

# POKUŠAJ UNAPREĐENJA METODA ANALIZE MOGUĆNOSTI IZBEGAVANJA BOČNIH SUDARA U SUSTIZANJU

## AN ATTEMPT OF IMPROVING THE METHOD OF THE SIDE-ARRIVING CRASHES AVOIDANCE ANALYSIS

Boris Antić<sup>1</sup>; Dalibor Pešić<sup>2</sup>

XI Simpozijum  
"Analiza složenih saobraćajnih nezgoda  
i prevare u osiguranju"

**Rezime:** Saobraćajne nezgode u kojima ose vozila u sudaru zaklapaju oštar ugao, pri čemu se sustignuto vozilo u trenutku sudara ne nalazi potpuno ispred vozila sa kojim je došlo do sudara, mogu se nazvati bočnim sudarima u sustizanju. U relevantnoj literaturi mogućnost izbegavanja ove vrsta sudara je analizirana zaustavljanjem do mesta sudara, uzimajući u obzir raspoloživo vreme ili put. Da li na putu do sudara postoji tačka u kojoj je najkasnije potrebno smanjiti brzinu vozila koje izbegava nezgodu do komponente brzine sustignutog vozila, pa da takođe ne dođe do nastanka nezgode? Ovaj kriterijum bi, za razliku od izbegavanja nezgode zaustavljanjem, uzeo u obzir i zakošenost sustignutog vozila u trenutku sudara, njegovu brzinu i položaj u odnosu na vozilo koje izbegava nezgodu. U ovom radu biće prikazan pokušaj unapređenja metoda analize mogućnosti izbegavanja bočnih sudara u sustizanju, kao i komparacija rezultata u odnosu na postojeće kriterijume.

**KLJUČNE REČI:** IZBEGAVANJE NEZGODE, PROSTORNI KRITERIJUM, VREMENSKI KRITERIJUM, ZAKOŠENOST VOZILA, KOMPARACIJA

**Abstract:** Traffic accidents in which collided cars form sharp angle, but only one part of frontal vehicle is in front of other vehicle are side-arriving crashes. In relevant literature, avoidance of this kind of accident is analyzed by stopping, according to available time or available distance, but is there a point on the way to crash where accident could be avoided by decreasing the speed until speed of arriving car is equaled with speed of frontal car? This criteria, in contrast to the avoidance by stopping of arriving car, took into account angle of frontal car, but also its speed and position of the point of impact. In this paper will be presented attempt of improving of avoidance of side-arriving crashes, but also comparison between improved and results which are based on existing criteria.

**KEY WORDS:** ACCIDENT AVOIDANCE, AVOIDANCE IN DISTANCE, AVOIDANCE IN TIME, ANGLE BETWEEN CAR DIRECTIONS, COMPARISON

<sup>1</sup> Saobraćajni fakultet, Beograd, [b.antic@sf.bg.ac.rs](mailto:b.antic@sf.bg.ac.rs)

<sup>2</sup> Saobraćajni fakultet, Beograd, [d.pesic@sf.bg.ac.rs](mailto:d.pesic@sf.bg.ac.rs)

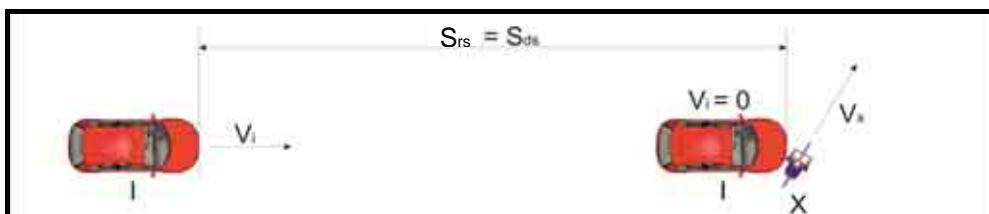
## 1. UVOD

Bočni sudari u sustizanju mogu nastati kao posledica započinjanja skretanja ulevo u trenutku kada susednom saobraćajnom trakom drugo vozilo vrši preticanje, ali su najčešći slučajevi kada vozilo ostvari sudar sa biciklistom koji nakon kretanja uz desnu ivicu kolovoza započinje skretanje ulevo. Saobraćajne nezgode sa biciklistima, kao ranjivim učesnicima u saobraćaju, najčešće dovode do veoma teških posledica [1.], pa će upravo na primeru sustizanja biciklista biti analizirana mogućnost izbegavanja bočnih sudara u sustizanju. Naime, istraživanje na području Subotice je pokazalo da od svih poginulih u saobraćaju biciklisti čine preko 27%, a učešće teško povređenih biciklista u svim teško povređenim u saobraćaju prelazi 32%. S obzirom na to što je svaki šesti nastrandali u saobraćaju u SAD, pešak ili biciklista, sprovedeno je istraživanje Uprave za puteve (Federal Highway Administration – FHWA) i Nacionalne Uprave za bezbednost saobraćaja (National Highway Traffic Safety Administration – NHTSA), koje je obuhvatilo skoro 3000 saobraćajnih nezgoda u kojima su učestvovali biciklisti, a pokazano je da su sudari u sustizanju biciklista zastupljeni sa 15%, pri čemu je ugroženost biciklista u ovim saobraćajnim nezgodama 29% [2.]. Analizirajući ekspertize saobraćajnih nezgoda Instituta Saobraćajnog fakulteta u Beogradu, za period 1994-2010. uočeno je da su sudari u sustizanju zastupljeni sa 72%, pri čemu je smrtnost biciklista u ovim sudarima iznad 67% [3.]. Pod bočnim sudarima u sustizanju smatraju se saobraćajne nezgode u kojima bicikl nije potpuno ispred čeonog dela automobila (Videti sliku – 1 levo), već se u trenutku sudara bicikl delimično nalazi ispred prednjeg dela automobila, a uzdužne ose automobila i bicikla zaklapaju oštar ugao (Videti Sliku 1– desno).



Slika 1. Primer sudara u sustizanju (levo) i bočnog sudara u sustizanju (desno)

Saobraćajno-tehničko veštaciranje predstavlja složen postupak u kome posebno do izražaja dolazi sistematičnost koja se ogleda u poštovanju procedura, redosleda neophodnih analiza i pravilnog izbora metoda proračuna, kako bi se na ispravan način formirao nalaz i mišljenje veštaka o konkretnoj saobraćajnoj nezgodi [4.]. Sprovedene analize elemenata i okolnosti pod kojima se dogodila saobraćajna nezgoda, objedinjene su u vremensko-prostornoj analizi u kojoj se potom sprovodi i analiza mogućnosti izbegavanja nezgode. Uzimajući u obzir položaj koji zauzimaju automobil i bicikl sa biciklistom u trenutku bočnog sudara u sustizanju (Videti Sliku 1– desno), postupci za izračunavanje brzine pri kojoj bi saobraćajna nezgoda mogla biti izbegнута за put i vreme do prepreke koja se kreće u istom smeru, a koji se mogu koristiti kod sudara u sustizanju (Videti Sliku 1– levo), nisu primenljivi. Naime, nezgoda neće biti izbegнута ako u sudarnom položaju automobil poseduje brzinu jednaku komponenti brzine kretanja bicikla, jer će u sledećem trenutku doći do sudara, pa je za izbegavanje ovakvih sudara primenljiv kriterijum zaustavljanja na putu, odnosno za vreme do tačke sudara (Videti Sliku 2).



