

## UTICAJ VREMENSKIH USLOVA NA BEZBEDNOST SAOBRAĆAJA<sup>1</sup>

**Jelica Davidović, mast. inž. saobraćaja**

Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet jelicadavidovic@sf.bg.ac.rs

**Nenad Marković, dipl. inž. saobraćaja**

Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet n.markovic@sf.bg.ac.rs

**Emir Smailović, mast. inž. saobraćaja**

Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet e.smailovic@sf.bg.ac.rs

**prof. dr Boris Antić, dipl. inž. saobraćaja**

Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet b.antic@sf.bg.ac.rs

Stručni rad

**Rezime:** Uticaj meteoroloških ili vremenskih prilika na bezbednost saobraćaja koje ukazuju da prilikom loših vremenskih uslova dolazi do smanjenja trenja između pneumatika i površine kolovoza, da se smanjuje vidljivost i da je otežano upravljanje vozilom izučavaju se dugi niz godina širom sveta. Jake padavine utiču na smanjenje mobilnosti i značajno povećavaju učestalost saobraćajnih nezgoda. Nasuprot tome visoke temperature dovode do intenzivnog razvoja umora i povećanja saobraćajnih nezgoda sa teškim posledicama. Naime, meteorološki faktori deluju na automobil i uslove saobraćaja – mehanički (na primer: vetar, kiša, sneg, poledica), utiču na vidljivost (magla, sumaglica, mrak) i deluju preko psiho-fizioloških funkcija vozača (na primer: atmosferski pritisak, temperatura i vlažnost vazduha). Cilj ovog rada je da se primenom metoda ekspertize saobraćajnih nezgoda i statistike utvrdi da li i u kojoj meri vremenski uslovi utiču na nastanak saobraćajnih nezgoda, kao i korelacija između pojedinih uticajnih elemenata.

**Ključne reči:** bezbednost saobraćaja, saobraćajne nezgode, vremenski uslovi, ekspertize

## THE INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS ON ROAD SAFETY

**Jelica Davidović, mast. inž. saobraćaja**

University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, jelicadavidovic@sf.bg.ac.rs

**Nenad Marković, dipl. inž. saobraćaja**

University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, n.markovic@sf.bg.ac.rs

**Emir Smailović, mast. inž. saobraćaja**

Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade, e.smailovic@sf.bg.ac.rs

**prof. dr Boris Antić, dipl. inž. saobraćaja**

University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, b.antic@sf.bg.ac.rs

Professional paper

**Abstract:** The impact of meteorological and weather conditions on road safety, which indicate that during bad weather conditions leads to reduced friction between tire and road surface that reduces visibility and is difficult to steer have been examined for many years around the world.

*High precipitation affects the decrease in mobility and significantly increase the incidence of traffic accidents. In contrast high-temperature of the lead to the development of intense tiredness and an increase in traffic accidents with serious consequences. Namely, influence factors acting on the car and the traffic - mechanically (for example wind, rain, snow, ice), affect the visibility (fog, mist, darkness), and act via a psycho-physiological functions of the driver (for example, air pressure, temperature and humidity). The aim of this study was to use the method of expertise statistics of traffic accidents and to determine whether and to what extent the weather conditions affect the occurrence of traffic accidents, as well as the correlation between some elements which influence.*

**Keywords:** road traffic safety, traffic accidents, weather conditions, expertise

### 1. UVOD

Potreba za kretanjem ljudi i prevozom dobara javlja se od davnina. Kao važan element društvenog razvoja ističe se saobraćaj, jer su promene u društvu uticale na mobilnost. Pored brojnih prednosti od razvoja točka sve do danas, saobraćaj sa sobom nosi niz štetnih posledica kao što su zagađenje životne sredine, buka, iscrpljivanje prirodnih resursa, poginuli, teško i lako povređeni u saobraćajnim nezgodama, troškovi saobraćajnih nezgoda, kao i negativan uticaj na socijalne međuljudske odnose izazvane saobraćajem i saobraćajnim nezgodama. Jedno od važnih političkih pitanja sa kojim će svet biti suočen u narednim decenijama predstavlja način na koji će se reagovati na opasnost od globalnog zagrevanja usled sve većih koncentracija gasova (kao što je ugljendioksid) koji u atmosferi izazivaju efekat staklene bašte. Posledice prevazilaze obično povećanje temperature: zabrinutost izaziva podizanje nivoa morskih površina i promenljivost vremenskih uslova (Stiglitz, 2008).

Sprovedene su brojne studije koje su ispitivale uticaj vremenskih prilika na bezbednost saobraćaja, uključujući Australiju, (Keay and Simmonds, 2006), Kanadu (Andrey et al., 2005), Indiju (Mondal et al., 2008), Iran (Nokhandan et al., 2008), Izreal (Brodsky and Hakkert, 1988), Holandiju (Brijs et al., 2008), Švedsku (Norman et al., 2000), Veliku Britaniju (Edwards, 1999) i Sjedinjene Države (Eisenberg, 2004).

Uticaj klime na saobraćaj je u velikoj meri ispitivan u poslednje dve decenije i pružen je uvid u najugroženije regione i transportne aktivnosti. Na primer, postoji dosta dokaza da porast nivoa mora izazivaju intenzivni radovi na priobalnoj infrastrukturi (Titus, 2002), da zagrevanje u nekim severnim regionima ima uticaj na smanjenje leda na putevima u sezoni (U.S. Arctic Research Commission Permafrost Task Force, 2003) i da promene u

<sup>1</sup> Objavljeno u izvodu na konferenciji Saobraćaj i životna sredina

unutrašnjim plovnim putevima mogu značajno uticati na isporuku i kretanje brodova (Millerd, 2011). Prekomerene letnje вручине могу да изазову деформацију жељезничких шина (Baker et al., 2010), док блаже зиме могу повећати одмрзавање širom региона (Mills et al., 2009). Postoje i други аспекти транспорта за које утицај климатских фактора није испитан, међу њима је и безбедност саобраћаја.

