

UPOREDNA ANALIZA TRADICIONALNIH I SAVREMENIH NAČINA ANALIZE SN SA PEŠACIMA

COMPARATIVE ANALYSIS OF TRADITIONAL AND CONTEMPORARY METHODS FOR TRAFFIC ACCIDENTS WITH PEDESTRIANS

Emir Smailović¹; Milorad Cvijan²

XII Simpozijum
"Vještina saobraćajnih nezgoda
i prevare u osiguranju"

Rezime: Razvojem informacionih tehnologija stvoren su uslovi za razvoj i primenu softvera namenjenih simulaciji saobraćajnih nezgoda. Od softverskih alatka koji se značajnije koriste u Evropi, izdvaja se program PC Crash. U ovom radu izvršena je uporedna analiza daljine odbačaja pešaka tradicionalnim metodama i korišćenjem programa PC Crash. U zavisnosti od visine, težine pešaka i brzine vozila date su vrednosti daljine odbačaja pešaka korišćenjem programa PC Crash. Primenom statističkih metoda izvršena je provera značajnosti razlika tradicionalnih metoda i programa PC Crash.

KLJUČNE REČI: DALJINA ODBAČAJA PEŠAKA, METOD ANALIZE SAOBRĀCAJNE NEZGODE, PC CRASH, VISINA PEŠAKA, UPOREDNA ANALIZA

Abstract: The development of information technology has created conditions for development and implementation of software for the simulation of traffic accidents. Among the large number of software tools which are being used in Europe, software PC Crash stands out. This paper presents comparative analysis of pedestrian throwing distance using the traditional and contemporary methods. The pedestrian throwing distance by using the PC Crash software, depending on the height and the weight of the pedestrians or vehicle speed, is showed. By using statistical methods, the difference between traditional and contemporary methods was researched.

KEY WORDS: PEDESTRIAN THROWING DISTANCE , METHOD OF TRAFFIC ACCIDENT ANALYSIS, PC CRASH, HEIGHT OF PEDESTRIAN, COMPARATIVE ANALYSIS

¹ Saobraćajni fakultet u Beogradu, smailovicemir@gmail.com

² Saobraćajni fakultet u Beogradu, zizam@mail.com

1. UVOD

Skoro polovina smrtno stradalih u saobraćajnim nezgodama širom sveta ranjivi učesnici u saobraćaju (WHO, 2009). Pešaci i biciklisti pripadaju grupi ranjivih učesnika u saobraćaju i posebno su ugroženi zbog svoje telesne nezaštićenosti. Ako se posmatraju nerazvijene zemlje i razvijene zemlje, podaci pokazuju da oko 65% smrtnog stradanja u saobraćaju čine putnici unutar vozila kod razvijenih zemalja, dok je kod nerazvijenih zemalja to suprotno i oko 70% svih smrtno stradalih u saobraćajnim nezgodama čine upravo ranjivi učesnici u saobraćaju. Dok se u razvijenim zemljama u poslednjih nekoliko godina uočava trend smanjenja broja saobraćajnih nezgoda, u nerazvijenim zemljama ili zemljama u razvoju broj saobraćajnih nezgoda ima trend stagniranja ili porasta (WHO, 2009).

Bezbednost pešaka u saobraćaju u značajnoj meri zavisi i od ostalih učesnika u saobraćaju. Otuda, kao osnovna ideja zaštite pešaka u saobraćaju se nameće potreba za razdvajanjem kretanja pešaka od motorizovanog saobraćaja, uz posebne uslove saobraćaja na mestima povećanog ukrštanja saobraćaja motornih vozila i pešaka.

Savremen koncept zaštite pešaka u saobraćaju podrazumeva koncept prilagođavanja saobraćajnog okruženja potrebama pešaka. Na osnovu iskustva razvijenih zemalja, glavni pravci delovanja zaštite pešaka u saobraćaju su usmereni na posebno uređenje zona kojima se kreću pešaci, odnosno posebno regulisanje kretanja motornih vozila na mestima ukrštanja pešačkog i motornog saobraćaja. Mere koje su usmerene na uređenje površina za kretanje pešaka se prevashodno odnose na fizičko razdvajanje površina za kretanje, izgradnja posebnih površina namenjenih isključivo za kretanje pešaka, fizičke prepreke kojima se kanališe kretanje pešaka, usporavanje saobraćaja, sužavanje kolovoza na mestima ukrštanja pešačkog i motornog saobraćaja i snižavanje dozvoljene brzine kretanja vozila.

Imajući u vidu prethodno navedeno nameće se potreba efikasne zaštite pešaka, kao ranjivih učesnika u saobraćaju. Za kvalitetno sagledavanje problema bezbednosti pešaka, neophodne su detaljne analize i efikasno prikupljanje podataka o saobraćajnim nezgodama sa učešćem pešaka. U tom smislu posebno značajnim se ističe sagledavanje ključnih parametara saobraćajnih nezgoda sa učešćem pešaka.

