

VALIDACIJA SIMULACIONOG SOFTVERA VIRTUAL CRASH 4 NA PRIMERU UPOTREBE ALATA DIGITALNE FORENZIKE *Bosch CDR 500 I FEDKOM*

Dr Ištvan Bodolo, docent, Fakultet za ekonomiju i inženjerski menadžment, Univerzitet privredna akademija Novi Sad

Dr Nena Tomović, docent, Fakultet za ekonomiju i inženjerski menadžment, Univerzitet privredna akademija Novi Sad

Jože Škrilec, Murska Sobota

REZIME

U, za nas, skorj budućnosti, koja je u jednom broju država već uveliko egzistira, akcenat prilikom analize saobraćajnih i fingiranih nezgoda će se prebaciti na digitalni pristup. Sve više će se koristiti činjenice pohranjene u elektronskim uređajima umesto uobičajenog pristupa korišćenjem empirije, kinematičkih i dinamičkih jednačina sa pretpostavljenim početnim podacima.

Ključne reči — digitalna forenzika, promena brzine, CDR 500, Fedkom, .

Summary

UVOD

Paralelno sa rađanjem ideje, projektovanjem, izradom i testiranjem, razvijaju se i softveri za čitanje podataka, jer su oni, prirodno neophodni za analizu, korekciju i usavršavanje uređaja. Stvaranje novih elektronskih uređaja paralelno prati i mogućnost očitavanja, korekcije i upravljanja funkcionisanjem uređaja. U onom trenutku kada se generiše nov zahtev korisnika na tržištu, uređaji već postoje. Oni se počnu komercijalno koristiti na tržištu i tada već postoji mogućnost čitanja podataka.

Dva najveća proizvođača elektronskih uređaja u automobilskoj industriji na svetu su Bosch i Continental. Redovna i razočaravajuća praksa je da uređaj za očitavanje podataka koji je proizveo Bosch ne može da očita podatke iz uređaja koji je proizveo Bosch.

Postoji mnogo i sve više elektronskih komponenti koje funkcionišu ili nezavisno ili zajednički i sistemski osmišljeno. Međusobno komuniciraju, koristeći zajedničke podatke za funkciju i odlučivanje.

Jedan od jedinstvenih uređaja sposoban da očitava podatke je Bosch CDR namenjen prvenstveno za očitavanje podataka iz EDR koji pohranjuje podatke oko 5 s pre sudara, sudarnu brzinu, promenu brzine i dr. To je dovoljno da omogući dokumentovan uvid u do sada nepoznate podatke koji su osnov za izradu vremensko prostorne analize.

Generalno, bez nacionalne zakonske prisile, fabrike ne dozvoljavaju komercijalno očitavanje podataka. Nešto više putem ovlaštene mreže za održavanje ali gotovo nemoguće za široku upotrebu.

Ipak, SAD i Koreja su načinili prvi korak koji će slediti EU. Međutim pojedini proizvođači su omogućili očitavanja u EU i bez zakonske prisile kao npr Volvo, Toyota i sl.

Kompjuterska tehnika danas omogućuje široku upotrebu simulacionih softvera, koji su složeniji i mogu dati tačnije a važno je reći, pouzdanije rezultate funkcije sistema.

Koriste složene dinamičke matematičke operatore koje vizualizuju ali i dalje ne daju nesporne činjenice temeljene na istini (očitanje).

Budući da su u naučnim krugovima podaci očitani sa CDR Bosch prihvaćeni kao nedvosmisleno tačni, oni se dobro mogu kombinovati sa simulacionim softverima u delu dodatne korekcije sudara, mehanizma kretanja vozila usled sudara i elemenata vremensko prostorne analize.

Pouzdanost i tačnost rezultata dobijenih upotrebom simulacionih softvera u delu dinamike kretanja vozila za širok dijapazon slučajeva je veoma visoka i takva upotreba se može dodatno ceniti u poređenju sa rezultatima koji su očitani pomoću CDR. Međutim, u delu vremensko prostorne analize, pre nastanka sudara, u veoma velikom broju slučajeva (kada na kolovozu ne postoje ili nisu dokumentovani tragovi vozila) upotreba simulacionih softvera ne poseduje nikakve prednosti, osim vizualizacije, u odnosu na tradicionalni rad.

