

Aplikace výpočetní techniky při analýze dopravních nehod

Computer aided analysis of traffic accidents

Bc. Petr Hlaváč

Diplomová práce
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Petr HLAVÁČ**
Osobní číslo: **A09362**
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**

Téma práce: **Aplikace výpočetní techniky při analýze dopravních nehod**

Zásady pro vypracování:

1. Práci zpracujte jako výukový materiál pro potřebu předmětu Kriminologické technologie a systémy.
2. Popište programové aplikace VIRTUAL-CRASH a PC-CRASH.
3. Zpracujte a popište výhody programu EVU-DOS a ADNE.
4. Uvedte charakteristiku a možnosti programů CARAT, KOLIZE a PC-RSCT.
5. Charakterizujte další známé programy s vazbou na paměť nehodových dat.
6. Práci doplňte grafickou a fotografickou dokumentací.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. PORADA, Viktor: Kriminalistika. Brno 2001, 746 s. ISBN 8072041940.
2. PORADA, Viktor: Silniční dopravní nehoda v teorii a praxi. Praha 2000, 378 s. ISBN 80-7201-212-6.
3. BERAN, Tomáš: Dopravní nehody – právní rádce pro každého řidiče. Brno 2007, 171 s. ISBN 978-80-251-1791-0.
4. Ministerstvo vnitra České republiky [online]. 2011 [cit. 2011-02-04]. Dostupné z WWW: <http://www.mvcr.cz>.
5. Ministerstvo dopravy [online]. 2011 [cit. 2011-02-04]. Dostupné z WWW: <http://www.mdcr.cz/cs>.
6. IBESIP [online]. 2011 [cit. 2011-02-04]. Dostupné z WWW: <http://ibesip.cz>.
7. PC Crash: Home [online]. 2011 [cit. 2011-02-04]. Dostupné z WWW: <http://www.pccrash.cz>.
8. DSD [online]. 2011 [cit. 2011-02-04]. Dostupné z WWW: <http://www.dsd.at>.
9. Virtual CRASH [online]. 2011 [cit. 2011-02-04]. Dostupné z WWW: <http://vcrash.com>.
10. ČVUT Fakulta dopravní [online]. 2011 [cit. 2011-02-04]. Dostupné z WWW: <http://fd.cvut.cz>.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Petr Skočík

Ústav elektroniky a měření

Datum zadání diplomové práce:

25. února 2011

Termín odevzdání diplomové práce:

27. května 2011

Ve Zlíně dne 25. února 2011


prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan




doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá možnostmi aplikace výpočetní techniky, resp. softwaru při analýze dopravních nehod. Teoretická část se věnuje obecným náležitostem vyšetřování, typickým stopám a dokumentaci dopravních nehod a také popisu různých výpočetních a grafických metod analýzy dopravních nehod. Praktická část se zabývá softwarovými aplikacemi pro analýzu dopravních nehod, jako jsou programy pro digitální fotogrammetrii místa nehody a také řadou programů pro simulování nehodového děje. Poslední téma práce se věnuje problematice paměti nehodových dat.

Klíčová slova: dopravní nehoda, znalecká expertíza, kriminalistické stopy, rektifikace, fotogrammetrie, simulace nehodového děje, PC-RECT, Virtual-CRASH, PC-CRASH, paměť nehodových dat.

ABSTRACT

This thesis deals with the computer or software aided analysis of traffic accidents. The theoretical part deals with the general particulars of the investigation, typical traces and documentation of traffic accidents and also describes the different methods of computing and graphical analysis of traffic accidents. The practical part studies software applications for analysis of traffic accidents - both programs for digital photogrammetry of the accident and also a number of programs for crash simulation. The last topic deals with issues of motor vehicle event data recorder.

Keywords: traffic accident, technical expertise, forensic traces, rectification, photogrammetry, crash-simulation, PC-RECT, Virtual-CRASH, PC-CRASH, motor vehicle event data recorder.

Zde bych chtěl poděkovat panu Ing. Petru Skočíkovi, vedoucímu mé diplomové práce, za ochotu, cenné rady a čas, který mi při psaní práce věnoval. Také bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům za to, že mě v mém studiu vždy podporovali.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

V Otrokovicích dne 19. května 2011

.....
Petr Hlaváč

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 DOPRAVNÍ NEHODA	12
1.1 DĚLENÍ SILNIČNÍCH DOPRAVNÍCH NEHOD	12
1.2 VYŠETŘOVÁNÍ SILNIČNÍCH DOPRAVNÍCH NEHOD	12
1.2.1 Předmět a rozsah dokazování dopravních nehod	13
1.2.2 Zvláštnosti předmětu dokazování dopravních nehod	15
1.2.3 Ohledání místa dopravní nehody.....	15
1.2.4 Předmět vyšetřování dopravní nehody	16
1.2.5 Výslech	18
1.3 ZNALECKÉ DOKAZOVÁNÍ.....	18
1.3.1 Kriminalistické expertízy.....	19
1.3.2 Oborové expertízy	20
1.3.3 Komplexní expertízy	21
1.4 DALŠÍ VYŠETŘOVACÍ ÚKONY	21
2 KRIMINALISTICKÉ STOPY SILNIČNÍCH DOPRAVNÍCH NEHOD.....	23
2.1 STOPY MATERIÁLNÍ.....	23
2.1.1 Stopy na vozovce (pozemní komunikaci).....	23
2.1.2 Stopy na zúčastněných vozidlech.....	27
2.1.3 Stopy na pevných objektech (mimo komunikaci).....	28
2.1.4 Stopy na tělech obětí nebo zraněných osob a jejich oděvu.....	29
2.2 PAMĚŤOVÉ STOPY ÚČASTNÍKŮ NEHODY A NÁHODNÝCH SVĚDKŮ	30
2.3 STOPY SMÍŠENÉ (KOMPLEXNÍ).....	30
3 DOKUMENTACE Z MÍSTA DOPRAVNÍ NEHODY	31
3.1 PROTOKOL O NEHODĚ V SILNIČNÍM PROVOZU	31
3.2 TOPOGRAFICKÁ DOKUMENTACE	31
3.2.1 Náčrtek místa dopravní nehody.....	31
3.2.2 Plán místa dopravní nehody.....	31
3.3 FOTODOKUMENTACE MÍSTA DOPRAVNÍ NEHODY.....	32
4 VYMĚŘOVÁNÍ MÍSTA DOPRAVNÍ NEHODY	33
4.1 KLASICKÉ METODY VYMĚŘOVÁNÍ.....	33
4.2 MODERNÍ METODY VYMĚŘOVÁNÍ.....	35
4.2.1 Geodetické metody vyměřování.....	35
4.2.2 Fotogrammetrie	35
4.2.3 Fotogrammetrie za využití výpočetní techniky.....	36
5 ANALÝZA SILNIČNÍCH DOPRAVNÍCH NEHOD.....	37
5.1 POSTUP SYSTÉMOVÉHO PŘÍSTUPU ANALÝZY	38
5.2 RYCHLOST VOZIDLA	39
5.3 POLOHA A ZPŮSOB STŘETU	39
5.4 POLOHA OSÁDKY UVNITŘ VOZIDLA	39
5.5 ANALÝZA POHYBU VOZIDLA BĚHEM NEHODOVÉHO DĚJE.....	40

5.6	ANALÝZA STŘETU	40
5.7	ROZDĚLENÍ STŘETŮ	40
5.8	FÁZE STŘETU	41
5.9	KORESPONDENCE POŠKOZENÍ VOZIDEL	42
5.10	ZJIŠTĚNÍ NÁRAZOVÉ RYCHLOSTI (EKVIVALENTNÍ BARIÉROVÉ RYCHLOSTI – EES).....	42
5.11	POHYB PŘEDMĚTŮ PO STŘETU	43
5.12	VZDÁLENOST ODHOZENÍ STŘEPIN A JEJICH ROZPTYL.....	44
5.13	GRAFICKÁ ANALÝZA NEHOD.....	44
II	PRAKTICKÁ ČÁST	46
6	DIGITÁLNÍ FOTOGRAMMETRIE MÍSTA DOPRAVNÍ NEHODY	47
6.1	PC-RECT	47
6.1.1	Praktická ukázka a ověření přesnosti jednosnímkové rektifikace pomocí aplikace PC-RECT 4.0a	55
6.2	PHOTODELER PRO	57
6.3	DMU (DOKUMENTACE MÍSTA UDÁLOSTI)	60
7	SOFTWAREVÉ APLIKACE PRO SIMULACI PRŮBĚHU NEHODOVÉHO DĚJE	63
7.1	VIRTUAL-CRASH.....	63
7.1.1	Praktická ukázka simulace jízdního manévru v programu Virtual-CRASH 2.2	69
7.1.2	Praktická ukázka simulace střetu v programu Virtual-CRASH 2.2	72
7.1.3	Praktická ukázka simulace brzdného manévru na rektifikované fotografii	75
7.2	PC-CRASH.....	76
7.2.1	Praktická ukázka 3D modelování interiéru vozidla v aplikaci PC-CRASH 8.1	90
7.3	ADNE (ANALÝZA DOPRAVNÍCH NEHOD)	92
7.3.1	Analýza předjížděcího manévru pomocí programu ADNE.....	92
7.4	CARAT (COMPUTER AIDED RECONSTRUCTION OF ACCIDENTS IN TRAFFIC).....	95
7.5	EVU-DOS.....	102
7.6	KOLIZE	103
7.7	CYBORG IDEA	104
7.7.1	Cyborg Idea V-SIM 2.0	104
7.7.2	Cyborg Idea PLAN 2.0	106
7.7.3	Cyborg Idea TITAN	106
7.7.4	Cyborg Idea SLIBAR+ 2.0	108
7.7.5	Cyborg Idea PHOTORECT 1.0.....	109
7.7.6	Ratschbacher AUTOVIEW.....	110
7.8	ANALYZER PRO	110
7.9	WINKOL	113
8	PAMĚŤ NEHODOVÝCH DAT	115
	ZÁVĚR	118
	ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ	119

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	120
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	122
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	123
SEZNAM TABULEK	132
SEZNAM PŘÍLOH.....	133

ÚVOD

Průmyslová revoluce v 19. století sebou přinesla několik pro lidstvo zásadních vynálezů, které významně ovlivnily život na Zemi. Jedním z nich bezpochyby bylo i vynalezení automobilu. Ten se v průběhu 20. století stal naprosto běžnou součástí života ve všech koutech světa. Pro řadu lidí však automobil již dávno není jen dopravním prostředkem, ale často i koníčkem či dokonce prostředkem k dotváření vyššího společenského postavení. [3]

S automobilismem už od samého počátku úzce souvisí i další fenomén a to dopravní nehody. Díky technickému pokroku máme sice stále dokonalejší a bezpečnější vozidla a lepší pozemní komunikace, nicméně zároveň stále roste hustota provozu, což ve spojitosti s agresivitou řidičů danou nejspíše dnešní uspěchanou dobou způsobuje to, že se daří snižovat nehodovost na českých silnicích jen velmi pozvolna. V posledních letech dochází každoročně k poměrně výraznému snížení počtu usmrcených a těžce zraněných osob, přesto však při dopravních nehodách v roce 2010 zemřelo na českých silnicích 753 osob a 2823 jich bylo vážně zraněno. To jsou stále alarmující čísla, avšak oproti kritickým letům 2002 a 2003 je to pokles téměř o polovinu. Z velké části je to jistě zásluhou řady bezpečnostně dopravních kampaní, které v posledních letech pravidelně připravuje ministerstvo dopravy. [5], [6]

Současná doba klade stále vyšší nároky na odbornost a vybavení vyšetřovatelů dopravních nehod. Ještě před pár desetiletími bylo naprosto běžnou praxí, že vyšetřovatel či znalec došel k závěru o příčině vzniku dopravní nehody pomocí několika výpočtů a na základě odhadů daných svými dosavadními zkušenostmi. Taková práce je v dnešní době již naprosto zastaralá a nepřípustná. Rychlý rozvoj výpočetní techniky v posledních 25 letech umožnil vývoj řady speciálních softwarových aplikací, pomocí nichž lze za předpokladu dostatečného počtu vstupních údajů zjistit příčinu i průběh prakticky jakékoli dopravní nehody. Ve srovnání s dříve používanými postupy analýzy dopravních nehod jsou tyto moderní metody nejen mnohem rychlejší, ale také přesnější. Navíc většina těchto aplikací umožňuje spustit i názornou videosimulaci průběhu nehodového děje. Ve své diplomové práci se zabývám především nejmodernějšími způsoby analýzy dopravních nehod pomocí speciálních softwarových aplikací.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 DOPRAVNÍ NEHODA

Pro pojem dopravní nehoda existuje celá řada různých definicí. Uvedl jsem tedy alespoň dvě z nich. Ta první říká, že se jedná o nepředvídanou (ale zpravidla předvídatelnou) událost, která vznikla během provozu na dopravní cestě a měla za následek škodu na životě, zdraví nebo majetku nebo jiný zvlášť závažný následek. [1]

Jiná definice zase říká, že dopravní nehoda je souhrn člověkem vykonávaných řídicích činností dopravního prostředku, který se dostává do rozporu se zákonnými normami a ostatními speciálními předpisy, při tom se tento rozpor rychle prohlubuje. Dochází k nekorektnímu pohybu dopravních prostředků, které jsou ve vzájemné interakci s následným silovým působením a konečnou destrukcí. [2]

Dopravní nehoda se vždy skládá ze dvou komponent, mezi kterými existuje příčinná souvislost:

- **Nehodové jednání** – je jednání účastníka dopravy, který svým konáním popř. opomenutím způsobil nehodovou událost.
- **Nehodová událost** – konkrétní projev dopravní nehody – srážka, náraz, převrácení, pád apod. [1]

1.1 Dělení silničních dopravních nehod

Silniční dopravní nehody podle jejich charakteru rozdělujeme do tří základních kategorií:

Srážka – střet dvou a nebo více účastníků silničního provozu, pokud se aspoň jeden z nich pohyboval na silničním vozidle, může se také jednat o náraz vozidla na pevnou překážku nebo jeho střet s chodcem či se zvířetem.

Havárie – dopravní nehody se zúčastnilo pouze jedno silniční vozidlo – např. převrácení.

Jiné nehody – např. vypadnutí osoby z jedoucího vozidla, zranění při prudkém brzdění apod. [2]

1.2 Vyšetřování silničních dopravních nehod

Silniční dopravní nehoda bývá často souhrnem několika příčin a podmínek. Příčinou je obvykle porušení pravidel silničního provozu nebo technická závada na vozidle či špatný stav pozemní komunikace popř. její špatná údržba v zimním období. [1]

Podnětem k vyšetřování většinou bývá telefonické oznámení svědkem nebo samotným účastníkem nehody. Na základě jím udaných informací je třeba rozhodnout o taktickém postupu na místě nehody. Samotné práce na místě je ovšem nutné provádět s ohledem na co nejmenší a nejkratší omezení provozu. [1]

Při vyšetřování se obvykle vytyčují vyšetřovací verze k objektivní stránce trestného činu, ke kterému došlo v důsledku dopravní nehody. To má význam zejména při objasňování jednání subjektu. V případě, kdy se na vzniku nehody podílelo několik relativně samostatných příčin, vytyčují se vyšetřovací verze k objasnění příčinné souvislosti mezi jednáním a následkem. Někdy je také nutno vytýčit i vyšetřovací verze k objasnění průběhu nehody. Pokud jde o subjektivní stránku, vyšetřovací verze se obvykle nevytyčují, protože nebývá pochyb, že trestný čin jako důsledek dopravní nehody byl nedbalostním jednáním. Někdy se ovšem musí prověřit, zda nehoda byla zaviněná či nezaviněná popř. zda nešlo o sebevraždu či vraždu zastíranou dopravní nehodou. Za nejvýznamnější vyšetřovací verze se považují ty k subjektu (pachateli). [1]

Základem je zjištění průběhu nehody, podle něhož se můžou vytýčit vyšetřovací verze, že dopravní nehodu způsobila osoba řídící dopravní prostředek. Zvláštní postup pak bývá v případech, kdy řidič z místa ujel. Tehdy se v co nejkratší době vytyčují a prověřují vyšetřovací verze: k příčinám a podmínkám, k průběhu, k způsobu utajování, k druhu dopravního prostředku, kterým byla nehoda způsobena a k pachateli. Někdy se taky vytyčuje verze k prověření, zda nešlo o předstíranou dopravní nehodu nebo zda se pachatel nesnaží zakrýt jinou trestnou činnost. [1]

Při vyšetřování složitějších dopravních nehod, kde není jednoznačné, kdo je pachatelem a kde není možné hned určit míru jeho zavinění, se sestavuje tzv. plán vyšetřování. V tom se stanoví priority operativně pátracích a vyšetřovacích úkonů pro ověření vytýčených vyšetřovacích verzí nebo k získávání dalších důkazů. [1]

1.2.1 Předmět a rozsah dokazování dopravních nehod

Při určování objektu trestného činu se pokládá otázka, jestli dopravní nehodou nebo jednáním, které jí bezprostředně předcházelo, došlo k ohrožení zájmů chráněných trestním zákonem (život, zdraví, majetek, bezpečnost a plynulost dopravy). Při dokazování objektivní stránky konkrétního trestného činu je důležité zjistit a následně také prokázat rozporné jednání subjektu ve vztahu k daným podmínkám silniční dopravy, které se stalo

subjektivní příčinou nehody. (obvykle nedbalý přístup k řízení motorového vozidla nebo opomenutí povinností). Předmětem dokazování je povaha a výše způsobené škody, která byla nehodou způsobena. Podle výše škody se pak často stanovuje právní kvalifikace skutku. V případě, že se na vzniku dopravní nehody podílelo několik samostatných faktorů, snaží se vyšetřovatelé prokázat příčinnou souvislost mezi jednáním pachatele a konkrétním vzniklým následkem. [1]

Předmětem dokazování je okruh skutečností důležitých pro rozhodování a postup OČVTŘ (skutečnosti, které je nutno v trestním řízení dokazovat). Jedná se hlavně o:

- Okolnosti důležité k rozhodnutí o samotné věci – objekt, objektivní stránka, subjekt a subjektivní stránka.
- Okolnosti důležité pro postup v trestním řízení např. okolnosti, na základě kterých je možno rozhodnout o ukončení trestního stíhání odložením věci, zastavením nebo přerušením trestního stíhání atd.

Okolnosti, které umožnily, popř. přímo vedly ke spáchání trestného činu a dále pak okolnosti umožňující stanovení výše škody. [2]

Rozsahem dokazování je myšlena hranice dokazování a množství a kvalita důkazů, jimiž se dokladuje předmět dokazování. Dokazují se zejména následující skutečnosti:

- Jestli se skutek, v kterém je spatřován trestný čin, vůbec stal.
- Jestli tento skutek spáchal obviněný a z jakých pohnutek.
- Podstatné okolnosti mající vliv na posouzení nebezpečnosti činu a dále na posouzení osobních poměrů pachatele.
- Podstatné okolnosti umožňující stanovení následku a škody, která byla způsobena trestným činem.
- Okolnosti, které vedly ke spáchání trestného činu, případně umožnily jeho spáchání. [2]

K rozsahu dokazování u dopravních nehod patří také:

- Okruh svědků
- Okruh účastníků
- Nehodový děj
- Okruh podezřelých osob, které v osudné době řídily motorové vozidlo
- Stav a povaha vozovky a kvalita její údržby
- Povětrnostní vlivy, viditelnost, přehlednost úseku, výhledové podmínky atd. [2]

Rozsah dokazování se z kriminalisticko-taktického hlediska vymezuje na:

- Místo a čas vzniku dopravní nehody
- Druh dopravního prostředku, který se nehody zúčastnil
- Příčinu vzniku, nehodové jednání a nehodovou událost
- Soubor dalších okolností praktického významu pro postup na místě nehody a při objasňování příčin a podmínek jejího vzniku. [2]

1.2.2 Zvláštnosti předmětu dokazování dopravních nehod

Při posuzování objektu se řeší otázka, jestli dopravní nehodou byly ohroženy zájmy chráněné trestním zákonem. V důsledku toho se musí předmět dokazování týkat i toho, jestli konkrétní nehoda nebo okolnost, která jí bezprostředně předcházela, takový stav vyvolaly. Při dokazování objektivní stránky konkrétního trestného činu se musí zjistit a prokázat rozporné jednání subjektu ve vztahu k existujícím podmínkám dopravy, které je subjektivní příčinou vzniku nehody. [1]

Jednání subjektu obvykle spočívá v nedbalém přístupu k řízení dopravního prostředku, popř. v opomenutí povinností. Předmětem dokazování je povaha a výše škody způsobené nehodou. Výše škody je jedno z kritérií, podle kterého je stanovena právní kvalifikace skutku. Rovněž musí být prokázána příčinná souvislost mezi jednáním pachatele a vzniklým následkem zejména v případech, kdy vznik dopravní nehody zapříčinilo několik relativně samostatných faktorů. Dokazování subjektivní stránky trestného činu je také zaměřeno na formu nedbalostního zavinění. [1]

1.2.3 Ohledání místa dopravní nehody

Za účelem zjištění a zajištění stop a dalších důkazů a skutečností rozhodných pro stanovení příčiny nehody a pachatele se provádí ohledání místa dopravní nehody. Ohledání se musí provádět systematicky a velmi důkladně kvůli zajištění důkazů pro objasňování nehody. Všechny nalezené stopy je nutno číselně označit a následně přesně popsat. Všechny stopy se musí graficky nebo fotograficky fixovat (popř. pořídit videozáznam). V některých případech se používá i fotogrammetrie. To je ovšem vysoce technicky i organizačně náročné a proto je většinou nutno přizvat i odborníky ze specializovaných kriminalistických pracovišť. [1]

Ohledávání se musí provádět v dostatečně širokém okruhu, aby byly nalezeny všechny stopy, které se v závislosti na rychlosti vozidel při střetu mohou nalézat i ve

větších vzdálenostech od místa střetu. Výchozím místem ohledání se stanoví nejdůležitější bod individuálně podle situace na místě – většinou je to místo, kde došlo ke střetu, nebo místo konečného postavení vozidla. Pokud při nehodě došlo k usmrcení osoby, začíná se ohledávání u těla. V případech, kdy došlo ještě před zahájením ohledávání k manipulaci se stopami (odvoz zraněných, odstranění vozidel z vozovky apod.) je nutno si vyžádat od svědků a účastníků informace o situaci na místě těsně po havárii a důležité body na vozovce i mimo ni označit.

V další fázi je nutno stanovit tzv. výchozí bod měření (VBM), ke kterému se při ohledávání vztahují všechny zaznamenané vzdálenosti stop, vozidel a jiných objektů. Jako VBM se volí nějaký relativně stálý a neměnný objekt – např. sloup, roh budovy, dopravní značka atd. S ohledáním úzce souvisí i popis samotného místa DN, kdy se snažíme zachytit objektivně podmínky v době ohledání (charakter a rozměry dopravní cesty, charakteristika okolí komunikace, stav a povrch vozovky, dopravní značení a jeho rozmístění a viditelnost, způsob řízení dopravy, povětrnostní podmínky, viditelnost, světelné poměry, hustota provozu atd.). Velmi důležité je také ohledání samotného vozidla. Na místě se obvykle nedá provádět podrobné ohledání, přesto je ale nutné aspoň zjistit polohu a funkčnost jednotlivých ovládacích prvků a zaznamenat stopy a poškození na vozidle. Mimořádně důležité je také zaznamenání polohy vozidla a vzdálenosti vůči VBM. Podrobné ohledání vozidla pak provádí až po jeho zajištění a odtahu na místo útvaru policie nebo na jiné znalcem určené místo soudní znalec a specialisté kriminalistického ústavu. [1]

1.2.4 Předmět vyšetřování dopravní nehody

Předmětem vyšetřování se rozumí systém jednání a chování účastníků, kteří zapříčinili vznik nehody. Řada otázek je shodná s předmětem a rozsahem dokazování, předmět vyšetřování je oproti předmětu dokazování ale širší, zahrnuje totiž i taková jednání účastníků, která se vznikem nehody bezprostředně nesouvisejí, ale ve svých důsledcích vedou ke vzniku kolizních situací. Předmět dokazování a vyšetřování je ale hodně závislý na druhu konkrétní dopravní nehody: [1]

Srážka dvou vozidel – zjištění a prokázání zejména směru a způsobu jízdy všech účastníků, charakteru vybočení z obvyklého způsobu jízdy, počtu, charakteru a stavu spolujezdců, charakteru pozemní komunikace a způsobu značení přednosti v jízdě

a chování ostatních účastníků silničního provozu a jejich možnosti ovlivnit jízdu účastníků nehody. [1]

Sražení chodce – vyšetření zaměřené především na chování chodce v silničním provozu, na míru předvídatelnosti nehody ze strany řidiče a na chování ostatních účastníků silničního provozu a nehody. [1]

Najetí na pevnou překážku – vyšetřování zaměřené na charakter, umístění a označení překážky, dále na způsob jízdy řidiče, chování spolujezdců, viditelnost překážky, míru předvídatelnosti neoznačené překážky v nepřehledných místech a v neposlední řadě na to, kdo překážku způsobil. [1]

Havárie vozidla – kromě obvyklých otázek vyšetřování se zjišťuje také stupeň únavy řidiče a s tím spojená schopnost reagovat na změny v silničním provozu (např. mikrospánek), dále se prověřuje možnost technická závady na vozidle, způsob uložení nákladu apod. [1]

Srážka s tramvají – vyšetřuje se, jestli řidič tramvaje upozornil výstražným znamením ostatní účastníky provozu na to, že se blíží (popř. slyšitelnost výstražného znamení v dostatečné vzdálenosti) anebo zda před odbočením dal včas znamení o změně směru jízdy. Dále, zda řidič tramvaje včas snížil rychlost jízdy soupravy. Důležité je také zjistit, kde v tramvaji seděli svědkové - z důvodu zjištění objektivnosti jejich názoru na vznik nehodové události. Pochopitelně se také vyšetřuje způsob jízdy řidiče motorového vozidla. Vyšetřování těchto nehod probíhá ve spolupráci s vyšetřujícími orgány daného dopravního podniku. [1]

Ujetí nebo útěk řidiče z místa nehody – v některých případech se stává, že účastník dopravní nehody místo nehody opustí. Nemusí však jít vždy o viníka, někdy z místa vlivem šoku uteče i člověk, který na zavinění neměl žádný podíl. Někdy se také stává, že řidič (zejména dlouhých nákladních souprav) nehodu vůbec nezaznamená, a proto pokračuje dál v cestě. Ve všech těchto případech je nutno zjistit motiv útěku účastníka nehody a provést dokonalé ohledání. V případě, kdy vozidlo zůstane na místě, se musí zajistit všechny i méně obvyklé stopy uvnitř vozidla (biologické, daktyloskopické a pachové). Pokud řidič opustil místo nehody i s vozidlem, tak je nutno se zaměřit na stopy nalezené na místě nehody. Také je dobré prohledat vozovku i ve větší vzdálenosti, protože

během ujíždění mohly z poškozeného vozidla odpadnout nějaké části a střepy, které by mohly vést k jeho identifikaci. V těchto případech je dobré také prověřit opravy vozidel (pachatel se snaží co nejdříve opravit vozidlo a tím zničit stopy) a nemocnice (uprchlý řidič se někdy snaží zjistit stav zraněných). Po případném zajištění vozidla se provádí znalecké ohledání za účelem nalezení stop (poškození vozu, biologické stopy), popř. zda pachatel již stopy neodstranil výměnou dílu nebo přelakováním. Stopy nalezené na zajištěném vozidle se musí porovnávat se stopami nalezenými na místě nehody (na ostatních vozidlech, pevných objektech, tělech objektů apod.) – zjišťuje se, zda spolu vzájemně korespondují. U vyšetřování těchto dopravních nehod hraje nejdůležitější roli čas dopadení viníka, protože čím delší dobu má pachatel na odstranění stop a zajištění alibi, tím hůře se potom usvědčuje. [1]

1.2.5 Výslech

Výslech účastníků dopravní nehody a svědků je často významným zdrojem informací ke zjištění průběhu nehodového děje, příčin a podmínek nehody. Pokud to situace umožňuje, je vhodné provést výslech hned na místě nehody popř. co nejdříve po nehodě – nejlépe ještě tentýž den, dokud mají lidé všechny detaily nehody v čerstvé paměti. S postupujícím časem se paměťové stopy vytrácejí a často pak dochází ke zkreslování informací (vědomému či nevědomému). Při výslechu je nutno počítat s jistou podjatostí svědků, kteří jsou v nějakém vztahu k předpokládanému viníkovi. Výpověď svědků musí být chronologickým popisem sledu událostí a musí být zaměřena především na podstatné okolnosti DN. Věrohodnost výpovědi svědka záleží do velké míry na tom, zda byl schopen vnímat průběh nehody a zda měl příznivé podmínky pro vnímání nehodové události. [1]

1.3 Znalecké dokazování

V dnešní době se bez znaleckého zkoumání neobejde žádná větší dopravní nehoda. Provádí se 3 základní druhy znaleckých expertíz: kriminalistické, oborové a komplexní. Z kriminalistických se obvykle vyžadují expertízy trasologické, daktyloskopické, mechanoskopické, biologické a chemické. Úspěch a objektivita znalecké expertízy jsou přímo závislé na kvalitě materiálů, které jsou nashromážděny OČVTR ve vyšetřovacím spisu – hlavně dokumentace z místa DN. Proto je tak nezbytně nutné důkladné ohledání a řádné zadokumentování. Znalec by se měl účastnit všech klíčových úkonů souvisejících

s vyšetřováním nehody – např. důležité výsledky, rekonstrukce, vyšetřovací experimenty. Znalec je oprávněn sám provádět prohlídku vozidla, geodetické zaměření místa dopravní nehody, měření adhezních vlastností vozovky i vozidla, zjištění akceleračních a brzdných vlastností vozidla atd. V rámci zpracování znaleckého posudku je znalec také oprávněn provádět tzv. technický experiment znalce. [1]

1.3.1 Kriminologické expertízy

Trasologická expertíza – se provádí v těch případech, kdy byly na místě nehody zanechány stopy pneumatik popř. obuvi. Stopy pneumatik bývají nejen na vozovce a mimo ní, ale někdy také na šatech a tělech zraněných nebo usmrcených osob. Stopy pneumatik vedou k určení: druhu, typu, někdy i značky dopravního prostředku, kterým byla vytvořena a způsob a směr jeho jízdy. Pomocí stop obuvi lze zase určit směr a způsob chůze osoby a také druh obuvi osoby a její markanty. Trasologické stopy mohou být někdy vytvořeny i oděvem – např. vtlačení látky do vozovky při vlečení těla vozidlem. [2]

Daktyloskopická expertíza – není úplně typická u DN. Zajišťování daktyloskopických stop je však typické v těch případech, kdy řidič vozidla z místa nehody utekl nebo u těžkých dopravních nehod, kdy není jasné, která osoba vozidlo řídila. Daktyloskopické stopy bývají obvykle zajišťovány na volantu, řadicí páce a na palubní desce. Ve výjimečných případech bývají daktyloskopické stopy zjišťovány i na vnějších částech vozidla. To se týká nehod, při nichž došlo k zachycení chodce projíždějícím vozidlem. [2]

Mechanoskopická expertíza – jedná se o nejčastější typ expertízy prováděné při vyšetřování silničních dopravních nehod, je využívána při zkoumání střepů z oken, světlometů, drobných úlomků laku karoserie zanechaných na oděvu nebo těle poškozeného nebo na jiných vozidlech popř. na okolních objektech a jiných předmětech. Tento druh expertízy velmi často může vést ke zjištění druhu a typu vozidla. Taktéž umožňuje i zjištění způsobu a směru jeho jízdy. Nutností však bývá zadokumentovat místo nálezu stopy v návaznosti na okolní stopy a předměty. [2]

Biologická expertíza – se používá stejně jako daktyloskopická v těch případech, kdy řidič z místa nehody utekl nebo není jisté, která z osob nalezených na místě řídila vozidlo v době nehody. Zjišťují se zde především stopy krve, tkáně, vlasy, mozková hmota, tělní

sekrety popř. cigaretové nedopalky apod. Všechny tyto stopy pak mohou objasnit jejich původ na základě zjištěné krevní skupiny, struktury a barvy vlasů popř. rozboru DNA. [2]

Chemická expertíza – slouží zejména k rozboru zajištěných pohonných hmot, mazadel, barvy nebo sypkého materiálu vypadnutého z úložného prostoru vozidla. Tato expertíza může vést k objasnění druhu, typu a značky vozidla. Často podle tvaru skvrn umožňuje i zjištění směru jízdy vozidla. [2]

1.3.2 Oborové expertízy

V tomhle případě se jedná o různé odborné expertízy, jako je např. soudní pitva a jiné soudně lékařské znalecké posudky, technické soudně inženýrské expertízy z oboru silniční dopravy, elektrotechniky, strojírenství apod. [1]

Pitva a soudně lékařské expertízy jsou zaměřeny na stanovení doby a příčiny smrti, posouzení abnormalit a chorobných změn osoby, stanovení charakteru a rozsahu tělesného poškození a stanovení léčebné prognózy, stanovení mechanismu vzniku zranění ve vztahu k vozidlu, určení polohy zraněné osoby v momentu vzniku nehody ve vztahu k vozidlu, stanovení, jestli se dalo poskytnutím včasné pomoci zabránit smrti nebo jiným vážným následkům, stanovení hladiny alkoholu v krvi, posouzení existence mikrospánku, stanovení stupně únavy řidiče a jeho vlivu na pozornost a vnímání. Dále někdy probíhají i znalecké posudky psychologů a psychiatrů, aby posoudili osobnost řidiče a jeho schopnost reagovat na podněty v kritické situaci a také jeho případné poruchy osobnosti a paměti a zjistit případnou duševní poruchu a její vliv na jednání řidiče v kritické situaci. [1]

Téměř u každé DN jsou potřeba znalecké posudky z technických oborů k posouzení mechanismu vzniku nehody, technické závady, únavy materiálu, pevnosti a tažnosti kovů a dalších technických otázek konstrukčního charakteru týkajících se provozu motorových vozidel. Otázky pokládané znalci jsou zaměřeny zejména na určení charakteru a rozsahu poškození vozidla a způsobené škody, posouzení technického stavu vozidla a na to, zda příčinou nehody nebyla technická závada – popř. její charakter, původ a doba jejího vzniku a také, zda příčinou vzniku závady byla špatná údržba vozidla. Dále je nutné určit, jaký byl technický stav činných částí a zařízení vozidla, jaký byl způsob jízdy řidiče a jaký byl mechanismus vzniku a průběhu nehody. V případě, že vozidlo podílejší se na dopravní

nehodě bylo vybaveno tachografickým kroužkem nebo jiným zařízením zaznamenávajícím průběh jízdy, je nezbytné provést jeho rozbor. [1]

1.3.3 Komplexní expertízy

Komplexní expertízy jsou velmi náročné, a proto se při vyšetřování silničních dopravních nehod provádějí pouze ve výjimečných případech (u velmi vážných nehod se závažnými následky). Komplexní expertízy v praxi představují souběžnou a vzájemně propojenou realizaci předchozích jednotlivých druhů expertíz. Provádějí se zejména za účelem určení osoby, která řídila vozidlo, stanovení polohy a místa osob při nehodě zraněných nebo usmrcených a stanovení jejich vzájemné polohy a také polohy ve vztahu k vozidlu. Taktéž se provádějí za účelem objasnění mechanismu vzniku poranění (o kterou část vozidla) a prognózu léčení. V neposlední řadě se komplexní expertízy snaží o stanovení pravděpodobných poškození vozidla, které z místa nehody ujelo. [1]

1.4 Další vyšetřovací úkony

Vyšetřovací experiment (pokus) – je pokusná činnost prováděná OČVTR za asistence znalce, účastníků nehody, obhájce a svědků, která je zaměřena na zjištění možnosti průběhu DN nebo jejího některého stádia při různých systematicky a cílevědomě měněných podmínkách. Na rozdíl od rekonstrukce, při které jsou základní okolnosti a fakta známa, se při experimentu navozují možné modelové situace a zkoumá se, která z nich nejvíce odpovídá nehodové situaci a nehodovému ději. V rámci co největší objektivnosti výsledků musí být experiment prováděn vždy za podmínek, které se co nejvíce přibližují podmínkám na místě nehody v době vzniku nehody. Ideální je provádět experiment na stejném místě a za stejných podmínek. Pro každý experiment jsou důležité jiné okolnosti a ty musí být bezpodmínečně dodrženy – např. při ověřování adhezních vlastností vozidla sklon a typ povrchu vozovky, její konstrukční charakter a stav povrchu (suchý, mokrý, zledovatělý apod.). Při ověřování viditelnosti v době nehody je zase důležitá denní (popř. i roční) doba, počasí, typ vozidla, jeho barva apod. V některých případech se dokonce musí použít přímo konkrétní vozidlo, které se nehody zúčastnilo (např. při ověřování brzdných nebo akceleračních vlastností) a někdy také konkrétní osoba – např. při posuzování rychlosti chůze není možno použít figuranta. Předmětem vyšetřovacího experimentu bývá zejména: zjištění dohlednosti v místě nehody, zjištění výhledu z vozidla, zjištění výhledu a dohlednosti svědka, zjištění rychlosti pohybu chodce, zjištění rychlosti jízdy vozidla

a zjištění jeho akceleračních nebo brzdných schopností, ověření slyšitelnosti zvukových výstražných signálů atd. [1]

Rekonstrukce – znamená obnovení původní situace z doby průběhu dopravní nehody za použití původních předmětů a prostředků na základě vyšetřovatelem nashromážděných důkazů. Rekonstrukce se provádí za účelem ověření, zda se nehoda skutečně mohla stát tak, jak vyplývá z výsledků vyšetřování. Pokud jde o podmínky provedení rekonstrukce, platí prakticky totéž co u vyšetřovacího experimentu. [1]

2 KRIMINALISTICKÉ STOPY SILNIČNÍCH DOPRAVNÍCH NEHOD

Kriminalistickou stopou se obecně rozumí jakákoli změna, nová vlastnost nebo nová totožnost vzniklá na místě kriminalisticky významné události, která je v příčinné souvislosti s danou událostí. Dle základního dělení rozlišujeme stopy materiální a stopy paměťové. Materiálové stopy se zajišťují v původním stavu (in natura), otiskem stopy na fólii, odléváním nebo fotografováním. Paměťové stopy se zjišťují výslechem. [10]

V průběhu každé dopravní nehody vznikají stejně jako u jiných trestných činů kriminalistické stopy. Vznikají vzájemným působením předmětů, věcí a procesů, jehož důsledkem je vzájemné odražení vlastností na sebe působících předmětů. To se projevuje změnou jejich stavu, mechanickými deformacemi, přeměnou uspořádání atomů, změnou elektromagnetických sil, chemickými změnami, fyziologickými pochody, popř. změnou psychiky a vědomí. Pro odhalení události a pro objasnění a zjištění objektivní pravdy v trestním řízení je nezbytné, aby byly stopy nalezeny, byla zjištěna v nich obsažená informace a aby bylo podle nich možné prokázat souvislost stopy s vyšetřovanou událostí. Stopy mají hodnotu technickou a taktickou (informační). Technická hodnota slouží pro identifikaci a taktická má zase význam pro získání informací, které stopa obsahuje. [10]

U dopravních nehod probíhá proces vzniku stop dle teorie odrazu. Tu chápeme jako schopnost objektů vytvářet v procesu vzájemného působení otisky, které jsou s těmito objekty izomorfní, tzn. jakákoli změna jednoho objektu, která vzniká jako výsledek jeho interakce s druhým objektem, má něco srovnatelného s originálním objektem. [10]

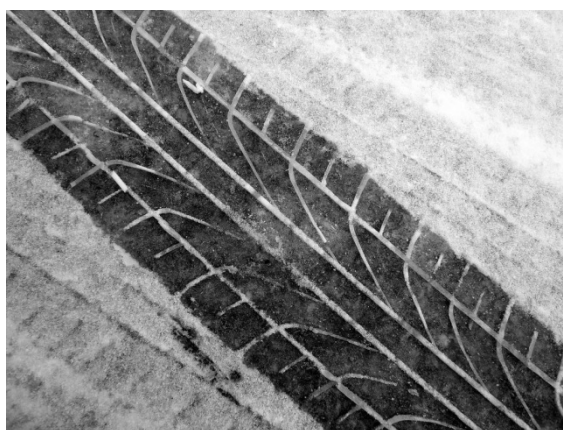
2.1 Stopy materiální

Materiální (hmotné) stopy vznikají odrazem události v materiálním prostředí.

2.1.1 Stopy na vozovce (pozemní komunikaci)

- a) **Stopy jízdy vozidla** – jsou vytvořeny volně se otáčejícími nebrzděnými koly. Jejich kvalita závisí především na typu povrchu vozovky a na konstrukci a hmotnosti vozidla, případně na stavu a nahuštění pneumatik. Tyto stopy bývají dobře znatelné zejména na měkčím povrchu (prašné cesty, bláto, sníh, teplem změkнутý asfalt apod.). Naopak na běžném asfaltu, betonu nebo

dlažebních kostkách bývají velmi těžce zjistitelné. Stopy jízdy jsou charakteristické tím, že jejich tvar i reliéf dezénu naprosto odpovídá skutečnosti. To umožňuje zjištění konkrétního vozidla – ze stop je možné určit rozchod kol vozidla, rozměry, markanty a anomálie pneumatiky - např. nepravidelné opotřebení běhounu, poškození ráfku atd. [2]



Obr. 1. Stopa jízdy na sněhu

- b) **Brzdné stopy** – vznikají na vozovce stále ještě se otáčejícími koly. Brzděním je pohyb vozidla již zpomalován, nicméně vlivem setrvačnosti jsou kola stále nucena se otáčet. Vlivem gravitace, odstředivých sil a hmotnosti vozu dochází k deformaci otisku pneumatiky (je zkreslený, rozmazaný ve směru jízdy a tvar jednotlivých obrazců vzorku je větší než ve skutečnosti). Na měkkém povrchu bývají tyto stopy výraznější a hlubší než stopy jízdy, protože vozidlo je brzděním více přitlačováno k vozovce. [2]



Obr. 2. Brzdná stopa na blátě

- c) **Blokovací stopy** – zanechávají při pohybu po vozovce neotáčející se kola. Na pevném povrchu mají podobu výrazného tmavého pruhu, který vzniká extrémním třením pneumatiky o vozovku. Na měkkém povrchu jsou zase tvořeny hlubokými výraznými stopami. Délka blokovacích stop je velmi důležitá pro výpočet rychlosti vozidla. Při ohledání místa se musí zjistit nejen délka a průběh stop, ale také stav, povrch, sklon a poloha vozovky, stav pneumatik, účinnost brzd a zatížení vozidla. [2]



Obr. 3. Blokovací stopy na asfaltu

- d) **Stopy smyku** mají na vozovce podobu tmavé křivky. Vznikají nachýlením vozidla do strany při současném pohybu vpřed např. při rychlém průjezdu zatáčkou, náhlém zabrzdění nebo při prudkém otočení volantu na kluzkém povrchu. Někdy bývá smyk způsoben defektem pneumatiky či najetím vozu na olejovou skvrnu popř. jako vliv odstředivé síly při střetu vozidla s překážkou. Ke smyku velmi přispívá nesprávný tlak v pneumatikách a sjetý dezén. [2]



Obr. 4. Stopy smyku osobního vozidla

- e) **Stopy dření a vlečení, rýhy** – vznikají v důsledku tlaku tvrdých těžkých předmětů popř. jejich částí na vozovku při jejich současném pohybu. Zpravidla k jejich vzniku dochází po nárazu na překážku, která je následně tlačena nebo vlečena vozidlem. Někdy tyto stopy pocházejí také od odlétnutých částí vozidla. [2]



Obr. 5. Stopa dření motocyklu o vozovku

- f) **Ostatní stopy** – mezi ostatní stopy řadíme stopy obuvi a oblečení, stopy biologické a stopy provozních kapalin (olej, palivo, brzdová popř. chladicí kapalina apod.). Biologické stopy mohou napomoci určit místo střetu s chodcem nebo cyklistou. Stopy provozních kapalin zase mohou pomoci určit průběh drah jednotlivých vozů po nárazu a někdy i příčinu nehody – např. únik brzdové kapaliny. [2]



Obr. 6. Stopa krve



Obr. 7. Stopa po úniku provozní kapaliny

- g) **Stopy vozidla s ABS** (antiblokovací stopy) – vozidla vybavená systémem ABS a na něj navazujícími systémy ESP, BA a ASR za běžných podmínek nezanechávají téměř žádné okem viditelné brzdné a blokovací stopy. Hned při ohledání místa nehody je třeba brát tuto skutečnost na vědomí a následnou diagnostikou řídicí jednotky zjistit, zda byly tyto systémy v době nehody funkční. Antiblokovací stopy tvoří kombinace stop jízdy a brzdných stop střídajících se ve velmi krátkém časovém úseku. Na měkkém povrchu jsou tyto stopy dobře patrné a jsou hlubší než stopy jízdy. Na pevném povrchu jsou antiblokovací stopy patrné pouze při pohledu z boku nebo při šikmém osvětlení. Jeví se jako střídání tmavých a lesklých plošek na vozovce. Viditelné bývají tyto stopy také po fotografické expozici. Nejmodernější (avšak zatím téměř nepoužívanou metodou) je zjišťování blokovacích stop pomocí termovizních kamer. To lze však uplatnit jen v krátkém časovém úseku po nehodě (cca 10 až 30 minut) a pouze na suchém povrchu. [4]



Obr. 8. Stopy vozidla vybaveného systémem ABS

2.1.2 Stopy na zúčastněných vozidlech

Vlivem střetu dochází zpravidla na vnějších částech vozidel ke vzniku různých deformací, destrukcí, škrábanců a odřenin. Jejich rozsah závisí zejména na intenzitě střetu. Uvnitř vozidel také často nalézáme stopy – např. ohnutý volant, deformovanou přístrojovou desku, utržená sedadla, užití bezpečnostních pásů, aktivace airbagů, biologické a chemické stopy (rozbořem lze např. zjistit, jestli wolframová žárovka v době rozbití svítila). Někdy může dojít k tomu, že místo střetu je méně poškozené než následná

poškození vzniká vlivem odstředivých sil. Proto je nutno u stop na zúčastněných vozidlech zjistit, jestli jde o stopy vzniklé v příčinné souvislosti s dopravní nehodou, zjistit mechanismus vzniku stopy a také skutečnost, zda existuje a kde se případně nachází protistopa. Stopy na vozidlech jsou pro objasnění nehody velmi důležité a obvykle spolu se stopami na vozovce umožňují určit místo střetu a modelovat průběh nehody. Podle deformací se dá také určit rychlost vozidla v době nárazu a podle směru působení sil, které deformace způsobily a podle konečného postavení vozidel, se dá někdy určit i to, které vozidlo nehodu zavinilo. Vnější poškození vozidel, která se střetla, spolu obvykle korespondují a zároveň na sobě navzájem zanechávají tzv. protistopy v podobě škrábanců obsahujících zbytky laku karoserie nebo plastu z nárazníku apod. [2], [4]

Na následující dvojici obrázků je patrná korespondence poškození po vzájemném střetu osobního automobilu Peugeot 206 a autobusu MHD Irisbus Citybus 12. Na zadním nárazníku vozidla Peugeot jsou dobře patrné protistopy v podobě zbytku modrého laku z nárazníku autobusu.



