

Utjecaj pozicije prometnih znakova na vrijednost retrorefleksije

Kunić, Tomislav

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:714955>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-22**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Tomislav Kunić

UTJECAJ POZICIJE PROMETNIH ZNAKOVA NA
VRIJEDNOST RETROREFLEKSIJE

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2021.

Zagreb, 5. svibnja 2021.

Zavod: **Zavod za prometnu signalizaciju**
Predmet: **Vizualne informacije u prometu**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 6170

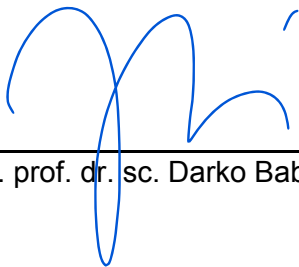
Pristupnik: **Tomislav Kunić (0082031280)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Utjecaj pozicije prometnih znakova na vrijednost retrorefleksije**

Opis zadatka:

Prometni znakovi su osnovna sredstva komunikacije između nadležnih za ceste i sudionika u prometu. Radi sigurnog i nesmetanog odvijanja prometa posebnu je pozornost potrebno posvetiti prijenosu informacija sudionicima u prometu. Prijenos informacija sudionicima u prometu putem prometnih znakova ovisi o kvaliteti prometnog znaka, izraženoj putem snage retrorefleksije. Zadovoljavajuća snaga retrorefleksije doprinosi pravovremenom uočavanju prometnog znaka te njegovom tumačenju i razumijevanju. Različite tvrtke proizvode retroreflektirajuće folije te ovisno o klasi izrađene folije garantiraju postojanost i zadovoljavanje minimalnih vrijednosti retrorefleksije kroz određeno razdoblje. Prometni znakovi se na cestama postavljaju na različitim pozicijama u odnosu na smjer kretanja vozila. Zadatak je u radu uz pojašnjenje pojma retrorefleksije analizirati utjecaj različitog pozicioniranja znakova na vrijednosti retrorefleksije folije znaka. Cilj je utvrditi na koji način i u kojoj mjeri pozicija prometnog znaka utječe na vrijednosti retrorefleksije.

Mentor:



izv. prof. dr. sc. Darko Babić

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

**UTJECAJ POZICIJE PROMETNIH ZNAKOVA NA
VRIJEDNOST RETROREFLEKSIJE**

**THE INFLUENCE OF THE POSITION OF TRAFFIC
SIGNS ON THE VALUE OF RETROREFLECTION**

Mentor: izv. prof. dr. sc. Darko Babić

Student: Tomislav Kunić, 0082031280

Zagreb, rujan 2021.

SAŽETAK

Cestovni propisi i prometni znakovi su osnova sigurnosti cestovnog prometa. Da bi vozači dobili pravovremene informacije o uvjetima vožnje važno je pravovremeno uočavanje prometnih znakova. U uvjetima slabije vidljivosti i pri vožnji noću najbitniji faktor koji omogućuje uočljivost znaka je retrorefleksija folije prometnog znaka. Pozicioniranje znakova je od velike važnosti jer vrijednost koeficijenta retrorefleksije ovisi o ulaznom i izlaznom kutu svjetlosti. Način na koji pozicioniranje prometnog znaka uz prometnicu utječe na vrijednost retrorefleksije kroz vrijeme tema je ovoga rada.

KLJUČNE RIJEČI: prometni znakovi; retrorefleksija; pozicija

SUMMARY

Road regulations and traffic signs are the basis of road safety. In order for drivers to get timely information about driving conditions, it is important to notice traffic signs in a timely manner. In conditions of poor visibility and when driving at night, the most important factor that enables the visibility of the traffic sign is the retroreflection of the traffic sign foil. The positioning of the signs is of great importance because the value of the retroreflection coefficient depends on the input and output angle of the light. The way in which the positioning of a traffic sign along a roadway affects the value of retroreflection over time is the topic of this paper.

KEY WORDS: traffic signs; retroreflection; position

SADRŽAJ

1.	UVOD.....	1
2.	ULOGA PROMETNE SIGNALIZACIJE U CESTOVNOM PROMETU	3
2.1.	<i>Povijest prometne signalizacije</i>	3
2.2.	<i>Podjela promete signalizacije.....</i>	4
2.3.	<i>Prometni znakovi.....</i>	5
2.3.1.	Znakovi Opasnosti	5
2.3.2.	Znakovi izričitih naredbi	5
2.3.3.	Znakovi obavijesti.....	6
2.3.4.	Znakovi obavijesti za vođenje prometa.....	6
2.3.5.	Dopunske ploče.....	8
2.3.6.	Promjenjivi prometni znakovi	8
3.	ANALIZA MATERIJALA ZA IZRADU PROMETNIH ZNAKOVA	9
3.1.	<i>Materijal Klase I – Engineer Grade</i>	9
3.2.	<i>Materijal Klase II – High Intensity Grade.....</i>	10
3.3.	<i>Materijal Klase III – Diamond Grade</i>	11
4.	ZAKONSKA REGULATIVA KOJA REGULIRA POSTAVLJANJE I ODRAVANJE PROMETNIH ZNAKOVA	13
4.1.	<i>Zakoni.....</i>	13
4.2.	<i>Pravilnici.....</i>	13
4.3.	<i>Norme.....</i>	14
5.	DEFINICIJA RETROREFLEKSIJE I METODA ISPITIVANJA PROMETNIH ZNAKOVA....	15
5.1.	<i>Osobine retroreflektirajućih materijala.....</i>	16
5.1.1.	Ulazni kut.....	16
5.1.2.	Kut promatranja	16
5.1.3.	Snop reflektirane svjetlosti.....	17
5.1.4.	Jačina retrorefleksije	17
5.2.	<i>Metoda ispitivanja prometnih znakova.....</i>	18
6.	ANALIZA PRIKUPLJENIH PODATAKA O VRIJEDNOSTI RETROREFLEKSIJE PROMETNIH ZNAKOVA	21
6.1.	<i>Prikupljanje podataka</i>	21
6.2.	<i>Izbor prometnih znakova za analizu.....</i>	22

6.3. Izbor prometnica	24
7. ANALIZA POZICIJE PROMETIH ZNAKOVA NA VRIJEDNOST RETROREFLEKSIJE.....	27
7.1. Analiza znakova s obzirom na poziciju uz kolnik	29
7.2. Analiza znakova s obzirom na stranu kolnika.....	31
8. ZAKLJUČAK	33
Literatura	34
Popis slika	35
Popis tablica.....	35

1. UVOD

Cestovni promet i funkcioniranje cestovnog prometa ovise o brojnim komponentama. Prometni znakove nose informacije korisne za vozača, kako za njegovu sigurnost tako i za pravovremeno informiranje. Sve informacije koje do vozača dolaze moraju stići na vrijeme, biti jasne, lako čitljive i razumljive.

Pri prijenosu informacija prometnim znakovima pravovremeno uočavanje znaka je od izrazite važnosti za sigurnost vožnje. Vizualne informacije koje dolaze do vozača ovise o količini osvjetljenja kojima raspolaže. Pri dnevnoj vožnji svjetlost sunca uglavnom osigurava dovoljnu vidljivost. No pri vožnji noću i u uvjetima smanjene vidljivosti vozač ovisi o cestovnoj rasvjeti i osvjetljenju farova automobila.

Da bi se osigurala vidljivost prometnog znaka, u proizvodnji se koriste materijali koji osiguravaju povratak svjetlosti prema izvoru. Materijali koji omogućavaju vozaču da pravovremeno uoči prometni znak. Tehnologija koja to osigurava naziva se retrorefleksija.

Retrorefleksija prometnih znakova degradira sa vremenom. Ovisi o atmosferskim uvjetima, fizičkim oštećenjima, tehnološkom procesu izrade i samoj kvaliteti materijala od kojega se proizvodi. U ovom radu analizirat će se degradacija retrorefleksije folije prometnih znakova s obzirom na poziciju prometnoga znaka.

Rad je podijeljen u osam cjelina. U uvodu se predstavlja koncept rada, tematika, svrha i cilj. Drugo poglavlje kroz povijesni presjek objašnjava razvoj i suvremeni doseg prometne signalizacije te posebno prometnih znakova i njihovu funkciju.

Poglavljje analiza materijala prometnih znakova daje uvid u izvedbu samoga prometnog znaka, te raznih tehnologija koje omogućavaju retrorefleksiju i njihovu podjelu. Zakonska regulativa je osnova prometnog sustava. Na taj način i pravni akti utječu na izvedbu, postavu i eksploataciju prometnih znakova. Poznavanje propisa koji reguliraju prometne znakove nužan je uvjet za njihovo korištenje.

Razumijevanje retrorefleksije, funkcioniranja i fizikalnih zakona koji ju uvjetuju i pravila po kojima se vrši ispitivanje predmet je petoga poglavlja ovoga rada. Bez poznavanja osnova funkcije, interpretacija podataka dobivenih ispitivanjem bila bi nezahvalna.

U šestom poglavlju se provodi analiza podataka o prometnim znakovima. Obavlja se pregled dostupnih podataka, izdvajanje potencijalnih kandidata kako bi se dobili što reprezentativniji uzorci za obradu.

Podaci koji su prihvaćeni u šestom poglavlju u sedmom su grupirani i provodi se analiza utjecaja pozicije na vrijednost retrorefleksije folije prometnog znaka.

