

# Retrorefleksija kao osnova vidljivosti prometne signalizacije u noćnim uvjetima

---

Levačić, Roko

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

*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:119:801300>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-14**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU,  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

**Roko Levačić**

**RETROREFLEKSIJA - OSNOVA  
VIDLJIVOSTI PROMETNE SIGNALIZACIJE  
U NOĆNIM UVJETIMA**

**ZAVRŠNI RAD**

Zagreb, 2024.

Zagreb, 30. travnja 2024.

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

## ZAVRŠNI ZADATAK br. 7596

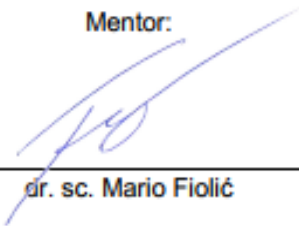
Pristupnik: **Roko Levačić (0135264133)**  
Studij: **Promet**  
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Retrorefleksija kao osnova vidljivosti prometne signalizacije u noćnim uvjetima**

### Opis zadatka:

Prilikom vožnje preko 90 % informacija čovjek dobiva putem vida, stoga sigurnost cestovnog prometa uvelike ovisi o pravovremenosti informacije koju vozač dobiva a koja se u najvećoj mjeri prenosi prometnom signalizacijom. U uvjetima smanjene vidljivosti količina je vizualnih informacija ograničena (najčešće samo na svjetla vozila) što u konačnici uvelike utječe na kvalitetu vizualne percepcije čovjeka. Tijekom vožnje u takvim uvjetima, mogućnost uočavanja i identificiranja prostornih detalja na većim udaljenostima ograničena je na objekte osvijetljene prednjim svjetlima vozila i retroreflektivnim ili osvijetljenim uređajima. Vidljivost prometne signalizacije u uvjetima smanjene vidljivosti ovisi o velikom broju čimbenika među kojima se uvelike ističe njezino retroreflektirajuće svojstvo. Prema tome je cilj ovog završnog rada istražiti utjecaj vidljivosti (retrorefleksije) prometne signalizacije na sigurnost prometa u noćnim uvjetima vožnje.

Mentor:

  
\_\_\_\_\_  
dr. sc. Mario Fiolić

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:

\_\_\_\_\_

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU,  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

## **ZAVRŠNI RAD**

### **RETROREFLEKSIJA - OSNOVA VIDLJIVOSTI PROMETNE SIGNALIZACIJE U NOĆNIM UVJETIMA**

### **RETROREFLECTION - THE BASIS OF TRAFFIC SIGNALIZATION VISIBILITY IN NIGHT CONDITIONS**

Mentor: dr. sc. tech. Mario Fiolić

Student: Roko Levačić

JMBAG: 0135264133

Zagreb, rujan 2024.

## SAŽETAK

Retrorefleksija je pojava širenja svjetlosti kod koje se upadne zrake svjetlosti odbijaju od medija i vraćaju nazad prema svom izvoru te je kao takva ključan pojam za ostvarivanje vidljivosti prometne signalizacije i ostale opreme. Prometna signalizacija je ključna za informiranje sudionika u prometu i stoga je bitno osigurati njenu vidljivost prilikom dnevnih i noćnih uvjeta vidljivosti. Zato su izrađeni materijali u obliku mikroperli i mikroprizmi koji na principu retrorefleksije omogućuju vidljivost prometne signalizacije prilikom otežanih uvjeta vidljivosti. Cilj ovog rada je analizirati pojam retrorefleksije kao glavni uvjet vidljivosti prometne signalizacije. Uz to će se razraditi tematika ispitivanja retrorefleksije prometnih znakova i oznaka na cesti te pomoću navedenih istraživanja opisati utjecaj vidljivosti prometne signalizacije na ponašanje sudionika u prometu i tako na sigurnost cestovnog prometa.

Ključne riječi: refleksija, retrorefleksija, vidljivost, oznake na cesti, prometni znakovi, sigurnost u cestovnom prometu, noćni uvjeti vidljivosti

## SUMMARY

Retroreflection is the phenomenon of light propagation in which incident light rays are reflected from the medium and return back to their source, and as such is a key term for achieving the visibility of traffic signalization and other road equipment. Traffic signalization is essential for informing traffic participants and therefore it is essential to ensure its visibility during daytime and nighttime visibility conditions. That's why materials in the form of microbeads and microprisms were made, which, based on the principle of retroreflection, enable the visibility of traffic signals in difficult visibility conditions. The aim of this paper is to analyze the concept of retroreflection as the main condition for the visibility of traffic signals. In addition, the topic of examining the retroreflection of traffic signs and markings on the road will be elaborated, and with the help of the mentioned research, the influence of the visibility of traffic signals on the behavior of road users and thus on the safety of road traffic will be described.

Keywords: reflection, retroreflection, visibility, road markings, traffic signs, road traffic safety, night visibility conditions

## SADRŽAJ:

1. UVOD .....	1
2. OPĆI POJMOVI O REFLEKSIJI I RETROREFLEKSIJI .....	2
2.1. Zrcalna refleksija svjetla.....	3
2.2. Difuzna refleksija svjetla.....	4
2.3. Retrorefleksija .....	4
2.3.1. Sferična retrorefleksija .....	5
2.3.2. Prizmatična retrorefleksija .....	6
3. METODOLOGIJA ISPITIVANJA I PRIKUPLJANJA PODATAKA O RETROREFLEKSIJI .....	7
3.1. Metoda ispitivanja retrorefleksije prometnih znakova .....	9
3.2. Metoda ispitivanje retrorefleksije oznaka na cesti .....	12
3.2.1. Metoda statičkog ispitivanja oznaka na cesti .....	12
3.2.2. Dinamičko ispitivanje retrorefleksije oznaka na cesti.....	14
3.3. Prikupljanje podataka o ispitanoj retrorefleksiji .....	15
4. UTJECAJ VIDLJIVOSTI PROMETNE SIGNALIZACIJE U NOĆNIM UVJETIMA NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA .....	17
4.1. Utjecaj vidljivosti oznaka na cesti na sigurnost cestovnog prometa .....	17
4.2. Utjecaj vidljivosti prometnih znakova na sigurnost cestovnog prometa.....	19
5. ANALIZA STANJA SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA U REPUBLICI HRVATSKOJ .....	23
6. ZAKLJUČAK .....	29
LITERATURA.....	30
POPIS SLIKA .....	32
POPIS TABLICA.....	32
POPIS GRAFIKONA .....	33

## 1. UVOD

Retrorefleksija osnovni je uvjet vidljivosti prometnih znakova i oznaka na cesti i indirektno utječe na samu sigurnost cestovnog prometa. Razvijanjem prometnog sustava i povećanjem stupnja motorizacije povećava se i broj prometnih nesreća. Prometne nesreće su nepoželjni događaji na cesti, a nastaju zbog pogrešnih odluka i procjena vozača. Većina odluka i procjena vozača bazirana je na njihovoj sposobnosti uočavanja situacija u prometu što se većinski očituje osjetom vida. Stoga je bitno prilikom noćnih uvjeta kada je vidljivost izrazito smanjena primjenjivati materijale koji će osigurati vidljivost bitnih elemenata na cesti poput prometne signalizacije. Retroreflektirajući materijali proizvode se još od 20. stoljeća, a danas se razvijaju načini poboljšanja njihove kvalitete kao i trajnosti što na kraju utječe i na njihovu vidljivost. Upravo su materijali za izradu oznaka i prometnih znakova bazirani na principu retrorefleksije kojom se ostvaruje optimalna vidljivost oznaka i znakova u noćnim uvjetima.

Cilj ovog rada je opisati pojam refleksije i retrorefleksije svjetla te detaljno razraditi tematiku primjene pojave retrorefleksije za ostvarenje vidljivosti prometnih znakova i oznaka. Također je cilj ovog rada stjeći razumijevanje samog pojma retrorefleksije kao i primjene retroreflektirajućih materijala kod prometnih znakova i oznaka na cesti. Uz to će se kroz pojedine primjere razraditi tematika utjecaja vidljivosti prometne signalizacije na samo ponašanje sudionika u prometu i time na sigurnost u cestovnom prometu.

Završni rad sastoji se od 6 poglavlja kroz koja će se opisati važnosti retrorefleksije te njena primjena i utjecaji na samu sigurnost cestovnog prometa. U uvodu će se dati osnovne informacije o sadržaju rada kao i cilj ovog rada. U drugom poglavlju opisati će se osnovni pojmovi o svjetlosti i pojavi retrorefleksije te njenim vrstama u prirodi. Treće poglavlje opisuje načine i metode ispitivanja retrorefleksije prometnih znakova i oznaka na cesti te materijale koji se koriste za izradu istih. Također, prikazati će se koji uređaji se koriste prilikom mjerenja te definirati koji su problemi, odnosno nedostaci, nekih metoda ispitivanja retrorefleksije. Četvrto poglavlje daje pregled vrsta oznaka na cesti i prometnih znakova te navodi problematiku kod održavanja njihove vidljivosti. Uz sve navedeno, kroz par primjera istraživanja prikazati će se utjecaj prometnih znakova i oznaka na cesti na samo ponašanje i sigurnost sudionika u prometu. U petom poglavlju pomoću podataka iz Biltena o sigurnosti cestovnog prometa opisati će se trenutno stanje sigurnosti cestovnog prometa u Republici Hrvatskoj za 2023. godinu.

## 2. OPĆI POJMOVI O REFLEKSIJI I RETROREFLEKSIJI

U svakodnevnom životu dolazi do različitih pojava širenja elektromagnetskih zračenja različitih veličina. Jedna vrsta tih elektromagnetskih zračenja jest sama svjetlost. Svjetlost se definira kao vrsta vidljivog elektromagnetskog zračenja valne duljine od 380 nm do 780 nm [1]. S obzirom na valnu duljinu svjetlosti ljudsko oko ju uočava i razlikuje u određenoj boji. Svjetlost kao elektromagnetski val se širi pomoću pojave refleksije, refrakcije, ogiba, interferencije i polarizacije [1]. Pomoću ovih pojava predmeti, objekti i sama okolina postaju vidljivi čovjekovom oku. Stoga se svjetlost može definirati kao osnovni podražaj za vidni sustav čovjeka te uvjet za prepoznavanje predmeta iz okoline [1].

