

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

Valentina Šnajder, Dario Barta, Vedran Jurić

**ODREĐIVANJE UTJECAJA PROMETNE SIGNALIZACIJE NA
PONAŠANJE VOZAČA**

Zagreb, 2019.

Ovaj rad izrađen je na Fakultetu prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu na Zavodu za prometnu signalizaciju pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Darka Babića i predan je na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2018./2019.

SADRŽAJ

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1. | UVOD | 1 |
| 2. | ANALIZA SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA U REPUBLICI HRVATSKOJ | 4 |
| | 2.1. Analiza podataka o prometnim nesrećama u Republici Hrvatskoj..... | 4 |
| | 2.2. Analiza podataka u sudionicima prometnih nesreća u Republici Hrvatskoj | 11 |
| 3. | PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA VEZANIH UZ UTJECAJ PROMETNE SIGNALIZACIJE NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA | 14 |
| 4. | ČOVJEK KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA | 17 |
| | 4.1. Osobne značajke vozača..... | 17 |
| | 4.2. Psihofizičke osobine vozača | 17 |
| | 4.3. Obrazovanje i kultura | 19 |
| 5. | METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA | 20 |
| | 5.1. Definiranje scenarija vožnje i metodologija provođenja istraživanja..... | 20 |
| | 5.2. Definiranje varijabli korištenih za određivanje ponašanja ispitanika tijekom vožnje u simuliranim uvjetima | 23 |
| | 5.3. Istraživačka oprema | 24 |
| | 5.3.1. Općenito o simulatorima vožnje | 24 |
| | 5.3.2. Simulator vožnje korišten za potrebe istraživanja | 26 |
| | 5.3.3. Općenito o metodi praćenja oka (Eye Tracking) | 27 |
| | 5.3.4. Korištena oprema kod metode praćenja oka za potrebe istraživanja..... | 28 |
| | 5.3.5. Primjena EKG uređaja i tlakomjera..... | 29 |
| 6. | ODREĐIVANJE UTJECAJA PROMETNE SIGNALIZACIJE NA PONAŠANJE VOZAČA..... | 32 |
| | 6.1. Deskriptivna analiza podataka ispitanika..... | 32 |
| | 6.2. Analiza podataka dobivenih u simulatoru | 34 |
| | 6.3. Rezultati mjerenja srčanog ritma i tlaka | 37 |

| | | |
|------|---|----|
| 6.4. | Analiza rezultata podataka prikupljenih „eyetracking“ tehnologijom... | 38 |
| 7. | RASPRAVA | 44 |
| 8. | ZAKLJUČAK..... | 47 |
| 9. | ZAHVALE | 50 |
| | LITERATURA | 51 |
| | SAŽETAK..... | 54 |
| | SUMMARY | 55 |
| | POPIS SLIKA..... | 57 |
| | POPIS TABLICA | 58 |
| | POPIS GRAFIKONA | 59 |

1. UVOD

Prometne su nesreće nepovoljni događaji na cesti u kojima sudjeluje najmanje jedno vozilo i u kojima dolazi do smrtnog stradavanja, teških ili lakih ozljeda ili materijalne štete. S obzirom da je u Republici Hrvatskoj, ali i u Europskoj uniji, prisutan trend rasta broja prometnih nesreća, a podaci o sudionicima bilježe više od 25.000 smrtno stradalih te znatno veći broj od oko 135.000 ozlijeđenih na razini Europske unije, prometne su nesreće postale značajan društveni problem. Prema procjenama Svjetske zdravstvene organizacije, šteta uzrokovana prometnim nesrećama i pretvorena u financijske pokazatelje stvara gubitke koji prosječno iznose od 1 % do 3 % bruto domaćeg proizvoda [1]. Tako obračunati gubici prometnih nesreća obuhvaćaju izravne troškove poput liječenja i rehabilitacije ili troškove materijalne štete na vozilima, infrastrukturi i okolišu, ali i neizravne troškove vezane uz radnu nesposobnost onih sudionika za koje je prometna nesreća imala trajne posljedice, nemogućnost privređivanja, a samim time i povrata sredstava koje društvo ulaže u obrazovanje svakog čovjeka, kao i nemogućnost obavljanja svakodnevnih aktivnosti. U neizravne troškove prometnih nesreća također se ubrajaju troškovi službi, kao što su policija, sudovi, osiguravajuća društva i slično, a koje je u slučaju nastanka prometne nesreće potrebno angažirati. Svi ti negativni utjecaji na društvo i gospodarstvo potaknuli su stručnjake iz područja prometa na ulaganja u povećanje cestovne sigurnosti.

Činjenica da je promet dinamičan i veoma kompleksan sustav upućuje na to da utjecaj na njegovu sigurnost ima niz povezanih čimbenika koji se odnose na cestu kao element na kojem se odvija promet, njezinu okolinu i čovjeka kao sudionika u prometu. Ljudski se faktor oduvijek smatrao glavnim uzročnikom prometnih nesreća, iako, ako se situacija promotri malo detaljnije, to često nije tako. Do prometnih nesreća često dovode i ostali čimbenici, samo što se oni prvenstveno odražavaju na samog vozača koji posljedično čini pogreške. Primjerice, ukoliko dođe do iznenadnog kvara na vozilu, vozač može izgubiti kontrolu i izazvati prometnu nesreću. Upravo se zbog toga u suvremenim istraživanjima, koja imaju za cilj povećati sigurnost prometa, jednaka pažnja posvećuje svim čimbenicima, a sve s ciljem utvrđivanja stvarnih uzroka prometnih nesreća.

Jedan takav čimbenik je i prometna signalizacija. Zbog sve većeg broja vozila na prometnicama, a samim time i kompleksnije prometne situacije, kvalitetna prometna signalizacija postaje nužna za sigurno odvijanje prometa. Jednaku važnost za vozače imaju i prometni znakovi i oznake na kolniku. Elemente prometne signalizacije potrebno je postaviti

tako da ih vozači lako izdvoje iz okoline te da svojim izgledom privlače njihovu pažnju. Pritom je potrebno paziti da ne dođe do situacije u kojoj je postavljen prevelik broj prometnih znakova i oznaka na kolniku, ali, isto tako, taj broj ne smije biti ni premalen. Svako odstupanje od optimalne količine prometne signalizacije vozače može dovesti do dvojbe, posljedično i krive reakcije što izravno utječe na razinu sigurnosti prometa.

Vidljivost prometne signalizacije za vrijeme dnevnog osvjetljenja omogućuje difuzna refleksija, a za kvalitetnu je percepciju tada važno samo to da boje, kojima su iscrtane oznake na kolniku ili one na retroreflektirajućim folijama ugrađenim u prometne znakove, nisu izbledjele, što se ne može reći za vožnju u uvjetima smanjene vidljivosti, to jest noćnim uvjetima. Noćni uvjeti vidljivosti pristupi su u razdoblju od prvog sumraka do potpunog svanuća. To razdoblje karakterizira niska razina prirodnog osvjetljenja, koja onemogućuje dobru difuznu refleksiju, što se odražava na količinu i kvalitetu informacija prikupljenih, iz okoline, od strane vozača. Iako se niska razina prirodnog osvjetljenja nadoknađuje umjetnim izvorima svjetlosti ugrađenim u vozila ili postavljenim uz prometnicu u obliku javne rasvjete, kvaliteta vozačeva vida biva ozbiljno narušena. U takvim je uvjetima vidno polje suženo na centralni i fokusirani vid, dok je periferni vid onemogućen, čime je ostvaren i negativan utjecaj vožnje u noćnim uvjetima na percepciju. Naime, iskusni vozači uporabom perifernog vida, u dnevnim uvjetima vidljivosti, promatraju situaciju oko sebe, ranije uočavaju i prikupljaju važne informacije, percipiraju ih te su u trenutku nailaska na nju već spremni na potrebnu reakciju. S obzirom da to u noćnim uvjetima nije moguće, vozači moraju ulagati dodatne napore kako bi uočili prometnu situaciju, percipirali ju i tako održali sigurnost prometa na zadovoljavajućoj razini. Svemu tome pridonose i poboljšanja na prometnoj signalizaciji. Ona se ostvaruju ugradnjom elemenata, koji u kombinaciji s umjetnim izvorom svjetlosti stvaraju retrorefleksiju, odnosno vraćaju svjetlost odaslanu iz farova automobila natrag u oko vozača. Na taj način, on na većoj udaljenosti uočava prometnu signalizaciju, izdvaja ju iz okoline, percipira prikupljene informacije i poduzima odgovarajuće radnje. Iz toga proizlazi tvrdnja prema kojoj je vrlo bitno prometnu signalizaciju pravilno postaviti, a isto tako i održavati redovitom kontrolom njezinih retroreflektirajućih svojstava.

Iako su pozitivni učinci kvalitetne prometne signalizacije poznati u teoriji, njihov utjecaj na ponašanje vozača nije dovoljno istražen, naročito u uvjetima smanjene vidljivosti. Stoga je cilj ovoga rada istražiti na koji način prometna signalizacija utječe na ponašanje vozača u navedenim uvjetima.

S obzirom da je provođenje takvih istraživanja u stvarnim prometnim uvjetima često skupo i u određenoj mjeri rizično, istraživanje je provedeno na simulatoru vožnje. Na temelju podataka o karakteristikama mjesta na kojima se pojavljuje velik broj opasnih situacija, definiran je scenarij koji je korišten kao poligon za provođenje istraživanja. Uz sam simulator vožnje za dodatno su praćenje ljudskih reakcija korištene i naočale za praćenje pogleda vozača, kao i prijenosni elektrokardiogram čija je zadaća bila mjeriti reakcije tijela na opasnosti u kojima se vozač našao.

Iz svega navedenog proizlazi **glavna hipoteza** rada: prometna signalizacija može pozitivno utjecati na ponašanje vozača, a time i na cjelokupnu sigurnost cestovnog prometa u noćnim uvjetima. Uz glavnu hipotezu, definirane su i **pomoćne hipoteze**:

- Prisutnost oznaka na kolniku i prometnih znakova utjecat će na smanjenje brzine vožnje i stabilnije pozicioniranje vozila unutar kolničkih traka
- Prisutnost prometne signalizacije pozitivno će utjecati na vozačevo vizualno „skeniranje“ okoline te razinu njegove pažnje
- Kvalitetna prometna signalizacija umanjit će stres vozača prilikom vožnje u noćnim uvjetima

Rad je strukturno podijeljen u sedam poglavlja. Početak rada odnosi se na analizu postojećeg stanja sigurnosti prometa kroz podatke o prometnim nesrećama temeljem kojih su utvrđeni kritični čimbenici povezani s njihovim nastankom. Treće poglavlje donosi pregled dosadašnjih istraživanja vezanih uz utjecaj prometne signalizacije na sigurnost prometa. U četvrtom je poglavlju definiran utjecaj ljudskog faktora kao čimbenika sigurnosti prometa na nastanak prometnih nesreća. Metodologija ispitivanja koja uključuje opis korištene opreme i načina provođenja ispitivanja prikazana je u petom poglavlju, a u šestom je poglavlju definiran i prikazan postupak analize utjecaja prometne signalizacije na ponašanje vozača uz pomoć simulatora vožnje. Završno su prikazane spoznaje do kojih je analiza dovela.

2. ANALIZA SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Sigurnost cestovnog prometa, uz ostale je čimbenike, važan pokazatelj učinkovitosti prometnog sustava. Modernizacija prometnog sustava kroz razna poboljšanja prometne infrastrukture, prijevoznih sredstava i regulacije prometa sa sobom je donijela i nepovoljne učinke. Prijevozna su sredstva postala dostupna svima, karakterizira ih mogućnost razvijanja velikih brzina vožnje kojih vozači nisu svjesni zbog udobnosti koju pruža moderan dizajn. Uz sve ranije navedeno, rizik koji sa sobom nosi odvijanje prometa povećava i činjenica da gotovo svaki čovjek na neki način sudjeluje u prometu.

Kao primarni pokazatelj sigurnosti prometa uzimaju se prometne nesreće. Povećanje broja vozila na prometnicama uzrokovalo je i povećanje broja prometnih nesreća što je stručnjake iz područja prometa potaknulo na razvoj rješenja koja bi rizik od njihova nastanka postavila na najmanju moguću vrijednost. Te se mjere očituju u prilagođavanju prometne infrastrukture, ugradnji raznih sigurnosnih sustava u prijevozna sredstva, uvođenju novčanih kazni za nepoštivanje prometnih propisa i slično.

2.1. Analiza podataka o prometnim nesrećama u Republici Hrvatskoj

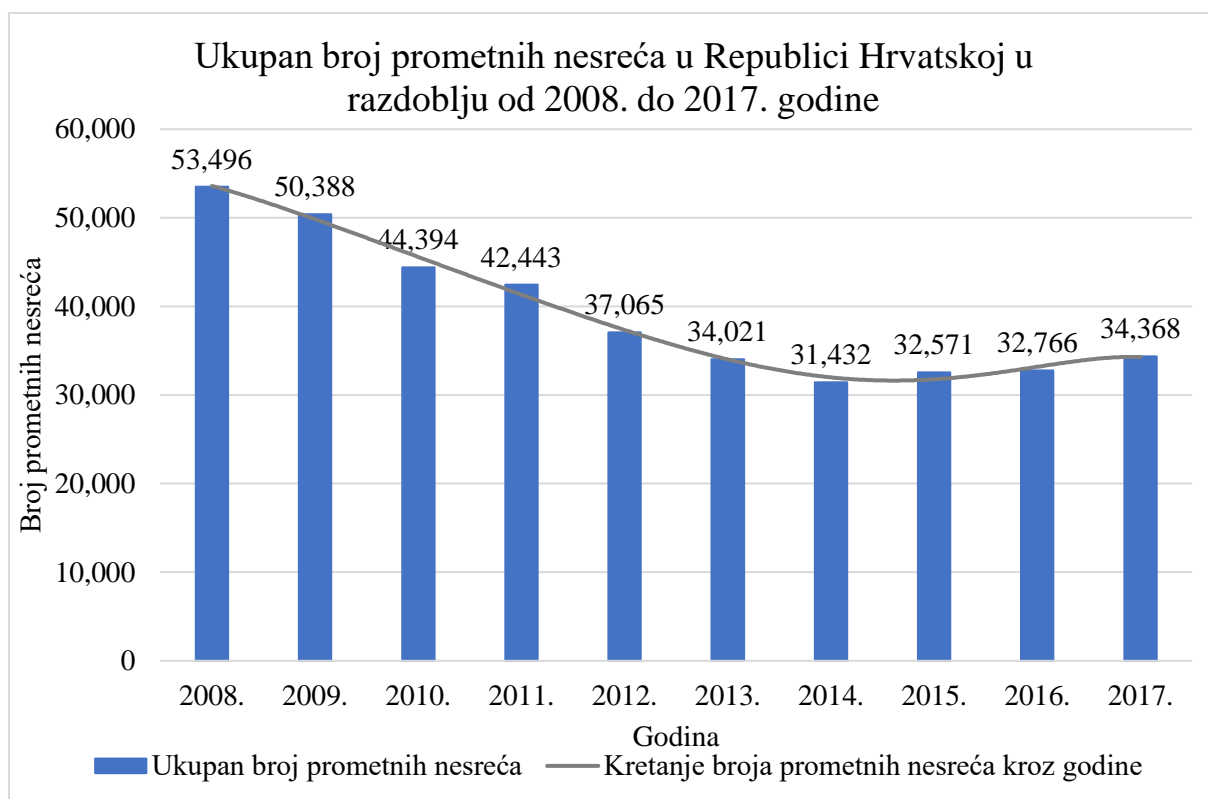
Prema podacima o broju prometnih nesreća prikupljenih od strane Ministarstva unutarnjih poslova Republike Hrvatske utvrđeno je da se u razdoblju od 2008. godine do 2017. godine na cestama u Republici Hrvatskoj dogodilo ukupno 392.944 prometne nesreće. Te se prometne nesreće s obzirom na posljedice mogu podijeliti na prometne nesreće s poginulim osobama, prometne nesreće s ozlijeđenim osobama i prometne nesreće u kojima je nastala samo materijalna šteta. Od ukupnog broja prometnih nesreća koje su se dogodile u tom razdoblju 0,95 % ili 3.735 nesreća imale su smrtne posljedice, u 30,83 %, odnosno 121.139 nesreća ozlijeđena je minimalno jedna osoba, a samo materijalna šteta ostvarena je u najvećem broju, to jest u 268.070 nesreća, što čini 68,22 % ukupnog broja [2]. Ukupan broj prometnih nesreća te njegova raspodjela prema posljedicama prikazani su u Tablici 1.

Tablica 1. Broj prometnih nesreća na području Republike Hrvatske za razdoblje od 2008. do 2017. godine s obzirom na posljedice

| Godina | Broj prometnih nesreća | | | Ukupan broj prometnih nesreća |
|----------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|
| | s poginulim osobama | s ozlijeđenim osobama | s materijalnom štetom | |
| 2008. | 585 | 15.698 | 37.213 | 53.496 |
| 2009. | 493 | 15.237 | 34.658 | 50.388 |
| 2010. | 402 | 12.870 | 31.122 | 44.394 |
| 2011. | 385 | 12.843 | 29.215 | 42.443 |
| 2012. | 355 | 11.418 | 25.292 | 37.065 |
| 2013. | 328 | 10.897 | 22.796 | 34.021 |
| 2014. | 284 | 10.323 | 20.825 | 31.432 |
| 2015. | 317 | 10.721 | 21.533 | 32.571 |
| 2016. | 279 | 10.500 | 21.987 | 32.766 |
| 2017. | 307 | 10.632 | 23.429 | 34.368 |
| Ukupno: | 3.735 | 121.139 | 268.070 | 392.944 |
| Prosječno godišnje: | 374 | 12.114 | 26.807 | 39.294 |

Izvor: [2]

Promotri li se kretanje broja prometnih nesreća neovisno o posljedicama (Grafikon 1.) može se reći kako je nakon 2008. godine zabilježeno kontinuirano smanjenje broja prometnih nesreća sve do 2014. godine kada je na cestama u Republici Hrvatskoj zabilježen najmanji broj prometnih nesreća u promatranom razdoblju. Nakon 2014. godine pa sve do kraja promatranog razdoblja vidljiv je trend rasta broja prometnih nesreća.