Razlog tome je nepoznavanje radnji vozača i funkcije sistema vozila pre sudara, kada su nastajali uslovi da se sudar dogodi.

Poznavanje tako nepoznatih podataka pomoću CDR, omogućuje tačan i po svemu istinit vizuelni prikaz događanja i pre sudara. Uklapanjem toga sa ostalim dokumentovanim tragovima i uz upotrebu avionskih snimaka lokacije gde se sudar dogodio, dobiće se kompletna slika okolnosti pod kojima je došlo do sudara i svih ostalih tehničkih parametara.

Pouzdanost upotrebe simulacionih softvera zavise od matematičkih operatora pomoću kojih funkcionišu, i od nekih ulaznih podataka baziranih na analognom načinu razmišljanja (npr. proceni EES, usporenja na zaustavnom putu nakon sudara i sl.).

Provera tačnosti i funkcije se može izvršiti na temelju eksperimenta, ali i proverom očitanih podataka pomoću Bosch CDR 500 iz realnih sudara.

Hipoteza da su simulacioni softveri, ovde Virtual Crash 4 pouzdani u izabranim aspektima promene brzina sledi.

Dok sa jedne strane postoje očitani podaci, sa druge su obezbeđeni uobičajeni podaci koji su osnov za izradu analize saobraćajne nezgode.

Cilj rada je da se izvrši simulacija sudara kako bi se dobili isti izlazni parametri identični očitanim i da se onda stekne uvid u početne parametre simulacije i da se izvrši njihova analiza.

Prvi sudar:

U višestukom sudaru na autoputu, Volvo V 60 drive koji je bio kočen pre sudara čeonim delom naleteo na praznu troosovinsku poluprikolicu.

Prilikom očitavanja podataka iz EDR Volvoa, izdvojili smo promenu brzine koja je predmet ove analize, i čija je vrednost iznosila 50 km/h. Pri tome, Volvo se odbio unazad i na fotografijama se ne uočavaju nedvosmisleni tragovi da li je i koliko, poluprikolica pomerena unapred. Ne postoji podatak iz tahografa o kretanju šlepera, ne posedujemo podatke o masama niti o stanju kočnica šlepera i poluprikolice u trenutku naleta Volvoa.



Sl. 1 Sudar

Time (sec)	Speed, Vehicle Indicated (MPH [km/h])	Acceler
-5.0	64.6 [104.0]	
-4.5	64.6 [104.0]	
-4.0	64.6 [104.0]	
-3.5	64.6 [104.0]	
-3.0	64.6 [104.0]	
-2.5	64.6 [104.0]	
-2.0	64.0 [103.0]	
-1.5	47.2 [76.0]	
-1.0	46.0 [74.0]	
-0.5	36.7 [59.0]	
0.0	31.1 [50.0]	

Na osnovu očitanih podataka, Volvo se pre sudara kretao brzinom od 103 km/h, da bi 2s pre sudara, vozilo bilo usporavano srednjim intenzitetom od 7,4 m/s² i tada, pri brzini od 50 km/h naletelo na nepokretnu prepreku, tj.