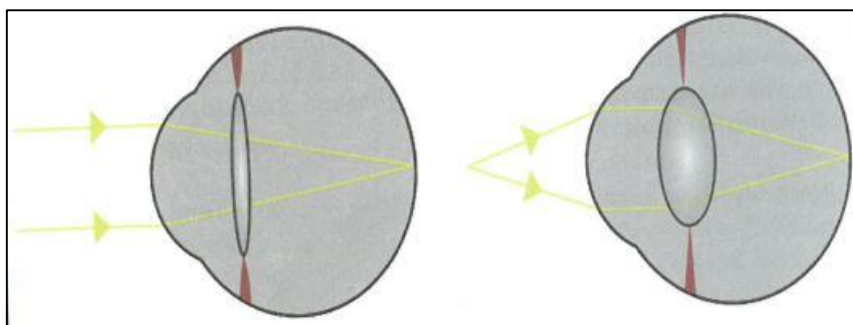
Refrakcija svjetlosti (lom svjetlosti) predstavlja pojavu širenja svjetlosti pri kojoj dolazi do skretanja zraka svjetlosti prilikom prijelaza iz jednog optičkog medija u drugi, a nastaje zbog razlika brzina širenja valova u različitim medijima. Brzina širenja svjetlosti u mediju ovisi o prirodi samog medija, a ona je po iznosu nešto manja u odnosu na brzinu širenja svjetlosti u vakumu. Omjer brzina širenja valova svjetlosti u vakumu i u radnom mediju definiran je kao indeks loma ( $n$ ) [2]:

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$$

- $\alpha$  – upadni kut zrak svjetla u sredstvo 1
- $\beta$  – kut loma zrake svjetla u sredstvu 2
- $n_1$  – relativni indeks loma sredstva 1
- $n_2$  – relativni indeks loma sredstva 2

Vrijednost indeksa loma određuje vrijednost promjene pravca svjetlosti, odnosno refrakcije svjetlosti u mediju. Do pojave refrakcije također dolazi i u organu oka. Svjetlost koja upada na rožnicu lomi se te prolazi kroz zjenicu i leću gdje pada na točku fokusa u mrežnici (žuta pjega) u kojoj se stvara slika predmeta. Refrakcija svjetla u oku je prikazana slikom 1 [2].





Slika 1. Prikaz akomodacije oka na blizinu i daljinu

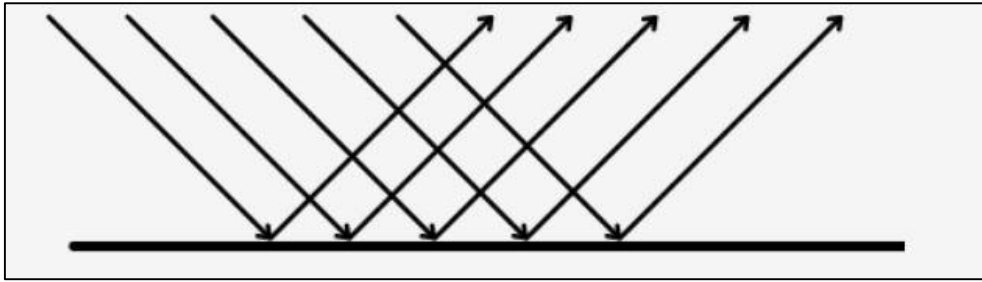
Izvor: [3]

Refleksija svjetlosti je pojava prilikom koje dolazi do odbijanja upadnih zraka svjetlosti od površine optičkih sredstava ili medija. Ovisno o vrsti površine optičkog sredstva ili medija zraka svjetlosti se može reflektirati u jednom ili više smjerova. U prirodi dolazi do pojave tri vrste refleksije svjetla [1]:

1. Zrcalna refleksija
2. Difuzna refleksija
3. Retrorefleksija

## 2.1. Zrcalna refleksija svjetla

Zrcalna refleksija je vrsta širenja zrake svjetlosti pri kojoj je kut odbijene zrake svjetlosti jednak kutu upadanja primarne zrake svjetlosti, što rezultira međusobno paralelnim zrakama svjetlosti, i to je prikazano slikom 2. Ova vrsta refleksije nastaje kada svjetlosna zraka upada na medij ili optičko sredstvo glatke površine. Na cestama u noćnim uvjetima, s obzirom da su primarni izvori svjetla automobilski farovi, do ove vrste refleksije svjetla dolazi prilikom nepoželjnih uvjeta na cesti poput kiše i poledice. Pojavom zrcalne refleksije u noćnim uvjetima odbijanjem svjetlosne zrake od mokre ceste stvara se reflektirajuća zraka svjetlosti koja stvara blještavilo prema vozačima iz suprotnog smjera. Na taj način ih zaslepljuje i smanjuje njihovu vidljivost. Sa stajališta sigurnosti prometa ovakva pojava refleksije je izuzetno opasna s obzirom da je prilikom noćnih uvjeta smanjena vidljivost ceste i okoline. Zrcalna refleksija dodatno zaslepljuje vozače što može rezultirati nepravilnim manevriranjem i duljim vremenom reakcije vozača na iznenadne situacije [4].

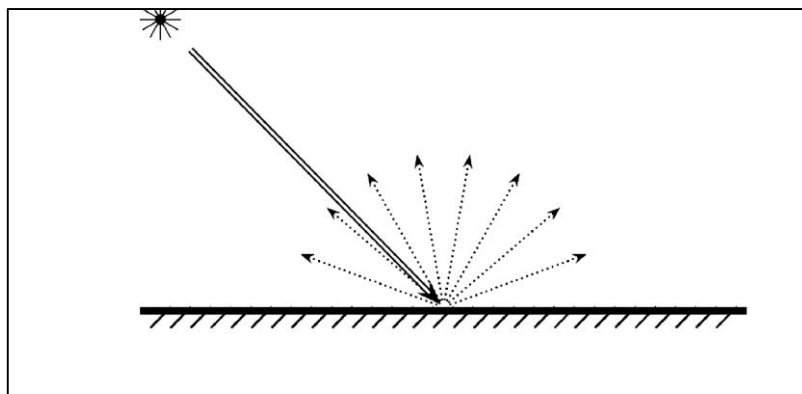


Slika 2. Zrcalna refleksija svjetla

Izvor: [5]

## 2.2. Difuzna refleksija svjetla

Difuzna refleksija je vrsta refleksije svjetla koja nastaje kada zraka svjetla upada na hrapavu ili grubavu površinu drugog medija ili optičkog sredstva. Prilikom upadanja zrake svjetlosti na grubavu površinu medija ta zraka svjetlosti se reflektira u svim smjerovima, što je prikazano slikom 3. Zbog ovoga dolazi do vraćanja smanjene količine svjetlosti prema samom izvoru svjetla. Ovakva vrsta refleksije omogućava vidljivost predmeta i okoline u dnevnim uvjetima, dok je u noćnim uvjetima vidljivost znatno smanjena [4].



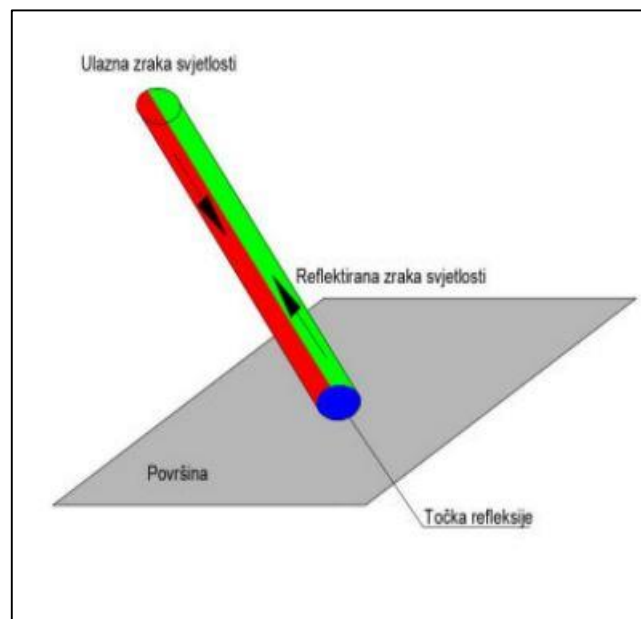
Slika 3. Difuzna refleksija svjetla

Izvor: [6]

## 2.3. Retrorefleksija

Retrorefleksija je vrsta refleksije svjetla pri kojoj se reflektirajuća zraka svjetlosti vraća prema smjeru izvora svjetlosti, što je prikazano slikom 4. Ova vrsta refleksije svjetla izuzetno je važna u pojedinim granama prometa. Pojava retrorefleksije u prometu u noćnim uvjetima se ostvaruje primjenom umjetnih materijala u obliku mikroperli i mikroprizmi. Takvi materijali se postavljaju u prometnu signalizaciju i prometne znakove kako bi se svjetlost iz farova

automobila pomoću istih vratila u oči vozača [4]. Na taj način se ostvaruje vidljivost prometne signalizacije i znakova te određene prometne opreme.



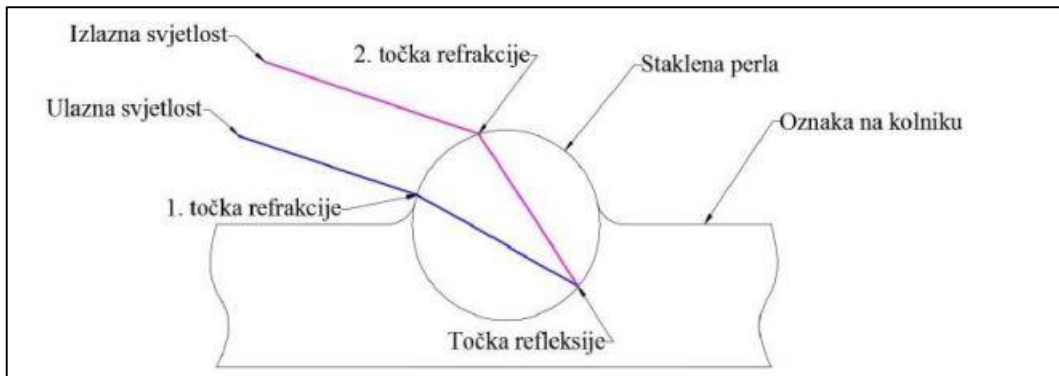
Slika 4. Retrorefleksija

Izvor: [1]

S obzirom na primjenu umjetnih retroreflektirajućih materijala, retrorefleksija se može podijeliti na sferičnu retrorefleksiju i prizmatičnu retrorefleksiju.

### 2.3.1. Sferična retrorefleksija

Sferična retrorefleksija je pojava retrorefleksije svjetla prilikom noćnih uvjeta kod koje upadanjem svjetlosne zrake iz farova automobila dolazi do povrata određene količine svjetla nazad prema očima vozača pomoću retroreflektirajućih mikroperli [1]. Svjetlosna zraka upada na površinu staklene mikroperle prilikom čega dolazi do refrakcije same zrake u mikroperli. Zraka zatim upada na sloj boje prometne trake od kojeg se odbija. Odbijena zraka ponovno udara na površinu mikroperle gdje ponovno dolazi do refrakcije svjetlosne zrake i reflektirana zraka upada u oči vozača što je prikazano slikom 5.

