařízení CDR by měla svítit oranžově, což indikuje, že zařízení přijímá energii z DLC portu, v případě výpadku energie je vyžadován externí zdroj napájení.

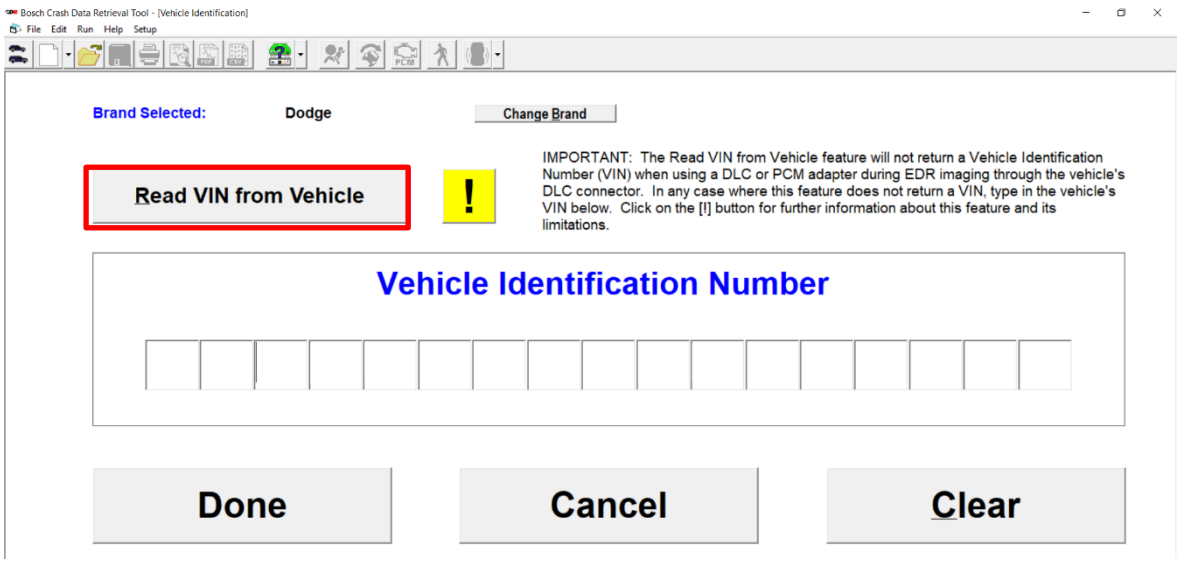


Obr. 25: Schéma zapojení CDR 900 pro DLC metodu

Obr. 26: Připojení CDR k DLC portu

Pokud dosud nebyl, je nyní spuštěn program CDR. Kliknutím na ikonu „New CDR Download“ (Obr. 27) na panelu nástrojů je zahájen nový případ, kdy je potřeba opět vybrat značku vozidla a následně může být načteno VIN vozidla pomocí tlačítka „Read VIN from Vehicle“ (Obr. 28). Pokud však program automaticky nemůže tuto operaci provést, lze zadat VIN ručně.

Obr. 27: Ikona „New CDR Download“



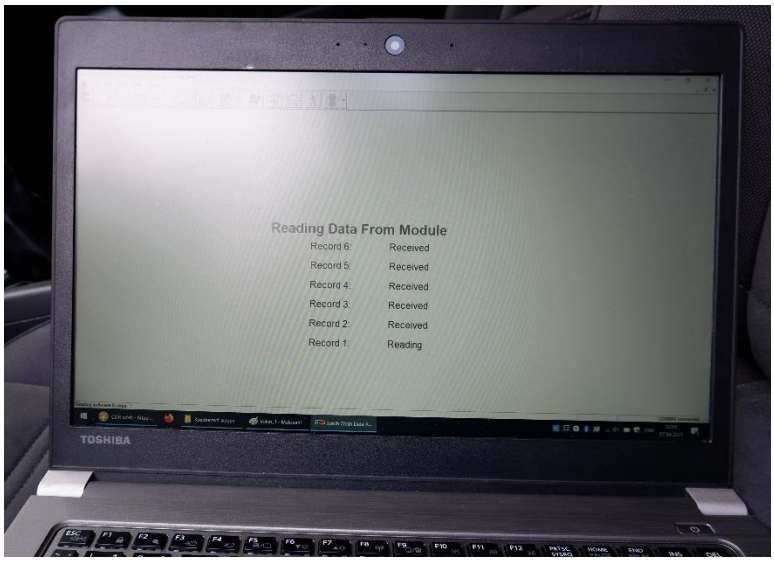
Obr. 28: Zadání identifikačního čísla vozidla

Následuje zadání potřebných údajů k danému případu vyčítání – uživatelské jméno, číslo případu, datum vyčítání (obvykle bývá automaticky vyplněno) a datum, kdy došlo k nehodové události. Zobrazí se okno, které dává prostor pro další poznámky a komentáře (např. místo nehody), které, na rozdíl od předchozích údajů, lze i po uložení souboru přepisovat. Potvrzením je ukončena editace a v dalším kroku již může být započat proces stahování. Kliknutím na jednu z ikon, která je momentálně aktivní (je zabarvena), je spuštěno stahování dat. Verze CDR 21.0 podporuje vyčtení dat z pěti následujících modulů (Obr. 29 zleva): řídicí jednotka airbagů (Airbag Control Module), senzor převrácení (Roll-over Sensor), řídicí jednotka motoru (Powertrain Control Module), modul ochrany chodců (Pedestrian Protection Module) a systém aktivní bezpečnosti (Active Safety System).

Obr. 29: Moduly pro čtení dat

V případě našeho vyčítání jsou data získávána z modulu ACM. Program CDR realizuje celkem šest samostatných čtení (Obr. 30), tento proces trvá pár minut. Po dokončení

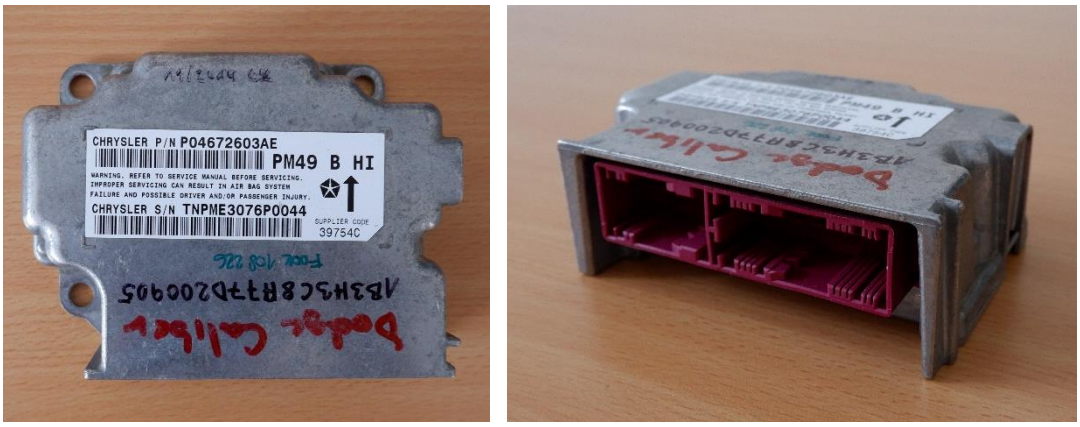
stahování je uživatel dotázán, zda si přeje uložit získaná data, přičemž následně je zobrazeno dialogové okno, které umožní vytvoření názvu souboru a vybrat místo jeho uložení. Soubor je uložen ve formátu s příponou .CDRx a dále pak zobrazen v programu jako několikastránkový protokol. Uloženou zprávu v tomto formátu však lze zobrazit pouze v programu CDR, proto je vhodné soubor exportovat i do formátu .pdf.



Obr. 30: Získávání dat z DLC, šest čtení

3.1.3.2 Čtení dat přímým připojením k řídicí jednotce DTM (D2M)

Metoda DTM by měla následovat vždy až po neúspěšném pokusu (případně pokud je nemožnost čtení zřejmá) o připojení prostřednictvím diagnostického konektoru. Přistoupíme-li k vyčítání dat z konkrétního modulu/jednotky, vždy je preferováno vyhnout se manipulaci s modulem, a tedy ponechat ho ve vozidle, pokud je to vzhledem k podmínkám možné. Vyjmutí jednotky, která je mimo jiné stále připojena ke zdroji energie, může vést ke změně nebo přepisu dat uložených v systému, a uživatel, který takto učinil, pak přebírá plnou odpovědnost za případná rizika. V praktické ukázce je demonstrováno čtení dat z již vyjmutého modulu, konkrétně jednotky ACM z vozidla Dodge Caliber 2007 (Obr. 31).



Obr. 31: Modul ACM vozidla Dodge Caliber 2007

Proces čtení dat je téměř totožný jako při vyčítání dat metodou připojení k diagnostickému portu vozidla, nejprve je třeba opět přes okno nápovědy zjistit, zda je vozidlo, ze kterého byl modul vyjmut, podporováno programem CDR. V případě modulu ACM pro Dodge Caliber platí následující: modul, který byl umístěn na zadní straně řadicí páky, lze vyčítat pouze modulem rozhraní CANplus. Příslušná poznámka k danému vozidlu obsahuje informaci, že data jsou zaznamenána pouze pro čelní náraz (Obr. 32). Pro naše účely je momentálně důležitým sloupec D2M, neboť ten obsahuje informace o potřebném hardwarovém vybavení pro konkrétní modul konkrétního vozidla. Lze užít pouze rozhraní CANplus a odpovídající kabel s označením F00K108226.

Mkt	Year/Make	Model	Module		Vehicle Interface	OBD/DLC Connect Adapter/Cable	D2M Connect Adapter/Cable	Module Location
7	2007 Dodge	Caliber (note 4)	ACM	Data	CANplus	F00K108287	F00K108226	Console, aft of shifter
7	2007 Dodge	Charger (note 5)	ACM	Data	CANplus	F00K108287	F00K108228	Center stack
7	2007 Dodge	Dakota (note				l08287	F00K108228	Center stack
7	2007 Dodge	Durango (not 4)				l08287	F00K108226	Console, aft of shifter
7	2007 Dodge	Magnum (not				l08287	F00K108228	Center stack
7	2007 Dodge	Nitro (note 4)				l08287	F00K108227	Console, aft of shifter
7	2007 Dodge	Ram Cab Chas Medium/Heavy (note 4)				l08287	F00K108226	Under center front seat or console
7	2007 Dodge	Ram Pickup (2 3500, 4500, 5 (note 4)				l08287	F00K108226	Under center front seat or console
7	2007 Dodge	Ram Pickup (1 (note 4)				l08287	F00K108226	Under center front seat or console

3. Some Chrysler 300, Dodge Magnum, Dodge Charger, Dodge Dakota, Jeep Grand Cherokee, and Jeep Commander models may contain EDR data that can not be read by the CDR tool.
4. Crash data is recorded for FRONTAL DEPLOYMENTS ONLY on these vehicles.
5. When downloading these modules using the provided CDR cable, plug the cable into the CDR Interface Module, apply power and wait at least 1 minute after power is applied before collecting data. Failure to do so may cause an error during download.
6. Retrieval of crash data through the

2008 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021

Obr. 32: Detailní informace z programu CDR pro vozidlo Dodge Caliber 2007

Příprava celého systému je poněkud náročnější. V první řadě je potřeba, aby byl modul k pracovní ploše pevně připevněn (obvykle pomocí svorky), neboť ve chvíli, kdy je

k dispozici napájení, jakýkoliv náhlý pohyb může spustit záznam další události a tím i přepis dat. Zapojení systému je v určitém ohledu podobné předchozí metodě, modul rozhraní CANplus je připojen k počítači pomocí 9-pinového USB/sériového kabelu. Modul rozhraní je s vozidlovým modulem ACM opatrně propojen pomocí odpovídajícího kabelu, v našem případě F00K108226. Napájení modulu ACM a modulu rozhraní CANplus je zajištěno pomocí 12 V síťového zdroje, to značí rozsvícená zelená LED kontrolka. Některé moduly vyžadují připojení adaptéru ACM, v takovém případě je napájení připojeno přímo do portu adaptéru, nikoliv modulu rozhraní (Obr. 33).

Obr. 33: Připojení zdroje napájení do portu adaptéru ACM

Další krok je již čistě programového charakteru a v podstatě se neliší od stahování dat přes DLC. Kliknutím na ikonu nového souboru na panelu nástrojů je zahájen nový případ, přičemž je vybrána značka vozidla, ze kterého je prováděno vyčítání. V případě metody DTM již nelze automaticky vyhledat číslo VIN, je potřeba ho zadat ručně. Následně jsou vyplněny údaje o případu. Stahování dat je zahájeno kliknutím na ikonu airbagu, případně ikonu odpovídající momentálně vyčítanému modulu. Tentokrát jsou provedena celkem tři čtení a po dokončení tohoto procesu a uložení datového souboru je opět zobrazena zpráva, tedy CDR protokol, který lze dále exportovat.

3.2 Analýza výstupu CDR

Protokol CDR je tedy výstupní zprávou, která je automaticky generována programem po zakončení procesu vyčítání dat. Jak již bylo zmíněno, dokument bývá převeden do formátu .pdf, je však důležité podotknout, že takto exportovanou zprávu již není možné později

otevřít aktualizovanou verzí programu CDR. [27] Obsahově je protokol poměrně nestálý, některé zprávy mohou být kratší (cca 4 strany), ale setkáváme se i s rozsáhlými dokumenty o 50 stranách. Podkapitola řeší jednak ukázku analýzy vybraného protokolu CDR, a jednak představuje několik příkladů reálných nehod, kde by data EDR byla v rámci rozboru nehody velmi cenným prostředkem.

3.2.1 Rozbor vybraného CDR protokolu

V září 2019 byla v rámci projektu VIMOT 4U provedena řada nárazových zkoušek, jejichž pozornost byla věnována především nehodovým datům EDR, jejich získání a analýze. Jako ukázkový protokol je vybrána zpráva vyčtená z vozidla Toyota Auris (2013), které je podporováno systémem CDR. Vycházíme z předpokladu, že máme k dispozici pouze vyčtený protokol, na jehož základě je zjišťován průběh dynamiky nehodového děje.

Řešený CDR protokol je 37-stránkovým dokumentem a obsahuje veškeré informace, které je možno číst z vozidel Toyota Auris modelového roku 2013 a novějších. První strana protokolu obsahuje informace o souboru CDR, uživateli a dodatečné komentáře. Zásadní je informace o typu modulu, ze kterého byla data čtena (ACM) a dále také počtu a charakteru událostí, které jsou v protokolu zobrazeny, v našem případě se jedná o dvě události předního/zadního nárazu a dvě události nárazu bočního (Obr. 34). Data byla čtena dne 24. září 2019 verzí programu CDR 19.0 a nebyly zadány žádné další komentáře.

CDR File Information

User Entered VIN/Frame Number	SB1ZE3JE90E042629
User	FD
Case Number	
EDR Data Imaging Date	09.24.2019
Crash Date	
Filename	SB1ZE3JE90E042629_ACM_AURIS_PO CRASHCHODEC.CDRX
Saved on	úterý, září 24 2019 at 15:42:49
Imaged with CDR version	Crash Data Retrieval Tool 19.0
Imaged with Software Licensed to (Company Name)	Czech Technical University in Prague, Faculty of Transportation Sciences
Reported with CDR version	Crash Data Retrieval Tool 19.0
Reported with Software Licensed to (Company Name)	Czech Technical University in Prague, Faculty of Transportation Sciences
EDR Device Type	Airbag Control Module
Event(s) recovered	Front/Rear (2), Side (2)

Comments

No comments entered.

Obr. 34: Informace o souboru CDR a komentáře

Datová omezení, která souvisí především s charakterem konkrétního vyčítaného modulu, obsahují obecné informace o záznamu. Data jsou zaznamenávána v diskrétní podobě,

nicméně z důvodů různých obnovovacích frekvencí v elektronice vozidla nemusí být získaná data navzájem synchronní. Další problém může nastat v případě, kdy dojde k výpadku napájení ACM v průběhu události, data tak nemusí být vůbec zaznamenána nebo nemusí být kompletní. V neposlední řadě je doporučeno používat data z ACM ve spojení s dalšími fyzickými důkazy získanými z vozidla a jiných okolních zdrojů. Protokol zároveň obsahuje informaci o tom, že ACM vozidel Toyota mimo zákonem definované minimum přidává i další parametry. Jednotlivé parametry jsou rozděleny do několika sad (pro model Auris 2013+ kategorie 12EDR/13EDR – konkrétní data lze nalézt v okně nápovědy). ACM zaznamenává data přednehodová a nehodová pro následující typy událostí: čelní náraz, zadní náraz, boční náraz a převrácení. Zaznamenaná data obsahují korelační informace z vzájemně předcházejících událostí, ty objasňují sekvenci jednotlivých nehodových dějů. Zároveň je definována prahová hodnota pro zahájení záznamu (čas nula) – v případě čelní a zadní srážky se jedná o hodnotu podélné delty-V[2] vyšší než 0,8 km/h (0,5 mph), přičemž doba záznamu může v závislosti na délce trvání překročení mezní hodnoty dosáhnout až 250 ms. V případě bočního nárazu nebo převrácení je za čas nula považován okamžik, který je stanoven jako spouštěcí.

Důležitým prvkem v bloku datových omezení je tabulka znaménkové konvence datových prvků (Obr. 35), která poskytuje informace o použití kladného znaménka pro konkrétní směr, vztahuje se na datové prvky, které mohou být obsaženy v tomto protokolu.

Data Element Name	Positive Sign Notation Indicates
Maximum Delta-V, Longitudinal	Forward
Delta-V, Longitudinal	Forward
Maximum Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 1	Left to Right
Maximum Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 2	Left to Right
Maximum Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 3	Left to Right
Maximum Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 4	Left to Right
Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 1	Left to Right
Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 2	Left to Right
Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 3	Left to Right
Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 4	Left to Right
Roll Angle Peak	Clockwise Rotation
Roll Angle at the Time of TRG	Clockwise Rotation
Roll Rate	Clockwise Rotation
Lateral Acceleration , Airbag ECU Sensor *	Left to Right
Longitudinal Acceleration , VSC Sensor	Forward
Yaw Rate	Left Turn
Steering Input	Left Turn

* For sensing a rollover

Obr. 35: Tabulka znaménkové konvence

Blok datových omezení na závěr obsahuje definice některých datových prvků, jejich limitní hodnoty a rozlišení (nejdůležitější poznatky jsou shrnuty v Tab. 3). Např. „Recording Status“

[2] podélná delta-V = kumulativní změna rychlosti zaznamenaná EDR podél podélné osy vozidla [36]

označuje jako stav, při kterém byla všechna zaznamenaná data událostí zapsána do energeticky nezávislé paměti, nebo stav, při kterém byl tento proces přerušen a nebyl zapsán jako úplný. V takovém případě je „Recording Status“ označen jako „Incomplete“ (= neúplný) a data tak nemusí být platná. Co se týče zaznamenané rychlosti vozidla, ta může být ovlivněna různými faktory, mezi které patří např. výrazné změny poloměru valení pneumatiky, blokování a prokluz kol. Plynový pedál má dvě specifikace záznamu – jednak procento sešlápnutí plynového pedálu, které je udáváno v procentech od 0 do 100, a jednak výstupní napětí modulu plynového pedálu, které je zaznamenáno v rozmezí 0 – 5 V. Prvek „Cruise Control Status“, volně přeloženo jako stav tempomatu, udává, zda je tempomat aktivován, nebo ne. „OFF“ v tomto případě tedy může mít dvojí význam, tedy že systém buď není aktivován, nebo vozidlo není vybaveno tímto systémem.

Některé ze sledovaných parametrů, lze zmínit např. stav bezpečnostního pásu řidiče a spolujezdce, zapalovací cyklus a klasifikace velikosti cestujících, označují stav přibližně 1 sekundu před časem nula, a tedy neindikují stav v okamžiku srážky. Pro sledování hodnot postranní delty-V se nepoužívá senzor instalovaný v ACM, nýbrž senzor bočního airbagu (Side Satellite Sensor), který hodnotu delty-V vypočítá. „Time from Previous Pre-Crash TRG“, tedy čas od předchozí přednárazové spouště triggeru, označuje čas mezi jednotlivými počátky záznamu přednárazových dat ve spojitosti se dvěma po sobě jdoucími událostmi. Horní limit pro zaznamenanou hodnotu je 16 381 ms. „TRG Count“, neboli počet spuštění triggeru, označuje vypočítanou hodnotu počtu spuštěných událostí. Starší data jsou indikována nižší hodnotou „TRG Count“. Horní limit pro tento parametr je 65 533. V neposlední řadě lze zmínit i „Roll Angle at the Time of TRG“, tedy úhel náklonu v době spuštění triggeru, jehož hodnoty nepředstavují skutečný úhel náklonu vozidla, nýbrž jedná se o hodnoty, které interně používá ACM pro snímání převrácení.

Tab. 3: Limitní hodnoty a rozlišení datových prvků

Datový prvek	Spodní hranice	Horní hranice	Rozlišení
Otáčky motoru	-	12 800 ot/min	100 ot/min
Rychlost	-	200 km/h (125 mph)	1 km/h (0,6 mph)
Podélné zrychlení, snímač VSC[3]	- 8 973 m/s^2	8 973 m/s^2	-
Úhel natočení	- 375°	375°	3°

[3] VSC = Vehicle Stability Control, zkratka používaná Toyotou pro elektronický stabilizační systém, jinak známý pod zkratkou ESP

Obr. 36 prezentuje stavové informace systému v době načítání. Lze si povšimnout čísla jednotky ECU, tedy ACM 89170-02B90. Na základě takového označení lze v nápovědě programu CDR nalézt konkrétní EDR data, která lze číst z dané jednotky. Jedná se o sadu 12EDR, přičemž události mohou nad rámec povinných dat obsahovat následující:

- Přednehodová data (-5 – 0 sekund) – otáčky motoru (RPM), tlak brzdového oleje (MPa), podélné zrychlení dle snímače VSC (m/s^2), stáčivá rychlost (°/s), úhel natočení vozidla (°) a stav tempomatu;
- Přednehodová data (1 vzorek) – stav záznamu, stav bezpečnostního pásu spolujezdce vpředu, klasifikace velikosti cestujících;
- Nehodová data – postranní delta-V, maximální postranní delta-V , čas od nuly do TRG, umístění senzorů bočních airbagů apod.

Dále je zřejmé, že byly zaznamenány dvě (nebo více) události v krátkém časovém odstupu, a to 0,131 s mezi poslední a předcházející událostí. V době zobrazení dat nebyly k dispozici žádné diagnostické datové kódy.

System Status at Time of Retrieval

ECU Part Number	89170-02B90
EDR Generation	12EDR
Complete File Recorded	Yes
Freeze Signal	ON
Freeze Signal Factor	Front Airbag Deployment
Diagnostic Trouble Codes Exist	No
Ignition Cycle ,Download (times)	9647
Multi-event, number of events (times)	2 or greater
Time from event 1 to 2 (s)	0.131
Time from Previous Pre Crash TRG (msec)	16381 or greater
Latest Pre-Crash Page	0
Contains Unlinked Pre-Crash Data	No

Obr. 36: Stav systému v době čtení dat

Získaný protokol obsahuje záznam o čtyřech událostech – poslední zaznamenaná (Most Recent Event) – TRG 10; 1. předchozí (1st Prior Event) – TRG 9; 2. předchozí (2nd Prior Event) – TRG 8 a 3. předchozí (3rd Prior Event) – TRG 7; mezi jednotlivými událostmi byl určitý časový odstup (Obr. 37), mezi událostmi TRG 10 a TRG 9 již zmíněných 131 ms, mezi TRG 9 a TRG 8 mezera 127 ms a v posledním případě, tedy TRG 8 a TRG 7 se jedná o neznámý interval, neboť bylo dosaženo horního limitu parametru. Na základě zjištěných intervalů mezi jednotlivými událostmi lze odvodit, že poslední a dvě přecházející byly zaznamenány při téže nehodě. Toto tvrzení lze ověřit i z dostupných dat o počtu sepnutí zapalování. Tab. 4 shrnuje zaznamenané hodnoty pro každou událost. Nepřerušená

posloupnost událostí TRG (7, 8, 9, 10) značí, že zde neexistuje událost, která by byla přepsána.

Tab. 4: Zapalovací cyklus v závislosti na konkrétní události

Událost	Zapalovací cyklus (Ignition Cycle)
Stahování dat (Time of Retrieval)	9647
Poslední zaznamenaná (Most Recent Event)	9646
1. předchozí (1st Prior Event)	9646
2. předchozí (2nd Prior Event)	9646
3. předchozí (3rd Prior Event)	9636

Event Record Summary at Retrieval

Events Recorded	TRG Count	Crash Type	Time (msec)	Pre-Crash & DTC Data Recording Status	Event & Crash Pulse Data Recording Status
Most Recent Event	10	Side Crash	0	Complete (Page 0)	Complete (Side Page 1)
1st Prior Event	9	Front/Rear Crash	-131	Complete (Page 0)	Complete (Front/Rear Page 1)
2nd Prior Event	8	Side Crash	-127	Complete (Page 0)	Complete (Side Page 0)
3rd Prior Event	7	Front/Rear Crash	-16381 or greater	Complete (Page 1)	Complete (Front/Rear Page 0)

Obr. 37: Shrnutí záznamu událostí

Stavové informace o systému v průběhu nehody pro poslední zaznamenanou událost TRG 10 (Obr. 38) udávají mimo jiné i typ nárazu, který byl registrován, tedy boční náraz s předcházejícím předním/zadním nárazem. Při této události nebyl aktivován airbag.