Slika 2. Shema bočnog sudara u sustizanju

U ovom radu, pored postojećih metoda proračuna brzine izbegavanja nezgode (uslovno bezbedne brzine) bočnih sudara u sustizanju, biće prikazan i pokušaj unapređenja metoda, kao i razlike među rezultatima koje bi nastale u pogledu mogućnosti izbegavanja nezgode.

## 2. MOGUĆNOST IZBEGAVANJA BOČNIH SUDARA U SUSTIZANJU ZAUSTAVLJANJEM AUTOMOBILA

Ako se pri analizi izbegavanja nezgode posmatra put koji je vozač imao na raspolaganju za izbegavanje nezgode, odnosno put od mesta stvaranja opasne situacije do mesta sudara ( $S_{rs}$ ), brzina izbegavanja nezgode zaustavljanjem izračunava se primenom obrasca:

$$V_u = V_i = \sqrt{(b \cdot t_s)^2 + 2 \cdot b \cdot S_{rs} - b \cdot t_s} \quad (1)$$

Kada je reč o izbegavanju bočnih sudara u sustizanju zaustavljanjem za vreme od trenutka stvaranja opasne situacije do trenutka sudara ( $t_{rs}$ ), brzina pri kojoj je moguće izbeći nezgodu izračunava se primenom obrasca:

$$V_u = V_i = b \cdot (t_{rs} - t_s) \quad (2)$$

Ono što je interesantno jeste da u prethodnim obrascima ne figuriše ni brzina bicikla u trenutku sudara, niti položaj – zakošenost bicikla u odnosu na automobil, odnosno promena ovih parametara ne bi uticala na dobijeni rezultat tj. vrednost brzine izbegavanja nezgode. Te okolnosti najbolje se mogu videti na konkretnom primeru:

*Kolovozom se brzinom od 60 km/h kreće AUDI, tako da vozač sa udaljenosti od 34 m preduzima kočenje i dolazi do sudara pri brzini od 30 km/h, sa biciklistom koji se kretao brzinom  $V_x$ . Uzdužne ose AUDI-ja bicikla su u trenutku sudara bile zakošene pod uglom  $\alpha$ . Usporenje je  $6 \text{ m/s}^2$ , a vremena reagovanja sistema vozač vozilo su:  $t_1=0,8 \text{ s}$ ,  $t_2=0,1 \text{ s}$ ,  $t_3=0,2 \text{ s}$ .*

S obzirom na put dužine 34 m, brzina izbegavanja po prostornom kriterijumu bi iznosila:

$$V_u = V_i = \sqrt{(b \cdot t_s)^2 + 2 \cdot b \cdot S_{rs} - b \cdot t_s}$$

$$V_u = V_i = \sqrt{(6 \cdot 1)^2 + 2 \cdot 6 \cdot 34,06 - 6 \cdot 1}$$

$$V_u = V_i = 15,09 \text{ m/s} \quad \text{ili} \quad 54,3 \text{ km/h}$$

Kako bi od trenutka reagovanja vozača AUDI-ja do trenutka sudara proteklo 2,39 s, brzina izbegavanja nezgode po vremenskom kriterijumu bi bila:

$$V_u = V_i = b \cdot (t_{rs} - t_s)$$

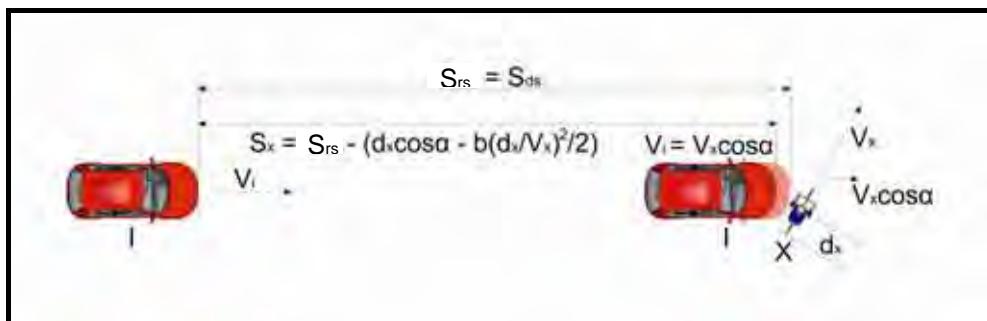
$$V_u = V_i = 6 \cdot (2,39 - 1)$$

$$V_u = V_i = 8,34 \text{ m/s} \quad \text{ili} \quad 30 \text{ km/h}$$

Dakle, prethodno izračunate brzine izbegavanja će ostati iste za bilo koju brzinu bicikliste (na primer 5 km/h ili 50 km/h), za bilo koju zakošenost bicikla u trenutku sudara (na primer 10° ili 60°), kao i bez obzira na to da li je došlo do sudara sa prednjim ili zadnjim točkom bicikla. Pitanje koje se nameće je da li je moguće izračunati brzinu izbegavanja tako da proračunom budu uključeni i prethodno navedeni parametri?

### 3. MOGUĆNOST IZBEGAVANJA BOČNIH SUDARA U SUSTIZANJU SMANJENJEM BRZINE AUTOMOBILA DO BRZINE BICIKLA

Postavlja se pitanje da li na putu automobila od reagovanja do sudara, ipak postoji mesto do kojeg bi putnički automobil najkasnije morao da smanji brzinu do komponente brzine bicikla, pa da nezgoda bude izbegnuta na mestu na kome je došlo do sudara. Uzimajući to u obzir, brzinu izbegavanja bi bilo moguće izračunati i na način koji uzima u obzir komponentu brzine kretanja i položaja bicikla (Videti Sliku 3). Izbegavanje nezgode smanjivanjem brzine automobila do komponente brzine bicikla u trenutku sudara, moguće je samo ako se bicikl potpuno nalazi ispred čeonog dela automobila. S obzirom na to, nezgoda može biti izbegnuta, ako automobil pre pozicije mesta sudara smanji brzinu do komponente brzine bicikla, tako da bicikl dospe ispred čeonog dela automobila kada su brzina automobila i komponenta brzine bicikla izjednačene.



