

# Utjecaj dizajna ploča za označavanje opasnih zavoja na brzinu vožnje

---

Čavka, Magdalena

Master's thesis / Diplomski rad

2021

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:660166>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-22**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

UTJECAJ DIZAJNA PLOČA ZA OZNAČAVANJE  
OPASNIH ZAVOJA NA BRZINU VOŽNJE

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE DESIGN OF  
CHEVRON SIGNS FOR DANGEROUS CURVES ON THE  
DRIVING SPEED WHEN ENCOUNTERING AND  
PASSING THROUGH A DANGEROUS CURVE

Mentor: dr.sc Dario Babić

Studentica: Magdalena Čavka

JMBAG: 0135246771

Zagreb, rujan, 2021.

Zagreb, 13. rujna 2021.

Zavod: **Zavod za prometnu signalizaciju**  
Predmet: **Prometna signalizacija**

## DIPLOMSKI ZADATAK br. 6258

Pristupnik: **Magdalena Čavka (0135246771)**  
Studij: **Promet**  
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Utjecaj dizajna ploča za označavanje opasnih zavoja na brzinu vožnje**

### Opis zadatka:

Horizontalni zavoji predstavljaju jedne od najrizičnijih dijelova cestovne mreže na kojima su, zbog promjene geometrije ceste, lošije preglednosti te otežanog održavanja pravilnog lateralnog položaja vozila, učestale prometne nesreća. Za unaprjeđenje sigurnosti u oštrim zavojima, kao izrazito učinkovite mjere ističu se vezane uz postavljanje odgovarajuće prometne signalizacije i opreme. No da bi signalizacija mogla izvršiti svoju funkciju, ona mora biti pravilno dizajnirana, kako bi privukla pažnju vozača i na intuitivan i lako shvatljiv način pravovremeno prenijela željenu poruku. Iako su prometni znakovi standardizirani Bečkom konvencijom, prometni znakovi za označavanje oštrih zavoja razlikuju se u dizajnu na razini EU. Cilj rada je primjenom simulatora vožnje analizirati utjecaj različitih kombinacija boja na znakovima za označavanje oštrih zavoja u svrhu određivanja onog koji najpozitivnije utječe na ponašanje vozača prilikom nailaska i prolaska kroz oštar zavoj.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:

---

dr. sc. Dario Babić

## **SAŽETAK:**

Analizom prometnih nesreća u Republici Hrvatskoj, uočen je velik udio prometnih nesreća s teškim i fatalnim posljedicama, a koje su se dogodile u oštrim zavojima. Iz tog razloga potrebno je podignuti njihovu razinu sigurnosti, a jedno od učinkovitijih i troškovno najprihvatljivijih rješenja za podizanje razine sigurnosti je primjena odgovarajuće prometne signalizacije i opreme. Za potrebe izrade ovog rada provedeno je istraživanje na Zavodu za prometnu signalizaciju, Fakulteta prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu kojim se ispitivao utjecaj boje na pločama za označavanje oštrih zavoja, u cilju pronalaska optimalnog dizajna tih ploča. Ispitano je pet različitih kombinacija boja, sa ukupno 60 ispitanika, te su prikupljeni podaci o brzini vožnje i lateralnom pomaku kroz četiri mjerne točke. Statističkom analizom pomoću ANOVA -e ponovljenih mjerenja utvrđeno je da dizajn znaka ima statistički značajan utjecaj na smanjenje brzine vožnje, gdje su brzina i lateralni pomak u zavojima označenim kombinacijom fluorescentna podloga – crvena strelica bila najmanji.

**KLJUČNE RIJEČI:** oštri zavoji, prometni znakovi, cestovna sigurnost, brzina vožnje, lateralni pomak

**SUMMARY:** The analysis of traffic accidents in the Republic of Croatia showed a large proportion of traffic accidents with severe and fatal consequences, which occurred in sharp curves . For this reason, it is necessary to raise their level of safety, and one of the most efficient and cost-effective solutions for raising the level of safety is the use of appropriate traffic signals and equipment. For the purposes of this paper, a study was conducted at the Department of Traffic Signalization, Faculty of Traffic Sciences, University of Zagreb, which examined the influence of color on chevron road signs, in order to find the optimal design of these signs. Five different color combinations were examined, with a total of 60 subjects, and data on driving speed and lateral displacement through four measuring points were collected. Statistical analysis using repeated measures ANOVA showed that the sign design had a statistically significant effect on the reduction of driving speed, where the speed and lateral displacement in sharp curves marked by a combination of fluorescent background - red arrow was the smallest.

**KEY WORDS:** sharp curves, chevron road signs, road safety, driving speed, lateral displacement

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. ZAVOJI KAO DIO CESTOVNE INFRASTRUKTURE .....</b>	<b>4</b>
<b>3. SIGURNOST CESTOVNIH ZAVOJA.....</b>	<b>10</b>
<b>4. UTJECAJ PROMETNIH ZNAKOVA NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA.....</b>	<b>13</b>
<b>5. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA .....</b>	<b>17</b>
<b>6. ANALIZA REZULTATA ISTRAŽIVANJA .....</b>	<b>26</b>
<b>6.1. Statističke analize vezane uz problem 1 .....</b>	<b>29</b>
<b>6.2. Statističke analize vezane uz problem 2 .....</b>	<b>40</b>
<b>7. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>53</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>58</b>
<b>Popisi slika, tablica i grafikona .....</b>	<b>60</b>
<b>Popis priloga .....</b>	<b>62</b>

## 1. UVOD

Osnovu društva čini njegova povezanost. Ljudi putuju zbog obrazovanja, posla, rekreacije, a sva materijalna dobra putuju cijelim svijetom radi ispunjenja konzumerističkih potreba društva. Cestovni promet predstavlja osnovu povezanosti današnjeg društva zbog velike količine kako putnika, tako i robe koja svakodnevno prolazi cestovnom mrežom. Velika količina prometa za sobom vuče i negativne posljedice od kojih su najgore prometne nesreće. Prometne nesreće zauzimaju značajan postotak ukupnih smrti u svijetu na godišnjoj razini. Prema tome, povećanje sigurnosti cestovnog prometa predstavlja sve veći izazov subjektima koji upravljaju cestovnom infrastrukturom. U Republici Hrvatskoj, promatrajući duže vremensko razdoblje, od 2011. do 2020. godine, na cestama se dogodilo 335 538 prometnih nesreća. Bitno je istaknuti činjenicu, da je u ukupnom broju prometnih nesreća smrtno stradala 3 324 osoba, dok je 144 708 osoba bilo teže ili lakše ozlijeđeno [1]. Iako se broj prometnih nesreća s poginulim i teže ozlijeđenim osobama u posljednje tri godine smanjio, Republika Hrvatska se još uvijek prema Eurostatu nalazi u području visokog broja poginulih osoba promatrano s aspekta broja poginulih na milijun stanovnika.

Važno je napomenuti kako šteta nastala pri prometnoj nesreći nije lako mjerljiva jer ona obuhvaća ne samo materijalnu štetu i troškove liječenja kao izravne troškove prometne nesreće, već i neizravnu štetu kao što je gubitak radne sposobnosti, smanjena mogućnost privređivanja, nemogućnosti obavljanja svakodnevnih aktivnosti, izravne reprodukcijske troškove medicinske ili profesionalne rehabilitacije, neizravne reprodukcijske troškove policije, sudskih procesa, osiguravajućih društava.

Još jedan od mogućih problema u cestovnom prometu leži i u tome što se pri projektiranju prometnica vrlo često zadovoljavaju samo minimalni propisani uvjeti i standardi, a koji se odnose na sigurnost na cestama. Kombinirajući minimalne sigurnosne zahtjeve s preostala dva čimbenika prometa (čovjek, vozilo) raste rizik od nastanka takozvanih „opasnih mjesta“. Najrizičniji dijelovi ceste na kojima postoji potencijalna opasnost nastanka prometnih nesreća su zavoji i raskrižja. Najučinkovitiji način održavanja i povećanja sigurnosti je ulaganje u cestovnu infrastrukturu i njezino održavanje, a posebno u one dijelove prometne infrastrukture koji na direktan način sprečavaju prometnu nesreću ili ublažavaju njezine posljedice. No ipak, gradnja i održavanje prometne infrastrukture može biti izrazito skupo ako uključuje građevinske radove. Jedan od troškovno najefikasnijih načina povećanja sigurnosti

prometne infrastrukture, pa tako i zavoja, primjena je mjera vezanih za prometnu signalizaciju i opremu.

Prometna signalizacija ima ulogu obavijestiti, upozoriti i voditi sudionike u prometu. Njezinom pravilnom upotrebom uvelike se može utjecati na povećanje sigurnosti, s obzirom na to da vozač putem vida dobiva i preko 90 % informacija. Prometni znakovi trebaju biti dizajnirani i postavljeni na način da privlače vozačevu pažnju i da mu pruže sve potrebne informacije. Ipak, bitno je znati kako postaviti prometne znakove kako vozaču ne bi trebalo dulje vrijeme za uočavanje i njihovo percipiranje, čime bi se zapravo smanjila sigurnost prometa. Bitno je voditi računa i o broju postavljenih znakova. Premali broj prometnih znakova neće dati dovoljno informacija vozačima, dok će prevelik broj prometnih znakova izazvati njihovo nagomilavanje i zbunjenost vozača.

Prometna signalizacija je vrlo učinkovito rješenje pri podizanju stupnja sigurnosti, a zasigurno je i troškovno najprihvatljivije rješenje. Kako je zadatak prometne signalizacije upozoriti, obavijestiti i pripremiti vozača na situaciju koja mu slijedi na cesti, izrazito je važno navedenu signalizaciju dizajnirati u skladu s ergonomskim načelima, odnosno osigurati da signalizacija svojim izgledom privlači vozačevu pozornost i priprema ga na donošenje odluke i pravovremenu reakciju. Zbog svega navedenog, a u svrhu izrade ovog diplomskog rada, provedeno je istraživanje kojim se ispitao utjecaj dizajna prometnih znakova za označavanje oštih zavoja, koji su jedan od opasnih cestovnih segmenata.

Istraživanje je provedeno na simulatoru vožnje u ispitnom laboratoriju Zavoda za prometnu signalizaciju, Fakulteta prometnih znanosti. Cilj diplomskog rada je, pomoću simulatora vožnje, analizirati utjecaj različitog dizajna prometnih znakova za označavanje oštih zavoja na ponašanje vozača prilikom nailaska i prolaska kroz oštar zavoj. Dizajn znakova u ovom kontekstu podrazumijeva primjenu različitih boja podloga znaka i strelice za označavanje smjera zavoja. Za potrebe konstruiranja scenarija na kojem će se provesti istraživanje, analizirane su prometne nesreće u zavojima državnih cesta Republike Hrvatske i utvrđena je geometrija opasnih zavoja.

Prema navedenom glavna hipoteza rada je: „dizajn prometnih znakova za označavanje oštih zavoja utječe na ponašanje vozača, u smislu promjene brzine vožnje i promjene lateralnog pomaka, prilikom nailaska na oštar zavoj“. Osim glavne hipoteze koja iznosi generalnu sliku da će različita kombinacija boja na znakovima za označavanje oštih zavoja različito utjecati na ponašanje vozača, definirane su i pomoćne hipoteze rada:

- kombinacija boja fluorescentno zelena podloga – crvena strelica imat će značajniji utjecaj na ponašanje vozača, odnosno smanjenje brzine, u usporedbi s ostalim kombinacijama boja na prometnim znakovima za označavanje oštih zavoja
- utjecaj različitog dizajna na prometnom znaku za označavanje zavoja ovisi o tome je li zavoj lijevi ili desni

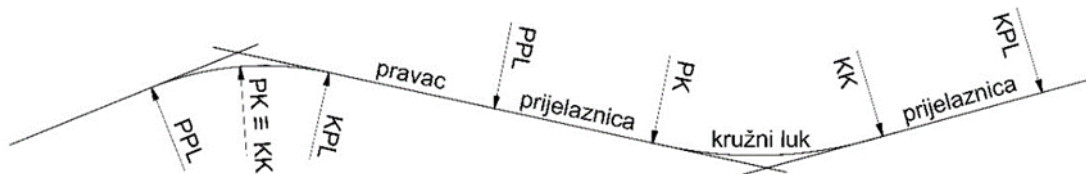
Rad je strukturno podijeljen na sedam poglavlja. Glavne hipoteze, svrha i cilj ovog rada predstavljeni su u uvodu odnosno prvom poglavlju. Drugim poglavljem ovog rada predstavljeni su konstrukcijskih elementi cestovnih zavoja kao dijela cestovne infrastrukture i minimalni propisani konstrukcijski zahtjevi. Treće poglavlje predstavlja statistike cestovne sigurnosti u zavojima u Republici Hrvatskoj, dok je četvrtim poglavljem predstavljena prometna signalizacija koja se koristi za označavanje cestovnih zavoja.

Kako je u svrhu izrade ovog diplomskog rada provedeno istraživanje na Zavodu za prometnu signalizaciju, Fakulteta prometnih znanosti, petim poglavljem ovog rada predstavljena je metodologija provedenog istraživanja. Ovim poglavljem opisana je korištena oprema, opisan je proces nastanka scenarija vožnje, te su deskriptivno i statistički predstavljeni ispitanici koji su sudjelovali u istraživanju. Šesto poglavlje ovog rada sadrži statističke analize koje su provedene nad prikupljenim podacima i utvrđivanje istinitosti postavljenih hipoteza. Sedmo poglavlje predstavlja zaključak rada kojeg prate popisi literature, slika, tablica, grafikona i priloga.



## 2. ZAVOJI KAO DIO CESTOVNE INFRASTRUKTURE

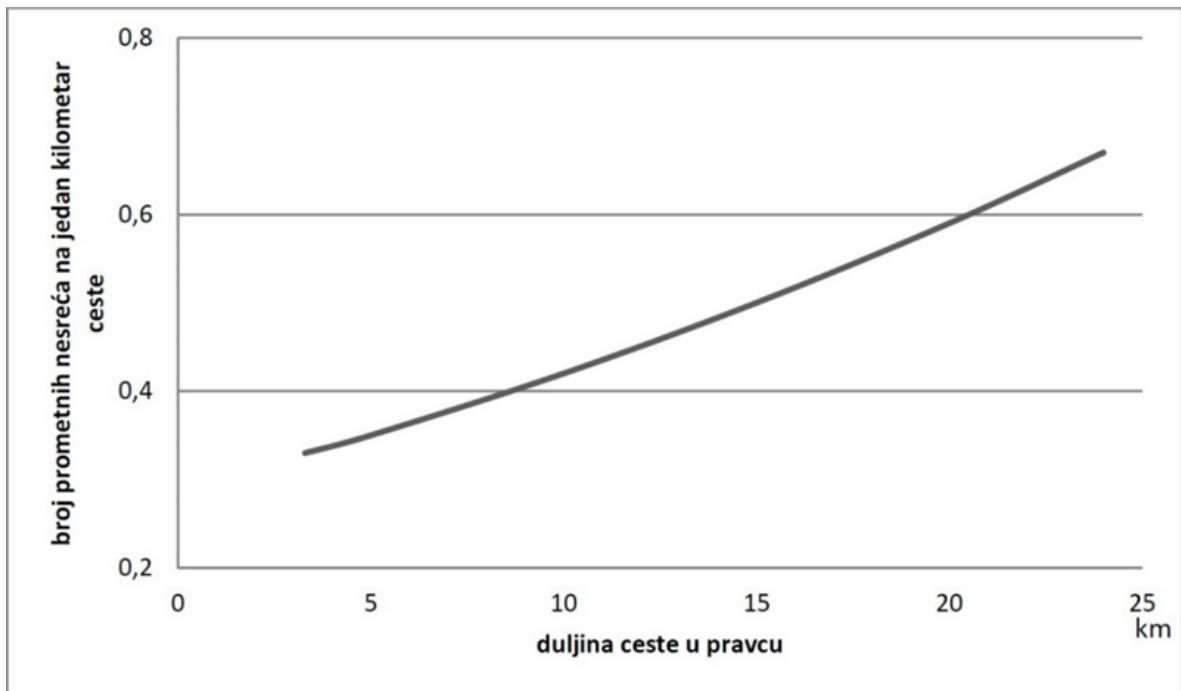
Promet predstavlja sustav koji služi povezivanju cilja i odredišta, a kako bi ispunio svoju svrhu prijevoza robe ili putnika, mora imati odgovarajuću prometnu infrastrukturu i suprastrukturu. Govoreći o cestovnom prometu, njegova temeljna odrednica je cesta. Cesta je svaka javna cesta, ulica u naselju i nerazvrstana cesta na kojoj se obavlja promet [1]. Promatrajući njezine dijelove iz tlocrtnog pogleda, uočava se da je ona konstruirana iz tri dijela: pravac, kružni luk i prijelaznica, kao što je vidljivo na slici 1. Pravcem su predstavljeni ravni dijelovi ceste, kružni luk su cestovni zavoji, dok je prijelaznica dio ceste pomoću kojeg se iz ravnog dijela postupnom zakrivljenošću prelazi u zavoj, radi lakše svladavanja zavoja vozilom. Izdvajajući pojedine segmente ceste kao što su zavoji, sve vrste raskrižja, ravni dijelovi, suženja ili proširenja ceste, ulazne ili izlazne rampe i ostali dijelovi, te uspoređujući podatke o prometnim nesrećama koje su se dogodile na pojedinom segmentu ceste, vidljivo je da su zavoji zajedno s raskrižjima, dva najopasnija cestovna segmenta. Iz tog razloga, bitno je posvetiti veliku dozu pozornosti pri samom projektiranju i konstrukciji zavoja, kao i pri njegovom označavanju prometnom signalizacijom, kako bi se povećala razina sigurnosti.



Slika 1. Tlocrtni elementi ceste

Izvor: [2]

Govoreći o projektiranju ceste, za ceste koje su namijenjene brzom prometu, kao što su autoceste i brze ceste i koje čine osnovu cestovne prometne mreže, poželjno je da je cestovna linija pružena. To znači da se sastoji od duljih pravaca, kao i duljih prijelaznih zavoja, dok su polumjeri kružnih lukova dosta veliki. Ipak, bitno je naglasiti da je vožnja u pravcu dosta zahtjevna za samog vozača iz razloga otežane procjene udaljenosti između vozila na pravcima, zamorna je i monotona, a osim toga utječe i na samu sigurnost jer svjetla vozila iz suprotnog smjera zasljepljuju vozača čime je on izložen neposrednoj opasnosti na način da više ne vidi obrise rubova svoje vozne trake, te može doći do izlijetanja s ceste ili uzrokovanja prometne nesreće s vozilom iz suprotnog smjera. Uspoređujući broj prometnih nesreća s duljinom cestovnog pravca, vidljivo je, prema slici 2., da je njihova ovisnost gotovo linearna.



Slika 2. Broj prometnih nesreća u ovisnosti o duljini cestovnog pravca

Izvor:[3]

Zbog svih navedenih razloga jasno je da se cesta ne može voditi samo u pravcu, te se i zbog same prilagodbe terenu, konstruiraju cestovni zavoji, odnosno koriste se kružni lukovi kao konstrukcijski element ceste. Ulazak u cestovni zavoj, nakon vožnje u pravcu, može biti nepovoljan zbog centrifugalne sile koja se očituje kao trzaj. Kako bi se smanjilo njezino djelovanje i osigurala dovoljna razina sigurnosti, koristi se treći tlocrtni element ceste – prijelaznica. Prijelaznica povećava razinu sigurnosti na način da bi vozilo moralo napustiti svoju voznu traku, kreirati novu putanju prelazeći u trak suprotnog smjera i izlažući se riziku od frontalnog sudara s drugim vozilo, da ona nije izvedena kao putanja koju vozila slijede iz pravca u kružni luk [4].

Glavna karakteristika kružnog luka kao osnovnog tlocrtnog elementa cestovnog zavoja je njegov polumjer zakrivljenosti. Polumjer zakrivljenosti zavoja određuje se prema projektnoj brzini, terenskim uvjetima tog dijela ceste, susjednim zavojima i odnosu projektne i računске brzine [5]. Vožnja kroz zavoj može biti problematična ako je polumjer zakrivljenosti manji, odnosno ako je zavoj oštiji, zatim ako je veća brzina vožnje ili je prometni trak uzak, a nije izvedeno potrebno proširenje traka u zavoju. Osim toga, prolazak kroz zavoj je nešto teži za vozila koja su duga i velikih gabarita, kao što je stvar s teretnim vozilima, kojima je potreban veći skretni kut prednjih kotača i veći prostor za manevriranje. Najpogodnija situacija pri projektiranju cestovnih zavoja postiže se konstrukcijom što većeg polumjera zakrivljenosti, a

posebno ako su susjedni zavoji suprotni, odnosno ako se desni zavoj nastavlja na lijevi ili obrnuto, što daje široku sliku ceste, bolju preglednosti, a samim tim i povećavanje stupnja sigurnosti prometa [4].