Obr. 9. Poškozené vozidlo Peugeot



Obr. 10. Poškozený autobus MHD

2.1.3 Stopy na pevných objektech (mimo komunikaci)

Vozidlo, které při nehodě vyjede nebo je vymrštno mimo vozovku, často při střetu s okolními objekty zanechává stopy (na domech, plotech, zábradlích, svodidlech, stromech, sloupech, billboardech, obrubnicích apod.). Tyto stopy mívají podobu různých deformací a poškození daných objektů. Často v těchto místech lze nalézt také odpadnuté části vozidla – různé střepy, úlomky, zbytky barvy karoserie atd. Někdy mohou být stopy na objektech i biologického charakteru (v případech, kdy dojde k nárazu lidského těla na

pevnou překážku). Na vozidle zrovna tak mohou být zanechány tzv. vstříčné stopy – stopy nátěru objektu, části omítky, třísky, rostliny, hlína apod. Pomocí těchto stop lze dodatečně identifikovat vozidlo, které od nehody ujelo. [2]

Po nalezení stop zachycených na pevných objektech je velmi důležité zodpovědět si otázku, jestli stopy skutečně souvisejí s vyšetřovanou dopravní nehodou a pokud ano, tak které vozidlo, předmět nebo osoba je zanechala. [1]



Obr. 11. Zničené dláždění vedle vozovky



Obr. 12. Poškozený kmen stromu

2.1.4 Stopy na tělech obětí nebo zraněných osob a jejich oděvu

Zde se jedná o různá četná vnější i vnitřní poranění, která zjistí přivolaný lékař, u mrtvol se přesněji zjistí pitvou. Tyto stopy často umožňují určit, kdo vozidlo řídil v době nehody např. podle poranění hrudníku o volant. Kromě stop na těle jde taky často o různé stopy zanechané na oděvu poškozeného např. otisky pneumatik, prodřený oděv od vlečení vozidlem atd. Zjišťování a fixace těchto stop je na místě nehody většinou dost problematická z důvodu neodkladného odvozu zraněných. Je tedy nutno pořizovat alespoň fotografickou a video-dokumentaci poškozeného nebo trasologických stop na jeho oděvu a těle. Velmi vhodné je také zajistit od poškozených osob oděv, který měly při nehodě na sobě, ten totiž může obsahovat mikroskopické stopy prachu apod. V případě usmrcení osoby provádí prohlídku těla obvykle přivolaný lékař, ohledání oděvu provádí vyšetřující policejní orgán. Kromě stop na těle a oděvu je nutno se také zaměřit na charakter místa nálezu a polohu těla. Tělo se musí dokumentovat ve vztahu k terénu i k vozidlu za účelem

přesného určení příčiny zranění a tedy i smrti. Je tedy nutno zadokumentovat polohu těla, charakter místa nálezu, stav oděvu a stopy na něm, anatomické a morfologické stopy na těle, charakter a obsah tělesného poškození atd. Všechny nalezené stopy je nutno konfrontovat se stopami nalezenými na vozidle nebo uvnitř tak, aby bylo možno stanovit mechanismus vzniku zranění, což usnadní stanovení celého průběhu nehodové události. Součástí lékařské prohlídky je pochopitelně také zjištění stavu účastníků nehody – zda při nehodě nebyli pod vlivem alkoholu nebo drog. [1], [2]

2.2 Paměťové stopy účastníků nehody a náhodných svědků

Paměťové stopy mají velkou vypovídající hodnotu pro objasnění dopravní nehody a zejména pak otázky zavinění. Tyto stopy vznikají odrazem události ve vědomí člověka a často odrážejí nejen samotnou nehodu, ale i chování účastníků těsně před nehodou a po nehodě. Je třeba počítat s určitým rizikem možného omylu a zkreslování reality vlivem špatného odhadu vzdálenosti a rychlosti v důsledku překvapení, úleku, krátkého časového působení podnětu atd. Proto je nutno paměťové stopy vnímat pouze v celkovém kontextu s ostatními stopami a tak si vytvořit ucelený obraz o průběhu nehody. Přesto mají tyto stopy při vyšetřování dopravních nehod velký význam. [2], [4]

2.3 Stopy smíšené (komplexní)

Za stopy smíšené se v posledních letech považuje specifický typ stop, který je tvořen kombinací stop materiálních a paměťových. Tyto stopy vznikají u moderních vozidel ukládáním informací o stavu jednotlivých komponentů do programového vybavení řídicí jednotky. Tyto informace lze pomocí diagnostických přístrojů poměrně snadno získat a tak se dozvědět, jestli před nehodou nedošlo např. k technické závadě vozidla. Smíšené stopy mohou být podkladem pro vypracování znaleckého posudku a tím i významným důkazem pro vyšetřování. [4]

3 DOKUMENTACE Z MÍSTA DOPRAVNÍ NEHODY

Na základě dokumentace z místa nehody je obvykle závislé vypracování znaleckého posudku. Tím pádem se dokumentace stává jedním z nejdůležitějších důkazních prostředků a jejímu vypracování je tedy nutno věnovat dostatečnou pozornost. Dokumentace musí být zpracována tak, aby poskytovala věrný obraz o celkové situaci na místě nehody a aby umožňovala názornou představu všech zadokumentovaných okolností situace. Dokumentace také musí umožňovat přesné obnovení situace pro případnou rekonstrukci. Dokumentace se skládá z následujících částí: protokol o nehodě v silničním provozu, topografická dokumentace (náčrtek, plánec, popř. různá schémata) a fotodokumentace místa dopravní nehody. [2]

3.1 Protokol o nehodě v silničním provozu

Protokol o nehodě je typizovaný formulář MV, do něhož se vyplňují různé informace o dopravní nehodě. Jeho součástí je také protokol o ohledání trestného činu. Obsahuje také popis VBM, jednotlivých stop, výhledových podmínek, postavení vozidel apod. Všechny objekty mají uvedeno i své číselné označení. Protokol by měl odpovídat postupu při ohledání na místě DN. [1]

3.2 Topografická dokumentace

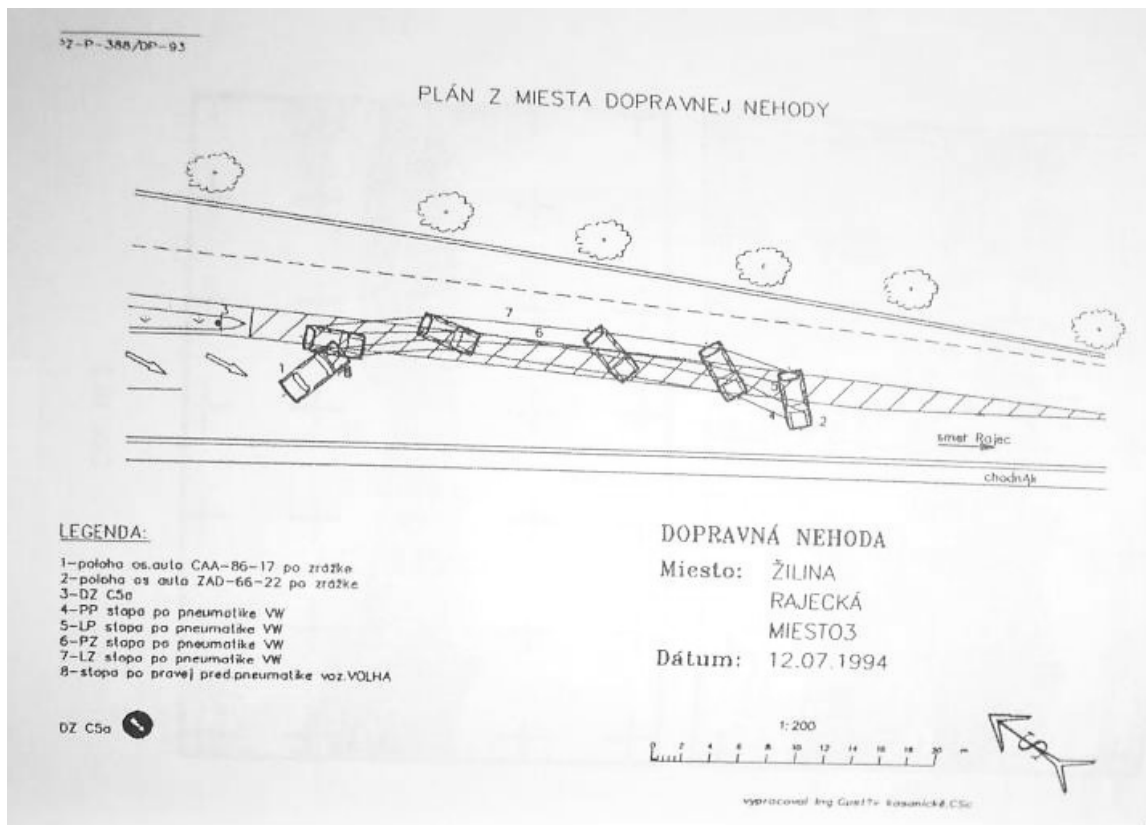
3.2.1 Náčrtek místa dopravní nehody

Náčrtek se maluje v průběhu ohledávání na místě dopravní nehody. Jedná se o půdorysný okótovaný obraz místa nehody většinou ve formátu A4, do něhož se zakreslují VBM, všechny stopy, předměty, věci a situace tak, jak jsou při ohledávání zjištěny. U jednodušších nehod je obvykle náčrtek postačující, u složitějších nehod se musí na základě náčrtku později vypracovat podrobný plánec místa. [2]

3.2.2 Plán místa dopravní nehody

Plánek místa dopravní nehody je stejně jako náčrtek půdorysný obraz místa. Na rozdíl od něho je ale zhotovený v měřítku (obvykle 1:200 nebo 1:100). Plánek se zhotovuje až na útvaru podle náčrtku a musí být jasný, přehledný a výstižný. Musí obsahovat věrné znázornění povrchu a okolí místa nehody včetně veškerého dopravního značení, VBM,

konečnou polohu vozidel a osob, jednotlivé stopy, stanoviště svědků atd. Jednotlivým objektům se přidělují čísla, která jsou pak blíže specifikována ve vysvětlivkách. Stopy se označují pomocí stanovených symbolů. Plánek se vkládá do vyšetřovacího spisu tak, aby poskytoval pohled po směru jízdy hlavního viníka. Sever tedy nemusí směřovat nahoru. [2]



Obr. 13. Plán místa dopravní nehody

3.3 Fotodokumentace místa dopravní nehody

Fotodokumentace se musí pořizovat tak, aby poskytla věrný a ucelený obraz místa nehody. Musí obsahovat nejen snímky celkového pohledu na místo nehody, ale také fotografie jednotlivých úseků, předmětů, vozidel, osob a jiných stop a to jednak v kontextu s okolím a jednak jako samostatné detailní záběry. Velký význam hrají také fotografie charakterizující vozovku v daném úseku – různá její zakřivení, stoupání, klesání, nepřehledná místa atd. Na snímcích musí být čitelné číselné značení stop a objektů. V posledních letech se čím dál častěji využívá také pořizování video-záznamu místa dopravní nehody, na němž lze situaci zachytit v její dynamice včetně bezprostředních výpovědí svědků a účastníků. [2]

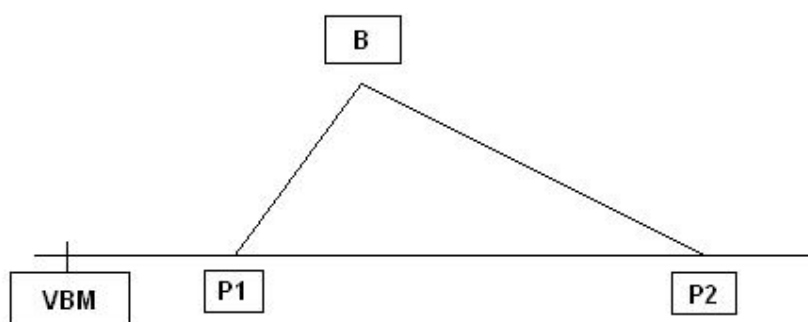
4 VYMĚŘOVÁNÍ MÍSTA DOPRAVNÍ NEHODY

Na místě nehody je nutno začít s vyměřováním u těch stop, které by mohly být znehodnoceny např. povětrnostními vlivy nebo zvědavci, popř. které je nutno odstranit z důvodu pomoci zraněným nebo obnovení provozu. Na začátku měření je nutno zvolit relativně stálý výchozí bod měření (VBM) - např. sloup, strom, roh budovy apod. V případech, kdy je VBM více vzdálený od místa nehody, zvolí se ještě tzv. pomocné body měření (PBM). K vyměřování se používají různé metody. [2]

4.1 Klasické metody vyměřování

Metoda průsečíková

Měřeným bodem je bod B. V jeho blízkosti se zvolí pevné body P1 a P2 a změří se jejich vzdálenosti od VBM i od měřeného bodu B. Při následném zakreslování se vynesení příslušných hodnot vyznačí body P1 a P2 a pomocí kružítka se udělají dvě kružnice - jedna se středem v bodě P1 a s poloměrem rovnajícím se vzdálenosti mezi bodem B a P1 a druhá se středem v bodě P2 a s poloměrem rovnajícím se vzdálenosti mezi bodem B a P2. Průsečík těchto kružnic následně určí polohu bodu B. Kvůli přesnosti se doporučuje volit pevné body P1 a P2 tak, aby úhel v bodě B byl přibližně v rozsahu 45 až 135°. [2]

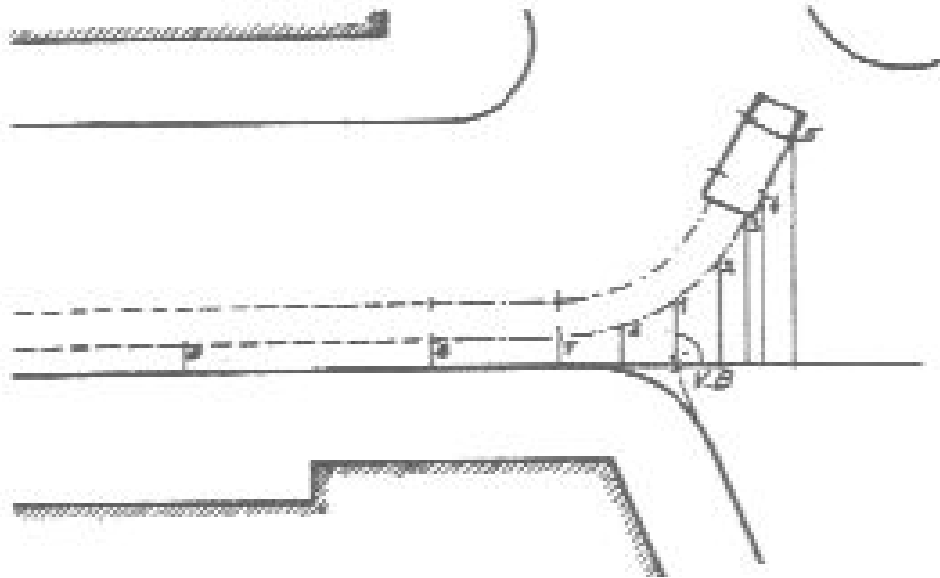


Obr. 14. Vyměřování místa dopravní nehody průsečíkovou metodou

Metoda pravoúhlých souřadnic

Pro svou jednoduchost a nenáročnost na vybavení se jedná o nejčastěji používanou metodu pro menší plochy. Spočívá v určení pravoúhlých souřadnic každého

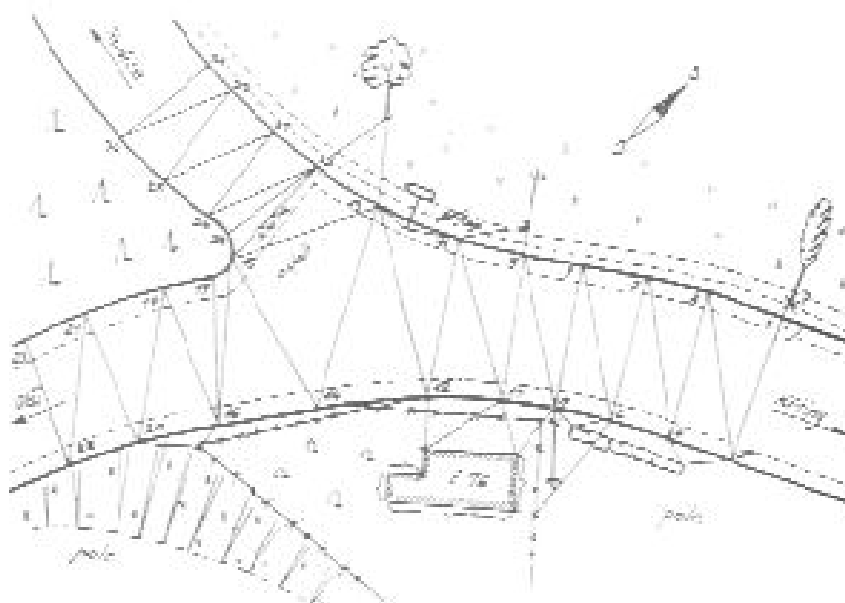
dokumentovaného bodu. Měření se provádí od VBM nebo PBM a směr po měřičské přímce se vyznačí šipkou. Ze všech dokumentovaných bodů se spouští kolmice na přímku AB a délka takové kolmice je pak y souřadnicí daného bodu. Souřadnicí x je orientovaná vzdálenost paty kolmice od počátku. [2]



Obr. 15. Vyměřování místa dopr. nehody metodou pravoúhlých souřadnic

Metoda trojúhelníková

Princip této metody spočívá v tom, že se prostor obsahující měřené body pokryje sítí trojúhelníků a zaměřují se všechny délky stran. Pevné body je nutno zvolit tak, aby úhly nebyly ani příliš ostré ani příliš tupé. [2]



Obr. 16. Vyměřování místa dopr. nehody trojúhelníkovou metodou

4.2 Moderní metody vyměřování

Výše zmíněné klasické metody jsou vzhledem k jejich nepřesnosti víceméně na ústupu a do popředí zájmu se stále více dostávají moderní metody vyměřování místa dopravní nehody, mezi něž jsou řazeny metody geodetické a metody pomocí fotogrammetrie (analogové i digitální). Tyto metody se používají nejen pro vyměřování vzdálenosti a polohy jednotlivých objektů a stop, ale také pro zjišťování rozměrů dokumentovaných předmětů a jejich tvaru.

4.2.1 Geodetické metody vyměřování

1. **Jednoduché polohové měření** – poloha bodu se dokumentuje v jeho průmětu do vodorovné roviny buď jeho souřadnicemi, nebo ve vztahu k jiným bodům. V praxi je vyžadována vazba na pevný bod - VBM. [2]
2. **Polohové měření pomocí přístrojů** – měření se provádí geodetickými přístroji a hodnoty jsou udávány v polárních souřadnicích – měří se úhel a vzdálenost od pevného bodu. [2]
3. **Speciální měření polohopisné** – v případech, kdy pro výpočet stačí měření pouze jedné hodnoty, je možno použít i následující metody: zjištění poloměru oblouku pásmem, měření úhlů kompasem, buzolou, úhloměrem, měření výšky (pentagonální hranol, barometrické nebo trigonometrické měření, nivelace) a měření sklonu sklonoměrem. [2]

4.2.2 Fotogrammetrie

Fotogrammetrie je metoda tvořená kombinací fotodokumentace a topografické dokumentace. Umožňuje zaznamenání objektů v třírozměrném zobrazení. Podle způsobu pořizování dělíme fotogrammetrii na následující druhy:

1. **Letecká fotogrammetrie** – pořizování snímků probíhá kolmo k zemskému povrchu a provádí se z vrtulníku nebo z letadla. [2]
2. **Pozemní průsečná fotogrammetrie** – fotografie se pořizují ze stanovišť přímo na místě nehody. Tato metoda je však časově velmi náročná a její přesnost je závislá na velikosti snímku a zkušenostech zpracovatele. Z těchto důvodů se od jejího použití v posledních letech takřka upustilo. Lze ji ale i dnes využít při rekonstrukci

nezměřených poloh předmětů pro zpracování náčrtku a plánu místa nehody podle fotografie. Ovšem jen za předpokladu, že je možno dodatečně změřit pevné body na místě nehody. [2]

3. **Stereofotogrammetrie** – tato metoda využívající principu stereoskopického vidění lidského oka našla uplatnění zejména v 80. letech. Stereofotogrammetrické zařízení se skládá z dvojice kamer o velikosti objektivů 1200 a 400 mm a z vyhodnocovacího zařízení. Nevýhodou této metody ale je velká časová náročnost na zhotovení dvojic stereosnímků na místě DN i na samotné zpracování. Zařízení je navíc poměrně rozměrné, a proto vyžaduje přepravu ve větším automobilu. Velkou nevýhodou také představovaly pořizovací náklady a fakt, že obsluhu musejí provádět dvě osoby a další člověk jim musí zajišťovat bezpečnost na vozovce. [2]

4.2.3 Fotogrammetrie za využití výpočetní techniky

Prudký vývoj výpočetní techniky v posledních 20-ti letech umožnil vývoj řady speciálních softwarových aplikací sloužících pro fotogrammetrické měření místa dopravní nehody. Jedná se např. o programy PC-RECT, PHOTOMODELER PRO, Rollei Metric MSR, Rollei Metric CDW, TOPCON-PA-200, Systém DMU atd. Podrobněji se některým těmto aplikacím věnuji v praktické části své diplomové práce.

5 ANALÝZA SILNIČNÍCH DOPRAVNÍCH NEHOD

Z hlediska znalcem používaných kriminalistických metod, postupů, prostředků a operací lze analýzy dopravních nehod rozdělit do tří základních vývojových stupňů.

- 1. stupeň** – nejstarší a nejjednodušší způsob, analýza probíhá popisným způsobem pouze s minimem aplikovaných výpočtů, je založena zejména na dosavadních zkušenostech znalce. Vzhledem k tomu, že výsledky takové analýzy jsou víceméně pouze odhadem znalce, existuje velmi výrazné riziko chybných závěrů, neboť výsledky nejsou podloženy téměř žádnými výpočty. V dnešní době už je tento způsob analýzy pro soudní inženýrství technicky nepřijatelný a proto se již nepoužívá. [2], [11]
- 2. stupeň** – technická analýza založená zejména na kinematických výpočtech, využívá poznatky mechaniky, fyziky, chemie, geometrie a matematiky. Pohyb vozidel je zde vzájemně korelovaný v závislosti dráha – čas, použití tzv. zpětného výpočtu. Často se využívá i grafická analýza, výsledky experimentálních měření, výsledky crash-testů, brzdných zkoušek atd. Tento vývojový stupeň se začal používat již v 70. letech 20. století, ale při správném postupu stále poskytuje i na dnešní poměry dostatečnou přesnost. [2], [11]
- 3. stupeň** – zatím poslední vývojový stupeň analýzy dopravních nehod je založen na využití speciálních softwarových aplikací, které používají složité plošné i prostorové matematické modely vozidel s rozsáhlou databází technických parametrů. Většina těchto aplikací provádí automatickou zpětnou kontrolu výsledků. Programy umožňují tzv. dopředný výpočet – řešení rázů, ale i pohybu vozidel před nárazem a po nárazu. Nesmírnou výhodou oproti předchozímu vývojovému stupni je možnost vizualizace. Grafický výstup je totiž srozumitelný pro všechny účastníky soudního řízení. Tyto metody jsou velmi náročné na softwarové a hardwarové vybavení a také na vědomosti znalce a kvalitní vstupní údaje. Při správném použití je zde ale naprosto minimální riziko špatného výsledku. [2], [11]

Problémy řešící se při analýze dopravních nehod:

- Zjištění počáteční rychlosti vozidla před nehodou a zjištění nárazové rychlosti.
- Zjištění místa, času a reakce účastníků a situace v daném okamžiku.
- Určení podélné a příčné polohy, místa a způsobu střetu vozidel.

- Zjištění polohy lidí ve vozidle – zejména zjištění, kdo řídil.
- Určení technické přiměřenosti rychlosti jízdy před nehodou.
- Zjištění, zda byla možnost střetu nějak zabránit.
- Potvrzení nebo vyvrácení technické závady na vozidle, určení doby jejího vzniku (před nebo po nehodě) a jejího vztahu k nehodě (bez vlivu, příčina nebo následek), zjištění možnosti rozpoznatelnosti závady ze strany řidiče, zjištění, jestli závada vznikla vlivem zanedbání údržby. V případě, kdy před nehodou došlo k překročení povolené rychlosti, zjištění, zda by závada vznikla i při dodržení povolené rychlosti, popř. jestli by měla v takovém případě menší následky.
- Rozbor specifických problémů konkrétní nehody – např. dohled za snížené viditelnosti. [2]

Při analýze je třeba nahlížet na všechny děje jako na chování určitého systému, ve kterém jsou všechny prvky ve vzájemné interakci, tak, aby závěry byly objektivní. Nejprve je při znaleckém zkoumání nutno definovat jednotlivé prvky a subsystémy, popsat jejich vlastnosti a zjistit jejich chování. Pak se hledají styčné body, ve kterých se tyto děje stýkají a na základě toho zjistit chování celého systému. Na závěr se někdy také zjišťuje, jak by se celý systém choval, kdyby se jinak chovaly i jeho prvky nebo kdyby měly jiné vlastnosti. V průběhu analýzy se snažíme vylučovat jednotlivé interakce a v případě, že u některých prvků vyloučíme všechny možné interakce, můžeme je ze systému vyloučit. [2]

5.1 Postup systémového přístupu analýzy

- a) **Rozdělení na prvky popř. subsystémy** – za subsystém se považuje seskupení „účastník provozu – vozidlo – silnice a okolí“, za prvek pak řidič, chodec, vozidlo, vozovka a okolí.
- b) **Popis vlastností prvků systému** – vlastnosti znalec zjišťuje z různých zdrojů - ze spisového materiálu, z odborné literatury, technické průkazu vozidla, projektu vozovky atd. Některé vlastnosti je nutno zjistit experimentem.
- c) **Popis jednoduchých interakcí prvků systému** – např. zjištění adheze pneumatik na dané konkrétní vozovce při jejím konkrétním stavu pro odvození hodnoty brzdného zpomalení nebo dostředivého zrychlení, pokud je to možné, volí se ověření experimentem na konkrétním vozidle.
- d) **Odvození chování jednotlivých prvků systému během nehodového děje** – od konečné polohy se děj zpětně odvíjí až ke stavu před nehodou.

- e) **Definování styčných bodů jednotlivých dějů** – obvykle místo střetu.
- f) **Popis chování celého systému v průběhu nehodového děje** – odvození důležitých interakcí prvků systému potřebných pro technicko-právní rozhodování.
- g) **Analýza možností změny průběhu děje** – zjištění podmínek, za kterých by se dalo nehodě předejít popř. zmírnit její následky (např. zjištění vhodné rychlosti, při níž by k nehodě nedošlo).
- h) **Závěr** – znalcovo závěrečné zhodnocení na základě předem provedených úvah - vliv chování a vlastností jednotlivých prvků systému na vznik a průběh nehody a možnosti, které mohly nehodě zabránit nebo zmírnit její následky. [2]

5.2 Rychlost vozidla

Rychlost vozidla se určuje tzv. metodou zpětného odvíjení děje. Vyjde se z konečného postavení vozidla a na základě délky brzdných nebo blokovacích stop se vypočítá, o kolik byla výchozí rychlost před nárazem snížena. Nárazová rychlost se určuje na základě vzdálenosti odhozených střepin a na základě rozboru způsobu a rozsahu poškození vozidla popř. z tělesných poškození chodce v souladu s poškozením vozidla. [2]

5.3 Poloha a způsob střetu

Poloha místa střetu se určuje tzv. metodou zužování mezí. Určí se rozsah poloh, ze kterých se jednotlivé předměty mohly dostat vlivem fyzikálních zákonů do své konečné polohy a natočení. Vzniknou tak různé hypotézy určení místa střetu a na základě dalšího rozboru dojde vlivem průniku těchto množin k zúžení mezí a tedy k určení pravděpodobného místa střetu. Na závěr se výsledek ověří prozkoumáním korespondence jednotlivých poškození. [2]

5.4 Poloha osádky uvnitř vozidla

Poloha osádky se určuje modelováním. Na základě předchozích rozborů poškození vozidla a zanechaných stop se stanoví důležitá rozhraní fází pohybu vozidla během nehodového děje. Tato situace se pak simuluje pomocí modelu vozidla a vozovky. Pro jednotlivé polohy se stanoví všechny působící síly a na základě jejich směru a velikosti se odvodí pohyb osob uvnitř vozu. Výsledek se pak ověří porovnáním se skutečnými zraněními vzniklými pohybem uvnitř vozu. [2]

5.5 Analýza pohybu vozidla během nehodového děje

Většinou se používá metoda zpětného odvíjení děje. Ze známé konečné pozice vozidel a účastníků nehody znalec na základě výpočtů, zanechaných stop, rozsahu a způsobu poškození vozidel, zranění účastníků a možného mechanismu jejich vzniku odvíjí postupně polohy předchozí a z nich následně odvodí velikosti a směr působících sil, rychlostí a ostatních veličin. Nárazová rychlost se vypočítá podle zákona o zachování hybnosti soustavy. Na základě těchto vypočítaných hodnot se sestaví tabulka, do které se zapíšou všechny tyto veličiny i s výsledky - tzv. matematický model pohybu vozidla během nehodové děje. [2]

5.6 Analýza střetu

Při střetu vozidla s pevnou nebo pohyblivou překážkou musí znalec analyzovat směr pohybu a velikost rychlosti vozidla při nárazu. To je možno provádět jak graficky tak početně. V dnešní době se tyto analýzy provádějí většinou pomocí speciálních softwarových aplikací. Tyto programy pracují na základě známých fyzikálních zákonů (zákon o zachování energie, zákon o zachování hybnosti, zákon o zachování točivosti, zákon akce a reakce a zákon setrvačnosti). [2]

5.7 Rozdělení střetů

Dělení podle směřování setrvačné síly:

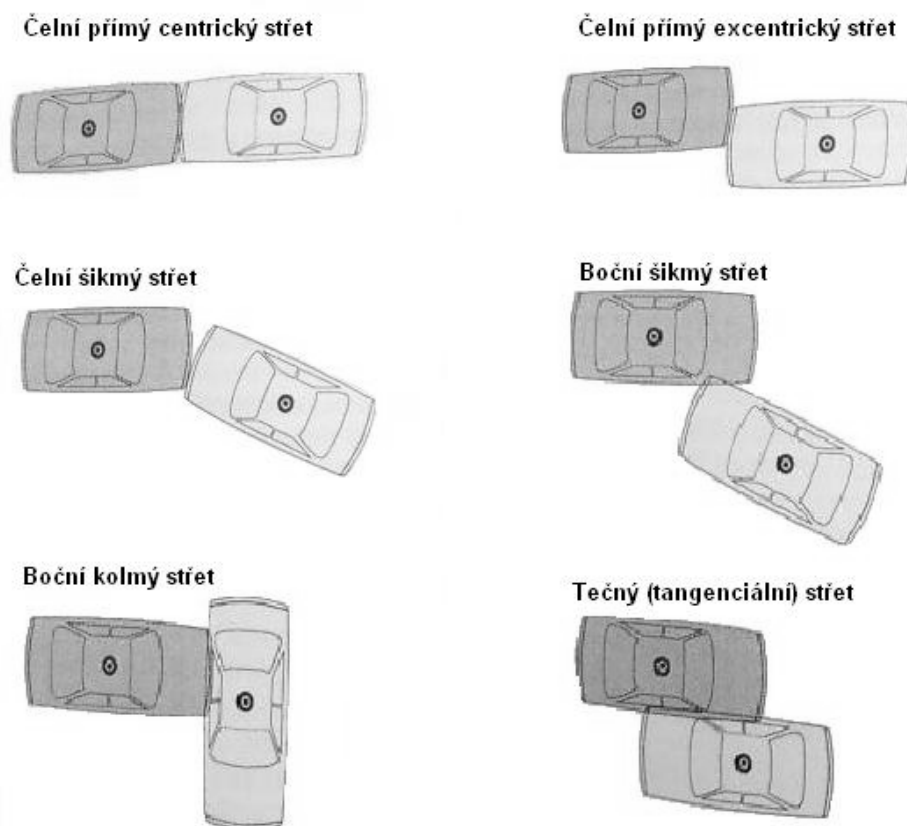
- a) **Centrický** – setrvačná síla směřuje do bodu rázu, rázová síla směřuje do těžiště tělesa, nedochází ke změně rotace.
- b) **Excentrický** – setrvačná síla směřuje mimo bod rázu, dochází tedy k rotaci.

Dělíme podle rovnoběžnosti směru pohybu vozidel před střetem:

- a) **Přímý** – směry pohybu vozidel před střetem jsou vzájemně rovnoběžné.
- b) **Šikmý** – směry pohybu nejsou vzájemně rovnoběžné.

Dělení podle způsobu střetu:

- a) **Čelní** – vozidlo narazí druhému vozidlu do přídě nebo zádě
- b) **Boční** – ostatní typy střetů, kdy vozidlo nenarazí ani do přídě ani do zádě. [2]



Obr. 17. Rozdělení střetů

5.8 Fáze střetu

- a) **Deformační fáze střetu** – první fáze střetu, ve které dochází k největšímu zdeformování tělesa.
- b) **Restituční fáze střetu** – další fáze, ve které nastává částečné nebo úplné vrácení tvaru. Rozsah vrácení je závislý na materiálu a rozsahu deformace. Pokud je materiál zcela pružný, dochází k pružnému (elastickému) rázu a nulové deformační práci. Pokud je materiál nepružný, kinetická energie se spotřebovává na deformaci tělesa – tzv. nepružný (plastický) ráz. V případě dopravních nehod obvykle dochází k tzv. polopružnému rázu. Míru pružnosti rázu udává tzv. koeficient restituce (poměr změn hybnosti tělesa v druhé a první fázi střetu). Koeficient je závislý na konstrukci daného vozidla a také na nárazové rychlosti – se stoupající nárazovou rychlostí klesá koeficient od cca 1,0 při velmi malých rychlostech až téměř k nule při vysokých rychlostech nad 100 km/h. [2]

5.9 Korespondence poškození vozidel

Analýza poškozených vozidel patří k nejdůležitějším podkladům pro odvození průběhu nehodového děje. Znalec vychází pokud možno z vlastní prohlídky vozidel, a pokud toto není možno, tak z fotodokumentace, protokolu o ohledání vozidla, opravenek apod. Analýza se provádí grafickým rozbořem – obvykle z půdorysu, někdy i z bočních pohledů. Znalec tenkými čarami zakreslí stav vozidla před poškozením a tlustými čarami jeho stav po nárazu. Tenkými šipkami pak vyznačí pohyb jednotlivých markantních částí vozidla z jejich původní polohy. Směr odvozených působících sil pak vyznačí tlustými šipkami. Održené části vozidla se vyšrafují křížem a zaznačí se i stopy dření a uvede se jejich smysl a směr. Po provedení grafického rozboru znalec zhodnotí poškození jednotlivých vozidel a hledá vzájemnou korespondenci deformace jednoho vozidla ke konkrétní části vozidla druhého, která tuto deformaci způsobila, a také fázi pohybu, ve které došlo k poškození. Na základě těchto zjištěných skutečností znalec na závěr odvodí vzájemné postavení vozidel na začátku střetu a v jeho průběhu. [2]

5.10 Zjištění nárazové rychlosti (ekvivalentní bariérové rychlosti – EES)

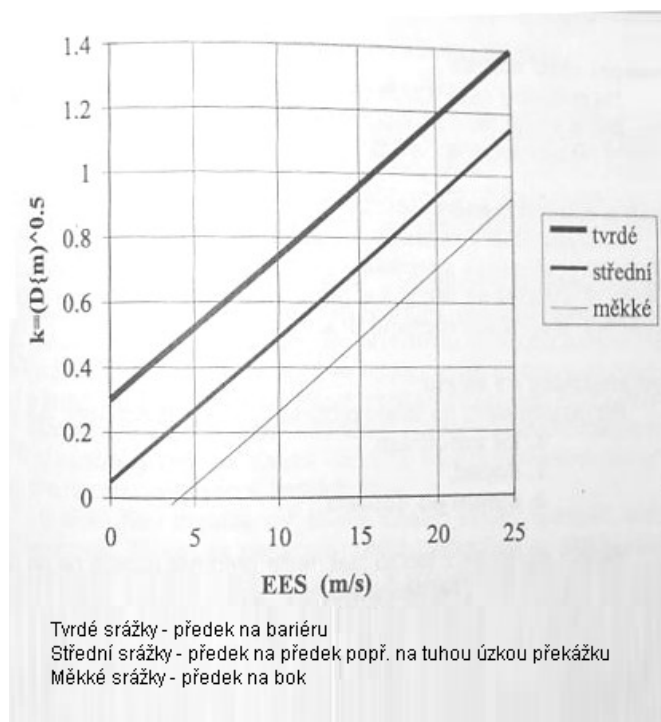
Ke zjištění nárazové rychlosti se často používá tzv. **korelační diagram**, který zahrnuje vztah statistiky poměrných deformací a nárazových rychlostí v jistém tolerančním poli (střední přímkou značí přibližnou hodnotu při nárazu předě vozidla na předě jiného vozidla nebo na tuhoun úzkou bariéru, dolní část tolerance zahrnuje měkké srážky např. předek na bok a tvrdé srážky např. předek na tvrdou bariéru jsou zahrnuty v horní části tolerance). [2]

Zjištění EES se provádí následovně:

- Sečte se bodové ohodnocení D určené podle míry poškození
- Vypočítá se koeficient deformace vozidla podle vzorce: $k_d = \sqrt{D/m}$
- Na základě koeficientu se v diagramu odečte EES [2]

Tab. 1. Bodové hodnocení poškození vozidla

Klasifikace poškození	Bodové ohodnocení D		
	Přední / zadní část	Kabina	Rám a podvozek
Žádné	0	0	0
Lehké	30	40	90
Střední	100	110	250
Těžké	260	300	670



Obr. 18. Korelační diagram závislosti poškození vozidla a EES

Ostatní metody ke zjištění nárazové rychlosti:

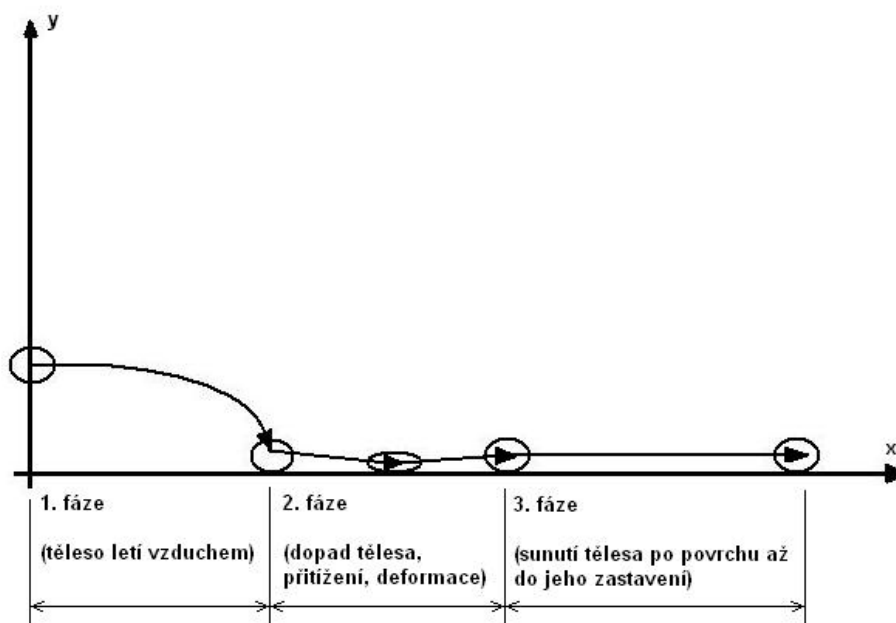
Energetické rastry – půdorys vozidla se rozdělí na pravoúhloú síť, v níž každému poli přísluší určitá energie nutná k jeho trvalé deformaci. Informace pro vypracování energetického rastru jsou zjišťovány postupným deformováním přídě automobilu, předního rohu a boční části vozidla. [2]

Poškození okolí vozidla – prozkoumáním poškození, které vozidlo nárazem způsobilo např. na svodidlech, lze na základě výpočtu práce potřebné pro vyvolání dané deformace odvodit EES. [2]

Rozsah a způsob zranění osádky – EES lze ve spolupráci s odborníky ze soudního lékařství přibližně určit i z tabulek a grafů na základě známých hodnot pro určitý rozsah poranění. [2]

5.11 Pohyb předmětů po střetu

Po nárazu dochází k odpoutání volných předmětů od vozidla. Jejich následný pohyb probíhá ve třech fázích - let vzduchem, dopad a sunutí po dopadu. Během jakékoli z těchto fází může předmět narazit na překážku, která ho zastaví. [2]



Obr. 19. Jednotlivé fáze letu předmětu po střetu

5.12 Vzdálenost odhození střepin a jejich rozptyl

Na základě analýzy vzdálenosti odhození střepin a jejich rozptylu po nehodě lze zjistit rychlost, při které se tyto střepiny odpoutaly od vozidla. Nejmenější částice se zastavují v nerovnostech vozovky hned v místě dopadu, zatímco větší částice pokračují dále v pohybu. [2]

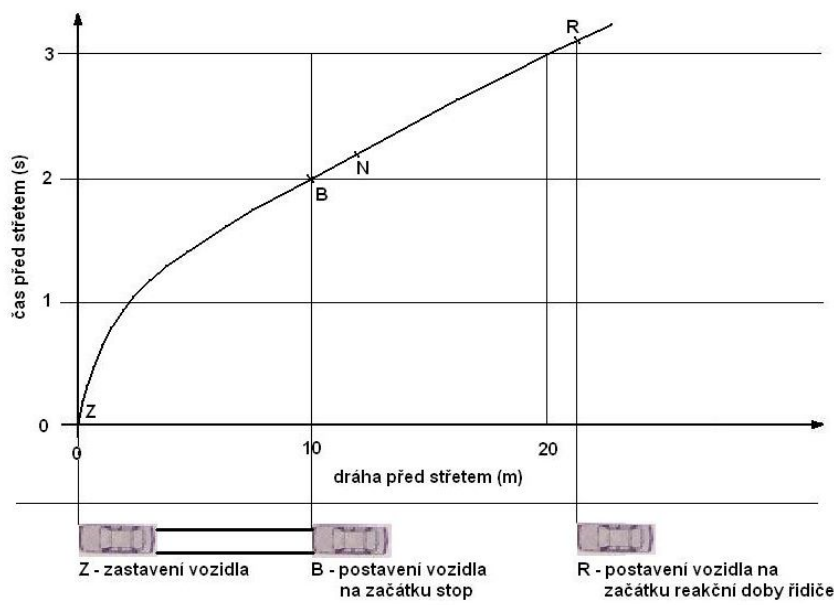
5.13 Grafická analýza nehod

Metoda intervalová

Metoda spočívá v grafickém zaznamenávání vypočítané polohy účastníků v určitých časových intervalech před nehodou do plánu nehody. Diagram může být buď rozložený (každý okamžik se vykresluje zvlášť) nebo složený (znázorněny všechny polohy). [2]

Metoda digramem dráha – čas (STD)

Zobrazuje skutečné polohy účastníků nehody a umožňuje také zaznamenat jejich možnosti v jednotlivých fázích nehody. Průběh diagramu lze využít také ke kontrole správnosti dílčích výpočtů. Jako nulový bod se volí místo střetu, místo zastavení nebo VBM. Nultou sekundou je počátek dráhy (obvykle místo střetu). Čas před nehodou se tedy bere jako kladný a po nehodě záporný. Stojící vozidlo bývá zaznamenáno jako přímka rovnoběžná s osou času, zpomalení má tvar paraboly a náraz tvoří na čáře zlom. [2]



Obr. 20. Grafická analýza brzdění vozidla do zastavení

Korelace pohybů v různých směrech

Sestrojí se čáry pohybu pro každé vozidlo popř. chodce v samostatném diagramu. Měřítka času musí být pro všechny účastníky stejné, měřítko dráhy se může lišit. Pak se diagramy umístí vedle sebe tak, aby stejný čas ležel na stejné vodorovné čáře. [2]

Oblast zakrytého výhledu (OZV)

Při analýze se zjišťuje, kdy nejdříve mohl jeden účastník nehody vidět druhého. Jestliže se čára pohybu účastníka nachází v oblasti zakrytého výhledu, pak ho druhý účastník nemohl vidět. OZV se sestavuje pro různé případy např. výhled přes pevnou nebo pohyblivou překážku, přes vrchol stoupání, porost, vnitřní svah nebo pro hranici dohledu světel automobilu. [2]

Grafická analýza možností odvrácení střetu

Při této metodě se používají tzv. střetové obrazce - plošné obrazce nebo úsečky, které umožňují odečítat, jak by nehoda mohla probíhat při různě měněných okolnostech (nižší rychlost, dřívější reakce účastníka atd.). [2]

Graf přiměřené rychlosti

Tento graf slouží k porovnávání všech povinností řidiče (nejvyšší povolená rychlost, rychlost mezní v oblouku, rychlost přiměřená zastavení na dohled atd.). Tato omezení se vynesou do jednotlivých míst pohybu účastníka nehody a následně se porovnají se skutečným pohybem. [2]

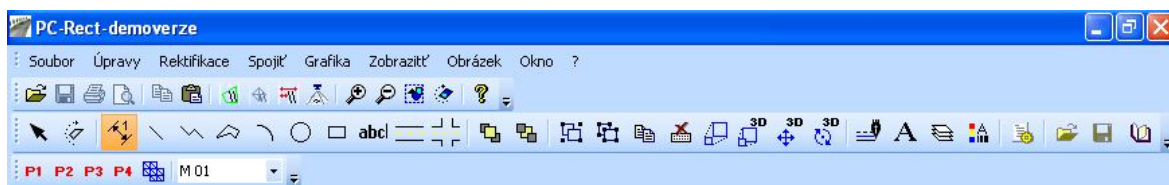
II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 DIGITÁLNÍ FOTOGRAMMETRIE MÍSTA DOPRAVNÍ NEHODY

Fotogrammetrie je technologie založená na získávání využitelných měření a vytváření modelů z fotografického záznamu. Umožňuje práci jak v dvourozměrné tak trojrozměrné podobě. Od všech ostatních měřičských metod se odlišuje tím, že nevyžaduje fyzický kontakt se zkoumaným objektem. V případech, kdy je vyžadována maximální přesnost, je nutno použít tzv. měřičské komory, což jsou v podstatě speciální fotoaparáty s laboratorně zjištěnými parametry. Jindy stačí pořídit snímek obyčejným fotoaparátem, v takovém případě je ale nutno počítat se snížením přesnosti. Digitální fotogrammetrie již nepoužívá žádné fyzické obrazy na skle, papíře ani filmu, ale používá pouze fotografie v digitální formě. Nejsou tedy potřeba již žádné fotogrammetrické přístroje, veškeré zpracování se provádí pomocí počítače. [12]

6.1 PC-RECT

V současné době je patrně nejpoužívanějším programem pro zpracování fotografií z místa dopravní nehody softwarová aplikace PC-RECT od rakouské společnosti DSD (Dr. Steffan Datentechnik Ges.m.b.H). Pracuje na principu jednosnímkové digitální rektifikace fotografií – transformuje šikmo vyfotografovanou plochu vozovky na přesný rovinný plánek místa dopravní nehody v půdorysu, v němž je možno zobrazit všechny vzdálenosti a úhly v daném měřítku. Velký význam má použití tohoto softwaru v tom, že na fotografii je možno dodatečně změřit jakoukoli vzdálenost nebo délku stopy v případě, kdy to bylo na místě nehody opomenuto. Pro samotnou rektifikaci je však nezbytně nutné na ploše objektu rozpoznat nejméně čtyři body. Po zpracování je možno plánek vytisknout nebo uložit jako bitmapový soubor pro účely dalšího použití v jiných softwarových aplikacích (např. pro simulaci nehodového děje v programu PC-CRASH přímo na reálně zanechaných stopách na rektifikované fotografii). Níže uvádím postup práce s aplikací PC-RECT ve verzi 4.0a, která se objevila koncem roku 2008. Tahle verze je standardně v němčině, ale umožňuje přepnutí ovládání do 21 dalších různých jazyků včetně češtiny. Ta však není v programu zcela dokonale zpracovaná (některé znaky se správně nezobrazují a některá slova zůstala německy). Firma DSD má sice pro český trh zastoupení softwarovou společností c4you, s.r.o., přesto doposud k aplikaci PC-RECT neexistuje manuál v českém jazyce. K dispozici je pouze jeho anglická a německá verze. Po zaregistrování na stránkách výrobce <http://www.dsd.at/> jsem dostal k dispozici anglický manuál, z něhož jsem čerpal většinu následujících obrázků.



Obr. 21. Panel nástrojů demoverze programu PC-RECT

Vložení fotografie a příprava na rektifikaci

Po otevření programu PC-RECT je možno v záložce „soubor“ položkou „nastavení“ nastavit program pro vlastní potřeby (jazyk, jednotky, formát fotografie apod.). Následně je třeba načíst příslušnou fotografii místa dopravní nehody z disku (v záložce „soubor“ položka „otevřít“). Podporované formáty jsou GIF, TIF, JPG, BMP, PCX, EPS. V případě, že není digitální fotografie k dispozici, lze fotografii pomocí programu přímo naskenovat (v záložce „soubor“ položka „skenovat“). Snímek je možno přímo v programu ještě upravit např. invertovat barvy, zvýšit kontrast, zesvětlit/ztmavit. V záložce „zobrazit“ je položka „okno měřicí sítě“, v němž je možno nastavit potřebné parametry měřicí sítě a případně přidat libovolný počet sítí do různých směrů v případě, že budeme provádět rektifikaci rozsáhlejšího místa dopravní nehody z několika fotografií.