Slika 3. Shema parametara izbegavanja bočnog sudara u sustizanju, smanjenjem brzine automobila do komponente brzine kretanja bicikla

Za proračun brzine izbegavanja smanjenjem brzine automobila do komponente brzine bicikla, put od reagovanja do sudara je potrebno umanjiti za put koji će automobil preći ravnomerno usporenim kretanjem za vreme potrebito da "preostali" deo bicikla, brzinom  $V_x$  pređe put  $d_x$  (Videti Sliku 3). Put na kome je automobil potrebno da smanji brzinu do brzine komponente bicikla izračunava se primenom obrasca:

$$\begin{aligned}
 S_x &= S_{srs} - (t_b \cdot V_x \cdot \cos \alpha - \frac{b \cdot t_b^2}{2}) \\
 S_x &= S_{srs} - (\frac{d_x}{V_x} \cdot V_x \cdot \cos \alpha - \frac{b \cdot (\frac{d_x}{V_x})^2}{2}) \\
 S_x &= S_{srs} - (d_x \cdot \cos \alpha - \frac{b \cdot (\frac{d_x}{V_x})^2}{2})
 \end{aligned} \tag{3}$$

Imajući prethodno u vidu, brzina izbegavanja nezgode koja uzima u obzir brzinu i položaj bicikla u trenutku sudara izračunava se primenom obrasca:

$$V_{isx} = \sqrt{(b \cdot t_s)^2 + 2 \cdot b \cdot S_x + (V_x \cos \alpha)^2 - b \cdot t_s} \quad (4)$$

a jasno je da će proračun brzine na ovaj način imati smisla ako je  $S_x < S_{rs}$ , odnosno ako je ispunjen uslov:

$$d_x \cdot \cos \alpha > \frac{b \cdot \left(\frac{d_x}{V_x}\right)^2}{2} \quad (5)$$

Kada se posmatra vreme, u periodu od reagovanja do sudara postoji tačka u kojoj bi najkasnije brzina automobila morala biti izjednačena sa komponentom brzine bicikla, tako da nezgoda bude izbegнута. Ta tačka se dobija kada se vreme od reagovanja (stvaranja opasne situacije) do trenutka sudara ( $t_{rs}$ ) umanji za vreme ( $t_b$ ) potrebno da deo bicikla, brzinom  $V_x$  pređe put  $d_x$  (Videti sliku 3). Brzina izbegavanja nezgode bi se na ovaj način izračunavala primenom obrasca:

$$V_{itx} = b \cdot (t_x - t_s) + V_x \cos \alpha \quad (6)$$

gde je  $t_x$ :

$$t_x = t_{rs} - t_b = t_{rs} - \frac{d_x}{V_x} \quad (7)$$

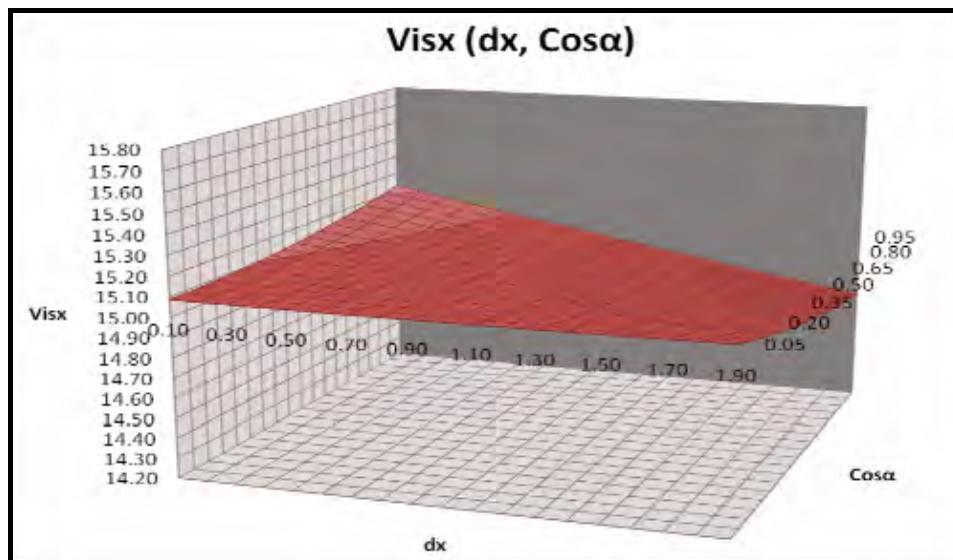
#### 4. RAZLIKE U PRIMENJENIM KRITERIJUMIMA

Kada se posmatra mogućnost izbegavanja nezgode zaustavljanjem, u prikazanom konkretnom primeru bi po prostornom kriterijumu brzina izbegavanja bila 15,09 m/s (54,3 km/h), a po vremenskom kriterijumu 8,34 m/s (30 km/h), bez obzira na brzinu bicikla, zakošenost u trenutku sudara i položaj bicikla u pogledu sudara.

**Tabela 1.** Brzina izbegavanja nezgode smanjenjem brzine automobila na putu  $S_x$ , do bicikla koji se kreće brzinom od 10 km/h