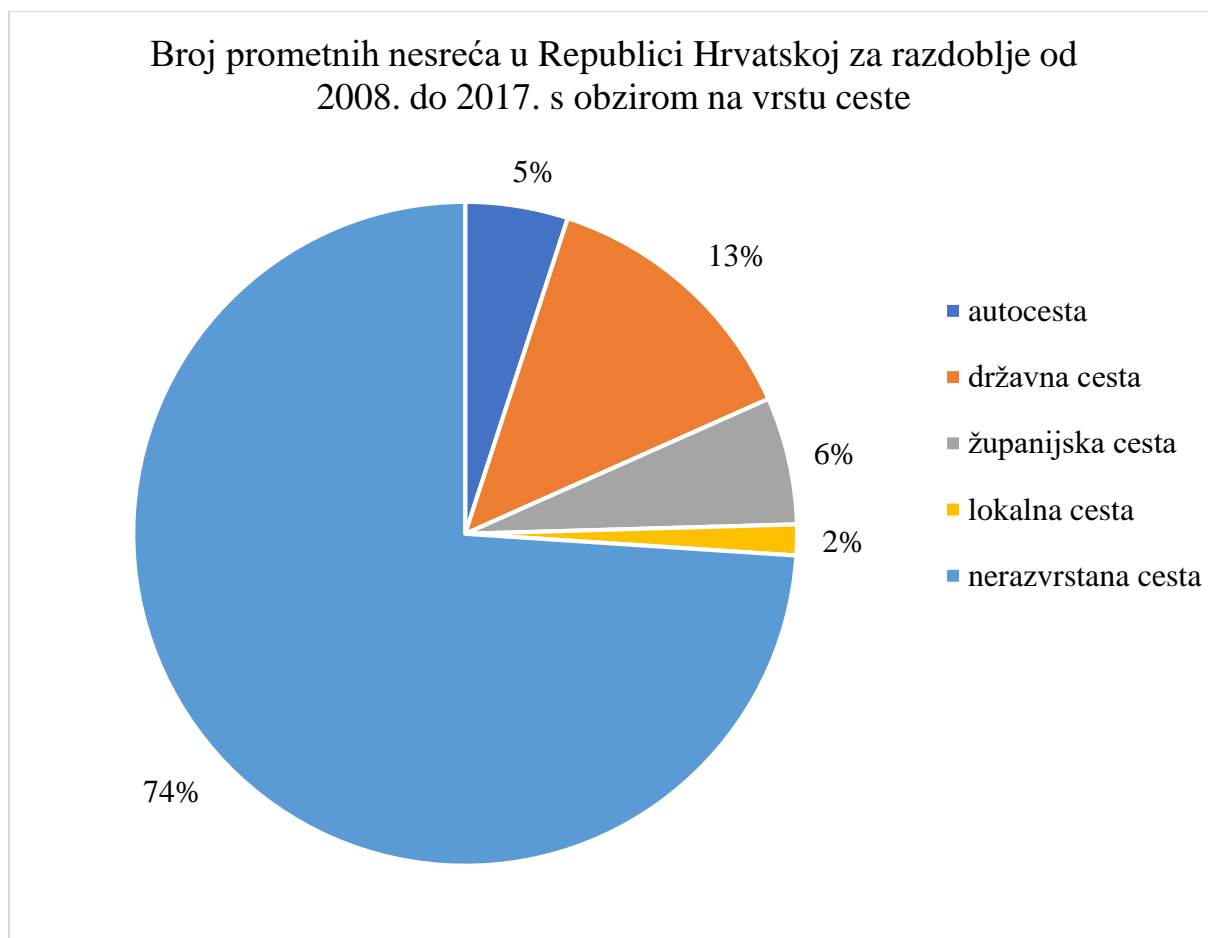
Grafikon 1. Ukupan broj prometnih nesreća u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2008. do 2017. godine

Izvor: [2]

Ako se ukupan broj prometnih nesreća promatra s obzirom na županije kao teritorijalne jedinice unutar Republike Hrvatske može se reći kako se najviše prometnih nesreća događa na području Zagrebačke županije i Grada Zagreba, a najmanje na području Požeško-slavonske županije. Razlog tome je veći broj vozila na cestama unutar Zagrebačke županije i Grada Zagreba koji povećava rizik od nastanka prometne nesreće i vrlo složena prometna situacija, posebno na području Grada Zagreba.

Na Grafikonu 2. je prikazan postotni udio broja prometnih nesreća po godinama s obzirom na vrstu ceste na kojoj su se dogodili. Iz istog se može zaključiti da se najveći udio od čak 74 % prometnih nesreća događa na nerazvrstanim cestama. To su najčešće prometnice koje prolaze kroz naselja, a karakterizira ih složena prometna situacija u kojoj sudjeluju različite skupine sudionika koje se kreću usporedno i čiji se putevi, najčešće na čvorovima, isprepliću čime se stvara dodatan prostor za nastanak konfliktnih situacija. Za razliku od njih, autoceste bilježe vrlo malen udio prometnih nesreća u ukupnom broju, a koji je posljedica fizičkog odvajanja prometnih tokova, križanja prometnih tokova izvan razine i njihova neprekinutog

odvijanja. Činjenicu, da se najviše prometnih nesreća događa na cestama koje su najčešće gradske, potvrđuje podatak o postotnom udjelu prometnih nesreća s obzirom na mjesto nastanka prema kojem se 81,50 % prometnih nesreća godišnje događa unutar naselja [3].

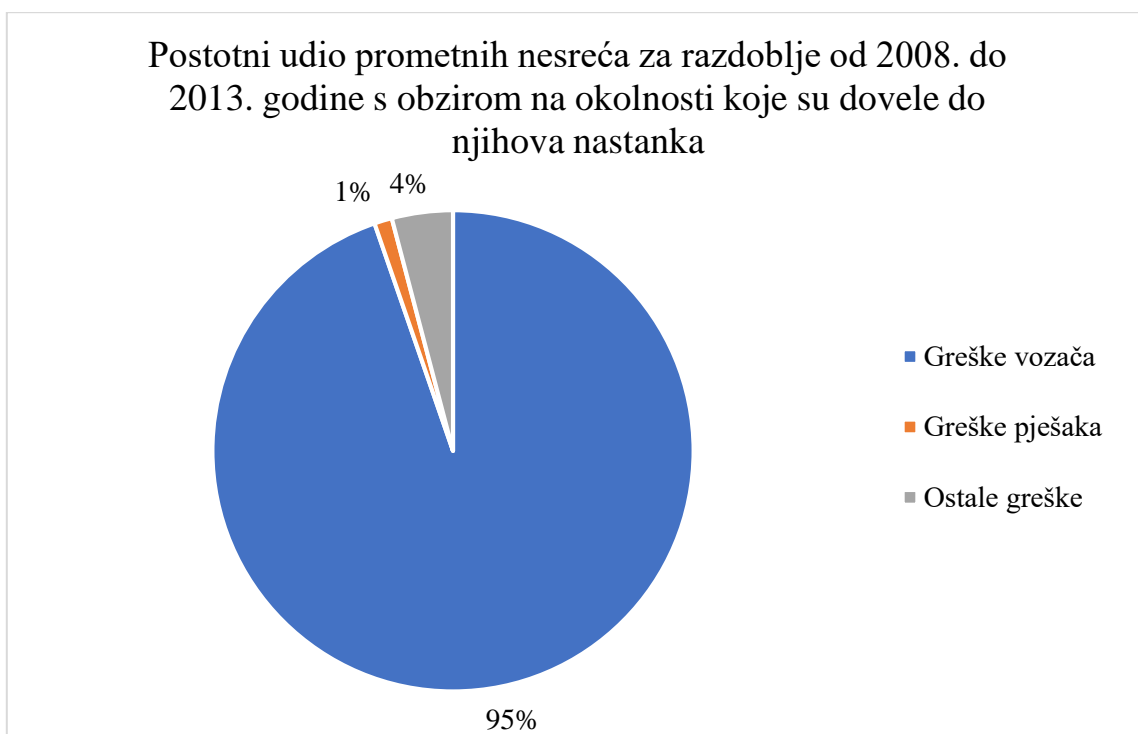


Grafikon 2. Postotni udio prometnih nesreća u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2008. do 2017. godine s obzirom na vrstu ceste

Izvor: [3]

Prometne nesreće nastaju zbog grešaka u postupanju prilikom sudjelovanja u prometu. Uzrok takvih grešaka može biti čovjek, vožnja nepropisnom brzinom, kasno uočavanje opasnosti, nepravilno obavljanje radnji skretanja, okretanja, vožnje unatrag, pretjecanja, obilaženja, mimoilaženja i slično, zatim greške koje uzrokuju pješaci nepoštivanjem svjetlosnih znakova, nekorištenjem pješačkih prijelaza te nathodnika i pothodnika i slično, a kao dodatna skupina uzroka uvedene su ostale greške čiji je nastanak teško ili gotovo nemoguće predvidjeti, a mogu biti neočekivani kvar vozila ili neka druga opasnost koja se iznenadno pojavi na cesti.

Greške vozača su najčešći uzrok prometnih nesreća i pojavljuju se, kao takve, u čak 95 % slučajeva kako je i prikazano na Grafikonu 3. Od ukupnog broja prometnih nesreća čiji uzrok je ljudski faktor, najviše njih ili 21,06 % nastaje zbog vožnje brzinom koja je neprimjerena uvjetima na cesti.



Grafikon 3. Postotni udio prometnih nesreća za razdoblje od 2008. do 2017. godine s obzirom na okolnosti koje su dovele do njihova nastanka

Izvor: [2]

Osim zbog brzine neprimjerene uvjetima na cesti, među deset najčešćih grešaka vozača javlja se nepropisna brzina sa udjelom u ukupnom broju od oko 2,4 %. Nepropisna brzina je svaka brzina vožnje veća od prometnim propisima ili prometnim znakom „ograničenje brzine“ (B31) propisane brzine, ali i brzina manja od prometnim znakom „najmanja dopuštena brzina“ (B44) propisane brzine [4]. Ukoliko prometnim znakom nije drukčije naznačeno, dopuštena brzina vožnje određena je Zakonom o sigurnosti prometa na cestama (NN 67/08, 48/10, 74/11, 80/13, 158/13, 92/14, 64/15, 108/17). Prema tom Zakonu najveća dopuštena brzina za vožnju u naselju iznosi 50 km/h, a izvan naselja se definira prema vrsti ceste na koju se odnosi. Za sve ceste, osim autocesta, brzih cesta i cesta namijenjenih isključivo za promet motornih vozila ona iznosi 90 km/h, za brze ceste i ceste namijenjene isključivo za promet motornih vozila 110 km/h, a za autoceste 130 km/h [5].

Prosječno se 69,33 % prometnih nesreća događa pri ograničenju brzine 50 km/h, a razlog može biti kršenje propisanog ograničenja brzine, kada vozač samostalno procijeni da se može voziti većom brzinom čime se direktno povećava vjerojatnost nastanka prometne nesreće, ali isto tako i primjena navedenog ograničenja najčešće u naseljima u kojima se zbog vrlo velikog broja mogućih točaka konflikta dodatno povećava rizik. Najmanji broj prometnih nesreća zabilježen je pri ograničenju brzine 120 km/h. Takva se brzina primjenjuje isključivo na autocestama kada projektno-oblikovni elementi ceste, odnosno terenska ograničenja ne dopuštaju izgradnju autoceste u punom profilu, nego mogu zahtijevati suženje prometnih trakova, ili u slučaju kada neka druga potencijalna opasnost zahtijeva brzinu manju od brzine karakteristične za autoceste koja iznosi 130 km/h. Broj prometnih nesreća pri tom je ograničenju vrlo nizak zbog konstrukcijskih značajki i povećanog opreza vozača uzrokovanog smanjenjem brzine u odnosu na najveću dopuštenu za tu vrstu ceste.

Uz greške koje se pripisuju sudionicima u prometu, na povećanje vjerojatnosti nastanka prometnih nesreća može utjecati stanje prometne infrastrukture, kao i okolina, odnosno atmosferske prilike. Karakteristike prometne infrastrukture koje mogu utjecati na vjerojatnost nastanka prometne nesreće su stanje kolničkog zastora, stanje kolničke površine te stanje vertikalne i horizontalne prometne signalizacije.

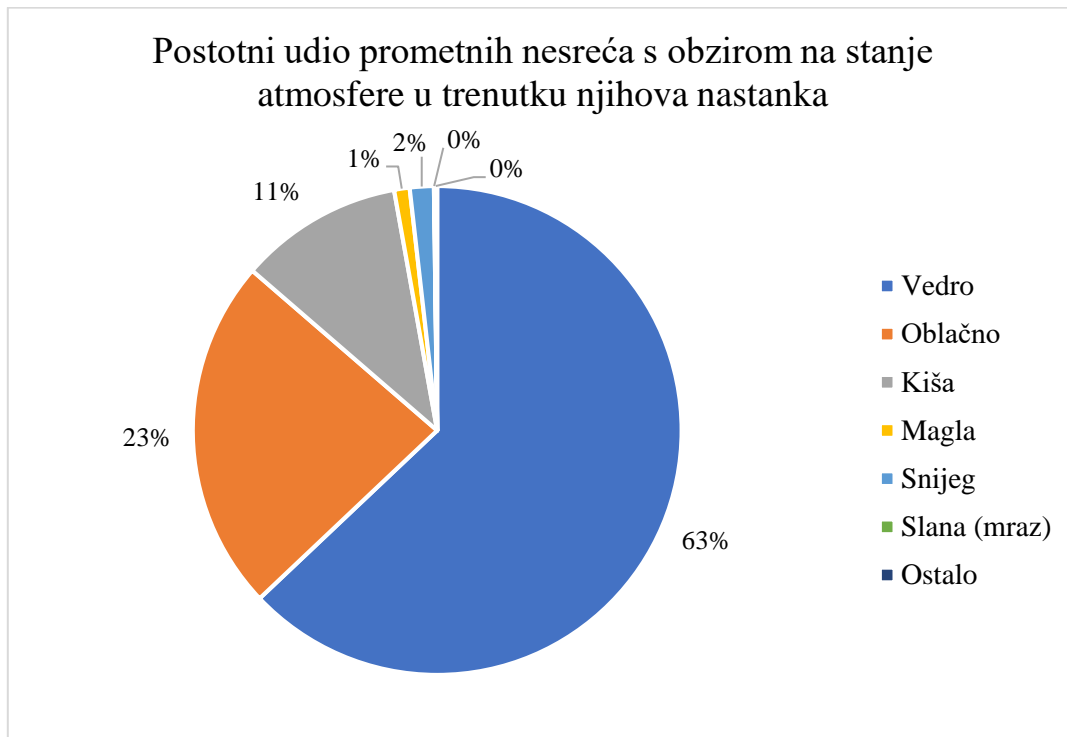
Nedostaci kolničkog zastora, odnosno bilo kakva oštećenja koja se mogu pojaviti na njemu utječu na razinu opasnosti od nastanka prometne nesreće. Analizom podataka o prometnim nesrećama u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2008. do 2017. godine utvrđeno je zadovoljavajuće stanje kolničkog zastora na oko 97 % mjesta na kojima su se dogodile prometne nesreće što eliminira utjecaj stanja kolničkog zastora na njihov broj [2].

Na vjerojatnost nastanka prometnih nesreća značajan utjecaj ima i stanje kolničke površine. Najpovoljnije stanje kolničke površine predstavlja suh i čist kolnik. Bilo kakva odstupanja od toga stanja, posebno u situacijama u kojima vozači na njih nisu spremni, mogu uzrokovati prometne nesreće. Stanja poput mokrog kolnika, kolnika prekrivenog blatom, snijegom, ledom te uljem i drugim sličnim tvarima smanjuju trenje između kotača i podloge, a samim tim i funkcionalnost sustava kočnica te mogu uzrokovati proklizavanje vozila. Od mogućih stanja kolnika, najveći se broj prometnih nesreća tijekom analiziranog razdoblja, oko 75 %, dogodio na suhom i čistom kolniku, a drugi značajniji udio od oko 22 % prometnih nesreća zabilježen je na mokrom kolniku, dok su ostala stanja kolničke površine prisutna u zanemarivo niskom postotnom udjelu prometnih nesreća [3].

Vidljivost predmeta iz vozačeve okoline veoma je važna za sigurno odvijanje prometa. To koliko će neki predmet biti vidljiv ovisi o količini svjetlosti koja do njega dolazi. S obzirom na količinu svjetlosti, a samim time i uvjete vidljivosti, mogu se definirati četiri karakteristična stanja, dan, sumrak, noć i svitanje. Najviše prirodne svjetlosti karakteristično je za dnevne uvjete vidljivosti koji se zbog toga smatraju i najpovoljnijima. Tada vozači zbog širokog vidnog polja, koje se sastoji od fokusiranog, centralnog i perifernog vida, mogu prikupiti najviše korisnih informacija iz okoline. Zbog dobre prirodne osvjetljenosti i lakšeg uočavanja predmeta, vozačima je olakšana i percepcija. U tim uvjetima oni i prije nego su u mogućnosti pročitati poruke koje primaju putem prometne signalizacije, jasno mogu odrediti neka svojstva njezinih elemenata, poput oblika i boje, te na temelju njih zaključiti kojoj funkcionalnoj skupini, na primjer, pripada uočeni prometni znak. Osim oblika i boje, vozač percipira i dubinu, odnosno primjećuje razlike u udaljenosti predmeta koji se nalaze ispred vozila. Taj postupak je, također, olakšan u uvjetima dnevnog osvjetljenja kada vozač na temelju relativne veličine, jasnoće, ali i gradijacije tekstura može odrediti što se u odnosu na vozilo nalazi bliže, a što dalje. U uvjetima smanjene vidljivosti, odnosno noćnim uvjetima, uočavanje elemenata prometne signalizacije, kao i njihovih svojstava, znatno je otežano. Vidno polje tada je, zbog nedostatka prirodne svjetlosti, suženo na fokusirani i centralni vid, čime je onemogućeno primanje informacija iz šire vozačeve okoline. Također je, zbog nemogućnosti oka da u uvjetima slabog osvjetljenja razlikuje boje, onemogućeno i utvrđivanje značenja uočenog predmeta na temelju boje bez upotrebe dodatnog izvora svjetlosti, ali i retroreflektirajućih elemenata koji su sastavni dio prometne signalizacije. Retrorefleksija svjetlosti koja dolazi do prometnih znakova i oznaka na kolniku, osim što pospješuje čitanje poruka koje isti prenose, omogućuje vozačima u uvjetima smanjene vidljivosti određivanje oblika prometnih znakova na većoj udaljenosti. Isto tako, promatranjem osvijetljenih oznaka na kolniku, na udaljenosti do koje seže svjetlosni snop farova vozila, moguće je ranije uočiti nailazak na zavoje, raskrižja i slične potencijalno opasne situacije. Iako dodatni izvori svjetlosti, kao i postojanje kvalitetne prometne signalizacije omogućuju snalaženje u okolini, vozači su u takvim uvjetima skloniji griješenju te je za sigurnu vožnju potrebno uložiti dodatne napore prilikom prikupljanja i percepcije informacija [6, 7]. To dokazuju i statistički podaci prema kojima se oko 30 % ukupnog broja prometnih nesreća događa u noćnim uvjetima vožnje, iako je količina prometa u tom razdoblju znatno manja [2].

Osim uvjeta vidljivosti, odnosno razine osvjetljenja, važnu ulogu imaju i atmosferske prilike. One utječu na stanje kolničke površine, mogu utjecati i na vidljivost prometne situacije ispred vozila, ali i vertikalne i horizontalne signalizacije koja, ukoliko je prekrivena

atmosferilijama može gubiti retroreflektirajuća svojstva ili stvarati bliještanje. Analizom podataka o broju prometnih nesreća utvrđeno je da se najveći broj prometnih nesreća, ipak, dogodio za vrijeme vedrog vremena. Iako se takvo stanje atmosfere smatra najpovoljnijim, greške mogu nastati zbog negativnog utjecaja sunčeve svjetlosti, koja može izazvati bliještanje, ili previsokih temperatura, koje su karakteristične za vedro vrijeme tijekom ljeta. Postotni udio prometnih nesreća za pojedino stanje atmosfere prikazan je na Grafikonu 4.



