Analiza prepoznavanja značenja prometnih znakova primjenom sustava za praćenje oka vozača

Tremski, Štefica

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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:119:386422

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Štefica Tremski

ANALIZA PREPOZNAVANJA ZNAČENJA PROMETNIH ZNAKOVA PRIMJENOM SUSTAVA ZA PRAĆENJE OKA VOZAČA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2016.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

ANALIZA PREPOZNAVANJA ZNAČENJA PROMETNIH ZNAKOVA PRIMJENOM SUSTAVA ZA PRAĆENJE OKA VOZAČA

ANALYSIS OF THE TRAFFIC SIGNS PERCEPTION USING THE METHOD OF MONTORING THE DRIVER'S EYES

Mentor: Doc. dr. sc. Darko Babić

Student: Štefica Tremski
JMBAG: 0135219240

Zagreb, 2016.

SAŽETAK

Prometni znakovi obavještavaju vozače o stanju na cestama, opasnostima, ograničenjima te drugim informacijama potrebnim za njihovo sigurno kretanje prometnicama. Prijenos informacija sudionicima u prometu putem prometnih znakova ovisi o kvaliteti prometnog znaka, izraženoj putem snage retrorefleksije. Osim toga, važan je i položaj lokacije znaka u odnosu na smjer kretanja vozila. Pravovremeno uočavanje prometnog znaka veliki je faktor za sigurno odvijanje prometa. Percepcija je složeni nesvjesni proces aktivnog prikupljanja, organiziranja i interpretiranja primljenih osjetnih informacija i već postojećih informacija koje omogućuju pojedincu upoznavanja i prepoznavanje značenja predmeta, pojava i događaja u okolini. U radu je potrebno pojasniti pojam vizualne percepcije te što je metoda praćenja oka vozača i kako se ona provodi. Primjenom sustava za praćenje oka vozača provedeno je istraživanje u laboratorijskim uvjetima u prostorijama Zavoda za prometnu signalizaciju, Fakulteta prometnih znanosti. Metodom je potrebno analizirati vozačevu percepciju prometnog znaka, koliko dobro vozači razlikuju znakove opasnosti, obavijesti i izričitih naredbi te donijeti zaključak o čimbenicima koji utječu na uočavanje i pravovremeno razumijevanje znaka.

KLJUČNE RIJEČI: *prometni znakovi; retrorefleksija; razumijevanje; metoda praćenja oka vozača*

SUMARY

Traffic signs inform drivers about the road conditions, risks, limitations and other information necessary for their safe movement on roads. Transfer of information to the road users using traffic signs depends on the quality of the traffic sign, expressed through the power of retroreflection. Besides that, a very important thing is a sign position in relation to the traveling direction. Timely recognition of traffic sign is a significant factor for the traffic safety. Perception is a complex unconscious process of active collecting, organizing and interpreting received sensory data and already existing information that enable the individual to explore and identify the meaning of objects, phenomena and events in the environment. In this diploma thesis, the concept of visual perception and the methods of monitoring the driver's eyes and how it's implemented will be explained. By applying the system for driver's eyes tracking, a research was conducted in the laboratory at the Department of Traffic Signalization, Faculty of Transport and Traffic Sciences. Using the eye tracking method, the driver's perception of the traffic sign has been analyzed. Also, in this thesis has been analyzed

how well the drivers differ danger, notification and prohibitory signs. In the final part of the thesis a conclusion about the factors that influence the identification and timely understanding of the traffic signs will be given.
KEY WORDS: *traffic signs; retroreflection; understanding; method of monitoring the eye of drivers*

SADRŽAJ

1. UVOD 1

2. OSNOVNI POJMOVI O PROMETNIM ZNAKOVIMA 3

2.1. Povijest prometnih znakova 4

2.2. Podjela prometnih znakova 6

2.3. Izrada, postavljanje i održavanje prometnih znakova 8

3. MATERIJALI ZA IZRADU PROMETNIH ZNAKOVA 15

3.1. Retroreflektirajući materijali za izradu prometnih znakova 16

3.1.1. Materijal Klase I- Engineer Grade 16

3.1.2. Materijal Klase II- High Intensity Grade 17

3.1.3. Materijal Klase III- Diamond Grade 18

4. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA VEZANIH NA RAZUMIJEVANJE PROMETNE SIGNALIZACIJE 20

5. PRIMJENA SUSTAVA ZA PRAĆENJE OKA VOZAČA PRI ISTRAŽIVANJU RAZUMIJEVANJA PROMETNIH ZNAKOVA 23

5.1. Sustav za praćenja pogleda Tobii Pro Glasses 23

5.2. Postupak provođenja istraživanja 25

6. REZULTATI PROVOĐENJA ISTRAŽIVANJA SUSTAVOM ZA PRAĆENJE OKA VOZAČA 32

LITERATURA 42

POPIS TABLICA 44

POPIS SLIKA 44

POPIS GRAFIKONA 44

1. UVOD

Sigurnost u cestovnom prometu bitna je odrednica svake države. Da bi se izbjegle prometne nesreće i smanjio broj stradalih osoba potrebno je povećati mjere sigurnosti u prometu primjenom horizontalne i vertikalne prometne signalizacije. U Republici Hrvatskoj sva prometna signalizacija izrađuje se i postavlja sukladno Pravilniku o prometnim znakovima signalizaciji i opremi na cestama (NN Pravilnik 33/2005 i 155/2005).

Prometni znakovi upozoravaju sudionike u prometu na opasnost koja im prijeti na određenoj cesti ili dijelu ceste, stavljaju do znanja ograničenja, zabrane i obveze kojih se moraju pridržavati i daju potrebne obavijesti za siguran i nesmetan tok prometa. Prometni znakovi postavljaju se na određenoj visini i udaljenosti kako bi ih sudionici u prometu mogli na vrijeme uočiti i pravovremeno postupiti u skladu s njihovim značenjem. Pridonose povećanju sigurnosti cestovnog prometa te moraju imati dobra retroreflektirajuća svojstva koja omogućuju dobru uočljivost danju i noću te u svim vremenskim uvjetima.

Naglasak rada stavlja se na provođenje istraživanja o poznavanju prometnih znakova pomoću sustava za praćenje oka vozača korištenjem Tobii Pro Glasses tehnologije. Cilj istraživanja je dobiti podatke o razumijevanju prometnih znakova te o tome koliko dobro vozači razlikuju znakove opasnosti, obavijesti i izričitih naredbi i da li razumiju i prepoznaju njihovo značenje. Isto tako istraživanje će pokazati da li vozači razumiju simbole na prometnim znakovima koji ih usmjeravaju na sigurnu vožnju po prometnoj mreži. Na osnovu provedenog istraživanja dobiti će se podaci o vremenu zadržavanja pogleda ispitanika na prometnom znaku zbog nejasnoća ili nekog drugog razloga.

Materija rada izložena je u sedam poglavlja.

Prvo poglavlje predstavlja „Uvod“, koji sadrži tematiku rada, predmet i cilj te sadržaj i strukturu rada.

U drugom poglavlju „Osnovni pojmovi o prometnim znakovima“, opisani su povijest, podjela, izrada, postavljanje i održavanje prometnih znakova. Kroz povijest donesene su mnoge odredbe i pravilnici o prometnim znakovima, pa se tako prometni znakovi dijele na znakove opasnosti, obavijesti i izričitih naredbi, s obzirom na svoje značenje i postavu usmjeruju sudionike u prometu na sigurnu vožnju po prometnoj mreži. U ovom poglavlju dane su odredbe po kojima se mora vršiti održavanje i postavljanje prometnih znakova u sukladu s Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama.

„Materijali za izradu prometnih znakova“, opisani su u trećem poglavlju. Ono govori o vrstama materijala od kojih se izrađuju prometni znakovi odnosno o njihovim značajkama kao

što su struktura, vijek trajanja, te jakost retroreflektirajućih svojstava materijala koja ukazuju na njihovu primjenu na prometnicama. Osim materijala opisane su sferična i prizmatična retrorefleksija koje pridonose vidljivosti prometnih znakova.

U četvrtom poglavlju „Pregled dosadašnjih istraživanja vezanih na razumijevanje prometne signalizacije“, opisana su prijašnja istraživanja vezana za percepciju, shvaćanje poruka i razumijevanje prometnih znakova.

Peto poglavlje odnosi se na „Primjena sustava za praćenje oka vozača pri istraživanju razumijevanja prometnih znakova“. U navedenom poglavlju pojašnjen je sustava za praćenje oka vozača i postupak provođenja istraživanja.

Dok je u šestom poglavlju “Rezultati provođenja istraživanja sustavom za praćenje oka vozača“, pojašnjen ishod provođenja istraživanja poznavanja i razumijevanja značenja prometnih znakova.

U zadnjem poglavlju „Zaključak“ iznesena su razmišljanja na zadanu temu, odnosno osvrt na provedeno istraživanje poznavanja i razumijevanja značenja prometnih znakova od strane ispitanika koja utječu na sigurnost u prometu.

2. OSNOVNI POJMOVI O PROMETNIM ZNAKOVIMA

Radi sigurnog i nesmetanog odvijanja prometa posebnu je pozornost potrebno posvetiti sudionicima u prometu koji dio vizualnih informacije dobivaju horizontalnom i vertikalnom signalizacijom. Vertikalnu prometnu signalizaciju predstavljaju prometni znakovi koji su osnovna sredstva komunikacije između nadležnih za ceste i sudionika u prometu te kao takvi pomažu pri upravljanju, reguliranju i vođenju prometnih tokova. Prometni znakovi su simbolične slikovne ili tekstualne obavijesti vezane za značajke prometnice i njezin okoliš, smjerove, načini i brzinu kretanja i pravilno zadržavanje prometala koja se ne kreću te druge obavijesti koje pridonose sigurnom odvijanju prometa [1]. Prometni znakovi koriste se u svim prometnim granama, ali njihova važnost posebice je izražena u cestovnome prometu, gdje se njima definira kretanje po prometnicama, pješačkim zonama i površinama gdje je promet u mirovanju [1].

Cestovni prometni znakovi, sukladno zakonskoj regulativi u Republici Hrvatskoj, dijele se na znakove opasnosti, izričitih naredbi, obavijesti, obavijesti za vođenje prometa i na promjenjive prometne znakove. Obično se izrađuju u obliku tanke ploče postavljene na stupu s desne strane kolnika ili pak na konzoli iznad kolnika. Prednja površina im je retroreflektirajuća kako bi vozači pravodobno uočili znak noću [2].

Da bi prometni znakovi bili učinkoviti, odnosno da bi na kvalitetan način mogli izvršavati svoju funkciju, oni moraju ispunjavati sljedeće [1]:

- zadovoljiti 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.

Prometni znakovi moraju zadovoljiti zahtjeve čitljivosti, razumljivosti, uniformiranosti, kontinuiranosti, konstantnosti, uočljivosti, jednostavnosti i jednoobraznosti [1]. Pod tim zahtjevima podrazumijeva da svi elementi prometnog znaka moraju biti čitljivi, koncipirani i prezentirani na način da su podjednako razumljivi svim sudionicima u prometu, da sva mjesta istih funkcija i karakteristika trebaju na isti način biti opremljena prometnim znakovima, da je sudionik u prometu na svim dijelovima prometne mreže kontinuirano obaviješten, da prometni znakovi zadrže isti oblik, boju i veličinu danju i noću, da moraju biti uočljivi u svim vremenskim uvjetima i različitim uvjetima okoline, da su na onoj razini detaljnosti koja

osigurava njezinu punu učinkovitost, da budu jednoobrazni neovisno na kojem dijelu prometne mreže trebaju djelovati.

Zbog sigurnosti svih sudionika prometa, veće protočnosti odnosno propusne moći te urednog odvijanja prometa, ceste se moraju obilježiti propisanim prometnim znakovima kojima se sudionici u prometu upozoravaju na opasnost koja im prijeti na određenoj cesti ili dijelu ceste, stavljaju do znanja ograničenja, zabrane i obveze kojih se sudionici u prometu moraju pridržavati i daju potrebne obavijesti za siguran i nesmetan tok prometa.

Prometnim znakovima moraju se obilježiti opasnosti privremenog karaktera, osobito one koje nastanu zbog iznenadnog oštećenja ili onesposobljavanja ceste kao i privremena ograničenja i privremene zabrane u prometu te se ti znakovi moraju ukloniti čim se uklone razlozi zbog kojih su postavljeni. Prometni znakovi postavljaju se i održavaju tako da ih sudionici u prometu mogu na vrijeme uočiti u svim vremenskim i prometnim uvjetima te pravovremeno postupiti u skladu s njihovim značenjem. Prometni znakovi moraju se ukloniti, dopuniti ili zamijeniti ako njihovo značenje ne odgovara izmijenjenim uvjetima prometa na cesti ili zahtjevima sigurnosti [3].

2.1. Povijest prometnih znakova

Cestovni propisi i prometni znakovi, kakvi se danas sreću, nisu stariji od stotinu godina. Međunarodnim konvencijama koje su se bavile ovom problematikom prethodilo je razdoblje parnih omnibusa s početka 19.stoljeća. To je vrijeme kada se željeznički promet potvrdio kao jeftiniji, brži i udobniji od konjskih zaprega. Istodobno se razvijala i željeznička prometna signalizacija koja je starija od signalizacije u cestovnom prometu.

U to vrijeme, u najrazvijenijoj industrijskoj zemlji svijeta Engleskoj, na cestama se sve češće susreću vozila pogonjena parom, tzv. parni omnibusi, koji su prevozili i do dvadesetak putnika. Njihova prednost u odnosu na konjske zaprege bila je udobnost i redovitost prijevoza. No, 1831. godine se dogodila prva prometna nesreća u kojoj je sudjelovao omnibus. Ubrzo se i u Glasgowu dogodila prometna nesreća u kojoj je parni omnibus s 18 putnika oborio seljačka kola i pregazio jednog seljaka. Pitanje uporabe parnih omnibusa došlo je i pred parlament. Poslije mnogo prepirki izglasan je 1836. godine zakon naziva "Locomotive Acts", koji je 1865. dopunjen [4].

Taj zakon može se smatrati prvim prometnim propisom o ograničavanju brzine na cestama. On je ograničavao brzinu svakoga parnog vozila (ograničenje se nije odnosilo i na zaprežna vozila) na 3,2 km/h u naseljima i na 6,5 km/h izvan naseljenih mjesta.

Osim toga, obvezivao je svakog vozača da na 100 metara ispred vozila ima jahača koji će mahati crvenom zastavom i upozoravati prolaznike na dolazeću opasnost [4]. Kad su se na cestama pojavila prva motorna vozila koja su sve češće i lakše prelazila državne granice, a to je vrijeme početka 20. stoljeća, iskrsnula je i potreba da se utvrde međunarodni propisi koji bi ujednačavali prilike na svim cestama.