		Cos α																		
		0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95
d <sub>x</sub>	0.10	15.09	15.09	15.09	15.09	15.10	15.10	15.11	15.11	15.12	15.13	15.14	15.15	15.16	15.17	15.18	15.20	15.21	15.23	
	0.20	15.03	15.03	15.03	15.03	15.09	15.09	15.09	15.10	15.11	15.12	15.13	15.14	15.15	15.16	15.17	15.18	15.19	15.20	
0.30	15.08	15.08	15.08	15.08	15.08	15.08	15.08	15.08	15.09	15.09	15.10	15.10	15.11	15.12	15.13	15.14	15.15	15.16	15.17	
	0.40	15.08	15.08	15.08	15.07	15.07	15.07	15.07	15.07	15.08	15.08	15.09	15.09	15.10	15.11	15.12	15.13	15.14	15.15	15.16
0.50	15.08	15.08	15.07	15.07	15.07	15.07	15.06	15.06	15.06	15.08	15.08	15.07	15.07	15.07	15.08	15.09	15.10	15.11	15.12	
	0.60	15.08	15.08	15.07	15.06	15.06	15.05	15.05	15.05	15.05	15.05	15.05	15.05	15.05	15.06	15.06	15.07	15.08	15.09	15.10
0.70	15.08	15.07	15.07	15.06	15.05	15.05	15.04	15.04	15.04	15.04	15.04	15.04	15.04	15.04	15.05	15.05	15.05	15.06	15.07	
	0.80	15.08	15.07	15.06	15.05	15.05	15.04	15.04	15.03	15.03	15.03	15.02	15.02	15.02	15.02	15.03	15.03	15.03	15.04	15.04
0.90	15.08	15.07	15.06	15.05	15.04	15.03	15.03	15.02	15.02	15.02	15.01	15.01	15.01	15.01	15.01	15.01	15.01	15.01	15.02	
	1.00	15.08	15.07	15.06	15.05	15.04	15.03	15.02	15.01	15.01	15.00	14.99	14.99	14.99	14.99	14.99	14.99	14.99	14.99	14.99
1.10	15.08	15.07	15.06	15.04	15.03	15.02	15.01	15.00	14.99	14.98	14.98	14.98	14.97	14.97	14.97	14.96	14.96	14.96	14.97	
	1.20	15.08	15.07	15.05	15.04	15.03	15.01	15.00	14.99	14.98	14.97	14.97	14.96	14.95	14.95	14.95	14.94	14.94	14.94	14.94
1.30	15.08	15.07	15.05	15.04	15.02	15.01	14.99	14.98	14.97	14.96	14.95	14.95	14.94	14.93	14.93	14.92	14.92	14.92	14.92	
	1.40	15.09	15.07	15.05	15.03	15.02	15.00	14.99	14.97	14.96	14.95	14.94	14.93	14.92	14.91	14.91	14.90	14.90	14.89	14.89
1.50	15.09	15.07	15.05	15.03	15.01	15.00	14.98	14.97	14.96	14.94	14.94	14.93	14.92	14.91	14.90	14.89	14.88	14.88	14.87	
	1.60	15.09	15.07	15.05	15.03	15.01	14.99	14.97	14.96	14.94	14.93	14.93	14.91	14.90	14.89	14.88	14.87	14.86	14.85	14.84
1.70	15.09	15.07	15.04	15.02	15.00	14.98	14.97	14.95	14.93	14.92	14.90	14.89	14.87	14.86	14.85	14.84	14.83	14.82	14.81	
	1.80	15.09	15.07	15.04	15.02	15.00	14.98	14.96	14.94	14.92	14.90	14.89	14.87	14.86	14.85	14.83	14.82	14.81	14.80	14.79
1.90	15.09	15.07	15.04	15.02	14.99	14.97	14.95	14.93	14.91	14.89	14.88	14.86	14.84	14.83	14.81	14.80	14.79	14.78	14.77	

Brzina izbegavanja nezgode ( $V_{isx}$ ) smanjenjem brzine automobila na putu  $S_x$  do komponente brzine bicikla ( $V_{x\cos\alpha}$ ), kao i brzina izbegavanja nezgode ( $V_{itx}$ ) smanjenjem brzine automobila za vreme  $t_x$  do komponente brzine bicikla će, međutim, zavisiti od brzine bicikla ( $V_x$ ), zakošenosti bicikla u trenutku sudara ( $\alpha$ ) i dužine dela bicikla koja se nalazi iza tačke sudara ( $d_x$ ) koja može varirati uzimajući u obzir usvojenu najveću dužinu bicikla do 2 m. Ako bi se bicikl neposredno pre sudara kretao brzinom od 10 km/h, varirajući ugao u trenutku sudara ( $\alpha$ ) i dužinu "preostalog" dela bicikla ( $d_x$ ), za ostale uslove iz primera, brzina izbegavanja nezgode ( $V_{isx}$ ) smanjenjem brzine automobila na putu  $S_x$  do komponente brzine bicikla ( $V_{x\cos\alpha}$ ) prikazana je u Tabeli 1. pri čemu su zelenom bojom (uokvirene vrednosti) označene vrednosti brzine izbegavanja koje imaju niže vrednosti od brzine izbegavanja po prostornom kriterijumu.

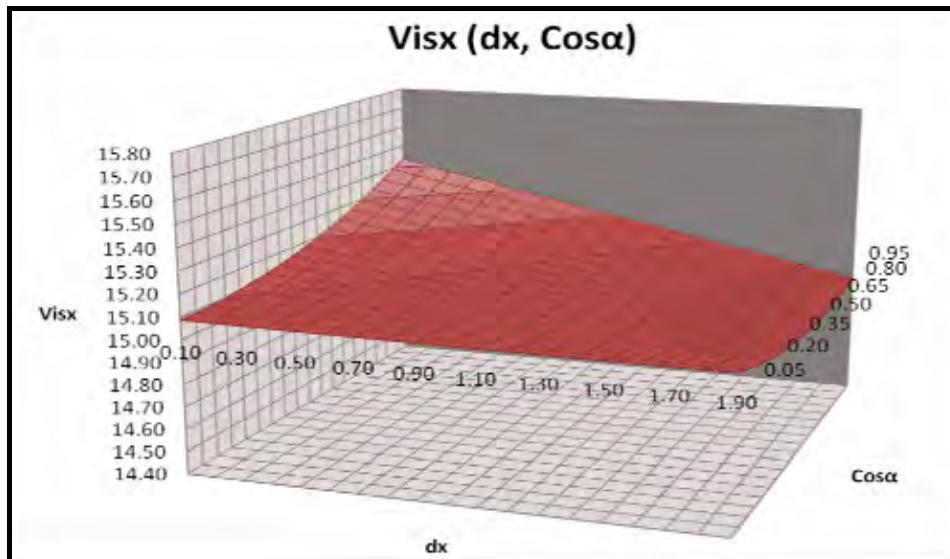


**Dijagram 1.** Brzina izbegavanja nezgode smanjenjem brzine automobila na putu  $S_x$ , do bicikla koji se kreće brzinom od 10 km/h

Sa porastom brzine bicikla, raste i brzina izbegavanja nezgode, smanjenjem brzine automobila do komponente brzine kretanja bicikla, a što se može primetiti i uporednom analizom Tabele 1 i Tabele 2 u kojoj su prikazane vrednosti za brzinu bicikla od 15 km/h.

