

Analiza percepcije prometnih znakova i ponašanja vozača primjenom sustava za praćenje pogleda vozača

Barta, Dario

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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:119:156449>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-06-02**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

DARIO BARTA

**ANALIZA PERCEPCIJE PROMETNIH ZNAKOVA I
PONAŠANJA VOZAČA PRIMJENOM SUSTAVA ZA
PRAĆENJE POGLEDA VOZAČA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2019.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**ANALIZA PERCEPCIJE PROMETNIH ZNAKOVA I
PONAŠANJA VOZAČA PRIMJENOM SUSTAVA ZA
PRAĆENJE POGLEDA VOZAČA**

**ANALYSIS OF TRAFFIC SIGNS PERCEPTION AND DRIVER'S
BEHAVIOR USING EYE TRACKING SYSTEM**

Mentor: Prof. dr. sc. Anđelko Ščukanec

Student: Dario Barta, 0135232886

Zagreb, 2019.

SAŽETAK

Vizualna percepcija je način na koji mozak procesira ono što vidimo, odnosno način na koji mozak interpretira, analizira i daje smisao onome što vidimo. U prometu, vizualna percepcija je od ključnog značaja s obzirom da je preko 90 % informacija koje sudionik u prometu dobiva vizualnog karaktera. Značajan dio tih informacija sudionici dobivaju putem prometnih znakova. Cilj ovog rada je analizirati na koji način vozači percipiraju prometne znakove primjenom simulatora vožnje i sustava za praćenje pogleda vozača, te kako ta percepcija utječe na njihovo ponašanje, a time i na cjelokupnu sigurnost u prometu.

KLJUČNE RIJEČI: vizualna percepcija, prometni znakovi, praćenje pogleda, simulator vožnje, sigurnost u prometu

SUMMARY

Visual perception represents the way the brain processes what we see or the way the brain interprets, analyzes and gives the meaning to what we see. In traffic, visual perception is essential since 90% of information that traffic participants collect is visual. Significant part of these informations are provided by traffic signs. The aim of this paper is to analyze how drivers perceive traffic signs using a driving simulator and eye tracking system and how this perception affects their behavior and traffic safety.

KEY WORDS: visual perception, traffic signs, monitoring eyes, driving simulator, traffic safety

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. VIZUALNA PERCEPCIJA U PROMETU	4
3. OSNOVNI POJMOVI O PROMETNIM ZNAKOVIMA.....	9
3.1. Elementi vidljivosti prometnih znakova	13
3.2. Materijali za izradu prometnih znakova.....	16
3.2.1. Materijal klase I – Engineer Grade	19
3.2.2. Materijal klase II – High Intensity Grade.....	20
3.2.3. Materijal klase III – Diamond Grade	21
4. UTJECAJ PROMETNIH ZNAKOVA NA SIGURNOST U PROMETU.....	23
5. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA	27
5.1. Definiranje scenarija vožnje i metodologija provođenja istraživanja	27
5.2. Definiranje varijabli korištenih za određivanje ponašanja ispitanika tijekom vožnje u simuliranim uvjetima	30
5.3. Istraživačka oprema.....	31
6. ANALIZA PERCEPCIJA PROMETNIH ZNAKOVA I PONAŠANJA VOZAČA	38
6.1. Deskriptivna analiza podataka ispitanika	38
6.2. Analiza podataka dobivenih u simulatoru.....	39
6.3. Analiza rezultata podataka prikupljenih metodom praćenja pogleda vozača	42
7. ZAKLJUČAK	46
LITERATURA	49
POPIS SLIKA I TABLICA	51

1. UVOD

Prometni sustav sastoji se od skupine međusobno povezanih elemenata koji utječu na kvalitetu odvijanja prometnih tokova unutar prometne mreže. Za nesmetano i sigurno odvijanje prometnih tokova, u velikoj mjeri zaslužne su vizualne informacije koje se prenose sudionicima u prometu. No da bi sudionik u prometu mogao razumjeti značenje zaprimljenih vizualnih informacija nužna mu je vizualna percepcija koja predstavlja složen nesvjesni proces aktivnog prikupljanja, organiziranja i interpretiranja primljenih osjetnih informacija i već postojećih informacija koje omogućavaju čovjeku da upozna i prepozna značenje nekog predmeta, događaja, pojave koji se nalaze u njegovoj okolini.

Sudionicima u prometu se većina informacije prenosi putem prometne signalizacije koja predstavlja osnovna sredstva komunikacije između upravitelja i korisnika cesta. Značajan dio sustava prometne signalizacije su prometni znakovi koji spadaju u skupinu vertikalne signalizacije, a čija je zadaća upozoravanje i obavješćavanje vozače o opasnostima, ograničenjima i stanju na cestama te pružanje drugih informacija za sigurno odvijanje prometa. Sam prometni znak se sastoji od lica i podloge. Lice znaka je prednja strana znaka koju sudionik u prometu gleda prilikom približavanja prometnom znaku, dok je podloga dio na kojem se nalazi osnova znaka sa svim elementima. Kako bi se sudionicima u prometu pružile osnovne smjernice o ruti putovanja, mogućim opasnostima, obvezama, ograničenjima te ostalim informacijama koje su bitne za sudionike u prometu, potrebno je osigurati da prometni znak pruža valjanu vizualnu informaciju, odnosno da je jednostavan, lako razumljiv te vidljiv u svim vremenskim i prometnim uvjetima. Naime, na percepciju prometnog znaka utječe niz faktor kao što su: njegov položaj u okolini, dimenzije, boja znaka, retrorefleksija, jednostavnost simbola ili teksta, vremenski uvjeti itd.

Osim pravilnom dizajna i pozicioniranja, retrorefleksija prometnog znaka predstavlja njegovu najvažniju karakteristiku s obzirom da omogućuje njegovu vidljivost u uvjetima smanjene vidljivosti. Naime, u navedenim uvjetima čovjekovo vidno polje je smanjeno i suženo, a percepcija boja, oblika, tekstura te dubine je znatno smanjena. Upravo u navedenim uvjetima retroreflektirajući materijali od kojih se izrađuju prometni znakovi omogućuju njihovu vidljivost te pravovremeno prenošenje informacije nužnih za siguran nastavak putovanja.

S obzirom na važnost prometnih znakova, niz znanstvenih istraživanja usmjeren je upravo na njihovu percepciju i vozačevo razumijevanje, kao i njihov utjecaj na sigurnost prometa.

Rezultati dosadašnjih istraživanja ukazuju na nužnost unaprjeđenja održavanja prometnih znakova te njihovog dizajniranja sukladno ergonomskim smjernicama kako bi se osiguralo pravovremeno uočavanje, prepoznavanje i čitanje poruke koju prometni znak nosi, naročito u, za sudionike u prometu, najtežim uvjetima kao što su noć i/ili loši vremenski uvjeti.

No dosadašnje istraživanja imaju određena ograničenja, ponajprije vezane uz korištenu istraživačku opremu, što u određenoj mjeri utječe na relevantnost dobivenih rezultata. S razvojem tehnoloških rješenja te istraživačke opreme moguće je dobivanje točnijih i detaljnijih podataka vezanih uz način na koji vozači percipiraju prometne znakove te kako oni utječu na njihovo ponašanje. Upravo iz navedenih razloga, cilj ovoga rada je analizirati utjecaj prometnih znakova na ponašanje vozača u noćnim uvjetima primjenom simulatora vožnje te sustava za praćenje oka vozača.

Simulatorom vožnje može na siguran način rekonstruirati stvarni prometni sustav te relativno jednostavno simulirati različite uvjete i situacije u prometu. S druge strane, sustavom za praćenje pogleda moguće je dobiti uvid u način na koji vozač vizualno pregledava cestu i okolinu, kako uočava pojedine prometne znakove te koliko dugo zadržava pogled na njima kako bi razumio njihovu informaciju.

Rad je strukturiran u sedam poglavlja:

1. Uvod
2. Vizualna percepcija u prometu
3. Osnovni pojmovi o prometnim znakovima
4. Utjecaj prometnih znakova na sigurnost prometa
5. Metodologija istraživanja
6. Analiza percepcija prometnih znakova i ponašanja vozača
7. Zaključak

U prvom poglavlju iznesena su uvodna razmatranja vezana uz problematiku rada te svrha i cilj rada. U drugom poglavlju opisan je proces vizualne percepcije te je definirana njena važnost za cjelokupnu prometnu sigurnost. U trećem poglavlju su navedeni osnovni pojmovi o prometnim znakovima, njihova podjela i materijali od kojih se izrađuju, dok je u četvrtom poglavlju dat pregled dosadašnjih istraživanja vezanih uz utjecaj prometnih znakova na sigurnost u prometu.

Peto poglavlje opisuje metodologiju istraživanja koja uključuje opis korištene opreme i način provođenja ispitivanja, dok je u šestom poglavlju definiran i prikazan postupak analize utjecaja prometne signalizacije na ponašanje vozača uz pomoć simulatora vožnje. U zadnjem poglavlju iznesena su zaključna razmatranja donesena na temelju dobivenih rezultata.

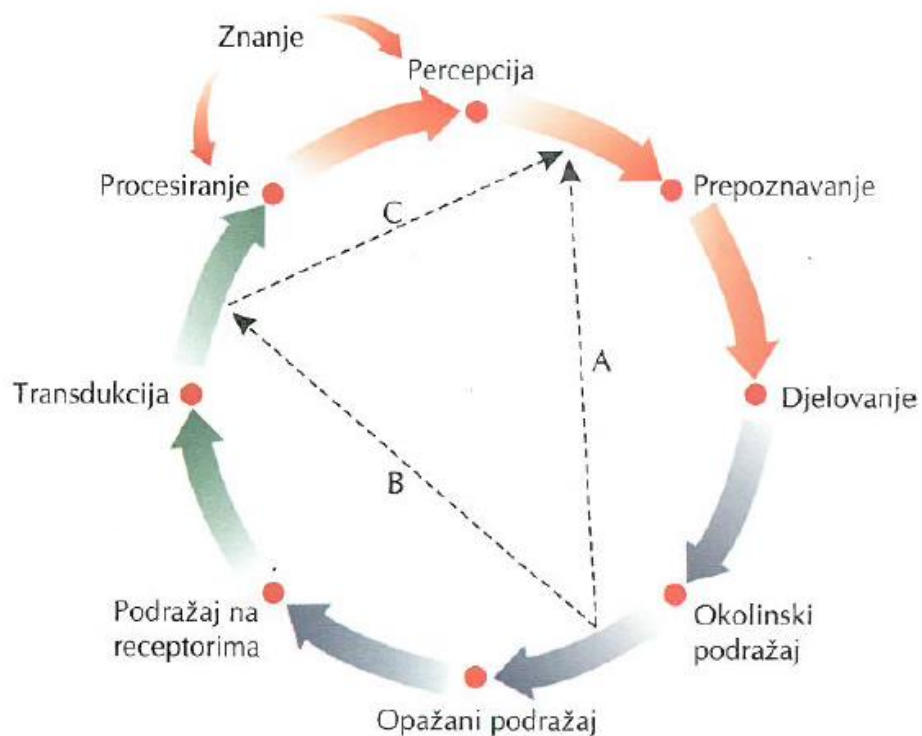
2. VIZUALNA PERCEPCIJA U PROMETU

Čovjek svojim osjetilima prikuplja informacije iz okoline na temelju kojih percipira stvari oko sebe. Prema tome, percepcija je nešto što stalno doživljavamo, to je zapravo sve što vidimo, čujemo, osjetimo, okusimo ili njušimo. Ona se ne odvija tek tako, nego je rezultat složenih procesa „iza scene“, od kojih mnogi nisu dostupni našoj svijesti.

Jedan od svakodnevnih primjera ideje procesa iza scene, kojim se može pokazati što se događa, jest gledanje predstave u kazalištu. Dok je čovjekova pažnja usmjerena na odvijanje drame u kazalištu, druga drama odvija se iza pozornice. Prije izlaska na pozornicu jedan glumac uznemireno hoda, drugi glumac ponavlja tekst, inspicijent provjerava je li sve spremno za promjenu scene, itd. Upravo kao što gledatelji vide samo mali dio onoga što se stvarno događa za vrijeme predstave, naša percepcija koja se odvija bez napora, samo je mali dio onoga što se događa dok percipiramo. Takvi procesi „iza scene“ koji nisu uključeni u percepciju promatraju se kao niz koraka, a nazivaju se perceptivni proces.

