Procjena vrijednosti retrorefleksije prometnih znakova korištenjem vjerojatnosnog modela

Banović, Branimir

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:334146

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

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



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Branimir Banović

PROCJENA VRIJEDNOSTI RETROREFLEKSIJE PROMETNIH ZNAKOVA KORIŠTENJEM VJEROJATNOSNOG MODELA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2016.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

PROCJENA VRIJEDNOSTI RETROREFLEKSIJE PROMETNIH ZNAKOVA KORIŠTENJEM VJEROJATNOSNOG MODELA

Mentor: doc. dr. sc. Darko Babić

Student: Branimir Banović, 0135215582

Zagreb, 2016.

SAŽETAK

Prometni znakovi su osnovna sredstva komunikacije između nadležnih za ceste i sudionika u prometu. Da bi komunikacija bila učinkovita, znakovi moraju biti vidljivi, odnosno moraju imati zadovoljavajuća retroreflektirajuća svojstva. Zadovoljavajućim retroreflektirajućim svojstvima doprinijeti će se pravovremenom uočavanju prometnih znakova te reagiranju vozača u skladu sa situacijom. Loše postavljeni i nedovoljno vidljivi prometni znakovi smatraju se bitnim uzrokom prometnih nesreća. Iz navedenih razloga potrebno je periodički ispitivati retrorefleksiju prometnih znakova kako bi se osigurala njihova kvaliteta, a time i funkcionalnost. Cilj ovog rada je analizom podataka o vrijednosti retrorefleksije prometnih znakova prikupljenih na cestama duž RH utvrditi prosječnu starost znakova za svaku klasu materijala nakon garantnog roka te na temelju navedenih prosječnih starosti procijeniti njihovu funkcionalnost u smislu zadovoljavanja minimalnih propisanih vrijednosti retrorefleksije. Također, na temelju rezultata analize moguće je definirati vremenski interval u kojem je potrebno provesti kontrolna ispitivanja retrorefleksije.

***Ključne riječi**: prometni znakovi, retrorefleksija, životni vijek prometnih znakova, sigurnost prometa*

ABSTRACT

Traffic signs are basic mean of communication between entities for road management and road users. For this communication to be efficient, signs must be visible, i.e. they must have satisfying retro-reflective properties. Satisfactory retro-reflective properties will contribute to driver's perception, detection and response. Poorly placed and poorly visible traffic signs are considered to be important causes of traffic accidents. For these reasons it is necessary to periodically test retro-reflection of traffic signs to ensure their quality and thus functionality. The aim of this paper is to analyze traffic signs retro-reflection data collected on the roads along the Croatia which will result in determine the average age of the signs for each class of retro-reflective materials after the warranty period and based on that the assessment of traffic signs functionality, in terms of meeting the minimum prescribed values of retro-reflection. Also, based on the results of the analysis it is possible to define the time interval in which it is necessary to conduct control tests of retro-reflection.

***Keywords**: traffic signs, retro-reflection, service life of traffic signs, traffic safety*

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. OSNOVNI POJMOVI O PROMETNIM ZNAKOVIMA 3
2.1. Povijest prometnih znakova 4
2.2. Podjela prometnih znakova 6
2.2.1. Podjela prometnih znakova prema obliku, boji i veličini 6
2.2.2. Podjela prometnih znakova prema značenju 7
2.3. Izrada i postavljanje prometnih znakova 13
3. OSNOVNI POJMOVI VEZANI UZ REFLEKSIJU I RETROREFLEKSIJU PROMETNIH ZNAKOVA 16
4. MATERIJALI ZA IZRADU PROMETNIH ZNAKOVA 20
4.1. Materijal klase I- Engineer Grade 21
4.2. Materijali klase II- High Intesity Grade 22
4.3. Materijali klase III- Diamond Grade 23
5. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA O RETROREFLEKSIJI PROMETNIH ZNAKOVA 25
6. MODEL VJEROJATNOSTI PROCJENE TRAJNOSTI RETROREFLEKSIJE PROMETNIH ZNAKOVA 27
6.1. Ispitivanje retrorefleksije prometnih znakova i metodologija prikupljanja podataka 27
6.2. Rezultati analize 31
6.2.1. Rezultati statističke analize za prometne znakove klase I 35
6.2.2. Rezultati analize za prometne znakove klase II 37
6.2.3. Rezultati analize za prometne znakove klase III 38
7. ZAKLJUČAK 40
POPIS SLIKA I TABLICA 44

1. UVOD

Razvoj cestovnog prometa i povećanje broja motornih vozila na cestama promijenilo je uvjete protočnosti, vremena putovanja, udobnosti, a posebno sigurnosne uvjete na cestama. Porastom broja nesreća na prometnicama potaknulo je stručne institucije na poduzimanje mjera koje će dovesti do smanjenja istih, odnosno do povećanja opće stope sigurnosti cestovnog prometa. Jedan od efikasnih načina povećanja sigurnosti je primjena suvremene prometne signalizacije. U Republici Hrvatskoj, sva prometna signalizacija izrađuje se i postavlja sukladno nacionalnim regulativama te nacionalnim i međunarodnim normama.

Prometni znakovi, kao dio cjelokupnog sustava prometne signalizacije, predstavljaju elemente koji, s obzirom na svoju funkciju, znatno utječu na pravovremenu percepciju moguće neposredne opasnosti ili načina izbjegavanja te opasnosti, a time i na sigurnost cestovnog prometa.