**Tabela 2.** Brzina izbegavanja nezgode smanjenjem brzine automobila na putu  $S_x$ , do bicikla koji se kreće brzinom od 15 km/h

		Cosa																			
		0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	
dx	0.10	15.09	15.09	15.09	15.10	15.11	15.12	15.13	15.14	15.16	15.16	15.20	15.22	15.24	15.27	15.30	15.33	15.36	15.39	15.43	
		15.09	15.09	15.09	15.09	15.10	15.11	15.12	15.13	15.15	15.16	15.18	15.20	15.22	15.25	15.28	15.30	15.34	15.37	15.40	
0.30	0.30	15.08	15.08	15.08	15.09	15.09	15.10	15.11	15.12	15.13	15.15	15.17	15.18	15.21	15.23	15.25	15.28	15.31	15.34	15.38	
		15.08	15.08	15.08	15.08	15.09	15.09	15.10	15.11	15.12	15.13	15.15	15.17	15.19	15.21	15.23	15.26	15.29	15.32	15.35	
0.40	0.40	15.08	15.08	15.08	15.08	15.09	15.09	15.10	15.11	15.12	15.13	15.15	15.17	15.19	15.21	15.23	15.26	15.29	15.32	15.35	
		15.08	15.08	15.08	15.08	15.08	15.09	15.10	15.11	15.12	15.13	15.15	15.17	15.19	15.21	15.24	15.26	15.29	15.32	15.35	
0.50	0.50	15.08	15.08	15.08	15.08	15.08	15.09	15.10	15.11	15.12	15.13	15.15	15.17	15.19	15.21	15.24	15.26	15.29	15.32	15.35	
		15.08	15.08	15.08	15.08	15.08	15.09	15.10	15.11	15.12	15.13	15.15	15.17	15.19	15.21	15.24	15.27	15.30			
0.60	0.60	15.08	15.08	15.07	15.07	15.07	15.07	15.08	15.09	15.10	15.11	15.12	15.13	15.15	15.17	15.19	15.22	15.24	15.27	15.30	
		15.08	15.08	15.07	15.07	15.07	15.07	15.08	15.09	15.10	15.11	15.12	15.13	15.15	15.17	15.19	15.22	15.24	15.27	15.30	
0.70	0.70	15.08	15.07	15.07	15.07	15.07	15.07	15.08	15.09	15.10	15.10	15.12	15.13	15.15	15.17	15.19	15.22	15.24	15.27	15.30	
		15.08	15.07	15.07	15.07	15.07	15.07	15.08	15.09	15.10	15.10	15.12	15.13	15.15	15.17	15.19	15.22	15.24	15.27	15.30	
0.80	0.80	15.08	15.07	15.07	15.06	15.06	15.06	15.06	15.07	15.07	15.08	15.09	15.10	15.12	15.13	15.15	15.17	15.19	15.22	15.24	
		15.08	15.07	15.07	15.06	15.06	15.06	15.06	15.07	15.07	15.08	15.09	15.10	15.12	15.13	15.15	15.17	15.19	15.22	15.24	
0.90	0.90	15.08	15.07	15.06	15.05	15.05	15.05	15.05	15.06	15.07	15.07	15.09	15.10	15.11	15.13	15.15	15.17	15.19	15.22	15.24	
		15.08	15.07	15.06	15.05	15.05	15.05	15.05	15.06	15.07	15.07	15.09	15.10	15.11	15.13	15.15	15.17	15.19	15.22	15.24	
1.00	1.00	15.08	15.07	15.06	15.05	15.05	15.04	15.04	15.04	15.05	15.05	15.06	15.07	15.08	15.09	15.11	15.13	15.15	15.17	15.19	
		15.08	15.07	15.06	15.05	15.05	15.04	15.04	15.04	15.05	15.05	15.06	15.07	15.08	15.09	15.11	15.13	15.15	15.17	15.19	
1.10	1.10	15.08	15.07	15.05	15.05	15.04	15.04	15.03	15.03	15.03	15.04	15.04	15.05	15.06	15.07	15.09	15.11	15.12	15.14	15.17	
		15.08	15.07	15.05	15.05	15.04	15.04	15.03	15.03	15.03	15.04	15.04	15.05	15.06	15.07	15.09	15.11	15.12	15.14	15.17	
1.20	1.20	15.08	15.06	15.05	15.04	15.03	15.03	15.02	15.02	15.02	15.03	15.03	15.04	15.05	15.06	15.07	15.08	15.12	15.14		
		15.08	15.06	15.05	15.04	15.03	15.03	15.02	15.02	15.02	15.02	15.03	15.04	15.05	15.06	15.07	15.08	15.09	15.11		
1.30	1.30	15.08	15.06	15.05	15.04	15.03	15.02	15.01	15.01	15.01	15.02	15.02	15.03	15.04	15.05	15.06	15.07	15.08	15.09	15.11	
		15.08	15.06	15.05	15.04	15.03	15.02	15.01	15.01	15.00	15.00	15.00	15.00	15.01	15.02	15.03	15.05	15.07	15.09	15.11	
1.40	1.40	15.08	15.06	15.04	15.03	15.02	15.01	15.01	15.00	15.00	15.00	15.00	15.01	15.02	15.03	15.04	15.05	15.07	15.09	15.11	
		15.08	15.06	15.04	15.03	15.02	15.01	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.01	15.02	15.03	15.05	15.07	15.09	15.11	
1.50	1.50	15.08	15.06	15.04	15.03	15.02	15.01	15.00	14.99	14.98	14.99	14.99	14.99	15.00	15.01	15.02	15.03	15.05	15.07	15.09	
		15.08	15.06	15.04	15.03	15.02	15.01	15.00	14.99	14.98	14.98	14.97	14.97	14.97	14.98	14.98	14.99	15.00	15.02	15.04	
1.60	1.60	15.08	15.06	15.04	15.02	15.01	15.00	14.99	14.98	14.98	14.97	14.97	14.97	14.98	14.98	14.99	15.00	15.01	15.02	15.04	
		15.08	15.05	15.04	15.02	15.00	14.99	14.98	14.97	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	14.97	14.97	14.98	15.01	
1.70	1.70	15.08	15.05	15.04	15.02	15.00	14.99	14.98	14.97	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	14.97	14.97	14.98	14.98	15.01	
		15.08	15.05	15.03	15.01	15.00	14.98	14.97	14.96	14.95	14.95	14.95	14.94	14.94	14.94	14.95	14.95	14.96	14.96	14.97	
1.80	1.80	15.08	15.05	15.03	15.01	15.00	14.98	14.97	14.96	14.95	14.95	14.95	14.94	14.94	14.94	14.95	14.95	14.96	14.96	14.98	
		15.08	15.05	15.03	15.01	15.00	14.99	14.98	14.97	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	14.97	14.97	14.98	14.98	15.01	
1.90	1.90	15.08	15.05	15.03	15.01	14.99	14.98	14.96	14.95	14.94	14.93	14.93	14.92	14.92	14.92	14.93	14.93	14.94	14.95	14.96	