Proces vizualne percepcije započinje osjetom vida koji je jedan od važnijih osjetila u čovjekovom životu pomoću kojeg raspoznaje svijet oko sebe. Predmete iz naše okoline vidimo jer se svjetlo s njih reflektira u naše oko gdje započinje vid, odnosno gdje se reflektirano svjetlo fokusira u oštru sliku te se vidnim receptorima pretvara u električni signal. Taj električni signal putuje živčanim sustavom u čovjekov mozak gdje se pohranjuje u privremenu memoriju. Nakon toga slijedi proces obrade i usporedbe dobivene informacije s onim informacijama koje su zapisane u trajnoj čovjekovoj memoriji, odnosno s informacijama koje je čovjek stekao tijekom života. Na temelju navedene obrade i usporedbe, mozak donosi zaključak što se ispred njega nalazi.

Na slici 1. prikazan je perceptivni proces u kojem plave strelice označavaju podražaje, zelene procesiranje, crvene perceptivnu reakciju, dok strelice A, B, C pokazuju tri važna odnosa koje istraživači mjere [1].



Slika 1. Perceptivni proces

Izvor: [1]

Okolinskim podražajem smatra se sve ono što vidimo dok se vozimo automobilom kao što su prometni znakovi, cesta, drveće, itd., dok je opažani podražaj ono na što u određenom trenutku usmjerimo pažnju, a to su u većini slučajeva prometni znakovi. Podražaji na receptorima, odnosno osjetnim stanicama stvara se kada vozač usmjeri svoju pažnju na neki prometni objekt. U ovom koraku se podražaji pretvaraju u sliku na mrežnici prema kojoj donosimo odluke. Slika na mrežnici se zatim pretvara u električne signale transdukcijom, odnosno pretvorbom jednog oblika energije u drugi. Drugim riječima, snop svjetla koji stvara prometni znak, pretvara se u električni signal u tisućama vidnih receptora. Neuronsko procesiranje pak možemo razumjeti kao promatranje prometne gužve u mreži ulica gledano iz ptičje perspektive. U jednoj ulici u kojoj su prisutni semafori, vožnja se temelji po načelu stani-kreni, u drugoj ulici promet glatko teče, a u trećoj se promet slijeva iz tri u dvije prometne trake pri čemu nastaju zagušenja. Prema tome se može zaključiti kako raspored ulica i prisutnost prometne signalizacije utječe na protok automobila, te na taj način slično radi i čovjekov živčani sustav prilikom percipiranja. Idući korak je percipiranje, odnosno pretvaranje električnih signala koji reprezentiraju prometni znak u vidni doživljaj

prometnog znaka. Prepoznavanjem čovjek kategorizira, daje značenje prometnom znaku te ga pohranjuje u odgovarajući dio mozga. Posljednji korak u perceptivnom procesu je djelovanje, odnosno uočavanje prometnog znaka te postupanje u skladu sa porukom koju nam šalje.

S obzirom na navedeno, može se reći da je vizualna percepcija način na koji mozak procesira ono što vidimo, odnosno način na koji mozak interpretira, analizira i daje smisao onome što vidimo. U prometu, vizualna percepcija nam pomaže pri uočavanju vozila, pješaka, prometne signalizacije i okoline pri čemu nam pruža osjećaj sigurnosti. U tom procesu čovjek nesvjesno obraća pažnju na više stvari odjednom. Primjerice, prilikom vožnje po cesti, potrebno je istovremeno obratiti pažnju na druge automobile, prometne znakove, te možda i na to što govori suputnik, dok istovremeno povremeno pogledavamo u retrovizore [1]. Taj proces znatno je otežan u uvjetima smanjene vidljivosti. Naime, u navedenim uvjetima znatno je manje dostupnih vizualnih informacija, čovjekovo vidno polje je smanjeno i suženo, a percepcija boja, oblika, tekstura te dubine je značajno smanjena. U takvim uvjetima, mozak mora donijeti odluku na temelju vrlo malo informacija „loše kvalitete“ što uvelike povećava mogućnost pogreške, a time i nastanka prometne nesreće. Na slici 2. prikazana je slaba vidljivost noću.



Slika 2. Slaba vidljivost noću

Izvor: [2]

Da bi se mogućnost pogrešne percepcije nadolazeće situacije u prometu, smanjila na što manju moguću mjeru, nužno je osigurati pravovremenu informaciju sudionicima u prometu. Osnovni način za to je putem prometne signalizacije u koju spadaju i prometni znakovi.

Uočavanje, prepoznavanje i razumijevanje prometnih znakova ponekad, zbog niza razloga, predstavlja jedan od problema u cestovnom prometu. Naime, nepravilno dizajnirani, pozicionirani, održavani te dotrajali prometni znakovi uvelike utječu na kvalitetu prijenosa poruke koju nose te na taj način na ponašanje vozača i cjelokupnu sigurnost prometa. Njihovim zanemarivanjem nastaju prometne nesreće, a struka pokušava pronaći rješenje za taj problem. Dosadašnja istraživanja ukazuju na to da vozači percipiraju 52,35 %, dok postotak ne percipiranih znakova iznosi 47,65 %. U usporedbi sa prijašnjim istraživanjima, postotak uočenih prometnih znakova je veći, a razlog tome je korištenje sustava za praćenje pogleda vozača [3].

Na percipiranje prometnih znakova utječe njihov dizajn, značenje, odnosno vrsta informacija, oblik, pozicioniranje, brzina vožnje, okolina, distrakcije vozača itd. Čovjek prilikom vožnje u kratkom vremenu mora prikupiti što više informacija o cesti ispred sebe, a dizajn znaka te njegovo značenje skratit će vrijeme njegove percepcije pri čemu brzina ne smije biti velika što je i dokazano istraživanjem provedenom 1991. godine u Australiji u kojem se koristio simulator vožnje i naočale za praćenje pogleda vozača. Prema tome, vozač će prije uočiti prometni znak sa simbolom od onoga sa natpisima, prometni znak oblika kruga ili trokuta zbog svog značenja bit će uočljiviji, te će mu trebati manje vremena za njegovo uočavanje pri smanjenoj brzini vožnje u odnosu na veće brzine [4].

U vožnji čovjek prikuplja jako puno informacija koje dolaze iz okoline. Mora paziti na druge vozače, pješake i prometne znakove. Temeljem toga, pozicija prometnog znaka pomaže vozaču da informacije prikupi u što kraćem roku. Kako bi se to i dokazalo u istraživanju provedenom u Izraelu ispitivalo se hoće li iskusni vozači i vozačice uočiti prometni znak kada se postavi na lijevu, neočekivanu stranu kolniku. Rezultati su pokazali da su vozači prometni znak očekivali na očekivanoj, desnoj strani kolnika te da im je trebalo puno više vremena kako bi ga uočili. Vozačice su bez problema uočile znak, jer su vozile sporije i pažljivije [5].

Okolina prometnog znaka te njen sadržaj značajno utječu na percepciju prometnih znakova. Naime, ukoliko je u blizini prometnih znakova postavljen sadržaj koji privlači pogled vozača, kao što su npr. reklame, vozači će uočavanje manje prometnih znakova te će na taj način propustiti važne informacije vezane uz nadolazeću situaciju u prometu što u određenoj mjeri povisuje rizik od nastanka prometnih nesreća [7].

Rizik od prometne nesreće uzrokuju i distrakcije vozača koji se pri svakodnevnoj vožnji često javljaju. Razgovor na mobitel, mijenjanje radio stanice, pušenje, razgovor sa suputnicima, sve su to radnje koje prilikom vožnje ometaju vozača i njegovu koncentraciju i u takvim situacijama često propusti uočiti prometni znak. Kako bi se privukla pažnja i oprez vozača, u istraživanju provedenom u Finskoj 1984. godine ispitivalo se uočavanje prometnih znakova ograničenja brzine vožnje 30 km/h, opasnost te upozorenja djeca na cesti sa i bez treptajućeg svjetla žute boje. Rezultati su pokazali da prometni znakovi bez treptajućeg svjetla nisu utjecali na vozače, osim znaka ograničenja brzine na koji su reagirali nekolicina ispitanih vozača. Prometni znakovi sa treptajućim svjetlom postigli su značajnije rezultate, što znači da su vozači u većoj mjeri uočili svaki od prethodno navedenih prometnih znakova i postupili u skladu sa informacijom koju im pruža [6].

Iz svega navedenog može se zaključiti da na vizualnu percepciju u prometu utječe niz, u određenoj mjeri, međusobno povezanih čimbenika na temelju kojih će vozač u konačnici donijeti odluku i promijeniti (u pozitivnom ili negativnom smislu) svoje ponašanje.

3. OSNOVNI POJMOVI O PROMETNIM ZNAKOVIMA

Prometni znakovi dio su cjelokupnog sustava prometne signalizacije kojima se sudionici u prometu upozoravaju na opasnost koja im prijeti na određenoj cesti ili dijelu te ceste, stavljaju do znanja ograničenja, zabrane i obveze kojih se sudionici u prometu moraju držati i prenose potrebne obavijesti za siguran i nesmetan tok prometa.

Prometni znakovi trebaju se postavljati i održavati na način da ih sudionici u prometu mogu, u svim vremenskim i prometnim uvjetima, na vrijeme uočiti te pravovremeno reagirati u skladu s njihovim značenjem. Također, njima se moraju obilježiti i opasnosti privremenog karaktera, osobito one koje nastanu zbog iznenadnog oštećenja ili onesposobljavanja ceste te privremena ograničenja i privremene zabrane u prometu. Ukoliko razlozi za njihovo postavljanje prestanu ili njihovo značenje ne odgovaraju uvjetima odvijanja prometa na cesti ili zahtjevima sigurnosti te ukoliko su oštećeni, uništeni ili ne zadovoljavaju minimalne propisane uvjete retrorefleksije, znakovi se moraju ukloniti, dopuniti ili zamijeniti kako bi se osigurao kvalitetan prijenos informacija sudionicima u prometu [8].

Kako bi prometni znakovi bili učinkoviti, moraju ispunjavati sljedeće [8]:

- zadovoljavati potrebe sudionika u prometu
- privući pozornost vozača
- prenositi jednostavne i jasne informacije
- pobuđivati respekt vozača i pješaka
- biti smješteni tako da sudionicima u prometu daju dovoljno vremena za pravilnu reakciju

Općenito, prometni znakovi mogu se podijeliti prema nizu čimbenika kao što su: oblik, boja, dimenzije, značenje, načinu izrade, razini retrorefleksije itd. Prema obliku, znakovi se dijele na četiri osnovna oblika: trokut, krug, kvadrat i pravokutnik. Boje, sukladno zakonskoj regulativi u RH, koje se koriste kod izrade prometnih znakova su bijela, žuta, crvena, plava, zelena i crna, te za posebne uvjete narančasta i smeđa. Dimenzije znakova određene su prema kategoriji ceste na kojoj se znak nalazi. Prema Pravilniku o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/05, 64/05, 155/05, 14/11), dimenzije prometnih znakova definirane su dužinom, širinom i polumjerom za pojedine kategorije ceste kao što je prikazano u tablici 1.

Tablica 1. Dimenzije prometnih znakova prema mjestu postavljanja

Mjesto postavljanja	Oblik		
	Istostranični trokut [cm]	Krug ili osmerokut [cm]	Kvadrat ili pravokutnik [cm]
Autocesta i cesta rezervirana za promet motornih vozila, državne ceste	120	90	90 x 90 90 x 135
Županijske ceste i glavne gradske prometnice	90	60	60 x 60 60 x 90
Ostale ceste	60	40	40 x 40 40 x 60
Umetnuti znakovi	40	30	-

Izvor: [8]

Iako postoji niz čimbenika prema kojima se može izvršiti podjela prometnih znakova, najznačajnija je ipak podjela prema njihovom značenju, odnosno funkciji. Sukladno Pravilniku o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cesti, prometni znakovi se prema značenju dijele na [8]:

- a) znakove opasnosti
- b) znakove izričitih naredbi
- c) znakove obavijesti
- d) znakove obavijesti za vođenje prometa
- e) dopunske ploče
- f) promjenjive prometne znakove

a) Znakovi opasnosti

Znakovi opasnosti sudionicima u prometu označavaju blizinu dijela ceste ili mjesto na koje sudionicima u prometu prijeti opasnost. Imaju oblik istostraničnog trokuta čija se jedna stranica nalazi u vodoravnom položaju, a vrh nasuprot njoj okrenut je prema gore, osim znakova A47 i A48 (Andrijin križ), A49 (približavanje prijelazu ceste preko željezničke pruge s branicima ili polubranicima) i A50 (približavanje prijelazu ceste preko željezničke pruge bez branika ili polubranika). Osnovna boja znakova opasnosti je bijela, rubovi trokuta su crvene boje, a simboli crne boje, osim znaka A25 čija je osnovna boja žuta [8].