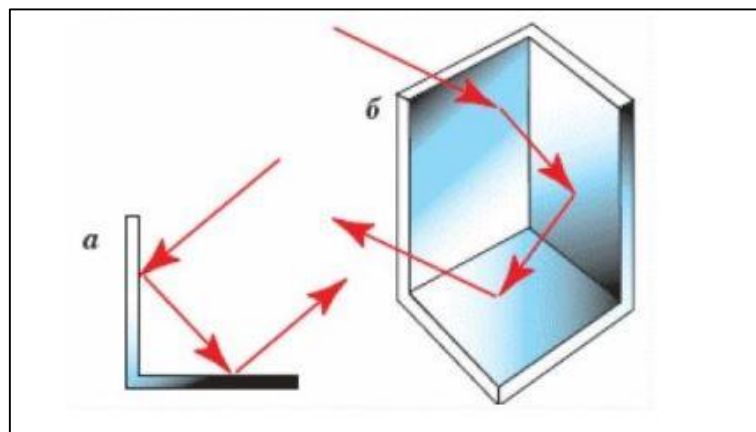


Slika 5. Sferična retrorefleksija

Izvor: [1]

### 2.3.2. Prizmatična retrorefleksija

Do prizmatične retrorefleksije dolazi kada se u prometnoj signalizaciji i kod prometnih znakova primjenjuju reflektori svjetla prizmatičnog oblika. Glavna prednost prizmatične retrorefleksije nad sferičnom jest što mikroprizme kao retroreflektivni materijali puno učinkovitije reflektiraju svjetlost, što je prikazano slikom 6. Problem kod prizmatične retrorefleksije jest taj što reflektori svjetla moraju biti pod određenim kutem kako bi se svjetlosna zraka odbila od materijala i reflektirala u oči vozača [1]. Stoga se ovakvi reflektori uglavnom primjenjuju u materijalima za izrađivanje prometnih znakova.



Slika 6. Prizmatična retrorefleksija

Izvor: [1]

### 3. METODOLOGIJA ISPITIVANJA I PRIKUPLJANJA PODATAKA O RETROREFLEKSIJI

S obzirom da se prometna signalizacija sastoji od retroreflektirajućih materijala, izrazito su bitne metode ispitivanja retrorefleksije kako bi se njihova vidljivost u otežanim uvjetima sačuvala te po potrebi obnovila. Ispitivanje retrorefleksije se obavlja retroreflektometrom (ručni retroreflektometar) u skladu s propisima i normama. Retrorefleksija prometne signalizacije ispituje se dinamički i statički primjenom određene vrste reflektometra za prigodnu metodu.

Kvalitetu vidljivosti oznaka na cesti i prometnih znakova pri noćnim uvjetima opisuje snagu retrorefleksije ( $R_L$ ). Snaga retrorefleksije definira se kao omjer izlazne sjajnosti površine ( $L$ ) i ulaznog osvjetljenja na tu površinu ( $E$ ) po formuli [7]:

$$R = \frac{L}{E}$$

Prilikom mjerenja vrijednosti retrorefleksije oznaka na cesti i prometnih znakova jako je bitna vrijednost minimalnog početnog koeficijenta retrorefleksije ( $\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ ). Vrijednost ovog koeficijenta dobivena je postupkom navedenim u CIE 54 u kojem se koristio CIE standardni izvor svjetla. Vrijednosti koeficijenta retrorefleksije također su određene za klase materijala od kojih se izrađuju prometni znakovi, a koje se dijele na [7]:

1. Materijali Klase I
2. Materijali Klase II
3. Materijali Klase III

Materijali klase I predstavljaju reflektirajuće folije sa ugrađenim staklenim mikrokuglicama čiji sjaj iznosi oko 70 [ $\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ ]. Zbog slabije sjajnosti ovakvi materijali se primjenjuju u izradi prometnih znakova koji će se postavljati u područjima smanjenog intenziteta prometa [7].

Materijali klase II predstavljaju reflektirajuće folije sa ugrađenim mikrokuglicama čiji sjaj iznosi oko 250 [ $\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ ]. Ova klasa se zbog veće sjajnosti primjenjuje u područjima većeg intenziteta prometa [7].

Materijali klase III su materijali izrađeni od mikroprizmi koje su višestruko sjanije i od materijala klase I i klase II. Ova klasa materijala vozačima omogućava najveću vidljivost u svim uvjetima na cesti. S obzirom na primjenu ovih materijala one se mogu podijeliti na [7]:

1. V.I.P. folije (eng. *Visual Impact Performance*) koje se primjenjuju kod znakova koji se postavljaju na gradskim cestama s obzirom da ove folije omogućuju najbolju vidljivost prometnih znakova na kratkim udaljenostima.
2. L.D.P. folije (eng. *Long Distance Performance*) koje se primjenjuju kod znakova koji se postavljaju na autocestama i brzim cestama s obzirom da i po samom nazivu ove folije omogućuju najbolju vidljivost prometnih znakova na velikim udaljenostima.
3. Fluorescent materijali koji osiguravaju odličnu vidljivost prometnih znakova i danju i noću uporabom fluorescentnih boja.
4. D.G.C. folije (eng. *Diamond Grade Cubed*) koje predstavljaju kombinaciju V.I.P. folija i L.D.P. folija stoga se mogu primjenjivati i na autocestama i brzim cestama te na gradskim cestama.

Danas se za sve klase materijala nastoje upotrebljavati mikroprizme nad mikrokuglicama jer su mikroprizme učinkovitije kod reflektiranja svjetlosti. Iako se danas primjenjuju kvalitetniji reflektori svjetla, razlike u kvaliteti materijala pojedine klase su još uvijek postojane što se može vidjeti na slici 7.



Slika 7. Prometni znak STOP izrađen od sve tri klase materijala

Izvor: [8]

Kako bi se osigurala vidljivost oznaka na cesti prilikom noćnih uvjeta u materijal za izradu oznaka dodaju se staklene kuglice (perle). Postoje razne vrste materijala za izradu oznaka, a njihova se primjena razlikuje s obzirom na prometno opterećenje na cesti gdje će se sama oznaka postaviti. Prema vrsti prometnog opterećenja odnosno prosječnog godišnjeg dnevnog prometa (PGDP) ceste oznake se mogu podijeliti na [7]:

1. Oznake TIP I
2. Oznake TIP II

Oznake na cesti TIP I se primjenjuju na cestama manjeg prometnog opterećenja (PGDP < 10.000 voz/dan). Po pravilu se izvode u razini ceste, a materijali koji se koriste za izradu oznaka TIP-a I su uglavnom jednokomponentne, dvokomponentne boje ili boje na bazi vode. Minimalna debljina izvedenog sloja iznosi 220  $\mu\text{m}$ . Glavni nedostatak ove izvedbe oznaka jest taj što nije povećana vidljivost na mokrim i vlažnim kolnicima pri noćnim uvjetima [7].

Oznake na cesti TIP II se primjenjuju na cestama većeg prometnog opterećenja (PGDP > 10.000 voz/dan). Ovaj tip oznaka se izvodi na način da je njihov sloj izdignut od razine površine ceste. Materijali koji se koriste za izvedbu ovih oznaka su boje, plastične mase i ostale vrste materijala. Izvode li se ove oznake bojom minimalna debljina sloja mora iznositi 300  $\mu\text{m}$ . Izvode li se ove oznake plastičnim masama (termo-plastika, hladna-plastika itd.) minimalna debljina sloja iznosi 2000  $\mu\text{m}$ . Glavna prednost ovih oznaka nad oznakama TIP-a I jest što TIP II osigurava bolju vidljivost na mokrim kolnicima pri noćnim uvjetima. Ovaj tip oznaka se također primjenjuje na cestama sa povećanim brojem prometnih nesreća, slabe vidljivosti i ostalim uvjetima [7].

Kao što je rečeno kako bi se osigurala vidljivost oznaka u njih se dodaju i retroreflektivni materijali kao što su mikrokuglice i mikroperle. Kako bi se osigurala dobra retrorefleksija svjetla i kvalitetna vidljivost oznaka u same oznake ugrađuje se od 400-600  $\text{g/m}^2$  retroreflektivnih mikrokuglica [7].

Naravno na kvalitetu vidljivosti oznaka i prometnih znakova također utječe i način izvedbe te kvaliteta samih materijala za izvedbu oznaka i prometnih znakova. Prilikom proizvodnje samih materijala također može doći do neželjenih oštećenja ili nepravilne izvedbe što se prije samog postavljanja provjerava u laboratorijima.

### **3.1. Metoda ispitivanja retrorefleksije prometnih znakova**

Ispitivanje retrorefleksije prometnih znakova je proces koji bi se trebao izvoditi barem jednom godišnje s ciljem da se ustanovi vidljivost i stanje prometnog znaka [7]. Ispitivanje se

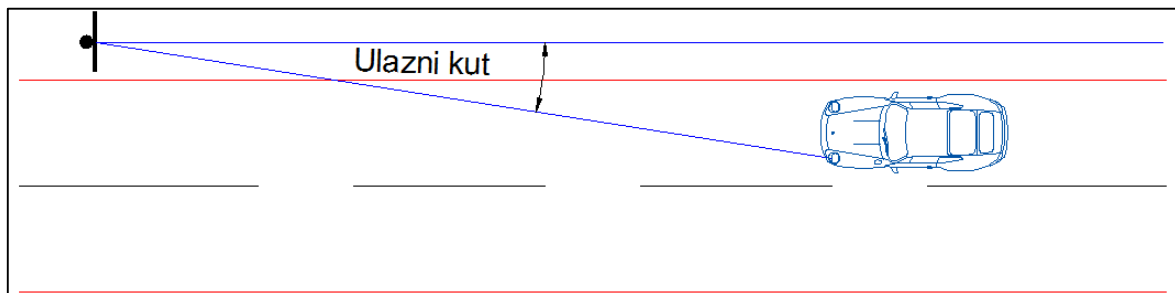
može obaviti pri noćnim uvjetima ili dnevnom svjetlu, ovisi o načinu ispitivanja, no pri noćnim uvjetima se vizualni nedostaci kod znakova mogu bolje utvrditi [7]. Prilikom ispitivanja retrorefleksije prometnih znakova pri dnevnom svjetlu, kao što je navedeno, koristi se prijenosni ili ručni reflektometar koji je prikazan slikom 8.



Slika 8. Prijenosni reflektometar marke Zehntner model ZRS 6060

Izvor: [9]

Reflektometri u sebi sadrže izvor svjetlosti i fotoreceptor pomoću kojih se mjeri sjajnost prometnih znakova. Izvor svjetlosti u reflektometrima treba odgovarati standardnom izvoru svjetlosti, a fotoreceptor mora odgovarati foto-optičkom promatraču definiranom prema CIE-u. Prilikom mjerenja također je bitno odrediti geometrijske vrijednosti kuta gledanja i ulaznog kuta. Ulazni kut predstavlja kut kojeg zatvaraju zraka svjetla iz farova koja upada na površinu znaka i okomita linija koja prolazi kroz površinu znaka [7], što je prikazano slikom 9.