Prva međunarodna Konvencija o cestovnom i automobilskom prometu sklopljena je 1909. godine u Parizu. Slijedile su kasnije i druge konvencije među kojima je najvažnija Ženevska iz 1949. godine kada je donesen Protokol o signalizaciji na cestama, te potom njegove izmjene i dopune iz 1968. godine. Te su konvencije preporučivale da sve države propisuju jednake prometne znakove te da na prometnim znakovima ne bude riječima ispisanih naredaba ili obavijesti jer ih stranci i nepismeni ne razumiju.

Oblici prometnih znakova određeni su već prvom Pariškom konvencijom. Znakovi opasnosti su dobili oblik istostraničnog trokuta s vrhom prema gore, znakovi izričitih naredbi okrugli, a znakovi obavijesti pravokutni oblik.

Vremenom se mijenjao njihov broj od početnih desetak do današnjih dvjestotinjak (bez dopunskih ploča i ostalih znakova). Posljednje izmjene i dopune Protokola o prometnoj signalizaciji iz 1968. godine uvele su u uporabu osmerokatni znak obveznog zaustavljanja umjesto dotadašnjeg okruglog znaka s ucrtanim trokutom. To je jedini znak takvog oblika, a posebnim izgledom tog znaka željela se istaknuti njegova važnost u odnosu na ostale znakove [4].

Prvi i najvažniji sporazum o prometnim znakovima, koji čini osnovicu europskog sustava o prometnim znakovima, objavljen je pod okriljem Ujedinjenih naroda 1949. godine u Ženevi. Taj je protokol temeljen na simbolima, bez uporabe riječi. Kao dopuna tog protokola, 1953. godine je načinjen Nacrt konvencije kojim se nastojalo upotrijebiti postojeći sustav s dopunom koja potječe iz američkog sustava.

U međuvremenu, ustanovljeno je još nekoliko sporazuma, tako da je do kraja sedamdesetih godina postojalo više sustava. Danas, u svijetu je u uporabi nekoliko sustava znakova [4]:

- U SAD-u, u Australiji i Novom Zelandu u uporabi je sustav koji je najviše utemeljen na uporabi pisanih riječi.
- Sustav u Europi, utvrđen Protokolom, uglavnom je utemeljen na simbolima bez uporabe riječi.
- Latinska Amerika, države Srednje Amerike i neke zemlje u Aziji poštuju Nacrt konvencije iz 1953. godine. Također se upotrebljavaju simboli, ali na različite načine.

Znakovi upozorenja su u obliku romba umjesto trokuta, crvena dijagonalna crta na znakovima isključivo se upotrebljava za zabranu. Znakovi zabrane i dozvole ne mogu se razlikovati na osnovi boje. Kanadski sustav najviše koristi simbole, a zasnovan je na Protokolu i Nacrtu konvencije iz 1953. godine i američkom sustavu s nekim novim znakovima.

- U nekom dijelovima istočne i južne Afrike koristi se neka varijanta staroga britanskog sustava, koji je kombinacija simbola iz Protokola i pisanih tekstova. inače su britanski znakovi u velikom dijelu kombinacija riječi i simbola.

2.2. Podjela prometnih znakova

Prometni znakovi mogu se podijeliti prema nekoliko kriterija kao što su: oblik, boja, dimenzije, značenje, vrsta retroreflektirajućeg materijala itd [5]. Prometni znakovi trebaju biti u skladu sa zakonskim odredbama sukladno Pravilniku o prometnim znakovima (NN Pravilnik 33/2005) koji sadrži određene izmjene i dopune.

Prema obliku, znakovi se dijele na tri najčešća oblika: jednakostraničan trokut, krug i kvadrat, odnosno pravokutnik te više podoblika. Jednakostraničan trokut predstavlja znakove opasnosti koji označavaju blizinu dijela ceste ili mjesta na cesti na kojem sudionicima u prometu prijeti opasnost. Krug predstavlja znakove izričitih naredbi koji daju do znanja sudionicima u prometu o zabranama, ograničenjima i obvezama. Kvadrati ili pravokutnici predstavljaju znakove obavijesti koji daju sudionicima u prometu potrebne obavijesti o cesti kojom se kreću, nazivima mjesta kroz koja cesta prolazi i udaljenosti do tih mjesta te druge obavijesti koje im mogu koristiti.

Osim navedenih osnovnih oblika postoje i drugi specifični oblici koji se pojavljuju u prometnom sustavu, a to su [5]:

- Osmerokut za znak „obvezno zaustavljanje“
- Naopačke okrenuti trokut za znak „križanje s cestom s prednošću prolaza“
- Pravokutnici u obliku slova X koji označavaju znak „Andrijin križ“
- Romb koji predstavlja znak „cesta s prednošću prolaska“ i „završetak ceste s prednošću prolaska“
- Pravokutnik sa završetkom u obliku strelice koji predstavlja znak „putokaz“.

Boje koje se koriste kod izrade prometnih znakova su bijela, žuta, crvena, plava, zelena, crna i za posebne uvjete narančasta i smeđa. Svaka boja nosi posebno značenje i rezervirana je za posebnu grupu prometnih znakova.

U RH, sukladno Pravilniku o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama, osnovna boja kod znakova opasnosti je bijela dok su rubovi trokuta crveni, osim znaka A25 čija je osnovna boja žuta. Simboli na znakovima opasnosti prikazani su crnom bojom. Kod znakova zabrane i ograničenja osnovna boja je bijela, a kod znakova obveze plava boja. Simboli i natpisi na znakovima zabrane i ograničenja su crne boje, a na znakovima obveza bijele. Rub kruga te ravne i kose crte, ako ih ima na znaku, su crvene boje. Ploče na kojima su umetnuti znakovi zabrane i ograničenja imaju podlogu bijele boje.

Osnovna boja kod znakova obavijesti može biti žuta, plava, zelena i bijela. Natpisi i simboli kod osnovne žute boje su crni, a kod zelene su bijele boje. Kod znakova s osnovnom plavom bojom natpisi i simboli su bijele, crne, crvene ili zelene boje, te kod osnovne bijele boje simboli i natpisi mogu biti crne, crvene ili plave boje.

Osnovne boje znakova obavijesti za vođenje prometa ovise o vrsti ceste, te je tako na autocestama zelena sa simbolima i natpisima bijele boje, na brzim cestama plava boja, također s bijelim simbolima i natpisima. Na državnim i ostalim cestama osnovna boja je žuta sa simbolima i natpisima crne boje, te za dijelove gradova, naselja bijela sa simbolima i natpisima crne boje [5].

Veličina prometnih znakova određena je kategorijom prometnice na kojoj se nalazi prometni znak. Veličine prometnih znakova u RH definirane su dužinom, širinom i polumjerom kao što je prikazano u tablici 1.

Tablica 1. Veličina prometnog znaka prema kategoriji prometnice

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*90 ; 90*135**
Županijske ceste i glavne gradske prometnice	**90**	**60**	**60*60 ; 60*90**
Ostale ceste	**60**	**40**	**40*40 ; 40*60**
Umetnuti znakovi	**40**	**30**	-

Izvor: [5]

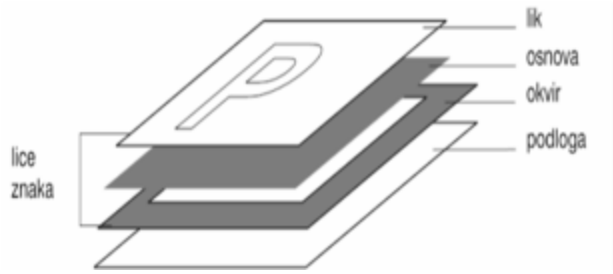
Najvažnija podjela prometnih znakova je prema njihovoj funkciji, odnosno značenju. Kao što je već ranije navedeno, Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cesti (NN 33/05) definira podjelu prometnih znakova prema značenju na [5]:

- Znakove opasnosti
- Znakove obavijesti
- Znakove izričitih naredbi
- Znakove obavijesti za vođenje prometa
- Dopunske ploče
- Promjenjive prometne znakove.

2.3. Izrada, postavljanje i održavanje prometnih znakova

Pravilnikom o prometnim znakovima na cestama (NN Pravilnik 33/2005) propise su odredbe o izradi postavljanju i održavanju prometnih znakova.

Prometni znak sastoji se od lica znaka i podloge kao što je prikazano na slici 1. Lice znaka je prednja strana znaka, koju korisnik vidi kada nailazi na znak te se ona izrađuje od retroreflektirajućeg materijala. Lice znaka sastoji se od lika, osnove i okvira. Lik znaka čine simboli i/ili natpisi. Osnova znaka predstavlja element na kome je upisan lik i nalazi se neposredno ispod simbola i teksta. Dio znaka koji uokviruje simbol odnosno natpis naziva se okvir. Sastavni dio znaka na kome se nalazi osnova znaka sa svim elementima predstavlja podlogu znaka [1].



Slika 1. Sastavni djelovi prometnog znaka

Izvor: [1]

Kod izrade prometnog znaka, ovisno za koju kategoriju cestovne prometnice je predviđen, treba primijeniti retroreflektirajuću foliju određenoga tipa i određene klase retrorefleksije koja mora imati propisanu jačinu retrorefleksije izražene u candela po luxu po m^2 (cd/lx/m²) za pojedinu boju.

Debljina podloge prometnog znaka najčešće iznosi između 2 i 3 mm sa ili bez pojačanog okvira i vodoravnim ojačanjem. Prometni znakovi moraju biti izrađeni od antikorozivnog lima, a njihova pozadina mora biti sive boje i bez sjaja kako bi se otklonila mogućnost

zablještavanja vozača iz suprotnog smjera. Na pozadini znaka mora biti trajna oznaka sa imenom proizvođača, mjeseca i godine proizvodnje. Vezni elementi moraju biti izrađeni od antikorozivnog materijala ili moraju imati antikorozivnu zaštitnu presvlaku [6].

Retroreflektirajuće folije za izradu prometnih znakova su samoljepljive folije koje se najčešće koriste za oslikavanje različitih materijala ravne površine.

Postoje dva načina izrade [1].

1. Ispisivanje prometnih znakova na folije, vrši se pomoću računala i printera velikih dimenzija odnosno plotera (slika 2.). Nakon ispisivanja prometnih znakova na folije potrebno ih je izrezati na odgovarajuće dimenzije. Ukoliko se cijela folija izrađuje printanjem potrebno izvršiti laminaciju, odnosno „plastificiranje“ folije. Zaštitna laminacija štiti foliju od oštećenja i UV zračenja, te omogućuje lakše brisanje i čišćenje.

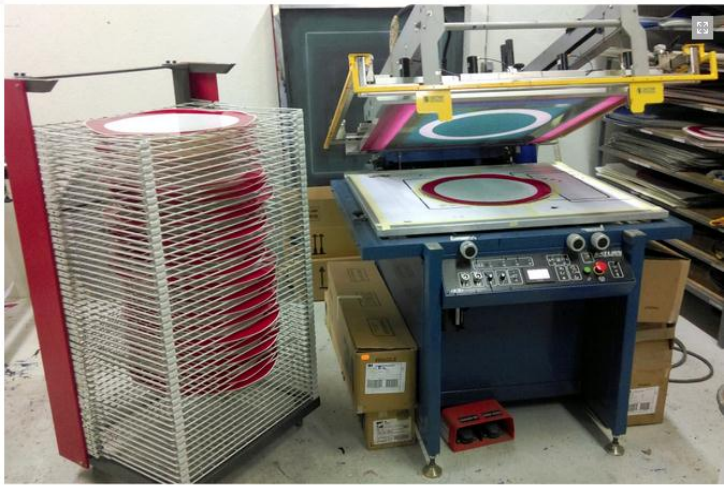


Slika 2. Ploter za izradu prometnih znakova

Izvor: [7]

2. Oslikavanje folije za prometne znakove metodom sitotiska prikazano je slikom 3. Postupak sitotiska sastoji se od štampanja simbola na foliju pri čemu se koristi odgovarajući uređaji boja za sitotisak kako bi se postigla maksimalna trajnost i postojanost boje. Okvir sita izrađuje se od tvrdog drva ili metala, koji mora biti dovoljno velik, kako bi omogućio potreban prostor između okvira i površine za štampanje (15 - 20cm). Tkanina sita mora biti čvrsto i ravnomjerno napeta i učvršćena na okvir. Rakel (guma) treba biti dovoljno dugačak da potpuno pokrije površinu za

tisak uz 5 cm preklopne dužine na svakom kraju. Metoda sitotisak predstavlja bolji način izrade prometnih znakova.



Slika 3. Izrada prometnih znakova metodom sitotiska

Izvor: [7]

Nakon što se na retroreflektirajuću foliju nanese simbol znaka jednom od navedenih metoda slijedi njeno lijepljenje na prednju stranu prometnog znaka. Trajnost znaka neposredno ovisi o pravilnom lijepljenju folije na podlogu. Također, vrlo je važna priprema podloge za postupak lijepljenja, tj., površina na koju se folija lijepi ne smije sadržavati prašinu, masnoću, ostatke ulja ili koroziju.

Na temelju prometnog elaborata prometni znakovi se postavljaju tamo i u onolikom broju gdje i koliko je objektivno potrebno radi sigurnosti prometa ili drugih općih interesa. Oni se postavljaju na mjesta koja predstavljaju stalnu potencijalnu opasnost koju vozači bez pomoći prometnih znakova objektivno, uz dovoljnu pažnju nisu u stanju spoznati [5].

U pravilu se postavljaju s lijeve strane ceste, no ukoliko je to nije moguće mogu će postavljati i s desne strane ceste, na portalima iznad ceste, stupovima rasvjete, semaforski stupovima ili na zidovima i ogradama [1]. Na cesti na kojoj je širina kolnika nepromjenjiva, postavljaju se prometni znakovi jednakih i usklađenih dimenzija sukladno ovom Pravilniku.

Na cestama izvan naselja postavljaju se na visini 1,20 do 1,40 m osim znakova B59, B60, B61, C74, C75, C76, C77, C127, C128, C129, C130, C131, C132 i C133 koji se postavljaju na visini 0.80 do 1.20 m. U naseljima smješteni uz kolnik postavljaju se na visini 0,30 do 2,20 m što je prikazano slikom 4, a prometni znakovi smješteni iznad kolnika (slika 5.), postavljaju se na visini 4,5 m, iznimno i na većoj [5].