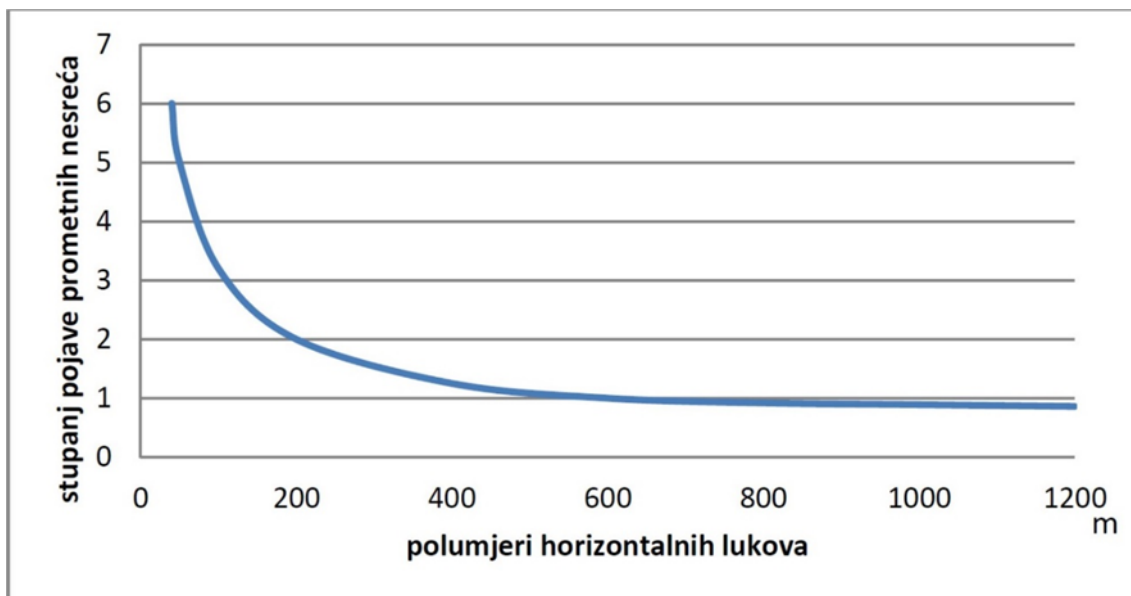
Ono o čemu je posebno bitno voditi računa pri konstruiranju cestovnih zavoja je mogućnost izlijetanja vozila s njegove predviđene putanje, odnosno izlijetanje vozila s ceste. Zato su od izrazite važnosti proračuni stabilnosti vozila na otklizavanje i stabilnosti vozila na prevrtanje. Da bi se zadovoljio uvjet stabilnosti moment centrifugalne sile prema dodirnoj točki gume i kolnika mora biti manji ili jednak težini vozila. Iz tog razloga stabilnost vozila na prevrtanje ovisi upravo o težini samog vozila i razmaku njegovih kotača. Smanjivanjem polumjera kružnog luka potrebno je povećavati poprečni nagib kolnika do najvećeg dopuštenog kako bi se zadovoljila stabilnost vozila na otklizavanje. Upravo tim proračunima dolazi se do minimalnog polumjera zavoja, a koji ovisi o projektnoj brzini i čije su vrijednosti prikazane tablicom 1.

Tablica 1. Minimalni polumjeri zavoja ovisno o projektnim brzinama

<b><math>V_p</math> (km/h)</b>	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
<b><math>R_{min}</math> (m)</b>	25	45	75	120	175	250	350	450	600	750	850
<b><math>R_G</math> (m)</b>	110	220	350	535	800	1100	1450	1900	2350	2950	3400

Izvor:[5]

Uspoređujući polumjer zavoja s brojem nesreća koje se događaju u zavojima, iz prethodnih istraživanja se uočava da se broj prometnih nesreća naglo povećava ako govorimo o zavojima čiji je polumjer zakrivljenosti manji ili jednak 150 metara. Takvi zavoji su oštri zavoji i kao takvi su posebno opasni. Stupanj pojave prometnih nesreća u ovisnosti o polumjeru zavoja prikazan je na slici 3.



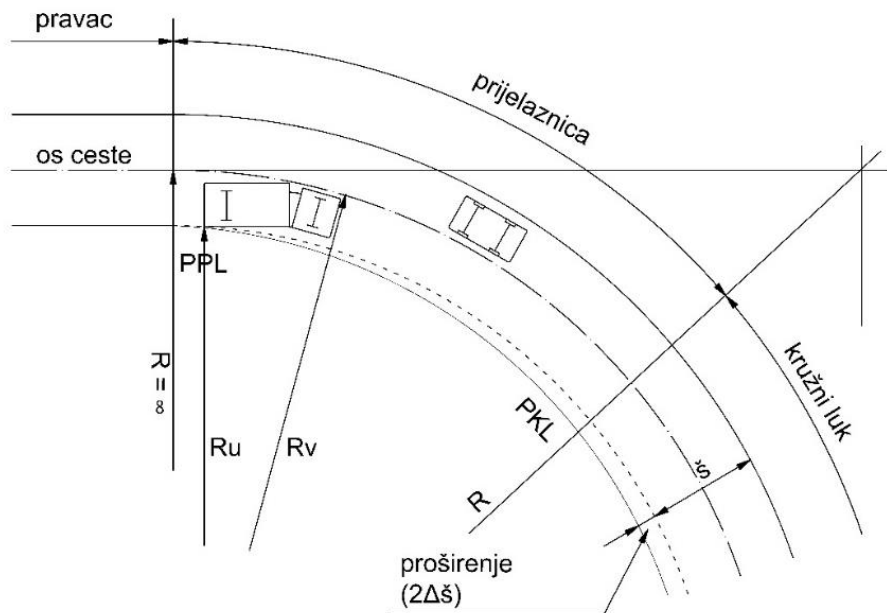
Slika 3. Ovisnost stupnja pojave prometnih nesreća o polumjeru zavoja

Izvor:[3]

Poprečni nagib kolnika predstavlja bitan faktor pri konstruiranju ceste iz razloga što je zadužen za odvodnju vode s kolnika. Prilikom konstruiranja zavoja poprečni nagib kolnika se usmjerava prema unutarnjoj strani zavoja, prema njegovom centru. S obzirom na to da centrifugalna sila ima velik utjecaj na prolazak vozila kroz zavoj nastojeći ga izbaciti, usmjeravajući poprečni nagib na unutarnju stranu zavoja, umanjuje se njezino djelovanje što dovodi do sigurnijeg prolaska zavojem. Najveći dopušteni poprečni nagib u zavoju iznosi 7 %, dok je najmanji poprečni nagib u zavoju jednak onom u pravcu i iznosi 2,5 % [5].

Još jedna bitna karakteristika konstruiranja cestovnih zavoja je i njegovo proširenje, odnosno proširenje širine kolnika u zavoju. Vozila pri prolasku kroz zavoj zauzimaju veću širinu od širine koju zauzimaju prolazeći cestovnim pravcem. Razlog tomu leži u tome što tragovi stražnjih kotača ne prate trag kretanja prednjih kotača, a opisuju luk manjeg polumjera [4]. Veliku ulogu pri konstrukciji proširenja širine kolnika u zavoju ima prijelaznica s obzirom na to da se proširenje izvodi postupno njezinom dužinom do postizanja pune vrijednosti proširenja u kružnom luku. Proširenje zavoja izvodi se na njegovoj unutarnjoj strani, a izgled jednog proširenja zavoja dan je na slici 4. Prilikom određivanja veličine proširenja, bitno je voditi računa o veličini polumjera zavoja i veličini mjerodavnog vozila, prema kojem se proširuju prometni trakovi. Mjerodavno vozilo određeno je temeljem očekivane strukture prometa. Širina kolnika koja je manja ili jednaka šest metara ima minimalno proširenje od 0,20

metara u kružnom luku, dok za širinu kolnika veću od šest metara to proširenje iznosi 0,30 metara [2].



Slika 4. Proširenje kolnika u zavoju

Izvor:[4]

Nagib nivelete osi kolnika definira se kao uzdužni nagib ceste. Niveleta se sastoji od pravocrtnih nagiba, odnosno uspona i padova trase te kružnica na mjestima prijeloma nagibnih pravaca. Najveći uzdužni nagib definiran je prema razredu ceste, odnosno prema projektnoj brzini i konfiguraciji terena. Vrijednosti najvećeg uzdužnog nagiba mogu se iščitati iz tablice 2.

Tablica 2. Najveći uzdužni nagib nivelete

Projektna brzina $V_p$ (km/h)	Najveći uzdužni nagib $s_{max}$ (%)					
	Autocesta	1. razred	2. razred	3. razred	4. razred	5. razred
$\geq 120$	4					
100	5	5,5	5,5			
90	5,5	5,5	5,5			
80	6	6	6	7		
70		7	7	7	8	
60			8	8	9	10

50				9	10	11
40					11	12

*Izvor:[5]*

Najbitnije značajke cestovnih zavoja kojima se oni mogu opisati svode se na polumjer zakrivljenosti zavoja, uzdužni i poprečni nagib te izvedbu proširenja širine kolnika. Pravilnim određivanjem ovih veličina, s obzirom na osobine terena na kojem se zavoj nalazi, moguće je povećati razinu sigurnosti na način da se vozačima olakša prolazak i svladavanje samog zavoja. Njihovom pravilnom izvedbom, vozač će lakše svladati prijelaz iz vožnje u pravcu na vožnju kroz zavoj, uz zadovoljavajuću razinu kako sigurnosti za vozilo i putnike tako i zadovoljavajuću razinu udobnosti same vožnje.

### 3. SIGURNOST CESTOVNIH ZAVOJA

Najbitnija stavka pružanja prometne usluge je njezina kvaliteta i sigurnost za korisnike. Promatrajući cestovni promet i sve njegove dijelove (bilo koje cestovno tijelo, operater ceste i projektant) jasno je da se pred njima nalaze različiti izazovi koje je potrebno ispuniti. Bitno je na primjer, za projektanta, konstruirati cestu čijom će se konstrukcijom osigurati dovoljna razina sigurnosti po samog vozača, uzimajući u obzir mentalna i fizička ograničenja sudionika u prometu. Cilj je dakle konstruirati cestu koja će biti u mogućnosti zaštititi sve sudionike u prometu ukoliko dođe do pogreške nekog od njih. Infrastrukturni sustavi moraju se konstruirati na temelju postojećeg iskustva ceste, odnosno bitno je konstruirati ceste promatrajući dijelove ceste na kojima su se do sada događale prometne nesreće.

Upravo iz tog razloga, prikupljeni su podaci, od strane Ministarstva unutarnjih poslova Republike Hrvatske, o postojećem iskustvu ceste odnosno o broju prometnih nesreća u zavojima. Utvrđeno je da se u zadnjem desetljeću (2011.- 2020. godine) dogodilo ukupno 58 246 prometnih nesreća u cestovnim zavojima na mreži cesta Republike Hrvatske, što čini 16,48 % svih prometnih nesreća koje su se dogodile u tom razdoblju, a kojih je ukupno bilo 335 538. S obzirom na posljedice, ukupno je 1,91 % ili 1 114 nesreća imala smrtne posljedice, 40,18 % ili 23 406 nesreća je za posledicu imala najmanje jednu ozlijeđenu osobu i u 57,90 % ili 33 726 nesreća uzrokovana je materijalna šteta [1]. Ukupan broj prometnih nesreća koje su se dogodile u zavoju i njihova raspodjela prema posljedicama prometne nesreće prikazana je tablicom 3.

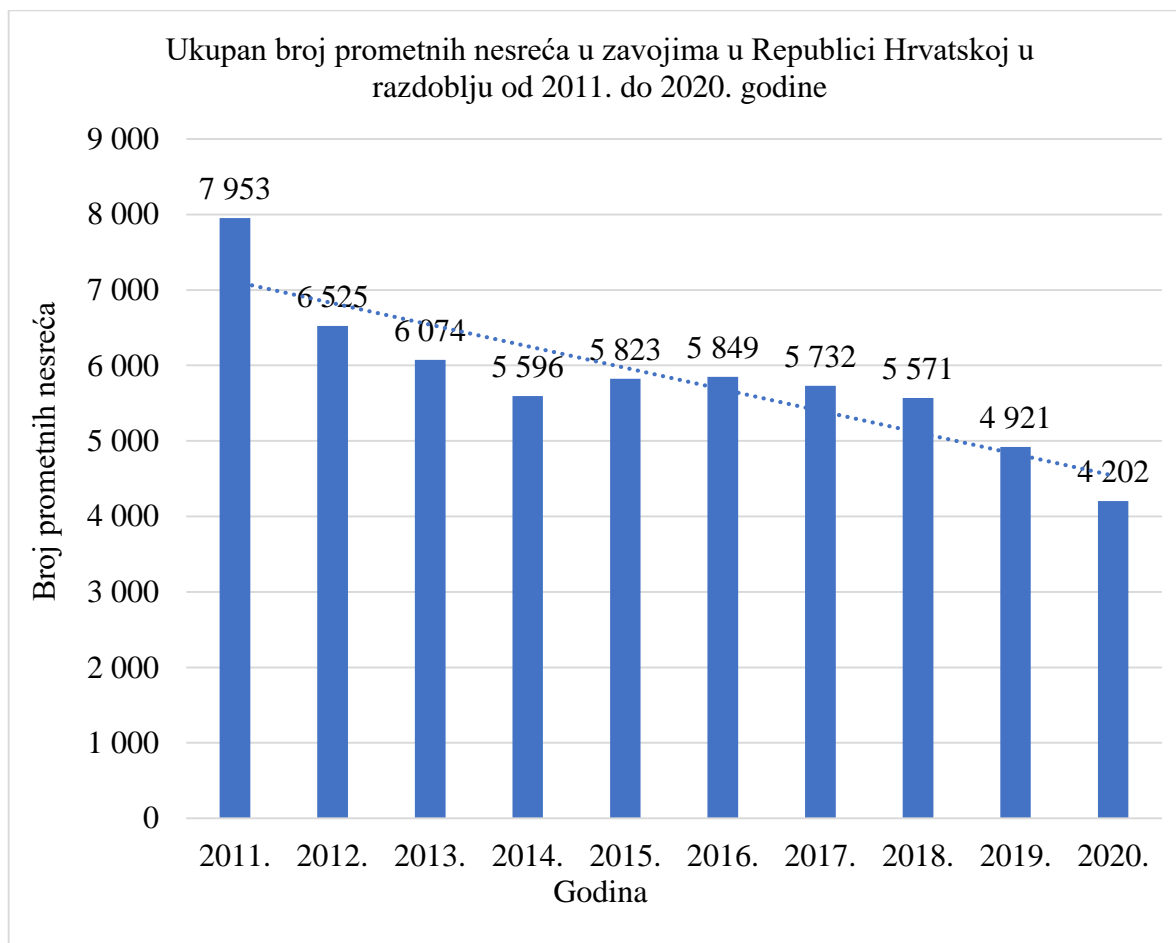
Tablica 3. Ukupan broj prometnih nesreća u cestovnim zavojima na mreži cesta Republike Hrvatske u razdoblju od 2011. do 2020. godine

Godina	Broj prometnih nesreća			Ukupan broj nesreća
	s poginulim osobama	s ozlijeđenim osobama	s materijalnom štetom	
2011.	149	3 052	4 752	7 953
2012.	137	2 544	3 844	6 525
2013.	114	2 397	3 563	6 074
2014.	103	2 246	3 247	5 596
2015.	113	2 383	3 327	5 823
2016.	99	2 291	3 459	5 849
2017.	105	2 208	3 419	5 732

2018.	109	2 215	3 247	5 571
2019.	95	1 889	2 937	4 921
2020.	90	2 181	1 931	4 202
<b>Ukupno:</b>	<b>1 114</b>	<b>23 406</b>	<b>33 726</b>	<b>58 246</b>
<b>Prosječno godišnje:</b>	<b>111</b>	<b>2 341</b>	<b>3 373</b>	<b>5 825</b>

Izvor:[1]

Promatrajući prometne nesreće u zavojima u posljednjem desetljeću vidljivo je da se broj kontinuirano smanjuje, što pokazuje i linija trenda rasta na grafikonu 1. Ipak, iako je linija trenda rasta u silaznoj putanji, brojke prometnih nesreća u zavojima su i dalje izrazito visoke te pokazuju da postoji mjesto za napredak, odnosno za smanjenje tog broja.



Grafikon 1. Ukupan broj prometnih nesreća u zavojima u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2011. do 2020. godine

Izvor: [1]



Čovjek je krivac u najvećem broju prometnih nesreća, bilo to direktno ili indirektno. Faktor koji najviše doprinosi u postotku kobnih nesreća je brzina vožnje, a može se primijetiti i velik broj prometnih nesreća koje su se dogodile u zavojima iz razloga što su vozači u zavoj ušli neprilagođenom brzinom vožnje. Sve pogreške koje vozač može napraviti pri prolasku kroz zavoj mogu se povezati kroz tri glavna problema, a to su nedostatak pozornosti vozača, pogrešna percepcija brzine i zakrivljenosti samog zavoja te loše pozicioniranje traka. Cesta sa svojim značajkama treba omogućiti siguran prolazak kroz zavoj, a ne odmagati vozačima u tome. Znakovi upozorenja i posebne mjere koje upozoravaju vozače na predstojeći zavoj mogu smanjiti i ublažiti pogreške vozača. Mali radijusi zavoja kreiraju oštre zavoje, a u kombinaciji s uskim kolničkim trakovima i smanjenom preglednošću smanjuje se mogućnost za siguran prolazak zavoja, odnosno povećava se opasnost za sudionike u prometu.

Najznačajnija karakteristika cestovnog zavoja svakako je njegov radijus zakrivljenosti. Prema EuroRAP metodologiji zavoji se dijele na vrlo oštar, oštar, umjeren i lagani zavoj [6]. Ukoliko bi se povukle paralele s brojem nesreća s teško nastradalim ili poginulim sudionicima, neprilagođenom brzinom kao jednim od glavnih uzroka prometnih nesreća i zavojima malih radijusa koji prednjače po broju prometnih nesreća, jasno se nameće da je problem nesreća u zavojima jedna od ključnih stvari u prometu koju je potrebno riješiti. Jedno od rješenja je svakako povećanje radijusa zavoja, ali to za sobom vuče građevinske radove i velike financijske troškove. Zbog toga se postavlja pitanje na koji način se vozače može upozoriti da prilagode svoju brzinu pri nailasku i prolasku kroz zavoj. To je moguće postići postavljanjem odgovarajuće prometne signalizacije koja bi na vrijeme upozorila vozače o situaciji ispred vozila i tako im omogućila pravovremenu reakciju. Prometni znakovi za označavanje oštrog zavoja su od velike pomoći pri uočavanju zavoja zbog svog posebnog dizajna i zbog toga što se postavljaju cijelom dužinom zavoja. Iz tog razloga, ovaj diplomski rad bavit će se upravo dizajnom tih znakova, odnosno utjecajem različitih kombinacija boja na ponašanje vozača, odnosno njegovu brzinu vožnje i lateralni pomak vozila.

## 4. UTJECAJ PROMETNIH ZNAKOVA NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA

Prometna signalizacija, koju čine prometni znakovi i oznake, zajedno s prometnom opremom ima značajnu ulogu u prometu. Glavni zadatak prometne signalizacije je pravovremeno pružanje informacija bitnih za vožnju vozačima. Njom se vozači usmjeravaju i navode prema svom cilju i održavaju svoj položaj prema zadanoj putanji ceste pomoću prometnih oznaka radi sigurnosnih razloga. Prometni znakovi pružaju informacije o uvjetima koji slijede na putu kojim vozač tek treba proći, upozoravaju na eventualne opasnosti dajući dovoljno vremena vozaču da se pripremi kako bi na što sigurniji način svladao cestu. S obzirom na to da vozač tijekom vožnje 90 % svih informacija prikuplja putem osjeta vida i iz svega prethodno navedenog, ističe se da prometna signalizacija mora biti jasna i čitljiva, mora biti vidljiva i postavljena u odgovarajućem opsegu kako bi ju vozač što lakše uočio i percipirao [7].

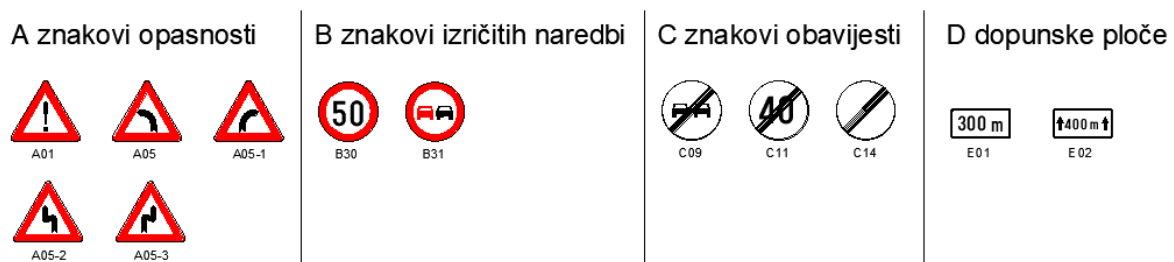
Kao što je navedeno u ranijim poglavljima, cestovni zavoji predstavljaju mjesta na mreži prometnica koja su opasna po vozača jer zahtijevaju prilagodbu vožnje i povećanu pozornost. Pravovremenim obavješćivanjem vozača, odnosno postavljanjem prometne signalizacije koja najavljuje nailazak na zavoj na odgovarajućoj udaljenosti od istog, vozač dobiva potrebno vrijeme za prilagodbu načina vožnje i brzine vožnje te sigurniji prolazak kroz zavoj. Najbitniji prometni znakovi za označavanje zavoja su iz skupine znakova opasnosti. Ti znakovi se postavljaju na udaljenosti od 150 do 250 metara ispred mjesta na kojem se nalazi potencijalna opasnost, kako bi pružili dovoljno vremena vozaču za prilagođavanje načina vožnje. Izvan tog intervala, znakovi opasnosti se mogu postaviti na udaljenosti manjoj od 150 metara ako to zahtijevaju okolnosti na dijelu ceste na kojem se znak postavlja ili na udaljenosti većoj od 250 metara zbog smanjene preglednosti ili zbog velikih brzina vožnje pa je potrebno dulje vrijeme za prilagodbu vožnje odnosno veća udaljenost od mjesta opasnosti. Kod takvog načina postave prometnih znakova potrebno im je pridružiti i odgovarajuće dopunske ploče. Znakovi opasnosti i dopunske ploče koje se koriste za označavanje zavoja su:

- A01: označava blizinu dijela ceste ili mjesta na cesti na kojem sudionicima u prometu prijete opasnost; izvodi se uz dodanu dopunsku ploču
- A05/A05-1/A05-2/A05-3: označavaju približavanje zavojima ili zavojima koji su opasni po svojim osobinama ili zbog nedostatka horizontalne preglednosti
- E01: Označava udaljenost između prometnog znaka uz koji je postavljena dopunska ploča i početka dijela ceste, odnosno mjesta na koje se znak odnosi

- E02: Označava duljinu dijela ceste na kojem prijete opasnost označena prometnim znakom, odnosno na kojem se primjenjuje izričita naredba označena znakom ili na koji se odnosi sadržaj znaka uz koji se ističe dopunska ploča [8].

Od ostalih znakova koji se postavljaju za naglašavanje opasnih zavoja koji predstoje pred vozačem, koriste se znakovi izričitih naredbi B30 i B31. Prometni znak B30 označava ograničenje brzine, dok prometni znak B31 označava zabranu pretjecanja svih motornih vozila, osim mopeda i motocikla bez prikolice [8].

