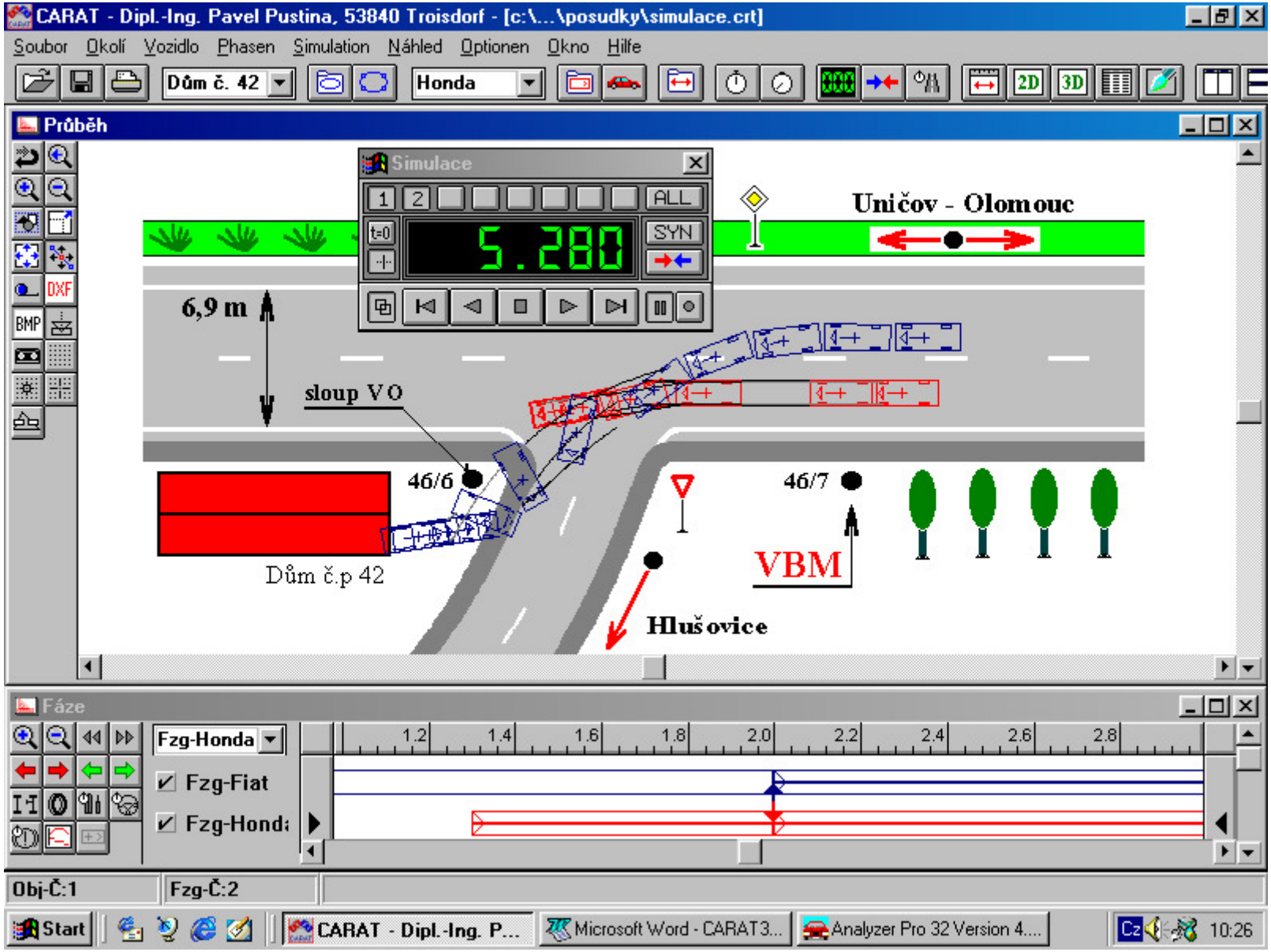

CARAT - Dipl.-Ing. Pavel Pustina, 53840 Troisdorf - [c:\...\posudky\simulace.crt]
Soubor Okolí Vozidlo Phasen Simulation Náhled Optionen Okno Hilfe
Dům č. 42
Honda
Průběh
Simulace
5.280
Uničov - Olomouc
6,9 m
sloup VO
46/6
46/7
Dům č.p 42
VBM
Hlušovice
Fáze
Fzg-Honda
Fzg-Fiat
Fzg-Honda
Obj-Č:1
Fzg-Č:2
Start
CARAT - Dipl.-Ing. P...
Microsoft Word - CARAT3...
Analyzer Pro 32 Version 4....
10:26

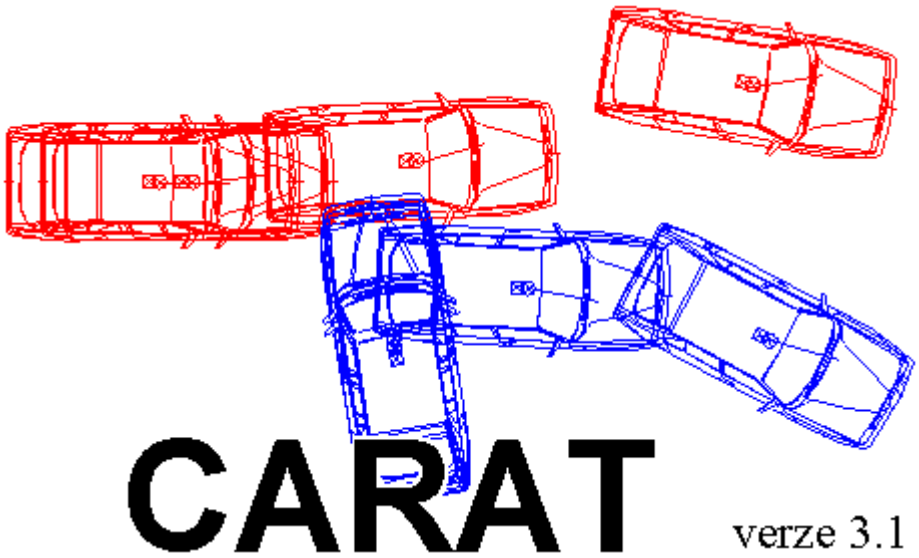
Obr. č. 1 Znázornění možností práce s pozadím - pohyb vozidla po reálně zanechaných stopách + činnost manažera fází *(pružně je možno posouvat v čase počátek pohybu vozidla Honda - synchronizace pohybů)*