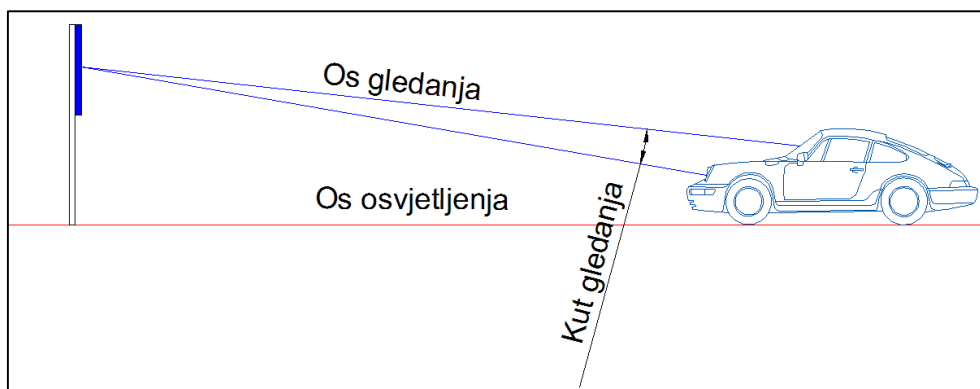


Slika 9. Ulazni kut za prometne znakove

Izvor: [7]



Kut gledanja predstavlja kut kojeg zatvaraju zraka svjetlosti iz farova koja upada na površinu znaka te reflektirana zraka svjetlosti, što prikazuje slika 10. Prema definiciji retrorefleksije reflektirana zraka svjetla bi se trebala vraćati direktno ka izvoru svjetla, što bi značilo da bi kut gledanja trebao iznositi  $0^\circ$ . Ovisno o upotrebi reflektora svjetla, odnosno određene klase materijala na prometnim znakovima, reflektirana zraka se vraća nazad u oči vozača. Stoga kut gledanja ima određenu vrijednost, ovisno o visini oka vozača [7].



Slika 10. Kut gledanja kod prometnih znakova

Izvor: [7]

Prema nacionalnim specifikacijama ulazni kut iznosi oko  $5^\circ$ , dok kut gledanja iznosi  $0,33^\circ$  ako se uzima u obzir da je prosječna visina oka vozača 1,2 m a visina farova oko 0,65 m. Uz mjerenje koeficijenta retrorefleksije prometnog znaka također je bitno voditi i evidenciju o ostalim podacima što se tiče prometnih znakova. Prilikom ispitivanja retrorefleksije bitno je odrediti koja je pozicija prometnog znaka, šifru znaka, vrstu znaka, proizvođača znaka, datum postavljanja znaka, od kojih materijala se sastoji znak, dimenzije znaka, odstupanje, visinu, boju, način postave i dr [7].

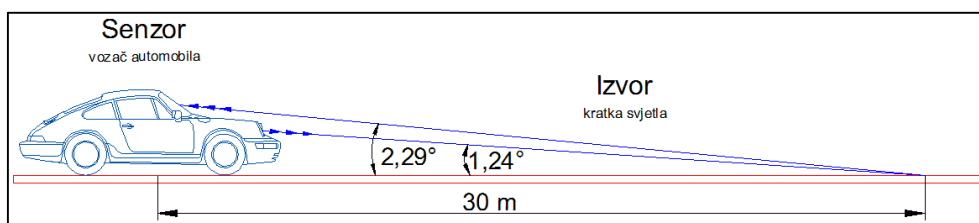
Ispitivanje i evidentiranje ovih podataka danas je znatno olakšano s obzirom da su prisutni moderniji uređaji i programski alati kao na primjer reflektometar ZRS 6060 koji je prikazan slikom 8. Reflektometar ZRS 6060 ima mogućnost unošenja GPS lokacije prometnog znaka pored ispitane vrijednosti. Uz ove uređaje je također smišljen programski alat "MappingTools" kojim je olakšan pregled podataka o ispitanim prometnim znakovima. Razvojem ovih uređaja i programa proces ispitivanja se također ubrzao te se smanjila potreba za ispunjavanjem formulara [7].

## 3.2. Metoda ispitivanje retrorefleksije oznaka na cesti

Proces ispitivanja oznaka na cesti izvodi se radi provjere vidljivosti i kvalitete oznaka, a može se izvoditi statički i dinamički. Statičko ispitivanje oznaka na cesti podrazumijeva određivanje neke duljine sekcije ceste na kojoj će se oznake ispitati, dok dinamičko ispitivanje oznaka podrazumijeva ispitivanje oznaka prilikom kretanja vozila, što će se još detaljnije opisati u nastavku rada. Prilikom ispitivanja oznaka na cesti također su bitne određene geometrijske dimenzije.

### 3.2.1. Metoda statičkog ispitivanja oznaka na cesti

Kod statičkog ispitivanja oznaka na cesti može se ispitivati i dnevna i noćna vidljivost oznaka. Dnevna vidljivost je određena koeficijentom sjaja ( $Q_D$ ), a noćna vidljivost je određena koeficijentom reflektivnog sjaja ( $R_L$ ). Pomoću ovih vrijednosti dobiju se iznosi kuta promatranja i kuta osvjetljavanja. Ako je vozilo udaljeno 30 m od oznake na cesti za određene vrijednosti visine oka vozača i visine farova kut promatranja iznosi  $2,29^\circ$ , a kut osvjetljavanja  $1,24^\circ$ , što je prikazano slikom 11. Statičko ispitivanje se također vrši reflektometrima marke Zehntner, a jedan primjer reflektometra za statičko ispitivanje je model ZRM 6014 [7], koji je prikazan slikom 12.



Slika 11. Kut promatranja i kut osvjetljavanja oznake na cesti

Izvor: [7]



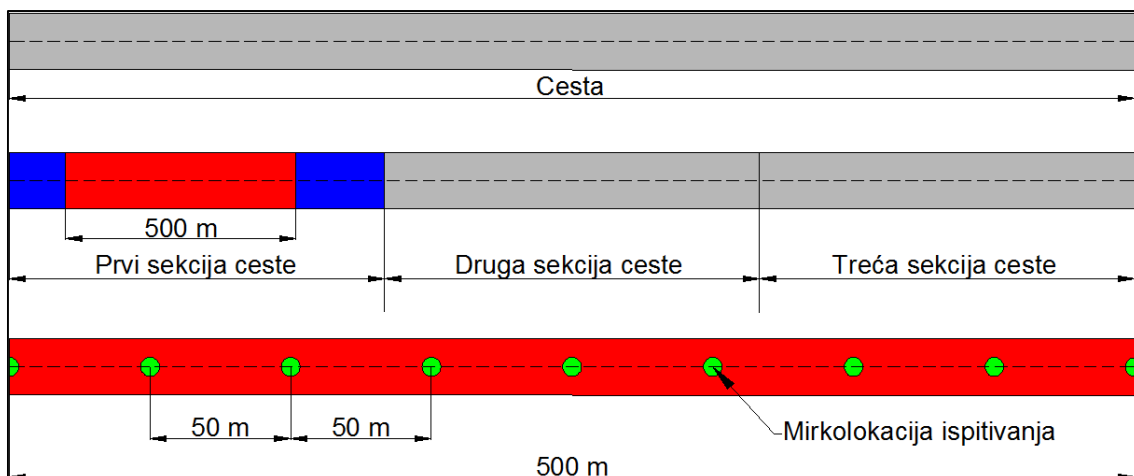
Slika 12. Reflektometar za statičko ispitivanje retrorefleksije oznaka ZRM 6014

Izvor: [9]

Statičko ispitivanje oznaka na cesti može se obaviti u dvije metode [7]:

1. "Kentucky" metoda
2. Metoda ispitivanja prema njemačkim propisima ZTV M02

"Kentucky" metoda podrazumijeva ispitivanje retrorefleksije oznaka na cesti na sekcijama ceste. Oznake se ispituju od 15 do 60 dana od njihovog datuma postavljanja. Sekcija predstavlja dio ceste na kojem su oznake izvedene u jednom danu s jednom ekipom. Prosječna dužina jedne sekcije iznosi 500 m [7], što je prikazano slikom 13.

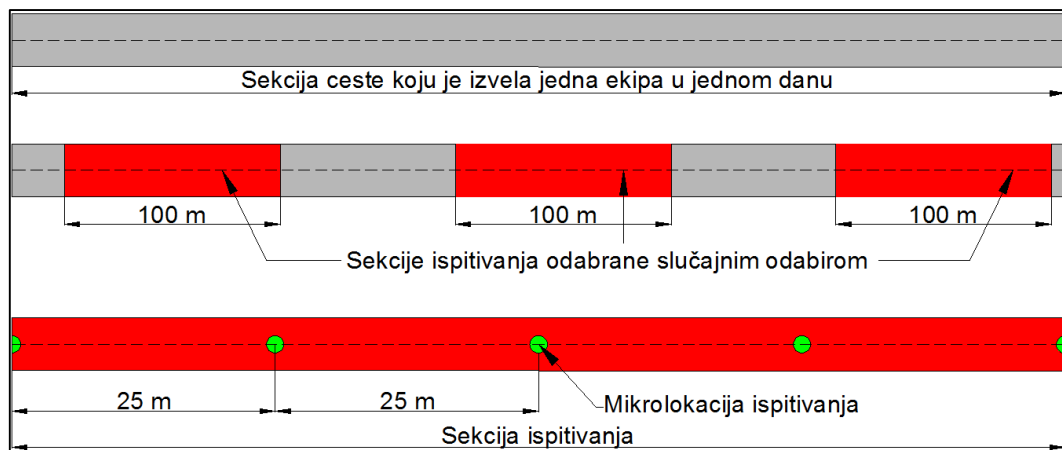


Slika 13. Ispitivanje retrorefleksije "Kentucky" metodom

Izvor: [1]

Ispitivanje oznaka u jednoj sekciji izvodi se na jednoj liniji tri puta pomoću reflektometra prikazanog slikom 12. Ispituje se deset mikrolokacija izvedenih oznaka u jednoj sekciji između kojih je razmak 50 m, što je prikazano Slika 13. Ova metoda ispitivanja retrorefleksije ne daje dobru sliku o retroreflektivnim svojstvima budući da se ispitivanje provodi samo u prvoj trećini ceste odnosno na dužini od 500 m ceste vrši se mali broj mjerenja. Zbog tog razloga ova metoda ispitivanja se više ne primjenjuje [7].

Metodom ZTV M02 se također ocjenjuju noćna i dnevna vidljivost, a vrijeme provođenja ispitivanja oznaka na cesti je isto kao kod "Kentucky metode". Razlika kod ove metode je u određivanju broja i duljine odsječaka između linija na kojima će se izvršiti mjerenje retrorefleksije. Opseg ispitivanja uzdužnih oznaka određen je prema dnevnom izvršenju grupe radnika koja izvodi oznake. Prilikom ispitivanja odredi se sekcija ceste na kojoj je jedna grupa izvela uzdužne oznake u jednom dan. Na toj sekciji slučajnim odabirom se odrede tri područja na kojima će se ispitivati oznake duljine 100m. U tim područjima se zatim ispituju oznake na razmaku od 25 m [7], što se može vidjeti na slici 14.



Slika 14. Ispitivanje oznaka po ZTV M02

Izvor: [1]

### 3.2.2. Dinamičko ispitivanje retrorefleksije oznaka na cesti

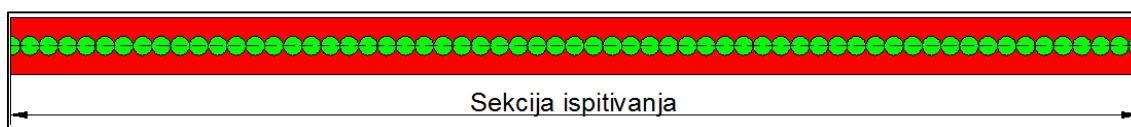
Dinamičko ispitivanje oznaka na cesti podrazumijeva ispitivanje noćne vidljivosti oznaka po cijeloj njihovoj dužini prilikom kretanja vozila po cesti. Za ispitivanje se može koristiti dinamički Zehntnerov reflektometar, koji je prikazan slikom 15. Reflektometar se može postaviti na vozilo s lijeve i desne strane te omogućava ispitivanje noćne vidljivosti i rubnih i razdjelnih linija. Dinamičko ispitivanje oznaka na cesti moguće je pri brzini većoj od 120 km/h [7].