Osim postavljanja prometnih znakova prije ulaska u zavoj, mogu se postaviti i prometni znakovi obavijesti C09 i C11 nakon izlaska iz zavoja. Prometni znak C09 označava prestanak zabrane pretjecanja propisane prometnim znakom B31, dok se prometnim znakom C11 označava prestanak ograničenja brzine koje je postavljeno prometnim znakom B30. Osim navedenih znakova, može se postaviti i prometni znak C14 koji označava prestanak svih zabrana na toj cesti ili dionici ceste [8]. Svi prometni znakovi koji se koriste ili mogu koristiti za označavanje cestovnih zavoja prikazani su slikom 5.



Slika 5. Najčešći prometni znakovi za označavanje cestovnih zavoja

Izvor: [8]

Osim prometnih znakova, cestovni zavoji mogu biti označeni i na druge načine. Posebno se to odnosi na zavoje koji se nalaze na nepreglednim cestama ili dionicama ili pak na zavoje u kojima je dopuštena veća brzina vožnje, pa postoji mogućnost od naglog ulijetanja u zavoj što može dovesti do izlijetanja ili prevrtanja. S obzirom na veliku opasnost koju takvi zavoji nose, potrebno ih je označiti na način da što je više moguće upozoravaju vozače o onom što im slijedi. Najbolji način za to je korištenje prometne opreme za označavanje zavoja u što spadaju K10 i K10-1 ploče. Ove ploče postavljaju se na početku oštrog zavoja te cijelom njegovom dužinom i imaju smjer usmjeravanja na lijevo i desno. Izvode se s koeficijentom retrorefleksije minimalno razreda RA2, u dimenzijama 1 500 x 500 milimetara (K10), 500 x 500 ili 750 x 750 milimetara

(K10-1). Ukoliko je zavoj izrazito opasan, postavljaju se K11 i K11-1 ploče istih dimenzija kao K10 i K10-1 ploče, ali su izvedene u drugim bojama i s koeficijentom retrorefleksije RA3. Posebno opasna skupina cestovnih zavoja su zavoji u kojima se nalaze određene bočne zapreke kao što su mjesta bočnog smanjenja profila ceste, te se za označavanje takvih zavoja koriste K12, K12-1, K12-2 ili K12-3 ploče. Osim navedenog, zavoji mogu biti opremljeni i smjerokaznim stupićima K01 ili retroreflektirajućim oznakama K03, K03-1 i K03-2, a sva navedena prometna oprema prikazana je na slici 6. [8].



Slika 6. Prometna oprema za označavanje zavoja

Izvor:[8]

Sva do sad navedena prometna signalizacija i oprema koja služi za označavanje zavoja ima za cilj jednu stvar, a to je obavijestiti vozača o tome da se ispred njega nalazi zavoj. Problem može nastati ukoliko prometna signalizacija nije izvedena na ispravan način, nema zadovoljavajuću razinu retrorefleksije, zaklonjena je ili je uopće nema. To je posebno velik problem ukoliko zavoj slijedi nakon dosta duge dionice ceste u pravcu ili ukoliko vladaju noćni uvjeti vidljivosti, posebno ako su praćeni lošim vremenskim prilikama. S obzirom na to da je u takvim uvjetima povećan rizik od nastanka prometne nesreće, potrebno je osigurati sam zavoj kako bi se spriječilo izlijetanje vozila, odnosno kako bi se ublažile posljedice koje bi eventualna prometna nesreća mogla imati. U svrhu toga koriste se zaštitne odbojne ograde, odnosno tehničke sigurnosne konstrukcije čija je osnovna funkcija zadržavanje vozila koje je skrenulo s kolnika. Različiti materijali ograda mogu izdržati različite jačine udara vozila, a većinom se izrađuju od čelika, betona, drveta, pocinčanog lima i sličnih materijala. Zaštitna odbojna ograda postavlja se tako da je plašt ograde udaljen minimalno 0,50 metara od ruba kolnika, osim u slučajevima ugradnje ograde uz rub kolnika kada je odvodnja izvedena rubnjakom ili odvodnim

kanalom. Ako je to slučaj, onda se ograda postavlja na način da je plašt ograde u ravnini s rubnjakom odnosno rigolom. Gornji rub elastične zaštitne odbojne ograde ne smije biti na visini manjoj od 0,75 metara, betonske ograde na visini manjoj od 0,80 metara, a privremene na visini manjoj od 0,40 metara iznad ruba kolnika. Zaštitna odbojna ograda mora biti opremljena retroreflektirajućim ili svjetlosnim oznakama veličine i razmaka jednako kao i za smjerokazne stupiće, odnosno na desnoj strani u smjeru vožnje oznake crvene boje, a s lijeve strane bijele boje. S obzirom na to da su motociklisti posebno ugroženi prilikom prolaska kroz zavoj zbog prilično niskog težišta i postoji mogućnost izlijetanja, na posebno opasnim dijelovima ceste za potrebe njihove zaštite na zaštitnu ogradu se postavlja zaštita od podlijetanja [8].

Ploče K10-1 i K11-1 su dosta učinkovita mjera označavanja zavoja jer imaju velik utjecaj na vozača zbog načina na koji se postavljaju. Postavlja ih se više cijelom dužinom zavoja i kao takve privlače veliku pozornost vozača koji možda nije uočio jedan od postavljenih prometnih znakova koji najavljuje nailazak na zavoj (A05/A05-1/A05-2/A05-3). Različite zemlje koriste različite kombinacije boja na tim pločama, a glavni cilj ovog diplomskog rada je ispitati koja kombinacija boja ima najveći utjecaj na vozača, odnosno na brzinu vožnje pri nailasku i prolasku kroz zavoj, kako bi se posljedično dobila jedinstvena kombinacija boja koja osigurava najveću razinu sigurnosti.

## 5. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Istraživanjem koje je provedeno u svrhu izrade ovog diplomskog rada nastoji se utvrditi koja kombinacija boja ploča za označavanje oštih zavoja ima najveću utjecaj na vozača pri nailasku i prolasku kroz zavoj, odnosno koja će kombinacija izazvati najveće promjene u načinu vožnje. Samo istraživanje, zbog dinamičnosti prometa kao sustava nije preporučljivo izvoditi u realnim uvjetima zbog velike razine zahtjevnosti i opasnosti, velikih financijskih troškova i nepredvidljivosti ostalih sudionika. Iz navedenog je razloga istraživanje provedeno na simulatoru vožnje, odnosno u kontroliranim uvjetima. U ovom poglavlju predstavljena je oprema koja je korištena pri provođenju istraživanja, opisana je procedura kojom se istraživanje provelo te su opisani sudionici istraživanja.

### *Simulator*

Simulatori vožnje su vrlo korišteni uređaji za provođenje istraživanja u prometu. Razlog leži u tomu da je promet jako dinamičan sustav i za provođenje bilo kakvih istraživanja je potrebno osigurati visoku razinu sigurnosti kao i velika financijska sredstva. S obzirom na to da je visoka razina sigurnosti po sudionike istraživanja uvijek prioritet, upotrebom simulatora vožnje zadovoljena je ta komponenta, pa nema drugih prepreka za njihovo korištenje. Simulatori vožnje vjerodostojno prenose osjećaj vožnje stvarnog automobila, kao i utjecaj čimbenika ceste.

Za svoju prvu upotrebu simulatori su korišteni kao sredstvo za obuku pilota u zrakoplovstvu zbog izrazito manjih troškova obuke kao i smanjenog rizika od opasnosti po pilote početnike. Željeznica predstavlja iduću fazu u upotrebi simulatora, gdje su isti korišteni za obuke i testiranja kadrova. Nakon zračno i željezničkog prometa, simulatori su svoju upotrebu pronašli i u cestovnom prometu 50-ih godina prošlog stoljeća. Za početak su korišteni za simulacije i ispitivanje vožnje na autocesti, a kasnije i za mnoge druge stvari [9,10].

Jedna od najvećih prednosti simulatora ogleda se u njihovoj primjeni za istraživanja različitih utjecaja na čovjeka, kao što su na primjer fobije, testiranje utjecaja alkohola, droga na siguran način za samog sudionika. Primjena simulatora može biti i jednostavnija, kao na primjer obuka polaznika u autoškoli kako bi se oslobodili straha i naučili na siguran način kako kontrolirati vožnju [9,10].

Prilikom izrade ovog diplomskog rada, a za potrebe istraživanja utjecaja dizajna ploča za označavanje zavoja na brzinu vožnje, korišten je statični simulator tvrtke Carnetsoft B. V.

(Slika 7.). Sam simulator sastoji se od vozačkog dijela i tri povezana zaslona. Vozački dio ovog simulatora sastoji se od sjedala s pedalama, upravljača i mjenjača, koji može biti i manualni i automatski. Radi što boljeg prikaza različitih scenarija zasloni su veličine 30' s rezolucijom 5760x1080. Ono što je posebno bitno za naglasiti je činjenica da zasloni omogućuju prikaz stvarnosti od 210° okoline preko šest različitih kanala. Kanali su lijevi, srednji, desni pogled s tri retrovizora. Još jedna od značajki je da se srednjem zaslonu prikazuje i kontrolna ploča vozila odnosno pokazatelj ubrzanja, brojač okretaja, pokazivači smjera, osvjetljenja i goriva u spremniku kao i pokazivači osvjetljenja ceste i korištenja parkirne kočnice. Takvim prikazom još se doprinosi vjerodostojnijem dojmu vožnje. Simulacijski softver zaslužan za pokretanje simulatora vožnje je Windows 10 (64 bita) na računalu sa 8 GB unutarnje memorije i 4 GB memorije za pohranu.



Slika 7. Prikaz simulatora vožnje korištenog za istraživanje

### *Scenarij*

Kako bi se ispitao utjecaj dizajna ploča za označavanje cestovnih zavoja na ponašanje vozača na simulatoru vožnje potrebno je izraditi scenarij koji bi što vjerodostojnije predstavio uvjete na cestama u Republici Hrvatskoj. Od svih prometnih nesreća u Republici Hrvatskoj,

promatrajući ih prema mjestu nastanka na cijeloj cestovnoj mreži, čak jedna petina prometnih nesreća se dogodi na državnim cestama. Stoga je scenarij izrađen na način da prikazuje ruralnu dvotračnu cestu kakve su većinom državne ceste u Republici Hrvatskoj i to u dnevnim uvjetima vidljivosti. Nakon određivanja vrste ceste, bilo je potrebno definirati konstrukcijske značajke samog zavoja koji će biti reprezentativan za ovo istraživanje.

Kako bi se odredile značajke tog zavoja, prvo su pregledane prometne nesreće koje su se dogodile na državnim cestama i koje su filtrirane prema cestovnim segmentima na kojima su se dogodile. Izdvojene su prometne nesreće koje su se dogodile u cestovnim zavojima, a koji su predmet ovog istraživanja. Izdvojene prometne nesreće koje su se dogodile u cestovnim zavojima su pomoću programskog alata QGIS geo referencirane, što znači da su pozicionirane na mrežu državnih cesta. Ovakav programski alat je jako koristan i ima široku primjenu u kompleksnim prostornim analizama. Ovakvim alatom je moguće prostorno pozicionirati različite vrste podataka, kao što je ovdje slučaj s pozicioniranjem lokacija prometnih nesreća. Pomoću QGIS-a su očitani radijusi i duljine svih zavoja na kojima su se dogodile te prometne nesreće. Prosječan radijus zavoja iznosi 138 metara (Min = 10 m, Max = 2 767 m, SD = 140,95 m), a prosječna duljina zavoja iznosi 100,72 metra (Min = 20 m, Max = 562 m, SD = 68,55 m). Ovakva geometrija cestovnih zavoja se pokazala kao opasnom i u drugim provedenim istraživanjima vezanim za cestovne zavoje [11, 12, 13, 14]. EuroRAP metodologija ocjenjivanja sigurnosti cesta ističe da vrlo oštri i oštri zavoji imaju polumjer zakrivljenosti u intervalu od 100 do 400 metara, što pokazuje da se prometne nesreće koje se dogode u cestovnim zavojima u Republici Hrvatskoj, većinom dogode upravo u oštrim zavojima. Prema ovoj provedenoj analizi određene su konstrukcijske značajke reprezentativnog cestovnog zavoja koje su korištene pri izradi scenarija vožnje.

Cijeli scenarij sastoji se od dva dijela, ukupne duljine 15 070 metara. Prvi dio od 2 900 metara predstavlja dio koji služi za "zagrijavanje" ispitanika. Na ovaj način su ispitanici upoznati s opremom i dobili su vrijeme potrebno za prilagodbu na vožnju u simuliranim uvjetima. Drugi dio scenarija je "testni" dio koji predstavlja ruralnu dvotračnu cestu, koja se sastoji od 12 identičnih zavoja, po šest lijevih i šest desnih. Konstrukcijske značajke zavoja odnose se na geometrijske veličine prijelaznice i kružnog luka, koji čine cestovni zavoj. Prijelaznica svakog zavoja je izvedena u duljini od 50 metara i s radijusom zakrivljenosti od 200 metara. Kružni luk je imao duljinu od 110 metara, s radijusom zakrivljenosti 150 metara. Između svih zavoja se nalazi dio ceste u pravcu, s duljinom od 800 metara.

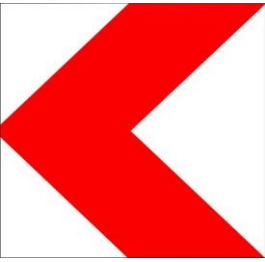
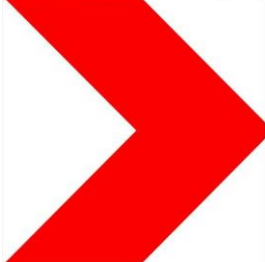

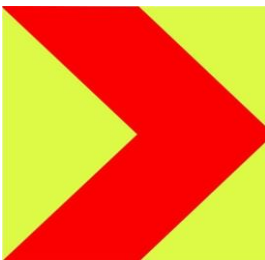


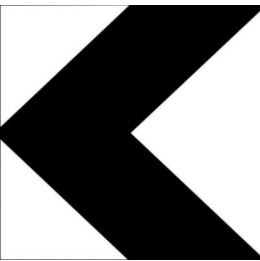



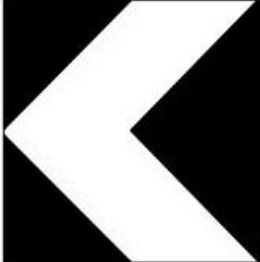

Za izradu scenarija kojim će se ispitivati utjecaj boje na pločama za označavanje cestovnih zavoja na ponašanje vozača, definirano je pet različitih kombinacija boja. Kombinacije su definirane prema provedenoj analizi korištenja ovakvih ploča u različitim zemljama Europske unije. Kombinacije boja na pločama za označavanje cestovnih zavoja koje su ispitane ovim istraživanjem su sljedeće:

- a) bijela podloga – crvena strelica; koristi se u Hrvatskoj, Bosni i Hercegovini, Srbiji, Sloveniji i Njemačkoj,
- b) fluorescentno zelena podloga – crvena strelica; koristi se u samo u Hrvatskoj,
- c) bijela podloga – crna strelica; koristi se u Sloveniji, Bosni i Hercegovini, Srbiji, Švicarskoj i Mađarskoj,
- d) žuta podloga – crna strelica; koristi se u Švicarskoj i Italiji
- e) crna podloga – bijela strelica; ne koristi se u Europskoj uniji, koristi se u SAD-u, Australiji, Novom Zelandu, Singapuru, Tajvanu i Tajlandu

Svakom kombinacijom boja označen je po jedan lijevi i jedan desni zavoj, dok su preostala dva zavoja bila neoznačena, odnosno na njima nije bilo ploča za označavanje oštih zavoja.

Tablica 4. Prometni znakovi za označavanje zavoja postavljeni u scenariju





	Znakovi za označavanje lijevog zavoja	Znakovi za označavanje desnog zavoja
<b>Znak 1</b>		
<b>Znak 2</b>		

<p><b>Znak 3</b></p>		
<p><b>Znak 4</b></p>		
<p><b>Znak 5</b></p>		

Svaki zavoj je bio označen s po četiri navedena znaka koji su bili raspoređeni duž kružnog luka, jedan od drugog udaljeni 36,5 metara. Navedeni znakovi su bili postavljeni na 1,2 metra te su imali iste dimenzije (500 x 500 mm). Razmak između znakova za označavanje zavoja i visina postave su definirani prema Priručniku o jedinstvenim uređajima za upravljanje prometom, a dimenzije znakova su određene Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 92/2019) [8].

Prije nailaska na zavoj, vozači su obaviješteni znakom opasnosti A05 ili A05-1 o predstojećem zavoju te znakom B30 o ograničenju brzine u zavoju, koje je za sve zavoje iznosilo 60 km/h. Ograničenje brzine na dijelu ceste u pravcu iznosilo je 90 km/h. Znakovi su postavljeni u skladu s Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 92/2019), a ograničenje brzine određeno je prema minimalnim zahtjevima za ceste. Korišteni znakovi su vidljivi u tablicama 4. i 5.

Tablica 5. Ostali prometni znakovi u scenariju

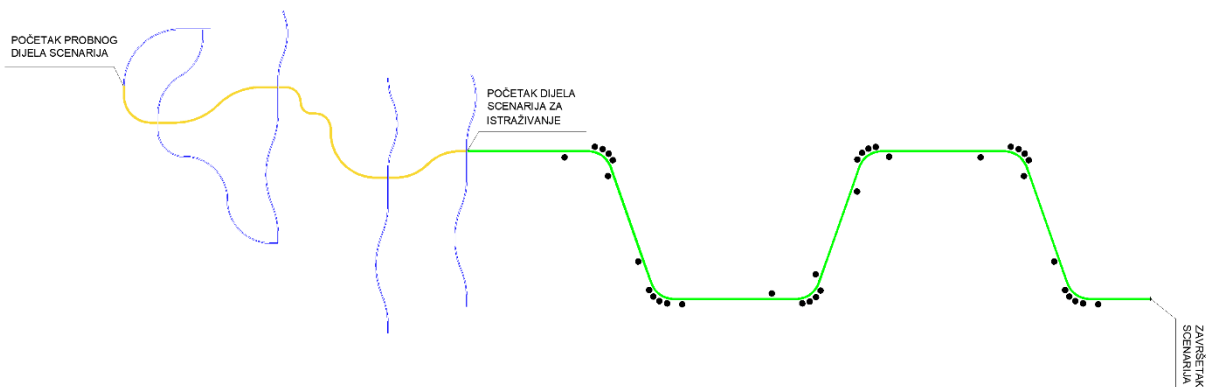
A05	A05-1	B30 (60)	B30 (90)
			

Bitno je naglasiti da su prilikom istraživanja napravljena dva scenarija, apsolutno iste konfiguracije i duljine, a razlika je bila jedino u rasporedu znakova duž trase. Nasumičnim rasporedom znakova unutar scenarija, te rasporedom scenarija između ispitanika izbjegnuta je mogućnost utjecaja efekta „učenja“ ispitanika tijekom ispitivanja.

Prilikom provođenja ispitivanja za svakog ispitanika su zabilježeni jednaki podaci, a to su podaci o lateralnom položaju vozila, brzini vožnje te o ubrzanju odnosno usporenju vozila. Podaci su zabilježeni u pet mjernih točaka za svaki zavoj:

- 1) 300 metara ispred zavoja,
- 2) 200 metara ispred zavoja,
- 3) 150 metara ispred zavoja
- 4) na početku zavoja
- 5) na sredini zavoja

Pojednostavljeni tlocrtni prikaz scenarija napravljen u programskom alatu AutoCAD može se vidjeti na slici 8. gdje je žutom bojom označeno je područje zagrijavanja, dok je zelenom bojom označen „testni“ dio, a plavo su označene sporedne priključne ceste. Crne točke predstavljaju pozicije prometnih znakova za označavanje opasnih zavoja.



Slika 8. Tlocrtna skica scenarija (Žuta boja = područje „zagrijavanja“; Zelena boja = „testni“ dio; Plava boja = priklučne ceste; Crne točke = prometni znakovi)

### ***Ispitivanje***

Cijelo istraživanje u svrhu izrade ovog diplomskog rada provedeno je u vremenu trajanja pandemije COVID-19 te je provedeno u skladu sa svim epidemiološkim uputama. Svi ispitanici su u prostor Zavoda za prometnu signalizaciju Fakulteta prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, gdje se istraživanje provelo, dolazili individualno i sa zaštitnim maskama. Prema uputama na samom ulazu se vršila dezinfekcija ruku i mjerenje tjelesne temperature, a između svakog ispitanika vršila se i dezinfekcija korištene opreme.