$$a = (28,6 - 13,9) / 2 = 7,35 \text{ m/s}^2$$

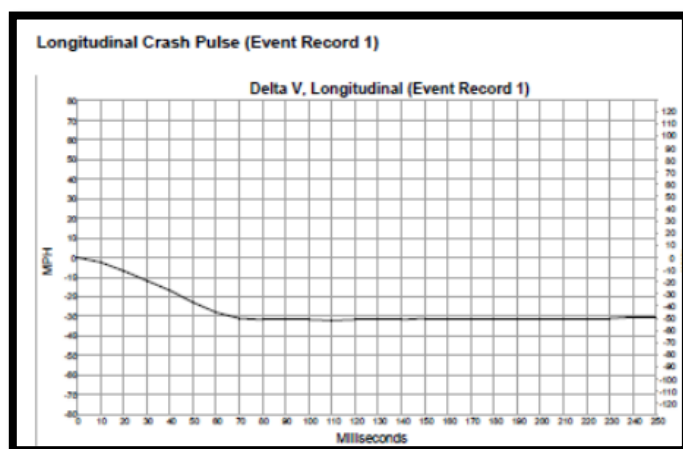
Sl. 2 – Vreme i brzine

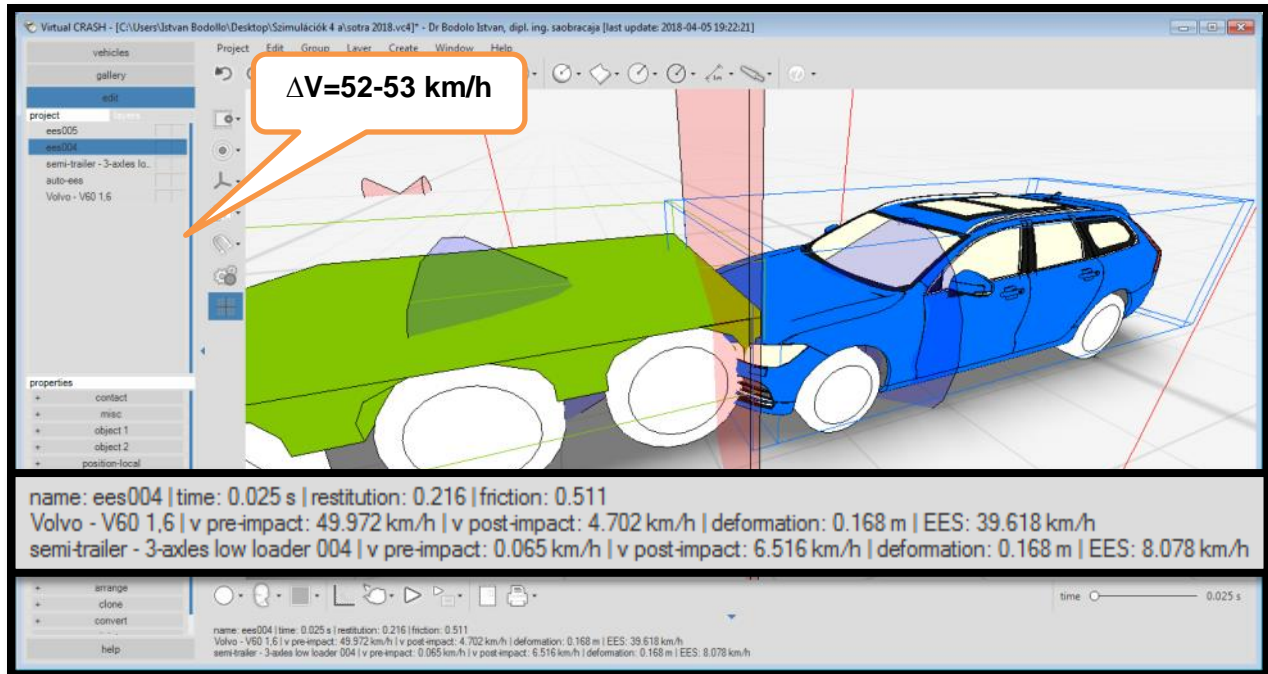
Dalje je očitana uzdužna komponenta promene brzine usled sudara za Volvo od nešto više od 50 km/h, procenjujem sa dijagrama 52-53 km/h, da bi nakon 200-250 ms ona zadobila vrednost oko 50 km/h.

Za naletnu brzinu Volvoa iz sl. 2 od 50 km/h proizašla je promena brzine Volvoa od, skalarno sa sl. 3 oko:

$$\Delta V \approx 50 + 4,7 = 54,7 \text{ km/h}$$

Koja do kraja nije tačna jer sudar nije bio idealno kolinearan.