Slika 15. Dinamički reflektometar ZDR 6020

Izvor: [9]

Kod dinamičkog se ispitivanja retrorefleksija oznaka na cesti mjeri po cijeloj dužini kao što je prikazano slikom 16. Prilikom ispitivanja oznaka s obzirom da se vozilo kreće po cesti treba osigurati da se oznake nalaze u području odnosno zoni mjerenja. Zona mjerenja za uređaj ZDR 6020 iznosi pola metra u širini i jedan metar u dužini. Također je prije ispitivanja bitno odabrati duljinu sekcije na kojoj će uređaj mjeriti retrorefleksiju oznaka. U pravilu dužina sekcije može iznositi 25 m, 50 m ili 100 m [7].



Slika 16. Duljina sekcije na kojoj će se dinamički ispitivati retrorefleksija

Izvor: [1]

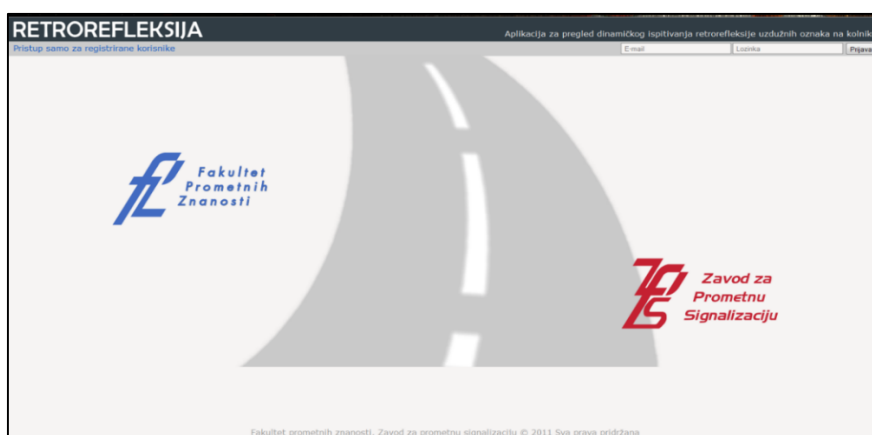
### 3.3. Prikupljanje podataka o ispitanoj retrorefleksiji

Nakon ispitivanja retrorefleksije bitno je voditi i evidentirati sve podatke što se tiče samog ispitivanja. Prije su se za unošenje takvih podataka uglavnom koristili razni formulari preko kojih je bilo dosta sporo i komplicirano uspoređivati i analizirati podatke. U današnje vrijeme evidencije tih podataka znatno su olakšane upotrebom modernijih tehnologija i programskih alata koji su navedeni u prijašnjim poglavljima. Uz Zehntnerove retroreflektometre i njihov programski alat "MappingTools" dodatno je razvijen programski alat "Retrorefleksija" [7]. Prilikom ispitivanja oznaka i prometnih znakova upisuju se podaci o njihovom [7]:

- obliku
- lokaciji
- proizvođaču
- datumu izvedbe
- indentifikacijskom kodu
- nazivu
- vrsti
- vlažnosti
- izvođaču

Tim su programskim alatom omogućene detaljnije analize podataka o ispitivanju retrorefleksije kao i usporedba te grafički prikaz tih rezultata.

Podaci su dostupni svim ovlaštenim korisnicima putem aplikacija za detaljniju razradu i automatsko ispunjavanje obrazaca i formulara. Sučelje je programskog alata "Retrorefleksija" prikazano slikom 17.



Slika 17. Prikaz sučelja programskog alata "Retrorefleksija"

Izvor: [1]

## **4. UTJECAJ VIDLJIVOSTI PROMETNE SIGNALIZACIJE U NOĆNIM UVJETIMA NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA**

Prometna je signalizacija od iznimno velike važnosti za samu sigurnost prometa. Glavna uloga prometne signalizacije jest informiranje i upozoravanje sudionika u prometu na određene opasnosti i situacije na cesti te sigurno vođenje i usmjeravanje sudionika do željene destinacije. Uglavnom se sastoji od boja, znakova i simbola koji sudionicima u prometu daju informaciju na koji način oni moraju postupiti kako bi se sačuvala sigurnost u prometu.

Pri noćnim uvjetima u ljudskom oku su aktivniji štapići koji nisu osjetljivi na boju i služe za raspoznavanje predmeta po noći. Boja je bitan davatelj informacija u prometu i zato je bitno osigurati dobru vidljivost prometne signalizacije u noćnim i otežanim uvjetima vidljivosti

### **4.1. Utjecaj vidljivosti oznaka na cesti na sigurnost cestovnog prometa**

Prometnu signalizaciju danas predstavljaju oznake na cesti. Oznake na cesti dijele se na [8]:

1. uzdužne oznake na cesti
2. poprečne oznake na cesti
3. ostale oznake na cesti i ostalim prometnim površinama

U uzdužne oznake na cesti ubarajaju se rubne i razdjelne linije te strelice za usmjeravanje prometa. Poprečne oznake na cesti predstavljaju pješačke prijelaze, stop linije dok ostale oznake predstavljaju oznake na parkiralištu, prometni znakovi iscrtani na cesti, oznake za autobusna i taxi stajališta itd. Rubne linije označavaju rubove ceste, dok središnja linija služi za odvajanje različitih smjerova kretanja vozila po cesti. Strelice na cesti služe za usmjeravanje vozača do određenih mjesta i naselja. Pješački prijelazi označavaju dio ceste po kojem pješaci sigurno mogu prijeći sa jedne strane ceste na drugu. U nekim situacijama na cesti se također mogu iscrtati prometni znakovi i dodatne napomene (nailazak na područje škole i sl.) kako bi vozači prilagodili brzinu vozila datim uvjetima na cesti. Kako je raspoznavanje boja u noćnim uvjetima za ljudsko oko otežano jako je bitno da ove oznake dobro reflektiraju svjetlost iz farova vozila u oči vozača što se postiže upotrebom kvalitetnih materijala te kvalitetnom izvedbom oznaka na.

Oznake na cesti podložne su statičkim i dinamičkim opterećenjima od strane vozila te vremenskim uvjetima koji znatno utječu na samu vidljivost oznaka. Zbog različitih načina

vožnje i prilikom gaženja kotača preko oznaka dolazi do trošenja materijala i odvajanja dijelova retroreflektirajućih elemenata što smanjuje vidljivost oznaka na cesti u noćnim uvjetima. Primjer istrošenog i neobnovljenog pješačkog prijelaza prikazan je slikom 18.



Slika 18. Istrošeni pješački prijelaz

Izvor: [10]

Smanjena vidljivost oznaka na cesti može dovesti do krive procjene vozača što može prethoditi nepoželjnim događajima poput prometne nesreće. Iz navedenih su razloga provedena razna istraživanja o utjecaju oznaka na cesti na načine upravljanja vozilom za određeni broj vozača te potrebnoj razini retrorefleksije oznaka kako bi se osigurala dovoljna vidljivost na nekoj udaljenosti za vozače starije dobi. Istraživanjem kojeg su proveli Graham, Harrold i King utvrđeno je kako dovoljna razina retrorefleksije za oznake na cesti iznosi oko  $100 \text{ cd/lx/m}^2$  odnosno da je prema ispitanicima ova razina retrorefleksije osigurava dovoljnu vidljivost. Ispitivanje se provelo na 24 segmenta ceste u kojem je ukupno sudjelovalo 65 ljudi u dobi od 20 do 89 godina [11].

U 2016. godini provedeno je istraživanje za projekt Rainvision, a istraživanje su proveli Diamandouros i Gatscha. Cilj istraživanja bio je usmjeren na utvrđivanje ponašanja vozača s obzirom na vidljivost oznaka na cesti prilikom svih vremenskih uvjeta. Istraživanje je trajalo 3 godine, a ispitivanja su se provodila na simulatoru vožnje te u stvarnom okruženju. Terensko ispitivanje se provelo u Ujedinjenom Kraljevstvu na deset visokorizičnih dionica te je sudjelovalo 100 vozača koji su bili podijeljeni u tri dobne skupine [12]:



1. Vozači u dobi od 20 do 40 godina starosti
2. Vozači u dobi od 41 do 60 godina starosti
3. Vozači od 60 + godina starosti.

Terenskim ispitivanjem došlo se do zaključka da dobra vidljivost oznaka na cesti prilikom noćnih i kišnih uvjeta razvija osjećaj udobnosti i sigurnosti kod vozača, a pogotovo kod vozača starije dobi. Ispitivanje na simulatoru provedeno je u Francuskoj u kojem je također sudjelovalo 100 vozača koji su bili podijeljeni u tri prethodno navedene dobne skupine. Simulacijskim ispitivanjem došlo se do zaključka da loša ili pak nikakva vidljivost oznaka utječe na porast stvaranja grešaka kod vozača. Dobivenim rezultatima prikazalo se da postotak porasta grešaka kod vozača iznosi čak 70 % u slučaju slabe i nikakve vidljivosti oznaka [12].

#### **4.2. Utjecaj vidljivosti prometnih znakova na sigurnost cestovnog prometa**

Osim vidljivosti oznaka na cesti, vidljivost prometnih znakova u noćnim uvjetima također znatno utječe na sigurnost cestovnog prometa. Prometni znakovi pomoću svojeg oblika, boja i simbola informiraju i upozoravaju vozače i ostale sudionike u prometu o situacijama na cesti. Tada sudionici u prometu mogu pravilno postupiti kako bi se izbjegli nepoželjni događaji. Po obliku i značenju prometne znakove možemo podijeliti na [1]:

1. Znakove opasnosti
2. Znakove izričitih naredbi
3. Znakove obavijeti

Znakovi opasnosti uglavnom su trokutastog oblika, uz iznimke (Andrijin križ itd.), koji uglavno sadrže bijelu, crnu, žutu i crvenu boju. Znakovi opasnosti vozače upozoravaju na potencijalne opasnosti na nekom odjeljku ceste ili duž jedne skecije prometnice ako je prisutna dopunska ploča koja to naglašava. Postavljaju se od 150 metara do 250 metara ispred same opasnosti na cesti.

Znakovi izričitih naredbi većinom su kružnog oblika. Iznimke su znak za obavezno zaustavljanje, znak za nailazak na cestu bez prednosti prolaska. Znakovi izričitih naredbi vozače informiraju na koji način moraju postupiti da se ne ugrozi sigurnost svih sudionika u prometu.

Znakovi obavijesti su znakovi različitih oblika, uglavnom pravokutnika i četverokuta. Oni vozače informiraju o cesti kojom se kreću, o mjestima kroz koje cesta prolazi i objektima koji se uz tu cestu nalaze.

Prometni znakovi i oznake su konstanto pod utjecajem različitih vremenskih uvjeta koji dovode do starenja reflektivnog materijala. Stoga je jako bitno ispitivanje retrorefleksije prometnih znakova da se uoče postojeća oštećenja materijala i po potrebi ista zamjene.