Na samom početku ispitivanja, svakom ispitaniku su pročitane upute vezane za istraživanje (Prilog 1.). Cijelo istraživanje je provedeno sukladno Etičkom kodeksu Fakulteta prometnih znanosti, što je i bilo naglašeno svakom ispitaniku. Etički kodeks podrazumijeva da se svi prikupljeni podaci moraju kodirati i da neće biti objavljeni pod imenom i prezimenom ispitanika, već će biti obrađeni i prikazani skupno. Ispitanici su na početku pročitali i ukoliko nisu imali objektivni razlog za nesudjelovanje, potpisali “Suglasnost za sudjelovanje u istraživanju” (Prilog 2.). Osim toga, ispitanici su popunili obrazac kojim su prikupljeni demografski podaci i oni o vozačkom iskustvu (Prilog 3), kao i upitnik vezan uz samoprocjenu trenutnog psihofizičkog stanja (Prilog 4). Ispitanicima je pojašnjeno kako je tijekom vožnje na simulatoru moguća pojava blažih “mučnina” kod malog postotka vozača simulatora (5 %), te da će se u slučaju pojave glavobolje, nelagode, mučnine ili sličnih simptoma istraživanje prekinuti, zbog sigurnosti samog ispitanika. Svim ispitanicima je pokazana i opisana istraživačka oprema pomoću koje će se istraživanje provesti, te su nakon toga ispitanici zamoljeni da sjednu za simulator i prilagodite si sjedalo kako im je najudobnije. Bitno je za istaknuti kako je ispitanicima naglašeno da se prilikom provedbe istraživanja ne ocjenjuje

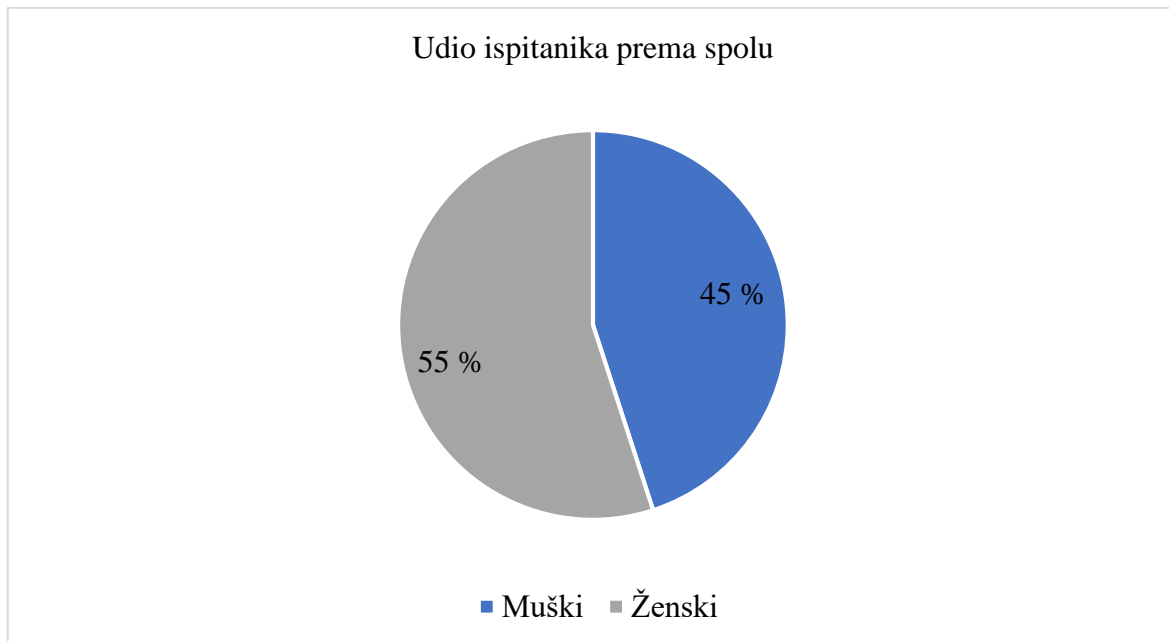
njihova vožnja što znači da u slučaju “prometnih prekršaja” tijekom vožnje oni neće biti kažnjavani, niti će biti ikakvih drugih posljedica po pitanju vožnje i da zbog toga tijekom simulirane vožnje voze upravo onako kako bi vozili i u stvarnosti, bez ikakvih ustručavanja i što je više moguće opušteno.

Ispitivanje svakog ispitanika na simulatoru vožnje započelo je probnom vožnjom odnosno "zagrijavanjem" koje je trajalo nekoliko minuta, varirajući od ispitanika do ispitanika prema njihovoj brzini vožnje. Prilikom "zagrijavanja" ispitanici su mogli slobodno probati naglo ubrzavati i kočiti, skretati lijevo – desno, a sve u cilju što bolje prilagodbe na simulator vožnje. Prije početka "testnog" dijela vožnje, ispitanici su pravovremeno bili obaviješteni o njezinom početku. Sam cilj cijelog istraživanja nije otkriven niti jednom ispitaniku, kako se ne i utjecalo na njihovu vožnju, odnosno kako se ne bi utjecalo na rezultate istraživanja. Prosječno trajanje vožnje na simulatoru iznosi 12 – 15 minuta po ispitaniku, a po završetku vožnje ispitanicu su popunili obrazac koji ispituje opće stanje ispitanika nakon (Prilog 5.), kako bi se utvrdila razlika između psihofizičkog stanja prije i poslije vožnje na simulatoru, te je tim bilo završeno ispitivanje.

### ***Ispitanici***

Prilikom provedbe ovog istraživanja ispitano je ukupno 63 punoljetna ispitanika. U konačnici su korišteni podaci 60 ispitanika (Prilog 6.), s obzirom na to da je za tri ispitanika razlika između "simulator sickness scora" prije i poslije bila veća od 85 percentila svih ispitanika i kao takvi nisu uzeti u obzir, jer je došlo do blagog utjecaja mučnine prilikom vožnje na simulatoru. Svi ispitanici koji su sudjelovali u istraživanju su morali posjedovati vozačku dozvolu B kategorije.

Od 60 ispitanika, u ispitivanju je sudjelovalo 33 (55 %) ispitanika ženskog spola, odnosno 27 (45 %) ispitanika muškog spola, kako je prikazano i na grafu 2.



Grafikon 2. Udio ispitanika prema spolu

Prosječna starost ispitanika iznosi 22,99 godina (Min = 19,71 godina, Max = 33,56 godina, SD = 2,21 godina), dok prosječno vozačko iskustvo iznosi 4,17 godina (Min = 1,22 godina, Max = 14,36 godina, SD = 2,24 godine). Prosječna ocjena kojom su ispitanici ocijenili svoje vozačke sposobnosti iznosi 3,97 rasponu od jedan do pet (Min = 1, Max = 5, SD = 0,76).

## 6. ANALIZA REZULTATA ISTRAŽIVANJA

Cilj ovog rada je istražiti utjecaj različitih kombinacija boja na znakovima za označavanje oštih zavoja na ponašanje vozača i to ovisno o orijentaciji zavoja, prema kojoj zavoj može biti lijevi ili desni, te ovisno o različitim udaljenostima vozila od središta zavoja. Ponašanje vozača podrazumijeva njegovu prilagodbu brzine vožnje pri nailasku i prolasku kroz zavoj te lateralni pomak vozila. Provedenim istraživanjem u svrhu izrade ovog rada, prikupljeni su podaci o brzini vožnje i lateralnom položaju od ukupno 60 ispitanika, a koji su obrađeni statističkom analizom pod nazivom ANOVA ponovljenih mjerenja

ANOVA ponovljenih mjerenja je statistička analiza koja se koristi pri obradi velike količine podataka, a sadrži nezavisne i zavisne varijable. Nezavisna varijabla se sastoji od kategorija koje se nazivaju razinama ili srodnim skupinama [15]. Ono što ova statistička analiza utvrđuje je postojanje razlika između sredina povezanih grupa (populacija). Pri izradi je potrebno postaviti nultu hipotezu  $H_0$  koja pretpostavlja da su sredine jednake:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_k$$

gdje je  $\mu$  = sredina populacije, a  $k$  = broj povezanih grupa odnosno populacija. Alternativna hipoteza ( $H_A$ ) glasi da sredine povezanih populacija nisu jednake (barem jedna sredina je različita od druge sredine):

$$H_A: \text{barem dvije sredine su značajno različite}$$

Kako bi provedba ANOVE ponovljenih mjerenja bila valjana potrebno je ispuniti pet pretpostavki:

- Prva pretpostavka: zavisnu varijablu treba mjeriti kontinuirano (to su intervalne ili omjerne varijable).
- Druga pretpostavka: nezavisna varijabla mora se sastojati od najmanje dvije kategoričke, „povezane skupine“. Pojam „povezane skupine“ upućuje na to da su u obje skupine prisutni isti ispitanici. Razlog da je moguće imati iste ispitanike u svakoj grupi je taj što je svaki ispitanik mjeran u dva navrata na istoj ovisnoj varijabli.
- Treća pretpostavka: U povezanim skupinama ne bi trebalo biti značajnih netipičnih vrijednosti.
- Četvrta pretpostavka: Raspodjela zavisne varijable u dvije ili više povezanih skupina trebala bi biti približno normalna.

- Peta pretpostavka: Varijance razlike između svih kombinacija povezanih skupina moraju biti jednake (uvjet sfericiteta).

Kako bi se utvrdio utjecaj različitih kombinacija boja na znakovima za označavanje oštrog zavoja na ponašanje vozača, istaknuta su dva osnovna problema, a to su:

- PROBLEM 1: Istražiti djelovanje pet različitih kombinacija boja na prometnom znaku za označavanje oštrog zavoja na prilagođenu brzinu vožnje kod različitih udaljenosti vozila od središta zavoja, samostalno i u ovisnosti o orijentaciji zavoja lijevo/desno
- PROBLEM 2: Istražiti djelovanje pet različitih kombinacija boja na prometnom znaku za označavanje oštrog zavoja na lateralni pomak vozila kod različitih udaljenosti od središta zavoja, samostalno i u ovisnosti o orijentaciji zavoja lijevo/desno

Pri provedbi statističke analize ANOVA ponovljenih mjerenja potrebno je postaviti hipoteze pomoću kojih će se ispitati dva osnovna problema. Postavljeno je ukupno po sedam hipoteza za svaki problem. Hipoteze koje se odnose na prvi problem su iduće:

- HIPOTEZA H1: Pet različitih kombinacija boja na prometnom znaku za označavanje oštrog zavoja djeluju na drugačiji način na prilagođenu brzinu vožnje mjerenu kod četiri različite udaljenosti od središta zavoja, neovisno o tim udaljenostima i orijentaciji zavoja lijevo/desno. Pri tome najveće usporavanje proizvodi znak fluorescentno zelena podloga – crvena strelica.
- HIPOTEZA H2: Orijehtacija zavoja lijevo/desno djeluje na prilagođenu brzinu vožnje mjerenu kod četiri različite udaljenosti od središta zavoja, neovisno o tim udaljenostima i pet različitih kombinacija boja.
- HIPOTEZA H3: Udaljenost od središta zavoja proporcionalno smanjuje prilagođenu brzinu vožnje s približavanjem njegovom središtu, neovisno o orijentaciji zavoja lijevo/desno i neovisno o pet različitih kombinacija boja.
- HIPOTEZA H4: Pet različitih kombinacija boja različito djeluju na prilagođenu brzinu vožnje kod lijevog zavoja, a različito kod desnog zavoja, neovisno od četiri različite udaljenosti od središta zavoja.
- HIPOTEZA H5: Pet različitih kombinacija boja različito djeluju na prilagođenu brzinu vožnje kod četiri različite udaljenosti od središta zavoja, neovisno o orijentaciji zavoja lijevo/desno.



- HIPOTEZA H6: Orijehtacija zavoja lijevo/desno različito djeluje na prilagođenu brzinu vožnje kod različitih udaljenosti od središta zavoja, neovisno o njegovoj orijentaciji lijevo/desno.
- HIPOTEZA H7: Moguće interakcijsko djelovanje pet različitih kombinacija boja i orijentacije zavoja lijevo/desno ili moguće interakcijsko djelovanje pet različitih kombinacija boja i udaljenosti od središta zavoja ili moguće interakcijsko djelovanje orijentacije zavoja lijevo/desno i različitih udaljenosti od središta zavoja na prilagođenu brzinu vožnje, jednako je za različite kategorije treće varijable koja se ne promatra u interakcijskom djelovanju.

Hipoteze vezane za drugi problem su iduće:

- HIPOTEZA H8: Pet različitih kombinacija boja s prometnog znaka djeluju na drugačiji način na lateralni pomak vozila mjeren kod četiri različite udaljenosti od središta zavoja, neovisno o tim udaljenostima i orijentaciji zavoja lijevo/desno.
- HIPOTEZA H9: Orijehtacija zavoja lijevo/desno djeluje na lateralni pomak vozila mjeren kod četiri različite udaljenosti od središta zavoja, neovisno o tim udaljenostima i pet različitih kombinacija boja.
- HIPOTEZA H10: Udaljenost od središta zavoja različito djeluje na lateralni pomak vozila s približavanjem njegovom središtu, neovisno o orijentaciji zavoja lijevo/desno i neovisno o pet različitih kombinacija boja.
- HIPOTEZA H11: Pet različitih kombinacija boja različito djeluju na lateralni pomak vozila kod lijevog zavoja, a različito kod desnog zavoja, neovisno od četiri različite udaljenosti od središta zavoja.
- HIPOTEZA H12: Pet različitih kombinacija boja različito djeluju na lateralni pomak vozila kod četiri različite udaljenosti od središta zavoja, neovisno o orijentaciji zavoja lijevo/desno.
- HIPOTEZA H13: Orijehtacija zavoja lijevo/desno različito djeluje na lateralni pomak vozila kod različitih udaljenosti od središta zavoja, neovisno o njegovoj orijentaciji lijevo/desno.
- HIPOTEZA H14: Moguće interakcijsko djelovanje pet različitih kombinacija boja i orijentacije zavoja lijevo/desno ili moguće interakcijsko djelovanje pet različitih kombinacija boja i udaljenosti od središta zavoja ili moguće interakcijsko djelovanje orijentacije zavoja lijevo/desno i različitih udaljenosti od središta zavoja na lateralni

pomak vozila, jednako je za različite kategorije treće varijable koja se ne promatra u interakcijskom djelovanju.

Pri provedbi statističke analize, a u cilju odgovora na postavljene probleme i hipoteze, definirane su dvije zavisne varijable (ZV): brzina vožnje mjerena u m/s i lateralni pomak vozila, gdje negativna vrijednost lateralnog pomaka označava pomak u lijevo, a pozitivna vrijednost označava pomak u desno. Dvije zavisne varijable su testirane u odnosu na tri nezavisne varijable (NV):

1. vrsta prometnog znaka oštrog zavoja određena s pet različitih kombinacija boja s prometnog znaka

Znak 1 = bijela podloga + crvena strelica (softverska oznaka znaka =2)

Znak 2 = fluorescentna podloga + crvena strelica (softverska oznaka znaka =3)

Znak 3 = bijela podloga + crna strelica (softverska oznaka znaka =4)

Znak 4 = žuta podloga + crna strelica (softverska oznaka znaka =5)

Znak 5 = crna podloga + bijela strelica (softverska oznaka znaka =6)

2. orijentacija zavoja lijevo/desno
3. udaljenost vozila od središta zavoja, na kojoj se promatra vrijednost ZV:

Udaljenost 1 = 150 m ispred središta zavoja (softverska oznaka udaljenosti =3)

Udaljenost 2 = 50 m ispred središta zavoja (softverska oznaka udaljenosti =4)

Udaljenost 3 = na početku zavoja (softverska oznaka udaljenosti =6)

Udaljenost 4 = na sredini zavoja (softverska oznaka udaljenosti =7)

## 6.1. Statističke analize vezane uz problem 1

S obzirom na istraživački nacrt ponovljenih mjerenja i postavljene hipoteze H1 - H7, zahtjeva se provedba složene analize varijance (ANOVA) ponovljenih mjerenja za zavisnu varijablu (ZV) prilagođene brzine vozila. U toj ANOVA-i promatraju se glavni i interakcijski efekti tri nezavisne varijable (NV) koje sa svojim kategorijama/razinama proizvode  $5*2*4 = 40$  eksperimentalnih uvjeta. Kako bi složena ANOVA ponovljenih mjerenja dala rezultate koji

nisu iskrivljeni narušavanjem pretpostavki za tu vrstu analize, potrebno je provjeriti u kojoj mjeri su te pretpostavke poštovane.

Pretpostavke mjerne skale (intervalne ili omjerne) i nezavisnih rezultata unutar pojedinog eksperimentalnog uvjeta su zadovoljene, dok je narušena pretpostavka slučajnog izbora sudionika u uzorak jer je uzorak prigodan. Pretpostavka dovoljnog broja sudionika po eksperimentalnom uvjetu je zadovoljena jer je zbog nacрта ponovljenih mjerenja u svakom eksperimentalnom uvjetu sudjelovalo 60 sudionika. Pretpostavka normaliteta ZV u svakom eksperimentalnom uvjetu testirana je Shapiro-Wilks testom, a dodatno je provjeren stupanj asimetričnosti raspodjele. Rezultati oba testa prikazani su u tablici 6. (za vrijednosti brzine ostvarene u lijevom zavoju) i tablici 7. (za vrijednosti brzine ostvarene u desnom zavoju). Navedene tablice, osim testova normaliteta i asimetričnosti sadrže i druge relevantne deskriptivne statistike prilagođene brzine vozila u lijevom i desnom zavoju, izračunate nakon što se preliminarnom statističkom analizom zabilježilo, a potom i prosjecima zamijenilo ekstremne rezultate dva sudionika istraživanja (ID = 21 i ID = 34) koji su se sustavno javili u pet, ili više varijabli. Jedan od glavnih razloga zašto se javljaju ekstremni rezultati pri istraživanju leži u činjenici da se sudionici mogu osjećati dosta sigurnije pri vožnji simulatorom, nego što je to slučaj s vožnjom u realnim uvjetima, iz razloga što nema centrifugalne sile kao u vozilu koja djeluje na njih, pa je moguće da se sudionici zanesu pri vožnji i razviju dosta veće brzine nego što bi razvili u istoj situaciji u realnim uvjetima. Iz tog razloga ovakvi ekstremni rezultati se zamjenjuju prosječnim vrijednostima.

Tablica 6. Deskriptivna statistika brzine vozila u blizini lijevih oštih zavoja, u uvjetima pet različitih znakova tih zavoja, određena na četiri različite udaljenosti od zavoja

Vrsta znaka	Udaljenost od zavoja (m)	M	SD	min	maks	Mdn	IKR	KV	Zasim	S-W stat	S-W p
1	150	26,49	3,82	18,24	36,76	26,46	5,84	14,45	0,7	,988	,842
	50	23,1	4,08	14,46	33,02	23,09	5,9	17,66	0,89	,984	,610
	početak zavoja	19,95	3,9	12,73	28,75	19,5	4,59	19,53	1,13	,979	,405
	sredina zavoja	19,55	3,69	13,16	28,69	19,11	5,64	18,9	2,01*	,954	,024*
2	150	25,77	3,85	16,5	34,84	25,81	4,86	14,93	0,61	,986	,710
	50	22,31	3,93	14,31	32,18	22,66	5,6	17,62	0,61	,986	,705
	početak zavoja	19,52	3,5	12,91	27,7	19,58	5,31	17,95	1,09	,980	,425
	sredina zavoja	19,21	3,26	13,32	27,54	18,88	4,46	16,94	1,5	,973	,200
3	150	27,32	4,22	15,75	37,2	27,35	5,24	15,44	0,07	,970	,141
	50	23,91	4,44	12,38	37,32	23,86	6,01	18,56	1,18	,978	,367
	početak zavoja	20,93	4,17	14,62	33,37	20,45	5,69	19,9	2,31*	,954	,023*
	sredina zavoja	20,53	4,05	14,94	31,25	19,66	5,99	19,71	2,31*	,941	,006**
4	150	27,2	4,25	17,68	36,61	27,13	4,78	15,62	0,41	,984	,639
	50	24,09	4,25	14,68	33,66	23,46	6,19	17,65	0,38	,988	,810
	početak zavoja	21,16	4,07	14,9	29,73	20,65	6,81	19,24	1,6	,942	,006**
	sredina zavoja	20,74	4,21	14,31	30,38	20,65	6,55	20,27	1,45	,950	,015*
5	150	27,61	4,06	16,86	36,77	27,53	5,11	14,72	0,94	,972	,186
	50	24,13	4,15	14,2	34,39	23,79	4,93	17,21	1,3	,970	,144
	početak zavoja	20,82	3,63	15,26	28,75	20,51	5,53	17,44	1,8	,951	,017*
	sredina zavoja	20,19	3,63	14,52	28,39	19,35	5,29	17,95	2,06*	,946	,010**

**LEGENDA:** **M** = aritmetička sredina, **SD** = standardna devijacija, **min** = minimalna vrijednost, **maks** = maksimalna vrijednost, **Mdn** = medijan, **IKR** = interkvartilno raspršenje, **KV** = koeficijent varijabilnosti, **Zasim** = statistik asimetričnosti, **S-W stat** = statistik Shapiro-Wilks testa, **S-W p** = značajnost Shapiro-Wilks testa

Tablica 7. Deskriptivna statistika brzine vozila u blizini desnih oštih zavoja, u uvjetima pet različitih znakova tih zavoja, određena na četiri različite udaljenosti od zavoja

Vrsta znaka	Udaljenost od zavoja (m)	M	SD	min	maks	Mdn	IKR	KV	Zasim	S-W stat	S-W p
1	150	26,97	4,2	15,44	37,15	26,85	5,23	15,57	0,33	,981	,463
	50	24,09	4,3	14,55	35,29	23,91	5,64	17,86	0,71	,993	,987
	početak zavoja	20,96	3,74	15,12	29,11	20,48	6,32	17,87	0,93	,960	,049
	sredina zavoja	20,56	3,57	15,09	29,15	20,28	6,09	17,36	1,38	,953	,022*
2	150	26,86	4,36	17,34	36,99	26,55	5,55	16,22	1,69	,963	,066
	50	23,51	4,49	14,66	34,98	23,26	5,24	19,09	1,58	,972	,175
	početak zavoja	20,52	4,18	13,61	30,78	20,22	5,46	20,38	1,86	,964	,077
	sredina zavoja	20,22	3,97	14,52	30,51	19,84	6,14	19,64	2,42*	,940	,005**
3	150	25,97	3,32	18,96	34,18	26,15	4,26	12,79	0,01	,979	,390
	50	22,46	3,6	15,01	30,66	22,64	5,06	16,04	0,11	,988	,814
	početak zavoja	19,62	3,18	12,61	26,93	19,88	4,52	16,22	0,3	,990	,894
	sredina zavoja	19,22	3,26	9,65	26,33	19,26	4,6	16,97	-0,29	,989	,846
4	150	26,85	4,13	16,39	37,03	26,66	4,7	15,37	1,01	,969	,136
	50	23,39	4,07	14,57	33	23,52	4,56	17,4	0,61	,982	,503
	početak zavoja	20,44	3,5	14,47	29,26	20,35	4,45	17,11	1,94	,960	,049*
	sredina zavoja	19,93	3,43	13,57	26,98	19,6	5,47	17,2	0,87	,974	,230
5	150	26,86	4,02	15,39	26,24	26,93	4,24	14,98	-0,22	,973	,203
	50	23,82	3,89	15,49	32,42	23,68	5,39	16,33	0,37	,985	,679
	početak zavoja	20,95	3,83	13,99	30,14	20,58	5,64	18,25	1,34	,976	,281
	sredina zavoja	20,43	3,9	14,69	29,6	20,5	5,91	19,12	1,71	,944	,008**

**LEGENDA:** **M** = aritmetička sredina, **SD** = standardna devijacija, **min** = minimalna vrijednost, **maks** = maksimalna vrijednost, **Mdn** = medijan, **IKR** = interkvartilno raspršenje, **KV** = koeficijent varijabilnosti, **Zasim** = statistik asimetričnosti, **S-W stat** = statistik Shapiro-Wilks testa, **S-W p** = značajnost Shapiro-Wilks testa

Rezultati tablice 6. i tablice 7. jasno pokazuju kako raspodjele najviše odstupaju od normaliteta u sredini zavoja, a potom i na početku zavoja. Ti slučajevi odstupanja od normaliteta jasno su povezani s tendencijom pozitivne asimetrije, koja kod određenog broja raspodjela postaje statistički značajna. Drugim riječima, u tim točkama udaljenosti od zavoja, javljaju se pojedinci koji imaju osjetno veću brzinu vožnje velike većine ostalih. Na drugim udaljenostima od središta zavoja raspodjele brzina ne pokazuju odstupanje od normalne raspodjele, ali i u manjoj mjeri pokazuju tendenciju ka pozitivnoj asimetriji – što je povoljniji oblik odstupanja od pretpostavke normaliteta (jer su sve raspodjele manje ili više asimetrične u jednom smjeru), ali preferira uvažavanje medijana (Mdn) kao mjere centralne tendencije i interkvartilno raspršenje (IKR) kao mjeru varijabiliteta. Iz tog razloga opravdano je, prije osvrta na sfericitet – kao preostalu pretpostavku ANOVA-e ponovljenih mjerenja – komentirati trendove u rezultatima vidljive iz upravo ovih statistika, u onoj mjeri u kojoj je to moguće iz razdvojenog prikaza za lijevi i desni zavoj.