Sl. 3 – Simulacija sudara i dijagram promene brzine iz CDR 500

Uvidom u izvod rezultata koji je prikazan na sledećoj slici obeležio sam da je promena brzine Volvoa iznosila 54,1 km/h.

contact / ees - object 1	39.617 km/h
Volvo - V60 1,6 / ees	39.617 km/h
Volvo - V60 1,6 / delta v	54.104 km/h
Volvo - V60 1,6 / v pre-impact	49.971 km/h
Volvo - V60 1,6 / v post-impact	4.702 km/h
Volvo - V60 1,6 / omega pre-impact	-0.000 rad/s
Volvo - V60 1,6 / omega post-impact	-0.265 rad/s
Volvo - V60 1,6 / deformation	0.168 m
Volvo - V60 1,6 / GEV	1.663
Volvo - V60 1,6 / impulse ni	-2.336 °
Volvo - V60 1,6 / impulse nz	0.839 °
Volvo - V60 1,6 / impulse ni (local)	177.741 °
Volvo - V60 1,6 / impulse nz (local)	0.808 °
semi-trailer - 3-axes low loader 004 / ees	8.077 km/h
semi-trailer - 3-axes low loader 004 / delta v	6.452 km/h
semi-trailer - 3-axes low loader 004 / v pre-impact	0.067 km/h
semi-trailer - 3-axes low loader 004 / v post-impact	6.516 km/h

Sl. 4 – Izvod iz rezultata simulacionog softvera

Međutim, dodatnom korekcijom koeficijenta restitucije "k" koji se u ovim tipu sudara po empirijskim podacima obično nalazi između 0,1 i 0,3 slede finija podešavanja promene brzine pa tako sledi linearna zavisnost promene koeficijenta restitucije i promene brzina:

k=0,136 sledi da je **ΔV= 50,5 km/h**

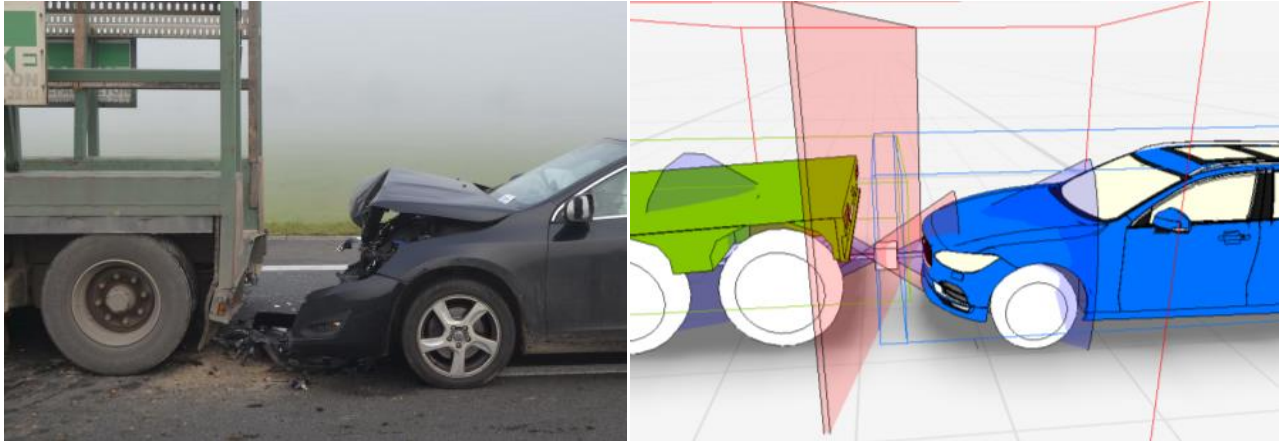
k=0,156 sledi da je **ΔV= 51,6 km/h**

k=0,176 sledi da je **ΔV= 52,3 km/h**

$k=0,196$ sledi da je $\Delta V= 53,2 \text{ km/h}$

Međutim, daleko najvažniji parametar koji utiče na rezultat naletne brzine i promene brzine vozila je procena obima oštećenja tj. EES.

Sledi slika međusobnog položaja vozila nakon sudara i pored toga simulacija (vidi sl. 5 i 6) kao i obim oštećenja na vozilima (vidi sl. 7 i 8):



Sl. 5 i 6 - Zaustavni položaji vozila i simulacija



Sl. 7 i 8 - Oštećenja na vozilima

Rezultat promene brzine smo postigli za procenjeni EES za Volvo od 37 do 40 km/h i za šleper od najviše 6-8 km/h, koji je stvar procene uz upotrebu odgovarajućih kataloga, koju i čitaocima ostavljamo na ocenu.