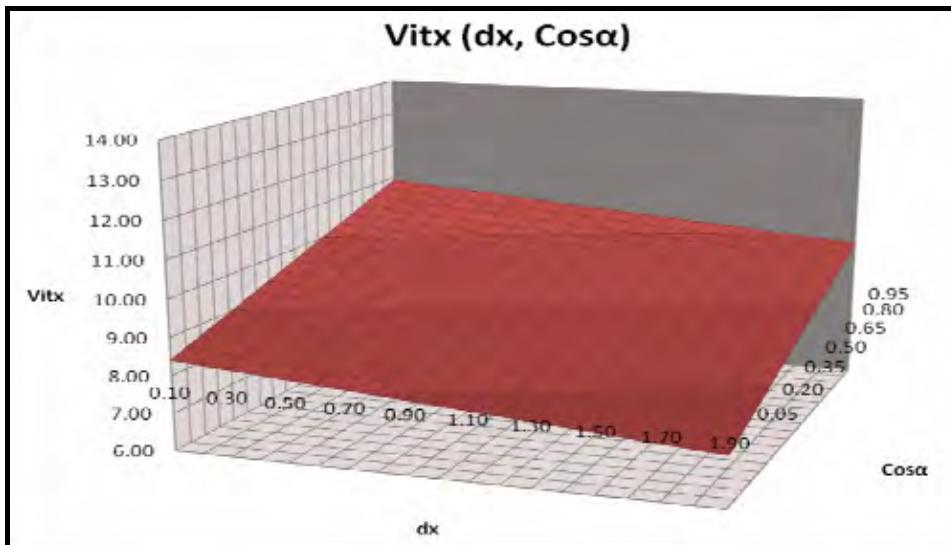
**Dijagram 2.** Brzina izbegavanja nezgode smanjenjem brzine automobila na putu  $S_x$ , do bicikla koji se kreće brzinom od 15 km/h

Zaključak koji sledi je da će brzina izbegavanja nezgode ( $V_{isx}$ ) smanjenjem brzine automobila na putu  $S_x$  do komponente brzine bicikla ( $V_x \cos \alpha$ ) imati manje vrednosti od brzine izbegavanja nezgode zaustavljanjem na putu dužine  $S_{rs}$  za veće vrednosti  $d_x$  i manje vrednosti  $\cos \alpha$ . Pored toga, sa porastom brzine bicikla opadaju mogućnosti da će brzina izbegavanja nezgode ( $V_{isx}$ ) smanjenjem brzine automobila na putu  $S_x$  do komponente brzine bicikla ( $V_x \cos \alpha$ ) imati manju vrednost od brzine izbegavanja nezgode zaustavljanjem na putu dužine  $S_{rs}$ . Ipak, razlike u dobijenim brzinama izbegavanja nezgode koje nastaju primenom ova dva kriterijuma nisu posebno izražene, a u konkretnom primeru brzina izbegavanja nezgode ( $V_{isx}$ ) je za najviše 1 km/h bila manja od brzine izbegavanja zaustavljanjem na putu do sudara ( $S_{rs}$ ).

**Tabela 3.** Brzina izbegavanja nezgode smanjenjem brzine automobila za vreme  $t_x$ , do bicikla koji se kreće brzinom od 10 km/h

		Cosa:																		
		0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95
d <sub>x</sub>	0.10	8.41	8.55	8.69	8.83	8.97	9.11	9.25	9.38	9.52	9.66	9.80	9.94	10.08	10.22	10.36	10.50	10.63	10.77	10.91
		8.35	8.49	8.63	8.77	8.91	9.05	9.19	9.32	9.46	9.60	9.74	9.88	10.02	10.16	10.30	10.44	10.57	10.71	10.85
0.30	0.40	8.29	8.43	8.57	8.71	8.85	8.99	9.13	9.26	9.40	9.54	9.68	9.82	9.96	10.10	10.24	10.38	10.51	10.65	10.79
		8.23	8.37	8.51	8.65	8.79	8.93	9.07	9.20	9.34	9.48	9.62	9.76	9.90	10.04	10.18	10.32	10.45	10.59	10.73
0.50	0.60	8.17	8.31	8.45	8.59	8.73	8.87	9.01	9.14	9.28	9.42	9.56	9.70	9.84	9.98	10.12	10.26	10.39	10.53	10.67
		8.11	8.25	8.39	8.53	8.67	8.81	8.95	9.08	9.22	9.36	9.50	9.64	9.78	9.92	10.06	10.20	10.33	10.47	10.61
0.70	0.80	8.05	8.19	8.33	8.47	8.61	8.75	8.89	9.02	9.16	9.30	9.44	9.58	9.72	9.86	10.00	10.14	10.27	10.41	10.55
		7.99	8.13	8.27	8.41	8.55	8.69	8.83	8.96	9.10	9.24	9.38	9.52	9.66	9.80	9.94	10.08	10.21	10.35	10.49
0.90	1.00	7.93	8.07	8.21	8.35	8.49	8.63	8.77	8.90	9.04	9.18	9.32	9.46	9.60	9.74	9.88	10.02	10.15	10.29	10.43
		7.87	8.01	8.15	8.29	8.43	8.57	8.71	8.84	8.98	9.12	9.26	9.40	9.54	9.68	9.82	9.96	10.09	10.23	10.37
1.10	1.20	7.81	7.95	8.09	8.23	8.37	8.51	8.65	8.78	8.92	9.06	9.20	9.34	9.48	9.62	9.76	9.90	10.03	10.17	10.31
		7.75	7.89	8.03	8.17	8.31	8.45	8.59	8.72	8.86	9.00	9.14	9.28	9.42	9.56	9.70	9.84	9.97	10.11	10.25
1.30	1.40	7.69	7.83	7.97	8.11	8.25	8.39	8.53	8.66	8.80	8.94	9.08	9.22	9.36	9.50	9.64	9.78	9.91	10.05	10.19
		7.63	7.77	7.91	8.05	8.19	8.33	8.47	8.60	8.74	8.88	9.02	9.16	9.30	9.44	9.58	9.72	9.85	9.99	10.13
1.50	1.60	7.57	7.71	7.85	7.99	8.13	8.27	8.41	8.54	8.68	8.82	8.96	9.10	9.24	9.38	9.52	9.66	9.79	9.93	10.07
		7.51	7.65	7.79	7.93	8.07	8.21	8.35	8.48	8.62	8.76	8.90	9.04	9.18	9.32	9.46	9.60	9.73	9.87	10.01
1.70	1.80	7.45	7.59	7.73	7.87	8.01	8.15	8.29	8.42	8.56	8.70	8.84	8.98	9.12	9.26	9.40	9.54	9.67	9.81	9.95
		7.39	7.53	7.67	7.81	7.95	8.09	8.23	8.36	8.50	8.64	8.78	8.92	9.06	9.20	9.34	9.48	9.61	9.75	9.89
1.90		7.33	7.47	7.61	7.75	7.89	8.03	8.17	8.30	8.44	8.58	8.72	8.86	9.00	9.14	9.28	9.42	9.55	9.69	9.83