Koetse and Rietveld (2009) сугеришу да је утицај на безбедност нејасан у оба правца и величине и да га треба испитивати у даљим истраживањима. Ове студије указују да приликом лоших вremenских услова долази до смањења тренја између pneumatika и површине колотова, да се смањује видљивост и да је отежано управљање возилом. Јаке падавине утичу на смањење мобилности (Mills et al., 2003) и значајно повећавају учесталост саобраћајних незгода. Лоши вremenски услови су повезани са оtkазивањем путовања што доводи до смањеног ризика, резултати уверљиво доказују да су одступања односно одустајања мала и недovoljna да се избегну опасности које носе лоши вremenски услови (Billot et al., 2009; Strong et al., 2010; Brooks et al., 2011).

Padavine представљају највећу опасност за воџаће. Да се стопа незгода у тим условима повећава за 50-100% потврђено је у бројним студијама (Andrey et al., 2003; Qiu and Nixon, 2008), са већим порастом током зимских падавина (84% у односу на 71%), већа количина падавина у веzi са мањом акумулацијом, и веће тежине последица (Eisenberg, 2004; Andrey, 2010). Повећањем интензитета падавина кише повећава се број незгода (Fridstrom et al. 1995; Chang and Chen 2005; Caliendo et al. 2007, Keay and Simmonds 2006; Hermans et al. 2006). Међутим, повећање интензитета падавина кише може и да доведе до смањења саобраћајних незгода (Karlaftis and Yannis, 2010), то је резултат који се може приписати понашању воџаћа или смањењу изложености у том периоду.

Временске променљиве утицаја падавина и количина падавина истраживао је и Eisenberg (2004). Истраживање је показало да је утицај падавина тог дана мањи него претходног дана, што се сматра последицом адаптације воџаћа. Brijs et al. (2008) су потврдили Eisenberg-ове налазе да што је дужи период без падавина то је већи број незгода када почне киша.

Scott је указао да високе температуре повећавају учесталост незгода (Scott, 1986), резултати до којих је Scott дошао за Велику Британију усвојени су на међународном нивоу. Број сати када је сунчано доводи до повећања броја незгода (Fridstrom et al. 1995, Hermans et al. 2006), док одступање од средње дневне и средње месечне температуре такође доводи до повећања саобраћајних незгода (Brijs et al., 2008; Stipdonk (Ed.), 2008). Екстремне температуре (ниске зими и високе лети) су у позитивној

корељацији са саобраћајним незгодима (Malyshkina et al., 2008), али када се повећава број дана у месецу са температуром испод нуле, број саобраћајних незгода се смањује, што је вероватно последица мањег излагања (Hermans et al., 2006; Stipdonk (Ed.), 2008).

Метеоролошки фактори делују на аутомобил и услове саобраћаја – механички (на пример ветар, киша, снег, пољедица), утичу на видљивост (магла, сумаглица, мрак) и делују преко психо-физиолошких функција воџаћа (на пример, атмосферски притисак, температура и влажност ваздуха), док услед климатских промена долази до промене стања на путевима у виду мокрог колотова, сунчаних дана, колотова прекривеног снегом и ледом и сл.

Имајући горе наведено у виду предмет овог рада су саобраћајне незгоде које су се догодиле на територији Републике Србије, а за које је урађена експертна на Саобраћајном факултету у Београду, у периоду од 2001-2010. године. Формирана је база података на основу извршених експертна, затим је извршена анализа утицаја вremenских услова на настанак саобраћајних незгода, односно испитивана је вежа између вremenских услова и стања на путу, а све то као последица саобраћаја на животну средину.

## 2. МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА

Како би се утврдио утицај вremenских прилика на безбедност саобраћаја, извршена је анализа базе података у којој се налазе подаци о саобраћајним незгодима за које је урађена експертна на Саобраћајном факултету у Београду, у периоду од 2001-2010. године. Затим су подаци о 852 саобраћајне незгоде обрађени у програму SPSS Statistics.

Из базе су издвојени подаци о години, месецу и дану незгоде како би се утврдила вremenска расподела саобраћајних незгода, као и да ли постоји сезонска разлика, односно да ли се незгоде чешће догађају лети или зими.

Коришћени су подаци о томе да ли се незгода догодила у насељу или ван насеља, на рaskрсници, на правцу или у кривини. Акцент је стављен на видљивост, стање и површину колотова, као и на категорију пута.

Подаци су искоришћени да се утврди да ли постоји статистички значајна разлика између услова видљивости и површине колотова на месту незгоде. Да ли је значајна вежа између видљивости и пола учесника, као и дана у недељи или месеца у години, као и присуства падавина? Свакако треба имати у виду да је анализом обухваћен само део незгода, који је упоређен са укупним бројем незгода које су евидентирани у посматраном десетогодишњем периоду.

Tokom istraživanja korišćen je metod analize, statistički metod, kao i metod poređenja. Normalnost distribucije testirana je inspekcijom histograma i Kolmogorov-Smirnovim testom. Budući da su raspodele svih omerenih varijabli statistički značajno odstupale od normalne raspodele, korišćeni su neparametarski metodi. Za deskripciju korišćene su apsolutne (n) i relativne (n%) frekvencije, a za procenu značajnosti razlike korišćen je Pearson-ov  $\chi^2$  test, kao i Kruskal-Volisov H - test. Zatim je za utvrđivanje zavisnosti između pojedinih promenljivih korišćena binarna logistička regresija.

Postavljena je nulta hipoteza ( $H_0$ ) koja glasi: Ne postoji statistički značajna razlika između grupa i radna hipoteza ( $H_a$ ) koja glasi: postoji statistički značajna razlika između grupa. Prag statističke značajnosti ( $\alpha$ ) postavljen je na 5%. Prema tome, ukoliko je  $p \leq 0,05$ , odbacuje se  $H_0$  i prihvata  $H_a$ . Ukoliko je  $p > 0,05$  prihvata se  $H_0$ .