Znakovi opasnosti u pravilu se postavljaju izvan naselja na udaljenosti od 150 do 250 m ispred opasnog mjesta na cesti. Znakovima opasnosti, koji su postavljeni na udaljenosti manjoj od 150 m ili većoj od 250 m, moraju biti pridružene i dopunske ploče 6 na kojima se označuje udaljenost od opasnog mjesta zbog kojeg se ti znakovi postavljaju.

b) Znakovi izričitih naredbi

Znakovi izričitih naredbi upućuju sudionike u prometu na cesti na zabrane, ograničenja i obveze. Imaju oblik kruga, osim znakova B01 (raskrižje s cestom s prednošću prolaska) i B02 (obvezno zaustavljanje). Postavljaju se neposredno na mjesta na kojima za sudionike počinje obveza da se drže naredbe izražene prometnim znakom. Ukoliko se postavljaju na određenoj udaljenosti od mjesta početka naredbe, obavezno im se pridružuje dopunska ploča s dodatnim pojašnjenjem (najčešće udaljenošću do početka naredbe). Osnovna boja znakova zabrane, odnosno ograničenja, je bijela, a rubovi su crvene boje. Boja znakova obveze je plava. Simboli i natpisi na znakovima zabrane, odnosno ograničenja, crne su boje, a na znakovima obveza bijele [8].

c) Znakovi obavijesti

Znakovi obavijesti sudionicima u prometu daju potrebne obavijesti o cesti kojom se kreću, nazivima mjesta kroz koja cesta prolazi i udaljenosti do tih mjesta, prestanku važenja znakova izričitih naredbi te druge obavijesti koje im mogu koristiti. Osnovne boje su im: žuta sa simbolima i natpisima crne boje, plava sa simbolima i natpisima bijele boje, zelena sa simbolima i natpisima bijele boje, bijela sa simbolima i natpisima crne, crvene ili plave boje [8].

d) Znakovi obavijesti za vođenje prometa

Znakovi obavijesti za vođenje prometa obavješćuju sudionike u prometu o pružanju cestovnih smjerova, rasporedu odredišta i vođenju prometa prema njima, raskrižjima i čvorištima na određenom smjeru ceste i udaljenostima do odredišta. Osnovna boja znakova obavijesti za vođenje prometa ovisi o kategoriji ceste na koju se postavljaju [8]:

- na autocestama zelena sa simbolima i natpisima bijele boje;
- na brzim cestama plava sa simbolima i natpisima bijele boje;
- na državnim i ostalim cestama žuta sa simbolima i natpisima crne boje;

- za dijelove gradova, naselja i značajne objekte bijela sa simbolima i natpisima crne boje

U zoni raskrižja, obavješćivanje sudionika u prometu znakovima obavijesti za vođenje prometa provodi se u pet stupnjeva [8]:

- I. prethodno obavješćivanje
- II. obavješćivanje o smjeru kretanja
- III. obavješćivanje o prestrojavanju
- IV. obavješćivanje o skretanju
- V. potvrda smjera

Na autocestama, brzim cestama i cestama s raskrižjima u više razina mora se postaviti svih pet stupnjeva obavijesti za vođenje prometa. Na državnim cestama postavljaju se drugi, četvrti i peti stupanj, a treći ako je cesta s više prometnih traka. Na županijskim cestama postavljaju se drugi i četvrti stupanj, a na ostalim cestama najmanje četvrti stupanj obavijesti za vođenje prometa [9].

e) Dopunske ploče

Dopunske ploče postavljaju se uz znakove opasnosti, znakove izričitih naredbi i znakove obavijesti ispod njihovog donjeg ruba kako bi pobliže odredile značenje tih znakova. Osnovna boja je bijela, a simboli su crne boje. Širina dopunske ploče postavljene uz znak na cesti ne smije biti veća od dužine one stranice znaka uz koji se dopunska ploča postavlja. Visina dopunske ploče, u pravilu, ne smije iznositi više od polovice njezine dužine [8].

f) Promjenjivi prometni znakovi

Prometni znakovi mogu u cijelosti ili djelomice biti izvedeni kao promjenjivi prometni znakovi ako je potrebno zbog prometne sigurnosti ili prometno-tehničkih zahtjeva. Prema izvedbi promjenjivi prometni znakovi mogu biti kontinuirani i ne kontinuirani. Kontinuirani znakovi su oni koji su izglednom jednaki stalnim prometnim znakovima, a jedina razlika je da uporabom elektromehaničkih sredstava mogu prikazivati različite poruke. Ne kontinuirani znakovi su oni kod kojih je moguća inverzija boja i pojednostavljen prikaz simbola u odnosu na stalne prometne

znakove. Poruke se oblikuju uporabom pojedinačnih elemenata koji mogu biti u jednom od dva stanja (ili više), čime mogu oblikovati različite poruke na istoj prednjoj strani znaka [8].

S obzirom na njihovu funkciju, promjenjivi ne kontinuirani znak u slučaju kvara jednog dijela ili pregaranja izvora svjetlosti ne smije promijeniti svoje značenje, odnosno mora biti bez signalnog pojma. Tijekom normalnih uvjeta vožnje na cesti, signalni pojmovi na promjenjivim ne kontinuiranim prometnim znakovima moraju biti ugašeni. Kad se predviđa ili nastane promjena normalnih uvjeta vožnje na cesti, ovisno o nastalim promjenama, automatski se uključuje za to predviđeni signalni pojam, koji mora biti u funkciji do ponovne uspostave normalnih uvjeta vožnje. Kada se odnosi na ograničenje brzine, promjenjiv ne kontinuirani prometni znak uvijek se postavlja iza statičnog prometnog znaka ograničenja brzine gledano u smjeru vožnje [8].

3.1. Elementi vidljivosti prometnih znakova

Ranije je navedeno kako vizualna percepcija prometnih znakova daje sudionicima u prometu osnovne upute koje se tiču odabira rute, sigurnosti na raskrižjima, različitim upozorenjima, ograničenjima i obavijestima. Kontakt vozača i prometnog znaka u toku vožnje događa se u nekoliko sekundi, a samo vrijeme trajanja kontakta ovisi o nizu čimbenika među kojima je brzina vožnje najznačajnija. Postoje tri faze kontakta vozača i prometnog znaka, a to su [9]:

- uočavanje
- prepoznavanje
- čitanje

U prvoj fazi (uočavanje) vozač percipira postojanje određenog objekta za koji, s obzirom na njegovu poziciju, pretpostavlja da je prometni znak. Drugim riječima, vozač otkriva i registrira najmanju površinu koju ljudsko oko može otkriti u kontaktu s okolinom no ne prepoznaju niti oblik, niti boju niti poruku prometnog znaka. U drugoj fazi (prepoznavanje) vozač raspoznaje znak po boji i obliku, a time automatski i kategoriju znaka, odnosno vrstu poruke s obzirom da su pojedini oblici i boje na znaku specifični za određenu kategoriju znakova. Iako, vozač percipira oblik i boje što mu omogućava generalno prepoznavanje vrste poruke, u fazi prepoznavanja vozač ne čita sam simbol na znaku, odnosno ne percipira točno značenje znaka. U zadnjoj fazi (čitanje) vozač percipira poruku, odnosno simbol znaka te sukladno njoj prilagođava svoje ponašanje.

Čitanje je ujedno i najsloženija faza jer do izražaja dolazi oblik i veličina simbola i slova, međusobni raspored i kontrast između podloge i simbola i slova [9]. Na slici 2. prikazane su faze percepcije prometnog znaka.



Slika 3. Faze percepcije prometnog znaka

Izvor: [9]

Kako bi prometni znakovi mogli ispuniti svoju funkciju i pravovremeno prenijeti informaciju vozačima, vozači ih moraju, ne samo danju, nego i noću i u uvjetima otežane vidljivosti, pravovremeno i točno percipirati. Tijekom dana vozači imaju mogućnost uočiti i obraditi svaku, za upravljanje vozila potrebnu, vidljivu informaciju. Tijekom sumraka, noću i za vrijeme otežanih uvjeta vidljivosti količina dostupnih vizualnih informacija znatno je smanjena, čovjekovo vidno polje je smanjeno i suženo, a percepcija boja, oblika, tekstura te dubine je značajno je otežana.

Općenito, na vidljivost i percepciju prometnog znaka utječe niz čimbenika, koji ovise o tome sa kojih ih se stajališta i u kojim uvjetima promatra, pri čemu ih se može podijeliti u tri osnovne skupine [9]:

- posljedica utjecaja okoline
- posljedica utjecaja vozača
- posljedica utjecaja vozila

Problemi zbog utjecaja okoline pojavljuju se u dva oblika. Prvi je vezan uz utjecaj atmosferskih prilika, odnosno pojave kiše, snijega, mraza, rose i magle. Glavna karakteristika

oborina u smislu vidljivosti je to da one apsorbiraju i raspršuju svjetlo te na taj način umanjuju količinu svjetla koja iz vozila dopire do objekta, a time i količinu svjetla koje se reflektira od objekta i vraća do vozačeva oka. U uvjetima magle i rose, svjetlo farova kao i retroreflektirajućih materijala skreće se i filtrira prolaskom kroz maglu, smanjujući time njihovo djelovanje. Snijeg poput prljavštine pokriva retroreflektirajuće materijale, ali snijeg raspolaže visokim faktorom sjaja te je stoga lako vidljiv pod svjetlima farova pa se ističe u odnosu na tamnije ceste i objekte uz cestu. Mraz se smatra štetnim za retroreflektirajuće znakove iako to nije potvrđeno, međutim uslijed utjecaja kristala mraza uništavaju se optička svojstva retroreflektirajućih materijala koji postaju neučinkoviti [9].

Drugi problem vezan uz okolinu, nastaje zbog karakteristika pozadine („vizualnog nereda“) koje utječu na uočljivost objekta. Tu se prvenstveno misli na razne reklame pa čak i krošnje drveća koja se postavljaju u neposrednoj blizini prometnih znakova pri čemu se ne razmišlja o tome da bi za neko vrijeme mogla stvarati probleme pri uočavanju prometnih znakova kao što je prikazano na slici 4.



Slika 4. Turistička signalizacija zaklonjena krošnjom drveta u gradu Kutini

Problemi uzrokovani vozilom vezani su uz vjetrobransko staklo i farove. Vjetrobranska stakla jedan su od ključnih elemenata u vozilu čija je glavna funkcija zaštita vozača od vjetra, letećih predmeta i elemenata uz istovremeno omogućavanje vozaču da vidi cestu. Zagađivači, površinska oštećenja i ogrebotine raspršuju svjetlo koje prolazi kroz staklo, smanjujući vidljivost i povećavajući efekt bljeska. Provedene studije [10], pokazale su da se vjerojatnost otkrivanja objekata smanjuje s 91 % kod čistog vjetrobranskog stakla na 73 % kod vjetrobranskog stakla na kojemu je bila umjerena razina zamagljenosti ili prljavštine. Na vidljivost, naročito noću i u lošim vremenskim uvjetima, utječu i farovi. Učinkovitost rada farova ovisi o njihovoj pravilnoj usmjerenosti i tehničkoj ispravnosti. Prljavština na farovima ima utjecaj na kvalitetu svjetla iz farova, osobito za vrijeme vlažnog vremena. Tijekom mokrog i bljuzgavog vremena kod većine automobila je korisno osvjetljenje više nego upola smanjeno. Čak i male količine prljavštine na farovima uzrokuju apsorpciju i raspršenje svjetla, smanjujući “korisnu” izlaznu svjetlost. Zbog prljavštine na farovima dolazi do 50 % smanjenja izlaza svjetla, što ima za posljedicu oko 10 % smanjenja vidljivosti prema naprijed za kratka svjetla, a oko 15 % smanjenje za duga svjetla [11].

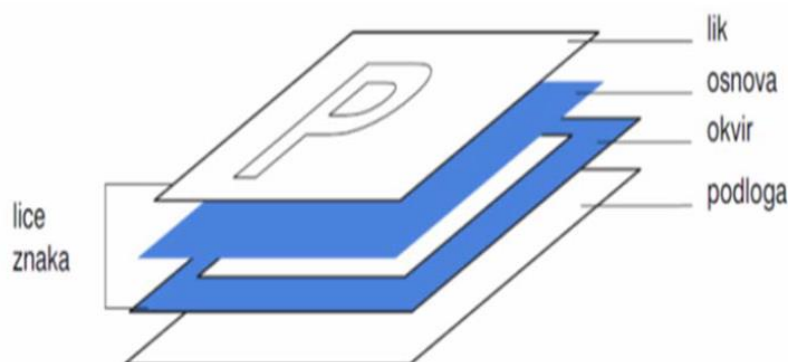
Čimbenici koji pomažu prepoznavanju znaka su njegova veličina, jednakost simbola, boja znaka i retrorefleksija. S obzirom da vožnja tijekom noći i u uvjetima smanjene vidljivosti predstavlja najsloženije uvjete vožnje za prometnu sigurnost, nužno je osigurati zadovoljavajuću razinu vidljivosti prometnih znakova. Kako bi znakovi bili vidljivi u navedenim uvjetima oni moraju biti izrađeni od retroreflektirajućih materijala.