Razvojem informacionih tehnologija stvoreni su uslovi za razvoj softvera namenjen simulaciji saobraćajnih nezgoda. Danas se u svetu razvio veliki broj softverskih alata. Od evropskih programa ističu se PC Crash i Pro Analyzer, dok se u Severnoj Americi izdvaja program SMAC. Primena softverskih alata je danas nezaobilazan deo analize saobraćajne nezgode.

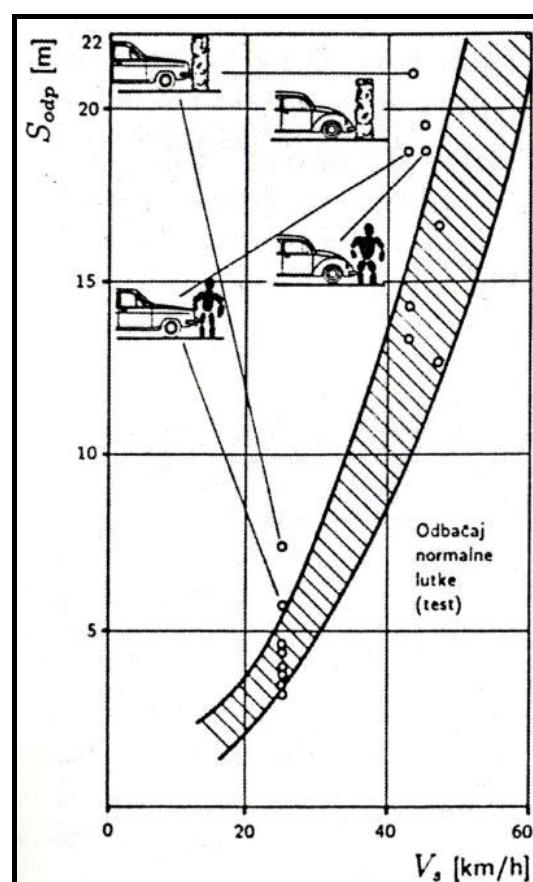
Cilj ovog istraživanja je da izvrši uporednu analizu daljine odbačaja pešaka tradicionalnim putem (korišćenjem eksperimentalno utvrđenih zavisnosti daljine odbačaja pešaka) i daljine odbačaja dobijene primenom programa PC Crash.

2. PREDMET I METOD ISTRAŽIVANJA

Predmet ovog istraživanja predstavlja uporednu analizu daljine odbačaja pešaka tradicionalnim metodama i primenom savremenih softverskih alata, a u zavisnosti od brzine kretanja vozila u trenutku sudara.

Od tradicionalnih metoda analize saobraćajnih nezgoda sa pešacima, u saobraćajno-tehničkom veštačenju se izdvajaju eksperimentalno utvrđena zavisnost daljine odbačaja pešaka i sudarne brzine vozila i metoda daljine odbačaja pešaka zasnovana na savremenim istraživanjima.

Institut za motorna vozila Tehničkog Univerziteta u Berlinu je na osnovu eksperimentisanja sa lutkom visine 1,75 m i težine 75 kg utvrdio zavisnost brzine automobile u trenutku sudara i daljine odbačaja pešaka (Vidi Sliku 1).



Slika 1. Eksperimentalno utvrđena zavisnost daljine odbačaja pešaka i brzine automobila u trenutku sudara (Dragač, 1994)

Eksperimentalno utvrđena zavisnost daljine odbačaja pešaka od sudarne brzine automobila glasi (u daljem tekstu eksperimentalna zavisnost):

$$S_{od} = \frac{V^2}{144} \quad (\pm 15\%)$$

Gde je:

S_{od} – daljina odbačaja pešaka u metrima (m);

V – brzina automobila u trenutku sudara (km/h);

Daljina odbačaja pešaka analizirana je i primenom jednačine utvrđene eksperimentalnim putem na bazi savremenih istraživanja (u daljem tekstu savremena istraživanja):

$$S_{od} = 0,0052 \cdot V_s^2 + 0,0783 \cdot V_s \quad \pm 10\%$$

Gde je:

S_{od} – udaljenost od mesta sudara do krajnjeg položaja pešaka;

V_s – brzina vozila u trenutku sudara (km/h).

Navedena formula se koristi uz uslov da je $V_s > 10$ km/h i $V_s < 90$ km/h.

Imajući u vidu tradicionalne metode analize saobraćajnih nezgoda sa pešacima, u ovom istraživanju vršena je analiza saobraćajnih nezgoda sa pešacima, primenom programa PC Crash, u uslovima koji su isti ili slični uslovima u kojima su dobijene tradicionalne zavisnosti. S obzirom na to, daljina odbačaja pešaka je analizirana po zakonu kosog hica sa vozilom pontonskog oblika karoserije. Visina pešaka muškog pola korišćena u programu PC Crash je 1,75 m, a masa 75 kg, dok je za pešaka ženskog pola korišćena visina 1,62 m i masa 60 kg. Važno je naglasiti da se razlike između pešaka muškog i pešaka ženskog pola u programu PC Crash odnose samo na razlike u visini i težini pešaka.