Grafikon 4. Postotni udio prometnih nesreća za razdoblje 2013. do 2017. godine s obzirom na stanje atmosfere u trenutku njihova nastanka

Izvor: [3]

2.2. Analiza podataka u sudionicima prometnih nesreća u Republici Hrvatskoj

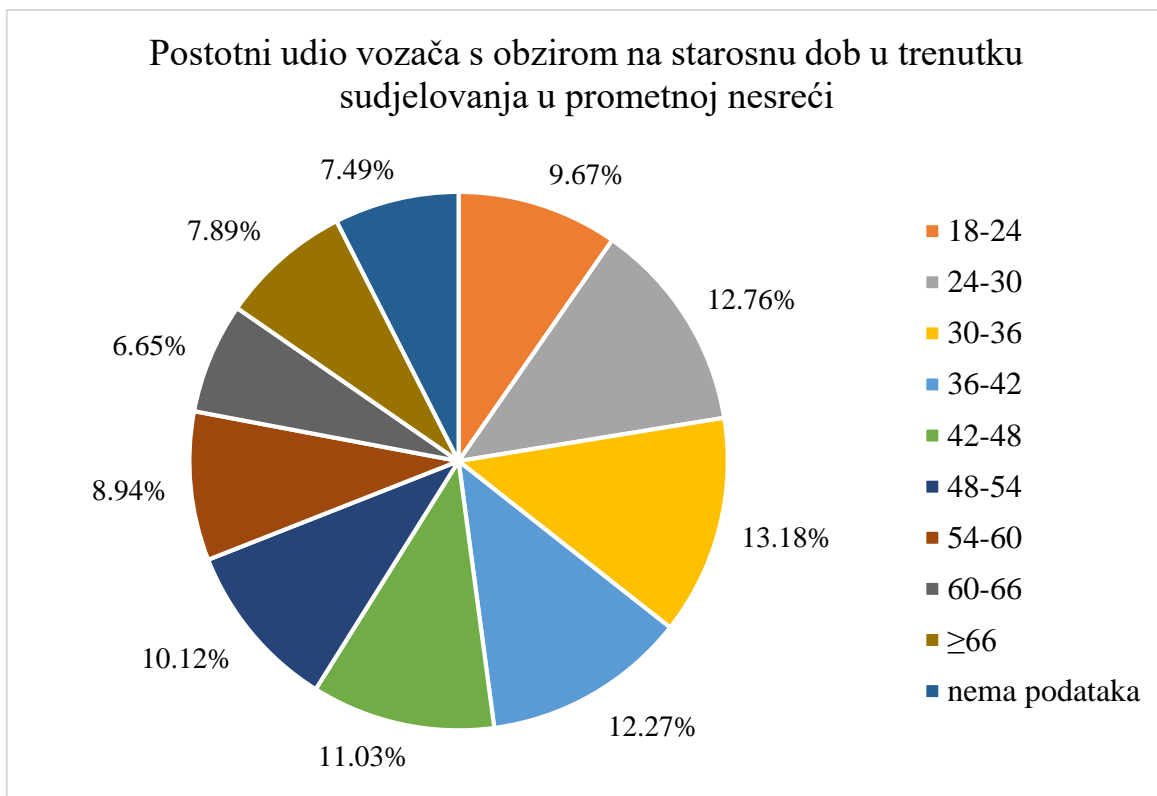
Osobe koje se u trenutku nastanka prometne nesreće nađu na mjestu događaja kao žrtve ili počinitelji nazivaju se sudionicima prometne nesreće. Analizom podataka o prometnim nesrećama, utvrđeno je da u Republici Hrvatskoj godišnje u njima sudjeluje približno 68.000 sudionika. U najvećem broju prometnih nesreća sudjeluju dva ili tri sudionika [3].

Sudionici se mogu pojaviti u različitim svojstvima, kao vozač, putnik, pješak te ostali sudionici čiji je udio pojedinačno vrlo malen pa se promatraju kao grupa. Vozači su s udjelom od oko 76,50 % najbrojnija skupina sudionika jer je njihovo djelovanje potrebno da bi se

ostvario promet. Uz vozače se sa značajnijim udjelom od oko 20,50 % pojavljuju putnici, a ostali čine manje od 5 % ukupnog broja sudionika [3].

Kada se broj sudionika promotri s obzirom na spol, dolazi se do zaključka da 68,60 % sudionika čine muškarci, 27,40 % žene, dok se preostalih 4 % nije htjelo izjasniti o tome ili podaci nisu zabilježeni. Analizom podataka o sudionicima koji se pojavljuju u svojstvu vozača utvrđeno je da su vozači u 75,15 % nesreća muškarci, a udio žena je znatno niži i iznosi 19,78 % [3].

Uz spolnu strukturu sudionika u prometnim nesrećama, vrlo je bitna i ona dobna. Kao najrizičnija skupina vozača, za koju se smatra da uzrokuje najveći broj prometnih nesreća, često se navode mladi vozači. Skupinu mladih vozača sačinjavaju svi vozači od navršene 18. godine, kada ostvaruju pravo na polaganje vozačkog ispita, do navršene 24. godine [5]. Na Grafikonu 5. je prikazan postotni udio vozača s obzirom na dob u trenutku sudjelovanja u prometnoj nesreći. Prvu skupinu čine vozači od 18 do 24 godine, odnosno mladi vozači, a njihov udio u odnosu na ukupan broj vozača koji su sudjelovali u prometnim nesrećama iznosi 9,67 %. Najviše vozača, to jest 13,2 % vozača, koji su sudjelovali u prometnim nesrećama ima između 30 i 36 godina. Za 7,49 % vozača u trenutku nastanka prometne nesreće taj podatak nije zabilježen.



Grafikon 5. Postotni udio vozača s obzirom na starosnu dob (godine) u trenutku sudjelovanja u prometnoj nesreći

Izvor: [3]

3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA VEZANIH UZ UTJECAJ PROMETNE SIGNALIZACIJE NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA

Sigurnost je jedna od najvažnijih karakteristika prometa, te se zbog toga provode razna istraživanja kako bi se utvrdili čimbenici koji utječu na nastanak prometnih nesreća i mjere kojima se iste mogu umanjiti. Osnovni cilj sigurnosti cestovnog prometa je omogućiti kretanje svih sudionika u prometu bez štetnih i neželjenih posljedica. Kao što je već ranije navedeno, na cestovnu sigurnost utječe i prometna signalizacija.

Ranije provedenim istraživanjima cilj je bio otkriti utjecaj razumijevanja prometnih znakova na vozačevu percepciju. Rezultati su pokazali da se svijest vozačeve percepcije prometnih znakova kreće između 2% i 75% ovisno o vozačevu iskustvu, uvjetima vožnje i vrsti prometnog znaka [8, 9, 10, 11].

Novijim istraživanjima se dokazalo da je taj postotak nešto manji, a razlog je korištenje sofisticiranije opreme čime se poboljšala kvaliteta i preciznost u odnosu na prijašnja istraživanja. Zavod za prometnu signalizaciju Fakulteta prometnih znanosti proveo je istraživanje u kojem se primjenjivala metoda koja koristi sofisticirani sustav za praćenje pogleda vozača „Tobii Pro“ kojom se analiziralo kako poznavanje određene rute utječe na percepciju prometnih znakova. Cilj istraživanja bio je utvrditi kako se percepcija prometnih znakova mijenja sukladno učestalosti vožnje po određenoj ruti, odnosno sukladno poznavanju rute te na koji način vozači percipiraju prometne znakove. Rezultatima tog istraživanja ukazuje se na činjenicu da, ukoliko vozač svakodnevno prolazi određenu dionicu ceste prilikom odlaska na posao, fakultet ili slično, tu dionicu će „naučiti“ napamet i sa porastom broja vožnji, sve će manje obraćati pažnju na prometne znakove i oznake na kolniku. Isto tako je zaključeno da vozači manje percipiraju dopunske ploče i znakove obavijesti što znači da dodatne informacije koje su im pružene nisu bile bitne za siguran nastavak vožnje [12].

Stariji i iskusniji vozači u velikoj mjeri ovakvu praksu provode i na ostalim dionicama ceste. To znači da njihova pažnja prilikom vožnje nije na maksimalnoj razini što može dovesti do zakašnjelih reakcija u bitnim situacijama i tako narušavaju sigurnost sebe i ostalih sudionika u prometu. Prema tome, prometni znakovi moraju pobuditi pažnju i interes vozača, bez obzira na vozačko znanje i iskustvo.

Osim vrste i oblika prometnih znakova, značajan utjecaj na vozače ima i njihov dizajn, čime se dokazalo da, ukoliko se na prometnim znakovima poveća sadržaj, odnosno kompleksnost informacija, vozačima će biti potrebno više vremena da shvate poruku koju im prometni znak želi poslati.

Mnoga istraživanja provode se i pomoću simulatora vožnje. Simulator se sastoji od upravljača vozila, kočnice, pedale za ubrzanje, a ispitanici tijekom vožnje na glavi nose kacige sa slušalicama i time se želi ispitanicima stvoriti dojam realne situacije. Jedno od takvih istraživanja provedeno je u Italiji sa ciljem otkrivanja koliko vozači zapravo poštuju ograničenje brzine tijekom dana i noći. Rezultati su pokazali da su u oba slučaja ispitanici premašili dopuštenu brzinu ili uopće nisu percipirali prometne znakove i oznake na kolniku, osim ako su naišli na uspon, zavoj ili drugu prepreku, u tom su slučaju smanjili brzinu vožnje. Jedan od rješenja za ovakav problem je uvođenje promjenjivih prometnih znakova kojim bi se privukla pažnja vozača i pritom ostvarila ujednačenost vožnje [13].

Važnost i utjecaj oznaka na kolniku na sigurnost u cestovnom prometu se također ne smije umanjiti. Oznake na kolniku utječu na sigurnost na tri načina: svojom prisutnošću, širinom linija i retrorefleksijom. Godine 1981. provedeno je istraživanje čiji je cilj bio analizirati utjecaj poboljšanja oznaka na sigurnost, a pod poboljšanje oznaka podrazumijevalo se dodavanje središnjih i/ili rubnih linija na kolniku. Rezultati su pokazali da se prisutnošću linija broj prometnih nesreća s ozlijeđenima i/ili smrtno stradalima značajno smanjio. Nadalje, istraživanjem koje je provedeno se dokazivala povezanost između bočnog položaja vozila unutar kolničkih traka i oznaka na kolniku. Zaključilo se da će vozači, što su oznake na kolniku šire, vozilo više pomicati prema rubu ceste što će umanjiti mogućnost nastanka frontalnih sudara, jer će vozila koja se mimoilaze biti udaljenija [14, 15].

Treći način je utjecaj retrorefleksije. Retrorefleksija oznaka na kolniku također utječe na sigurnost u cestovnom prometu, ali to nije uvijek tako. Trima istraživanjima koja su provedena, dokazano je da retrorefleksija ne utječe na nastanak prometnih nesreća. To znači da, bez obzira imaju li oznake na kolniku visoku ili nisku retrorefleksiju, one neće biti „krivac“ za stvaranje pogrešnih odluka i narušavanje sigurnosti u cestovnom prometu. Međutim, treba napomenuti da su u tim istraživanjima postajala određena ograničenja koja su se odnosila na to da su se uzimali u obzir retroreflektirajući markeri, retrorefleksija nije bila mjerena, već su je autori modelirali i manjak podataka o prometnim nesrećama [16, 17, 18]. Novijim istraživanjima je dokazano da ona itekako utječe na nastanak prometnih nesreća. Rezultatima se došlo do zaključka da će dionice sa oznakama na kolniku koje imaju višu retrorefleksiju biti

povezana sa manje prometnih nesreća u odnosu na dionice sa nižom retrorefleksijom [19, 20]. Visoka retrorefleksija će se ostvariti pravovremenim obnavljanjem oznaka na kolniku pa se tako, u jednom istraživanju, ispitala trajnost oznaka na kolniku i njezin utjecaj na nastanak prometnih nesreća. Rezultatima se pokazalo kako se trajnost može ubrojiti u bitan element sigurnosti kod oznaka na kolniku, jer se broj prometnih nesreća noću smanjio [20].

4. ČOVJEK KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

Na sigurnost prometa utječe niz povezanih čimbenika koji se mogu podijeliti u tri osnovne skupine: čovjek, vozilo i cesta, odnosno okolina. Smatra se da, sa stajališta uzroka prometnih nesreća, nisu svi čimbenici jednako zastupljeni. Uzmu li se u obzir ljudska priroda i sklonost pogreškama, može se reći da je čovjek najčešći krivac za njihov nastanak, a prema nekim je istraživanjima kriv za čak 85 % prometnih nesreća [21].

Nije svaki čovjek jednako sklon grijehu u prometu. Na tu sklonost, a time i ugrožavanje sigurnosti prometa, važan utjecaj imaju čimbenici koji se odnose na njegove osobne značajke, psihofizičke osobine te obrazovanje i kulturu, a očituju se u načinu njihova reagiranja u određenim situacijama. Svi čimbenici značajni za sigurnost prometa opisani su u nastavku.

4.1. Osobne značajke vozača

U osobne značajke vozača ubrajaju se sposobnosti, stajališta, temperament, osobne crte i karakter [22]. Sposobnost predstavlja skup urođenih ili stečenih uvjeta za obavljanje različitih aktivnosti. Kod vozača one dolaze do izražaja kada se promatra brzina reagiranja, količina registriranih zbivanja u okolini i uspješnost brzog i učinkovitog rješavanja problema uzrokovanih nepredviđenim situacijama. Za razliku od sposobnosti koje su više vezane za fizičke karakteristike, stajališta predstavljaju osobine vozača koje su nastale kao rezultat odgoja u obitelji, školi i društvu. Temperament je urođena osobina koja se kod vozača očituje u snazi, trajanju i brzini reagiranja. S obzirom na temperament, ljudi se mogu podijeliti na kolerike, sangvinike, melankolike i flegmatike, a svaku skupinu karakterizira različitost reagiranja u određenim situacijama [23]. Osobne su crte karakteristike vozača koje ga navode da u različitim situacijama reagira na određeni način, a nastaju kao rezultat odnosa prema sebi, prema drugima i prema okolini. Karakter se očituje u čovjekovu moralu, odnosu prema drugima, ali i poštivanju društvenih normi, a oblikuje se odgojem. Za sigurnost prometa sve su te karakteristike bitne jer utječu na mentalne i fizičke sposobnosti čovjeka [22].

4.2. Psihofizičke osobine vozača

Psihofizičke osobine predstavljaju osobine prema kojima se ljudi, a time i vozači, međusobno razlikuju, s time da te razlike mogu imati značajan utjecaj na način i brzinu reagiranja u različitim situacijama. Kod vozača do izražaja posebno dolaze osobine koje se odnose na funkcije organa osjeta te psihomotoričke i mentalne sposobnosti [21].

Podraživanjem živčanog sustava od strane organa koji su karakteristični za pojedini osjet čovjek dobiva informacije o vanjskom svijetu i promjenama unutar tijela. Za vožnju, najvažniji ljudski osjet je vid s obzirom da njime čovjek prikuplja više od 90 % informacija [24]. Vizualne se informacije prikupljaju uz pomoć oka koje upija elektromagnetska zračenja, odnosno svjetlost te ju šalje do centra za vid smještenog u mozgu, a tamo se svjetlosni impuls pretvara u sliku. Samo gledanje pojava u okolini, čovjeku nije dovoljno. Da bi odredio značenje onoga što vidi, pojavu treba percipirati. Percepcija je proces prikupljanja, organiziranja i obrade osjetnih informacija te njihova povezivanja sa ranije stečenim znanjima, iskustvom, emocijama i slično. Percepcija kojom se interpretiraju informacije prikupljene putem oka, odnosno vida, naziva se vizualna percepcija i ona je u prometu najvažnija vrsta percepcije. Vizualna se percepcija sastoji od dvije funkcije: prepoznavanje, odnosno kategorizacija predmeta, i lokalizacija, to jest određivanje gdje se uočeni predmet nalazi u odnosu na promatrača [6, 7].

Vozač tijekom vožnje prikuplja velik broj informacija koje se nalaze u njegovom vidnom polju. Vidno se polje sastoji od fokusiranog, centralnog i perifernog vida. Fokusiranim vidom, vozač promatra informacije koje su mu prioritet za vožnju. Nešto šira slika nalazi se u centralnom vidnom polju, u njemu se nalaze i prometni znakovi postavljeni uz rub kolnika, a najšira se slika promatra perifernim vidom. Periferni je vid vrlo koristan vozačima, ali ga moraju znati koristiti. Mladi, neiskusni vozači većinu informacija prikupljaju fokusiranim vidom čime dolazi do pretjeranog posvećivanja pažnje manje bitnim predmetima koji se nalaze u okolini. Za razliku od njih, vozači s više iskustva prepuštaju perifernom vidu razdvajanje važnih od manje važnih informacija tako da kada važne informacije iz perifernog vida, usmjeravanjem vozačeva pogleda u njihovom smjeru, dospiju u fokusirano vidno polje, informacije o radnji koju je potrebno poduzeti već budu spremne [25].

Pri dnevnom osvjetljenju vozači primaju iz okoline dovoljan broj informacija koje im omogućuju sigurno prometovanje. Problem nastaje u uvjetima slabijeg osvjetljenja, to jest noću. Noćni vid karakterizira mali broj dostupnih informacija koji je ograničen količinom svjetlosti koju emitiraju farovi vozila. Sve to utječe na brzinu percepcije i posljedično na vrijeme reakcije. Lakše percipiranje situacije noćnim vidom postiže se ugradnjom materijala s retroreflektirajućim elementima u prometnu signalizaciju [25].

Drugi značajan osjet je sluh. On u odnosu na vid ima manji utjecaj na sigurnost vožnje, a osnovna mu je zadaća kontroliranje rada motora vozila, određivanje smjera i udaljenosti vozila pri kočenju i slično. Uz sve pozitivne utjecaje, osjet sluha donosi i jedan negativan koji

se očituje u buci koju proizvodi vozilo, a koja kod vozača izaziva umor i gubitak koncentracije [21].

Psihomotoričke sposobnosti omogućuju brz, precizan i usklađen rad mišića. Za vožnju su važne brzina reagiranja, to jest vrijeme koje prođe od trenutka uočavanja određene opasnosti do trenutka upotrebe neke funkcije vozila kako bi se uočena opasnost izbjegla, brzina izvođenja pokreta te sklad pokreta i opažanja. Na sve navedene sposobnosti utječu dob, jačina podražaja, složenost prometne situacije, fizičko i psihičko stanje vozača, koncentracija i umor vozača, složenosti radnje koju je potrebno poduzeti, atmosferske prilike i brzina [21].

Mentalne su sposobnosti sve one koje omogućuju vozaču da se snalazi u novonastalim i nepredviđenim situacijama. Za vozače s dobro razvijenim mentalnim sposobnostima poput pamćenja, razmišljanja i učenja, vožnja će biti vrlo lak proces, dok će za one kojima su te sposobnosti manje razvijene vožnja biti iznimno naporna i umarajuća [21].

4.3. Obrazovanje i kultura

Kao dodatna kategorija se, uz ranije navedene značajke i osobine vozača, navodi obrazovanje i kultura. Smatra se da obrazovani vozači dobro poznaju i poštuju zakone i prometne propise. Isto tako, ostvaruju dobre odnose s ostalim sudionicima u prometu te im se ne nameću, nego, ukoliko su u mogućnosti, nastoje im pomoći kako bi se izbjegla konfliktna situacija. Osim toga, poznaju kretanje svoga vozila što im omogućuje njegovu pravilnu uporabu i pravilnu reakciju u slučaju pojave opasnosti. Obrazovani vozači, također, dobro poznaju svoje vlastite sposobnosti te se prema njima nastoje i ponašati u prometu. Za razliku od njih, drugi vozači često precjenjuju svoje vozačke sposobnosti što nerijetko dovodi do nastanka opasnih situacija i u krajnjem slučaju prometnih nesreća [21].