Najbitnija karakteristika prometnih znakova je njihova vidljivost, odnosno retroreflektirajuća svojstva naročito u uvjetima smanjene vidljivosti. Da bi se osigurala funkcionalnost znakova, sukladno svemu navedenom, oni moraju zadovoljavati minimalne propisane uvjete retrorefleksije. Loše postavljeni, neodržavani i nedovoljno vidljivi prometni znakovi smatraju se bitnim uzrokom prometnih nesreća.

Retrorefleksija prometnih znakova će s vremenom, zbog utjecaja vanjskih čimbenika, degradirati zbog čega je potrebno periodički ispitivati znakove kako bi se utvrdila njihova kvaliteta s aspekta vidljivosti.

Cilj ovog rada je analizom podataka o vrijednosti retrorefleksije prometnih znakova prikupljenih na cestama duž RH utvrditi prosječnu starost znakova za svaku klasu materijala nakon garantnog roka te na temelju navedenih prosječnih starosti procijeniti njihovu funkcionalnost u smislu zadovoljavanja minimalnih propisanih vrijednosti retrorefleksije. Također, na temelju rezultata analize moguće je definirati vremenski interval u kojem je potrebno provesti kontrolna ispitivanja retrorefleksije.

Rad je koncipiran u sedam poglavlja. Prvo poglavlje predstavlja Uvod, u kojem je izložena tematika rada, cilj i svrha istraživanja. U drugom poglavlju „Osnovni pojmovi o prometnim znakovima“ opisani su najvažniji pojmovi koji se vežu za prometne znakove te je ukratko opisan povijesni razvoj kao i podjela prometnih znakova te preporuke vezane uz njihovo postavljanje.

Treće poglavlje pod nazivom „Osnovni pojmovi vezani uz refleksiju i retrorefleksiju prometnih znakova“ definira refleksiju i retrorefleksiju te njihove podjele kao najznačajnije karakteristike prometnih znakova.

U četvrtom poglavlju „Materijali za izradu prometnih znakova“, opisane su karakteristike retroreflektirajućih materijala od kojih se izrađuju prometni znakovi.

Peto poglavlje „Dosadašnja istraživanja o retrorefleksiji prometnih znakova“ daje kratak pregled dosadašnjih istraživanja i spoznaja vezanih uz retrorefleksiju prometnih znakova.

U šestom ujedno i najvažnijem poglavlju pod nazivom „Model vjerojatnosti procjene trajnosti retrorefleksije prometnih znakova“ prikazana je metodologija prikupljanja, obrade i analize podataka o retrorefleksiji prometnih znakova. Na temelju provedene analize definiran je model procjene funkcionalnog vijeka prometnog znaka, odnosno vremenski interval u kojem će znak zadovoljavati minimalne propisane vrijednosti retrorefleksije.

U sedmom poglavlju „Zaključak“ iznesena su zaključna razmatranja s obzirom na dobivene rezultate.

2. OSNOVNI POJMOVI O PROMETNIM ZNAKOVIMA

Prometni znakovi su osnovna sredstva komunikacije između nadležnih za ceste i sudionika u prometu te služe za upravljanje prometnim tokovima. Prometni znakovi predstavljaju skup posebno kodiranih oznaka namijenjenih sudionicima u prometu, koji se, u odnosu na prometne površine nalaze u vertikalnoj ravnini [1].

Ceste se moraju obilježavati propisanim prometnim znakovima kojima se sudionici u prometu upozoravaju na opasnost koja im prijeti na određenoj cesti ili dijelu te ceste, stavljaju do znanja ograničenja, zabrane i obveze kojih se sudionici u prometu moraju držati te daju potrebne obavijesti za siguran i nesmetan tok prometa. Prometnim znakovima moraju se obilježiti i opasnosti privremenog karaktera, osobito one koje nastanu zbog iznenadnog oštećenja ili onesposobljavanja ceste, te privremena ograničenja i privremene zabrane u prometu, i ti se znakovi moraju ukloniti čim prestanu razlozi zbog kojih su postavljeni.

Da bi prometni znakovi bili učinkoviti, oni moraju ispunjavati sljedeće [1]:

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

Zahtjevi koje prometni znakovi moraju zadovoljiti su: čitljivost, razumljivost, jednoobraznost, uniformiranost, jednostavnost, kontinuiranost, konstantnost i uočljivost. Kako bi znakovi ispunili zadane zahtjeve oni moraju biti čitljivi i koncipirani na način da su podjednako razumljivi svim sudionicima u prometu, da su sva mjesta istih funkcija i karateristika na isti način opremljena prometnim znakovima, da je sudionik u prometu na svim dijelovima prometne mreže kontinuirano obavješten, da prometni znakovi sadrže isti oblik, boju i veličinu i danju i noću, da su svi prometni znakovi uočljivi u svim vremenskim uvjetima i različitim uvjetima okoline, da su na onoj razini detaljnosti koja osigurava njihovu punu učinkovitost te da su jednoobrazni neovisno na kojem dijelu prometne mreže se nalaze [1].