Po načtení fotografie se v programu musí označit potřebný výřez plochy (záložka „rektifikace“ položka „zadat rozsah“). To se provede pomocí myši – na oblast každého rohu požadovaného polygonu se klikne levým tlačítkem. Kliknutím pravým tlačítkem se zadávání rozsahu ukončí a polygon se probarví zeleně.

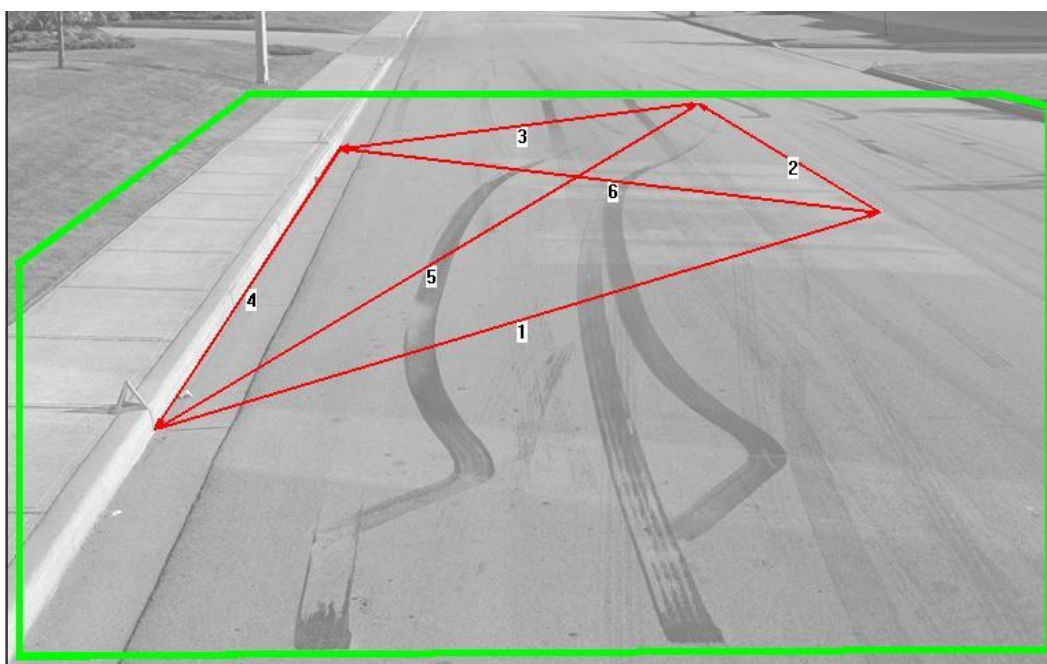


Obr. 22. Označený potřebný výřez plochy na vložené fotografii

Definování referenční vzdálenosti

Před samotnou rektifikací je nutno definovat naměřené vzdálenosti. To lze provést dvěma způsoby. První z nich použijeme v případech, kdy máme na místě nehody změřeny dvě samostatné dvojice bodů. Definování vzdálenosti se provede v záložce „rektifikace“ položkou „zadat rozsah“). Na jeden okraj referenční vzdálenosti klikneme levým tlačítkem myši a držíme ho. Posuneme myš nad druhý okraj a tlačítko uvolníme. Zobrazí se okno, do něhož se vepíše skutečná naměřená hodnota vzdálenosti bodů. V případě, že referenční bod leží mimo vozovku, zaškrtně se políčko „3D“ a do políček se vepíše vertikální vzdálenost bodu od vozovky. Referenční vzdálenost by měla být pokud možno co největší, zvyšuje se tím přesnost. Následně se provede stejný postup i pro druhou dvojici bodů.

Druhá možnost jak definovat referenční vzdálenost je pomocí tzv. čtyřúhelníkové metody (záložka „rektifikace“ položka „čtyřúhelníková metoda“). Tento postup je mnohem přesnější a volí se v případech, kdy jsou na místě nehody známy všechny vzdálenosti mezi čtyřmi různými body. Levým tlačítkem myši se označí první bod, následně se klikne na druhý, pak na třetí a nakonec na čtvrtý. Po označení posledního bodu se zobrazí okýnko, do něhož se vepíše vzdálenost mezi prvním a druhým bodem. Ostatní vzdálenosti se vypočítají automaticky. Lze je ale zadat i manuálně (záložka „rektifikace“ položka „upravit délky/rektifikace“).

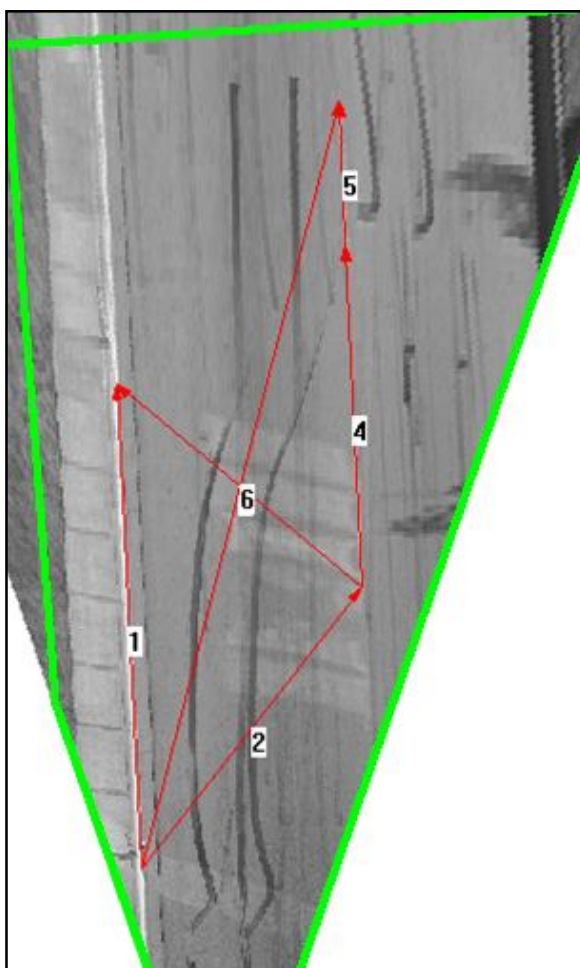


Obr. 23. Definování referenčních vzdáleností čtyřúhelníkovou metodou

Rektifikace

Samotná rektifikace se provede v záložce „rektifikace“ položkou „upravit délky/rektifikace“. Zobrazí se okno, v němž jsou vepsány všechny změřené vzdálenosti včetně procentuální chyby. Vzdálenosti je možno ještě dodatečně upravit. Do okna se rovněž zadávají údaje o pořízení fotografie (např. výška fotoaparátu nad vozovkou – čím z větší výšky byla fotografie pořízena, tím je zpracování dokonalejší). Po nastavení všech potřebných parametrů se kliknutím na tlačítko „optimalizovat“ provede optimalizace všech parametrů na základě zadaných referenčních vzdáleností a samotná rektifikace se pak dokončí kliknutím na tlačítko „rektifikace“.

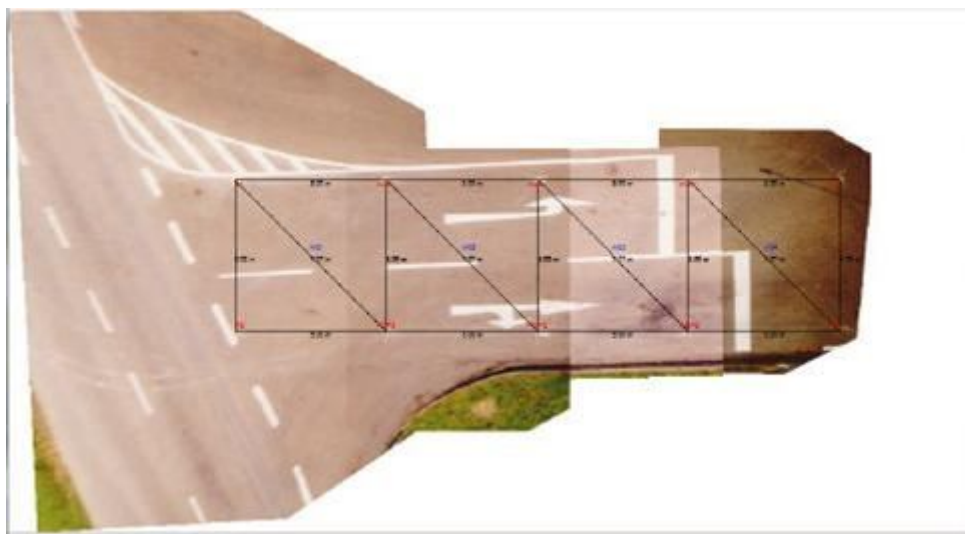
V případě, že výsledky rektifikace nejsou uspokojivé, je nutno překontrolovat zadané referenční vzdálenosti a umístění bodů. Případná oprava se provede opět položkou „upravit délky/rektifikace“.



Obr. 24. Fotografie po rektifikaci

Rektifikace spojováním několika fotografií

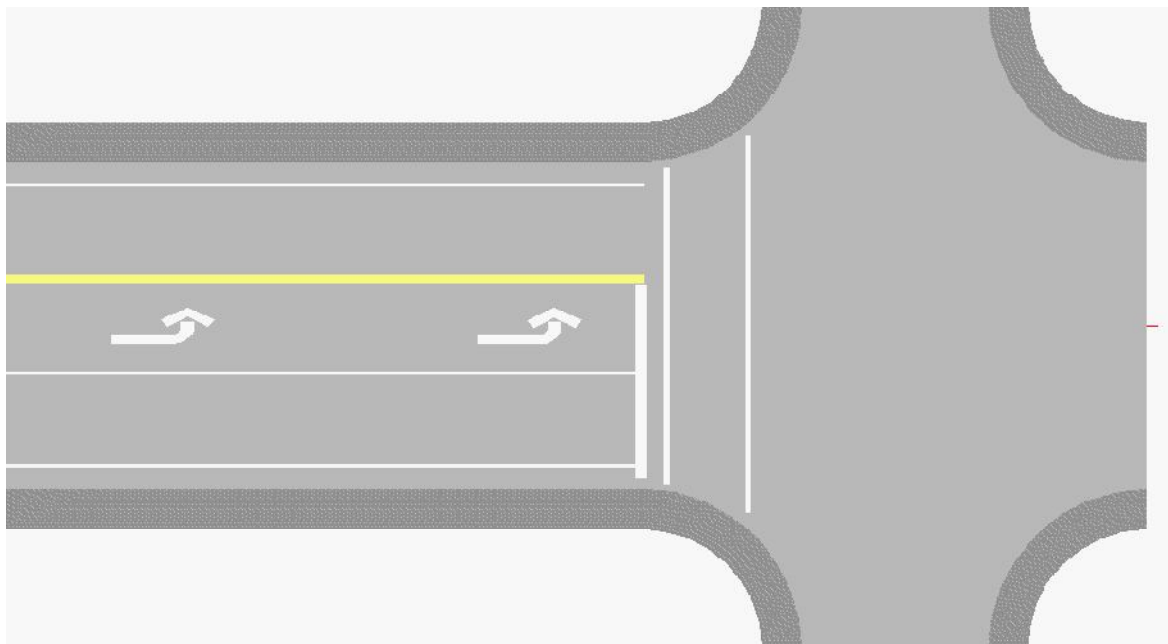
Jak již bylo zmíněno, v případě rozsáhlejší plochy místa dopravní nehody je možno provést rektifikaci z několika samostatných fotografií. Podmínkou ovšem je, aby na dvou po sobě jdoucích fotografiích byla rozpoznatelná dvojice shodných bodů. Postup je v základu shodný jako v případě jednosnímkové rektifikace, pouze je nutno v okně měřicí sítě nastavit potřebné schéma sítě pro daný počet a rozmístění fotografií. Jednotlivé sítě se přepínají v horní liště (označení M 01, M 02 atd.). Po načtení fotografií se v záložce „spojit“ zvolí položka „zadat body pro spojení“. Následně se klikne levým tlačítkem na jeden z bodů v první fotografii a s přidržným tlačítkem se přesuneme na druhý bod v téže fotografii a pustíme. Stejným způsobem označíme dvojici bodů v druhé fotografii. Spojení se pak dokončí kliknutím na tlačítko „dokončit spojení“. Výsledek je pak prezentován jako samostatný obrázek, který je možno uložit v jednom z podporovaných formátů. Originály zůstávají nezměněny.



Obr. 25. Rektifikace spojováním fotografií

Kreslení do projektu

Do programu PC-RECT byla integrována jednoduchá kreslicí aplikace PC-DRAW, která umožňuje do projektu zakreslovat různé obrazce a připisovat texty. Kreslicí program se aktivuje v záložce „zobrazit“ položkou „kreslit“. Následně se v horní části zobrazí panel s nabídkou jednotlivých grafických a textových možností – např. přímka, křivka, kruh, čtverec, obdélník, mnohoúhelník atd. Velmi užitečná je možnost nakreslení vozovky včetně křižovatky (pokud je např. snímek kvůli různým detailům nepřehledný).



Obr. 26. Vozovka s křižovatkou vytvořená v programu PC-RECT

Uložení a vytisknutí projektu

Rektifikovaná fotografie se zaznamenanými měřeními a opravenými parametry lze uložit jako projekt ve formátu *.prj a následně dále využít v softwaru pro simulaci nehodového děje.

Výsledný obrázek lze pochopitelně také vytisknout a to jako plánek ve standardním měřítku 1:100. V záložce „soubor“ položka „měřítko tisku“ je možno nastavit detaily např. měřítko, rozměry, okraje, centrování atd. Položkou „nastavení tisku“ se pak klasicky obdobně jako v běžných textových či grafických editorech nastavují základní údaje k tisku jako např. formát papíru a jeho orientace, tiskárna a její vlastnosti apod. V případech, kdy je potřeba velký detailní plán místa nehody, je možno nastavit tisk tak, že je plán složen z jednotlivých listů, které se po vytisknutí k sobě přiloží.

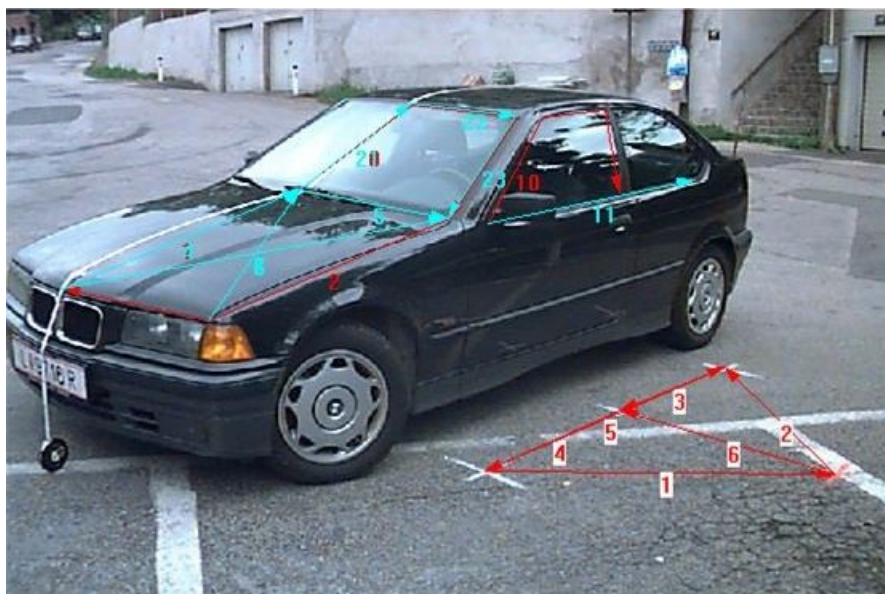
3D rektifikace

Podobně jako v případě dvourozměrných plánek, je možné pomocí aplikace PC-RECT pracovat i v prostoru. K tomu je potřeba mít nejméně dvě fotografie objektu (nejčastěji vozidla), který chceme převést do trojrozměrné podoby. Postup je prakticky shodný s 2D rektifikací. Po načtení fotografií je nutno v každé z nich označit referenční body a zadat vzdálenosti mezi nimi. Taktéž je možno pracovat na základě čtyřúhelníkové

metody. Každý referenční bod, vzdálenost a objekt musí být shodně označen minimálně ve dvou fotografiích. Shodný musí být pochopitelně i směr a referenční číslo. Pro upřesnění je nejvhodnější do roviny na vozovku umístit referenční trojúhelník se známými délkami stran. Pro vytvoření korespondence shodného objektu na fotografiích se pomocí přímky, křivky nebo lomené čáry označí hrany objektu atd. Referenční linky jsou automaticky číslovány vzestupně podle pořadí jejich vytvoření, lze je však změnit i manuálně. Ovládání probíhá v záložce „3D konverzace“.



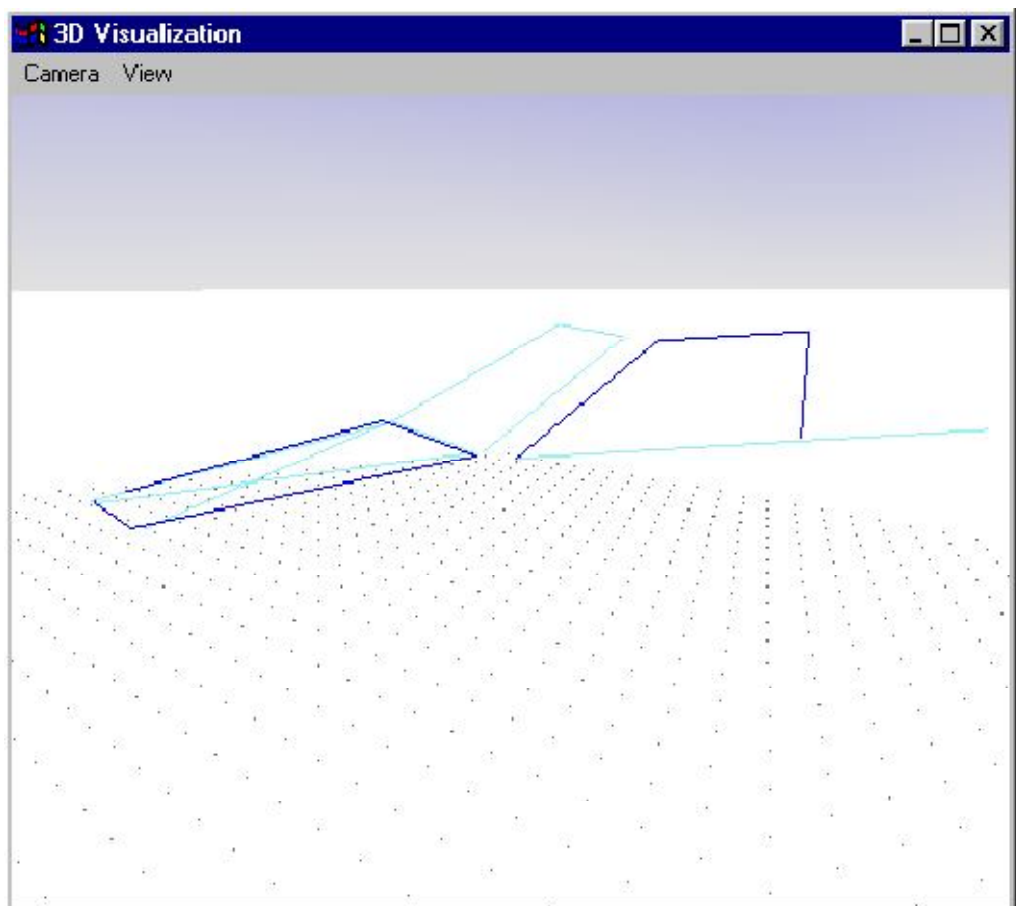
Obr. 27. 3D rektifikace – první snímek



Obr. 28. 3D rektifikace – druhý snímek



Obr. 29. 3D rektifikace – třetí snímek



Obr. 30. Výsledek 3D rektifikace

Rektifikace místa nehody z videozáznamu

PC-RECT umožňuje zpracovat plán i na základě videozáznamu. Stačí pouze se zapnutou kamerou projet místem nehody. Postup práce je velmi podobný jako v případě zpracování fotografií. Videozáznam musí být rozdělen do jednotlivých průběžně číslovaných obrázků. V nich se pak definují referenční vzdálenosti. Při rektifikaci se zaškrtně v okně položka „rektifikace z videa“ a nabídka se rozšíří o zadání parametrů videa (např. počet obrázků, změna směru, posun vlevo, vpravo, dolů a nahoru).



Obr. 31. Snímek z videozáznamu



Obr. 32. Označené rektifikační vzdálenosti

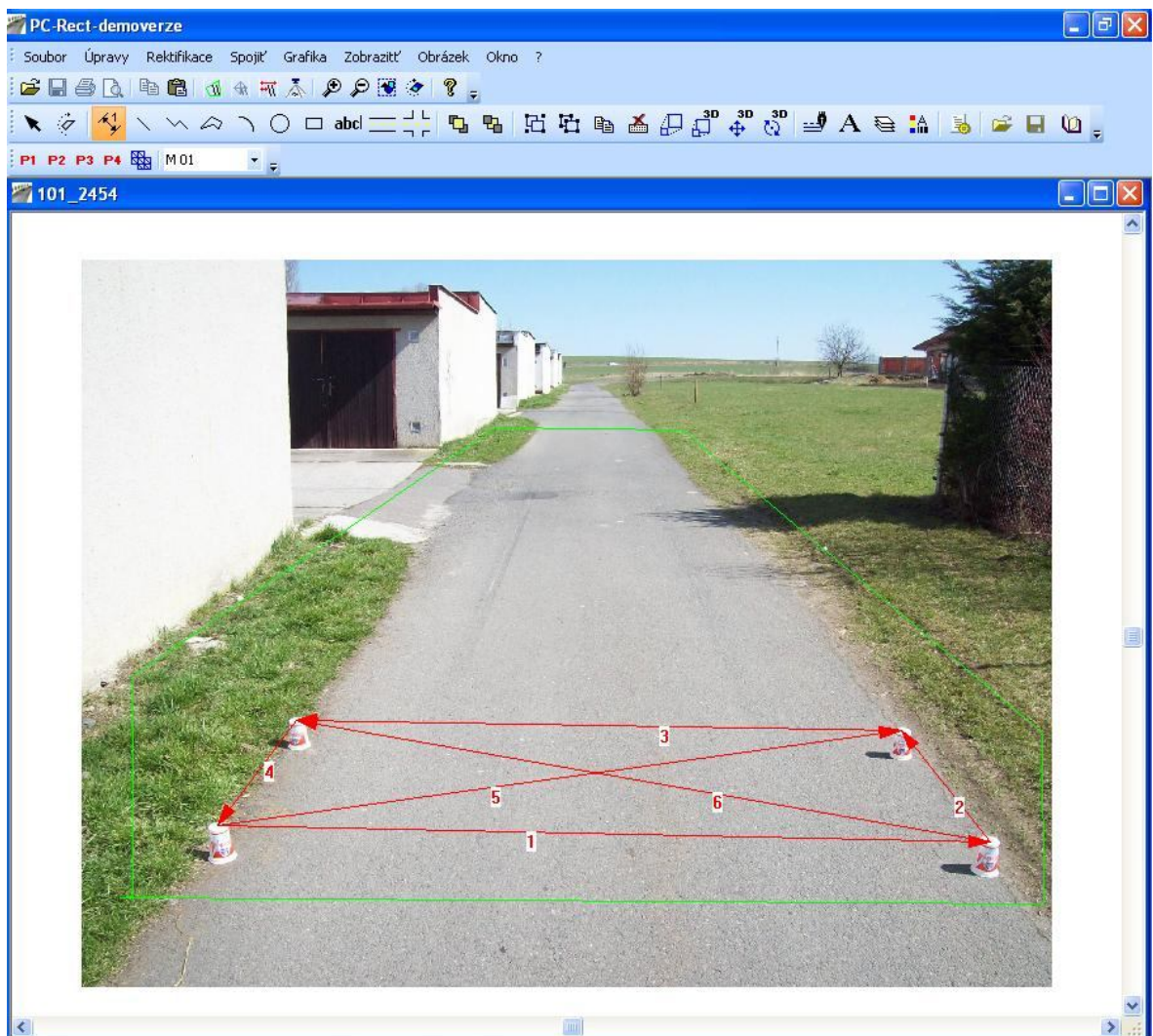


Obr. 33. Rektifikovaný snímek z videa

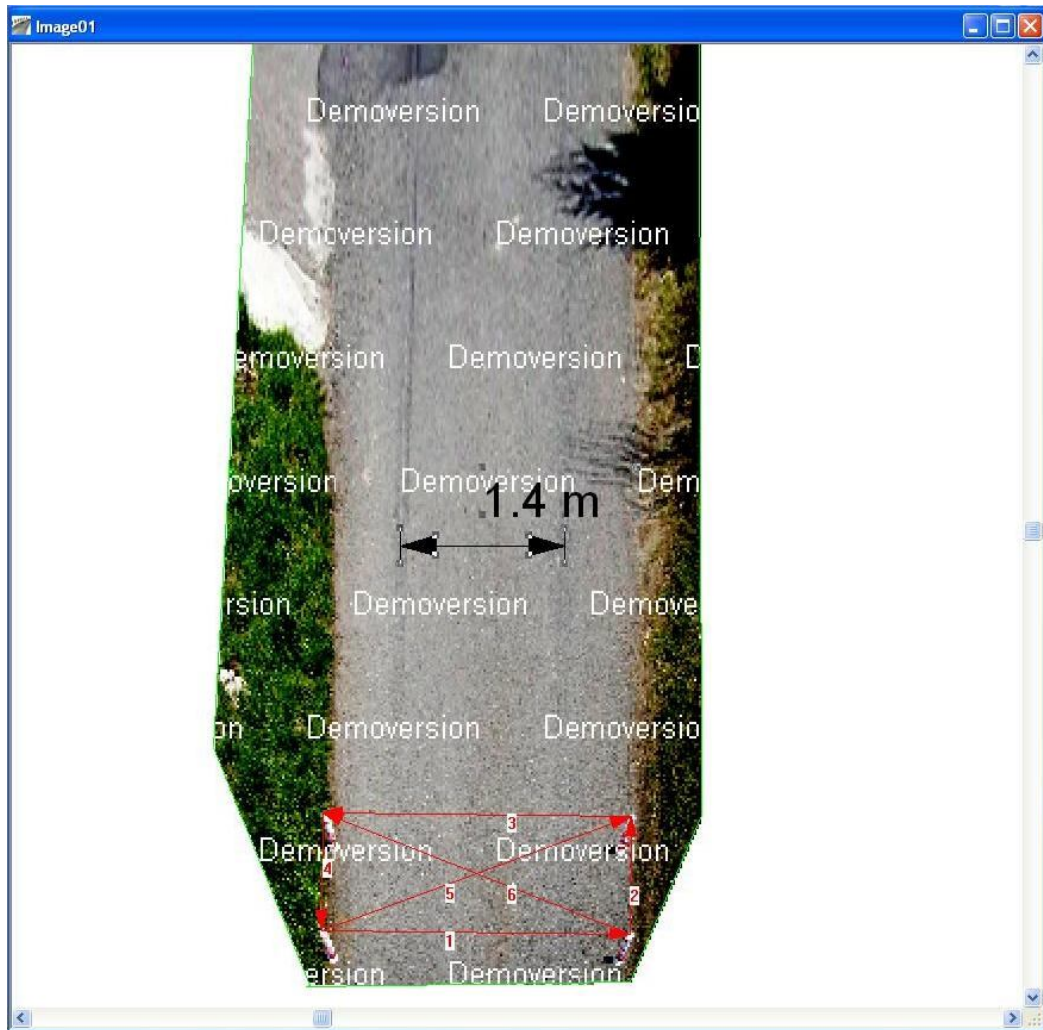
6.1.1 Praktická ukázka a ověření přesnosti jednosnímkové rektifikace pomocí aplikace PC-RECT 4.0a

Díky registraci na stránkách společnosti DSD jsem dostal k dispozici demoverzi programu PC-RECT 4.0a. To mi umožnilo provést praktickou ukázkou jednosnímkové rektifikace a ověřit přesnost takového postupu. Za tímto účelem jsem vyfotil úsek vozovky

s blokovacími stopami osobního vozidla. Na foceném úseku jsem rozmístil čtyři referenční značky se známými vzdálenostmi (příčná vzdálenost mezi značkami 2,6 m, podélná vzdálenost 1,0 m a úhlopříčky 2,785 m). Fotoaparát byl během pořizování snímku umístěn ve výšce 1,62 m nad vozovkou. Na místě jsem změřil reálný rozchod blokovacích stop 1,48 m (pozn. vzdálenost se měří od středu jedné stopy po střed stopy druhé). Rektifikaci jsem provedl na základě čtyřúhelníkové metody. Na pořízené fotografii byly blokovací stopy poněkud nevýrazné, proto jsem rektifikovaný snímek trochu ztmavil a zvýšil kontrast. V rektifikovaném snímku jsem naměřil rozchod blokovacích stop 1,4 m s přesností na desetinu metru, což považuji za velmi dobrý výsledek.



Obr. 34. Snímek s označeným výřezem plochy a označenými rektifikačními body



Obr. 35. Rektifikovaná fotografie se změřeným rozchodem blokovacích stop

6.2 PHOTODELER PRO

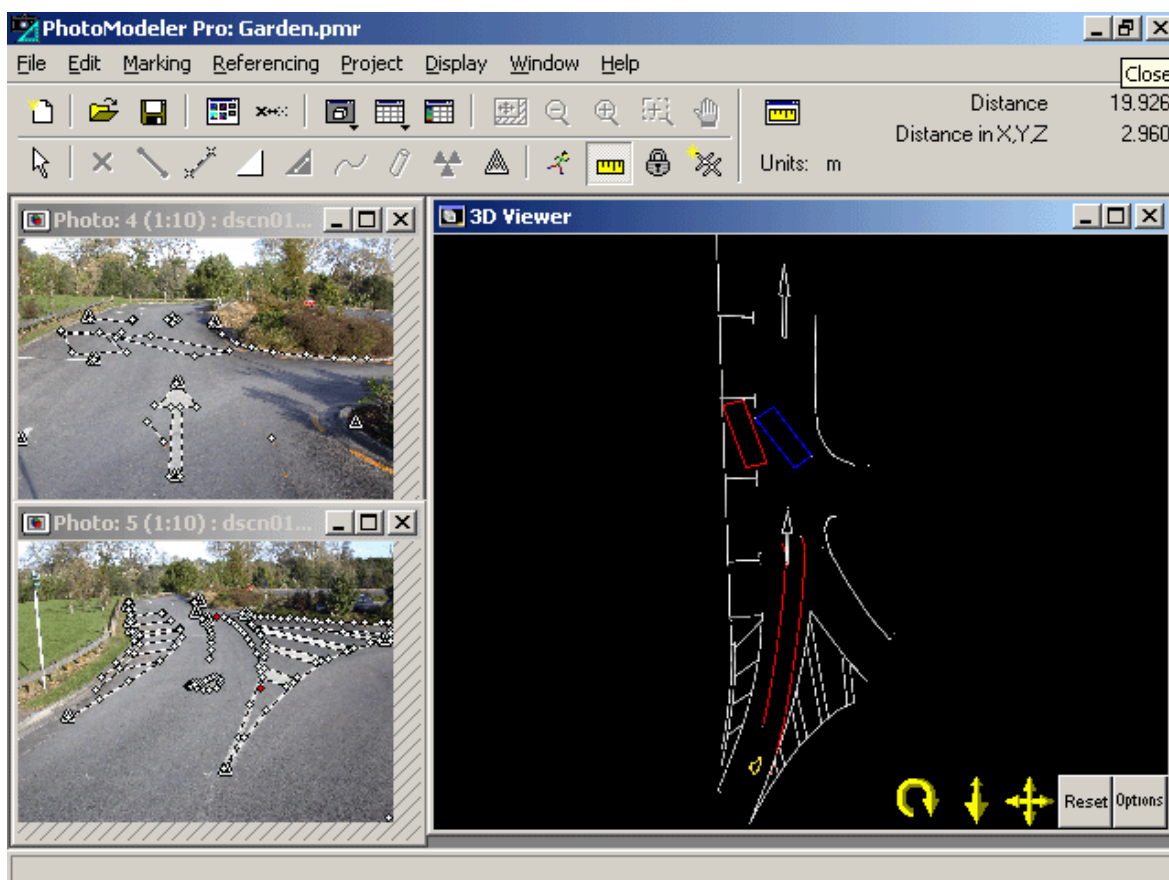
Program PHOTODELER PRO je dílem kanadské společnosti Eos Systems Inc. Jedná se o fotogrammetrický systém určený k bezdotykovému dvourozměrnému i třírozměrnému modelování. Není primárně určen pouze pro vyšetřování dopravních nehod, nalezl využití v řadě různých oborů počínaje archeologickými a geologickými výzkumy a konče animovaným filmem. Podrobnější informace o možném využití programu jsou dostupné na webových stránkách výrobce: <http://www.photodeler.com>.

Program pracuje na principu průřezové fotogrammetrie a umožňuje z fotografie získat mnoho údajů o daném objektu během poměrně krátké doby. Výsledkem práce je pak třírozměrný model nebo plán místa nehody, který lze exportovat do různých grafických aplikací (např. AutoCad) k dalšímu upravování, okótování a popisu. Při dopravních

nehodách je na vyšetřovací orgány často vyvíjen tlak na co nejrychlejší zprovoznění daného úseku vozovky a v takových případech by bylo použití klasických měřících technik zbytečně zdlouhavé. Často se také může stát, že vlivem opomenutí nedojde ke skutečnému změření některých důležitých vzdáleností na místě nehody. V takových případech je fotogrammetrie jediným možným způsobem pro získání požadovaných informací pro forenzní účely. Z plánu lze jednoduše získat např. délku blokovací stopy, přičemž odchylka od skutečného laserového měření je zanedbatelná (cca 10 cm na 20 m stopy). Existují dva možné způsoby pořizování fotografií. První způsob počítá s použitím známého kalibrovaného fotoaparátu, druhý způsob je určen pro rektifikaci starších snímků pořízených blíže nespecifikovaným fotoaparátem.

Tvorba plánu místa nehody

Postup zpracování je velmi obdobný jako v případě aplikace PC-RECT. Na místě nehody se pořídí snímky, na nichž jsou zachyceny veškeré důležité objekty a rektifikační body se změřenými vzdálenostmi. Na následujících obrázcích je ukázáno vytvoření plánu nehody ze dvou pořízených fotografií.



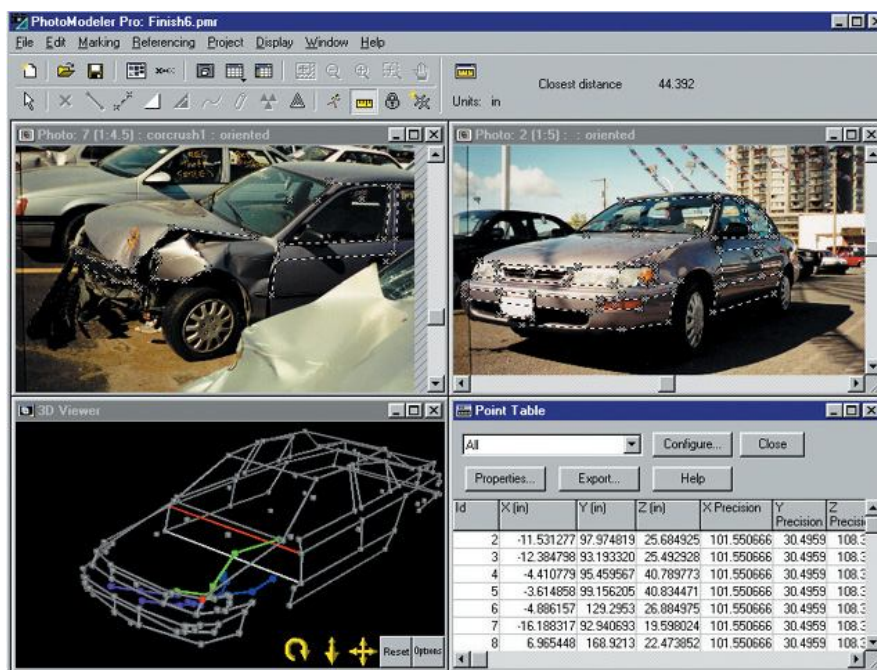
Obr. 36. Rektifikace místa nehody ze dvou pořízených fotografií

Tvorba 3D modelu

Aplikaci PHOTOMODELER PRO lze použít i k tvorbě 3D modelů - např. deformací vozidla. Pro přesnost výsledného modelu je třeba věnovat pozornost samotnému pořízení fotografií – jejich kvalitě a stanovišti fotografa. Pro vytvoření modelu je nutné mít k dispozici aspoň tři snímky. Čím více snímků máme, tím je i vyšší přesnost výsledného modelu. Důležité body musí být zobrazeny minimálně na dvou snímcích. Při fotografování by osy záběru měly svírat pravý úhel a všechny důležité body objektu musí být zobrazeny nejméně na třech snímcích. Je vhodné volit snímky s největším překrytím. Pro určení měřítka je nutno během snímkování změřit vzdálenost mezi dvěma body na objektu.

Fotografie musí být v digitálním formátu (tif, bmp, pcx, tga, jpg, png, pct, psd, ppm, mac, cal, pcd). Po importu fotografie se vybere nástroj pro měření prvků. Poloha prvku na snímku se určí jedním kliknutím levého tlačítka myši. Body se číslují vzestupně podle pořadí vzniku. Následně se provádí referencování – to je proces, při němž se určí, které body si vzájemně odpovídají. Referencuje se vždy mezi dvěma fotografiemi. Na levém snímku se vybere prvek a určí se jeho poloha na pravém snímku.

Model se vytváří z proměřených snímků a parametrů kamery na základě speciálního numerického algoritmu. Ten vytváří 3D body a minimalizuje chyby. Vytvořený model lze opět exportovat do AutoCadu a získané informace dále využít např. pro analýzu energie potřebné ke způsobení daných deformací vozidla. Na základě toho lze poté vypočítat nárazovou rychlost. Následující snímky zobrazují vytvoření 3D modelu poškození vozidla.



Obr. 37. Vytvoření 3D modelu vozidla ze dvou fotografií

6.3 DMU (Dokumentace místa události)

Tuzemská programová aplikace DMU je založena na principu blízké fotogrammetrie. Vyvinul ji Kriminologický ústav Praha a používá se zejména při tvorbě přesného plánu místa dopravní nehody ze dvou a více pořízených fotografií, na nichž musí být zobrazeny nejen vyhodnocované objekty, ale také referenční body se známou polohou v prostoru. Systém DMU je složen ze dvou samostatných programů. Prvním z nich je GEODET, který zpracovává snímané souřadnice známé dvojice bodů. Jeho součástí je nástavba SCANPOLI, která slouží pro skenování fotografií. Druhým programem je AutoCAD doplněný o uživatelské prostředí DMUCAD, které je možno dle potřeby dále doplňovat.

Na snímkování lze použít jakýkoli běžný fotoaparát, který však musí být doplněn mřížkou sady křížů, které se vytvářejí elektronovou litografií na skleněné desce v rovině filmu. V dnešní době je však mnohem vhodnější a pohodlnější použít digitální fotoaparát. Do pořízené digitální fotografie se následně vkopíruje přesná záměrná mřížka.

Pokud bych měl zhodnotit výhody systému DMU, tak musím především zdůraznit jednoduchost práce na místě nehody i při následném zpracování v PC, velmi nízké nároky na výpočetní techniku, možnost archivace plánu v digitální podobě, velkou přesnost a rychlost zpracování, možnost využití databanky předmětů pro další případy, možnost kdykoli doplnit chybějící předmět do plánu, za předpokladu, že je na dvojici snímků apod. Ve srovnání s obdobnými zahraničními produkty je systém DMU také výrazně levnější.

Postup zhotovení plánu místa dopravní nehody systémem DMU:

Rozmístění výtyček

Na místě nehody se určí referenční body popř. se rozmístí tzv. výtyčky (nosiče referenčních bodů) a to tak, aby tvořily trojúhelník, jehož strany nesmí svírat úhel větší než 90° . Je vhodné, aby důležité objekty byly uvnitř tohoto trojúhelníku nebo alespoň v jeho těsné blízkosti. Čím je objekt dále od referenčního trojúhelníku, tím se zvyšuje nepřesnost. U rozsáhlejších dopravních nehod, které pokrývají větší prostor, není obvykle možné vměstnat všechny důležité objekty do jednoho trojúhelníku. V takovém případě se musí

vytvořit trojúhelníků více. To se provádí tak, že se posunuje jedna nebo dvě výtyčky, ale minimálně jedna výtyčka musí zůstat vždy shodná.

Pořízení snímkové dvojice

Po vhodném rozmístění výtyček je teprve možno zhotovit snímkovou dvojici. Poměr vzdálenosti mezi levou a pravou polohou kamery a vzdáleností kamery od fotografovaného předmětu musí být v rozsahu 1:2 až 1:5. Na obou pořizovaných snímcích musí být pochopitelně vidět stejné zájmové předměty a body. Často je vhodné pořídit ještě další reportážní snímky celého prostoru popř. videozáznam za účelem lepšího objasnění situace na místě nehody při dodatečném zpracování plánu.

Zpracování plánu programem GEODET

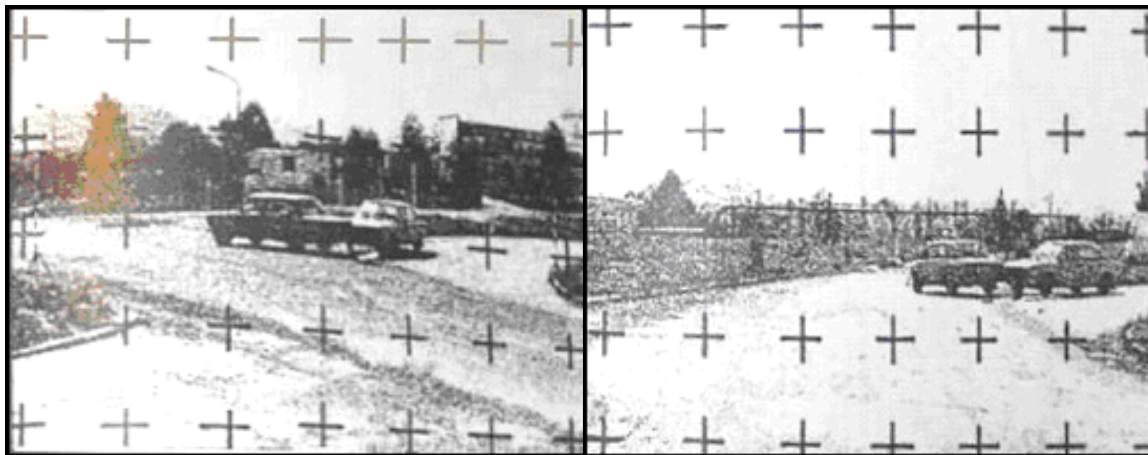
V případě, kdy byly snímky pořízeny analogovým fotoaparátem, je nutno film nejprve vyvolat a poté pořídit barevnou zvětšeninu snímků, které po naskenování slouží jako podklad pro vytvoření plánu v počítači pomocí programu GEODET. V případě použití digitálního fotoaparátu se snímky načtou přímo z paměti.

Před zahájením samotného zpracování se do programu musí zadat název případu a číslo varianty plánu, aby nemohlo dojít k případné záměně dokumentů. Pak následuje zadávání vzdáleností referenčních bodů a údajů o fotoaparátu, kterým byly snímky pořízeny. Pomocí snímače tabletu se všechny zájmové body přenesou do PC – nejprve poloha referenčních bodů a pak i ostatních bodů, které se poté vzájemně spojují v AutoCADu. Všem snímaným bodům jsou přiděleny indexy, které se později zobrazují i v grafickém prostředí. Posledním krokem je samotný výpočet prostorové polohy bodů. Do programu se pak jen zadá objektiv, kterým byla snímková dvojice pořízena a měřítko, ve kterém má být plán zhotoven. Program umožňuje zvolit zpracování jak dvourozměrné, tak trojrozměrné. Na závěr zobrazí program přesnost celého procesu. Zpracovaný snímek se uloží do paměti ve formátu DXF.

Úprava plánu v DMUCAD

V autocadové nástavbě DMUCAD je možno pomocí dialogových oken kreslit plánek místa dopravní nehody. To se provádí spojováním bodů vykreslených na monitoru vytvářením úseček. Tím se vykreslují objekty, které se na místě nehody nacházely. Formou

bloků je možno do plánku vkládat také různé typizované předměty jako vozidla, dopravní značení apod., přičemž databanku předmětů lze průběžně doplňovat.



Obr. 38. Snímková dvojice - DMU



*Obr. 39. Systém DMU - pomůcky pro práci
na místě události*



*Obr. 40. Systém DMU – zařízení pro
práci v kanceláři*

7 SOFTWAREVÉ APLIKACE PRO SIMULACI PRŮBĚHU NEHODOVÉHO DĚJE

V dnešní době již mají při analýze dopravních nehod své nezastupitelné místo počítače. Ty sice nemůžou zcela nahradit znalce, protože konečné rozhodnutí záleží vždy na něm, na jeho zkušenostech a intuici, významným způsobem mu ale napomáhají a zvyšují efektivnost a kvalitu jeho práce a zároveň minimalizují riziko chyb analýzy. Rozhodující při hodnocení výsledků je vždy věrohodnost, spolehlivost a správnost programu a algoritmu, podle nichž počítač informace zpracoval. Znalec by měl výsledky počítače zhodnotit a pokaždé porovnat i s výsledky získanými jinými metodami a napsat vlastní závěr. Velmi důležité jsou softwarové aplikace umožňující provedení videosimulace na základě zadaných údajů o vozidle, jeho pneumatikách, řidiči a okolí a také na základě stop zanechaných na místě nehody. Většina těchto programů umožňuje provedení simulace přímo na plánu vytvořeném rektifikací fotografie místa nehody s výslednou 3D animací. Simulace je dopředný výpočet, kdy se různě mění podmínky (např. rychlost, místo srážky apod.) tak, aby se vozidlo co nejpřesněji dostalo po zanechaných stopách do známé konečné polohy. Je to tedy pravý opak kinematických výpočtů, při kterých se postupuje od známého k neznámému.

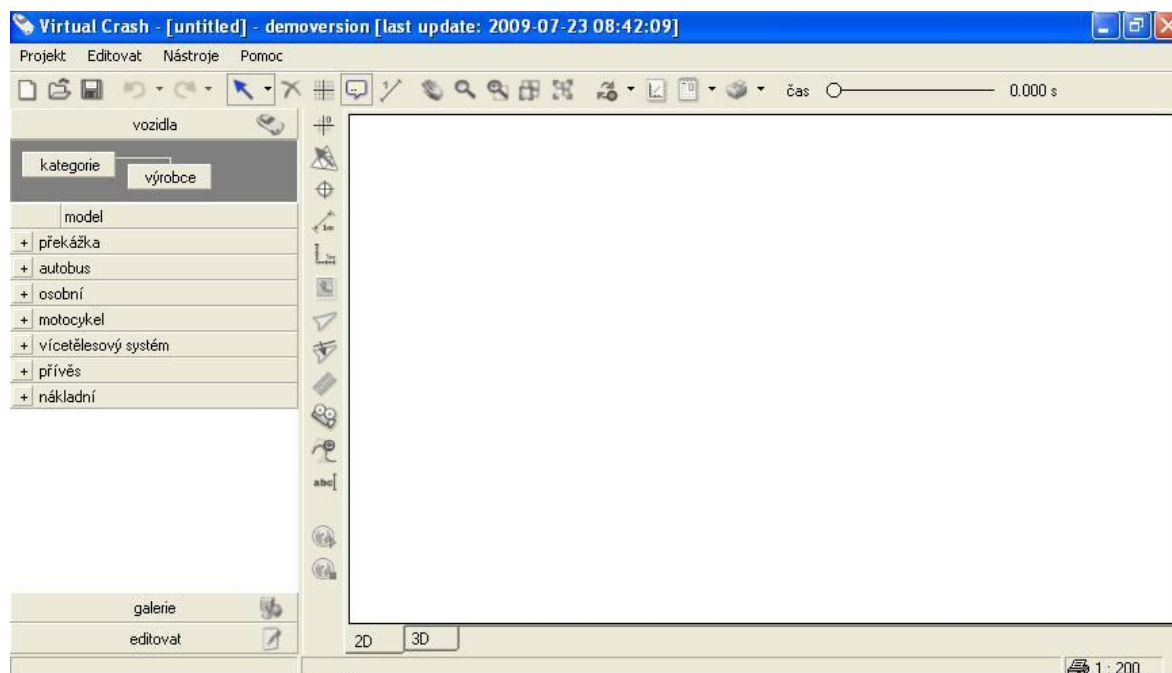
7.1 Virtual-CRASH

Jednou z nejpoužívanějších a zároveň nejpropracovanějších softwarových aplikací pro rekonstrukci silničních dopravních nehod je program Virtual-CRASH, který využívají nejen znalci v oboru silniční dopravy, ale v poslední době i některé pojišťovny v rámci boje proti pojistným podvodům prováděným prostřednictvím fingované dopravní nehody. Virtual-CRASH je dílem slovensko-maďarské společnosti VCRASH, s.r.o. a jedná se o moderní program pro simulaci dopravních nehod v reálném čase. Ze stránek tvůrce <http://vcrash.com/> jsem měl k dispozici demoverzi aktuální verze 2.2 s menu v českém jazyce, která umožňuje využívat téměř všechny funkce dostupné v plné verzi avšak s tím omezením, že vytvořený projekt nelze uložit. Podrobný manuál k programu je k dispozici pouze v maďarštině a němčině. Existuje i anglický manuál, ten je však podstatně méně obsáhlý a česká ani slovenská verze doposud neexistuje. Z toho důvodu jsem v podstatě téměř žádné informace z manuálu nečerpal a všechny obrázky, které jsem do své práce umístil, jsou výsledkem mé vlastní práce s programem.