Drugi sudar:

Prilikom realizacije serije sudara u Murskoj Soboti krajem 2017 godine realizovan je nalet Renaulta Megane na nepokretnu Mazdu MX-3. Renault nije bio navlačen čeličnim užetom nego je bio vožen. Procenjujemo da je sudar bio kolinearan sa preklapom od 90%.

Vozila su starije generacije i nisu bila opremljena EDR upravljačkom jedinicom iako je Renault bio opremljen vazdušnim jastukom koji se ispalio (oba prednja), ali su oba vozila bila opremljena Fedkom UDS uređajem Mađarske proizvodnje u fazi testiranja koje su vijcima fiksirani u prostor za putnike i u prtljažni prostor. Uređaj je merio pomenu promenu brzine u ravni.

Budući da je FEDKOM uređaj u eksperimentalnoj fazi, sledi tabela koja prikazuje rezultate svih 5 eksperimenata, radi verifikacije rezultata FEDKOM-a u odnosu na nesporni CDR.

Muraszombat – FEDKOM – siDarts.si														
Eredmények														
Teszt	Jármű	Szín	Tömeg	Ütközési hely	Ütközési sebesség	Sebességváltozás		Légszák	Eszköz					
						Mért	EDR		Azonosító	Beépítés	Rögzítés	Irány	Adat	Eredmény
1.	Toyota Yaris	Piros	880 kg	elől	42 km/h	24,5 km/h	24,6 km/h	nem nyílt ki	3	utastér, fém	csavar	kereszt, vízsz.	c3log4.txt	C3_M1.xls
	Mazda MX-3	Zöld	1060 kg	elől	0 km/h	21,5 km/h	-	-	1	csomagtér, fém	csavar	hossz, vízsz.	alog4.txt	-
2.	Renault Megane	Kék	1010 kg	elől	24 km/h	12,14 km/h	-	kinyílt	5	utastér, fém	csavar	hossz, vízsz.	c3log3	C5_M1.xls
	Mazda MX-3	Zöld	1060 kg	hátsó	0 km/h	13,79 km/h	-	-	8	csomagtér, fém	csavar	hossz, vízsz.	-	-
3.	Renault Megane	Kék	1010 kg	elől	24 km/h	-	-	nem nyílt ki	3	utastér, műanyag	csavar	hossz, vízsz.	c3log6.txt	C3_M3.xls
	Toyota Yaris	Piros	880 kg	elől	0 km/h	22,9 km/h	25,4 km/h	nem nyílt ki	1	csomagtér, fém	csavar	hossz, vízsz.	alog5.txt	-
4.	Toyota Yaris	Piros	880 kg	elől	0 km/h	22,8 km/h	25,4 km/h	nem nyílt ki	5	utastér, fém	csavar	kereszt, vízsz.	c3log5	C5_M3.xls
	Toyota Yaris	Fekete	880 kg	elől	40 km/h	21,9 km/h	22,9 km/h	nem nyílt ki	8	csomagtér, fém	csavar	hossz, vízsz.	c3log4	C1_M3.xls
5.	Opel Vectra	Szürke	1245 kg	elől	0 km/h	20,26 km/h	-	nem nyílt ki	8	utastér, fém	csavar	hossz, vízsz.	c3log5	C1_M4.xls
	Toyota Yaris	Piros	880 kg	elől	42 km/h	24,9 km/h	24,9 km/h	kinyílt	5	csomagtér, fém	ragasztó	hossz, vízsz.	c3log6	C5_M4.xls
5.	Toyota Yaris	Piros	880 kg	elől	42 km/h	24,9 km/h	24,9 km/h	kinyílt	3	utastér, fém	csavar	kereszt, vízsz.	c3log7.txt	C3_M4.xls
	Toyota Yaris	Fekete	880 kg	oldalt	0 km/h	19,24 km/h	-	kinyílt	1	csomagtér, fém	csavar	hossz, vízsz.	alog7.txt	-
5.	Toyota Yaris	Piros	880 kg	elől	42 km/h	24,9 km/h	24,9 km/h	kinyílt	3	utastér, fém	csavar	kereszt, vízsz.	c3log8.txt	C3_M5.xls
	Toyota Yaris	Fekete	880 kg	oldalt	0 km/h	3,1	-	kinyílt	1	csomagtér, fém	csavar	hossz, vízsz.	alog8.txt	-
5.	Toyota Yaris	Piros	880 kg	elől	42 km/h	24,9 km/h	24,9 km/h	kinyílt	8	utastér, fém	csavar	hossz, vízsz.	c3log6	C1_M5.xls
	Toyota Yaris	Fekete	880 kg	oldalt	0 km/h	3,1	-	kinyílt	5	csomagtér, fém	csavar	hossz, vízsz.	c3log7	C5_M5.xls