2.1. Povijest prometnih znakova

Prometni znakovi i definirani cestovni propisi kakvi se danas susreću sežu u stotinjak godina daleku prošlost. U to vrijeme, u najrazvijenijoj industrijskoj zemlji svijeta, Engleskoj, na cestama se susreću prvi parni omnibusi tj. vozila pogonjena parom koja su prevozila i do dvadesetak putnika. Nakon nekoliko prometnih nesreća koje su izazvali parni omnibusi pitanje njihovog daljnjeg korištenja došao je i pred parlament. Poslije mnogo prepirki izglasan je 1836. godine zakon naziva "Locomotive Acts", koji je 1865. dopunjen. Navedeni zakon može se smatrati prvim prometnim propisom o ograničavanju brzine na cestama. On je ograničavao brzinu svakoga parnog vozila (ograničenje se nije odnosilo i na zaprežna vozila) na 3,2 km/h u naseljima i na 6,5 km/h izvan naseljenih mjesta. Osim toga, obvezivao je svakog vozača da na 100 metara ispred vozila ima jahača koji će mahati crvenom zastavom i upozoravati prolaznike na dolazeću opasnost. Bilo je dovoljno da kočijaš digne ruku i vozilo se moralo zaustaviti. Zakon je predviđao da u slučaju bilo kakve nesreće odgovornost snosi vozač parnog vozila. Taj zakon, poznat i pod nazivom "Red Flag Acts" ili "Zakon crvene zastave", ukinut je tek 1896. godine, a imao je za posljedicu zaostajanje Engleske za drugim razvijenim industrijskim državama u gradnji svih vrsta vozila na mehanički pogon [2].



Slika 1. Zakon crvene zastave

Izvor: [3]

Nakon pojave prvih vozila na motorni pogon, početkom 20. stoljeća koja su sve češće i lakše prelazila granica pojavila se potreba za utvrđivanjem međunarodnih propisa koji bi ujednačili pravila kretanja na svim cestama.

Prva međunarodna Konvencija o cestovnom i automobilskom prometu sklopljena je 1909.godine u Parizu. Nakon pariške konvencije, uslijedilo je još nekoliko od kojih je

najvažnija *Ženevska konvencija* iz 1949. godine kada je donesen Protokol o signalizaciji na cestama, te potom njegove izmjene i dopune iz 1968. godine.

Navedene konferencije predlagale su da sve države propisuju jednake prometne znakove te da na znakovima nema riječima ispisanih naredbi jer ih stranci i nepismeni ne razumiju. U doba kad su se predlagale navedene mjere bilo je podosta dobrih, ali nepismenih vozača te se težilo slikovnom zapisu.

Oblici prometnih znakova određeni su već prvom *Pariškom konvencijom*. Znakovi opasnosti dobili su oblik istostraničnog trokuta s vrhom prema gore, znakovi izričitih naredbi definirani su kao okrugli, a znakovi obavijesti kao pravokutnici. Postojali su i prometni znakovi koji su nekad bili standardizirani, a danas se više i ne koriste kao npr: *znak obavijesti* (bijeli trokut u plavom pravokutniku, koji je značio „voziti oprezno“) ili *znak izričitih naredbi* (okrugli crveno-bijeli znak s dvije prekrižene strelice okrenute u suprotnim smjerovima, koji je značio „zabranu pretjecanja na raskrižjima“). Posljednje dopune Protokola o prometnoj signalizaciji iz 1968. uveli su osmerokutni znak obveznog zaustavljanja umjesto tadašnjeg okruglog znaka s ucrtanim trokutom. Njegov oblik predstavljao je želju da se istakne njegova važnost u odnosu na ostale znakove [2].

Prvi i najvažniji sporazum o prometnim znakovima koji čini osnovicu europskog sustava o prometnim znakovima, objavljen je pod okriljem Ujedinjenih naroda 1949. godine u Ženevi. Taj je protokol temeljen na simbolima, bez uporabe riječi. Nekoliko godina kasnije slijedile su dopune tog protokola te je 1953. osmišljen nacrt dokumenta kojim se nastojalo upotrijebiti postojeći sustav s dopunom koja potječe iz američkog sustava. U međuvremenu, doneseno je još nekoliko sporazuma, tako da je do kraja sedamdesetih godina postojalo više sustava.

Danas je u svijetu u upotrebi nekoliko sustava prometnih znakova [2]:

- U *SAD-u, Australiji* i *Novom Zelandu* u uporabi je sustav koji je najviše utemeljen na uporabi pisanih riječi
- *Sustav u Europi*, utvrđen Protokolom, uglavnom je utemeljen na simbolima bez uporabe riječi
- *Latinska Amerika, države Srednje Amerike i neke zemlje u Aziji* poštuju Nacrt konvencije iz 1953. godine. Također se upotrebljavaju simboli, ali na različite načine. Znakovi upozorenja su u obliku romba umjesto trokuta, crvena dijagonalna crta na znakovima isključivo se upotrebljava za zabranu. Znakovi zabrane i dozvole ne mogu se razlikovati na osnovi boje.

- *Kanadski sustav* najviše koristi simbole, a zasnovan je na Protokolu i Nacrtu konvencije iz 1953. godine i američkom sustavu s nekim novim znakovima.
- U nekom dijelovima istočne i južne Afrike koristi se varijanta staroga britanskog sustava, koji je kombinacija simbola iz Protokola i pisanih tekstova. Inače su britanski znakovi u velikom dijelu kombinacija riječi i simbola.

2.2. Podjela prometnih znakova

Klasifikaciju prometnih znakova moguće je izvršiti sukladno nekoliko kriterija kao što su oblik, boja, dimenzije, značenje, retroreflektirajuća svojstva itd. [1].