Osim starenja materijala na vidljivost prometnih znakova značajno mogu utjecati objekti ili bočne smetnje (rasvjetni stupovi, grane od drveća, grmlja, ograde itd.). U naseljenim područjima i gradovima na nekim mjestima bočne smetnje, poput grana ili nasada, mogu prekriti dio znaka ili čak cijeli znak. Vozači i ostali sudionici u prometu ne mogu vidjeti znak i postupiti po naredbama ili upozorenjima na koje se on odnosi, što je prikazano slikom 19.



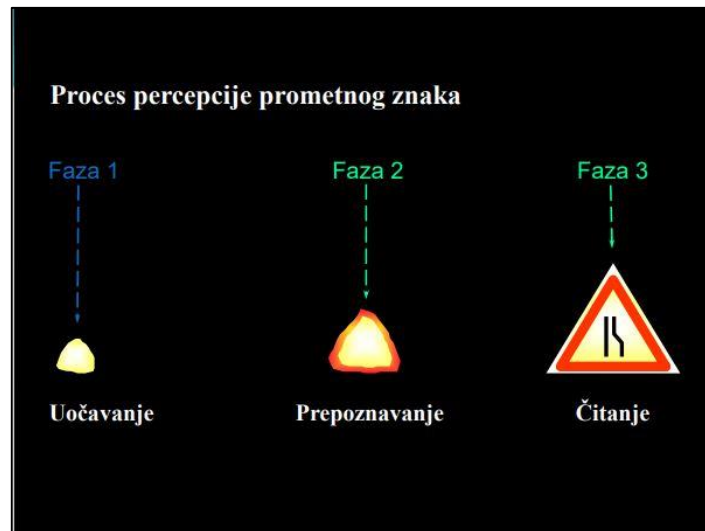
Slika 19. Zaklonjeni prometni znak

Izvor: [13]

Na sigurnost cestovnog prometa također utječe i sama vozačeva sposobnost percepcije prometnog znaka koja se sastoji od uočavanja, prepoznavanja i čitanja, odnosno razumijevanja samog značenja simbola na prometnom znaku, što je prikazano slikom 20. Prilikom vožnje vozač prvo uočava prometni znak kao objekt na cesti. U fazi prepoznavanja vozač dobija informaciju o kakvoj vrsti znaka se radi, a u fazi čitanja i razumijevanja vozač dobiva dovoljno informacija na koji način mora postupiti kako bi se sačuvala potpuna sigurnost na cesti.

Pri noćnim uvjetima čovjek dobije oko 5% informacija iz okoline i zato je sposobnost percepcije prometnih znakova i oznaka znatno smanjena. Stoga je bitno da su elementi poput oznaka i prometnih znakova izrađeni od kvalitetnih materijala i da se u njihovom prostoru ne nalaze nikakvi objekti ili smetnje. Kvalitetnom izvedbom i pozicioniranjem prometne

signalizacije osigurava se njihova vidljivost i uočljivost. Tako sudionici u prometnu mogu kvalitetno pročitati i pravovremeno reagirati na dobivene informacije i time smanjiti pojavu prometnih nesreća na cestama. U svrhu toga također su provedena razna istraživanja o utjecaju prometnih znakova na sigurnost cestovnog prometa.



Slika 20. Faze percepcije prometnog znaka

Izvor: [1]

U 2017. godini u Republici Hrvatskoj provedeno je istraživanje koje opisuje kako poznavanje odedene dionice ceste i okoline utječe na percepciju prometnih znakova kod vozača. Istraživanje je provedeno na državnoj cesti DC 30 [14]. Ispitivanje se provelo na dionici dugačkoj 9 km na kojoj su postavljena 143 prometna znaka. U istraživanju je sudjelovalo 10 vozača na način da je svaki vozač vozio po dionici pet puta. Došlo se do zaključka da kako je ruta vozačima postajala poznatija to se broj zapaženih znakova smanjivao. Što znači da je na prvoj vožnji po dionici broj percipiranih znakova bio najveći dok je na petoj vožnji broj percipiranih znakova bio najmanji.

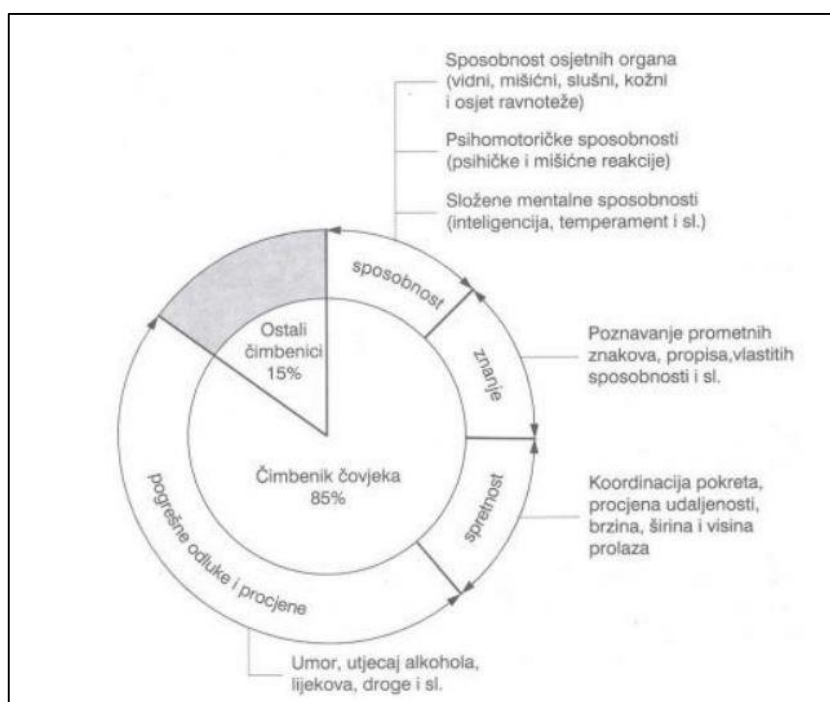
Na vozačevu sposobnost percepcije znakova također utječe i količina informacija koju prometni znak daje vozaču. Kako bi prometni znakovi bili razumni za vozače bitno je da prometni znakovi imaju dovoljnu, ali ne i preveliku količinu informacija. U 2012. godini provedeno je istraživanje [15] kojim se razradila tematika promjene reakcije vozača prilikom percepcije znakova s više informacija. Istraživanje na simulatoru vožnje obuhvatilo je 20 ispitanika dobne skupine od 20 do 30 godina starosti. Cilj istraživanja je bio ispitati reakciju vozača na prometni znak pri brzinama vožnje od 80 km/h, 100 km/h i 120 km/h.

Prilikom ispitivanja bilježili su se podaci o vremenu prepoznavanja samog znaka, vremenu fiksacije, promjeni ubrzanja te promjeni bočnog pomaka vozila. Istraživanjem se zaključilo da se s povećanjem brzine povećava i usredotočenost na prometni znak. Također se došlo do spoznaje da se prilikom prepoznavanja znakova s više informacija povećava vrijeme fiksacije, ponovnog ubrzanja te povećanja razmaka. Iz tog razloga se preporučuje da na jednom prometnom znaku ne bude više od sedam informacija.

Uz istraživanja o sposobnosti percepcije prometnih znakova provedena su i istraživanja o načinu prikazivanja pojedinih informacija. U 2014. godini izvršeno je istraživanje [16] o primjeni simbola umjesto riječi na dopunskim pločama. Prema istraživanju preporučuje se da se umjesto riječi koriste simboli koji su poznati vozačima, a da se za informacije koje nisu već izražene simbolom primjeni novi simbol koji približno opisuje značenje te informacije.

## 5. ANALIZA STANJA SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Sigurnost cestovnog prometa jedan je od bitnijih aspekata sveukupnog prometnog sustava. Čimbenici koji utječu na sigurnost cestovnog prometa su čovjek, vozilo, cesta, promet na cesti te incidenti čimbenik [17]. Smatra se da je za 85 % prometnih nesreća kriv čovjek kao čimbenik, dok su cesta i vozilo i ostali čimbenici krivi 15%, što se može vidjeti preko dijagrama na slici 21.



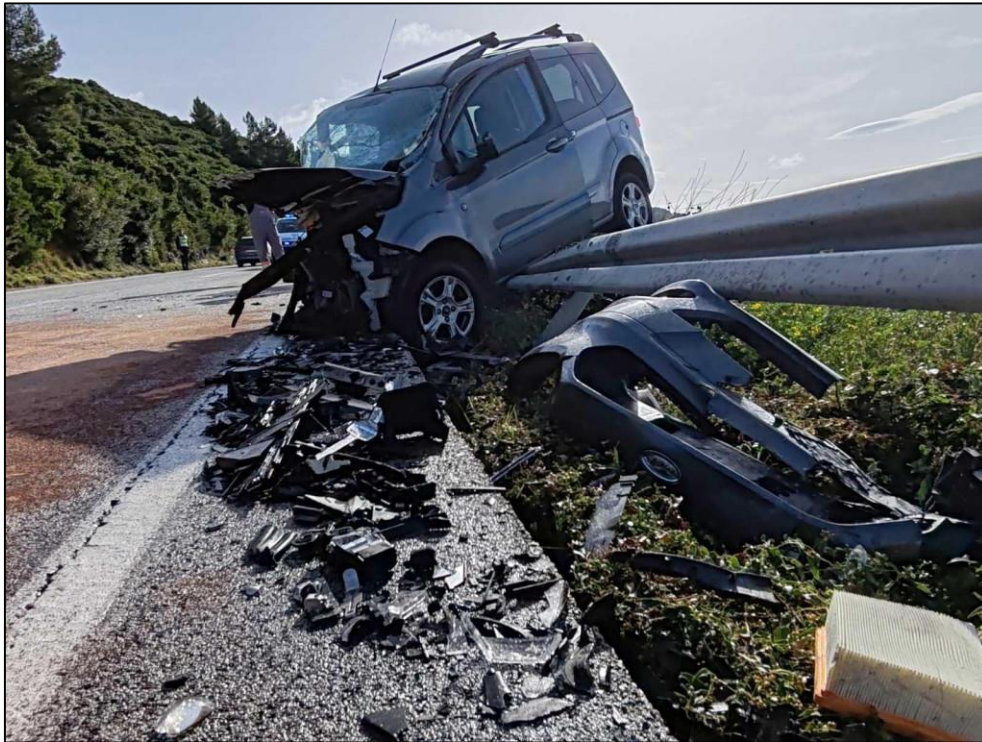
Slika 21. Čovjek kao čimbenik sigurnosti cestovnog prometa

Izvor: [17]

Iz ovog dijagrama vidi se da kod čovjeka kao čimbenika sigurnosti cestovnog prometa najviše utjecaja imaju njegovo znanje, sposobnosti, vještine, njegove odluke i procjene. Znanje, odluke i procjene najbitniji su parametri čovjeka kao čimbenika. Čovjek na osnovu svog znanja o pravilima i načinima vožnje donosi odluke koje utječu na njegovu sigurnost i sigurnost ostalih sudionika u prometu [17].