ing. Vlastimil Rábek, časopis Soudní inženýrství (CZ), 2/2000, vybrané údaje byly aktualizovány k 9/2002 (zejména cena programů)

Analytický software Carat 3.1 - uživatelský pohled (srovnání)

1.0 Základní popis možností programu Carat 2.0 dle autorů software

Tato kapitola 1.0 je prostým překladem propagačního materiálu k verzi Carat 2.0 z německého jazyka, kde byly autory tohoto příspěvku aktuálně pouze doplněny vybrané rozdíly k verzi Caratu 3.1. Také byly doplněny obrázky, které dokladují rozdíly grafického prostředí řešených výstupů ve verzích Caratu 2.0 a Caratu 3.1.



Computer Aided Rekonstru -
ction of Accidents in Traffic

Program CARAT skýtá možnost analyzovat a představovat téměř všechny typy průběhů nehodových dějů s účastí dvoustopých motorových vozidel.

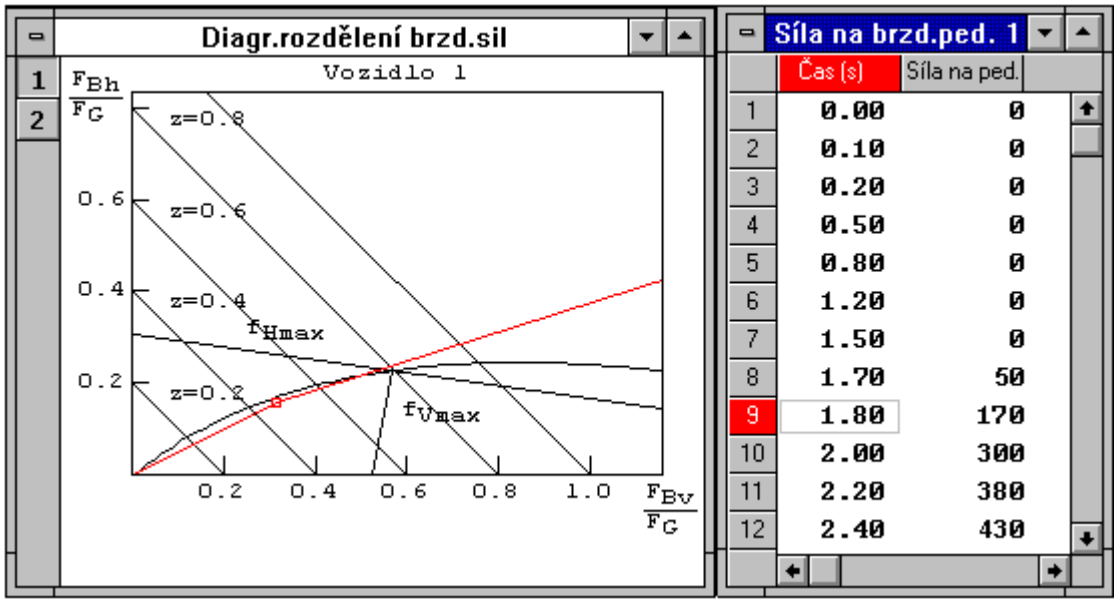
Detailním matematickým modelem mohou být vyšetřeny libovolné jízdní, brzdné a smykové děje. K analýze kolize jsou v programu Carat k dispozici tzv. dopředné a zpětné modely, přičemž u zpětných modelů lze dle reálné konfigurace vstupních hodnot zvolit model impulsní či energetický *(EES).* Ve verzi Carat 3.1 je také možno používat při řešení střetů vozidel početní model rázu se skluzem a bez skluzu.

Matematické a fyzikální základy kinematického modulu programu.

K analýze jízdních, brzdných a smykových průběhů je použit 3D *(prostorový)* náhradní matematický model vozidla *(nezaměňovat s 3D modelem řešení střetů),* jenž se vyznačuje níže uvedenými zvláštnostmi.

Důležitým elementem u matematické simulace pohybu vozidel je použitý technický model nahrazující reálné vlastnosti pneumatik *(zejména směrová tuhost pneumatiky v závislosti na radiálním zatížení pneumatiky a úhlu směrové úchylky kola a také je důležitá adhezně - skluzová charakteristika).*

Byla proto ve věci náhradního technického modelu vlastností pneumatiky navázána spolupráce s firmou IPG, Prof. Dr. Ing. Rolfa Gnadlera z Karlsruhe, jenž pro výzkumné účely prováděné v automobilovém průmyslu vytvořil jízdní model IPG - Tire. Tento modul byl do software CARAT včleněn, přičemž program umožňuje simulovat současný pohyb až 8 vozidel s různým typem pneumatik a různou hloubkou desénu. Maximální přenesitelnou sílu mezi pneumatikou a vozovkou, jak v podélném tak příčném směru lze pro každou pneumatiku do programu zadat jako funkci rychlosti pohybu. Také mohou být definovány mnohé plochy s různými součiniteli tření na vozovce, přičemž je také možno definovat podélné a příčné sklony vozovky. Tento software umožňuje pro každé vozidlo nastavit polohu tzv. bodu zlomu, pro automatickou regulaci brzdného účinku zadní nápravy při brzdění *(viz. obr. níže),* nebo je také možno v kaskádě časových segmentů definovat pro každé kolo vozidla zvlášť numerické hodnoty poměrných brzdných účinků. Pomocí této funkce je možno simulovat poměrně dobře brzdění vozidla s asymetrickým brzdným účinkem či případně pohyb brzdícího vozidla přes adhézní nehomogenitu apod.