Brzine vozila u trenutku sudara, koje su korišćene u istraživanju su: 30 km/h, 40 km/h, 50 km/h, 60 km/h i 80 km/h.

Nakon dobijenih rezultata daljine odbačaja pešaka na osnovu eksperimentalno utvrđene zavisnosti i rezultata na osnovu savremenih istraživanja, za navedene brzine kretanja vozila, izvršeno je istraživanje daljine odbačaja pešaka, navedenih karakteristika, korišćenjem programa PC Crash. U istraživanju, korišćenjem programa PC Crash, pešak je u trenutku sudara bio zaustavljen, bokom okrenut nailazećem vozilu.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Rezultat ovog istraživanja predstavlja analizu daljine odbačaja pešaka u zavisnosti od primjenjenog metoda istraživanja. U Tabeli 1. su predstavljene daljine odbačaja pešaka primenom tradicionalnih metoda i korišćenjem programa PC Crash, a u zavisnosti od brzine vozila. Granične vrednosti daljine odbačaja pešaka prema dozvoljenim odstupanjima korišćene metode su, za tradicionalne metode, prikazane u Tabeli 1. Imajući u vidu karakteristike softverskog programa PC Crash, u Tabeli 1. su prikazane vrednosti daljine odbačaja pešaka prema "polu" pešaka bez "dozvoljenih" granica odstupanja.

Tabela 1. Daljina odbačaja pešaka tradicionalnim metodama i primenom programa PC Crash

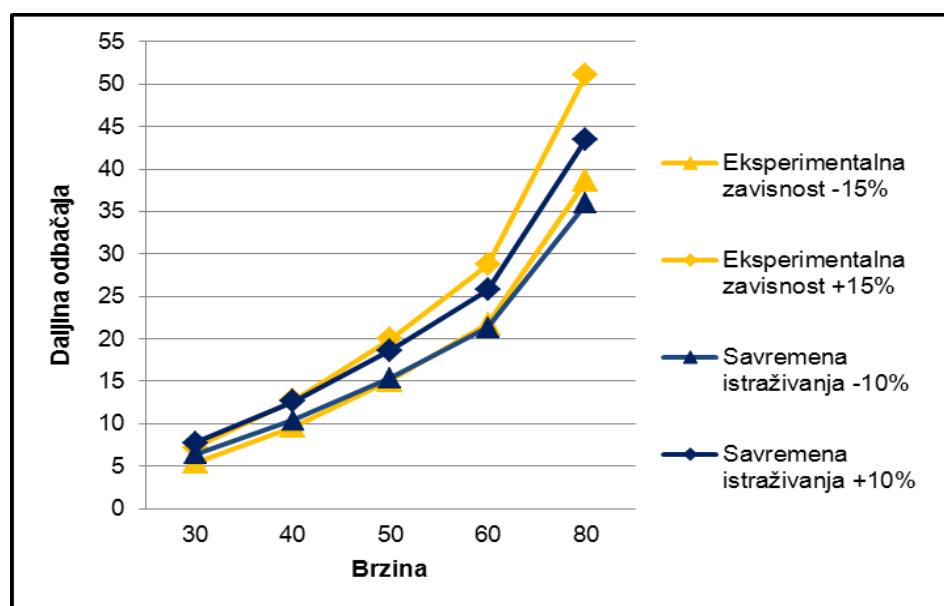
Brzina (km/h)	PC Crash (m)		Eksperimentalna zavisnost (m)	Zavisnost na bazi savremenih istraživanja (m)
	ženski pol	muški pol		
30	8.4	9.0	od 5.4 do 7.2	od 6.4 do 7.7
40	14.6	14.0	od 9.7 do 12.8	od 10.4 do 12.6
50	22.2	22.5	od 15.1 do 20.0	od 15.4 do 18.6
60	32.0	30.4	od 21.7 do 28.8	od 21.3 do 25.8
80	60.6	41.9	od 38.6 do 51.1	od 35.9 do 43.5

Analizom dobijenih rezultata istraživanja uočavaju se odstupanja u zavisnosti od korišćenog metoda istraživanja. Primenom savremenog metoda analize saobraćajnih nezgoda sa pešacima (PC Crash) dobijaju se vrednosti daljine odbačaja pešaka veće od tradicionalnih metoda. Zanimljivo je da su daljine odbačaja pešaka muškog pola

primenom programa PC Crash, za brzine do 80 km/h veće od gornjih granica daljine odbačaja pešaka tradicionalnim metodama. Daljine odbačaja pešaka ženskog pola su za sve testirane brzine primenom programa PC Crash veće od daljine odbačaja pešaka tradicionalnim metodama.