Program umožňuje provádět simulace různých jízdních manévřů (zatáčení, brzdění, akcelerace, smyk apod.) i střetů vozidla s jiným vozidlem, chodcem, cyklistou popř. libovolnou překážkou. Výstupem je pak přesný plánec nehodového děje s plynulým značením jednotlivých poloh a trojrozměrná videosimulace. Pro účely znaleckého posudku je též možno vygenerovat diagram a protokol.

Přestože Virtual-CRASH nabízí velmi přehledné a poměrně jednoduché intuitivní ovládání, je k dispozici interaktivní nápověda v menu „pomoc“ záložkou „co je to?“ V této záložce se nacházejí všechny příkazy, které program umožňuje a po kliknutí na jeden z nich se uživateli přehraje názorná ukázka práce s vybraným konkrétním příkazem. Menu „pomoc“ obsahuje také položku „přehrát ukázku“, pomocí níž lze spustit praktické ukázky řešení různých typů nehodových situací.

Součástí programu je velmi obsáhlá a neustále aktualizovaná databáze osobních i nákladních vozidel, autobusů a přívěsů. Kromě vozidel lze do simulací vkládat také cyklisty, chodce a pevné překážky (např. stromy, budovy, zvířata atd.). V dolní části pod oknem pro simulaci jsou umístěny záložky 2D a 3D, pomocí nichž lze jednoduše přepínat mezi dvourozměrným a třírozměrným pohledem na situaci. V horní části je zase časová osa, pomocí níž se lze posunout do kteréhokoli okamžiku simulace.



Obr. 41. Panely nástrojů v programu Virtual-CRASH 2.2

Vložení vozidla a zadávání vstupních údajů

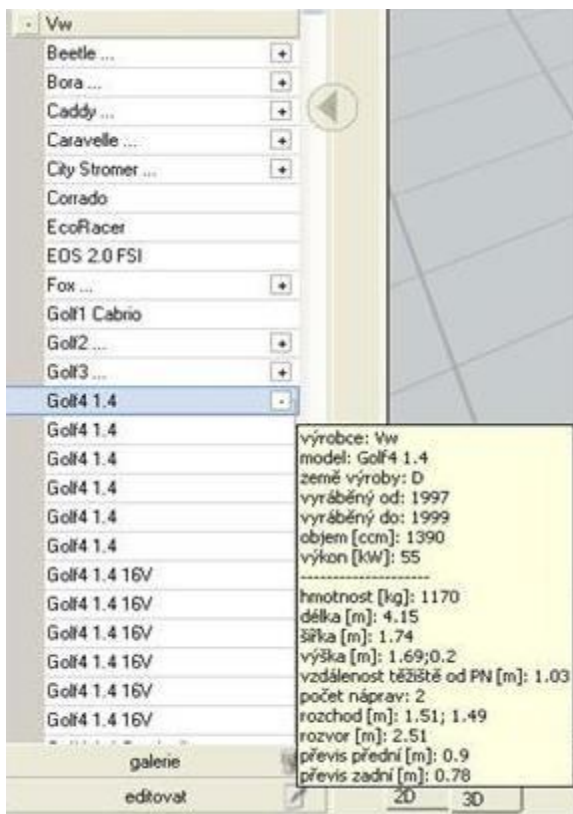
Prvním krokem jakékoli simulace je vložení vozidla. V menu „vozidla“ na levé straně je nabídka jednotlivých druhů vozidel a překážek. Po rozkliknutí příslušné kategorie např. „osobní“ se zobrazí podkategorie podle jednotlivých výrobců osobních vozidel (např. Volkswagen). Po rozkliknutí této podkategorie je pak možno vybrat konkrétní modelovou řadu (např. Golf, Passat atd.) a po následném rozkliknutí modelové řady se dá vybrat i přímo konkrétní model daného roku výroby a s danou motorizací. Vozidlo se do prostoru pro simulaci vloží přetažením pomocí myši s přidržným levým tlačítkem. V menu „galerie“ jsou v kategorii „c – vehicles 3d“ umístěny velmi propracované modely některých typů vozidel. Přetažením tohoto modelu pomocí myši na vložené vozidlo lze vytvořit naprosto dokonalý a do detailu propracovaný vzhled konkrétního typu vozidla.

Pro detailnější nastavení parametrů vloženého vozidla je možno pomocí menu „editovat“ např. zvolit, zda má vozidlo funkční ABS, upravit rozchod kol, změnit barvu vozidla, upravit parametry pružení a tlumení pro jednotlivá kola, upravit rozměry vozidla, jeho hmotnost, umístění těžiště popř. zadat zatížení vozidla vpředu, vzadu, v zavazadlovém prostoru, na střeše apod.

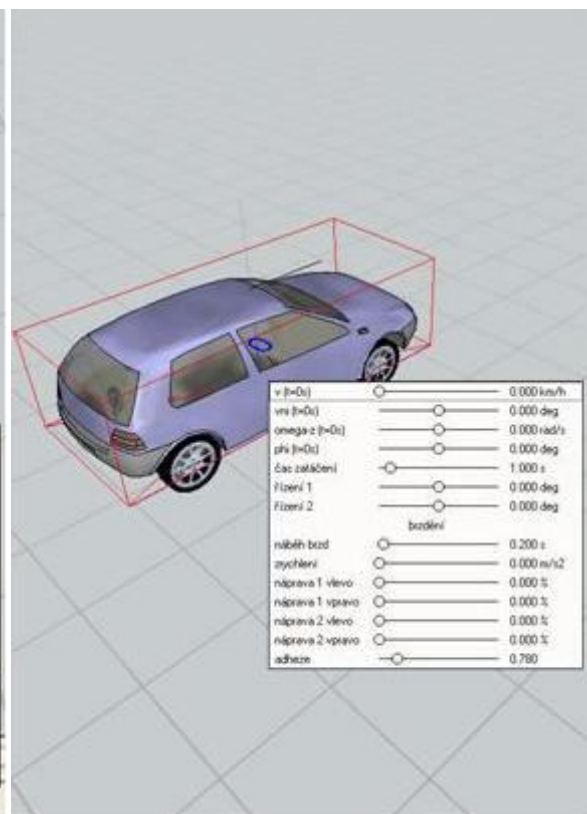
Kliknutím pravým tlačítkem na vložené vozidlo se zobrazí tabulka, v níž se dají zadávat vstupní údaje – počáteční rychlost přímočarého pohybu $v(t=0s)$, počáteční směr pohybu vozidla smykem vni $(t=0s)$, počáteční úhlová rychlost $\omega_z(t=0s)$, směr přímočarého pohybu $\phi(t=0s)$, čas zatáčení (časový úsek mezi počátkem zatáčecího manévru a dosažením nastaveného rejdu řízení), řízení 1 (úhel natočení přední nápravy), řízení 2 (úhel natočení zadní nápravy pro vozidla s řízenými více nápravami), typ řešeného jízdního manévru (brzdění, zrychlení, zrychlení – couvání), zrychlení (případně zpomalení), dále procentuální rozdělení brzdné nebo akcelerační síly na jednotlivá kola vozidla (náprava 1 vlevo, náprava 1 vpravo, náprava 2 vlevo, náprava 2 vpravo) a poslední veličinou je adheze (myšleno mezi pneumatikou vozidla a povrchem vozovky, nápověda automaticky zobrazuje, jakému povrchu daná adheze odpovídá – např. led, sníh apod.).

Jakmile má vložené vozidlo zadanou nenulovou počáteční rychlost popř. nenulové počáteční zrychlení a pokud je aktivovaná položka „přepočítat simulaci“, automaticky se ve směru jeho pohybu vykreslí na povrchu pomocí jeho „duchů“ jednotlivé polohy pohybu v krátkých časových intervalech. Pouhým najetím kurzorem myši na libovolnou polohu vykresleného pohybu vozidla se zobrazí všechny důležité údaje týkající se dané pozice

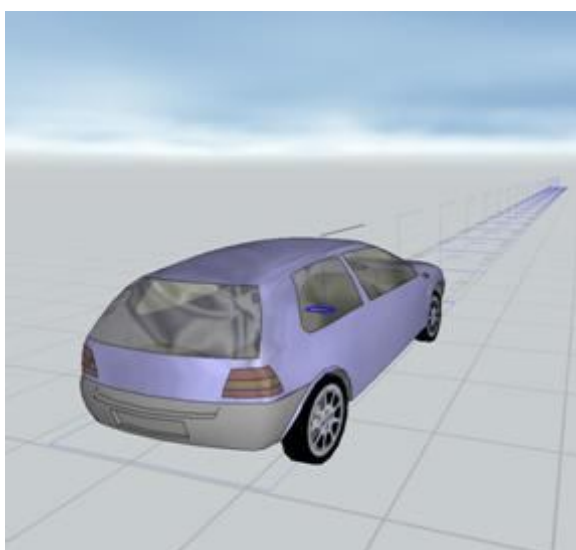
(např. ujetá dráha a uběhnutý čas od počátku simulace, momentální rychlost vozidla apod.). Kliknutím pravým tlačítkem myši na „ducha“ se opět zobrazí tabulka pro zadávání vstupních údajů. Tam lze kupříkladu zadat pro daný okamžik změnu směru jízdy, zrychlování nebo zpomalování vozidla apod.



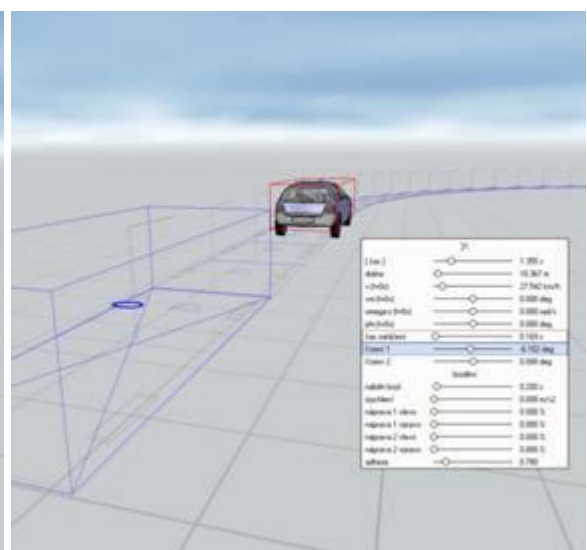
Obr. 42. Výběr typu vozidla



Obr. 43. Zadávání počátečních hodnot



Obr. 44. Vykreslené budoucí polohy vozidla

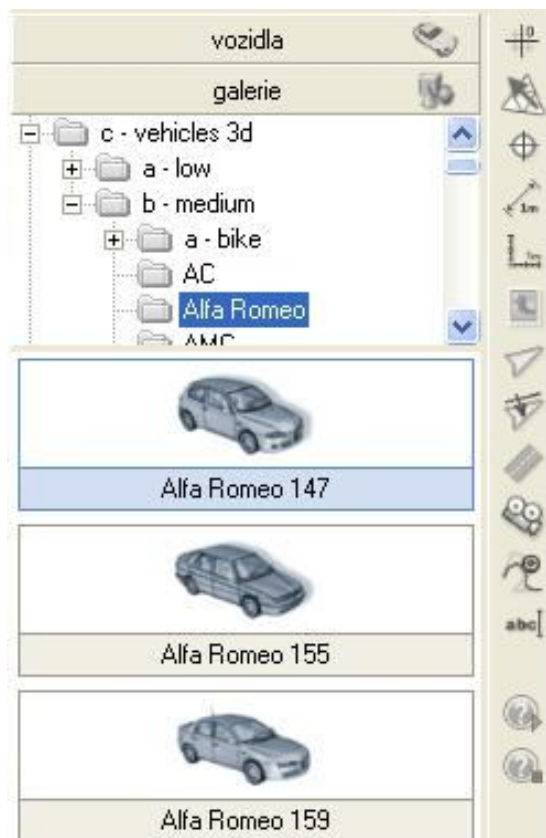


Obr. 45. Zadávání hodnot pro danou polohu

Obr. 44. Vykreslené budoucí polohy vozidla Obr. 45. Zadávání hodnot pro danou polohu



Obr. 46. Editace parametrů vozidla

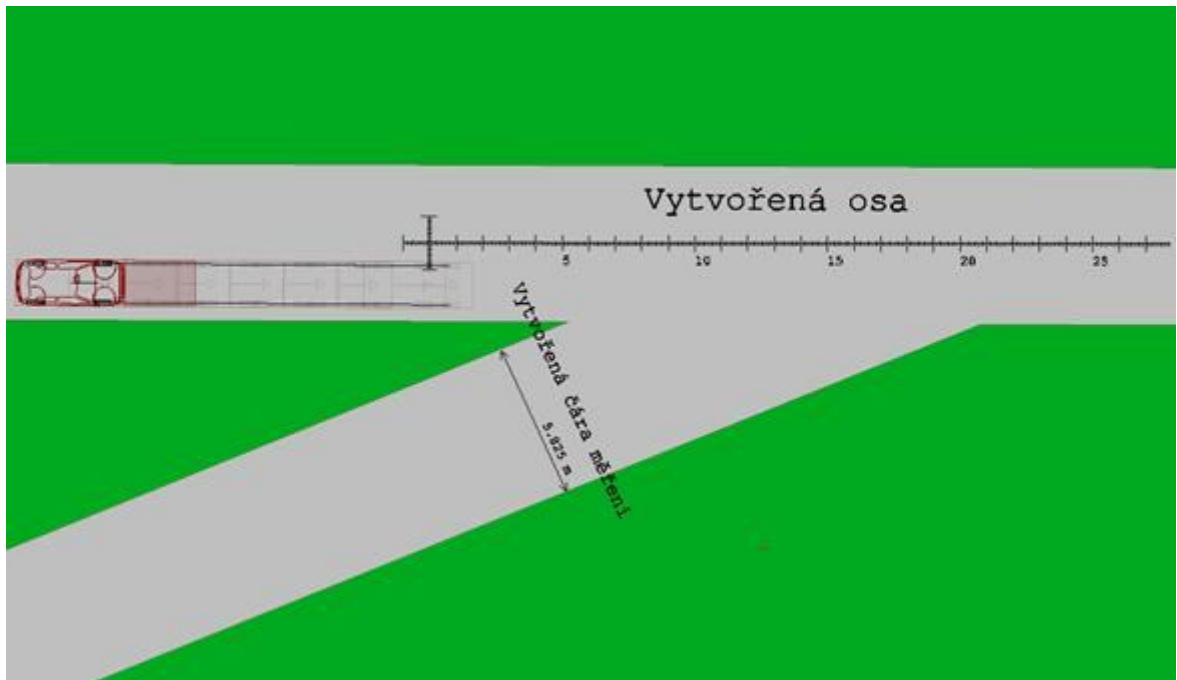


Obr. 47. Galerie vozidel

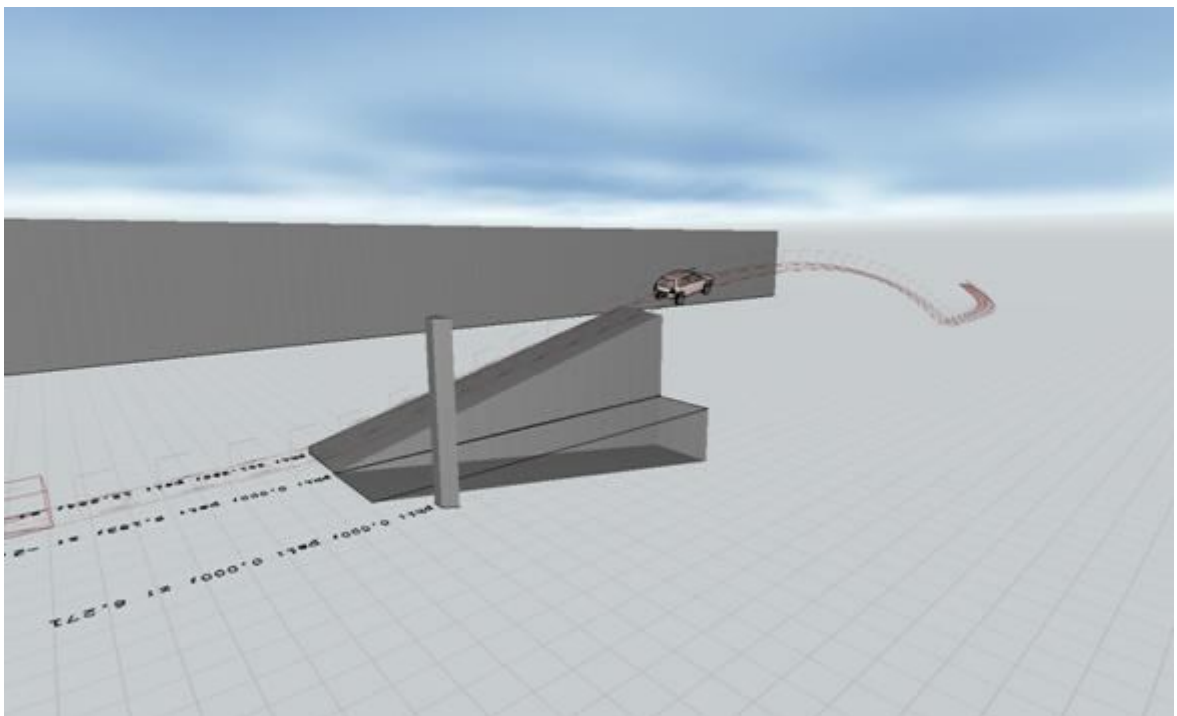
Úpravy povrchu a tvorba polygonů

Standardním povrchem je čtverečková síť. Pro lepší názornost je však možné přímo v programu pomocí funkce „cesta“ vytvářet vozovku s libovolnou šířkou jízdních pruhů. Pomocí jiné funkce „vytvořit polygon“ lze na povrchu vytvářet různé obrazce. Po kliknutí pravým tlačítkem myši na vytvořený obrazec se zobrazí tabulka, v níž je možno vybrat, zda se jedná pouze o čáru či polygon. V případě, že se jedná o čáru, tak lze určit její délku a šířku. Níže je pak možnost určit aktivnost či neaktivnost sklonu a případně jeho parametry. Dále lze určit aktivnost či neaktivnost tření a případně jeho koeficient. Posledním nastavovaným parametrem je pak barva vytvořeného obrazce.

Vedle vozovky lze umístit kupříkladu také libovolnou dopravní značku. Jako podklad lze vložit také bitmapový obrázek nebo např. rektifikovanou fotografii místa dopravní nehody a simulaci provádět přímo na reálně zanechaných stopách. Na povrchu je možno vytvořit také lokální osy, psát text apod. Velmi užitečná je funkce „vytvořit čáru měření“ pomocí níž lze vytvořit úsečku mezi libovolnými dvěma body na simulačním povrchu a přesně tak zjistit jejich vzájemnou vzdálenost, která se automaticky vypisuje jako kóty k vytvořené úsečce.



Obr. 48. Ukázka tvorby povrchu



Obr. 49. Ukázka tvorby polygonů

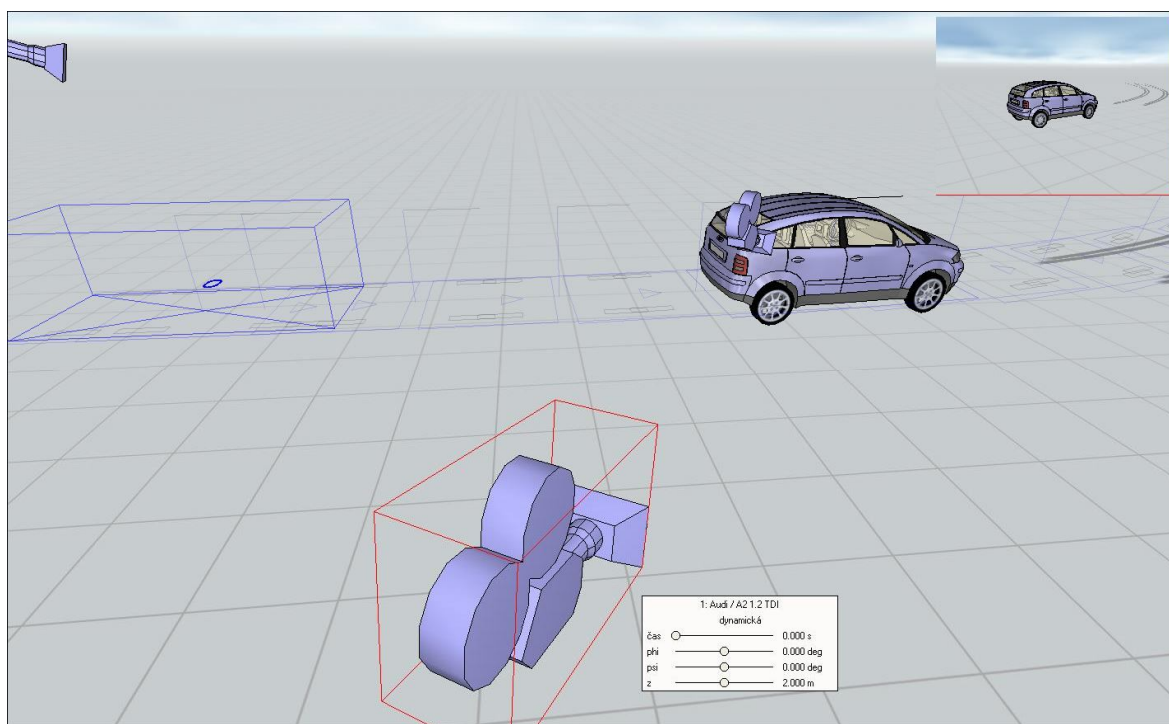
Umístění kamery a sledování simulace

V 3D okně lze pomocí myši libovolně měnit místo a úhel sledování situace (a to i během přehrávání samotné simulace). S přidržným levým tlačítkem myši je možno se posouvat v prostoru dopředu, dozadu a do stran. S přidržným pravým tlačítkem můžeme

měnit úhel pozorování. Pomocí kolečka myši je pak možno se přibližovat nebo oddalovat od sledovaného objektu.

Pomocí položky „vytvořit kameru“ lze do prostoru libovolně přidávat kamery pro sledování simulace. Vloženou kameru lze pomocí myši libovolně přesouvat, otáčet a naklánět. Kliknutím pravým tlačítkem myši na kameru se zobrazí tabulka, v níže je možno přesně zadávat údaje o kameře, mimo jiné např. to, zda je kamera statická nebo dynamická (tj. otáčející se za předem určeným pohybujícím se vozidlem popř. pohybující se přímo s ním ve stanovené vzdálenosti). Tak lze vytvořit několik různých pohledů, mezi nimiž můžeme během simulace libovolně přepínat.

Samotná simulace se dá pouštět v několika rychlostech přehrávání od 1/1 až po 1/16 a opět můžeme volit, zda budeme sledovat její průběh jako statický nebo jako pohybující se pozorovatel a případně se kterým vozidlem se budeme pohybovat.

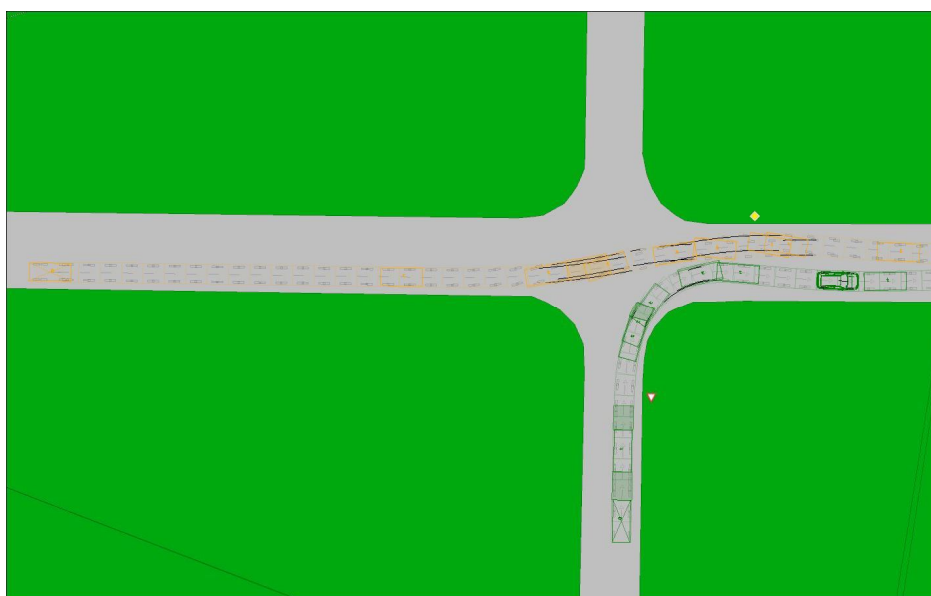


Obr. 50. Umístění kamer pro sledování průběhu simulace

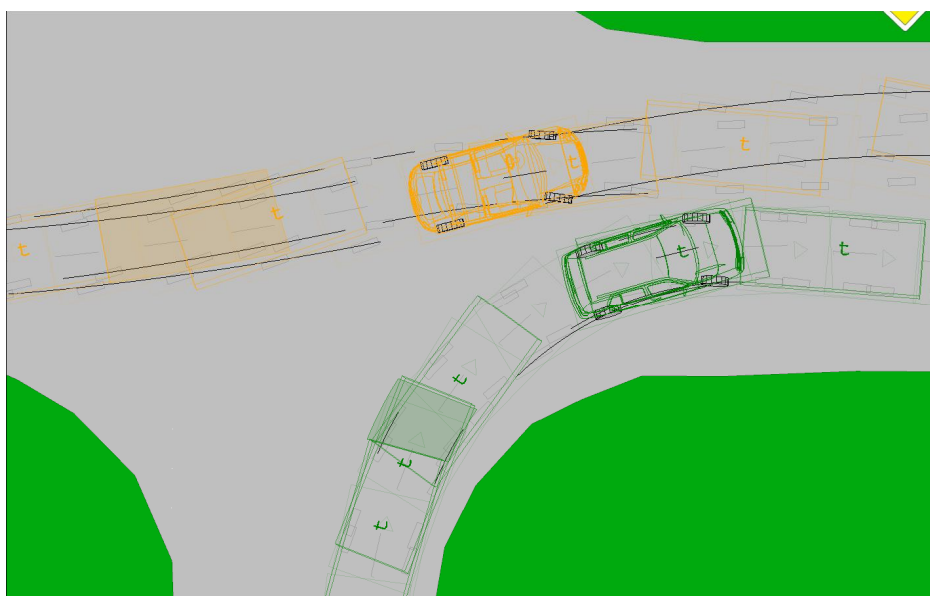
7.1.1 Praktická ukázka simulace jízdního manévru v programu Virtual-CRASH 2.2

Vhodným nastavením výše zmíněných vstupních údajů lze snadno nasimulovat různé jízdní situace. Provedl jsem simulaci vyhýbacího manévru tak, abych předvedl více jízdních situací. Vytvořil jsem křižovatku a okolní travnatou plochu. Po hlavní silnici jede

konstantní rychlostí 75 km/h žluté Audi A3. Z vedlejší silnice přibrzdí z počáteční rychlosti 50 km/h zelený Volkswagen Golf, který nedá přednost v jízdě a nebezpečně vjíždí na hlavní silnici do dráhy žlutého vozidla. To je nuceno provést vyhýbací manévr. Nejprve vůz prudce stáčí kola doleva, následně prudce brzdí a ihned stáčí kola doprava. Tím je vyvolán lehký přetáčivý smyk, který však je vyrovnán opětovným stočením kol doleva. Následně po vyrovnání kol vůz pokračuje přímo svým původním směrem. Na níže umístěných obrázcích je vidět celý manévr nejprve ve dvou 2D půdorysných pohledech a následně ve třech 3D pohledech – vše s aktivovaným přepočítáním simulace. Do přílohy PI jsem vložil rozloženou videosimulaci průběhu celého manévru.



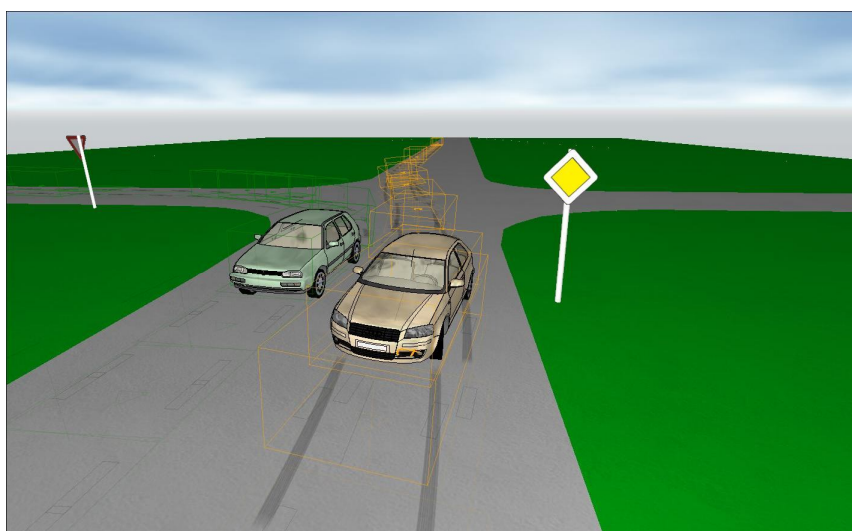
Obr. 51. Celkový půdorysný pohled na vyhýbací manévr



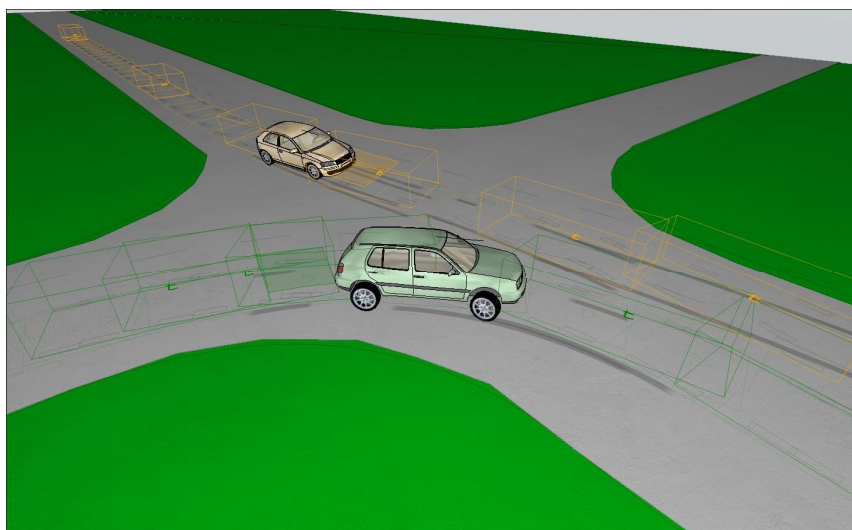
Obr. 52. Bližší půdorysný pohled na vyhýbací manévr



Obr. 53. Vyhýbací manévr – pohled zezadu



Obr. 54. Vyhýbací manévr – pohled zepředu



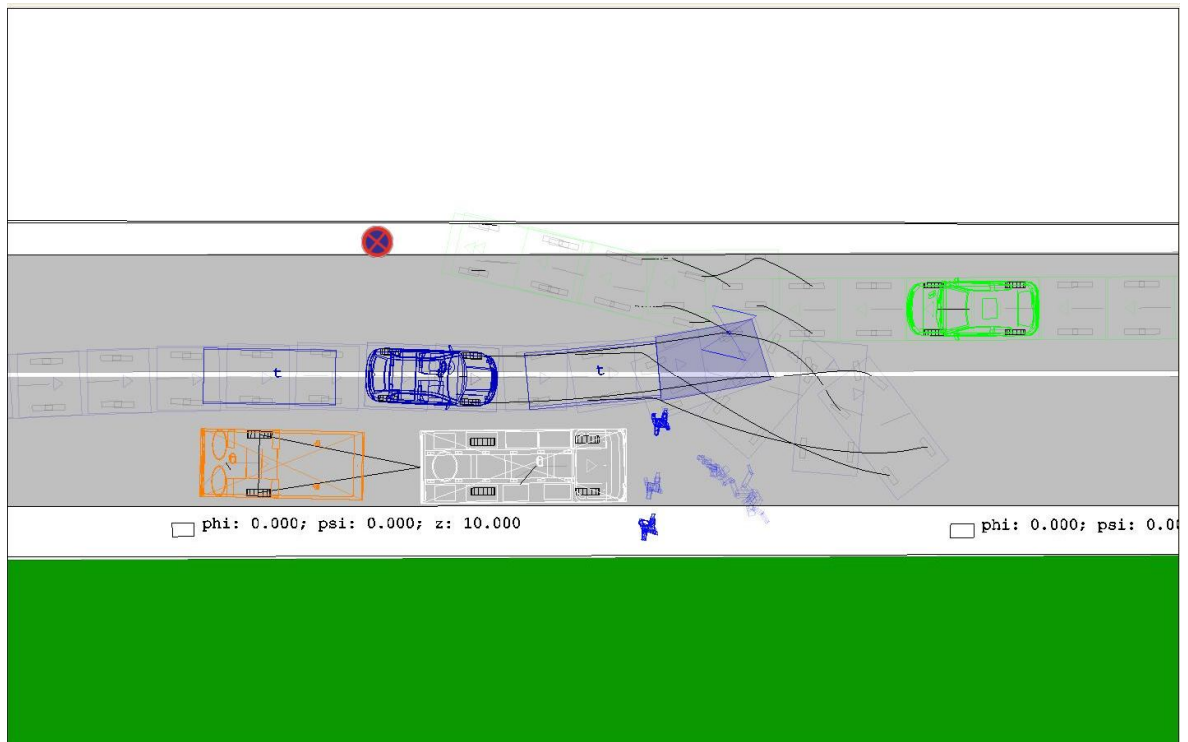
Obr. 55. Vyhýbací manévr – pohled z boku

7.1.2 Praktická ukázka simulace střetu v programu Virtual-CRASH 2.2

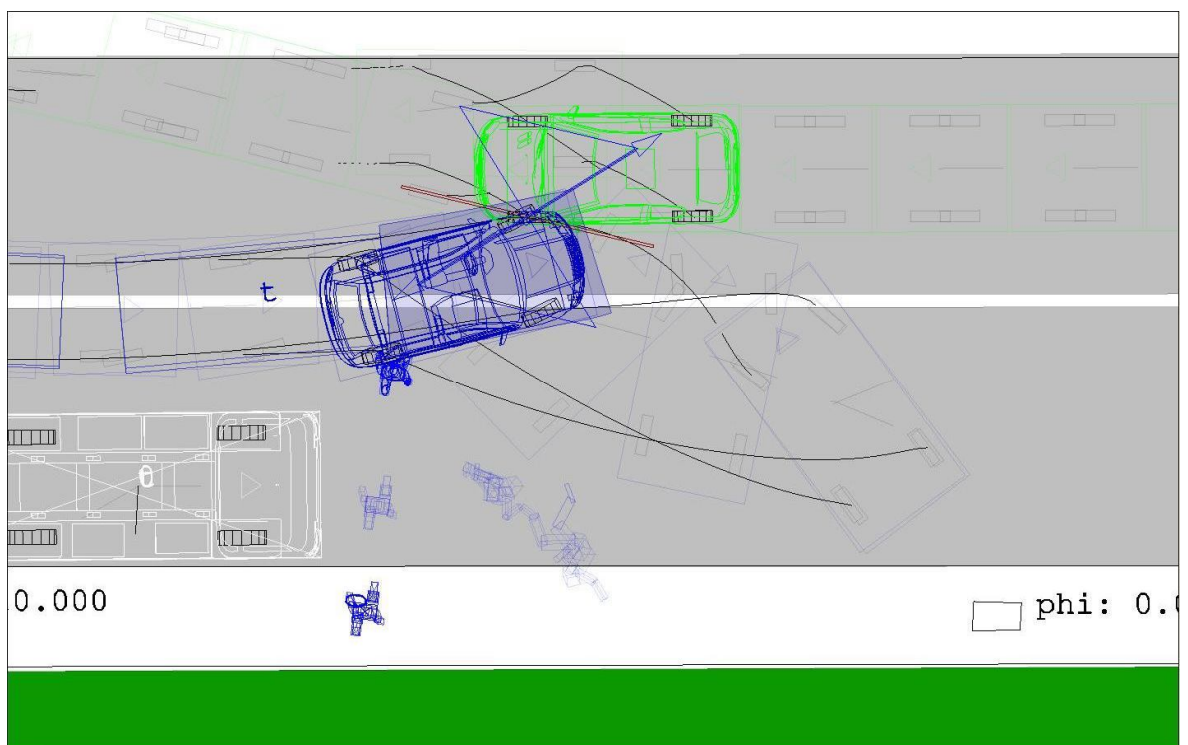
Provádění simulace vzájemného střetu několika vozidel popř. střetu vozidla s překážkou je poměrně jednoduché a v zásadě se od simulace jízdnicích manévrů nijak neliší. V místě střetu je možno zobrazit programem vypočítané hodnoty deformace a EES pro každé vozidlo, stejně jako doběhovou a výběhovou rychlost z místa střetu. Při aktivovaném přepočítání simulace se v místě střetu automaticky vykresluje rovina rázu, třecí kužely a vypočtené impulzy. Program umožňuje také řešení střetu vozidla s chodcem. Pro dosažení vlastností co nejvíce odpovídajících skutečnosti je chodec řešen jako vícetělesový systém.

Pro ukázkou jsem provedl složitější simulaci se vzájemným střetem dvou osobních vozidel, při němž zároveň dojde ke sražení chodce jedním z těchto vozidel. Využil jsem schopností programu Virtual-CRASH a pomocí tvorby polygonů jsem vytvořil ulici s vozovkou lemovanou po obou stranách chodníky vyvýšenými oproti úrovni vozovky o 0,2 m. Podél vozovky je na jedné straně budova a na druhé straně rozsáhlá travnatá plocha. Na chodníky jsem umístil sloupy čtvercového průřezu a dopravní značky.

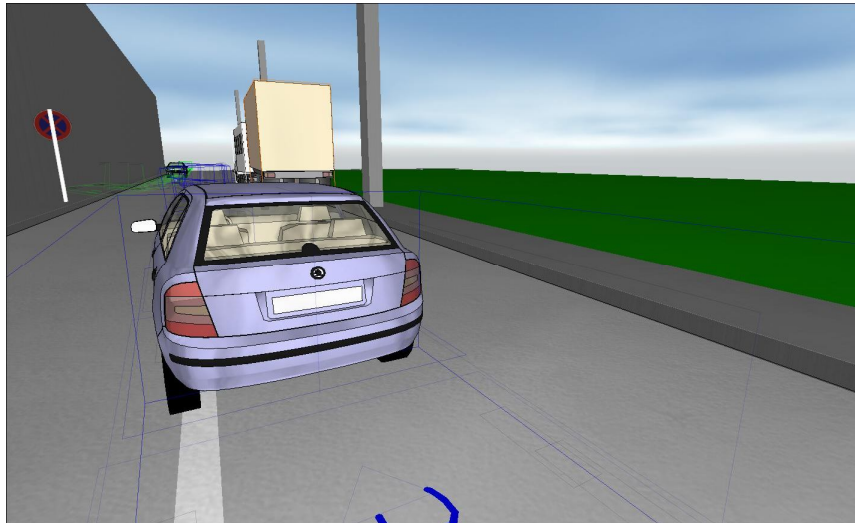
Simulace znázorňuje u krajnice odstavený nákladní automobil Avia A31 N s přívěsem. Z dálky se rychlostí 65 km/h blíží modrý osobní automobil Škoda Fabia, který se chystá nezměněnou rychlostí objet odstavenou Avii dříve, než se přiblíží v protějším směru jedoucí zelený vůz Peugeot 206. Během objíždění nečekaně vystupuje zpoza odstavené Avie chodec přímo před projíždějící Fabii. Ta je nucena současně s prudkým brzděním provést úhybný manévr do protisměru, kde se střetává s protijedoucím Peugeotem. I přesto dochází ke kontaktu zadní části Fabie s chodcem, který je odhozen na obrubník. Peugeot je nárazem vymrštěn na pravou stranu, kde nejprve bočně naráží svými pravými koly do obrubníku, následně vjíždí na chodník a zastavuje se teprve nárazem do zdi. Na prvním snímku je v 2D půdorysném pohledu zobrazen plánec s vykreslenými průběhy pohybů jednotlivých aktérů, na druhém snímku je půdorysný pohled na místo střetu. Další tři snímky pak znázorňují trojrozměrně různé pohledy na průběh nehodového děje s aktivovaným přepočítáním simulace. V příloze PII uvádím rozloženou videosimulaci průběhu nehodového děje.



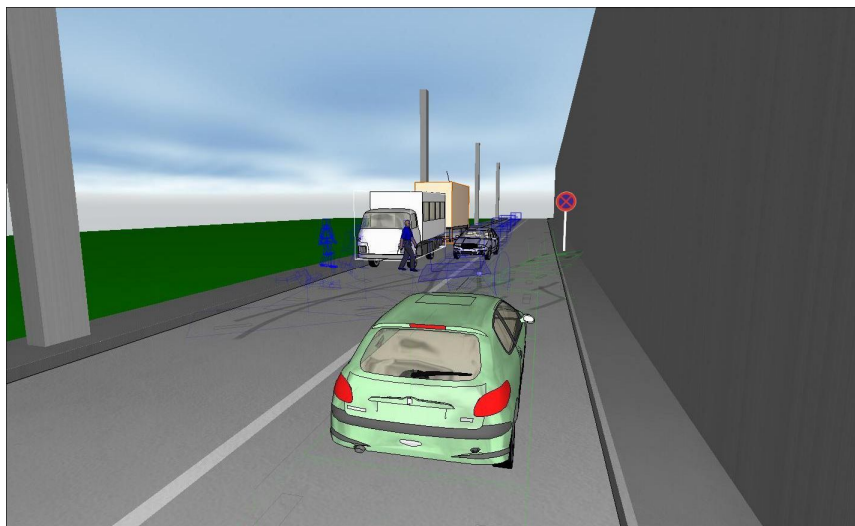
Obr. 56. Celkový půdorysný pohled na simulaci střetu



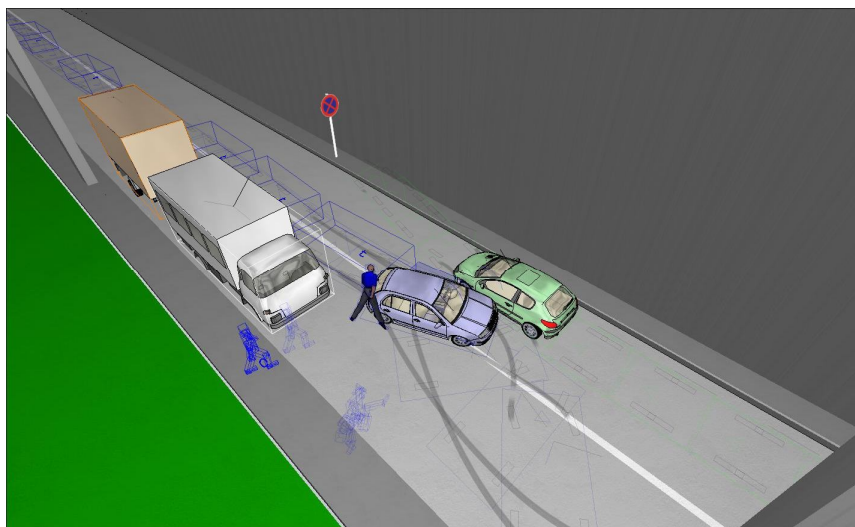
Obr. 57. Bližší půdorysný pohled na simulaci střetu



Obr. 58. Pohled na příjezdající vozidlo Škoda Fabia



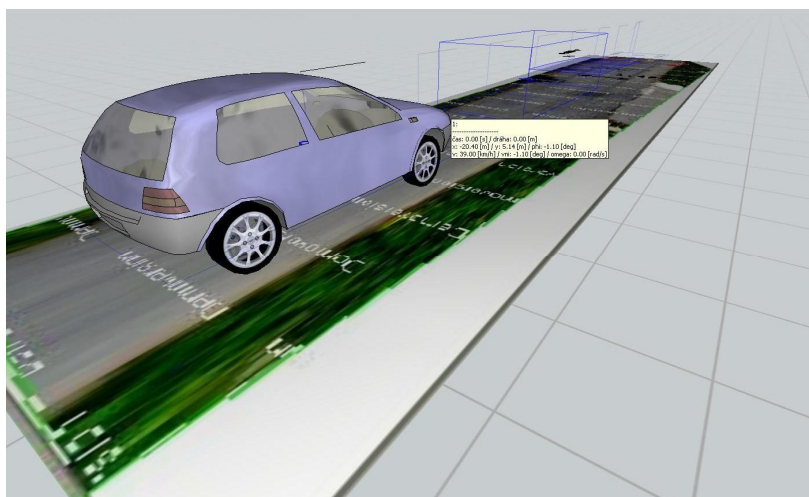
Obr. 59. Pohled na příjezdající vozidlo Peugeot 206



Obr. 60. Celkový pohled na simulaci střetu

7.1.3 Praktická ukázka simulace brzdného manévru na rektifikované fotografii

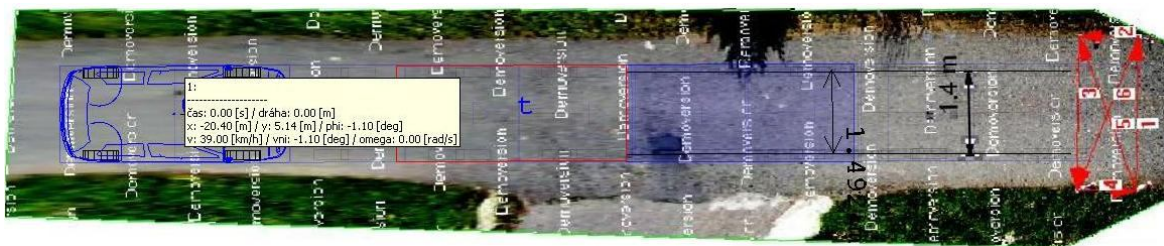
Pro názornou ukázkou dalších možností programu Virtual-Crash 2.2 jsem provedl simulaci brzdného manévru na základě zanechaných blokovacích stop. Využil jsem vlastní fotografii rektifikovanou v programu PC-RECT (viz. kapitola 6.1.1). Pro simulaci jsem použil defaultní osobní vozidlo s hmotností 1323,95 kg a rozchodem kol 1,47 m. Adhezi na starém suchém asfaltu jsem zvolil 0,85. Následně jsem nasimuloval manévr s maximálním brzdným účinkem, jehož je dané vozidlo schopno dosáhnout tak, aby simulací vytvořené blokovací stopy přesně kopírovaly skutečné stopy reálně vyfotografované na vozovce. Pokusem jsem zjistil, že pokud vozidlo, které ve skutečnosti způsobilo tyto blokovací stopy, odpovídalo svými parametry mému defaultnímu modelu, pak muselo před zahájením brzdného manévru mít počáteční rychlost cca 39 km/h. Rozložená videoanimace průběhu celého brzdného manévru je uvedena v příloze PIII.