Suvremeni prometni sustav karakterizira velik broj istraživanja kojima se pokušava povećati sigurnost sudionika u prometu, a samim time i smanjiti broj prometnih nesreća. Neka od njih odnose se i na ljudski faktor kao glavni uzrok prometnih nesreća. Novija istraživanja tog područja sa sobom su donijela neke promjene. Utvrđeno je da dio prometnih nesreća za koje su se krivcima smatrali vozači nastaje zbog manjka adekvatnih informacija o stanju ceste i okoline. S obzirom da vozači najviše informacija dobivaju putem vida, nedostatak informacija potrebno je nadoknaditi postavljanjem odgovarajuće vertikalne i horizontalne prometne signalizacije što je ujedno i troškovno najpovoljnija mjera za efikasno podizanje razine sigurnosti prometnog sustava.

5. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Kao što je već ranije navedeno, na sigurnost na cestama utječe niz međusobno povezanih čimbenika koji se mogu podijeliti u tri osnovne skupine: čovjek, vozilo i cesta. Budući da su ljudi po prirodi skloni pogreškama, ljudski faktor u prometu se dugo godina smatrao glavnim uzročnikom prometnih nesreća. No, ljudske pogreške često mogu biti prouzročene nedostatcima vezanim uz cestu i njene okoline ili pak vozilo. U skladu s time, suvremene strategije cestovne sigurnosti jasno razlikuju čimbenike koji su uzrok prometne nesreće što predstavlja temelj za definiranje mjera poboljšanja prometne sigurnosti [26]. Upravo iz navedenih razloga, cilj istraživanja je utvrditi na koji način prometna signalizacija utječe na ponašanje vozača, a time i cjelokupnu sigurnost cestovnog prometa.

S obzirom da provođenje istraživanja na stvarnom prometnom sustavu može biti vrlo zahtjevno, opasno i skupo, sve se češće u istraživanjima koriste simulatori vožnje, koji uz relativno jednostavno simuliranje stvarnih uvjeta mogu provesti istraživanje u sigurnom okruženju.

5.1. Definiranje scenarija vožnje i metodologija provođenja istraživanja

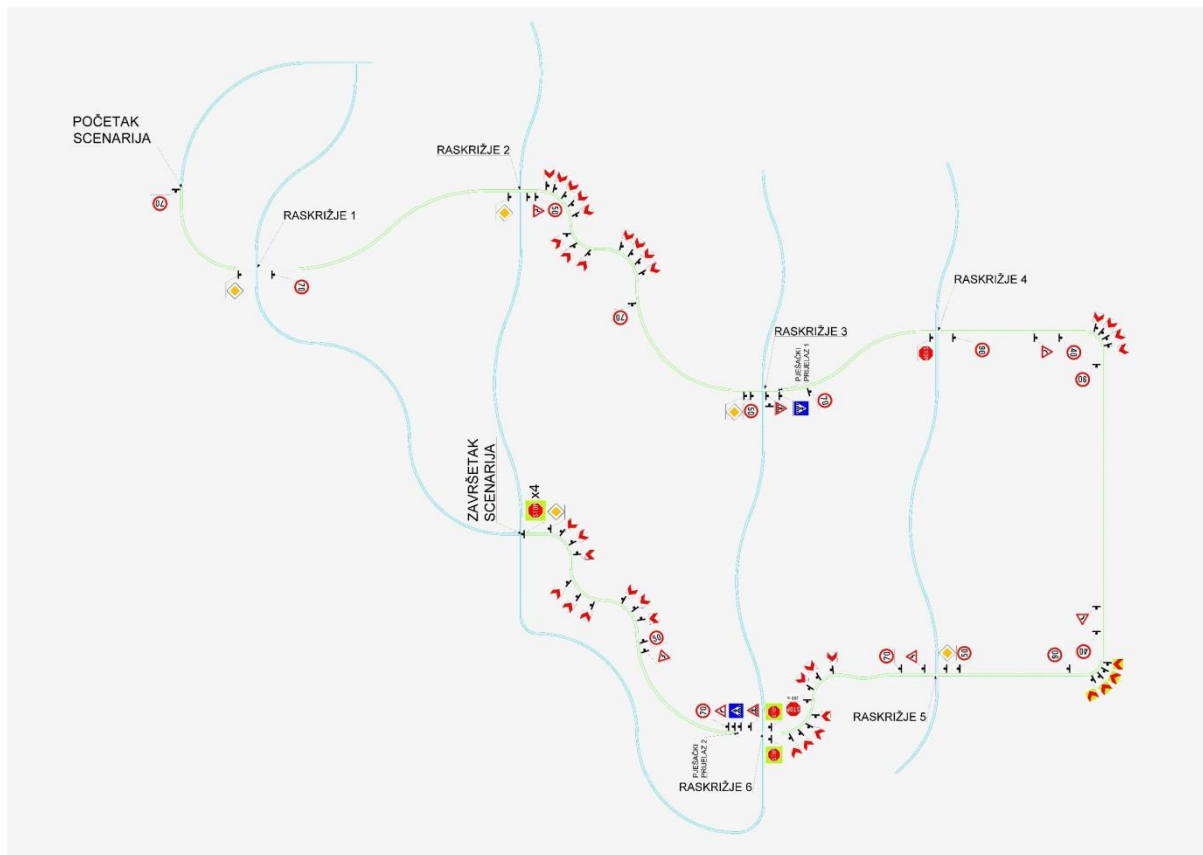
Scenarij koji se koristio u istraživanju bio je dizajniran kao dvosmjerna ulica s širinom kolnika od 6,50 m, odnosno širina jedne kolničke trake je iznosila 3,25 m. Ukupna duljina dionice iznosila je 6,61 km. Postojala su tri ograničenja brzine: 50 km/h, 70 km/h i 90 km/h. Ograničenje brzine od 50 km/h je predstavljalo dijelove dionice koje obuhvaćaju vožnju kroz naseljena mjesta, dok su ostala ograničenja, 70 km/h i 90 km/h, predstavljala dijelove dionice izvan naselja, odnosno otvorenu cestu. Cijela dionica se sastojala od šest četverokrakih raskrižja, dva pješačka prijelaza te deset oštih zavoja označenih s pločama za označavanje zavoja. Devet takvih zavoja bilo je označeno pločama bijelo-crvene boje (prometni znak K12), dok je jedan zavoj bio označen žuto-crvenom bojom (prometni znak K14). Na dionici je postavljeno ukupno 55 prometnih znakova u smjeru vožnje (Tablica 2.), te razdjelne i rubne linije bijele boje širine 15 cm.

Tablica 2. Broj prometnih znakova po kategoriji u scenariju

| Kategorija znaka | Dimenzije (cm) | Broj znakova | Postotni udio (%) |
|--|----------------|--------------|-------------------|
| Znakovi opasnosti | 90x90x90 | 8 | 14,55 |
| Znakovi izričitih naredbi | φ90 | 2 | 3,63 |
| Znakovi izričitih naredbi – kvadratni fluorescentni „stop“ znakovi | 90x90 | 3 | 5,45 |
| Znakovi obavijesti | 90x90 | 6 | 10,91 |
| Prometna oprema: Ploče za označavanje zavoja – K12 | 50x50 | 32 | 58,18 |
| Prometna oprema: Ploče za označavanje zavoja – K14 | 50x50 | 4 | 7,28 |
| Ukupno | | 55 | 100 % |

Od ukupno šest raskrižja, vozači su imali prednost prolaska na njih četiri (1., 2., 3. i 5.), dok su na ostala dva raskrižja (4. i 6.) imali postavljen znak stop tj. nisu imali prednost prolaska. Šesto raskrižje predstavlja potencijalno opasno mjesto, stoga je postavljen znak stop s dopunskom pločom 200 m prije raskrižja, dok su na samom raskrižju, s obje strane ceste, postavljena dva znaka stop s fluorescentnom žuto-zelenom podlogom. Dizajnirana su dva ista zavoja (istih geometrija), te označeni pločama za označavanje oštih zavoja različitim bojama: bijelo-crvena (K12) i žuto-crvena (K14). Na taj se način pokušao dobiti uvid u utjecaj boje ploča za označavanje oštih zavoja na ponašanje vozača.

Prema podacima od 2008. godine do 2017. godine, vidljivo je da najveći postotak u Republici Hrvatskoj zauzimaju prometne nesreće s materijalnom štetom (68,22 %), zatim slijede nesreće s minimalno jednom ozljeđenom osobom (30,83 %), dok je najmanji broj nesreća sa smrtnim posljedicama (0,95 %). Budući da se 55 % svih nesreća u EU događa upravo na državnim i županijskim cestama, te prema izvršenoj analizi podataka za Republiku Hrvatsku, scenarij je kreiran na način da uključuje najčešće indentificirane opasne situacije u RH. Na Slici 1. prikazana je cestovna ruta korištena u scenariju.



Slika 1. Prikaz scenarija vožnje

Istraživanje se provodilo u dvije vožnje, svaka u trajanju od 6 - 7 minuta. Tijekom prve vožnje nije bilo prometne signalizacije, odnosno, nije bilo oznaka na kolniku niti prometnih znakova, dok je druga vožnja sadržavala prometnu signalizaciju. Na takav je način, analiziran utjecaj prometne signalizacije na ponašanje i razinu stresa kod vozača. U oba scenarija su bili simulirani noćni uvjeti, a ispitanici su smjeli imati upaljena jedino kratka svjetla tijekom vožnje.

Na početku samog istraživanja, ispitanicima je pojašnjena metodologija istraživanja ne i cilj istog, kako se ne bi utjecalo na rezultate. Prikupljeni podaci su obuhvaćali: datum i godinu rođenja, spol, godinu stjecanja vozačke dozvole, vlastitu procjenu vozačke sposobnosti, sudjelovanje u prometnim nesrećama (kao vozači), učestalost vožnje, procjenu godišnje prijeđenih kilometara te eventualnih problema s vidnim sustavom (dioptrija te ostale očne mane). Potrebno je napomenuti da je ispitanicima bilo naglašeno kako se ne ocjenjuje njihova vozačka sposobnost te da tijekom testiranja voze što prirodnije na način na koji se oni osjećaju ugodno. Svakom ispitaniku prije početka testiranja postavljen je EKG uređaj i naočale za praćenje pogleda, te mu je bila omogućena probna vožnja na drukčijem scenariju kako bi se priviknuli na simulator i ostalu istraživačku opremu u svrhu dobivanja relevantnih podataka. Način provođenja istraživanja prikazan je na Slici 2.



Slika 2. Prikaz provođenja istraživanja: scenarij bez prometne signalizacije (lijevo) scenarij s prometnom signalizacijom (desno)

5.2. Definiranje varijabli korištenih za određivanje ponašanja ispitanika tijekom vožnje u simuliranim uvjetima

Putem istraživačke opreme (simulator vožnje, naočale za praćenje pogleda, EKG i tlakomjer) prikupljeni su podaci vezani za brzinu vožnje, akceleraciju i deceleraciju, lateralni položaj vozila, frekvenciju srca, krvni tlak te osnovne očne pokrete (fiksacija i sakade). Navedeni podaci predstavljaju osnovne varijable istraživanja prema kojima će se definirati ponašanje ispitanika tijekom vožnje. Nazivi, definicije i jedinice korištenih varijabli prikazane su u Tablici 3.

Tablica 3. Nazivi, definicije i jedinice varijabli

| Naziv varijable | Definicija | Jedinica |
|-----------------------------|--|------------------|
| Brzina vožnje | Promjena položaja objekta u jedinici vremena. | km/h |
| Akceleracija/deceleracija | Promjenu brzine u jedinici vremena. | m/s ² |
| Lateralni položaj | Položaj vozila određen udaljenošću od sredine prednjeg branika vozila do sredine desne rubne linije. Negativna vrijednost - pomak vozila je u desno (prema rubnoj liniji). Pozitivna vrijednost - pomak vozila prema sredini ceste (razdjelnoj liniji). | m |
| Frekvencija srca | Brzina smjene srčanih ciklusa. | bmp |
| Krvni tlak | Tlak koji krv vrši na stjenke arterija. | mmHg |
| Fiksacije - broj i trajanje | Stanje oka kada je ono "mirno", odnosno kada se privremeno umiri prilikom promatranja objekta ili riječi kod čitanja. | N i (ms) |
| Sakade - broj i trajanje | Kretanje oka između dvije fiksacije. | N i (ms) |

5.3. Istraživačka oprema

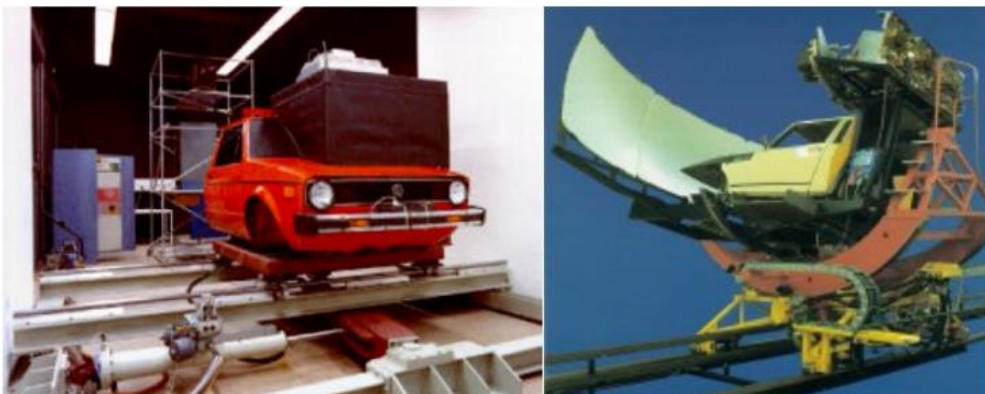
5.3.1. Općenito o simulatorima vožnje

Povijesni razvoj simulatora započeo je prije Dugog Svjetskog rata u svrhu obuke pilota zrakoplovstva, te općenito za istraživanja i zabavu. Budući da je za trening obuke pilota u stvarnim avionima značio znatno veći trošak, rizik i opasnost za pilote početnike, javlja se potreba za proizvodnjom simulatora. Prvi simulator za obuku pilota je izumljen početkom 20. stoljeća, te je prethodio razvoju drugih u iste ili slične svrhe.

Nakon uspješne implementacije simulatora u zrakoplovstvu, isti se počeo primjenjivati i za potrebe drugih prometnih grana, poput željeznice. Simulatori su se u željezničke svrhe koristili za osnovne vježbe, za poduku i testiranje vozača s iskustvom.

Naglim razvojem prometa te sve veća izgradnja, odnosno potrebe za izgradnjom cesta, mostova i tunela, javlja se potreba i za simulatorom vožnje u cestovnom prometu. Simulatori za ispitivanje vožnje na autocestama počeli su se proizvoditi 1950-ih godina. Zbog nedostatka tehnologije i virtualnih prikaza, proizvodnja simulatora je zastala tijekom 1960-ih godina. Krajem 1960-ih godina proizvodnja simulatora raste, te je u porastu sve do danas.

Prvi suvremeni simulator vožnje za cestovni promet proizveden je početkom 1970-ih godina te je imao jedan zaslon ispred vjetrobranskog stakla Volkswagen vozila (Slika 3.). Potaknuti njemačkim izumom, ubrzo nakon toga je u Švedskoj i Nizozemskoj započeo razvoj novog i složenog dizajna simulatora vožnje s većinom karakteristika današnjih simulatora [27].



Slika 3. Prvi simulator vožnje (lijevo) i njegov švedski sljedbenik (desno)

Izvor: [27]

Daljnji razvoj simulatora doveo je do pojave različitih verzija pri čemu je svaki imao drukčiju topologiju, te tako postoji [27]:

- neinteraktivni simulator
- simulator kompjuterskih igrica
- virtualni simulator
- cijela vozila kao simulator vožnje
- simulatori na pokretnoj podlozi.

Na samom početku postojali su neinteraktivni simulatori koji nisu imali pohranjene složene prometne situacije već su se oslanjali na ne tako komplicirane radnje za vozače. U tom se slučaju stvarni osjećaj vožnje simulirao s uporabom automobilskog tijela i filmske projekcije.

Bilo kakva kompjuterska igra koja se može voziti, može se koristiti u svrhe obuke ili istraživanje u ograničenim slučajevima. Brzim razvojem kompjuterskih igrica došlo se do spoznaje da bi se bolji doživljaj postojećih igrica s impresivnom grafičkom podlogom dobio korištenjem simulatora vožnje. Danas se takva vrsta simulatora sastoji od upravljača, tri pedale i mjenjačem sa mogućnošću mjenjača brzina.

Virtualni simulatori su zapravo kompjuterski simulatori s virtualnim naočalama (VR). Korištenjem VR naočala znatno se smanjuju troškovi i poboljšava se kvaliteta testiranja. Ovakva vrsta simulatora omogućava korisniku da virtualno vidi realne dijelove unutar vozila. Ispitanik ima mogućnost sagledavanja stvarne situacije u potpuno modeliranom 3D sučelju. Izgled unutrašnjosti automobila jednostavno se i brzo može prilagođavati i mijenjati zadržavajući realan prikaz okoline. Korištenjem naočala vozač može virtualno uključivati i dodirivati pojedine tipke te poravnavati upravljačko zrcalo pomicanjem ruke. Jedino što nije moguće virtualno je upravljati vozačkim upravljačem, pedalama i mjenjačem.

Simulatori koji se sastoje od cijele automobilske konstrukcije se smatraju odličnim simulatorima koji se mogu koristiti sa i bez pokretne platforme. Takva vrsta simulatora najbolje opisuje stvarnu situaciju jer se ispred vozila nalaze pet velikih spojenih LCD monitora koji okružuju prednji dio automobila te pokrivaju vidno polje od 120° (horizontalno). Takva vrsta simulatora pokriva u potpunosti vidno polje vozača čime je okružen virtualnom stvarnosti, te je u cijelosti moguće postići virtualni doživljaj.

Simulatori na pokretnoj podlozi temelje se na naprednom kretanju konstrukcijske podloge. Ovakva vrsta simulatora ima prednost u tome što je omogućeno kretanje i naginjanje vozila u sva tri smjera. Potrebno je da konstrukcijska podloga ima dostatnu nosivost.

S obzirom da se vozači tijekom vožnje susreću s više faktora unutar i izvan vozila koji mogu utjecati na njihovu pažnju, percepciju i sigurno kretanje u cjelini, simulatori vožnje pokazali su se kao relativno jednostavni i sigurni istraživački instrumenti. Osnovni doprinos simulatora vožnje uključuje ispitivanje izvedbe vozača, informiranje i promjene prometne politike i zakonodavstva, napredak i usavršavanje tehnologije i razumijevanje od strane vozača i promjene ponašanja tijekom vožnje [28].

Danas se, iz navedenih razloga, simulatori vožnje koriste u različitim područjima [29]:

- eksperimentalne psihologije (proučavanje budnosti, pažnje, opterećenosti i percepcije)
- socijalne psihologije (utjecaj raznih mjera na ponašanje u vožnji)
- kliničke psihologije i psihijatrije (izlaganje fobijama i tjeskobi za vrijeme vožnje)
- istraživanja ljudskih faktora (autonomna vožnja)
- farmakologije (učinci alkohola i droga na ponašanje vozača).