Prometne nesreće predstavljaju nepoželjne događaje na cesti koji su nastali nepoštivanjem prometnih propisa i pravila prilikom kretanja vozila i u kojem je najmanje jedna osoba ozlijeđena ili poginula u roku 30 dana od samog događaja prometne nesreće ili je

izazvana materijalna šteta [17]. Slikom 22 prikazan je primjer prometne nesreće gdje je nastala samo velika materijalna šteta bez smrtno stradalih osoba.



Slika 22. Primjer prometne nesreće s velikom materijalnom štetom i bez smrtno stradalih osoba

Izvor: [18]

Jedan od ciljeva Ministarstva unutarnjih poslova je smanjenje broja prometnih nesreća u Republici Hrvatskoj i samim time povećanje sigurnosti cestovnog prometa. U ovom poglavlju opisati će se stanje sigurnosti cestovnog prometa u Republici Hrvatskoj za 2023. godinu pomoću podataka iz biltena o sigurnosti cestovnog prometa u RH [19].

Prema biltenu o sigurnosti cestovnog prometa za 2023. godinu u razdoblju od 2014. godine do 2023. godine dogodilo se 320.627 prometnih nesreća u kojima je nastradalo 137.796 osoba od kojih je [19]:

- 2.986 smrtno stradalo
- 27.160 teško ozlijeđeno
- 107.650 lakše ozlijeđeno

U odnosu na 2014. godinu broj prometnih nesreća sa nastradalim osobama u 2023. godini povećao se s 10.607 na 10.633 prometne nesreće. Broj teško ozlijeđenih osoba se povećao s 2.675 na 3.102 osobe, dok je broj lako ozlijeđenih osoba pao s 11.547 na 11.102

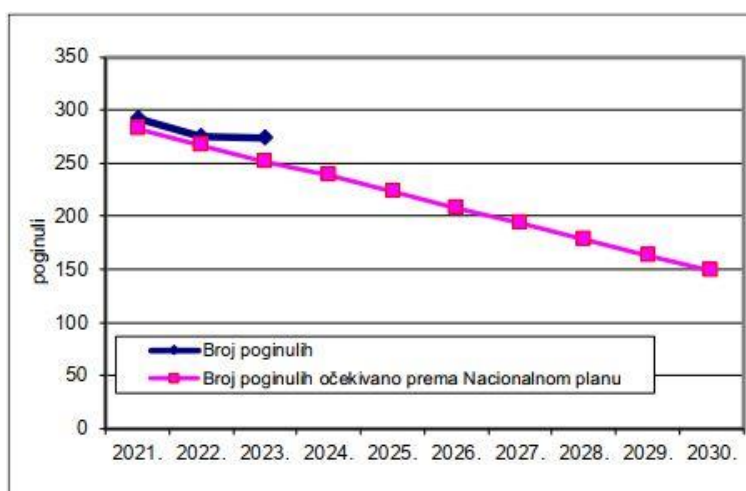
osobe. Broj poginulih osoba je pao s 308 na 274 poginule osobe u prometnoj nesreći dok je sveukupni broj prometnih nesreća u 2023. godini iznosio 34.604 [19].

Prema ministarstvu unutranjih poslova također je određena prognoza za broj poginulih osoba u razdoblju od 2021. do 2030. godine od koje su podaci prikazani tablicom 1. i grafikonom 1.

Tablica 1. Usporedba podataka o poginulim osobama za razdoblje od 2021. do 2030. godine

Godina	Broj poginulih		Razlika očekivanog i stvarnog broja poginulih	Broj poginulih na 100.000 stanovnika	
	stvarni	očekivano prema Nacionalnom planu		stvarni	očekivano prema Nacionalnom planu
2021.	292	282	+10	7,5	7,0
2022.	275	267	+8	7,1	6,6
2023.	274	252	+22	7,1	6,2
2024.		238	-238		5,8
2025.		223	-223		5,5
2026.		208	-208		5,1
2027.		193	-193		4,7
2028.		178	-178		4,4
2029.		163	-163		4,0
2030.		148	-148		3,6

Izvor: [19]



Grafikon 1. Grafički prikaz usporedbe podataka o poginulim osobama u razdoblju od 2021. do 2030. godine

Izvor: [19]

Iako nisu dostupni podaci za razdoblje od 2024. do 2030. godine, prema ovim podacima može se zaključiti da će se očekivane vrijednosti poginulih osoba jako teško dostići odnosno da je potrebno puno dulje razdoblje kao i primjena novih mjera za smanjenje prometnih nesreća poput:

- povećanja preglednosti i uočljivosti čvorišta i oštih zavoja
- poboljšanja optičkog vođenja izvedbom jasnije vidljivih oznaka
- povećanja hrapavosti ceste u pravcima i pogotovo na zavojima
- obnavljanja istrošenih oznaka te izvedba novih na opasnim mjestima
- primjena novih rješenja u području prometne signalizacije

Ovo su samo neke od mjera koje bi doprinjele dostizanju željenog rezultata do 2030. godine ali je za ostvarivanje očekivanih rezultata potrebno puno više mjera i rješenja koje bi trebalo primjeniti na cestama i time smanjiti broj smrtno stradalih u prometnim nesrećama.

Za ovu temu rada također su bitni podaci o broju prometnih nesreća i ozlijeđenih osoba pri određenim uvjetima vidljivosti, pogotovo za noćne uvjete koji su prikazani tablicom 2. i tablicom 3.

Tablica 2. Broj prometnih nesreća za 2023. godinu prema uvjetima vidljivosti

Uvjeti vidljivosti	Prometne nesreće					
	ukupno	%	s poginulim osobama	%	s ozlijeđenim osobama	%
Dan	24.031	69,4	131	52,2	7.450	71,8
Noć	9.133	26,4	106	42,2	2.466	23,8
Sumrak	953	2,8	8	3,2	310	3,0
Svitanje	487	1,4	6	2,4	156	1,5
<b>UKUPNO</b>	<b>34.604</b>	<b>100,0</b>	<b>251</b>	<b>100,0</b>	<b>10.382</b>	<b>100,0</b>

Izvor: [19]

Tablica 3. Broj poginulih osoba u prometnim nesrećama za 2023. godinu prema uvjetima vidljivosti

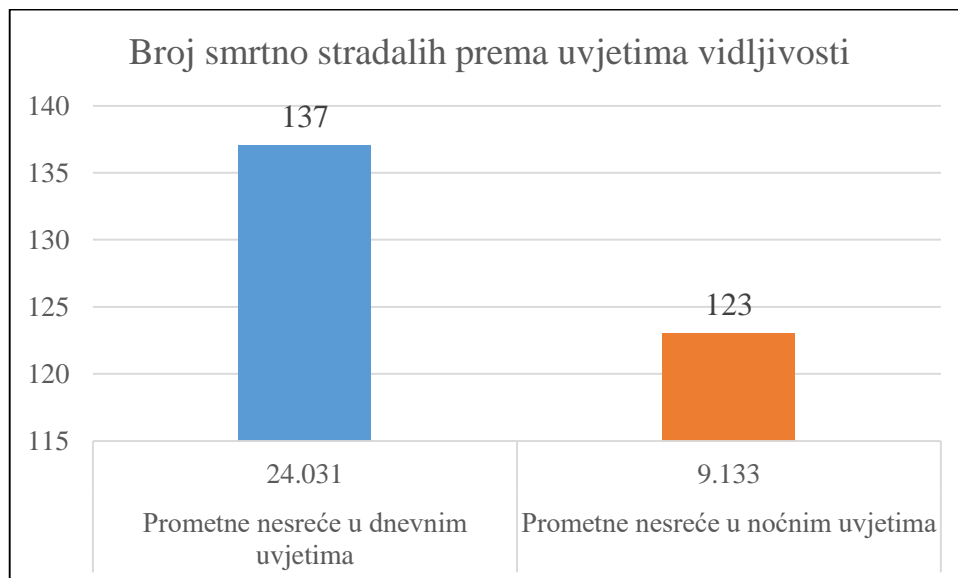
Uvjeti vidljivosti	Nastradale osobe					
	poginule	%	teško ozlijeđene	%	lakše ozlijeđene	%
Dan	137	50,0	2.106	67,9	7.886	71,0
Noć	123	44,9	813	26,2	2.748	24,8
Sumrak	8	2,9	115	3,7	316	2,8
Svitanje	6	2,2	68	2,2	152	1,4
<b>UKUPNO</b>	<b>274</b>	<b>100,0</b>	<b>3.102</b>	<b>100,0</b>	<b>11.102</b>	<b>100,0</b>

Izvor: [19]

U noćnim uvjetima vidljivosti prema podacima iz biltena ukupno je bilo 9.133 prometnih nesreća pri čemu su 123 osobe smrtno stradale. Pri dnevnim uvjetima ukupan broj prometnih nesreća je iznosio 24.031 pri čemu je stradalo 137 osoba. Broj prometnih nesreća sa ozlijeđenim osobama je 2.466, a sveukupan broj ozlijeđenih osoba je 3.561 osoba [19]. Podaci



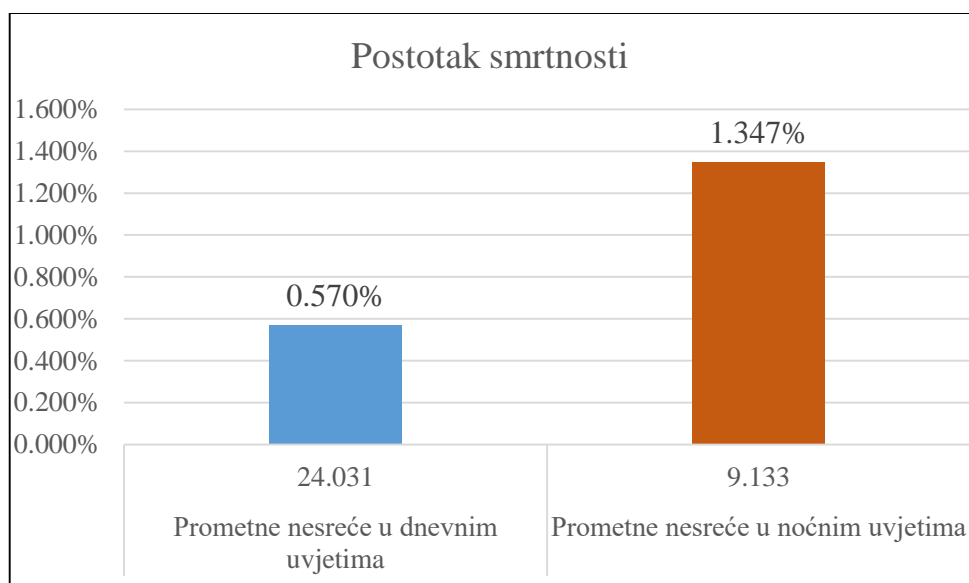
o poginulim osobama i prometnim nesrećama u određenim uvjetima vidljivosti također su prikazani i grafički na grafikonu 2.