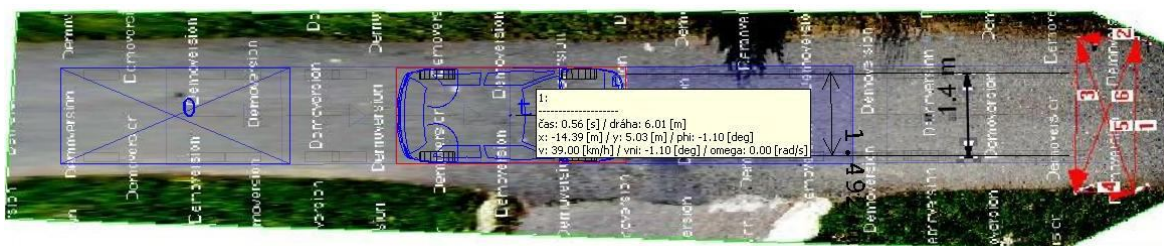
Obr. 61. Počáteční pohybový stav – rychlost 39 km/h



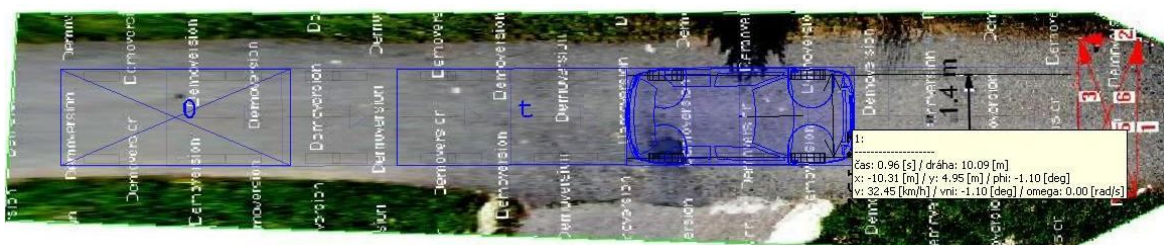
Obr. 62. Dobrzďování vozidla



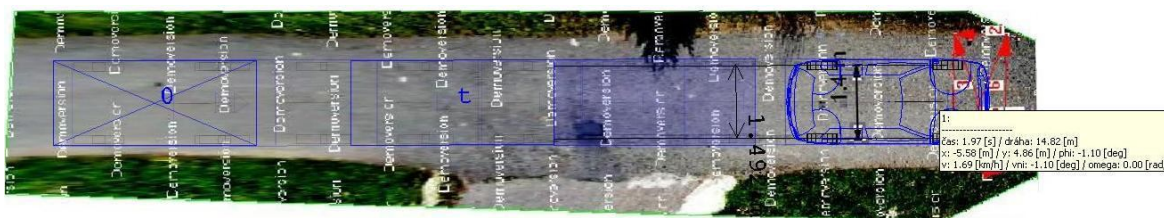
Obr. 63. Počátek simulace – rychlost 39 km/h



Obr. 64. Začátek brzdění



Obr. 65. Začátek brzdných stop



Obr. 66. Konečná poloha vozidla – konec brzdných stop

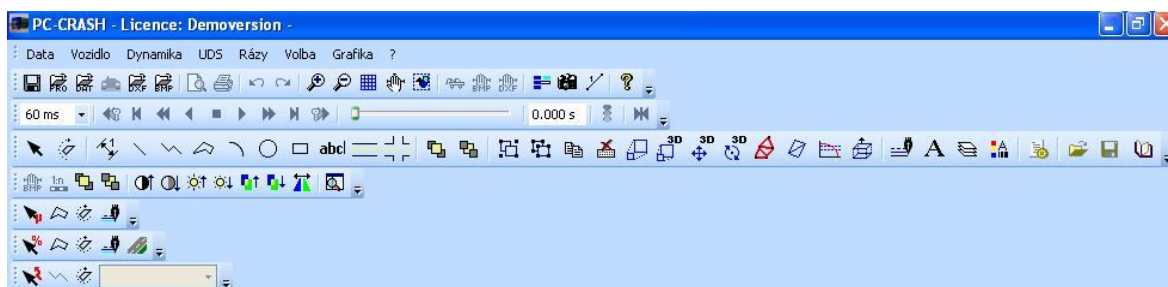
7.2 PC-CRASH

Velmi kvalitní alternativou k aplikaci Virtual-CRASH je program PC-CRASH, který je stejně jako rektifikační program PC-RECT dílem rakouské společnosti DSD (Dr. Steffan Datentechnik Ges.m.b.H). Tento propracovaný simulační software si našel své uživatele takřka na celém světě a je dnes nejpoužívanějším programem svého druhu vůbec. Od konce roku 2010 je k dispozici ve verzi 9.0 s přepracovanou nástrojovou lištou, aktualizovanou databází a řadou zdokonalení např. řešení nehod s pohybujícími se chodci a cyklisty. Po zaregistrování se na webu <http://dsd.at/> jsem stáhl demoverzi PC-CRASH 8.1. Bohužel databáze vozidel je v demoverzi zcela prázdná, proto jsem nemohl provést žádnou

vlastní simulaci. Na českém trhu je společnost DSD zastupována softwarovou firmou c4you, s.r.o., která spravuje i český web s užitečnými informacemi o programu <http://www.pccrash.cz/>. Přesto doposud neexistuje manuál v českém jazyce. K dispozici je pouze jeho anglická, německá, italská a slovenská verze. Ze stránek výrobce jsem si tedy stáhl slovenský manuál, z něhož jsem čerpal některé informace a obrázky.

PC-CRASH má všechny potřebné funkce pro řešení téměř všech problémů souvisejících s rekonstrukcí dopravních nehod - vícetělesový systém, volně tvarovatelné polygony, 3D zobrazení, boční pohled, simulaci rázu tahače a návěsu atd. Výsledky je možno zobrazit jako grafické znázornění průběhu nehodového děje nebo číselně. Program umožňuje provádět jak dopředný, tak i zpětný výpočet. PC-CRASH obsahuje také výpočet pohybu posádky uvnitř vozu (bez pásu nebo s pásem) a výpočet EES z deformací vozu. Součástí programu je obsáhlá a neustále aktualizovaná databáze vozidel a šablony posádky, chodců, cyklistů a motocyklistů.

PC-CRASH umožňuje řešit současnou simulaci až 32 vozidel včetně vozidel s návěsy a přívěsy. Lze vypracovat kinematickou simulaci jízdy (závislost dráha/čas), kinematický výpočtový program, kinematické a kinetické sledování stop, kinematickou zpětnou analýzu zanechaných stop, zpětnou analýzu srážek na základě známých okolností výjezdu, kinetickou simulaci jízdy (se zohledněním vlivu bočního větru), smykových pohybů, reálné akcelerace se zohledněním výkonu motoru a odporu vzduchu a simulaci brzdných manévrů se zohledněním rozdělení brzdné síly. Program umožňuje třírozměrný srážkový model s automatickou detekcí srážky a s automatickým výpočtem výjezdu ze srážky až do konečné polohy. Lze zadat až pět mezipoloh pro optimalizaci bodu srážky a sledování zanechaných stop. Umožňuje zadávání reakcí řidiče, sklonových a třecích poměrů ve formě úseků popř. ploch v kreslicí rovině. V programu lze taktéž simulovat zřícení vozidla ze svahu a výpočet převrácení na základě modelu převrácení. Velmi zajímavá je také funkce simulace pohybu připoutané i nepřipoutané posádky vozidla.

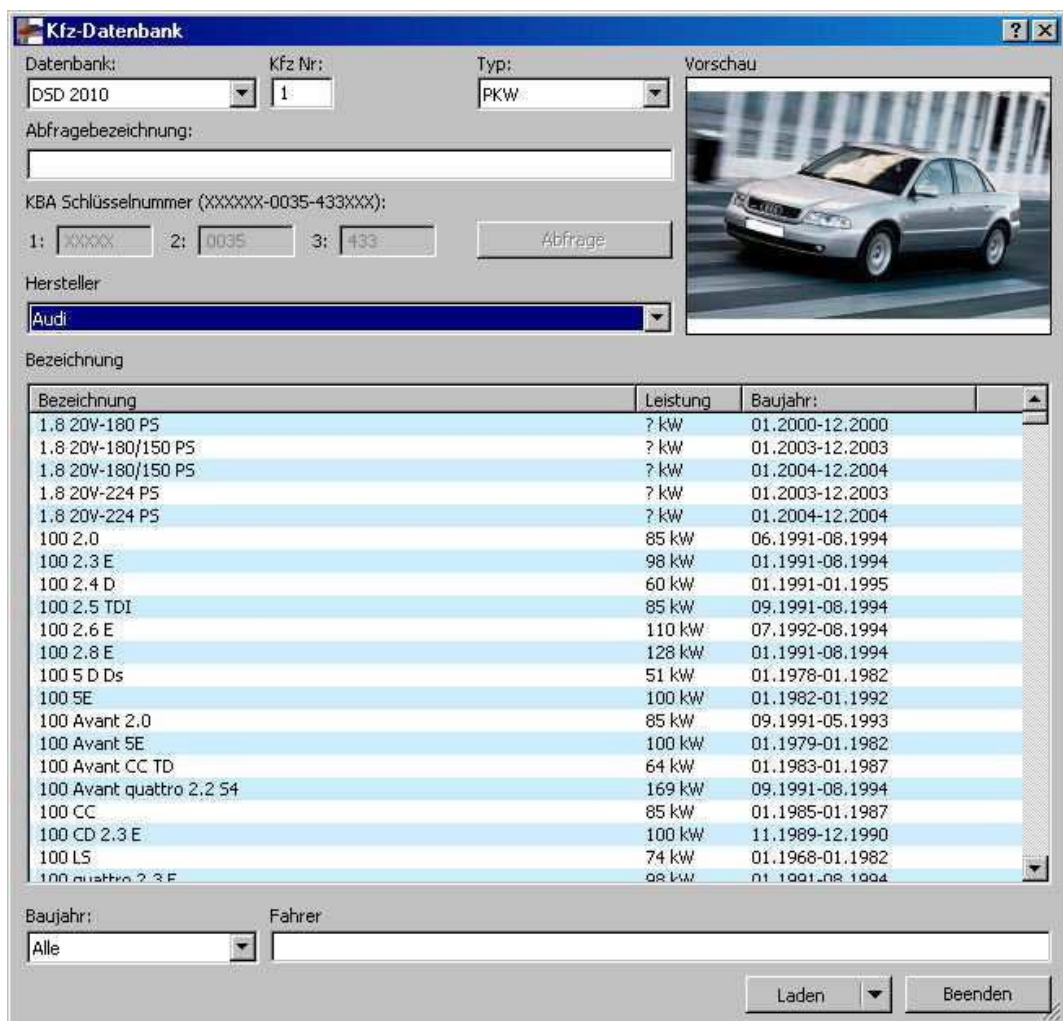


Obr. 67. Panel nástrojů demoverze PC-CRASH 8.1

Načtení vozidel z databáze popř. konfigurace nového vozidla

Prvním krokem při simulaci je výběr vhodného vozidla z databáze. V menu „vozidlo“ se zvolí položka „databanka“ a otevře se okno, v němž lze vybrat konkrétní značku a typ vozidla včetně roku výroby a motorizace. Dále se k vozidlu přiřadí pořadové číslo, kterým bude dále značeno.

V případě, že dané vozidlo není obsaženo v databázi, je možné ho do programu importovat. To se provede v menu „data“ kliknutím na položku „importovat“ a následně tlačítkem „údaje vozidla“. V případě, že konkrétní typ vozidla ještě není pro PC-CRASH nadefinován, je možno ho kompletně nadefinovat vložím vnějších rozměrů (délka, šířka, výška), rozvoru náprav, rozchodu kol, převisů karoserie, pohotovostní hmotnosti, umístění těžiště, údajů, zda je vozidlo vybaveno systémem ABS, údajů o pružení a tlumení a údajů o pneumatikách. Dále je nutno zadat údaje o zatížení vozidla osobami vpředu, osobami vzadu a zavazadly v zavazadlovém prostoru popř. na střeše.



Obr. 68. Výběr vozidla z databáze

Fahrzeugdaten

Geometrie und Masse

1 BMW-118d -

Typ: Pkw

Leergewicht: 1345 kg

Abstd. Schwerpkt-Vorderachse: 1.330 m

Schwerpktshöhe: 0.000 m

Trägheitsmomente: Gieren: 1925.0 kgm²

Achszahl: 2

Länge: 4.240 m

Breite: 1.745 m

Höhe: 1.420 m

Überhang v.: 0.848 m

Lenkübersetzg.: 20

Spurweite 1: 1.485 m

Spurweite 2: 1.485 m

Radstand 1-2: 2.660 m

OK Abbrechen Übernehmen

Obr. 69. Zadávání rozměrů a hmotností vozidla

Fahrzeugdaten

1 BMW-118d -

E = Elastizität in N/m
D = Dämpfungskoeff. in Ns/m

Federung: hart mittel weich

max. Federweg: 0.100 m

vorne		hinten	
E	D	E	D
21990.8	2474.0	21990.8	2474.0
21990.8	2474.0	21990.8	2474.0

OK Abbrechen Übernehmen

Obr. 70. Zadávání údajů o pružení a tlumení vozidla

Model pneumatiky

Všeobecné Lineární

2 Audi-80-8

Výber modelu: Lineární

Rozmer pneu, priemer: 15" - 195/55 (596 mm) Šírka: 195 mm

Pred. nápr.: vzdial.dvojmor 300 mm

Zad. nápr.: 15" - 195/55 (596 mm) 596 mm 195 mm 300 mm

OK Storno Použiť

Obr. 71. Zadávání údajů o pneumatikách

Umístění vozidel do prostoru

V tomto kroku se definují pohybové stavy vozidla na začátku simulace. To se provádí v menu „dynamika“ položkou „údaje polohy“. Zadává se poloha, počáteční rychlost, úhlová rychlost a úhel stáčení. Umístění a natočení vozidla lze provést také pomocí myši. Nejprve je však nutno aktivovat položku „vozidlem pohybovat a otáčet“ v menu „dynamika“.



Obr. 72. Údaje polohy



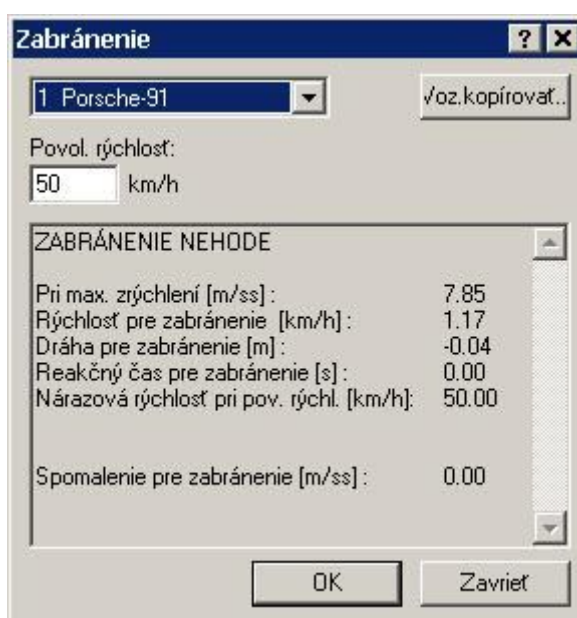
Obr. 73. Jízdní sekvence

Zadávání jízdních sekvencí

V menu „dynamika“ je položka „sekvence“, pomocí níž se otevře okno, ve kterém se mohou kombinovat různé jízdní sekvence (brzdňý úsek, úsek akcelerace, zatáčecí manévr a reakční úsek) pro vybrané konkrétní vozidlo. Nové úseky se zadávají v menu „data“ položkou „úseky“. Tím se vybraný úsek (např. reakce) přidá do okna sekvence. Pořadí jednotlivých sekvencí lze jednoduše měnit přesunutím dané sekvence myši s přidrženým levým tlačítkem. Dvojklikem na příslušnou sekvenci se otevře okno, v němž je možno zadávat nebo měnit její parametry. V okně reakce se kupříkladu nastavuje doba reakce a u brzdění např. doba náběhu brzd, zpomalení, brzdňá dráha popř. doba brzdění, procentuální podíl brzdňého účinku na jednotlivá kola apod.

Přezkoumání možností odvrácení nehody

V programu PC-CRASH je integrovaná pomůcka pro analýzu možnosti zabránění nehodě. Bezprostředně po nalezení bodu reakce lze zjistit maximální rychlost, nutné dráhy i nutné reakční doby k včasnému odvrácení nehody pro každé vozidlo. Tyto hodnoty se odčítají v okně „zabránění“, do kterého se dostaneme přes menu „zobrazení“ v okně sekvence. Pro podrobnější analýzu možností zabránění nehodě je možno zvolit položku „vozidlo kopírovat“, čímž se do bodu reakce umístí kopie vozidla a sekvence se automaticky přeuspořádají tak, že je možné okamžitě analyzovat všechny možnosti zabránění formou dopředného zkoumání. Po ukončení prozkoumání lze kopii zase jednoduše odstranit.



Obr. 74. Možnosti odvrácení nehody

Kinematické výpočty

V menu „dynamika“ se nachází položka „okno kinematiky“. Po otevření tohoto okna se zobrazí dvě kombinační pole na výběr vozidel a pod nimi kombinační pole na výběr odpovídajících kinematických výpočtů - zde lze řešit zrychlení, brzdění i s reakcí a dokonce je možno řešit i situaci, kdy vůz nejprve zrychluje a poté prudce zpomaluje. Ve spodní části jsou dvě okna, v nichž se vypisují výsledky.

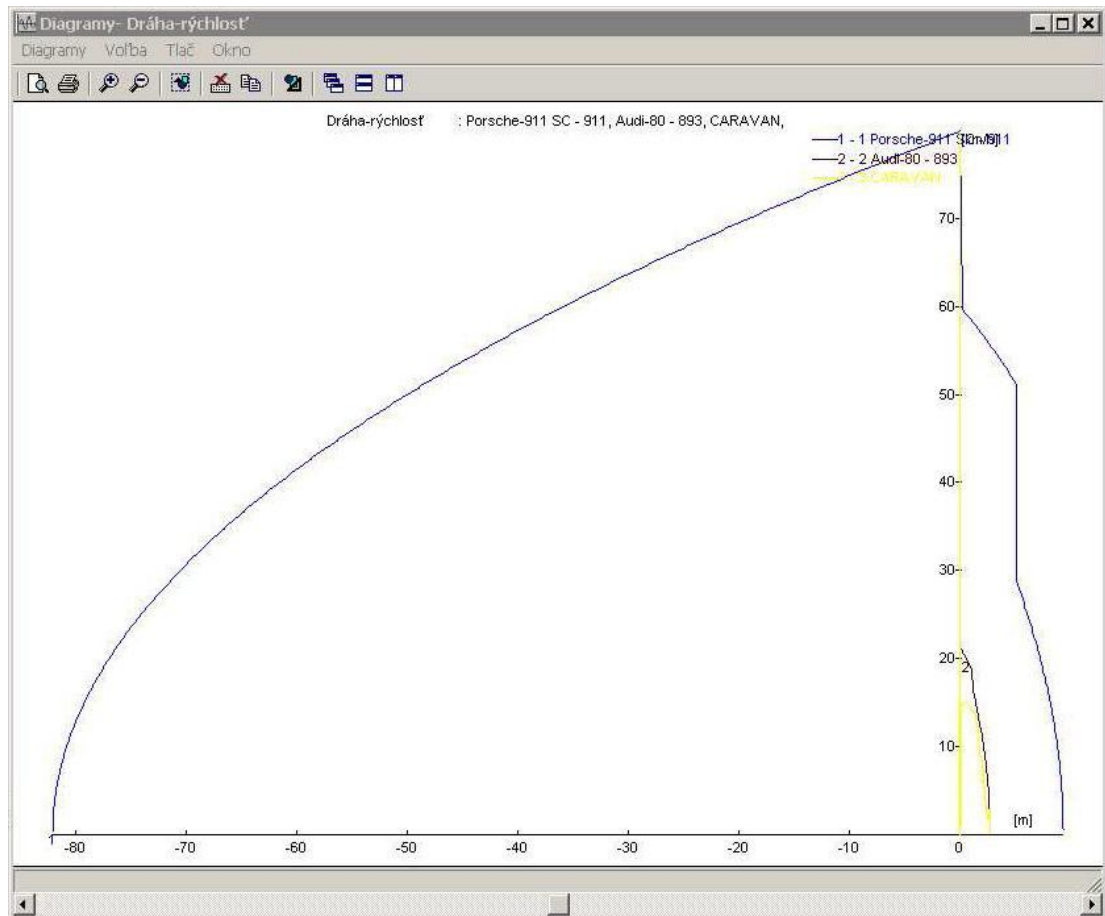
Při řešení akcelerace se pracuje s pěti parametry (počáteční rychlost, zrychlení, doba akcelerace, dráha akcelerace a konečná rychlost), přičemž je potřeba pro výpočet předem znát aspoň tři veličiny. Volba veličin se provádí zaškrtnutím políčka před názvem veličiny.

Pokud zadaná kombinace parametrů vyhovuje, prosvítí se zeleně kontrolka vedle zvoleného vozidla a poté je možno do příslušných políček vepsat hodnoty. Po zadání poslední hodnoty a stlačení klávesy TAB se zobrazí vypočítané hodnoty. V případě, že by zadané hodnoty byly nesmyslné, nebo kdyby neexistovalo jednoznačné řešení, nezobrazí se žádné řešení. Po vypočítání hodnot, je možno položkou „diagramy“ otevřít okno „diagramy“, v němž se výsledek zobrazí graficky a vypočítané úseky se vloží jako sekvence.

Parameter	1 Porsche-91	2 Audi-80
v0	0 km/h	0 km/h
aa	3 m/s ²	1.42 m/s ²
tr	7.41 sec	10 sec
ts	0 sec	
ab	0 m/s ²	
s	82.3 m	70.83 m
v1	80 km/h	51 km/h
vmax	0 km/h	0 km/h

Parameter	1 Porsche-91	2 Audi-80
v0, v1	0.0 80.0 km/h	0.0 51.0 km/h
aa	3.00 m/s ²	1.42 m/s ²
t	7.41 s	10.00 s
s	82.30 m	70.83 m

Obr. 75. Tabulka kinematických výpočtů akcelerace



Obr. 76. Graf akcelerace

Pro situace, kdy vozidlo nejprve zrychluje a pak brzdí, se berou v potaz následující veličiny: počáteční rychlost, zrychlení, doba náběhu brzdného účinku, zpomalení, celková dráha, konečná rychlost a maximální rychlost.

Při výpočtech reakce a následného brzdění se pracuje s osmi veličinami, kterými jsou počáteční rychlost, reakční doba, doba náběhu brzdného účinku, zpomalení, doba brzdění, brzdná dráha, celková dráha ($s_r + s_s + s_b$) a konečná rychlost. Je potřeba předem znát hodnoty nejméně pěti z nich. Následující postup je pak obdobný jako při řešení akcelerace.

Určení rychlosti srážky spočívá v zadání zpomalení po srážce a v definování konečných poloh. To lze provést přímo v okně pro brzdění a to dvěma metodami. Při první se vozidlo umístí myší do požadované polohy a klikne se na tlačítko „označit počáteční polohu“ popř. na „označit konečnou polohu“. Kliknutím na položku „aktualizovat nájezd“ se zaktualizují rychlosti srážky v kinematickém okně. Druhá metoda spočívá v zadání zpomalení a odpovídající dráhy výjezdu ze srážky. V okně je možné rovněž zadat pro jedno z vozidel EES a hodnota pro druhé vozidlo se automaticky přizpůsobí. Zadáním bodu srážky je možno EES vypočítat pomocí deformace nebo pomocí úhlové rychlosti.

Výsledky je možno zobrazit ve formě textového vyhodnocení, ve formě diagramů nebo přímo ve formě krokové simulace s výstupem mezihodnot.

Vytištění protokolu

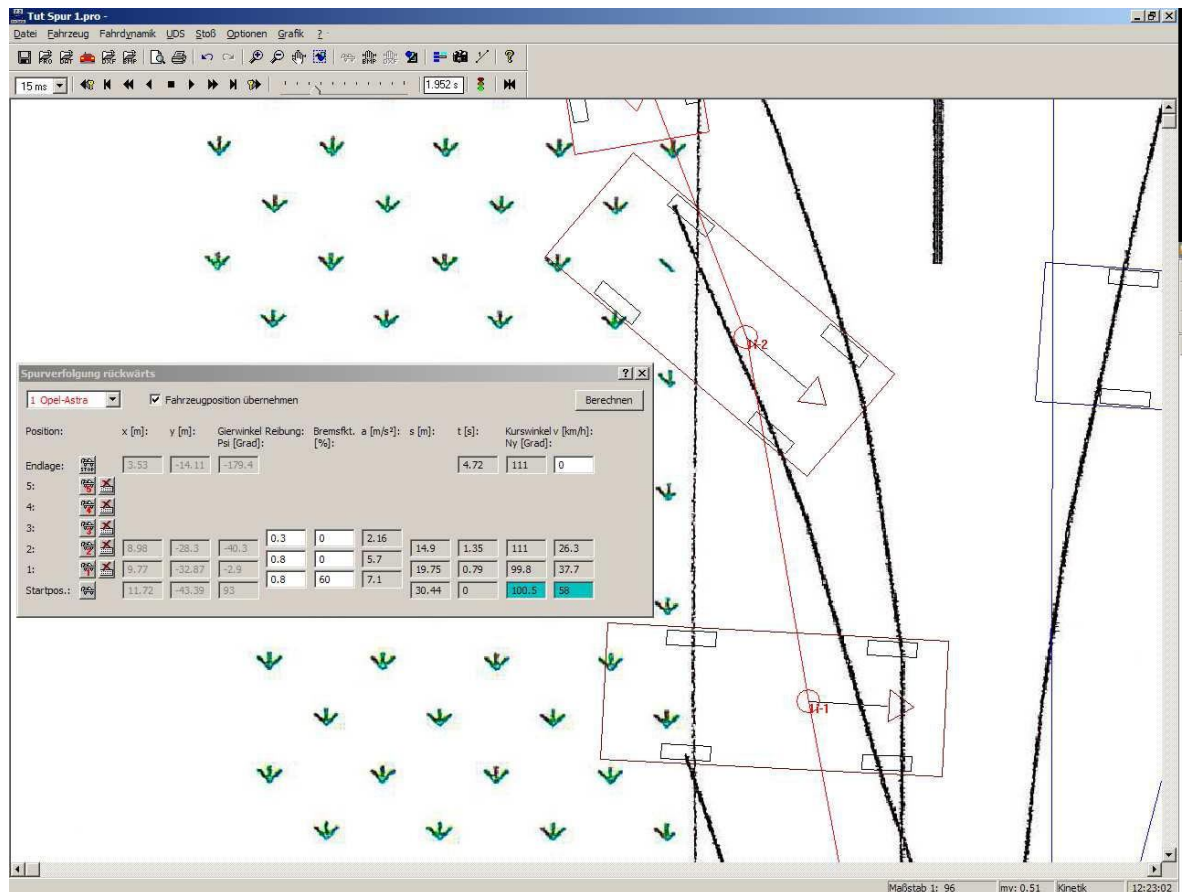
Na závěr každé provedené simulace by se měl vytisknout protokol, kterým se simulace zadokumentuje do posudku. Tisk se provádí v menu „data“ položkou „tisk protokolu“. Program umožňuje podrobné nastavení protokolu a dokonce použití předdefinovaných předloh protokolů pro různé situace. Další předlohy si může uživatel sám navrhnout.

Kinematický zpětný výpočet pomocí analýzy stopy

Tato metoda slouží k určení rychlosti vozidla v době srážky. Provádí se na základě zanechaných stop pneumatik na povrchu vozovky a na základě známé polohy střetu a známé konečné polohy. Vozidla se umístí nejprve do místa srážky a v menu „dynamika“ se pomocí položky „kinematické sledování stop zpětně“ otevře okno, do něhož se zadávají vstupní údaje. Nejprve se zadá konečná poloha a následně až pět mezipoloh na základě zanechaných stop. Mezi každými mezipolohami je možné zadat hodnotu tření mezi pneumatikou a povrchem a také brzdný faktor. Výsledkem pak je rychlost, celkový směr pohybu, zpomalení, dráha, čas mezi jednotlivými polohami. Tlačítkem „počítat“ se průběh pohybů převezme do programu. Je třeba ale stále počítat s tím, že výsledek je pouze kinematickým výpočtem, který odpovídá zadaným vstupům, ale nemusí odpovídat fyzikálním zákonům. Proto je nutno výsledek ověřit kinetickou dopřednou simulací.

Pozícia:	x [m]:	y [m]:	Uhol stáčania	Trenie:	Koeff. Brzd. a [%]:	s [m]:	t [s]:	Smerový uhol	v [km/h]:	
Konečná	3	14	-179				3.77	180	0	
5:										
4:										
3:										
2:										
1:	9	32	23	0.5	100	5.89	18.59	1.25	180	53.3
Štartovacia	-11.2	43	93	0.6	100	5.89	41.74	0	0.3	79.8

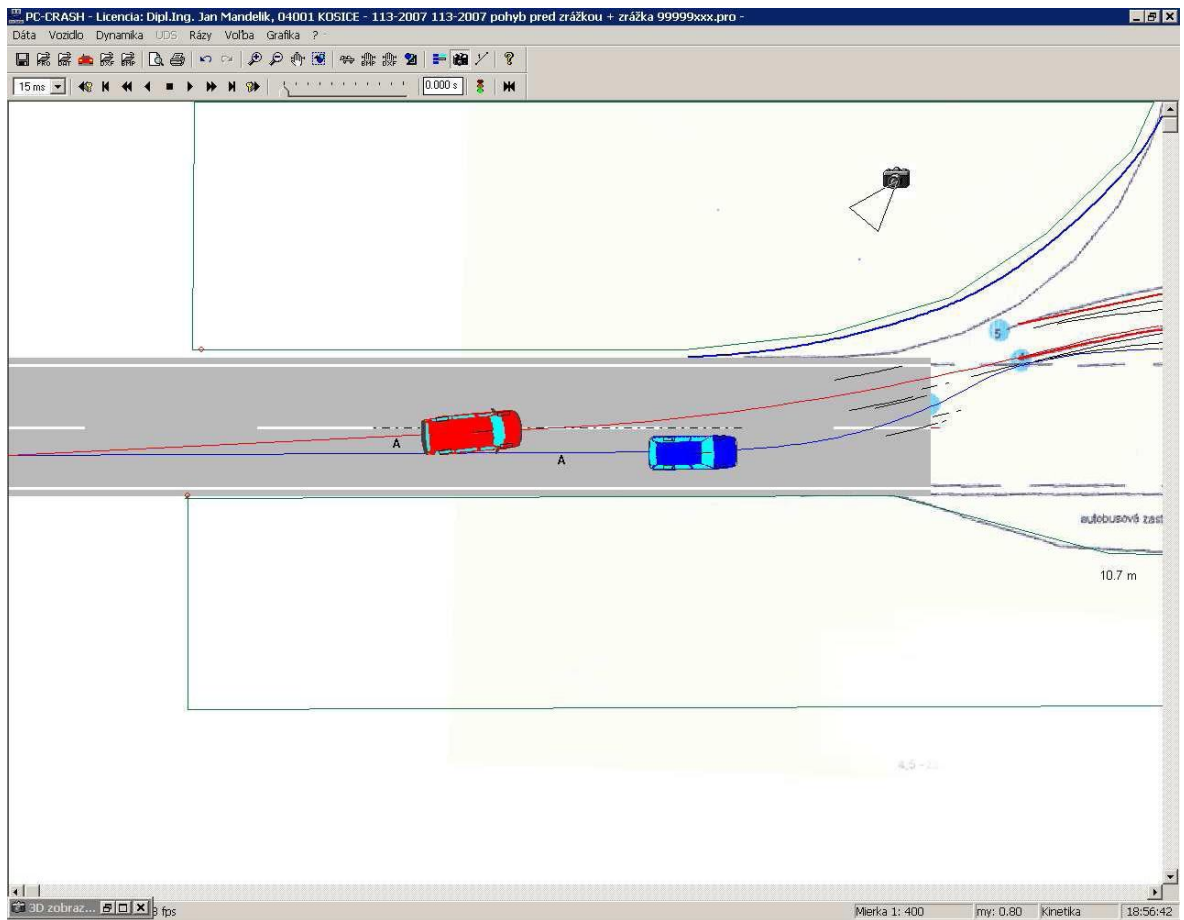
Obr. 77. Zpětný výpočet pomocí analýzy stop – okno pro zadávání vstupních údajů



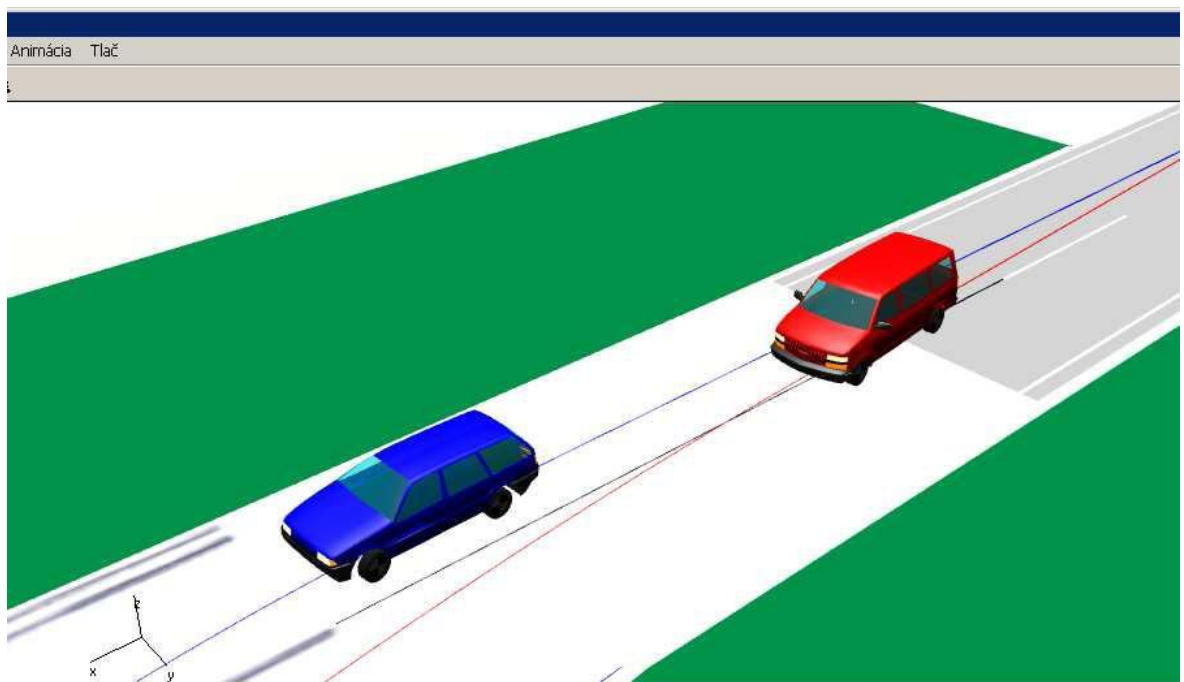
Obr. 78. Zpětný výpočet pomocí analýzy stop – zobrazení mezipoloh

Vytvoření videoanimace

Každá vytvořená simulace lze zobrazit taktéž jako videoanimace. Kameru lze umístit do fixní polohy nebo tak, aby se plynule pohybovala s některým z vozidel. Pro vytvoření videoanimace je nejprve nutno zadat název a adresář pro uložení. Soubory se ukládají ve formátu *.avi. Výběr se potvrdí kliknutím na tlačítko „uložit“. Následně vyskočí okno „animaci počítat“, do něhož je nutno zadat údaje o rozlišení videa, počet snímků za sekundu a časový interval pro délku trvání videa. Kliknutím na tlačítko „nastavení“ se zobrazí okno, v němž lze doladit další podrobnosti. Po celkovém nastavení se animace spustí tlačítkem „start“.



Obr. 79. Půdorysné zobrazení simulace

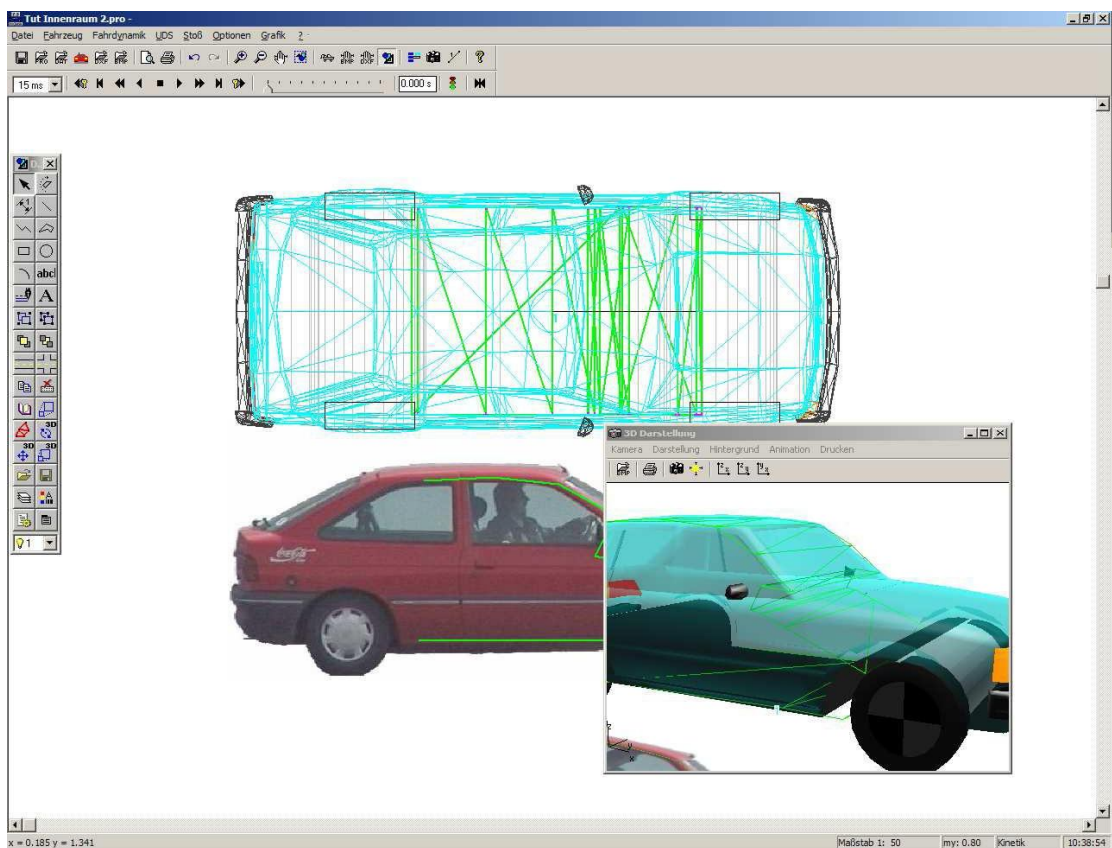


Obr. 80. Trojrozměrná videoanimace

Modelování interiéru vozidla

Většina vozidel v databázi nemá vytvořený model interiéru. Pro zjištění mechanismu vzniku zranění osob uvnitř vozu je však modelování interiéru nevyhnutelné. V programu je možné interiér vymodelovat na základě obrázku nebo nákresu ve formátu DXF. Modelování se provádí pomocí integrované kreslicí aplikace.

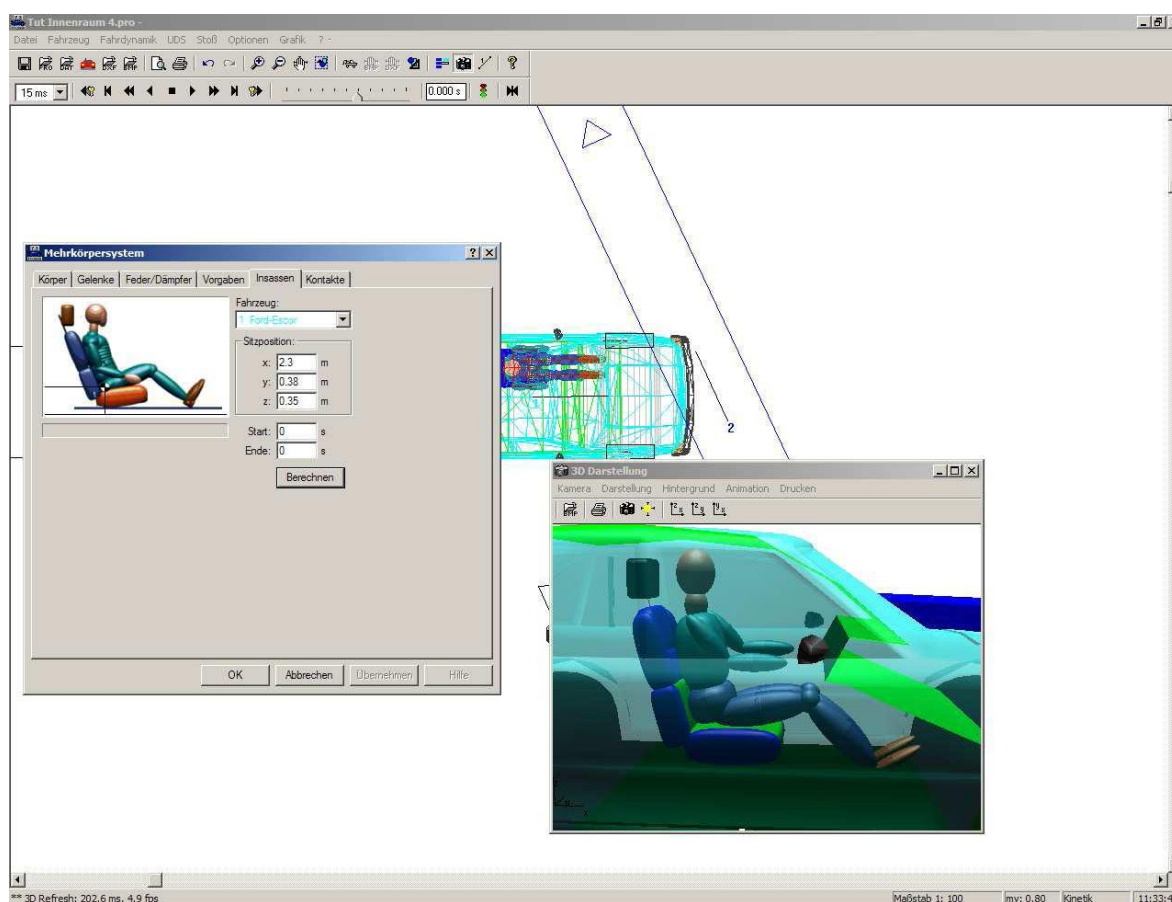
V menu „data“ se zvolí položka „importovat“ a vloží se bitmapový obrázek s bočním pohledem na dané vozidlo. Položkou „bitmap nastavit“ v menu „grafika“ se zadá délka vozu a kreslicí aplikací se nakreslí lomená čára odpovídající tvaru interiéru. Následně se lomená čára označí a pomocí příkazu „zvolené extrahovat“ v menu nástrojů kreslení se extrahuje čára v ose z o šířku interiéru. Tak se vytvoří extrahovaná kopie lomené čáry, ta se následně pootočí o 90° podél osy x a objekt se umístí do vozidla. Následně je nutno v 3D okně zkontrolovat, jestli vytvořený interiér odpovídá skutečnému interiéru vozidla a případně ho ještě posunout v ose z. Interiér se uloží položkou „objekt uložit“ do formátu *.IDF. Aby byl interiér součástí vozidla a pohyboval se s ním, je nutno ho mít ve formátu *.DXF. Toho se docílí změnou nákresu vozu pomocí položky „vozidlo DXF“ a „upravit obrázek“. Pomocí položky „objekt vložit“ se umístí vytvořený interiér do vozidla.



Obr. 81. Modelování interiéru vozidla

Simulace pasažerů

PC-CRASH umožňuje prostřednictvím rozhraní k programu MADYMO vykonávat podrobné simulace zatížení pasažerů při nehodě. Lze zadat přesné výškové i podélné nastavení sedadla, zda byl pasažér v době nehody připoutaný bezpečnostním pásem či nikoliv, popř. zda byl vůz vybaven airbagem nebo napínačem bezpečnostních pásů. V 3D okně lze v průběhu simulace sledovat, jak tělo narazí na interiér vozidla. Výsledkem je přesné zjištění zatížení jednotlivých částí těla řidiče popř. cestujících v době nehody.

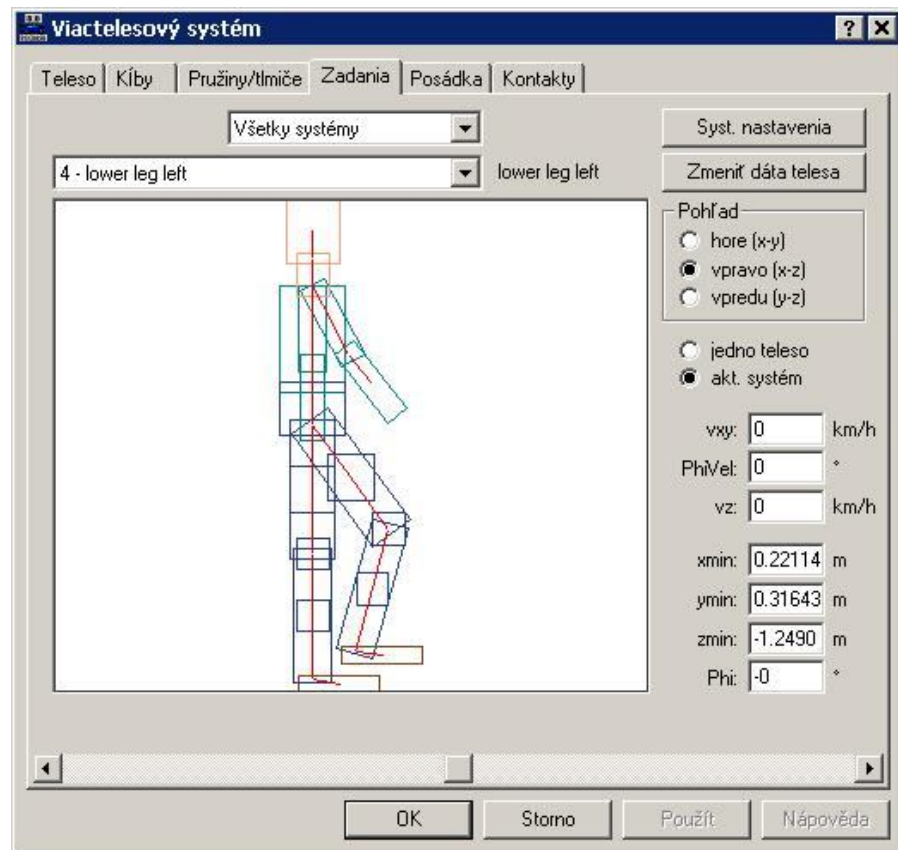


Obr. 82. Simulace zatížení řidiče při nehodě

Simulace chodců

Při simulaci nehod typu srážka vozidla s vozidlem nebo srážka vozidla s překážkou se vozidla i překážky považují za tuhá tělesa. V případech, kdy se provádí simulace střetu vozidla s chodcem, toto není možné. Chodce nelze považovat za tuhé těleso. Pro realistické výsledky a průběhy pohybů je nezbytně nutné považovat chodce za vícetělesový systém tj. tělo chodce je uvažováno jako soubor 26 těles spojených pomocí kloubů. Postup je obdobný jako při simulaci ostatních typů nehod. V menu „data“ se vybere položka

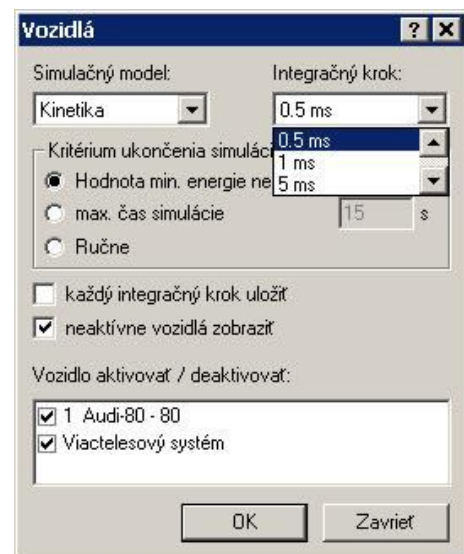
„importovat“ a dále „údaje vozidla“, tím se otevře okno „vozidlo vyhledat“. V okně však zvolíme jako „typ souboru“ vícetělesový systém (*.mbdef) a otevřeme v seznamu soubor Pedestrian.mbdef. V okně „vícetělesový systém“ se pak pomocí položky „systémové nastavení“ dají nastavit rozměry, hmotnost a další údaje vícetělesového systému tj. chodce.