System Status at Event (Most Recent Event, TRG 10)

Recording Status, Side Crash Info.	Complete
Crash Type	Side Crash
TRG Count (times)	10
Previous Crash Type	Front/Rear Crash
Time from Pre-Crash TRG (msec)	127
Linked Pre-Crash Page	0
Side Airbag Deployment, Time to Deploy (If Equipped) (msec)	No
Side Curtain Airbag Deployment, Time to Deploy (If Equipped) (msec)	No
Pretensioner Deployment, Time to Fire (msec)	No
Rear Window Airbag Deployment, Time to Deploy (msec)	SNA

Obr. 38: Stav systému v průběhu nehody, TRG 10

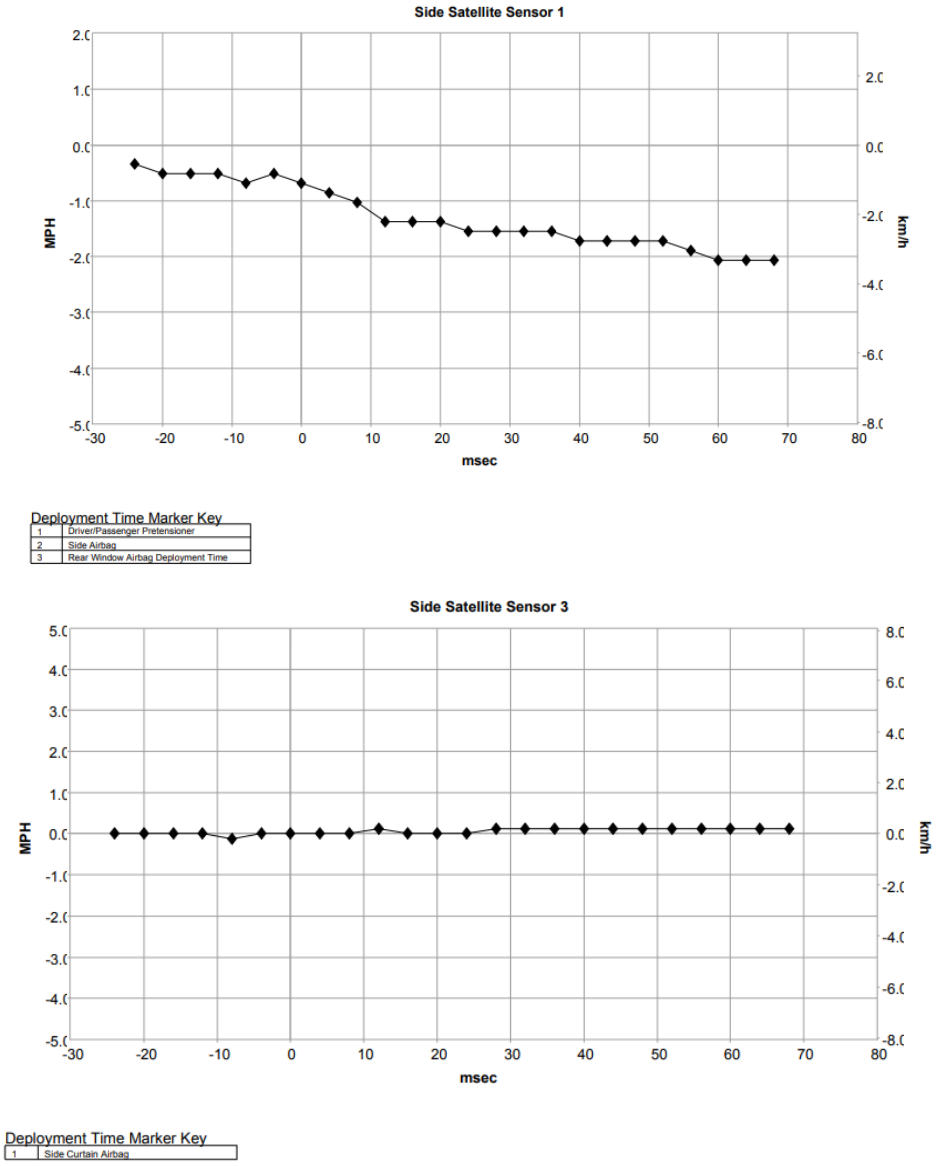
Následující část protokolu (Obr. 39) představuje informace o bočním nárazovém impulzu pro danou událost, tabulka obsahuje umístění senzorů bočních airbagů (senzor 1 na B-sloupku, senzor 3 na C-sloupku) a maximální hodnoty postranní delty-V. Ty dosahují maxima -2,1 MPH (-3,3 km/h) na B-sloupku a 0,1 MPH (0,2 km/h) na C-sloupku.

Lateral Crash Pulse (Most Recent Event, TRG 10 - table 1 of 2)

Recording Status, Time Series Data	Complete
Recorded Side	Left Side
Time from TRG to Next Sample (msec)	0
Location of Side Satellite Sensor 1	B-Pillar
Location of Side Satellite Sensor 2	Not Equipped
Location of Side Satellite Sensor 3	C-Pillar
Location of Side Satellite Sensor 4	Not Equipped
Maximum Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 1 (MPH [km/h])	-2.1 [-3.3]
Maximum Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 2 (MPH [km/h])	N/A
Maximum Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 3 (MPH [km/h])	0.1 [0.2]
Maximum Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 4 (MPH [km/h])	N/A

Obr. 39: Boční nárazový impulz, TRG 10

Obr. 40 interpretuje data z tabulky (Obr. 41) v grafické podobě. U případu C-sloupku si lze povšimnout mírnějšího průběhu kumulativní změny rychlosti zaznamenané EDR podél boční osy vozidla.



Obr. 40: Průběh postranní delty-V, B-sloupek (nahoře), C-sloupek (dole), TRG 10

Následující tabulka představuje boční nárazový impulz v časovém intervalu 24 ms před událostí do doby 68 ms po události. Vesměs se jedná o tabulkové znázornění výše popsaného. Na B-sloupku bylo maximálních hodnot změny rychlosti dosaženo v čase 60 ms po čase nula, na C-sloupku v čase 8 ms před časem nula. Častým úkazem v protokolu bývá i zkratka „SNA“ (signal not available), která v tomto případě značí nedostupnost signálu ze senzorů 2 a 4. Vysvětlením této skutečnosti je prostý fakt, že vozidlo není těmito senzory vybaveno.

Lateral Crash Pulse (Most Recent Event, TRG 10 - table 2 of 2)

Time (msec)	Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 1 (MPH [km/h])	Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 2 (MPH [km/h])	Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 3 (MPH [km/h])	Delta-V Lateral, Side Satellite Sensor 4 (MPH [km/h])
-24	-0.3 [-0.6]	SNA [SNA]	0.0 [0.0]	SNA [SNA]
-20	-0.5 [-0.8]	SNA [SNA]	0.0 [0.0]	SNA [SNA]
-16	-0.5 [-0.8]	SNA [SNA]	0.0 [0.0]	SNA [SNA]
-12	-0.5 [-0.8]	SNA [SNA]	0.0 [0.0]	SNA [SNA]
-8	-0.7 [-1.1]	SNA [SNA]	-0.1 [-0.2]	SNA [SNA]
-4	-0.5 [-0.8]	SNA [SNA]	0.0 [0.0]	SNA [SNA]
0	-0.7 [-1.1]	SNA [SNA]	0.0 [0.0]	SNA [SNA]
4	-0.9 [-1.4]	SNA [SNA]	0.0 [0.0]	SNA [SNA]
8	-1.0 [-1.7]	SNA [SNA]	0.0 [0.0]	SNA [SNA]
12	-1.4 [-2.2]	SNA [SNA]	0.1 [0.2]	SNA [SNA]
16	-1.4 [-2.2]	SNA [SNA]	0.0 [0.0]	SNA [SNA]
20	-1.4 [-2.2]	SNA [SNA]	0.0 [0.0]	SNA [SNA]
24	-1.5 [-2.5]	SNA [SNA]	0.0 [0.0]	SNA [SNA]
28	-1.5 [-2.5]	SNA [SNA]	0.1 [0.2]	SNA [SNA]
32	-1.5 [-2.5]	SNA [SNA]	0.1 [0.2]	SNA [SNA]
36	-1.5 [-2.5]	SNA [SNA]	0.1 [0.2]	SNA [SNA]
40	-1.7 [-2.8]	SNA [SNA]	0.1 [0.2]	SNA [SNA]
44	-1.7 [-2.8]	SNA [SNA]	0.1 [0.2]	SNA [SNA]
48	-1.7 [-2.8]	SNA [SNA]	0.1 [0.2]	SNA [SNA]
52	-1.7 [-2.8]	SNA [SNA]	0.1 [0.2]	SNA [SNA]
56	-1.9 [-3.0]	SNA [SNA]	0.1 [0.2]	SNA [SNA]
60	-2.1 [-3.3]	SNA [SNA]	0.1 [0.2]	SNA [SNA]
64	-2.1 [-3.3]	SNA [SNA]	0.1 [0.2]	SNA [SNA]
68	-2.1 [-3.3]	SNA [SNA]	0.1 [0.2]	SNA [SNA]

Obr. 41: Boční nárazový impulz, TRG 10 – tabulková interpretace

Parametry přednárazových dat, např. stav bezpečnostního pásu řidiče a spolujezdce sedícího vpředu, klasifikace velikosti spolujezdce sedícího vpředu, v převážné většině vykazují hodnotu SNA (Obr. 42). S největší pravděpodobností je toto způsobeno tím, že vozidlo bylo v rámci projektu zapojeno do řady nárazových testů, při kterých došlo k aktivaci airbagů a také poškození některých vozidlových systémů.

Pre-Crash Data, 1 Sample (Most Recent Event, TRG 10)

Recording Status, Pre-Crash/Occupant	Complete
Time from Pre-Crash to TRG (msec)	150
Safety Belt Status, Driver	SNA
Safety Belt Status, Front Passenger	SNA
Occupant Size Classification, Front Passenger	SNA
Frontal Airbag Suppression Switch Status, Front Passenger	OFF (enable)
RSCA Disable Switch	SNA
Seat Track Position Switch, Foremost, Status, Driver	SNA
Airbag Warning Lamp, On/Off	OFF
Ignition Cycle ,Crash (times)	9646

Obr. 42: Přednárazová data, 1 vzorek, TRG 10

Následující tabulka (Obr. 43) představuje veškeré zaznamenané parametry v rámci události TRG 10 v časovém intervalu -5 – 0 s, a tedy popisuje předstřetový děj s četností dvou záznamů za sekundu. Lze pozorovat průběh rychlosti (Vehicle Speed), která se z původní hodnoty 62,1 MPH (100 km/h) neustále zvyšovala až na maximální hodnotu 73,7 MPH (118 km/h) v čase -0,15 s před nárazem. Nárazová rychlost pak byla 72,7 MPH (117 km/h). Zvyšující se hodnoty rychlosti korespondují jak se stavem plynového pedálu (Accelerator Pedal), který byl po celou dobu stlačen na 100 % (v čase nárazu 0 %), tak s otáčkami motoru (Engine RPM), přičemž kontinuálně zvyšující se hodnota vystoupala až na 6 100 RPM, opět v čase nárazu. Provozní brzda (Service Brake) byla po celou dobu průběhu děje vypnuta, stejně tak i tempomat (Cruise Control Status), ač v jeho případě může „OFF“ značit i nepřítomnost systému ve vozidle. Podélné zrychlení dle senzoru VSC (Longitudinal Acceleration, VSC Sensor) vykazuje kolísavé hodnoty, které jsou v čase nula záporné z důvodu snížení rychlosti. Podélné zpomalení je v tento okamžik rovno hodnotě 1,22 m/s^2. Mezi další zaznamenané parametry patří stáčivá rychlost (Yaw Rate) a úhel natočení vozidla (Steering Input). Jak vyplývá z tabulky znaménkové konvence, kladný směr se vztahuje k levému odbočení. V našem případě však nejsou zaznamenány výrazné odchylky od přímého směru. Maxima úhlu natočení vozidla 6 ° je dosaženo v čase -0,65 s před nárazem.

Pre-Crash Data, -5 to 0 seconds (Most Recent Event, TRG 10)

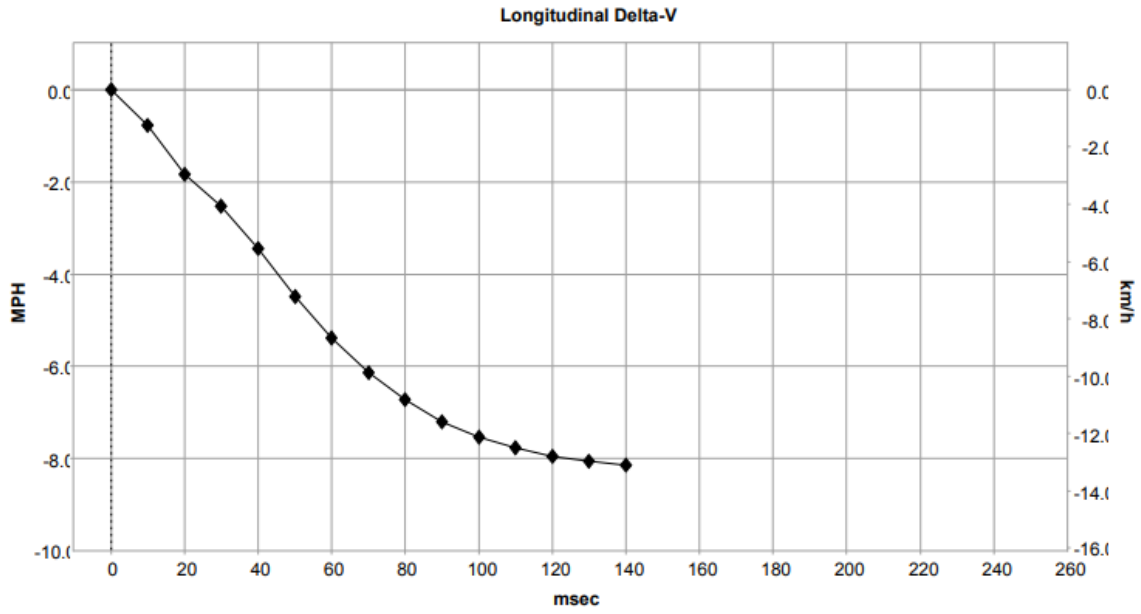
Time (sec)	-4.65	-4.15	-3.65	-3.15	-2.65	-2.15	-1.65	-1.15	-0.65	-0.15	0 (TRG)
Vehicle Speed (MPH [km/h])	62.1 [100]	63.4 [102]	64.6 [104]	65.9 [106]	67.1 [108]	69 [111]	70.2 [113]	70.8 [114]	72.1 [116]	73.3 [118]	72.7 [117]
Accelerator Pedal, % Full (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0
Percentage of Engine Throttle (%)	99.5	99.5	99.5	100.0	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5	99.5	99.0
Engine RPM (RPM)	4,800	4,900	5,000	5,200	5,300	5,300	5,400	5,500	5,600	5,700	6,100
Motor RPM (RPM)	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid
Service Brake, ON/OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
Brake Oil Pressure (Mpa)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Longitudinal Acceleration , VSC Sensor (m/sec^2)	1.077	1.220	1.005	1.364	0.574	1.220	1.292	0.144	1.220	0.933	-1.220
Yaw Rate (deg/sec)	-0.98	0.00	0.49	0.49	2.44	-1.95	0.00	0.49	0.49	0.00	-0.49
Steering Input (degrees)	0	0	0	0	3	-3	3	0	6	0	0
Shift Position	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined
Sequential Shift Range	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined
Cruise Control Status	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
Drive Mode, PWR	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid
Drive Mode, ECO	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid
Drive Mode, Sport	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid
Drive Mode, Snow	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid
Drive Mode, EV	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid
Fuel Injection Quantity (mm3/st)	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid

Obr. 43: Přednárazová data v intervalu -5 až 0 s, TRG 10

Protokol dále obsahuje průběhy dalších dvou událostí TRG 9 a TRG 8, které jsou podobného charakteru jako výše popsaná TRG 10, což je příznačné vzhledem k tomu, že se jedná o jeden nehodový děj. Zajímavé výsledky lze spatřit v případě události TRG 7, která se odehrála dříve než všechny zmíněné. TRG 7 je charakterizována jako přední/zadní náraz, při které hodnoty podélné změny rychlosti dosahují maxima -8,2 MPH (-13,1 km/h) v okamžiku 141 ms po čase nula. Následující obrázek graficky prezentuje průběh podélné delty-V.

Longitudinal Crash Pulse (3rd Prior Event, TRG 7 - table 1 of 2)

Recording Status, Time Series Data	Complete
Time from Time Zero to TRG (msec)	52
Length of Delta-V (msec)	140
Max. Longitudinal Delta-V (MPH [km/h])	-8.2 [-13.1]
Time, Maximum Delta-V, Longitudinal (msec)	141
Power Supply Status at Max. Delta-V	ON



Deployment Time Marker Key

1	Driver Airbag Deployment Time
2	Passenger Airbag Deployment Time
3	Driver/Passenger Pretensioner
4	Driver 2nd Stage Airbag Deployment Time
5	Passenger 2nd Stage Airbag Deployment
6	Driver/Passenger AHR
7	Driver/Passenger CSA
8	Rear Window Airbag Deployment Time

Obr. 44: Průběh podélné delty-V, TRG 7

Stejně tak jako v předchozím případě, i zde jsou data interpretována v textové, respektive tabulkové podobě, kdy je ke každému časovému kroku (zde po 10 ms) přiřazena hodnota podélného zrychlení, zde zpomalení (Obr. 45).

Longitudinal Crash Pulse (3rd Prior Event, TRG 7 - table 2 of 2)

Time (msec)	Longitudinal Delta-V (MPH [km/h])	Power Supply Status
0	0.0 [0.0]	ON
10	-0.8 [-1.2]	ON
20	-1.8 [-3.0]	ON
30	-2.5 [-4.1]	ON
40	-3.4 [-5.6]	ON
50	-4.5 [-7.2]	ON
60	-5.4 [-8.7]	ON
70	-6.1 [-9.9]	ON
80	-6.7 [-10.8]	ON
90	-7.2 [-11.6]	ON
100	-7.5 [-12.1]	ON
110	-7.8 [-12.5]	ON
120	-7.9 [-12.8]	ON
130	-8.1 [-13.0]	ON
140	-8.1 [-13.1]	ON
150	-6.9 [-11.0]	ON
160	-7.1 [-11.5]	ON
170	-7.5 [-12.1]	ON
180	-6.9 [-11.1]	ON
190	-7.3 [-11.8]	ON
200	-8.1 [-13.0]	ON
210	-8.2 [-13.2]	ON
220	-8.4 [-13.4]	ON
230	-8.7 [-14.0]	ON
240	-9.2 [-14.8]	ON
250	-9.4 [-15.2]	ON

Obr. 45: Průběh podélné delty-V, TRG 7 – tabulková interpretace

Pre-Crash Data, -5 to 0 seconds (3rd Prior Event, TRG 7)

Time (sec)	-4.7	-4.2	-3.7	-3.2	-2.7	-2.2	-1.7	-1.2	-0.7	-0.2	0 (TRG)
Vehicle Speed (MPH [km/h])	21.7 [35]	22.4 [36]	22.4 [36]	22.4 [36]	22.4 [36]	21.7 [35]	18.6 [30]	16.2 [26]	16.2 [26]	15.5 [25]	14.3 [23]
Accelerator Pedal, % Full (%)	24.0	16.0	19.5	16.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Percentage of Engine Throttle (%)	10.5	4.5	5.5	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0
Engine RPM (RPM)	4,800	4,700	4,800	4,800	4,700	4,600	4,000	3,200	2,600	2,500	2,500
Motor RPM (RPM)	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid
Service Brake, ON/OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	ON
Brake Oil Pressure (Mpa)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.26	0.62	0.00	2.21	5.62
Longitudinal Acceleration , VSC Sensor (m/sec^2)	1.507	0.144	0.000	0.000	-0.144	-0.718	-5.168	-1.292	-0.574	-0.287	Invalid
Yaw Rate (deg/sec)	0.00	0.00	-0.49	-0.98	-0.98	-0.98	1.46	12.69	20.98	12.69	13.66
Steering Input (degrees)	0	0	-3	-3	-3	-6	12	75	105	69	66
Shift Position	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined
Sequential Shift Range	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined	Undetermined
Cruise Control Status	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
Drive Mode, PWR	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid
Drive Mode, ECO	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid
Drive Mode, Sport	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid
Drive Mode, Snow	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid
Drive Mode, EV	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid
Fuel Injection Quantity (mm3/st)	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid

Obr. 46: Přednárazová data v intervalu -5 až 0 s, TRG 10

Ještě zajímavější informace přináší blok přednárazových dat v intervalu -5 až 0 s pro událost TRG 7 (Obr. 46). Vozidlo se původně pohybovalo rychlostí 22,4 MPH (36 km/h), ta se v čase -2,7 s před nárazem začala snižovat až na nárazovou rychlost 14,3 MPH (23 km/h). Pedál plynu byl až do času -3,2 s stlačován, nejednalo se však o intenzivní akceleraci jako u předchozí analyzované události, nejvyšší hodnota tohoto parametru dosahuje v čase -4,7 s 24 %. Dále byla zaznamenána činnost provozní brzdy v čase -1,7 s před nárazem a v okamžiku nárazu. U prvního záznamu činnosti je zároveň registrována nejvyšší hodnota podélného zpomalení dle VSC snímače 5,168 m/s^2. O průběhu nehodového děje své vypovídají i parametry stáčivá rychlost a úhel natočení vozidla. Řidič vozidla přibližně sekundu před nárazem prudce stočil volant vlevo ve směru jízdy.

Zpráva CDR na závěr obsahuje oddíl hexadecimálních dat. Ta mohou obsahovat další informace, které však nejsou přeloženy programem CDR.

3.2.2 Teoretické využití výstupů v rámci dopravních nehod

Pro řadu silničních nehod lze do určité míry průběh nehodového děje popsat na základě technické analýzy s využitím dostupných podkladů, nicméně ne vždy je toto pravidlem. Mnohdy mohou být nejednoznačné a nelze zcela objektivně určit některé z řešených parametrů dané nehody. V rámci následujících několika příkladů je vždy představena situace, tedy reálná dopravní nehoda, při které by data EDR mohla významně přispět (nebo přispěla) jako podpůrný podklad pro potvrzení některých skutečností. Zároveň je popsán i způsob, jakým by výstup mohl usnadnit řešení detailního průběhu děje.

3.2.2.1 Střet osobních automobilů a nákladní soupravy – Sosnová

Prvním příkladem dopravní nehody, při které by data mohla výrazně přispět k analýze nehodového děje, je nehoda dvou osobních a nákladního automobilu. Jedná se o nehodu, ke které došlo na silnici I/9 nedaleko obce Česká Lípa.

K nehodě došlo dne 3. 7. 2015 v čase 11:45 na silnici I. třídy (č. 9) v katastru obce Sosnová, konkrétně v místě průsečné křižovatky s komunikací vedoucí k místní části Ramš. Přednost v jízdě na této poměrně velkoryse, avšak přehledně řešené křižovatce, je dána dopravním významem komunikací, a tedy hlavní silnice I/9 je v obou směrech označena svislým dopravním značením P1 s dodatkovou tabulkou tvaru křižovatky (E2a), obě připojené komunikace vedlejší pak též svislým dopravním značením, zde však P4. Vodorovné značení

na hlavní komunikaci vymezuje šířkové uspořádání jízdních pruhů, které činí 3,45 m pro každý pruh, krajnice po obou stranách 0,5 m.

Dle protokolu o nehodě v silničním provozu zahrnuje dopravní nehoda celkem tři vozidla, osobní automobil Honda Civic 3D EP13 (dále jen „OA Honda“), který se při výjezdu z vedlejší komunikace na hlavní střetl s osobním automobilem Volvo XC70 D5 AWD („OA Volvo“), kdy dále následoval čelní střet tohoto vozu s protijedoucí nákladní soupravou Mercedes Actross 1841 L/NRAS s přívěsem Lohr Eurolohr C2 (dále jen „JS Mercedes“). Při této nehodě řidič OA Volvo utrpěl zranění, kterým na místě podlehl. Následující obrázky ilustrují poškození automobilů.

Obr. 47: Poškození OA Honda

Obr. 48: Poškození OA Volvo

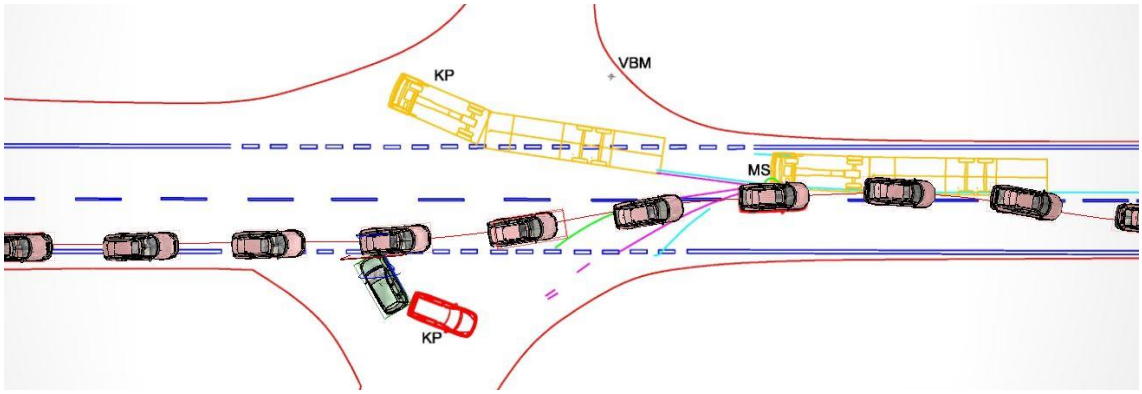
Obr. 49: Poškození JS Mercedes

Jednotlivé výpovědi zúčastněných aktérů se v určitých bodech shodují. Řidič OA Honda uvedl, že při vjezdu do křižovatky z vedlejší silnice od obce Zahrádky s úmyslem odbočení vlevo na Českou Lípu najel takovým způsobem, aby viděl vozidla jedoucí po hlavní komunikaci. Zastavil před přerušovanou čarou, rozhlédl se a náhle zleva projel vyšší rychlostí OA Volvo, který škrtl OA Honda o nárazník vpředu. Po tomto incidentu OA Volvo vjel do protisměru a narazil tak do protijedoucího kamionu, řidič OA Honda přejel na druhou stranu, kde zastavil na pravé straně při hlavní komunikaci. Řidič JS Mercedes v Úředním záznamu o podaném vysvětlení uvedl, že jel z Dobrovic na Českou Lípu. Nedaleko od obce Česká Lípa zaregistroval OA Volvo, jak vjel do protisměru, nevěděl však, jaký byl důvod tohoto manévru. Ve snaze vyhnout se kolizi strhl volant doprava při současném brzdění, v tomto okamžiku došlo ke srážce. Účastník se domnívá, že před OA Volvo projelo jiné vozidlo. Zároveň si nevybavuje přítomnost OA Honda. Dle výpovědi nebyl zmíněný náraz čelní, nýbrž částečně boční na levý bok OA Volvo a levý předek JS Mercedes.

Dle revizního znaleckého posudku byla v době nehody ideální viditelnost a z hlediska prostorového uspořádání křižovatky dobré rozhledové podmínky, kdy řidič OA Honda měl vlevo rozhled minimálně na 140 m hlavní silnice. Na základě dostupných informací, tedy konečných poloh vozidel, prostorového uspořádání křižovatky a dalších zdokumentovaných údajů bylo možno odvodit jednotlivé parametry dané nehody, například střetovou rychlost. Ta byla pro nákladní automobil v rozsahu 70 – 80 km/h (vozidlo vybaveno tachografem), dle deformací a postřetového pohybu OA Volvo pak pro toto vozidlo odpovídala střetová

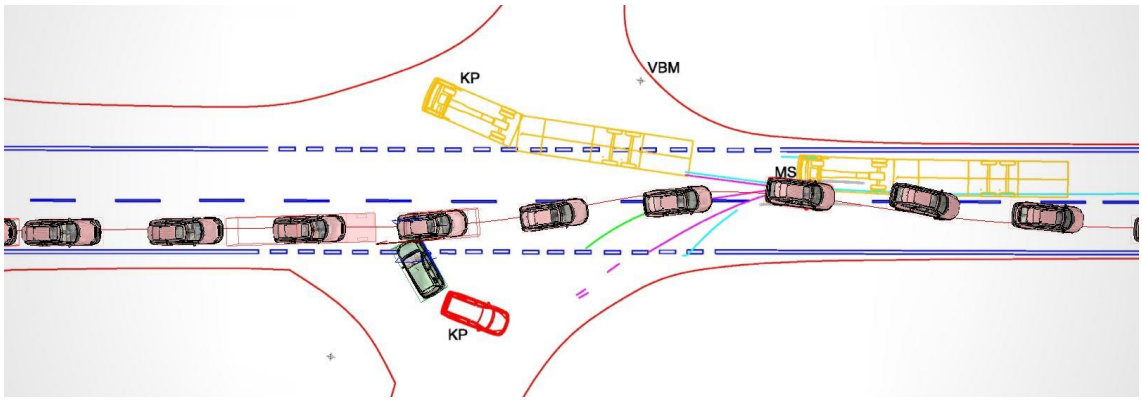
rychlost rozsahu 60 – 80 km/h. Dále bylo možné z polohy poškození přední části OA Honda určit přibližné natočení tohoto vozidla vůči boku OA Volvo, které bylo kolem 64 °. Jeden ze znaleckých posudků, které byly k dispozici, uvádí skutečnost, že nic nenasvědčuje tomu, že by OA Volvo před samotným místem střetu jel krajnicí při svém původním jízdním pruhu, a tedy existuje možnost, že OA Honda zastavil v prostoru jízdního koridoru OA Volvo.