Daljina odbačaja pešaka muškog i ženskog pola primenom programa PC Crash se ne razlikuje značajnije do brzine 60 km/h, nakon koje daljina odbačaja pešaka ženskog pola značajnije odstupa od daljine odbačaja pešaka muškog pola.

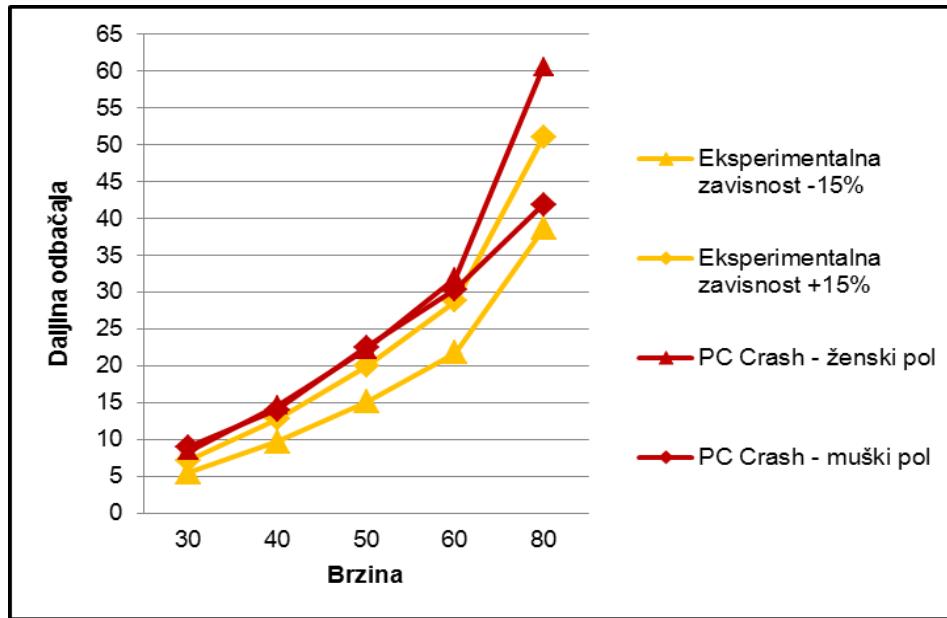
Na narednim slikama biće prikazane granične vrednosti daljine odbačaja pešaka u zavisnosti od metode korišćenja. Uporednom analizom rezultata tradicionalnih metoda analize daljine odbačaja pešaka uočava se sličnost u dobijenim vrednostima (Vidi Sliku 2.). Analizom dobijenih rezultata uočava se da je do približno brzine od 50 km/h, daljina odbačaja pešaka tradicionalnim metodama približno identična. Kod brzina većih od 50 km/h uočava se određeno odstupanje u primeni savremene i eksperimentalne metode. Primenom metode eksperimentalne zavisnosti, kod brzina većih od 50 km/h, dolazi se do većih vrednosti u odnosu na metod savremenih istraživanja (Vidi Sliku 2.). Dopuštene tolerancije daljine odbačaja pešaka tradicionalnih metoda dopuštaju da se do brzine 80 km/h tradicionalne metode ne razlikuju značajnije, odnosno rezultati daljine odbačaja tradicionalnih metoda, sa dopuštenim tolerancijama, se preklapaju do brzine vozila 80 km/h. Obe tradicionalne metode analize imaju približno eksponencijalnu zavisnost daljine odbačaja pešaka od brzine vozila (Vidi Sliku 2.).