3.2. Materijali za izradu prometnih znakova

Kako bi prometni znakovi ispunjavali svoje zadaće, nužno je da su njihova konstrukcijska svojstva prilagođena zahtjevnim uvjetima eksploatacije. Drugim riječima, prometni znakovi moraju biti otporni na sve uvjete okoline i uz to zadovoljavati minimalnu propisanu razinu retrorefleksije.

Osnovni dijelovi prometnog znaka su lice znaka i podloga. Lice znaka je prednja strana znaka, odnosno ona koju sudionik u prometu vidi kada se približava prometnom znaku, a sastoji se od lika, osnove i okvira. Lice znaka izrađuje se od retroreflektirajućih materijala, odnosno folija. Lik znaka čine simboli i/ili natpisi. Osnova znaka je element na kojem je upisan lik i nalazi se neposredno ispod simbola i teksta. Okvir je onaj dio znaka koji uokviruje ili zatvara simbol,

odnosno natpis. Podlogu znaka predstavlja dio znaka na kojem se nalazi osnova znaka sa svim elementima [11]. Na slici 5. prikazani su dijelovi prometnog znaka.



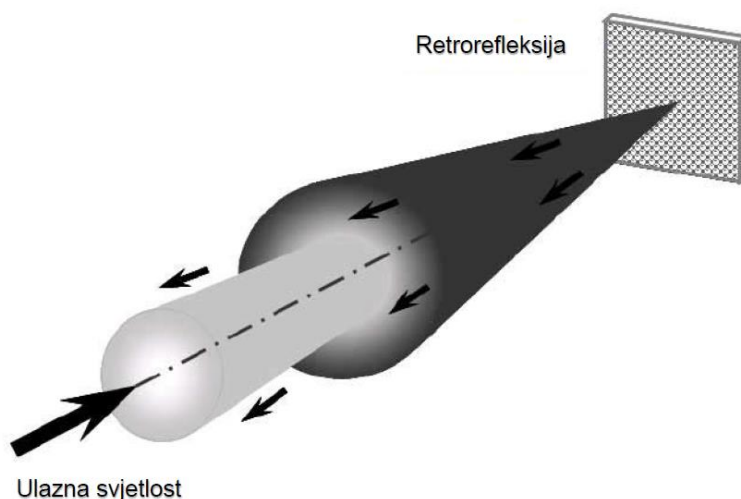
Slika 5. Sastavni dijelovi prometnog znaka

Izvor: [12]

Podloga prometnog znaka izrađuje se od aluminijskog lima debljine 2-4,5 mm. Iz lima većih dimenzija izrezuje se oblik prometnog znaka. Znak se po obodu savija radi sprječavanja savijanja te smanjenja posljedica prometnih nesreća (uklanjanje oštih rubova), ukoliko dođe do nje. Pozadina znaka lakirana je sivom bojom, a razlog tome je sprječavanje bliještenja i zaslepljivanja vozila iz suprotnog smjera.

Prilikom izrade prometnog znaka, ovisno o kategoriji cestovne prometnice za koju je predviđen, treba primijeniti retroreflektivnu foliju određenoga tipa i određene klase retrorefleksije koja mora zadovoljavati minimalnu razinu retrorefleksije (izražene u $\text{cd} \times \text{lx}^{-1} \times \text{m}^{-2}$) za pojedinu boju.

Retroreflektirajući materijali od kojih se izrađuju prometni znakovi, baziraju se na sposobnosti retrorefleksije pomoću koje vraćaju dolazno svjetlo (prednja svjetla vozila) natrag u smjeru svog izvora, točnije prema očima vozača. Upravo zbog tog svojstva, retrorefleksija omogućuje odličnu vidljivost noću i u uvjetima smanjene vidljivosti. Princip retrorefleksije prikazan je na slici 6.



Slika 6. Prikaz retrorefleksije

Izvor: [12]

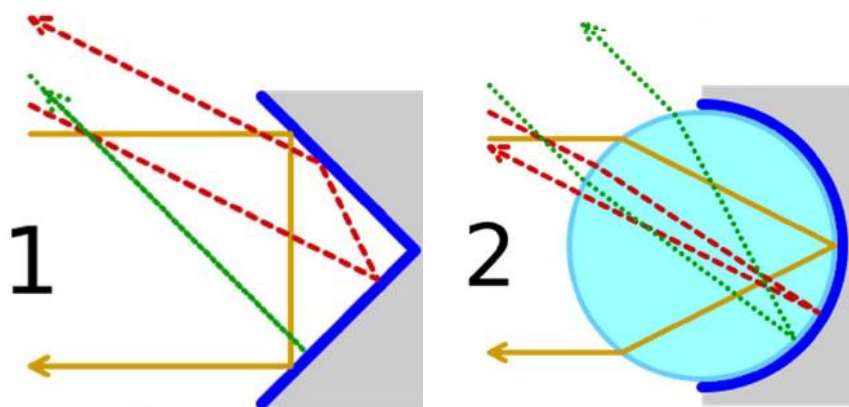
Ovisno o vrsti retroreflektirajućeg materijala, retrorefleksija može biti [12]:

- sferična
- prizmična

Kod sferične retrorefleksije staklena kuglica lomi ulazni trak svjetlosti pri prolasku kroz prednju površinu staklene kuglice, zatim se svjetlost reflektira sa zrcalne površine iza kuglice, te se ponovnim prolaskom kroz prednju površinu svjetlost lomi i reflektira u smjeru svog izvora [12].

Kod prizmatične retrorefleksije tri jednake okomite površine čine prizmu na kojoj se ulazna svjetlost lomi i reflektira u smjeru svog izvora usporedno s ulaznim svjetlom. Prizmatični reflektori su daleko savršeniji u odnosu na sferične i karakterizira ih veliki koeficijent retrorefleksije [12].

Prizmična i sferična retrorefleksija prikazane su na slici 7.



Slika 7. Prizmatična i sferična retrorefleksija

Izvor: [12]

Danas postoje 3 tipa retroreflektirajućih materijala, a to su [12]:

- Materijal klase I – Engineer Grade
- Materijal klase II – High Intensity Grade
- Materijal klase III – Diamond Grade

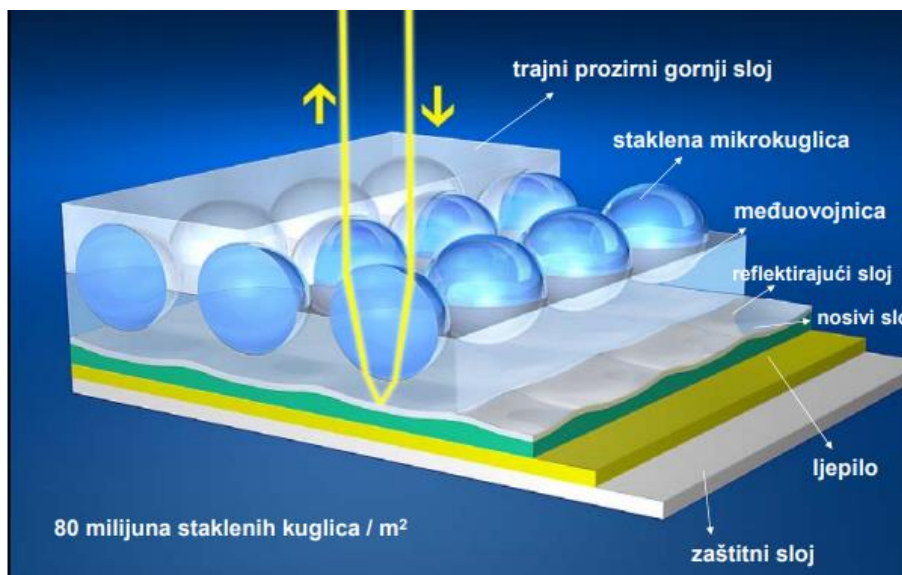
Ove klase se razlikuju po snazi retrorefleksije, tj. količina svjetla koja se reflektira s retroreflektirajućeg materijala. Količina svjetla mjeri se u jačini retroreflektiranog svjetla u odnosu na ulazno svjetlo po površini retroreflektirajućeg materijala ($\text{cd} \times \text{lx}^{-1} \times \text{m}^{-2}$).

3.2.1. Materijal klase I – Engineer Grade

Prometni znakovi s retroreflektirajućim materijalima Klase I izrađuju se od 1959. godine. Glavno obilježje materijala klase I je da ispod tankog gornjeg prozirnog sloja sadrži ugrađene staklene mikrokuglice. Materijali s ugrađenim staklenim sferama imaju uniformirani izgled bez ikakvog uzorka. Budući da je retrorefleksija sferična, snaga retrorefleksije ovih folija je oko $70 \text{ cd} \times \text{lx}^{-1} \times \text{m}^{-2}$, a najčešći garancijski rok je sedam godina. Osim materijala klase I baziranih na sferičnoj retrorefleksiji, postoje i materijali klase I s mikroprizmama. Ovakvi materijali imaju povećanu snagu retrorefleksije koja iznosi $150\text{-}180 \text{ cd} \times \text{lx}^{-1} \times \text{m}^{-2}$. Materijali klase I najčešće se koriste na području sa slabijim intenzitetom prometa, odnosno na cestama na kojima su dozvoljene manje brzine vožnje [12].

Slika 8. prikazuje presjek folije klase I, koja se sastoji od slojeva i komponenata. Trajni prozirni sloj prekriva staklene mikrokuglice koje su utisnute u međuovojnicu i retroflektirajući

sloj. Retroflektrirajući sloj se nalazi na nosivom sloju koji je sa zaštitnim slojem povezan ljepilom. Zaštitni se sloj otklanja prije same aplikacije.



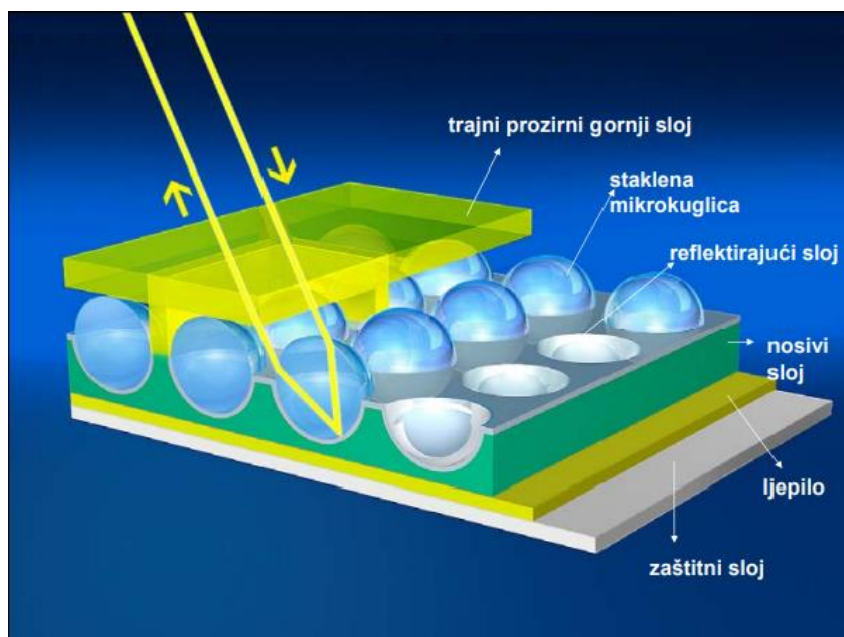
Slika 8. Materijal klase I

Izvor: [12]

3.2.2. Materijal klase II – High Intensity Grade

Materijali klase II sadrže ućahurene staklene mikrokuglice koje su trostruko sjajnije od novih reflektirajućih folija klase I. Struktura površine folije nalikuje na saće, a čine ju nosive stranice koje osiguravaju zrakoprazni prostor ispod površinskog sloja. Mikrokuglice se ne ulijevaju u plastiku, već su naliježljene na plastični nosač, a njihov gornji dio nalazi se u zraku napunjenjnoj kapsuli koja je zatvorena tankim prozirnim gornjim slojem. U odnosu na materijale klase I, materijali klase II nemaju međuovojnicu koja obavija mikrokuglice već su one izravno umetnute u reflektirajući sloj. Snaga retrorefleksije je oko $250 \text{ cd} \times \text{lx}^{-1} \times \text{m}^{-2}$, a jamstvo im je deset godina [12].