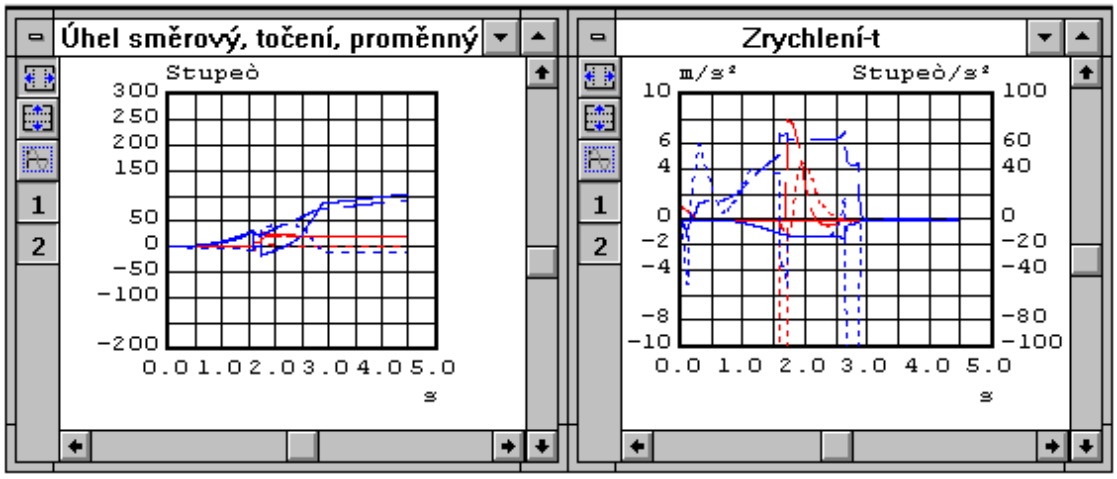


Obr. č. 2 Nastavení tzv. *„proporcionality brzdění“* + možnost modelovat průběh ovládací síly na brzdný pedál *(např. dle brzdných zkoušek)*

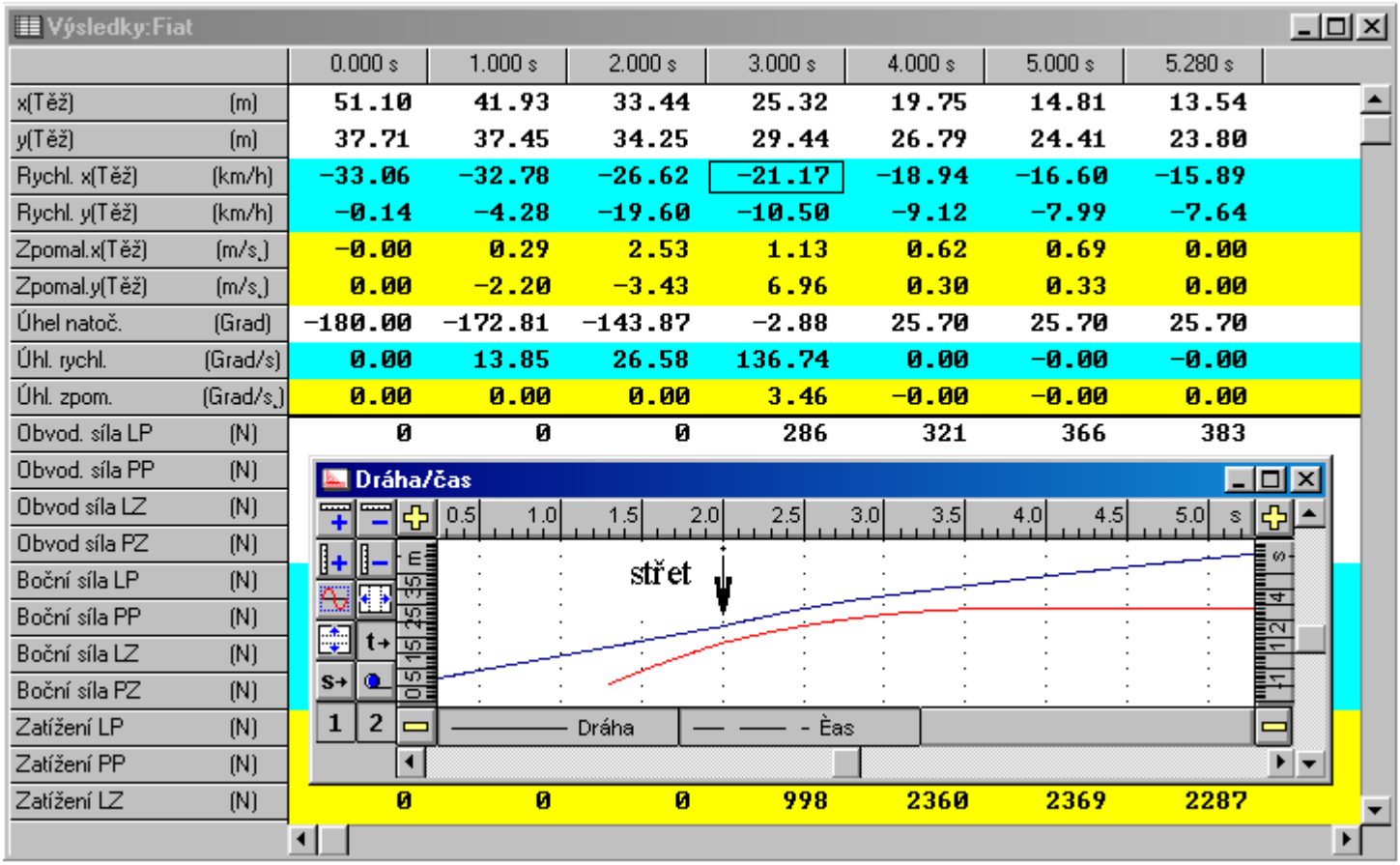
V programu CARAT může být simulován průběh brzdění s klasickým uspořádáním brzdného systému i se systémem ABS. Řídící pohyby volantu, ovládací síly na brzdném a plynovém pedálu mohou být jako funkce času libovolně zadávány pro jednotlivá vozidla.