SI. 9 - Rezultati eksperimenata

2. Kísérlet

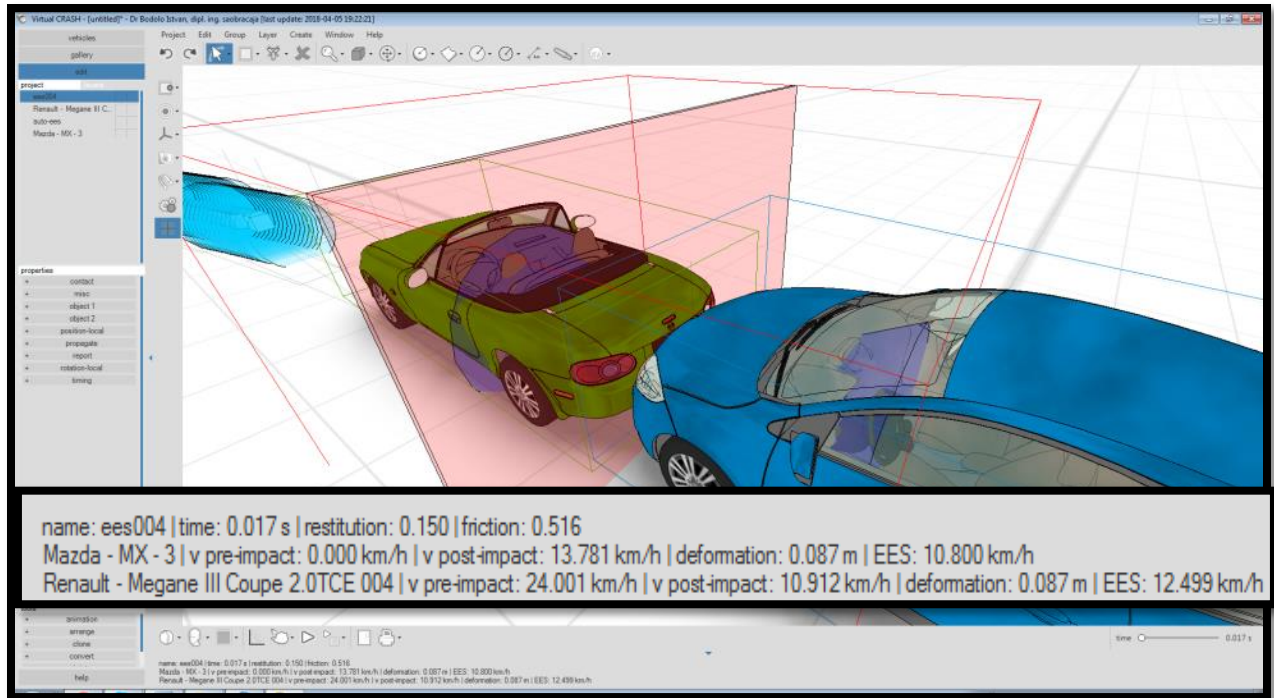


Sl. 10 - Uzastopni položaji Renoa i Mazde

Nakon eksperimenta je odgovarajućim softverom proizvođač Fedkom UDS uređaja očitao naletnu brzinu Renaulta na Mazdu u leru, od 24 km/h.

Pri tome, očitana je promena brzine Renaulta od 12,1 km/h i Mazde od 13,8 km/h.

Nakon izvršene računarske analize, za naletnu brzinu Renaulta od 24 km/h proizašla je promena brzine Renaulta od 13,1 km/h i Mazde od 13,8 km/h.