Visina se računa od površine kolnika do donjeg ruba prometnog znaka, a ako se prometni znak postavlja zajedno s dopunskom pločom, računa se do donjeg ruba dopunske ploče. Stup

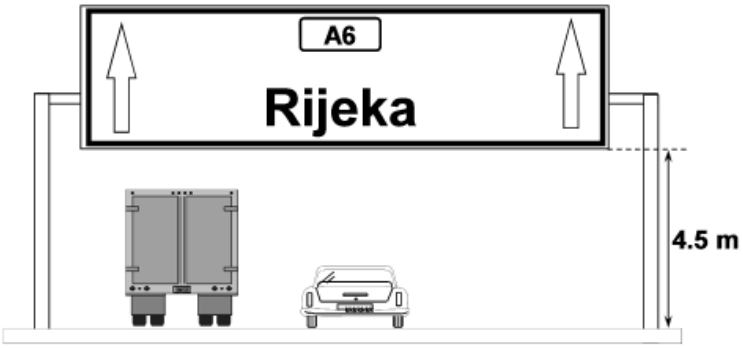
prometnog znaka, u pravilu, se postavlja najviše 2 m od kolničkog ruba, a vodoravni razmak između ruba kolnika i najbližeg ruba prometnog znaka mora iznositi najmanje 0,30 m [5].

Prometni znakovi opasnosti, u pravilu, postavljaju se izvan naselja na udaljenosti 250 do 400 m na autocestama, brzim cestama i cestama rezerviranim za promet motornih vozila, a na ostalim cestama na udaljenosti 150 do 250 m ispred opasnog mjesta na cesti. Mogu se postavljati i na manjoj ili većoj udaljenosti od propisane, ako to zahtijevaju okolnosti na dijelu ceste te moraju imati pridružene dopunske ploče sa udaljenostima do opasnog mjesta. Iznimku čine prometni znakovi B62, B63, B64, B65, C86, C87, C88, C134, C136, C137, C138, C139, C140, C141, C141, koji se postavljaju na visini 80 do 120 cm i prometni znakovi A25 i A30 koji se mogu postaviti i na stalak uz kolnik [5].

Prometni znakovi izričitih naredbi postavljaju se neposredno na mjesta na kojima za sudionike u prometu počinje obveza postupanja po naredbi zbog slabe preglednosti ceste ili zbog drugih razloga sigurnosti sudionika. Oni se postavljaju uz dopunske ploče sa udaljenostima od mjesta gdje počinje njihovo upozorenje do završetka opasnosti koja prijeti. Prometni znakovi B08 (zabrana prometa za cisterne), B09 (zabrana prometa za vozila koja prevoze eksploziv ili neke zapaljive tvari) i B10 (zabrana prometa za vozila koja prevoze opasne tvari) postavljaju se u skladu s odredbama posebnih propisa [5].

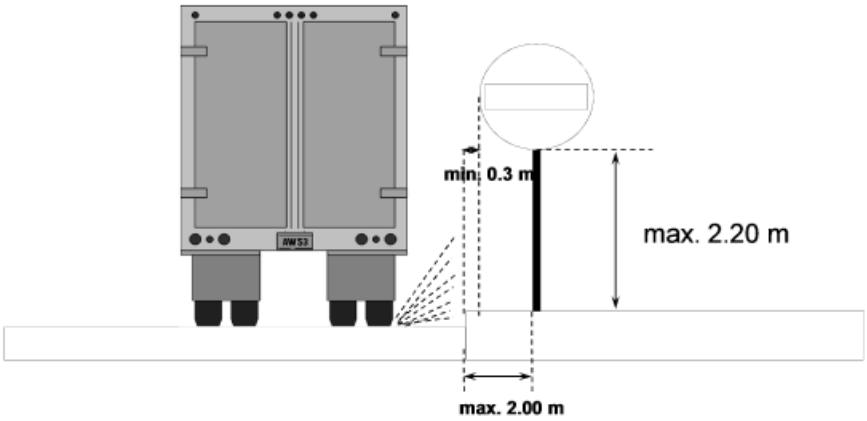
Prometni znakovi obavijesti postavljaju se tako da sudionicima u prometu daju prethodne obavijesti, obavijesti o prestrojavanju, obavijesti o skretanju, obavijesti o smjeru kretanja te da označe objekt, teren, ulicu ili dijelove ceste na koje se odnose. Ako se objekt ili teren na koji se prometni znak odnosi ne nalazi na cesti na kojoj je prometni znak postavljen, potrebna obavijest može biti postavljena na dopunskoj ploči ili na samom prometnom znaku. Na dijelu prometnog znaka ispod bijelog polja može se simbolom ili natpisom označiti naziv, vrsta, udaljenost u metrima ili smjer u kojem se nalazi mjesto, na koje se prometni znak odnosi. U tom slučaju plavo polje ispod simbola prometnog znaka se povećava i prometni znak iz kvadratnog oblika prelazi u pravokutni oblik [5].

Prometni znakovi kod privremene regulacije prometa se postavljaju minimalno 0,30 m iznad površine kolnika. Prometni znak C130 (ploča za označavanje naziva ulica i trgova) može se postaviti i na građevinu uz cestu [5].



Slika 4. Pravilno postavljanje prometnih znakova

Izvor: [1]



Slika 5. Pravilno postavljanje prometnih znakova

Izvor: [1]

Sa zadnje strane znaka STOP, ceste s prednošću prolaska, obrnutog trokuta i Andrijinog križa, ne smiju se stavljati drugi znakovi. Na jedan stup mogu se postaviti najviše dva prometna znala istih retroreflektirajućih svojstava sa usklađenim dimenzijama.

Neka od pravila postavljanja su sljedeća [5]:

- Trokut stranice 120 cm, kružnica i osmerokut promjera 90 cm, pravokutnik širine 90cm.
- Trokut stranice 90 cm, kružnica i osmerokut promjera 60 cm, pravokutnik širine 60cm.
- Trokut stranice 60 cm, kružnica40 cm, pravokutnik širine 40cm.

S obzirom da su dopunske ploče sastavni dio prometnih znakova na jedan stup mogu se maksimalno postaviti dva prometna znaka i dvije dopunske ploče. Kada se prometni znakovi

postavljaju na isti stup oni moraju biti postavljeni jedan iznad drugoga, te je tako jedan od njih glavni, a drugi dopunjujući, koji se postavlja kao drugi prometni što je vidljivo na slici 6 [1].



Slika 6. Prikaz glavnog i dopunjujućeg prometnog znaka

Izvor: [8]

Prometni znakovi svim sudionicima u promet daju jasnu i prepoznatljivu poruku kako bi mogli pravilno reagirati u određenim situacijama, međutim nije uvijek do kraja jasno u kojim slučajevima koristiti neki prometni znak, kako od više mogućih znakova za istu situaciju odrediti jedan znak, te kako međusobno kombinirati znakove na jednom stupu. Oni se postavljaju tamo i u onolikom broju gdje i koliko je potrebno radi sigurnosti prometa ili drugih općih interesa [1].

Pričvršćivanje prometnih znakova izvodi se na način da s prednje strane prometnog znaka nema vidljivih tragova pričvršćivanja. Elementi za pričvršćivanje moraju biti izvedeni tako da onemoguće okretanje prometnog znaka oko osi stupa. Prometni znakovi pričvršćuju se na stupove koji su izrađeni od željeznih cijevi, te su zaštićeni protiv korozije postupkom vrućeg cinčanja ili se postavljaju na aluminijske stupove. Prometni znakovi većih dimenzija, čija površina iznosi više od 2 m^2, izrađuju se od više segmenata, te se spajaju na mjestu postavljanja u jednu cjelinu, dok se znakovi kao što su putokazne ploče postavljaju pomoću montažnih elemenata na aluminijske „I“ nosače.

Pri postavljanju znakova na nosače znak treba zaokrenuti za 3-5 % u odnosu na os prometnice kako bi se izbjegla intenzivna refleksija i smanjio kontrast oznaka znaka i pozadine koja je osvijetljena [1].

Održavanje prometnih znakova je ključno kako bi se održala razina prometne sigurnosti i produljio vijek trajanja prometnih znakova. Redovno pranje i održavanje je najvažnija mjera u svrhu održavanja dobre vidljivosti i čitljivosti znakova te se najčešće provodi jednom godišnje u proljetnim mjesecima. Održavanje se provodi vizualnom inspekcijom, mjerenjem

retrorefleksije, i redovnim pranjem i održavanjem. Vizualna inspekcija u prvom redu služi kako bi se otkrila fizička oštećenja na znaku. Dok se mjerenje retrorefleksije provodi posebnim uređajima u vremenskim razmacima od jedne ili dvije godine. Mjerenjem se određuje trenutno stanje retrorefleksije znaka i uspoređuje s minimalnim dopuštenim vrijednostima za svaku boju prema hrvatskim normama [9].

Uništeni prometni znakovi opasnosti i izričitih naredbi moraju biti zamijenjeni odmah nakon uočavanja u roku 48 sati, do zamjene uništenog mora se postaviti privremeni prometni znak istog značenja, dok se ostali uništeni prometni znakovi, te ploče, folije, nosači, pričvrsni pribor moraju se zamijeniti u roku deset dana od uočavanja [10].

3. MATERIJALI ZA IZRADU PROMETNIH ZNAKOVA

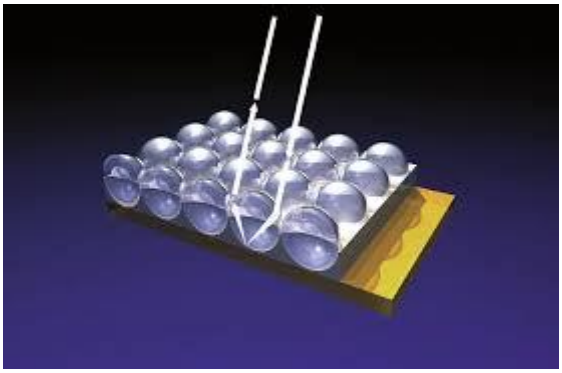
Za vidljivost prometnih znakova najvažniju ulogu ima refleksija, odnosno retrorefleksija. Retroreflektirajući materijali od kojih se izrađuju prometni znakovi vraćaju dolazno svjetlo (svjetlo iz farova vozila) nazad prema svom izvoru, točnije očima vozača. Upravo zbog tog svojstva retrorefleksija omogućuje odličnu vidljivost noću i u uvjetima smanjene vidljivosti [1].

Ovisno o vrsti retroreflektirajućeg materijala, retrorefleksiju dijelimo na [1]:

a) sferična
b) prizmatična

a) Sferična retrorefleksija

Kod sferične retrorefleksije prikazane slikom 7, staklena kuglica lomi ulazni svjetlosni trak pri prolasku kroz prednju površinu staklene kuglice. Svijetlost se zatim reflektira sa zrcalne površine iza kuglice, te se ponovnim prolaskom kroz prednju površinu kuglice, svijetlost lomi i reflektira u smjeru svog izvora [1].

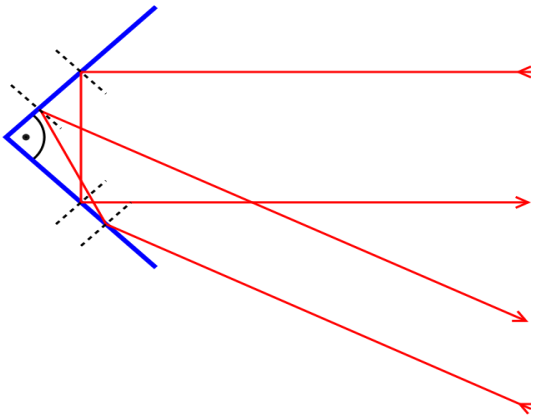


Slika 7. Sferična retrorefleksija

Izvor: [11]

b) Prizmatična retrorefleksija

Kod prizmatične retrorefleksije prikazane slikom 8, tri jednake okomite površine čine prizmu na kojoj se ulazni trak svjetlosti lomi i reflektira u smjeru svog izvora usporedo s ulaznim svjetlom. Sa optičke točke gledišta, prizmatični reflektori su daleko savršeniji u odnosu na sferične i posjeduju vrlo veliki koeficijent retrorefleksije [1].



Slika 8. Priznatična retrorefleksija

Izvor:[12]

3.1. Retroreflektirajući materijali za izradu prometnih znakova

Refleksija ne stvara vlastito svjetlo, nego posjeduje svjetlost iz drugog izvora. Svjetlosni trak pada na predmet i „odbija“ se od njega, a retrorefleksija predstavlja količinu svjetla koja se s predmeta reflektira nazad prema izvoru. Osnovno svojstvo retroreflektirajućih materijala temelji se na svojstvima ugrađenih elemenata, a to su staklene kuglice ili prizme vrlo malih dimenzija.

Snaga retrorefleksije je pojam koji opisuje količinu svijetla koja se reflektira s reflektirajućeg materijala. Ta količina svijetla mjeri se u jačini reflektiranog svijetla u odnosu na ulazno svjetlo po m^2 odnosno candela po luxu po m^2 ($cd/lx/m^2$).

Koristeći svojstvo sferične i prizmatične retrorefleksije nastali su retroreflektirajući materijali za izradu prometnih znakova kako bi bili vidljivi u dnevnim i noćnim uvjetima [1].

Prvi retroreflektirajući materijali izrađeni su 1939. godine u Minnesoti u SAD-u od strane tvrtke 3M. Danas postoje tri tipa retroreflektirajućih materijala [1].

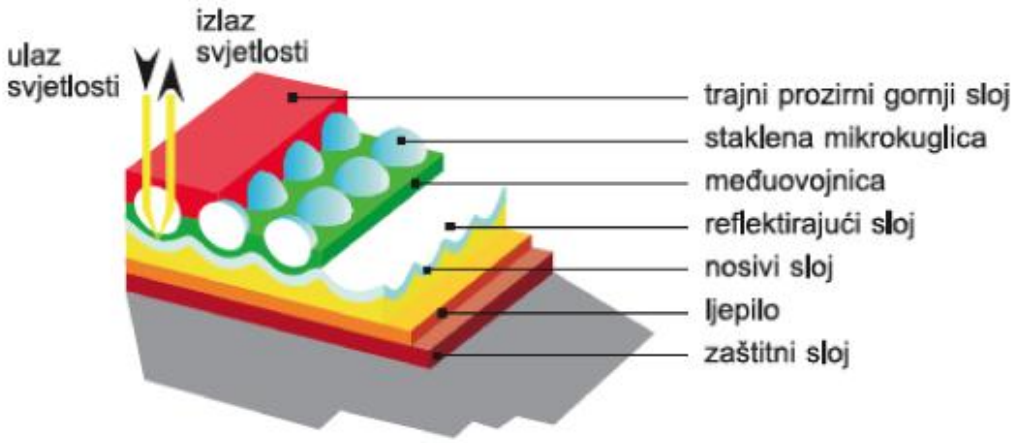
a. materijal Klase I - Engineer Grade
b. materijal Klase II - High Intensity Grade
c. materijal Klase III - Diamond Grade

3.1.1. Materijal Klase I- Engineer Grade

Materijal Klase I prikazan slikom 9 poznat je i kao folija prve generacije. Retroreflektirajuće folije izrađene su od trajnog materijala s uvezanim staklenim mikrokuglicama te se primjenjuju na području slabijeg intenziteta prometa s manjim brzinama vožnje. Tanki porozni sloj štiti od utjecaja sunčevih zraka na smanjenje refleksije.