U posljednjem poglavlju iznose se zaključci doneseni na temelju analize i prikazanih rezultata.

2. ULOGA PROMETNE SIGNALIZACIJE U CESTOVNOM PROMETU

U cestovnom prometu, uz vozilo i infrastrukturu nužni element za odvijanje prometa je prometna signalizacija i oprema ceste. Zadaća prometne signalizacije je nošenje informacija za sigurno i efektivno odvijanje prometnih tokova unutar prometne mreže. Jednoznačnost, jasnoća i pravovremeno uočavanje su osnove kvalitetno izvedene prometne signalizacije.

2.1. Povijest prometne signalizacije

Cestovna signalizacija, nalik na današnju, stara je oko 100 godina. Razvoj je započeo u Engleskoj, sa pojavom parnih omnibusa. Parni omnibusi su bili vozila na parni pogon koja su prevozila do dvadesetak putnika i zamjenjivala konjske zaprege. Njihovom pojavom dolazi i do prvih prometnih nesreća, 1831. godine u Londonu, i Glasgowu. Posljedica kojih je bio prvi prometni propis izglasan 1836. godine: „Locomotive Acts“. On je ograničavao brzinu na 3,2 km/h u gradovima i 6,5 km/h izvan naselja te je obavezivao vozila da 100 m ispred označavaju opasnost pomoću jahaća koji je mahao crvenom zastavom i upozoravao prolaznike na dolazak vozila.

Pojavom motornih vozila koja su lakše prelazila državne granice javlja se potreba za standardizacijom pojedinih državnih propisa i izjednačavanjem na međunarodnoj razini. Do prve međunarodne konvencije dolazi 1909. godine u Parizu. A nakon nje i do brojnih drugih od kojih je bitno istaknuti Ženevsku iz 1949. godine, na kojoj je donesen Protokol o signalizaciji na cestama. Konvencije su preporučivale državama da propisuju jednake znakove, da koriste simbole umjesto riječi. Oblik znakova propisan je već Pariškom konvencijom. Znakovi opasnosti dobili su oblik istostraničnog trokuta sa vrhom prema gore, znakovi izričitih naredbi su okrugli, a znakovi obavijesti pravokutni. [1]

S vremenom se broj prometnih znakova mijenjao od početnih desetak do današnjih dvjestotinjak. Na konferenciji cestovnog prometa 1968. u Beču donesen je novi sporazum oko kojeg su se usuglasile zemlje Europe, te to postaje osnova i naših prometnih znakova. Usprkos velikoj potrebi za ujednačavanjem na svijetu postoji nekoliko sustava prometnih znakova.

1939. godine u SAD-u stručnjaci tvrtke 3M proizvode prvi prometni znak sa retroreflektirajućim svojstvima. Bila je to jednostavna izvedba kod koje su nanosene staklene perle na osnovnu podlogu. Takva izvedba osiguravala je puno bolju vidljivost prometnog znaka u noćnim uvjetima no izloženost atmosferskim prilikama i fizičkim oštećenjima nije omogućavala dug vijek tih znakova. Do sljedećeg tehnološkog napretka dolazi 1949. godine kada 3M predstavlja novu generaciju retroreflektirajuće folije, naziva Engineer Grade. Osim produžavanja vijeka folije koji je osigurana presvlačenjem prozirnim zaštitnim slojem osigurana je i bolja vidljivost prometnog znaka. Daljim istraživanjima dobivamo nove materijale (High Intensity Grade, Diamond Grade) kojima se povećava vidljivost u otežanim uvjetima a samim time i sigurnost prometa. [1]

2.2. Podjela promete signalizacije

Prometnu signalizaciju najčešće dijelimo na vertikalnu i horizontalnu. Pod vertikalnom signalizacijom se uglavnom smatraju prometni znakovi i njezina glavna namjena je upravljanje prometom. Prema Pravilniku o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama prometnu signalizaciju i opremu na cesti dijelimo na: [3]

1. prometni znakovi, i to:

- znakovi opasnosti
- znakovi izričitih naredbi
- znakovi obavijesti
- znakovi obavijesti za vođenje prometa
- dopunske ploče
- promjenjivi prometni znakovi

2. prometna svjetla

3. oznake na kolniku i drugim prometnim površinama:

4. prometna oprema ceste:

5. oprema i mjere za smirivanje prometa

6. cestovna rasvjeta.

2.3. Prometni znakovi

Postoji nekoliko podjela prometnih znakova. Dijelimo ih prema funkciji, obliku, veličini, značenju, stupnju standardizacije, načinu izrade te prema stalnosti informacije na znakovima. [1]

Prema obliku postoje tri osnovna (istostraničan trokut, krug i pravokutnik) te nekolicina raznih (osmerokut, romb, pravokutnik sa strelicama na krajevima...). Veličina prometnog znaka je primarno definirana kategorijom prometnice. Prema pravilniku dijelimo ih na znakove opasnosti, znakove izričitih naredbi, znakove obavijesti, znakove obavijesti za vođenje prometa, dopunske ploče i promjenjive prometne znakove.

2.3.1. Znakovi Opasnosti

Znakovi Opasnosti označavaju blizinu dijela ceste ili mjesto na cesti na kojem sudionicima u prometu prijete opasnosti. U pravilu se postavljaju 150 do 250 m ispred opasnog dijela na cesti. Imaju oblik istostraničnog trokuta sa vrhom prema gore (osim znaka Andrijin križ). Osnovna boja im je bijela (iznimno žuta), a rubovi trokuta su crveni. Simboli su crne boje.



Slika 1. Primjeri prometnih znakova opasnosti

Izvor: [1]

2.3.2. Znakovi izričitih naredbi

Znakovi izričitih naredbi stavljaju do znanja sudionicima u cestovnome prometu zabrane, ograničenja i obaveze. Postavljaju se neposredno na mjesta na kojima za sudionike u prometu počinje obaveza postupanja po naredbi izraženoj prometnim

znakom. Okruglog su oblika (osim znakova za označavanje raskrižja sa cestom s prednošću prolaska i obaveznog zaustavljanja). Osnovna boja znakova zabrane i ograničenja je bijela a znakova obveze plava. Simboli su crne, odnosno bijele boje ako su na plavoj podlozi, a rub ako postoji je crvene boje.



Slika 2. Primjeri znakova izričitih naredbi
Izvor: [1]

2.3.3. 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 prometnih znakova izričitih naredbi te druge obavijesti koje im mogu koristiti. Izrađuju se kvadratnog, okruglog ili pravokutnog oblika.



Slika 3. Primjeri znakova obavijesti
Izvor: [1]

2.3.4. 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 je:

- na autocestama zelena sa simbolima i natpisima bijele boje;
- na brzim cestama plava sa simbolima i natpisima bijele boje;

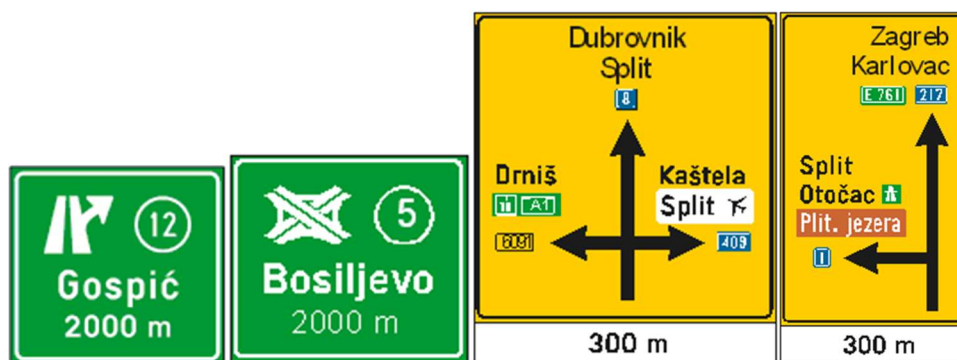
- na državnim i ostalim cestama žuta sa simbolima i natpisima crne boje,
- za dijelove gradova, naselja i značajne objekte bijela sa simbolima i natpisima crne boje

Na istom znaku (ploči) mogu se na osnovnu podlogu umetnuti podloge odgovarajućih boja ovisno o vrsti ceste koja vodi do naznačena odredišta. Veličine znakova obavijesti za vođenje prometa ovise o visini i broju pojmova (slova) na znaku. A najmanje visine pojmova definirane su pravilnikom.

Obavješćivanje sudionika u prometu prometnim znakovima obavijesti za vođenje prometa provodi se u pet stupnjeva, i to [3]:

- I. »prethodno obavješćivanje«
- II. »obavješćivanje o smjeru kretanja«
- III. »obavješćivanje o prestrojavanju«
- IV. »obavješćivanje o skretanju«
- V. »potvrдно obavješćivanje«.

