

## Moderní metody dokumentace a analýzy poškození vozidla

### Modern methods for vehicle crush documentation and analysis

Bucsuházy Kateřina<sup>\*1</sup>, Bilík Martin<sup>2</sup>, Moravcová Pavlína<sup>1</sup>, Belák Michal<sup>2</sup>, Semela Marek<sup>2</sup>, Mikulec Roman<sup>1</sup>, Křížák Michal<sup>2</sup>, Bradáč Albert<sup>2</sup>, Motl Jakub<sup>1</sup>, Malinková Tereza<sup>1</sup>, Sedláčková Martina<sup>1</sup>, Rak Martin<sup>1</sup>, Kovařík Tomáš<sup>1</sup>, Dluhoš Jozef<sup>2</sup>, Zůvala Robert<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centrum dopravního výzkumu

<sup>2</sup>Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství

#### Rozšířený abstrakt

##### Úvod

Hlavním cílem tohoto článku je představit odborné veřejnosti výstupy projektu „Moderní metody dokumentace a analýzy poškození vozidel“, řešeného Centrem dopravního výzkumu v.v.i. a Ústavem Soudního inženýrství VUT v Brně v rámci programu DOPRAVA 2020+, kterými jsou odborná monografie „ANALÝZA POŠKOZENÍ VOZIDEL: Průvodce metodami dokumentace a kvantifikace deformační energie“ a Specializovaná veřejná databáze – Katalog poškození vozidel. Výstupy umožní zkvalitnění vstupů a zpřesnění výstupů při analýze dopravních nehod a významně tak přispějí k posílení právní jistoty účastníků dopravních nehod a tím ke snížení vedlejších nákladů vzniklých v souvislosti s nehodou.

##### Podklady a metody

V rámci řešení projektu byl realizován výzkum využitelnosti různých tradičních, ale i moderních metod dokumentace a následné analýzy poškození vozidel, které jsou důležitými podklady pro účely analýzy nehodového děje. Následně byla provedena validace použitelnosti vybraných metod dokumentace a analýzy poškození, v závislosti na rozsahu a charakteru poškození. Získaná data pak byla využita jako podklad pro vytvoření hlavních výstupů tohoto projektu.

##### Výsledky

Hlavní výstup projektu Specializovaná veřejná databáze: Katalog poškození obsahuje dvě základní části – katalog charakteristických poškození a EES katalog. Tento nástroj může sloužit jako kvalitní podklad pro nezanedbatelnou součást analýzy nehodového děje, kterou je validace vzájemné korespondence poškození vozidel po střetu. Databáze může být nedocenitelnou pomůckou při analýze nehodového děje zejména v případech, kdy jsou podklady z předmětné nehody nedostatečné (například manipulované škodní události) nebo se jedná o specifická poškození, k nimž zpravidla není v dostupných databázích nárazových testů mnoho dostupných údajů (například poškození vzniklá při nízkých rychlostech).

Kniha „ANALÝZA POŠKOZENÍ VOZIDEL: Průvodce metodami dokumentace a kvantifikace deformační energie“ si klade za cíl být praktickým průvodcem procesem dokumentace a následné analýzy poškození vozidla. Publikace pokrývá problematiku dokumentace poškození nejen konvenčními, dvourozměrnými metodami, ale především moderními metodami a měřicími zařízeními (včetně skenování s využitím mobilních zařízení), seznamuje také s metodami analýzy poškození a kvantifikací deformační energie, resp. EES. Výhody a omezení jsou demonstrovány prostřednictvím praktických ukázek a příkladů.

**Klíčová slova:** poškození, vozidlo, dopravní nehoda, nárazové zkoušky, katalog poškození, deformace

#### Citace:

BUCSUHÁZY, Kateřina; BILÍK, Martin; MORAVCOVÁ, Pavlína; BELÁK, Michal; SEMELA, Marek et al. Moderní metody dokumentace a analýzy poškození vozidla. Online. *Soudní inženýrství*. 2023, roč. 34, č. 02, s. 22-31. ISSN 2788-2764. Dostupné z: <https://doi.org/10.13164/SI.2023.2.2>

#### DOI:

[doi.org/10.13164/SI.2023.2.2](https://doi.org/10.13164/SI.2023.2.2)

#### \* Korespondenční adresa autora:

[katerina.bucsuhazy@cdv.cz](mailto:katerina.bucsuhazy@cdv.cz)

#### Přijato do redakce:

29.11.2023

#### Recenzní řízení:

11.12.2023

#### Publikováno:

12.12.2023



**Copyright:** © 2023 The Author. This work is licensed under Attribution 4.0 International. To view a copy of this license, visit: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## Extended abstract

### Introduction

The paper aims to present the outputs of the project Modern Methods of Vehicle Damage Documentation and Analysis solved by the Transport Research Centre (CDV) and by the Department of Forensic Engineering of the Brno University of Technology (IFE BUT) within the Technology Agency of the Czech Republic program DOPRAVA 2020+ - the book Vehicle Crush Investigation: A Guidebook to documentation and analysis and Database - The Catalogue of Vehicle Damage.