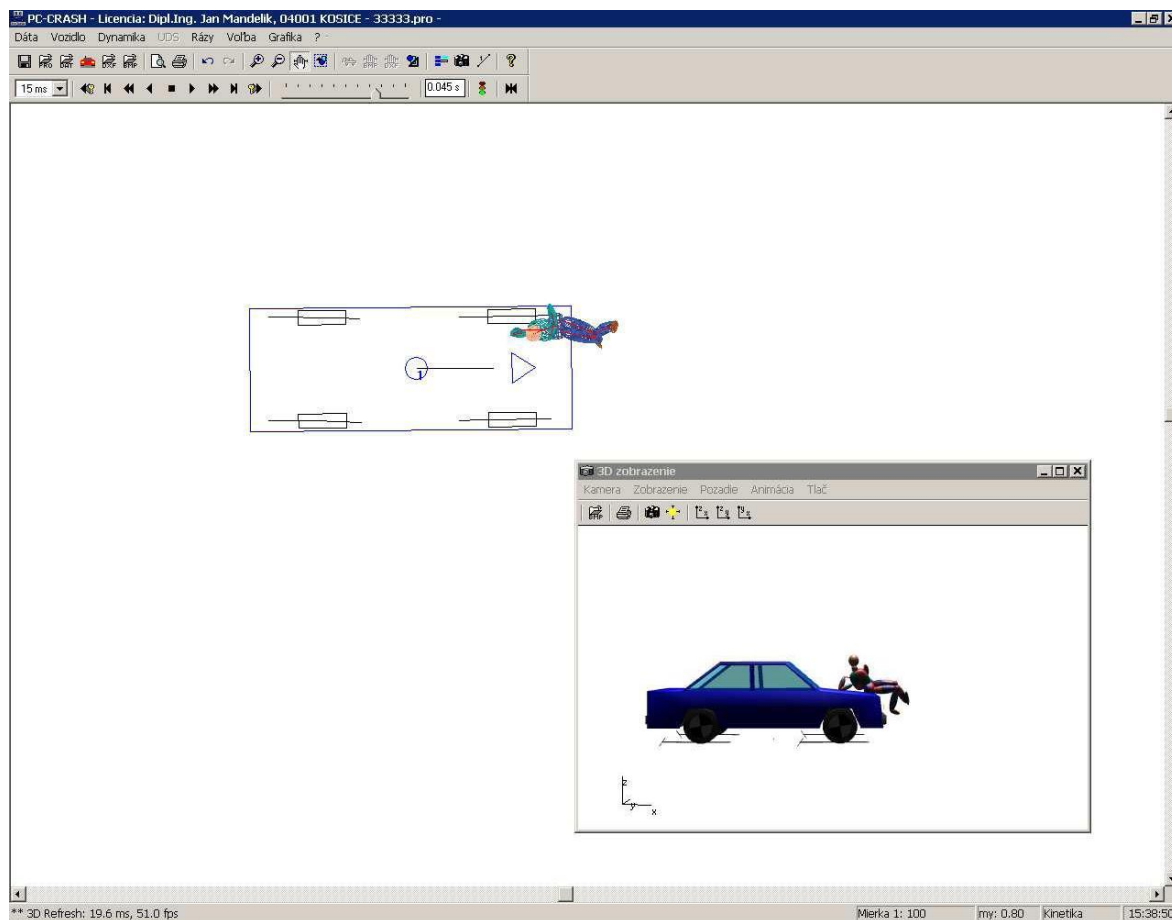
Obr. 83. Okno vícetělesového systému - chodce



Obr. 84. Nastavení údajů chodce



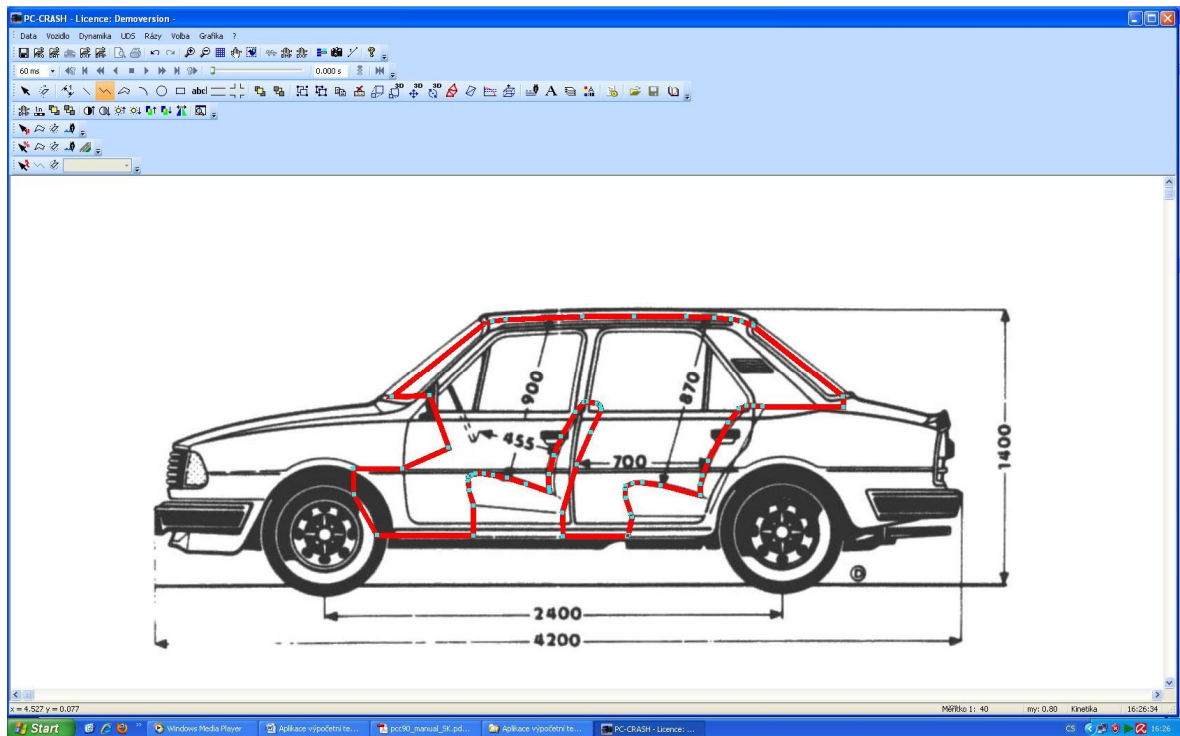
Obr. 85. Nastavení údajů vozidla



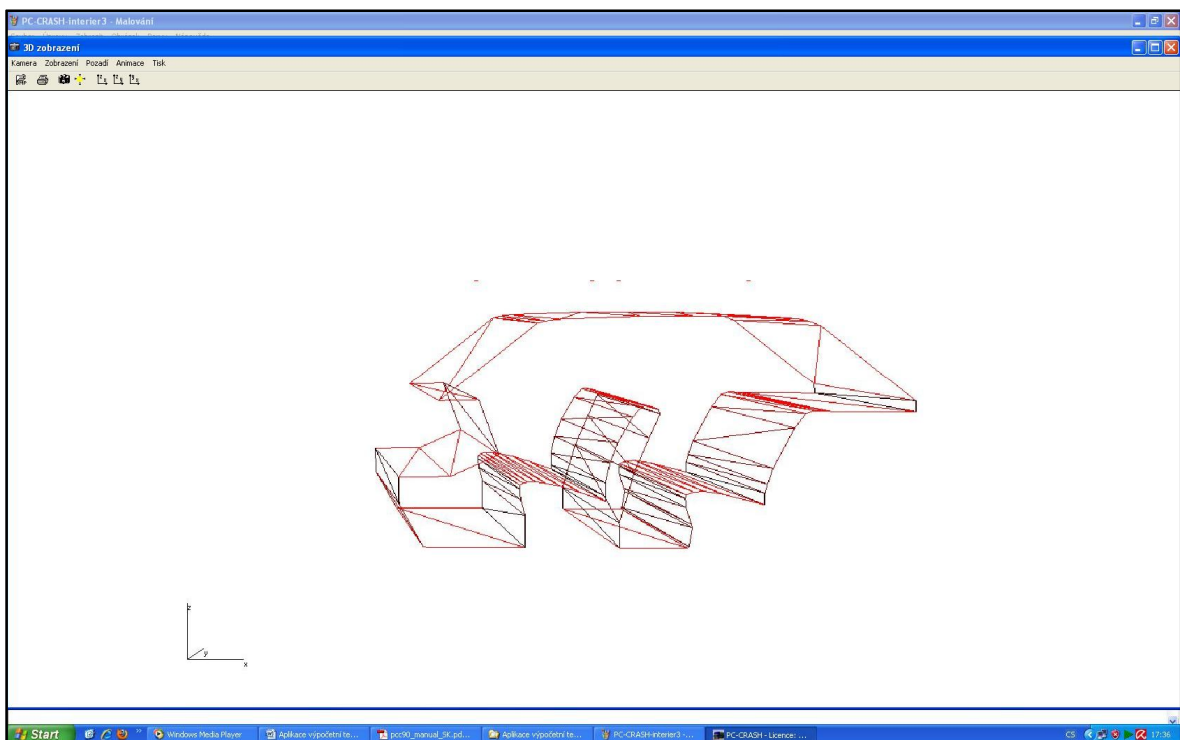
Obr. 86. Simulace střetu vozidla s chodcem

7.2.1 Praktická ukázka 3D modelování interiéru vozidla v aplikaci PC-CRASH 8.1

Jak již jsem výše zmínil, většina vozidel obsažených v databázi aplikace PC-CRASH nemá vymodelovaný interiér. Pro některé typy simulací, zejména pro zjišťování pohybu osob uvnitř vozidla během nehodového děje, je však model interiéru nutný. Proto jsem v demoverzi programu PC-CRASH 8.1 provedl názornou ukázkou zjednodušeného modelování interiéru vozidla Škoda 120 na základě bočního nákresu. Nejprve jsem udělal úsečku přes celou délku vozidla a zadal jsem vzdálenost odpovídající délce vozidla 4,2 m. Následně jsem pomocí lomené čáry obkreslil vnitřní tvar vozidla (viz. obr. 87.). Pak jsem extrahoval tuto lomenou čáru v ose z o hodnotu odpovídající vnitřní šířce vozidla tj. cca 1,4 m. Na obr. 88. je již patrný výsledek zobrazený v 3D okně. Model jsem uložil ve formátu *.IDF.



Obr. 87. Obkreslený tvar interiéru vozidla



Obr. 88. Trojrozměrný výsledek modelování interiéru vozidla

7.3 ADNE (Analýza dopravních nehod)

Program ADNE byl vytvořen v tabulkovém procesoru MS EXCEL. Jedná se o program určený pouze pro analytické výpočty. Na rozdíl od většiny ostatních softwarových aplikací určených pro řešení problematiky dopravních nehod tedy neumožňuje provádět simulace. ADNE obsahuje všechny vzorce potřebné pro veškeré výpočty související s analýzou dopravních nehod – např. výpočty předjíždění, zpomalení, bezpečnostních odstupů, mezních rychlostí v zatáčkách pro dvoustopá i jedностopá vozidla, rychlostí rozhledu, rázů při kolizích dvoustopých vozidel (čelní i excentrické střety), nehod s chodci, nehod motocyklů, řešení EES atd. Program umožňuje vytváření diagramů typu dráha - čas, tabulky reakčních dob řidiče, rozfázování jednotlivých úseků nehodového děje a také řešení problematiky jízdních odporů vozidla. Výsledky je možno na závěr zkopírovat do textového editoru MS WORD a přidat tak do znaleckého posudku. Na webu soudního znalce Ing. Jana Kubelky <http://kubelka.hyperlink.cz/nehody.html> je k dispozici funkčně i obsahově omezená verze programu ADNE, kterou jsem si stáhl za účelem praktického nastínění možností programu.

7.3.1 Analýza předjížděcího manévru pomocí programu ADNE

Jako ukázkou možností práce jsem provedl analýzu předjížděcího manévru. Žluté rámečky jsou určeny pro vepsání vstupních údajů – např. rychlost předjížděného vozidla 75 km/h a rychlost předjíždějícího vozidla 90 km/h. V bílých rámečcích se pak vypisují výsledky. Předjížděcí manévr je rozdělen do tří fází. První fáze trvá od zahájení předjížděcího manévru až po okamžik, kdy se přední část předjíždějícího vozidla dostane na úroveň zadní části předjížděného vozidla. Tato fáze trvá 9,3 s a předjíždějící vozidlo během ní ujede 231,8 m. Druhá fáze trvá do chvíle, kdy se zadní část předjíždějícího vozidla dostane na úroveň přední části předjížděného. Pro výpočet je důležité zadat délky obou vozidel. Výsledkem pak je doba trvání 1,99 s a dráha ujetá předjíždějícím vozidlem 49,8 m. Třetí fáze poté představuje vzdálení se předjíždějícího vozidla do dostatečné bezpečné vzdálenosti před předjížděným vozidlem a zařazení se před něho. Čas provedení třetí fáze je 11,9 s a ujetá dráha 297,2 m. Celkový čas potřebný pro provedení celého předjížděcího manévru (tj. všech jeho fází) je 23,2 s a celková vzdálenost ujetá předjíždějícím vozidlem je 578,9 m. Na závěr je možno ještě vypočítat, jak dlouhou musí mít řidič předjíždějícího vozidla dlouhou rozhledovou vzdálenost za předpokladu, že

známe rychlost protijedoucího vozidla. Pokud předpokládáme rychlost protijedoucího vozu 90 km/h, tak je nutno mít pro bezpečný předjížděcí manévř rozhled na vzdálenost 997,5 m.

vII je vozidlo, které předjíždí
vI je vozidlo předjížděné

Předjíždění konstantní rychlosti

vII= 25,0 m/s
 vI= 20,8 m/s
 trII= 1 s
 trI= 1 s

90 km/hod
 75 km/hod

vypočet v pořádku

Dále nutno dosadit hodnoty pro buňky C40 a C42!

all= 7 m/s²
 al= 7 m/s²

bezpečná vzdálenost mezi vozidly

b1= 38,64 m

ap= 2,9 m/s² **Dosadit** Zpomalení dosažitelné při příčném přemístování
 y= 2 m **Dosadit**
 míy= 0,27 **Dosadit** Adheze v příčném směru

doba, za kterou se vzdálenost b1 sníží na 0:

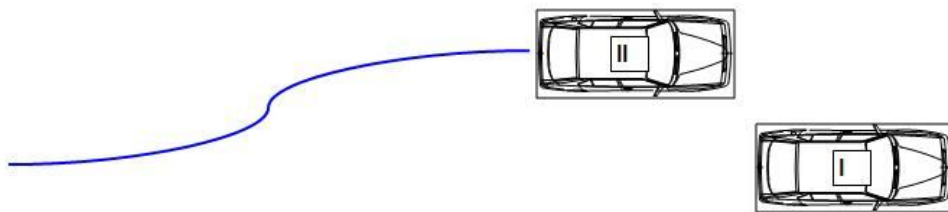
t1''= 2,7 s
 t1'= 9,3 s

t1= 9,3 s (maximální hodnota pro další výpočty)

Dráha ujetá vozidlem II:
 s1 = 231,8 m

Program zde sám kontroluje, zda je t1' větší než t1'' jinak počítá tuto vzdálenost z času vypočteného z Kovaříkova vzorce

Toto byla 1 fáze předjíždění, kdy vozidlo II se dostalo přední částí na úroveň zadní části vozidla I



Obr. 89. První fáze předjížděcího manévř

2 fáze předjíždění, tj. vlastní předjíždění

Délka vozidla I (LI): 3,8 m **Nutno dosadit!**

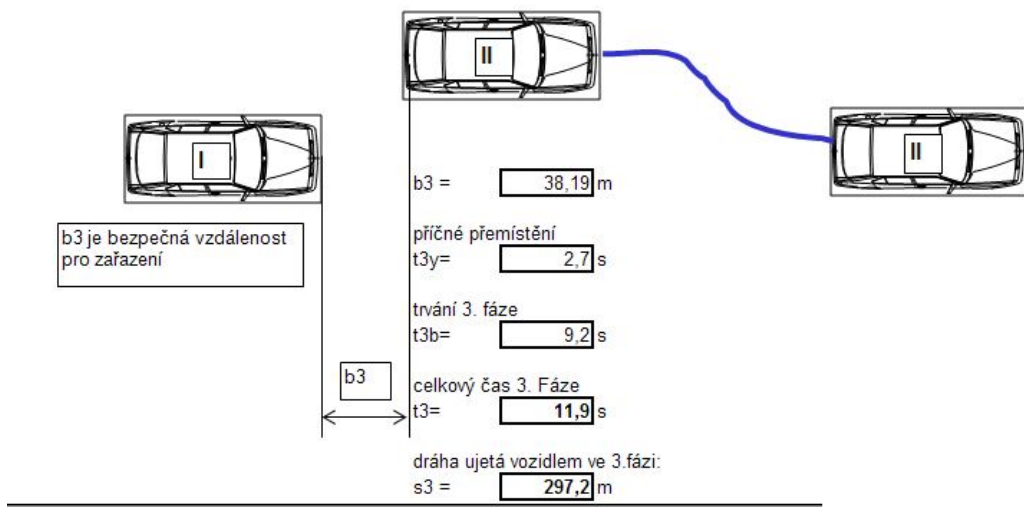
Délka vozidla II (LII): 4,5 m

Doba trvání t2: 1,99 s

Dráha ujetá vozidlem II s2 : 49,8 m

Obr. 90. Druhá fáze předjížděcího manévř

3 fáze předjíždění, tj. zařazení před přejížděné vozidlo



Celková dráha a doba pro předjetí:

$t = 23,2 \text{ s}$
 $s = 578,9 \text{ m}$

Obr. 91. Třetí fáze předjížděcího manévru

K nutnému rozhledu:

$t_{p1} = 3,8 \text{ s}$
 $t_{p2} = 1,4 \text{ s}$

Rychlost protijedoucího vozidla:
 $v_{III} = 23,61 \text{ m/s}$ 85 km/h ← dosadit

Maximální čas z obou předchozích:
 $t_p = 3,8 \text{ s}$

Čas který zbývá pro jízdu protijedoucího vozidla:
 $t_{III} = 17,73 \text{ s}$

Dráha ujetá vozidlem III (protijedoucím) za tento čas:
 $s_{III} = 418,6 \text{ m}$

Celková nutná rozhledová vzdálenost vozidla II:
 $s_{rozh} = 997,5 \text{ m}$

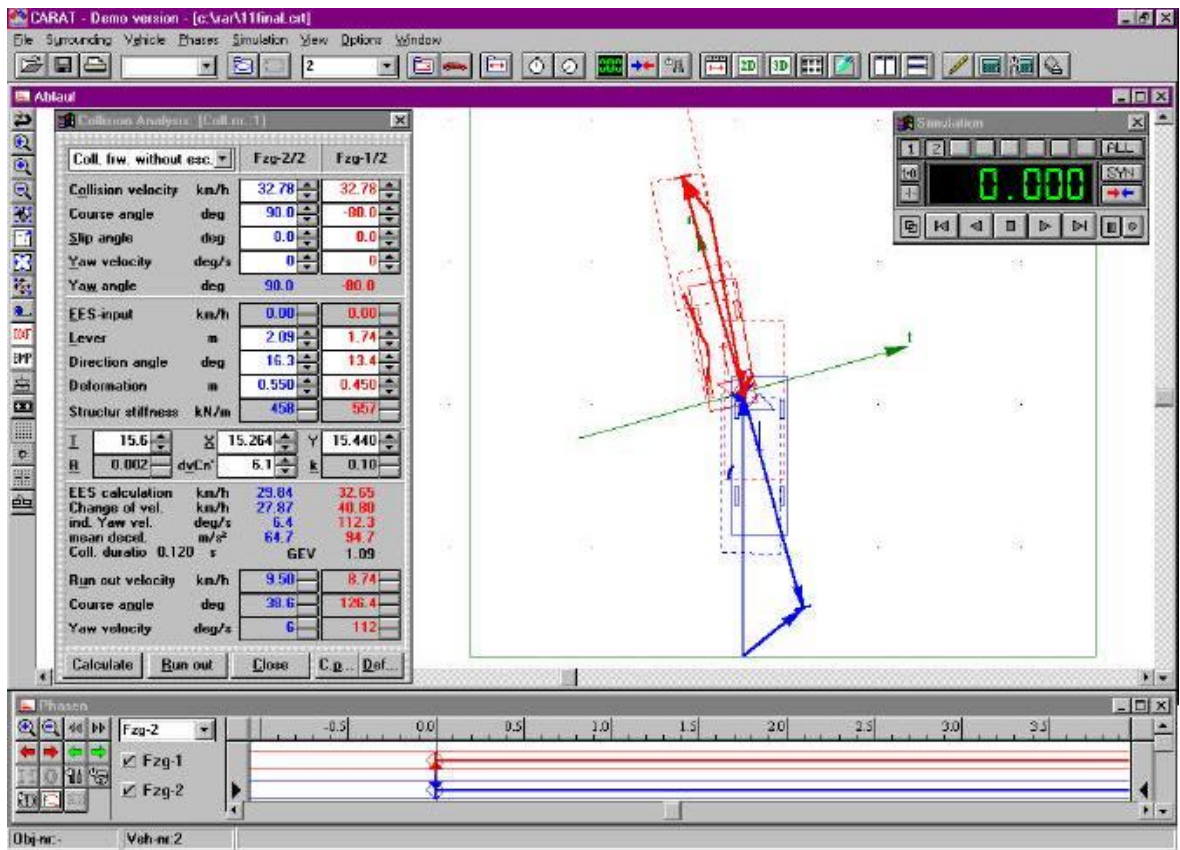
Obr. 92. Výpočet rozhledové vzdálenosti

7.4 CARAT (Computer Aided Reconstruction of Accidents in Traffic)

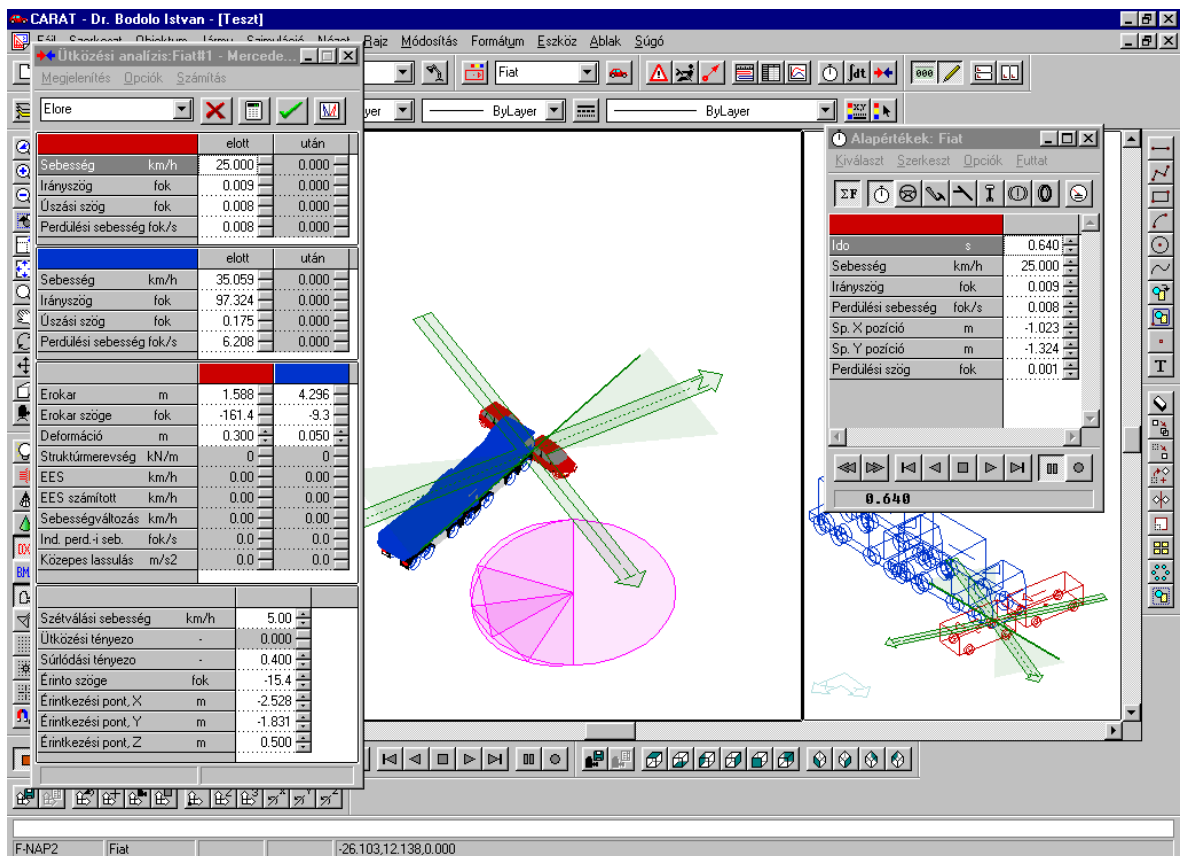
CARAT byl vyvinut německo-maďarským týmem Dr.-Ing. Heinze Burga ze společnosti IbB Forensic Engineering. Jedná se o softwarovou aplikaci určenou k provádění simulací předkolizních, kolizních a postkolizních dynamických dějů v grafickém prostředí pomocí modelů až osmi vozidel současně. Umožňuje zadání typu povrchu a tvaru vozovky - stoupání, klesání - v příčném i podélném směru, díky čemuž je možno zpracovat téměř jakoukoli silniční dopravní nehodu. V programu CARAT lze provádět kinetické simulace i kinematické výpočty dopředné i zpětné. Program je rozšířen ve dvou verzích (CARAT-3 z roku 1997 a CARAT-4 z roku 2000). Obě tyto verze umožňují provádět simulace dynamiky jízdy i kolizních situací s grafickým i číselným výstupem. Rozdíl mezi nimi je však v tom, že CARAT-3 pracuje pouze ve dvourozměrném grafickém prostředí, zatímco nadstavba CARAT-4 již pracuje v propracovaném třírozměrném grafickém prostředí. Navíc umožňuje provádět simulace i těžkých nákladních vozidel, včetně kloubových. CARAT-4 navíc bere v potaz všechny síly působící v třírozměrném prostředí, zatímco CARAT-3 uvažuje pouze síly působící v rovině. Většinu obrázků a informací jsem čerpal z anglicky psaného manuálu dostupného na stránkách <http://www.unfallanalyse-burg.de/> a ze srbského manuálu dostupného na webu <http://www.forensicexp-vojvodina.org.rs/>. Demoverzi se mi bohužel sehnat nepodařilo.

Přímo v programu je integrovaný kreslicí CAD modul, který umožňuje kreslení podkladu pro simulaci popř. vkládání výkresů ve formátu *.DXF. Do programu lze taktéž importovat bitmapové obrázky – např. nakreslený plánec místa nehody popř. letecké záběry nebo rektifikované fotografie místa nehody a simulaci pak provádět přímo na nich.

Na níže umístěném obrázku je patrné uspořádání plovoucích oken v aplikaci CARAT. V pravém horním rohu je okno „simulace“, ve kterém je možno spouštět, zastavovat a přetáčet simulaci (celkovou popř. jednotlivých vozidel). V tomhle okně se zároveň vypisuje aktuální čas simulace. Ve spodní části je plovoucí okno „fáze“, které představuje de facto časovou osu průběhu simulace. Velké okno v levé části obsahuje políčka pro zadávání vstupních údajů pro jednotlivá vozidla a pro vypisování číselných výstupů.



Obr. 93. Rozmístění plovoucích oken



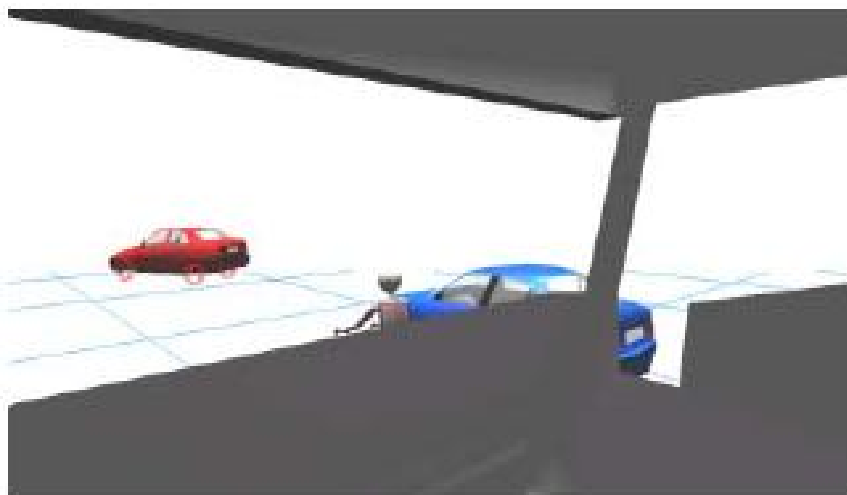
Obr. 94. Trojrozměrné zobrazení sil působících při střetu

Práce s programem

Po spuštění aplikace CARAT je možno načíst bitmapový obrázek místa nehody, na kterém se bude provádět simulace. V obrázku se označí dva body, u nichž je známa skutečná vzájemná vzdálenost, a ta se vepíše do příslušného okna. Tím se vytvoří přesné měřítko plánku místa nehody.

Následuje vložení vozidla. CARAT obsahuje rozsáhlou databázi různých vozidel přehledně seřazených podle názvu značky. Po vybrání konkrétního modelu s danou motorizací se zobrazí dialogové okno, v němž lze upravovat popř. zadávat podrobnější údaje (např. zatížení vozidla, údaje o pneumatikách apod.). Vozidlo se v simulaci zobrazí pouze jako obdélník, ale pro lepší názornost je možno z databáze načíst půdorysný obraz konkrétního vozidla ve formátu *.DXF. Vozidlo se pomocí myši následně umístí a natočí do požadované polohy. Po umístění vozidla do prostoru se zobrazí tabulka, v níž je možno zadávat počáteční pohybové stavy vozidla. V menu „fáze“ je pak možno zadat údaje o řízení, brzdění a zrychlování v konkrétních zvolených časových intervalech. Do prostoru je možno vkládat virtuální kamery pro sledování průběhu simulace. Kameru lze též umístit do interiéru vozidla a simulaci tak pozorovat z pohledu řidiče.

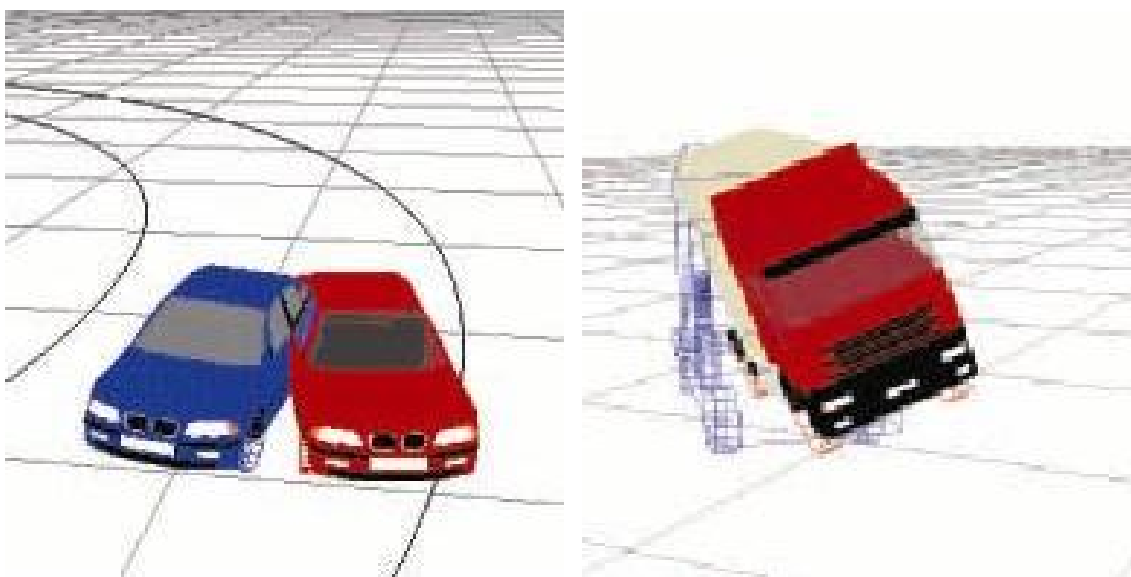
CARAT umožňuje v modelu vozidla různě upravovat defaultní nastavení. Je možno měnit nastavení pérování a tlumení (např. zdvih a tuhost), parametry závěsů (např. tuhost mezi táhlem a zadní částí tažného vozidla), řízení (např. převod řízení), nastavení brzd (např. poměr brzdného účinku mezi přední a zadní nápravou, regulátor brzdného účinku v závislosti na zatížení vozidla, ABS apod.), nastavení parametrů hnacího ústrojí (např. závislost výkonu a točivého momentu na otáčkách motoru, převodové poměry apod.).



Obr. 95. Sledování simulace z pohledu řidiče

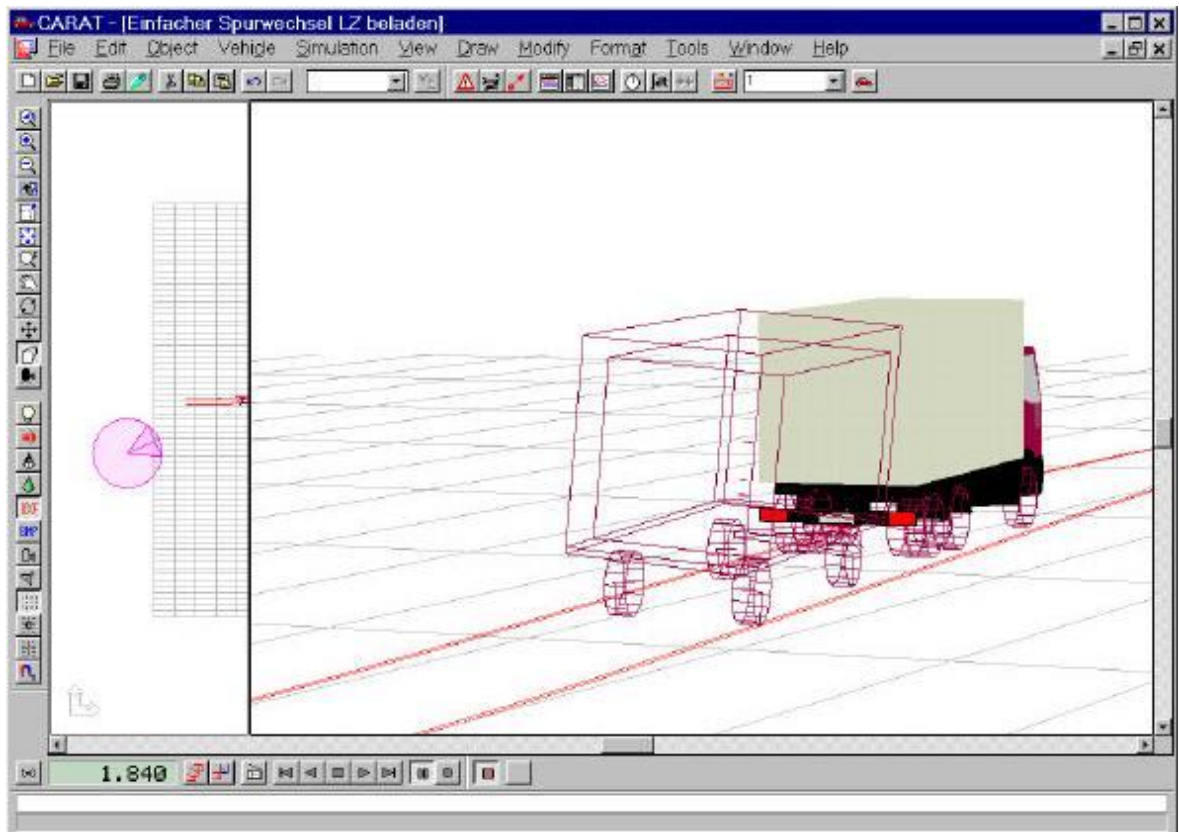
Simulace jízdy

V programu CARAT lze provádět veškeré simulace jízdních manévřů, přičemž program umožňuje přímé porovnávání chování vozidla při změně některých vstupních parametrů (např. při natočení kol nebo při přidání plynu apod.). Na obrázku 96. je znázorněna simulace brzdného manévru osobního vozu BMW 3 (E46) v zatáčce. V místě, ve kterém dojde k odlišnému pohybu vlivem rozdílných vstupních parametrů, se vůz rozdělí na dvě své inkarnace odlišené barvou karoserie. Jejich pohyb lze pak současně sledovat v jedné simulaci. Další možnost, jak sledovat možnost změny průběhu jízdního manévru je znázorněna na obrázku 97. Snímek představuje simulaci převrácení tahače s návěsem vlivem odstředivé síly při rychlém průjezdu zatáčkou. Průhledné vozidlo bez textur mělo zadané vstupní údaje, které splňovaly mezní hodnoty pro udržení stability. Probarvené vozidlo s texturami představuje pohyb při překročení mezních hodnot odstředivých sil.

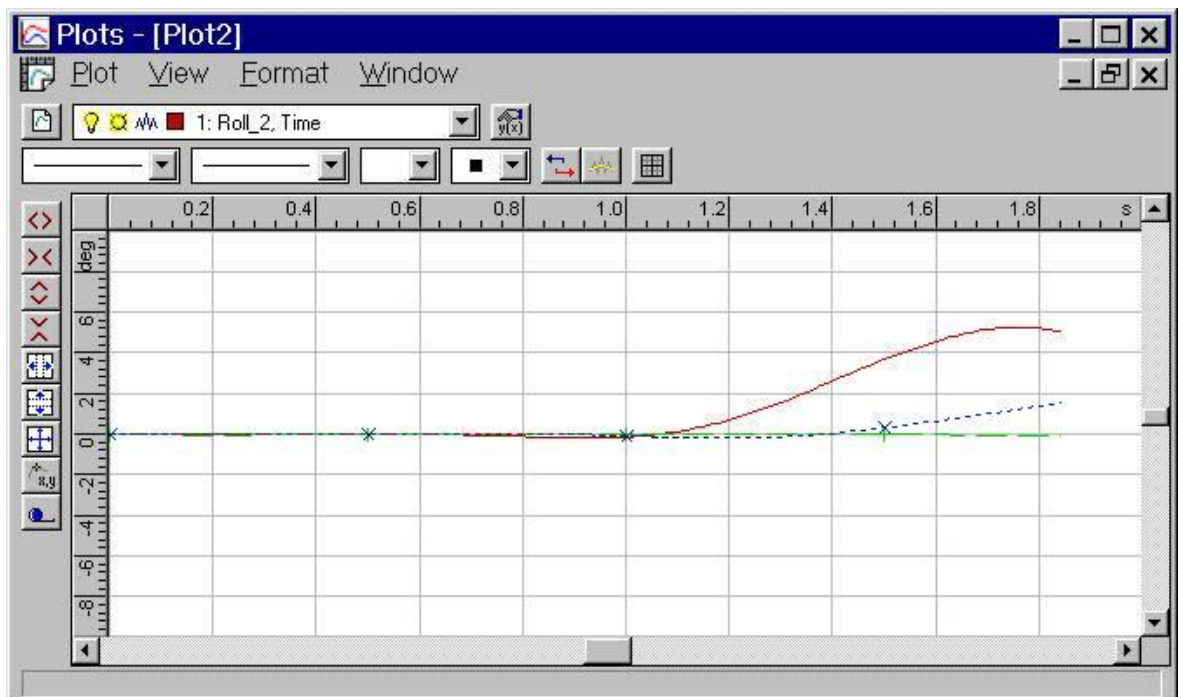


Obr. 96. Rozdělení vozidla – první způsob Obr. 97. Rozdělení vozidla – druhý způsob

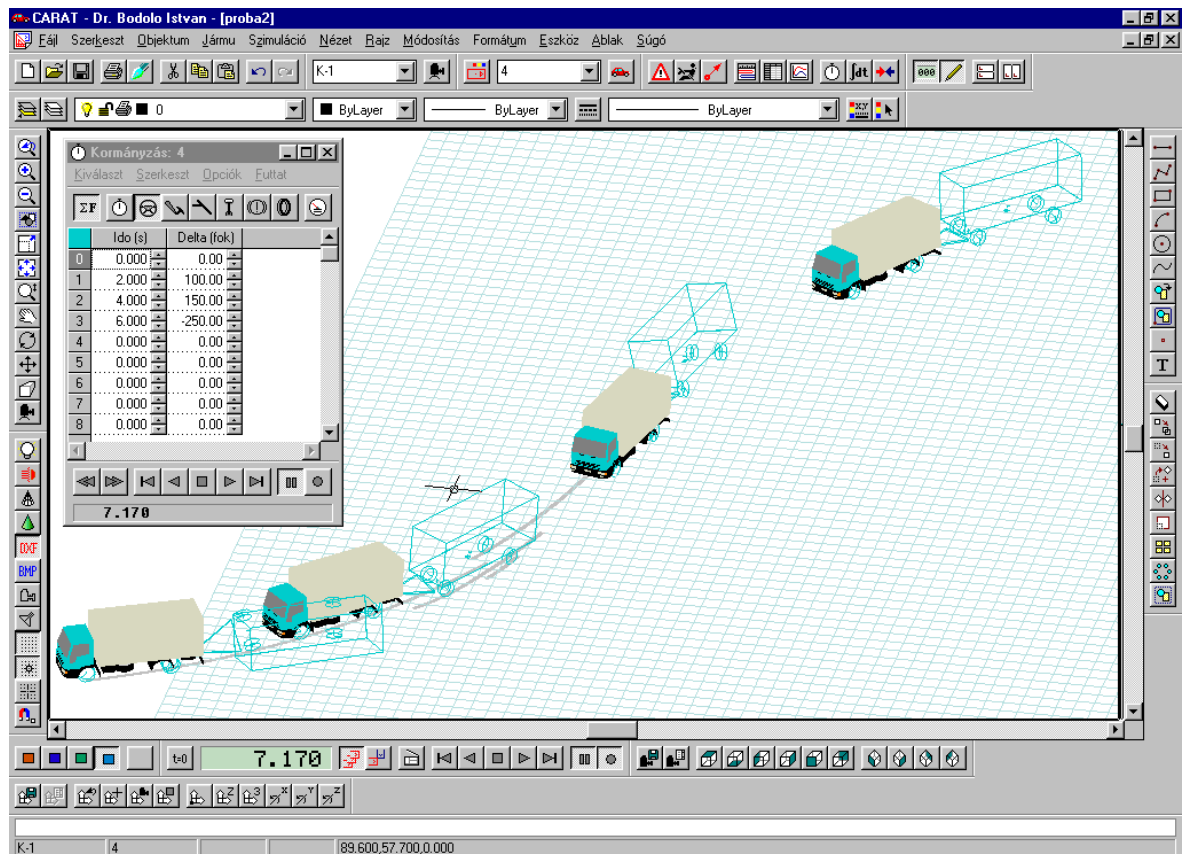
Na obrázku 98. je zobrazena simulace chování nákladního vozidla s přívěsem při náhlé změně jízdního pruhu ve vysoké rychlosti. Pohyby soupravy je možno též vykreslit i do grafu v závislosti na čase. To je znázorněno na obrázku 99. Obrázek 100. pak znázorňuje simulaci poměrně častého jevu – tj. převrácení prázdného přívěsu připojeného k naloženému nákladnímu vozu při rychlém průjezdu zatáčkou.



Obr. 98. Simulace nákladní soupravy při rychlé změně jízdního pruhu



Obr. 99. Grafické znázornění pohybů jízdní soupravy

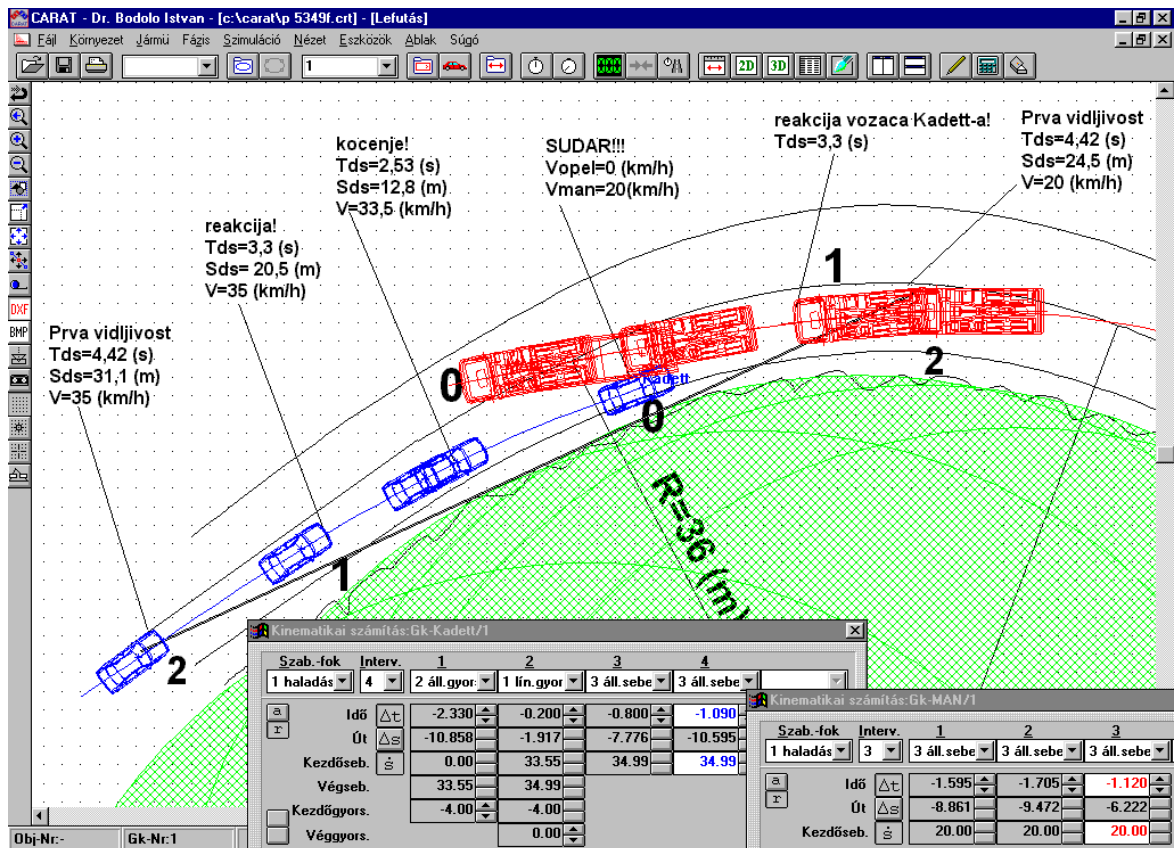


Obr. 100. Simulace převrácení prázdného přívěsu při průjezdu zatáčkou

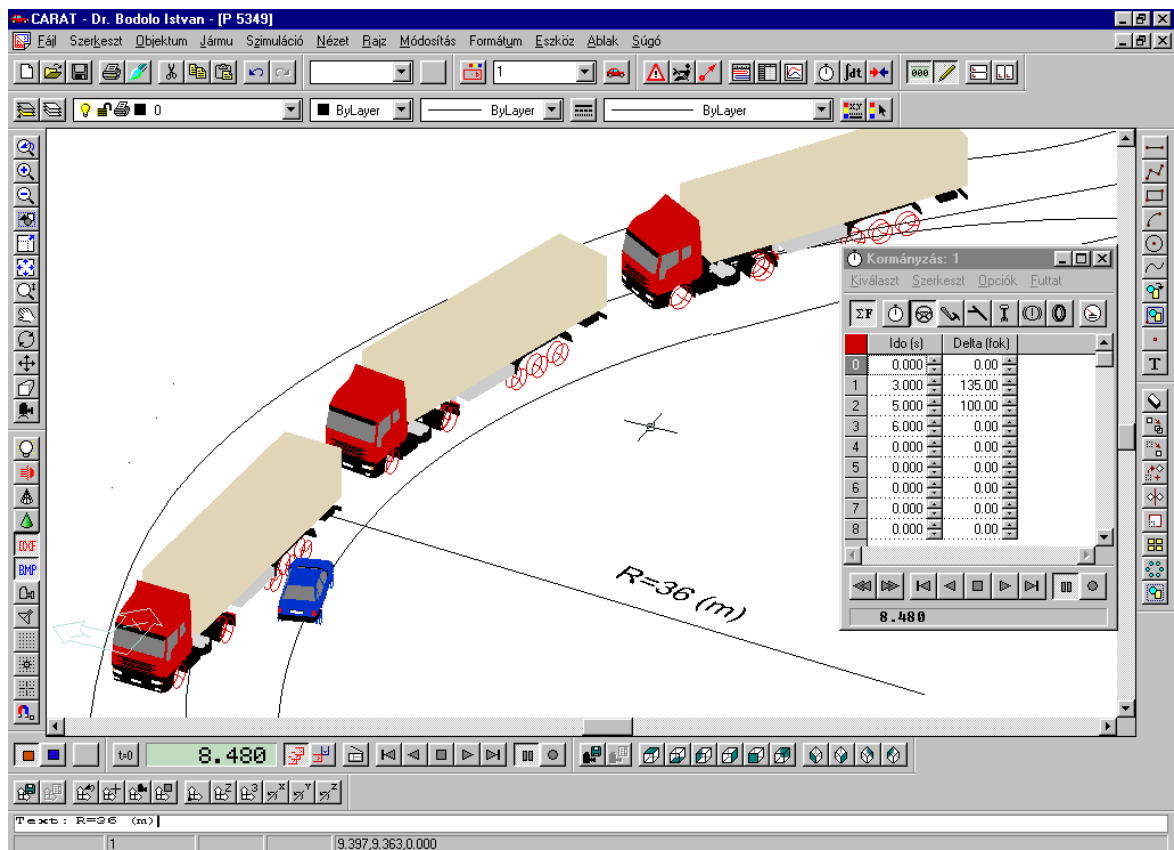
Simulace střetu

CARAT umožňuje řešit řadu typů střetů: vozidla s vozidlem, vozidla s chodcem a také vozidla s objektem (např. strom, sloup, zeď, plot apod.). Pro řešení střetů existují čtyři samostatné módy (dva zpětné a dva dopředné). Zpětné módy pracují na tom principu, že se zadají výsledné stavy a programem jsou zpětně vypočítány předkolizní stavy proměnných. Dopředné módy zase pracují na základě zadaných stavů proměnných před kolizí a konečné stavy jsou vypočítány.