Program CARAT obsahuje také specielní algoritmus *(algoritmus následování vytčeného směru),* který zajišťuje zpětné dopočítávání úhlu nastavení volantu v čase jako následek uživatelem předem definované trajektorie těžiště vozidla v rovině vozovky.

Všechny výsledky řešení resp. simulace pohybu vozidel mohou být znázorněny na obrazovce a vytištěny ve formě diagramů a tabulek. Zejména je možno u všech vozidel, získat jako funkci času úhel příčného pohybu, zatížení kol, stranové síly, obvodové síly, průběh polohy a rychlosti natočení volantu, rychlosti *(i úhlové),* zrychlení *(i úhlové),* dráhu, příčný úhel naklopení, úhel směru pohybu, proměnný úhel pohybu *(tzv. Schwimwinkel)* apod. Tyto údaje je možno sledovat jak v průběhu předstřetového pohybu vozidel, okamžiku střetu vozidel, tak v průběhu postřetového pohybu.



Obr. č. 3 Výstupy průběhů sledovaných veličin - *ze simulace - f (t)* - Carat 2.0



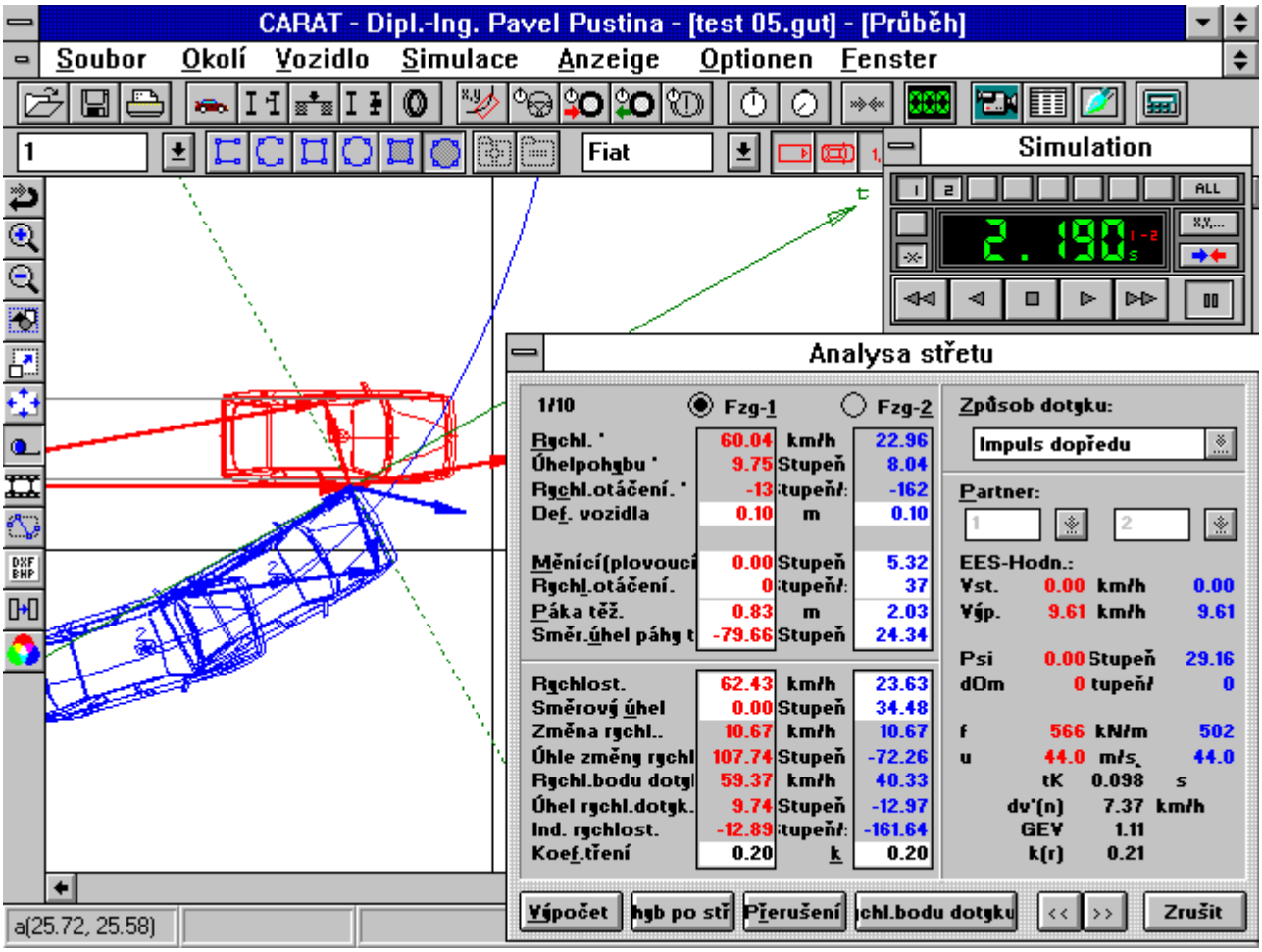
Výsledky:Fiat