2.2.1. Podjela prometnih znakova prema obliku, boji i veličini

Prometni znakovi se pojavljuju u tri osnovna **oblika**, a to su [4]:

- ***Jednakostraničan trokut-*** znakovi opasnosti koji označavaju blizinu dijela ceste ili mjesta na cesti na kojem sudionicima u prometu prijeti opasnost.
- ***Krug-*** znakovi izričitih naredbi stavljaju do znanja sudionicima u prometu na cesti zabrane, ograničenja i obveze.
- ***Kvadrat ili pravokutnik:*** znakovi obavijesti koji daju sudionicima u prometu potrebne obavijesti o cesti kojom se kreću, nazivima mjesta kroz koja cesta prolazi i udaljenosti do tih mjesta te druge obavijesti koje im mogu koristiti.

Osim navedenih osnovnih oblika postoje i drugi specifični oblici koji se pojavljuju u prometnom sustavu, a to su [4]:

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

Boje koje se koriste za prometne znakove određene su kolorometrijskim osobinama i položajem u kromatskom području boje te su one: bijela, žuta, crvena, plava, zelena, crna i za posebne uvjete narančasta i smeđa. Svaka boja nosi posebno značenje i rezervirana je za pojedinu grupu prometnih znakova.

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

Tablica 1. Veličina prometnog znaka prema kategoriji prometnice

MJESTO POSTAVLJANJA	OBLIK		
	Istostranični trokut [cm]	Krug ili osmerokut [cm]	Kvadrat ili pravokutnik [cm]
Autocesta i cesta rezervirana za promet motornih vozila, državne ceste	**120**	**90**	**90x90** **90x135**
Županijske ceste i glavne gradske prometnice	**90**	**60**	**60x60** **60x90**
Ostale ceste	**60**	**40**	**40x40** **40x60**
Umetnuti znakovi	**40**	**30**	**/**

Izvor: [4]

2.2.2. Podjela prometnih znakova prema značenju

Najvažnija podjela prometnih znakova je prema njihovoj funkciji, odnosno značenju. Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cesti (NN 33/05) definira podjelu prometnih znakova prema značenju na [4]:

a) Znakove opasnosti
b) Znakove obavijesti
c) Znkove izričitih naredbi
d) Znakove obavijesti za vođenje prometa
e) Dopunske ploče
f) Promijenjive prometne znakove

a) Znakovi opasnosti

Znakovi opasnosti sudionicima u prometu daju informaciju o dijelu ceste ili mjestu na kojem prijeti opasnost. Znakovi opasnosti imaju oblik istostraničnog trokuta, čija se jedna stranica nalazi u vodoravnom položaju, a vrh nasuprot njoj okrenut je prema gore, osim znakova A47 i A48 (Andrijin križ) te A49 (približavanje prijelazu ceste preko željezničke pruge s branicima ili polubranicima) i A50 (približavanje prijelazu ceste preko željezničke pruge bez branika ili polubranika). Osnovna boja im je bijela, a rubovi trokuta su crveni, osim znaka A25 čija je osnovna boja žuta. Simboli na znakovima opasnosti su crne boje.

Znakovi opasnosti, u pravilu, se postavljaju izvan naselja na udaljenosti 150 do 250 m ispred opasnog mjesta na cesti, međutim mogu se postavljati i na udaljenosti manjoj od 150 m ispred opasnog mjesta na cesti, ako to zahtjevaju okolnosti na dijelu ceste na kojemu se znak postavlja. Ako sigurnost prometa zahtijeva, osobito brzina kojom se vozila kreću ili nepreglednost ceste, ti će se znakovi opasnosti postaviti i na udaljenosti većoj od 250 m ispred opasnog mjesta na cesti. Znakovima opasnosti, koji su postavljeni na udaljenosti manjoj od 150 m ili većoj od 250 m, moraju biti pridružene i dopunske ploče na kojima se označuje udaljenost od opasnog mjesta zbog kojeg se ti znakovi postavljaju [5].



Slika 2. Znakovi opasnosti

Izvor: [6]

b) Znakovi izričitih naredbi

Znakovi izričitih naredbi stavljaju do znanja sudionicima u prometu zabrane, ograničenja i obveze. Prometni znakovi izričitih naredbi imaju oblik kruga, osim znakova B01 (raskrižje s cestom s prednošću prolaska) i B02 (obvezno zaustavljanje).

Osnovna boja znakova zabrane i ograničenja je bijela, a osnovna boja znakova obveze plava. Simboli i natpisi na znakovima zabrane i ograničenja su crne boje, a na znakovima obveza bijele. Rub kruga, te ravne i kose crte, ako postoje, su crvene boje.

Prometni znakovi izričitih naredbi postavljaju se neposredno na mjesta na kojima za sudionike u prometu počinje obveza da se drže naredbe izražene prometnim znakom. Ako je zbog slabe preglednosti ceste ili zbog drugih razloga sigurnosti sudionike u prometu potrebno unaprijed obavijestiti o izričitoj naredbi, znak izričite naredbe može biti postavljen i na odgovarajućoj udaljenosti od mjesta od kojega naredba vrijedi. Znakovima izričitih naredbi, koji se prema zakonu postavljaju na određenoj udaljenosti ispred mjesta na kojem je postavljen znak izričite naredbe i od kojeg vrijedi, moraju se dodati dopunske ploče s naznakom

udaljenosti od mjesta od kojega naredba vrijedi. Znak B08 (zabrana prometa za cisterne), B09 (zabrana prometa za vozila koja prevoze eksploziv ili neke lakozapaljive tvari) i B10 (zabrana prometa za vozila koja prevoze opasne tvari), postavlja se u skladu s odredbama posebnih propisa. Znakovi izričitih naredbi moraju se ponovno postaviti nakon svakoga križanja s drugom cestom ako izričita naredba vrijedi i poslije takvog križanja [6].