Slika 2. Daljina odbačaja pešaka tradicionalnim metodama

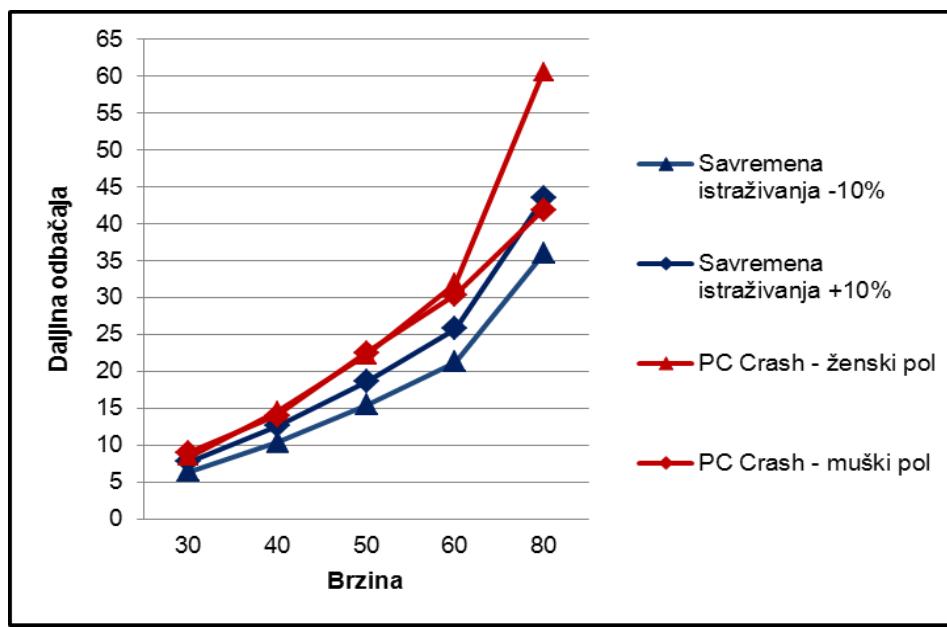
Uporednom analizom rezultata daljine odbačaja pešaka primenom programa PC Crash i metode eksperimentalne zavisnosti uočavaju se razlike u vrednostima daljine odbačaja pešaka. Primenom programa PC Crash daljina odbačaja pešaka je duža za brzine automobila do 80 km/h. Samo za brzinu automobila 80 km/h daljina odbačaja pešaka muškog pola primenom programa PC Crash je u granicama dozvoljenog odstupanja eksperimentalne metode (Vidi Sliku 3.). Najznačajnija razlika daljine odbačaja pešaka primenom PC Crash-a i eksperimentalne metode je pri brzini automobila 30 km/h.

Primenom programa PC Crash, daljina odbačaja pešaka muškog pola je približno linearno zavisna od brzine vozila, dok se kod metode eksperimentalne zavisnosti uočava približno eksponencijalna zavisnost daljine odbačaja i brzine vozila (Vidi Sliku 3.).



Slika 3. Daljina odbačaja pešaka primenom PC Crash-a i metodom eksperimentalne zavisnosti

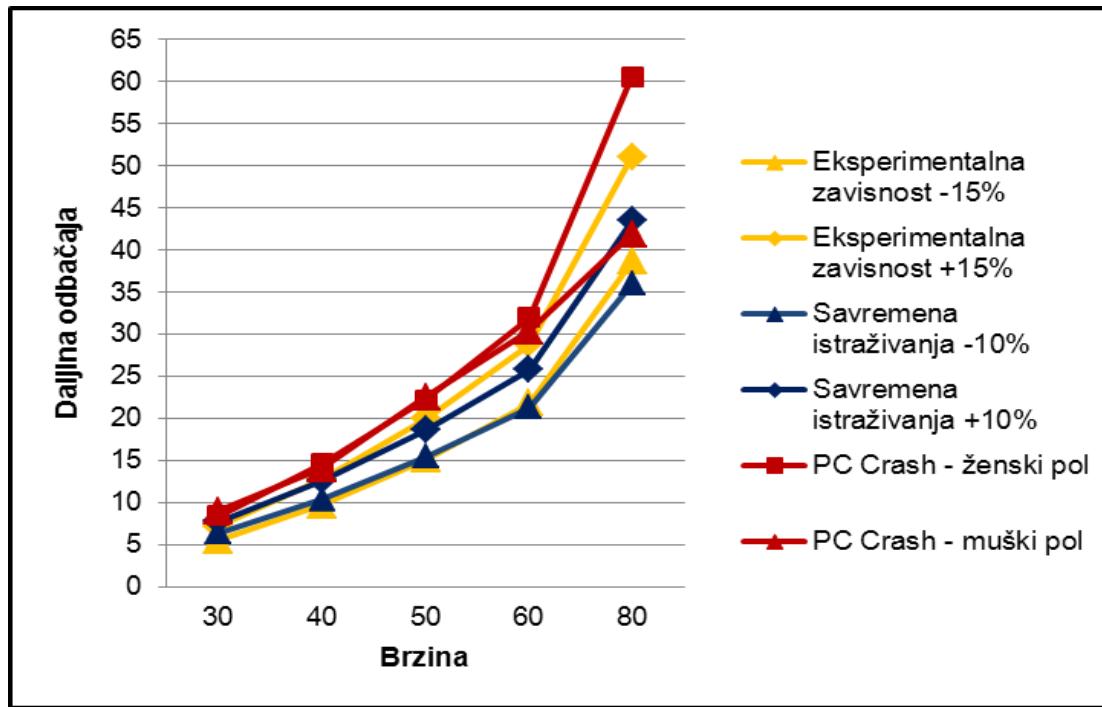
Razlika daljine odbačaja pešaka korišćenjem programa PC Crash i metode savremenih istraživanja neznatno je manja od razlike PC Crash-a i eksperimentalne zavisnosti. Vrednosti daljine odbačaja pešaka primenom programa PC Crash su veće za brzine do 80 km/h. Za brzinu 80 km/h daljina odbačaja pešaka muškog pola primenom programa PC Crash se nalazi u dozvoljenim granicama odstupanja metode savremenih istraživanja (Vidi Sliku 4.), dok je daljina odbačaja pešaka ženskog korišćenjem programa PC Crash značajno veća. Najznačajnije razlike daljine odbačaja pešaka primenom programa PC Crash i metode savremenih istraživanja su pri brzinama vozila oko 50 km/h.