Snaga retroreflektirajuće folije je 70 candela po luxu po m^2 ($cd/lx/m^2$). Danas postoje i materijali Klase I izrađeni od trajnog materijala s mikroprizmama (optičkih prizmatskih leća)

oblikovanih u prozirnoj sintetskoj smoli, hermetički zatvorenih i s ljepilom aktiviranim na pritisak na poleđini, čime se ostvaruje trajno pričvršćivanje na supstrate prometnih znakova. Jamstvo trajnosti refleksije materijala Klase I je sedam godina [1].



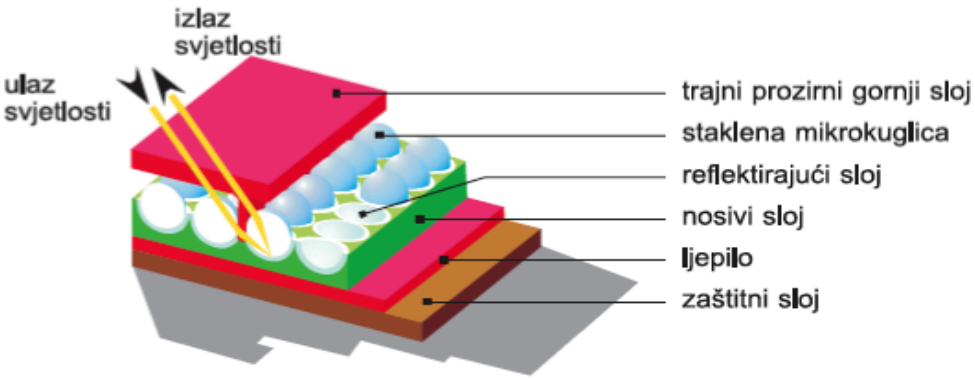
Slika 9. Maretijal Klase I

Izvor: [13]

3.1.2. Materijal Klase II- High Intensity Grade

Materijal Klase II prikazan slikom 10 poznat je i kao folija druge generacije. Reflektirajuće folije sadrže učahurene staklene mikrokuglice koje su trostruko sjajnije od reflektirajućih folija Klase I. Kod materijala Klase II kuglice nisu ulijevane u plastiku, već su nalijepljene na plastični nosivi sloj, a njihov gornji dio nalazi se u kapsuli koja je napunjena zrakom i zatvorena tankim poroznim gornjim slojem.

Struktura površine ovog materijala je u obliku saća. Snaga reflektirajuće folije je 250 candela po luxu po m^2 ($cd/lx/m^2$), dok im jamstvo trajnosti nakon 10 godina zadržava 80 % prvotne sjajnosti. Danas, kao i materijali Klase I, materijali Klase II izrađuju se od trajnog materijala s mikroprizmama (optičkih prizmatskih leća) oblikovanih u prozirnoj sintetskoj smoli, hermetički zatvorenih i s ljepilom aktiviranim na pritisak na poleđini, čime se ostvaruje trajno pričvršćivanja na supstrate prometnih znakova [1].



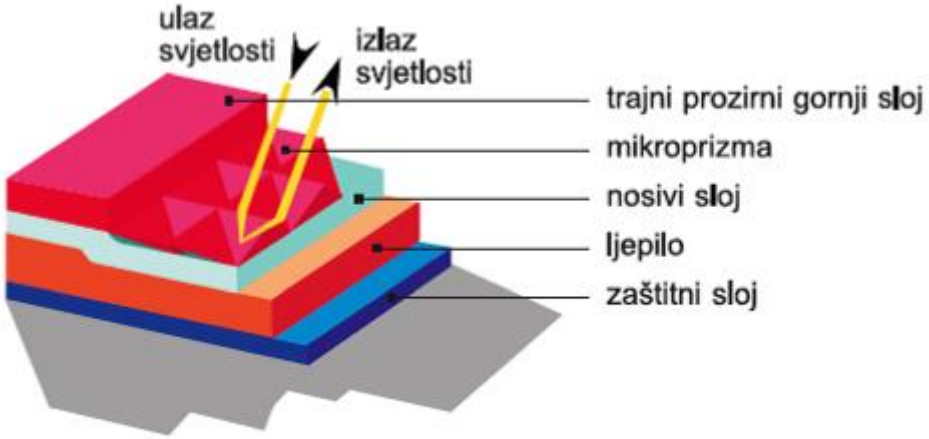
Slika 10. Materijal Klase II

Izvor: [13]

3.1.3. Materijal Klase III- Diamond Grade

Materijal Klase III prikazan slikom 11 poznat je i kao folija treće generacije. Izrađen je od vrlo učinkovitih mikroprizama zahvaljujući kojima su folije trostruko sjajnije od folija druge generacije i deseterostruko sjajnije od folija prve generacije. Materijal Klase III raspolaže najsjajnijim reflektirajućim svojstvima, ali zbog svoje strukture nešto 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 refleksije je sedam godina, a sjaj folije je 800 candela po luxu po m^2 (cd/lx/m^2) [1].



Slika 11. Materijal Klase III

Izvor: [13]

Postoji više tipova ove reflektirajuće folije [1].

1. V.I.P (Visual Impact Performance) – omogućuje maksimalnu učinkovitost na kratkim udaljenostima i idealno je rješenje za signalizaciju u gradskom prometu. Ova folija namijenjena je za veliku gustoću osvjetljenja na kratkoj udaljenosti.

2. L.D.P. (Long Distance Performance) – razvijena je specijalno za primjenu na autocestama i brzim cestama. Ova folija raspolaže vrlo učinkovitim mikroprizmama koje ulazni trak svijetla vraćaju na veliku udaljenost.

3. Fluorescent – omogućuje povećanu vidljivost danju i noću, pomoću korištenja fluorescentnih boja.

4. Diamond Grade Cubed (DG^3) – „Kombinira“ najbolje osobine VIP i LDP folija stoga se upotrebljava kako u gradskim uvjetima, tako i na autocestama i brzim cestama.

4. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA VEZANIH NA RAZUMIJEVANJE PROMETNE SIGNALIZACIJE

Znanstvena aktivnost vezana uz razumijevanje prometne signalizacije je obilata te su do danas provedena mnoga istraživanja vezana za prepoznavanje, čitanje i percepciju prometnih znakova. Kroz razna istraživanja istraživači su došli do važnih informacija vezanih uz percepciju prometnih znakova kod iskusnih i neiskusnih vozača te općenito razumijevanje značenja prometnih znakova. Percepcija prometnih znakova tema je mnogih znanstvenih istraživanja, kako laboratorijskih tako i terenskih, odnosno istraživanja u stvarnim prometnim uvjetima. U istraživanjima se nastojalo doći do zaključaka na koji način vozači shvaćaju poruke koje se prenose putem prometne signalizacije, koji su najvažniji čimbenici kod shvaćanja informacije koju znak pruža, što utječe na uočljivost i čitljivost znakova i sl. Osim toga, fokus mnogih istraživanja je primjena ergonomskih načela prilikom dizajniranja i postavljanja prometnih znakova te utjecaj različitih znakova na sigurnost vozača i ostalih sudionika u prometu.

Žakowska je 2003. godine provela istraživanje u kojem se bavila percepcijom i prepoznavanjem prometnih znakova u odnosu s karakteristikama vozača i njihovom sigurnosti u prometu. Cilj istraživanja bio je analizirati percepciju i razumijevanje prometnih znakova iz različitih zemalja od strane različitih skupina vozača. U prvom dijelu analize nastojalo se identificirati najvažnije varijable za točno razumijevanje znakova. U drugom dijelu cilj je bio utvrditi razinu razumijevanja i specifičnih varijacija razumijevanja među vozačima iz različitih promatranih skupina. Rezultati studije pokazali su da je veća uniformiranost prometnih znakova nužna na međunarodnoj razini te da je potreban veći naglasak na ergonomskim načelima prilikom dizajniranja novih znakova ili redizajniranja postojećih. Također, zaključeno je da vozači više pažnje obraćaju na znakove koji su za njih relevantni (npr. ako se znak odnosi na teretna vozila, vozač osobnog vozila obratit će manje pažnje na isti). Jedan od zaključaka je bio i da vozači dobro razumiju znakove koji su dobro prostorno usklađeni sa situacijom na cesti [14].

Autori Di Stasi et al. istraživali su efekt ometanja prouzročen pozicioniranjem prometnog znaka na vrijeme reakcije i točnost potrebnog odgovora vozača na poruku znaka. Testirano je vrijeme reakcije vizualne pažnje 16 vozača. Rezultati su pokazali da inkongruentne vizualne informacije treba izbjegavati, budući da značajno utječu na učinkovitost reakcija vozača, a samim time i na sigurnost cestovnog prometa [15].

Macdonald i Hoffmann 1991. godine proučavali su svjesnost informacija koje pružaju prometni znakovi. Cilj istraživanja bio je procijeniti učinkovitost prometnih znakova, odnosno autori su proučavali čitljivost i uočljivost znakova te točnost i brzinu s kojima vozači mogu razumjeti prometne znakove. Istraživanja su proveli na terenskim i laboratorijskim eksperimentima u normalnim uvjetima vožnje. Rezultati studije pokazuju se kroz pouzdanost i osjetljivost eksperimentalnih mjerenja (RSI – *the level of reported sign information*; razina iznesenih informacija znaka), značajne čimbenika kao što su gustoća prometa, vrsta znaka, složenost pozadine znaka te uočljivost znaka. Zaključeno je da neiskusni vozači imaju znatno višu razinu RSI (u prosjeku 0,39) nego iskusni vozači (0,26). U laboratorijskim uvjetima čitljivost znakova bila je slabija, a uočljivost veća, no zbog velike sličnosti laboratorijskih i terenskih rezultata, preporučena je laboratorijska metoda za buduću uporabu [16].

Whitaker i Sommer u svom radu iz 1986. godine bavili su se percepcijom prometnih znakova za usmjeravanje prometa koji sadrže konfliktne simbole i informacije. Ukomponirali su informativne piktograme (za zračnu luku i skijašku stazu) te korporativne logo oznake (Amtrak, Montreal Metro) sa strelicama za vođenje prometa. Cilj istraživanja bio je rangirati znakove na posebnoj skali te uz to mjeriti vrijeme reakcije na poruku znaka. Rezultati studije pokazuju da znakovi piktograma i strelica koji su dobro usklađeni su jasniji i ujednačeniji te ozbiljnije shvaćeni od strane ispitanika u odnosu na znakove s neusklađenim simbolima i strelicama. Vrijeme odgovora na neusklađene znakove vezane uz Amtrak i zračnu luku je produženo, dok to nije imalo utjecaja na znakove vezane uz skijašku stazu i Metro. Autori su zaključili da usklađenost između simbola na prometnom znaku i strelica je važan element pri smanjenju percepcijskog konflikta prilikom razumijevanja poruke znaka te je potrebno izbjegavati isticanje loga u obliku strelica na prometnim znakovima za vođenje prometa zbog njihovog negativnog utjecaja na vrijeme reakcije vozača [17].

Johanssonovo istraživanje iz 1984. godine temelji se na vozačevim reakcijama na prometne znakove u uvjetima slabije vidljivosti zbog nasipa, oštrog zavoja u desno i utjecaja velikih nagiba kolnika. Koristila su se tri prometna znaka i to znak opasnosti na cesti, djece na cesti i ograničenja brzine sa bljeskalicom i bez bljeskalice upozorenja. Cilj istraživanja bio je utvrditi kako vozači reagiraju odnosno identificiraju i detektiraju znakove s obzirom na poruku koju im nosi određeni prometni znak te dali postoji razlika u reakciji vozača na znakove veće važnosti i standardne važnosti. Isto tako cilj je bio utvrditi dali se vozači mogu prisjetiti prometnih znakova pokraj kojih su prošli, ako su ti znakovi bitni za njih. Rezultati studije pokazuju da vozači brže reagiraju i smanjuju brzinu s obzirom na značenje prometnog znaka, ali da su na sve znakove reagirali usporenjem. Znakovi sa većom važnosti su bolje

zapaženi od strane vozača kad se vrši ispitivanje na pamćenje znakova nakon vožnje. Znakovi s bljeskalicom su više utjecali na promet i izazvali bolje reakcije kod vozača od znakova bez bljeskalice, s tim da se znakovi bolje poštuju pod utjecajima smanjene vidljivosti, noću i kiše u odnosu na sunčano vrijeme. Zbog prirode podataka nije moguće utvrditi točne varijable, ali zbog činjenice da su vozači detektirali važniji znak češće, ili su reagirali češće, promjena brzine bi trebala biti bolje označena sa manjom promjenom od trenutne. Možemo izvući zaključak da se svaki znak detektira jednako dobro i da rezultira usporenjem, ali znakovi koji su važniji reakcija je snažnija, te ih vozači bolje zapažaju i pamte [18].

Istraživanje o procjeni mobilne tehnologije detekcijom prometnih znakova metodom svjetlosne i daljinske detekcije (*Light Detection and Ranging* - LIDER) i inercijskog navigacijskog sustava (*Inertial Navigation System* - INS) predstavlja navođenje korisnika po cestama, prometnu regulaciju, opasne situacije, informacije o odredištima i izvanredne cestovne uvijete. Dotadašnja metoda ručnog vođenja inventara znakova provodi se na terenu te traži da se inženjer fizički približi prometnom znaku i prikupi podatke. Napredovanjem tehnologije dolazi do automatskog istraživanja znakova koristeći video zapise te se tom metodom fokusiraju na određivanje znakova koji su kritični za usmjeravanje vozača. Cilj istraživanja je smanjiti vrijeme evidencije i detekcije prometnih znakova koji su zabilježeni video zapisom pomoću metode automatske LIDER i INS tehnologije. INS tehnologija evidentira sve predmete pokraj ceste, zahvaljujući velikoj rezoluciji i točnosti mjerenja globalnog pozicijskog sustava (*Global Positioning System* - GPS). Rezultat istraživanja alternativne LIDAR i INS tehnologije za inventuru prometnih znakova pokazuje obećavajuće i isplative investicije u ovaj sustav zbog automatske suvremene metode koja daje veliku točnost detekcije znakova te se preporuča za korištenje. S njom se postiže zadovoljavajuća detekcija za autoceste i lokalne urbane prometnice [19].

5. PRIMJENA SUSTAVA ZA PRAĆENJE OKA VOZAČA PRI ISTRAŽIVANJU RAZUMIJEVANJA PROMETNIH ZNAKOVA

Cilj ovog diplomskog rada je pomoću sustava za praćenje oka vozača dobiti podatke o razumijevanju prometnih znakova korištenih u RH. Za provođenje istraživanja korištene su Tobii Pro naočale koje omogućuju analizu vremena prve fiksacije vozačevog pogleda na prometni znak, ukupnog vremena usmjerenih pogleda, odnosno fiksacija na pojedini prometni znak, broja pogleda te ukupnog vremena trajanja fiksacija na pojedini prometni znak.