V rámci revizního posudku byly vytvořeny dva scénáře možného průběhu celého nehodového děje a konfigurace střetu, neboť na základě dostupných podkladů nelze zcela s jistotou určit průběh primárního střetu OA Honda a OA Volvo. Vyvstává totiž otázka, zda OA Honda vjel do jízdního koridoru OA Volvo, či nikoliv. Varianta A pracuje s myšlenkou, že OA Honda nepřekročil podélnou čáru přerušovanou a tím nezasáhl do jízdního pruhu OA Volvo. V takovém případě by se dle simulace jízdy OA Volvo musel pohybovat natolik blízko hraně asfaltu, resp. po nezpevněné krajnici, aby zde byla reálná možnost střetu s OA Honda. Takový průběh by byl technicky možný, nebyla však zjištěna žádná stopa, která by potvrdila vyjetí OA z jízdního pruhu, jak již bylo zmíněno výše. Obr. 50 představuje průběh simulace této varianty.



Obr. 50: Průběh simulace varianty A

Varianta B na rozdíl od předchozí uvažuje jako teoretické místo střetu oblast jízdního pruhu OA Volvo. V tomto případě by manévr OA Volvo byl v příčinné souvislosti se snahou vyhnout se OA Honda, který z vedlejší komunikace vjel do jízdního pruhu a způsobil tak náhlou překážku v jízdě vozidla na hlavní komunikaci. Vzhledem k tomu, že není známa konečná poloha OA Honda, který bezprostředně po primárním nárazu odjel na protější stranu komunikace, nelze ani tuto skutečnost technicky prokázat. Dle zjištěných poškození však lze konstatovat, že se OA Honda při střetu buď stál, nebo dobrzďoval, resp. se pohyboval nízkou rychlostí do 7 km/h.



Obr. 51: Průběh simulace varianty B

Pro danou nehodu tedy stále zůstává nezodpovězenou otázkou primární střet vozidel Volvo a Honda, neboť na základě dostupných podkladů existuje více technicky přijatelných variant možného průběhu předstřetového a střetového děje. Zde již přichází na řadu možnost aplikace nehodových dat EDR jako doplňkového vstupu. V tomto případě je nutno podotknout, že se pohybujeme pouze v teoretické rovině, neboť v žádném ze zúčastněných vozidel není instalována funkce EDR. Dle prověrky VIN byla verifikována jednotlivá vozidla, daný OA Honda odpovídá modelovému roku 2003, přičemž Honda Civic má implementovanou funkci EDR až od modelového roku 2012 (pouze však pro vozidla severoamerického trhu). OA Volvo odpovídá modelovému roku 2004, EDR je zařazeno až u vozidel Volvo XC70 modelových let 2013 – 2016. Pokud by však obě vozidla měla funkci EDR a v důsledku nárazu by se uložila nehodová data (existuje určitá pravděpodobnost, že by se takto nestalo, neboť náraz nemusel být dostatečně silný pro spuštění záznamu), bylo by možné určit pohyb OA Honda, tedy zda se vozidlo při střetu vůbec pohybovalo, zda brzdilo, a to prostřednictvím parametrů nárazového impulzu. Zde by se jednalo především o prvky podélného zrychlení, delty-V, nárazové rychlosti, provozní brzdy apod. (tyto parametry jsou zahrnuty ve vozidlech Honda Civic modelového roku 2012). Uvažujeme-li, že by nastala již zmíněná situace, a nedošlo by tak k uložení nehodových dat v důsledku slabého nárazového impulzu, i tak by bylo možné získat odpověď pro určení přijatelnější varianty průběhu nehodového děje. V případě OA Volvo lze tvrdit, že byl sekundární náraz již dostatečně silný na to, aby spustil záznam. Došlo by tak nejen k uložení cenných nárazových dat, ale také údajů z intervalu 5 s před samotným nárazem. Na základě zjištěných informací by pak bylo možné stanovit úhel natočení vozidla, jenž by byl směrodatný pro určení pohybu OA Volvo, konkrétně zda se vyhýbal jen vlevo, nebo před

samotným nárazem vybočil vpravo mimo vozovku. Opět by pak bylo samozřejmostí stanovení hodnot rychlosti, zrychlení a stavu provozní brzdy.

3.2.2.2 Nehoda tří osobních automobilů – Častolovice

Druhým obdobným příkladem je dopravní nehoda tří osobních automobilů, ke které došlo v ranních hodinách dne 5. 1. 2015 na silnici první třídy č. I/11 u obce Častolovice, konkrétně pak u firmy Orsil ve směru od obce Častolovice k obci Čestice. Jedná se o silnici v extravilánu, kde je rychlostní limit stanoven na maximální rychlost 90 km/h. Na komunikaci se směrem z Častolovic vyskytuje stoupání v levotočivém oblouku na železniční a silniční nadjezd, před kterým je umístěno svislé dopravní značení na žlutém reflexním podkladu A24 „Náledí“, která upozorňuje na úsek se zvýšeným nebezpečím výskytu náledí na vozovce. Dále následuje klesání v oblouku pravotočivém. Co se týče šířkového uspořádání komunikace, jízdní pruh pro směr k obci Častolovice je 3,4 m široký, pro opačný směr jízdy pak 3,6 m. Krajnice při obou jízdních pruzích jsou široké 0,8 m. Viditelnost byla v době nehody zhoršena v důsledku sněžení.

Dle protokolu o nehodě v silničním provozu se děje účastnila tři vozidla, osobní automobil Fiat Punto 188BXA1A01 (dále jen „OA Punto“) jedoucí ve směru do obce Čestice, dále za tímto vozidlem jedoucí osobní automobil Škoda Fabia combi 6Y („OA Fabia“) a v opačném směru jízdy k obci Častolovice osobní automobil Škoda Felicia 1.3 LX TMBEEF613 („OA Felicia). K dopravní nehodě došlo v pravotočivém oblouku na konci silničního nadjezdu, kde řidička OA Punto dostala na namrzlé vozovce smyk a najela do protisměru. Zde došlo ke střetu s protijedoucím OA Felicia, přičemž bezprostředně poté následoval další střet OA Punto a OA Fabia v pravém jízdním pruhu, kam byl odmrštěn OA Punto. Při této nehodě utrpěli dva účastníci lehká zranění. Obr. 52, Obr. 53 a Obr. 54 zobrazují poškození vozidel.

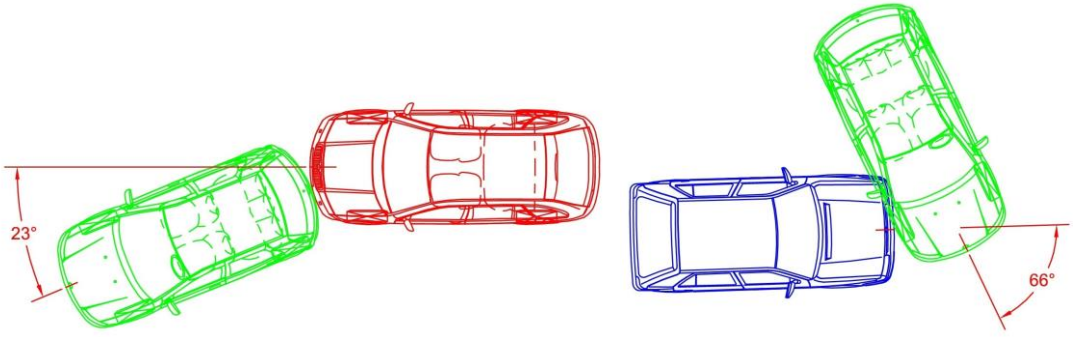
Obr. 52: Poškození OA Punto

Obr. 53: Poškození OA Felicia

Obr. 54: Poškození OA Fabia

K dispozici byly též výpovědi jednotlivých účastníků DN. Řidička OA Punto uvedla skutečnost, že při cestě od obce Častolovice k obci Čestice jela z klesání z viaduktu rychlostí kolem 30 – 40 km/h, zároveň si nevybavuje přítomnost žádného za ní jedoucího vozidla. V místě začátku klesání před sebou, konkrétně u odbočky k Orsilu, postřehla přibrzďující vozidlo, a tedy též začala brzdit. Vozidlo se dostalo do smyku, nicméně stále se zdržovalo v pravém jízdním pruhu a řidička volantem a přerušovaným brzděním srovnala smyk. Náhle ucítila náraz do zadní části vozidla, který způsobil stočení vozidla na pravou stranu a přejezd do protisměru, kde následoval náraz bokem do OA Felicia. OA Punto se přetočil proti směru jízdy. Řidič OA Fabia zaujímá odlišný názor k posloupnosti nárazů. V Úředním záznamu k předmětné nehodě uvedl, že při cestě na obec Čestice a přibližné rychlosti 50 km/h sjížděl z nadjezdu a vozidlo ve vzdálenosti asi 20 m před ním (OA Punto) začalo brzdit. Vtom OA Punto dostal smyk, stočil se zadní částí doleva, poté přetočil doprava a přední částí vjel do protisměru. Zde pak došlo ke střetu s protijedoucím vozidlem, tato událost vrátila OA Punto zpět do pravého jízdního pruhu, kde došlo ke střetu přední částí OA Fabia se zadní částí OA Punto. Poslední výpovědí bylo vyjádření řidičky OA Felicia, dle kterého najížděla na nadjezd rychlostí do 50 km/h, kdy na tomto místě z protisměru vyjel neovladatelný OA Punto a pravým bokem silně narazil do OA Felicia. Řidička si nevybavuje střet OA Punto a OA Fabia.

Po důkladné analýze deformací vozidel bylo možno nasimulovat konfiguraci střetu, úhel mezi osami OA Punto a OA Felicia vychází přibližně 66° a mezi podélnými osami OA Fabia a OA Punto pak kolem 23° (Obr. 55). V revizním posudku byla dále odhadnuta i odpovídající nárazová rychlost mezi OA Fabia a OA Punto cca 30 km/h a OA Punto a OA Felicia kolem 60 km/h.



Obr. 55: Konfigurace střetů – OA Punto (zelené), OA Fabia (červené), OA Felicia (modré)

Stejně jako u předchozí nehody i zde především z důvodu nedostatku stop přichází v úvahu dvě technicky přijatelné varianty průběhu nehodového děje, kde každá pracuje s jinou posloupností jednotlivých střetů. Varianta A se přiklání ke skutečnosti, že se OA Punto dostal do smyku a v momentě, kdy byl natočen zádí k pravému okraji vozovky, došlo ke střetu s OA Fabia. Při následném zesílení smykového pohybu OA Punto se toto vozidlo dostalo do jízdního pruhu přijíždějícího OA Felicia a zde pak došlo ke střetu. Varianta B se v zásadě liší zmíněným pořadím nárazů, kdy se dle této verze OA Punto dostal do smyku a následně do protisměrného pruhu, zde došlo ke střetu s OA Felicia. OA Punto byl odmrštěn zpět do původního jízdního pruhu a až poté došlo ke střetu s OA Fabia.

Zde se jeví jako zásadní otázka pořadí jednotlivých střetů. Vezmeme-li v úvahu možnost užití dat EDR jako objektivního podkladu pro analýzu předmětné nehody, lze tvrdit, že by na základě získaných dat bylo možné s jistotou určit posloupnost nárazů. To tedy opět pouze v případě, že by vozidla měla implementovanou funkci EDR. Ani jedno ze zúčastněných vozidel totiž není EDR podporováno, u vozů Škoda doposud u žádného modelu, Fiat pouze u malého vzorku modelů, kam konkrétně Punto též nepřísluší. Pokud by však teoreticky byla vozidla funkcí podporována, bylo by možno vyčíst přinejmenším soubor datových prvků požadovaných u vozidel touto funkcí vybavených. V takovém případě by eventuálně největší váhu měl blok datových prvků v intervalu -5 až 0 s. Pokud bychom měli k dispozici protokol OA Punto, byly by uloženy minimálně dvě události. Zde by ze záznamu událostí bylo možno konstatovat, zda byl první zaznamenán přední/zadní náraz, nebo boční (obdobně jako tomu bylo u vzorového příkladu z Obr. 37) a také určit čas od události 1 po událost 2. Na základě znalosti dat nárazového impulzu by bylo možno určit podélnou a boční deltu-V (kumulativní změnu rychlosti podél boční/podélné osy vozidla), jež by následně přiblížila průběh dále dopočteného zrychlení. Je vhodné zmínit, že typ nárazu by bylo možno určit i v případě absence záznamu událostí, tedy dle kladných (event. záporných) hodnot zrychlení a pořadí těchto hodnot v čase. Pokud by první zaznamenané hodnoty zrychlení vykazovaly kladných hodnot, znamenalo by to, že bylo vozidlo zasaženo zezadu. Mezi další parametry, které by usnadnily vyšetřování průběhu nehody, patří stáčivá rychlost a úhel natočení vozidla. Tyto by pomohly určit, jak probíhal smyk. Samozřejmě by bylo potřeba provést porovnání dat EDR obsažených v CDR protokolu se známými okolnostmi. Při této nehodě došlo k brzdění vozidla na zledovatělém povrchu, konkrétně tyto podmínky mohou způsobit nepřesný záznam parametru rychlosti, neboť některé snímače rychlosti měří rychlost kola, ne rychlost vozidla.

3.2.2.3 Střet dvou osobních a nákladního automobilu – Kunžak

Dalším zajímavým příkladem je nehoda ze dne 26. 10. 2019, ke které došlo v dopoledních hodinách na silnici č. II/151 za obcí Mosty ve směru na obec Valtínov v katastru obce Kunžak. Jedná se o úsek v intravilánu, který před místem střetu prochází nejprve levotočivou, pak opět levotočivou, mírnou pravotočivou zatáčkou a dále pokračuje v přímé. Přehlednost před přímým úsekem ztěžuje horizont stoupání. Co se prostorového uspořádání týče, dva protisměrné jízdní pruhy jsou odděleny vodorovným dopravním značením V 1a (podélná čára souvislá) a dále pak V 2a (podélná čára přerušovaná). Při každém pruhu je okraj vozovky označen dopravním značením V 4 (vodicí čára), přičemž šířka vozovky mezi těmito čarami činí 5,7 m. Zpevněné krajnice jsou široké 0,4 m levá a 0,3 m pravá. V době nehody bylo jasno, možnost oslnění sluncem je však vyloučeno.

Dopravní nehody se účastnily tři automobily, kdy všechny jely směrem z obce Mosty do obce Valtínov. Prvním v řadě byl osobní automobil Suzuki Swift 1.3 (dále jen „OA Swift“), Ford Mondeo („OA Mondeo“) a posledním pak nákladní automobil Ford Ranger („NA Ranger“). Nehodový děj lze popsat následovně: řidič OA Mondeo začal na přímém úseku předjíždět před ním jedoucí OA Swift, nesledoval však dostatečně stav provozu za svým vozidlem, neboť prováděl tento úkon ve chvíli, kdy sám byl předjížděn nákladním automobilem Ford Ranger. Ten se následně dostal do přetáčivého smyku a narazil do levého boku OA Mondeo, který v důsledku toho vyjel mimo komunikaci a narazil do stromu. Sekundárním nárazem NA Ranger byl střet s OA Swift, konkrétně s jeho zadní částí. OA Swift se převrátil přes střechu, též sjel z komunikace, zde spodní částí narazil na kmen stromu a pak došlo k dalšímu střetu s NA Ranger. Poškození vozidel jsou zřejmá z následujících obrázků.

Obr. 56: Poškození OA Mondeo

Obr. 57: Poškození NA Ranger

Obr. 58: Poškození OA Swift

Řidička OA Swift v Úředním záznamu o podaném vysvětlení uvedla skutečnost, že před obcí Valtínov jela rychlostí kolem 80 km/h. V těsné blízkosti za sebou viděla vozidlo stříbrné barvy značky Ford, v protisměru nejelo žádné auto. Přibližně v polovině přímého úseku spatřila oranžové terénní vozidlo, které dojelo svou přední částí přibližně do poloviny délky jejího vozu a bylo svou přídí natočeno k levé zadní části OA Swift. Dále ucítila silný náraz, který způsobil odmrštění OA Swift mimo komunikaci a několikanásobné otočení přes střechu. Řidička se domnívá, že stříbrné vozidlo ji patrně začalo předjíždět v době, kdy už samo bylo předjížděno NA Ranger. Řidič OA Mondeo uvedl, že při své cestě před sebou viděl jen červené vozidlo jedoucí rychlostí cca 70 – 80 km/h, přičemž on jel rychlostí stejnou. Přiblížil se k OA Swift natolik, aby bylo možné ho na rovném úseku předjet. V momentě, kdy se dostali na přímý úsek, zkontroloval ve zpětném zrcátku přítomnost jiného vozidla, spatřil NA Ranger, nicméně usoudil, že je vozidlo stále daleko. Rozhodl se předjet OA Swift, dal blinkr vlevo a započal úkon předjíždění, v té chvíli však již byl NA Ranger vedle jeho vozidla. Došlo tak ke střetu, při kterém OA Mondeo sjel z komunikace a vrazil do stromu. Poslední výpovědí je vyjádření řidiče NA Ranger, který uvedl, že za obcí Mosty dojel dvě vozidla, obě jela pomalu, okolo 70 km/h. Žádné ze zmíněných nejevilo úmysl předjíždět, rozhodl se tedy sám takto učinit. Dal znamení o změně směru jízdy vlevo, začal předjíždět a ve chvíli, kdy byl přední částí svého vozidla na úrovni zadní části OA Swift, spatřil, jak OA Mondeo narazil do jeho pravých zadních dveří nebo začátku korby. Dostal smyk, začal brzdit a současně narazil do OA Swift, které před sebou chvíli tlačil. Jeho vozidlo pak pravděpodobně přeletělo přes OA Swift.

U samotného průběhu děje lze konstatovat, byl střet vyvolán OA Mondeo, kdy došlo ke kontaktu levé části OA Mondeo a pravé části NA Ranger, přičemž toto vozidlo jelo rychleji, konkrétně v rozmezí 110 – 120 km/h. Dle poškození OA Mondeo je nesporné, že působení NA Ranger (konkrétně pravého zadního, event. předního kola) mělo vliv na pohyb obou vozidel. Při střetu byla tato vozidla, respektive jejich podélné osy, pod velmi malým úhlem, jednalo se o tečný střet. S ohledem na dostupné podklady lze, na rozdíl od předstřetového, přesně určit postřetový pohyb vozidel. Po střetu opustil OA Mondeo vozovku, NA Ranger před sebou chvíli tlačil OA Swift, ten následně přetočil a dále pak obě vozidla narazila do stromu.

Nedostatek objektivních podkladů je častým problémem v řešení otázek spjatých s průběhem nehodového děje a ani tento případ není výjimkou. Na základě získaných stop bylo možno určit průběh a konfiguraci střetového a postřetového pohybu, EDR data by zde

pak mohla například vypovědět hodnoty parametrů pohybu předstřetového. Dle prověrky technických průkazů vozidel byly zjištěny informace potřebné k ověření, zda vozidla mají funkci EDR. Je zajímavé, že ani jedno ze zúčastněních vozidel nemá EDR, neboť konkrétně všechny tyto modely mají své zastoupení v databázi podporovaných, jen vždy jiné modelové roky a často také pro vozidla zahraničního trhu. Suzuki Swift má funkci EDR u vozidel modelových let 1995 – 2001 (trh NAFTA), vozidlo této nehody je z období výroby 2004 – 2010, a tedy funkci nemá. Ford Mondeo je model roku 2000, přičemž EDR se objevuje až u modelů let 2015 – 2018 (trh Jižní Korey, Austrálie a Nového Zélandu). Posledním je nákladní automobil Ford Ranger roku výroby 2017, kdy EDR funkci mají vozidla modelových let 2001 – 2006, 2010 – 2011 a 2019 – 2021 (severoamerický trh). V tuto chvíli by pro rozšířenou analýzu byly užitečné zejména protokoly OA Mondeo a NA Ranger a obvyklé prvky – rychlost a úhel natočení vozidla. Byla by tak patrná jednak trajektorie vozidel, a tedy jaká byla reakce obou řidičů – zda některý z nich vybočil; a jednak by bylo možno určit skutečnou rychlost vozidel před a při střetu. Pokud by se jednalo o vyspělejší generaci EDR (např. 19EDR), bylo by zároveň možno zjistit informaci o činnosti směrových světel (u OA Mondeo).

3.2.2.4 Nehoda osobního a dvou nákladních automobilů – Pražský okruh

Posledním zajímavým případem, kde jsou data EDR dokonce dostupná, je nehoda dvou nákladních a osobního automobilu. Na základě získaných dat lze popsat jednotlivé nárazy a určit přibližný průběh nehody.

K dopravní nehodě došlo dne 8. 6. 2020 před osmou hodinou ranní u Horních Počernic, konkrétně u výjezdu z Pražského okruhu (dálnice D0) na Novopackou spojku (dálnice D10) ve směru na Mladou Boleslav. Rychlostní limit v tomto úseku není snížen žádným dopravním značením, a tedy maximální rychlost je stanovena na 130 km/h. Z hlediska prostorového uspořádání je dálnice před nájezdem pro daný směr rozdělena do třech jízdních pruhů, v místě nájezdu pak rozšířena o další pruh. Nájezd je mimoúrovňový, dochází zde k mírnému stoupání.

Dopravní nehody se účastnila tři vozidla, dva nákladní automobily a osobní automobil Toyota Corolla (dále jen „OA Corolla“), přičemž dle dostupných informací se OA Corolla dostal mezi dva nákladní automobily, kdy důsledkem střetu bylo vklínění OA Corolla mezi a částečně i pod tato vozidla. Po incidentu byl aktivován systém eCall, který automaticky provedl spojení s tísňovou linkou a poskytl tak okamžité informace o nehodě včetně

lokalizace místa události. Bezprostředně po události se nabízelo několik scénářů průběhu, respektive vzniku, nehodového děje. První možnost pracuje s myšlenkou, že se řidič OA Corolla snažil na poslední chvíli dostat do jízdního pruhu mezi dva nákladní automobily, načež řidič jednoho z vozů nestačil dostatečně zabrzdit. Další uvažovanou byla varianta, kdy OA Corolla stál za jedním z nákladních automobilů, přičemž řidič dojíždějícího způsobil nehodu nepozorností. Následující obrázek představuje vklíněný OA Corolla mezi nákladními automobily.

Obr. 59: Poškození OA Corolla (zdroj: https://tydenikpolicie.cz/)

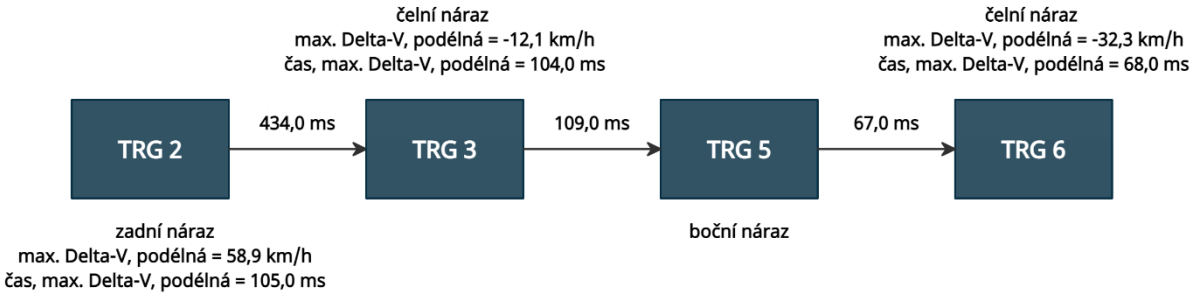
Co se týče dostupných podkladů, pro přibližný nástin nehodového děje byly k dispozici jednak výpisy tachografů z obou nákladních automobilů, a jednak řídicí jednotka airbagu OA Corolla, ze které byla vyčtena data EDR. Z dostupných záznamů tachografů lze vyčíst předstřetové rychlosti, přičemž je zřejmé, že obě nákladní vozidla byla v pohybu. První výpis rychlosti vykazuje relativně nízké hodnoty, v krátkém časovém intervalu (25 s) před nehodou rychlost vozidla klesla z 67 km/h na 12 km/h; druhý výpis uvádí ve stejném okamžiku rychlost vozidla 80 – 90 km/h, na základě těchto dat je bez znalosti pořadí zřejmé, že první zmíněné vozidlo bylo i prvním v řadě, načež řidič vozidla za ním nereagoval snížením rychlosti, což také mohlo být příčinou nehodového děje.

Dne 18. 6. 2020 byla z OA Corolla (rok výroby 2019) demontována řídicí jednotka airbagu, jež byla dále vyčtena verzí softwaru CDR 19.4.1. Získaný protokol obsahuje záznam o sedmi událostech, přičemž čtyři jsou typu bočního, dvě čelního a jedna zadního nárazu. Tyto události jsou společně s doplňující informací shrnuty v Tab. 5.

Tab. 5: Obecné informace o zaznamenaných událostech

Zaznamenané události (Events Recorded)	Počet spouští TRG (TRG Count)	Typ události (Event Type)	Čas od předchozí spouště TRG (Time from previous TRG) [ms]	Počítadlo času (Time Count) [s]
Poslední zaznamenaná (Most Recent Event)	18	Boční náraz (Side Crash)	32 767 +	1 671,6
1. předchozí (1st Prior Event)	17	Boční náraz (Side Crash)	1 267	1 028,6
2. předchozí (2nd Prior Event)	16	Boční náraz (Side Crash)	32 767 +	1 027,4
3. předchozí (3rd Prior Event)	6	Čelní náraz (Frontal Crash)	67	1 747,1
4. předchozí (4th Prior Event)	5	Boční náraz (Side Crash)	109	1 747,1
5. předchozí (5th Prior Event)	3	Čelní náraz (Frontal Crash)	434	1 747,0
6. předchozí (6th Prior Event)	2	Zadní náraz (Rear Crash)	4	1 746,5

Z protokolu a v něm obsažených dat je zřejmé, že s okamžikem nárazu jsou spjaty pouze informace z intervalu TRG 2 – TRG 6, události TRG 6 a TRG 16 jsou od sebe dle časového odpočtu vzdáleny necelých 12 minut, a tedy události TRG 16, TRG 17 a TRG 18 souvisí až s dějem následným, jenž nemá pro stanovení průběhu nehody žádnou vypovídající hodnotu. Pro ilustraci byla vytvořena časová osa posloupnosti jednotlivých událostí tak, jak se skutečně odehrály (Obr. 60). Zásadní je informace, že počáteční záznam události byl spuštěn zadním nárazem, kdy došlo ke střetu OA Corolla a vzadu jedoucího nákladního automobilu. Kumulativní změna rychlosti podélné osy dosahuje hodnoty 58,9 km/h.



Obr. 60: Časová osa jednotlivých událostí

První zaznamenaná událost (TRG 2), jak již bylo zmíněno, souvisí se zadním nárazem. Došlo tedy ke zrychlení automobilu ve směru jízdy. Následující obrázek představuje soubor dat podélného a bočního nárazového impulzu.