5.3.2. Simulator vožnje korišten za potrebe istraživanja

Za potrebe provođenja ovog istraživanja korišten je statični simulator tvrtke Carnetsoft B. V. Simulator se sastoji od vozačkog dijela (sjedalo s pedalama, upravljačem i mjenjačem), te tri međusobno povezana zaslona, veličine 30' i rezolucije 5760x1080 na kojem se prikazuje određeni scenarij, te se pruža interaktivni prikaz stvarnosti s 210°okoline (Slika 4.) preko šest kanala (lijevi, srednji i desni pogled plus tri retrovizora na svakom monitoru). Simulacijski softver pokreće operacijski sustav Windows 10 (64 bita) na računalu koje sadrži 8 GB unutarnje memorije i 4 GB memorije za pohranu videa.

Scenarij se prikazuje na tri povezana zaslona od koji središnji sadrži najviše informacija te je ključan za provedbu simulacije. Sva tri zaslona daju mogućnost pogleda izvan vozila kao i praćenje prometa iza vozila retrovizorima. Na središnjem zaslonu nalazi se pokazatelj ubrzanja, brojač okretaja, pokazatelj razine goriva u spremniku, lijevi i desni pokazivač smjera, pokazivač osvjetljenja ceste i pokazatelj korištenja parkirne kočnice. Simulator vožnje korišten za potrebe ovog istraživanja prikazan je na Slici 4.



Slika 4. Prikaz simulatora vožnje korištenog za potrebe provođenja istraživanja

5.3.3. Općenito o metodi praćenja oka (Eye Tracking)

Uz simulator vožnje kao reprezentativan alat za istraživanje ponašanja vozača u raznim prometnim situacijama, u istraživanju su korištene i naočale kojima se bilježi kretanje pogleda vozača tijekom vožnje. Budući da je tijekom vožnje preko 90 % informacija vizualnog karaktera, provođenjem metode praćenja pogleda vozača u velikoj bi mjeri donijelo saznanja na što vozač usmjerava svoju pažnju tijekom vožnje i koji mu se objekti nalaze u fokusu tijekom vožnje [30].

Metoda praćenja pogleda vozača (Eye Tracking) predstavlja jedan od načina kojim se utvrđuje u kojem smjeru i što točno osoba gleda tijekom testiranja ili vožnje, odnosno ona služi kao jednostavan, a značajan alat za prikupljanje podataka o usmjerenosti pogleda prema području interesa. Registriranjem pokreta oka može se izmjeriti područje interesa te broj i trajanje fiksacija i sakada, odnosno samih značajki oka.

Postoje dvije vrste metoda za mjerenje pomaka oka, nametljive i nenametljive. Nametljive su bile preciznije od nenametljivih, ali su zahtijevale posebnu opremu i fizički kontakt s ispitanikom. Jedna od nametljivih metoda bilo je postavljanje elektroda na kožu ispitanika u blizini oka, pri čemu bi elektrode bilježile pomak oka. Druga, također nametljiva metoda, bila

je postavljanje leće spojene s žicom u oko ispitanika. Iako je bila vrlo precizna, danas se koristi samo u laboratorijske svrhe.

Napredak istraživanja i razvoj metodologije praćenja pogleda nastavljen je tijekom 1970-ih i 1980-ih godina te su se uređaji za praćenje pogleda tehnički poboljšavali, što se posebno odnosilo na njihovu preciznost i sposobnost razlikovanja pokreta očiju i glave. Razvoj računala doveo je do mogućnosti praćenja pogleda oka u stvarnom vremenu te praćenja pogleda osobe na temelju snimljenog videa (video-okulografija).

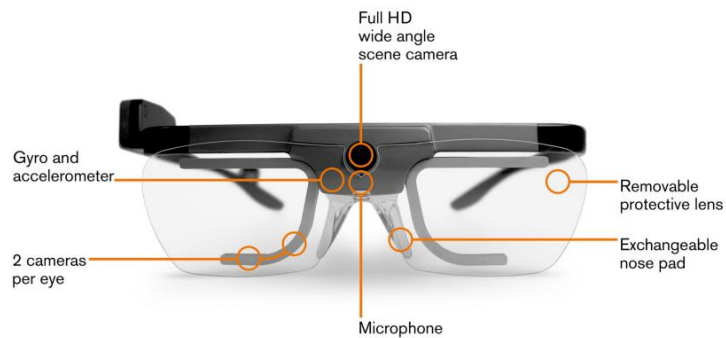
Prvu nenametljivi uređaj za praćenja pogleda je izumio Guy Thomas Buswell koristeći svjetlosne zrake koje su se reflektirale u oku i snimale na film [31]. Iako su prvi uređaji imali visoku preciznost, ujedno su bili i neudobni za korištenje, stoga su se početkom 20. stoljeća razvili uređaji i metode koji su se oslanjali na fotografiju i refleksiju oka od rožnice.

Istraživanja i metodologije u praćenju pogleda su se bitno poboljšale krajem 20. stoljeća pri čemu se moglo razlikovati pokret oka i glave. Razvojem računala dovelo je do mogućnosti praćenja pogleda u stvarnom vremenu, te praćenju pogleda na temelju snimljenog videa.

5.3.4. Korištena oprema kod metode praćenja oka za potrebe istraživanja

Za potrebe ovog istraživanja koristile su se Tobii Pro Glasses 2 naočale. Takva vrsta naočala predstavljaju suvremenu, nenametljivu i prijenosnu metodu praćenja pogleda.

Osnovni elementi sustava čine naočale s instaliranim kamerama, uređaj za snimanje i računalna jedinica s instaliranim softverom u kojem se snimaju, bilježe i pohranjuju prikupljeni podaci. Naočale čine osnovni dio sustava budući da se njima preko postavljenih kamera snima svaki pokret oka ispitanika, a dizajnom gotovo da odgovaraju klasičnim dioptrijskim naočalima. One sadrže četiri kamere za snimanje oka (za svako oko po dvije) te četiri senzora (žiroskop i akcelometar). Kamerom postavljenom na prednjoj strani naočala omogućeno je snimanje prostora ispred ispitanika s HD rezolucijom od 1920x1080 piksela., dok su preostale kamere koje snimaju kretanje oka postavljene u leći naočala. Osim kamera, naočale sadrže i mikrofoni kojim je moguće snimiti zvuk prilikom ispitivanja čime se omogućuje detaljna obrada viđenog popraćena ispitanikovim komentarima. Kako bi naočale mogle prikupljati i bilježiti podatke, one moraju biti spojene s glavnim uređajem za snimanje u kojem se nalazi memorijska (SD) kartica na kojoj ostaje trajan zapis provedenog ispitivanja [32]. Naočale za praćenje pogleda korištene u ovom projektu prikazane su na Slici 5.



Slika 5. Tobii Pro Glasses 2 naočale za praćenje pogleda

Izvor: [32]

Glavni uređaj (Slika 6.) žično je povezan s naočalama za praćenje pogleda te se napaja punjivim Li-ionskim baterijama čime je omogućeno njegovo korištenje u raznim uvjetima i realnim situacijama. Navedeni sustav podrazumijeva i instalacijski alat postavljen na računalnoj jedinici koji je izravno povezan s glavnim uređajem. Za kontrolu snimanja, kalibraciju i uvid u usmjerenost pogleda ispitanika u realnom vremenu koristi se prijenosno računalo.



Slika 6. Tobii Pro Glasses 2 glavni uređaj za snimanje i pohranu podataka

Izvor: [32]

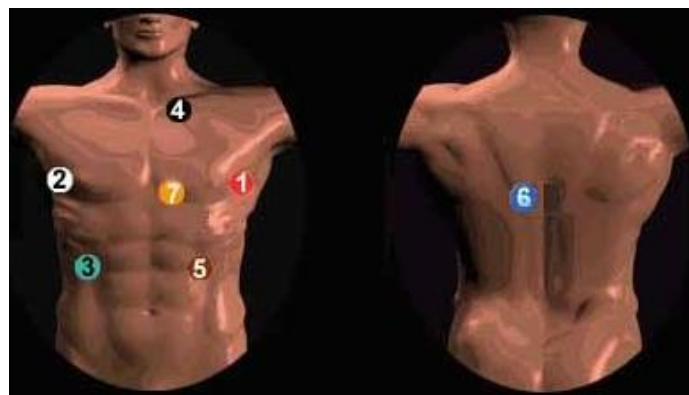
5.3.5. Primjena EKG uređaja i tlakomjera

Prilikom provođenja istraživanja u kojemu sudjeluje čovjek, tj. istraživanja koja uključuju izvedbu čovjeka u zahtjevnim situacijama, svakako je poželjno mjeriti razinu stresa ispitanika. Za potrebe ovog istraživanja i određivanja stresnosti pojedinih situacija tijekom vožnje simulatorom, korišteni su elektrokardiogram (EKG) i tlakomjer.

Elektrokardiografija je proces snimanja električne aktivnosti srca korištenjem elektrokardiograma, odnosno uređaja koji mjeri i bilježi električne signale iz srca putem nekoliko elektroda pričvršćenih za prsni koš [33].

Willem Einthoven izumio je EKG 1913. godine, te se spajao na desnu ruku, lijevu ruku i lijevu nogu tvoreći trokut. Spojenim elektrodama na galvanometru bilo je moguće mjeriti električnu aktivnost srca koja se tada očitavala na papiru i predstavljala individualne otkucaje srca. Današnji EKG uređaji sadrže više elektroda, ali se najčešće u praksi uzima u obzir postavljanje tri do osam elektroda na tijelo ispitanika.

Za potrebe ovog istraživanja korišten je Holter EKG uređaj koji omogućuje snimanje i praćenje rada srca tijekom kretanja osobe i obavljanja drugih aktivnosti. Kod takvog načina mjerenja, sedam elektroda je spojeno u manji prijenosni uređaj kao što je prikazano na Slici 7.



Slika 7. Položaj elektroda za mjerenje rada srca Holter EKG uređajem

Izvor: [34]

Dobiveni podaci tijekom snimanja se pohranjuju na memorijsku karticu, a nakon snimanja podaci se prebacuju u računalo te obrađuju u posebnom računalnom alatu koji omogućuje dobivanje prosječnog, minimalnog i maksimalnog broj otkucaja srca [35].

Osim EKG-a, razina stresa pokušala se utvrditi i mjerenjem krvnog tlaka. Krvni tlak predstavlja pritisak koji krv vrši na zidove krvnih žila te je on neophodan za kontinuirani protok krvi tijelom. „Pumpanjem“ srca stvara se određeni stupanj krvnog tlaka pri čemu postoje dvije vrste krvnog tlaka. Prvi, sistolički ili gornji krvni tlak predstavlja tlak kod izbacivanja krvi iz srca, dok donji ili dijastolički krvni tlak predstavlja tlak kod ulijevanja krvi u srce [36]. Vrijednosti gornjeg i donjeg krvnog tlaka mogu se mijenjati tijekom dana što ovisi o samom fizičkom stanju pojedinca, aktivnostima i okolini koja djeluje na njega.

Najniža vrijednost krvnog tlaka je tijekom spavanja dok njegova vrijednost blago raste nakon ustajanja, te tijekom situacija uzbuđivanja, nervoze, fizičke aktivnosti, konzumiranja

kofeinskih napitaka, pušenja cigareta i sl. Optimalna, normalna i blago povišena vrijednost krvnog tlaka za obje vrste tlaka, može se iščitati iz Tablice 4.

Tablica 4. Vrijednosti optimalnog, normalnog i blago povišenog krvnog tlaka

| Kategorija | Sistolički tlak (mmHg) | | Dijastolički tlak (mmHg) |
|--------------------------|-----------------------------------|-------|-------------------------------------|
| Optimalan krvni tlak | < 120 | i | < 80 |
| Normalan krvni tlak | 120 – 129 | i/ili | 80 – 84 |
| Blago povišen krvni tlak | 130 – 139 | i/ili | 85-89 |

U istraživanju, krvni tlak se ispitanicima mjerio tri puta digitalnim tlakomjerom tvrtke Omron kod kojeg se manšeta postavlja oko nadlaktice te se klikom na kontrolnu jedinicu vrši automatsko mjerenje tlaka (Slika 8). Prvi put se mjerio prije početka istraživanja, odnosno prije početka vožnje prvog scenarija, drugi put se mjerio nakon dovršene vožnje prvog scenarija, te posljednji put nakon dovršene vožnje drugog scenarija.



Slika 8. Omron tlakomjer

Izvor: [37]

6. ODREĐIVANJE UTJECAJA PROMETNE SIGNALIZACIJE NA PONAŠANJE VOZAČA

Kao što je već navedeno, ispitanici su vozili isti scenarij dva puta. Tijekom prve vožnje na scenariju nije bilo elemenata prometne signalizacije (oznaka na kolniku niti prometnih znakova), dok je tijekom druge vožnje prometna signalizacija bila prisutna. Podaci koji su se prikupljali tijekom obje vožnje vezani su uz brzinu vožnje, akceleracije i deceleracije, lateralni položaj vozila, frekvenciju srca, krvni tlak te osnovne očne pokrete ispitanika (fiksacije i sakade). U poglavljima koji slijede prikazani su statistički obrađeni rezultati.

6.1. Deskriptivna analiza podataka ispitanika

Za potrebe istraživanja angažirana su 32 punoljetna ispitanika sa važećom vozačkom dozvolom. Od ukupno 32 ispitanika, u istraživanju je sudjelovalo 23 muškaraca (71,88 %) i devet žena (28,13 %). Starost ispitanika u prosjeku iznosi 25 godina ($\bar{x} = 25,11$; *raspon* = 21,6 – 31,4; *SD* = 2,18), a njihovo vozačko iskustvo je u prosjeku bilo šest godina ($\bar{x} = 6,53$; *raspon* = 1 – 13; *SD* = 2,72).

Navedeni uzorak ispitanika uzet je s obzirom na činjenicu da su u periodu od 2013. do 2017. godine najviše prometnih nesreća (20 % od ukupnog broja nesreća) skrivili mlađi vozači između 25 i 34 godine starosti, što ih čini najrizičnijom skupinom u prometu s obzirom na dob [38]. Razlog tomu je činjenica da su mlađi vozači u određenoj mjeri neiskusni, neoprezni te skloni precjenjivanju i dokazivanju zbog čega dovode u pitanje vlastitu sigurnost i sigurnost ostalih sudionika u prometu. Dokaz navedenome je i činjenica da su ispitanici svoje vozačku sposobnost ocijenili u prosjeku s ocjenom 4,22¹ iako 40,62 % ispitanika vozi nekoliko puta tjedno (28,13 %) ili nekoliko puta mjesečno (12,50 %). Prema vlastitoj procjeni, ispitanici u prosjeku prelaze 10.468,75 kilometara automobilom godišnje.

Od 32 ispitanika, njih devetero (28,12 %) je sudjelovalo u prometnoj nesreći kao vozači (ukupno su sudjelovali u deset prometnih nesreća), od čega su u 40 % nesreća ispitanici bili krivci. Šest ispitanika ima blagu dioptriju te tijekom vožnje nose naočale ili leće.

Navedeni podaci za sve ispitanike prikazani su u Tablici 5.

¹Raspon ocjena: 1 – vrlo loše; 2 – loše; 3 – dobro; 4 – vrlo dobro; 5 - odlično

Tablica 5 Podaci o ispitanicima

| Oznaka ispitanika | Spol | Starost (god.) | Vozačko Iskustvo (god.) | Procjena vozačkesposobnosti | Sudjelovanje u nesreći | Krivac | Učestalost vožnje | Procjena prijeđenih km/god | Dioptrija |
|-------------------|------|----------------|-------------------------|-----------------------------|------------------------|--------|-------------------|----------------------------|-----------|
| S01 | M | 31,4 | 13 | 5 | Da (1 nesreća) | Ne | A | 18.000 | Ne |
| S02 | Ž | 30,8 | 13 | 5 | Ne | Ne | A | 12.500 | Da |
| S03 | Ž | 25,6 | 6 | 4 | Ne | Ne | A | 12.000 | Ne |
| S04 | M | 21,6 | 4 | 5 | 1 (1 nesreća) | Ne | B | 1.000 | Ne |
| S05 | Ž | 27,6 | 9 | 3 | Ne | Ne | B | 500 | Da |
| S06 | M | 23,9 | 6 | 5 | Da (1 nesreća) | Da | A | 10.000 | Ne |
| S07 | M | 23,1 | 5 | 4 | Da (2 nesreće) | Da | B | 8.000 | Ne |
| S08 | M | 24,5 | 7 | 4 | Da (1 nesreća) | Ne | C | 5.000 | Da |
| S09 | M | 23,4 | 5 | 5 | Ne | Ne | A | 19.000 | Ne |
| S010 | M | 22,9 | 6 | 4 | Ne | Ne | B | 2.000 | Ne |
| S011 | M | 24,9 | 6 | 5 | Ne | Ne | C | 5.000 | Ne |
| S012 | Ž | 24,4 | 6 | 4 | Ne | Ne | B | 10.000 | Ne |
| S013 | M | 24,5 | 6 | 5 | Da (1 nesreća) | Ne | A | 16.000 | Ne |
| S014 | M | 25,0 | 6 | 4 | Ne | Ne | A | 15.000 | Ne |
| S015 | M | 25,3 | 8 | 4 | Da (1 nesreća) | Ne | A | 25.000 | Ne |
| S016 | M | 25,2 | 7 | 4 | Ne | Ne | A | 40.000 | Ne |
| S017 | M | 23,1 | 5 | 4 | Ne | Ne | A | 10.000 | Ne |
| S018 | Ž | 24,1 | 2 | 2 | Ne | Ne | B | 1.000 | Ne |
| S019 | M | 23,2 | 5 | 4 | Ne | Ne | B | 5.000 | Ne |
| S020 | M | 25,8 | 8 | 5 | Ne | Ne | A | 30.000 | Ne |
| S021 | M | 25,3 | 6 | 5 | Ne | Ne | A | 10.000 | Ne |
| S022 | M | 26,8 | 9 | 4 | Ne | Ne | B | 5.000 | Ne |
| S023 | M | 25,7 | 8 | 4 | Ne | Ne | A | 10.000 | Ne |
| S024 | M | 24,7 | 1 | 5 | Ne | Ne | A | 5.000 | Da |
| S025 | Ž | 24,0 | 6 | 3 | Ne | Ne | C | 5.000 | Ne |
| S026 | M | 23,5 | 1 | 3 | Ne | Ne | B | 500 | Ne |
| S027 | Ž | 21,6 | 4 | 3 | Ne | Ne | C | 2.000 | Ne |
| S028 | M | 27,0 | 9 | 5 | Ne | Ne | A | 25.000 | Ne |
| S029 | M | 25,2 | 7 | 5 | Ne | Ne | A | 7.000 | Ne |
| S030 | Ž | 26,1 | 8 | 5 | Da (1 nesreća) | Da | A | 5.000 | Ne |
| S031 | Ž | 25,2 | 7 | 4 | Ne | Ne | A | 3.000 | Da |
| S032 | M | 28,1 | 10 | 4 | Da (1 nesreća) | Da | A | 12.500 | Da |

A – Svakodnevno; B - Par puta tjedno; C - Par puta mjesečno
 1– vrlo loše; 2 – loše; 3 – dobro; 4 – vrlo dobro; 5 –odlično

6.2. Analiza podataka dobivenih u simulatoru

U prvoj vožnji u kojoj prometna signalizacija nije bila prisutna, ispitanici su u prosjeku vozili 58,63 km/h ($SD = 8,66$) te su tijekom vožnje vremenski dulje pozicionirali vozilo bliže desnom rubu ceste (u prosjeku 4,11 minute od ukupne vožnje) kako bi izbjegli frontalni sudar s vozilima iz suprotnog smjera. Malo više od 40 % vremena vožnje (2,78 min u prosjeku) ispitanici su se vozilom pozicionirali bliže sredini ceste. Zabilježen je i lateralni pomak vozila koji predstavlja udaljenost od sredine prednjeg branika vozila do sredine desne rubne linije. Prosječni lateralni pomak prema sredini ceste tijekom prve vožnje iznosi 0,59 metara, a prema desnom rubu 0,37 metara. Time je zaključeno da su ispitanici imali nestabilnu putanju vožnje krećući se u rasponu od gotovo jedan metar (0,96 m) lijevo-desno tijekom vožnje bez oznaka na kolniku i prometnih znakova. Rizičnije ponašanje ispitanika tijekom prve vožnje potvrđuje i pozitivna korelacija između brzine vožnje i deceleracije (Spermanov koeficijent korelacije uz $p < 0,05$: 0,443) te lateralnog položaja vozila (Spermanov koeficijent korelacije uz $p < 0,05$: 0,378). Naime, s povećanjem brzine vožnje ispitanici su tijekom prve vožnje više i naglije usporavali te su vozilo pozicionirali bliže sredini ceste.