Pojam praćenje pogleda (*eng. Gaze tracking*) označava proces detektiranja i praćenja usmjerenosti pogleda odnosno smjera u kojem osoba gleda, tj. fokusira svoj pogled. Fiksiranje pogleda je kompleksni živčani proces i zavisi od dvije faze, koje se događaju u mozgu i živcima koji reguliraju pokrete očnih jabučica i mišića iz mozga, pa do fiksiranje dolazi kada se oko ustabili i održava pogled u konstantnom smjeru [20].

Istraživanje će dati specifične podatke o tome koliko dobro vozači razlikuju znakove opasnosti, obavijesti i izričitih naredbi te da li razumiju i prepoznaju njihovo značenje. Isto tako istraživanje će pokazati da li vozači razumiju simbole na prometnim znakovima koji ih usmjeravaju na sigurnu vožnju po prometnoj mreži.

5.1. Sustav za praćenja pogleda Tobii Pro Glasses

Kao što je već navedeno, za prikupljanje podataka korištenih za izradu ovog diplomskog rada korišten je sustav za praćenje očiju vozača tvrtke Tobii koji predstavlja revoluciju lokatora na području tehnologije za praćenje očiju tj., pogleda koji rade bez potrebe ručne prilagodbe. Glavna prednost Tobii tehnologije, u odnosu na druge sustave, je u jednostavnosti samog sustava što podrazumijeva lako rukovanje s minimalnom obukom istraživača te neinvazivan pristup same tehnologije za ispitanika. Tobii sustav daje vrlo precizne i točne rezultate sa visokom tolerancijom kod značajnih ljudskih pokreta glavom u raznim okruženjima.

Da bi cijeli sustav radio na ispravan način potrebne su sljedeće komponente od kojih se sastoje Tobii tehnologija, a to su: Tobii Pro Glasses naočale, uređaja za snimanje video zapisa, te računala sa software-ima za upravljanje i obradu podataka [21].



Slika 12. Tobii Pro Glasses naočale

Izvor: [21]

Princip rada Tobii naočala je baziran na kamerama koje se nalaze u sredini mosta te u donjem dijelu okvira (slika 12). One bilježe pokrete očiju, odnosno što ispitanik gleda, ali i njegov govor tj., snimaju zvučne signale, odnosno komentare na promatrane predmete u ovom slučaju prometne znakove. S obzirom na jednostavan dizajn, pružaju maksimalnu slobodu kretanja za ispitanike i prikazuju istinsko ljudsko ponašanje. Glavne karakteristike Tobii Pro naočala prikazane su u tablici 2.

Tablica 2. Specifikacije Tobii Pro naočala

Broj oka kamera	4 oka kamere
Senzori	Žiroskop i akcelerometar
Scene formata kamera i rezolucija	H.264 1920 x 1080 piksela
Scene vidnog polja kamere	90°; 16: 9
Kut snimanja scena / video kut	82° horizontalno 52° okomito
Snimanje zvuka / mikrofon	Da
Dimenzije	179 x 159 x 57 mm
Težina	45 g, uključuje zaštitnu leću

Izvor: [22]

Tobii Pro uređaj za snimanje video zapisa ima funkciju pohrane snimke pokreta očiju i zvučnih signala odnosno govora ispitanika (slika 13). Prije samog ispitivanja potrebno je u uređaj za snimanje staviti bateriju i SD karticu na koju se pohranjuje video zapis. Ovaj džepni uređaj potrebno je uključiti i povezati kablom sa Tobii naočalama te tako povezani uređaji omogućuju ispitaniku kretanje bez ograničenja. Podatke snimljene Tobii tehnologijom potrebno je obraditi u za to predviđenom programskom alatu (Tobii Analyzer).



Slika 13. Uređaj za pohranu video zapisa

Izvor: [21]

Općenito, uporaba sustava za praćenje pogleda je široka te se navedeni sustavi primjenjuju u različitim područjima. Najčešća primjena je u svrhe istraživanja tržišta i marketinške svrhe u kojima tvrtke prije nego što se počinju oglašavati žele testirati učinak svojih oglasa, a to rade na predstavljaju plakata klijentima te prate njihov pogled kako bi saznali što je ispitaniku privuklo pažnju. Značajna primjena je i u optimizaciju web stranica gdje se pomoću sustava za praćenje pogleda dobiva uvid u kvalitetu i jednostavnost određene web stranice.

Također, značajno područje primjene sustava praćenja pogleda je u medicinske svrhe gdje navedeni sustavi služe kao pomagalo nepokretnim osobama koje su izgubile kontrolu nad mišićima te ga koriste kako bi mogle komunicirati, upravljati kolicima, televizorom i drugim uređajima. U prometu navedeni su se sustavi koristili u istraživanjima usmjerenim na analizu percepcije i razumijevanja prometnih znakova eksperimentiranjem s njihovim položajem i dizajn. Također, široka je primjena i u zračnom prometu za optimizaciju pilotskih kabina i olakšavanje rada pilotima. Postoje i druga područja primjene kao što su sport, vojne svrhe, psihologija itd.

5.2. Postupak provođenja istraživanja

Istraživanje vezano za ovaj diplomski rad provedeno je u laboratorijskim uvjetima u prostorijama Zavoda za prometnu signalizaciju, Fakulteta prometnih znanosti. U istraživanju je sudjelovalo 12 ispitanika, sedam žena i pet muškaraca koji su prije početka ispitivanja ispunili anketu vezanu za spol, starost i vozačko iskustvo, odnosno posjedovanje vozačke dozvole. Istraživanje je bazirano na analizi prepoznavanja i razumijevanja prometnih znakova. Sedam ispitanika je starosne dobi od 18 do 25 godina, dok je njih pet u dobi od 25 do 35 godina. Svi ispitanici posjedovali su vozačku dozvolu, od čega njih četvero ima vozačku dozvolu do 5 godina, a njih 8 ima vozačku dozvolu do 10 godina kao što je prikazano u tablici 3.

Tablica 3. Podaci o ispitanicima

ISPITANICI	SPOL	DOB (god.)	VOZAČKO ISKUSTVO (god.)
1	ŽENSKO	23	5
2	ŽENSKO	22	4
3	ŽENSKO	25	6
4	MUŠKO	24	6
5	MUŠKO	24	6
6	MUŠKO	26	5
7	ŽENSKO	24	4
8	ŽENSKO	25	7
9	MUŠKO	23	5
10	ŽENSKO	28	6
11	ŽENSKO	28	8
12	MUŠKO	28	10

Izvor: Autor

Testiranje ispitanika u istraživanju provodilo se na znakovima opasnosti i znakovima izričitih naredbi. U tablicama 4. i 5. prikazani su znakovi koji su se koristili u provođenju istraživanja. Ispitanici su morali znati značenje prometnih znakova sukladno Pravilniku o prometnim znakovima signalizaciji i opremi na cesti (NN 33/2005 i 155/2005).

Tablica 4. Znakovi opasnosti

ŠIFRA PROMETNOG ZNAKA	ZNAČENJE PROMETNOG ZNAKA	ŠIFRA PROMETNOG ZNAKA	ZNAČENJE PROMETNOG ZNAKA
A01	Opasnost na cesti	A28	Poledica
A02	Raskrižje cesta iste važnosti	A29	Prevrtanje ili iskliznuće vozila
A03	Spajanje sporedne ceste pod pravim kutom	A30	Kolona zaustavljenih vozila
A04	Spajanje sporedne ceste pod pravim kutom s lijeve strane	A31	Neutvrđena bankina
A05	Spajanje sporedne ceste pod oštrim kutom s desne strane	A32	Pješaci na cesti
A06	Spajanje sporedne ceste pod oštrim kutom lijeve strane	A33	Obilježen pješački prijelaz
A07	Spajanje sporedne ceste pod oštrim kutom s desne strane	A34	Djeca na cesti
A08	Zavoj u desno	A35	Blizina zrakoplovne piste
A10	Dvostruki zavoj zavoj ili više uzastopnih zavoja od kojih je prvi u lijevo	A36	Tunel (galerija)
A12	Opasna nizbrdica	A37	Bočni vjetar
A13	Opasna uzbrdica (uspon)	A38	Opasnost od požara
A14	Suženje ceste	A39	Biciklisti na cesti
A15	Suženje ceste s desne strane	A40	Pokretni most
A16	Suženje ceste s lijeve strane	A41	Blizina obale
A17	Neravan kolnik izbočine na cesti	A42	Tramvajska pruga
A18	Neravan kolnik ulegnuća kolnika	A43	Životinje na cesti
A20	Sklizak kolnik	A44	Divljač na cesti
A21	Kamenje pršti	A45	Prijelaz ceste preko željezničke pruge s branicima ili polubranicima
A22	Kamenje pada	A46	Prijelaz ceste preko željezničke pruge bez branika ili polubranika
A23	Nailazak na prometna svjetla - vertikalno	A47	Andrijin križ (za jedan kolosijek)
A24	Nailazak na prometna svjetla-horizontalno	A48	Andrijin križ (za dva ili više kolosijeka)
A25	Radovi na cesti	A49	Približavanje prijelazu ceste preko željezničke pruge s branicima ili polubranicima
A26	Promet u oba smjera	A50	Približavanje prijelazu ceste preko željezničke pruge bez branicima ili polubranicima
A27	Raskrižje s kružnim tokom prometa		

Izvor: Autor

Tablica 5. Znakovi izričitih naredbi

ŠIFRA PROMETNOG ZNAKA	ZNAČENJE PROMETNOG ZNAKA	ŠIFRA PROMETNOG ZNAKA	ZNAČENJE PROMETNOG ZNAKA
B01	Raskrižje s cestom s prednošću prolaska	B30	Zabrana polukružnog okretanja
B02	Obvezno zaustavljanje	B31	Ograničenje brzine
B03	Zabrana prometa u oba smjera	B32	Zabrana pretjecanja svih motornih vozila, osim motocikla bez prikolice i mopeda
B04	Zabrana prometa u jednom smjeru	B37	Zabrana davanja zvučnih znakova
B05	Zabrana prometa za sva motorna vozila osim za motocikle bez prikolice i mopede	B38	Prednost prolaska za vozila iz suprotnog smjera
B06	Zabrana prometa za autobuse	B39	Zabrana zaustavljanja i parkiranja
B07	Zabrana prometa za teretna vozila	B40	Zabrana parkiranja
B08	Zabrana prometa za cisterne	B41	Izmjenično parkiranje, zabranjeno parkiranje u neparne dane
B09	Zabrana prometa za vozila koja prevoze eksploziv ili neke lakozapaljive tvari	B42	Izmjenično parkiranje, zabranjeno parkiranje u parne dane
B10	Zabrana prometa za vozila koja prevoze opasne tvari	B44	Najmanja dopuštena brzina
B11	Zabrana prometa za sva motorna vozila koja vuku priključno vozilo	B45	Zimska oprema
B12	Zabrana prometa za teretni automobil koji vuče priključno vozilo	B46	Biciklistička staza
B13	Zabrana prometa za traktore	B47	Pješačka staza
B14	Zabrana prometa za motocikle	B48	Pješačka i biciklistička staza
B15	Zabrana prometa za mopede	B49	Staza za jahače
B16	Zabrana prometa za bicikle	B50	Obvezan smjer
B17	Zabrana prometa za mopede i bicikle	B51	Obvezan smjer
B18	Zabrana prometa za zaprežna vozila	B52	Obvezan smjer
B19	Zabrana prometa za ručna kolica	B53	Obvezan smjer
B20	Zabrana prometa za sva motorna vozila	B54	Obvezan smjer
B21	Zabrana prometa za pješake	B55	Obvezan smjer
B22	Zabrana prometa za vozila čija ukupna širina prelazi određenu širinu	B56	Dopušteni smjerovi
B23	Zabrana prometa za vozila čija ukupna visina premašuje određenu visinu	B57	Dopušteni smjerovi
B24	Zabrana prometa za vozila čija ukupna masa prelazi određenu masu	B58	Dopušteni smjerovi
B25	Zabrana prometa za vozila koja prekoračuju određeno osovinsko opterećenje	B59	Obvezno obilaženje s desne strane
B26	Zabrana prometa za vozila koja prekoračuju određenu dužinu	B60	Obvezno obilaženje s lijeve strane
B27	Najmanja udaljenost između vozila		
B28	Zabrana skretanja ulijevo		
B29	Zabrana skretanja udesno		

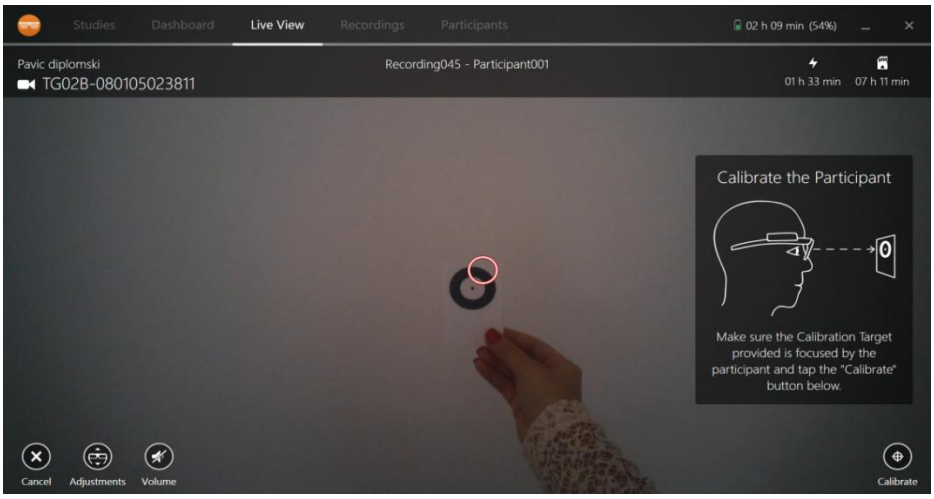
Izvor: Autor

Prije samog istraživanja ispitanicima je pojašnjena procedura ispitivanja, ali im nije pojašnjen cilj istraživanja kako se ne bi utjecalo na ispitanike, a time i na rezultate istraživanja. Procedura istraživanja je dana u obliku kratkih smjernica kako bi se osiguralo što kvalitetnije prikupljanje podataka. Navedene smjernice za provođenje istraživanja su sljedeće:

1. Na svakom slide-u nalaze se četiri prometna znaka.
2. Promatranje prometnih znakova provodi se gledanjem znakova u svim smjerovima**.**
3. Za vrijeme promatranja potrebno je glavu držati mirno, bez pomicanja.
4. Kako bi glava bila u mirujućem položaju potrebno je nasloniti bradu na dlan ruke koja je naslonjena na stol.
5. Promatranje prometnih znakova provodi se **samo** pokretima oka.
6. Ispitanici kreću promatrati prometne znakove na dani znak (KRENI) i na znak (STOP) za prestanak promatranja – vrijeme promatranja je 10 s.
7. Nakon vremenskog promatranja od 10 s ispitanik mora reći značenje svakog prometnog znaka s time da mora naglasiti da li se radi o znakovima opasnosti, obavijesti ili izričitih naredbi.