CDV and IFE BUT cooperation enables the introduction of high-quality results into practice in the field of forensic expertise. The outputs will enable the improvement of inputs and the refinement of outputs in the analysis of road accidents and will thus significantly contribute to strengthening the legal certainty of accident participants, thereby reducing the secondary costs incurred in connection with the accident.

### Materials and methods

The research focused on analysing the usability of various methods for documentation and subsequent analysis of vehicle damage for the purposes of comprehensive crash analysis and also subsequent validation of the applicability of selected methods of documentation and damage analysis depending on the extent and character of the damage. The documentation and subsequent vehicle damage analysis serve as the basis for the comprehensive crash analysis, including impact speed determination. For the purposes of the analysis were used not only results from simulated conditions (realization of crash tests), but also real-world scenarios (traffic crash investigation). The obtained data served to create the main outputs of this project.

### The results

The main output of the project - Database: The damage catalogue - contains two main parts: the characteristic damage catalogue and the EES catalogue. Both parts include data from real road crashes as well as data from crash tests. This tool can serve as a quality basis for the crash analysis and the validation of mutual vehicle damage correspondence after a collision. The database could be an invaluable aid in crash analysis, especially in cases where the available data are insufficient (e.g., manipulated damage events) or there are specific damages for which there is usually not enough data available in the public crash test databases (e.g., damage caused by low speeds crash).

The book „VEHICLE CRUSH INVESTIGATION: A Guidebook to Documentation and Analysis“ aims to be a practical guide to the process of documentation and subsequent analysis of vehicle damage. The publication covers the problematics of damage documentation using not only conventional, two-dimensional methods but especially modern methods and measuring devices (including scanning with mobile devices) and also introduces the methods for damage (crush) analysis and quantification of deformation energy, respectively EES. The benefits and limitations are demonstrated in practice. The book could benefit not only the experts but also the insurance companies or police officers. The publication is intended not only for the education of future experts but could also be beneficial for experts already working in the field and their professional development.

The main outputs and results were presented to the experts in the field of crash analysis at a one-day workshop.

**Keywords:** damage, vehicle, traffic crash, crash tests, damage catalogue, deformation

#### **Citation:**

BUCSUHÁZY, Kateřina; BILÍK, Martin; MORAVCOVÁ, Pavlína; BELÁK, Michal; SEMELA, Marek et al. Moderní metody dokumentace a analýzy poškození vozidla. Online. *Soudní inženýrství*. 2023, roč. 34, č. 02, s. 22-31. ISSN 2788-2764. Dostupné z: <https://doi.org/10.13164/SI.2023.2.2>

#### **DOI:**

[doi.org/10.13164/SI.2023.2.22](https://doi.org/10.13164/SI.2023.2.22)

#### **\* Author's correspondence address:**

[katerina.bucsuhaazy@cdv.cz](mailto:katerina.bucsuhaazy@cdv.cz)

#### **Accepted for editing:**

November 29, 2023

#### **Review proceedings:**

December 11, 2023

#### **Published:**

December 12, 2023



**Copyright:** © 2023 The Author. This work is licensed under Attribution 4.0 International. To view a copy of this license, visit: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## 1 Úvod

Elementárním podkladem pro analýzu nehodového děje je kvalitní, přesné a dostatečně detailní ohledání místa dopravní nehody včetně vozidel. Dokumentace a následná analýza poškození vozidla je jedním ze základních východisek pro stanovení průběhu nehodového děje. Kvantifikace rozsahu deformace vozidla slouží pro stanovení velikosti deformační energie a je přímo závislá na přesnosti stanovení parametrů jako jsou tuhost vozidla, hloubka deformace apod. [10][3] Nesprávné stanovení rozsahu deformace může mít za následek nesprávné stanovení střetových rychlostí, s čímž pak může souviset nesprávný závěr ohledně příčiny konkrétní nehody.

Rozdílný charakter a rozsah poškození vozidel vyžaduje využití různých přístupů k samotné dokumentaci již při ohledání vozidla. V oblasti dokumentace místa dopravní nehody i poškození vozidel došlo v souvislosti s rozvojem technologií také k výraznému posunu a moderní metody dokumentace pro účely forenzních analýz se postupně začínají využívat i v běžné policejní i znalecké praxi (viz např. [4][1][9][7][11]). Nové technologie zvyšují přesnost a rychlost ohledání, ale zároveň často přináší i nevýhody, související s vyšší pořizovací cenou, náročností následného zpracování i uchovávání těchto dat značného rozsahu apod. (např. [12]).