Slika 4. Daljina odbačaja pešaka primenom PC Crash-a i metodom savremenih istraživanja

Razlike daljine odbačaja pešaka primenom tradicionalnih i savremenih metoda analize saobraćajnih nezgoda sa pešcima su prikazane Slici 5. Korišćenjem programa PC Crash kod saobraćajnih nezgoda sa učešćem pešaka ženskog pola dolazi do značajnijih razlika u daljini odbačaja pešaka u odnosu na nezgode sa pešacima muškog pola. Navedene razlike se eventualno mogu objasniti time da tradicionalne metode ne uzimaju u obzir

težinu pešaka, već je zavisnost utvrđena na osnovu eksperimenta za pešaka visine 1,75 m i težine 75 kg.

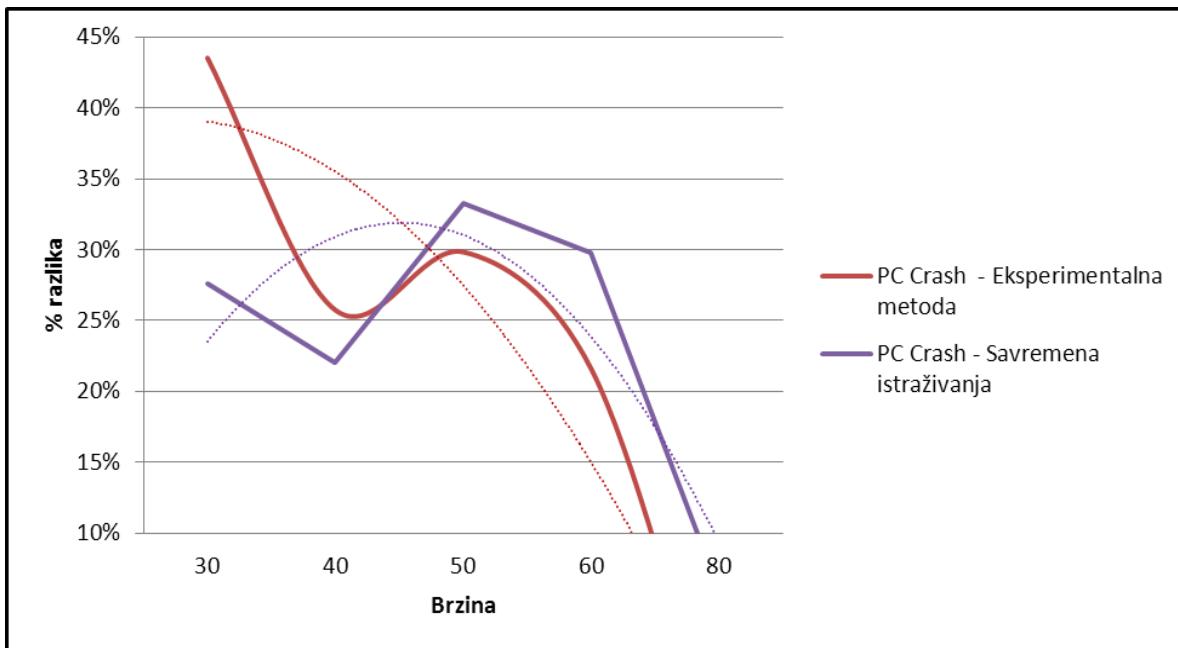


Slika 5. Daljine odbačaja pešaka tradicionalnim metodama i korišćenjem programa PC Crash

4. DISKUSIJA REZULTATA I ZAKLJUČAK

Na osnovu sprovedenih analiza daljine odbačaja pešaka tradicionalnim i savremenim metodama može se zaključiti da postoje karakteristične razlike u daljini odbačaja pešaka. Karakteristično je da se primena programa PC Crash kod pešaka muškog pola značajno razlikuje od tradicionalnih metoda, već pri brzini 30 km/h. Sa porastom brzine razlike između primene programa PC Crash (pešaka muškog pola) i tradicionalnih metoda se smanjuju.