### 3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

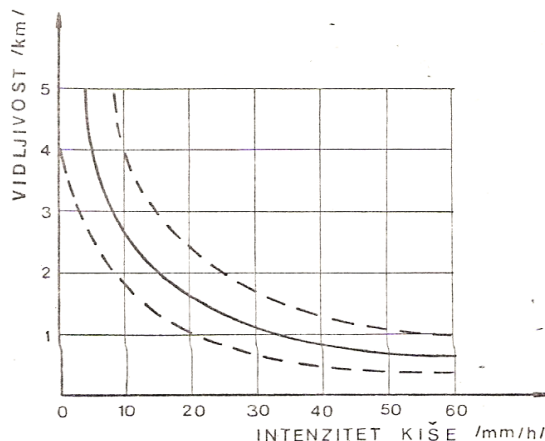
Na teritoriji Republike Srbije u periodu od 2001-2010. godine evidentirano je 609 181 saobraćajna nezgoda u kojima je smrtno stradalo 9 053 lica, 47 731 je zadobilo teške i 141 107 lake telesne povrede (Agencija za bezbednost saobraćaja, 2013). Analizom u ovoj studiji je obuhvaćen uzorak od 852 nezgode u kojima je učestvovalo 1 636 lica od kojih je 669 smrtno stradalo (40,9%), teške telesne povrede je zadobilo 532 (32,5%) lica i 420 (25,7%) lake telesne povrede. Najviše nezgoda se dogodilo u naselju (67%), a 71% nezgoda dogodio se na pravcu i 16% na raskrsnici.

#### 3.1. Demografske karakteristike uzorka

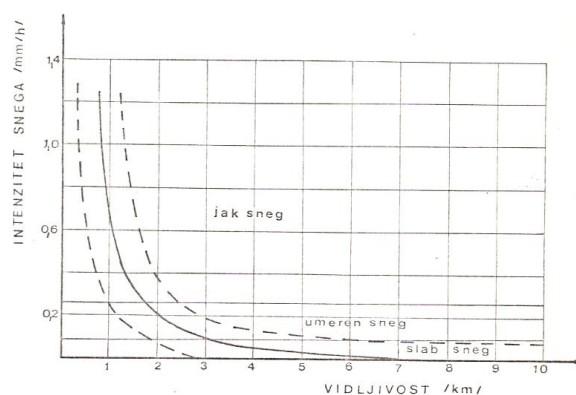
Prosečna starost učesnika nezgode je 36.63 godina (mean 36.63, SD 18). Najviše učesnika je pripadalo starosnoj kategoriji 26-35 godina (23%), zatim 36-45 (21%), 18-25 (18%), 46-55 (17%), 56-65 (8%), stariji od 65 godina (8%) i mlađih od 65 godina (5%). Statistički značajno preovlađuju muškarci (88%) u odnosu na žene (12%).

#### 3.2. Analiza saobraćajnih nezgoda prema uslovima vidljivosti

Vasiliev (1976) se smatra začetnikom u ispitivanju daljine vidljivosti za vreme padanja kiše i ustanovio je da postoji direktna veza između daljine vidljivosti i intenziteta kiše. Na osnovu obrade velikog eksperimentalnog materijala dobijena je zavisnost vidljivosti i intenziteta kiše (slika 1). Upoređivanja pokazuju da je slabljenje vidljivosti u magli veće nego pri kiši sa istom količinom vode. Međutim prilikom padanja kiše dolazi do slivanja vode niz vetrobransko staklo i po ogledalima, usled čega dolazi do smanjenja daljine vidljivosti, što dodatno otežava posao vozača.

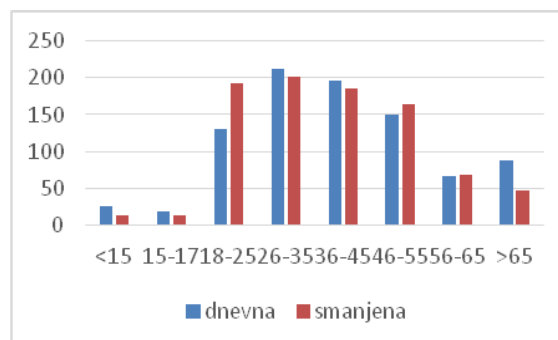


Slika 1. Zavisnost vidljivosti od intenziteta kiše, (Vasiliev, 1976)



Slika 2. Zavisnost srednje vidljivosti od intenziteta padanja snega, (Vasiliev, 1976)

Kao i pri padanju kiše, upravljanje automobilom je otežano prilikom padanja snega, pri mećavama pahuljice snega raspršuju svetlost, smanjujući prozračnost vazduha. Osnovni faktori koji utiču na vidljivost pri mećavama su intenzitet padanja snega i jačina vetra; ukoliko je intenzivnije padanje snega a vetar jako duva, to je vidljivost u većoj meri smanjena.



Slika 3. Najizraženiji uslovi vidljivosti u saobraćajnim nezgodama prema starosnoj strukturi

Vasiliev, (1976) je prikazao i zavisnost vidljivosti od intenziteta padanja snega (slika 2), što omogućava predviđanje pogoršanja vidljivosti u zavisnosti od prognoze padavina.

Analizom najizraženijih uslova vidljivosti u saobraćajnim nezgodama, prema starosnoj strukturi, zaključuje se da mladi znatno više učestvuju u nezgodama u uslovima smanjene vidljivosti.