		0.000 s	1.000 s	2.000 s	3.000 s	4.000 s	5.000 s	5.280 s
x(Těž)	(m)	51.10	41.93	33.44	25.32	19.75	14.81	13.54
y(Těž)	(m)	37.71	37.45	34.25	29.44	26.79	24.41	23.80
Rychl. x(Těž)	(km/h)	-33.06	-32.78	-26.62	-21.17	-18.94	-16.60	-15.89
Rychl. y(Těž)	(km/h)	-0.14	-4.28	-19.60	-10.50	-9.12	-7.99	-7.64
Zpomal.x(Těž)	(m/s)	-0.00	0.29	2.53	1.13	0.62	0.69	0.00
Zpomal.y(Těž)	(m/s)	0.00	-2.20	-3.43	6.96	0.30	0.33	0.00
Úhel natoč.	(Grad)	-180.00	-172.81	-143.87	-2.88	25.70	25.70	25.70
Úhl. rychl.	(Grad/s)	0.00	13.85	26.58	136.74	0.00	-0.00	-0.00
Úhl. zpom.	(Grad/s)	0.00	0.00	0.00	3.46	-0.00	-0.00	0.00
Obvod. síla LP	(N)	0	0	0	286	321	366	383
Obvod. síla PP	(N)							
Obvod síla LZ	(N)							
Obvod síla PZ	(N)							
Boční síla LP	(N)							
Boční síla PP	(N)							
Boční síla LZ	(N)							
Boční síla PZ	(N)							
Zatížení LP	(N)							
Zatížení PP	(N)							
Zatížení LZ	(N)	0	0	0	998	2360	2369	2287

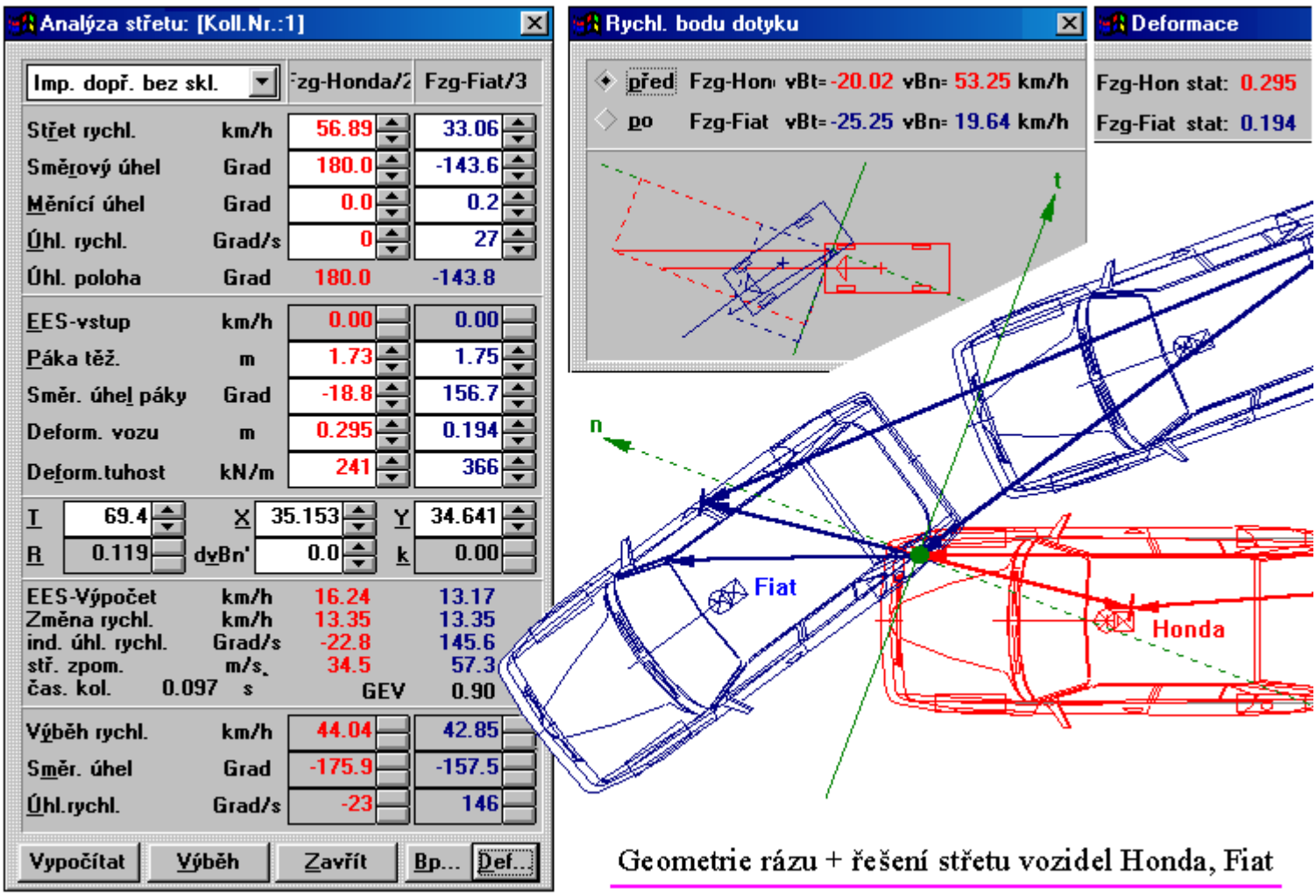
Obr. č. 4 Výstupy průběhů sledovaných veličin ze simulace - *f (t)* - Carat 3.1