Prije početka provođenja ispitivanja potrebno je, sukladno uputama proizvođača, spojiti sve komponente Tobii sustava za praćenje pogleda. Pod komponentama se podrazumijevaju Tobii naočale, uređaj za pohranu video zapisa te tablet. Tobi naočale potrebno je prilagoditi prema ispitaniku što znači da na most naočala stavljamo odgovarajuće umetke koji onemogućuju ispadanje odnosno klizanje naočala tokom provođenja istraživanja. Naočale se zatim spajaju na uređaj za pohranu video zapisa u koji je potrebno staviti bateriju i SD memorijsku karticu na koju se pohranjuje video zapis. Također, na tabletu je potrebno pokrenuti računalni program za upravljanje Tobii naočala (Tobii Controler) te bežičnom internetskom vezom povezati naočale s tabletom kako bi se omogućilo upravljanje s tableta.

Za svakog ispitanika potrebno je kreirati novi projekt pod određenim imenom gdje se pohranjuje video zapis. Važnu ulogu u ispitivanju ima kalibracija naočala. Kalibracija se radi posebno za svakog ispitanika na način da ispitanik stavlja spojene naočale na glavu te usmjerava pogled na kalibracijsku pločicu. Nakon kalibracije provjerava se točnost iste na način da istraživač pomiče kalibracijsku pločicu lijevo, desno, gore i dolje te prati da li je pogled ispitanika na kalibracijskoj pločici kao što je prikazano na slici 14.



Slika 14. Kalibracija Tobii naočala

Izvor: Autor

Sljedeći korak je smjestiti ispitanika na određenu udaljenost ispred ploče na kojoj su pomoću projektora prikazani prometni znakovi (slika 15). Ispitivanje počinje nakon što im je procedura ispitivanja detaljno pojašnjena. Prilikom pojašnjena procedure ispitivanja, ispitanici su zamoljeni da prilikom ispitivanja ne pomiču glavu već samo oči promatrajući četiri prometna znaka na svakom slajdu. Na znak kreni ispitanik ima na raspolaganju 10 sekundi da promatra prometne znakove nakon kojih treba reći značenje pojedinog znaka. Za vrijeme objašnjavanja značenja prometnih znakova ispitanik se mogao opustiti te pomicati glavu, ali nakon toga se morao ponovno vratiti u miran položaj kako bi mogao nastaviti sa promatranjem.

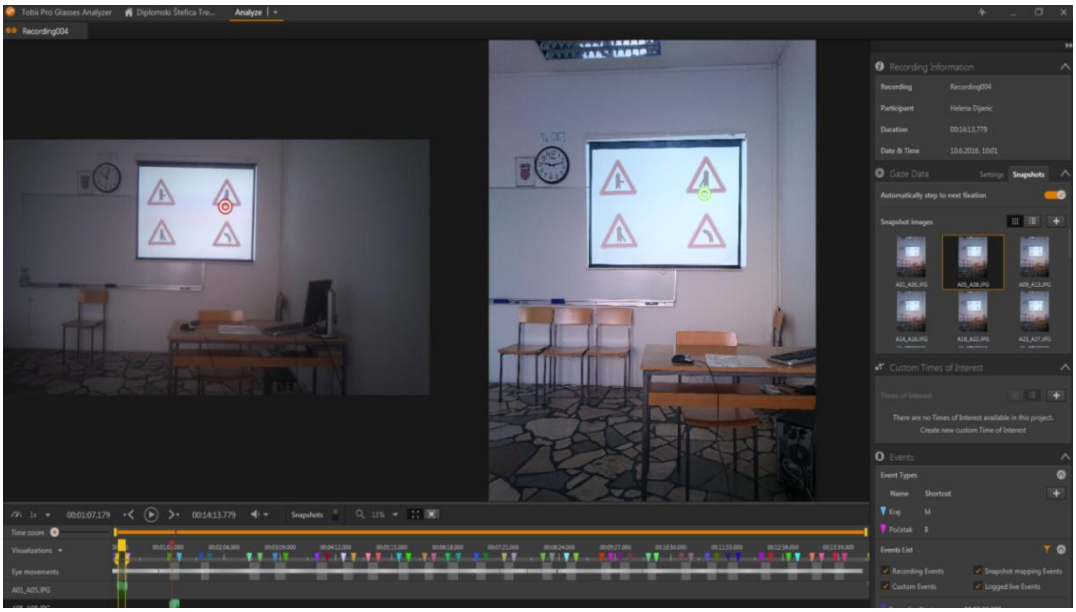


Slika 15. Provođenje istraživanja

Izvor: Autor

Nakon zabilježenog video zapisa snimka sa SD kartice se prebacivala u programski alat (Tobii Anaylzer) u kojem su se podaci obrađivali. Obrada je rađena na principu učitavanja video zapisa i promatrane slike. Zapis i slika moraju biti usklađeni, tj., pogled sa video snimke

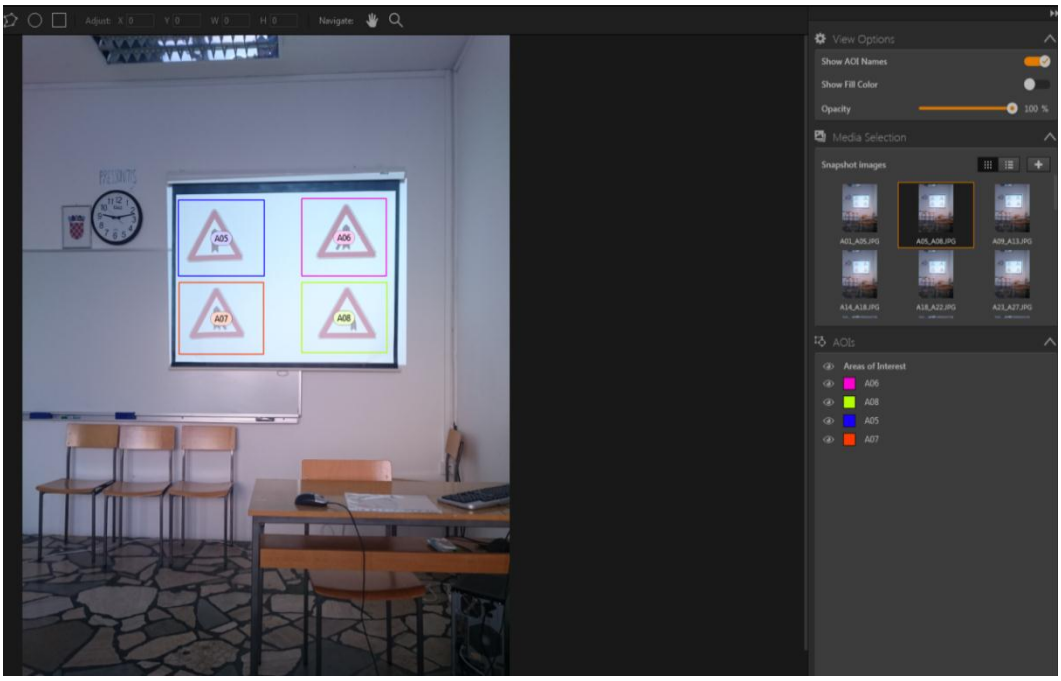
mora biti na istom mjestu na slici kako bi se dobili točni i precizni rezultati što je vidljivo na slici 16.



Slika 16. Usklađenost video zapisa i učitane slike

Izvor: Autor

Na učitanoj slici potrebno je odrediti područja koja uokviruju prometne znakove, što je vidljivo iz slike 17. Za svako uokvireno područje, programski alat za svakog ispitanika daje točne podatke vezane uz ukupno vrijeme usmjerenih pogleda, odnosno fiksacija na pojedini prometni znak, broj pogleda te ukupno vrijeme trajanja fiksacija na pojedini prometni znak.



Slika 17. Uokvirena područja prometnih znakova

Izvor: Autor

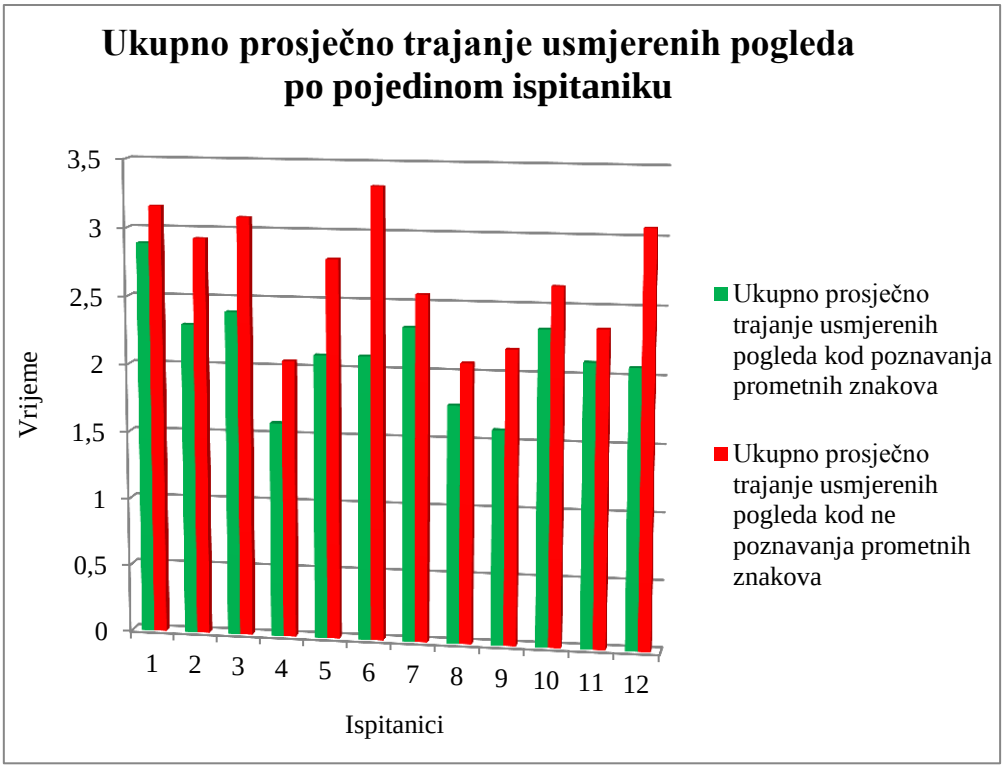
6. REZULTATI PROVOĐENJA ISTRAŽIVANJA SUSTAVOM ZA PRAĆENJE OKA VOZAČA

Podaci prikupljeni provođenjem istraživanja vezani su za ukupno prosječno vrijeme usmjeravanja pogleda ispitanika, ukupno prosječno vrijeme trajanja fiksacije pogleda na pojedini prometni znak te podatke o prosječnom broju pogleda na prometni znak i broju fiksacija pogleda na pojedini prometni znak. Dobiveni rezultati prikazani su u tablici 6. Dio tablice označen slovom „A“ označava rezultate dobivene za prometne znakove koje su ispitanici razumjeli, odnosno znali su im značenje dok dio tablice označen slovom „B“ predstavlja rezultate za znakove koje ispitanici nisu razumjeli.

Tablica 6. Podaci prikupljeni istraživanjem

		ISPITANICI												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	**Ar. sr.**
A	**Ukupno prosječno trajanje usmjerenih pogleda**	2,89	2,30	2,40	1,59	2,10	2,10	2,32	1,76	1,59	2,33	2,10	2,07	**2,13**
	Prosječni broj pogleda	5,98	2,01	2,09	4,17	3,43	3,67	2,00	3,01	3,73	1,93	2,97	2,78	**3,15**
	Ukupno prosječno trajanje fiksacija	2,85	2,28	2,39	1,62	2,07	2,17	2,31	1,76	1,56	2,26	2,06	2,04	**2,11**
	Prosječni broj fiksacija	106,77	111,17	115,62	79,24	100,82	109,50	105,78	83,85	73,11	110,00	99,02	99,39	**98,92**
B	**Ukupno prosječno trajanje usmjerenih pogleda**	3,16	2,93	3,09	2,05	2,8	3,33	2,56	2,07	2,18	2,64	2,34	3,07	**2,69**
	Prosječni broj pogleda	7,15	6,25	5,33	8,15	9,35	7,89	6,41	8,50	10,20	5,90	7,44	5,67	**7,35**
	Ukupno prosječno trajanje fiksacija	3,13	2,89	3,05	2,35	2,78	2,46	2,51	2,05	2,11	2,55	2,26	3,01	**2,60**
	Prosječni broj fiksacija	131,80	147,50	155,30	104,46	140,52	131,11	136,14	106,47	111,70	149,90	137,48	157,50	**134,16**
	Spol	**Ž**	**Ž**	**Ž**	**M**	**M**	**M**	**Ž**	**Ž**	**M**	**Ž**	**Ž**	**M**	
	Dob (god.)	23	22	25	24	24	26	24	25	23	28	28	28	
	Voz. iskustvo (god.)	5	4	6	6	6	5	4	7	5	6	8	10	

Izvor: Autor



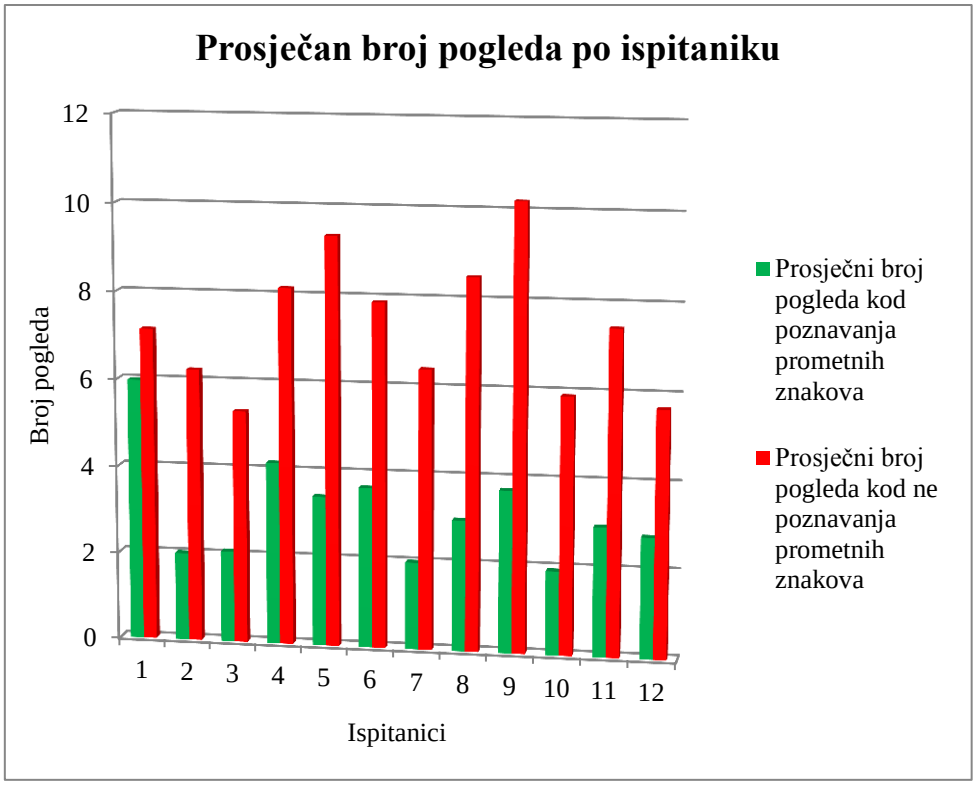
Grafikon 1. Ukupno prosječno trajanje usmjerenih pogleda po pojedinom ispitaniku

Izvor: Autor

Svakom vozaču potrebno je određeno vrijeme da percipira prometni znak, pa je tako u istraživanju bilježeno vrijeme usmjeravanja pogleda na određeni prometni znak s obzirom na vozačko iskustvo, poznavanje i ne poznavanje značenja prometnih znakova. Iz grafikona 1 vidljivo je da vozači imaju kraće vrijeme usmjeravanja pogleda kod znakova koje razumiju u odnosu na znakove koje ne razumiju, odnosno ne poznaju njihovo značenje. Vozači sa vozačkim iskustvom od 6 do 10 godina imaju kraće vrijeme usmjeravanja pogleda zbog većeg iskustva u vožnji na znakove koje razumiju što je vidljivo iz grafikona 1, te oni prije percipiraju prometni znak i shvaćaju poruku koju im on nosi.