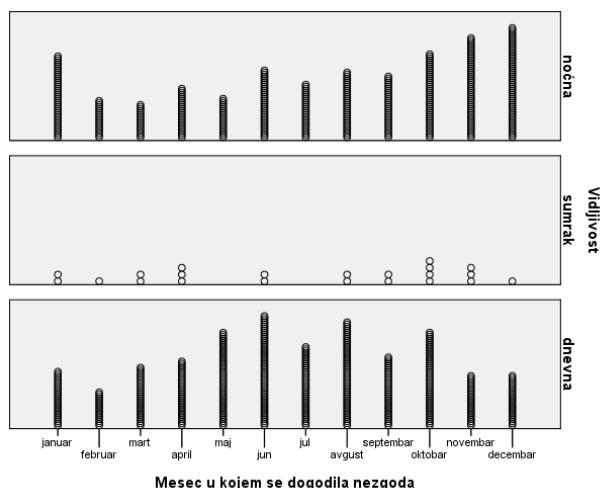
Raspodela analiziranih saobraćajnih nezgoda prema uslovima vidljivosti, podeljenih na više kategorija, (tabela 1) pokazuje da se najviše nezgoda sa smrtno stradalim licima dogodilo u noćnim uslovima vidljivosti (33,3%). Kruskal-Volisonov test je pokazao statistički značajnu razliku uslova vidljivosti u trenutku nezgode u zavisnosti od starosne strukture, ( $\chi^2=114,88$ ,  $p<0,05$ ). U sumrak se dogodilo 3% nezgoda, od kojih je u 57% sa smrtnim posledicama i 1% u svitanje, od kojih je 40% sa smrtnim posledicama.

**Tabela 1.** Procentualna raspodela posledica saobraćajnih nezgoda prema uslovima vidljivosti u kojima su se dogodile

	procenat nezgoda	smrtno stradali	teške telesne povrede	lake telesne povrede
dnevna vidljivost	50%	31,00%	15,50%	3,50%
noćna vidljivost	46%	33,30%	12,50%	0,20%
sumrak	3%	1,90%	0,80%	0,30%
svitanje	1%	0,50%	0,50%	0,00%

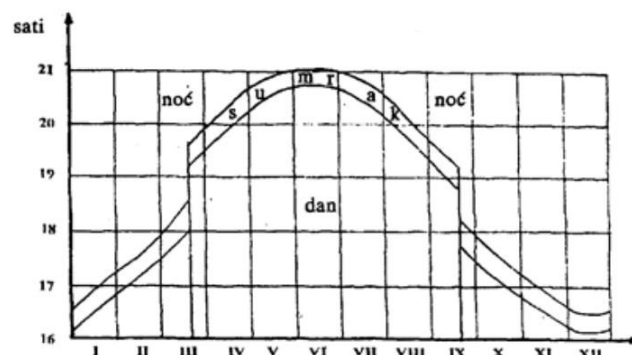
Utvrđeno je da postoji statistički značajna veza između uslova vidljivosti u trenutku nezgode i pola, ( $\chi^2=28,19$ ,  $p<0,05$ ,  $fi=0,182$ ), znatno više žena je učestvovalo u nezgodi u dnevnim uslovima (59% u odnosu na noćne uslove vidljivosti (41%). Zanimljivo je da žene nisu učestvovalе u saobraćajnim nezgodama u uslovima smanjene dnevne vidljivosti i magle.

Zatim je sprovedena binarna logistička regresija za utvrđivanje zavisnosti između vidljivosti i postojanja padavina, pri čemu je posmatrana vidljivost kao dnevna/smanjena (u koju spadaju vidljivost smanjena zbog oblačnosti, padavina, magle i noćna vidljivost) i padavine (ima/nema). Binarnom logističkom regresijom je utvrđeno da prisustvo padavina značajno smanjuje vidljivost (Omnibus test:  $\chi^2=11,1$ ;  $p<0,05$ ; Wald=10,9), što ima negativni uticaj na bezbednost saobraćaja.



**Slika 4.** Scatter plot raspodela najvažnijih uslova vidljivosti u saobraćajnim nezgodama prema mesecima

Na Slici 4 može se uočiti da se u zimskom periodu (oktobar-februar) više nezgoda dogodilo u uslovima noćne vidljivosti, dok se u letnjem periodu (jun-avgust) više nezgoda dogodilo u uslovima dnevne vidljivosti. Kao uzrok može se navesti dužina trajanja dana, odnosno noći. Naime, na teritoriji Republike Srbije u zimskom periodu noć traje duže od dana, a u letnjem periodu obrnuto (Slika 5). Kruskal-Volisonov test je otkrio statistički značajnu razliku između uslova vidljivosti u trenutku nezgode prema mesecima ( $\chi^2=43,74$ ,  $p<0,05$ ).



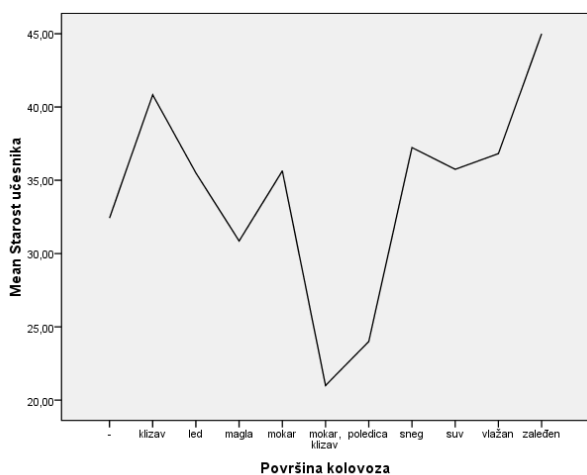
**Slika 5.** Godišnja raspodela trajanja dana i noći u Republici Srbiji

Kao jedan od značajnih faktora koji utiču na bezbednost saobraćaja izvaja se površina kolovoza, što potvrđuje i hi-kvadrat test nezavisnosti jer postoji statistički značajna razlika između uslova vidljivosti u trenutku nezgode i površine kolovoza na mestu nezgode ( $\chi^2=268,39$ ,  $p<0,05$ ,  $fi=0,561$ ). Naime, više nezgoda na mokrom kolovozu bilo je u noćnim (56%), nego u dnevnim uslovima (44%).