V rámci programu Technologické agentury České republiky na podporu aplikovaného výzkumu, experimentálního vývoje a inovací v oblasti dopravy – DOPRAVA 2020+ byl Centrem dopravního výzkumu v.v.i. a Ústavem Soudního inženýrství VUT v Brně realizován projekt „Moderní metody dokumentace a analýzy poškození vozidel“, jehož cílem bylo analyzovat využitelnost různých metod pro dokumentaci a následnou analýzu poškození vozidel pro účely analýzy nehodového děje.

Cílem tohoto článku je upozornit na výhody nebo naopak některé limity využívaných metod dokumentace i analýzy poškození vozidel, a v souvislosti s tím představit hlavní výstupy projektu: Katalog charakteristických poškození vozidel a odbornou monografii: ANALÝZA POŠKOZENÍ VOZIDEL: Průvodce metodami dokumentace a kvantifikace deformační energie. Tyto výstupy byly koncipovány právě s cílem omezit nejistotu spojenou s procesem dokumentace a následné analýzy poškození vozidel.

## 2 ODBORNÁ MONOGRAFIE

Pro dokumentaci a zaměření poškození vozidla je využívána celá řada metod a prostředků. Obecně lze metody zaměření, resp. dokumentace poškození vozidla, rozdělit na dvojrozměrné (2D) a trojrozměrné (3D) - zatímco pro některé typy poškození vozidel je dostatečná 2D reprezentace (fotografická dokumentace s měřítkem), jiné typy poškození vyžadují detailní 3D zobrazení (zaměření v prostoru např. s využitím totální geodetické stanice, fotogrammetrie, 3D laserového skenování). Dvojrozměrná reprezentace může být nedostatečná (a současně také velmi náročná) zejména v případech deformací značného rozsahu, kdy je na vozidle obtížné například najít referenční body pro zaměření. Naopak trojrozměrná dokumentace nemusí být ideální v případech, kdy deformované části karoserie překrývají oblast hlavní deformace, např. nerozlámaný plastový kryt nárazníku, kryjící skutečnou deformaci příčné tuhé výtuhy.

Pro dokumentaci lze, v závislosti na zvolené metodě měření, využít celou řadu přístrojů. V současné době jsou do mobilních telefonů či tabletů v souvislosti s rozvojem optických senzorů implementovány snímače použitelné pro dokumentaci a následné vytvoření 3D modelů. Právě implementace různých senzorů do mobilních zařízení tak otevírá širokou možnost jejich využití také pro forenzní účely. I použití chytrých telefonů při dokumentaci poškození vozidel však nepřináší jen jednoznačné výhody, ale čelí také některým úskalím.

Výpočetní metody pak závisí zásadním způsobem na kvalitě dokumentace poškození vozidel a stanovení profilu deformace. K vyjádření deformační energie se často využívají pomocné parametry, zejména EES (ekvivalentní energetická rychlost). Rovněž pro stanovení parametru EES je využívána řada metod – od těch jednoduchých až po metody sofistikované. Konkrétně lze zmínit stanovení hodnoty EES na základě odborného odhadu, komparační metody (s využitím katalogů), stanovení hodnoty EES s pomocí korelačního diagramu, energetického rastru, až po metodou Crash3, nebo Vangioho trojúhelníkovou metodou, případně výpočtem při zohlednění nelineární struktury. Hodnota EES následně slouží jako kontrolní parametr během analýzy nehodového děje např. v simulačních programech, anebo přímo vstupuje do výpočtu (Zákon zachování energie nebo výpočet střetových rychlostí na základě Energetického prstence). [10][2] Při nesprávném zohlednění limitů

těchto metod i vypočítaných parametrů však může být zásadně negativně ovlivněna celá analýza nehodového děje.

### **2.1.1 Struktura knihy**

Odborná monografie byla tvořena tak, aby plnila roli praktického průvodce dokumentací poškození vozidla i jeho následnou analýzou. Je tedy strukturována jako komplexní podklad pro realizaci celého procesu ohledání i na uvedený proces navazující kvantifikace deformační energie po střetu dvoustupých vozidel. Vysvětleny jsou základní pojmy a veličiny nutné pro pochopení a aplikaci představených postupů.