Na autocestama, brzim cestama i cestama s raskrižjima u više razina moraju se postaviti svih pet stupnjeva obavijesti. Na državnim cestama moraju se postaviti drugi, četvrti i peti stupanj, a treći ako je cesta s više prometnih traka. Na županijskim cestama moraju se postaviti drugi i četvrti, a na ostalim cestama najmanje četvrti stupanj obavijesti. [1]

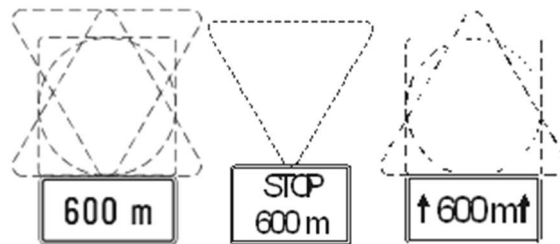


Slika 4. Primjeri znakova obavijesti za vođenje prometa
Izvor: [1]

2.3.5. Dopunske ploče

Dopunske ploče pobliže određuju značenje prometnog znaka a mogu biti postavljene uz znakove opasnosti, znakove izričitih naredbi znakove obavijesti i znakove obavijesti za vođenje prometa. [3]

Postavljaju se zajedno sa prometnim znakom na kojeg se odnose ispod donjeg ruba prometnog znaka.



Slika 5. Primjeri dopunskih ploča

Izvor: [1]

2.3.6. Promjenjivi prometni znakovi

Promjenjivi prometni znakovi se izvode zbog potrebe prometne sigurnosti ili prometno tehničkih zahtjeva. Mogu biti izvedeni kao kontinuirani ili ne kontinuirani. Kontinuirani su izgledom jednaki stalnim prometnim znakovima a jedina je razlika 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. Ti znakovi oblikuju poruke uporabom pojedinačnih elemenata koji mogu biti u jednome od dva stanja (ili više) čime mogu oblikovati različite poruke na istoj prednjoj površini znaka. [1]



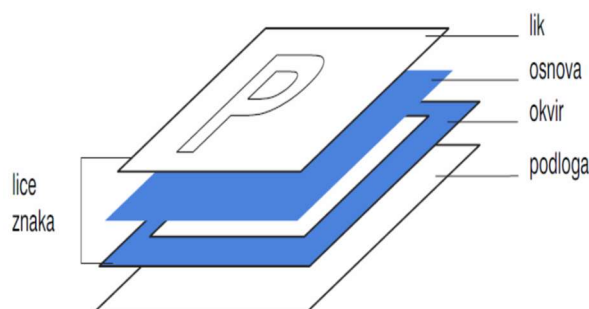
Slika 6. Primjer promjenjivih prometnih znakova

Izvor: [1]

3. ANALIZA MATERIJALA ZA IZRADU PROMETNIH ZNAKOVA

Pri izvedbi prometnog znaka bitno je poznavati tehničke zahtjeve kojima znak mora udovoljavati. Nosači, podloga i sama retroreflektirajuća folija moraju zadovoljavati sve tehničke uvijete koje su propisane zakonskom regulativom (Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi ceste te europskim i hrvatskim normama)

Sam prometni znak sastoji se od lica i podloge. Lice je prednja strana znaka koju vozač vidi i koja prenosi korisne informacije. Sastoji se od lika, osnova i okvira. Lik znaka čine simboli i/ili natpisi. Osnova znaka je element na kome 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 kome se nalazi osnova znaka sa svim elementima. [1]



Slika 7. Dijelovi prometnog znaka
Izvor: [1]

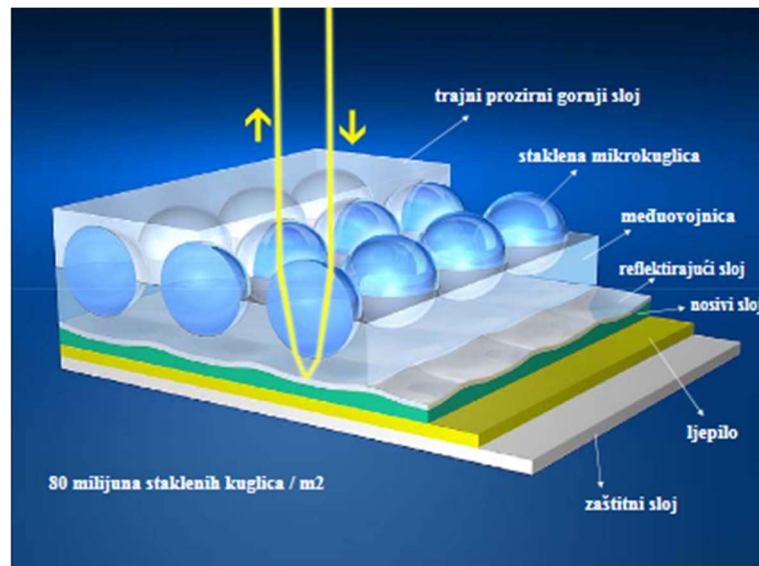
Podloga znaka uglavnom se izvodi od aluminijske folije koje proizvođač reže na potrebne mjere. Rubovi znaka se potom savijaju kako bi se poboljšala otpornost znaka na savijanje i uvijanje i time osigurali fizikalni uvjeti koje znak mora udovoljavati.

Folija prometnog znaka mora udovoljavati uvjetima propisanim za pojedini prometni znak prema pravilniku o prometnim znakovima signalizaciji i opremi ceste. Pravilnikom su folije prema tehničkim uvjetima podijeljene u tri klase.

3.1. Materijal Klase I – Engineer Grade

Prvi retroreflektirajući materijal koji su u primjeni od 1959. godine. Izvode se od folije s uvezenim staklenim kuglicama koje osiguravaju sferičnu retrorefleksiju. U

modernim tehnološkim izvedbama postoje i folije klase I sa prizmatičnom retrorefleksijom (Engineer Grade Prismatic). Minimalni zahtjev koeficijenta retrorefleksije na nove folije klase I je $70 \text{ cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$. [1]

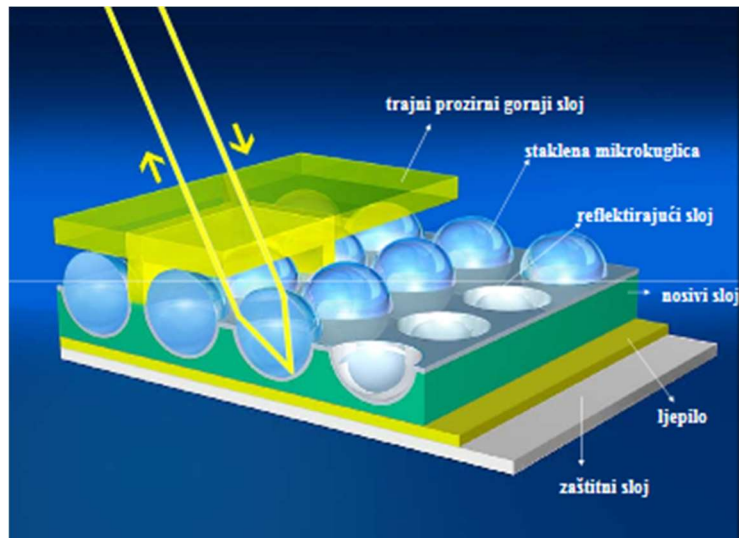


Slika 8. Prikaz materijala klase I
Izvor: [1]

3.2. Materijal Klase II – High Intensity Grade

Materijali klase II koriste staklene kuglice višestruko sjajnije od kuglica koje se koriste na folijama klase I. Za razliku od klase I kuglice se ne ulijevaju u plastični sloj nego se lijepe na plastični nosač. Kuglice se zatvara gornjim slojem koji osigurava zrakom ispunjen prostor sa vanjskog dijela staklenih kuglica. Na površinu dolazi folija oblika saća koja osigurava bez zračni prostor. [1]

Znakovi klase II vidljivi su iz širokog kuta gledanja i osiguravaju trajnost kvalitete retrorefleksije. Proizvođači folija klase II tako nude jamstva sijanosti, a vrijednost koeficijenta retrorefleksije novog znaka bijele boje je $250 \text{ cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$, te bi trebao zadržati 80 posto originalne sjajnosti i nakon deset godina.

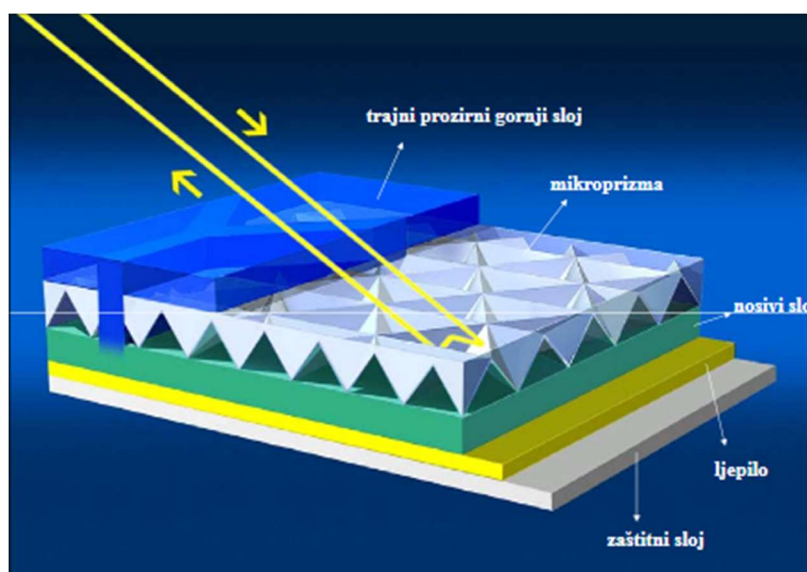


Slika 9. Materijal klase II
Izvor: [1]

Materijali klase II osim izvedbe sa staklenim kuglicama proizvode se i sa mikro prizmama.