Izričita naredba izražena znakom zabrane i ograničenja ili znakom obveze postavljenim na ulazu u naselje na istom stupu na kojem je postavljen i znak za obilježavanje naseljenog mjesta vrijedi na području cijelog naselja ako na pojedinim cestama ili dijelovima ceste u naselju nije drugim prometnim znakom izražena druga naredba.



Slika 3. Znakovi izričitih naredbi

Izvor: [6]

c) Znakovi obavijesti

Znakovi obavijesti sudionicima u prometu daju potrebne obavijesti o cesti kojom se kreću, nazivima mjesta i udaljenosti do tih mjesta, prestanku važenja znakova izričitih naredbi te druge obavijesti. Izrađuju se u tri oblika: kvadratnom, pravokutnom i u obliku kruga.

Osnovna boja znakova obavijesti [5]:

- Žuta sa simbolima i natpisima crne boje
- Plava sa simbolima i natpisima bijele, crne, crvene ili zelene boje
- Zelena sa simbolima i natpisima bijele boje
- Bijela sa simbolima i natpisima crne, crvene ili plave boje

Postavljaju se neposredno pred objekt ili teren na koji se znak odnosi, a ako se objekt ili teren ne nalazi na cesti koristi se dopunska ploča tako da se sudionicima u prometu omogući lak i brz pronalazak objekata, odnosno terena na koji se znak odnosi.



Slika 4. Znakovi obavijesti

Izvor: [6]

d) Znakovi obavijesti za vođenje prometa

Znakovi obavijesti za vođenje prometa obavještavaju sudionike u prometu o pružanju cestovnih smjerova, rasporedu odredišta i vođenju prometa prema njima, križanjima i čvorištima na određenom smjeru ceste i udaljenostima do odredišta. Osnovna boja znakova obavijesti za vođenje prometa jest [4]:

- 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

Svrha i ciljevi vođenja prometa je utvrđivanje optimalne trase i cestovnog pravca, pronalaženje željenog odredišta, određivanje položaja vozača na mreži cesta i prostoru,

osiguranje ravnomjernog i sigurnog prometa, usmjeravanje prometa i željena distribucija prometnog toka na određenoj razini mreže te osiguravanje sigurnog odvijanja prometa. Obavještavanje sudionika u prometu znakovima obavijesti za vođenje prometa u zoni raskrižja provodi se u pet stupnjeva [4]:

1. prethodno obavještavanje;
2. obavještavanje o smjeru kretanja;
3. obavještavanje o prestrojavanju;
4. obavještavanje o skretanju;
5. potvrdno obavještavanje.

Na autocestama, brzim cestama i cestama s raskrižjima u više razina mora se postaviti svih 5 stupnjeva obavijesti. Na državnim cestama II., IV. i V. stupanj, a III., ako cesta ima više traka. Na županijskim cestama II. i IV. stupanj, a na ostalim cestama najmanje IV. stupanj obavijesti. Ovisno o vrsti i kategoriji ceste, geometrijskom oblikovanju raskrižja te o udaljenosti dvaju susjednih raskrižja, može se izostaviti ili dodati jedan od stupnjeva obavijesti, osim četvrtog stupnja obavijesti koji je obvezan.



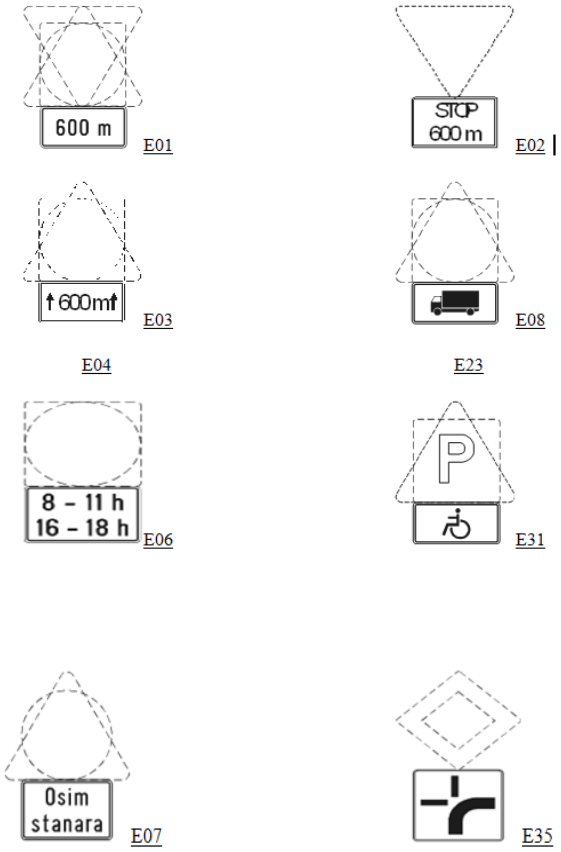
Slika 5. Znakovi obavijesti za vođenje prometa

Izvor: [6]

e) Dopunske ploče

Uz znakove opasnosti, znakove izričitih naredbi i znakove obavijesti mogu biti istaknute i dopunske ploče. Dopunske ploče pobliže određuju značenje prometnog znaka. Osnovna boja dopunske ploče je bijela, a boja natpisa i simbola na dopunskoj ploči je crna.