Ukupno prosječno vrijeme usmjeravanja pogleda kod vozača koji su razumjeli značenje prometnih znakova iznosi 2,13 sekundi, dok kod vozača koji nisu razumjeli iznosi 2,69 sekundi što je vidljivo iz tablice 6. Razlika ukupnih vremena trajanja usmjeravanja pogleda kod poznavanja i ne poznavanja značenje prometnih znakova iznosi 26,29 % što znači da se ispitanici relativno dugo zadržavanju pogledom na prometnim znakovima koje ne razumiju.

Iz grafikona je vidljivo da se vremenska razlika usmjeravanja pogleda kod svakog ispitanika kreće u intervalu od 0,20 do 1 sekunde. To nam pokazuje da bez obzira što neki ispitanici duže zadržavaju pogled još uvijek mogu na vrijeme prilagoditi brzinu i pravovremeno reagirati na određenu situaciju na cesti.



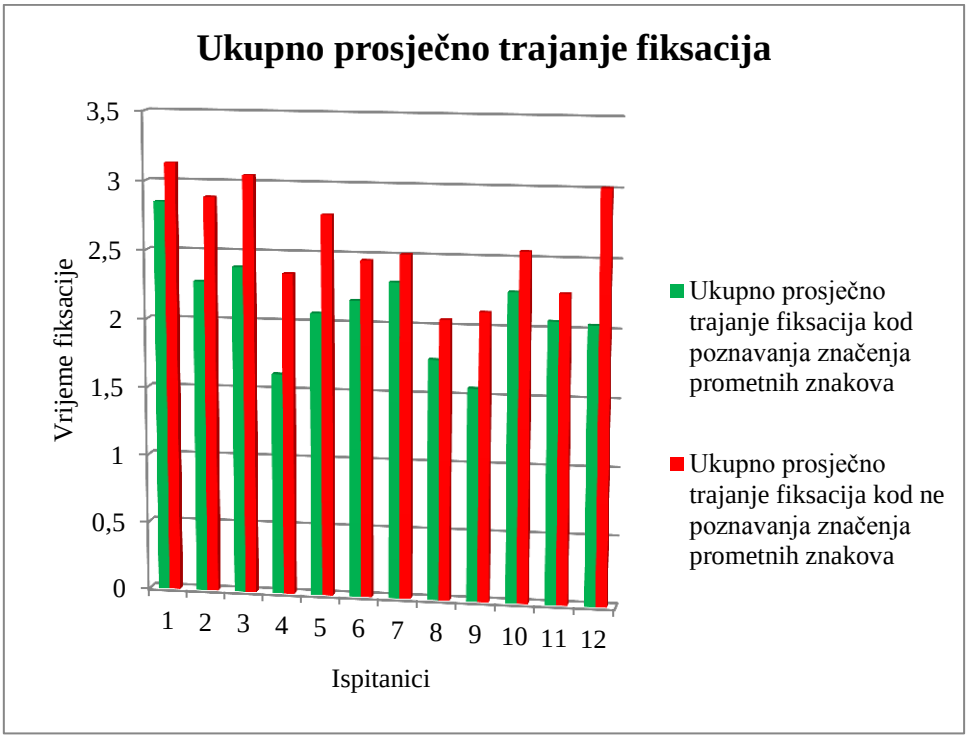
Grafikon 2. Prosječan broj pogleda po ispitaniku

Izvor: Autor

Broj pogleda ispitanika daje ispitivaču točne podatke o tome koliko puta se ispitanikov pogled fiksirao na promatrani prometni znak. Iz grafikona 2. i tablice 6. vidljivo je kako je prosječni broj pogleda usmjerenih prema znakovima kojima su ispitanici znali značenje znatno manji u odnosu na znakove kojima nisu znali značenje. Prosjek broja pogleda svih ispitanika na prometne znakove koje ispitanik razumije iznosi 3,15 (zeleni stupci u grafikonu), dok kod ne razumijevanja znakova (crveni stupci u grafikonu) iznosi 7,35 što je vidljivo iz tablice 6. U prosjeku ta razlika iznosi 133,33 %. Navedeni podaci nam ukazuju na to da su se ispitanici vraćali na znakove koji nisu razumjeli te pokušavali shvatiti njihovo značenje.

U grafikonu 3 zelenim stupcem prikazan je ukupan broj fiksacija pogleda po pojedinom ispitaniku za prometne znakove koje je razumio, dok je crvenim stupcem prikazan ukupan broj fiksacija pogleda za znakove koje ispitanik nije razumio. Prosjek ukupnog broja trajanja fiksacije kod ispitanika koji nisu razumjeli značenje prometnih znakova iznosi 2,60 sekundi, dok je kod znakova koje su razumjeli iznosio 2,11 sekundi što je vidljivo iz tablice 6. Razlika ukupnog prosjeka poznavanja i ne poznavanja značenja prometnih znakova iznosi 23,22 %. Rezultat pokazuju da su se ispitanici više puta fokusirali na prometne znakove koje nisu razumjeli te im je potrebno više vremena da bi se sjetili što određeni znak znači. Iz grafikona

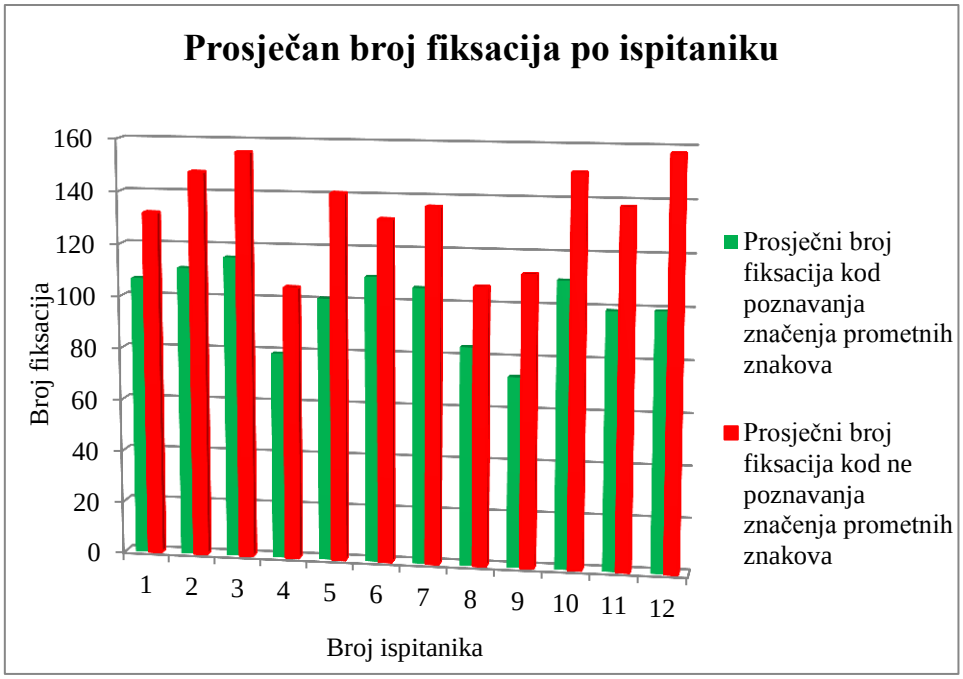
je vidljivo da se vremena fiksacija između poznavanja i ne poznavanja značenja prometnih znakova bitno razlikuju od ispitanika do ispitanika. Razlike kod fiksacija prikazane grafikonom kreću se u intervalu od 0,20 do 0,90 sekundi te one ovise o vozačkom iskustvu i koncentraciji.



Grafikon 3. Ukupno prosječno trajanje fiksacija

Izvor: Autor

Grafikon 4 zelenim stupcem pokazuje podatke prosječnog broja fiksacija pogleda na prometne znakove koje su ispitanici razumjeli odnosno znali su im značenje, dok crveni stupac u grafikonu prikazuje rezultate za znakove koje ispitanici nisu razumjeli.



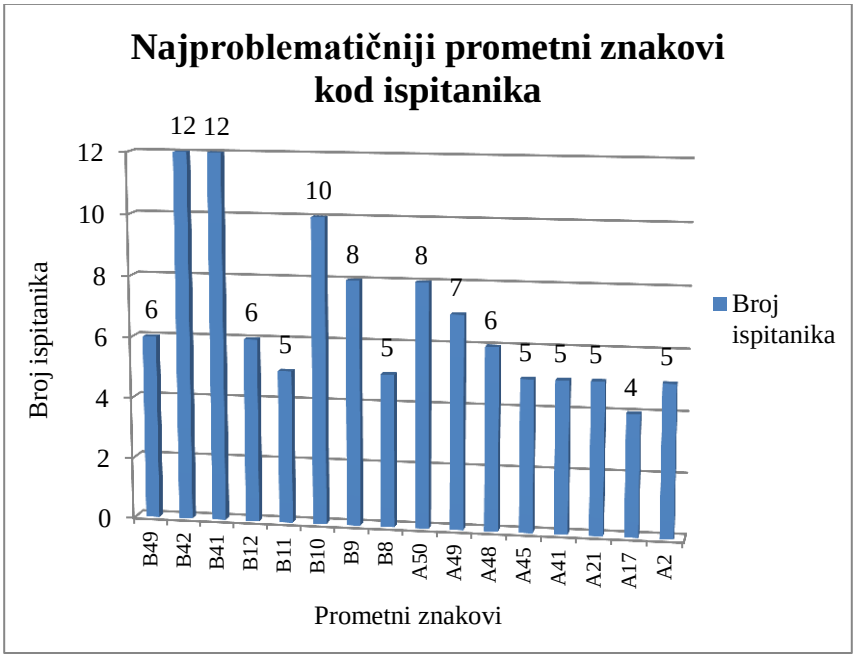
Grafikon 4. Prosječan broj fiksacija po ispitaniku

Izvor: Autor

Iz grafikona je vidljivo da se ispitanici više fokusiraju i zadržavaju pogled na onim znakovima čije značenje ne razumiju te tako više puta usmjeravaju pogled kako bi se sjetili što im određeni znak poručuje, dok se na znakove koje razumiju manje fokusiraju te se automatski pogledom prebacuju na sljedeći znak. Prosječan broj fiksacija pogleda za sve ispitanike koji su razumjeli značenje prometnih znakova iznosi 134,16 dok za znakove koje nisu razumjeli iznosi 98,92 što je vidljivo iz tablice 6. Razlika između poznavanja i ne poznavanja odnosno razumijevanja značenja prometnih znakova u prosjeku iznosi 35,62 % što ukazuje da takvi vozači mogu biti potencijalna opasnost na cestama. Takvi vozači mogu znatno smanjiti sigurnost u prometu te svojim ne znanjem mogu biti uzrok prometne nesreće, te zbog većeg broja fiksacija na prometne znakove vozači mogu smanjiti svoju pažnju na ostale čimbenike koji utječu na vožnju.

Kroz provedbu istraživanja određeni prometni znakovi stvarali su poteškoće kod razumijevanja značenja prometnih znakova. Najveći problem stvarali su znakovi izričitih naredbi i to, B41 (izmjenično parkiranje, označuje dio ceste na kojem je zabranjeno parkiranje u neparne dane), B42 (izmjenično parkiranje, označuje dio ceste na kojem je zabranjeno parkiranje u parne dane), B10 (zabrana prometa za vozila koja prevoze opasne tvari) i B09 (zabrana prometa za vozila koja prevoze eksploziv ili neke lakozapaljive tvari). Iz grafikona 5 vidljivo je da 12 ispitanika nije znalo značenje prometnih znakova B41 i B42, dok značenje prometnog znaka B10 nije znalo 10 ispitanika, a B09 osam ispitanika.

Kod znakova opasnosti najveći problem su stvarali znakovi A50 (približavanje prijelazu ceste preko željezničke pruge bez branika ili polubranika te on označuje udaljenost do prijelaza ceste preko željezničke pruge u razini koja nije osigurana branicima ili polubranicima), A49 (približavanje prijelazu ceste preko željezničke pruge s branicima ili polubranicima te on označuje udaljenost do prijelaza ceste preko željezničke pruge u razini koji je osiguran branicima ili polubranicima), A48 (označuje mjesto na kojem cesta prelazi preko željezničke pruge u razini bez branika ili polubranika s dva ili više kolosijeka). Iz grafikona 5 vidljivo je da osam ispitanika nije znalo značenje prometnog znaka A50, dok je značenje prometnog znaka A49 znalo sedam ispitanika, a A48 šest ispitanika.



Grafikon 5. Najproblematičniji prometni znakovi kod ispitanika

Izvor: Autor

Najveći problem istaknutih prometnih znakova je u tome što se oni rijetko primjenjuju u prometu te iz tog razloga ispitanici nisu znali njihovo značenje. U tablici 7. prikazan je broj prometnih znakova korištenih u istraživanju te postotak tih znakova na državnim cestama u RH sukladno podacima Zavoda za prometnu signalizaciju, Fakulteta prometnih znanosti. Baza podataka nije potpuna te sadrži 131.580 prometnih znakova. Sukladno ukupnom broju znakova izračunat je postotak prometnih znakova na cestama. S obzirom na podatke iz baze podataka, vidljivo je da ne problematičnih prometnih znakova na cestama ima znatno više od problematičnih prometnih znakova što potvrđuje tezu da će vozačevo poznavanje znakova biti u određenoj mjeri vezano i za učestalost njegovog susretanja s znakovima tokom vožnje.