3.3. Materijal Klase III – Diamond Grade

Materijali klase III za razliku od klasa I i II izvode se isključivo sa mikro prizmama. Tehnologija mikro prizmi osigurava povratak preko 30 posto ulaznog osvjetljenja u smjeru izvora svijetlosti. Za razliku od klase I koja retroreflektira oko 8 posto i klase II sa 15 posto reflektirane svijetlosti. Materijali klase tri time osiguravaju višestruko bolju vidljivost prometnih znakova i veće ulazne kutove (do 60 stupnjeva).



Slika 10. Materijal klase III
Izvor: [1]

Sjaj ove reflektirajuće folije je $800 \text{ cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$, što je tri puta više od folije Klase II i deset puta više od folije Klase I. 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 magistralnim cestama. Stoga se znakovi izrađeni od ovih folija uočavaju i prepoznaju i s velikih udaljenosti.
3. **Fluorescent** – omogućuje povećanu vidljivost danju, a ne samo noću, s pomoću korištenja fluorescentnih boja.
4. **Diamond Grade Cubed** – Kombinira najbolje osobine VIP i LDP DG folija stoga se upotrebljava kako u gradskim uvjetima, tako i na autocestama i magistralama. Mikrokubična struktura omogućava pojačanu vidljivost na svim udaljenostima te predstavlja unaprijeđene VIP i LDP verzije.

4. ZAKONSKA REGULATIVA KOJA REGULIRA POSTAVLJANJE I ODRŽAVANJE PROMETNIH ZNAKOVA

Zakonska regulativa u Republici Hrvatskoj koja se upravlja postavljanjem i održavanjem prometnih znakova sastoji se od niza pravnih akata (zakona, uredbi, pravilnika i odluka) i tehničkih standarda koji osiguravaju određenu razinu kvalitete (normi). Hrvatska kao članica Europske unije ima obavezu usklađivanja nacionalnog zakonodavstva sa pravnom stečevinom Europske unije. Osim zakonske osnove ona se prenosi i na tehničke uvijete i na smjernice za poslovanje, kako regulatornih tijela tako i proizvođača i izvođača prometne signalizacije u Republici Hrvatskoj.

4.1. Zakoni

Zakon o cestama (NN 84/11, 22/13, 54/13, 148/13, 92/14, 110/19) temeljni je prometni pravni akt u Hrvatskoj. Njime se uređuje razvrstavanje, korištenje, građenje i upravljanje javnih i nerazvrstanih cesta.

Zakon o sigurnosti prometa na cestama (NN 67/08, 48/10, 74/11, 80/13, 158/13, 92/14, 64/15, 108/17, 70/19, 42/20) utvrđuje temeljna načela ponašanja sudionika u prometu osnovne uvijete glede sigurnosti, sustav prometnih znakova te uvjeta koje sudionici u prometu moraju zadovoljavati. Zakon o sigurnosti prometa na cestama regulira i kaznenu odgovornost za prekršaje suprotne odredbama.

Zakon o inspekciji cestovnog prometa i cesta (NN 22/14, 98/19) uređuje poslove inspekcije cestovnog prometa i cesta.

4.2. Pravilnici

Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/05, 64/05, 155/05, 14/11, 92/19) propisuje namjenu, vrstu, značenje, oblik, boje, dimenzije, karakteristike i postavljanje prometnih znakova, signalizacije i opreme na cestama.

Pravilnik o održavanju cesta (NN 90/14, 3/21) uređuje popis poslova redovitog i izvanrednog održavanja cesta, opseg pojedinih radova i rokovi izvođenja tih radova. Uključuje i redovito održavanje prometne signalizacije i opreme.

Pravilnik o ophodnji javnih cesta (NN 75/14, 7/21). Ovim Pravilnikom uređuju se pravila za ophodnju javnih cesta koja se odnose na uspostavu ophodnje, ophodare, opremu za ophodnju, mjere za zaštitu javnih cesta i prometa te radove, radnje i druge aktivnosti koje obavlja ophodar.

Pravilnik o privremenoj regulaciji prometa i označavanju te osiguranju radova na cestama (NN 92/19) opisuje uvijete, postupke i način uspostave privremene regulacije cestovnog prometa. Definira prometne znakove i opremu ceste te postavu istih.

Pravilnik o turističkoj i ostaloj signalizaciji na cestama (NN 87/02, 64/16) propisuje vrstu, značenje, oblik, boje, dimenzije i postavljanje turističke i ostale signalizacije na cestama.

Pravilnik o biciklističkoj infrastrukturi (NN 28/16) propisuje osnovna načela planiranja te elemente za projektiranje, izgradnju i održavanje biciklističke infrastrukture.

4.3. Norme

Dolaskom novog pravilnika o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cesti 2019. godine te njegovim stupnjem na snagu dolazi 2020 godine do povlačenja velikog broja normi koje su definirale tehničke zahtjeve dimenzije i oblikovanje znakova (HRN 1114:2002, HRN 1115:2002, HRN 1116:2002...). Novim pravilnikom se definiraju tehničke specifikacije prometnih znakova te se gubi potreba pozivanja na gore spomenute norme.

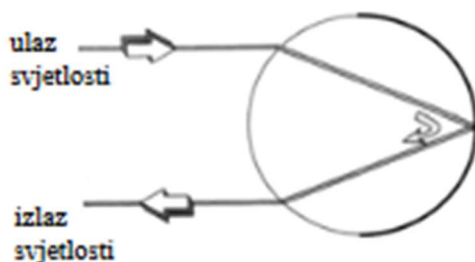
HRN EN 12899:2008 – Stalni okomiti cestovni prometni znakovi. Definira postavljanje prometnih znakova, nosače, ploče znakova te folije i potporne elemente. Specificira izvedbu prometnih stupića te tvorničku kontrolu proizvodnje i početno ispitivanje tipa.

HRN EN 12966:2007 – Definira promjenjive prometne znakove, početno ispitivanje i kontrolu.

5. DEFINICIJA RETROREFLEKSIJE I METODA ISPITIVANJA PROMETNIH ZNAKOVA

U prirodi postoje tri specifična oblika refleksije. Difuzna, zrcalna i retrorefleksija. Kod difuzne dolazi do raspršivanja zraka svjetlosti u svim smjerovima bez obzira na kut upada. Kod zrcalne refleksije kut ulaska je jednak kut izlaza svjetlosti. Retrorefleksija je pojava, odnosno oblik refleksije pri kojoj dolazi do povratka izlazne zrake (ili snopa) svjetlosti u smjeru ulaska te zrake (ili snopa) prilikom odbijanja od površine materijala.

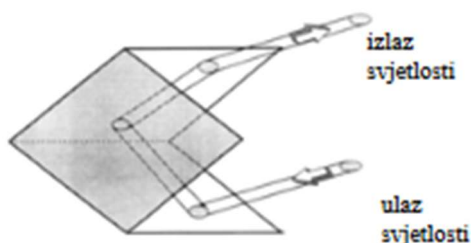
Postoje dvije vrste retrorefleksije: sferična i prizmatična. Kod sferične se zraka svjetlosti lomi kod prolaska prednje strane staklene kuglice. Svjetlost se nakon toga reflektira od pozadine kuglice i ponovo lomi pri prolasku kroz prednju površinu kuglice i vraća u smjeru izvora.



Slika 11. Sferična refleksija

Izvor: [1]

Kod prizmatične retrorefleksije svjetlost se lomi i odbija od tri međusobno okomite jednake površine.



Slika 12. Prizmatična refleksija

Izvor: [1]

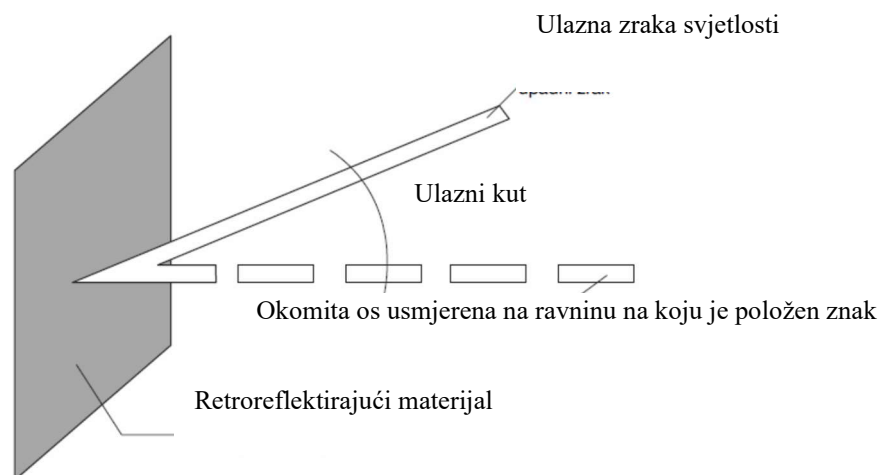
5.1. Osobine retroreflektirajućih materijala

Pojavu retrorefleksije i retroreflektirajuće materijale karakteriziraju određene osobine prema kojima se i analizira kvaliteta retroreflektirajućih materijala.