Prvi očit trend je da vrijednosti medijana Mdn, kod svakog od pet analiziranih znakova zavoja, sustavno padaju od udaljenosti 150 m do središta zavoja – što je u skladu s očekivanjima. Druga zanimljiva tendencija jest da kod znaka 1 (bijela podloga – crvena strelica) i znaka 2 (fluorescentna podloga + crvena strelica) vrijednost medijana brzina vozila kod desnog zavoja pokazuju veće vrijednosti, a kod znaka 3 (bijela podloga – crna strelica) i znaka 4 (žuta podloga – crna strelica) je obrnuto – vrijednosti medijana brzina vozila kod lijevog zavoja pokazuju veće vrijednosti. Kod znaka 5 (crna podloga – bijela strelica), nema sustavne razlike „u korist“ nekog zavoja. Treća, ali za istraživanje možda najvažnija tendencija, o razlikama u brzini vozila kod različitih znakova, teže je vidljiva iz prikaza tablice u kojem su raslojene i orijentacije zavoja i udaljenosti od zavoja. Međutim, istovremeno zbirno gledanje vrijednost medijana upravo po dvjema orijentacijama zavoja i četiri udaljenosti od zavoja sugerira da su najmanje vrijednosti medijana kod znaka 2 (fluorescentna podloga – crvena strelica), a najveće kod znaka 5 (crna podloga – bijela strelica). Sve navedene tendencije utemeljene na vrijednosti medijana Mdn, vidljive su i kod aritmetičke sredine M. Vrijednosti IKR u svih 40 eksperimentalnih uvjeta variraju u rasponu od 4,24 do 6,81 i upućuju na razlike u varijabilitetu raspodjela koje nisu velike i približavaju se graničnima za zadovoljavanje pretpostavki ANOVA-e. Sličan zaključak sugeriraju i vrijednosti SD, a koje se kreću od 3,18 do 4,49, no relevantan podatak o homogenosti varijanci testirane su Mauchlyev testom sfericiteta.

Premda Mauchlyev test sfericiteta pored homogenosti varijanci testira i međusobnu homogenost kovarijanci, njegove statistički značajne vrijednosti obvezuju korištenje korigiranih vrijednosti ishoda F-testa pojedinih efekata ANOVA-e. Tablica 8. prikazuje rezultate Mauchlyevog testa za sve analizirane efekte ANOVA-e ponovljenih mjerenja.

Tablica 8. Rezultati Mauchlyevog testa sfericiteta provedene ANOVA-e unutar sudionika za brzinu vozila u blizini oštih zavoja, kojom se testiraju glavni i interakcijski efekti vrste znaka zavoja, smjera zavoja i udaljenosti vozila od središta zavoja

Efekti ANOVA-e unutar sudionika	Mauchlyev W	Aproksimativna vrijednost $\chi^2$	df	p	Epsilon		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Lower-bound
Vrsta znaka	,694	20,975	9	,013	,849	,907	,250
Smjer zavoja	1,000	0,000	0		1,000	1,000	1,000
Udaljenost od znaka	,048	175,397	5	,000	,420	,425	,333
Vrsta znaka * Smjer Zavoja	,637	25,912	9	,002	,819	,873	,250
Vrsta Znaka * Udaljenost od znaka	,002	342,290	77	,000	,551	,628	,083
Smjer zavoja * Udaljenost od znaka	,276	74,264	5	,000	,607	,625	,333
Vrsta znaka * Smjer zavoja * Udaljenost od znaka	,001	413,122	77	,000	,475	,532	,083

Tablica 8. ukazuje na značajno odstupanje od pretpostavke sfericiteta za svaki od sedam testiranih efekata, što znači da varijance i/ili kovarijance uključene u testiranje pojedinog efekta nisu homogene. To odstupanje od pretpostavke ANOVA-e zahtjeva korigiranje stupnjeva slobode te će se zbog toga testiranje postavljenih hipoteza ANOVA-om provesti primjenom Greenhouse-Geisser korekcije. O pretpostavkama za provedbu ANOVA-e zaključno se može reći sljedeće: zadovoljenost pretpostavki mjerne skale, nezavisnosti rezultata u svakom eksperimentalnom uvjetu, te dovoljnog broja sudionika u eksperimentalnom uvjetu, jasno

sugerira korištenje ANOVA-e ponovljenih mjerenja. Odstupanje od pretpostavki normaliteta prisutno je u 25 % eksperimentalnih uvjeta i pripadnih raspodjela, ali je istog oblika (pozitivna asimetrija raspodjela) i zbog robusnosti ANOVA-e ne ugrožava interpretaciju njenih rezultata. Konačno, odstupanje od sfericiteta podložno je korekciji i također ne ugrožava interpretaciju rezultata. Jedina pretpostavka koja nije zadovoljena je slučajni izbor sudionika u uzorak i ona je posljedica stvarnog ograničenja svakog istraživanja vezanog uz regrutiranje sudionika, koje je, prisutno u najvećem broju istraživanja. Temeljem svega navedenoga može se zaključiti kako ne postoje objektivni razlozi koji sprječavaju daljnju analizu podatka ANOVA-om ponovljenih mjerenja pa je stoga ista korištena za testiranje postavljenih hipoteza istraživanja.

### Rezultati složene ANOVA-e

Rezultati trosmjerne ANOVA-e ponovljenih mjerenja s NV vrste znaka oštrog zavoja, smjera zavoja i udaljenosti od zavoja, provedene u cilju testiranja glavnih i interakcijskih efekata tih NV na brzinu vozila u blizini oštrog zavoja sažeto su prikazani u tablici 9.

Tablica 9. Rezultati složene ANOVA-e brzine vozila u blizini oštrog zavoja, u ovisnosti o vrsti znaka za zavoj, smjeru zavoja i udaljenosti od zavoja

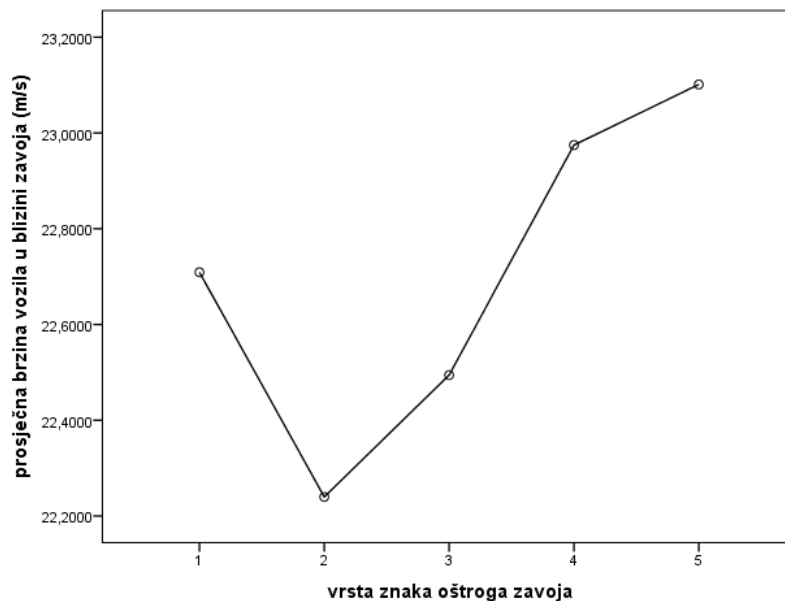
Izvor varijabiliteta	brzina vozila					
	SS	df	MS	F	$\eta^2$	$\pi$
vrsta znaka	235,41	3,397	69,31	7,75*	0,120	0,993
pogreška	1791,16	200,395	8,94			
smjer zavoja	1,22	1	1,22	0,169	0,003	0,069
pogreška	426,11	59	7,22			
udaljenost od zavoja	17528,62	1,26	13914,23	531,70**	0,900	1,000
pogreška	1945,07	74,33	26,17			
vrsta znaka * smjer zavoja	502,20	3,28	153,29	14,11**	0,193	1,000
pogreška	2099,59	193,29	10,86			
vrsta znaka * udaljenost od zavoja	11,23	6,61	1,70	0,97	0,016	0,407
pogreška	682,07	390,06	1,75			
smjer zavoja * udaljenost od zavoja	3,98	1,82	2,19	1,06	0,018	0,223
pogreška	220,98	107,46	2,06			
vrsta znaka * smjer zavoja*udaljenost od zavoja	23,36	5,71	4,45	1,72	0,028	0,633
Pogreška	872,1	336,61	2,59			



Detaljnija analiza prikazana je u narednim poglavljima.

### a) Utjecaj vrste/dizajna znaka

Utjecaj vrste/dizajna znaka oštrog zavoja na brzinu vozila u blizini zavoja, a neovisno o smjeru zavoja i udaljenosti vozila od zavoja, je statistički značajan ( $F=7,75$ ,  $df_{BT} = 3,397$ ,  $df_{ERR} = 200,395$ ,  $p<0,001$ ), što govori da ne djeluju sve kombinacije boja na znaku jednako na smanjenje brzine vozila pred zavojem/u zavoju. Podroban način djelovanja vrste znaka oštrog zavoja na brzinu vozila u njegovoj blizini prikazuje grafikon 3.



Grafikon 3. Ovisnost prosječnih brzina vozila u blizini oštrog zavoja o vrsti znaka za označavanje zavoja, bez obzira na smjer zavoja i udaljenost vozila od njega

(Znak 1 = bijela podloga + crvena strelica; Znak 2 = fluorescentna podloga + crvena strelica; Znak 3 = bijela podloga + crna strelica; Znak 4 = žuta podloga + crna strelica; Znak 5 = crna podloga + bijela strelica)

Iz grafikona 3. moguće je zaključiti kako vozači najviše smanjuju brzinu kod znaka 2 (fluorescentna podloga - crvena strelica), a prijelaz na sve druge znakove povećava brzinu vožnje u manjoj ili većoj mjeri. Statistički značajne razlike između pojedinih znakova testirane su Fisher LSD testom čiji su rezultati sljedeći:

- o znak 2 - fluorescentna podloga s crvenim strelicama, „proizvodi“ značajno niže brzine vozila u odnosu na znak 1 - bijela podloga s crvenim strelicama ( $t=-2,42$ ,  $p=0,019$ ), u odnosu na znak 4 ( $t=-4,05$ ,  $p<0,001$ ) i u odnosu na znak 5 ( $t=-4,29$ ,  $p<0,001$ )

- znak 3 – bijela podloga s crnim strelicama proizvodi značajno niže brzine vozila u odnosu na znak 4 – žuta podloga s crnim strelicama ( $t=-3,19$ ,  $p=0,002$ ) i u odnosu na znak 5 – crna podloga s bijelim strelicama ( $t=-3,69$ ,  $p<0,001$ )
- sve druge usporedbe znakova oštrog zavoja ne pokazuju značajne razlike među različitim kombinacijama boje pozadine i strelica na znakovima

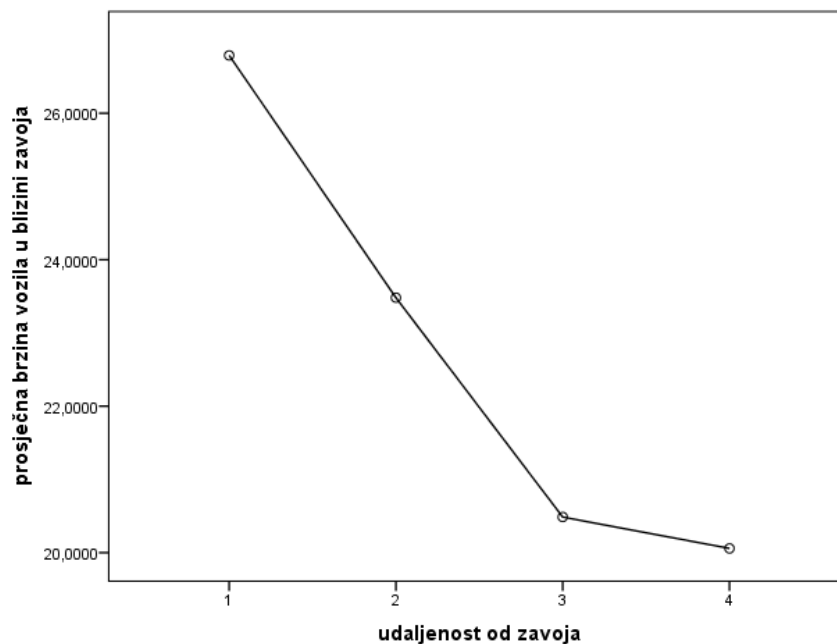
Drugim riječima, vrsta znaka oštrog zavoja pokazuje značajno djelovanje na brzinu vozila u blizini zavoja na način da je brzina najmanja kod fluorescentno-crvene i bijelo-crne kombinacije pozadine i strelica na znaku – neovisno o smjeru zavoja i udaljenosti od središta zavoja.

### ***b) Utjecaj smjera zavoja***

Utjecaj smjera zavoja na brzinu vozila u blizini zavoja, neovisno o vrsti znaka i udaljenosti od središta zavoja, nije statistički značajan ( $F=0,169$ ,  $df_{BT} = 1$ ,  $df_{ERR} = 59$ ,  $p=0,683$ ) jer varijabilitet između ova dva smjera zavoja je iznimno malen ( $SS_{BT} = 1,22$ ). Drugim riječima, neovisno o vrsti znaka i udaljenosti od središta zavoja, vozači svojom vožnjom u lijevom i desnom zavoju jednako smanjuju vozila.

### ***c) Utjecaj udaljenosti od središta zavoja***

Utjecaj udaljenosti vozila od središta zavoja na brzinu kojom se vozilo približava zavoju, neovisno o vrsti znaka oštrog zavoja i smjera samog zavoja, je izrazito značajan ( $F=531,70$ ,  $df_{BT} = 1,26$ ,  $df_{ERR} = 74,33$ ,  $p<0,001$ ) i potpuno je usklađen s očekivanjima. Naime, s približavanjem središtu zavoja vozač sve više smanjuje brzinu vožnje i to jasno pokazuje grafikon 4., a i Fisher LSD test prema kojem su sve statistički razlike značajne (uključujući i najmanju razliku u brzini između 3. i 4. udaljenosti od zavoja, čiji t-test pokazuje  $t=4,29$ ;  $p<0,001$ ).

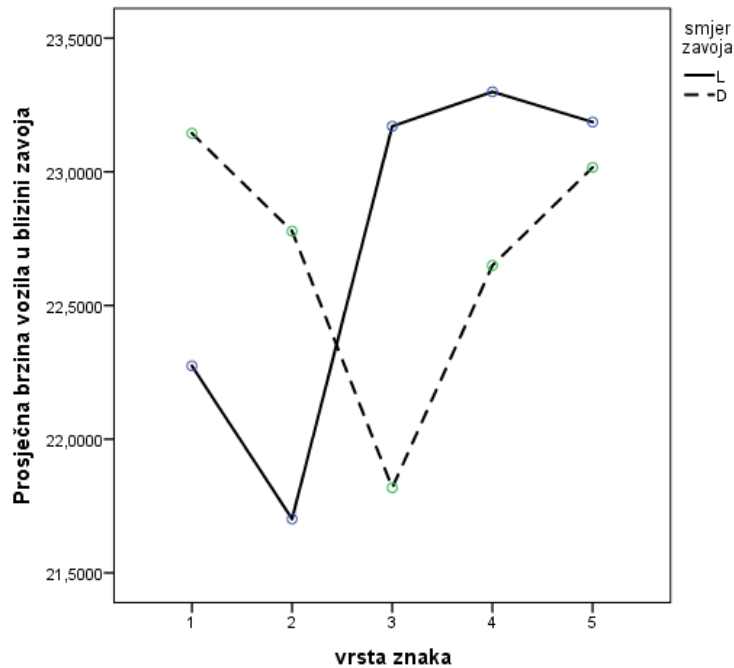


Grafikon 4. Ovisnost brzine vozila u blizini oštrog zavoja o udaljenosti od središta zavoja, a neovisno o vrsti znaka za označavanje oštrog zavoja i smjeru zavoja

(Znak 1 = bijela podloga + crvena strelica; Znak 2 = fluorescentna podloga + crvena strelica; Znak 3 = bijela podloga + crna strelica; Znak 4 = žuta podloga + crna strelica; Znak 5 = crna podloga + bijela strelica)

**d) Interakcijski efekt vrste znaka i smjera zavoja, neovisno o udaljenosti od središta zavoja**

Eventualni utjecaj vrste znaka na brzinu vozila u blizini zavoja, promatranu u ovisnosti o lijevom i desnom zavoju, a neovisno o udaljenosti od središta zavoja, je značajan ( $F=14,11$ ,  $df_{BT} = 3,28$ ,  $df_{ERR} = 193,29$ ,  $p<0,001$ ). To znači da ranije komentirane značajno manje brzine vozila kod znaka 2 (fluorescentna podloga + crvena strelica) i znaka 3 (bijela podloga + crna strelica) pokazuju određene specifičnosti vezane za lijevi, odnosno desni zavoje i one su očite na grafikonu 5. Naime, taj grafički prikaz pokazuje da kod lijevog zavoja brzinu vozila najviše smanjuje kombinacija fluorescentne pozadine i crvenih strelica, a kod desnog zavoja brzinu vozila najviše smanjuje kombinacija bijele pozadine i crnih strelica.



Grafikon 5. Ovisnost brzine vozila u blizini zavoja o vrsti znaka za označavanje oštrog zavoja, promatrana za lijevi i desni zavoj, neovisno o udaljenosti od središta zavoja

(Znak 1 = bijela podloga + crvena strelica; Znak 2 = fluorescentna podloga + crvena strelica; Znak 3 = bijela podloga + crna strelica; Znak 4 = žuta podloga + crna strelica; Znak 5 = crna podloga + bijela strelica)

**e) Interakcijski efekt vrste znaka i udaljenosti od središta zavoja, neovisno o smjeru zavoja**

Eventualni različit utjecaj vrste znaka na brzinu vozila u blizini zavoja kod četiri različite udaljenosti od središta zavoja – a neovisno o smjeru zavoja – nije značajan ( $F=0,97$ ,  $df_{BT} = 6,61$ ,  $df_{ERR} = 390,06$ ,  $p=0,449$ ). To znači da prethodno utvrđeno značajno smanjenje brzine vozila kod znaka 2 (fluorescentna podloga – crvena strelica) i znaka 3 (bijela podloga – crna strelica) – u odnosu na sve ostale znakove – uglavnom vrijedi kod sve četiri promatrane udaljenosti od središta zavoja.

**f) Interakcijski efekt smjera zavoja i udaljenosti od središta zavoja, neovisno o vrsti znaka**

Potvrđeni utjecaj udaljenosti od središta zavoja na brzinu vozila u blizini zavoja, promatran u ovisnosti o lijevom i desnom zavoj – a neovisno o vrsti znaka – nije se pokazao značajnim ( $F=1,06$ ,  $df_{BT} = 1,82$ ,  $df_{ERR} = 107,46$ ,  $p=0,34$ ). To znači da se već potvrđeno značajno smanjenje brzine vozila s približavanjem središtu zavoja jednako očituje kod lijevog i desnog

zavoja. Drugim riječima, vozači u prosjeku jednakim intenzitetom smanjuju brzinu vozila kako se približavaju desnom, ili lijevom zavoju.

***g) Interakcijski efekt vrste znaka i smjera zavoja ovisno o udaljenosti od središta zavoja***

Značajni interakcijski efekt vrste znaka i smjera zavoja razmatran je za četiri različite udaljenosti od središta zavoja te se pokazalo da je on isti kod svih udaljenosti, odnosno da nema trostrukog interakcijskog efekta ( $F=1,72$ ,  $df_{BT} = 5,71$ ,  $df_{ERR} = 336,61$ ,  $p=0,12$ ). Drugim riječima, prethodno potvrđena pojava da kod lijevog zavoja brzinu vozila najviše smanjuje kombinacija fluorescentne pozadine i crvenih strelica, a kod desnog zavoja brzinu vozila najviše smanjuje kombinacija bijele pozadine i crnih strelica, podjednako je uočljiva na svakoj od četiri udaljenosti od središta zavoja.

***i) Usporedba statistički značajnih efekata nezavisnih varijabli na brzinu vozila u blizini oštrog zavoja***

Vrijednosti parcijalnog  $\eta^2$  iz tablice 10. pokazuju kako, očekivano, udaljenost od središta zavoja najviše određuje smanjenje brzine u blizini zavoja, potom interakcija smjera zavoja i vrste znaka, a najmanje – premda značajno – vrsta znaka, neovisna o smjeru i blizini zavoja. U tom smislu, posebno je znakovito da djelovanje vrste/dizajna znaka ovisno o smjeru zavoja više objašnjava promjene brzine nego li vrsta/dizajn znaka neovisno o smjeru zavoja.