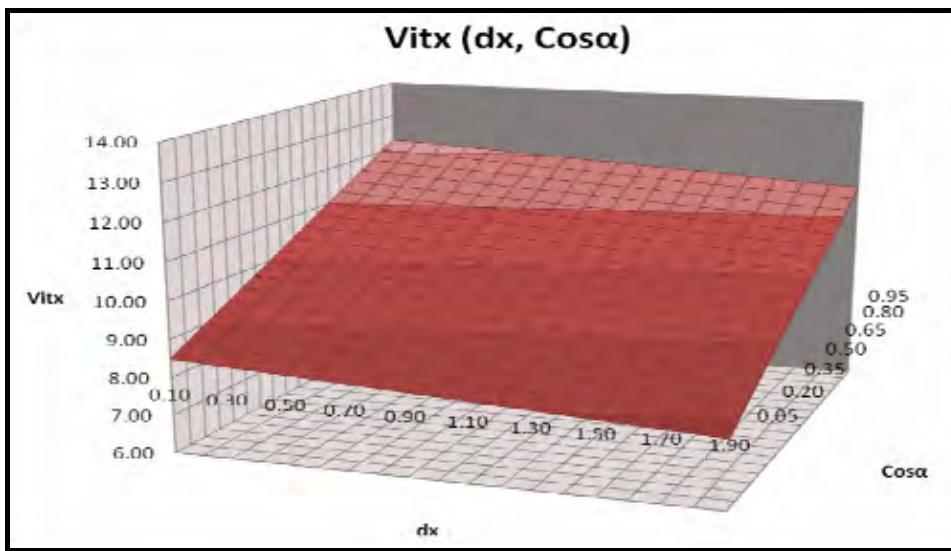
Kada je reč o poređenju vremenskog kriterijuma zaustavljanjem automobila za vreme od trenutka reagovanja (stvaranja opasne situacije) do trenutka sudara i kriterijuma koji uzima u obzir i zakošenost i brzinu bicikla u trenutku sudara (smanjenjem brzine automobila do komponente brzine bicikla), takođe postoje razlike u rezultatima brzine izbegavanja. Brzine izbegavanja smanjenjem brzine automobila do komponente brzine kretanja bicikla, a u zavisnosti od položaja bicikla prikazane su u Tabeli 3 (za brzinu bicikla od 10 km/h) i Tabeli 4 (za brzinu bicikla od 15 km/h).



**Dijagram 3.** Brzina izbegavanja nezgode smanjenjem brzine automobila za vreme  $t_x$ , do bicikla koji se kreće brzinom od 10 km/h

**Tabela 4.** Brzina izbegavanja nezgode smanjenjem brzine automobila za vreme  $t_x$ , do bicikla koji se kreće brzinom od 15 km/h

	Cosα																		
dx	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95
0.10	8.00	8.71	9.92	9.13	9.34	9.04	9.75	9.96	10.17	10.38	10.69	10.79	11.00	11.21	11.42	11.63	11.84	12.04	12.20
0.20	8.46	8.67	8.88	8.99	8.30	8.50	8.71	9.92	10.13	10.34	10.55	10.75	10.96	11.17	11.38	11.58	11.80	12.00	12.21
0.30	8.42	8.63	8.84	9.05	9.20	9.46	9.67	9.88	10.00	10.30	10.51	10.71	10.92	11.13	11.34	11.55	11.76	11.96	12.17
0.40	8.38	8.59	8.80	9.01	9.22	9.42	9.63	9.84	10.05	10.26	10.47	10.67	10.88	11.09	11.30	11.51	11.72	11.92	12.13
0.50	8.34	8.55	8.76	8.97	9.18	9.38	9.59	9.80	10.01	10.22	10.43	10.63	10.84	11.05	11.26	11.47	11.68	11.88	12.09
0.60	8.30	8.51	8.72	8.93	9.14	9.34	9.55	9.76	9.97	10.18	10.39	10.59	10.80	11.01	11.22	11.43	11.64	11.84	12.05
0.70	8.26	8.47	8.68	8.89	9.10	9.30	9.51	9.72	9.93	10.14	10.35	10.55	10.76	10.97	11.18	11.39	11.60	11.80	12.07
0.80	8.22	8.43	8.64	8.85	9.06	9.26	9.47	9.68	9.89	10.10	10.31	10.51	10.72	10.93	11.14	11.35	11.56	11.76	11.97
0.90	8.18	8.30	8.60	8.81	9.02	9.22	9.43	9.64	9.85	10.06	10.27	10.47	10.68	10.89	11.10	11.31	11.52	11.72	11.93
1.00	8.14	8.35	8.56	8.77	8.98	9.18	9.39	9.60	9.81	10.02	10.23	10.43	10.64	10.85	11.06	11.27	11.48	11.68	11.89
1.10	8.10	8.31	8.52	8.73	8.94	9.14	9.35	9.56	9.77	9.98	10.19	10.39	10.60	10.81	11.02	11.23	11.44	11.64	11.80
1.20	8.06	8.27	8.48	8.69	8.80	9.10	9.31	9.52	9.73	9.94	10.15	10.35	10.56	10.77	10.98	11.19	11.40	11.60	11.81
1.30	8.02	8.25	8.44	8.65	8.86	9.06	9.27	9.48	9.69	9.90	10.11	10.31	10.52	10.73	10.94	11.15	11.36	11.56	11.77
1.40	7.98	8.10	8.40	8.61	8.82	9.02	9.23	9.44	9.65	9.86	10.07	10.27	10.48	10.69	10.90	11.11	11.32	11.52	11.73
1.50	7.94	8.15	8.38	8.57	8.78	8.98	9.19	9.40	9.61	9.82	10.03	10.23	10.44	10.65	10.86	11.07	11.28	11.48	11.69
1.60	7.90	8.11	8.34	8.53	8.74	8.94	9.15	9.36	9.57	9.78	9.99	10.19	10.40	10.61	10.82	11.03	11.24	11.44	11.65
1.70	7.86	8.07	8.28	8.40	8.70	8.80	9.11	9.32	9.53	9.74	9.95	10.15	10.36	10.57	10.78	10.99	11.20	11.40	11.61
1.80	7.82	8.03	8.24	8.45	8.66	8.86	9.07	9.28	9.49	9.70	9.91	10.11	10.32	10.53	10.74	10.95	11.16	11.36	11.57
1.90	7.78	7.99	8.20	8.41	8.62	8.82	9.03	9.24	9.45	9.66	9.87	10.07	10.28	10.49	10.70	10.91	11.12	11.32	11.53



**Dijagram 4.** Brzina izbegavanja nezgode smanjenjem brzine automobila za vreme  $t_x$ , do bicikla koji se kreće brzinom od 15 km/h

Sa porastom brzine bicikla opada mogućnost da će brzine izbegavanja nezgode ( $V_{itx}$ ) smanjenjem brzine automobila do komponente brzine bicikla ( $V_x \cos\alpha$ ) biti manja od brzine izbegavanja zaustavljanjem za vreme  $t_{rs}$ . Pored toga, brzina izbegavanja ( $V_{itx}$ ) će imati manje vrednosti za veće dužine "preostalog" dela bicikla ( $d_x$ ) i manje vrednosti  $\cos\alpha$ .