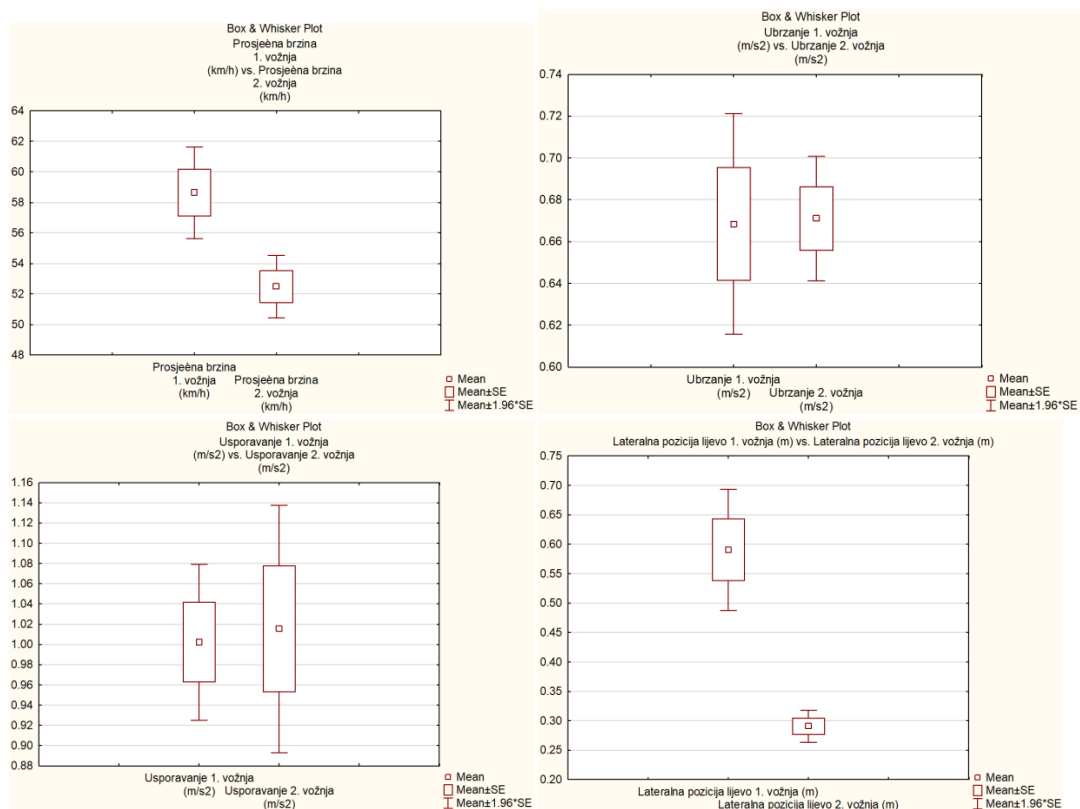
Tijekom druge vožnje, kada su na scenariju bili prisutni prometni znakovi i oznake na kolniku, ispitanici su vozili znatno stabilnije pozicionirajući vozilo u rasponu od 0,54 m lijevo-desno iako je zabilježena pozitivna korelacija između brzine vožnje i deceleracije te lateralnog pozicioniranja vozila bliže sredini ceste (Spermanov koeficijent korelacije uz $p < 0,05$: 0,642 i 0,450). To potvrđuje i gotovo ravnomjerno raspoređeno vrijeme tijekom kojeg su ispitanici vozili bliže sredini, odnosno desnom rubu ceste. Naime, tijekom druge vožnje, ispitanici su u prosjeku pozicionirali vozilo bliže sredini ceste 4,05 min, odnosno 3,59 min prema desnom rubu i vozili su sporije, u prosjeku 52,49 km/h ($SD = 5,90$) kako bi prilagodili svoje ponašanje nadolazećoj situaciji.

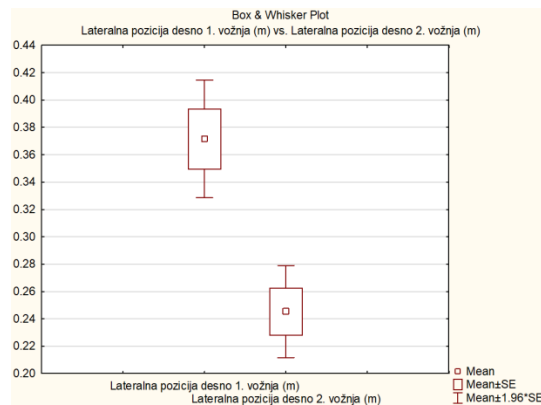
Statistička značajnost dobivenih rezultata prve i druge vožnje ispitana je primjenom *t-testa*. *T-test* je statistički test kojim se ispituje značajnost razlike između aritmetičkih sredina dvaju uzoraka. S obzirom da su isti ispitanici vozili iste scenarije korišten je *t-test* zavisnih uzoraka [38]. Rezultati *t-testa* potvrđuju da postoji statistički značajna razlika između brzine vožnje te lateralnog položaja (prema razdjelnoj i rubnoj liniji) između prve i druge vožnje, odnosno kada je na cesti bilo prometne signalizacije u odnosu kada iste nije bilo. Statistički značajna razlika tijekom dviju vožnji nije zabilježena kod varijabli akceleracija i deceleracija. Navedeni rezultati prikazani su u Tablici 6.

Tablica 6 Rezultati *t-testa* varijabli dobivenih iz simulatora vožnje

| Varijabla | p | Opis |
|---|-------|--|
| Brzina vožnje | 0,001 | $p < 0,05$ – statistički značajna razlika |
| Akceleracija | 0,898 | $p > 0,05$ – nema statistički značajne razlike |
| Deceleracija | 0,823 | $p > 0,05$ – nema statistički značajne razlike |
| Lateralni položaj vozila prema lijevoj strani kolnika (razdjelnoj liniji) | 0,000 | $p < 0,05$ – statistički značajna razlika |
| Lateralni položaj vozila prema desnoj strani kolnika (rubnoj liniji) | 0,000 | $p < 0,05$ – statistički značajna razlika |

Razlike između navedenih varijabli prve i druge vožnje prikazane su i kutijskim, odnosno „Box and Whisker plotom“ na Slici 9.





Slika 9. Box and Whisker grafikoni za varijable vezane uz simulator vožnje

Na dionici se nalazilo šest četverokrakih raskrižja te dva pješačka prijelaza. Od ukupno šest raskrižja na njih četiri ispitanici su imali prednost prolaska (1., 2., 3. i 5. raskrižje), a na dva raskrižja (4. i 6. raskrižje) nisu imali prednost prolaska. Četvrto raskrižje bilo je označeno klasičnim znakom stop, dok je šesto raskrižje predstavljalo potencijalno opasno mjesto, zbog čega je označeno znakom stop s dopunskom pločom 200 m prije raskrižja i s dva znaka stop na fluorescentnoj žuto-zelenoj podlozi s obje strane ceste na samom raskrižju, kako bi se dodatno naglasila obaveza zaustavljanja. Kroz sva raskrižja bio je aktiviran promet, odnosno nailazak vozila iz drugih smjerova.

U prvoj vožnji, kada prometna signalizacija nije bila prisutna, ispitanici su se ukupno zaustavili na 37 % raskrižja (71 zaustavljanje od ukupno 192). Na četvrtom raskrižju tijekom prve vožnje ispitanici su se zaustavili ukupno 13 puta, odnosno na 40,62 % raskrižja, dok su se tijekom druge vožnje kada je raskrižje bilo označeno znakom stop, ispitanici zaustavili u 96,78 % slučajeva (samo se jedan ispitanik nije zaustavio na raskrižju). Na šestom raskrižju, tijekom prve vožnje ispitanici su se zaustavili u 50,00 % slučajeva, dok su se svi ispitanici zaustavili tijekom druge vožnje s obzirom da je raskrižje bilo označeno znakom stop s dopunskom pločom 200 m prije raskrižja te s dva znaka stop na fluorescentnoj žuto-zelenoj podlozi s obje strane ceste na samom raskrižju. Nadalje, tijekom prve vožnje, u kojoj pješački prijelazi nisu bili označeni, ispitanici su se zaustavili kako bi propustili pješake u 75,00% slučajeva. Tijekom druge vožnje kada su pješački prijelazi bili označeni znakovima (opasnosti – A33 i obavijesti – C02) te oznakama na kolniku, ispitanici su se u 98,44 % slučajeva zaustavili i propustili pješake.

Veća brzina, nestabilna putanja vožnje i manjak informacija od strane prometne signalizacije tijekom prve su vožnje prouzročili i više grešaka ispitanika. Ukupno je zabilježeno 14 prometnih nesreća tijekom prve vožnje kategoriziranih kao: frontalni sudar, nalet na vozilo u raskrižju, slijetanje s ceste u zavoju te nalet na pješaka. Tijekom druge vožnje kada su

ispitanici pravovremeno dobivali informacije putem prometne signalizacije, broj nesreća je smanjen za 78,57 % (ukupno su se dogodile tri prometne nesreće), a koje su kategorizirane kao: slijetanje s ceste u zavoju.

Navedeni rezultati prikazani su u Tablici 7.

Tablica 7. Rezultati zaustavljanja ispitanika na raskrižjima i pješačkim prijelazima

| | |
|--|---------------|
| Zaustavljanje na svim raskrižjima tijekom prve vožnje | 71 (36,98 %) |
| Zaustavljanje na četvrtom raskrižju (bez prednosti prolaska) tijekom prve vožnje | 13 (40,62 %) |
| Zaustavljanje na četvrtom raskrižju bez prednosti prolaska tijekom druge vožnje | 31 (96,78 %) |
| Zaustavljanje na šestom raskrižju (bez prednosti prolaska) tijekom prve vožnje | 16 (50,00 %) |
| Zaustavljanje na šestom raskrižju (bez prednosti prolaska) tijekom druge vožnje | 32 (100,00 %) |
| Zaustavljanje na pješačkim prijelazima tijekom prve vožnje | 48 (75,00 %) |
| Zaustavljanje na pješačkim prijelazima tijekom druge vožnje | 63 (98,44 %) |
| Broj prometnih nesreća tijekom prve vožnje | 14 |
| Broj prometnih nesreća tijekom druge vožnje | 3 |

6.3. Rezultati mjerenja srčanog ritma i tlaka

Tijekom vožnje ispitanicima je mjerena frekvencija srca prijenosnim EKG uređajem te tlak digitalnim tlakomjerom. Rezultati navedenih mjerenja pokazuju da je ispitanicima prosječni srčani ritam tijekom prve vožnje bio 89,1 ($SD = 17,04$), a za vrijeme druge vožnje 85,71 ($SD = 16,27$) otkucaja u minuti. Iako se prosječni srčani ritam blago smanjio tijekom druge vožnje, navedena razlika je premala da bi bila statistički značajna, što je i dokazano *t-testom* ($p = 0,41 > 0,05$) te se u konačnici može zaključiti da se razina stresa kod ispitanika tijekom obje vožnje nije značajno odrazila na srčani ritam. Statistički neznačajne razlike zabilježene su i kod rezultata mjerenja tlaka prije i nakon pojedinih vožnji. Prosječni rezultati srčanog ritma i tlaka prikazani su u Tablici 8.

Tablica 8 Prosječni srčani ritam i tlak ispitanika

| Varijabla | Aritmetička sredina i standardna devijacija |
|--------------------------------|---|
| Srčani ritam tijekom 1. vožnje | 89,1 ± 17,04 |
| Srčani ritam tijekom 2. vožnje | 85,71 ± 16,27 |
| Sistolički prije 1. vožnje | 139,78 ± 15,23 |
| Dijastolički prije 1. vožnje | 84,65 ± 12,00 |
| Sistolički prije 2. vožnje | 133,43 ± 13,10 |
| Dijastolički prije 2. vožnje | 81,00 ± 10,66 |
| Sistolički nakon 2. vožnje | 136,03 ± 16,51 |
| Dijastolički nakon 2. vožnje | 81,56 ± 13,66 |

S druge strane, na temelju subjektivnih ocjena zahtjevnosti (stresnosti) pojedine vožnje zaključeno je da je ispitanicima druga vožnja, odnosno vožnja s prisutnim prometnim znakovima i oznakama na kolniku, bila manje zahtjevna i stresna. Naime, nakon obje vožnje, ispitanici su ocijenili zahtjevnost (stresnost) vožnje na skali od 1 do 5 (1 – vrlo zahtjevna; 2 – zahtjevno; 3 – srednje zahtjevno; 4 – lagana; 5 – vrlo lagana). U prosjeku prvu vožnju su ispitanici ocijenili kao srednje zahtjevnu ($\bar{x} = 3,06$) iako ju je dvoje ispitanika ocijenilo i kao vrlo zahtjevnu (ocjena 1). Druga vožnja je ocijenjena kao lagana ($\bar{x} = 4,3$), a najmanja ocjena druge vožnje je bila 3 (srednje zahtjevna), koju je dalo dvoje ispitanika. Prema ocjenama se može zaključiti da prometna signalizacija ima značajnu ulogu kada se govori o opuštenosti tijekom vožnje, što znači da daje osjećaj sigurnosti, pruža potrebne informacije i vodi vozače tijekom putovanja.

6.4. Analiza rezultata podataka prikupljenih „eyetracking“ tehnologijom

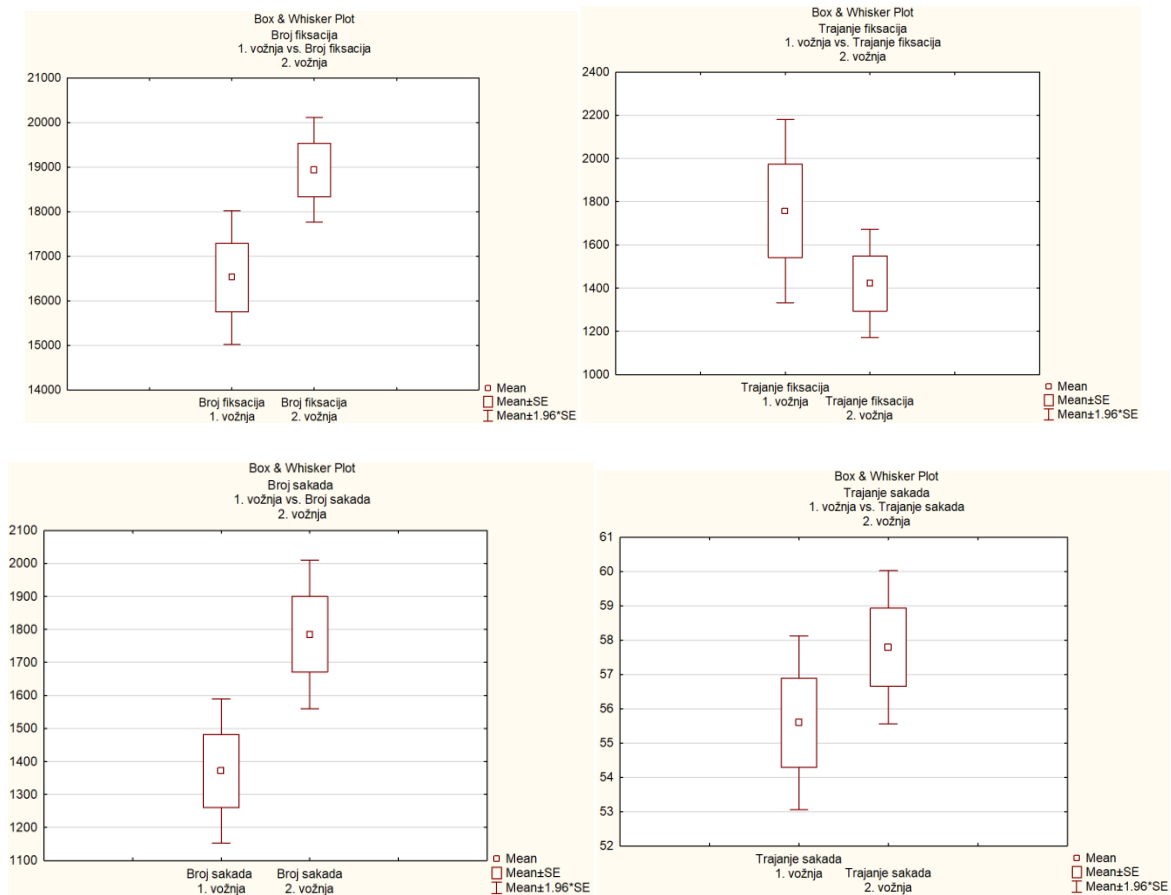
Primjenom Tobii Pro naočala za praćenje pogleda vozača prikupljeni su podaci vezani uz specifične pokrete oka tijekom obje vožnje. Iz rezultata *t-testa* zavisnih uzoraka, prikazanih u Tablici 9. te na Slici 13., vidljivo je da postoji statistički značajna razlika broja fiksacija, trajanja fiksacija te broja sakada između prve i druge vožnje. Treba napomenuti da jedino kod varijable trajanje sakada nije zabilježena statistički značajna razlika. Iz navedenih rezultata vidljivo je da su ispitanici tijekom druge vožnje imali značajno veći broj fiksacija oka u odnosu na prvu vožnju. Kako je tijekom druge vožnje prometna signalizacija bila prisutna, može se zaključiti da su ispitanici imali aktivnije oko te su pogled više fiksirali na elemente ceste

(prometnu signalizaciju) s ciljem prikupljanja što većeg broja informacija nužnih za sigurno praćenje putanje ceste. S druge strane, trajanje fiksacija tijekom prve vožnje je bilo statistički značajno duže u odnosu na drugu vožnju, što ukazuje na to da su se ispitanici tijekom vožnje scenarijem bez prometne signalizacije duže fokusirali na pojedine elemente ceste i okoline, koje su mogli barem donekle vidjeti, kako bi prikupili informacije o nadolazećoj situaciji. Kako su sakade pokreti oka između dviju fiksacija, njihov je broj tijekom druge vožnje također bio veći u odnosu na prvu vožnju, što potvrđuje zaključak da su ispitanici aktivnije vizualno „skenirali“ okolinu. Trajanje sakada u određenoj mjeri ovisi o brzini pokreta oka i željenoj točki fiksacije. Naime, ukoliko se čovjek fiksira na određenu točku s desne strane vidnog polja te se zatim fiksira na točku na suprotnoj strani vidnog polja, trajanje sakade između navedene dvije fiksacije bit će duže. Sukladno tomu i rezultatima koji pokazuju ne postojanje statistički značajne razlike između trajanja sakada tijekom prve i druge vožnje, može se zaključiti da su vozači pogled u najvećoj mjeri, usmjeravali na relativno isti prostor unutar vidnog polja, odnosno da se način njihova vizualnog pregledavanja okoline nije promijenio.