Grafikon 2. Grafički prikaz omjera poginulih osoba i ukupnog broja prometnih nesreći

Izvor: Izradio autor

Također je bitno analizirati postotak smrtnosti u svim prometnim nesrećama. Postotak smrtnosti za dnevne i noćne uvjete dobit će se dijeljenjem brojeva ukupnog broja poginulih pri dnevnom te pri noćnim uvjetima sa ukupnim brojem prometnih nesreća pri dnevnom te pri noćnim uvjetima a rezultati su vidljivi na grafikonu 3.



Grafikon 3. Postotak smrtnosti u prometnim nesrećama prema uvjetima vidljivosti

Izvor: Izradio autor

Na temelju preuzetih podataka vidljivo je kako je ukupan broj prometnih nesreća pri dnevnim uvjetima znatno veći od broja prometnih nesreći pri noćnim uvjetima. Izračunatim postotcima može se zaključiti da je postotak smrtnosti pri noćnim uvjetima veći od postotka pri dnevnim uvjetima u odnosu na prometne nesreće. Odnosno u 2023. godini s obzirom na broj nastalih nesreća i smrtno stradalih osoba može se zaključiti kako je smrtnost veća tijekom noćnih uvjeta vožnje u odnosu na dnevne iako je u dnevnim uvjetima zabilježen veći broj prometnih nesreća.

## 6. ZAKLJUČAK

Sigurnost je cestovnog prometa bitan aspekt sveukupnog cestovnog prometnog sustava. Kako bi se održala sigurnost takvog sustava smišljen je skup pravila i normi pomoću kojih se korisnici cesta informiraju o pravilnom korištenju same ceste. Po tim pravilnicima i normama izvedena je prometna signalizacija čiji je osnovni cilj sudionicima prometa dati dovoljno informacija o uvjetima na cesti stoga je iznimno važno analizirati na koji način vozači precipiraju i razumiju prometne znakove i oznake na cesti.

Čovjek u prometu više od 90% informacija prima pomoću osjeta vida, a kako je u noćnim uvjetima čovjeku smanjena sposobnost dobivanja informacija na 5%, izrazito je bitno da u noćnim uvjetima sudionici dobiju najvažnije informacije. Zato su oznake na cesti i prometni znakovi izrađeni od materijala koji su bazirani na pojavi retrorefleksije. Primjenom tih materijala vozačima kao i ostalim sudionicima u prometu omogućena je vidljivost oznaka i znakova kako bi na temelju dobivenih informacija jedanko sigurno koristili cestu kao i u dnevnim uvjetima vidljivosti. Također je bitno razmotriti kvalitetu materijala koja se primjenjuje za izvedbu prometne signalizacije. Od iznimne je važnosti da se na cestama većeg prometnog opterećenja kao i povećane opasnosti od nastanka prometnih nesreća primjenjuju materijali više kvalitete.

Kroz istraživanja o utjecaju prometne signalizacije na ponašanje sudionika u prometu može se zaključiti da bolja vidljivost prometne signalizacije značajno utječe na način upravljanja vozilom kod svih dobi vozača odnosno smanjuje postotak stvaranja pogreške od strane vozača. Također dobra vidljivost oznaka na opasnim dijelovima dionica u vozačima razvija osjećaj udobnosti i sigurnosti prilikom vožnje.

Analizom podataka iz biltena utvrđena je veća smrtnost u noćnim uvjetima vožnje u odnosu na dnevne bez obzira na manji broj prometnih nesreća. Iz tog razloga primjena kvalitetnih materijala za izradu oznaka na cesti i prometnih znakova ali i ostale prometne signalizacije na viokorzičnim dionicama je od velikog značaja za samu sigurnost cestovnog prometa. Dobar primjer za ostvarivanje odlične vidljivosti prometnih znakova je primjena fluorescentnih boja koje su u noćnim ali i dnevnim uvjetima vožnje tri puta sjanije od običnih boja što značajno poboljšava vidljivost i uočljivost prometnih znakova.

Osim primjene kvalitetnih materijala za povećanje vidljivosti bitno je samo održavanje i ispitivanje oznaka i prometnih znakova. Uporabom novih tehnologija i programskih alata razvio se brži način mjerenja retrorefleksije oznaka na cesti i prometnih znakova a samim time i brža analiza odnosno upravljanje dobivenim podacima. Održavanjem prometnih znakova i oznaka na cesti kao i ostale prometne opreme osigurava se njihova kvaliteta kao i njihova vidljivost i u dnevnim i u noćnim uvjetima. Dobra vidljivost tih elemenata smanjuje pogrešne odluke i procjene kod vozača te tako povećava sigurnost cestovnog prometa.

## LITERATURA

- [1] Babić, D. *Nastavni materijali iz kolegija Vizualne informacije u prometu*. Zagreb 2019/2020.
- [2] Labinac, V., Milotić, B., *Fizika III: Valovi i Optika*. Pregled formula. Sveučilište u Rijeci. Rijeka, 2022.
- [3] Rotim, K., Kudelić, N., Saftić, R., *Anatomija i fiziologija oka*. Veleučilište Velika Gorica. Velika Gorica, 2009.
- [4] Ščukanec, A. *Primjena retroreflektirajućih materijala u funkciji cestovnoprometne sigurnosti*. Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, 2003.
- [5] Preuzeto s: <https://smartclass4kids.com/reflection-of-light/> Pristupljeno [29.7.2024.]
- [6] Preuzeto s: <https://rg.c-hip.net/2014/seminari/car-corko-spoljaric/modeli.html> Pristupljeno [30.7.2024.]
- [7] Ščukanec, A., Babić, D. *Metode mjerenja retrorefleksije oznaka na kolniku*. Fakultet prometnih znanosti. Zagreb 2013.
- [8] Fiolić, M. *Utvrdjivanje povezanosti psihofizičkog opterećenja vozača i kvalitete prometne signalizacije u noćnim uvjetima*. Doktorska disertacija. Fakultet prometnih znanosti. Zagreb 2021.
- [9] Preuzeto s:  
<https://www.screeningeagle.com/en/products/zehntner-zrs6060> Pristupljeno[1.8.2024.]
- [10] Preuzeto s:  
[https://plusportal.hr/politika/upravasamouprava/zebre\\_u\\_centru\\_grada\\_su\\_skoro\\_nevidljive-40623?slide=4](https://plusportal.hr/politika/upravasamouprava/zebre_u_centru_grada_su_skoro_nevidljive-40623?slide=4) Pristupljeno[2.8.2024.]
- [11] Graham, J., Harrold, J. & King, L. (1996). *Pavement marking retroreflectivity requirements for older drivers*. Journal of the Transportation Research Board. 1529(1): 65–70.
- [12] Diamandouros, K. & Gatscha, M. (2016). Rainvision: The Impact of Road Markings on Driver Behaviour - Wet Night Visibility. Transportation Research Procedia, Vol. 14, 2016, 4344–4353.
- [13] Preuzeto s: <https://www.vecernji.hr/tag/prometni-znakovi-15223> Pristupljeno[2.8.2024.]

- [14] Babić, D., Babić, D., Ščukanec, A. (2017). *The Impact of Road Familiarity on the Perception of Traffic Signs – Eye Tracking Case Study*. “Environmental Engineering” 10th International Conference, Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania, 27 - 28 April 2017.
- [15] Sun, L., Yao L., Rong J., Lu J., Liu B., Wang S. (2012). *Simulation Analysis on Driving Behavior during Traffic Sign Recognition*. International Journal of Computational Intelligence Systems, Vol. 4, No. 3, ISSN: 1875–6891
- [16] Viganò R., Roviada E. (2014). *A Proposed Method About the Design of Road Signs*. *Journal of Transportation Safety & Security*, ISSN: 1943-9962, DOI: 10.1080/19439962.2014.902413
- [17] Cerovac, V. *Tehnika i sigurnost prometa*. Fakultet prometnih znanosti. Zagreb 2001.
- [18] Preuzeto s: <https://slobodnadalmacija.hr/vijesti/crna-kronika/teska-prometna-nesreca-na-jadranskoj-magistrali-ima-i-ozlijedenih-fotografije-pokazuju-silinu-sraza-dvaju-vozila-1369510> Pristupljeno[ 3.8.2024.]
- [19] Ministarstvo unutarnjih poslova. *Bilten o sigurnosti cestovnog prometa*. Zagreb 2023. Preuzeto s : <https://mup.gov.hr/pristup-informacijama-16/statistika-228/statistika-mup-a-i-bilteni-o-sigurnosti-cestovnog-prometa/bilteni-o-sigurnosti-cestovnog-prometa/287330> Pristupljeno [3.8.2024.]

## POPIS SLIKA

Slika 1. Prikaz akomodacije oka na blizinu i daljinu .....	3
Slika 2. Zrcalna refleksija svjetla .....	4
Slika 3. Difuzna refleksija svjetla .....	4
Slika 4. Retrorefleksija.....	5
Slika 5. Sferična retrorefleksija.....	6
Slika 6. Prizmatična retrorefleksija.....	6
Slika 7. Prometni znak STOP izrađen od sve tri klase materijala .....	8
Slika 8. Prijenosni reflektometar marke Zehntner model ZRS 6060.....	10
Slika 9. Ulazni kut za prometne znakove.....	10
Slika 10. Kut gledanja kod prometnih znakova .....	11
Slika 11. Kut promatranja i kut osvjetljavanja oznake na cesti .....	12
Slika 12. Reflektometar za statičko ispitivanje retrorefleksije oznaka ZRM 6014 .....	13
Slika 13. Ispitivanje retrorefleksije "Kentucky" metodom.....	13
Slika 14. Ispitivanje oznaka po ZTV M02.....	14
Slika 15. Dinamički reflektometar ZDR 6020 .....	15
Slika 16. Duljina sekcije na kojoj će se dinamički ispitivati retrorefleksija .....	15
Slika 17. Prikaz sučelja programskog alata "Retrorefleksija" .....	16
Slika 18. Istrošeni pješački prijelaz .....	18
Slika 19. Zaklonjeni prometni znak .....	20
Slika 20. Faze percepcije prometnog znaka.....	21
Slika 21. Čovjek kao čimbenik sigurnosti cestovnog prometa .....	23
Slika 22. Primjer prometne nesreće s velikom materijalnom štetom i bez smrtno stradalih osoba .....	24

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Usporedba podataka o poginulim osobama za razdoblje od 2021. do 2030. godine .....	25
Tablica 2. Broj prometnih nesreća za 2023. godinu prema uvjetima vidljivosti .....	26
Tablica 3. Broj poginulih osoba u prometnim nesrećama za 2023. godinu prema uvjetima vidljivosti .....	26

## POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Grafički prikaz usporedbe podataka o poginulim osobama u razdoblju od 2021. do 2030. godine.....	25
Grafikon 2. Grafički prikaz omjera poginulih osoba i ukupnog broja prometnih nesreći.....	27
Grafikon 3. Postotak smrtnosti u prometnim nesrećama prema uvjetima vidljivosti.....	27

Sveučilište u Zagreb

Fakultet prometnih znanosti

Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je \_\_\_\_\_ završni rad  
(vrsta rada)

isključivo rezultat mojega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da 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/diplomskog rada pod naslovom Retrorefleksija – osnova vidljivosti prometne signalizacije u noćnim uvjetima, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

U Zagrebu, 11.9.2024.

*Roko Lewčić*

(ime i prezime, potpis)