5.1.1. Ulazni kut

Ulazni kut se formira između ulazne zrake svjetlosti i okomite osi usmjerene na ravninu na koju je položen znak. [1]

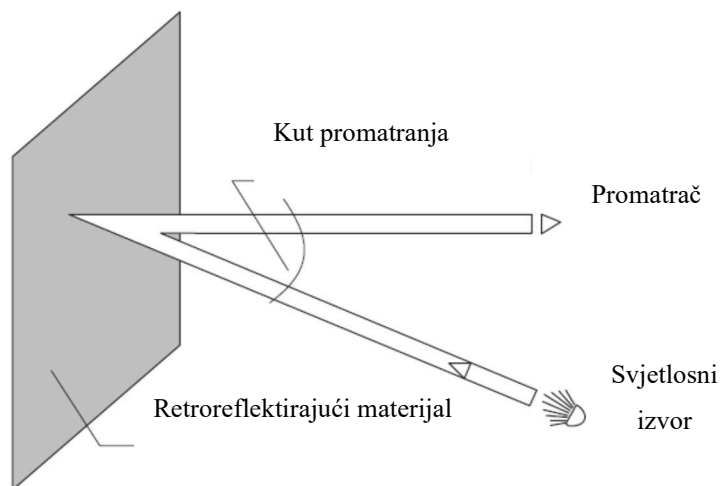
Ulazni kut kao osobina posebno dolazi do izražaja kad se prometni znak nalazi na iznimnom položaju s obzirom na položaj na prometnici (udaljenost ili visina u odnosu na vozni trak na koji se prometni znak odnosi).



Slika 13. Ulazni kut
Izvor: [4]

5.1.2. Kut promatranja

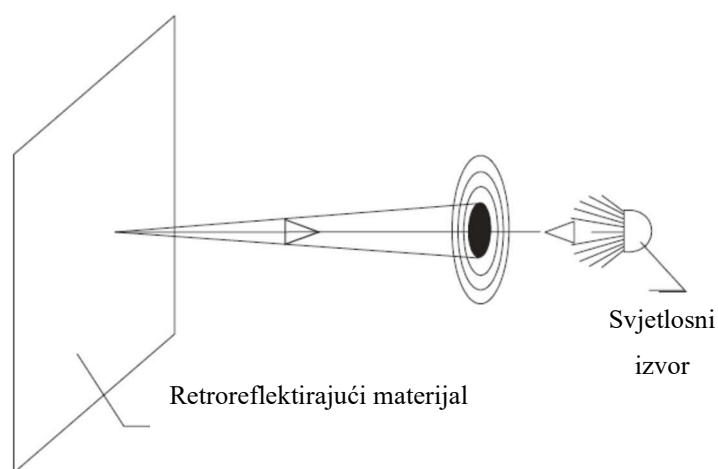
Kut promatranja je kut koji nastaje između ulazne i reflektirane svjetlosti. Kut promatranja bi trebao biti što manji jer kvalitetan retroreflektirajući materijal odbija zrake svjetlost direktno prema izvoru. [1]



Slika 14. Kut promatranja
Izvor: [4].

5.1.3. Snop reflektirane svjetlosti

Snop reflektirane svjetlosti predstavlja svjetlost reflektiranu prema promatraču.



Slika 15. Snop reflektirane svjetlosti
Izvor: [4].

5.1.4. Jačina retrorefleksije

Jačina retrorefleksije označava količinu reflektirane svjetlosti. Često se poistovjećuje sa koeficijentom retrorefleksije. Koeficijent retrorefleksije (R) predstavlja količnik dobiven dijeljenjem jačine svjetlosti (J) retroreflektirajućeg materijala u smjeru promatranja s ostvarenim osvjetljenjem (E) na reflektirajuću površinu na površini (A).

Koeficijent retrorefleksije izražava se u $\text{cd}\cdot\text{lx}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ (kandela po luksu po metru kvadratnom). [1]

$$R = \frac{J}{E \cdot A}$$

Tablica 1. Vrijednost koeficijenta retrorefleksije

Vrsta materijala	Kut promatranja	Upadni kut	Minimalna vrijednost koeficijenta retrorefleksije					
			Crvena	Narančasta	Žuta	Zelena	Plava	Bijela
Klasa I	20'	5°	10	20	35	7	2	50
	2°	30°	0,4	0,8	1,5	0,3	0,1	2,5
Klasa II	20'	5°	25	65	122	21	14	180
	2°	30°	0,4	0,8	1,5	0,3	0,1	2,5
Klasa III	0,33	5°	94	206	312	63	50	625

Izvor: [4]

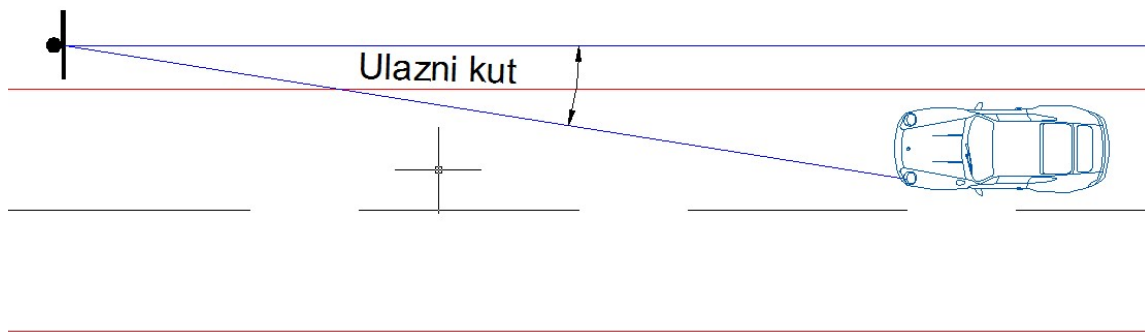
Koeficijent retrorefleksije definira kvalitetu materijala od kojih se izrađuje prometna signalizacija. U Tablici 1. Prikazani su koeficijenti retrorefleksije materijala Klase I, II i III, mjerene prema europskim standardima koji definiraju kut promatranja 20' (0,33°) i upadni kut svjetla 5°. [1]

5.2. Metoda ispitivanja prometnih znakova

Pri ispitivanju prometnih znakova vrši se pregled te analiza tehničkih karakteristika i mjerenje retrorefleksije. Vrši se provjera usklađenosti s Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama. Retrorefleksija se mjeri prijenosnim retroreflektometrima. Mjerenja koeficijenata retrorefleksije rade se pod kutom gledanja od 0,33° i ulaznim kutom svjetla od 5° [2].

Ulazni kut se prvenstveno određuje položajem znaka na rubu ceste i geometrijom nadolazećeg položaja vozila. Ulazni kut je kut koji se stvara između

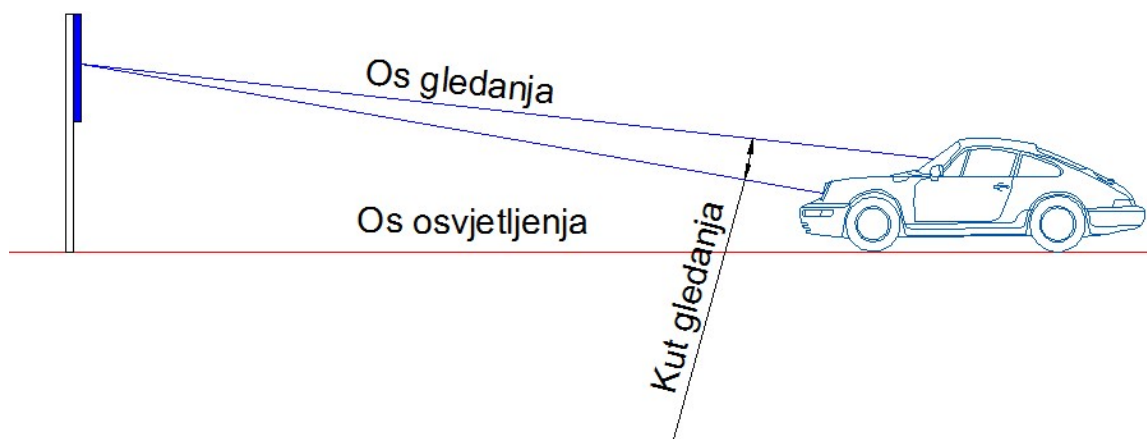
svjetlosne zrake koja pada na površinu znaka i linije koja izlazi okomito od površine.



Slika 16. Ulazni kut za znak sa strane ceste

Izvor: [2].

Kut gledanja određuje se udaljenošću vozača od sustava prednjih svjetala vozila i on je proporcionalan s udaljenošću vozila od znaka. Količina svjetlosti koja se reflektira od retroreflektivnog prometnog znaka smanjuje se s povećanjem kuta gledanja.[2]



Slika 17. Kut gledanja

Izvor: [2].

Da bi znakovi zadovoljili uvijete retrorefleksije moraju ostvariti minimalne propisane zahtjeve koeficijenta retrorefleksije. U Republici Hrvatskoj ti uvjeti proizlaze iz norme EN 12899-1.