Přesnost simulací střetu v programu CARAT byla důkladně ověřena řadou reálných crash-testů, jejichž výsledky byly podrobně porovnávány s výsledky simulace.



Obr. 101. Simulace střetu osobního vozidla s nákladní soupravou



Obr. 102. Videoanimace střetu osobního vozidla s nákladní soupravou

7.5 EVU-DOS

Programový balík EVU-DOS je dílem Evropského sdružení pro výzkum a analýzu nehod (EVU - Europäische Vereinigung für Unfallforschung und Unfallanalyse e.V.). V dnešní době se však již téměř nepoužívá a z trhu ho prakticky vytlačily mnohem dokonalejší a modernější simulační programy, jako je např. Virtual-CRASH a PC-CRASH. Součástí balíku EVU-DOS je celkem šest programů určených pro analýzu jednotlivých druhů silničních dopravních nehod.

První program „Nehody s chodci“ je určen pro komplexní simulaci střetu vozidla s chodcem. Umožňuje kupříkladu použití metody zúžení mezí pro určení hranic místa střetu. Součástí je databáze s údaji pro odhození střepin čelního skla a světlometů a s údaji pro příčné i podélné odhození chodce. Program umožňuje řešení možnosti odvrácení nehody odpovídající reakci řidičů a časové zabránění nehodě při maximální povolené rychlosti. V programu lze současně řešit až pět variant nehody. Po vyplnění známých vstupních údajů dojde k automatickému výpočtu neznámých veličin.

Další program slouží ke zpětnému výpočtu při analýze střetu. Na základě zanechaných stop se pomocí soustavy empirických rovnic analyzuje pohyb vozidla po střetu. Tato metoda umožňuje zjištění rychlosti vozidel těsně po střetu, což je umožněno díky zadání pohybu vozidla v jednotlivých úsecích po zanechaných stopách.

Pro analýzu střetu, tentokrát však dopředným výpočtem, je určen další program. Zde se pomocí prostorového modelu vozidla simuluje jeho pohyb pomocí různého nastavování vstupních parametrů tak, aby pohyb vozidla a jeho konečná poloha odpovídaly skutečnosti. Takovým vstupním údajem je např. rychlost těsně po střetu (ta se určí programem pro zpětný výpočet). Výstupním údajem pak je např. nárazová rychlost a úhly postavení vozidel. Výsledky mohou být formou číselné hodnoty i formou grafického výstupu (např. diagram rovnováhy hybnosti a impulzů) a také jako film tj. videosimulace průběhu střetu v plynulém zobrazení.

Program „Grafická analýza“ slouží ke kinematickým výpočtům až čtyř účastníků nehody. Výsledky jsou zobrazeny v diagramech dráha-čas a čas-rychlost. Součástí jsou i pomocné výpočty všech možných standardních situací jako např. předjíždění, odbočování, změna jízdního pruhu a zabránění nehodě.

Další součástí balíku je nazvaná „Analýza nájezdu“ a slouží k výpočtu bezpečné podélné vzdálenosti mezi za sebou jedoucími vozidly a k výpočtu teoretické nárazové rychlosti.

Poslední část programového balíku má název „Sériové nehody“ a slouží k simulaci průběhu nehody a výpočtu rychlosti a zpomalení až čtyř vozidel. Taktéž umožňuje znázornění pohybu osob ve vozidle, díky tomu je program používán k posuzování zranění krční páteře při nárazech zezadu.

7.6 KOLIZE

Softwarová aplikace KOLIZE byla dříve velmi rozšířená mezi znalci v celé Evropě. Během několik posledních let ji však z velké části zastínily dokonalejší simulační programy, které umožňují komplexnější analýzy různých druhů nehod. V případě KOLIZE se totiž jedná o poměrně jednoduchý program primárně určený pouze pro řešení střetu vozidla s chodcem popř. cyklistou. Z toho důvodu již není v dnešní době snadné získat o programu podrobnější informace.

KOLIZE pracuje na principu kinematických výpočtů a umožňuje řešit střet s chodcem v průběhu plného brzdění vozidla, v průběhu náběhu brzdného účinku, v průběhu reakce řidiče popř. ještě před jeho reakcí. V programu lze počítat se třemi různými typy povrchu vozovky s rozdílným součinitelem adheze. Lze řešit i nehody, kdy chodec nečekaně vystoupí zpoza překážky (ať už pevné či pohyblivé). Program dokáže počítat i s variantou, kdy je pohyb vozidla zakončen nárazem do pevné překážky.

Jako vstup jsou do tabulky zadávány údaje o brzdění vozidla v jednotlivých úsecích. Po zadání vstupních údajů program vypočítá výsledky. V případě, kdy se přepíše nějaký vstupní údaj, výsledek se automaticky přepočítá. Výstupem výpočtu je matematický model pohybu vozidla během nehodového děje a komplexní grafická analýza dráha–čas. V programu KOLIZE lze velmi snadno též vypočítat možnosti odvrácení nehody časově i prostorově.

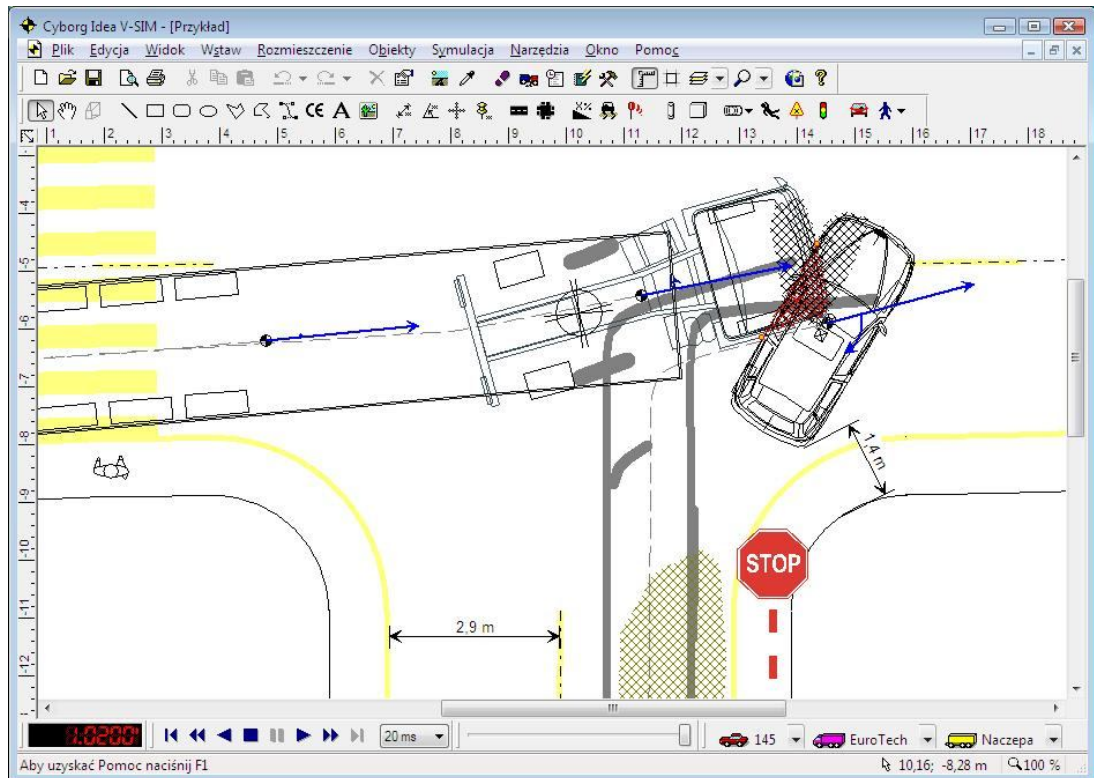
Součástí KOLIZE je i doplňkový program určený pro řešení veškerých předjížděcích manévru – tj. předjíždění konstantní rychlostí, se zrychlením a omezením rychlosti a se zrychlením bez omezení rychlosti.

7.7 Cyborg Idea

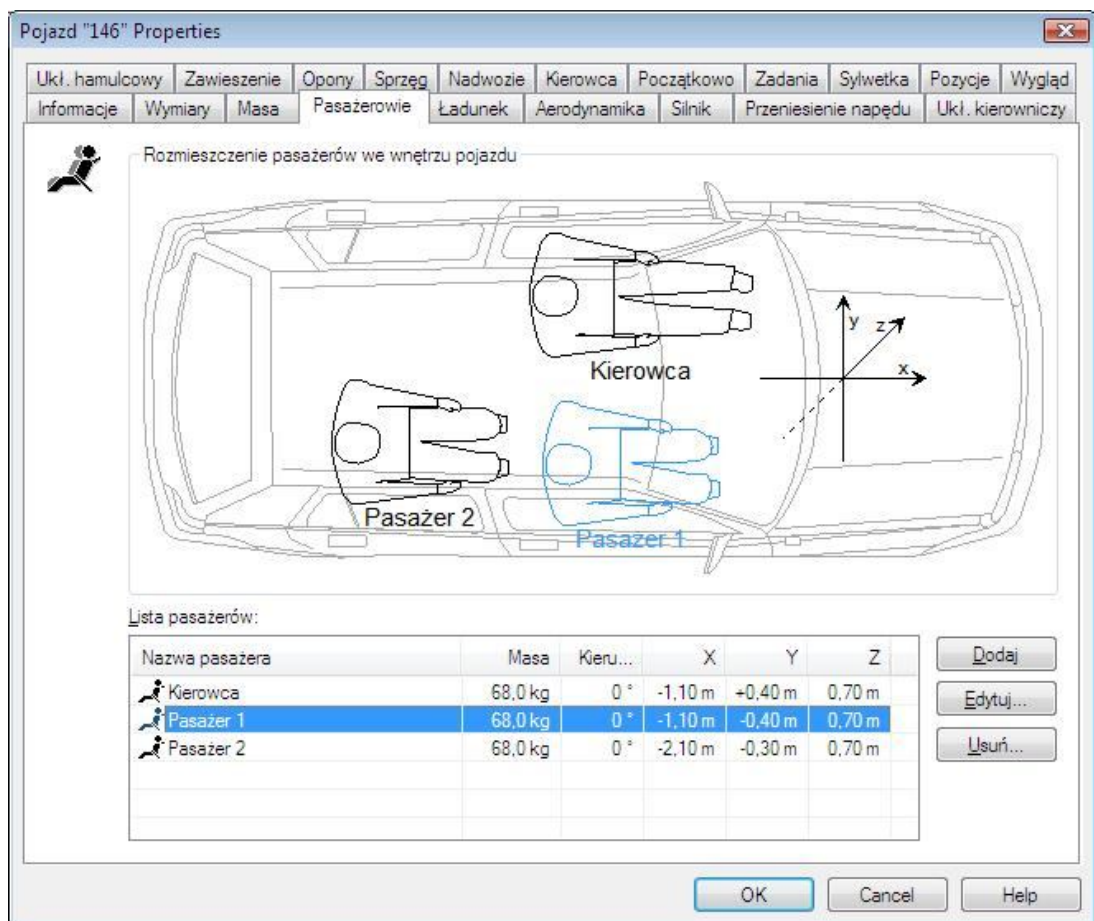
Polská softwarová společnost Cyborg Idea s.c. vyvinula vlastní balíček šesti programů primárně určených pro podporu rekonstrukce silničních dopravních nehod. Na webových stránkách společnosti <http://www.cyborgidea.com.pl/forensic/index.html> jsou k dispozici demoverze všech těchto programů a také manuály, z nichž jsem čerpal informace a obrázky.

7.7.1 Cyborg Idea V-SIM 2.0

Nejdůležitějším programem z balíčku je Cyborg Idea V-SIM 2.0, pomocí něhož lze simulovat pohyb resp. různé jízdní manévry vozidla a srážky vozidla s jiným vozidlem popř. s pevnou či pohyblivou překážkou. Součástí programu je velmi obsáhlá databáze čítající přes 4200 osobních i nákladních vozidel včetně přívěsů a návěsů a pochopitelně také motocyklů. Uživatel však není striktně omezen používat pouze vozidla z databáze, program umožňuje vytvoření vlastního vozidla popř. dle potřeby upravovat parametry vozidel vybraných z databáze. Do simulace lze pochopitelně vkládat také dopravní značení, semaforey, chodce, zvířata, stromy a různé jiné pevné překážky. Uživatel může libovolně měnit těžiště vozidla změnou jeho zatížení např. jiným rozmístěním nákladu a posádky. Program bere v úvahu aerodynamické odpory vozu, tím pádem je možno např. řešit vliv bočního větru na jízdu vozidla. Zrovna tak bere v úvahu např. tlak v pneumatikách, závady na brzdové soustavě popř. na řízení a zavěšení kol jako např. nadměrné vůle. Do třírozměrného modelu vozidla je možno v případě potřeby umístit jednotlivé pasažéry a zkoumat tak nejen jejich vliv na zatížení vozidla resp. změnu těžiště, ale taktéž zjišťovat mechanismus vzniku jejich tělesných poškození a ta následně porovnávat se skutečnými při nehodě vzniklými zraněními. Při simulování kolize se totiž automaticky u každého pasažéra zobrazuje směr i velikost jeho setrvačné síly. Výstupem simulace je nejen videoanimace s průběhem nehodového děje, ale taktéž textová zpráva, kterou lze uložit, vytisknout popř. exportovat do textového editoru k dalšímu možnému zpracování. Přesnost programu V-SIM byla velmi důkladně validována řadou skutečných crash-testů.



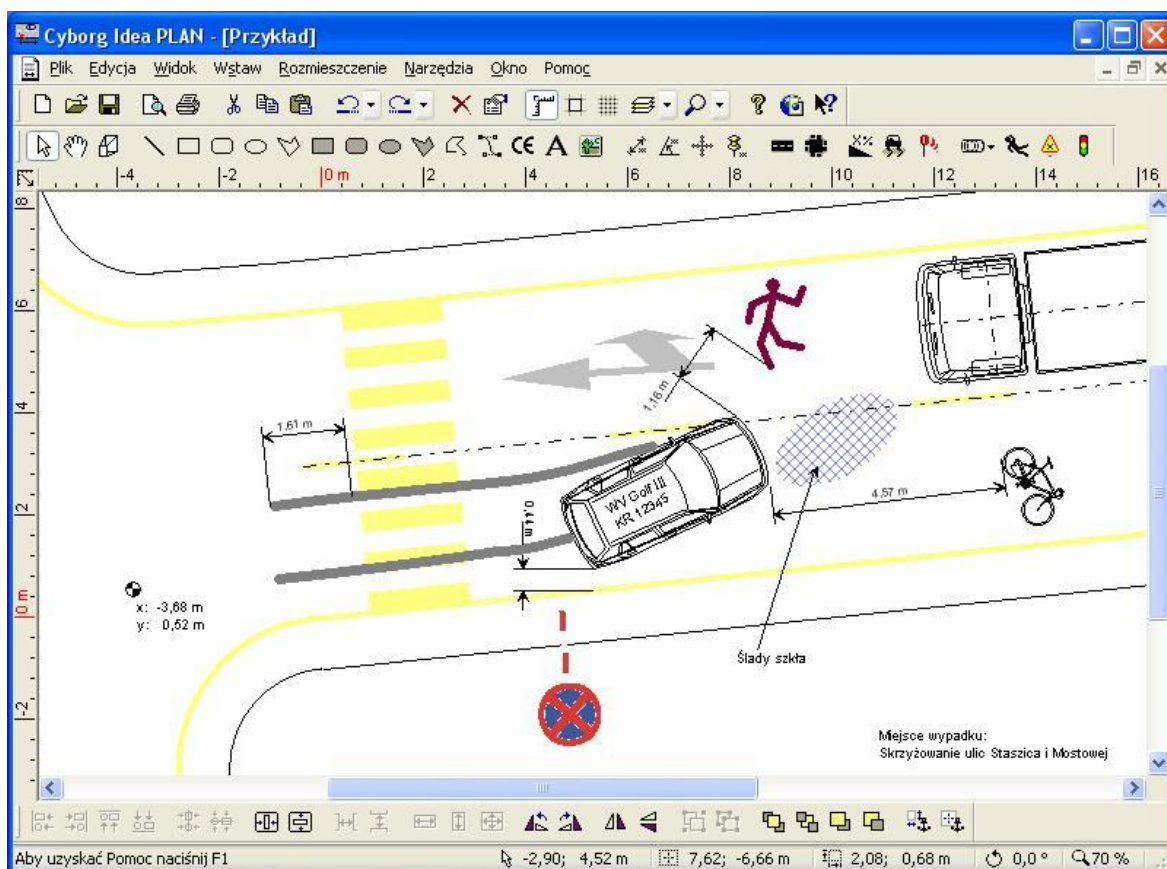
Obr. 103. Simulace střetu osobního vozidla s nákladní soupravou



Obr. 104. Nastavení posádky vozidla

7.7.2 Cyborg Idea PLAN 2.0

Dalším programem je Cyborg Idea PLAN 2.0. Tato grafická softwarová aplikace je určena pro tvorbu náčrtků a plánů místa dopravní nehody v přesném měřítku. Umožňuje velmi snadno vytvářet různé úseky silnic včetně jejich křížení a napojování. Součástí programu je knihovna s vozidly, dopravním značením, osobami, zvířaty a dalšími objekty a předměty, které se do plánu zaznamenávají. Vytvořený plán je možno uložit v elektronické podobě nebo vytisknout na papír popř. exportovat do programu Cyborg Idea V-SIM a provést tak simulaci nehodového děje přímo na vytvořeném plánu.

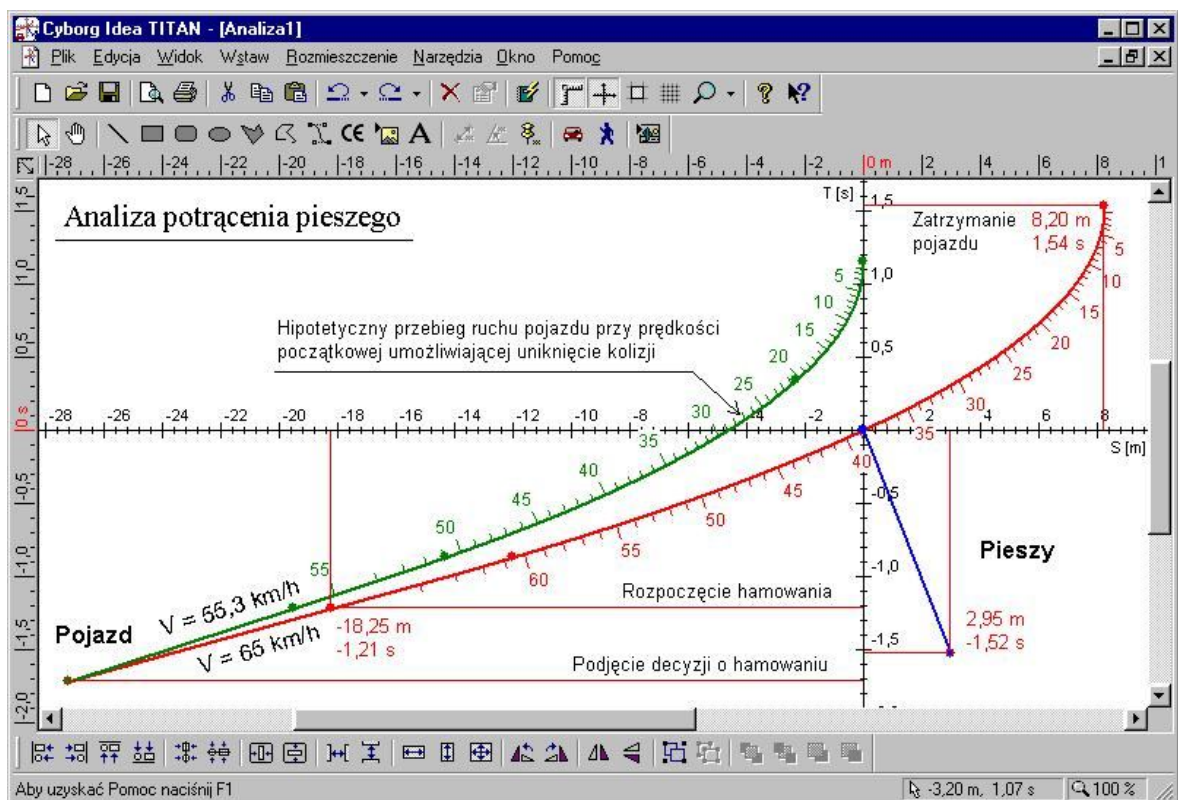


Obr. 105. Vytvořený plán místa nehody

7.7.3 Cyborg Idea TITAN

Pro časoprostorovou analýzu pohybu při dopravních nehodách slouží program Cyborg Idea TITAN. V něm je možno analyzovat vzájemnou polohu pohybujících se objektů ve stanoveném čase. To se provádí v případech, kdy se řeší přecházení chodce přes vozovku, střet vozidel při předjíždění, střet vozidel při vzájemném křížení jejich drah apod. V programu je možno velmi jednoduše zjistit, zda by se nehodě dalo zabránit dřívější

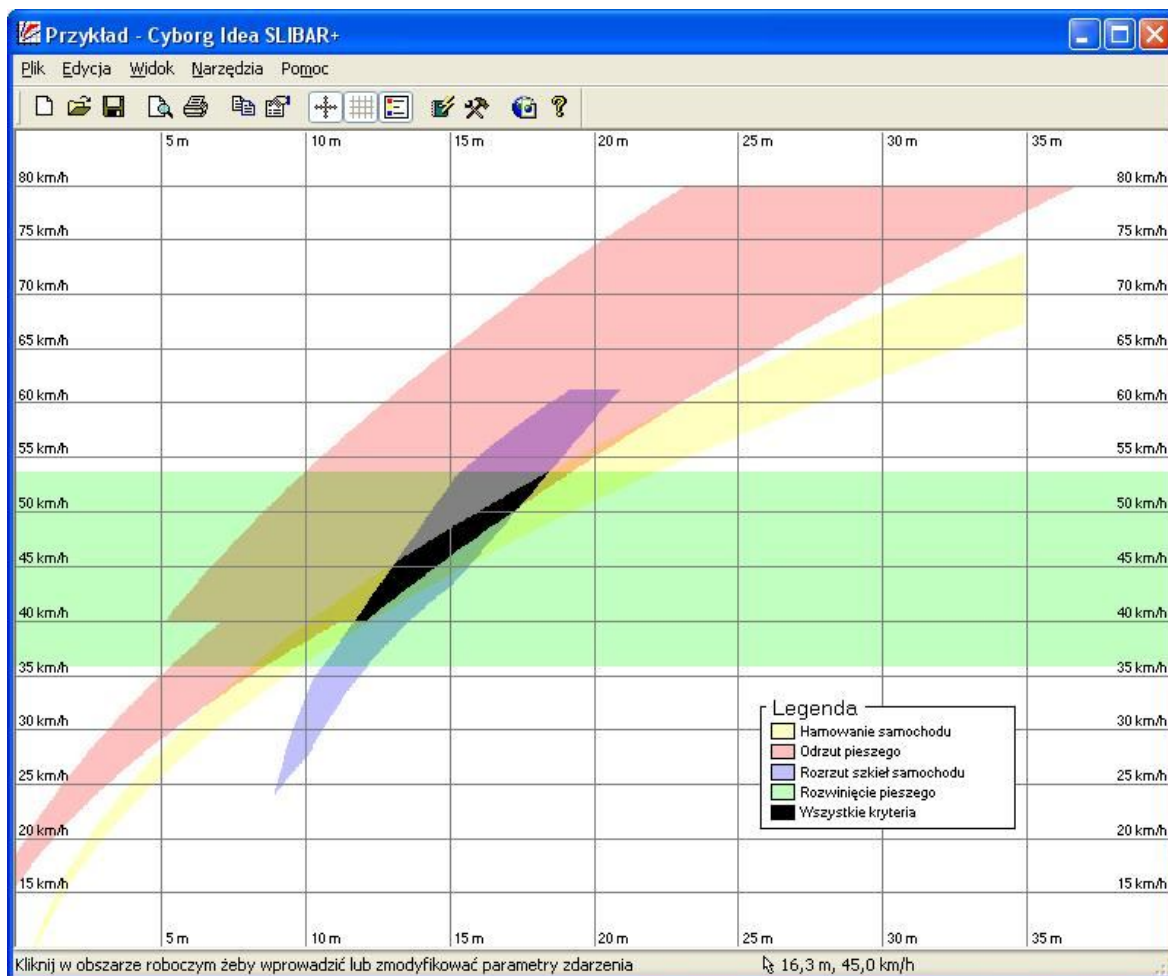
reakcí řidiče nebo nižší počáteční rychlostí vozidla popř. jaká by byla rychlost při střetu, kdyby vozidlo začalo brzdit dříve atd. Pohyb každého vozidla je rozdělen do jednotlivých sekvencí s charakteristickými parametry jako např. čas, dráha, úhel sklonu trati, poloměr oblouku, po němž se vůz pohybuje, počáteční rychlost, zrychlení/zpomalení, konečná rychlost atd. V případě řešení střetu s chodcem lze vybrat z několika možností, které blíže specifikují pravděpodobný styl chůze konkrétního člověka např. podle věku a pohlaví popř. chodce pod vlivem alkoholu, chodce s dítětem v náručí apod. Součástí programu je integrovaný grafický editor, pomocí něhož lze kreslit základní geometrické tvary a vpisovat text. Výstupem programu TITAN je automaticky generovaná zpráva s přehlednými barevnými grafy pohybu jednotlivých účastníků nehody. Výstup je možno uložit nebo vytisknout. Na obrázku 106. je znázorněna grafická analýza střetu vozidla s chodcem. Červená křivka znázorňuje skutečný pohyb vozidla (počáteční rychlost 65 km/h a rychlost vozidla v okamžiku střetu s chodcem 40 km/h). Zelená křivka představuje nejvyšší možnou počáteční rychlost (55,3 km/h) pro zabránění střetu (tj. pro zastavení vozidla těsně před chodcem).



Obr. 106. Grafická analýza střetu vozidla s chodcem

7.7.4 Cyborg Idea SLIBAR+ 2.0

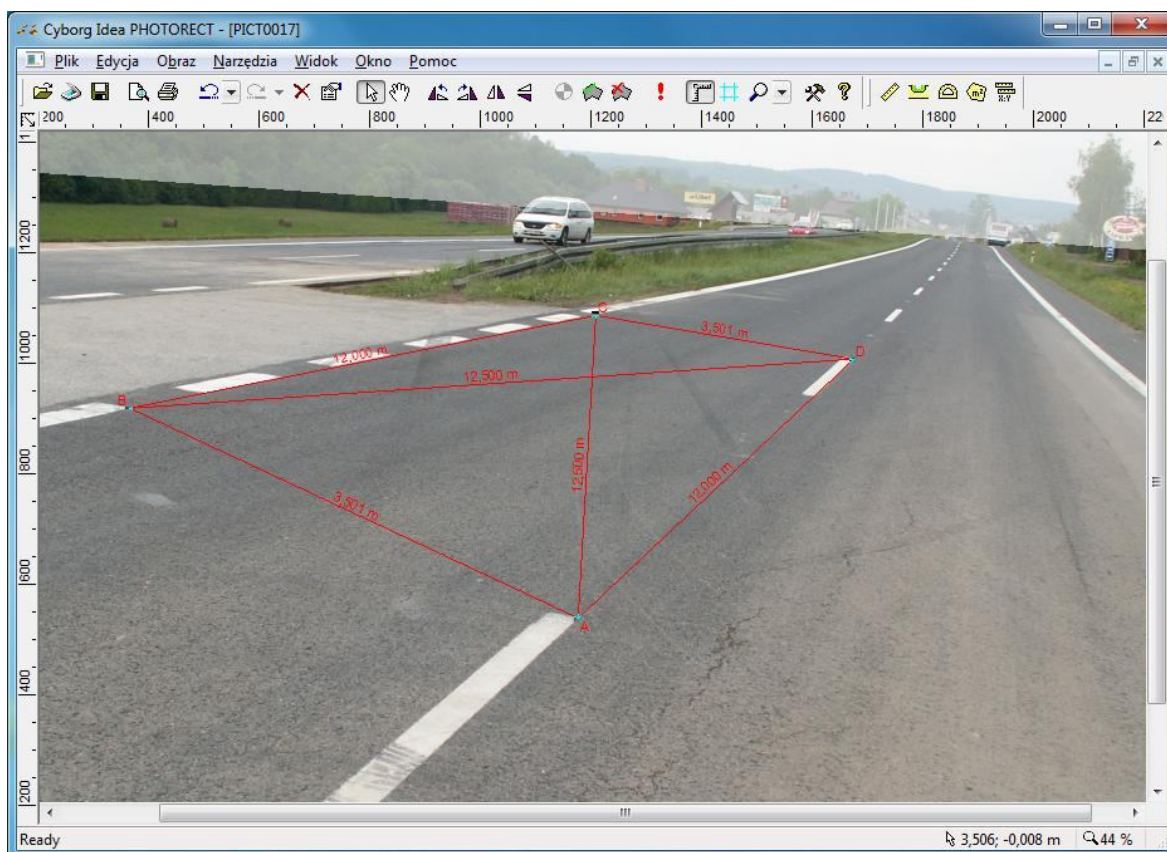
Další součástí balíku je Cyborg Idea SLIBAR+ 2.0. Tento program slouží k analýze různých dopravních událostí na základě rozšířené Slibarovy metody. Program umožňuje zjištění nárazové rychlosti a místa střetu při řešení kolize s chodcem, střetu vozidla s motocyklem a střetu motocyklu s pevnou překážkou. Při střetu vozidla s chodcem program pracuje např. s brzdou dráhou vozidla, vzdáleností odhození chodce, vzdáleností dopadu střepin čelního skla a světlometů apod. Při střetu vozidla s motocyklem jsou brány v potaz parametry jako např. brzdová dráha, vzdálenost odhození motocyklu, jeho řidiče a spolujezdce, rozptyl střepů skel apod. V případech, kdy se řeší střet motocyklu s pevnou překážkou, se pracuje na základě vzdálenosti dopadu řidiče popř. spolujezdce, vzdálenosti odhození střepin z motocyklu a podle samotných deformací motocyklu. Výsledkem práce je pak grafické zobrazení závislosti rychlosti jednotlivých účastníků nehody na jejich poloze a vzájemné prolínání jejich pohybů tj. vznikne určité pásmo, ve kterém dochází ke střetu. Výslednou zprávu je možno uložit nebo vytisknout.



Obr. 107. Grafická analýza na základě Slibarovy metody

7.7.5 Cyborg Idea PHOTORECT 1.0

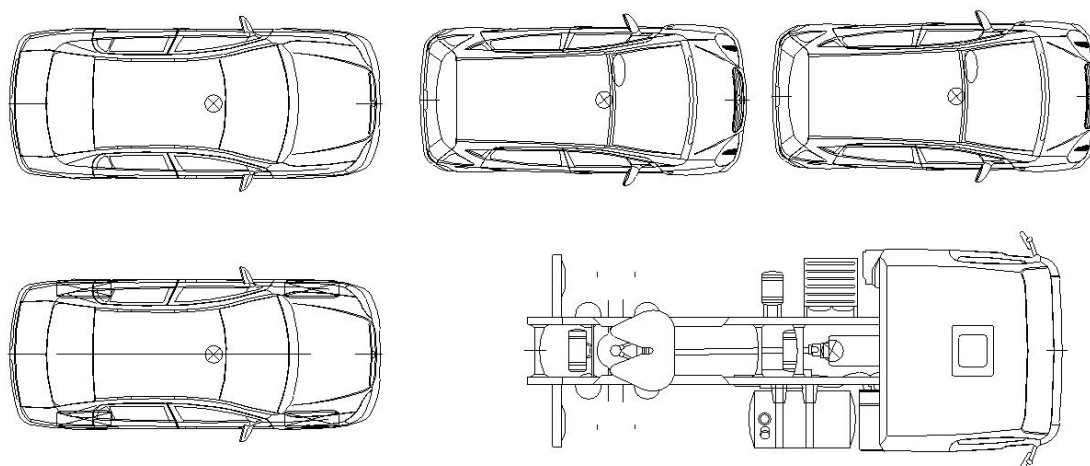
Cyborg Idea PHOTORECT 1.0 je software určený pro rektifikaci místa dopravní nehody – tedy transformaci perspektivního pohledu z fotografie na půdorys. Nijak zvlášť se neliší od jiných obdobných programů. Práce s programem je ve své podstatě velmi podobná práci v programu PC-RECT. Na místě nehody je nutno změřit nejméně čtyři vzdálenosti mezi zvolenými a na fotografii zachycenými body. Po označení těchto bodů na fotografii načtené do programu se zadají naměřené vzdálenosti a program poté automaticky rektifikuje fotografii na přesný půdorysný plán místa dopravní nehody v přesném měřítku. Program pak umožňuje provádět měření a kótování vzdáleností a úhlů přímo na fotografii popř. popis zanechaných stop apod. Rektifikovanou fotografii poté lze exportovat do jiných programů např. do Cyborg Idea PLAN pro vytvoření dokonalého plánu místa nehody.



Obr. 108. Označené vzdálenosti mezi čtyřmi rektifikačními body

7.7.6 Ratschbacher AUTOVIEW

Posledním programem z balíčku společnosti Cyborg Idea je Ratschbacher AUTOVIEW. Jedná se o rozsáhlý elektronický katalog evropských a japonských vozidel. Současná verze obsahuje cca 5500 typů vozidel. V katalogu jsou ke každému vozidlu uvedeny vektorové náčrtky pohledu shora, z boku, zepředu a zezadu. Tyto náčrtky je možné exportovat do jiného programu (např. Cyborg Idea PLAN 2.0) a tam jim podle potřeby upravit velikost případně je otočit, aniž by došlo ke ztrátě kvality. Ke každému vozu jsou uvedeny rozměry, osy a těžiště. U některých modelů je dokonce znázorněna poloha volantu a jednotlivých sedadel.



Obr. 109. Ukázka několika půdorysů vozidel z databáze Ratschbacher AUTOVIEW

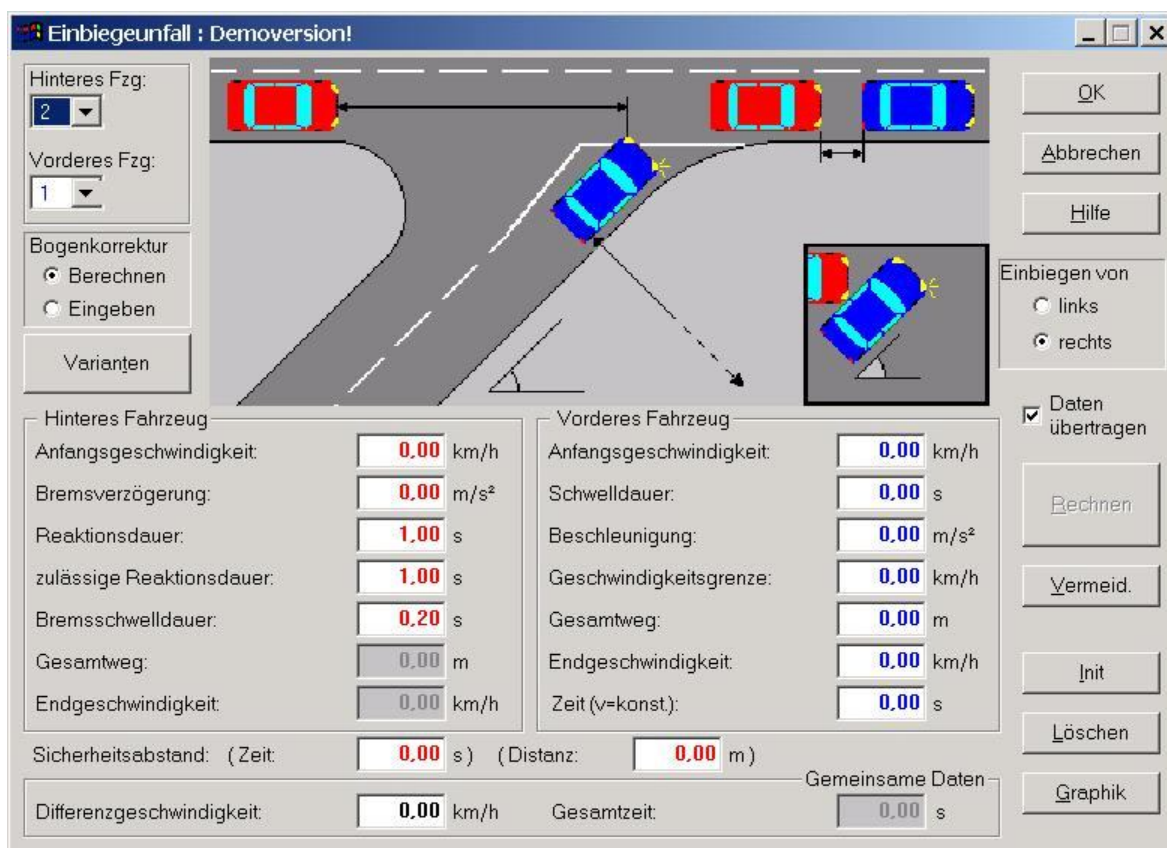
7.8 ANALYZER PRO

Rakouská společnost DWG zabývající se analýzou dopravních nehod pod vedením Dr. Wernera Gratzera vyvinula softwarovou aplikaci ANALYZER PRO. V současné době je tento program k dispozici v nejnovější verzi 11.0. Na stránkách tvůrců <http://www.analyzer.at/> je k dispozici velmi podrobný německy psaný manuál, ze kterého jsem čerpal informace a obrázky. Program ANALYZER PRO umožňuje provádět analýzu dráha – čas a rekonstrukci sériových nehod až 16 vozidel současně, přičemž pohyb každého vozidla je možno rozdělit až do 48 různých fází. Dále lze v programu zjišťovat zatížení posádky vozidla, řešit nehody s chodci pomocí metody zužování mezí včetně

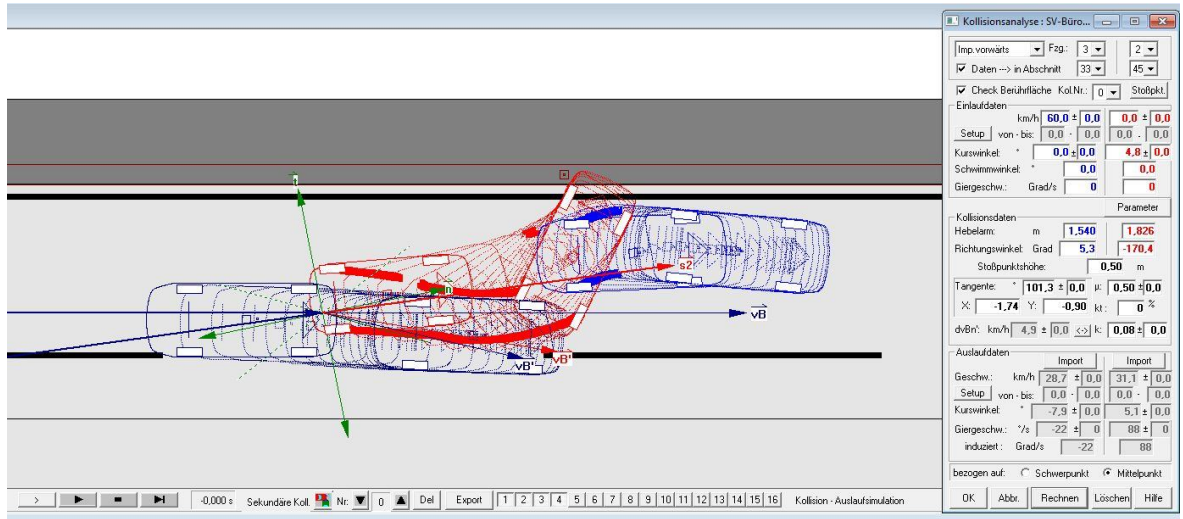
vystoupení chodce zpoza pohyblivé překážky. Podobně jako u jiných simulačních programů lze přímo v aplikaci vytvořit vozovku a její okolí popř. načíst rektifikovanou fotografii místa dopravní nehody ve formátu *.bmp, *.jpg, *.gif nebo *.DXF. V programu ANALYZER PRO je možno provádět dopřednou i zpětnou analýzu kolizí a to čtyřmi metodami zpracování – na základě výpočtu EES, zpětného impulsu, dopředného impulsu a také speciální varianta pro nárazy do zdi.

Práce s programem

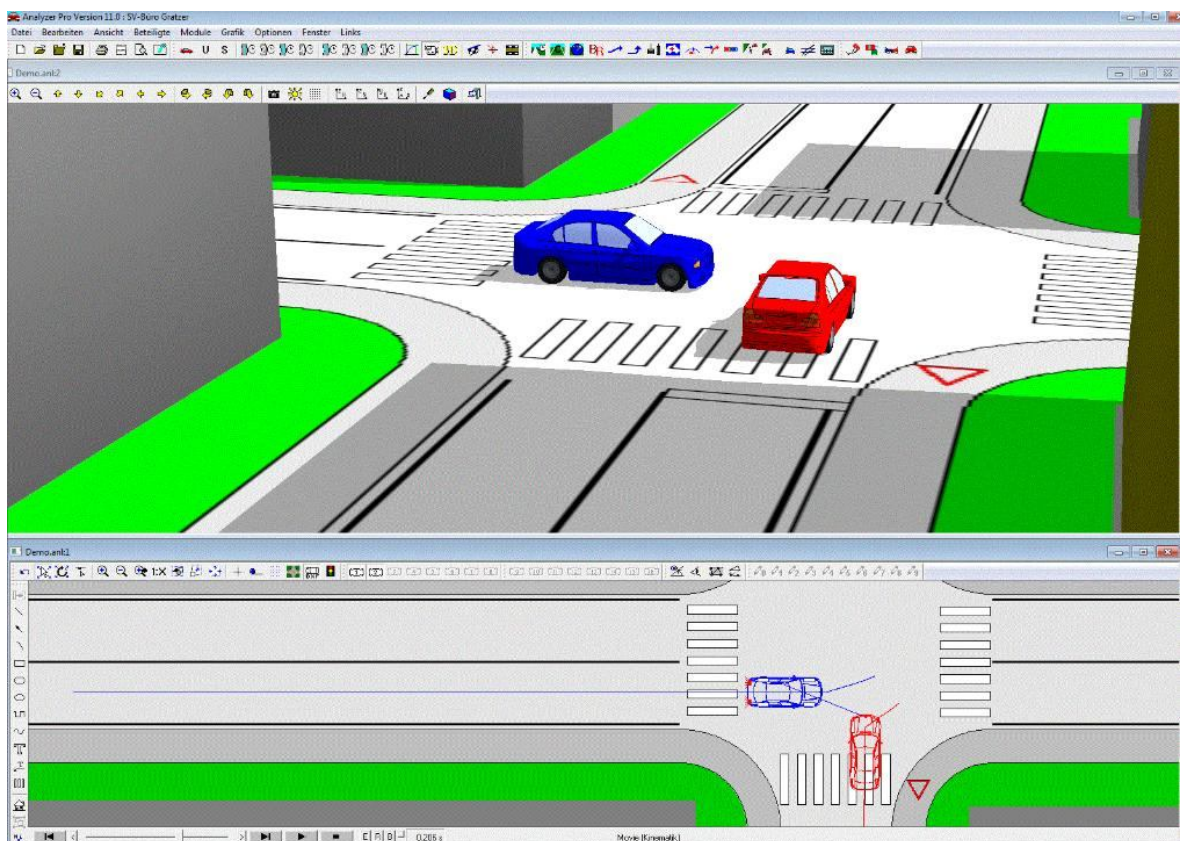
Práce v programu ANALYZER PRO se nijak výrazně neliší od ostatních simulačních programů, které jsem popsal v předchozích kapitolách. Uživatel si nejprve zvolí druh vozidla a z databáze importuje konkrétní typ, popř. ručně zadá parametry vozidla. Druhým krokem pak je vytvoření povrchu, na němž se bude simulace provádět popř. importování již dříve vytvořeného plánu nehody. Importovaný plánek je však nutno převést do správného měřítka označením známé vzdálenosti dvou bodů. Pak už následuje zadávání vstupních hodnot pro konkrétní vozidla a následné výpočty simulace. Výstupem výpočtu je dvourozměrná popř. třírozměrná videosimulace průběhu nehodového děje a diagram dráha - čas.