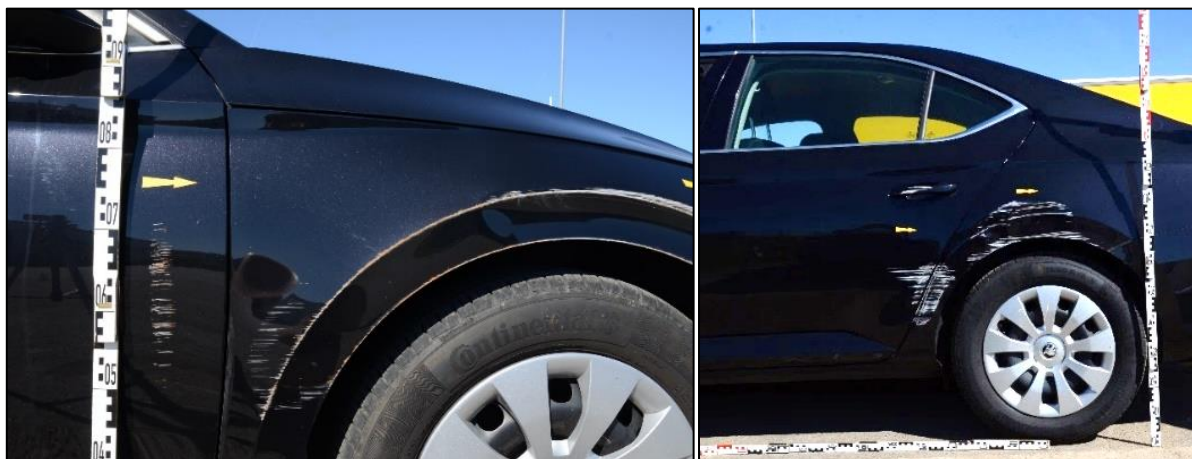
Součástí odborné monografie je představení jak základních, tak i moderních metod dokumentace poškození vozidel včetně postupů při dokumentaci a praktických doporučení pro samotnou realizaci. Popsány jsou nejčastější chyby a nedostatky, které mohou negativně ovlivnit celý proces analýzy nehodového děje. Součástí každé z kapitol jsou také konkrétní příklady aplikace uvedených metod při dokumentaci poškození vozidel. Praktické ukázky dokumentace jsou demonstrovány nejen v simulovaných podmínkách (dokumentace nárazových testů), ale zejména na příkladech reálných dopravních nehod, což umožňuje upozornit na problémy a různé situace, které při dokumentaci v reálných podmínkách mohou nastat.

Obdobně jsou v publikaci představeny také metody pro kvantifikaci rozsahu vzniklé deformace. Popsán zde byl nejen postup použití těchto metod, ale pro názornost byly uvedeny také konkrétní příklady aplikace vybraných metod. Používané veličiny jsou nejen vysvětleny, ale také jsou popsána rozmezí využitelných hodnot s ohledem na konkrétní aplikace. Na reálných příkladech jsou demonstrovány výhody i limity použitých metod a kontrolní parametry výpočetních postupů. Kromě samotné kvantifikace deformační energie, resp. parametru EES jsou součástí kapitoly také specifické případy stanovení střetové rychlosti, mezi něž patří stanovení rychlosti po střetu s úzkou překážkou nebo využití zaseknutých rychloměrů. V neposlední řadě je představena metoda konečných prvků (MKP), jakožto metoda používaná zejména pro pevnostní a strukturální výpočty a možnosti její aplikace při posuzování rozsahu poškození, tuhostních parametrů a také limity jejího použití při analýze nehodového děje. Postup tvorby MKP modelu vozidla je demonstrován na příkladu volně dostupného velmi detailního MKP modelu Chevrolet Silverado, modelový rok 2014. Současně je v knize na několika názorných příkladech vysvětleno, proč nelze kontrolní parametr EES zaměňovat se střetovou rychlostí.

## **3 DATABÁZE**

Při analýze nehod je někdy nutná i verifikace vzájemné korespondence poškození (posouzení, zda k nehodě skutečně došlo a zda zjištěné poškození odpovídá popisovanému nehodovému ději). Zohlednit je pak nutné typ poškození, jeho lokalizaci i rozsah deformace. [13] Podklady z předmětné nehody však bývají často zejména při manipulovaných škodných událostech nedostatečné.

Pro posouzení adekvátnosti vzniklých poškození musí znalec případně likvidátor pojišťovny vycházet z dostupných podkladů z předmětné nehody a proveditelných analýz nebo dostupných výstupů nárazových testů. Nárazové zkoušky jsou však zpravidla realizovány primárně s cílem ověřit bezpečnost vozidel a jejich prvků. Data nezbytná pro účely forenzní analýzy zpravidla nejsou veřejně dostupná. Realizace nárazových testů ve standardizovaných konfiguracích zajišťující porovnatelnost nárazových testů rovněž neposkytuje dostatečnou variabilitu těchto dat pro účely analýzy nehod a zejména právě validaci vzniku některých poškození při různém typu střetů. Specifické případy poškození, zejména poškození při nízkých rychlostech, jsou pak součástí dostupných databází pouze zřídka. Příklad poškození při parkovacích manévrech, tedy při tečném střetu v nízké rychlosti, ilustruje obrázek 1.



**Obrázek 1** „parkovací“ poškození na vozidle Škoda Superb [5]




**Figure 1** “parking” damage on the Skoda Superb vehicle [5]

V řadě případů by mohla dostupnost katalogu charakteristických poškození snížit náklady při znaleckém zkoumání, např. snížením počtu realizovaných znaleckých experimentů. Takovýto nástroj nicméně nebyl doposud k dispozici, cílem projektu proto bylo takový katalog poškození vytvořit.