Minimalni početni koeficijent retrorefleksije RL ($cd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$) retroreflektirajućih znakova mjereno u skladu s postupkom navedenim u normi, koristeći standardni izvor svjetla A, mora odgovarati vrijednostima u tablici 2, tablici 3 ili tablici 4.. Koeficijent retrorefleksije (RL) svih tiskanih boja, osim bijele, ne smije biti manji od 70% vrijednosti

u tablici 2. za znakove razreda Ref.1, tablici 3. za znakove razreda Ref.2. te tablici 4 za razred Ref.3. [1]

Tablica 2. Koeficijent retrorefleksije R_A : Klase I

Geometrija mjerenja		Boja							
Kut gledanja α	Ulazni kut β_1	bijela	žuta	crvena	zelena	plava	smeđa	narančasta	siva
0.33°	+5°	50	35	10	7	2	0.6	20	30

Izvor: [7]

Tablica 3. Koeficijent retrorefleksije R_A : Klase II

Geometrija mjerenja		Boja								
Kut gledanja α	Ulazni kut β_1	bijela	žuta	crvena	zelena	tamno zelena	plava	smeđa	narančasta	siva
0.33°	+5°	180	120	25	21	14	14	8	65	90

Izvor: [7]

Tablica 4. Koeficijent retrorefleksije R_A : Klase III

Geometrija mjerenja		Boja					
Kut gledanja α	Ulazni kut β_1	bijela	žuta	crvena	zelena	plava	narančasta
0.33°	+5°	425	275	85	40	28	95

Izvor: [7]

6. ANALIZA PRIKUPLJENIH PODATAKA O VRIJEDNOSTI RETROREFLEKSIJE PROMETNIH ZNAKOVA

6.1. Prikupljanje podataka

Prikupljanje podataka za analizu proveo je Zavod za prometnu signalizaciju Fakulteta prometnih znanosti, Sveučilišta u Zagrebu. Zavod raspolaže modernom opremom te je akreditiran za sva ispitivanja. Bavi se prikupljanjem i obradom podataka o prometnim znakovima koje podrazumijeva mjerenje retrorefleksije prometnih znakova i prikupljanje ostalih tehničkih karakteristika i podataka o prometnim znakovima kao što su fotografija znaka, GPS pozicija znaka, stacionaža znaka, visina znaka, dimenzije, udaljenost od ruba kolnika, proizvođač znaka, godina postavljanja, način postave i slično. [9]

Osim vrijednosti koeficijenata retrorefleksije prikupljani su i slijedeći podaci:

- vrsta znaka
- naziv znaka
- šifra znaka
- grafički prikaz
- oblik znaka
- dimenzije znaka i odstupanje
- boja (podloge, ruba i simbola)
- način postave
- način pričvršćenja
- visina znaka
- udaljenost od ruba
- vrsta podloge
- način konstrukcije
- datum postave
- podaci o proizvođaču znakova
- podaci o postavljaču znakova
- klasa retroreflektirajuće folije
- podaci o proizvođaču retroreflektirajuće folije

Podatci o retrorefleksiji mjereni su prijenosnim uređajem za mjerenje retrorefleksije Zehntner ZRS 6060. Uređaj prislanjanjem na znak i pritiskom na tipku mjeri vrijednost koeficijenta retrorefleksije i automatski prepoznaje boju podloge koju mjeri. Uz vrijednosti retrorefleksije uređaje određuje i lokaciju znaka. Opremljen je GPS komponentom koja svakom mjerenju daje i odgovarajuću Geo lokacijsku poziciju.



Slika 18. Zehntner ZRS 6060
Izvor: [8].

6.2. Izbor prometnih znakova za analizu

Za analizu je potreban reprezentativan uzorak znakova koji bi morali osigurati jednoznačne rezultate. Postava znakova uvelike varira na terenu, a potrebno je osigurati velik broj znakova da bi se dobila dovoljna količina podataka. Pri izboru znakova osnovna karakteristika bila je pozicija. Većina znakova postavljenih na prometnicama sa niskom postavom (manjom od 1m) su znakovi prometne opreme (Oprema, znakovi i oznake za označavanje zavoja, radova, zapreka i oštećenja kolnika). Grupacija znakova zahtijeva razinu koeficijenta retrorefleksije minimalnog razreda RA2. Na Hrvatskim prometnicama najviše znakova ovog tipa je Ploča za označavanje zavoja (K10) i znak ploče za označavanje posebno opasnog zavoja na cesti (K11). Znak K11 zahtijeva razred koeficijenta retrorefleksije RA3, a s obzirom na relativno manji broj znakova u upotrebi razreda RA3 isključen je iz izbora. Znak K10 se pokazao najprikladnijim za daljnju obradu.



Slika 19. Prometni znak K10 i izvedba K10-1
Izvor: [10]

Relativno niska pozicija prometnog znaka K10 zahtjeva dodatne znakove za analizu, a za prikladnu usporedbu potrebni su znakovi razreda RA2. Razred koeficijenta retrorefleksije RA2 po pravilniku za prometne znakove signalizaciju i opremu na cesti osim od svih znakova na autocestama taj zahtjev postavlja na znakove koji zbog sigurnosti prometa moraju biti pravovremeno uočljivi u svim uvjetima vidljivosti na cesti. Najviše znakova koji zadovoljavaju taj uvjet na prometnicama su Raskrižje s cestom s prednošću prolaska (B01) i Obavezno zaustavljanje (B02).



Slika 20. Prometni znakovi B01 i B02
Izvor: [10]

6.3. Izbor prometnica

Da bi prometnica bila povoljan izbor mora zadovoljavati više uvjeta. Prvi i najbitniji uvjet je broj znakova. Taj uvjet je moguće zadovoljiti i izborom više prometnica koje bi mogle osigurati kvantitetu koju analiza zahtjeva. Pri izboru više prometnica bitno je uzeti u obzir rang prometnice, eksploatacijske značajke i uvijete okoline. Prometnice sa daleko većim prometnim opterećenjem imaju veći degradacijski efekt i na prometnu opremu. Isto tako i znakovi u planinskom klimatskom području podliježu drugačijim opterećenjima od onih u mediteranskom klimatskom području.

Prometnica koja je izabrana za ovu analizu je državna cesta osam (DC8), popularnog naziva i Jadranska magistrala. DC8 se proteže od Slovenske granice (GP Pasjak) preko gradova Rijeka, Zadar, Split i Dubrovnik do granice sa Crnom Gorom (GP Karasovići). Duga je 643,8 km. [19]

DC8 svojim položajem i količinom znakova osigurava dovoljnu količinu podataka za analizu. Na njoj se nalazi 15 296 prometnih znakova podijeljenih kroz šest županija kojima cesta prolazi. [10]

Tablica 5. Broj znakova na državnoj cesti 8

	Primorsko-goranska županija	Ličko-senjska županija	Zadarska županija	Šibensko-kninska županija	Splitsko-dalmatinska županija	Dubrovačko-neretvanska županija	Ukupno
Broj znakova	3116	2002	1969	1548	3901	2760	15296
B01	33	6	24	15	63	12	153
B02	223	55	122	33	246	110	789
K10	282	13	37	299	259	107	997

Izvor: [10]

Između podataka koji se prikupljaju o prometnim znakovima na ispitivanjima Zavoda za prometnu signalizaciju, jedan od bitnijih je i naljepnica sa stražnje strane znaka koja nosi podatke proizvođača. Pravilnikom o prometnim znakovima,

signalizaciji i opremi na cestama propisano je da znak na poledini prometni znak mora biti obilježen trajnom i vidljivom identifikacijskom oznakom. Oznaka mora sadržavati minimalno sljedeće podatke: [3]

- simbol CE
- dvije posljednje znamenke godine u kojoj je prvi put bila stavljena određena oznaka CE
- naziv i registriranu adresu proizvođača
- jedinstvenu identifikacijsku oznaku vrste proizvoda
- referentni broj izjave o svojstvima
- uputu na usklađenu tehničku specifikaciju (broj i datum norme)
- identifikacijski broj ovlaštenog tijela
- namjeravanu uporabu
- mjesec i godinu proizvodnje
- web-mjesto na kojem se nalazi izjava o svojstvima.

Od posebne je važnosti godina proizvodnje, s obzirom da je starost znaka bitna kod razine koeficijenta retrorefleksije. Jedan dio prometnih znakova nije zadovoljavao zahtjeve pravilnika i nije sadržavao identifikacijsku oznaku. Bilo da oznaka nije postojala ili je naknadno uklonjena nedostatkom oznake nedostaje i ključni podatak o starosti znaka koji onemogućuje danju klasifikaciju znakova po godinama. Svi znakovi bez identifikacijske oznake moraju biti isključeni iz analize.

Daljnjom analizom utvrđeno je da jedan dio znakova ne zadovoljava razred koeficijenta retrorefleksije. S obzirom da su ti znakovi na toj osnovi ne zadovoljavaju uvjete, uklonjeni su iz daljnjih proračuna. Također jedan manji dio znakova u analizi bio je proizveden od materijala razreda RA3. Iako su ti znakovi usuglašeni sa pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama zbog mogućnosti utjecaja na krajnje rezultate i oni su uklonjeni iz analize.

Mali broj znakova prošao je određena vidljiva fizička oštećenja. Iako fizička oštećenja ne moraju nužno ugroziti koeficijent retrorefleksije cijeloga znaka, odnosno folije, i oni su uklonjeni iz analize.