Tablica 9 Rezultati t-test očnih pokreta ispitanika

| Varijabla | p | Opis |
|--------------------|-------|--|
| Broj fiksacija | 0,004 | $p < 0,05$ – statistički značajna razlika |
| Trajanje fiksacija | 0,023 | $p < 0,05$ – statistički značajna razlika |
| Broj sakada | 0,000 | $p < 0,05$ – statistički značajna razlika |
| Trajanje sakada | 0,085 | $p > 0,05$ – nema statistički značajne razlike |

Razlike između navedenih varijabli prve i druge vožnje prikazane su i na Slici 10 „Box and Whisker plotom“.



Slika 10.BoxandWhisker grafikoni za varijable vezane uz očne pokrete ispitanika

Korelacijskom analizom povezanosti brzine vožnje tijekom pojedine vožnje i pokretima oka može se zaključiti da je broj fiksacija tijekom obje vožnje negativno koreliran s brzinom vožnje (Spearmanov koeficijent korelacije uz $p < 0,05$: 1. vožnja = -0,848; 2. vožnja = 0,355). Drugim riječima, s većom brzinom vožnje ispitanici su imali manje vremena pregledavati cestu i okolinu te su morali s manjim brojem fiksacija prikupiti dovoljno informacija o nadolazećoj situaciji. Tijekom prve vožnje ispitanici se nisu mogli osloniti na prometnu signalizaciju u pružanju informacija zbog čega su često pogrešno procjenjivali situaciju vozeći većom brzinom u usporedbi s drugom vožnjom, kada je signalizacija bila prisutna. S povećanjem brzine, usporila se aktivnost oka ispitanika, što je zajedno s nedovoljno pravovremenih informacija, uzrokovalo česte pogreške vozača koje su bile uzrok prometnih nesreća (ukupno njih 14). Iako se broj fiksacija smanjivao i tijekom druge vožnje pri porastu brzine vožnje, ispitanici su ipak mogli pomoću oznaka na kolniku i prometnih znakova pratiti putanju ceste te pravovremeno percipirati nadolazeću situaciju.

Tijekom druge vožnje, u kojoj je bila prisutna prometna signalizacija, ispitanici su u prosjeku pogledali 54,38 % ($Min = 10,91$ %, $Max = 81,82$ %, $SD = 15,23$ %) od ukupno 55

prometnih znakova postavljenih na ruti (Tablica 10.). Iako su ispitanici usmjerili pogled, u prosjeku na više od polovice znakova, to ne znači da su značenje istih percipirali, s obzirom da je za percepciju određenog objekta, osim usmjeravanja pogleda na njega, nužna i aktivna pažnja [39]. Kako bi se provjerilo koliko su ispitanici svjesni znakova na cesti, tijekom druge vožnje nasumično su im postavljana pitanja vezana uz značenje određenog znaka (stop, opasan zavoj, ograničenje brzine itd.) ili boje znaka (boja ploča za označavanje opasnih zavoja K12 i K14). Pitanja su postavljana nakon kraćeg vremenskog perioda nakon što su ispitanici prošli pored znaka. Od ukupno 260 postavljenih pitanja (u prosjeku 8,13 pitanja po ispitaniku), ispitanici su točno odgovorili na njih 195, odnosno 75 % (u prosjeku 6,09 po ispitaniku), čime se potvrđuje da su ispitanici zaista percipirali znakove.

Osim znakova, vrlo važan element vizualnog vođenja vozača, kao što je ranije navedeno, su i oznake na kolniku. Analizom rezultata usmjeravanja pogleda ispitanika na pojedinu uzdužnu oznaku (razdjelna, rubna desna ili rubna lijeva linija) može se zaključiti da su se vozači najviše orijentirali preko rubne desne i razdjelne linije, a znatno manje preko rubne lijeve linije (Tablica 10.). U prosjeku, vozači su 55,97 puta pogled usmjerili na rubnu desnu liniju (45,98 % od ukupnog broja pogleda na uzdužne oznake), 53,28 puta na razdjelnu liniju (45,41 %) te 12,69 puta na rubnu lijevu liniju (10,40 %).

Tablica 10 Broj pogleda ispitanika prema oznakama na kolniku i postotni udio pogledanih prometnih znakova

| Oznaka ispitanika | Broj pogleda prema desnoj rubnoj liniji | Broj pogleda prema lijevoj rubnoj liniji | Broj pogleda prema razdjelnoj liniji | Postotni udio pogledanih prometnih znakova (%) |
|-------------------|---|--|--------------------------------------|--|
| S01 | 77 | 27 | 50 | 30,91 |
| S02 | 8 | 1 | 4 | 54,55 |
| S03 | 15 | 10 | 53 | 81,82 |
| S04 | 64 | 16 | 58 | 56,36 |
| S05 | 54 | 8 | 25 | 21,82 |
| S06 | 72 | 20 | 90 | 60,00 |
| S07 | 100 | 8 | 80 | 54,55 |
| S08 | 28 | 14 | 42 | 61,82 |
| S09 | 47 | 6 | 52 | 78,18 |
| S10 | 46 | 4 | 46 | 70,91 |

| | | | | |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|
| S11 | 43 | 12 | 70 | 65,45 |
| S12 | 63 | 20 | 69 | 67,27 |
| S13 | 190 | 6 | 70 | 76,36 |
| S14 | 66 | 21 | 89 | 45,45 |
| S15 | 85 | 37 | 87 | 58,18 |
| S16 | 47 | 21 | 67 | 58,18 |
| S17 | 46 | 13 | 6 | 50,91 |
| S18 | 50 | 11 | 77 | 49,09 |
| S19 | 7 | 6 | 23 | 50,91 |
| S20 | 45 | 2 | 44 | 34,55 |
| S21 | 47 | 17 | 52 | 61,82 |
| S22 | 70 | 6 | 77 | 61,82 |
| S23 | 28 | 2 | 18 | 50,91 |
| S24 | 17 | 1 | 12 | 36,36 |
| S25 | 140 | 44 | 99 | 67,27 |
| S26 | 61 | 27 | 67 | 60,00 |
| S27 | 30 | 1 | 14 | 54,55 |
| S28 | 53 | 2 | 67 | 61,82 |
| S29 | 80 | 16 | 54 | 58,18 |
| S30 | 16 | 6 | 20 | 45,45 |
| S31 | 90 | 18 | 112 | 43,64 |
| S32 | 6 | 3 | 11 | 10,91 |
| Aritmetička sredina | 55,97 | 12,69 | 53,28 | 54,38 |

Na kraju se može zaključiti da su ispitanici tijekom prve vožnje manje vizualno „skenirali“ okolinu, odnosno da su imali pasivnije (manji broj i duže trajanje fiksacija te manji broj sakada) oko. S obzirom da su tijekom obje vožnje simulirani noćni uvjeti, ispitanici tijekom prve vožnje nisu imali prometnu signalizaciju kao izvor informacija potrebnih za praćenje rute i prilagođavanje ponašanja nadolazećim uvjetima zbog čega su pogled najviše usmjeravali na prostor unutar centralnog vidnog polja. S druge strane, tijekom druge vožnje ispitanici su imali više kraćih fiksacija usmjeravajući pogled na oznake na kolniku i prometne znakove te prikupljajući informacije potrebne za siguran nastavak vožnje. Imali su osjećaj sigurnosti, znali

su što ih očekuje te su samim time bili opušteniji i imali manji rizik od pogrešnih odluka koje bi dovele do ugrožavanja sigurnosti i nastanka prometnih nesreća. Zaključno, ovim istraživanjem se pokazalo da je prometna signalizacija jedna od bitnih elemenata u cestovnom prometu, povećava sigurnost i sprječava nastanak prometnih nesreća.

7. RASPRAVA

Trend rasta broja prometnih nesreća, uz zabrinjavajuće podatke o 25.000 poginulih i 135.000 ozlijeđenih na području Europske unije potiče istraživanja koja za cilj imaju povećanje razine sigurnosti prometa. Da bi se problem prometnih nesreća, kao glavnog pokazatelja sigurnost, mogao riješiti, potrebno je utvrditi njihove točne uzroke. Čovjek kao jedan od tri čimbenika sigurnosti prometa, uz vozilo i cestu, smatra se najčešćim uzročnikom prometnih nesreća. Negativno djelovanje na sigurnost prometa uzrokovano ljudskim faktorom svakako je prisutno u prometnom sustavu, ali tvrdnja o 85 postotnom udjelu čovjeka, kao glavnog krivca, u ukupnom broju prometnih nesreća sve se češće navodi kao netočna. Naime, ostali čimbenici osim kao izravni krivci, mogu preko čovjeka biti stvarni uzročnici prometnih nesreća. Troškovno najučinkovitije mjere za povećanje sigurnosti cestovnog prometa vezane su uz prometnu signalizaciju. Upravo iz tog razloga, glavni cilj ovog istraživanja je utvrditi utjecaj prometne signalizacije na ponašanje vozača, a time i na cjelokupnu prometnu sigurnost.

S obzirom na analizirane podatke o prometnim nesrećama temeljem kojih su utvrđena svojstva najčešćih rizičnih situacija u prometu, definiran je scenarij koji je po svojim karakteristikama mjerodavan za utvrđivanje utjecaja kvalitetne prometne signalizacije na ponašanje vozača. Scenarij je implementiran na simulator vožnje koji je ujedno i glavni instrument za provođenje istraživanja. Osim simulatora vožnje, u svrhu istraživanja korištene su naočale za praćenje pogleda vozača (Tobii Pro Glasses 2) te Holter EKG uređaj i digitalni tlakomjer kojima su praćene razine stresa izazvane vožnjom.

Sam scenarij definiran je kao dvotračna dvosmjerna cesta sa širinom kolničkih traka 3,25 m. Ukupna duljina dionice u scenariju je iznosila 6,61 km, a na njoj se nalazilo šest četverokrakih raskrižja, od kojih su ispitanici imali prednost prolaska na ukupno četiri raskrižja. Osim raskrižja kao potencijalno opasnih mjesta, na dionicu su postavljena još dva pješačka prijelaza i deset oštrijih zavoja. Duž cijele dionice iscertane su razdjelna i rubne linije širine 15 cm, a postavljeno je i 55 prometnih znakova.

Ispitivanje se sastojalo od dvije vožnje prosječnog trajanja 6 – 7 minuta u noćnim uvjetima, koji se ujedno smatraju i najtežim uvjetima u kojima važnost i kvaliteta prometne signalizacije dolazi do izražaja. U prvoj vožnji ispitanicima nije bila aktivirana prometna signalizacija, a druga je vožnja sadržavala svu vertikalnu i horizontalnu signalizaciju. Usporedba obje vožnje napravljena je s obzirom na sljedeće parametre: brzina vožnje, ubrzanje i usporenje, lateralni položaj, frekvencija srca, krvni tlak te broj i trajanje fiksacija i sakada.

Ispitivanju je pristupilo ukupno 32 ispitanika. Prosječna starost ispitanika iznosila je 25 godina, a isti su odabrani zbog značajnog udjela vozača starosti između 18 i 30 godina u ukupnom broju vozača koji su sudjelovali u prometnim nesrećama, a koji za razdoblje od 2008. do 2017. godine iznosi više od 20 %. Ispitanici su imali prosječno šest godina vozačkog iskustva, a svoje su vozačke sposobnosti, u rasponu od jedan do pet, prosječno ocijenili ocjenom 4,22. Za potrebe istraživanja odvozili su po dvije vožnje, a nakon toga uslijedila je analiza prikupljenih podataka.

Analizom je utvrđena prosječna brzina prve vožnje od 58,63 km/h i kao takva je za oko 6 km/h veća od prosječne brzine druge vožnje. Za drugi parametar koji se odnosi na ubrzanje i usporeenje utvrđeno je da ne postoji, među vrijednostima, u prvoj i drugoj vožnji, značajna razlika. Isto se ne može reći za lateralni položaj vozila. Tijekom prve vožnje, zbog nepostojanja oznaka na kolniku, vozaču je bilo puno teže snaći se u okolini i automobil održati u stabilnom položaju. Razlike između prve i druge vožnje uspoređene su pomoću vrijednosti o pomaku vozila u odnosu na središnju i rubne linije. U prvoj je vožnji raspon kretanja vozila bio gotovo jedan metar, a u drugoj je vožnji, zbog pozitivnog djelovanja horizontalne prometne signalizacije, to kretanje smanjeno na oko 0,54 m u smjeru lijevo-desno. S obzirom da je prometna signalizacija pozitivno djelovala na dva važna parametra ispitana simulatorom vožnje, može se reći da vozači prate informacije primljene putem prometne signalizacije i većinom se nastoje voziti prema njima.

Rezultatima praćenja pogleda ispitanika, utvrđeno je da je u prvoj vožnji, u situaciji bez prometne signalizacije, broj fiksacija bio manji, ali su prosječno trajale dulje, u odnosu na drugu vožnju. U drugoj je vožnji broj fiksacija, a samim time i broj sakada, porastao, ali je njihovo trajanje bilo kraće. Iz toga se može zaključiti da su u prvoj vožnji, zbog nedostatka prometne signalizacije koja bi ih usmjeravala, vozači aktivnije promatrali okolinu s ciljem prikupljanja što većeg broja informacija koje bi im mogle koristiti za donošenje ispravnih odluka, dok su u drugoj vožnji pogled većinom usmjeravali ka prometnoj signalizaciji, a s obzirom na činjenicu da ona prenosi jednoznačne informacije, donošenje odluka u tom je slučaju bilo jednostavnije. Na broj fiksacija, osim prometne signalizacije, utjecaj ima i brzina vožnje. S povećanjem brzine vozači se više ne mogu dovoljno fokusirati na pojedine predmete u okolini što rezultira manjim brojem fiksacija.

Iz snimke nastale pomoću naočala za praćenje pogleda vozača moguće je, također, analizirati i udio prometnih znakova koje su vozači pogledali, ali nije poznato jesu li te iste znakove i percipirali. S obzirom da je informacija o količini percipiranih znakova važna, taj je

dio istraživanja proveden usmenim ispitivanjem vozača o prometnim znakovima i oznakama koje su ranije vidjeli. Rezultati ispitivanja pokazali su da su ispitanici zaista percipirali čak 75 % prometnih znakova i oznaka na kolniku.

Zadaća trećeg korištenog uređaja odnosila se na utvrđivanje utjecaja prometne signalizacije, odnosno njezina nepostojanja, na razinu stresa koji je kod vozača izazvala vožnja. Parametri pomoću kojih je mjerena razina stresa su krvni tlak i srčani ritam. Analizom tako prikupljenih podataka utvrđeno je da prometna signalizacija, odnosno njezino nepostojanje nije uzrokovalo značajnije promjene mjerenih parametara, ali su sami vozači vožnju u kojoj je bila prisutna prometna signalizacija ocijenili manje zahtjevnom.

Na temelju vrijednosti svih mjerenih parametara utvrđeno je da je prometna signalizacija pozitivno utjecala na ponašanje vozača i povećanje sigurnosti u noćnim uvjetima vožnje, što potvrđuje i podatak o broju prometnih nesreća nastalih za vrijeme provođenja istraživanja. Dok je u prvoj vožnji, bez prometne signalizacije, zabilježeno 14 prometnih nesreća, od čega najviše frontalnih sudara i izlijetanja s kolnika, u drugoj su vožnji zabilježene samo tri. Zbog informacije koje su primali putem prometnih znakova, vozači su vozili prosječno sporije, a stabilniju je vožnju, s obzirom na položaj unutar kolničke trake, osigurala horizontalna prometna signalizacija. Postojanje prometne signalizacije uvelike im je olakšalo i „skeniranje“ okoline te usmjeravanje pažnje na, zaista, važne informacije. Samim time, smanjeno je i vrijeme reakcije kod nailaska na potencijalnu opasnost, jer su u trenutku približavanja vozači bili svjesni moguće opasnosti. Pomoć koju je vozač dobio putem prometne signalizacije, učinila je vožnju ugodnijom, manje stresnom i jednostavnijom.

8. ZAKLJUČAK

Zbog kontinuiranog rasta njihovog broja, prometne su nesreće postale značajan problem suvremenog društva. Društvo, na čelu sa stručnjacima iz područja prometa, taj problem nastoji riješiti, a da bi to bilo moguće u prvom je redu potrebno odrediti njihove uzroke. Uzroci se promatraju kroz čimbenike, čovjek, vozilo i cesta. Od spomenutih se kao onaj čije djelovanje uzrokuje najveći broj prometnih nesreća navodi čovjek, ali su sve češće prisutne tvrdnje prema kojima takvo razmišljanje nije točno. Ljudska pogreška osim što nastaje zbog mana ili propusta vozača, može nastati i kao posljedica djelovanja ostalih čimbenika na čovjeka koji zatim čini pogrešku i u krajnjem slučaju izaziva prometnu nesreću. S obzirom da to područje nije dovoljno istraženo, u posljednje se vrijeme pristupa sve većem broju novih istraživanja koja za cilj imaju rješavanje navedenog problema.

U ovome je radu pažnja usmjerena na razlike u ponašanju vozača koje izaziva prisustvo prometne signalizacije u odnosu na situaciju kada je na cesti nema. Istraživanje se temeljilo na dvije vožnje istom trasom ceste, od kojih prva nije imala elemente prometne signalizacije, dok je druga sadržavala i vertikalnu i horizontalnu signalizaciju. Simulator vožnje bio je glavni instrument za provođenje istraživanja, omogućio je ispitanicima realan prikaz prometne situacije, ali za razliku od ispitivanja u stvarnim uvjetima sa sobom nije nosio opasnosti za njih. Osim simulatora vožnje pomoću kojega su ispitani osnovni parametri vožnje poput brzine kretanja, ubrzanja, usporenja i lateralnog položaja vozila, za dodatnu su kontrolu vozačevih reakcija korištene naočale za praćenje pogleda vozača, putem kojih je bilježen broj i trajanje fiksacija i sakada, te elektrokardiogram i digitalni tlakomjer kojima se uz pomoć mjerenja krvnog tlaka i srčanog ritma kontrolirala razina stresa koju je kod vozača izazivala vožnja. Scenarij na kojem je provedeno istraživanje izrađen je prema karakteristikama mjesta koja su se kroz analizu prometnih nesreća pokazala opasnima.

Istraživanjem su utvrđeni sljedeći rezultati. Vozači su tijekom prve vožnje koja je uključivala scenarij bez prometne signalizacije vozili prosječnom brzinom od 58,63 km/h, što je u odnosu na scenarij druge vožnje, čija je prosječna brzina vožnje 52,49 km/h, za oko 11,7 % više. Osim na brzinu vožnje, postojanje prometne signalizacije, posebice oznaka na kolniku, utječe i na lateralni položaj vozila. Tijekom prve vožnje vozači su imali veći raspon kretnji lijevo-desno u odnosu na drugu vožnju i držali su se bliže sredini ceste, dok su kod druge vožnje ispitanici vozili znatno stabilnije i imali manji raspon kretnji lijevo-desno. Taj parametar pokazuje u kojoj mjeri nepostojanje prometne signalizacije može utjecati na pojavu frontalnih sudara i izlijetanja vozila s ceste. Naime, nepostojanje razdjelne crte vozaču otežava procjenu

širine kolnika koja mu je na raspolaganju za kretanje te prelaskom u prometni trak namijenjen vozilima iz suprotnog smjera može izazvati frontalni sudar. Isto tako, nepostojanje rubnih linija otežava procjenu položaja u odnosu na rub kolnika, posebno u uvjetima smanjene vidljivosti, što može izazvati izlijetanje s kolnika.