Danas postoje i materijali klase II koji su izrađeni od trajnog materijala s mikrop prizmama čija je snaga retrorefleksije $400\text{--}600 \text{ cd} \times \text{lx}^{-1} \times \text{m}^{-2}$ (optičkih prizmatskih leća), oblikovanih u prozirnoj sintetskoj smoli, hermetički zatvorenih i s ljepilom aktiviranim na pritisak na poledini kako bi se ostvarilo trajno pričvršćivanje na prometni znak [11]. Na slici 9. nalazi se presjek folije klase II.



Slika 9. Materijal klase II

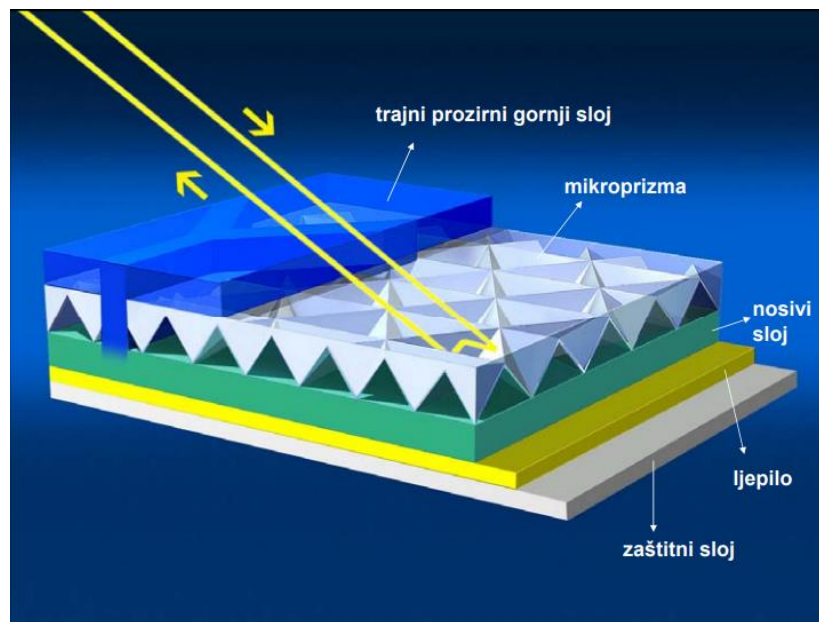
Izvor: [12]

3.2.3. Materijal klase III – Diamond Grade

Ovi retroreflektirajući materijali izrađeni su od vrlo učinkovitih mikropriprama zahvaljujući kojima su više nego trostruko sjajnije od folija s ućahurenim staklenim mikrokuglicama i čak deseterostruko sjajnije od folija s uvezanim staklenim mikrokuglicama. Strukturu ovog materijala čine isključivo mikropriprame koje se nalaze na nosivom sloju, a preko njihovog gornjeg dijela nalazi se tanki prozirni sloj kao što se vidi na slici 10. Materijali klase III ne sadrže ni reflektirajući sloj jer svojom strukturom, učinkovitim mikropriprama, vraćaju znatno više raspoloživog svjetla u odnosu na materijale klase I i II. Vozačima na prometnicama omogućuju veću uočljivost znakova u svim dnevnim, noćnim i lošim vremenskim uvjetima. Dopuštajući ulazne kutove svjetlosnog traka do 60 stupnjeva, ove folije pružaju veliku fleksibilnost u postavljanju znakova. Među svim trajnim folijama za izradu znakova, ove folije raspolažu najsjajnijim reflektirajućim svojstvima. Zbog svoje strukture ovaj materijal je deblji u odnosu na druge materijale, što stvara određene probleme u procesu proizvodnje. Također njegov jedinstveni dizajn „puna kocka“ vraća gotovo 60% raspoloživog svijetla, dva puta više od drugih prizmatičnih folija što vozačima omogućuje veću vidljivost u svim dnevnim, noćnim i lošim vremenskim uvjetima. Jamstvo trajnosti retrorefleksije je 12 godina, a sjaj folije je $800 \text{ cd} \times \text{l} \times \text{m}^{-2}$. Folije materijala klase III dijele se na [12]:

- V.I.P. (Visual Impact Performance)
- L.D.P. (Long Distance Performance)
- Fluorescent
- Diamond Grade Cubed (DB³)

Najbolja učinkovitost u gradskom prometu i na kraćim udaljenostima postiže se primjenom V.I.P. reflektirajuće folije kojom se pojedini prometni znakovi jasno i nedvosmisleno mogu izdvojiti iz okruženja, dok L.D.P. reflektirajuće folije se isključivo primjenjuju na autocestama i brzim cestama, gdje je potrebno osigurati vidljivost prometnog znaka na puno većoj udaljenosti. Fluorescent folije omogućuju povećanu vidljivost i danju i noću, korištenjem fluorescentnih boja. Naposljetku, Diamond Grade Cubed reflektirajuće folije predstavljaju kombinaciju V.I.P. i L.D.P., stoga se mogu primijeniti i na gradskim cestama i na autocestama [12].



Slika 10. Materijal klase III

Izvor: [12]

4. UTJECAJ PROMETNIH ZNAKOVA NA SIGURNOST U PROMETU

Kao što je već ranije navedeno, prometni znakovi, odnosno vertikalna prometna signalizacija, jedan su od sastavnih elemenata suvremene i dobro održavane prometne infrastrukture koji pomažu pri regulaciji prometnih tokova i pružaju informacije za vizualno vođenje prometa. Informiraju o stanju na cestama te upozoravaju vozače na potencijalne stalne i izvanredne situacije. Funkcionalnost prometne signalizacije ovisi o njihovoj vidljivosti i prepoznatljivosti u uvjetima dnevne i noćne vožnje. Pri dnevnoj vožnji bitno je da boje na licu znaka, odnosno njegovom simbolu, nisu izbljedgele, što može utjecati na otežano čitanje poruke koju nam prometni znak šalje. Kod noćne vožnje, bitna je razina retrorefleksije znaka, odnosno sposobnost znaka da vrati dovoljnu količinu svjetla odaslanog iz farova vozila natrag prema oku vozača. Prema tome, redovito održavanje prometnih znakova, zamjena starih i oštećenih znakova novima omogućava da se navedeni problemi na vrijeme izbjegnu.

Gledano na europskoj razini, populacija postaje sve starija, što znači da se i prometna infrastruktura mora adaptirati potrebama rastućeg segmenta korisnika ceste, kod kojih dolazi do smanjenih vizualnih sposobnosti i sporijeg reagiranja, odnosno produženog vremena reakcije. Procijenjeno je da će postotak starijih vozača (iznad 65 godina) narasti s 17,5 % u ukupnoj populaciji u 2011. godini, na 23,6 % u 2020. godini, odnosno progresivno se povećavati do 2050. godine u kojoj se očekuje porast na 28,6 % [13].

U pravilu, vozači iznad šezdesete godine života pokazuju sporije vrijeme reagiranja u usporedbi s mlađim vozačima, što je rezultat postupnog slabljenja preciznosti i oštine vida, poteškoće kod gledanja na blizu, promjene u percepciji boja, problem uočavanja pri slabom svjetlu ili noću. Na slici 11., prikazan je pogled na cestu iz perspektive dvadesetogodišnjeg vozača, promjena kroz godine te naposljetku pogled iz perspektive šezdesetogodišnjeg vozača iz čega se može jasno uočiti kako je količina elemenata prometne infrastrukture koju starije osobe vide znatno smanjena.



Slika 11. Pogled na cestu iz perspektive mladih i starijih vozača

Izvor: [12]

Ceste ne mogu biti sigurne dugoročno, osim ako se ne osigura njihovo redovito održavanje. Ulaganja u prometnu infrastrukturu u zadnjem desetljeću, zajedno s napretkom u tehnologiji proizvodnje vozila i obuke vozača, doprinijela su padu broja prometnih nesreća za više od 50 % [10]. Iz slike 12., koja prikazuje liniju trenda kretanja broja smrtno stradalih osoba na cestama Europske Unije za razdoblje 2001.-2020. godine, jasno je vidljiv značajan pad broja poginulih 2010. godine u odnosu na 2001. godinu.



Slika 12. Linija trenda kretanja broja smrtno stradalih u EU

Izvor: [14]

Nakon 2009. godine kada je nastupio vrhunac ekonomske krize, sredstva za ulaganja u cestovnu infrastrukturu su se smanjila. Prema Međunarodnom transportnom forumu (*eng. International Transport Forum*), u posljednjih nekoliko godina, udio ulaganja u održavanje cesta se smanjuje u odnosu na ukupna uložena sredstva u cestovnu infrastrukturu. Usporedbe radi, u

ranim 2000-tima, postotak uložениh sredstava u održavanje ceste iznosio je 36 % od ukupnih ulaganja, dok je danas pao ispod 30 % [15].

Negativan trend u ulaganja u održavanje cesta ima utjecaj i na održavanje prometnih znakova, a rezultat toga je da se tehnički ne ispravni znakovi ne zamjenjuju novima. U Njemačkoj je na cestama 25 milijuna prometnih znakova. Procijenjeno je da 8 milijuna prometnih znakova, odnosno 33 % od ukupnog broja znakova, zbog nedostatka održavanja, ne ispunjava svoju zadaću, s time da je 25 % znakova starijih od 15 godina. U Francuskoj prosječna starost prometnih znakova iznosi 17 godina, a njihov vijek trajanja iznosi od 8 do 12 godina. Na državnim cestama u Republici Hrvatskoj nalazi se 149.435 prometnih znakova, a njih 28,88 % ne zadovoljava tehničku ispravnost, dok je njegova prosječna starost 8,5 godina. Prosječna starost je relativno mala u odnosu na onu koja je zabilježena u Francuskoj i Njemačkoj zbog većeg broja novoizgrađenih cesta. Posljedica navedenog je da 40-50 % znakova nema zadovoljavajući prometni učinak i nije u skladu s nacionalnim zakonodavnim zahtjevima [13].

S obzirom da su znakovi osnovna sredstva komunikacije između sudionika u prometu i cestovnih vlasti, zbog kompleksnosti prometnih nesreća vrlo je teško istražiti njihov utjecaj na sigurnost prometa. Usprkos tome, niz studija je pokazalo pozitivan učinak kvalitetnog održavanja prometnih znakova na opću sigurnost cestovnog prometa.

Zaklada za sigurnost u prometu u Ujedinjenom Kraljevstvu 2013. godine izdala je izvješće o praćenju stanja sigurnosti na glavnim mrežama cestovnih prometnica. Razdoblja istraživanja bila su od 2002. do 2006. i 2007. do 2011., a u izvješću su izneseni podaci analize prije-poslije na određenim dionicama cesta na kojima se pokazao najveći napredak u sigurnosti kroz ova dva perioda. Analizom se došlo do zaključka kako su prometni znakovi (bilo kao zamjena i poboljšanje postojećih znakova ili postavljanje novih) na sedam od deset analiziranih prometnica, jedan od faktora koji doprinosi sigurnosti što je dovelo do čak 87 % smanjenja ukupnog broja stradalih [13].

U Australiji je Ministarstvo prometa 2012. godine provelo naknadnu analizu svog Nacionalnog programa o crnim točkama. Obuhvaćeno je 1.599 projekata s crnim točkama u razdoblju od 1996. do 2003. godine. Procijenjeno je kako je program smanjio smrtna stradanja i broj ozlijeđenih na tretiranim lokacijama za 30 % te broj prometnih nesreća s materijalnom štetom za 26 %. U odnosu na mjere koje su provedene, prometni znakovi su se pokazali kao najpovoljniji, odnosno s najboljim odnosom troškova i koristi. Procijenjeni odnos troškova i koristi za znakove

koje označavaju prednost prolaska i znakove za vođenje prometa je 15:1 i 20:1, ovisno o financijskoj postavi projekta. Ostali zahvati vezani za prometne znakove s visokom stopom povrata su postavljanje znakova opasnosti i promjenjivih prometnih znakova, za koje je određen omjer troškova i koristi od 14 ili 9 s odgovarajućom diskontnom stopom [16].

Kao zaključak se može navesti da znakovi pridonose sigurnosti u prometu, ali i da su potrebna daljnja ispitivanja radi povećanja i poboljšanja njihovog učinka i povezanosti s prometnim nesrećama. Na usavršavanja i razvoj vertikalne prometne infrastrukture se ne smije štedjeti, jer samo jedan prometni znak koji je uočen na vrijeme, može spasiti barem jedan ljudski život.

5. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Kako je već ranije navedeno, sigurnost na cestama predstavlja glavni problem u cestovnom prometu koji se stalnim istraživanjima pokušava riješiti, dok na njega utječu niz međusobno povezanih čimbenika podijeljenih u tri osnovne skupine: čovjek, vozilo i cesta. Uzevši u obzir činjenicu da su ljudi po prirodi skloni pogreškama, ljudski faktor u prometu se dugo godina smatrao glavnim uzročnikom prometnih nesreća, ali se ne smije isključiti utjecaj vozila i ceste, zbog čijih nedostataka ljudska reakcija nije primjerena, te ugrožavaju sigurnost na cestama. Kako bi se ti nedostaci ispravili, cilj istraživanja je utvrditi na koji način prometna signalizacija utječe na ponašanje vozača, a time i na sigurnost cestovnog prometa.

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

5.1. Definiranje scenarija vožnje i metodologija provođenja istraživanja

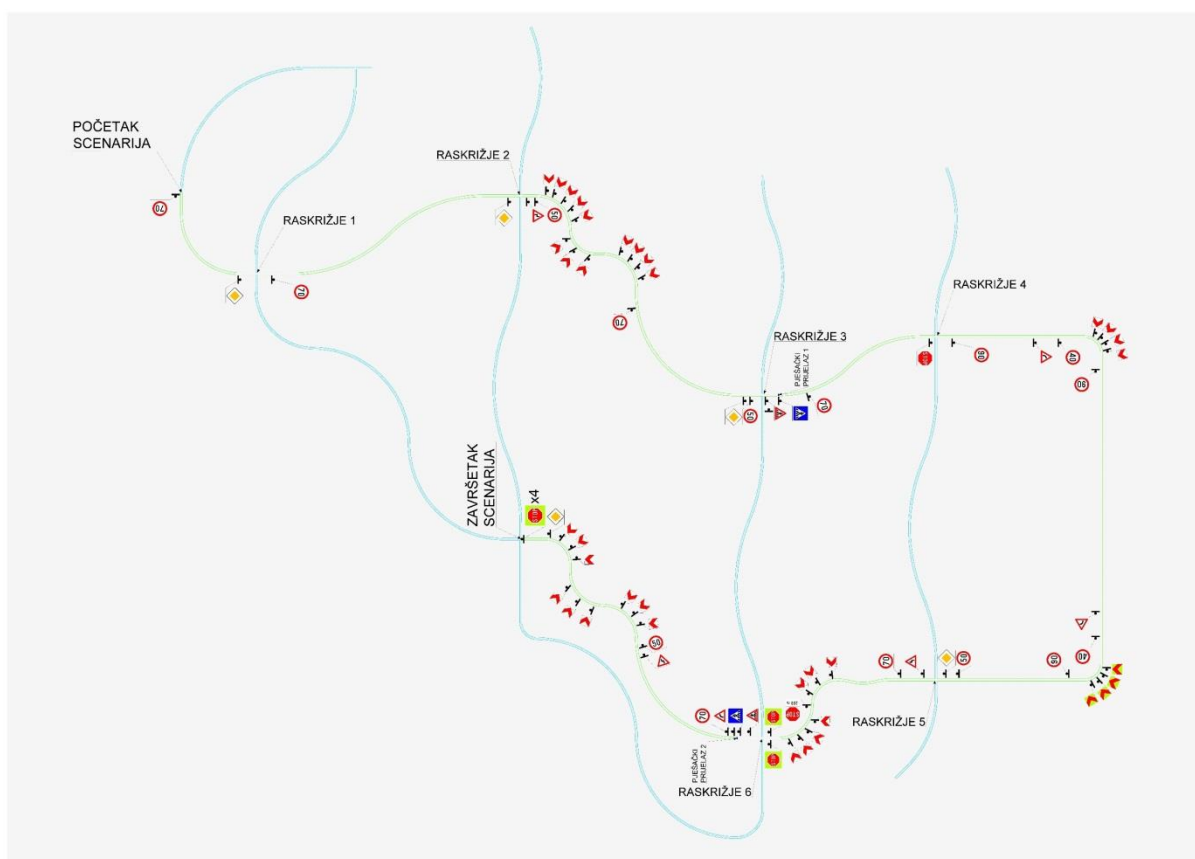
Scenarij koji se koristio u istraživanju bio je dizajniran kao dvosmjerna ulica s širinom kolnika od 6,50 m, odnosno širina jedne kolničke trake je iznosila 3,25 m. Ukupna duljina dionice iznosila je 6,61 km. Postojala su tri ograničenja brzine: 50 km/h, 70 km/h i 90 km/h. Ograničenje brzine od 50 km/h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

Tablica 2. Broj prometnih znakova po kategoriji u scenariju

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

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

U razdoblju od 2008. do 2017. godine prema podacima o prometnim nesrećama, najveći postotak u Republici Hrvatskoj zauzimaju prometne nesreće s materijalnom štetom (68,22 %), zatim slijede nesreće s minimalno jednom ozlijeđenom osobom (30,83 %), dok je najmanji broj nesreća sa smrtnim posljedicama (0,95 %). Budući da se 55 % svih nesreća u EU događa upravo na državnim i županijskim cestama, te prema izvršenoj analizi podataka za Republiku Hrvatsku, scenarij je kreiran na način da uključuje najčešće identificirane opasne situacije u RH. Slika 13. prikazuje cestovnu rutu korištena u scenariju.



Slika 13. Prikaz scenarija vožnje

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

Na početku istraživanja, ispitanicima je pojašnjena metodologija istraživanja no ne i cilj istog, kako se ne bi utjecalo na rezultate. Prikupljeni podaci su obuhvaćali: datum i godinu rođenja, spol, godinu stjecanja vozačke dozvole, vlastitu procjenu vozačke sposobnosti, sudjelovanje u prometnim nesrećama (kao vozači), učestalost vožnje, procjenu godišnje prijeđenih kilometara te eventualnih problema s vidnim sustavom (dioptrijske te ostale očne mane). Potrebno je napomenuti da je ispitanicima bilo naglašeno kako se ne ocjenjuje njihova vozačka sposobnost te da tijekom testiranja voze što prirodnije na način na koji se oni osjećaju ugodno. Svakom ispitaniku prije početka testiranja stavljene su naočale za praćenje pogleda, te mu je bila omogućena probna vožnja

na drukčijem scenariju kako bi se priviknuli na simulator i ostalu istraživačku opremu u svrhu dobivanja relevantnih podataka. Slikom 14. prikazan je način provođenja istraživanja.



Slika 14. Prikaz provođenja istraživanja: scenarij bez prometne signalizacije (lijevo); scenarij s prometnom signalizacijom (desno)

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

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

Tablica 3. Nazivi, definicije i jedinice varijabli

Naziv varijable	Definicija	Jedinica
Brzina vožnje	Promjena položaja objekta u jedinici vremena.	km/h
Akceleracija/deceleracija	Promjenu brzine u jedinici vremena.	m/s ²
Lateralni položaj	Položaj vozila određen udaljenošću od sredine prednjeg branika vozila do sredine desne rubne linije. Negativna vrijednost - pomak vozila je u desno (prema rubnoj liniji). Pozitivna vrijednost - pomak vozila prema sredini ceste (razdjelnoj liniji).	m
Fiksacije - broj i trajanje	Stanje oka kada je ono “mirno”, odnosno kada se privremeno umiri prilikom promatranja objekta ili riječi kod čitanja.	N i (ms)
Sakade - broj i trajanje	Kretanje oka između dvije fiksacije.	N i (ms)

5.3. Istraživačka oprema

Kao što je već ranije naglašeno, za potrebe ovog istraživanja korištena je suvremena istraživačka oprema u vidu simulatora vožnje i naočala za praćenje pogleda. U narednim poglavljima bit će opisane osnovne karakteristike korištene opreme.

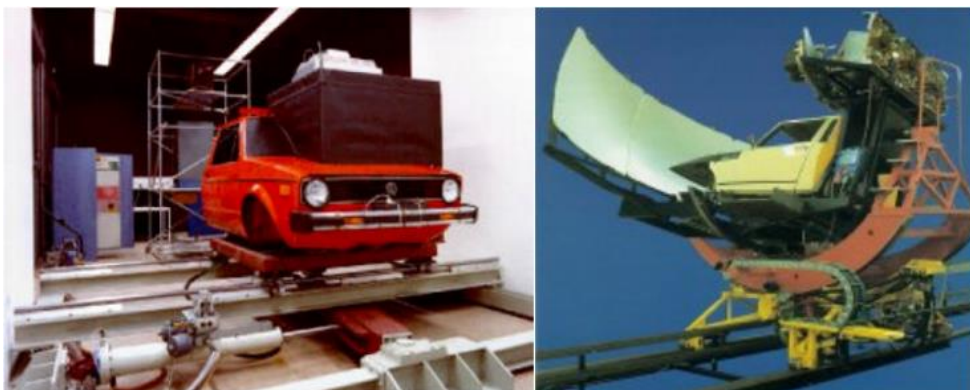
5.3.1. Općenito o simulatoru vožnje

Povijesni razvoj simulatora započeo je prije Dugog Svjetskog rata u svrhu obuke pilota zrakoplovstva, te općenito za istraživanja i zabavu. Budući da je za trening obuke pilota u stvarnim avionima značio znatno veći trošak, rizik i opasnost za pilote početnike, javlja se potreba za proizvodnjom simulatora. Prvi simulator za obuku pilota je izumljen početkom 20. stoljeća, te je prethodio razvoju drugih u iste ili slične svrhe [17].

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

Naglim razvojem prometa te sve veća izgradnja, odnosno potrebe za izgradnjom cesta, mostova i tunela, javlja se potreba i za simulatorom vožnje u cestovnom prometu. Simulatori za ispitivanje vožnje na autocestama počeli su se proizvoditi 1950-ih godina. Zbog nedostatka tehnologije i virtualnih prikaza, proizvodnja simulatora je zastala tijekom 1960-ih godina nakon čega je u stalnom porastu [17].

Prvi suvremeni simulator vožnje za cestovni promet proizveden je početkom 1970-ih godina te je imao jedan zaslon ispred vjetrobranskog stakla Volkswagen vozila (Slika 15.). Potaknuti njemačkim izumom, ubrzo nakon toga je u Švedskoj i Nizozemskoj započeo razvoj novog i složenog dizajna simulatora vožnje s većinom karakteristika današnjih simulatora [17].



Slika 15. Prvi simulator vožnje (lijevo) i novi dizajn simulatora vožnje (desno)

Izvor: [17]

Daljnji razvoj simulatora doveo je do pojave različitih verzija pri čemu je svaki imao drugačiju topologiju, te tako postoje [17]:

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

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

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

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

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

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

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

U današnjim istraživanjima zbog prethodno navedenih razloga, simulatori vožnje koriste se u različitim područjima kao što su:

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

- farmakologije (učinci alkohola i droga na ponašanje vozača).

5.3.2. Simulator vožnje korišten u istraživanju

Simulator vožnje koji se koristio u ovom istraživanju je statični simulator tvrtke Carnetsoft B. V. Simulator se sastoji od vozačkog dijela (sjedalo s pedalama, upravljačem i mjenjačem), te tri međusobno povezana zaslona, veličine 30" i rezolucije 5760x1080 na kojem se prikazuje određeni scenarij, te se pruža interaktivni prikaz stvarnosti s 210° okoline preko šest kanala (lijevi, srednji i desni pogled plus tri retrovizora na svakom monitoru). Simulacijski softver pokreće operacijski sustav Windows 10 (64 bita) na računalu koje sadrži 8 GB unutarnje memorije i 4 GB memorije za pohranu videa [18].

Scenarij se prikazuje na tri povezana zaslona od koji središnji sadrži najviše informacija te je ključan za provedbu simulacije. Sva tri zaslona daju mogućnost pogleda izvan vozila kao i praćenje prometa iza vozila retrovizorima. Na središnjem zaslonu nalazi se pokazatelj ubrzanja, brojač okretaja, pokazatelj razine goriva u spremniku, lijevi i desni pokazivač smjera, pokazivač osvjetljenja ceste i pokazatelj korištenja parkirne kočnice. Simulator vožnje korišten za potrebe ovog istraživanja prikazan je na slici 16.



Slika 16. Prikaz simulatora vožnje korištenog u provedenom istraživanju

5.3.3. *Metoda praćenja oka (Eye Tracking)*

Osim simulatora vožnje koji korišten kao reprezentativan alat za istraživanje ponašanja vozača u različitim prometnim situacijama, korištene su i naočale kojima se bilježi kretanje pogleda vozača tijekom vožnje. U prometu su preko 90 % informacija vizualnog karaktera, pri čemu bi se provođenjem metode praćenja pogleda vozača u velikoj bi mjeri donijelo saznanja na što vozač usmjerava pažnju i koji mu se objekti nalaze u fokusu tijekom vožnje.