Longitudinal/Lateral Crash Pulse (6th Prior Event, TRG 2)

Time (msec)	Delta-V, Longitudinal (MPH [km/h])	Delta-V, lateral (MPH [km/h])	Power Supply Status
0	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	ON
10	3.2 [5.2]	0.0 [0.0]	ON
20	5.5 [8.8]	0.3 [0.5]	ON
30	9.7 [15.6]	0.0 [0.0]	ON
40	13.1 [21.1]	-0.1 [-0.2]	ON
50	17.7 [28.5]	-0.3 [-0.5]	ON
60	23.4 [37.7]	-0.4 [-0.6]	ON
70	29.1 [46.8]	-0.3 [-0.5]	ON
80	33.9 [54.5]	-0.3 [-0.5]	ON
90	35.9 [57.7]	-0.1 [-0.2]	ON
100	36.4 [58.6]	-0.4 [-0.6]	ON
110	36.5 [58.7]	-0.3 [-0.5]	ON
120	36.0 [58.0]	-0.2 [-0.3]	ON
130	35.9 [57.7]	0.0 [0.0]	ON
140	35.9 [57.7]	0.0 [0.0]	ON
150	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	ON
160	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	ON
170	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	ON
180	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	ON
190	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	ON
200	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	ON
210	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	ON
220	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	ON
230	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	ON
240	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	ON
250	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	ON

Obr. 61: Podélný/boční nárazový impulz, TRG 2

Zajímavějším výstupem je tabulka přednárazových dat TRG 2 (Obr. 62), která obsahuje výstup průběhu rychlosti (Vehicle Speed), informace o stavu plynového pedálu (Accelerator Pedal), škrticí klapce (Percentage of Engine Throttle), otáčkách motoru (Engine RPM) a provozní brzdě (Service Brake) v době -5 s až 0 s. Rychlost vozidla během této doby klesla z původních 22 km/h na 13 km/h, jež byla rychlostí nárazovou. Řidič OA Corolla nestlačoval plynový pedál, naopak téměř celou dobu brzdil. Hodnota otáček motoru v tomto okamžiku klesla z 800 ot/min na 700 ot/min.

Pre-Crash Data -5 to 0 Seconds (6th Prior Event, TRG 2) - Table 1 of 4

Time (sec)	Vehicle Speed (MPH [km/h])	Accelerator Pedal, % Full (%)	Percentage of Engine Throttle (%)	Fuel Injection Quantity (mm^3/st)	Engine RPM (RPM)	Motor RPM (RPM)	Service Brake, ON/OFF
-4.90	13.7 [22]	0.0	0.0	Invalid	800	Invalid	ON
-4.40	12.4 [20]	0.0	0.0	Invalid	800	Invalid	ON
-3.90	11.8 [19]	0.0	0.0	Invalid	800	Invalid	ON
-3.40	11.8 [19]	0.0	0.0	Invalid	800	Invalid	ON
-2.90	11.2 [18]	0.0	0.0	Invalid	800	Invalid	ON
-2.40	10.6 [17]	0.0	0.0	Invalid	700	Invalid	ON
-1.90	10.6 [17]	0.0	0.0	Invalid	700	Invalid	OFF
-1.40	9.9 [16]	0.0	0.0	Invalid	700	Invalid	ON
-0.90	9.3 [15]	0.0	0.0	Invalid	700	Invalid	ON
-0.40	8.1 [13]	0.0	0.0	Invalid	700	Invalid	ON
TRG(0)	8.1 [13]	0.0	0.0	Invalid	700	Invalid	ON

Obr. 62: Přednárazová data v intervalu -5 s – 0 s, TRG 2, tab. 1

Z následujících parametrů je potřeba vyzdvihnout zejména podélné zrychlení (Longitudinal Acceleration), až do okamžiku nárazu je patrné, že řidič OA Corolla zpomaloval. Při nárazu došlo k jistému podélnému zrychlení, VSC senzorem byla zaznamenána maximální hodnota 8,973 m/s^2. Stáčivá rychlost (Yaw Rate) byla až do okamžiku nárazu nulová, změna nastala v čase nula, kdy hodnota dosáhla záporné hodnoty 0,98 °/s. Své vypovídá i úhel natočení vozidla (Steering Input), ten byl konstantní hodnoty 1,5 ° až do okamžiku nárazu, kdy byl nulový. Kladné znaménko tohoto datového prvku značí odbočení doleva, řidič tedy těsně před nárazem stáčel volantem mírně vlevo.

Pre-Crash Data -5 to 0 Seconds (6th Prior Event, TRG 2) - Table 2 of 4

Time (sec)	ABS Control Status	BOS Control Status	Brake Oil Pressure (Mpa)	Longitudinal Acceleration , VSC Sensor (m/s^2)	Yaw Rate (deg/s)	Steering Input (degrees)	Shift Position
-4.90	OFF	OFF	0.62	-1.148	0.00	1.5	Undetermined
-4.40	OFF	OFF	0.62	-1.077	0.00	1.5	Undetermined
-3.90	OFF	OFF	0.24	-0.431	0.00	1.5	Undetermined
-3.40	OFF	OFF	0.24	-0.431	0.00	1.5	Undetermined
-2.90	OFF	OFF	0.24	-0.431	0.00	1.5	Undetermined
-2.40	OFF	OFF	0.24	-0.431	0.00	1.5	Undetermined
-1.90	OFF	OFF	0.00	-0.144	0.00	1.5	Undetermined
-1.40	OFF	OFF	0.34	-0.718	0.00	1.5	Undetermined
-0.90	OFF	OFF	0.48	-0.861	0.00	1.5	Undetermined
-0.40	OFF	OFF	0.10	-0.287	0.00	1.5	Undetermined
TRG(0)	OFF	OFF	1.15	8.973	-0.98	0.0	Undetermined

Obr. 63: Přednárazová data v intervalu -5s – 0 s, TRG 2, tab. 2

Druhá událost (TRG 3) představuje čelní náraz, který by odpovídal střetu OA Corolla s vpředu jedoucím nákladním vozidlem. Delta-V v podélném směru vykazuje záporných hodnot, delta-V v bočním směru je pak téměř nulová (Obr. 64)

Longitudinal/Lateral Crash Pulse (5th Prior Event, TRG 3)

Time (msec)	Delta-V, Longitudinal (MPH [km/h])	Delta-V, lateral (MPH [km/h])	Power Supply Status
0	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	ON
10	-1.2 [-2.0]	0.1 [0.2]	ON
20	-2.1 [-3.4]	-0.5 [-0.8]	ON
30	-4.0 [-6.4]	0.1 [0.2]	ON
40	-5.2 [-8.4]	1.1 [1.8]	ON
50	-6.0 [-9.6]	0.8 [1.3]	ON
60	-6.5 [-10.5]	0.5 [0.8]	ON
70	-7.0 [-11.2]	-0.4 [-0.6]	ON
80	-6.5 [-10.5]	0.0 [0.0]	ON
90	-6.0 [-9.7]	0.0 [0.0]	ON
100	-6.9 [-11.1]	0.6 [1.0]	ON
110	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	ON
120	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	ON
130	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	ON
140	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	ON
150	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	ON
160	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	ON
170	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	ON
180	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	ON
190	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	ON
200	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	ON
210	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	ON
220	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	ON
230	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	ON
240	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	ON
250	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	ON

Obr. 64: Podélný/boční nárazový impulz, TRG 3

Lze si samozřejmě povšimnout, že následující hodnoty přednárazových dat TRG 3 jsou téměř totožné s TRG 2, tyto dvě události mezi sebou mají časový rozestup pouhých 434,0 ms, a pro TRG 3 tedy registrujeme změnu v posledních dvou řádcích tabulky. Je patrný výrazný nárůst rychlosti na hodnotu 66 km/h a pokles otáček motoru na hodnotu 500 ot/min (Obr. 65).

Pre-Crash Data -5 to 0 Seconds (5th Prior Event, TRG 3) - Table 1 of 4

Time (sec)	Vehicle Speed (MPH [km/h])	Accelerator Pedal, % Full (%)	Percentage of Engine Throttle (%)	Fuel Injection Quantity (mm^3/st)	Engine RPM (RPM)	Motor RPM (RPM)	Service Brake, ON/OFF
-4.85	12.4 [20]	0.0	0.0	Invalid	800	Invalid	ON
-4.35	11.8 [19]	0.0	0.0	Invalid	800	Invalid	ON
-3.85	11.8 [19]	0.0	0.0	Invalid	800	Invalid	ON
-3.35	11.2 [18]	0.0	0.0	Invalid	800	Invalid	ON
-2.85	10.6 [17]	0.0	0.0	Invalid	700	Invalid	ON
-2.35	10.6 [17]	0.0	0.0	Invalid	700	Invalid	OFF
-1.85	9.9 [16]	0.0	0.0	Invalid	700	Invalid	ON
-1.35	9.3 [15]	0.0	0.0	Invalid	700	Invalid	ON
-0.85	8.1 [13]	0.0	0.0	Invalid	700	Invalid	ON
-0.35	28.0 [45]	0.0	0.0	Invalid	700	Invalid	OFF
TRG(0)	41.0 [66]	0.0	0.0	Invalid	500	Invalid	OFF

Obr. 65: Přednárazová data v intervalu -5 s – 0 s, TRG 3, tab. 1

Další blok dat zachycuje nově zaznamenané parametry, v okamžiku TRG 3 byl aktivován systém ABS (ABS Control Status), dle snímače VSC též došlo k podélnému zpomalení na hodnotu 7,178 m/s^2 a stáčivá rychlost i úhel natočení vozidla výrazně změnily svou hodnotu. Úhel natočení je v okamžiku druhého nárazu roven hodnotě – 37,5; což značí natočení volantu opačným směrem, tedy doprava.

Pre-Crash Data -5 to 0 Seconds (5th Prior Event, TRG 3) - Table 2 of 4

Time (sec)	ABS Control Status	BOS Control Status	Brake Oil Pressure (Mpa)	Longitudinal Acceleration , VSC Sensor (m/s^2)	Yaw Rate (deg/s)	Steering Input (degrees)	Shift Position
-4.85	OFF	OFF	0.62	-1.077	0.00	1.5	Undetermined
-4.35	OFF	OFF	0.24	-0.431	0.00	1.5	Undetermined
-3.85	OFF	OFF	0.24	-0.431	0.00	1.5	Undetermined
-3.35	OFF	OFF	0.24	-0.431	0.00	1.5	Undetermined
-2.85	OFF	OFF	0.24	-0.431	0.00	1.5	Undetermined
-2.35	OFF	OFF	0.00	-0.144	0.00	1.5	Undetermined
-1.85	OFF	OFF	0.34	-0.718	0.00	1.5	Undetermined
-1.35	OFF	OFF	0.48	-0.861	0.00	1.5	Undetermined
-0.85	OFF	OFF	0.10	-0.287	0.00	1.5	Undetermined
-0.35	ON	OFF	0.00	-2.082	8.78	3.0	Undetermined
TRG(0)	ON	OFF	0.00	-7.178	-25.86	-37.5	Undetermined

Obr. 66: Přednárazová data v intervalu -5 s – 0 s, TRG 3, tab. 2

Následuje boční náraz (TRG 5), při kterém jsou zaznamenány parametry jiné než v případě čelního/zadního nárazu. Zejména se jedná o data bočního zrychlení ze senzorů bočního airbagu. Následující obrázek zachycuje průběh bočního nárazového impulzu v intervalu krátce před a po nárazu.

Lateral Crash Pulse (4th Prior Event, TRG 5)

Time (msec)	Lateral Acceleration, Side Satellite Sensor 1, L (m/s^2)	Lateral Acceleration, Side Satellite Sensor 2, L (m/s^2)	Lateral Acceleration, Side Satellite Sensor 3, L (m/s^2)	Rate of Change of Pressure, Side Satellite Sensor 4, L (%)	Lateral Acceleration, Side Satellite Sensor 1, R (m/s^2)	Lateral Acceleration, Side Satellite Sensor 2, R (m/s^2)	Lateral Acceleration, Side Satellite Sensor 3, R (m/s^2)	Rate of Change of Pressure, Side Satellite Sensor 4, R (%)	Lateral Acceleration for Side Crash Addition, Floor Sensor (m/s^2)
-31	39.2	-9.8	SNA	0.2	39.2	-29.4	SNA	0.2	-3.8
-27	-19.6	-9.8	SNA	0.2	-29.4	-58.8	SNA	0.0	-26.8
-23	-29.4	19.6	SNA	0.2	-19.6	-19.6	SNA	0.1	21.1
-19	-9.8	9.8	SNA	0.1	-9.8	29.4	SNA	0.0	57.5
-15	19.6	-9.8	SNA	0.0	-9.8	39.2	SNA	-0.3	76.6
-11	9.8	19.6	SNA	0.1	9.8	29.4	SNA	-0.2	1.9
-7	9.8	49.0	SNA	0.0	58.8	68.6	SNA	0.3	-49.8
-3	39.2	39.2	SNA	0.1	39.2	58.8	SNA	0.2	0.0
1	0.0	0.0	SNA	0.3	19.6	0.0	SNA	0.0	120.7
5	9.8	-9.8	SNA	0.6	29.4	-58.8	SNA	-0.1	70.9
9	-19.6	0.0	SNA	0.4	-58.8	29.4	SNA	0.1	-46.0
13	-39.2	0.0	SNA	0.1	0.0	9.8	SNA	-0.1	149.4
17	0.0	-58.8	SNA	0.0	39.2	68.6	SNA	0.0	-80.4
21	9.8	-58.8	SNA	-0.1	19.6	19.6	SNA	0.3	-17.2
25	29.4	-9.8	SNA	-0.1	49.0	9.8	SNA	-0.1	-74.7
29	29.4	19.6	SNA	0.0	9.8	-9.8	SNA	-0.4	69.0
33	39.2	49.0	SNA	0.2	98.1	19.6	SNA	-0.1	-80.4
37	9.8	0.0	SNA	0.2	49.0	0.0	SNA	-0.1	-86.2
41	-58.8	0.0	SNA	0.0	-78.5	9.8	SNA	-0.4	-11.5
45	-49.0	-19.6	SNA	0.0	-39.2	29.4	SNA	-0.1	42.1
49	29.4	-9.8	SNA	-0.2	58.8	9.8	SNA	0.2	-13.4
53	9.8	-9.8	SNA	-0.1	39.2	-29.4	SNA	0.3	57.5
57	9.8	-39.2	SNA	-0.1	39.2	68.6	SNA	0.1	34.5
61	29.4	-98.1	SNA	-0.2	88.3	-68.6	SNA	-0.1	-128.3
65	39.2	-68.6	SNA	-0.2	-9.8	-49.0	SNA	-0.5	53.6
69	19.6	-68.6	SNA	-0.1	-98.1	0.0	SNA	-0.4	90.0

Obr. 67: Boční nárazový impulz, TRG 5

Poslední zaznamenanou událostí bezprostředně spjatou s nehodovým dějem je TRG 6. Jedná se o čelní náraz, při kterém byly, na rozdíl od předchozích událostí, zaznamenány poměrně vysoké hodnoty delty-V v podélném směru. Obr. 68 zachycuje průběh nárazového impulzu.

Longitudinal/Lateral Crash Pulse (3rd Prior Event, TRG 6)

Time (msec)	Delta-V, Longitudinal (MPH [km/h])	Delta-V, lateral (MPH [km/h])	Power Supply Status
0	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	OFF
10	-3.2 [-5.1]	0.0 [0.0]	OFF
20	-8.1 [-13.1]	1.6 [2.5]	OFF
30	-10.5 [-16.9]	-0.6 [-1.0]	ON
40	-14.4 [-23.2]	-1.4 [-2.2]	ON
50	-19.3 [-31.0]	-0.4 [-0.6]	ON
60	-19.3 [-31.0]	0.8 [1.3]	ON
70	-19.9 [-32.1]	1.3 [2.1]	ON
80	-18.9 [-30.4]	1.2 [2.0]	ON
90	-18.1 [-29.2]	1.5 [2.4]	ON
100	-17.3 [-27.8]	1.2 [1.9]	ON
110	-16.1 [-25.9]	0.5 [0.8]	ON
120	-15.7 [-25.3]	0.0 [0.0]	ON
130	-15.6 [-25.1]	-0.3 [-0.5]	ON
140	-15.3 [-24.7]	-0.6 [-0.9]	ON
150	-15.9 [-25.6]	-0.6 [-1.0]	ON
160	-15.9 [-25.6]	-0.7 [-1.2]	ON
170	-15.4 [-24.8]	-1.1 [-1.8]	ON
180	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	ON
190	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	ON
200	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	ON
210	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	ON
220	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	ON
230	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	ON
240	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	ON
250	0.0 [0.0]	0.0 [0.0]	ON

Obr. 68: Podélný/boční nárazový impulz, TRG 6

Ve srovnání s TRG 3 je v okamžik nárazu zaznamenaná nižší nárazová rychlost, konkrétně 56 km/h. EDR pro otáčky motoru již v tento moment neuložilo žádnou hodnotu (Obr. 69).

Pre-Crash Data -5 to 0 Seconds (3rd Prior Event, TRG 6) - Table 1 of 4

Time (sec)	Vehicle Speed (MPH [km/h])	Accelerator Pedal, % Full (%)	Percentage of Engine Throttle (%)	Fuel Injection Quantity (mm^3/st)	Engine RPM (RPM)	Motor RPM (RPM)	Service Brake, ON/OFF
-5.00	12.4 [20]	0.0	0.0	Invalid	800	Invalid	ON
-4.50	11.8 [19]	0.0	0.0	Invalid	800	Invalid	ON
-4.00	11.8 [19]	0.0	0.0	Invalid	800	Invalid	ON
-3.50	11.2 [18]	0.0	0.0	Invalid	800	Invalid	ON
-3.00	10.6 [17]	0.0	0.0	Invalid	700	Invalid	ON
-2.50	10.6 [17]	0.0	0.0	Invalid	700	Invalid	OFF
-2.00	9.9 [16]	0.0	0.0	Invalid	700	Invalid	ON
-1.50	9.3 [15]	0.0	0.0	Invalid	700	Invalid	ON
-1.00	8.1 [13]	0.0	0.0	Invalid	700	Invalid	ON
-0.50	28.0 [45]	0.0	0.0	Invalid	700	Invalid	OFF
TRG(0)	34.8 [56]	0.0	1.5	Invalid	Invalid	Invalid	OFF

Obr. 69: Přednárazová data v intervalu -5 s – 0 s, TRG 6, tab. 1

Podobný jev je zaznamenán i v případě druhé tabulky přednárazových dat (Obr. 70), kde je hodnota podélného zrychlení a stáčivé rychlosti neplatná. V neposlední řadě je třeba upozornit na hodnotu natočení vozidla, která se opět pohybuje v kladných hodnotách, konkrétně 19,5 °; který značí pohyb volantu vlevo.

Pre-Crash Data -5 to 0 Seconds (3rd Prior Event, TRG 6) - Table 2 of 4

Time (sec)	ABS Control Status	BOS Control Status	Brake Oil Pressure (Mpa)	Longitudinal Acceleration , VSC Sensor (m/s^2)	Yaw Rate (deg/s)	Steering Input (degrees)	Shift Position
-5.00	OFF	OFF	0.62	-1.077	0.00	1.5	Undetermined
-4.50	OFF	OFF	0.24	-0.431	0.00	1.5	Undetermined
-4.00	OFF	OFF	0.24	-0.431	0.00	1.5	Undetermined
-3.50	OFF	OFF	0.24	-0.431	0.00	1.5	Undetermined
-3.00	OFF	OFF	0.24	-0.431	0.00	1.5	Undetermined
-2.50	OFF	OFF	0.00	-0.144	0.00	1.5	Undetermined
-2.00	OFF	OFF	0.34	-0.718	0.00	1.5	Undetermined
-1.50	OFF	OFF	0.48	-0.861	0.00	1.5	Undetermined
-1.00	OFF	OFF	0.10	-0.287	0.00	1.5	Undetermined
-0.50	ON	OFF	0.00	-2.082	8.78	3.0	Undetermined
TRG(0)	ON	OFF	0.05	Invalid	Invalid	19.5	Undetermined

Obr. 70: Přednárazová data v intervalu -5 s – 0 s, TRG 6, tab. 2

Na základě získaných informací lze vytvořit přibližný scénář dané dopravní nehody, respektive vyloučit některé varianty, které by přicházely v úvahu v případě, kdy by nebyly známy žádné další okolnosti. Na základě rekapitulace výše zmíněného lze konstatovat, že nehodový děj se uskutečnil při pohybu všech zúčastněných vozidel. Dle výpisu z tachografu přední nákladní vozidlo v čase nehody brzdilo z původních cca 60 km/h na rychlost 12 km/h, řidič OA Corolla přizpůsobil svou rychlost přibrzděním, přičemž rychlost tohoto vozidla plynule klesla v časovém intervalu -5 – 0 s před nárazem z původní rychlosti 22 km/h na 13 km/h. Dle úhlu natočení vozidla OA Corolla konstantně zatáčel mírně vlevo, konkrétně

pod úhlem 1,5 °. Lze tedy vyloučit, že by OA Corolla prudce stočil volant a vybočil tak náhle ze svého jízdního pruhu nebo že by výrazně brzdil. Druhý výpis tachografu udává krátce před událostí rychlost zadního nákladního vozidla kolem 85 km/h. Lze tedy předpokládat, že nehoda byla způsobena nepozorností řidiče tohoto vozidla.

3.3 Ověření čitelnosti řídicích jednotek

Metoda přímého připojení k modulu vyjmutého z vozidla není preferovanou, nicméně vzhledem k okolnostem nehody metodou často nezbytnou. Jednou z výhod takového přístupu je možnost pozdějšího čtení nehodových dat, ta totiž při vyčtení nejsou vymazána, tudíž je lze zobrazovat opakovaně. Vedle toho se však nabízí otázka týkající se životnosti, tedy zda data zůstanou uchována v řídicí jednotce, případně po jak dlouhou dobu. Jedním z hlavních aspektů, který je třeba vzít v úvahu, je typ události. Existují dva typy zaznamenávaných událostí, jež souvisí s aktivací airbagu. V případě události bez aktivace airbagu (Non-deployment Event), kdy je náraz dostatečně silný pro spuštění záznamu události, ale ne silný natolik, aby byl aktivován airbag, jsou data paměťově nestálá a ukládají se pouze po dobu 250 cyklů zapalování. V případě, že se jedná o událost s aktivací airbagu (Deployment Event), jsou informace uloženy v řídicí jednotce na dobu neurčitou.

Hlavním cílem této kapitoly je ověření, zda jsou data v jednotkách opravdu uchována i po uplynutí určitého časového období a zároveň komparace protokolů CDR ze stejného vozidla (modulu), ale jiného data. V rámci této úlohy bylo k dispozici celkem deset řídicích jednotek vyjmutých z různých vozidel, ty byly vyčítány metodou DTM a výstupy následně porovnávány s dříve získanými CDR protokoly. Tyto zprávy byly získány čtením z vyjmutých modulů ze dne 21. 11. 2019, nebo byly zhotoveny bezprostředně po nehodové události vyčtením přes diagnostický port. V rámci procesu čtení došlo hned ke dvěma komplikacím, nejprve u modulu ACM vozidla Toyota Aygo 2014 (SRS 89170-0H130, *281404136F*, 8 DP P/T, TRW 224892-104), u kterého ani nebyl proces proveden, neboť potřebný kabel s označením 815 nebyl k dispozici; druhým problémovým byl modul ACM vozidla Toyota Auris 2008 (SRS Airbag, *15780397MQ*, 5T DP P/T C/T SIDE DN, TRW 215537-106, TOYOTA 89170-02560), který nevykazoval žádnou aktivitu, nicméně k jednotce nebylo možné se připojit ani bezprostředně po nehodové události a pro účely komparace by tedy byla jednotka nepotřebná (Obr. 71).

Obr. 71: Vyřazené moduly – ACM Toyoty Aygo (vlevo) a ACM Toyoty Auris (vpravo)

Veškeré ostatní jednotky byly vyčítány dne 7. 4. 2021 systémem CDR s verzí softwaru 21.0.2, přičemž ve všech případech se jednalo o řídicí jednotku airbagů (ACM). Mezi předpokládané rozdíly v protokolech patří den vyčítání a verze softwaru.

1. **Dodge Caliber**

Tab. 6: Specifikace jednotky ACM Dodge Caliber 2007

Identifikace ACM	PM49 B HI CHRYSLER P/N P04672603AE CHRYSLER S/N TNPME3076P0044	
Modelový rok	2007	
VIN	1B3H3C8A77D200905	
Modul rozhraní	CANplus	
Kabel	kabel F00K108226	
Datum události	2018	

Protokoly CDR vozidla Dodge Caliber vyjma rozdílné verze CDR softwaru (původně vyčítáno verzí 19.1.1) a nepochybně také dne vyčtení (původní ze dne 21. 11. 2019) obsahují odlišnosti pouze v bloku datových omezení. V aktuální verzi protokolu je přidána informace o záznamu dat ze senzoru převrácení. Je-li vozidlo vybaveno tímto snímačem, ale při události není zaznamenána žádná hodnota úhlové rychlosti, nemusí se ve výstupní zprávě zobrazit žádná data pro parametr nárazového impulzu převrácení (Rollover Crash Pulse). V obou případech vyčítání byly zaznamenány dvě události, jejichž hodnoty jsou s aktuální verzí neměnné.

2. Toyota RAV4

Tab. 7: Specifikace jednotky ACM Toyota RAV4 2007

Identifikace ACM	*0514700BVL* TOYOTA 89170-42201 150300-1470	
Modelový rok	2007	
VIN	JTMBB31V105057311	
Modul rozhraní	CANplus	
Kabel	kabel F00K108613	
Datum události	2017	

Protokoly vyčtené z jednotek ACM vozidla Toyota RAV4 až na den vyčítání (původní 21. 11. 2019) a verzi CDR softwaru (původně 19.1.1) neobsahují žádné další odchylky a jsou vesměs totožné. EDR uchovává celkem čtyři události, dvě předního/zadního nárazu a dvě nárazu bočního.

3. Lexus IS 220D

Tab. 8: Specifikace jednotky ACM Lexus IS 220D

Identifikace ACM	SRS Airbag, DP SIDE P/T I/C K TOYOTA 89170-53100	
Modelový rok	2007	
VIN	JTHBB262902014764	
Modul rozhraní	CANplus	
Kabel	kabel F00K108613	
Datum události	2018	

Protokoly vyčtené z jednotek ACM vozidla Lexus IS 220D se opět liší pouze ve dni (původní 21. 11. 2019) a verzi CDR softwaru (původní 19.1.1). EDR uchovává celkem čtyři události, dvě předního/zadního nárazu a dvě nárazu bočního.

4. Jeep Compass

Tab. 9: Specifikace jednotky ACM Jeep Compass 2007

Identifikace ACM	MK49 B HI CHRYSLER P/N P04672609AE CHRYSLER S/N TDWME3046W0010	
Modelový rok	2007	
VIN	1J8FFC7Y67D191411	
Modul rozhraní	CANplus	
Kabel	kabel F00K108226	
Datum události	2017	

Výstupní zprávy CDR vyčtené z ACM jednotky vozidla Jeep Compass 2007 se opět liší dnem čtení (původní 21. 11. 2019) a verzí softwaru (původní 19.1.1). Stejně jako u jednotky vozidla Dodge Caliber 2007, i zde je v aktuálnější verzi protokolu poukázáno na nemožnost zobrazení nárazového impulzu převrácení, pokud nebyla zaznamenána úhlová rychlost. Mimo zmíněné jsou protokoly stejné, EDR uchovává informace o jedné události.