Sl. 11 - Sudar

contact / ees - object 1	10.800 km/h
Mazda - MX - 3 / ees	10.800 km/h
Mazda - MX - 3 / delta v	13.780 km/h
Mazda - MX - 3 / v pre-impact	0.000 km/h
Mazda - MX - 3 / v post-impact	13.780 km/h
Mazda - MX - 3 / omega pre-impact	-0.000 rad/s
Mazda - MX - 3 / omega post-impact	-0.024 rad/s
Mazda - MX - 3 / deformation	0.087 m
Mazda - MX - 3 / GEV	1.163
Mazda - MX - 3 / impulse ni	1.683 °
Mazda - MX - 3 / impulse nz	0.400 °
Mazda - MX - 3 / impulse ni (local)	1.685 °
Mazda - MX - 3 / impulse nz (local)	0.342 °
Renault - Megane III Coupe 2.0TCE 004 / ees	12.498 km/h
Renault - Megane III Coupe 2.0TCE 004 / delta v	13.100 km/h
Renault - Megane III Coupe 2.0TCE 004 / v pre-impact	24.000 km/h
Renault - Megane III Coupe 2.0TCE 004 / v post-impact	10.913 km/h
Renault - Megane III Coupe 2.0TCE 004 / omega pre-impact	0.000 rad/s
Renault - Megane III Coupe 2.0TCE 004 / omega post-impact	0.139 rad/s

Sl. 12. - Izvod iz rezultata simulacionog softvera

To znači da smo za poznatu naletnu brzinu Renoa od 24 km/h postigli identičnu promenu brzine Mazde od 13,8 km/h, dok se promena brzine Renaulta razlikovala za 1 km/h što prvo, ne mora značiti da je nastala greška, pogotovo kada se porede razlike u rezultatima CDR i Fedkom UDS uređaja, a takođe je važno naglasiti da je bitnije da rezultati udarenog vozila budu tačniji – iz više praktičnih razloga.

Rezultati su postignuti za koeficijent restitucije od $k=0,15$ i za ulazne parametre za obim oštećenja od $EES_{Mazda}=10,8$ km/h i $EES_{Renault}=12,5$ km/h.

Poređenja i procene radi slede slike oštećenja na Renaultu i Mazdi.



Sl. 13 i 14 - Oštećenja na Renaultu



Sl. 15 i 16 - Oštećenja na Mazdi

Mišljenja smo da je obim oštećenja na Renaultu od EES=12,5 km/h realan i da ej u skladu sa odgovarajućim katalozima.

Međutim, Mazda koja je, očevici smo bili, je učestvovala u ovom sudaru ali na njoj nisu nastala očekivana oštećenja. Osim tragova sudara u vidu ostrugane farbe i laka na plastičnim delovima, drugih vidljivih oštećenja nije bilo. Verovatno vi se našla prilikom demontaže, ali na osnovu očiglednog, posmatranjem spoljašnjeg izgleda vozila ne bismo se uvek i nedvosmisleno složili da bi Mazda učestvovala u ovom sudaru.

Prilikom samo neposrednog uvida i Mazdu nakon sudara, procenitelji Osiguravača iz više firmi kao i veštaci su se saglasili da bi odbili isplatu materijalne štete.

Dakle, ukoliko bi se u praksi koja slični ovakvim primerima, dogodilo da se uporednom analizim ipak pokaže da se sudar dogodio, tada preporučujemo da se za obim

oštećenja, tj za EES na onom ZNATNO manje oštećenom vozilu određuje EKVIVALENT EES onog vozila koje je više oštećeno (reč je o putničkim vozilima).

Zaključak

U radu su prikazani očitani podaci neletnih brzina i promena brzina vozila uz pomoć uređaja digitalne forenzike, tj Bosch CDR 500 Američke i Fedkom Mađarske proizvodnje.

Rezultati su dokazani u visokom stepenu tačnosti, uz upotrebu softverskog programa Virtual Crash 4, što znači da ser ovaj programski paket može koristiti u radu jer uz pravilnu upotrebu baziranu na znanju, oni daju pouzdane i tačne rezultate.