### 3.3 Analiza nezgoda prema stanju kolovozne površine

Od analiziranih nezgoda najviše se dogodilo na suvom kolovozu (70%), zatim na mokrom (15,7%). Najviše nezgoda pri suvom kolovozu zabeleženo je petkom (18,3%), dok je na mokrom kolovozu najviše nezgoda bilo nedeljom (17,2%).

Kruskal-Volison test je otkrio statistički značajnu razliku između površine kolovoza i meseca u kojem se dogodila nezgoda ( $\chi^2=47,68$ ,  $p<0,05$ ). U januaru i februaru mali procenat analiziranih nezgoda dogodio se na kolovozu prekrivenim snegom (11% i 8% respektivno). Najmanje nezgoda na suvom kolovozu dogodilo se u februaru (oko 54%), dok se u junu 84% analiziranih nezgoda dogodilo na suvom kolovozu. Ovi podaci su u saglasnosti sa vremenskim prilikama na posmatranom području.



**Slika 6.** Raspodela saobraćajnih nezgoda prema površini kolovoza i starosti učesnika

Na Slici 6 prikazana je raspodela nezgoda u zavisnosti od stanja kolovozne površine i starosti učesnika, odnosno na mokrom i klizavom kolovozu najčešće su učestvovali mladi vozači (20-22 godine), dok su vozači starosti 42-44 godine najčešće učestvovali u nezgodama na zaleđenom kolovozu, međutim Kruskal-Volison test nije otkrio statistički značajnu razliku između površine kolovoza (suv, mokar i prekriven snegom) i starosti učesnika ( $\chi^2=0,041$ ,  $p>0,05$ ).

Hi-kvadrat testom nezavisnosti utvrđeno je da ne postoji statistički značajna veza između površine kolovoza na mestu nezgode i lokacije, odnosno da li se nezgoda dogodila na raskrsnici ili van raskrsnice ( $\chi^2=15,04$ ,  $p>0,05$ ,  $fi=0,133$ ). Oko 70% nezgoda dogodilo se na suvom kolovozu, od kojih 18% na raskrsnici i 82% van raskrsnice. Oko 14% nezgoda dogodilo se na mokrom kolovozu, od kojih 8% na raskrsnici i 92% van raskrsnice.

U analiziranim nezgodama 76% puteva su bili ravni i neoštećeni, 4% neravni, 3% neravni i oštećeni i 4% ravni i delimično oštećeni. Sa druge strane ne postoji statistički značajna razlika između površine kolovoza i kategorije puta ( $\chi^2=34,96$ ,  $p>0,05$ ,  $fi=0,206$ ).

Tabela 2. Veza između površine kolovoza i kategorije puta za analizirane saobraćajne nezgode

		Površina kolovoza			
		vlažan	mokar	prekriven snegom	suv
Kategorija puta	autoput	9,1%	12,1%	3,0%	75,8%
	magistralni	6,1%	21,4%	2,2%	70,3%
	regionalni	9,2%	13,2%	2,6%	75,0%
	lokalni	4,7%	15,9%	0,9%	78,5%

### 3.4. Uticaj temperature vazduha na bezbednost saobraćaja

Statistički podaci o saobraćajnim nezgodama ukazuju na uticaj klimatskih prilika na bezbednost saobraćaja. Laaidi & Laaidi (2002) ukazuju da je broj saobraćajnih nezgoda veći kada su niske ili visoke temperature, sa posebnim ekstremima za hladno vreme. Visoke temperature imaju najveći uticaj na vozače starije od 40 godina, pa je i broj saobraćajnih nezgoda koje izazivaju stariji vozači pri visokim temperaturama veći. Visoka temperatura utiče na povećanje razdraženja centralnog nervnog sistema, kao i do intenzivnijeg razvoja umora kod vozača.

Takođe, u toku vožnje pri visokoj temperaturi dolazi do povećanog znojenja, povećava se temperatura tela i srce brže radi. Za ove promene karakterističan je subjektivan doživljaj monotonije i umora, što dolazi do izražaja u dužoj vožnji na visokoj temperaturi (Laaidi & Laaidi, 2002).

Davidović (2013) ukazuje da profesionalni vozači smatraju da visoke temperature značajno ugrožavaju bezbednost saobraćaja jer dovode do razvoja umora u toku vožnje, ali utiču i na kvalitet sna kod vozača. Upravo su letnji meseci, meseci u kojima se najviše događaju saobraćajne nezgode.

Usled nedostatka metodologije za utvrđivanje umora kod vozača ne može se pouzdano tvrditi u kojoj meri je umor uzrok ovih saobraćajnih nezgoda, pa samim tim ni precizan uticaj temperature na psiho-fizike karakteristike vozača i na nastanak saobraćajnih nezgoda.

#### 4. DISKUSIJA

Naučnici se još od 70-ih godina prošlog veka intenzivno bave ovom temom. Nemačka istraživanja tokom 1970-ih godina su pokazala da su duplo veće stope nezgoda na mokrim kolovozima u noćnim uslovima, u odnosu na vožnju vlažnim kolovozima tokom dnevnih sati (Brühning, 1978). Škotska studija o meteorološkom uticaju na saobraćajne nezgode na putevima u Glazgovu pokazuje da je došlo do povećanja broja nezgoda u toku dana za 20%, kao i da je najveći uticaj kiše tokom leta i jeseni (Smith, 1982).

Kanadska istraživanja u periodu od 1979-1983 pokazuju da je za 75% veći broj saobraćajnih nezgoda za vreme padavina. Ovaj porast je bio naročito veliki na početku padavina (Andrey & Yagar, 1991). Stiers (2005) ukazuje da je u Holandiji došlo do porasta broja nezgoda između 25% i 182% kada je padala kiša. Formiranje leda na površini puta, čak je dovelo do povećanja između 77% i 245%. Međutim, formiranje leda je daleko ređe od kiše, i na taj način ima manje uticaja na ukupan broj saobraćajnih nezgoda (Stiers, 2005).