5. Dodge Caliber

Tab. 10: Specifikace jednotky ACM Dodge Caliber 2007

Identifikace ACM	PM49 B HI CHRYSLER P/N P04672603AE CHRYSLER S/N TNPME0907P0060	
Modelový rok	2007	
VIN	1B3HBC8A57D350742	
Modul rozhraní	CANplus	
Kabel	kabel F00K108226	
Datum události	09/2019	

Dva CDR protokoly se liší ve dni (původní 25. 9. 2019), verzi softwaru (původní 19.0) a opět je přidána již zmíněná informace o nárazovém impulzu převrácení. Existují určité nesrovnalosti v bloku hexadecimálních dat (Obr. 72). Bez kódových číselníků však nelze zjistit, o jaké informace se jedná. V EDR jsou uchované dvě události.

```
1449 5A 87 02 27 01 54 FF 41 48 36 35 42 30 34 36 37 32 36 30 33 41 45
1450 5A 88 31 42 33 48 42 43 38 41 35 37 44 33 35 30 37 34 32
1451 5A 90 31 42 33 48 42 43 38 41 35 37 44 33 35 30 37 34 32
1452 61 E1 54 4E 50 4D 45 30 39 30 37 50 30 30 36 30
1453 61 EA 00 98 02 DB 40 00
1454 73 E2 17 75 AE 9B 06 75 AE 9B 0E 75 AE 9B 2E 75 AE 9B 2A 75 AE 9B 0A 75
     AE A1 0D 00 00 9B 02 75
1455 AE 9B 08 75 AE
1456 61 02 00 00 00 00 00
1457 71 02 01 00 CC 01 00 1A 0E 04 FF FF 2C 16 7A FF FF C2 00
1458 71 02 01 01 CC 01 00 1A 0E 04 FF FF 2C 16 7A FF FF C2 00
1459 71 02 01 02 CC 01 00 1A 0F 04 FF FF 2C 16 7A FF FF C2 00
1460 71 02 01 03 CC 01 00 1A 0E 04 FF FF 2C 16 7A FF FF C2 00
1461 71 02 01 04 CC 01 00 1A 0F 04 FF FF 2C 16 7A FF FF C2 00
1462 71 02 01 05 CC 01 00 1A 0E 05 FF FF 2C 16 7A FF FF C2 00
```

```
1456 5A 87 02 27 01 54 FF 41 48 36 35 42 30 34 36 37 32 36 30 33 41 45
1457 5A 88 31 42 33 48 42 43 38 41 35 37 44 33 35 30 37 34 32
1458 5A 90 31 42 33 48 42 43 38 41 35 37 44 33 35 30 37 34 32
1459 61 E1 54 4E 50 4D 45 30 39 30 37 50 30 30 36 30
1460 61 EA 00 98 02 DB 40 00
1461 73 E2 18 75 AE 9B 2E FF FF 9B 2A FF FF D4 14 FF FF 9B 0A FF FF 9B 06 FF
     FF 9B 0E FF FF 9B 22
1462 FF FF 9B 1A FF FF
1463 61 02 00 00 00 00 00
1464 71 02 01 00 CC 01 00 1A 0E 04 FF FF 2C 16 7A FF FF C2 00
1465 71 02 01 01 CC 01 00 1A 0E 04 FF FF 2C 16 7A FF FF C2 00
1466 71 02 01 02 CC 01 00 1A 0F 04 FF FF 2C 16 7A FF FF C2 00
1467 71 02 01 03 CC 01 00 1A 0E 04 FF FF 2C 16 7A FF FF C2 00
1468 71 02 01 04 CC 01 00 1A 0F 04 FF FF 2C 16 7A FF FF C2 00
1469 71 02 01 05 CC 01 00 1A 0E 05 FF FF 2C 16 7A FF FF C2 00
```

Obr. 72: Rozdíly v bloku hexadecimálních dat (zvýrazněné hodnoty)

6. Volvo V60

Tab. 11: Specifikace jednotky ACM Volvo V60 2012

Identifikace ACM	AIRBAG SENSOR P31334542 T11105180941 11-05-18 11105180941DH/A- 0 285 010 943	
Modelový rok	2012	
VIN	YV1FW84A1C1036783	
Modul rozhraní	CDR 900	
Kabel	kabel F00K108799	
Datum události	2019	

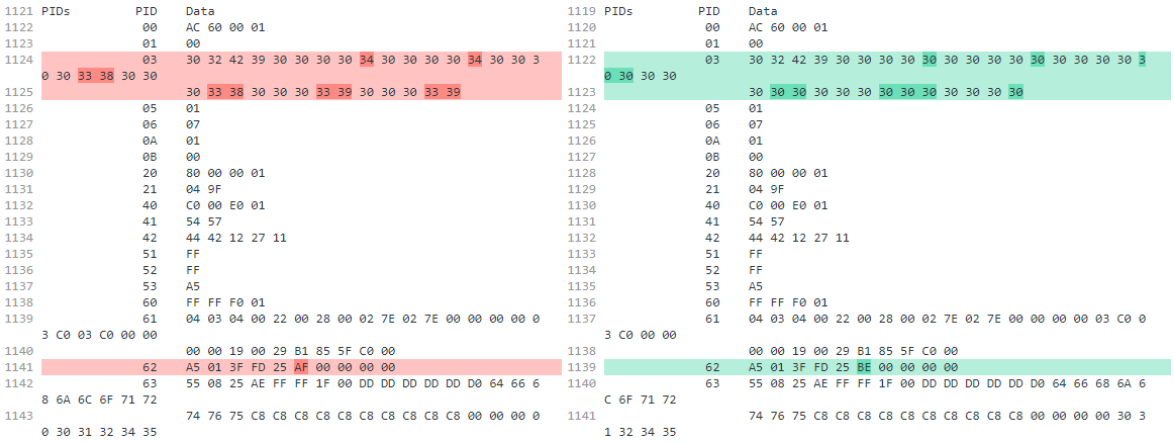
Dva získané protokoly jsou každý z jiného dne (původní 21. 11. 2019) a jiné verze softwaru CDR (původní 19.1.1). Odlišné hodnoty lze pozorovat u počtu cyklů zapalování, u dříve vyčteného protokolu je hodnota rovna 15 516 cyklům, u aktuálního pak 15 519 cyklům. Ostatní parametry jsou totožné. V EDR jsou zaznamenány dvě události.

7. Toyota Auris

Tab. 12: Specifikace jednotky ACM Toyota Auris 2013

Identifikace ACM	SRS Airbag, *323305941T*, ZA D P PR PL SFR SFL ICR ICL DK TRW 226370-101 TOYOTA 89170-02B90	
Modelový rok	2013	
VIN	SB1ZE3JE90E042629	
Modul rozhraní	CANplus	
Kabel	kabel F00K108614 + adaptér	
Datum události	09/2019	

Pro jednotku vozidla Toyota Auris byla aktuální verze protokolu srovnávána se zprávou ze dne 24. 9. 2019, která byla čtena verzí softwaru 19.0. Blok datových omezení v aktuální verzi přidává novou kategorii 19EDR, ta specifikuje zaznamenávané datové prvky pro nová vozidla Toyota. Dynamické parametry jsou zachovány, existuje však určitá neshoda v bloku hexadecimálních dat (Obr. 73). V EDR jsou uchovány čtyři nehodové události, dvě předního/zadního nárazu a dvě nárazu bočního.



Obr. 73: Pozorovatelné rozdíly v bloku hexadecimálních dat (zvýrazněné hodnoty)

8. Dodge Journey

Tab. 13: Specifikace jednotky ACM Dodge Journey 2009

Identifikace ACM	S/N *T14JF03371604P* CHRYSLER 04896 814 AJ 5WK43877	
Modelový rok	2009	
VIN	3D4G6N7B99T515232	
Modul rozhraní	CANplus	
Kabel	kabel F00K108385 + adaptér	
Datum události	06/2018	

Protokol získaný dne 21. listopadu 2019 verzí programu 19.1.1 byl srovnáván se zprávou aktuální, přičemž nebyly nalezeny žádné další rozdíly. EDR uchovává jednu nehodovou událost.

Shrnutí

Všechny čitelné jednotky ACM i po jistém časovém odstupu ode dne události stále uchovávají informace o nehodě. Na základě zjištění komparace dostupných CDR výstupů lze konstatovat, že data zůstávají stejná, jediné změny lze pozorovat v bloku datových omezení, které jsou úzce spjaty s užitou verzí softwaru, dni čtení, samozřejmě softwarové verzi, případně počtu cyklů zapalování. U dvou jednotek, konkrétně modulů ACM vozidel Dodge Caliber 2007 a Toyota Auris 2013 byly zjištěny kódové změny v hexadecimální interpretaci. Ty se však neprojevily v přeložených parametrech dynamického průběhu nehody.

4 Analýza současného stavu využitelnosti EDR v České republice

Aplikace EDR technologie do vozidel a využívání získaných informací jakožto objektivního podkladu pro vypracování znaleckého posudku dopravní nehody úzce souvisí s vývojem technologií a nepochybně také s právními úpravami na daném území. V USA jsou data získaná ze záznamníků EDR používána pro objasňování nehodových událostí již od 70. let, Evropa přijala tuto technologii později. První snahy o využití byly v některých zemích zaznamenány v 90. letech, zejména ve formě výzkumných projektů (VERONICA I, VERONICA II, SAMOVAR), jejichž hlavním záměrem bylo definovat právní stránku EDR, sběr a technické specifikace získávaných dat.

Tato kapitola pojednává o dosavadním pokroku legislativních předpisů, a především analyzuje současný stav využívání technologie EDR a získaných výstupů v českém prostředí, a to jednak průzkumem automobilového trhu a následným zjištěním konkrétních značek vozidel, které podporují zmíněnou technologii a vyčítání dat nástrojem CDR, a jednak průzkumem mezi soudními znalci prostřednictvím dotazníkového šetření.

4.1 Aktualizace legislativy

Revize nařízení o obecné bezpečnosti (General Safety Regulation – GSR), která byla schválena počátkem roku 2019, se zabývá konkrétními zájmy zranitelných účastníků silničního provozu a dále také vyžaduje vybavení nově vyrobených vozidel řadou vyspělých systémů a bezpečnostních prvků, které dle odhadu mohou do roku 2037 přispět k zabránění alespoň 25 000 smrtelných a 140 000 vážných poranění v důsledku nehodového děje. [37] Za účelem dosažení požadavků dokumentu GSR, byla Evropskou komisí pověřena nezávislá soukromá společnost Transport Research Laboratory (TRL), jejímž úkolem bylo poskytování technické podpory při vypracování textu nového nařízení.

Dne 16. prosince 2019 byl v Úředním věstníku Evropské unie uveřejněn zásadní legislativní dokument pro implementaci EDR funkce. Jedná se o *Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2019/2144 ze dne 27. listopadu 2019 o požadavcích pro schvalování typu motorových vozidel a jejich přípojných vozidel a systémů, konstrukčních částí a samostatných technických celků určených pro tato vozidla z hlediska obecné bezpečnosti a ochrany cestujících ve vozidle a zranitelných účastníků silničního provozu*. Nařízení je s výjimkou některých ustanovení použitelné od 6. července 2022 a je závazné v celém

rozsahu a přímo ve všech členských státech Evropské unie. Zejména klade důraz na integrovaný přístup k bezpečnosti silničního provozu a krom systémů zaměřených na ochranu cestujících ve vozidlech vyzdvihuje opatření k předcházení nehodám. Pro účely snížení počtu dopravních nehod, a především jejich závažnosti, může být nápomocna řada nových technologií. Nařízení zahrnuje povinnost vybavit vozidla jednak novými pokročilými asistenčními systémy (Advanced Driver Assistance Systems – ADAS), a jednak zařízením pro záznam nehodových dat (Event Data Recorder), pro které byl zároveň zaveden název – terminus technicus – *zapisovač údajů o události*. [38]

Pro zavedení funkce EDR je opodstatněným důvodem následující skutečnost:

(13) Zavedení zapisovačů údajů o události, které ukládají řadu důležitých anonymizovaných údajů o vozidle krátce před okamžikem srážky, v jejím průběhu a bezprostředně po ní (například na základě nafouknutí airbagu), doplněné o požadavky na rozsah, přesnost a rozlišení údajů, jakož i na jejich shromažďování, uchovávání a vyhledatelnost, je cenným prostředkem k získání přesnějších a podrobných údajů o nehodách. Proto by měla být těmito zapisovači vybavena všechna motorová vozidla. Tyto zapisovače by měly být schopny zaznamenávat a uchovávat údaje takovým způsobem, aby je členské státy mohly použít pouze k analýze bezpečnosti silničního provozu a k posouzení účinnosti konkrétních přijatých opatření, bez možnosti identifikace vlastníka či držitele daného vozidla na základě uložených údajů.

EDR však není samotným předmětem zájmu, dle článku 6 musí být motorová vozidla vybavena následujícími vyspělými systémy:

a) *inteligentní regulace rychlosti;*
b) *usnadnění montáže alkoholového imobilizéru;*
c) *upozorňování na ospalost a nedostatek pozornosti řidiče;*
d) *vyspělé upozorňování na rozptýlenost řidiče,*
e) *signál nouzového brzdění;*
f) *detekce zpětného chodu; a*
g) ***zapisovač údajů o události.***

Zapisovač údajů o události je dále definován jako *„systém, jehož jediným účelem je zaznamenávat a uchovávat kritické parametry a informace týkající se nárazu krátce před*

srážkou, v jejím průběhu a bezprostředně po ní," přičemž nařízení rovněž definuje základní parametry, které musí být zaznamenány, a dále klade následující požadavky:

a) *údaje, které jsou schopny zaznamenat a uchovávat v období krátce před srážkou, v jejím průběhu a bezprostředně po ní, musí zahrnovat rychlost vozidla, brzdění, polohu a náklon vozidla na silnici, stav a míru aktivace všech jeho bezpečnostních systémů a palubního systému eCall využívajícího linku tísňového volání 112, aktivaci brzd a relevantní vstupní parametry z palubních systémů aktivní bezpečnosti a předcházení nehodám, a to s vysokou přesností a zajištěným zachováním údajů;*
b) *zařízení nesmí být možné deaktivovat;*
c) *způsob, jakým jsou schopny zaznamenávat a uchovávat údaje, musí být takový, aby:*
    i. *fungovaly v rámci uzavřeného okruhu,*
    ii. *údaje, které shromažďují, byly anonymizovány a chráněny před manipulací a zneužitím, a*
    iii. *na základě údajů, které shromažďují, bylo možné přesně zjistit typ, variantu a verzi vozidla, a zejména systémy aktivní bezpečnosti a předcházení nehodám, jimiž je vozidlo vybaveno; a*
    iv. *údaje, které jsou schopny zaznamenávat, mohou být prostřednictvím standardizovaného rozhraní zpřístupněny vnitrostátním orgánům na základě práva Unie nebo vnitrostátního práva pouze pro účely zkoumání a analýzy nehod, včetně schvalování typu systémů a konstrukčních částí a v souladu s nařízením (EU) 2016/679.*

V neposlední řadě je vyžadováno, aby tyto zapisovače nemohly zaznamenávat a uchovávat poslední čtyři číslice rejstříkového kódu vozidla identifikačního čísla vozidla, ani žádné jiné informace, z nichž by bylo možné identifikovat konkrétní vozidlo, jeho vlastníka nebo držitele. S tím se samozřejmě pojí i otázka zpracování osobních údajů, které musí být v souladu s právními předpisy Unie o ochraně údajů, zejména s nařízením Evropského parlamentu a Rady (EU) 2016/679. [38] Zapisovače údajů o události jsou vyžadovány jako povinná výbava u všech nových vozidel kategorií M1 a N1 od roku 2022 a pro vozidla kategorií M2, M3, N2 a N3 od roku 2026. [39]

Evropská hospodářská komise OSN (UNECE - United Nations Economic Commission for Europe) vydává každoročně mimo jiné pracovní dokument o hlavních vývojových trendech a činnostech z oblasti automobilového průmyslu, jež má na starosti pracovní skupina WP.29

divize udržitelné dopravy, též známá jako Světové fórum pro harmonizaci předpisů o vozidlech (World Forum for the Harmonization of Vehicle Regulations). Světové fórum se oficiálně schází třikrát ročně a svěřuje jednotlivým skupinám konkrétní problémy, které je třeba naléhavě vyřešit, nebo které vyžadují zvláštní odbornost. [40] Další pokrok aktualizace a rozhodování z hlediska legislativních předpisů upravujících náležitosti EDR a systému pro ukládání dat pro automatizované řízení DSSAD (Data Storage System for Automated Driving) byl zpomalen zásluhou koronavirové krize, jednotlivá zasedání musela být zrušena, a tak veškeré diskuse o EDR a DSSAD probíhají online. Zásadním a výchozím dokumentem pro standardizaci datových prvků (tedy které konkrétní datové prvky jsou vyžadovány, jejich formát, přesnost, rozlišení aj.) je kodex federálních právních předpisů 49 CFR 563. Schéma tohoto dokumentu však vyžaduje modernizaci, a tak dochází k řadě úprav a rozšíření, lze uvést přidání řady datových prvků, které jsou zároveň spjaty s novými, zejména autonomními technologiemi. [41]

K červnu 2021 zatím proběhlo 13 zasedání, během kterých byly pracovní skupinou vypracovány dva zásadní dokumenty, tedy návrhy legislativního rámce pro EDR/DSSAD, které již byly schváleny výborem pro ustanovení o obecné bezpečnosti GRSG (The Working Party on General Safety Provision). První ze dvou zmíněných (konkrétně ECE/TRANS/WP.29/2020/123/Rev.1) obsahuje 41 datových prvků, které jsou téměř totožné s americkým kodexem 49 CFR 563, mnoho volitelných prvků z tohoto znění se v novém návrhu však stalo povinnými. Druhý dokument (ECE/TRANS/WP.29/2021/58) je změnou prvního návrhu, který navíc obsahuje dalších 23 prvků, tyto však mají zvláštní přechodnou dobu 2 roky, než se stanou povinnými. Pro příklad lze uvést hned několik nově přidaných prvků, jedná se o stav bezpečnostních pásů cestujících vzadu, monitorování tlaku v pneumatikách (TPMS – Tyre Pressure Monitoring System), podélné přednárazové zrychlení, boční přednárazové zrychlení, stáčivou rychlost, stav trakční kontroly, stav systému AEBS (Advanced Emergency Braking System – pokročilý nouzový brzdový systém), stav tempomatu, stav adaptivního tempomatu, aktivaci sekundárního bezpečnostního systému VRU, stav systému varování při vybočení z jízdního pruhu a další. [41]

Pro budoucí zasedání stále ještě existuje několik záležitostí, které musí být vyřešeny. Jedná se o opravy, případně dodatky ke stávajícím dokumentům EDR a dále například i dokument o společných technických prvcích pro těžká nákladní vozidla. [41]

4.2 Zastoupení vozidel na českém trhu

Schopnost záznamu nehodových dat je vzhledem k současnému stavu legislativního procesu nevyhnutelnou součástí výbavy všech nově vyráběných a nově registrovaných vozidel v evropském prostředí. Řada vozidel importovaných do České republiky EDR již obsahuje, především se pak jedná o vozidla z amerického trhu.

Většina výrobců pro zobrazení nehodových dat zvolila komerčně dostupný nástroj CDR. V rámci průzkumu byla zaměřena pozornost pouze na tato vozidla, a to z prostého důvodu. U vozidel, jejichž data lze vyčítat nástroji speciálně určenými pro danou značku, konkrétně pak např. Hyundai a Kia, na evropském trhu doposud nemají k dispozici systémy pro vyčítání dat. Tesla se v tomto ohledu svým způsobem liší, nemá totiž funkci EDR, ale vlastní systém záznamu dat, který ač funguje na stejném principu, zachycuje rovněž i jízdní data. Ta lze však opět vyčítat pouze systémem daného výrobce.

Pro účely zjištění zastoupení vozidel na českém trhu byl vytvořen seznam konkrétních značek a typů vozidel kategorií M1 a N1, která jsou vybavena funkcí EDR (nebo její obdobou). Výchozím dokumentem byl aktuální seznam vozidel podporovaných poslední verzí softwaru CDR21.1, který byl modifikován na základě dostupných dat. Jedná se jednak o údaje z databáze registru silničních vozidel, konkrétně statistiky II. pol./2020 (k 1. 1. 2021), jednak o statistiku registrací konkrétních značek a typů vozidel za dané období Svazu dovozců automobilů (SDA) a v neposlední řadě také o veřejně dostupné informace od konkrétních výrobců automobilů. U značek Hyundai, Kia a Tesla bohužel nebyla zjištěna informace o možnosti získání dat z vozidel dodávaných na český trh. Finální podobu databáze vozidel, která obsahují funkci záznamu nehodových dat na českém trhu pro rok 2021 představuje Příloha č. 1.

Obecně vzato lze tvrdit, že s novými modely vozidel přichází i možnost uchovávat mnohem více datových prvků, než tomu bylo u starších typů. Tyto nové prvky mohou být nad rámec zákonem požadovaných (49 CFR 563 v USA, ECE/TRANS/WP.29/2021/58 v EU) a v mnoha případech se jedná o velmi podrobné informace, jako například činnosti rozličných senzorů, údaje o aktivních opěrkách hlavy, faktor vzniku události aj. Pro přehlednou ilustraci byla vytvořena řada tabulek srovnání zaznamenávaných datových prvků různých generací EDR pro vozidlo Toyota Yaris, přičemž každá generace reprezentuje konkrétní modelové

roky. Zvýrazněné prvky tvoří vzorek elementů, které jsou uchovávány již od počátku přítomnosti funkce EDR v daném vozidle.

Tab. 14: Srovnání datových prvků stavu systému při vyčítání

Stav systému při vyčítání					
Datové prvky	**2002 - 2004 02 EDR**	**2005 - 2010 06EDR**	**2011 - 2017 10EDR**	**2018 - 2020 13EDR**	**2021 a novější 19EDR**
Modelové číslo řídicí jednotky (ECU Part Number)					x
Generace EDR (EDR Generation)					x
Záznam souboru kompletní (Complete File Recorded)					x
Zapalovací cyklus, stahování (Ignition Cycle, Download) (times)					x
Čas od události 1 do události 2 (Time from Event 1 to 2) (msec)			x	x	x
Více událostí, počet událostí (Multi-Event, Number of Events)					x
Umístění senzoru bočního airbagu 1, levý (Location of Side Satellite Sensor 1, L)			x	x	x
Umístění senzoru bočního airbagu 2, levý (Location of Side Satellite Sensor 2, L)			x	x	x
Umístění senzoru bočního airbagu 3, levý (Location of Side Satellite Sensor 3, L)			x	x	x
Umístění senzoru bočního airbagu 4, levý (Location of Side Satellite Sensor 4, L)			x	x	x
Umístění senzoru bočního airbagu 1, pravý (Location of Side Satellite Sensor 1, R)			x	x	x
Umístění senzoru bočního airbagu 2, pravý (Location of Side Satellite Sensor 2, R)			x	x	x
Umístění senzoru bočního airbagu 3, pravý (Location of Side Satellite Sensor 3, R)			x	x	x
Umístění senzoru bočního airbagu 4, pravý (Location of Side Satellite Sensor 4, R)			x	x	x
Přítomnost diagnostických chybových kódů (Diagnostic Trouble Codes Exist)					x
Umístění podlahového snímače (Location of Floor Sensor)			x	x	x

Tab. 15: Srovnání datových prvků stavu systému v době události

Stav systému v době události					
Datové prvky	**2002 - 2004 02 EDR**	**2005 - 2010 06EDR**	**2011 - 2017 10EDR**	**2018 - 2020 13EDR**	**2021 a novější 19EDR**
Počet spouští triggeru (TRG Count) (times)			x	x	x
Typ události (Event Type)	x	x	x	x	x
Závažnost události, řidič (Event Severity Status, Driver)	x	x			
Závažnost události, spolujezdec (Event Severity Status, Passenger)	x	x			
Typ předchozí události (Previous Crash Type)			x	x	x
Čas od předchozí spouště triggeru (Time from Previous TRG) (msec)					x
Čas od nuly do spouště triggeru (Time from Time Zero to TRG) (msec)					x
Faktor vzniku události (Event Establishment Factor)					x
Faktor spouště triggeru (TRG Establishment Factor)					x
Signál zmrazení (Freeze Signal)	x	x			x
Faktor signálu zmrazení (Freeze Signal Factor)					x
Stav záznamu, informace o předním/zadním a bočním nárazu (Recording Status, Front/Rear and Side Crash Info)			x	x	x
Signál počítadla ujeté vzdálenosti (Odometer Signal)					x
Počet jízd (Trip count) (times)					x
Počítadlo času (Time Count) (msec)					x
Počítadlo času (ECU airbagu) (Time Count (Airbag ECU)) (msec)					x
Vstupní systém pro počítání času (Time Count Input System)					x
Datum DCM (DCM Date)					x

Tab. 16: Srovnání datových prvků DTC v době události

Chybové kódy (DTC) v době události					
Datové prvky	**2002 - 2004 02 EDR**	**2005 - 2010 06EDR**	**2011 - 2017 10EDR**	**2018 - 2020 13EDR**	**2021 a novější 19EDR**
Stav záznamu, diagnostika (Recording Status, Diagnostic)			x	x	x
Zapalovací cyklus od spuštění DTC (Ignition Cycle Since DTC was Set)	x	x	x	x	x
Výstražná kontrolka airbagu zapnuta od spuštění DTC (Airbag Warning Lamp ON Time Since DTC was Set)	x	x	x	x	x
Diagnostický chybový kód (Diagnostic Trouble Code)	x	x	x	x	x