U prethodnim tabelama, vrednosti brzine izbegavanja nezgode ( $V_{itx}$ ) koje su u konkretnom primeru manje od brzine izbegavanja nezgode zaustavljanjem za vreme  $t_{rs}$  označene su zelenom bojom i uokvirene su. Razlike u dobijenim brzinama izbegavanja nezgode koje nastaju primenom ova dva vremenska kriterijuma bile su u konkretnom primeru do 3 km/h i izraženije su nego razlike kod prostornih kriterijuma (najviše 1 km/h).

## 5. ZAKLJUČAK

Bočni sudari u sustizanju spadaju u grupu veoma čestih tipova sudara, sa velikim ekonomskim posledicama [5.], tako da je pri sprovođenju saobraćajno-tehničkog veštačenja, a posebno vremensko-prostorne analize važno imati u vidu sve parametre koji mogu imati uticaja na analizu mogućnosti izbegavanja nezgode. Naime, upravo ovaj deo saobraćajno-tehničkog veštačenja je najtešnije povezan za mišljenjem veštaka o propustima učenika nezgode, odnosno preciznije sa (ne)postojanjem propusta u pogledu mogućnosti izbegavanja nezgode vozača koji je upravljao vozilom koje je sustiglo biciklistu ili neko drugo vozilo. U relevantnoj literaturi, kao i dosadašnjoj praksi, izbegavanje ovog tipa sudara je analizirano zaustavljanjem vozila koje je izvršilo sustizanje za raspoloživ prostor (od mesta stvaranja opasne situacije do mesta sudara) odnosno raspoloživo vreme (od trenutka stvaranja opasne situacije do trenutka sudara). U ovom radu je prikazan pokušaj uključivanja u proračun brzine sustignutog vozila ( $V_x$ ), zakošenosti vozila u trenutku sudara ( $\alpha$ ) i dužine dela vozila koja se nalazi iza tačke sudara ( $d_x$ ). Međutim, opisani metod se ne može primeniti u praksi jer se u trenutku sudara sustignuto vozilo nije nalazilo u položaju koji omogućava izbegavanje nezgode, a što bi značilo promenu uslova pod kojima se dogodiла saobraćajna nezgoda.

Uzimajući prethodno opisano u obzir, prilikom analize mogućnosti izbegavanja nezgoda nastalih bočnim sudarom u sustizanju, neophodno je posebnu pažnju posvetiti što preciznijem utvrđivanju brzine i sudarnog položaja (zakošenosti i poziciji tačke sudara) sustignutog vozila, a analizu mogućnosti izbegavanja bočnih sudara u sustizanju sprovoditi isključivo zaustavljanjem do mesta sudara. Analiza mogućnosti izbegavanja nezgode smanjenjem brzine automobila do brzine bicikla moguća je samo u slučajevima kada se bicikl u trenutku sudara u potpunosti nalazi ispred čeonog dela putničkog automobila.

## LITERATURA

- [1] Antić, B., Vujanić, M., Jovanović, D., Pešić, D. "Impact of the new road traffic safety law on the number of traffic casualties in Serbia", *SCIENTIFIC RESEARCH AND ESSAYS* Vol. 6(29): 6176-6184, DOI: 10.5897/SRE11.1419. (2011).
- [2] Tan, C., *Crash-Type Manual for Bicyclists*, Pub No. FHWA-RD-96-104, 1996. [www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/pedbike/96104/index.cfm](http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/pedbike/96104/index.cfm), na dan 11.01.2011.
- [3] Antić, B., Pešić, D., Alempijević, Đ., Radović, A., "Analiza okolnosti nastanka saobraćajnih nezgoda sa učešćem biciklista", *Zbornik radova X International Symposium "ROAD ACCIDENTS PREVENTION 2010"*, 456-463, Novi Sad, 2010.
- [4] Antić, B., Vujanić, M. M., Cvijan, M. "Analiza i razlika vremensko prostorne baze analize saobraćajnih nezgoda sa pešakom", *Zbornik radova VIII Simpozijum sa međunarodnim učešćem "Sudar vozila i pešaka"*, 133-158, Vrnjačka Banja, 2009.

- [5] Antić, B., Vujanić, M., Lipovac, K., Pešić, D. "Estimation of the traffic accidents costs in serbia by using dominant costs model", *Transport* Vol. 26(4): 433-440, DOI: 10.3846/16484142.2011.635425 (2011)
- [6] Ječmenica, D., Alempijević, Đ., Aleksandrić, B., Pavlekić, S., Baralić, I., Antić, B. "Povrede vratne kičme kod korisnika dvotočkaša povređenih u saobraćajnim nezgodama", *Časopis Acta chirurgica iugoslavica*, ISSN 0354-950X, vol. 57, br. 1, str. 135-140, DOI:10.2298/ACI1001135J, 2010.
- [7] Antić, B., Marković, N., Pešić, D. "Elementi vremensko-prostorne analize saobraćajne nezgode", *Zbornik radova VII Simpozijum sa međunarodnim učešćem o saobraćajno tehničkom veštačenju i proceni štete*, 275-288, Vrnjačka Banja, 2009.
- [8] Antić, B., Vujanić, M. M., "Sudari u sustizanju – vremensko prostorna analiza", *Zbornik radova X Simpozijum "Analiza složenih saobraćajnih nezgoda i prevare u osiguranju"*, 109-121, Zlatibor, 2011.
- [9] Vujanić, M., Antić, B., Pešić, D. "Značaj razlike vremenske i prostorne analize i njihov uticaj na konačnu odluku u sudskom postupku", *Regionalno savetovanje Okružnog suda u Valjevu*, Valjevo, 2008.
- [10] Dragač, R., Vujanić, M. *Bezbednost saobraćaja II deo*, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2002.
- [11] Rotim, F. *Elementi sigurnosti cestovnog prometa, Svezak 1 – Ekspertize saobraćajnih nezgoda*, JAZU Zagreb, 1990.
- [12] Kostić, S. *Tehnike bezbednosti i kontrole saobraćaja*, Univerzitet u Novom Sadu – Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2002.
- [13] Vujanić, M. i dr. *Priročnik za saobraćajno-tehničko veštačenje 96*, MID Inženjering, Beograd, 1996.
- [14] Vujanić, M. i dr. *Priročnik za saobraćajno-tehničko vještačenje i procjene šteta na vozilima*, MODUL, Banya Luka, 2000.
- [15] Vujanić, M., Antić, B., Pešić, D. *Zbirka zadataka iz bezbednosti saobraćaja sa praktikumom – 1. deo*, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2012.