Thoma (1993), ukazuje da je u toku kišnih padavina u Švajcarskoj i pored sporije vožnje, stopa nezgoda 2,5 puta veća na putevima i 5 puta veća na autoputevima nego pri suvom vremenu. Slično pokazuju i Bergel et al., (2013), kada nakon dužeg suvog vremena počne da pada kiša usporenje pri ekstremnom kočenju je dvostruko manje nego na suvom kolovozu (3,7-4,3 za početak padanja kiše, 7,2-8,6 za suv kolovoz).

Takođe, postoje razlike u vrednostima koeficijenta prijanjanja kolovoza (za suv kolovoz je 0,7-0,9, za mokar 0,4-0,5). Pomenute vrednosti imaju uticaj na put i vreme zaustavljanja, samim tim i na mogućnost izbegavanja nezgode. Vozači moraju da budu svesni da nije isto voziti po suvom kolovozu i na primer, kolovozu koji je prekriven snegom. Utvrđeno je da su količina padavina i temperatura u pozitivnoj korelaciji sa brojem nezgoda sa povređenima (Bergel et al., 2013).

Australijska istraživanja o uticaju kiše na saobraćaj u Melburnu i okolini utvrdili su porast stopa nezgoda od 2,4%, dok je tokom noći usled kišnih padavina stopa nezgoda porasla čak za 5,2% (Keay & Simmonds, 2005).

Rezultati dobijeni analizom baze podataka u ovoj studiji ukazuju da se 23% nezgoda dogodilo na mokrom (ili vlažnom) kolovozu od kojih je 53% u noćnim uslovima vidljivosti i 41,5% u dnevnim. 13,6% nezgoda sa smrtnim ishodom i 7,4% sa povređenima dogodilo se na mokrom kolovozu.

Kada se dobijeni rezultati uporede sa rezultatima Lane et al. (1995) koji ukazuju da se 13% nezgoda sa smrtnim ishodom i 16% nezgoda sa povređenima

dogodilo na mokrom kolovozu, uočava se da je procenat nezgoda sa smrtnim ishodom sličan, dok je procenat nezgodama sa povređenim dobijen u ovom radu dvostruko manji.

Analizom baze podataka je utvrđeno da je u februaru bilo najmanje nezgoda, jer u zimskom periodu usled smanjenog izlaganja saobraćaju dolazi do smanjenja broja saobraćajnih nezgoda. Slični rezultati uočeni su u Francuskoj gde se 14% od svih nezgoda sa povređenima (1990-2000) dogodilo dok je padala kiša i 1% tokom najjače magle, mraza i/ili snega (Aron et al., 2007). Bos (2001) je zaključio da je tokom perioda od 1997 do 2000 godine, bilo više žrtava nego što je uobičajeno u relativno toplom i suvom periodu leta. Hladna i suva zima je rezultirala manjim brojem nastradalih, ali je bilo više nastradalih u periodu hladne i vlažne zime. Ukupan broj nezgoda sa povređenima zavisi od izloženosti, zato je važno identifikovanje vremenskih situacija koje povećavaju ili redukuju mobilnost. Toplo vreme utiče na povećanje mobilnosti, dok hladno na smanjenje, (Bergel et al. 2013).

Analizom formirane baze podataka o saobraćajnim nezgodama utvrđeno je da se nezgode na kolovozu prekrivenim snegom javljaju u januaru i februaru, dok se veći broj saobraćajnih nezgoda usled kiše javlja od oktobra do februara. U junu se 85% nezgoda dogodilo na suvom kolovozu, a najmanje na suvom kolovozu u februaru (53%). Ovi rezultati su u skladu sa vremenskim prilikama iz tog perioda, kada su u januaru i februaru bile izražene snežne padavine na teritoriji Republike Srbije, dok su u periodu od oktobra do početka snežnih padavina bili česti kišni periodi.

Prema analiziranim podacima, najviše nezgoda dogodilo se petkom, subotom i nedeljom i to više u noćnim nego u dnevnim uslovima vidljivosti, a uzroke treba tražiti u nebezbednom upravljanju vozilom u tim periodima, najčešće zbog upravljanja vozilom pod dejstvom alkohola, pod uticajem društva ne poštuju saobraćajne propise itd, a slično je i Brijs (2008) potvrdio da rizik raste petkom i vikendom noću. Mrak, posebno pri lošim vremenskim prilikama nepovoljno utiče na vožnju (Kilpelaäinen and Summala, 2007), a kombinacija snega i mraka otežava preglednost i prohodnost što čini vožnju teškom i stresnom (Summala, 1997, 2005).

Analizom starosne strukture vozača uočava se da stariji vozači imaju tendenciju da izbegavaju loše uslove vožnje zbog kognitivnih sposobnosti (Raitanen et al., 2003). Mlađi vozači, posebno muškarci imaju tendenciju da precene svoje sposobnosti i potcene rizik u raznim saobraćajnim situacijama (Dejoy, 1992).

Rezultati ukazuju da kod mladih vozača postoji visok rizik pri vožnji na mokrom kolovozu. Ukoliko se uzmu u obzir i činjenice da je pri padavinama smanjena vidljivost može se zaključiti da je za mlade vozače najrizičnija vožnja noću, prilikom intenzivnih padavina (kako snega, tako i kiše).

Ukoliko se izvrši uporedna analiza podataka o stanju površine kolovoza i starosnim kategorijama može se zaključiti da su u nezgodama na suvom i mokrom kolovozu najčešće učestvovali pripadnici starosne kategorije 26-35 godina, dok su na snegom prekrivenom kolovozu učesnici starosti 36-45 godina. Loše vremenske prilike mogu da izazovu smanjenje mobilnosti posebno kod neiskusnih vozača i starijih lica. Zbog veće izloženosti saobraćaju pri otežanim uslovima, odnosno prilikom padavinama vozači 26-45 godina su i više zastupljeni u nezgodama.