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

Postoje dvije vrste metoda za mjerenje pomaka oka, nametljive i nenametljive. Nametljive su bile preciznije od nenametljivih, ali su zahtijevale posebnu opremu i fizički kontakt s ispitanikom. Jedna od nametljivih metoda bilo je postavljanje elektroda na kožu ispitanika u blizini oka, pri čemu bi elektrode bilježile pomak oka. Druga, također nametljiva metoda, bila je postavljanje leće spojene s žicom u oko ispitanika. Iako je bila vrlo precizna, danas se koristi samo u laboratorijske svrhe.

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

Prvu nenametljivi uređaj za praćenja pogleda je izumio Guy Thomas Buswell koristeći svjetlosne zrake koje su se reflektirale u oku i snimale na film [19]. Iako su prvi uređaji imali visoku preciznost, ujedno su bili i neudobni za korištenje, stoga su se početkom 20. stoljeća razvili uređaji i metode koji su se oslanjali na fotografiju i refleksiju oka od rožnice.

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

5.3.4. Oprema korištena kod metode praćenja oka

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

Osnovni elementi sustava čine naočale s instaliranim kamerama, uređaj za snimanje i računalna jedinica s instaliranim softverom u kojem se snimaju, bilježe i pohranjuju prikupljeni podaci. Naočale čine osnovni dio sustava budući da se njima preko postavljenih kamera snima svaki pokret oka ispitanika, a dizajnom gotovo da odgovaraju klasičnim dioptrijskim naočalama. One sadrže četiri kamere za snimanje oka (za svako oko po dvije) te četiri senzora (žiroskop i akcelometar). Kamerom postavljenom na prednjoj strani naočala omogućeno je snimanje prostora ispred ispitanika s HD rezolucijom od 1920x1080 piksela, dok su preostale kamere koje snimaju kretanje oka postavljene u leći naočala. Osim kamera, naočale sadrže i mikrofonom kojim je moguće snimiti zvuk prilikom ispitivanja čime se omogućuje detaljna obrada viđenog popraćena ispitanikovim komentarima. Kako bi naočale mogle prikupljati i bilježiti podatke, one moraju biti spojene s glavnim uređajem za snimanje u kojem se nalazi memorijska (SD) kartica na kojoj ostaje trajan zapis provedenog ispitivanja [20]. Tobii Pro Glasses 2 naočale korištene u ovom istraživanju prikazane su na slici 17.



Slika 17. Naočale za praćenje pogleda Tobii Pro Glasses 2

Izvor: [19]

Glavni uređaj (Slika 18.) žično je povezan s naočalama za praćenje pogleda te se napaja punjivim Li-ionskim baterijama čime je omogućeno njegovo korištenje u raznim uvjetima i realnim situacijama. Navedeni sustav podrazumijeva i instalacijski alat postavljen na računalnoj jedinici koji je izravno povezan s glavnim uređajem. Za kontrolu snimanja, kalibraciju i uvid u usmjerenost pogleda ispitanika u realnom vremenu koristi se prijenosno računalo [20].



Slika 18. Glavni uređaj za snimanje i pohranu podatak Tobii Pro Glasses 2

Izvor: [19]

6. ANALIZA PERCEPCIJA PROMETNIH ZNAKOVA I PONAŠANJA VOZAČA

Kako je u prethodnom poglavlju već navedeno, ispitanici su vozili isti scenarij dva puta. U prvoj vožnji nije bilo elemenata prometne signalizacije, odnosno prometnih znakova, dok su u drugoj vožnji oni bili prisutni. Tijekom obje vožnje prikupljali su se podaci o brzini vožnje, ubrzanju i deceleraciji te podaci o očnim pokretima ispitanika (fiksacija i sakade). Statistički obrađeni rezultati prikazani su u nadolazećim poglavljima.

6.1. Deskriptivna analiza podataka ispitanika

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

Navedeni uzorak ispitanika uzet je s obzirom na činjenicu da su u periodu od 2013. do 2017. godine najviše prometnih nesreća (20 % od ukupnog broja nesreća) skrivili mlađi vozači između 25 i 34 godine starosti, što ih čini najrizičnijom skupinom u prometu s obzirom na dob [17]. Razlog tomu je činjenica da su mlađi vozači u određenoj mjeri neiskusni, neoprezni te skloni precjenjivanju i dokazivanju zbog čega dovode u pitanje vlastitu sigurnost i sigurnost ostalih sudionika u prometu. Dokaz navedenome je i činjenica da su ispitanici svoje vozačku sposobnost ocijenili u prosjeku s ocjenom 4,22¹ iako 40,62 % ispitanika vozi nekoliko puta tjedno (28,13 %) ili nekoliko puta mjesečno (12,50 %). Prema vlastitoj procjeni, ispitanici u prosjeku prelaze 10.468,75 kilometara automobilom godišnje.

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

U tablici 4. prikazani su navedeni podaci za sve ispitanike.

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

Tablica 4. Podaci o ispitanicima

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

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

6.2. Analiza podataka dobivenih u simulatoru

U prvoj vožnji u kojoj prometni znakovi nisu bili prisutni, ispitanici su u prosjeku vozili 58,63 km/h ($SD = 8,66$) te su tijekom vožnje vremenski dulje pozicionirali vozilo bliže desnom

rubu ceste (u prosjeku 4,11 minute od ukupne vožnje) kako bi izbjegli frontalni sudar s vozilima iz suprotnog smjera. Malo više od 40 % vremena vožnje (2,78 min u prosjeku) ispitanici su se vozilom pozicionirali bliže sredini ceste. Zbog rizičnijeg ponašanja ispitanika tijekom prve vožnje bez prometnih znakova korelacija između brzine vožnje i deceleracije je pozitivna (Spermanov koeficijent korelacije uz $p < 0,05$: 0,443). Ovaj podatak nam govori da su ispitanici s povećanjem brzine vožnje više i naglije usporavali, odnosno nisu dobivali dovoljno informacija tijekom vožnje pa im se javljao osjećaj nesigurnosti.

Tijekom druge vožnje kada su prometni znakovi bili prisutni, ispitanici su vozili stabilnije, sigurnije što znači da su prometni znakovi pružali dovoljno informacija o situaciji na cesti. Na temelju toga, zabilježena je pozitivna korelacija između brzine vožnje i deceleracije kao i u prvoj vožnji (Spermanov koeficijent korelacije uz $p < 0,05$: 0,450), te su ispitanici vozili sporije, u prosjeku 52,49 km/h ($SD = 5,90$) čime su prilagodili svoje ponašanje nadolazećoj situaciji.

Statistička značajnost dobivenih rezultata prve i druge vožnje ispitana je primjenom *t-testa*. *T-test* je statistički test kojim se ispituje značajnost razlike između aritmetičkih sredina dvaju uzoraka. S obzirom da su isti ispitanici vozili iste scenarije korišten je *t-test* zavisnih uzoraka [21]. Rezultati *t-testa* potvrđuju da postoji statistički značajna razlika između brzine vožnje između prve i druge vožnje, odnosno kada je na cesti bilo prometnih znakova u odnosu kada istih nije bilo. Statistički značajna razlika tijekom dviju vožnji nije zabilježena kod varijabli akceleracija i deceleracija. Rezultati su prikazani u tablici 5.

Tablica 5. Rezultati *t-testa*

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

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

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

Manjak informacija čiji je uzrok nedostatak prometnih znakova i veća brzina tijekom prve su vožnje prouzročili i više grešaka ispitanika. Ukupno je zabilježeno 14 prometnih nesreća tijekom prve vožnje kategoriziranih kao: frontalni sudar, nalet na vozilo u raskrižju, slijetanje s ceste u zavoju te nalet na pješaka. Tijekom druge vožnje kada su ispitanici pravovremeno dobivali informacije putem prometnih znakova, broj nesreća je smanjen za 78,57 % (ukupno su se dogodile tri prometne nesreće), a koje su kategorizirane kao: slijetanje s ceste u zavoju. Prikaz navedenih rezultata nalazi se u tablici 6.

Tablica 6. Rezultati zaustavljanja ispitanika na raskrižjima i pješačkim prijelazima

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

6.3. Analiza rezultata podataka prikupljenih metodom praćenja pogleda vozača

Primjenom Tobii Pro naočala za praćenje pogleda vozača prikupljeni su podaci vezani uz specifične pokrete oka tijekom obje vožnje. Iz rezultata *t-testa* zavisnih uzoraka, prikazanih u tablici 9., vidljivo je da postoji statistički značajna razlika broja fiksacija, trajanja fiksacija te broja sakada između prve i druge vožnje. Treba napomenuti da jedino kod varijable trajanje sakada nije zabilježena statistički značajna razlika. Iz navedenih rezultata vidljivo je da su ispitanici tijekom druge vožnje imali značajno veći broj fiksacija oka u odnosu na prvu vožnju. Kako su tijekom druge vožnje prometni znakovi bili prisutni, može se zaključiti da su ispitanici imali aktivnije oko te su pogled više fiksirali na prometne znakove, cestu i okolinu s ciljem prikupljanja što većeg broja informacija nužnih za sigurno praćenje putanje ceste. S druge strane, trajanje fiksacija tijekom prve vožnje je bilo statistički značajno duže u odnosu na drugu vožnju, što ukazuje na to da su se ispitanici tijekom vožnje scenarijem bez prometnih znakova duže fokusirali na pojedine elemente ceste i okoline, koje su mogli barem donekle vidjeti, kako bi prikupili informacije o nadolazećoj situaciji. Kako su sakade pokreti oka između dviju fiksacija, njihov je broj tijekom druge vožnje također bio veći u odnosu na prvu vožnju, što potvrđuje zaključak da su ispitanici aktivnije vizualno „skenirali“ okolinu. Trajanje sakada u određenoj mjeri ovisi o brzini pokreta oka i željenoj točki fiksacije. Naime, ukoliko se čovjek fiksira na određenu točku s desne strane

vidnog polja te se zatim fiksira na točku na suprotnoj strani vidnog polja, trajanje sakade između navedene dvije fiksacije bit će duže. Sukladno tomu i rezultatima koji pokazuju ne postojanje statistički značajne razlike između trajanja sakada tijekom prve i druge vožnje, može se zaključiti da su vozači pogled u najvećoj mjeri, usmjeravali na relativno isti prostor unutar vidnog polja, odnosno da se način njihova vizualnog pregledavanja okoline nije promijenio.

Tablica 7. Rezultati *t*-testa očnih pokreta ispitanika

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

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

Tijekom druge vožnje, u kojoj su prometni znakovi bili prisutni, ispitanici su u prosjeku pogledali 54,38 % ($Min = 10,91$ %, $Max = 81,82$ %, $SD = 15,23$ %) od ukupno 55 prometnih znakova postavljenih na ruti (Tablica 10.). Iako su ispitanici usmjerili pogled, u prosjeku na više od polovice znakova, to ne znači da su značenje istih percipirali, s obzirom da je za percepciju

određenog objekta, osim usmjeravanja pogleda na njega, nužna i aktivna pažnja [22]. Kako bi se provjerilo koliko su ispitanici svjesni znakova na cesti, tijekom druge vožnje nasumično su im postavljana pitanja vezana uz značenje određenog znaka (stop, opasan zavoj, ograničenje brzine itd.) ili boje znaka (boja ploča za označavanje opasnih zavoja K12 i K14). Pitanja su postavljana nakon kraćeg vremenskog perioda nakon što su ispitanici prošli pored znaka. Od ukupno 260 postavljenih pitanja (u prosjeku 8,13 pitanja po ispitaniku), ispitanici su točno odgovorili na njih 195, odnosno 75 % (u prosjeku 6,09 po ispitaniku), čime se potvrđuje da su ispitanici zaista percipirali znakove. Tablica 8. prikazuje postotak točno odgovorenih pitanja svakog ispitanika.

Tablica 8. Postotak točno odgovorenih pitanja svakog ispitanika

Oznaka ispitanika	Postotni udio pogledanih prometnih znakova (%)
S01	30,91
S02	54,55
S03	81,82
S04	56,36
S05	21,82
S06	60,00
S07	54,55
S08	61,82
S09	78,18
S10	70,91
S11	65,45
S12	67,27
S13	76,36
S14	45,45
S15	58,18
S16	58,18
S17	50,91
S18	49,09
S19	50,91
S20	34,55
S21	61,82
S22	61,82
S23	50,91
S24	36,36

S25	67,27
S26	60,00
S27	54,55
S28	61,82
S29	58,18
S30	45,45
S31	43,64
S32	10,91
Aritmetička sredina	54,38

Prema prethodno navedenim podacima se može zaključiti da su ispitanici tijekom prve vožnje manje vizualno „skenirali“ okolinu, odnosno da su imali pasivnije (manji broj i duže trajanje fiksacija te manji broj sakada) oko. S obzirom da su tijekom obje vožnje simulirani noćni uvjeti, ispitanici tijekom prve vožnje nisu imali prometne znakove kao izvor informacija potrebnih za praćenje rute i prilagođavanje ponašanja nadolazećim uvjetima zbog čega su pogled najviše usmjeravali na prostor unutar centralnog vidnog polja. S druge strane, tijekom druge vožnje ispitanici su imali više kraćih fiksacija usmjeravajući pogled na prometne znakove te su tako prikupljali informacije potrebne za siguran nastavak vožnje. Imali su osjećaj sigurnosti, znali su što ih očekuje te su samim time bili opušteniji i imali manji rizik od pogrešnih odluka koje bi dovele do ugrožavanja sigurnosti i nastanka prometnih nesreća. Zaključno, ovim istraživanjem se pokazalo da su prometni znakovi jedni od bitnih elemenata u cestovnom prometu, koji povećavaju sigurnost i sprječavaju nastanak prometnih nesreća.