Tab. 17: Srovnání datových prvků příkazu aktivace

Data příkazu aktivace					
Datové prvky	**2002 - 2004 02 EDR**	**2005 - 2010 06EDR**	**2011 - 2017 10EDR**	**2018 - 2020 13EDR**	**2021 a novější 19EDR**
Aktivní opěrka hlavy, čas do spuštění, 1. sedadlo, levé (Active Head Restraint, Time to Deploy, 1st Seat, L) (msec)					x
Aktivní opěrka hlavy, čas do spuštění, 1. sedadlo, pravé (Active Head Restraint, Time to Deploy, 1st Seat, R) (msec)					x
Aktivace čelního airbagu, čas do první fáze aktivace, řidič (Frontal Airbag Deployment, Time to 1st Stage Deployment, Driver) (msec)	x	x			x
Aktivace čelního airbagu, čas do první fáze aktivace, spolujezdec vpředu (Frontal Airbag Deployment, Time to 1st Stage Deployment, Front Passenger) (msec)	x	x			x
Aktivace čelního airbagu, čas do druhé fáze aktivace, řidič (Frontal Airbag Deployment, Time to 2nd Stage, Driver) (msec)	x	x			x
Aktivace čelního airbagu, čas do druhé fáze aktivace, spolujezdec vpředu (Frontal Airbag Deployment, Time to 2nd Stage, Front Passenger) (msec)	x	x			x
Aktivace čelního airbagu, čas do třetí fáze aktivace, spolujezdec vpředu (Frontal Airbag Deployment, Time to 3rd Stage, Front Passenger) (msec)	x	x			x
Aktivace předepínače, čas do odpálení, 1. sedadlo, levé (Pretensioner Deployment, Time to Fire, 1st Seat, L) (msec)		x	x	x	x
Aktivace předepínače, čas do odpálení, 1. sedadlo, pravé (Pretensioner Deployment, Time to Fire, 1st Seat, R) (msec)		x	x	x	x
Aktivace předepínače, čas do odpálení, 2. sedadlo, levé (Pretensioner Deployment, Time to Fire, 2nd Seat, L) (msec)		x	x	x	x
Aktivace předepínače, čas do odpálení, 2. sedadlo, pravé (Pretensioner Deployment, Time to Fire, 2nd Seat, R) (msec)		x	x	x	x
Aktivace airbagu na zadním okně, čas do aktivace (Rear Window Airbag Deployment, Time to Deploy) (msec)			x	x	x
Aktivace bočního airbagu, čas do aktivace, 1. sedadlo, levé (Side Airbag Deployment, Time to Deploy, 1st Seat L) (msec)			x	x	x
Aktivace bočního airbagu, čas do aktivace, 1. sedadlo, pravé (Side Airbag Deployment, Time to Deploy, 1st Seat R) (msec)			x	x	x
Aktivace bočního airbagu, čas do aktivace, 2. sedadlo, levé (Side Airbag Deployment, Time to Deploy, 2nd Seat L) (msec)			x	x	x
Aktivace bočního airbagu, čas do aktivace, 2. sedadlo, pravé (Side Airbag Deployment, Time to Deploy, 2nd Seat R) (msec)			x	x	x
Aktivace hlavové zástěny (postranní airbag), čas do aktivace, levý (Side Curtain Airbag Deployment, Time to Deploy, L) (msec)			x	x	x
Aktivace hlavové zástěny (postranní airbag), čas do aktivace, pravý (Side Curtain Airbag Deployment, Time to Deploy, R) (msec)			x	x	x

Tab. 18: Srovnání datových prvků přednárazových dat (1 vzorek)

Přednárazová data (-1 vzorek)					
Datové prvky	**2002 - 2004 02 EDR**	**2005 - 2010 06EDR**	**2011 - 2017 10EDR**	**2018 - 2020 13EDR**	**2021 a novější 19EDR**
Stav záznamu, před nárazem (Recording Status, Pre-Crash)			x	x	x
Stav záznamu, cestující (Recording Status, Occupant)				x	x
Čas od doby před nárazem do spouště triggeru (Time from Pre-Crash to TRG) (msec)			x	x	x
Stav bezpečnostního pásu, řidič (Safety Belt Status, Driver)	x	x	x	x	x
Stav bezpečnostního pásu, spolujezdec vpředu (Safety Belt Status, Passenger)	x	x	x	x	x
Stav bezpečnostního pásu, sedadla 2. řady vlevo, uprostřed a vpravo (Safety Belt Status, 2nd Row Left, Center & Right Seats)					x
Klasifikace velikosti cestujících, cestujících vpředu - sníženo (Occupant Size Classification, Front Passenger Reduced)					x
Klasifikace velikosti cestujících & informace, spolujezdec vpředu (Occupant Size Classification & Information, Front Passenger)	x	x	x	x	x
Informace o cestujících, 2. sedadlo, vlevo, vpravo, uprostřed (Occupant Information, 2nd Seat, L, R & Center)					x
Stav spínače potlačení aktivace airbagu, spolujezdec vpředu (Frontal Airbag Suppression Switch Status, Front Passenger)	x	x	x	x	x
Vypínač funkce aktivace airbagu v důsledku převrácení (RSCA Disable Switch)	x	x	x	x	x
Polohový spínač sedadla, první, stav, řidič (Seat Track Position Switch, Foremost, Status, Driver)	x	x	x	x	x
Výstražná kontrolka airbagu, zapnuto/vypnuto (Airbag Warning Lamp, On/Off)			x	x	x
Zapalovací cyklus, náraz (Ignition Cycle, Crash) (times)			x	x	x

Tab. 19: Srovnání datových prvků přednárazových dat (-5 – 0 s)

Přednárazová data (~ -5 až 0 s)					
Datové prvky	**2002 - 2004 02 EDR**	**2005 - 2010 06EDR**	**2011 - 2017 10EDR**	**2018 - 2020 13EDR**	**2021 a novější 19EDR**
Rychlost vozidla (Vehicle Speed)	x	x	x	x	x
Plynový pedál, % plného stlačení (Accelerator Pedal, % Full)	x	x	x	x	x
Otáčky motoru (Engine RPM)	x	x	x	x	x
Otáčky motoru (Motor RPM)			x	x	x
Prozovzní brzda, zapnuto/vypnuto (Service Brake, ON/OFF)	x	x	x	x	x
Poloha řazení (Shift Position)		x	x	x	x
Rozsah sekvenčního řazení (Sequential Shift Range)			x	x	x
Tlak brzdového oleje (Brake Oil Pressure)			x	x	x
Brzdný moment ovládaný řidičem (Driver Operate Brake Torque)					x
Úhel natočení vozidla (Steering Input)			x	x	x
Stáčivá rychlost (Yaw Rate)			x	x	x
Podélné zrychlení, snímač VSC (Longitudinal Acceleration , VSC Sensor)			x	x	x
Procento škrticí klapky motoru (Percentage of Engine Throttle)			x	x	x
Množství vstřikovaného paliva (Fuel Injection Quantity)			x	x	x
Stav tempomatu (Cruise Control Status)			x	x	x
Ražim jízdy (Drive Mode)			x	x	x
Režim jízdy, VSC & kontrolka TRC (kontrola trakce) OFF (Drive Mode, VSC & TRC OFF lamp)					x
Signál READY (READY Signal)					x
Stav ABS, BOC, TRC & VSC (ABS, BOC, TRC & VSC Control Status)					x
Požadavek PCS-ALM/PBA/PB (PCS-ALM/PBA/PB Request Flag)					x
Stav a stav spínače PCS (zapnuto/vypnuto) (PCS ON/OFF Switch Status and Status)					x
Stav LCA, LKA & LTA (LCA, LKA & LTA Control Status)					x
Činnost směrových světel (Turn Signal Operation)					x
Hodnota snímače točivého momentu EPS (EPS Torque Sensor Value)					x
DES klakson & požadavek výstražných světel (DES Horn & Hazard Request)					x
Fáze systému DES (DES System Phase)					x
Napájení stavu IG 1 & 2 (Powering IG Status 1 & 2)					x

Tab. 20: Srovnání datových prvků nárazového impulzu

Data nárazového impulzu (Přední/zadní, boční & převrácení)					
Datové prvky	**2002 - 2004 02 EDR**	**2005 - 2010 06EDR**	**2011 - 2017 10EDR**	**2018 - 2020 13EDR**	**2021 a novější 19EDR**
Podélná Delta-V (Longitudinal Delta-V)	x	x	x	x	x
Boční Delta-V (Lateral Delta-V)	x	x	x	x	x
Boční zrychlení při převrácení (Lateral Acceleration During Rollover Events)	x	x	x	x	x
Rychlost otáčení (Roll Rate)	x	x	x	x	x
Max. podélná a boční Delta-V (Max. Longitudinal and Lateral Delta-V)	x	x	x	x	x
Čas od nuly do spouště triggeru (Time from Time Zero to TRG)			x	x	x
Délka trvání Delty-V (Length of Delta-V)			x	x	x
Maximální Delta-V, podélná (Maximum Delta-V, Longitudinal)			x	x	x
Čas, maximální Delta-V, podélná (Time, Maximum Delta-V, Longitudinal)			x	x	x
Stav napájení v době max. Delty-V (Power Supply Status at the time of Max. Delta-V)			x	x	x
Ořezový čas pro různé senzory zrychlení a tlaku (Clipping time for various acceleration and pressure sensors)			x	x	x
Úhel natočení - maximální hodnota (Roll Angle Peak)	x	x	x	x	x
Úhel natočení v době spouště triggeru (Roll Angle at the Time of TRG)			x	x	x
Zaznamenaná strana (Recorded Side)			x	x	
Pravé/levé boční senzory (tlak nebo zrychlení) (Right/Left Satellite Sensors (Pressure or Acceleration))					x
Umístění senzoru bočního airbagu (Location of Side Satellite Sensors)			x	x	x

4.3 Průzkum mezi znalci

Dílčím cílem diplomové práce je analýza aktuálního stavu využitelnosti EDR, a to rovněž mezi oslovenými soudními znalci oboru silniční dopravy na území České republiky. Pro tyto účely byla za optimální metodu průzkumu zvolena empirická metoda analýzy, a tedy dotazníkové šetření, jehož cílem je zjistit obecné povědomí a dosavadní zkušenosti soudních znalců z praxe s technologií EDR. Záměrem průzkumu je tedy zejména ověření, zda jsou výstupy záznamníků nehodových dat v současné době vůbec užívány pro znaleckou analýzu, na základě čehož lze vyvozovat následná doporučení. Vzhledem k současnému stavu implementace v Evropě se předpokládá, že výstupy řešené technologie nebudou příliš využívaným prostředkem jakožto objektivním podkladem pro vyšetřování dopravních nehod.

4.3.1 Realizace dotazníkového šetření

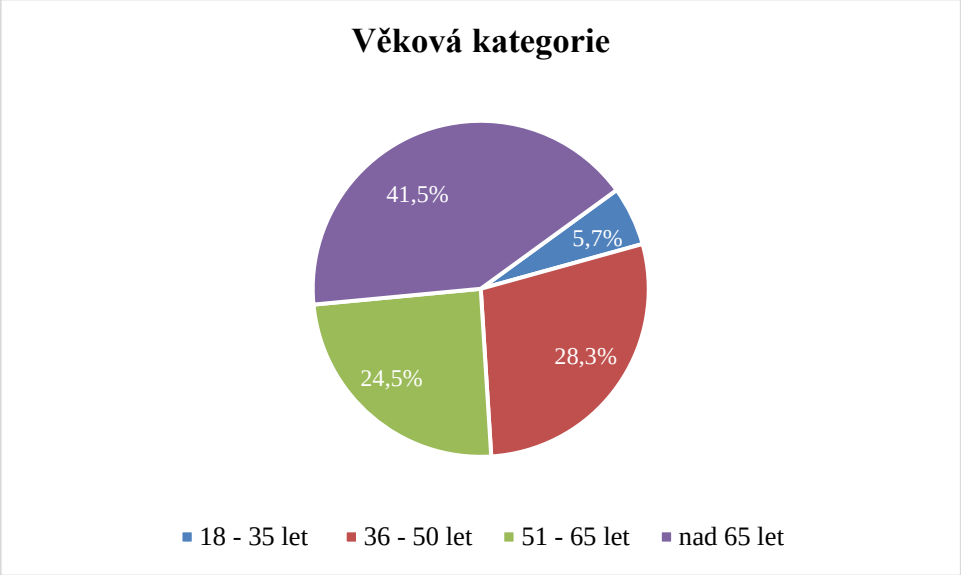
Dotazníkové šetření bylo realizováno elektronickou formou, konkrétně skrze nástroj pro tvorbu a správu průzkumů Google Forms. Dotazník „Využití technologie EDR ve znalecké praxi“ (Příloha č. 2) se skládá z 9 otázek, které byly koncipovány tak, aby bylo možno získat odpovědi jak statistického rázu, tak i konkrétní připomínky a názory na danou problematiku prostřednictvím otevřených otázek. V rámci dotazníkového šetření bylo e-mailem osloveno celkem 213 respondentů z řad soudních znalců oboru silniční dopravy celé České republiky. E-mailové adresy, prostřednictvím kterých bylo možné se s respondenty spojit, byly získány skrze veřejnou databázi Evidence znalců a tlumočníků Ministerstva spravedlnosti. Odpovědi byly přijímány v intervalu od 1. 4. 2021 do 20. 6. 2021, tedy celkem 81 dní, za tuto dobu byly získány odpovědi od 53 respondentů. Celková návratnost dotazníku tedy činila 24,9 %. Hodnota návratnosti se úzce pojí s dobrovolností účasti v šetření, neaktuálností e-mailových adres, ale také skutečností, že se někteří oslovení již nezabývají zpracováváním znaleckých posudku dopravních nehod.

4.3.2 Vyhodnocení průzkumu

Otázka č. 1: Věková kategorie

Tab. 21: Tabulka věkových kategorií

Věková kategorie	Absolutní četnost	Relativní četnost
18 – 35 let	3	5,7 %
36 – 65 let	15	28,3 %
51 – 65 let	13	24,5 %
nad 65 let	22	41,5 %
Celkem	53	100,0 %



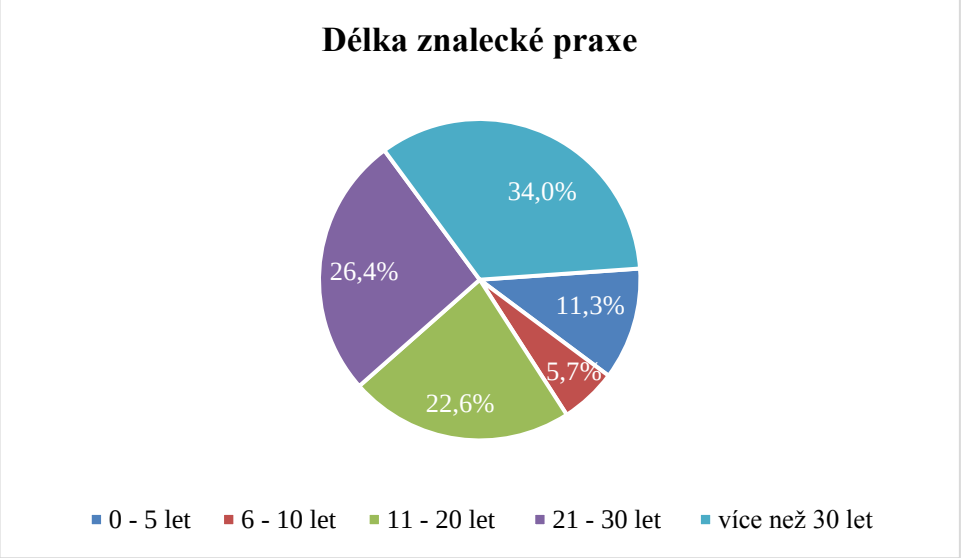
Obr. 74: Graf věkových kategorií

Z Obr. 74 je patrný fakt, že největší podíl respondentů, tedy 41,5 %, je ve věku nad 65 let. Obecně vzato je naskrz všemi obory průměrný věk soudních znalců vyšší šedesáti let a v současné době nepříznivé podmínky pro soudně znaleckou činnost (nový znalecký zákon, podhodnocená výše odměny za činnost, nedostatečná ochrana znalců aj.) ani nevzbuzují další zájem mladých odborníků o tento obor.

Otázka č. 2: Jak dlouho vykonáváte soudně znaleckou činnost?

Tab. 22: Tabulka délky výkonu soudně znalecké činnosti

Délka znalecké praxe	Absolutní četnost	Relativní četnost
0 – 5 let	6	11,3 %
6 – 10 let	3	5,7 %
11 – 20 let	12	22,6 %
21 – 30 let	14	26,4 %
více než 30 let	18	34,0 %
Celkem	53	100,0 %



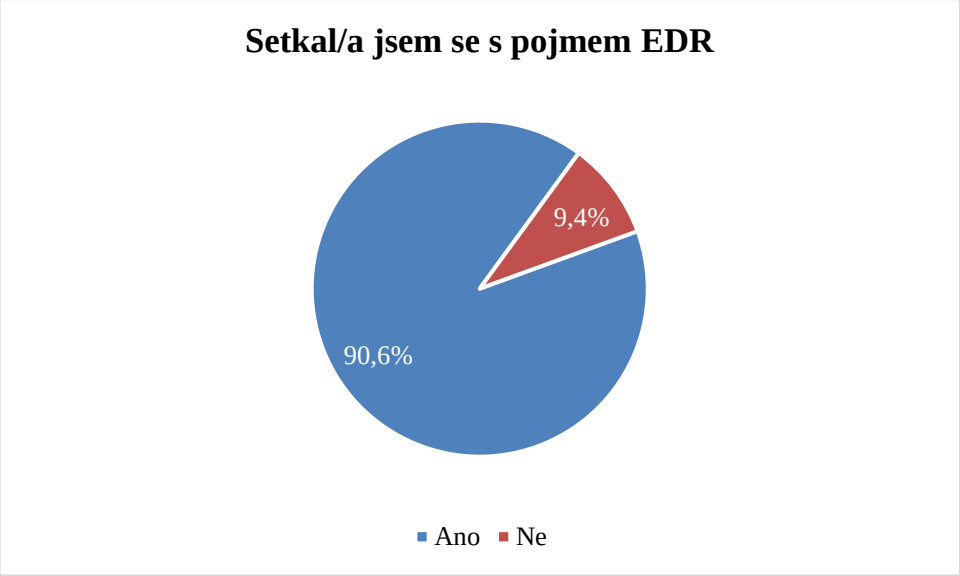
Obr. 75: Graf délky výkonu soudně znalecké činnosti

Co se délky výkonu soudně znalecké činnosti týče, celkem 34 % respondentů vykonává činnost více než 30 let (Obr. 75), v tomto segmentu zjištěné hodnoty vesměs korespondují s předchozím grafem. Naopak začínající znalci vykonávající činnost 0 – 5 let zaujímají navzdory výše zmíněnému nemalé procento, konkrétně 11,3 %. Otázka délky výkonu činnosti je v tomto průzkumu zahrnuta především z důvodu zjištění, zda je povědomí o technologii EDR záležitostí spíše zkušenějších znalců, nebo v tomto ohledu nehraje délka výkonu činnosti významnou roli.

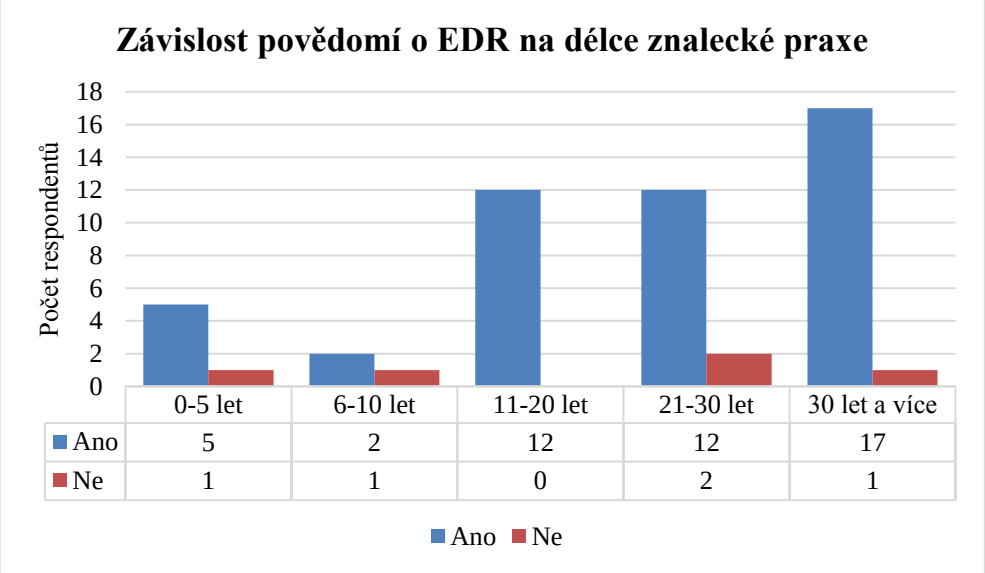
Otázka č. 3: Setkal/a jste se již někdy s pojmem EDR?

Tab. 23: Tabulka povědomí o technologii EDR

Setkal/a jsem se s pojmem EDR	Absolutní četnost	Relativní četnost
Ano	48	90,6 %
Ne	5	9,4 %
Celkem	53	100,0 %



Obr. 76: Graf povědomí o technologii EDR

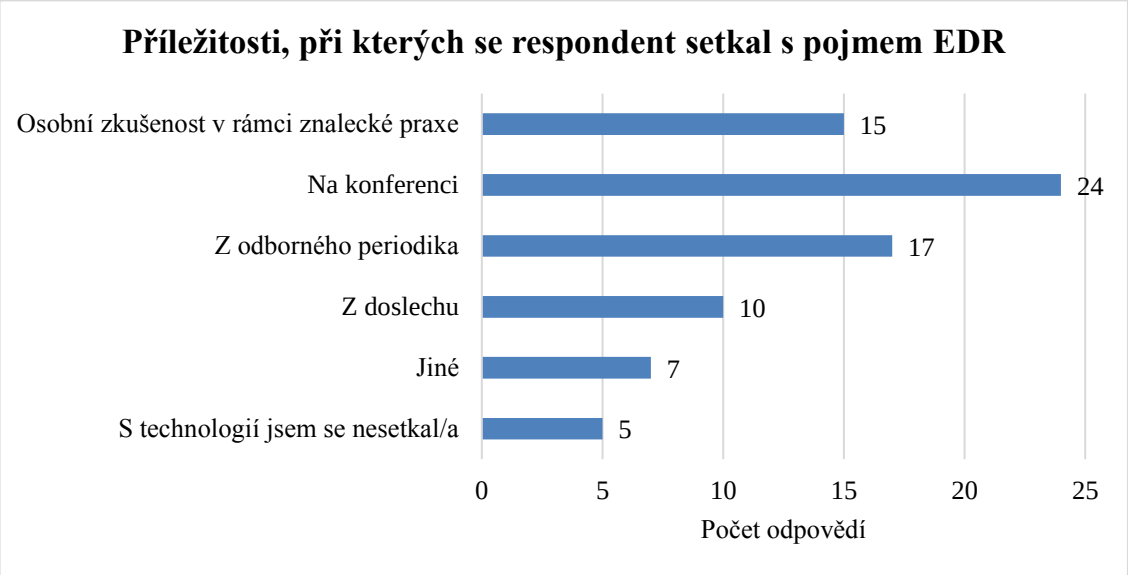


Obr. 77: Graf závislosti povědomí o technologii EDR na délce znalecké praxe

Otázka č. 3 je již zaměřena čistě na povědomí o řešené technologii. Zde se setkáváme s pozoruhodnými výsledky, s pojmem EDR se dle šetření již setkala drtivá většina, tedy 90,6 % dotázaných. Naopak 9,4 % respondentů se s pojmem EDR setkalo poprvé (Obr. 76).

Na základě získaných informací byl vytvořen graf závislosti povědomí o technologii EDR na délce znalecké praxe (Obr. 77). Lze konstatovat, že délka výkonu znalecké činnosti nijak významně nesouvisí s délkou praxe.

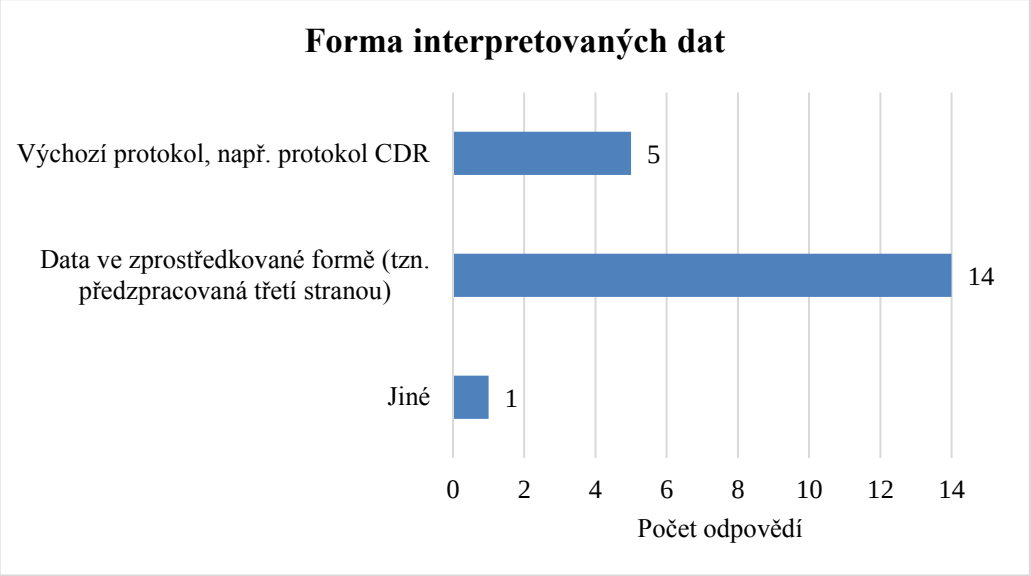
Otázka č. 4: Při jaké příležitosti jste se setkal/a se zmíněnou technologií?



Obr. 78: Graf okolností, při kterých se respondent setkal s pojmem EDR

Pro potřeby získání detailnějších informací byla položena otázka na konkrétní situaci, při které se respondent setkal s pojmem EDR. Otázka byla koncipována tak, aby bylo možno odpovědět jak na předem dané možnosti, tak i vepsat vlastní zkušenost a zároveň zvolit více alternativ. Je zcela jasně patrné, že největší zastoupení zde má možnost „Na konferenci“, případně „Z odborného periodika“, tedy zkušenosti spíše teoretické povahy. Za zmínku jistě stojí i skutečnost, že ze všech respondentů má osobní zkušenost v rámci své znalecké praxe celkem 15 znalců, což lze též vyjádřit jako 28 % všech respondentů (Obr. 78). Nelze opomenout ani odpovědi skryté pod možností „Jiné“, která umožnila uvést jiné zkušenosti než předem dané, pro příklad lze zmínit některé reakce: *„V minulém zaměstnání – zkušební technik.“, „Zkušenost v rámci projektu VIMOT.“, „Jsem bývalý programátor těchto technologií.“* a *„Prodej a servis motorových vozidel.“*

Otázka č. 5: Pokud byla Vaše odpověď na předchozí otázku "Osobní zkušenost v rámci znalecké praxe", v jaké formě byla EDR data interpretována?



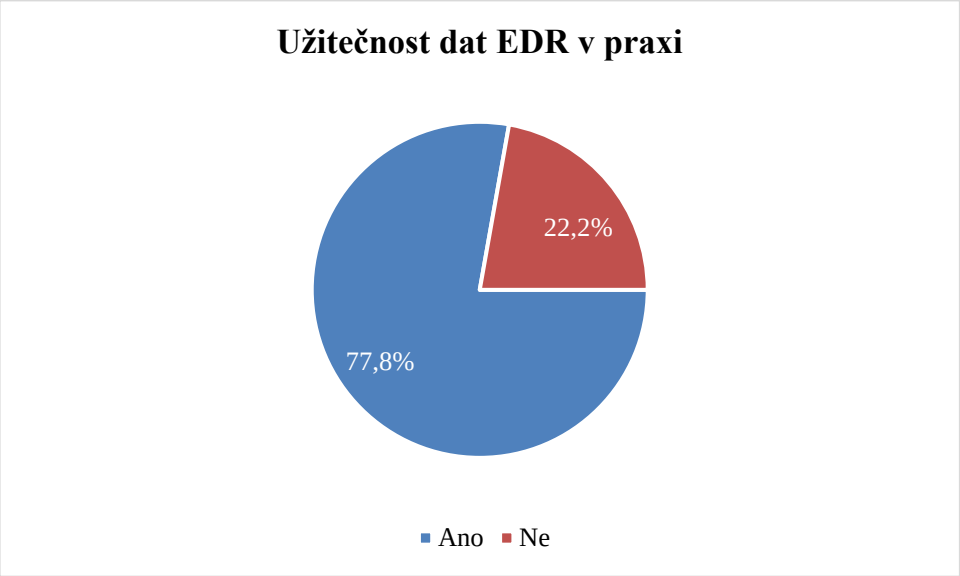
Obr. 79: Graf formy dat EDR

V dotazníkovém šetření byla položena otázka i na formu, ve které byla data předložena a ač byla omezena na respondenty s osobní zkušeností v rámci znalecké praxe, toto doporučení nebylo zcela respektováno a odpověď byla získána i od dalších znalců, kteří se s určitou formou výstupu mohli setkat v rámci nejedné konference/odborného periodika. Důležitá však je opět nejvíce zastoupená možnost, zde tedy skutečnost, že znalci se nejčastěji setkali s daty ve zprostředkované formě, případně s některými vyvozenými závěry na možný průběh dopravní nehody. V jednom případě také byla zvolena možnost vlastní odpovědi, konkrétně *„Data neinterpretována z důvodu nákladů, zamítnuta policií.“*, která poukazuje na zásadní problém, neboť je potřeba si uvědomit, do jaké míry mohou data EDR přispět v rámci vyšetřování dopravní nehody a zda náklady vynaložené za jiné metody získávání objektivních podkladů nejsou ve výsledku srovnatelné.