Katalog poškození vozidel byl v rámci řešení projektu vytvářen z reálných dopravních nehod i vlastních realizovaných nárazových zkoušek vozidel. Databáze obsahuje různé typy střetů i vozidel, resp. účastníků silničního provozu včetně cyklistů a motocyklistů a různé střetové konfigurace. Součástí databáze je také katalog vozidel s kvantifikovaným parametrem EES. Již po přihlášení si tedy uživatel může vybrat příslušný modul – katalog charakteristických poškození nebo nadstavbu EES katalog.

### 3.1 Katalog charakteristických poškození





V katalogu charakteristických poškození je po registraci možné vybrat požadovaný typ účastníka dopravní nehody z vytvořeného seznamu – tedy osobní vozidla, nákladní vozidla, motocykly, jízdní kola a poškození vozidel po střetu s chodci. Uživateli se následně zobrazí kompletní seznam dostupných dat ve vybrané kategorii s náhledovou fotografií a základními informacemi dle vlastní volby (typ nehody, typ vozidla a obdobné související údaje). Pomocí vytvořených filtrů je možné vybrat vozidla, odpovídající hledaným parametrům. Část přehledu osobních vozidel včetně různých nastavení zobrazených filtrů ilustrují obrázek 2 a obrázek 3. Součástí náhledu je pro lepší orientaci také náhledová fotografie vozidla.

Foto	Model	Obchodní třída vozidla	Lokalizace poškození	Rok výroby vozidla	Střetová rychlost	Zobrazené sloupce
	Citroen Jumpy (1. Gen.) (1995 - 2007)	velkoprostorový van	před A-sloupkem	2008	45 km/h	<a href="#">Detail</a>
	Seat Toledo II (1M) (1999 - 2004)	nižší střední třída (kompaktní)	2/3 z levé strany resp. zepředu	2002	55 km/h	<a href="#">Detail</a>
	Citroen Jumper (1. Gen.) (1993 - 2006)	doručovací dodávka	1/4 z levé strany vozidla (bez podélných nosníků)	1995	60 km/h	<a href="#">Detail</a>

**Obrázek 2** Přehled osobních vozidel v katalogu charakteristických poškození se základními informacemi dle zvoleného filtru – obchodní třída vozidla, lokalizace poškození, rok výroby a střetová rychlost [14]

**Figure 2** An overview of passenger vehicles in the catalogue of characteristic damage with basic information according to the selected filter – vehicle class, damage localization, manufacture year, impact speed [14]



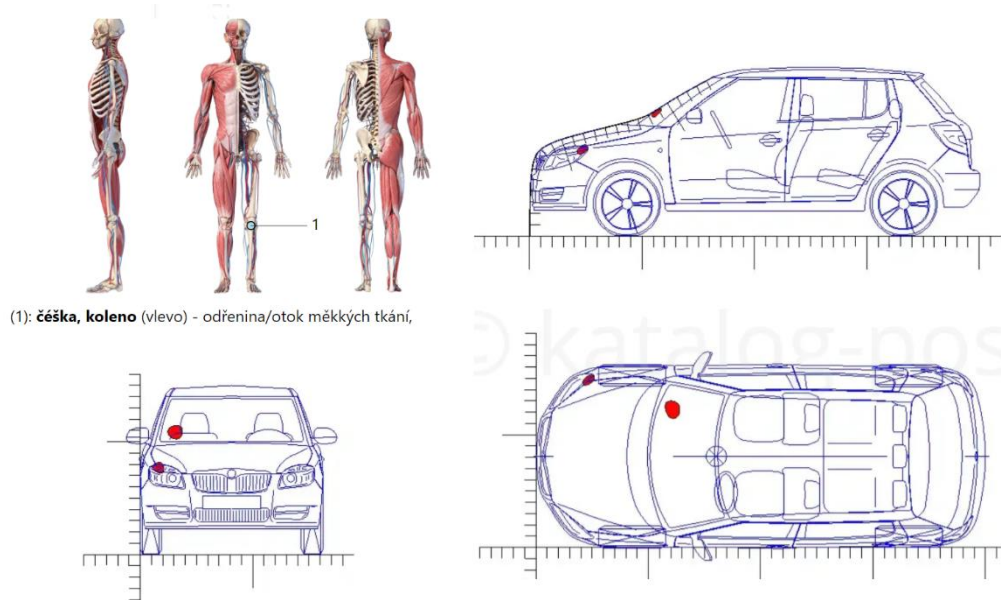
Foto	Model	Obchodní třída vozidla	Převrácení	Lokalizace poškození	Střetová konfigurace	Zobrazené sloupce
	Nevybráno	Nevybráno	Nevybráno	Nevybráno		Zrušit vyhledávání
	A					
	Citroen C1 () (2005 - 2013)	Minis	vozidlo se nepřevrátilo	před A-sloupkem	boční šikmý excentrický souběžný střet- přední levý	Detail
	Skoda Octavia II (1Z) (2004 - 2013)	nižší střední třída (kompaktní)	vozidlo se nepřevrátilo	2/3 z levé strany resp. zepředu	boční šikmý excentrický střet- přední levý	Detail
	Ford Mondeo III (BA7) (2007 - 2014)	vozidlo střední třídy	vozidlo se nepřevrátilo	1/2 z pravé strany resp. zezadu	boční kolmý excentrický střet- zadní levý	Detail
	Skoda Octavia I (1U) (1996 - 2010)	nižší střední třída (kompaktní)	vozidlo se nepřevrátilo	před A-sloupkem	čelní šikmý střet- pravý	Detail