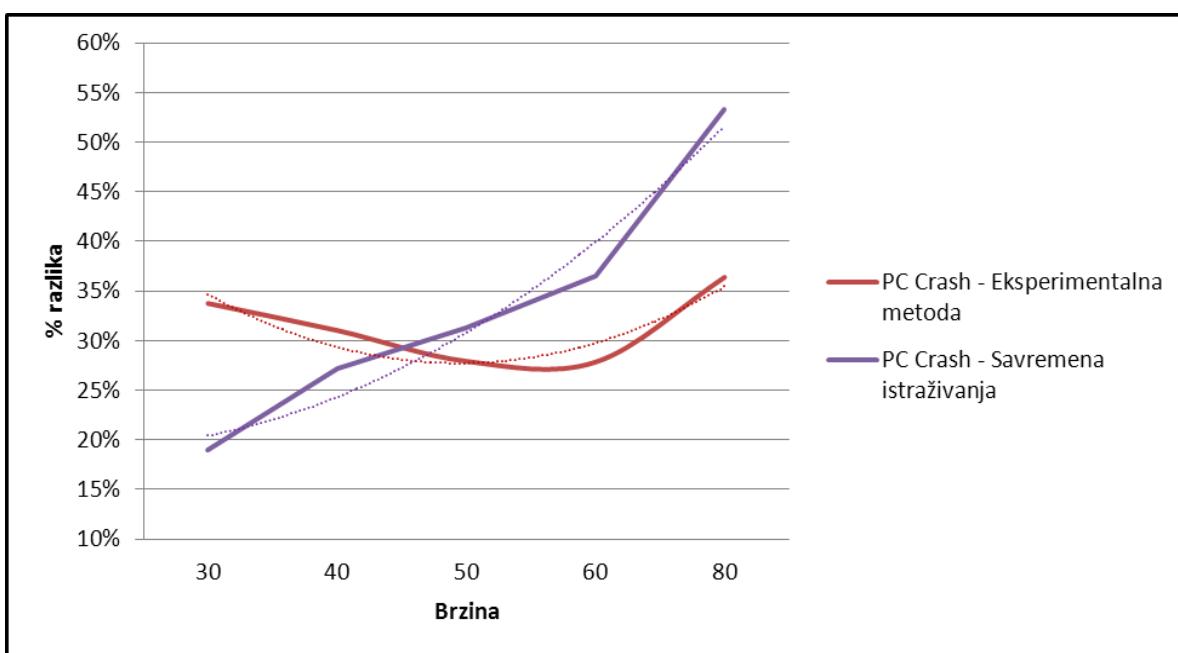
Razlika između daljine odbačaja pešaka primenom PC Crash-a i tradicionalnih metoda je kod pešaka muškog pola negativno zavisna od brzine vozila. Naime, na osnovu sprovedenog istraživanja može se zaključiti da, za pešake muškog pola, tradicionalne metode se razlikuju od programa PC Crash do brzine od 80 km/h, nakon čega su razlike manje od 10%. Najznačajnija razlika primenom programa PC Crash i eksperimentalne metode je pri brzini 30 km/h, dok je najznačajnija razlika između PC Crash-a i metode zasnovane na savremenom istraživanju pri brzini 50 km/h. I tradicionalne metode i primena programa PC Crash pokazuju slaganje u daljini odbačaja pešaka muškog pola pri brzinama oko 80 km/h. Trend razlike tradicionalnih metoda i primene programa PC Crash, kod pešaka muškog pola, opada sa porastom brzine. Procenat razlike daljine odbačaja pešaka muškog pola se od najviše 44%, pri brzini 30 km/h, smanjuje do 80 km/h, kada su razlike neznatne (Vidi Sliku 6.).



Slika 6. Procentualne razlike daljine odbačaja pešaka muškog pola

Analizom svih dobijenih rezultata istraživanja može se zaključiti da su najveće razlike tradicionalnih i savremenih metoda analize uočene kod pešaka ženskog pola. Analizom uočenih razlika može se zaključiti da se primena programa PC Crash i metoda savremenih istraživanja razlikuje od najmanje 19%, pri brzini 30 km/h, do 53%, pri brzini od 80 km/h. Značajno je naglasiti da se razlika primenom metoda savremenih istraživanja i programa PC Crash približno linearno zavisi sa brzinom, odnosno procentualna razlika raste sa porastom brzine. Analizom podataka sa Slike 7. može se zaključiti da trend razlike tradicionalnih metoda i programa PC Crash, kod pešaka ženskog pola raste sa porastom brzine (Slika 7.).

Najmanja razlika primenom eksperimentalne metode i programa PC Crash je pri brzini 60 km/h. Trend razlike eksperimentalne metode i programa PC Crash od brzine 30 km/h opada do brzine 60 km/h, a zatim nastavlja da raste.



Slika 7. Procentualne razlike daljine odbačaja pešaka ženskog pola

Na osnovu svih sprovedenih uporednih analiza saobraćajnih nezgoda primenom tradicionalnih i savremenih metoda može se zaključiti da su kod pešaka muškog pola najznačajnije razlike pri "malim" brzinama, odnosno brzinama do 60 km/h, dok su kod pešaka ženskog pola najznačajnije razlike pri većim, odnosno pri brzinama većim od 60 km/h.