Otázka č. 6: Pokud byla Vaše odpověď na předchozí otázku "Osobní zkušenost v rámci znalecké praxe", byla pro Vás data EDR užitečná?

Tab. 24: Tabulka užitečnosti dat EDR pro respondenty, kteří mají osobní zkušenost v rámci znalecké praxe

Užitečnost dat EDR v praxi	Absolutní četnost	Relativní četnost
Ano	14	77,8 %
Ne	4	22,2 %
Celkem	18	100,0 %



Obr. 80: Graf užitečnosti dat EDR pro respondenty, kteří mají osobní zkušenost v rámci znalecké praxe

Oslovení znalci, kteří již ve své praxi zároveň mají osobní zkušenost s řešením nehody, při které byla k dispozici nehodová data EDR, byli tázáni, zda pro ně data byla užitečná. Odpovědi byly získány od všech respondentů, na které byl dotaz směřován. V 77,8 % data splnila svůj účel, a tedy byla užitečná v rámci řešení dané dopravní nehody, naopak 22,2 % respondentů neshledalo získané údaje jako užitečný zdroj informací (Obr. 80).

Otázka č. 7: Domníváte se, že technologie EDR může být ve Vaší znalecké praxi užitečným nástrojem? Svou odpověď případně prosím zdůvodněte.

S respondenty byla diskutována i otázka teoretické užitečnosti dat, tedy zda se domnívají, že by technologie EDR mohla být užitečným nástrojem v rámci znalecké praxe, případně své tvrzení zdůvodnit. Všichni z dotázaných zaujímají kladný postoj ke zmíněnému zdroji informací, a tedy všichni se i domnívají, že by data mohla být užitečným nástrojem pro

analýzu dopravních nehod. V této otázce je do určité míry zřetelná rozporuplnost některých doplňujících tvrzení. Ač většina znalců zaujímá kladný postoj k problematice získaného výstupu, některé odpovědi jsou poněkud skeptičtější. Pro příklad je níže citováno několik odpovědí rozličných charakterů:

> *„Mohla by se stát základem získání přesných podkladů, které často chybí, nebo nejsou zaznamenány."*

> *„Získání údajů a parametrů (dynamických, stavových atd.) o vozidle, které buď nejsou vůbec zjistitelné nebo je nutné je nepřímým způsobem dopočítávat nebo stanovovat s větší či menší mírou nepřesnosti."*

> *„Vozidlová data získávána z různých snímačů vozidla jsou značně rozsáhlá a jejich využití pro analýzu dopravních nehod může významně přispět k rozboru jak předstřetového, tak i postřetového pohybu vozidla, a ne pouze pro management vozidla."*

> *„Při průměrném počtu DN, kdy by tato technologie mohla být využita, vztaženo k celkovému počtu užívaných vozidel považuji tuto technologii za zbytečně nákladnou za účelem implementace do všech těchto vozidel, již dnes jsou vozidla zbytečně přetechnizována a tím i předražena, přičemž efekt všech těchto technických vymožeností neodpovídá vynaloženému úsilí."*

Určité procento dotázaných svou odpověď oprávněně navíc doplňuje tvrzením o nutnosti komparace takto získaných údajů s dalšími metodami analýzy:

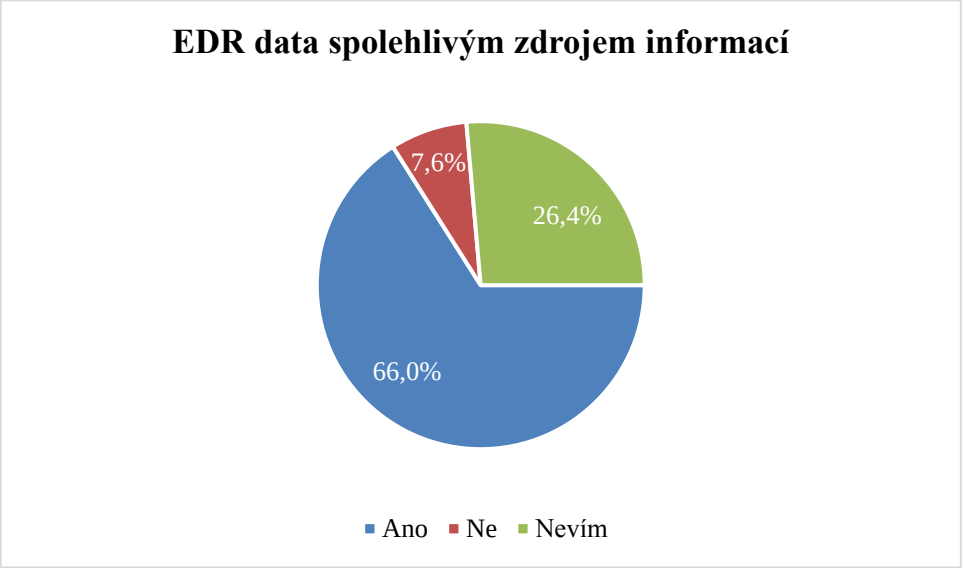
> *„Do jisté míry je nutná komparace dat se simulací nehodového děje, nelze závěry znaleckého zkoumání opřít toliko o data EDR."*

> *„Bude sloužit jako podklad pro stanovení rychlosti a dat z DN. Tato data bude ale nutné ověřit na základě celkové analýzy DN. Brzdné stopy, EES, …"*

Otázka č. 8: Považujete data EDR v současném stavu za spolehlivý zdroj informací? Svou odpověď případně prosím zdůvodněte.

Tab. 25: Tabulka spolehlivosti EDR dat, jak vnímáno respondenty

EDR data spolehlivým zdrojem informací	Absolutní četnost	Relativní četnost
Ano	35	66,0 %
Ne	4	7,6 %
Nevím	14	26,4 %
Celkem	53	100,0 %



Obr. 81: Graf spolehlivosti EDR dat, jak vnímáno respondenty

V rámci šetření byla dále položena otázka, jak vnímají respondenti data EDR, tedy zda je považují za spolehlivý zdroj informací. Celkem 66 % respondentů se shoduje na kladné odpovědi; 7,6 % je opačného názoru a zbylých 26,3 % nedokáže posoudit (Obr. 81). Co se však týče odůvodnění výběrů dané možnosti, často se názorově shodují, ať už zvolili jakoukoli alternativu. Hojně opakovanou je myšlenka, že EDR je potřeba vnímat pouze jako doplňkový nástroj a jeho výstupy je nutno ověřit. Níže jsou opět uvedeny některé odpovědi uvedené v kombinaci s odpovědí „Ano“:

„Ano, avšak na tyto data nelze nahlížet jako na jediný objektivní vstup.“

„Jedná se o data zaznamenaná přímo ze snímačů vozidla. Je tedy třeba k nim přistupovat kriticky - např. provést alespoň základní diagnostiku vozidla a data

porovnat s předpokládaným průběhem nehodového děje, případně záznamem z kamery.“

„Jakýkoliv prokazatelný údaj o pohybu vozidla je potřebný.“

Odpověď „Nevím“, tedy druhá nejčetnější možnost, byla volena především respondenty, kteří nemají zkušenost s výstupy EDR a nemohou tak posoudit relevantnost dat. Reakce však opět byly rozličné:

„Na základě mojí praxe vědeckého pracovníka mohu říct, že vozidlová data je nutné brát s rezervou, jelikož přesnost některých z nich může být nízká. V případě využití těchto dat v analýze dopravních nehod tak bude nutné ověřit věrohodnost konkrétních dat před jejich použitím, případně bude nutné do budoucna vytvořit nástroje, které zabezpečí jejich přesnost.“

Otázka č. 9: Domníváte se, že by tento nástroj mohl v maximální míře nahradit současné metody pro zjišťování technických parametrů nehodové události? Svou odpověď případně prosím zdůvodněte.

Tab. 26: Tabulka nahrazení současných metod technologií EDR, jak vnímáno respondenty

Nahrazení současných metod technologií EDR	Absolutní četnost	Relativní četnost
Ano	16	30,2 %
Ne	29	54,7 %
Nevím	8	15,1 %
Celkem	53	100,0 %

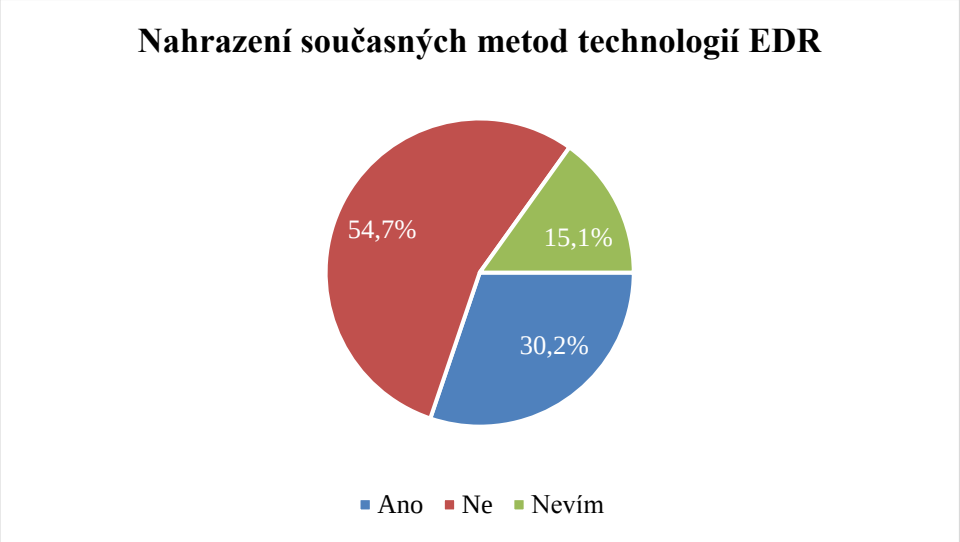
Závěrečnou otázkou, u které opět neexistuje jednoznačná shoda respondentů, je dotaz na eventuální nahrazení současných metod pro zjišťování technických parametrů nehody v maximální míře technologií EDR. Obr. 82 prezentuje výsledky, a jak se dalo předpokládat již na základě dříve zmíněných postojů, většina, tedy konkrétně 54,7 %, je názoru, že nástroj EDR v současné době nemůže nahradit doposud užívané metody. 15,1 % respondentů nedokáže posoudit a zbylých 30,2 % odpovídá kladně, nicméně často s výhradami. Tedy např. za předpokladu jeho spolehlivosti, resp. přesnosti dat a v případě, že nebude na tato data nahlíženo jako na jediný objektivní vstup a budou tedy pouze zpřesňujícím prostředkem. Často je zdůrazňována skutečnost, že tuto otázku ověří až praxe. Níže je opět uvedeno několik vybraných odpovědí, které vesměs obsahují často opakované myšlenky:

„Asi bych vynechal "v maximální míře", úroveň EDR, kterou lze v sériové výrobě dosáhnout nikdy nebude ekvivalentní zařízení, které používáme při crashových zkouškách, kde je již desítky let běžná např. vzorkovací frekvence 1-10 kHz, i přesto je technologie EDR využitelná pro analýzu DN. Ovšem za jakou cenu? Pravdou je, že masová výroba takových zařízení může jejich cenu podstatně zlevnit, i pak ale bude neúměrně zatěžovat cenu nového vozidla.“

„Každá nehoda je originál, nutné je hodnotit místo střetu, pohyb vozidel po střetu, terén, okolí. Dle mého názoru to bude doplňkový nástroj, který pomůže s analýzou DN. Stejně jako softwarové programy.“

„Spíše ano. Potenciál k tomu má velký a může velice dobře přispět k rekonstrukci předstřetového děje. Stávající metody spíše než nahradí, odsune do pozice kontrolních a verifikačních. Viděl bych zde analogii s kvalitním videozáznamem z palubní nebo stacionární kamery.“

„EDR obsahuje technická data s nedostatečně identifikovanou vazbou na jiné okolnosti.“



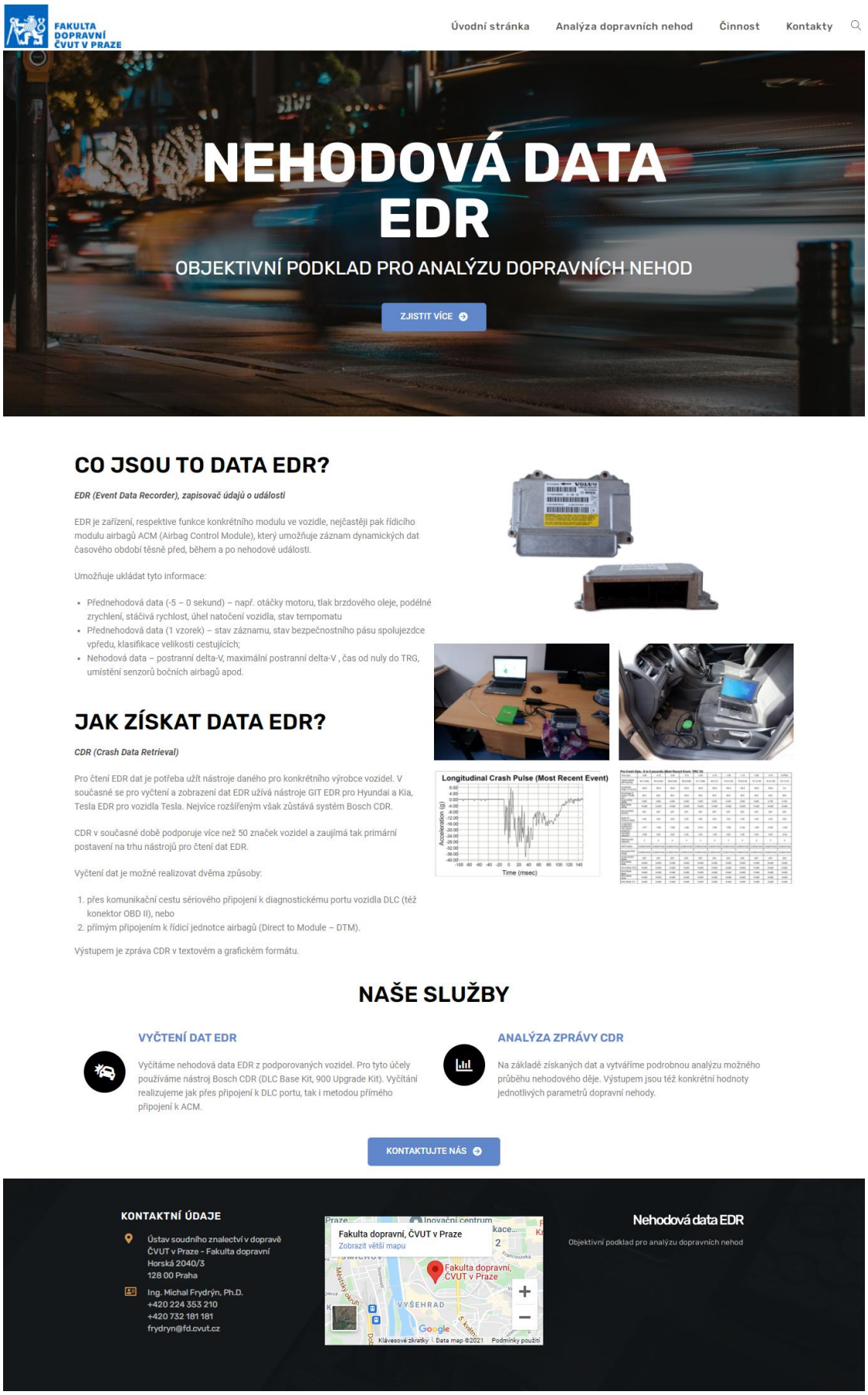
Obr. 82: Graf nahrazení současných metod technologií EDR, jak vnímáno respondenty

5 Doporučení

Z realizovaného dotazníkového šetření, kterého se účastnilo 53 respondentů z 213 oslovených, je překvapivou a zásadní informací skutečnost, že s pojmem EDR se setkalo 90,6 % zúčastněných. Významným limitem ovlivňujícím danou hodnotu může však být dobrovolnost účasti oslovených respondentů. Otázkou tedy zůstává, zda by bylo dosaženo podobných výsledků v případě, že by byla hodnota návratnosti vyšší, a tedy by byly získány odpovědi i od oslovených, kteří se například neúčastnili šetření z důvodu, že se s pojmem nikdy dříve nesetkali. Na základě získaných odpovědí však lze konstatovat, že většina znalců zaujímá kladný postoj k využívání EDR nehodových dat v soudně znalecké praxi a přivítali by možnost užít data jako doplňkový zdroj informací. Vzhledem k tomu, že se v Evropě zatím jedná o nepříliš užívaný podklad pro analýzu nehod, je určitá míra skepticismu namístě. Je proto třeba poznamenat, že správná interpretace CDR protokolu, ve kterém stále existuje určité riziko výskytu chyb, vyžaduje speciálně vyškolených odborníků, kteří při analýze dokážou v kombinaci s dostupnými informacemi o okolnostech nehodového děje zdůvodnit případné nesrovnalosti a zaručit tak správnost předkládaného výstupu.

Pro účely možnosti dalších praktických aplikací, a též na základě respondenty projeveného zájmu o téma, byly vytvořeny webové stránky, jejichž hlavním cílem je informovat o konceptu nehodových dat, vyčítání nástrojem CDR, a především pak možnosti spolupráce jak v oblasti samotného vyčítání, ale také podrobné analýzy výstupu průběhu nehodového děje. Prostřednictvím této platformy je pak zajištěno informování nejen znalců, ale rovněž široké veřejnosti, neboť EDR ve vozidlech vzhledem k rychlému nástupu na evropský trh bude předmětem stále více narůstajícího zájmu, s čímž se pojí i možnost uplatnění v tomto oboru.

Pro webové stránky byla zaregistrována doména www.nehodovadata.cz, veškerý obsah byl pak vytvořen skrze open source software WordPress. V samotném prvopočátku návrhu konceptu byl definován hlavní účel webu, který, jak již bylo zmíněno, je především informačního charakteru. Následně byla vytvořena struktura internetových stránek, tedy model rozmístění jednotlivých prvků, přičemž byl kladen důraz na jednoduchost stránek. V poslední řadě byl doplněn textový a grafický obsah, který zároveň obsahuje hypertextové odkazy, které zajišťují snadnou orientaci uživatele v rozhraní webu. Následující obrázek zachycuje podobu úvodní stránky vytvořeného webu.



Obr. 83: Ukázka úvodní stránky vytvořeného webu

Jednou z nesporných výhod realizace webu byla také možnost prezentace dílčích výstupů diplomové práce. Součástí webového obsahu je například vytvořená databáze vozidel podporovaných technologií EDR, jež umožní vyhledání a zejména ověření možnosti vyčtení dat konkrétní značky, případně modelu (modelového roku) vozidla na území České republiky. Je však třeba zdůraznit, že seznam je aktuální pouze pro vozidla dodávaná pro evropský trh. Zde se dostáváme k jedné ze slabých stránek konkrétního přístupu, neboť pokud by hledané vozidlo bylo importováno ze země, ve které je již EDR ve zcela odlišné fázi implementace (např. severoamerický trh, kde je technologie EDR téměř u všech nově vyráběných vozidel), nebylo by možné toto vozidlo v seznamu vyhledat, ač existuje vysoká pravděpodobnost, že by data bylo možno vyčíst. Vždy je tedy třeba dbát na verifikaci konkrétních informací o daném vozidle, případně pak možnost vyčtení porovnat s jinými dostupnými zdroji.

6 Závěr

Ač je v současné době znatelná stále se zvyšující úroveň bezpečnosti silničního provozu, jež vede ke klesající tendenci nehodovosti, případně zmírnění následků dopravních nehod, situace stále není uspokojivá. Problematika relativně vysoké nehodovosti je trvale aktuálním tématem a výhledově bude stále nutno analyzovat další takové události v silničním provozu. Pro účely rekonstrukce je důležitým předpokladem přesná a spolehlivá dokumentace současně s užitím specifických forenzních postupů.

Teoretická část diplomové práce v úvodu seznamuje čtenáře se základními pojmy analýzy silničních nehod, soudního inženýrství a soudního znalectví včetně stručného představení zákona, kterým je tato činnost upravena. Podrobněji se pak věnuje podkladům jak z hlediska technické přijatelnosti, tak i z pohledu obecné klasifikace, tedy objektivním a subjektivním, které následně slouží k vypracování znaleckého posudku. Jádrem první kapitoly práce je pak zejména pohled na vybrané metody, například soudně znaleckou komparaci, analýzu dějů v čase a prostoru, metodu zpětného odvíjení děje, dopředné řešení aj.

Vedle patřičných metod znalecké analýzy jsou důležitým prvkem i nástroje a postupy užívané pro samotnou dokumentaci nehodového místa, které této analýze předchází. Nejvíce pozornosti je ve druhé kapitole diplomové práce věnováno právě této problematice, a tedy postupům pro zajištění technických důkazů, mezi které řadíme například měření, obrazovou dokumentaci, odběry vzorků a protokol o nehodě v silničním provozu; dále pak vybrané měřicí technice. Nejprve v širším kontextu, kdy jsou představeny moderní metody dokumentace místa dopravní nehody (geodetické systémy, fotogrammetrie, 3D skenery), dále je pozornost zaměřena na technologii EDR a konkrétní nástroje pro čtení a interpretaci nehodových EDR dat, mezi které patří systém CDR, GIT EDR a Tesla EDR.

Vzhledem ke skutečnosti, že od roku 2022 již bude EDR technologie povinnou výbavou u nově vyráběných vozidel a data získaná nástrojem CDR by tak mohla nalézt praktické využití v rámci analýzy dopravních nehod, je příhodné znát princip samotného vyčítání dat a inicializace systému CDR. Pro tyto účely jsou v rámci další kapitoly popsány a prezentovány úkony potřebné ke správnému vyčtení dat, a především pak i samotný proces, a to ať už se jedná o vyčítání skrze diagnostický port vozidla, nebo přímé připojení k řídicí jednotce. V další části je podrobně rozebrána jednak zpráva CDR, která je výstupem vozidla Toyota Auris po realizované nárazové zkoušce v rámci projektu VIMOT, a jednak

zobrazeno několik příkladů reálných dopravních nehod, při kterých by data EDR výrazně přispěla k potvrzení či vyvrácení tvrzení o možném průběhu děje. V jednom případě dokonce jsou EDR data dostupná, a tak bylo možno provést důkladnou analýzu daného děje. V závěru této části je realizováno vyčítání a následná komparace dat několika řídicích jednotek, jež i po jistém časovém odstupu stále uchovávají identická data dynamického průběhu nehody.

Téma EDR je v rámci Evropské unie již poměrně dlouho diskutovaným tématem, aktuálně však došlo k zásadním změnám, které zahrnují uveřejnění legislativního dokumentu pro implementaci funkce EDR. Kapitola „Analýza současného stavu využitelnosti EDR v České republice“ nejen že shrnuje zásadní změny z oblasti legislativy, prezentuje též aktuální zastoupení vozidel podporovaných technologií EDR, která jsou dostupná na českém trhu. Pro tyto účely je vytvořena databáze konkrétních značek a modelů vozidel. Součástí této kapitoly je zároveň komparace jednotlivých generací EDR, na základě které je prezentováno výrazné rozšíření o nové datové prvky, které je funkce schopna uchovat.

Dílčím cílem práce byla i realizace dotazníkového šetření, v rámci kterého byly zjištěny subjektivní názory soudních znalců oboru silniční dopravy na danou problematiku. Ti se v zásadě shodují na příhodnosti užití těchto dat jako doplňkového zdroje informací. Pro účely dalších možných praktických aplikací byly vytvořeny webové stránky, které kromě prezentace dílčích výstupů práce mohou sloužit jako zdroj informací jak pro znalce, tak i širokou veřejnost.

7 Seznam použitých zdrojů

[1] Zákon č. 361/2000 Sb., o provozu na pozemních komunikacích a o změnách některých zákonů (zákon o silničním provozu). In: *Sbírka zákonů.* ISSN 1211-1244.

[2] KAMENICKÝ, Jiří. *Dopravní nehodovost a její důsledky v ČR v dlouhodobém pohledu* [online]. Praha: Český statistický úřad, 2014 [cit. 2021-02-17]. Dostupné z: https://www.czso.cz/documents/10180/20534694/32025414a.pdf/57d484eb-1939-47ad-8fef-f38d6dd2c19e?version=1.0

[3] ŠACHL, J. a kol. *Analýza nehod v silničním provozu. 1*. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 2010.

[4] SEMELA, Marek. *Analýza silničních nehod I*. Brno: Vysoké učení technické v Brně Ústav soudního inženýrství, 2012. ISBN 978-80-214-4559-8.

[5] BRADÁČ, Albert, Miroslav KLEDUS a Pavel KREJČÍŘ. *Úvod do soudního znalectví*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-7204-365-X.

[6] Zákon č. 254/2019 Sb. o znalcích, znaleckých kancelářích a znaleckých ústavech. In: *Sbírka zákonů*. ISSN 1211-1244.

[7] BRADÁČ, Albert. *Soudní inženýrství*. Dot. 1. vyd. Brno: CERM, 1999. ISBN 80-7204-133-9.

[8] KLEDUS, Robert. *Obecná metodika soudního inženýrství*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2012. ISBN 978-80-214-4551-2.

[9] FRANCK, Harold a Darren FRANCK. *Forensic Engineering Fundamentals*. CRC Press, 2012. ISBN 9781439878408.

[10] § 125 odst. 1 zákona č. 99/1963 Sb., občanský soudní řád.

[11] Zákon č. 141/1961 Sb., o trestním řízení soudním (trestní řád).

[12] NOVÝ, Martin, NOVÁKOVÁ, Jana a WALDHANS, Miloš. *Projektové řízení staveb I.* Brno: VUT v Brně, Fakulta stavební, 2006.

[13] VLADIMÍR, Čečot a kol. *Dopravné nehody: (vyšetrovanie, dokazovanie a znalecké skúmanie)*. Bratislava: Vydavatelství a nakladatelství respo, spol. s r.o., 2003. ISBN 80-968953-5-4.

[14] PROCHOVSKI, Leon., UNARSKI, Jan., WACH, Wojciech., WICHER, Jerzy. *Pojazdy samochodove - Podstawy rekonstrukcji wypadków drogowych.* Warszawa: Wydawnictwa Komunikacji i Lacznosci, 2008. ISBN 978-83-206-1688-0.