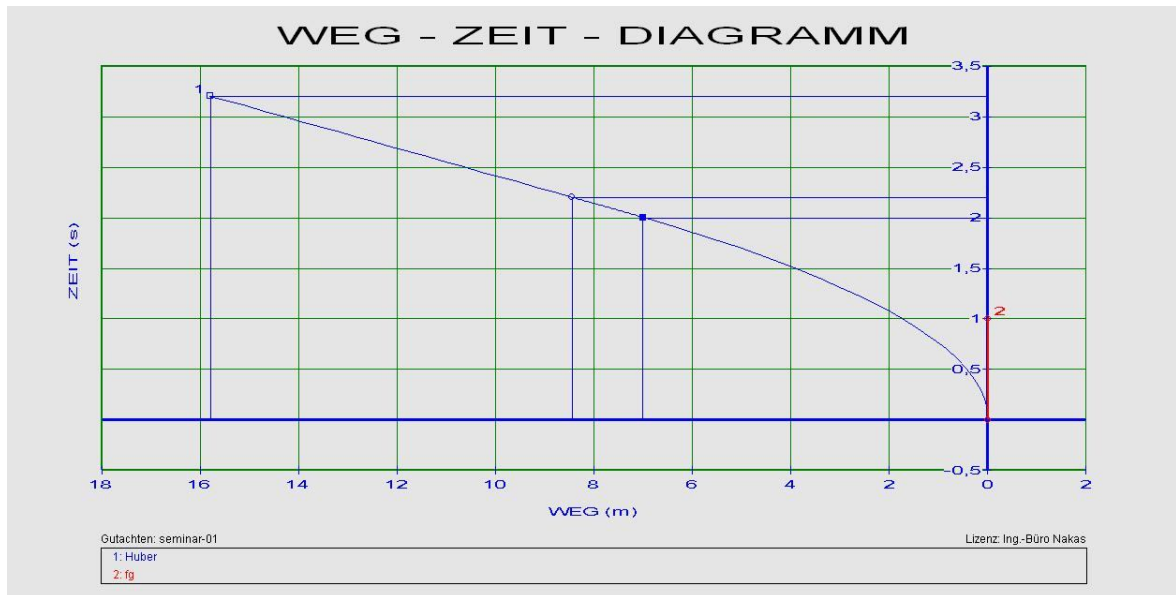
Obr. 110. Zadávání vstupních hodnot



Obr. 111. Vykreslení pohybu a působících sil při střetu dvou osobních vozidel



Obr. 112. 3D videoanimace a půdorysný pohled na střet dvou osobních vozidel

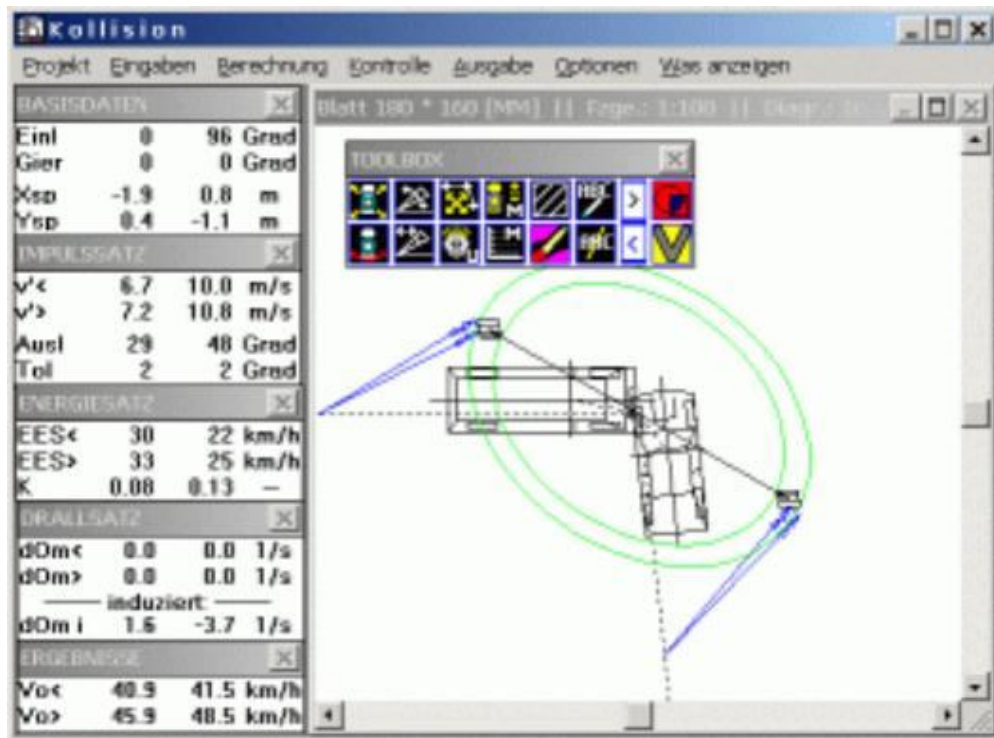


Obr. 113. Diagram dráha – čas

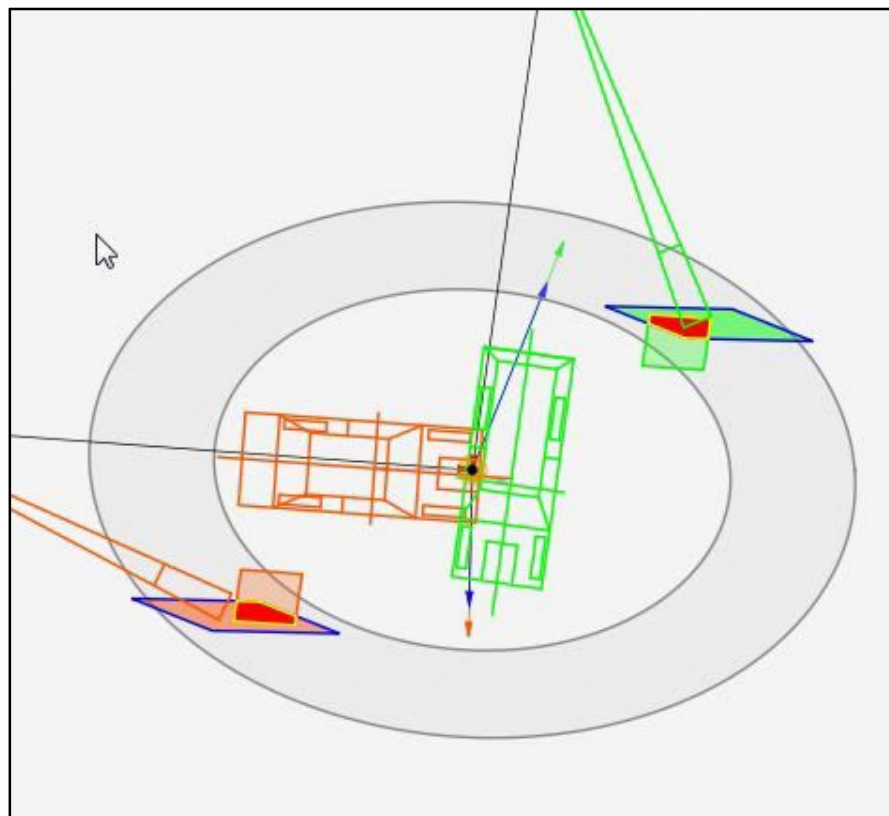
7.9 WinKol

Program WinKol vyvinul se svým týmem německý expert na analýzu silničních dopravních nehod Dipl.-Ing. Wilhelm Deppe. Na možnostech využití počítačů při řešení problémů spojených s rekonstrukcí silničních dopravních nehod pracoval již od počátku 80. let, avšak teprve nástup osobních počítačů s grafickým uživatelským rozhraním mu umožnil vyvinout úplně první software pro grafické řešení analýzy dopravních nehod. Program si velmi brzy oblíbili znalci v oboru silniční dopravy v celé Evropě a WinKol se stal inspirací pro vývoj celé řady nových a mnohem dokonalejších simulačních programů.

WinKol je určen pro grafickou analýzu střetu dvou vozidel. Na základě grafického řešení rázu (zákon zachování hybnosti a impulsů, zákon zachování momentu sil a zákon zachování energie) umožňuje jednoduchým způsobem vypočítat nárazové rychlosti jednotlivých vozidel. Ovládání programu se provádí myší a je velmi jednoduché a intuitivní. V nedávné době byla z programu WinKol odvozena jeho online verze nazvaná WebColl, která je k dispozici na webových stránkách <http://www.webcoll.net/>.



Obr. 114. WinKol - grafická analýza střetu dvou vozidel



Obr. 115. WebColl – grafická analýza střetu dvou vozidel

8 PAMĚŤ NEHODOVÝCH DAT

Správnost a přesnost výsledku analýzy jakékoli dopravní nehody je závislá především na kvalitě vstupních údajů. Ty se většinou získávají ze zanechaných stop. Existuje však také možnost získávat vstupní parametry snímáním veličin přímo v průběhu nehodového děje. K tomuto účelu se vyrábí zařízení označované jako MVEDR (Motor Vehicle Event Data Recorder), které je v podstatě obdobou černých skříněk, které se používají v letecké dopravě už celá desetiletí. Jedná se o elektronické zařízení, které je napájeno ze sítě vozidla, a které snímá údaje o jeho jízdě. Těchto černých skříněk existuje celá řada druhů a provedení. Ty nejjednodušší jsou v podstatě pouze kamerou umístěnou na palubní desce a snímající a zaznamenávající situaci před vozidlem. Dokonalejší přístroje pak mají i senzor zrychlení resp. zpomalení a také integrovaný systém GPS zaznamenávající rychlost jízdy, směr a polohu vozidla. Data se postupně ukládají na paměťovou SD kartu a po naplnění její kapacity se nejstarší záznamy začínou přepisovat novými.

Existují také zařízení, která jsou přímo napojena na řídicí jednotku a díky tomu zaznamenávají nejen údaje o jízdě vozidla (jako např. rychlost, podélné i příčné zrychlení a rotaci vozidla), ale také použití světlometů, znamení o změně směru jízdy, klaksonu, sešlápnutí brzdového pedálu, vypnutí zapalování apod. Získaná data jsou automaticky ukládána do paměti tohoto zařízení a v případě, že nedojde k nehodě, tak jsou neustále přepisována. Pokud dojde k nehodě, zůstanou zaznamenány údaje o situaci 30 vteřin před nehodou a 15 vteřin po nehodě. V případě, že by během 15 minut po nehodě došlo k manipulaci s vozidlem, je i toto zaznamenáno do paměti.

Některá tato zařízení mají v paměti nainstalovaný program pro vyhodnocení dat. Jiná zařízení je nutno připojit k počítači a data získat pomocí speciálního softwaru.

V současnosti u nás neexistuje žádný právní předpis, který by nařizoval povinné používání černých skříněk ve vozidlech. Z toho důvodu se s opravdovými černými skřínkami lze setkat stále spíše ojediněle a to většinou pouze v trolejbusích a autobusech. Přibývá však motoristů, kteří chtějí mít důkazní prostředek v případě, že by je ohrozil jiný řidič, a kteří si tedy pořizují alespoň levnější variantu černé skřínky tj. kameru. Čas od času se ze strany odborné veřejnosti objeví návrh na zavedení povinnosti používání černých skříněk ve všech vozidlech, avšak zatím takový návrh nebyl v žádné evropské zemi schválen. Důvodem je zejména obava ze ztráty soukromí a omezení osobní svobody v souvislosti s možností sledovat předchozí průběh jízdy. Naopak vyšetřovatelé, soudní

znalci a také pojišťovny by plošné povinné zavedení černých skříněk uvítali, protože takto získaná vstupní data by jim umožnila výrazné zefektivnění jejich práce při analýze dopravních nehod a především by jim zajistila objektivní důkazy pro případné soudní řízení. Mít ve svém vozidle zabudovanou černou skříňku by mělo být svým způsobem v zájmu každého řidiče, protože např. při nedobrzdnění a následném nárazu do vpředu jedoucího vozidla je téměř vždy považován za viníka ten vzadu z důvodu nedodržení bezpečné vzdálenosti. Těžko se v takových situacích prokazuje kupříkladu to, že vpředu jedoucí vůz zabrzdil zcela nečekaně a bezdůvodně nebo že mu nefungovala brzdová světla apod. Obrazový záznam celé situace pak může být jediným prokazatelným důkazem. Nezanedbatelným přínosem použití černých skříněk je také skutečnost, že její přítomnost ve vozidle automaticky podněcuje většinu řidičů k opatrnější jízdě a tím pádem zvyšuje bezpečnost na silnicích a přispívá ke snížení nehodovosti. Což je dáno známou skutečností, že lidé dodržují pravidla zejména tehdy, jsou-li si vědomi toho, že jsou monitorováni. Tento fakt prokazatelně ověřila i zkušenost těch západoevropských společností a institucí, které zavedly černé skříňky plošně pro celý svůj vozový park a jimž všem následně výrazně klesla nehodovost. Tento pokles se pohyboval v rozpětí od 9 do 66 % (viz. tabulka pod textem).

Tab. 2. Meziroční pokles nehodovosti u vozových parků používajících BlackBox

Instituce / společnost	Meziroční pokles nehodovosti
SAMOVAR (EU, BE, NL, GB)	-28 %
WKD Security (DE)	-30 %
Vídeňská policie (AT)	-18 %
Südbaden Bus Co. (DE)	-18 %
Taxi Hatscher (DE)	-66 %
Berlínská policie (DE)	-20 %
Pohraniční policie (DE)	-9 %
Londýnská met. Policie (GB)	-25 %



Obr. 116. Černá skříňka se dvěma kamerami, GPS a LCD displejem

ZÁVĚR

Cílem této práce nebylo pouze vytvořit učební pomůcku do předmětu Kriminální technologie a systémy, ale také snaha prakticky ověřit a předvést možnosti některých softwarových aplikací používaných při analýze dopravních nehod.

Teoretická část práce je zaměřena na záležitosti týkající se vyšetřování a dokazování dopravních nehod - jak na ohledání místa nehody, tak na znalecké dokazování, kriminalistické stopy, dokumentaci a vyměřování místa nehody a v neposlední řadě na popis různých výpočetních a grafických metod analýzy dopravních nehod.

Praktická část diplomové práce se zabývá možnostmi využití výpočetní techniky, resp. softwaru při analýze dopravních nehod. První tematický blok praktické části se věnuje softwarovým aplikacím pro digitální fotogrammetrii místa nehody. Jedná se především o PC-RECT, v jehož demoverzi byla provedena praktická ukázka rektifikace fotografie blokovacích stop, a obdobně koncipovaný program PHOTOMODELER PRO. Posledním programem popsáným v této sekci práce je pak systém DMU.

Stěžejní část praktické části se zabývá softwarem pro simulaci nehodového děje. Největší pozornost byla věnována jedné z nejpoužívanějších softwarových aplikací svého druhu Virtual-CRASH. Jelikož byla k dispozici téměř neomezená verze, bylo provedeno několik vlastních simulací, na nichž byly prezentovány možnosti práce se simulačními programy. Jako další program tohoto druhu byl popsán PC-CRASH, v jehož demoverzi byla provedena praktická ukázka 3D modelování interiéru vozidla na základě bočního nákresu. Otestována byla také aplikace ADNE, v jejíž funkčně omezené verzi byla provedena analýza předjížděcího manévru. Dále následovalo teoretické seznámení s programem CARAT, který se nijak výrazně neliší od jiných simulačních programů. Poté byl zpracován úvod do aplikací EVU-DOS a KOLIZE. Jelikož se jedná o poměrně zastaralé programy, které se již téměř nepoužívají, bylo obtížné sehnat jakékoliv podrobnější informace popř. demoverzi pro praktické odzkoušení těchto typů softwaru. Místo nich byly podrobněji popsány jiné, stále aktuální, softwarové aplikace: programový balík pro analýzu dopravních nehod Cyborg Idea, dlouho známý, avšak stále průběžně aktualizovaný program ANALYZER PRO a nakonec jednoduchý program pro analýzu střetu dvou vozidel WinKol. Poslední kapitola praktické části práce byla věnována problematice paměti nehodových dat, která by v budoucnu mohla výrazně zjednodušit a urychlit analýzu dopravních nehod díky zaznamenávání potřebných vstupních údajů.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The aim of this work was not only a educating tool in the course Criminalistics technology and systems, but also a practical effort to verify and demonstrate the possibility of software applications used in the analysis of traffic accidents.

The theoretical part focuses on issues relating to the investigation and evidence of accidents - as the inspection of an accident site and the expert evidence, forensic trail, documentation and triangulation of the accident and finally to describe the various computational and graphical methods for analysis of traffic accidents.

The practical part deals with the possibilities of using computer technology for the analysis of traffic accidents. The first thematic block of practical part deals with the software applications for digital photogrammetry of the accident. This is essentially a software PC-RECT. In the demo was made a practical demonstration of rectification of skid traces. Furthermore was described the work with the program PHOTOMODELER PRO and DMU system.

The main section of the practical part is devoted to software for crash simulation. The greatest attention was paid to one of the most used software application of its kind Virtual-CRASH. Since it was available in almost unlimited version was made own simulations, which were presented the options for working with this program. As a further software of this kind was described PC-CRASH, in which was made a practical demonstration of the 3D modeling of the vehicle interior. Was also tested application ADNE, in which functionally limited version was made an analysis of overtaking. Followed by a theoretical introduction to the program CARAT, which is not significantly different from other simulation programs. It was then processed a introduction to software EVU-DOS and KOLIZE. Since they are the fairly outdated and almost unused programs. It was impossible to get more detailed information or demo for the practical test of these types of software. Instead of they were described in detail another more up to date software applications: software package for analysis of traffic accidents Cyborg Idea, long known but still continually updated program ANALYZER PRO and finally a simple program to analyze the collision of two vehicles named WinKol. The last chapter of practical work was paid to the motor vehicle event data recorder, which in future could significantly simplify and accelerate the analysis of traffic accidents by recording the necessary input data.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PORADA, Viktor: Kriminalistika. Brno 2001, 746 s. ISBN 8072041940.
- [2] PORADA, Viktor: Silniční dopravní nehoda v teorii a praxi. Praha 2000, 378 s. ISBN 80-7201-212-6.
- [3] BERAN, Tomáš: Dopravní nehody - právní rádce pro každého řidiče. Brno 2007, 171 s. ISBN 978-80-251-1791-0.
- [4] *Ministerstvo vnitra ČR* [online]. 2011 [cit. 2011-04-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.mvcr.cz>>.
- [5] *Ministerstvo dopravy ČR* [online]. 2011 [cit. 2011-04-10]. Dostupný z WWW: <http://www.mdcr.cz/cs/>
- [6] *BESIP* [online]. 2011 [cit. 2011-04-10]. Dostupný z WWW: <<http://ibesip.cz/>>.
- [7] *PC-CRASH* [online]. 2011 [cit. 2011-05-05]. Dostupný z WWW: <<http://www.pccrash.cz/>>.
- [8] *DSD* [online]. 2011 [cit. 2011-05-05]. Dostupný z WWW: <<http://www.dsd.at>>.
- [9] *Virtual CRASH* [online]. 2011 [cit. 2011-04-25]. Dostupný z WWW: <<http://vcrash.com/>>.
- [10] HLAVÁČ, Petr. *Typické stopy dopravních nehod*. Otrokovice, 2009. 98 s. Bakalářská práce. FAI UTB.
- [11] *Ústav soudního znaleství v dopravě K622 a analýza dopravních nehod* [online]. 2011 [cit. 2011-04-25]. Dostupné z WWW: <<http://k622.fd.cvut.cz>>.
- [12] *Využití digitální fotogrammetrie* [online]. 2011 [cit. 2011-04-10]. Dostupné z WWW: <http://www.techartis.cz/TA_2006/11_Sindelar/11_Sindelar.htm>.
- [13] *PhotoModeler* [online]. 2011 [cit. 2011-04-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.photomodeler.com/>>.
- [14] *Dalessi engineering* [online]. 2011 [cit. 2011-05-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.ing-dalessi.com/>>.
- [15] *Ingenieurbüro Jürgen Burg* [online]. 2011 [cit. 2011-05-06]. Dostupné z WWW: <<http://www.unfallanalyse-burg.de/>>.
- [16] *Udruženje sudskih veštaka Vojvodina* [online]. 2011 [cit. 2011-05-06]. Dostupné z WWW: <<http://www.forensicexp-vojvodina.org.rs/>>.

- [17] *ANALYZER PRO 11.0 Die Software für die Rekonstruktion von Verkehrsunfällen* [online]. 2011 [cit. 2011-05-08]. Dostupné z WWW: <<http://www.analyzer.at/>>.
- [18] *Cyborg Idea systemy informatyczne - Wspomaganie rekonstrukcji wypadków drogowych* [online]. 2011 [cit. 2011-05-04]. Dostupné z WWW: <<http://www.cyborgidea.com.pl/forensic/index.html>>.
- [19] KRUML, Jaroslav. *Ohledání místa činu u bytových a nebytových prostor – postřehy z policejní praxe* [online]. 2007. 58 s. Bakalářská práce. PF MU Brno. Dostupné z WWW: <http://is.muni.cz/th/135015/pravf_b/Ohledani_mista_cinu_u_bytovych_prilohy.pdf>.
- [20] *WinKol - Colliseum* [online]. 2011 [cit. 2011-05-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.colliseum.net/wiki/WinKol>>.
- [21] *WebColl - ClaimMS GmbH - WinKol reloaded* [online]. 2011 [cit. 2011-05-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.webcoll.net/>>.
- [22] *Unfallexperten* [online]. 2011 [cit. 2011-05-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.unfallexperten.de/>>.
- [23] *Accident analysis – Calculation of the impact speeds* [online]. 2010 [cit. 2011-05-10]. Dostupné z WWW: <<http://blog.accidentsketch.com/2010/08/09/accident-analysis-calculation-of-the-impact-speeds/>>.
- [24] *Observatoř bezpečnosti silničního provozu* [online]. 2011 [cit. 2011-05-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.czrso.cz/>>.
- [25] *Österreich will EU-Unfallschreiber für PKW vorschlagen* [online]. 2005 [cit. 2011-05-12]. Dostupné z WWW: <<http://www.heise.de/newsticker/meldung/oesterreich-will-EU-Unfallschreiber-fuer-PKW-vorschlagen-150312.html>>.
- [26] *Černá skříňka auta - monitoring vozidel* [online]. 2011 [cit. 2011-05-11]. Dostupné z WWW: <<http://cerna-skrinka.cz/>>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

DN	Dopravní nehoda
OČVTŘ	Orgány činné v trestním řízení
MV	Ministerstvo vnitra
ABS	Antiblokovací systém
ESP	Elektronický stabilizační program
ASR	Regulace prokluzu kol
BA	Brzdový asistent
MHD	Městská hromadná doprava
VBM	Výchozí bod měření
PBM	Pomocný bod měření
DMU	Dokumentace místa události
PC	Personal computer – osobní počítač
STD	Diagram dráha - čas
EES	Ekvivalentní bariérová rychlost
OZV	Oblast zakrytého výhledu
EVU	Evropské sdružení pro výzkum a analýzu nehod
MVEDR	Motor Vehicle Event Data Recorder – černá sříňka

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Stopa jízdy na sněhu	24
(zdroj: http://www.flickr.com/photos/34520832@N07/3323999830)	
Obr. 2. Brzdná stopa na blátě.....	24
(zdroj: http://www.flickr.com/photos/23307790@N05/2231082479)	
Obr. 3. Blokovací stopy na asfaltu	25
(zdroj: http://www.flickr.com/photos/23311173@N03/3369768059)	
Obr. 4. Stopy smyku osobního vozidla	25
(zdroj: http://www.rsiinsurancebrokers.com/3_09-skid-avoidance-and-control-)	
Obr. 5. Stopa dření motocyklu o vozovku.....	26
(zdroj: http://news.aitkenlaw.com/verdicts-settlements/police-motorcycle-crash)	
Obr. 6. Stopa krve	26
(zdroj: http://www.yesfm.com.ph/wp-content/uploads/2011/01/G20_blood_on_road.jpg)	
Obr. 7. Stopa po úniku provozní kapaliny.....	26
(zdroj: http://www.flensburg-online.de/blog/wp-content/uploads/2009/05/motorrad-unfall-velbert.jpg)	
Obr. 8. Stopy vozidla vybaveného systémem ABS	27
(zdroj: www.dervman.com)	
Obr. 9. Poškozené vozidlo Peugeot.....	28
(zdroj: vlastní)	
Obr. 10. Poškozený autobus MHD	28
(zdroj: vlastní)	
Obr. 11. Zničené dláždění vedle vozovky	29
(zdroj: vlastní)	
Obr. 12. Poškozený kmen stromu	29
(zdroj: http://www.chcizit.cz/1-2229-zdemolovana-felicie)	
Obr. 13. Plán místa dopravní nehody	32
(zdroj: Porada, Viktor: Silniční dopravní nehoda v teorii a praxi)	

Obr. 14. Vyměřování místa dopravní nehody průsečíkovou metodou	33
(zdroj: Porada, Viktor: Silniční dopravní nehoda v teorii a praxi)	
Obr. 15. Vyměřování místa dopr. nehody metodou pravoúhlých souřadnic.....	34
(zdroj: http://brno4f64.sweb.cz/Kriminalistika/Dokumentace-4.ppt)	
Obr. 16. Vyměřování místa dopr. nehody trojúhelníkovou metodou	34
(zdroj: http://brno4f64.sweb.cz/Kriminalistika/Dokumentace-4.ppt)	
Obr. 17. Rozdělení střetů.....	41
(zdroj: Porada, Viktor: Silniční dopravní nehoda v teorii a praxi)	
Obr. 18. Korelační diagram závislosti poškození vozidla a EES.....	43
(zdroj: Porada, Viktor: Silniční dopravní nehoda v teorii a praxi)	
Obr. 19. Jednotlivé fáze letu předmětu po střetu	44
(zdroj: Porada, Viktor: Silniční dopravní nehoda v teorii a praxi)	
Obr. 20. Grafická analýza brzdění vozidla do zastavení.....	45
(zdroj: Porada, Viktor: Silniční dopravní nehoda v teorii a praxi)	
Obr. 21. Panel nástrojů demoverze programu PC-RECT.....	48
(zdroj: vlastní)	
Obr. 22. Označený potřebný výřez plochy na vložené fotografii	48
(zdroj: http://www.dsd.at/)	
Obr. 23. Definování referenčních vzdáleností čtyřúhelníkovou metodou.....	49
(zdroj: http://www.dsd.at/)	
Obr. 24. Fotografie po rektifikaci	50
(zdroj: http://www.dsd.at/)	
Obr. 25. Rektifikace spojováním fotografií.....	51
(zdroj: http://www.dsd.at/)	
Obr. 26. Vozovka s křižovatkou vytvořená v programu PC-RECT	52
(zdroj: http://www.dsd.at/)	
Obr. 27. 3D rektifikace – první snímek.....	53
(zdroj: http://www.dsd.at/)	

Obr. 28. 3D rektifikace – druhý snímek	53
(zdroj: http://www.dsd.at/)	
Obr. 29. 3D rektifikace – třetí snímek.....	54
(zdroj: http://www.dsd.at/)	
Obr. 30. Výsledek 3D rektifikace	54
(zdroj: http://www.dsd.at/)	
Obr. 31. Snímek z videozáznamu	55
(zdroj: http://www.dsd.at/)	
Obr. 32. Označené rektifikační vzdálenosti.....	55
(zdroj: http://www.dsd.at/)	
Obr. 33. Rektifikovaný snímek z videa.....	55
(zdroj: http://www.dsd.at/)	
Obr. 34. Snímek s označeným výřezem plochy a označenými rektifikačními body	56
(zdroj: vlastní)	
Obr. 35. Rektifikovaná fotografie se změřeným rozchodem blokovacích stop.....	57
(zdroj: vlastní)	
Obr. 36. Rektifikace místa nehody ze dvou pořízených fotografií	58
(zdroj: http://www.nzci.co.nz/)	
Obr. 37. Vytvoření 3D modelu vozidla ze dvou fotografií	59
(zdroj: http://www.msoftware.co.za/pmaccident.html)	
Obr. 38. Snímková dvojice - DMU	62
(zdroj: Porada, Viktor: Silniční dopravní nehoda v teorii a praxi)	
Obr. 39. Systém DMU - pomůcky pro práci na místě události	62
(zdroj: http://brno4f64.sweb.cz/Kriminalistika/Dokumentace-4.ppt)	
Obr. 40. Systém DMU – zařízení pro práci v kanceláři	62
(zdroj: http://brno4f64.sweb.cz/Kriminalistika/Dokumentace-4.ppt)	
Obr. 41. Panely nástrojů v programu Virtual-CRASH 2.2.....	64
(zdroj: vlastní)	

Obr. 42. Výběr typu vozidla	66
(zdroj: vlastní)	
Obr. 43. Zadávání počátečních hodnot.....	66
(zdroj: vlastní)	
Obr. 44. Vykreslené budoucí polohy vozidla	66
(zdroj: vlastní)	
Obr. 45. Zadávání hodnot pro danou polohu	66
(zdroj: vlastní)	
Obr. 46. Editace parametrů vozidla.....	67
(zdroj: vlastní)	
Obr. 47. Galerie vozidel	67
(zdroj: vlastní)	
Obr. 48. Ukázka tvorby povrchu.....	68
(zdroj: vlastní)	
Obr. 49. Ukázka tvorby polygonů.....	68
(zdroj: vlastní)	
Obr. 50. Umístění kamer pro sledování průběhu simulace	69
(zdroj: vlastní)	
Obr. 51. Celkový půdorysný pohled na vyhýbací manévr	70
(zdroj: vlastní)	
Obr. 52. Bližší půdorysný pohled na vyhýbací manévr	70
(zdroj: vlastní)	
Obr. 53. Vyhýbací manévr – pohled zezadu.....	71
(zdroj: vlastní)	
Obr. 54. Vyhýbací manévr – pohled zepředu	71
(zdroj: vlastní)	
Obr. 55. Vyhýbací manévr – pohled zboku.....	71
(zdroj: vlastní)	

Obr. 56. Celkový půdorysný pohled na simulaci střetu	73
(zdroj: vlastní)	
Obr. 57. Bližší půdorysný pohled na simulaci střetu	73
(zdroj: vlastní)	
Obr. 58. Pohled na přijíždějící vozidlo Škoda Fabia.....	74
(zdroj: vlastní)	
Obr. 59. Pohled na přijíždějící vozidlo Peugeot 206.....	74
(zdroj: vlastní)	
Obr. 60. Celkový pohled na simulaci střetu	74
(zdroj: vlastní)	
Obr. 61. Počáteční pohybový stav – rychlost 39 km/h.....	75
(zdroj: vlastní)	
Obr. 62. Dobrzd'ování vozidla	75
(zdroj: vlastní)	
Obr. 63. Počátek simulace – rychlost 39 km/h	76
(zdroj: vlastní)	
Obr. 64. Začátek brzdění	76
(zdroj: vlastní)	
Obr. 65. Začátek brzdných stop	76
(zdroj: vlastní)	
Obr. 66. Konečná poloha vozidla – konec brzdných stop.....	76
(zdroj: vlastní)	
Obr. 67. Panel nástrojů demoverze PC-CRASH 8.1.....	77
(zdroj: vlastní)	
Obr. 68. Výběr vozidla z databáze	78
(zdroj: http://80.123.144.74/DSD/images/download/pcc90_manual_SK.pdf)	
Obr. 69. Zadávání rozměrů a hmotností vozidla.....	79
(zdroj: http://80.123.144.74/DSD/images/download/pcc90_manual_SK.pdf)	

Obr. 70. Zadávání údajů o pružení a tlumení vozidla	79
(zdroj: http://80.123.144.74/DSD/images/download/pcc90_manual_SK.pdf)	
Obr. 71. Zadávání údajů o pneumatikách.....	79
(zdroj: http://80.123.144.74/DSD/images/download/pcc90_manual_SK.pdf)	
Obr. 72. Údaje polohy	80
(zdroj: http://80.123.144.74/DSD/images/download/pcc90_manual_SK.pdf)	
Obr. 73. Jízdní sekvence.....	80
(zdroj: http://80.123.144.74/DSD/images/download/pcc90_manual_SK.pdf)	
Obr. 74. Možnosti odvrácení nehody	81
(zdroj: http://80.123.144.74/DSD/images/download/pcc90_manual_SK.pdf)	
Obr. 75. Tabulka kinematických výpočtů akcelerace	82
(zdroj: http://80.123.144.74/DSD/images/download/pcc90_manual_SK.pdf)	
Obr. 76. Graf akcelerace.....	83
(zdroj: http://80.123.144.74/DSD/images/download/pcc90_manual_SK.pdf)	
Obr. 77. Zpětný výpočet pomocí analýzy stop – okno pro zadávání vstupních údajů.....	84
(zdroj: http://80.123.144.74/DSD/images/download/pcc90_manual_SK.pdf)	
Obr. 78. Zpětný výpočet pomocí analýzy stop – zobrazení mezipoloh	85
(zdroj: http://80.123.144.74/DSD/images/download/pcc90_manual_SK.pdf)	
Obr. 79. Půdorysné zobrazení simulace	86
(zdroj: http://80.123.144.74/DSD/images/download/pcc90_manual_SK.pdf)	
Obr. 80. Trojrozměrná videoanimace.....	86
(zdroj: http://80.123.144.74/DSD/images/download/pcc90_manual_SK.pdf)	
Obr. 81. Modelování interiéru vozidla	87
(zdroj: http://80.123.144.74/DSD/images/download/pcc90_manual_SK.pdf)	
Obr. 82. Simulace zatížení řidiče při nehodě.....	88
(zdroj: http://80.123.144.74/DSD/images/download/pcc90_manual_SK.pdf)	
Obr. 83. Okno vícetělesového systému - chodce	89
(zdroj: http://80.123.144.74/DSD/images/download/pcc90_manual_SK.pdf)	

Obr. 84. Nastavení údajů chodce	89
(zdroj: http://80.123.144.74/DSD/images/download/pcc90_manual_SK.pdf)	
Obr. 85. Nastavení údajů vozidla.....	89
(zdroj: http://80.123.144.74/DSD/images/download/pcc90_manual_SK.pdf)	
Obr. 86. Simulace střetu vozidla s chodcem.....	90
(zdroj: http://80.123.144.74/DSD/images/download/pcc90_manual_SK.pdf)	
Obr. 87. Obkreslený tvar interiéru vozidla	91
(zdroj: vlastní)	
Obr. 88. Trojrozměrný výsledek modelování interiéru vozidla.....	91
(zdroj: vlastní)	
Obr. 89. První fáze předjížděcího manévru	93
(zdroj: vlastní)	
Obr. 90. Druhá fáze předjížděcího manévru.....	93
(zdroj: vlastní)	
Obr. 91. Třetí fáze předjížděcího manévru	94
(zdroj: vlastní)	
Obr. 92. Výpočet rozhledové vzdálenosti	94
(zdroj: vlastní)	
Obr. 93. Rozmístění plovoucích oken.....	96
(zdroj: http://www.unfallanalyse-burg.de/download/SAE-Paper2002.pdf)	
Obr. 94. Trojrozměrné zobrazení sil působících při střetu.....	96
(zdroj: http://www.forensicexp-vojvodina.org.rs/radovi/Upotreba_softvera_card40.doc)	
Obr. 95. Sledování simulace z pohledu řidiče	97
(zdroj: http://www.unfallanalyse-burg.de/download/SAE-Paper2002.pdf)	
Obr. 96. Rozdělení vozidla – první způsob	98
(zdroj: http://www.unfallanalyse-burg.de/download/SAE-Paper2002.pdf)	
Obr. 97. Rozdělení vozidla – druhý způsob	98
(zdroj: http://www.unfallanalyse-burg.de/download/SAE-Paper2002.pdf)	

Obr. 98. Simulace nákladní soupravy při rychlé změně jízdního pruhu	99
(zdroj: http://www.unfallanalyse-burg.de/download/SAE-Paper2002.pdf)	
Obr. 99. Grafické znázornění pohybů jízdní soupravy	99
(zdroj: http://www.unfallanalyse-burg.de/download/SAE-Paper2002.pdf)	
Obr. 100. Simulace převrácení prázdného přívěsu při průjezdu zatáčkou	100
(zdroj: http://www.forensicexp-vojvodina.org.rs/radovi/Upotreba_softvera_card40.doc)	
Obr. 101. Simulace střetu osobního vozidla s nákladní soupravou	101
(zdroj: http://www.forensicexp-vojvodina.org.rs/radovi/Upotreba_softvera_card40.doc)	
Obr. 102. Videoanimace střetu osobního vozidla s nákladní soupravou	101
(zdroj: http://www.forensicexp-vojvodina.org.rs/radovi/Upotreba_softvera_card40.doc)	
Obr. 103. Simulace střetu osobního vozidla s nákladní soupravou	105
(zdroj: http://www.cyborgidea.com.pl/forensic/vehsim/index.html)	
Obr. 104. Nastavení posádky vozidla	105
(zdroj: http://www.cyborgidea.com.pl/forensic/vehsim/Description.html)	
Obr. 105. Vytvořený plán místa nehody	106
(zdroj: http://www.cyborgidea.com.pl/forensic/plan/index.html)	
Obr. 106. Grafická analýza střetu vozidla s chodcem	107
(zdroj: http://www.cyborgidea.com.pl/forensic/titan/index.html)	
Obr. 107. Grafická analýza na základě Slibarovy metody	108
(zdroj: http://www.cyborgidea.com.pl/forensic/slibar/index.html)	
Obr. 108. Označené vzdálenosti mezi čtyřmi rektifikačními body	109
(zdroj: http://www.cyborgidea.com.pl/forensic/photorect/index.html)	
Obr. 109. Ukázka několika půdorysů vozidel z databáze Ratschbacher AUTOVIEW	110
(zdroj: vlastní)	
Obr. 110. Zadávání vstupních hodnot	111
(zdroj: http://www.analyzer.at/ANALYZER110.pdf)	
Obr. 111. Vykreslení pohybu a působících sil při střetu dvou osobních vozidel	112
(zdroj: http://www.analyzer.at/analyzer_e.htm)	

Obr. 112. 3D videoanimace a půdorysný pohled na střet dvou osobních vozidel.....	112
(zdroj: http://www.analyzer.at/ANALYZER110.pdf)	
Obr. 113. Diagram dráha – čas	113
(zdroj: http://www.analyzer.at/ANALYZER110.pdf)	
Obr. 114. WinKol - grafická analýza střetu dvou vozidel.....	114
(zdroj: http://www.colliseum.net/wiki/WinKol)	
Obr. 115. WebColl – grafická analýza střetu dvou vozidel.....	114
(zdroj: http://www.colliseum.net/wiki/WinKol)	
Obr. 116. Černá skříňka se dvěma kamerami, GPS a LCD displejem.....	117
(zdroj: http://www.helmkamera-onlineshop.de/auto-blackbox/video-blackbox-2ch-mit-gps-und-lcd-display-kfz.html)	

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Bodové hodnocení poškození vozidla 42

(zdroj: Porada, Viktor: Silniční dopravní nehoda v teorii a praxi)

Tab. 2. Meziroční pokles nehodovosti u vozových parků používajících BlackBox..... 116

(zdroj: <http://www.czrso.cz/index.php?id=452>)

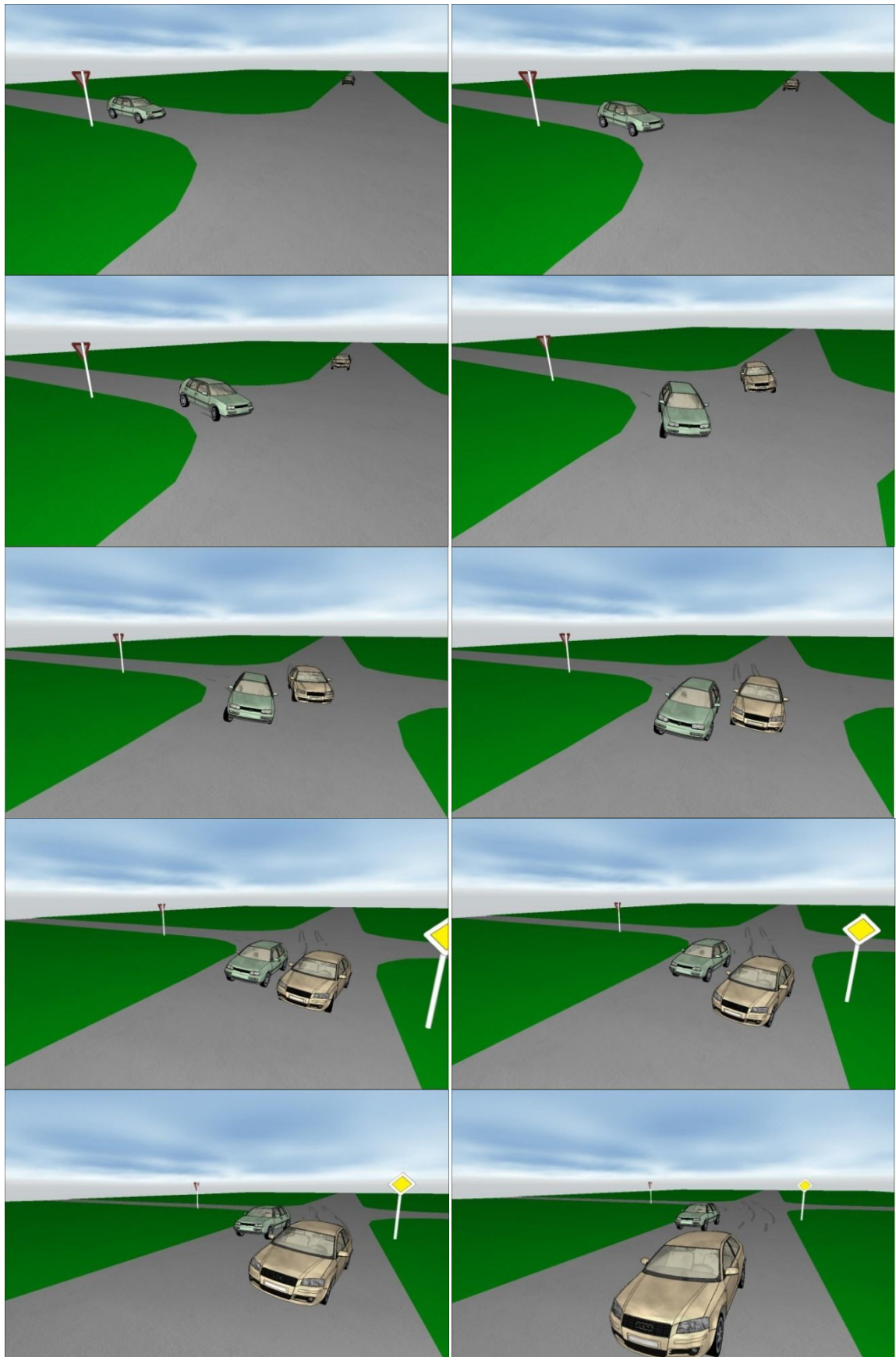
SEZNAM PŘÍLOH

P I Virtual-CRASH – vyhýbací manévr

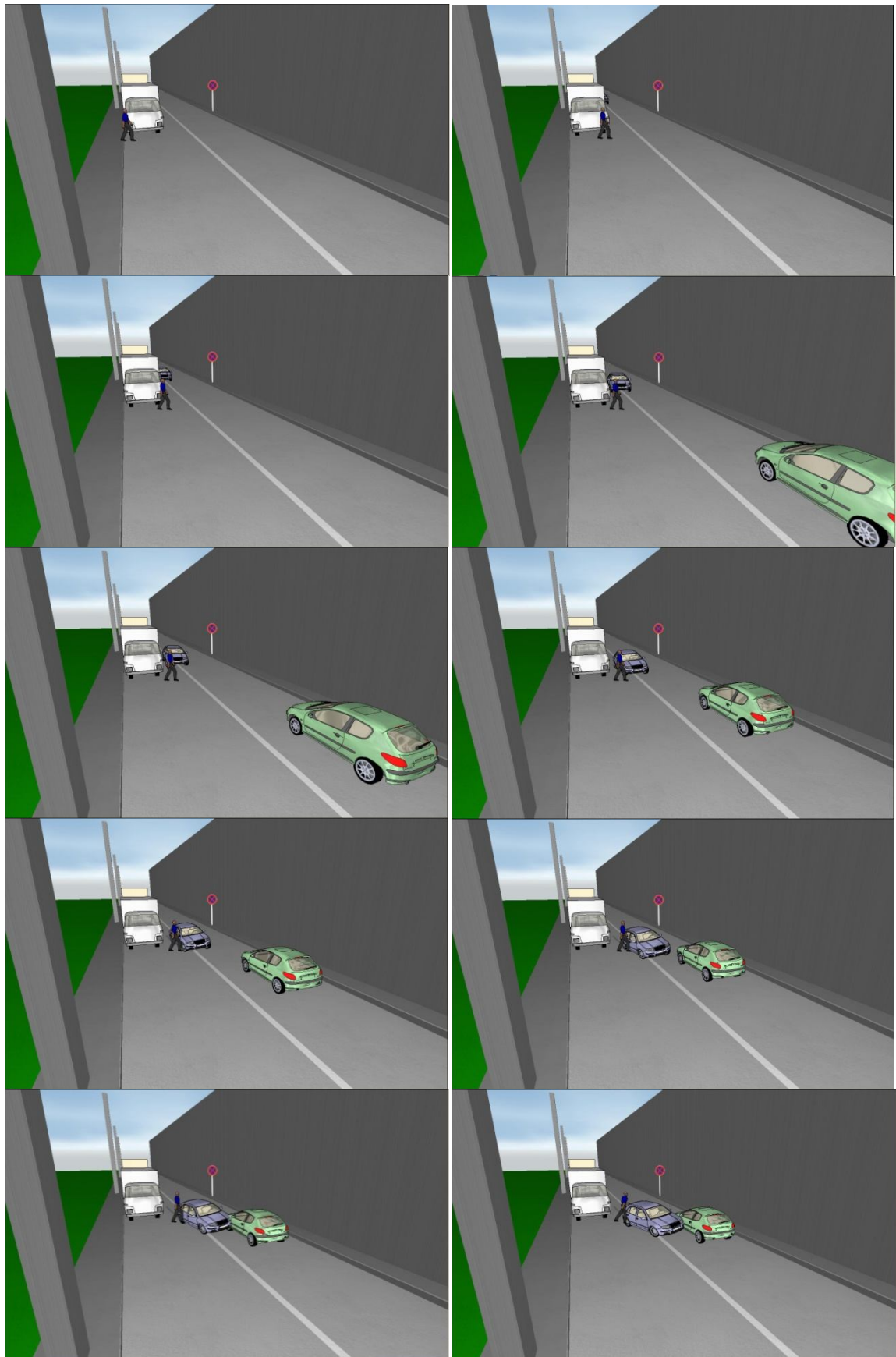
P II Virtual-CRASH – simulace střetu

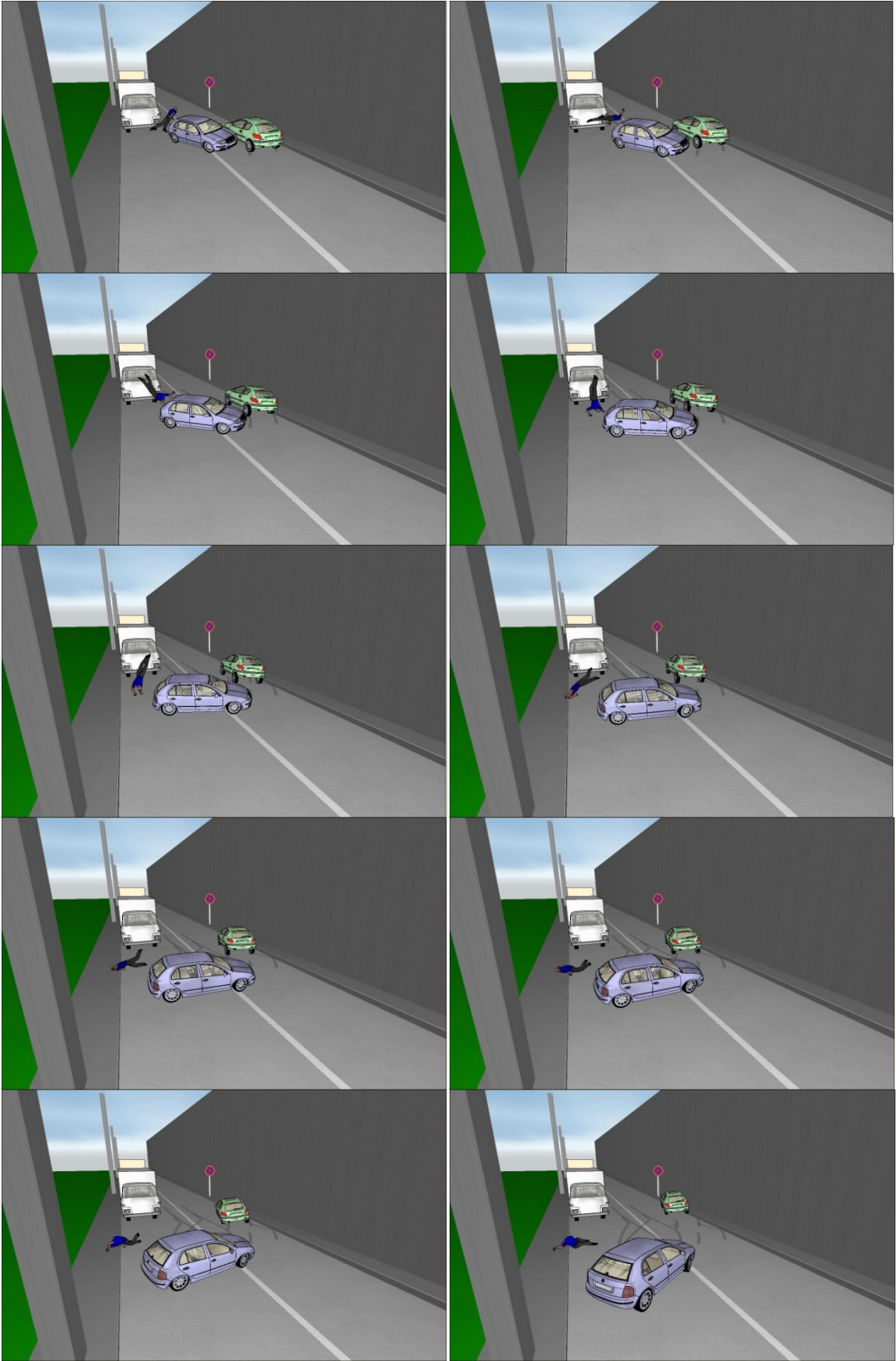
P III Virtual-CRASH – simulace brzdného manévru na rektifikované fotografii

PŘÍLOHA P I: VIRTUAL-CRASH – VYHÝBACÍ MANÉVR



PŘÍLOHA P II: VIRTUAL-CRASH – SIMULACE STŘETU





PŘÍLOHA P III: VIRTUAL-CRASH – SIMULACE BRZDNÉHO MANÉVRU NA REKTIFIKOVANÉ FOTOGRAFII