Dopunske ploče postavljaju se zajedno s prometnim znakovima na koje se odnose, i to ispod donjeg ruba prometnog znaka. Širina dopunske ploče postavljene uz znak na cesti ne smije biti veća od dužine one stranice znaka uz koji se dopunska ploča postavlja, odnosno od projekcije krajnjih točaka znaka. Visina dopunske ploče, u pravilu, ne smije iznositi više od polovice njezine dužine [4].



Slika 6. Dopunske ploče

Izvor: [6]

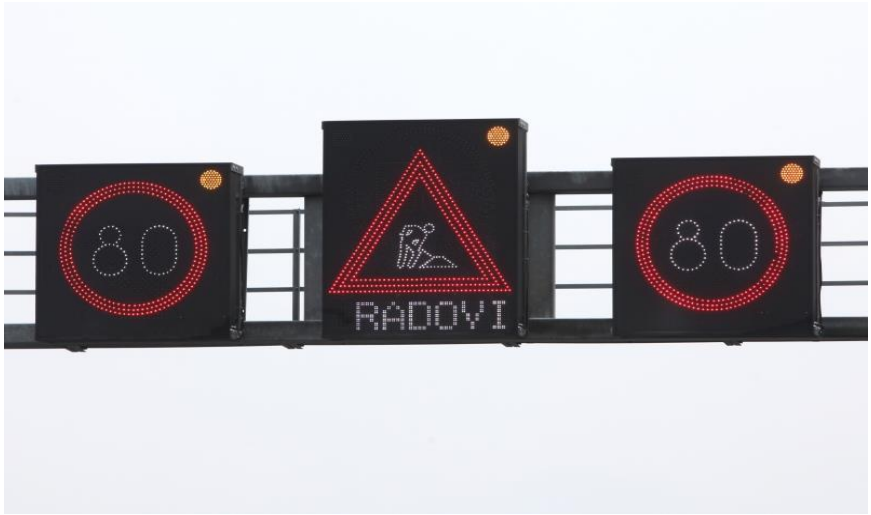
f) Promjenjivi prometni znakovi

Promjenljivi prometni znakovi su znakovi kojima se sadržaj prema potrebama prometnoga toka može mijenjati ili se mogu isključiti. Promjenjivi prometni znakovi moraju biti izvedeni u obliku prometnih znakova stalnog značenja. Promjenjivi prometni znakovi prema izvedbi mogu biti kontinuirani i nekontinuirani.

Kontinuirani su znakovi oni znakovi koji su izgledom jednaki stalnim prometnim znakovima, a jedina je razlika da uporabom elektromehaničkih sredstava mogu prikazivati različite poruke.

Nekontinuirani znakovi su oni znakovi kod kojih je moguća inverzija boja i pojednostavljen prikaz simbola u odnosu na stalne prometne znakove. Nekontinuirani znakovi mogu se izvesti u tehnologiji [4]:

- Optičkih vlakana;
- Svjetlosnih polja, dodanih na obične znakove;
- Svjetlećih dioda (LED);
- Tekućih kristala (LCD);



Slika 7. Promjenjivi prometni znak

Izvor: [7]

2.3. Izrada i postavljanje prometnih znakova

Prometni znakovi svojom vrstom, značenjem, oblikom, bojom, veličinom i načinom postavljanja trebaju biti u skladu s važećim zakonskim odredbama te hrvatskim i europskim normama.

Osnovni elementi vertikalne signalizacije su [4]:

- prometni znak,
- nosač prometnog znaka i
- dijelovi za pričvršćivanje znaka na nosač.

Prometni znak sastoji se od lica znaka i podloge. Lice znaka je prednja strana znaka, onu koju korisnik vidi kada nailazi na znak, a sastoji se od lika, osnove i okvira. Lik znaka čine

simboli i 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. Prometni znakovi moraju biti izrađeni od antikorozivnog lima određene kvalitete i sadržaja aluminija [8]. Lim se reže na određene oblike i veličine te se rubovi savijaju radi bolje otpornosti na vjetar, nakon čega se s gornje strane lima uklonjaju nečistoće i slijedi lijepljenje folije. Pozadina prometnog znaka mora biti sive boje i bez sjaja kako bi se vozačima spriječilo odvraćanje pozornosti. Vezni elementi moraju biti izrađeni od antikorozivnog materijala ili moraju imati antikorozivnu zaštitnu presvlaku. Na pozadini znaka mora biti trajna oznaka sa sljedećim sadržajem: ime proizvođača, mjesec i godina proizvodnje [8].