[15] BRÁZDA, Jan. *Bezpečnostní sbory.cz: Dopravní nehoda – metodika vyšetřování a některé postupy* [online]. 2009 [cit. 2021-03-15]. Dostupné z: https://bezpecnostni-sbory.wbs.cz/clanky/5-2009/Dopravni_nehoda_-_metodika_vysetrovani.htm

[16] TOPOLŠEK, Darja, Elvis A. HERBAJ a Marjan STERNAD. The Accuracy Analysis of Measurement Tools for Traffic Accident Investigation. *Journal of Transportation Technologies*. Vol. 4 No. 1, 2014, 84-92. doi:10.4236/jtts.2014.41008

[17] ŘÍHA, Jan. *Moderní přístrojová technika* [online]. Praha, 2014 [cit. 2021-03-16]. Dostupné z: https://spszem.cz/storage/files/1364/Moderni-pristrojova-technika-TS-Niv-LS.pdf

[18] ŠVEC, Mojmír a Pavel HÁNEK. *Stavební geodézie 10*. Vyd. 3. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2006. ISBN 80-010-3403-8.

[19] Geodetické GPS, GNSS. *Geopen systems* [online]. [cit. 2021-03-16]. Dostupné z: https://geopen.cz/725-geodeticke-gps-gnss

[20] ZUZANA, Radová, Tomáš MIČUNEK, Drahomír SCHMIDT, Michal FRYDRÝN, Zdeněk SVATÝ, Luboš NOUZOVSKÝ a Milan KUBÍN. *Vzdělávací program: Měřicí metody a simulační programy: Učební texty pro prezenční kurz*.

[21] STÁŇA, Ivo, Jindřich RYBKA, Milan NOVÁK a Kateřina BUCSUHÁZY. Využití pokročilých metod dokumentace místa dopravní nehody policií ČR. *Soudní inženýrství*. 2019, 30(2). Dostupné také z: https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/180484/si-2019-02-stana.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[22] SVATÝ, Zdeněk, Karel KOCIÁN a Alžběta LENKOVÁ. Fotogrammetrická rekonstrukce místa nehody za pomoci bezpilotního prostředku. In: *ExFoS - Expert Forensic Science: XXVII. mezinárodní vědecká konference soudního inženýrství*. Brno, 2018.

[23] STÁŇA, Ivo, Stanislav TOKAŘ a Martn BILÍK. Možnosti zaměření místa dopravní nehody s využitím ortofotosnímků. In: *ExFoS - Expert Forensic Science: XXVIII. mezinárodní vědecká konference soudního inženýrství*. Brno, 2019.

[24] STÁŇA, Ivo, Stanislav TOKAŘ, Kateřina BUCSUHÁZY a Martin BILÍK. *Comparison of Utilization of Conventional and Advanced Methods for Traffic Accidents Scene Documentation in the Czech Republic*. 2017. Dostupné z: doi:10.1016/j.proeng.2017.04.402

[25] KOSTĚNCOVÁ, Veronika. *Systémy čtení a zpracování nehodových dat*. Praha, 2019. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní. Vedoucí práce Luboš Nouzovský, Michal Frydrýn.

[26] *Crash Data Group* [online]. California [cit. 2021-03-19]. Dostupné z: https://www.crashdatagroup.com/

[27] KOSTĚNCOVÁ, Veronika a Luboš NOUZOVSKÝ. *Technologie EDR a její principy* [online]. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní, 2020 [cit. 2021-03-18]. ISBN 978-80-01-06705-5. Dostupné z: https://k622.fd.cvut.cz/downloads/Technologie%20EDR.pdf

[28] Accident Data Recorder: Accident Data Recorders (ADRs) are set to be used in more championships than ever before following the development of increasingly affordable versions of this important technology by the FIA Institute and FIA Foundation. *FIA FOUNDATION* [online]. [cit. 2021-03-18]. Dostupné z: https://www.fiafoundation.org/our-work/motor-sport-safety/projects/accident-datarecorders

[29] MOTEC. Data Logging: ADR. *MoTeC* [online]. [cit. 2021-03-18]. Dostupné z: https://www.motec.com.au/adr/adroverview/

[30] FIA launches innovative low-cost impact data recorder. In: *FIA* [online]. 26 February 2021 [cit. 2021-03-18]. Dostupné z: https://www.fia.com/news/fia-launches-innovative-low-cost-impact-data-recorder

[31] *Kienzle Argo UDS-AT PRO* [online]. [cit. 2021-03-18]. Dostupné z: https://uds-at.pro/

[32] HAIGHT, Rusty, Shawn GYORKE a Sean HAIGHT. Hyundai and Kia Crash Data: A Preliminary Overview. *Collision Magazine*. 2013, (8)

[33] CDR: Původní návod k používání. In: *Bosch Automotive Service Solutions GmbH* [online]. 2013 [cit. 2021-03-28]. Dostupné z: https://cdr.boschdiagnostics.com/cdr/sites/cdr/files/czech.pdf

[34] CDR 900 Product Information. In: *Bosch Automotive Service Solutions* [online]. 2018 [cit. 2021-03-27]. Dostupné z: https://cdr.boschdiagnostics.com/cdr/sites/cdr/files/cdr_900_flyer_en.pdf

[35] *Bosch Diagnostics: Bosch CDR* [online]. [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: https://cdr.boschdiagnostics.com/cdr/

[36] 49 CFR 563 - Event Data Recorders. In: *NHTSA*. United States: Office of the Federal Register, Government Publishing Office, 2011. Dostupné také z: https://www.govinfo.gov/content/pkg/CFR-2018-title49-vol6/xml/CFR-2018-title49-vol6-part563.xml

[37] *COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT: EU Road Safety Policy Framework 2021-2030 - Next steps towards "Vision Zero"*. In: EUROPEAN COMMISSION. Brussels, 2019. Dostupné také z: https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/move-2019-01178-01-00-en-tra-00_3.pdf

[38] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2019/2144 ze dne 27. listopadu 2019. In: *Úřední věstník Evropské unie*. Štrasburk, 2019. Dostupné také z: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=CELEX%3A32019R2144&qid=1618930438069

[39] GWEHENBERGER, Johann, Oliver BRAXMEIER, Christoph LAUTERWASSER, Melanie Andrea KREUTNER, Marcel BORRACK a Carsten REINKEMEYER. *Needs and Requirements of EDR for Automated Vehicles - Analysis Based on Insurance Claims Reported to Allianz Germany*. EVU, 2020. Dostupné také z: https://www.evuonline.org/index.php/publikationen?lang=en&option=com_content&view=article&id=3078

[40] *UNECE: Sustainable Development Goals* [online]. [cit. 2021-6-3]. Dostupné z: https://unece.org/

[41] *UNECE: United Nations Economic Commission for Europe* [online]. [cit. 2021-6-4]. Dostupné z: https://wiki.unece.org/pages/viewpage.action?pageId=87621709

8 Seznam obrázků

Obr. 1: Diagram dráha – čas [3] ..... - 19 -
Obr. 2: Stanovení střetové polohy na základě zdokumentovaných stop [4]..... - 21 -
Obr. 3: Příklad určení VBM [7]..... - 24 -
Obr. 4: Zaměření vozidla a brzdných stop ortogonální metodou [14]..... - 24 -
Obr. 5: Zaměření komunikace trojúhelníkovou metodou [14] ..... - 25 -
Obr. 6: Totální stanice Leica Nova TS60 (zdroj: https://surveyequipment.com)..... - 27 -
Obr. 7: Zpracování fotogrammetrických snímků a deformace na vozidle [20]..... - 28 -
Obr. 8: Kombinace snímku UAV s polygonem naměřeným totální stanicí [24] ..... - 29 -
Obr. 9: 3D model nehodové scény (zdroj: https://www.ee.co.za/)..... - 30 -
Obr. 10: Umístění modulu ACM ve vozidle (zdroj: https://www.crashdatagroup.com/)- 31 -
Obr. 11: MoTeC ADR (zdroj: https://www.motec.com.au/)..... - 33 -
Obr. 12: Zařízení UDS-AT PRO a UDS klíč [30]..... - 34 -
Obr. 13: RAG 1000 (vlevo) a RAG 2000/A+ (vpravo), (zdroj: https://www.mobatime.ch/) .
..... - 35 -
Obr. 14: Hyundai a Kia EDR Tool (zdroj: http://www.collisionsafety.net)..... - 36 -
Obr. 15: EDR Retrieval Hardware Kit (zdroj: www.kneifel.de)..... - 37 -
Obr. 16: Sada Bosch CDR DLC Base Kit ..... - 39 -
Obr. 17: Sada Bosch CDR 900 Upgrade Kit ..... - 40 -
Obr. 18: Systémové zapojení při vyčítání přes DLC – modul CANplus (vlevo), modul CDR 900 (vpravo)..... - 41 -
Obr. 19: Systémové zapojení při vyčítání metodou DTM – modul rozhraní CANplus . - 42 -
Obr. 20: Systémové zapojení při vyčítání metodou DTM – modul rozhraní CDR 900 . - 42 -
Obr. 21: Okna zobrazená po dokončení instalace..... - 44 -
Obr. 22: Ikona "Activate" ..... - 45 -
Obr. 23: Okno nápovědy programu CDR..... - 46 -
Obr. 24: Detailní informace z programu CDR pro vozidlo Volkswagen Touran 2020.. - 46 -
Obr. 25: Schéma zapojení CDR 900 pro DLC metodu ..... - 47 -
Obr. 26: Připojení CDR k DLC portu..... - 47 -
Obr. 27: Ikona „New CDR Download“ ..... - 48 -
Obr. 28: Zadání identifikačního čísla vozidla..... - 48 -
Obr. 29: Moduly pro čtení dat ..... - 48 -

Obr. 30: Získávání dat z DLC, šest čtení ..... - 49 -
Obr. 31: Modul ACM vozidla Dodge Caliber 2007 ..... - 50 -
Obr. 32: Detailní informace z programu CDR pro vozidlo Dodge Caliber 2007 ..... - 50 -
Obr. 33: Připojení zdroje napájení do portu adaptéru ACM ..... - 51 -
Obr. 34: Informace o souboru CDR a komentáře ..... - 52 -
Obr. 35: Tabulka znaménkové konvence ..... - 53 -
Obr. 36: Stav systému v době čtení dat ..... - 55 -
Obr. 37: Shrnutí záznamu událostí ..... - 56 -
Obr. 38: Stav systému v průběhu nehody, TRG 10 ..... - 56 -
Obr. 39: Boční nárazový impulz, TRG 10 ..... - 57 -
Obr. 40: Průběh postranní delty-V, B-sloupek (nahoře), C-sloupek (dole), TRG 10 ..... - 57 -
Obr. 41: Boční nárazový impulz, TRG 10 – tabulková interpretace ..... - 58 -
Obr. 42: Přednárazová data, 1 vzorek, TRG 10 ..... - 58 -
Obr. 43: Přednárazová data v intervalu -5 až 0 s, TRG 10 ..... - 59 -
Obr. 44: Průběh podélné delty-V, TRG 7 ..... - 60 -
Obr. 45: Průběh podélné delty-V, TRG 7 – tabulková interpretace ..... - 61 -
Obr. 46: Přednárazová data v intervalu -5 až 0 s, TRG 10 ..... - 61 -
Obr. 47: Poškození OA Honda ..... - 63 -
Obr. 48: Poškození OA Volvo ..... - 63 -
Obr. 49: Poškození JS Mercedes ..... - 64 -
Obr. 50: Průběh simulace varianty A ..... - 65 -
Obr. 51: Průběh simulace varianty B ..... - 66 -
Obr. 52: Poškození OA Punto ..... - 68 -
Obr. 53: Poškození OA Felicia ..... - 68 -
Obr. 54: Poškození OA Fabia ..... - 68 -
Obr. 55: Konfigurace střetů – OA Punto (zelené), OA Fabia (červené), OA Felicia (modré) ..... - 69 -
Obr. 56: Poškození OA Mondeo ..... - 72 -
Obr. 57: Poškození NA Ranger ..... - 72 -
Obr. 58: Poškození OA Swift ..... - 72 -
Obr. 59: Poškození OA Corolla (zdroj: https://tydenikpolicie.cz/) ..... - 75 -
Obr. 60: Časová osa jednotlivých událostí ..... - 76 -
Obr. 61: Podélný/boční nárazový impulz, TRG 2 ..... - 77 -
Obr. 62: Přednárazová data v intervalu -5 s – 0 s, TRG 2, tab. 1 ..... - 77 -

Obr. 63: Přednárazová data v intervalu -5s – 0 s, TRG 2, tab. 2 ..... - 78 -
Obr. 64: Podélný/boční nárazový impulz, TRG 3 ..... - 78 -
Obr. 65: Přednárazová data v intervalu -5 s – 0 s, TRG 3, tab. 1 ..... - 79 -
Obr. 66: Přednárazová data v intervalu -5 s – 0 s, TRG 3, tab. 2 ..... - 79 -
Obr. 67: Boční nárazový impulz, TRG 5 ..... - 80 -
Obr. 68: Podélný/boční nárazový impulz, TRG 6 ..... - 80 -
Obr. 69: Přednárazová data v intervalu -5 s – 0 s, TRG 6, tab. 1 ..... - 81 -
Obr. 70: Přednárazová data v intervalu -5 s – 0 s, TRG 6, tab. 2 ..... - 81 -
Obr. 71: Vyřazené moduly – ACM Toyoty Aygo (vlevo) a ACM Toyoty Auris (vpravo) .... - 83 -
Obr. 72: Rozdíly v bloku hexadecimálních dat (zvýrazněné hodnoty) ..... - 86 -
Obr. 73: Pozorovatelné rozdíly v bloku hexadecimálních dat (zvýrazněné hodnoty).... - 87 -
Obr. 74: Graf věkových kategorií ..... - 98 -
Obr. 75: Graf délky výkonu soudně znalecké činnosti ..... - 99 -
Obr. 76: Graf povědomí o technologii EDR ..... - 100 -
Obr. 77: Graf závislosti povědomí o technologii EDR na délce znalecké praxe..... - 100 -
Obr. 78: Graf okolností, při kterých se respondent setkal s pojmem EDR..... - 101 -
Obr. 79: Graf formy dat EDR ..... - 102 -
Obr. 80: Graf užitečnosti dat EDR pro respondenty, kteří mají osobní zkušenost v rámci znalecké praxe..... - 103 -
Obr. 81: Graf spolehlivosti EDR dat, jak vnímáno respondenty ..... - 105 -
Obr. 82: Graf nahrazení současných metod technologií EDR, jak vnímáno respondenty .... - 107 -
Obr. 83: Ukázka úvodní stránky vytvořeného webu ..... - 109 -

9 Seznam tabulek

Tab. 1: Technické údaje CDR a CDR 900 [33] [34] ..... - 41 -
Tab. 2: Minimální požadavky softwaru CDR na počítač [33] [34] ..... - 43 -
Tab. 3: Limitní hodnoty a rozlišení datových prvků ..... - 54 -
Tab. 4: Zapalovací cyklus v závislosti na konkrétní události ..... - 56 -
Tab. 5: Obecné informace o zaznamenaných událostech ..... - 76 -
Tab. 6: Specifikace jednotky ACM Dodge Caliber 2007 ..... - 83 -
Tab. 7: Specifikace jednotky ACM Toyota RAV4 2007 ..... - 84 -
Tab. 8: Specifikace jednotky ACM Lexus IS 220D ..... - 84 -
Tab. 9: Specifikace jednotky ACM Jeep Compass 2007 ..... - 85 -
Tab. 10: Specifikace jednotky ACM Dodge Caliber 2007 ..... - 85 -
Tab. 11: Specifikace jednotky ACM Volvo V60 2012 ..... - 86 -
Tab. 12: Specifikace jednotky ACM Toyota Auris 2013 ..... - 86 -
Tab. 13: Specifikace jednotky ACM Dodge Journey 2009 ..... - 87 -
Tab. 14: Srovnání datových prvků stavu systému při vyčítání ..... - 94 -
Tab. 15: Srovnání datových prvků stavu systému v době události ..... - 94 -
Tab. 16: Srovnání datových prvků DTC v době události ..... - 94 -
Tab. 17: Srovnání datových prvků příkazu aktivace ..... - 95 -
Tab. 18: Srovnání datových prvků přednárazových dat (1 vzorek) ..... - 95 -
Tab. 19: Srovnání datových prvků přednárazových dat (-5 – 0 s) ..... - 96 -
Tab. 20: Srovnání datových prvků nárazového impulzu ..... - 96 -
Tab. 21: Tabulka věkových kategorií ..... - 98 -
Tab. 22: Tabulka délky výkonu soudně znalecké činnosti ..... - 99 -
Tab. 23: Tabulka povědomí o technologii EDR ..... - 100 -
Tab. 24: Tabulka užitečnosti dat EDR pro respondenty, kteří mají osobní zkušenost v rámci znalecké praxe ..... - 103 -
Tab. 25: Tabulka spolehlivosti EDR dat, jak vnímáno respondenty ..... - 105 -
Tab. 26: Tabulka nahrazení současných metod technologií EDR, jak vnímáno respondenty. ..... - 106 -

10 Seznam příloh

Příloha č. 1: Seznam vozidel podporovaných EDR na českém trhu

Příloha č. 2: Struktura předkládaného dotazníku

Příloha č. 1

SEZNAM VOZIDEL PODPOROVANÝCH EDR NA ČESKÉM TRHU

AUDI

2019 – 2021	Audi A1
2018 – 2021	Audi A3
2020 – 2021	Audi A4 (+ allroad)
2020 – 2021	Audi A5
2018 – 2021	Audi A6
2019 – 2021	Audi A6 Avant
2018 – 2021	Audi A7
2018 – 2021	Audi A8
2019 – 2021	Audi e-tron
2018 – 2021	Audi Q2
2019 – 2021	Audi Q3
2018 – 2021	Audi Q8
2018 – 2021	Audi RS3
2020 – 2021	Audi RS5
2018 – 2021	Audi RS7
2018 – 2021	Audi S3
2020 – 2021	Audi S4
2020 – 2021	Audi S5
2018 – 2021	Audi S6
2018 – 2021	Audi S7
2018 – 2021	Audi S8

BENTLEY

2020 – 2021	Bentley Bentayga
2019	Bentley Continental
2019	Bentley Flying Spur

CHRYSLER

2006 – 2021	Chrysler 300
2007 – 2009	Chrysler Aspen
2010	Chrysler Cirrus
2021	Chrysler Grand Caravan
2008 – 2011	Chrysler Grand Voyager
2007 – 2008 2017 – 2021	Chrysler Pacifica
2007 – 2009	Chrysler PT Cruiser
2007 – 2009	Chrysler Sebring
2008 – 2016	Chrysler Town & Country
2020 – 2021	Chrysler Voyager

DODGE

2008 – 2012 2014	Dodge Avenger
2007 – 2012	Dodge Caliber
2008 – 2017 2020	Dodge Caravan (Grand Caravan)
2008 – 2021	Dodge Challenger
2006 – 2021	Dodge Charger
2007 – 2012	Dodge Dakota
2013 – 2017	Dodge Dart
2005 – 2009 2011 – 2021	Dodge Durango
2009 – 2020	Dodge Journey
2006 – 2008	Dodge Magnum
2007 – 2012	Dodge Nitro
2006 – 2009	Dodge Ram (1500, 2500, 3500, 4000, 4500, 5500)
2015	Dodge Viper

FIAT

2016 – 2021	Fiat 500X
2012 – 2017	Fiat Freemont

JEEP

2006 – 2010	Jeep Commander
2007 – 2012 2014 – 2021	Jeep Compass
2006 – 2021	Jeep Grand Cherokee
2008 – 2012	Jeep Liberty/Cherokee
2014 – 2021	Jeep Cherokee
2020 – 2021	Jeep Gladiator
2007 – 2017	Jeep Patriot
2007 – 2021	Jeep Wrangler

LANCIA

2012 – 2014	Lancia Flavia
2012 – 2015	Lancia Grand Voyager
2012 – 2014	Lancia Thema

LEXUS

2010 – 2021	Lexus CT200h
2001 – 2022	Lexus ES
2000 – 2021	Lexus GS
2015 – 2022	Lexus GS-F
2002 – 2022	Lexus GX
2005 – 2022	Lexus IS
2007 – 2022	Lexus IS-F
2018 – 2022	Lexus LC
2010 – 2012	Lexus LF-A
2001 – 2022	Lexus LS
2002 – 2022	Lexus LX
2017 – 2022	Lexus NX
2014 – 2021	Lexus RC 350
2014 – 2022	Lexus RC-F
2003 – 2022	Lexus RX
2001 – 2010	Lexus SC

MITSUBISHI

2011 – 2019	Mitsubishi ASX
2018 – 2019 2021 – 2022	Mitsubishi Eclipse Cross
2021 – 2022	Mitsubishi Eclipse Cross PHEV
2012 – 2021	Mitsubishi i-MiEV
2014 – 2019 2022	Mitsubishi Outlander
2018 – 2019	Mitsubishi Outlander PHEV
2011 – 2019	Mitsubishi Outlander Sport
2016 – 2022	Mitsubishi Pajero Sport
2015 – 2021	Mitsubishi Triton

PORSCHE

2019 – 2021	Porsche Taycan

RAM

2018 – 2021	RAM 1500
2010 – 2021	RAM 1500, 2500, 3500, 4000, 4500, 5500

SUBARU

2022	Subaru BRZ
2013 – 2022	Subaru Forester
2012 – 2021	Subaru Impreza
2013 – 2019	Subaru Legacy
2016 – 2019 2022	Subaru Levorg
2013 – 2015 2018 2020 – 2022	Subaru Outback
2015 – 2016 2022	Subaru WRX
2012 – 2021	Subaru XV

TOYOTA

2003 – 2022	Toyota 4Runner
2012 – 2022	Toyota 86
2005 – 2022	Toyota Alphard
2006 – 2020	Toyota Auris
2005 – 2020	Toyota Avensis
2005 – 2021	Toyota Aygo
2016 – 2022	Toyota C-HR
2001 – 2022	Toyota Camry
2003 – 2006	Toyota Camry Solara
2013 – 2021	Toyota Comfort
2002 – 2022	Toyota Corolla
2004 – 2021	Toyota Hi-Ace
2003 – 2022	Toyota Highlander
2004 – 2022	Toyota Hilux
2008 – 2019	Toyota iQ
2002 – 2022	Toyota Land Cruiser
2014 – 2022	Toyota Mirai
2006 – 2020	Toyota Previa
2003 – 2022	Toyota Prius
2003 – 2022	Toyota RAV4
2004 – 2022	Toyota Sequoia
2003 – 2022	Toyota Sienna
2020 – 2022	Toyota Supra
2005 – 2022	Toyota Tacoma
2005 – 2022	Toyota Tundra
2010 – 2022	Toyota Verso
2002 – 2022	Toyota Yaris

VOLKSWAGEN

2018 – 2021	Volkswagen Arteon
2018 – 2021	Volkswagen Atlas

SEZNAM VOZIDEL PODPOROVANÝCH EDR NA ČESKÉM TRHU

2018 – 2021	Volkswagen Crafter
2019 – 2021	Volkswagen E-Crafter
2018 – 2021	Volkswagen Golf
2020 – 2021	Volkswagen ID.3
2021	Volkswagen ID.4
2018 – 2021	Volkswagen Jetta
2018 – 2021	Volkswagen Passat
2018 – 2021	Volkswagen Polo
2019 – 2021	Volkswagen T-Cross
2018 – 2021	Volkswagen T-Roc
2018 – 2021	Volkswagen Tiguan
2019 – 2021	Volkswagen Toureg
2018 – 2021	Volkswagen Touran

VOLVO

2011 – 2020	Volvo S60
2013 – 2016	Volvo S80
2017 – 2020	Volvo S90
2017 – 2018	Volvo V40
2011 – 2020	Volvo V60
2013 – 2016	Volvo V70
2017 – 2018 2020	Volvo V90
2018 – 2020	Volvo XC40
2013 – 2020	Volvo XC60
2013 – 2016	Volvo XC70
2016 – 2020	Volvo XC90

Příloha č. 2

Využití technologie EDR ve znalecké praxi

Vážení respondenti,

Event Data Recorder (EDR) je funkcí konkrétního modulu ve vozidle, nejčastěji však řídicího modulu airbagů ACM, která umožňuje záznam dynamických parametrů během časového období těsně před, během a po nehodové události. Ukládány jsou informace o rychlosti, brzdění, otáčkách motoru apod. V USA jsou v současné době data EDR hojně užívána k vyšetřování dopravních nehod. V evropském prostředí je tato technologie již dostupná, přičemž od roku 2022 bude EDR povinnou výbavou pro nově vyrobená vozidla kategorie M1 a N1 a od roku 2025 pro nově vyrobená vozidla kategorií M2, N2, M3 a N3.

Děkuji Vám za vyplnění dotazníku.

*Povinné pole

1. Věková kategorie *

Označte jen jednu elipsu.

- ◯ 18 - 35 let
- ◯ 36 - 50 let
- ◯ 51 - 65 let
- ◯ nad 65 let

2. Jak dlouho vykonáváte soudně znaleckou činnost? *

Označte jen jednu elipsu.

- ◯ 0 - 5 let
- ◯ 6 - 10 let
- ◯ 11 - 20 let
- ◯ 21 - 30 let
- ◯ více než 30 let

3. Setkal/a jste se již někdy s pojmem EDR? *

Označte jen jednu elipsu.

- ◯ Ano
- ◯ Ne

4. Při jaké příležitosti jste se setkal/a se zmíněnou technologií?

Zaškrtněte všechny platné možnosti.

- [ ] Osobní zkušenost v rámci znalecké praxe
- [ ] Na konferenci
- [ ] Z odborného periodika
- [ ] Z doslechu
- [ ] S technologií jsem se nestetkal/a
- [ ] Jiné: _____

5. Pokud byla Vaše odpověď na předchozí otázku "Osobní zkušenost v rámci znalecké praxe", v jaké formě byla EDR data interpretována?

Zaškrtněte všechny platné možnosti.

- [ ] Výchozí protokol, např. protokol CDR
- [ ] Data ve zprostředkované formě (tzn. předzpracovaná třetí stranou)
- [ ] Jiné: _____

6. Pokud byla Vaše odpověď na předchozí otázku "Osobní zkušenost v rámci znalecké praxe", byla pro Vás data EDR užitečná?

Označte jen jednu elipsu.

- ◯ Ano
- ◯ Ne

7. Domníváte se, že technologie EDR může být ve Vaší znalecké praxi užitečným nástrojem? Svou odpověď případně prosím zdůvodněte (políčko "Jiné"). *

Zaškrtněte všechny platné možnosti.

- [ ] Ano
- [ ] Ne
- [ ] Nevím
- [ ] Jiné: _____

8. Považujete data EDR v současném stavu za spolehlivý zdroj informací? Svou odpověď případně prosím zdůvodněte (políčko "Jiné"). *

Zaškrtněte všechny platné možnosti.

- [ ] Ano
- [ ] Ne
- [ ] Nevím
- [ ] Jiné: _____

9. Domníváte se, že by tento nástroj mohl v maximální míře nahradit současné metody pro zjišťování technických parametrů nehodové události? Svou odpověď případně prosím zdůvodněte (políčko "Jiné"). *

Zaškrtněte všechny platné možnosti.

- [ ] Ano
- [ ] Ne
- [ ] Nevím
- [ ] Jiné: _____

10. Děkuji Vám za vyplnění dotazníku. V případě, že máte zájem o zaslání výsledků tohoto šetření nebo dalších podrobnějších informacích o technologii EDR, zanechte prosím e-mailovou adresu.

_____