## **6.2. Statističke analize vezane uz problem 2**

S obzirom na postavljene hipoteze H8 - H14, dodatno je provedena ANOVA-a ponovljenih mjerenja, ali na zavisnu varijablu lateralnog položaja. U toj ANOVA-i također se promatraju glavni i interakcijski efekti tri nezavisne varijable koje sa svojim kategorijama/razinama proizvode  $5*2*4 = 40$  eksperimentalnih uvjeta.

Provedba složene ANOVA-e ponovljenih mjerenja, ponovno zahtjeva provjeru u kojoj su mjeri pretpostavke za tu vrstu analize zadovoljene. Pretpostavke mjerne skale (intervalne ili omjerne) i nezavisnih rezultata unutar pojedinog eksperimentalnog uvjeta su zadovoljene, dok je narušena pretpostavka slučajnog izbora sudionika u uzorak jer je uzorak prigodan. Pretpostavka dovoljnog broja sudionika po eksperimentalnom uvjetu je zadovoljena jer je zbog nacrtana ponovljenih mjerenja u svakom eksperimentalnom uvjetu sudjelovalo 60 sudionika. Na temelju izračunatih deskriptivnih statistika za svih 40 varijabli utvrđeno je da dva sudionika imaju sustavne ekstremne rezultate (ID=21 i ID=34), koji su jedan dio raspodjela učinili pozitivno

asimetričnim, te su njihove vrijednosti zamijenjene prosjecima tih varijabli, što je već objašnjeno na način da se sudionici pri vožnji simulatorom mogu osjećati sigurnije nego u vožnji u realnim uvjetima zbog izostanka centrifugalne sile vozila, pa je moguće da razviju nešto veće brzine vožnje te nestabilniji lateralni položaj vozila. Pretpostavka normaliteta zavisne varijable u svakom eksperimentalnom uvjetu testirana je Shapiro-Wilks testom, a dodatno je provjeren stupanj asimetričnosti raspodjele. Rezultati oba testa prikazani su u tablici 10. (za lateralni pomak vozila kod lijevih zavoja) i tablici 11. (za lateralni pomak vozila kod desnih zavoja). Navedene tablice sadrže i druge relevantne deskriptivne statistike.

Tablica 10. Deskriptivna statistika lateralnog položaja vozila kod lijevih oštih zavoja, u uvjetima pet različitih znakova tih zavoja, određena na četiri različite udaljenosti od zavoja

Vrsta znaka	Udaljenost od zavoja (m)	M	SD	min	maks	Mdn	IKR	Zasim	S-W stat	S-W p
1	150	0,104	0,2999	-0,569	0,764	0,081	0,462	0,12	,989	,853
	50	-0,133	0,2787	-0,776	0,5242	-0,14	0,352	-0,36	,987	,755
	početak zavoja	0,187	0,374	-0,956	0,915	0,205	0,45	-1,53	,969	,131
	sredina zavoja	0,339	0,4787	-0,763	2,365	0,314	0,488	4,94	,889	< 0,001**
2	150	0,063	0,2889	-0,642	0,757	0,058	0,456	-0,78	,986	,736
	50	-0,192	0,2731	-0,828	0,322	-0,175	0,358	-1,72	,964	,074
	početak zavoja	0,209	0,4251	-0,801	1,252	0,14	0,468	0,88	,966	,095
	sredina zavoja	0,257	0,4511	-0,715	2,08	0,208	0,564	4,32	,915	< 0,001**
3	150	0,0936	0,2632	-0,549	0,693	0,115	0,384	-0,36	,992	,967
	50	-0,159	0,2792	-0,832	0,494	-0,157	0,403	-0,6	,992	,960
	početak zavoja	0,209	0,3168	-0,763	0,865	0,24	0,39	-1,57	,975	,250
	sredina zavoja	0,276	0,3597	-0,343	1,139	0,292	0,603	0,93	,976	,294
4	150	0,1	0,074	-0,623	0,78	0,127	0,458	-0,93	,983	,567
	50	-0,148	0,273	-0,804	0,61	-0,101	0,359	0,41	,977	,324
	početak zavoja	0,188	0,3752	-0,746	1,609	0,205	0,461	1,23	,951	,017*
	sredina zavoja	0,306	0,471	-0,64	1,604	0,263	0,511	0,9	,979	,398
5	150	0,124	0,2924	-0,524	0,705	0,127	0,369	-0,3	,981	,464
	50	-0,131	0,2428	-0,653	0,37	-0,161	0,384	-0,18	,982	,526
	početak zavoja	0,247	0,3716	-0,502	1,126	0,183	0,5	1,27	,969	,131
	sredina zavoja	0,363	0,3879	-0,499	1,368	0,337	0,476	0,8	,982	,532

**LEGENDA:** M = aritmetička sredina, SD = standardna devijacija, min = minimalna vrijednost, maks = maksimalna vrijednost, Mdn = medijan, IKR = interkvartilno raspršenje, KV= koeficijent varijabilnosti, Zasim = statistik asimetričnosti, S-W stat = statistik Shapiro-Wilks testa, S-W p= značajnost Shapiro-Wilks testa

Tablica 11. Deskriptivna statistika lateralnog položaja vozila kod desnih oštih zavoja, u uvjetima pet različitih znakova tih zavoja, određena na četiri različite udaljenosti od zavoja

Vrsta znaka	Udaljenost od zavoja (m)	M	SD	min	maks	Mdn	IKR	Zasim	S-W stat	S-W p
1	150	0,171	0,2938	-0,582	1,009	0,171	0,408	-0,03	,984	,634
	50	0,263	0,2946	-0,422	0,845	0,234	0,346	-0,49	,975	,251
	početak zavoja	0,131	0,2918	-0,379	1,072	0,091	0,38	1,9	,973	,194
	sredina zavoja	-0,034	0,3939	-0,946	0,761	-0,007	0,582	-1,00	,985	,658
2	150	0,175	0,2801	-0,535	0,85	0,157	0,361	1,24	,965	,087
	50	0,255	0,2975	-0,566	0,899	0,295	0,37	-1,02	,981	,479
	početak zavoja	0,116	0,3072	-0,704	0,828	0,119	0,366	-0,8	,985	,692
	sredina zavoja	-0,078	0,3888	-1,159	0,633	-0,027	0,515	-1,63	,974	,222
3	150	0,099	0,3194	-0,684	0,772	0,1335	0,452	-1,28	,982	,502
	50	0,221	0,2906	-0,611	0,926	0,222	0,348	-0,96	,965	,082
	početak zavoja	0,082	0,346	-0,787	0,657	0,075	0,449	-1,65	,964	,077
	sredina zavoja	-0,016	0,3767	-0,701	0,776	-0,004	0,504	0,48	,974	,218
4	150	0,113	0,3018	-0,745	0,673	0,132	0,346	-2,22	,952	,020*
	50	0,274	0,3179	-0,453	0,909	0,259	0,329	-0,33	,979	,387
	početak zavoja	0,105	0,3793	-0,902	1,358	0,079	0,433	1,01	,974	,221
	sredina zavoja	-0,06	0,4019	-1,151	0,677	-0,04	0,589	-1,07	,982	,524
5	150	0,158	0,2853	-0,518	0,767	0,17	0,436	-0,05	,986	,732
	50	0,281	0,3197	-0,721	0,923	0,314	0,28	-3,24	,909	< 0,001**
	početak zavoja	0,12	0,373	-0,888	1,036	0,087	0,384	0,37	,975	,243
	sredina zavoja	-0,072	0,3772	-1,145	0,67	-0,053	0,506	-0,92	,988	,826

**LEGENDA:** M = aritmetička sredina, SD = standardna devijacija, min = minimalna vrijednost, maks = maksimalna vrijednost, Mdn = medijan, IKR = interkvartilno raspršenje, KV= koeficijent varijabilnosti, Zasim = statistik asimetričnosti, S-W stat = statistik Shapiro-Wilks testa, S-W p= značajnost Shapiro-Wilks testa



Iz prikazanih rezultata tablice 10. i tablice 11. može se zaključiti kako svega pet raspodjela (tri kod lijevih zavoja i dvije kod desnih zavoja) odstupa od normaliteta, što čini svega 12,5 % svih raspodjela, a zbog čega se može zaključiti da je ova pretpostavka ANOVA-e najvećim dijelom zadovoljena. Rijetke odstupajuće raspodjele lateralnog pomaka kod lijevog zavoja pokazuju pozitivnu asimetriju u sredini zavoja (Znak 1 – bijela podloga + crvena strelica i znak 2 – fluorescentna podloga + crvena strelica), a zatim na početku zavoja (znak 4 – žuta podloga + crna strelica) jer se u tim točkama udaljenosti od zavoja javljaju pojedinci koji imaju osjetno višu vrijednost lateralnog pomaka od velike većine ostalih, odnosno pokazali su izrazito velik lateralni pomak u desno. S druge strane, rijetke odstupajuće raspodjele lateralnog pomaka kod desnog zavoja pokazuju negativnu asimetriju na udaljenosti 150 m od zavoja (za znak 4 – žuta podloga + crna strelica) i na udaljenosti 50 m od zavoja (za znak 5 – crna podloga + bijela strelica) jer se u tim točkama udaljenosti od zavoja javljaju pojedinci koji imaju znatno višu negativnu vrijednost lateralnog pomaka od većine ostalih, odnosno pokazali su izrazito velik lateralni pomak u lijevo.

Premda većina raspodjela lateralnog položaja ne pokazuje statistički značajno odstupanje od normalne, veći broj raspodjela desnog zavoja pokazuje zamjetnu tendenciju negativnoj asimetriji, dok kod lijevih zavoja ta tendencija varira između desne i lijeve asimetrije. Upravo zbog tendencije asimetričnosti dijela raspodjela preferira se uvažavanje medijana (Mdn) kao mjere centralne tendencije i interkvartilnog raspršenja (IKR) kao mjere varijabiliteta.

Prije svega, prema vrijednosti medijana Mdn lateralnog pomaka na udaljenosti 50 m od lijevog zavoja, vidljivo je da na toj udaljenosti dolazi do pomaka ulijevo. Navedeno vrijedi za svih pet vrsta znakova. Na drugim točkama udaljenosti od lijevog zavoja vrijednost medijana Mdn ukazuje na lateralni pomak u desno (također za svih pet znakova). S druge strane, vrijednost medijana Mdn lateralnog pomaka kod desnih zavoja je za svih pet analiziranih znakova najpozitivniji na udaljenosti 50 m od desnog zavoja, što ukazuje na veću tendenciju pomaka u desno na toj udaljenosti od zavoja. Na udaljenosti 150 m od desnog zavoja i na početku desnog zavoja medijani su također pozitivni, odnosno ukazuju na pomak u desno, dok su na sredini desnog zavoja vrijednosti medijana negativne i niske, odnosno ukazuju na blagi lateralni pomak ulijevo. Druga tendencija, vidljiva iz Mdn, jest slijedeća: na udaljenostima 150 i 50 m od središta zavoja apsolutne vrijednosti lateralnog položaja vozila su veće u desnom zavoju, nego li u lijevom zavoju, dok su na početku i u sredini zavoja apsolutne vrijednosti lateralnog položaja vozila manje u desnom zavoju, nego li u lijevom zavoju. Navedeno vrijedi

neovisno o vrsti znaka i sugerira da vozilo, s približavanjem zavoju, pokazuje različito velike pomake unutar vozne trake ovisno o tome približava li se lijevom ili desnom zavoju. Treća tendencija o razlikama u lateralnom položaju vozila kod različitih znakova teže je vidljiva iz prikaza tablice u kojem su raslojene i orijentacije zavoja i udaljenosti od zavoja. Međutim, istovremeno zbirno gledanje vrijednosti medijana Mdn po dvjema orijentacijama zavoja i četiri udaljenosti od zavoja ukazuje na to da su najveće apsolutne vrijednosti Mdn kod znaka 5. Sve navedene tendencije utemeljene na Mdn, vidljive su i kod aritmetičke sredine (utoliko više jer preko 85 % odstupanja od normaliteta nije značajno). Vrijednosti IKR u svih 40 eksperimentalnih uvjeta variraju u rasponu od 0,28 do 0,603, a vrijednosti SD kreću se od 0,074 do 0,4787. To upućuje na značajne razlike u varijabilitetu između barem nekih raspodjela lateralnog položaja vozila (primjerice varijanca lateralnog položaja u sredini lijevog zavoja označenog znakom 1 (bijela podloga – crvena strelica) je  $0,229/0,0055 \approx 42$  puta veća od varijance lateralnog položaja 150 m od lijevog zavoja označenog znakom 4 (žuta podloga + crna strelica) i sugerira značajna odstupanja od sfericiteta).

Kao i u slučaju za brzinu vožnje, proveden je Mauchlyev test sfericiteta čiji su rezultati (Tablica 12.) pokazuju kako jednakost varijanci i jednakost kovarijanci raspodjela rezultata u 40 eksperimentalnih uvjeta postoji samo kod testiranja glavnog efekta vrste/dizajna znaka i kod testiranja interakcijskog efekta vrste/dizajna znaka i smjera zavoja. Za preostale testirane efekte varijance i/ili kovarijance nisu homogene. Stoga će kod tumačenja testiranja tih efekata koristiti korigiranje stupnjeva slobode Greenhouse-Geisser korekcijom.

Rezultati Mauchlyevog testa sfericiteta za sve glavne i interakcijske efekte ANOVA-e ponovljenih mjerenja provedene na lateralnom položaju vozila, u ovisnosti o djelovanju vrste znaka za označavanje zavoja, smjera zavoja i udaljenosti vozila od središta zavoja prikazani su u tablici 12.

Tablica 12. Rezultat Mauchlyevog testa sfericiteta za sve glavne i interakcijske efekte ANOVA-e ponovljenih mjerenja provedene na lateralnom položaju vozila, u ovisnosti o djelovanju vrste znaka za označavanje zavoja, smjera zavoja i udaljenosti vozila od središta zavoja

Efekti ANOVA-e unutar sudionika	Mauchlyev W	Aproksimativna vrijednost $\chi^2$	df	p	Epsilon		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Lower-bound
Vrsta znaka	,889	6,777	9	,660	,946	1,000	,250
Smjer zavoja	1,000	0,000	0		1,000	1,000	1,000
Udaljenost od zavoja	,634	26,274	5	,000	,783	,818	,333

Vrsta znaka * Smjer Zavoja	,802	12,650	9	,179	,898	,963	,250
Vrsta Znaka * Udaljenost od zavoja	,081	137,744	77	,000	,696	,821	,083
Smjer zavoja * Udaljenost od zavoja	,222	86,824	5	,000	,572	,587	,333
Vrsta znaka * Smjer zavoja * Udaljenost od zavoja	,041	175,109	77	,000	,691	,815	,083

Kada je riječ o pretpostavkama za provedbu ANOVA-e može se zaključiti da su pretpostavke mjerne skale, nezavisnosti rezultata u svakom eksperimentalnom uvjetu, te dovoljnog broja sudionika u eksperimentalnom uvjetu, zadovoljene. Odstupanje od pretpostavki normaliteta prisutno je u 12,5 % eksperimentalnih uvjeta i pripadnih raspodjela, ali je istog smjera (pozitivna asimetrija raspodjela) i zbog robusnosti ANOVA-e ne ugrožava interpretaciju njenih rezultata. Uz to, odstupanje od sfericiteta podložno je korekciji te stoga ne ugrožava interpretaciju rezultata. Jedina nezadovoljena pretpostavka je slučajno uzorkovanje, a ona je posljedica stvarnog ograničenja svakog istraživanja vezanog uz regrutiranje sudionika. Temeljem svega navedenoga može se zaključiti kako je opravdano provesti daljnju analizu podatka ANOVA-om ponovljenih mjerenja pa je stoga ista korištena za testiranje postavljenih hipoteza istraživanja.

### Rezultati složene ANOVA-e

Rezultati trosmjerne ANOVA-e ponovljenih mjerenja s NV vrste/dizajna znaka oštrog zavoja, smjera zavoja i udaljenosti od zavoja, provedene u cilju testiranja glavnih i interakcijskih efekata tih NV na lateralni pomak vozila u blizini oštrog zavoja sažeto su prikazani u tablici 13.

Tablica 13. Rezultati složene ANOVA-e lateralnog položaja vozila u blizini oštrog zavoja, u ovisnosti o vrsti znaka za zavoj, smjeru zavoja i udaljenosti od zavoja

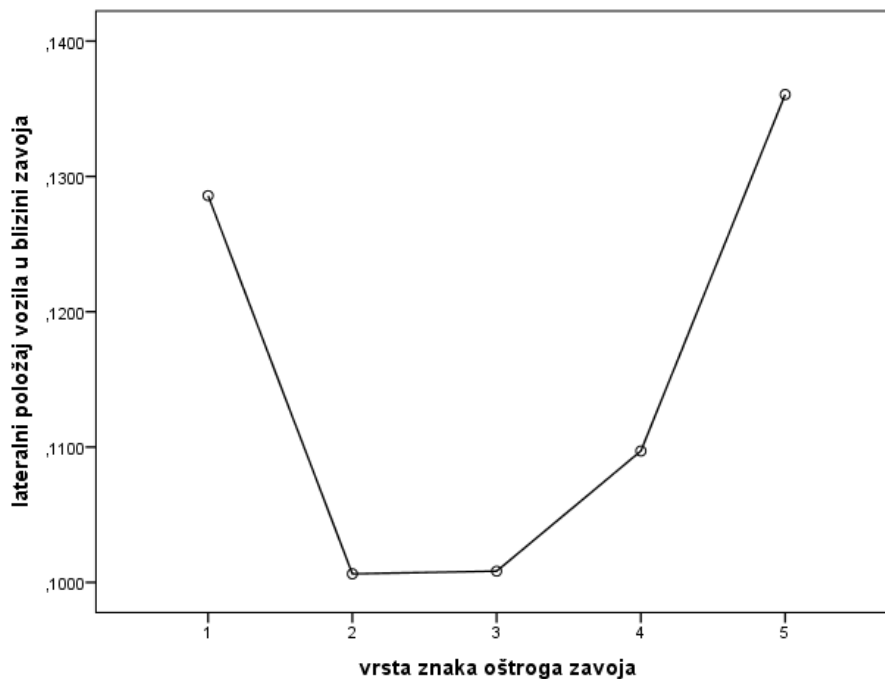
Izvor varijabiliteta	Lateralni pomak vozila					
	SS	df	MS	F	$\eta^2$	$\pi$
vrsta znaka	0,510	4	0,127	2,125	0,035	0,625
pogreška	14,158	236	0,60			
smjer zavoja	0,000	1	0,000	0,000	0,000	0,050

pogreška	36,983	59	0,627			
udaljenost od zavoja	3,592	2,349	1,529	9,373**	0,137	0,988
pogreška	22,611	138,596	0,163			
vrsta znaka * smjer zavoja	0,251	4	0,063	0,931	0,016	0,293
pogreška	15,868	236	0,067			
vrsta znaka * udaljenost od zavoja	0,268	8,347	0,032	0,478	0,008	0,229
pogreška	33,089	492,487	0,067			
smjer zavoja * udaljenost od zavoja	46,602	1,715	27,172	51,060**	0,464	1,000
pogreška	53,849	101,192	0,532			
vrsta znaka * smjer zavoja*udaljenost od zavoja	0,504	8,294	0,061	0,909	0,015	0,436
Pogreška	32,720	489,336	0,067			

Detaljniji rezultati prikazani su u narednim poglavljima.

#### **a) Utjecaj vrste/dizajna znaka**

Utjecaj vrste znaka na lateralni pomak vozila, neovisno o smjeru zavoja i udaljenosti na kojoj se mjeri lateralni pomak, nije statistički značajan ( $F=2,125$ ,  $df_{BT} = 4$ ,  $df_{ERR} = 236$ ,  $p=0,078$ ). Međutim, on je blizu granice značajnosti, a višestruke usporedbe Fisher LSD testom pokazuju statistički značajnu razliku između lateralnih položaja određenih kod zavoja označenog znakom 2 i znakom 5 ( $t=-2,33$ ,  $p=0,019$ ), te između lateralnih položaja određenih kod zavoja označenog znakom 3 i znakom 5 ( $t=-2,33$ ,  $p=0,026$ ). Drugim riječima, vrsta znaka pokazuje jasnu tendenciju djelovanja na lateralni pomak vozila na način da je isti najmanji kod fluorescentno-crvene i bijelo-crne kombinacije pozadine strelica na znaku – neovisno o smjeru zavoja i udaljenosti od središta zavoja – ali ta tendencija ne prelazi granicu značajnosti. Cjelovitu sliku djelovanja vrste znaka odnosno kombinacije boje podloge i boje strelica daje grafikon 6. Iz grafikona 6 vidljivo je da je lateralni pomak vozila najmanji te jednak kod kombinacije fluorescentne pozadine i crvenih strelica i kod kombinacije bijele pozadine i crnih strelica, dok je kod kombinacije crne pozadine i bijelih strelica on najveći.