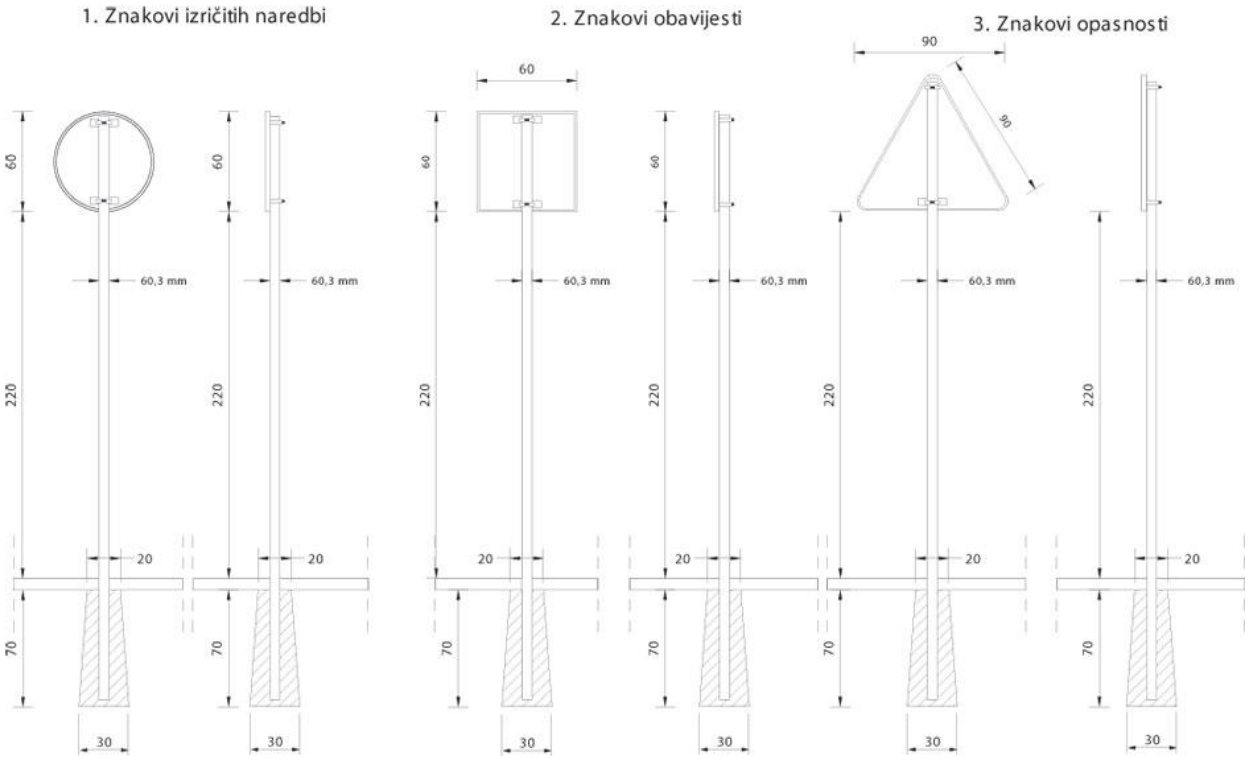
Površina prometnih znakova izrađuje se od retroreflektirajućih materijala, odnosno samoljepljivih folija na koje se oslikavaju oblici, simboli i tekstovi. Folije dolaze u određenim bojama te se moraju rezati na dimenzije znaka. Nakon rezanja na pravilne dimenzije na folije se potom iscrtavaju simboli na dva načina. Prvi način je ispisivanje prometnih znakova na folije pomoću plotera, a drugi način je oslikavanje folija za prometne znakove metodom sitotiska. Kod prvog načina ispisivanje prometnih znakova na folije vrši se pomoću računala i printera velikih dimenzija. Nakon što se prometni znakovi ispišu na folije potrebno ih je izrezati te plastificirati kako bi se folija zaštitila od oštećenja i UV zračenja te kako bi se omogućilo lakše brisanje i čišćenje znaka.

Postupak sitotiska sastoji se od štampanja simbola na foliju prilikom čega se koriste odgovarajući uređaji i boja za sitotisak kako bi se postigla maksimalna trajnost. Okvir sita se izrađuje od tvrdog drva ili metala, te mora biti dovoljno velik, kako bi omogućio potreban prostor između okvira i površine za nacrt štampanje. Tkanina sita mora biti čvrsto i ravnomjerno napeta i učvršćena na okvir. Rakel treba biti dovoljno dugačak da potpuno pokrije površinu za tisak uz 5 cm preklopne dužine na svakom kraju [1].

Prometni znakovi postavljaju se s desne strane uz kolnik u smjeru kretanja vozila. Ako na mjestu na kojem se postavlja prometni znak postoji opasnost da ga sudionici u prometu neće na vrijeme primijetiti zbog gustoće prometa ili zbog drugih razloga prometni znak se postavlja i na suprotnoj, lijevoj strani ceste ili iznad kolnika.