K analýze kolizí vozidel či vozidla a okolí byly užity střetové hypotézy. K této problematice Carat nabízí zpětný a dopředný systém výpočtu, přičemž v kterékoli fázi celého průběhu nehodového děje program umožňuje lokální střety vozidel řešit dle stávajících vstupních dat *(stop v místě dopravní nehody k danému střetu vozidel)* optimálním systémem výpočtu. Těmito užitými systémy výpočtu jsou : dopředný systém *(ve verzi Carat 3.1 je možno zvolit ráz bez skluzu a se skluzem),* zpětný systém impulsní - DRHI, zpětný systém energetický - EES.

Program umožňuje také pro kterýkoli řešený střet vozidel znázornit tzv. kinematiku bodu rázu před střetem i po střetu. Ve verzi Carat 3.1 je možno také si nechat dopočítat a zobrazit tuhost vozidel v zóně dotyku *(viz. obr. 6)*



Obr. č. 5 Demonstrace možností řešení střetu vozidel - výstupní veličiny + střetové ukazatele .... Carat 2.0



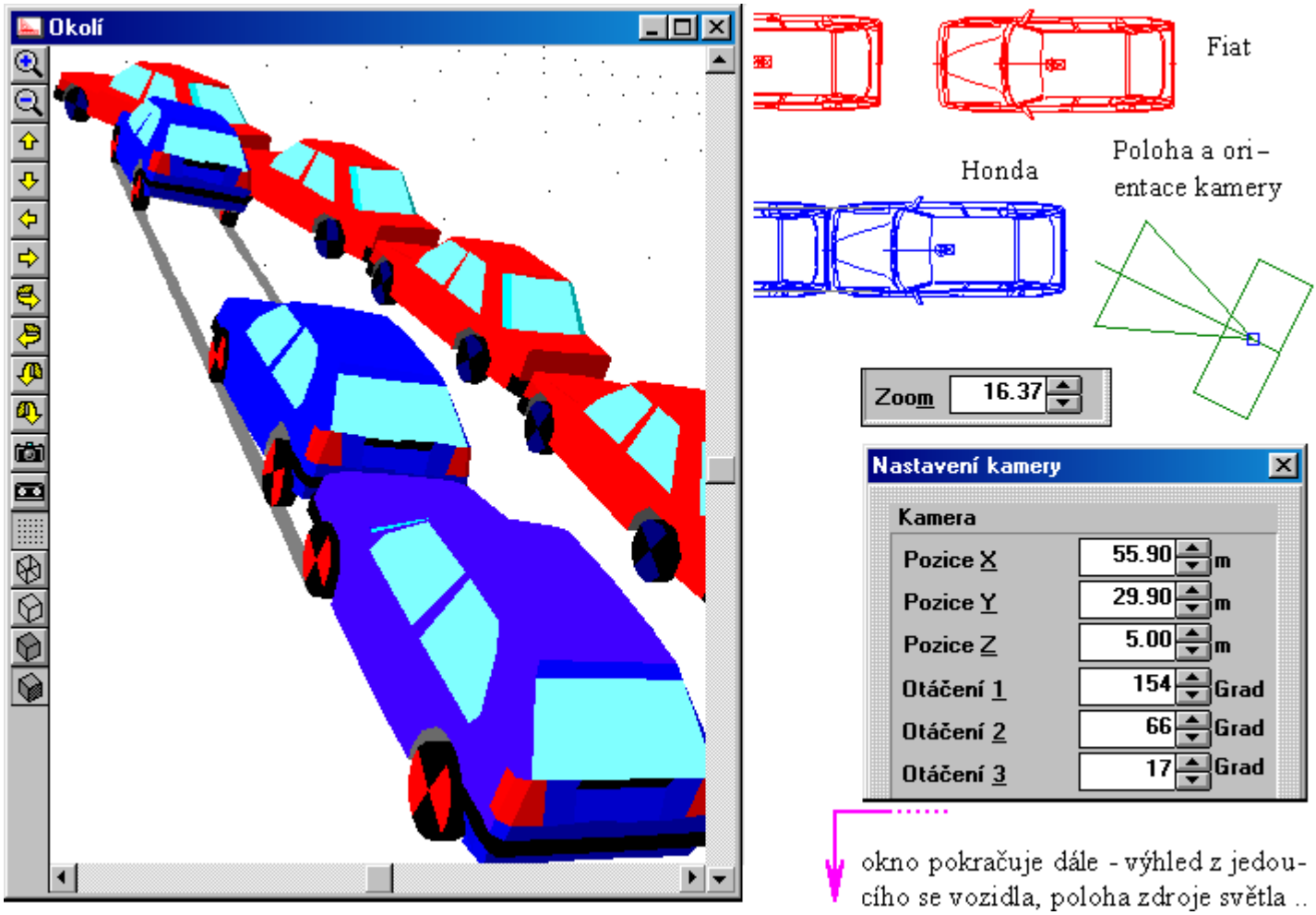
Obr. č. 6 Demonstrace možností řešení střetu vozidel - výstupní veličiny + střetové ukazatele .... Carat 3.1

Grafická znázornění v CARATu

Program CARAT znázorňuje výsledky analýzy určité dopravní situace ve fázích nebo jako ve filmu na obrazovce. Tento program na obrazovce při simulaci určitého nehodového děje znázorňuje smykové stopy vozidel v případě, že k takovémuto zanechávání smykových stop vozidlem jsou vhodné podmínky, což znamená, že software dle okamžitého radiálního zatížení kol, postavení kol a skluzu těchto kol stále vyhodnocuje zda v daném místě nastaly vhodné podmínky k zanechávání viditelných smykových stop vozidlem.