Na osnovu prethodnih istraživanja, kao i rezultata ovog rada može se zaključiti da je letnji period, koji karakterišu visoke temperature posebno nebezbedan za starije vozače, ali i za profesionalne vozače.

## 5. ZAKLJUČAK

Čovek ne može da utiče na vremenske prilike, ali adekvatnim preventivnim merama namenjenim vozačima mogu se smanjiti rizik i posledice saobraćajnih nezgoda izazvanih lošim vremenskim prilikama. Na osnovu stranih iskustava i rezultata dobijenih analizom baze podataka o saobraćajnim nezgodama može se zaključiti da put i životna sredina utiču na bezbednost saobraćaja na sledeće načine:

- stanje površine kolovoza (da li je suv, mokr, klizav i sl.) utiče na bezbednost saobraćaja različito prema starosnim kategorijama vozača, pa su saobraćajne nezgode na mokrom kolovozu posebno karakteristične za mlade vozače
- vidljivost zavisi od prisustva padavina, pa se pri snegu i kiši smanjuje što nepovoljno utiče na bezbednost saobraćaja
- temperatura vazduha utiče pre svega na starije vozače i na profesionalne vozače. Usled raznih uticaja na životnu sredinu došlo je do klimatskih promena i za naše područje do povećanja temperatura, posebno u letnjim mesecima što dovodi do intenziviranja problema u vidu bržeg razvoja umora, za čije pouzdano utvrđivanje još uvek nije definisana jasna metodologija, a samim tim ne postoji ni zakonska regulative koja će sprečiti vozače da voze umorni.

Ukoliko se posmatra sa druge strane, razvojem saobraćaja, porastom stepena motorizacije, dolazi do zagađenja životne sredine, pa samim tim i dalje do klimatskih promena, promena vremenskih uslova na pojedinim područjima i porasta rizika za nastanak nezgode usled prilagođavanja vozača novim uslovima saobraćajnog okruženja.

## Literatura

- [1] Andrey, J. (2010). Long-term trends in weather-related crash risks. *Accident Analysis and Prevention* 18, 247-258.
- [2] Andrey, J., and Yagar, S. (1993). A temporal analysis of rain-related crash risk. *Accident Analysis and Prevention* 25, 465-472.
- [3] Andrey, J., Christie, M., Michaels, S., Unrau, D., Mills, B. (2005). Toward a national assessment of the travel risks associated with inclement weather. ICLR research paper series. Institute for Catastrophic Loss Reduction, London, ON.
- [4] Andrey, J., Mills, B., Leahy, M., Suggett, J. (2003). Weather as a chronic hazard for road transportation in Canadian cities. *Nat Hazards* 28, 319-343.
- [5] Aron, M., Bergel-Hayat, R., Saint Pierre, Guillaume, Violette, E. (2007). Added Risk by Rainy Weather on the Roads of Normandie-Centre Region In France, Proceedings of 11th WCTR (CD Rom), World Conference on Transport Research Society.
- [6] Bergel, R., Debbarih, M., Antoniou, C., Yannis, G. (2013). Explaining the road accident risk: weather effects, *Accident Analysis and Prevention*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2013.03.006>
- [7] Billot, R., El Faouzi, N.E., De Vuyst, F. (2009). Multi level assessment of the impact of rain on drivers' behavior: standardized methodology and empirical analysis. *Transport Res Rec* 2107:134-142
- [8] Bos, J.M.J., (2001). In all kinds of weather; Road safety effects of periods of extreme weather" (in Dutch). R-2001-23. Foundation for Road Safety Research Swov, Leidschendam.
- [9] Brijis, T., Karlis, D., Weets, G. (2008). Studying the effects of weather conditions on daily crash counts using a discrete time-series model. *Accident Analysis and Prevention* 40, 1180-1190.
- [10] Brodsky, H., Hakkert, S. (1988). Risk of road accident in rainy weather. *Accident Analysis and Prevention*, Vol.20, N°3, 161-176.
- [11] Brooks, J.O., Crisler, M.C., Klein, N., Goodenough, R., Beeco, R.W., Cuirl, C., Tyler, P.J., Hilpert, A., Miller, Y., Grygier, J., Burroughs, B., Martin, A., Ray, R., Palmer, C., Beck, C. (2011). Speed choice and driving performance in simulated foggy conditions. *Accid Anal Prev* 43, 698-705.
- [12] Brühning, E., Ammong, D. von, Hippchen, L., Lierz, W. & Weichbrodt, F. (1978). Forschungsorientierter Zugriff zum Datenbestand der amtlichen.
- [13] Caliendo, C., Guida, M., Parisi, A. (2007). A crash-prediction model for multilane roads. *Accident Analysis and Prevention* 39, 657-670.
- [14] Chang, L.Y., Chen, W.C. (2005). Data mining of tree-based models to analyze freeway accident frequency. *Journal of Safety Research* 36, 365-375.
- [15] Davidović, J. (2013). The Analysis of the Impact of Driver Fatigue on Professional Driver's Road Safety, VIII International Conference "Road safety in local community", Serbia, Valjevo, April 18-20, 2013.