Tablica 7. Problematični i ne problematični znakovi

NE PROBLEMATIČNIH PROMETNI ZNAKOVI			
ŠIFRA ZNAKOVA	**BROJ PROMETNIH ZNAKOVA IZ BAZE PODATAKA**	**ŠIFRA ZNAKOVA**	**BROJ PROMETNIH ZNAKOVA IZ BAZE PODATAKA**
A01	355 (0,27%)	**B01**	1723 (1,31%)
A04	1609 (1,22%)	**B02**	9224 (7,01%)
A05	1725 (1,31%)	**B03**	108 (0,08%)
A06	154 (0,12%)	**B04**	726 (0,55%)
A07	265 (0,20%)	**B06**	18 (0,01%)
A12	284 (0,22%)	**B07**	158 (0,12%)
A14	237 (0,18%)	**B13**	20 (0,02%)
A15	33 (0,03%)	**B16**	13 (0,01%)
A16	35 (0,03%)	**B17**	3 (0,002%)
A18	50 (0,04%)	**B18**	13 (0,01%)
A20	968 (0,74%)	**B21**	18 (0,01%)
A21	968 (0,74%)	**B22**	3 (0,002%)
A22	584 (0,44%)	**B23**	167 (0,13%)
A23	265 (0,20%)	**B24**	332 (0,25%)
A24	149 (0,11%)	**B27**	25 (0,02%)
A25	10 (0,01%)	**B28**	520 (0,40%)
A26	70 (0,05%)	**B29**	301 (0,23%)
A27	968 (0,74%)	**B30**	12 (0,01%)
A28	637 (0,48%)	**B31**	8502 (6,46%)
A29	16 (0,01%)	**B37**	3 (0,002%)
A30	45 (0,03%)	**B39**	1011 (0,77%)
A31	17 (0,01%)	**B44**	14 (0,01%)
A31	75 (0,06%)	**B45**	138 (0,10%)
A33	2424 (1,84%)	**B46**	149 (0,11%)
A34	907 (0,69%)	**B47**	67 (0,05%)
A35	15 (0,01%)	**B48**	230 (0,17%)
A36	62 (0,05%)	**B50**	522 (0,40%)
A37	85 (0,06%)	**B51**	555 (0,42%)
A38	69 (0,05%)	**B52**	93 (0,07%)
A39	54 (0,04%)	**B53**	38 (0,03%)
A44	2900 (2,20%)	**B57**	100 (0,08%)
A47	81 (0,06%)	**B58**	69 (0,05%)
PROBLEMATIČNIH PROMETNI ZNAKOVI			
ŠIFRA ZNAKOVA	**BROJ PROMETNIH ZNAKOVA IZ BAZE PODATAKA**	**ŠIFRA ZNAKOVA**	**BROJ PROMETNIH ZNAKOVA IZ BAZE PODATAKA**
A17	184 (0,14%)	**B08**	9 (0,007%)
A18	50 (0,04%)	**B10**	6 (0,006%)
A20	968 (0,74%)	**B11**	1 (0,001%)
A21	5 (0,004%)	**B12**	37 (0,03%)
A24	149 (0,11%)	**B13**	20 (0,02%)
A31	17 (0,01%)	**B18**	13 (0,01%)
A41	11 (0,01%)	**B19**	0 (0%)
A45	2 (0,002%)	**B41**	0 (0%)
A46	3 (0,002%)	**B42**	0 (0%)
A48	0 (0%)	**B44**	14 (0,01%)
A49	1187 (0,90%)	**B49**	0 (0%)
A50	263 (0,20%)	**B52**	93 (0,07%)
B03	108 (0,08%)		

Izvor: Autor

Problemematični prometni znakovi iz tablice 7. koji su stvarali određene probleme ispitanicima tokom provođenja istraživanja ima znatno manje na cestama te se tako ispitanici s njima ne susreću često što dovodi do toga da ih s vremenom zaborave i ne znaju njihovo značenje. Problematični prometni znakovi se pojavljuju na cestama u RH u intervalu od 0,001 % do 0,74 %, dok neki od njih nisu ni zabilježeni u bazi podataka (iako baza nije upotpunosti obuhvatila sve državne ceste).

Iznimku ovdje predstavljaju znakovi A49 (približavanje prijelazu ceste preko željezničke pruge s branicima ili polubranicima) i A20 (označuje blizinu dijela ceste na kojem kolnik u određenim atmosferskim uvjetima ili sličnim okolnostima ima sklisku površinu) koji se relativno često pojavljuje na cestama (0,90 % A49 i 0,74 % A20), međutim većina ispitanika im nije znala značenje što dovodi do zaključka da je mogući problem vezan uz dizajn navedenih znakova, odnosno nejasnu poruku koju oni prenose.

Da je problem u dizajnu nam potvrđuje i činjenica da znakova kojima su ispitanici znali značenje kao što su: A15, A16, A18, A25, A26, A29, A30, A31, A35, A36, A37, A38, A39, A47, B06, B13, B17, B18, B21, B22, B27, B30, B37, B44, B52, B53, B47, B58 na cestama RH ima također vrlo malo, te se oni pojavljuju na cestama od 0,002 % do 0,07 %, ali zbog jasnoće dizajna i simbola znaka njihova poruka je ispitanicima bila jasna. Neproblematični prometni znakovi koji ispitanicima nisu stvarali probleme tokom istraživanja češće se susreću na cestama u intervalu od 0,07 % do 7,01 %.

7. ZAKLJUČAK

Prometni znakovi upozoravaju sudionike u prometu na opasnost koja im prijeti na određenoj cesti ili dijelu ceste, stavljaju do znanja ograničenja, zabrane i obveze kojih se moraju pridržavati i daju potrebne obavijesti za siguran i nesmetan tok prometa. Postavljaju se sukladno suvremenoj prometnoj signalizaciji kako bi vodili vozače do njegovog cilja te pružali jasne poruke sudionicima u prometu kako ne bi došlo do prometnih nezgoda. Prometni znakovi pridonose povećanju sigurnosti cestovnog prometa te moraju imati dobra retroreflektirajuća svojstva koja omogućuju dobru uočljivost danju i noću te u svim vremenskim uvjetima.

U ovom diplomskim radu provodili smo istraživanje temeljeno na tehnologiji sustava praćenja oka vozača. Istraživanje je provedeno u laboratorijskim uvjetima u prostorijama Zavoda za prometnu signalizaciju, Fakulteta prometnih znanosti u Zagrebu.

Podaci prikupljeni provedbom istraživanja bazirani su na usmjeravanju pogleda primjenom Tobii Pro naočala koje prate pokrete očiju i pokazuju točnu lokaciju pogleda ispitanika na prezentirane prometne znakove. Istraživanjem su dobiveni podaci o vremenu promatranja prometnih znakova te koliko puta je ispitanik usmjerio pogled na određeni prometni znak te isto tako dobiveni su podaci o broju fiksacija pogleda i ukupnom vremenu fiksacija pogleda na prezentirane promatrane prometne znakove.

Iz navedene analize može se zaključiti da vozači koji posjeduju vozačku dozvolu duži niz godina odnosno imaju veće iskustvo u vožnji, imaju kraće vrijeme usmjeravanja pogleda na znakove koje razumiju. Takvi vozači imaju kraće vrijeme promatranja odnosno usmjeravanja pogleda na prometne znakove čije značenje im je u potpunosti jasno u odnosu na znakove čije značenje im nije jasno i razumljivo te njihova razlika iznosi 26,29 %. Vremenska razlika usmjeravanja pogleda kod svakog ispitanika kreće se u intervalu od 0,20 do 1 sekunde.

Analizom prikupljenih podataka tokom istraživanja može se zaključiti da se vozači dvostruko više fokusiraju na one znakove koje nisu razumjeli u odnosu na znakove koje su razumjeli te njihova razlika u prosjeku iznosi 133,33 %.

Isto tako analizom podataka utvrđena je razlika ukupnog broj trajanja fiksacija kod poznavanja i ne poznavanja značenja odnosno razumijevanja prometnih znakova u iznosu od 23,22 % vremena što je pokazatelj da se ispitanici vremenski duže zadržavaju pogledom na tim znakovima u intervalu od 0,20 do 0,90 sekundi, ovisno o ispitaniku.

Analizom dobivenih podataka kod fokusiranja i zadržavanja pogleda razlika između prosječnog broja fiksacija za sve ispitanike kod poznavanja i ne poznavanja značenja

prometnih znakova u prosjeku iznosi 35,62 % što ukazuje da takvi vozači mogu biti potencijalna opasnost na cestama.

Dobiveni rezultati dovode do zaključka da se ispitanici znatno više fokusiraju, usmjeravanju, zadržavaju pogledom na prometnim znakovima koje ne razumiju, jer pokušavaju shvatiti njihovo značenje. Također, je potrebno dodatno analizirati zašto ispitanici nisu razumjeli te znakove. U određenim trenutcima duže vrijeme percepcije prometnog znaka može dovesti do smanjenja prometne sigurnosti i do prometnih nesreća. Međutim, kako je znakova kojih su ispitanici razumjeli na cestama relativno malo može se zaključiti da je poznavanje i razumijevanje značenja prometnih znakova zadovoljavajuće.

Analizom korištenih prometnih znakova u istraživanju i prometnih znakova iz baze podataka Zavoda za prometnu signalizaciju, Fakulteta prometnih znanosti vidljivo je da ne problematičnih prometnih znakova na cestama ima znatno više od problematičnih prometnih znakova. Utvrđeno je da na poznavanje značenja prometnih znakova utječe učestalost susretanja znakova tokom vožnje.

S obzirom na analizu možemo zaključiti da problematični prometni znakovi stvaraju znatno veće probleme ispitanicima jer ih je znatno manje na cestama u intervalu od 0,001 % do 0,74 %, dok se neki od njih ni ne pojavljuju na cestama, pa se ispitanici ne susreću često s njima te s vremenom zaborave njihovo značenje. S obzirom na takve znakove ispitanici ne znaju poruku koju im određeni znak nosi te to može izazvati velike poteškoće u prometu.

Analizom je utvrđeno da se neproblematični prometni znakovi češće susreću na cestama u intervalu od 0,07 % do 7,01 %. Neki znakovi koji se relativno često pojavljuje na cestama, većina ispitanika im nije znala značenje što dovodi do zaključka da je mogući problem vezan uz dizajn znakova, odnosno nejasnu poruku koju oni prenose. Da je problem u dizajnu znaka nam potvrđuje i činjenica da znakova kojima su ispitanici znali značenje na cestama RH ima također vrlo malo u intervalu od 0,002 % do 0,07 %, ali zbog jasnoće dizajna i simbola znaka njihova poruka je ispitanicima bila jasna.

LITERATURA

[1] Ščukanec, A. Nastavni materijali iz kolegija Prometna signalizacija, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb; ak. god. 2015/2016

[2] http://www.autoskola.com.hr/ucilica-prometni-znakovi-ob2.shtml (travanj 2015.)

[3] http://www.prometna-zona.com/prometni-znakovi/ (svibanj 2016.)

[4] Pašagić, S. Vizualne informacije u prometu, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb; 2004.

[5] Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/05, 64/05, 155/05, 14/11)

[6] http://www.prometna-signalizacija.com/vertikalna-signalizacija/prometni-znakovi/ (svibanj 2016.)

[7] http://signalizacija.org/galerija_vertikalna.html#!prettyPhoto[mixed]/5/ (kolovoz 2016.)

[8] http://maremira.blogspot.hr/2013/02/autoskola-i-njeni-testovi.html (svibanj 2016.)

[9] Legac, I. I koautori Gradske prometnice, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb; 2011.

[10] Mlinarević, I., Klarić, S. Standard redovnog održavanja autocesta, Hrvatske autoceste, Zagreb; 2007.

[11] https://www.google.hr/search?q=spherical+retroreflection (svibanj 2016.)

[12] https://www.google.hr/search?q=prismatic+retroreflection (svibanj 2016.)

[13]http://estudent.fpz.hr/Predmeti/S/Signalizacija_i_upravljanje_plovilima/Materijali/osnove_prometne_signalizacije.pdf (svibanj 2016.)

[14] http://www.ictct.org/migrated_2014/ictct_document_nr_226_Zakowska.pdf (srpanj 2016.)

[15] http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14668174 (srpanj 2016.)

[16]http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00140139108967339?journalCode=terg20%20 (srpanj 2016.)

[17] http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00140138608968304?journalCode=terg20 (srpanj 2016.)

[18]https://www.researchgate.net/publication/16474583_Drivers'_immediate_responses_to_traffic_signs (kolovoz 2016.)

[19] http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000760 (kolovoz 2016.)

[20] https://bib.irb.hr/datoteka/658629.Diplomski_Kauric_0036437354.pdf (kolovoz 2016.)

[21] http://www.tobiipro.com/product-listing/tobii-pro-glasses-2/#Components (srpanj 2016.)

[22] http://www.tobiipro.com/product-listing/tobii-pro-glasses-2/#Specifications (srpanj 2016.)

POPIS TABLICA

Tablica 1.Veličina prometnog znaka prema kategoriji prometnice 7
Tablica 2. Specifikacije Tobii Pro naočala 24
Tablica 3. Podaci o ispitanicima 26
Tablica 4. Znakovi opasnosti 27
Tablica 5. Znakovi izričitih naredbi 28
Tablica 6. Podaci prikupljeni istraživanjem 32
Tablica 7. Problematični i ne problematični znakovi 38

POPIS SLIKA

Slika 1. Sastavni djelovi prometnog znaka 8
Slika 2. Ploter za izradu prometnih znakova 9
Slika 3. Izrada prometnih znakova metodom sitotiska 10
Slika 4. Pravilno postavljanje prometnih znakova 12
Slika 5. Pravilno postavljanje prometnih znakova 12
Slika 6. Prikaz glavnog i dopunjujućeg prometnog znaka 13
Slika 7. Sferična retrorefleksija 15
Slika 8. Priznatična retrorefleksija 16
Slika 9. Maretijal Klase I 17
Slika 10. Materijal Klase II 18
Slika 11. Materijal Klase III 18
Slika 12. Tobii Pro Glasses naočale 24
Slika 13. Uređaj za pohranu video zapisa 25
Slika 14. Kalibracija Tobii naočala 30
Slika 15. Provođenje istraživanja 30
Slika 16. Usklađenost video zapisa i učitane slike 31
Slika 17. Uokvirena područja prometnih znakova 31

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Ukupno prosječno trajanje usmjerenih pogleda po pojedinom ispitaniku 33
Grafikon 2. Prosječan broj pogleda po ispitaniku 34
Grafikon 3. Ukupno prosječno trajanje fiksacija 35

Grafikon 4. Prosječan broj fiksacija po ispitaniku 36
Grafikon 5. Najproblematičniji prometni znakovi kod ispitanika..... 37