Kriteria pro viditelnost brzdné stopy může uživatel v programu přímo nastavit.

Vozidla při simulaci na obrazovce mohou být půdorysně znázorněna jako pravoúhlý obrys těchto vozidel *(s vyznačením směru pohybu a obrysu kol)* či s velmi reálně prokreslenými proporcemi. Verze 3.1 již také disponuje 3D zobrazením vozidel a šesti volbami pro optimalizaci 2D zobrazení vozidel dle přání uživatele.



Obr. č. 7 Možnosti 3D zobrazení + nastavení geometrie pohledu na provedenou simulaci Carat 3.1

Propojením náčrtků míst dopravních nehod v bitmapových či DXF souborech s množinou simulovaných *(vypočítaných)* poloh vozidel včetně polohy zanechaných viditelných brzdných stop vozidel v místě nehody lze

získat na obrazovce takový průběh rekonstrukce dopravní nehody, který je blízký reálné dopravní nehodě *(viz. obr. níže).*

Technické údaje vozidel do programu CARAT mohou být přímo načítány z databanky IbP.

2.0 Některé vybrané přednosti Caratu 3.1 vůči verzi Carat 2.0

* definice fází *(sekvencí)* pohybu vozidel, kdy je možno v kterékoli kinetické fázi *(dynamický propočet simulace)* definovat v diskrétních časových okamžicích *(proměnné)* hodnoty postavení plynového pedálu, postavení brzdového pedálu, natočení volantu apod.
* definice kinematických fází *(2 a 6 stupňů volnosti)*
* možnost řešit ráz se skluzem s bez skluzu
* možnost automaticky odečítat ze střetové pozice vozidel hloubky defomací *(ve směru impulsu)* - pro rozdělení EES mezi vozidla z celkového vypočteného úbytku kinetické energie ***„ΔEkin“*** mezi stavy před střetem a po střetu
* kontrolní výpočet *(případně je možno tento zadat)* tuhostí vozidel v zóně dotyku
* možnost numericky zadávat jakoukoli vstupní hodnotu *(u verze Carat 2.0 například nebylo možno zadávat numericky natočení normály dotyku)*
* existuje možnost pomocí rolovatek zvyšovat či snižovat numerické vstupní hodnoty *(inkrement a dekrement vstupních hodnot)*
* možnost propočtu údajů na senzoru *(3D snímač zrychlení ve vozidle apod.),* kdy je možno přirozeně definovat polohu tohoto snímače ve vozidle
* možnost uvažovat odpor vzduchu, valení *(lze editovat vstupní hodnoty)*
* 3D zobrazení vozidel + možnost 3D videoanimace
* je k dispozici kreslící program *(formát DXF),* lze kreslit základní tvary, tyto seskupovat, rozdělovat, vyplňovat, vytvářet uspořádaný systém kopií těchto objektů, kopírovat, vkládat zkopírovaný objekt na více pozic, kreslit polypřímky *(obecný oblouk zatáčky - klotoida, sinusoida),* ukládat a otevírat tyto uživatelem vytvořené soubory DXF
* modul kinematických propočtů

* možnost elegantně pracovat s výstupními diagramy *(přepínač osy x - dráha či čas),* měřítka os ***„x, y“,*** posun osy ***„y“*** o konstantu, možnost vypínat při zobrazení průběhu určité veličiny jednotlivá vozidla, jednotlivá kola vozidla, přepínat mezi zobrazením průběhu translačních a úhlových rychlostí, optimalizace zobrazení grafu *(využití celé plochy, která je k dispozici)* apod.

3.0 Srovnání možností a funkcí Caratu 3.1 a PC Crashe 6.0

Tato kapitola není a nemůže být zcela vyčerpávající studií ohledně vzájemné komparace možností těchto analytických programů *(toto je záležitost přesahující poslání tohoto příspěvku).* Smyslem této kapitoly je pouze poskytnout velmi stručný náhled na některé více či méně důležité rozdíly mezi těmito programy.

3.1 Střetový modul porovnávaných programů

Prvek, funkce, parametr	Carat 3.1	PC Crash 6.0
2D model rázu bez skluzu	ano	ano
2D model rázu se skluzem	ano	ano
3D model řešení rázu *(s i bez skluzu)*	ne	ano
Zpětné řešení impulsní	ano	ano
Zpětné řešení EES *(EES jako vstup)*	ano	ne
Souprava - návěs, přívěs	ne	ano (ne - ráz 2 návěsů)
Motocykl, kolo *(reálně se chovající)*	ne	ne
Vícetělesový systém *(chodec, kolo, moto)*	ne	ano (rozsáhlý blok)
Optimalizace řešení rázu	ne	ano (genet. + lineární alg.)
Uložení rozpracovaného stavu *(střetu)*	ano	ano
Paměť vícenásobných střetů	ano	ne (nestabilní)
„Padání programu“ *(singularity apod.)*	ano - s problémy	ano - minimálně
Optimalizace nastavení bodu rázu	ano (numericky + graficky)	ano (numericky + graficky)
Optimalizace nastavení normály dotyku	ano (numericky + graficky)	ano (numericky + graficky)
Interaktivnost nastav. bodu rázu, normály	ne (nutný stisk tlačítka)	ano (bezprostředně)
Výpočet EES + střetových ukazatelů	ano	ano
Míra uživatelské náročnosti řešení rázu	mírně abstraktnější	přijatelná