Za naučnu ocenu dobijenih rezultata duljine odbačaja pešaka neophodno je primeniti određene statističke metode, kojima bi se potvrdila, odnosno odbacila značajnost razlike dobijenih rezultata.

Primena χ^2 - testa na rezultate duljine odbačaja pešaka eksperimentalnom metodom i metodom zasnovanom na bazi savremenih istraživanja pokazuje da nema značajne statističke razlike između duljine odbačaja pešaka primenom eksperimentalne ili metode zasnovane na bazi savremenih istraživanja $\chi^2 = 0.240 < \chi_{\alpha=0.01}^2 = 14.68366; p \leq 0.01$.

Imajući u vidu broj sprovedenih istraživanja, primena χ^2 - testa na rezultate duljine odbačaja pešaka primenom programa PC Crash (muški pol) i metode eksperimentalne zavisnosti pokazuje da nema značajne statističke razlike između rezultata duljine odbačaja pešaka primenom PC Crash-a (muški pol) i metode eksperimentalne zavisnosti $\chi^2 = 1.5989 < \chi_{\alpha=0.01}^2 = 14.68366; p \leq 0.01$. Takođe, primena χ^2 - testa na rezultate duljine odbačaja pešaka programom PC Crash (muški pol) i metode zasnovane na savremenim istraživanjima pokazuje da nema značajne statističke razlike $\chi^2 = 0.8247 < \chi_{\alpha=0.01}^2 = 14.68366; p \leq 0.01$.

Imajući u vidu deskriptivnu statistiku i uočene razlike u duljini odbačaja pešaka ženskog pola primenom programa PC Crash i tradicionalnih metoda, posebno značajno je primeniti statističke testove za uporednu analizi tradicionalnih metoda i programa PC Crash, za pešaka ženskog pola. Primena χ^2 - testa na rezultate duljine odbačaja pešaka programom PC Crash (ženski pol) i metode eksperimentalne zavisnosti pokazuje da nema značajne statističke razlike $\chi^2 = 0.5615 < \chi_{\alpha=0.01}^2 = 14.68366; p \leq 0.01$. Takođe, primena χ^2 - testa pokazuje da nema značajne statističke razlike $\chi^2 = 0.8761 < \chi_{\alpha=0.01}^2 = 14.68366; p \leq 0.01$, primena programa PC Crash i metode zasnovane na savremenim istraživanjima.

Na osnovu svih sprovedenih istraživanja, a posebno primenom statističkih testova na rezultate duljine odbačaja pešaka primenom programa PC Crash i tradicionalnih metoda može se zaključiti da ne postoje značajne statističke razlike u primeni tradicionalnih metoda i programa PC Crash.

Imajući u vidu karakter i suštinu statističkih testova, uočene razlike u analizama saobraćajnih nezgoda primenom programa PC Crash i tradicionalnih metoda ne bi trebalo decidno odbaciti. Naime, sa statističkog stanovišta, greške do 1% ili do 5% su prihvatljive, dok se u saobraćajno-tehničkom veštačenju moraju analizirati i slučajevi za koje sa statističkog stanovišta postoji 1% verovatnoće da su mogući.

Uočene razlike u duljini odbačaja pešaka, koje su opisane deskriptivnom statistikom, mogu poslužiti veštacima saobraćajne struke da u graničnim slučajevima i u uslovima u kojima su razlike uočene, budu posebno oprezni u davanju mišljenja. U okvirima uočenih razlika veštaci saobraćajne struke bi svoju analizu duljine odbačaja pešaka primenom PC Crash-a trebalo da provere sa bar još jednom tradicionalnom metodom, odnosno rezultate tradicionalnih metoda da provere i primenom programa PC Crash.

5. LITERATURA

- [1] Vujanić, M., Lipovac, K., Vujović, S., Beočanin, M., Ristić, Ž., Anđelković, B. *Priručnik za saobraćajno-tehničko veštačenje 96*, Beograd, 1996.
- [2] Vujanić, M. Lipovac, K., Vučen, N., Sredić, Z., Talijan, D., Cvijan, M., Selman, S. *Priručnik za saobraćajno-tehničko vještačenje i procjene šteta na vozilima*, Banjaluka, 2000.
- [3] Vukadinović, S., Popović, J. *MATEMATIČKA STATISTIKA*, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2004.
- [4] Dragač, R. *Bezbednost saobraćaja III*, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1994.
- [5] Trifunović, M. *Uporedna analiza postupaka za utvrđivanje sudarne brzine i odbaćaja dece pešaka klasičnim metodima i primenom program PC Crash*, Završni rad, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2010.
- [6] WHO (2009). *Global status report on road safety*, Geneva, Switzerland, 2009.
- [7] Datentechnik, S. *Operating Manual PC Crash, Version 9.0*, Linz, Austria, 2010.