7. ZAKLJUČAK

Prometni znakovi su od velike važnosti za sve sudionike u prometu. Njihova im prisutnost pomaže u otkrivanju potencijalnih opasnosti i općenito stanja na cestama prilikom putovanja. Kako bi se takve opasnosti na vrijeme izbjegle, veliku ulogu ima vizualna percepcija. To je složen nesvjesni proces aktivnog prikupljanja, organiziranja i interpretiranja primljenih osjetnih informacija i već postojećih informacija koji omogućuju pojedincu upoznavanje i prepoznavanje značenja predmeta, pojava i događaja u okolini. Taj nam proces pomaže u pravovremenom uočavanju prometnih znakova koji sprječavaju nastanak prometnih nesreća. Ponekad se prometna nesreća ne može izbjeći, a kao glavni krivac navodi se ljudska pogreška, odnosno čovjek. Osim čovjeka, sigurnost u prometu ugrožavaju i vozilo i cesta. Percepcija prometnih znakova je od velike važnosti kako bi se osigurala vožnja svih sudionika u prometu. Vozač uoči prometni znak koji nadolazi, te postupa u skladu sa porukom koju mu šalje. Prema današnjim istraživanjima, vozači percipiraju oko 52,35 % prometnih znakova na svojoj ruti putovanja. U usporedbi sa starijim istraživanjima ovaj postotak je nešto manji, a razlog tome je korištenje modernije i sofisticiranije opreme. U pokušaju da se takvi događaji spriječe, provodi se sve veći broj istraživanja, a jedno takvo provedeno je u ovome radu. Cilj ovog rada je istražiti kako vozači percipiraju prometne znakove i otkriti njihov utjecaj na ponašanje vozača u noćnim uvjetima.

U noćnim uvjetima vozačeve sposobnosti da jasno vidi i da na vrijeme prepozna situaciju su smanjene. Oči vozača su izložene puno većem naporu, dolazi do zaslepljivanja od svjetala vozila iz suprotnog smjera ili vozila iza te je vidljivost ispred vozila ograničena. Ponekad se pogrešno procjenjuju razmak i brzina vozila koje nailazi iz suprotnog smjera što može uzrokovati pogrešne procjene prilikom pretjecanja, obilaženja ili mimoilaženja.

U ovom istraživanju korišten je simulator vožnje te naočale za praćenje pogleda vozača. Simulator vožnje je ispitanicima omogućio virtualan prikaz stvarne situacije, ali sa sobom nije nosio opasnosti po ispitanike. Ispitanici koji su sudjelovali u istraživanju su mlađi vozači, studenti Cestovnog prometa Fakulteta prometnih znanosti, čiji je prosjek godina 25, a razlog tome je što danas najviše prometnih nesreća uzrokuju baš takvi vozači zbog svog neiskustva. Želja za dokazivanjem, alkohol i brzina najčešći su uzroci nastanka prometnih nesreća kod mladih koje donose katastrofalne ishode. Na simulatoru vožnje simulirane su dvije vožnje istom trasom u noćnim uvjetima. Prva vožnja nije sadržavala prometne znakove, dok su u drugoj vožnji prometni

znakovi bili prisutni. Tijekom druge vožnje, ispitanicima su nasumično postavljena pitanja o znakovima koje su neposredno prošli, kako bi se istražilo koliko su prometnih znakova percipirali. Pomoću simulatora su ispitani osnovni parametri vožnje kao što su brzina, ubrzanje i usporenje. Naočalama za praćenje pogleda vozača ispitivale su se reakcije vozača, odnosno broj i trajanje fiksacija i sakada, pomogle su u otkrivanju broja percipiranih znakova.

Rezultati istraživanja su pokazali da su vozači tijekom prve vožnje, u kojoj nije bilo prometnih znakova, vozili osjetno brže u odnosu na drugu vožnju. Točnije, tijekom prve vožnje prosječna brzina je bila 58,63 km/h, dok je tijekom druge vožnje brzina kretanja bila 52,49 km/h, što znači da je brzina prve vožnje za 11,7 % veća od brzine druge vožnje. Osim brzine, promatrano je ponašanje vozača na križanjima prometnih tokova. Obje vožnje sadržavale su ukupno šest različitih raskrižja, pri čemu je na svakom raskrižju promet u oba smjera bio aktivan. Na četiri raskrižja u drugoj vožnji, vozači su imali prednost prolaska. Iz obrađenih podataka utvrđeno je da je većina ispitanika poštivala prometne znakove tijekom druge vožnje i na samim raskrižjima. U prvoj vožnji kada prometni znakovi nisu bili prisutni, ispitanici na raskrižjima nisu znali jesu li na privozu s prednošću prolaska ili na sporednom privozu. Zbog toga se vozači nisu zaustavljali na raskrižjima, iz čega slijedi da je tijekom druge vožnje broj pogrešaka bio za 78,57 % manji u odnosu na prvu vožnju.

Prema svemu navedenom, prometni znakovi pozitivno djeluju na sudionike u prometu što se vidi u dobivenim podacima prve vožnje, gdje su vozači aktivno pretraživali okolinu i pokušali dobiti informacije o cesti po kojoj se kreću, vozili su brže i radili veći broj pogrešaka zbog nedostatka informacija i neznanja o tome što ih čeka. Na raskrižjima je zabilježeno 71 zaustavljanje od ukupno 192, što dokazuje da ispitanici bez prometnih znakova nisu znali prometnu situaciju. Velika brzina i nedostatak prometnih znakova u prvoj su vožnji prouzročili 14 prometnih nesreća pri čemu se vidi da je manjak informacija dovelo do grešaka ispitanika. U drugoj su vožnji uz prisustvo prometnih znakova, vozači bili sigurniji, opušteniji, što znači da su radili manji broj ili gotovo nikakve pogreške. Navedeno pokazuju i rezultati prema kojima se samo jedan ispitanik nije zaustavio na raskrižju označenom znakom stop, a na drugom raskrižju su se svi ispitanici zaustavili. Broj prometnih nesreća u odnosu na prvu vožnju smanjen je na 3 prometne nesreće što je još jedan dokaz da su ispitanici kada su dobili informacije u pravovremenom trenutku, reagirali na pravovremenom reakcijom.

Utjecaj prometnih znakovi na vozače noću je velik i to u slučaju kada vozači ne mogu doći do bitnih informacija zbog niske razine osvijetljenosti, oni smiruju vozača, pružaju mu osjećaj sigurnosti i smanjuju broj potencijalnih pogrešaka. U situacijama kada prometnih znakova nema, nema ni informacija koje bi pomogle vozačima u procjeni situacije te se u takvim slučajevima vozači kreću oslanjajući se na vlastitu procjenu, što često dovodi do pogrešaka. Prilikom putovanja dovoljno je pažnju usmjeriti na prometne znakove koji će dati dovoljan broj informacija za sigurnu i opuštenu vožnju.

LITERATURA

- [1] E. Bruce Goldstein, Sensation and Perception, 7th ed., Thomson Wadsworth, 2007.
- [2] URL: <https://revijahak.hr/2018/11/27/vozimo-u-mraku-svjetla-na-osnovnim-modelima-automobila-su-losa/> (rujan 2019.)
- [3] Babić Dario, Babić Darko, Ščukanec A.: The impact of road familiarity on the perception of traffic signs – eye tracking case study, Department for Traffic Signalization, Faculty of Transport and Traffic Sciences, University of Zagreb, Croatia
- [4] Wendy A. Macdonald, Errol R. Hoffmann: Drivers' awareness of traffic sign information, Australia, 1991.
- [5] Borowsky A., Shinar D., Parmet Y.: Sign location, sign recognition, and driver expectancies, Israel, 2008.
- [6] Summala H., Hietamäki J.: Driver's immediate responses to traffic signs, Finska, 1984.
- [7] Topolšek D., Areh I., Cvahte T.: Examination of driver detection of roadside traffic signs and advertisements using eye tracking, Slovenija, 2016.
- [8] Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cesti (NN 33/05, 64/05, 155/05, 14/11)
- [9] Nastavni materijali iz kolegija Prometna signalizacija, 2019.
- [10] Ščukanec A.: Primjena retroreflektirajućih materijala u funkciji cestovnoprometne sigurnosti, Zagreb, 2003.
- [11] Ščukanec A.: Autorizirana predavanja iz kolegija Vizualne informacije u prometu, Zagreb, 2016./2017
- [12] Milošević, S.: Percepcija saobraćajnih znakova; Saobraćajni fakultet, Beograd, Srbija, 2015.
- [13] European Union Road Federation. Improved Signage for Better Roads. Bruxelles, 2015.
- [14] URL: https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/move-affiche-hoz_en_2018_debord.png; rujan 2019.

- [15] International Transport Forum. Spending on Transport Infrastructure: Trends, Policies, Data, 2013.
- [16] Australian Government. Bureau of Infrastructure and Transport. Evaluation of the National Black Spot Program. Department of Infrastructure and Transport, Canberra, 2012.
- [17] Petr Bouchner (2006.): Interactive Driving Simulators - History, Design and their Utilization in area of HMI Research; International journal of systems applications, engineering & development
- [18] URL: <https://cs-driving-simulator.com/> (rujan 2019.)
- [19] Buswell G. (1922.): Fundamental reading habits: A study of their development; The University of Chicago, SAD
- [20] URL: <https://www.tobiipro.com/product-listing/tobii-pro-glasses-2/#Features> (kolovoz 2019.)
- [21] Petz, B., Kolesarić, V., Ivanec, D. (2012.): Petzova statistika; Naklada Slap; ISBN: 978-953-191-759-9
- [22] Green, M., Allen, M. J., Abrams, B. S., Weintraub, L. (2008.): Forensic vision with application to highway safety; Third edition; Lawyers & Judges Publishing Company, Tuscon, SAD; ISBN: 978-1-933264-54-7

POPIS SLIKA I TABLICA

Popis slika:

Slika 1. Perceptivni proces.....	5
Slika 2. Slaba vidljivost noću.....	6
Slika 3. Faze percepcije prometnog znaka.....	14
Slika 4. Turistička signalizacija zaklonjena krošnjom drveta u gradu Kutini	15
Slika 5. Sastavni dijelovi prometnog znaka.....	17
Slika 6. Prikaz retrorefleksije.....	18
Slika 7. Prizmatična i sferična retrorefleksija	19
Slika 8. Materijal klase I	20
Slika 9. Materijal klase II.....	21
Slika 10. Materijal klase III	22
Slika 11. Pogled na cestu iz perspektive mladih i starijih vozača	24
Slika 12. Linija trenda kretanja broja smrtno stradalih u EU	24
Slika 13. Prikaz scenarija vožnje	29
Slika 14. Prikaz provođenja istraživanja: scenarij bez prometne signalizacije (lijevo); scenarij s prometnom signalizacijom (desno).....	30
Slika 15. Prvi simulator vožnje (lijevo) i novi dizajn simulatora vožnje (desno).....	32
Slika 16. Prikaz simulatora vožnje korištenog u provedenom istraživanju	34
Slika 17. Naočale za praćenje pogleda Tobii Pro Glasses 2	36
Slika 18. Glavni uređaj za snimanje i pohranu podatak Tobii Pro Glasses 2	37

Popis tablica:

Tablica 1. Dimenzije prometnih znakova prema mjestu postavljanja	10
Tablica 2. Broj prometnih znakova po kategoriji u scenariju	28
Tablica 3. Nazivi, definicije i jedinice varijabli.....	31
Tablica 4. Podaci o ispitanicima	39
Tablica 5. Rezultati <i>t</i> -testa	40
Tablica 6. Rezultati zaustavljanja ispitanika na raskrižjima i pješačkim prijelazima.....	42
Tablica 7. Rezultati <i>t</i> -testa očnih pokreta ispitanika.....	43
Tablica 8. Postotak točno odgovorenih pitanja svakog ispitanika	44