3.2 Jízdní modul porovnávaných programů

Prvek, funkce, parametr	Carat 3.1	PC Crash 6.0
Modul jízní dynamiky	ano *(velmi kvalitní)*	ano
3D model jízdní dynamiky	ano *(převrácení však ne)*	ano
Algoritmus následování vytčeného směru	ano	ano
Definice objektů, ploch *(tření, hmotnost)*	ano	ano
Kritéria přerušení simulace	ano	ano
Rozeznání rázu, vypnutí vozidla	ano	ano
Fáze - sekvence	ano	ano
Manažer fází	ano *(grafické prostředí)*	ne *(možno jen fáze řadit)*
Práce s fázemi *(reakce, náběh)*	obtížnější	velmi dobrá
Proměnné údaje veličin ve fázi	ano	ne *(jen lin. růst náb. + nat.)*
Automatický propočet odvrácení střetu	ne	ano *(nepřesvědčivé)*
Kinematický modul	ano	ano
Údaje senzoru *(+ znázornění údajů)*	ano	ano *(včetně UDS)*

3.3 Grafika porovnávaných programů

Prvek, funkce, parametr	Carat 3.1	PC Crash 6.0
3D grafika vozidel (DXF, MDL)	ano	ano
3D grafika objektů *(dům, strom, zeď)*	ano	ano
Vlastní databanka 3D DXF (MDL) vozů	ne *(jen 4 vozy)*	částečně *(35 vozů)*
Kompatibilita s 3D DXF Autoview *(vozy)*	ano	ano
Uživatelská - 3D grafika DXF *(objekty)*	ne	ne
Uživatelská 3D grafika DXF *(okolí)*	ne *(jen sklony globálně)*	ano
Manipulace 2D DXF ve 3D zobrazení	ne	ano
Pan *(posunutí),* zoom DXF, BMP	ano	ano
Stabilita vkládání externích DXF, BMP	dobrá *(ne color bitmap)*	dobrá
Zobrazení BMP v 3D	ne	ano

Možnost nastavení *(grafika, polohy)*	ano	ano
Kamera *(pohyb s vozidlem, zdroj světla)*	ano	ano
Video	ano	ano

3.4 Externí a interní komunikace programů + orientační cena k 9/02

Prvek, funkce, parametr	Carat 3.1	PC Crash 6.0
Možnost čtení údajů z databank Vlastní databanky *(v ceně)* Naplněnost databank - problémy jsou občas s :	ano EVU, Strouhal ano i DXF (vozy, objekty) přední převis	ano DSD, ADAC, Vyskočil ano (DXF nikoli) poloha těžiště, rozchod kol, hmotnost, výška těžiště
Manager projektu *(vedení k řešení)* Opracování diagramů k tisku Znázornění a tisk výsledků	ne ano *(ne kreslící program)* ano *(tab., diagr., simulace)*	ano ano ano *(tab., diagr., simulace)*
Nápověda Manual Kontextová nápověda (stavový řádek)	ano *(německý help k 3.1)* ano *(český k verzi 2.0)* ano - česká *(velmi dobrá)*	ano *(německý help k 6.0)* ano *(slovenský k 6.1, 6.2)* ne *(jen help v rámci oken)*
Cena Upgrady z nižších verzí	27 700,- Kč (vč. DPH) výrazná sleva	cca 110 000,- Sk cca 20 000,- Sk

4.0 Příprava systému školení uživatelů programu Carat 3.1 v ČR

Dosud si v ČR zakoupilo verzi Caratu 2.0 celkem 6 znalců. Nepodařilo se však pro tyto kolegy v minulosti zabezpečit školení *(semináře),* tak aby tito znalci byli schopni optimálním způsobem využít možností, jenž nabízí tento analytický software. Také český uživatelský manuál k verzi Carat 2.0 byl zpracován až v červnu roku 1998. Tento manuál obsahuje asi 50 stran a vysvětluje nejen způsob ovládání verze 2.0, ale také v aktuálních pasážích také odborný komentář k řešené problematice.

Autor tohoto příspěvku považuje zpracování českého manuálu k verzi Caratu 3.1 a vytvoření systému školení uživatelů za nezbytný krok ke skutečnému rozšíření tohoto programu v ČR.

V měsíci červenci 1999 byla ing. Vlastimilem Rábkem přeložena verze Caratu 3.1 do českého jazyka a říjnu roku 1999 byl vytvořen uživatelský manuál k verzi Carat 3.1 pro podporu prodeje Caratu 3.1. Pokud bude dostatečný počet zájemců o absoluvování této řady školení *(cca minimálně 10 posluchačů)* budou tato školení organisována na ÚSI v Brně *(v učebně),* což je již na ÚSI předjednáno. Zakoupení software Carat 3.1 není podmínkou k účasti na těchto školeních. Tato řada školení se pravděpodobně rozběhne v říjnu 1999 a školitelem bude ing. Vlastimil Rábek, na něhož je možno se obracet v případě zájmu o Carat 3.1, o tato školení a dále ohledně servisu ke Caratu 3.1 *(tel. 685 432 096).* V rámci školení Caratu 3.1 je možno se také pružně dohodnout na odborné výuce - řešení rázu, vztah konvenčního a rázového řešení střetu vozidel *(či okolí),* systém střetových ukazatelů, využití katalogových listů EVU při práci s analytickým softwarem apod. Teprve důsledná znalost teoretických i praktických pasáží této problematiky dává znalci reálnou možnost stabilně a korektně řešit dopravní nehody při použití podobného analytického software.