Grafikon 6. Ovisnost lateralnog položaja vozila o vrsti znaka za označavanje oštrog zavoja, neovisno o smjeru zavoja i udaljenosti vozila od središta zavoja

(Znak 1 = bijela podloga + crvena strelica; Znak 2 = fluorescentna podloga + crvena strelica; Znak 3 = bijela podloga + crna strelica; Znak 4 = žuta podloga + crna strelica; Znak 5 = crna podloga + bijela strelica)

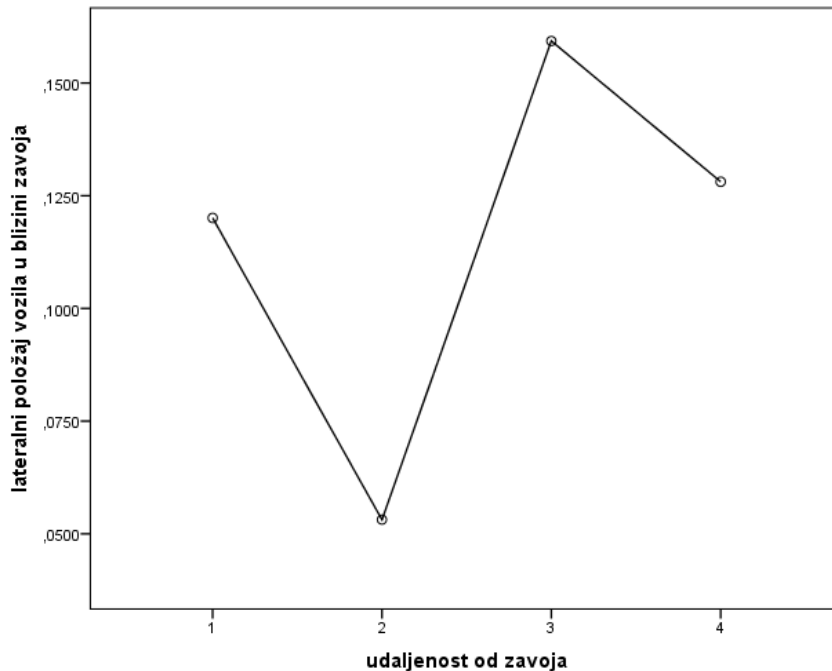
### **b) Utjecaj smjera zavoja**

Utjecaj smjera zavoja na lateralni pomak vozila, neovisno o vrsti znaka i udaljenosti od središta zavoja, uopće nije statistički značajan ( $F=0,00$ ,  $df_{BT} = 1$ ,  $df_{ERR} = 59$ ,  $p=0,997$ ) jer varijabilitet između ova dva smjera zavoja gotovo da ne postoji ( $SS_{BT} = 9,17 \cdot 10^{-6}$ ). Drugim riječima, neovisno o vrsti znaka i udaljenosti od središta zavoja, vozači svojom vožnjom u lijevom i desnom zavoju proizvode jedan lateralni pomak vozila.

### **c) Utjecaj udaljenosti od središta zavoja**

Utjecaj udaljenosti od središta zavoja na lateralni pomak vozila, neovisno o vrsti znaka oštrog zavoja i smjera samog zavoja, je značajan ( $F=9,37$ ,  $df_{BT} = 2,349$ ,  $df_{ERR} = 138,60$ ,  $p<0,001$ ), ali bitno drugačiji od utjecaja na brzinu vozila. Naime, lateralni pomak izmjeren na 50 m od središta zavoja je osjetno manji od lateralnog položaja na svim ostalim udaljenostima, u kojima je ta mjera položaja vozila statistički jednaka. To pokazuje grafikon 7., kao i Fisher

LSD test, prema kojem na udaljenosti 50 m od središta zavoja dolazi do značajno većeg pomaka vozila ulijevo u odnosu na početak zavoja ( $t=-5,048$ ,  $p<0,001$ ), sredinu zavoja ( $-3,75$ ,  $p=0,001$ ) i na udaljenost 150 m ispred središta zavoja ( $t=-4,47$ ,  $p<0,001$ ).



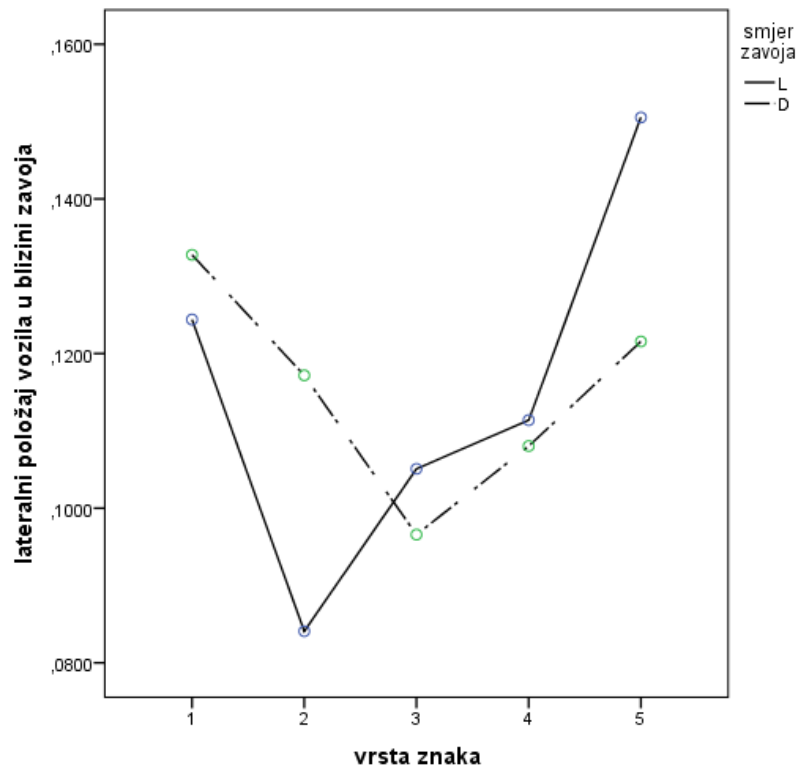
Grafikon 7. Ovisnost lateralnog položaja vozila o udaljenosti od središta zavoja, neovisno o vrsti znaka za označavanje oštrog zavoja i smjeru zavoja

(Znak 1 = bijela podloga + crvena strelica; Znak 2 = fluorescentna podloga + crvena strelica; Znak 3 = bijela podloga + crna strelica; Znak 4 = žuta podloga + crna strelica; Znak 5 = crna podloga + bijela strelica)

**d) Interakcijski efekt vrste znaka i smjera zavoja, neovisno o udaljenosti od središta zavoja**

Eventualni utjecaj vrste znaka na lateralni pomak vozila promatran u ovisnosti o lijevom i desnom zavoju, a neovisno o udaljenosti od središta zavoja – nije značajan ( $F=0,93$ ,  $df_{BT} = 4$ ,  $df_{ERR} = 236$ ,  $p=0,446$ ). To znači da ranije komentirana granična tendencija manjih lateralnih položaja kod 2. i 3. znaka u odnosu na sve ostale znakove, vrijedi i kod lijevog i kod desnog zavoja jednako. No, grafikon 8. ukazuje na tendenciju interakcije koja očito nije prešla granicu značajnosti: kod lijevog zavoja najmanji lateralni pomak proizvodi kombinacija fluorescentne pozadine i crvenih strelica, a kod desnog zavoja najmanji lateralni pomak proizvodi kombinacija bijele pozadine i crnih strelica. Ova neznačajna tendencija po svom općem obliku

identična je prethodno analiziranoj značajnoj interakciji vrste znaka i smjera zavoja kod ZV brzine vozila.



Grafikon 8. Ovisnost lateralnog položaja vozila o vrsti znaka za označavanje oštrog zavoja, promatrana za lijevi i desni zavoj, neovisno o udaljenosti od središta zavoja

(Znak 1 = bijela podloga + crvena strelica; Znak 2 = fluorescentna podloga + crvena strelica; Znak 3 = bijela podloga + crna strelica; Znak 4 = žuta podloga + crna strelica; Znak 5 = crna podloga + bijela strelica)

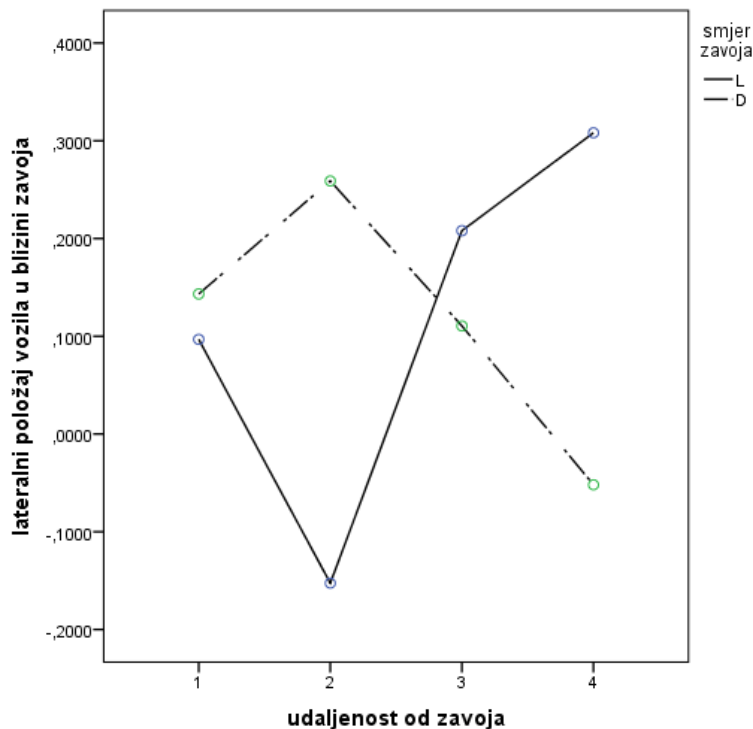
**e) Interakcijski efekt vrste znaka i udaljenosti od središta zavoja, neovisno o smjeru zavoja**

Eventualni utjecaj vrste znaka na lateralni pomak vozila promatran u ovisnosti o četiri različite udaljenosti od središta zavoja, a neovisno o smjeru zavoja – nije značajan ( $F=0,48$ ,  $df_{BT} = 8,35$ ,  $df_{ERR} = 492,49$ ,  $p=0,928$ ). To znači da prethodno uočena granična tendencija jačeg djelovanja znaka 2 i znaka 3 na lateralni pomak vozila – u odnosu na sve ostale znakove – uglavnom vrijedi kod sve 4 promatrane udaljenosti od središta zavoja.

**f) Interakcijski efekt smjera zavoja i udaljenosti od središta zavoja, neovisno o vrsti znaka**

Potvrđeni utjecaj udaljenosti od središta zavoja na lateralni pomak vozila, promatran u ovisnosti o lijevom i desnom zavoju, a neovisno o vrsti znaka – pokazao se značajnim ( $F=51,06$ ,

$df_{BT} = 1,71$ ,  $df_{ERR} = 101,19$ ,  $p < 0,001$ ). To znači opća tendencija značajnog smanjenja lateralnog položaja vozila na udaljenosti od 50 m od središta zavoja nije uočena jednako kod lijevog i desnog zavoja. Grafikon 9. pokazuje da je ona osobito izražena kod lijevog zavoja, ali gotovo suprotna tendencija postoji kod desnog zavoja. Međutim, očito tendencija u lijevom zavoju pokazuje izraženije razlike u lateralnom položaju vozila pa je ranije analizirani glavni efekt udaljenosti od središta zavoja u lijevom zavoju ipak statistički značajan.



Grafikon 9. Ovisnost lateralnog položaja vozila o udaljenosti vozila od središta zavoja, promatrana za lijevi i desni zavoj, neovisno o vrsti znaka za označavanje oštrog zavoja

(Znak 1 = bijela podloga + crvena strelica; Znak 2 = fluorescentna podloga + crvena strelica; Znak 3 = bijela podloga + crna strelica; Znak 4 = žuta podloga + crna strelica; Znak 5 = crna podloga + bijela strelica)

#### g) Interakcijski efekt smjera zavoja i udaljenosti od središta zavoja, ovisno o vrsti znaka

Značajni interakcijski efekt smjera zavoja i udaljenosti od središta zavoja razmatran je za pet različitih znakova te se pokazalo da je on isti za svih pet znakova, odnosno da nema trostrukog interakcijskog efekta ( $F=0,91$ ,  $df_{BT} = 8,294$ ,  $df_{ERR} = 489,34$ ,  $p=0,511$ ).

#### h) Usporedba statistički značajnih efekata NV na lateralni pomak vozila u blizini oštrog zavoja



Vrijednosti parcijalnog  $\eta^2$  iz tablice 14. pokazuju kako potvrđeni nelinearni utjecaj udaljenosti vozila od središta zavoja na lateralni pomak vozila ipak nije najizraženiji utjecaj na tu poziciju vozila tijekom približavanja zavoju. Naime, premda udaljenost vozila od središta zavoja značajno određuje lateralni pomak vozila u blizini zavoja (zasebno promatrano, udaljenost od zavoja određuje 13,7 % varijabiliteta lateralnog položaja tijekom vožnje), ipak veći utjecaj na lateralni pomak ima diferencirani utjecaj udaljenosti od zavoja za dva različita smjera zavoja (to djelovanje udaljenosti, koje je specifično za svaki pojedini smjer zavoja, određuje čak 46,4 % varijabiliteta lateralnog položaja vozila tijekom vožnje). Granični, premda statistički neznačajan utjecaj vrste znaka na lateralni pomak vozila ipak određuje jedan mali dio varijabiliteta te pozicije vozila u voznoj traci (zasebno promatrano, vrsta znaka oštrog zavoja određuje 3,5 % varijabiliteta lateralnog položaja tijekom vožnje).

## 7. ZAKLJUČAK

Na sigurnost cestovnog prometa utječu tri osnovna čimbenika, a to su čovjek, vozilo i cesta s njenom okolinom. Čovjek je čimbenik koji najviše utječe na cestovnu sigurnost, ali je zapravo jako povezan s druga dva čimbenika. Ukoliko cesta i vozilo imaju određene nedostatke, oni će time utjecati na čovjeka u velikoj mjeri. Čovjek svojim psihofizičkim osobinama ima velik utjecaj jer se svaka promjena u njegovom psihofizičkom stanju može odraziti na njegovo ponašanje, a time i na cjelokupnu cestovnu sigurnost. Ukoliko se u razmatranje uzme drugi čimbenik sigurnosti cestovnog prometa, a to je cesta, onda je jasno da cesta svojim konstrukcijskim značajkama, naročito ako iste nisu u skladu s propisanim sigurnosnim standardima, itekako može doprinijeti povećanju rizika od opasnosti. Proučavajući segmente ceste i uspoređujući ih s brojem nesreća koje se dogode na određenom segmentu, raskrižja i zavoji ističu se kao mjesta s najvećim brojem prometnih nesreća. Nepravilna konstrukcija i izvedba, neodgovarajući prometna signalizacija tih dijelova ceste, imaju za posljedicu značajan broj prometnih nesreća s teško nastradalim ili poginulim osobama. Na području Republike Hrvatske, u posljednjih deset godina (razdoblje 2011. – 2020. godina) dogodilo se ukupno 335 538 prometnih nesreća, od kojih je njih 16,48 % odnosno 58 246 dogodilo se u cestovnim zavojima s 1 114 poginulih osoba. Taj postotak potvrđuje iskaz o tome koliko su cestovni zavoji opasni cestovni segmenti.

Uzimajući u obzir takve statistike nameće se pitanje kako je moguće povećati stupanj sigurnosti u cestovnim zavojima. Jedno od najefikasnijih, a ujedno i najjeftinijih rješenja je postavljanje odgovarajuće prometne signalizacije. S obzirom na to da ploče za označavanje oštrog zavoja nemaju standardiziran izgled u svijetu, odnosno različite zemlje koriste različite kombinacije boja na tim znakovima, ovim diplomskim radom ispitivao se utjecaj znakova za označavanje oštrog zavoja, a u cilju pronalaska optimalnog dizajna.

Istraživanje je podijeljeno na tri dijela koja su obuhvaćala analizu prometnih nesreća u zavojima na mreži cesta Republike Hrvatske primjenom GIS alata kako bi se utvrdila geometrija tipičnog oštrog zavoja, zatim izradu scenarija za simulator vožnje i provedbu ispitivanja te statističku analizu primjenom ANOVA-e ponovljenih mjerenja za podatke o brzini vožnje i lateralnom pomaku od ukupno 60 ispitanika.

Sama statistička analiza izdvojila je brinu vožnje i lateralni pomak kao dvije zavisne varijable koje su testirane u odnosu prema tri nezavisne varijable:

- vrsta prometnog znaka oštrog zavoja određena s pet različitih kombinacija boja s prometnog znaka

Znak 1 = bijela podloga + crvena strelica

Znak 2 = fluorescentna podloga + crvena strelica

Znak 3 = bijela podloga + crna strelica

Znak 4 = žuta podloga + crna strelica

Znak 5 = crna podloga + bijela strelica

- orijentacija zavoja lijevi/desni
- udaljenost vozila od središta zavoja, na kojoj se promatra vrijednost ZV:

Udaljenost 1 = 150 m ispred središta zavoja

Udaljenost 2 = 50 m ispred središta zavoja

Udaljenost 3 = na početku zavoja

Udaljenost 4 = na sredini zavoja

Prema hipotezama koje su postavljene u prvom dijelu ovog rada i prema rezultatima provedene analize donose se sljedeći zaključci:

a) Uzimajući u obzir ZV brzinu vožnje uočeno je da ne djeluju sve kombinacije boja na znakovima za označavanje oštrog zavoja na isti način na vozača, odnosno smanjenje brzine vožnje. Potvrđena je pretpostavka da će znak 2 (fluorescentna podloga + crvena strelica) imati najviše utjecaja na smanjenje brzine, jer je upravo brzina vožnje u zavojima koji su označeni tim znakom bila najmanja. Fluorescentna boja je neprirodna boja i kao takva privlači pažnju vozača jer se ističe od okoline na koju su vozači navikli. Znak 3 (bijela podloga + crna strelica) također značajnije utječe na smanjenje brzine ali ne u tolikoj mjeri kao znak 2 (fluorescentna podloga – crvena strelica) dok preostale tri kombinacije boja nemaju većeg utjecaja. Uzimajući u obzir samo smjer zavoja, nije pronađen neki veći značaj na smanjenje brzine, no ukoliko se promatraju zajedno smjer zavoja i boje znakova, onda se ističe da je brzina najmanja u lijevom zavoju ukoliko je on označen znakom 2 (fluorescentna podloga + crvena strelica), dok je u desnom zavoju brzina najmanja kad je on označen Znakom 3 (bijela podloga + crna strelica).

b) Promatrajući ZV lateralni pomak ističe se zaključak da je lateralni pomak najmanji u zavojima koji su označeni znakovima 2 (fluorescentna podloga + crvena strelica) i 3 (bijela

podloga + crna strelica) i to neovisno o smjeru i udaljenosti od središta zavoja, ali ne prelaze granicu značajnosti. Lateralni pomak ovisi o smjeru zavoja i veći je u lijevim zavojima, dok je najveći na 50 metara ispred središta zavoja.

Provedenim istraživanjem i svim statističkim analizama, potvrđena je osnovna hipoteza da dizajn prometnih znakova za označavanje oštih zavoja utječe na ponašanje vozača, u smislu promjene brzine vožnje i promjene lateralnog pomaka, prilikom nailaska na oštar zavoj. Optimalna kombinacija boja na ovim znakovima je fluorescentna podloga + crvena strelica odnosno kombinacija boja kakvu je imao znak 2 (fluorescentna podloga + crvena strelica) s obzirom na to da je ta kombinacija boja imala najveći utjecaj na smanjenje brzine vožnje i na lateralni pomak. Time je potvrđena i pomoćna hipoteza ovog rada da će kombinacija boja fluorescentno zelena podloga – crvena strelica imati značajniji utjecaj na ponašanje vozača, odnosno smanjenje brzine, u usporedbi s ostalim kombinacijama boja na prometnim znakovima za označavanje oštih zavoja. Od ostalih kombinacija ističe se jedino kombinacija na znaku 3 (bijela podloga + crna strelica) koja je za razliku od ostalih kombinacija imala značajnijeg utjecaja i na brzinu vožnje i lateralni pomak, ali u manjoj mjeri od znaka 3 (bijela podloga + crna strelica).

Bitno je napomenuti da postoje određena ograničenja ovog istraživanja. Za početak, istraživanje je provedeno na simulatoru vožnje, koji može utjecati na način vožnje sudionika. Uvjeti koji vladaju nisu realni, sudionici se osjećaju dosta sigurnije zbog izostanka centrifugalne sile koja postoji u stvarnim uvjetima te mogu voziti drugačije nego što bi vozili u stvarnim uvjetima. Osim toga, istraživanjem je testiran utjecaj boje samo u dnevnim uvjetima. Preporuka je da je ovakav utjecaj potrebno testirati i u noćnim uvjetima vidljivosti, ali se pretpostavlja da će znak 2 (fluorescentna podloga + crvena strelica) imati najveći utjecaj i u noćnim uvjetima, zbog svog kontrasta, boje i vidljivosti. Uzorak ispitanika se sastojao pretežno od mlađe populacije što je ograničavajući faktor, te se preporuča ispitivanje provesti i na ostalim dobnim skupinama vozača.

S obzirom na to da je Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 92/2019) propisano da se oštri zavoji označavaju navedenim znakovima, ali nigdje nije točno definirano što su to oštri zavoji, statističkim obradama utvrđeno je da su to zavoji s radijusom manji od 200 metara. Upotreba ploča za označavanje oštih zavoja, a posebno ploča koje imaju kombinaciju fluorescentno zelena podloga + crvena strelica trebala bi postati praksa iz razloga što takva kombinacija ima najveći utjecaj na ponašanje vozača, odnosno na smanjenje brzine i mali lateralni pomak. Primjenom ovakvog prometnog rješenja,

koje je jako učinkovito, a financijski prihvatljivo zasigurno će se podići razina cestovne sigurnosti u zavojima, kako na području Republike Hrvatske, tako i na području Europske unije, što i je krajnji cilj.

## **Zahvale**

Zahvaljujem mentoru dr. sc. Dariju Babiću na usmjeravanju, nesebičnom dijeljenju savjeta i znanja kao i na strpljenju, te velikodušnoj pomoći prilikom izrade rada i statističke obrade podataka.

Također zahvaljujem izv. prof. dr. sc. Mislavu Stjepanu Žabecu na pomoći oko statističke obrade podataka i opisivanju istih.

Posebnu zahvalu upućujem svim zaposlenicima Zavoda za prometnu signalizaciju, Fakulteta prometnih znanosti za sve savjete i pomoć pri izradi ovog diplomskog rada.

Zahvala mojim prijateljima na strpljenju, motivaciji i nemjerljivoj podršci kroz ovih pet godina.

Najveća zahvala ide mojoj obitelji. Hvala što ste bili moj čvrsti oslonac, najsnažnija podrška i bezgranična količina ljubavi.