Tablica 6. Broj znakova nakon obrade

	Primorsko-goranska županija	Ličko-senjska županija	Zadarska županija	Šibensko-kninska županija	Splitsko-dalmatinska županija	Dubrovačko-neretvanska županija	Ukupno
B01	22	6	24	14	57	8	131
B02	143	43	75	26	207	82	576
K10	188	9	12	235	137	17	598
Ukupno	353	58	111	275	401	107	1305

Izvor: [Izradio autor]

7. ANALIZA POZICIJE PROMETIH ZNAKOVA NA VRIJEDNOST RETROREFLEKSIJE

Analiza se vršila na tri prometna znaka: B01, B02 i K10. Pregledom podataka o znakovima, njihove visine i udaljenosti ostvarena je podjela u četiri razreda:

- A: znakovi udaljenosti do 80 cm od ruba kolnika i visine više od 120 cm
- B: znakovi udaljenosti više od 80 cm i visine više od 120 cm
- C: znakovi udaljenosti do 80 cm od ruba kolnika i visine do 120 cm
- D: znakovi udaljenosti više od 80 cm i visine do 120 cm

Pri mjerenju udaljenosti i visine prometnog znaka mjeri se udaljenost donjeg ruba prometnog znaka od razine kolnika za visinu i udaljenost najjisturenije točke znaka do ruba kolnika za udaljenost.

Uz podjelu u četiri osnovna razreda, obavila se i analiza retrorefleksije prometnih znakova s obzirom na stranu kolnika. Tako su znakovi naknadno podijeljeni u dvije skupine: znakovi sa lijeve strane kolnika i znakovi sa desne strane kolnika. Analiza se vršila primarno na znaku K10 zbog načina izvedbe znaka (označavane zavoja sa lijeve i desne strane za svaki smjer vožnje).

Pregledom prikupljenih podataka utvrđena je velika razlika koeficijenta retrorefleksije prometnih znakova s obzirom na tehnologiju izvedbe folije. Znakovi proizvedeni na folijama na principu sferične retrorefleksije pokazuju daleko manja retroreflektirajuća svojstva u odnosu na znakove proizvedene na folijama sa prizmatičnom retrorefleksijom. Iako je riječ o znakovima iste klase, klase II, velika razlika koeficijenta retrorefleksije zahtjeva dodatnu podjelu svih znakova na dvije skupine: sa sferičnom i sa prizmatičnom retrorefleksijom. Obije skupine znakova podliježu istim zahtjevima iz pravilnika. Minimalni zahtjevi za vrijednost koeficijenta retrorefleksije se ne mijenjaju s obzirom na vrstu retrorefleksije nego samo ovise o klasi.

Pri analizi je utvrđena velika devijacija koeficijenata retrorefleksije na crvenoj boji prometnih znakova. Razlika u tehnologiji proizvodnje prometnih znakova među proizvođačima utječe na kvalitetu samoga prometnog znaka. Također utjecaj atmosferskih uvjeta (sunce i oborine) imaju izraženiji efekt na boje znakova proizvedenih tehnologijom sitotiska. U većini slučajeva boja nije utjecala na zadovoljavanje minimalnog koeficijenta retrorefleksije prema Pravilniku o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama.. No zbog moguće promjene krajnjih

rezultata analize, crvena boja znaka isključena je iz proračuna, te su uzete samo vrijednosti bijele boje, odnosno same originalne folije. Na slici 21 prikazana su dva prometna znaka kod kojih je došlo do oštećenja crvene boje. Na oba znaka bijela boja zadovoljava uvijete Pravilnika o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama, no zbog degradacije crvene boje znakovi nisu zadovoljili propise.



Slika 21. Degradacija crvene boje

Izvor: [10]

Raspodjelom znakova po ispitnim područjima ostvarena je podjela prikazana u tablici 7.

Tablica 7. Broj znakova po ispitnim razredima

	Primorsko-goranska županija	Ličko-senjska županija	Zadarska županija	Šibensko-kninska županija	Splitsko-dalmatinska županija	Dubrovačko-neretvanska županija
B01	22	6	24	14	57	8
A	18	3	10	7	32	5
B	4	2	14	6	25	1
C	0	1	0	0	0	2
D	0	0	0	1	0	0
B02	143	43	75	26	207	82
A	103	29	52	20	134	51
B	40	14	23	6	68	26
C	0	0	0	0	3	4
D	0	0	0	0	2	1
K10	188	9	12	235	137	17
A	47	0	2	3	3	6
B	25	0	3	9	3	5
C	77	6	4	148	59	4
D	39	3	3	75	72	2

Izvor: [Izradio autor]

7.1. Analiza znakova s obzirom na poziciju uz kolnik

U tablice su uneseni podaci o koeficijentima retrorefleksije znakova i ostvarena je podjela prema starosti prometnog znaka. Podjela po starosti je od osobite važnosti da bi se mogla utvrditi razina pada kvocijenta retrorefleksije znaka sa vremenom. Posebno je vršena analiza na znakovima sa sferičnom, a posebno na znakovima sa prizmatičnom retrorefleksijom.

U tablicama su izraženi prosjeci vrijednosti koeficijenta retrorefleksije R_A [$\text{cd}\cdot\text{lx}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$].

Tablica 8. Analiza znakova prizmatične retrorefleksije

Ispitni razred	2015. – 2016. god.		2013. – 2014. god.		2011. – 2012. god.		2010. god.i starije	
	Broj znakova	R_A [$\text{cd}\cdot\text{lx}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$]	Broj znakova	R_A [$\text{cd}\cdot\text{lx}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$]	Broj znakova	R_A [$\text{cd}\cdot\text{lx}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$]	Broj znakova	R_A [$\text{cd}\cdot\text{lx}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$]
A	39	529,72	99	530,42	23	496,30	31	432,90
B	16	546,25	37	515,68	12	472,75	11	449,18
C	11	571,55	177	545,84	12	555,67	10	469,30
D	6	606,17	76	545,87	5	529,40	11	498,18

Izvor: [Izradio autor]

Da bi se zornije prikazali podaci i da se korigiraju dvije skupine znakova unutar D razreda sa manjim brojem uzoraka ostvarena je dodatna podjela prikazana u tablici 9.

Tablica 9. Tablica 8 nakon dodatne prilagodbe starosti

Ispitni razred	2013. – 2016. god.		2012. god.i starije	
	Broj znakova	R_A [$\text{cd}\cdot\text{lx}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$]	Broj znakova	R_A [$\text{cd}\cdot\text{lx}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$]
A	138	530,22	54	459,91
B	53	524,91	23	461,48
C	188	547,35	22	516,41
D	82	550,28	16	507,94

Izvor: [Izradio autor]

Pregledom podataka tablice 8. može se uočiti jasan pad prosjeka vrijednosti koeficijenta retrorefleksije na znakovima kroz vrijeme. Primjetan je pad koeficijenta kod znakova već u prvim godinama nakon postavljanja. Prikazom u tablici 8 pa izraženo i u tablici 9 može se uočiti niža vrijednost koeficijenta retrorefleksije kod znakova na pozicijama A i B nego na pozicijama C i D.

Tablica 10. Analiza znakova sferične retrorefleksije

Ispitni razred	2012. – 2016. god.		2009. – 2011. god.		2006. – 2008. god.		2005. god.i starije	
	Broj znakova	RA [cd·lx ⁻¹ ·m ⁻²]	Broj znakova	RA [cd·lx ⁻¹ ·m ⁻²]	Broj znakova	RA [cd·lx ⁻¹ ·m ⁻²]	Broj znakova	RA [cd·lx ⁻¹ ·m ⁻²]
A	23	192,30	17	185,83	72	173,24	89	166,99
B	18	184,56	10	179,90	49	176,06	41	172,54
C	11	188,00	4	183,75	25	178,32	29	176,38
D	4	187,00	4	180,75	19	178,79	23	176,48

Izvor: [Izradio autor]

Analogno analizi znakova sa prizmatičnom retrorefleksijom, napravljena je i dodatna grupacija znakova u tablici 10. prikazana u tablici 11.

Tablica 11. Tablica 10 nakon dodatne prilagodbe starosti

Ispitni razred	2009. – 2016. god.		2008. god.i starije	
	Broj znakova	RA [cd·lx ⁻¹ ·m ⁻²]	Broj znakova	RA [cd·lx ⁻¹ ·m ⁻²]
A	40	189,55	161	169,78
B	28	182,89	90	174,46
C	15	186,87	54	177,28
D	8	183,88	42	177,52

Izvor: [Izradio autor]

Na prometnim znakovima sa sferičnom retrorefleksijom vidljiv je znatno manji pad koeficijenta retrorefleksije kroz vrijeme u usporedbi sa padom kod znakova sa prizmatičnim folijama. U razredima A i B prikazanima u tablicama 10 i 11 pad je izraženiji nego pad koeficijenta u razredima C i D.

Također je primjetna vrijednost kvocijenta retrorefleksije niža od $180 \text{ cd}\cdot\text{lx}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ kod znakova u skupinama 2006. - 2008. godina i 2005. godina i starije. Ti znakovi u prosjeku ne zadovoljavaju minimalne tehničke uvijete propisane Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cesti, te je potrebno obaviti zamjenu pojedinih znakova koji narušavaju taj prosjek.