Uz brzinu i položaj vozila, promatrano je i ponašanje vozača na mjestima križanja prometnih tokova. Scenarij je obuhvaćao šest različitih raskrižja od kojih su vozači imali prednost na četiri, a na svakom od njih aktiviran je promet u svim smjerovima. Analizom podataka utvrđeno je da je većina ispitanika tijekom druge vožnje poštivala prometne znakove i sukladno njima postupala na samim raskrižjima, ali i ostalim mjestima s potencijalnom opasnošću. Za razliku od druge vožnje, scenarij iz prve vožnje nije odavao položaj prometnih znakova i oznaka pa vozači nisu mogli zaključiti jesu li u raskrižju na privozu s prednošću prolaska ili se radi o sporednom privozu. Zbog nedostatka tih informacija većina se vozača na raskrižjima nije ni zaustavljala. Sve razlike u mjerenim parametrima odrazile su se i na broj pogrešaka ispitanika. U drugoj je vožnji zbog pozitivnog utjecaja prometne signalizacije na ponašanje vozača broj pogrešaka bio za 78,57 % manji u odnosu na njihov broj iz prve vožnje.

Iako mjerenjima izvršenim elektrokardiogramom i tlakomjerom nisu utvrđene statistički značajne razlike u vrijednostima krvnog tlaka i srčanog ritma između prve i druge vožnje, vozači su vožnju bez prometne signalizacije ocijenili kao zahtjevniju, a samim time i stresniju, iz čega se može zaključiti kako opća informiranost vozača utječe i na razinu stresa tijekom vožnje.

Razlike u kompleksnosti prometne situacije prve i druge vožnje promatrane su i s obzirom na podatke prikupljene pomoću naočala za praćenje pogleda vozača. Kada na raspolaganju nisu imali prometnu signalizaciju, ispitanici su detaljno promatrali okolinu i pokušavali otkriti što veći broj informacija o nadolazećoj situaciji, a to je rezultiralo produljenim trajanjem fiksacija i sakada. Za razliku od prve vožnje, u drugoj su se vožnji vozači fokusirali na informacije dobivene putem prometne signalizacije te su lakše predviđali situaciju koja ih je očekivala na cesti, a fiksacije su bile kraće.

Iz svega navedenog vidljivo je pozitivno djelovanje prometne signalizacije, koja u noćnim uvjetima, kada vozači zbog niske razine osvijetljenosti ne mogu doći do važnih informacija iz okoline, na poseban način dolazi do izražaja. U situaciji bez prometne signalizacije vozači zbog nedovoljnog broja informacija o oblikovnim elementima ceste nisu mogli prilagoditi brzinu vožnje stanju ceste kojom su se kretali pa su se oslanjali na vlastite

procjene koje su često rezultirale pogreškama. Za razliku od te vožnje, druga vožnja s ograničenjima brzine koja su ispitanicima bila prikazana prometnim znakom vožnju su učinila sigurnijom. Isto tako, iscrtavanje potrebnih oznaka na kolniku olakšalo im je pozicioniranje vozila unutar kolničke trake čime se direktno utjecalo na smanjenje opasnosti od nastanka frontalnih sudala ili izlijetanja vozila s ceste. Pristunost prometne signalizacije, također je olakšala prikupljanje i percepciju informacija iz okoline. Vozači nisu morali vizualno pretraživati okolinu i prikupljati sve informacije bez obzira na njihovu važnost. Za sigurno je kretanje određenom dionicom ceste dovoljno bilo pažnju usmjeriti na postavljenu prometnu signalizaciju. Sve informacije koje su ispitanicima bile dostupne preko prometne signalizacije u krajnjem su slučaju, prema osobnim procjenama vozača, vožnju učinile manje zahtjevnom.

Iako je istraživanjem, opisanim u radu, potvrđeno pozitivno djelovanje prometne signalizacije na ponašanje vozača u noćnim uvjetima, potrebno je uložiti dodatne napore u daljnja istraživanja s ciljem utvrđivanja u kojoj je mjeri taj utjecaj povezan s razinom retrorefleksije prometne signalizacije, različitim vremenskim uvjetima, ali i osobinama vozača kao što su primjerice starost, razina obrazovanja i slično.

9. ZAHVALE

Zahvaljujemo mentoru izv. prof. dr. sc. Darku Babiću na usmjeravanju, savjetima i pomoći prilikom izrade rada te statističke obrade podataka.

Također, zahvaljujemo svim zaposlenicima Zavoda za prometnu signalizaciju Fakulteta prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, a na poseban način dr. sc. Dariju Babiću i Maji Modrić, mag. ing. traff. na pomoći prilikom izrade rada.

LITERATURA

- [1] <https://www.igh.hr> (travanj, 2019.)
- [2] Bilten o sigurnosti cestovnog prometa (2008. – 2017.), Ministarstvo unutarnjih poslova Republike Hrvatske
- [3] Podaci Ministarstva unutarnjih poslova
- [4] Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/2005)
- [5] Zakon o sigurnosti prometa na cestama (NN 67/08, 48/10, 74/11, 80/13, 158/13, 92/14, 64/15, 108/17)
- [6] Goldstein, E. B., (2011.): Osjeti i percepcija; Naklada Slap; ISBN: 978-953-191-567-0
- [7] Olson, P. L., Dewar, R., Farber, E. (2010.): Forensic Aspects of Driver Perception and Response; Third Edition; Lawyers & Judges Publishing Company; Tuscon, SAD; ISBN: 978-1933264783
- [8] Johansson, G., Backlund, F. (1970.): Drivers and Road Signs; *Ergonomics* 13(6): 749-759.
- [9] Milosevic, S.; Gajic, R.. (1986.): Presentation factors and driver characteristics affecting road-sign registration; *Ergonomics* 29(6): 807-815
- [10] Macdonald, W. A.; Hoffmann, E. R. (1991.): Drivers' awareness of traffic sign information; *Ergonomics* 34(5): 585-612.
- [11] Drorya, A.; Shinar, D. (1982.): The effects of roadway environment and fatigue on sign perception; *Journal of Safety Research* 13(1): 25-32.
- [12] Babić, D., Ščukanec, A., Pavić, M. (2017.): The Impact of road familiarity on the perception of traffic signs – eye tracking case study; Department for Traffic Signalization, Faculty of Transport and Traffic Sciences, University of Zagreb, Croatia
- [13] Pasetto, M., Barbati, S. D. (2011.): How the Interpretation of Driver's Behavior in Virtual Environment Can Become a Road Design Tool; A Case Study, University of Padua, Italy
- [14] Lundkvist, S. O., Ytterbom, U., Runersjoe, L. (1990.): Continuous edgeline on nine-meter wide two-lane roads; Izvještaj; Swedish Road and Traffic Research Institute, Linkoping, Švedska.

- [15] Davidse, R., Driel, C., Goldenbeld, C. (2004.): The effect of altered roadmarkings on speed and lateral position; Izvještaj; Institute for Road Safety Research, Leidschendam, Nizozemska.
- [16] Dravitzki, V. K.; Lester, T.; Wilkie, S. M. (2006.): The Safety Benefits of Brighter Roadmarkings; Izvještaj; Land Transport. Wellington. Novi Zeland.
- [17] National Cooperative Highway Research Program. (2006.): Pavement Marking Materials and Markers: Real-World Relationship between Retroreflectivity and Safety over Time; Izvještaj; Toronto. Canada.
- [18] Smadi, O.; Souleyrette, R.; Ormand, D.; Hawkins, N. (2008.): Analysis of the Safety Effectiveness of Pavement Marking Retroreflectivity; Journal of the Transportation Research Board; 2056 : 17–24. DOI: 10.3141/2056-03.
- [19] Avelar, R. E.; Carlson, P. J. (2014.): Characterizing the Association Between Nighttime Crashes and Retroreflectivity of Edgelines and Centerlines on Michigan Rural Two-Lane Highways; 93rd Annual Meeting of the Transportation Research Record; Washington DC. SAD.
- [20] Aldemir-Bektas. B.; Gkritza, K.; Smadi, O. (2016.): Pavement Marking Retroreflectivity and Crash Frequency: Segmentation, Line Type, and Imputation Effects; Journal of Transportation Engineering; 142(8) : 04016030. DOI: 10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000863
- [21] Cerovac, V. (2001.): Tehnika i sigurnost prometa; Fakultet prometnih znanosti, Zagreb
- [22] Luburić, G. (2014.): Sigurnost cestovnog i gradskog prometa 1. radni materijal za predavanje; Fakultet prometnih znanosti, Zagreb
- [23] Narodni zdravstveni list broj: 596-597/2009, rujan-listopad; Nastavni zavod za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije, Rijeka
- [24] URL: <https://www.docsity.com/sr/osjeti-i-percepcija-1/2298725/> (travanj 2019.)
- [25] Milošević, S. (2005.): Percepcija saobraćajnih znakova; Saobraćajni fakultet, Beograd, Srbija
- [26] Elslande, P. Naing, C., Engel, R. (2008.): Analyzing human factors in road accidents; Izvještaj. Loughborough University, Velika Britanija

- [27] Petr Bouchner (2006.): Interactive Driving Simulators - History, Design and their Utilization in area of HMI Research; International journal of systems applications, engineering & development
- [28] URL; <https://trl.co.uk/driving-simulator> (listopad 2018.; travanj 2019.)
- [29] URL: <https://cs-driving-simulator.com> (listopad 2018.; travanj 2019.)
- [30] Holmqvist, K., Nystrom, M., Andersson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H., Weijer, v. d. J. (2011.): Eye Tracking A Comprehensive Guide to Methods and Measures; Oxford University Press. New York, SAD
- [31] Buswell G. (1922.): Fundamental reading habits: A study of their development; The University of Chicago, SAD
- [32] URL: <https://www.tobiipro.com/product-listing/tobii-pro-glasses-2/#Features> (siječanj 2019.)
- [33] Medicinski priručnik za pacijente (2014.); Placebo d.o.o.; Dostupno na: <http://www.msd-prirucnici.placebo.hr/msd-za-pacijente/bolesti-srca-i-krvnih-zila/dijagnostika-bolesti-srca/dijagnosticki-testovi> (siječanj 2019.)
- [34] URL: <http://cardioscan.com.mx/interpre/c01calidad.html> (travanj 2019.)
- [35] Hendriks, T., Rosenqvist, M., Wester, P., Sandström, H., Hörnsten, R. (2014.): Intermittent short ECG recording is more effective than 24-hour Holter ECG in detection of arrhythmias; BMC Cardiovasc Disord., 14:41. doi: 10.1186/1471-2261-14-41
- [36] URL: <http://ordinacija.vecernji.hr/zdravlje/ohr-savjetnik/saznajte-sve-o-krvnom-tlaku/> (travanj, 2019.)
- [37] URL: https://s3.eu-central-1.amazonaws.com/cnj-img/images/oH/oHj2suU1TJri_ (travanj 2019.)
- [38] Petz, B., Kolesarić, V., Ivanec, D. (2012.): Petzova statistika; Naklada Slap; ISBN: 978-953-191-759-9
- [39] Green, M., Allen, M. J., Abrams, B. S., Weintraub, L. (2008.): Forensic vision with application to highway safety; Third edition; Lawyers & Judges Publishing Company, Tuscon, SAD; ISBN: 978-1-933264-54-7

SAŽETAK

Valentina Šnajder, Dario Barta, Vedran Jurić

ODREĐIVANJE UTJECAJA PROMETNE SIGNALIZACIJE NA PONAŠANJE VOZAČA

Prometna signalizacija predstavlja sredstva kojima nadležna tijela komuniciraju sa sudionicima u prometu. Komunikacija između nadležnih tijela i sudionika se vrši tako da sudionik razumije značenje pojedinog znaka i oznake na kolniku. Komunikacija putem vertikalne signalizacije, vrši se na način da se informira korisnika o stanju prometnice, upozorava na moguću opasnost, te ograničava, zabranjuje ili obvezuje sudionike u prometu. Unatoč tome, potrebno je koristiti i horizontalnu signalizaciju u svrhu povećanja sigurnosti prometa, te je uloga istih vođenje prometa i davanje detaljnih načina uporabe kolničke površine. Prometna nesreća predstavlja događaj na cesti koji je nastao kršenjem prometnih pravila, u kojem je sudjelovalo najmanje jedno vozilo u pokretu, te u kojem je izazvana materijalna šteta ili je najmanje jedna osoba ozljeđena ili preminula. Budući da su prema podacima o prometnim nesrećama, najviše prometnih nesreća skrivili vozači između 25 i 34 godina starosti, istraživanje se provodi na 32 punoljetna ispitanika u prosjeku od 25 godina. Podaci o prometnim nesrećama prikupljeni su od strane Ministarstva unutarnjih poslova. Iako se smatra da je čovjek jedan od glavnih uzročnika prometne nesreće, do čovjekove pogreške može doći uzrokom nedostataka vezanih uz cestu ili vozilo. Cilj ovog rada je odrediti učinak prometne signalizacije na ponašanje čovjeka, odnosno na temelju istraživanja prikupiti reprezentativne podatke, te vidjeti do koje mjere prometna signalizacija djeluje na ponašanje čovjeka u prometu. Istraživanje se provodilo u sklopu Zavoda za prometnu signalizaciju na Fakultetu prometnih znanosti. U svrhu rada, provelo se ispitivanje na simulatoru vožnje na dva moguća scenarija. Prvi od scenarija se odnosio na vožnju u noćnim uvjetima bez prometne signalizacije, dok se drugi scenarij odnosio na vožnju u noćnim uvjetima s prometnom signalizacijom. U svrhu određivanja povezanosti između prometne signalizacije i čovjekovog ponašanja, korišten je niz različitih varijabli kao što su: brzina vožnje, akceleracija i deceleracija, lateralni položaj vozila, frekvencija srca, krvni tlak, fiksacije i sakade oka. Statističkom obradom dobivenih podataka putem istraživanja, vidljivo je da prometna signalizacije u velikoj mjeri utječe na osjećaj sigurnosti vozača u prometu. Na temelju istraživanja, vidljivo je da postojanje prometne signalizacije značajno povećava sigurnost prometa.

Ključne riječi: prometna signalizacija, prometna nesreća, ponašanje čovjeka, sigurnost u prometu

SUMMARY

Valentina Šnajder, Dario Barta, Vedran Jurić

DETERMINING THE INFLUENCE OF TRAFFIC SIGNALIZATION ON DRIVER BEHAVIOUR

Traffic signalization is generally a mean by which the competent authorities communicate with traffic participants. Communication between competent authorities and participants is carried out in the manner that the participant understands the meaning of a particular sign and mark on the roadway. Vertical signalization communication is carried out in a manner that informs users about the state of the road, warns of possible danger, restricts, prohibits or commits traffic participants. Nevertheless, horizontal signalization should be used to increase traffic safety, as well as the role of the same traffic management and detailed ways of using the road surface. Traffic accidents are incidents on a road that has been caused by violation of traffic rules involving at least one vehicle on the move and where material damage has been caused or at least one person has been injured or had died. According to data from traffic accidents, most traffic accidents, have been hindered by drivers between the ages of 25 and 34, the survey was conducted on 32 adult subjects on an average of 25 years. Data on traffic accidents were collected by the Ministry of the Interior. Even though man is considered to be one of the major causes of a traffic accident, a man's error can be caused by a lack of road or vehicle liability. The aim of this paper is to determine the effect of traffic signalization on human behavior, collect representative data on the basis of research, and to see to what extent traffic signalization affects on the driver behaviour. The survey was conducted within the Department for Traffic Signalization at the Faculty of Transport and Traffic Sciences. For the purpose of the work, a test on a driving simulator took place in two possible scenarios. The first scenario was referred to driving under night conditions without traffic signalization, while the second scenario was referred to driving under night conditions with traffic signalization. In order to determine the correlation between traffic signalization and human behavior, a number of variables were taken such as: speed driving, acceleration and deceleration, lateral position of the vehicle, heart rate, blood pressure, fixation and saccades. By statistical analysis of data obtained through research, it is apparent that traffic signalization greatly influences the driver's

sense of security in traffic. Based on the research, it is evident that the existence of traffic signalization significantly increases traffic safety.

Key words: traffic signalization, traffic accidents, human behavior, traffic safety

POPIS SLIKA

| | |
|---|----|
| Slika 1. Prikaz scenarija vožnje..... | 22 |
| Slika 2. Prikaz provođenja istraživanja: scenarij bez prometne signalizacije (lijevo) scenarij s prometnom signalizacijom (desno) | 23 |
| Slika 3. Prvi simulator vožnje (lijevo) i njegov švedski sljedbenik (desno) | 24 |
| Slika 4. Prikaz simulatora vožnje korištenog za potrebe provođenja istraživanja | 27 |
| Slika 5. Tobii Pro Glasses 2 naočale za praćenje pogleda | 29 |
| Slika 6. Tobii Pro Glasses 2 glavni uređaj za snimanje i pohranu podataka..... | 29 |
| Slika 7. Položaj elektroda za mjerenje rada srca Holter EKG uređajem..... | 30 |
| Slika 8. Omron tlakomjer | 31 |
| Slika 9. Box and Whisker grafikoni za varijable vezane uz simulator vožnje..... | 36 |
| Slika 10.BoxandWhisker grafikoni za varijable vezane uz očne pokrete ispitanika..... | 40 |

POPIS TABLICA

| | |
|--|----|
| Tablica 1. Broj prometnih nesreća na području Republike Hrvatske za razdoblje od 2008. do 2017. godine s obzirom na posljedice | 5 |
| Tablica 2. Broj prometnih znakova po kategoriji u scenariju | 21 |
| Tablica 3. Nazivi, definicije i jedinice varijabli | 23 |
| Tablica 4. Vrijednosti optimalnog, normalnog i blago povišenog krvnog tlaka..... | 31 |
| Tablica 5 Podaci o ispitanicima | 33 |
| Tablica 6 Rezultati <i>t-testa</i> varijabli dobivenih iz simulatora vožnje..... | 35 |
| Tablica 7. Rezultati zaustavljanja ispitanika na raskrižjima i pješačkim prijelazima | 37 |
| Tablica 8 Prosječni srčani ritam i tlak ispitanika | 38 |
| Tablica 9 Rezultati t-test očnih pokreta ispitanika | 39 |
| Tablica 10 Broj pogleda ispitanika prema oznakama na kolniku i postotni udio pogledanih prometnih znakova | 41 |

POPIS GRAFIKONA

| | |
|---|----|
| Grafikon 1. Ukupan broj prometnih nesreća u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2008. do 2017. godine | 6 |
| Grafikon 2. Postotni udio prometnih nesreća u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2008. do 2017. godine s obzirom na vrstu ceste | 7 |
| Grafikon 3. Postotni udio prometnih nesreća za razdoblje od 2008. do 2017. godine s obzirom na okolnosti koje su dovele do njihova nastanka | 8 |
| Grafikon 4. Postotni udio prometnih nesreća za razdoblje 2013. do 2017. godine s obzirom na stanje atmosfere u trenutku njihova nastanka | 11 |
| Grafikon 5. Postotni udio vozača s obzirom na starosnu dob (godine) u trenutku sudjelovanja u prometnoj nesreći | 13 |