**Obrázek 3** Přehled osobních vozidel v katalogu charakteristických poškození se základními informacemi dle zvoleného filtru – model, obchodní třída vozidla, převrácení, lokalizace poškození, střetová konfigurace [14]

**Figure 3** An overview of passenger vehicles in the catalogue of characteristic damage with basic information according to the selected filter – vehicle model, vehicle class, rollover event, damage localization, impact scenario [14]

Prohlížet je možné data každého z vozidel v detailním náhledu – viz obrázek 5. K dispozici v detailu každého vozidla jsou základní charakteristiky vozidla a zejména jeho poškození:

- základní údaje o vozidle jako např. značka, model, obchodní třída vozidla nebo rok výroby
- základní údaje o poškození jako např. typ nárazu, charakter vzniku nárazu (např. převrácení), detaily o poškození vozidla,
- fotodokumentace poškození vozidla,
- informace o kolizním oponentovi vozidla včetně obdobných základních údajů o něm i jeho poškození včetně fotodokumentace,
- střetová konfigurace a vzájemná korespondence poškození vozidel. V případě střetů s chodcem je možné ve vybraných případech analyzovat také poškození vozidla a související zranění vzniklá na těle chodce prostřednictvím vizualizace anatomické lokalizace zranění na lidském těle (viz obrázek 4).




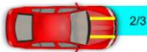
**Obrázek 4** Vzájemná korespondence poškození vozidla a zranění chodce [14]

**Figure 4** Correspondence of vehicle damage and pedestrian injury [14]


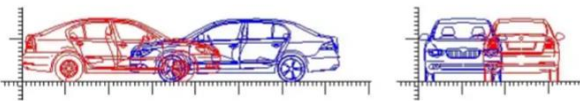
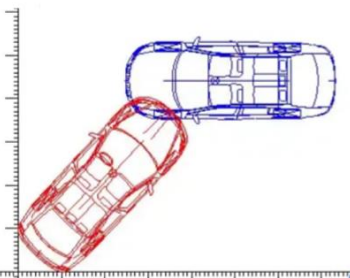
V relevantních případech jsou proměnné pro větší názornost ilustrovány nikoliv v textové podobě, ale prostřednictvím ilustračních nákrešů – konkrétně se jedná například o střetovou konfiguraci vozidel nebo typ nárazu, resp. lokalizace poškození.

Databáze obsahuje také nehody, při nichž došlo k vícenásobným nárazům. V takovém případě je tato informace indikována v záhlaví detailu nehody. Možné je pak v detailu nehody rozklíčovat poškození vzniklá v jejich důsledku jednotlivých střetů včetně nezbytné dokumentace kolizních partnerů a střetových parametrů. V případě, že je u daného vozidla známá i hodnota EES, a tedy vozidlo je rovněž součástí druhého modulu – EES katalog, je uživatel na tuto skutečnost rovněž upozorněn v detailním náhledu nehody a účastníka si může přímo zobrazit také v EES katalogu.

Deformace
Nehody Vyhledávání [Změna modulu](#) [Placený přístup](#)

Účastník 1	
Informace	
Účastník	osobní vozidlo
Značka vozidla	Škoda
Typ (model)	Skoda Octavia II (1Z) (2004 - 2013)
Obchodní třída vozidla	nižší střední třída (kompaktní)
Rok výroby	2012
Délka	4569
Šířka	1769
Výška	1445
Provozní hmotnost	1350
Celková hmotnost	1950
Střetová rychlost	16 km/h
Část vozidla	čelní
Lokalizace poškození	2/3 z levé strany resp. zepředu
Převrácení	vozidlo se nepřevrátilo
Střetová konfigurace	 Boční šikmý excentrický střet - přední levý
Pořadí nárazu	primární
Typ nárazu	

**Obrázky**

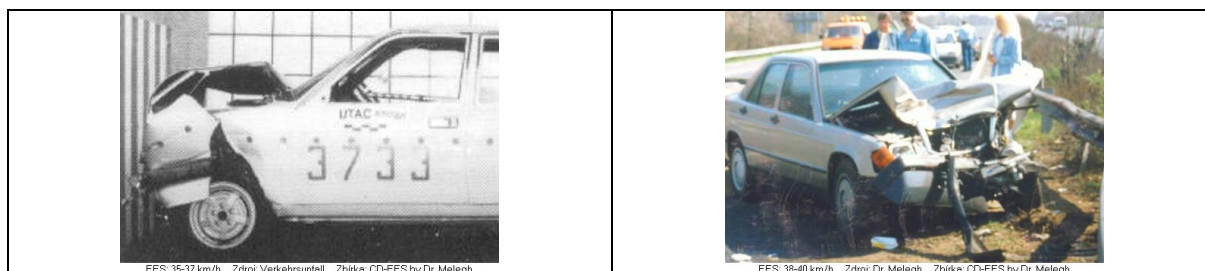

  