Usporedbom obiju skupina (sferične i prizmatične retrorefleksije) primjetne su niže vrijednosti koeficijenata retrorefleksije u razredima A i B. Odnosno niža vrijednost koeficijenta retrorefleksije kod znakova sa postavom iznad 120 cm.

7.2. Analiza znakova s obzirom na stranu kolnika

Analiza utjecaja strane kolnika se vršila na znakovima K10. pretpostavka je da manji objekti na cesti pri prolasku vozila imaju tendenciju leta prema smjeru iz kojega je vozilo došlo. Na taj način kamenčići i krhotine na cesti imaju izraženiju putanju prema znakovima koji su okrenuti suprotno od njihovog smjera kretanja. Što bi značilo da su više izloženi znakovi na lijevoj strani kolnika od onih na desnoj. Pri analizi utjecaja strane kolnika znakovi su također dijeljeni prema vrsti retrorefleksije. Podjela je na znakove sa sferičnom i sa prizmatičnom retrorefleksijom.

Tablica 12. Analiza znakova prizmatične retrorefleksije s obzirom na stranu kolnika

Strana kolnika	2015. – 2016. god.		2013. – 2014. god.		2011. – 2012. god.		2010. god.i starije	
	Broj znakova	$R_A \text{ [cd}\cdot\text{lx}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}]$	Broj znakova	$R_A \text{ [cd}\cdot\text{lx}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}]$	Broj znakova	$R_A \text{ [cd}\cdot\text{lx}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}]$	Broj znakova	$R_A \text{ [cd}\cdot\text{lx}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}]$
Lp	19	563,89	123	545,08	9	534,56	14	479,57
Dp	34	541,09	236	542,40	8	571,88	10	504,90

Izvor: [Izradio autor]

Tablica 13. Analiza znakova sferične retrorefleksije s obzirom na stranu kolnika

Strana kolnika	2012. – 2016. god.		2009. – 2011. god.		2006. – 2008. god.		2003. – 2005. god.	
	Broj znakova	R_A [$\text{cd}\cdot\text{lx}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$]	Broj znakova	R_A [$\text{cd}\cdot\text{lx}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$]	Broj znakova	R_A [$\text{cd}\cdot\text{lx}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$]	Broj znakova	R_A [$\text{cd}\cdot\text{lx}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$]
Ls	22	198,00	4	190,75	29	180,59	10	177,88
Ds	5	193,40	5	188,60	44	183,34	42	179,55

Izvor: [Izradio autor]

Rezultati ne pokazuju značajniji utjecaj strane kolnika na razinu koeficijenta retrorefleksije. Kod znakova sa prizmatičnim folijama dolazi do većeg pada koeficijenta retrorefleksije kod znakova sa lijeve strane kolnika ali ne u mjeri koja nije moguća unutar normalne raspršenosti rezultata.

8. ZAKLJUČAK

Pad vrijednosti koeficijenta retrorefleksije prometnih znakova je pod utjecajem brojnih faktora. Kao i svi kompleksni sustavi potrebno je gledati ukupnu sliku i sve parametre koji utječu na promjene vrijednosti. Ispitivanje, odnosno analiza podataka prikupljenih mjerenjima Zavoda za prometnu signalizaciju Prometnog fakulteta u Zagrebu pokazala je da pozicija prometnog znaka u odnosu na prometnicu ima utjecaj na vrijednost koeficijenta retrorefleksije kroz vrijeme.

Prikazano je da znakovi koji su pozicionirani na visini većoj od 120 cm od razine kolnika slabije održavaju nivo koeficijenta retrorefleksije kroz vrijeme. Pretpostavka je da postoje više faktora koji mogu imati utjecaja. Sunce ima izraziti degradirajući utjecaj na boje prometnih znakova, pa pretpostavka je da i znakovi koji se nalaze na višoj poziciji pod utjecajem sunčevih zraka brže gube svoja retroreflektirajuća svojstva. Isto tako atmosferski utjecaji poput vjetrova pružaju višu razinu opterećenja na znakove na višima pozicijama.

Analizom je pokazano da pozicija prometnog znaka s obzirom na stranu kolnika nema velikog utjecaja na razinu koeficijenta retrorefleksije. Vođeni pretpostavkom da sitni objekti na cesti (šljunak i krhotine) mogu oštetiti prometni znak i time smanjiti vrijednost retrorefleksije folije prometnog znaka obavljena je analiza odnosa znakova sa lijeve i desne strane kolnika. Rezultati su pokazali da nema osobitih razlika u koeficijentu retrorefleksije na suprotnim stranama kolnika.

Da bi se obrazložili rezultati ove analize pretpostavka autora je da je potrebno provesti daljnja ispitivanja atmosferskih utjecaja na retrorefleksiju. Primarno sunčevog zračenja i postavkama prometnih znakova s obzirom na njihovu orijentaciju prema sunčevoj putanji. Također provesti analizu vjetrova u području ispitivanja i izloženost prometnih znakova njihovim utjecajima.

Bitno je i naglasiti da iako se pokazao veći utjecaj na znakove na višim prometnim pozicijama, utjecaj nije bio u toj mjeri izražen da narušava osnovna jamstva koja proizvođači folija odnosno proizvođači znakova daju korisnicima unutar garantiranih vremenskih perioda.

Literatura

- [1] Materijali s predavanja i vježbi iz kolegija Prometna signalizacija, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2016
- [2] Materijali s predavanja i vježbi iz kolegija Vizualne informacije u prometu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2016
- [3] Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 92/2019)
- [4] Stanić, B., Zdravković, P.S., Vukanović, S., Milosavljević, S.: Elementi saobraćajnog projektovanja – vertikalna signalizacija, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, 2003.
- [5] Pašagić, S. Vizualne informacije u prometu, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb; 2004.
- [6] Cerovac, V. Tehnika i sigurnost prometa, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb; 2001.
- [7] EN 12899-1: Fixed, vertical road traffic signs - Part 1: Permanent signs
- [8] https://www.proceq.com/uploads/tx_proceqproductcms/import_data/files/Zehntner%20ZRS%206060_manual_EN_0817_v2.1.pdf (kolovoz 2021.)
- [9] <https://www.fpz.unizg.hr/zps/> (kolovoz 2021.)
- [10] <https://ispitivanja.fpz.hr/login.xhtml> (rujan 2021.)
- [11] Zakon o cestama (NN 84/11, 22/13, 54/13, 148/13, 92/14, 110/19)
- [12] Zakon o sigurnosti prometa na cestama (NN 67/08, 48/10, 74/11, 80/13, 158/13, 92/14, 64/15, 108/17, 70/19, 42/20)
- [13] Zakon o inspekciji cestovnog prometa i cesta (NN 22/14, 98/19)
- [14] Pravilnik o održavanju cesta (NN 90/14, 3/21)
- [15] Pravilnik o ophodnji javnih cesta (NN 75/14, 7/21)
- [16] Pravilnik o privremenoj regulaciji prometa i označavanju te osiguranju radova na cestama (NN 92/19)
- [17] Pravilnik o turističkoj i ostaloj signalizaciji na cestama (NN 87/02, 64/16)
- [18] Pravilnik o biciklističkoj infrastrukturi (NN 28/16)
- [19] Odluka o razvrstavanju javnih cesta (NN 94/14)

Popis slika

Slika 1. Primjeri prometnih znakova opasnosti	5
Slika 2. Primjeri znakova izričitih naredbi	6
Slika 3. Primjeri znakova obavijesti	6
Slika 4. Primjeri znakova obavijesti za vođenje prometa	7
Slika 5. Primjeri dopunskih ploča.....	8
Slika 6. Primjer promjenjivih prometnih znakova	8
Slika 7. Dijelovi prometnog znaka.....	9
Slika 8. Prikaz materijala klase I	10
Slika 9. Materijal klase II	11
Slika 10. Materijal klase III	11
Slika 11. Sferična refleksija	15
Slika 12. Prizmatična refleksija	15
Slika 13. Ulazni kut	16
Slika 14. Kut promatranja	17
Slika 15. Snop reflektirane svjetlosti	17
Slika 16. Ulazni kut za znak sa strane ceste	19
Slika 17. Kut gledanja	19
Slika 18. Zehntner ZRS 6060	22

Popis tablica

Tablica 1. Vrijednost koeficijenta retrorefleksije.....	18
Tablica 2. Koeficijent retrorefleksije RA : Klase I	20
Tablica 3. Koeficijent retrorefleksije RA : Klase II	20
Tablica 4. Koeficijent retrorefleksije RA : Klase III	20
Tablica 5. Broj znakova na državnoj cesti 8	24
Tablica 6. Broj znakova nakon obrade	26
Tablica 7. Broj znakova po ispitnim razredima	28
Tablica 8. Analiza znakova prizmatične retrorefleksije	29
Tablica 9. Tablica 8 nakon dodatne prilagodbe starosti.....	29
Tablica 10. Analiza znakova sferične retrorefleksije	30
Tablica 11. Tablica 10 nakon dodatne prilagodbe starosti.....	30

Tablica 12. Analiza znakova prizmatične retrorefleksije s obzirom na stranu kolnika	31
Tablica 13. Analiza znakova sferične retrorefleksije s obzirom na stranu kolnika	32



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

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

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

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

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ završnog rada
pod naslovom _____

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

U Zagrebu, _____ 6.9.2021 _____

Student/ica:

(potpis)