- [16]Dejoy, D. M. (1992). An examination of gender differences in traffic accident risk perception. *Accident Analysis and Prevention*, 24(3), 237–246.
- [17]Edwards, J.B. (1999). Speed adjustment of motorway commuter traffic to inclement weather. *Transportation Research Part F* 2, 1–14.
- [18]Eisenberg, D. (2004). The mixed effects of precipitation on traffic accidents. *Accident Analysis and Prevention* 36(4), 637-647.
- [19]Fridstrøm, L., Ifver, J., Ingebrigtsen, S., Kulmala, R., Thomsen, L.K. (1995). Measuring The Contribution Of Randomness, Exposure, Weather, And Daylight To The Variation In Road Accident Counts. *Accident Analysis & Prevention* 27 (1), 1-20.
- [20]Hermans, E., Wets, G., Van Den Bossche, F. (2006). Frequency and Severity of Belgian Road Traffic Accidents Studied by State-Space Methods. *Journal of Transportation and Statistics*, Vol.9 no1, pp.63-76.
- [21]Karlaftis, M., Yannis, G. (2010). Weather Effects on Daily Traffic Accidents and Fatalities: A Time Series Count Data Approach, Proceedings of the 89th Annual meeting of the Transportation Research Board, Washington.
- [22]Keay, K., Simmonds, I. (2006). Road accidents and rainfall in a large Australian city. *Accident Analysis and Prevention* 38, 445-454.
- [23]Kilpeläinen, M., Summala, H. (2007). Effects of weather and weather forecasts on driver behaviour. *Transportation Research Part F* 10, 288–299
- [24]Laaidi, K. & Laaidi, M. (2002): „ Météorologie et sécurité routière“, („Weather and road safety“), Brussels.
- [25]Lane, P.L., McClafferty, K.J., Green R.N. and Nowak E.S. (1995). A study of injury-producing crashes of median divided highways in southwestern Ontario. *Accident Analysis and Prevention* 27, 175-184.
- [26]Malyshkina, N.V., Mannering, F.L., Tarko, A.P. (2008). Markov switching negative binomial models: An application to vehicle accident frequencies. Article in press, *Accident Analysis and Prevention*.
- [27]Millerd, F. (2011). The potential impact of climate change on Great Lakes international shipping. *Clim Chang* 104, 629–652.
- [28]Mills, B., Suggett, J., Wenger, L. (2003). You and who's army: A review of the January 1999 Toronto snow emergency. In: Andrey J, Knapper C (eds) *Weather and Transportation in Canada*. Department of Geography Publication Series, No. 55. University of Waterloo, Waterloo, 161–195.
- [29]Mills, B., Tighe, S.L., Andrey, J., Smith, J.T., Huen, K. (2009). Climate change implications for flexible pavement design and performance in southern Canada. *J Transport Eng* 135, 773–782.
- [30]Mondal, P., Dalela, S., Balasubramanian, N., Sharma, G.K., Singh, R. (2008). Critical analysis of road crashes and a case study of wet road condition and road crashes in an Indian metropolitan city. SAE International, Technical Paper 2008-28-0079.
- [31]Nokhandan, M.H., Bazrafshan, J., Ghorbani, K. (2008). A quantitative analysis of risk based on climatic factors on the roads in Iran. *Meteorol Appl* 15, 347–357.
- [32]Norrman, J., Eriksson, M., & Lindqvist, S. (2000). Relationships between road slipperiness, traffic accident risk and winter road maintenance activity. *Climate Research*, 15(3), 185–193.
- [33]Qiu, L., Nixon, W.A. (2008). Effects of adverse weather on traffic crashes: systematic review and meta-analysis. *Transport Res Rec* 2055, 139–146.
- [34]Raitanen, T., Toirma-kangas, T., Mollenkopf, H., & Marcellini, F. (2003). Why do older drivers reduce driving? findings from three European countries. *Transportation Research Part F—Traffic Psychology and Behaviour*, 6, 81–95.
- [35]Scott, P. P. (1986). Modelling Time-Series of British Road Accident Data. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 18 n°2, pp.109-117.
- [36]Smith, K. (1982). How seasonal and weather conditions influence road accidents in Glasgow“, *Scottish Geographical Magazine*, vol. 98, p. 103-114.
- [37]Stiers, T. (2005). Study of the impact of weather conditions on road safety, Leuven.
- [38]Stiglitz, J., *Ekonomija javnog sektora, Ekonomski fakultet Univerziteta u Beogradu*, 2008.
- [39]Stipdonk, H.L. (2008). Time series applications on road safety developments in Europe. Deliverable D7.10 of the EU FP6 project SafetyNet. Available on-li at: [www.erso.eu/safetynet/fixed/WP7/SN\\_D7.10\\_final.pdf](http://www.erso.eu/safetynet/fixed/WP7/SN_D7.10_final.pdf)
- [40]Strong, C.K., Ye, Z., Shi, X. (2010). Safety effects of winter weather: the state of knowledge and remaining challenges. *Transport Rev* 30, 677–699.
- [41]Summala, H. (1997). Hierarchical model of behavioral adaptation and traffic accidents. In T. Rothengatter & E. Carbonell Vaya (Eds.), *Traffic and transport psychology* (pp. 41–52). Amsterdam: Pergamon.
- [42]Summala, H. (2005). Traffic psychology theories: towards understanding driving behaviour and safety efforts. In G. Underwood (Ed.), *Traffic & Transport Psychology* (pp. 383–394). Amsterdam: Elsevier.
- [43]Thoma, J. (1993). Speed performance and risks in different road conditions during the week and times of the day, Bern.
- [44]Titus, J. (2002). Does sea level rise matter to transportation along the Atlantic Coast? In: U.S.DOT, 2002. *The Potential Impacts of Climate Change on Transportation*, Summary and Discussion Papers. U.S. Department of Transportation. Federal Research Partnership Workshop, Brookings Institution, Washington, DC, Oct. 1–2, pp 135–150.
- [45]U.S. Arctic Research Commission Permafrost Task Force Climate change, permafrost, and impacts on civil infrastructure. Special report 01–03. U.S. Arctic Research Commission, Arlington, VA, 2003
- [46]Vasiliev, A.P. (1976): „The composition of the road and the car's safety“, Moscow.
- [47]Wells, A.T., Rodrigues, C.C. (2003). *Commercial aviation safety*. The McGraw-Hill Companies, USA