  


**Obrázek 5** Příklad detailních údajů vybraného osobního vozidla včetně fotodokumentace a vzájemné korespondence poškození [14]

**Figure 5** Examples of detailed information of the selected passenger vehicle including photo documentation and damage correspondence [14]

### 3.2 EES katalog

Katalogy poškozených vozidel využívané v současné době při stanovení EES v soudně znalecké praxi komparační metodou obsahují převážně zastaralé modely vozidel. Rovněž často není zcela zřejmé, jak byla v daných případech deformační energie kvantifikována. Příklad z jedné z využívaných databází – EES katalogu Meleggha a kol. – ilustruje obrázek 6. Mezi základní problémy komparace se staršími modely patří zejména neustálý vývoj v oblasti konstrukce motorových vozidel (použití moderních materiálů a tím zvyšování tuhosti karoserie vozidel, resp. řízené deformace vozidel atd.). Takováto komparace může vést k nesprávnému stanovení hodnoty EES.



**Obrázek 6** Ukázka z EES katalogu Melegha a kol. [6]

**Figure 6** EES catalogue Melegh a kol. [6]

Vytvářená databáze tedy obsahuje také modul EES katalog. Katalog obsahuje data vozidel, u nichž byl s využitím kombinace různých metod (výpočetních metod, v případě dat z nárazových zkoušek rovněž na základě dat ze senzorů) kvantifikován parametr EES. EES katalog je strukturován obdobně jako katalog charakteristických poškození, tedy umožňuje rovněž filtrování a hledání dle předem stanovených parametrů. Primární řazení katalogu reflektuje lokalizaci poškození (přední, zadní a boční části vozidla). Následně je možné dle nastavených preferovaných filtrů sledovat přehled dostupných vozidel, případně prohlížet vybraná vozidla a jejich parametry a kolizní oponenty v detailním náhledu. Část přehledu osobních vozidel včetně různých nastavení zobrazených filtrů ilustruje obrázek 7. Součástí detailního náhledu jsou, obdobně jako v případě katalogu charakteristických poškození, základní charakteristiky vozidla a zejména jeho poškození i údaje o nehodovém ději včetně detailních informací o kolizním partnerovi včetně vzájemné korespondence poškození vozidel. Dále také dostupná fotodokumentace vozidla a jeho poškození a pro lepší ilustraci také videozáznamy – v případě nárazových testů videozáznam nárazového testu, v případě reálných dopravních nehod simulace nehodového děje.

Foto	Model	Lokalizace poškození	EES [km/h]	Střetová rychlost	Zobrazené sloupce
	Škoda Octavia II (1Z) (2004 - 2013)	1/2 z levé strany resp. zepředu	20	35	Detail
	Škoda Octavia I (1U) (1996 - 2010)	1/2 z levé strany resp. zepředu	34	65	Detail
	Hyundai Getz (2002 - 2008)	2/3 z levé strany resp. zepředu	40	20	Detail

**Obrázek 7** Přehled osobních vozidel v EES katalogu se základními informacemi dle zvoleného filtru – model vozidla, lokalizace poškození, EES, střetová rychlost [14]

**Figure 7** An overview of passenger vehicles in the catalogue of characteristic damage with basic information according to the selected filter – vehicle model, damage localization, impact speed, EES value [14]

Databáze umožňuje mj. také vyhledání na základě dostupných parametrů. V obou částech databáze je možné vyhledávat na základě parametrů vozidla (např. typu účastníka, značky a modelu vozidla, obchodní třídy, roku výroby, hmotnosti a základních rozměrů vozidla, rozsahu případné koroze, v případě zranitelných účastníků také hmotnosti a výšky účastníka). Vyhledávání umožňuje zohlednit také parametry nehody jako například typ kolizního partnera – a to v případě vícenásobných střetů také v rámci jednotlivých nárazů, lokalizace poškození nebo nárazové rychlosti. V případě nárazů do stromu a sloupu je možné zohlednit také průměr pevné překážky, a to v primárním i sekundárním nárazu. U střetů s chodci je možné ve stanovených případech vyhledávat také dle navinutí nebo odhození chodce při střetu. V EES katalogu je možné vozidla třídit také dle typu zdrojových dat (nárazové testy nebo reálné dopravní nehody) a samozřejmě také hodnoty EES. V závislosti na typu proměnných je možné definovat kategoričké i numerické proměnné, resp. jejich rozsah.