## LITERATURA

- [1] Ministarstvo unutarnjih poslova, Bilten o sigurnosti cestovnog prometa 2010. – 2019., Zagreb, RH
- [2] Legac, I. *Cestovne prometnice I - Javne ceste*. Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2006.
- [3] Cerovac, V. *Tehnika i sigurnost prometa*. Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2001.
- [4] Božičević, J., Topolnik, D. *Infrastruktura cestovnog prometa*. Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 1996.
- [5] Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati sa stajališta sigurnosti prometa (NN 110/01)
- [6] International Road Assessment Programme (iRAP). *iRAP Coding Manual - Drive on the right edition*, 2019.
- [7] Nastavni materijali iz kolegija Vizualne informacije u prometu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, ak. god 2016./2017.
- [8] Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 92/2019)
- [9] URL: <https://cs-driving-simulator.com/>, 01.7.2021.
- [10] URL: <https://trl.co.uk/driving-simulator>, 01.7.2021.
- [11] Bil, M., Andrašić, R. & Sedonik, J. (2019). Which curves are dangerous? A network-wide analysis of traffic crash and infrastructure data. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 120:252-260. DOI: 10.1016/j.tra.2019.01.001
- [12] Hussain, A. H. et. al. (2019). Impact of perceptual counter measures on driving behavior at curves using driving simulator. *Traffic Injury Prevention*, 20(1):93-99. DOI: 10.1080/15389588.2018.1532568
- [13] Ariën, C. et al. (2017). The effect of pavement markings on driving behaviour in curves: A simulator study. *Ergonomics*, 60(5):701–713. DOI: 10.1080/00140139.2016.1200749
- [14] SafetyNet (2009), Roads.

Dostupno na:

[https://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/sites/roadsafety/files/specialist/knowledge/pdf/roads.pdf](https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/specialist/knowledge/pdf/roads.pdf) (06.7.2021.)

[15] URL: <https://statistics.laerd.com/statistical-guides/repeatmeasures-anova-statistical-guide.php>; (09.8.2021.)



## Popisi slika, tablica i grafikona

### Popis slika

Slika 1. Tlocrtni elementi ceste .....	4
Slika 2. Broj prometnih nesreća u ovisnosti o duljini cestovnog pravca .....	5
Slika 3. Ovisnost stupnja pojave prometnih nesreća o polumjeru zavoja .....	7
Slika 4. Proširenje kolnika u zavoju .....	8
Slika 5. Najčešći prometni znakovi za označavanje cestovnih zavoja .....	14
Slika 6. Prometna oprema za označavanje zavoja .....	15
Slika 7. Prikaz simulatora vožnje korištenog za istraživanje .....	18
Slika 8. Tlocrtna skica scenarija (Žuta boja = područje „zagrijavanja“; Zelena boja = „testni“ dio; Plava boja = priključne ceste; Crne točke = prometni znakovi) .....	23

### Popis tablica

Tablica 1. Minimalni polumjeri zavoja ovisno o projektnim brzinama .....	6
Tablica 2. Najveći uzdužni nagib nivelete .....	8
Tablica 3. Ukupan broj prometnih nesreća u cestovnim zavojima na mreži cesta Republike Hrvatske u razdoblju od 2011. do 2020. godine .....	10
Tablica 4. Prometni znakovi za označavanje zavoja postavljeni u scenariju .....	20
Tablica 5. Ostali prometni znakovi u scenariju .....	22
Tablica 7. Deskriptivna statistika brzine vozila u blizini lijevih oštih zavoja, u uvjetima pet različitih znakova tih zavoja, određena na četiri različite udaljenosti od zavoja .....	31
Tablica 8. Deskriptivna statistika brzine vozila u blizini desnih oštih zavoja, u uvjetima pet različitih znakova tih zavoja, određena na četiri različite udaljenosti od zavoja .....	32
Tablica 9. Rezultati Mauchlyevog testa sfericiteta provedene ANOVA-e unutar sudionika za brzinu vozila u blizini oštih zavoja, kojom se testiraju glavni i interakcijski efekti vrste znaka zavoja, smjera zavoja i udaljenosti vozila od središta zavoja .....	34
Tablica 10. Rezultati složene ANOVA-e brzine vozila u blizini oštih zavoja, u ovisnosti o vrsti znaka za zavoj, smjeru zavoja i udaljenosti od zavoja .....	35
Tablica 11. Deskriptivna statistika lateralnog položaja vozila kod lijevih oštih zavoja, u uvjetima pet različitih znakova tih zavoja, određena na četiri različite udaljenosti od zavoja .....	42
Tablica 12. Deskriptivna statistika lateralnog položaja vozila kod desnih oštih zavoja, u uvjetima pet različitih znakova tih zavoja, određena na četiri različite udaljenosti od zavoja .....	43

Tablica 13. Rezultat Mauchlyevog testa sfericiteta za sve glavne i interakcijske efekte ANOVA-e ponovljenih mjerenja provedene na lateralnom položaju vozila, u ovisnosti o djelovanju vrste znaka za označavanje zavoja, smjera zavoja i udaljenosti vozila od središta zavoja.....	45
Tablica 14. Rezultati složene ANOVA-e lateralnog položaja vozila u blizini oštrih zavoja, u ovisnosti o vrsti znaka za zavoj, smjeru zavoja i udaljenosti od zavoja .....	46

## **Popis grafikona**

Grafikon 1. Ukupan broj prometnih nesreća u zavojima u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2011. do 2020. godine .....	11
Grafikon 2. Udio ispitanika prema spolu .....	25
Grafikon 3. Ovisnost prosječnih brzina vozila u blizini oštrih zavoja o vrsti znaka za označavanje zavoja, bez obzira na smjer zavoja i udaljenost vozila od njega .....	36
Grafikon 4. Ovisnost brzine vozila u blizini oštrog zavoja o udaljenosti od središta zavoja, a neovisno o vrsti znaka za označavanje oštrog zavoja i smjeru zavoja.....	38
Grafikon 5. Ovisnost brzine vozila u blizini zavoja o vrsti znaka za označavanje oštrog zavoja, promatrana za lijevi i desni zavoj, neovisno o udaljenosti od središta zavoja .....	39
Grafikon 6. Ovisnost lateralnog položaja vozila o vrsti znaka za označavanje oštrog zavoja, neovisno o smjeru zavoja i udaljenosti vozila od središta zavoja .....	48
Grafikon 7. Ovisnost lateralnog položaja vozila o udaljenosti od središta zavoja, neovisno o vrsti znaka za označavanje oštrog zavoja i smjeru zavoja .....	49
Grafikon 8. Ovisnost lateralnog položaja vozila o vrsti znaka za označavanje oštrog zavoja, promatrana za lijevi i desni zavoj, neovisno o udaljenosti od središta zavoja .....	50
Grafikon 9. Ovisnost lateralnog položaja vozila o udaljenosti vozila od središta zavoja, promatrana za lijevi i desni zavoj, neovisno o vrsti znaka za označavanje oštrog zavoja .....	51

## **Popis priloga**

Prilog 1. Upute za istraživanje

Prilog 2. Suglasnost za sudjelovanje u istraživanju

Prilog 3. Ispitni obrazac

Prilog 4. Upitnik PRIJE vožnje - Opće stanje ispitanika

Prilog 5. Upitnik NAKON vožnje - Opće stanje ispitanika

Prilog 6. Pregled ispitanika prema Prilogu 3

## PRILOG 1. UPUTE ZA ISTRAŽIVANJE

### Upute ispitanicima prije provođenja istraživanja na simulatoru vožnje

Dobrodošli na istraživanje Fakulteta prometnih znanosti i hvala na sudjelovanju. Prije početka istraživanja ukratko ćemo Vam pojasniti metodologiju istraživanja. Ako tijekom uputa neki element vožnje na simulatoru kod Vas proizvede bilo koji oblik bojazni/tjeskobe – slobodno zatražite pojašnjenje.

Istraživanje se provodi sukladno Etičkom kodeksu Fakulteta prometnih znanosti te će svi prikupljeni podaci biti kodirani i neće se objavljivati pod Vašim imenom. Također, istraživanjem se ne ocjenjuje Vaša vožnja. Drugim riječima, u slučaju “prometnih prekršaja” tijekom vožnje nećete biti kažnjavani, niti će biti ikakvih drugih posljedica vožnje.

Istraživanje će se provesti na simulatoru vožnje na kojem ćete voziti unaprijed pripremljen scenarij koji simulira dvosmjernu ruralnu cestu. Tijekom vožnje nosit ćete naočale za praćenje pogleda kojim će se prikupljati podaci o vizualnoj percepciji u vožnji (*pokazati naočale za praćenje pogleda*).

Tijekom vožnje na simulatoru moguća je pojava blažih “mučnina” kod malog postotka vozača simulatora (5 %). U slučaju pojave glavobolje, nelagode, mučnine ili sličnih simptoma molimo da iste prijavite nama istraživačima te će se istraživanje prekinuti.

Prije početka istraživanja molimo Vas da pročitate, i ako nemate neki objektivan razlog za nesudjelovanje, potpišete “Suglasnost za sudjelovanje u istraživanju”. Također, popunite obrazac kojim se prikupljaju demografski podaci i oni o vozačkom iskustvu kao i upitnik vezan uz trenutno psihofizičko stanje.

*(Dati ispitanicima obrasce i suglasnost)*

Molimo Vas da sada sjednete za simulator i prilagodite sjedalo kako Vam je najudobnije te stavite naočale za praćenje pogleda koje će se nakon toga kalibrirati (*provesti kalibraciju naočala*).

Mjenjač na simulatoru je automatski te ne morate mijenjati brzine tijekom vožnje. Lijevu nogu stavite sa strane, a desnom nogom ćete koristiti gas i kočnicu.

Prvi dio scenarija vožnje predstavlja „zagrijavanje“, odnosno vježbu, u kojem ćete se prilagoditi na simulator i naočale za praćenje pogleda. „Zagrijavanje“ će trajati nekoliko minuta unutar kojih slobodno možete probati naglo ubrzavati, kočiti, skretati lijevo-desno itd. kako bi dobili što bolji osjećaj simulatora.

Početak dijela scenarija „stvarne vožnje“ će Vam biti naglašen. Tijekom stvarnog scenarija molimo Vas da vozite „prirodno“, odnosno stilom vožnje kojim inače vozite i koji smatrate prikladnim ovisno o nadolazećoj situaciji. Ističemo, tijekom vožnje ne morate se pridržavati prometnih propisa (ograničenja brzine itd.) jer za eventualne prekršaje nećete biti kažnjavani, ali uvažavajte signalizaciju koja Vas upozorava na sadržaje ceste kako biste joj se što bolje prilagodili. **Tijekom vožnje, na eventualnim raskrižjima, OBAVEZNO vozite samo ravno ne skrećući.**

Nakon vožnje ciljnog scenarija ponovno ćete biti zamoljeni popuniti upitnik vezan uz trenutno psihofizičko stanje čime sudjelovanje u istraživanju završava.

Procijenjeno vrijeme istraživanja je 20-30 minuta (ovisno o vozačkom iskustvu).

**Na kraju još jednom naglašavamo da u bilo kojem trenutku možete odustati od istraživanja neovisno o razlogu. O detaljima istraživanja nemojte komentirati s kolegama, kako ne bi došlo do ugrožavanja daljnjeg istraživanja.**

## PRILOG 2. SUGLASNOST ZA SUDJELOVANJE U ISTRAŽIVANJU

### SUGLASNOST

za sudjelovanje u znanstvenom istraživanju

Potpisom ove suglasnosti izražavam svoj pristanak za sudjelovanje u istraživanju i potvrđujem:

- da sam upoznat s procedurom, metodologijom, opremom i svrhom istraživanja (ukoliko spoznaja o istoj ne utječe na rezultate istraživanja)
- da sam informiran da je moje sudjelovanje u istraživanju dobrovoljno te da će se analiza rezultata provoditi na anonimiziranim podacima, odnosno da se moj identitet neće koristiti u formalnim ili neformalnim publikacijama u pisanom, zvučnom ili video formatu, bez eksplicitnog pisanog dopuštenja
- da se obvezujem savjesno izvršavati zadaće u okviru istraživanja
- da neću formalno objavljivati prikazanu tehnologiju, metodologiju ili rezultate istraživanja u pisanom, zvučnom ili video formatu te da neću dijeliti informacije o tehnologiji, metodologiji, sadržaju ili rezultatima istraživanja s ostalim sudionicima u istraživanju prije okončanja istraživanja te na taj način utjecati na ostale sudionike istraživanja
- da se odričem materijalnih, novčanih i ostalih vidova kompenzacije za vrijeme utrošeno tijekom istraživanja
- da sam svjestan prava odustajanja (u bilo kojem trenutku)
- da sam upoznat da su istraživači obvezni pridržavati se Etičkog kodeksa i da su dužni zaštititi tajnost podataka.

Datum:

Potpis sudionika

---

### PRILOG 3. ISPITNI OBRAZAC

PROMETNA SIGNALIZACIJA - TESTIRANJE NA SIMULATORU VOŽNJE

#### ISPITNI OBRAZAC

OZNAKA ISPITANIKA: \_\_\_\_\_

SPOL: M                      Ž

DATUM I GOD. ROĐENJA: \_\_\_\_\_

DATUM I GODINA STJECANJA VOZAČKE  
DOZVOLE: \_\_\_\_\_

VLASTITA PROCJENA VOZAČKE SPOSOBNOSTI:

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
	<b>(1 - vrlo loše; 2 - loše; 3 - dobro; 4 - vrlo dobro; 5 odlično)</b>				

KOLIKO ČESTO VOZITE:	A) SVAKODNEVNO	B) PAR PUTA TJEDNO	C) PAR PUTA MJESEČNO	D) PAR PUTA GODIŠNJE
----------------------	-------------------	-----------------------	-------------------------	-------------------------

VAŠA PROCJENA PRIJEĐENIH KM GODIŠNJE \_\_\_\_\_

DIOPTRIJA:                      DA                      NE                      DESNO                      \_\_\_\_\_                      LIJEVO                      \_\_\_\_\_

NAOČALE:                      DA                      NE                      LEĆE:                      DA                      NE

DRUGE MANE ILI BOLESTI OKA: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

OSTALE NAPOMENE: \_\_\_\_\_

## PRILOG 4. UPITNIK PRIJE VOŽNJE - OPĆE STANJE ISPITANIKA

TESTIRANJE NA SIMULATORU VOŽNJE

### Upitnik PRIJE vožnje - OPĆE STANJE ISPITANIKA

Kennedy, Lane, Berbaum & Lilienthal (1993.)

Molimo Vas, zaokružite odgovor koji opisuje u kojoj mjeri je trenutno kod Vas prisutan svaki od navedenih simptoma:

Opća nelagoda	Ništa	Blago	Umjereno	Značajno
Umor	Ništa	Blago	Umjereno	Značajno
Glavobolja	Ništa	Blago	Umjereno	Značajno
Naprezanje očiju	Ništa	Blago	Umjereno	Značajno
Otežano fokusiranje	Ništa	Blago	Umjereno	Značajno
Pojačana slina	Ništa	Blago	Umjereno	Značajno
Znojenje	Ništa	Blago	Umjereno	Značajno
Mučnina	Ništa	Blago	Umjereno	Značajno
Otežano koncentriranje	Ništa	Blago	Umjereno	Značajno
Pritisak u glavi ("teška glava")	Ništa	Blago	Umjereno	Značajno
Zamagljen vid	Ništa	Blago	Umjereno	Značajno
Ošamućenost (otvorene oči)	Ništa	Blago	Umjereno	Značajno
Ošamućenost (zatvorene oči)	Ništa	Blago	Umjereno	Značajno
Vrtoglavica*	Ništa	Blago	Umjereno	Značajno
Osjetljivost ("svjesnost") želuca**	Ništa	Blago	Umjereno	Značajno
Podrigivanje	Ništa	Blago	Umjereno	Značajno

\* Vrtoglavica se doživljava kao gubitak orijentacije u odnosu na okomiti (uspravni) položaj.

\*\* Osjetljivost ("svjesnost") želuca obično se koristi za označavanje osjećaja nelagode koji prethodi mučnini.

Kennedy, R.S., Lane, N.E., Berbaum, K.S. & Lilienthal, M.G. (1993). Simulator Sickness Questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. *International Journal of Aviation Psychology*, 3(3), 203-220

## PRILOG 5. UPITNIK NAKON VOŽNJE - OPĆE STANJE ISPITANIKA

TESTIRANJE NA SIMULATORU VOŽNJE

### Upitnik NAKON vožnje - OPĆE STANJE ISPITANIKA

Kennedy, Lane, Berbaum & Lilienthal (1993.)

Molimo Vas, zaokružite odgovor koji opisuje u kojoj mjeri je trenutno kod Vas prisutan svaki od navedenih simptoma:

Opća nelagoda	Ništa	Blago	Umjereno	Značajno
Umor	Ništa	Blago	Umjereno	Značajno
Glavobolja	Ništa	Blago	Umjereno	Značajno
Naprezanje očiju	Ništa	Blago	Umjereno	Značajno
Otežano fokusiranje	Ništa	Blago	Umjereno	Značajno
Pojačana slina	Ništa	Blago	Umjereno	Značajno
Znojenje	Ništa	Blago	Umjereno	Značajno
Mučnina	Ništa	Blago	Umjereno	Značajno
Otežano koncentriranje	Ništa	Blago	Umjereno	Značajno
Pritisak u glavi ("teška glava")	Ništa	Blago	Umjereno	Značajno
Zamagljen vid	Ništa	Blago	Umjereno	Značajno
Ošamućenost (otvorene oči)	Ništa	Blago	Umjereno	Značajno
Ošamućenost (zatvorene oči)	Ništa	Blago	Umjereno	Značajno
Vrtoglavica*	Ništa	Blago	Umjereno	Značajno
Osjetljivost ("svjesnost") želuca**	Ništa	Blago	Umjereno	Značajno
Podrigivanje	Ništa	Blago	Umjereno	Značajno

\* Vrtoglavica se doživljava kao gubitak orijentacije u odnosu na okomiti (uspravni) položaj.

\*\* Osjetljivost ("svjesnost") želuca obično se koristi za označavanje osjećaja nelagode koji prethodi mučnini.

Kennedy, R.S., Lane, N.E., Berbaum, K.S. & Lilienthal, M.G. (1993). Simulator Sickness Questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. *International Journal of Aviation Psychology*, 3(3), 203-220



**PRILOG 6 :PREGLED ISPITANIKA PREMA PRILOGU 3**

Ispitanik	Spol	Starost	Vozačko iskustvo (godine)	Vlastita procjena vozačke sposobnosti	Učestalost vožnje	Dioptriya
1	Muški	27,00	7,93	4	2	DA
2	Ženski	22,08	1,64	3	1	DA
3	Muški	21,01	1,61	4	2	NE
4	Muški	23,21	4,65	3	4	DA
5	Ženski	21,11	2,93	4	3	DA
6	Muški	21,63	3,09	4	4	DA
7	Ženski	21,38	3,31	5	2	NE
8	Ženski	21,45	3,34	3	4	DA
9	Ženski	23,90	5,65	2	4	DA
10	Muški	21,89	3,74	5	1	NE
11	Ženski	21,55	3,53	3	3	DA
12	Ženski	21,43	3,20	4	3	NE
13	Ženski	22,11	3,20	4	1	NE
14	Ženski	20,95	2,86	5	1	NE
15	Ženski	21,26	3,15	4	2	NE
16	Ženski	22,39	3,16	4	1	DA
17	Ženski	21,41	3,36	4	3	DA
18	Ženski	21,11	1,76	3	2	NE
19	Ženski	21,09	2,24	4	1	DA
20	Ženski	24,24	5,98	4	2	DA
21	Ženski	21,25	2,78	4	2	NE
22	Ženski	22,56	4,30	5	1	NE
23	Ženski	22,03	1,88	4	1	NE
24	Ženski	23,68	3,42	4	4	DA
25	Ženski	23,11	5,01	4	1	NE
26	Ženski	22,18	1,81	4	1	DA
27	Ženski	21,43	3,13	5	1	NE
28	Ženski	21,25	3,16	4	2	DA
29	Ženski	22,45	4,11	4	1	DA
30	Ženski	21,43	1,44	5	1	NE
31	Ženski	23,27	4,98	4	3	DA
32	Ženski	21,09	1,22	3	3	DA
33	Ženski	21,14	3,06	3	2	DA
34	Ženski	21,44	3,15	4	2	NE
35	Ženski	22,11	2,61	3	3	DA
36	Ženski	24,78	2,12	4	2	DA
37	Ženski	21,14	1,86	4	2	NE
38	Ženski	21,22	2,96	2	4	NE
39	Muški	24,19	6,10	5	2	DA
40	Muški	23,33	5,30	5	1	NE

41	Muški	24,54	6,18	4	2	DA
42	Muški	23,16	4,47	3	2	NE
43	Muški	33,56	14,36	4	1	NE
44	Muški	23,71	4,93	5	2	NE
45	Muški	25,23	7,09	5	1	NE
46	Muški	27,99	8,59	4	1	DA
47	Muški	23,07	4,84	5	3	DA
48	Muški	22,56	4,53	4	2	DA
49	Muški	24,04	4,82	4	2	NE
50	Muški	23,58	3,12	3	3	NE
51	Muški	24,22	4,51	4	1	NE
52	Muški	19,71	1,64	3	1	DA
53	Muški	22,67	4,41	4	2	NE
54	Muški	24,68	6,42	3	2	NE
55	Muški	23,80	5,36	4	2	NE
56	Muški	24,49	6,39	5	1	NE
57	Muški	26,05	3,49	4	1	NE
58	Muški	27,54	9,32	5	1	NE
59	Muški	22,87	4,78	4	2	DA
60	Muški	24,54	6,39	5	3	NE

1 – Svakodnevno; 2 – Par puta tjedno; 3 – Par puta mjesečno; 4 – Par puta godišnje



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
10000 Zagreb  
Vukelićeva 4

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj \_\_\_\_\_ diplomski rad  
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na  
objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz  
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

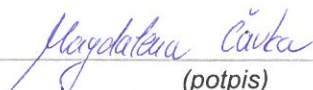
Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj  
visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu \_\_\_\_\_ diplomskog rada  
pod naslovom **UTJECAJ DIZAJNA PLOČA ZA OZNAČAVANJE OPASNIH ZAVOJA  
NA BRZINU VOŽNJE**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom  
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 10.9.2021 \_\_\_\_\_

Student/ica:

  
\_\_\_\_\_  
(potpis)