## 4 ZÁVĚR

Cílem tohoto článku bylo přiblížit odborné veřejnosti výstupy projektu „Moderní metody dokumentace a analýzy poškození vozidel“, řešeného Centrem dopravního výzkumu v.v.i. a Ústavem Soudního inženýrství VUT v Brně v rámci programu TAČR DOPRAVA 2020+. Výstupy projektu byly koncipovány jako podpůrné prostředky pro odborníky v oblasti analýzy nehod (znalce, výzkumné pracovníky, likvidátory pojišťoven apod.). Vzniklá odborná publikace je určena nejen odborníkům již působícím v tomto oboru, ale byla koncipována tak, aby napomohla zorientovat se v problematice budoucím odborníkům. Může tedy být využívána rovněž pro vzdělávací účely. Vyvíjená databáze pak může sloužit jako kvalitní podklad pro analýzu nehodového děje a validaci vzájemné korespondence poškození vozidel po střetu. Tento nástroj bude dostupný on-line odborné veřejnosti po registraci.

## 5 PODĚKOVÁNÍ



Tento výsledek byl financován se státní podporou Technologické agentury ČR a Ministerstva dopravy v rámci Programu Doprava 2020+.

## 6 REFERENCE

- [1] ARNOLD, E. D., Use of photogrammetry as a tool for accident investigation and reconstruction: a review of the literature and state of the practice. *Virginia Transportation Research Council (VTRC)*. Final report. 2007.
- [2] BRADÁČ, Albert et al. *Soudní inženýrství*. Dotisk. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 1999. ISBN 80-7204-133-9.
- [3] COUFAL, Tomáš. *Analýza tuhosti přední části vozidel*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2014. 119 s, 32 s příloh. Vedoucí dizertační práce doc. Ing. Aleš Vémola, Ph.D.
- [4] DESAI, Jairaj; LIU, Jidong; HAINJE, Robert; OLEKSY, Robert; HABIB, Ayman et al. Assessing vehicle profiling accuracy of handheld LiDAR compared to terrestrial laser scanning for crash scene reconstruction. *Sensors*. 2021, roč. 21, č. 23. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/s21238076>. [cit. 2023-11-20].
- [5] HOLYSZEWSKÁ, Anna. *Poškození vozidel při nárazech v malých rychlostech*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství. 2017.
- [6] MELEGH, Gabor a ŠUCHA Dušan. *VIRTUAL CRASH s.r.o. EES katalog*. Online. Dostupné z: [ees.vcrash3.com](https://ees.vcrash3.com). [cit. 2023-05-15]
- [7] KAMNIK, Rok, PERC, Matjaž Nekrep, & TOPOLŠEK, Darja (2020). Using the scanners and drone for comparison of point cloud accuracy at traffic accident analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 135, 105391. Online. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.105391>. [cit. 2023-11-28].
- [8] STÁŇA, Ivo, Jindřich RYBKA, Milan NOVÁK a Kateřina BUCSUHÁZY. Využití pokročilých metod dokumentace místa dopravní nehody policií ČR. *Soudní inženýrství*. Akademické nakladatelství CERM, 2019, 30(2), 3-7. Online. Dostupné z: DOI: 10.13164/SI.2019.2.3. ISSN 1211-443X. [cit. 2023-09-12].
- [9] STÁŇA, Ivo, TOKAŘ, Stanislav, BUCSUHÁZY, Kateřina, BILÍK, Martin. Comparison of utilization of conventional and advanced methods for traffic accidents scene documentation in the Czech Republic. *Procedia engineering*, 2017, 187, 471-476. Online. Dostupné z: doi: 10.1016/j.proeng.2017.04.402. [cit. 2023-09-20].
- [10] SEMELA, Marek. *Analýza silničních nehod II*, Ústav soudního inženýrství, VUT v Brně. 2014.
- [11] TOPOLŠEK, Darja, HERBAJ, Elvis A., & STERNAD, Marjan. The accuracy analysis of measurement tools for traffic accident investigation. *Journal of Transportation Technologies*, 2014. Online. Dostupné z: doi: 10.4236/jtts.2014.41008. [cit. 2023-11-10].

- [12] TERPSTRA, Toby; VOITEL, Tilo a HASHEMIAN, Alireza. A Survey of Multi-View Photogrammetry Software for Documenting Vehicle Crush. 2016. Online. Dostupné z: <https://doi.org/10.4271/2016-01-1475>. [cit. 2023-11-28].
- [13] VANGI, Dario. Vehicle Collision Dynamics. Butterworth-Heinemann, 2020. ISBN 9780128127506. Online. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812750-6.00013-5>. [cit. 2023-10-15].
- [14] Centrum dopravního výzkumu a Ústav soudního inženýrství VUT v Brně, Katalog poškození vozidel. 2023. Online. Dostupné z: [www.katalog-poskozeni.cz](http://www.katalog-poskozeni.cz) [cit. 2023-11-28].