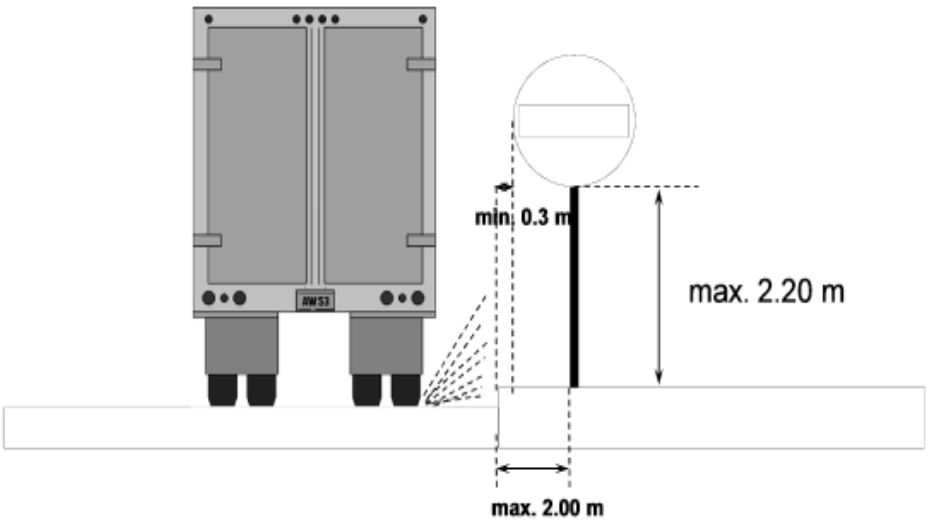
Na cestama izvan naselja prometni znakovi se postavljaju uz kolnik na visini 1,20-1,40 m od površine kolnika do donjeg ruba znaka ili ploče osim znakova: B59, B60, B61, C74, C75, C76, C77, C127, C129, C130, C131, C132, C133, koji se postavljaju na visini od 0,8-1,20 m dok se na cestama u naselju prometni znakovi postavljaju uz kolnik na visini od 0,30-2,20 m, a prometni znakovi smješteni iznad kolnika postavljaju se na visini od 4,5 m. Stup prometnog

znaka, u pravilu, se postavlja najviše 2 m od kolničkog ruba, a vodoravni razmak između ruba kolnika i najbližeg ruba prometnog znaka mora iznositi najmanje 0,30 m kao što je prikazano na slici 8. i 9. [4].



Slika 8. Dimenzije prometnog znaka

Izvor: [9]



Slika 9. Pravilno postavljanje prometnog znaka

Izvor: [1]

3. OSNOVNI POJMOVI VEZANI UZ REFLEKSIJU I RETROREFLEKSIJU PROMETNIH ZNAKOVA

Jedan od osnovnih parametara sigurnosti tijekom vožnje jest vidljivost svih sudionika i objekata u prometu. Vidljivost određenog objekta određuje jačina i boja svjetla kojim zrači u usporedbi sa jačinom i bojom svjetla kojom zrači njegova okolina. Znakovi moraju imati do deset puta veću jačinu osvijetljenosti u područjima velike kompleksnosti, a da imaju isti učinak kao i znakovi koji se nalaze u području male kompleksnosti [1]. Refleksija ne stvara vlastito svjetlo, već „posuđuje“ svjetlo iz drugog izvora. „Posuđeni“ svjetlosni trak dolazi do objekta te se reflektira od njega. Reflektivno svojstvo predmeta ovisi o intenzitetu ulaznog svjetlosnog traka kao i o retroreflektivnom materijalu od kojeg je izrađen [10].

Uočljivost određenog objekta mogu umanjiti loši atmosferski uvjeti kao i problemi uzrokovani vozilom. Pod probleme s vozilom u ovom slučaju podrazumijevamo probleme sa vjetrobranskim staklom gdje površinske rupice i ogrebotine raspršuju svjetlo koje prolazi kroz staklo smanjujući vidljivost i povećavajući bljesak te neispravnost farova.

Loši atmosferski utjecaji imaju dva učinka [11]:

- prvi učinak je da manja količina svjetla s vozila dopire do objekta, a time se i manja količina svjetla reflektira s objekta i vraća do vozačevog oka.
- drugi učinak je da se dio raspršenog svjetla vraća natragu vozačevo oko, što uzrokuje da se atmosfera čini svjetlijom što smanjuje kontrast objekta i otežava njegovo uočavanje.

Također se mora paziti na pravovremenu zamjenu prometnih znakova jer postoje brojni čimbenici kao što su: prašina, prljavština, ogrebotine itd., koji mogu izrazito utjecati na retrorefleksiju znaka te mogu smanjiti njihov vijek trajanja.

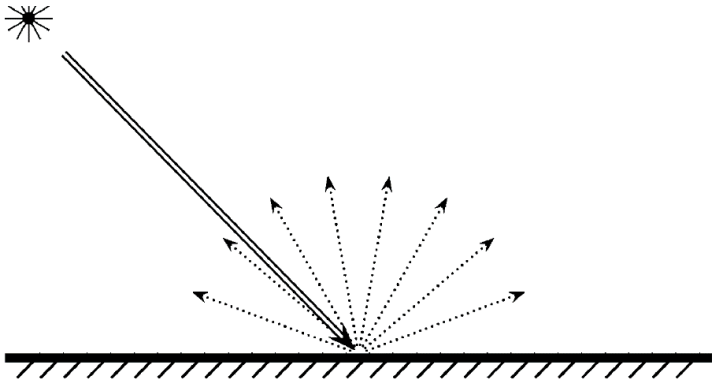
Refleksija je odnos svjetlosti koja pada na neku površinu u odnosu na udio svjetlosti koji se odbija-reflektira od te površine. Mjera refleksije jest stupanj refleksije.

U prirodi postoje tri vrste refleksije [1]:

a) difuzna refleksija
b) zrcalna refleksija
c) retrorefleksija

a) Difuzna refleksija

Difuzna refleksija je refleksija kod koje ulazna svjetlost pada na određenu površinu te se od nje reflektira u svim smjerovima. Za difuznu refleksiju karakteristično je to da reflektirane zrake nisu paralelne već se šire u različitim smjerovima te se samo manji dio svjetla vraća u smjeru svog izvora kao što je prikazano na slici 10. [1]. Zbog navedenih karakteristika je se naziva i dnevna svjetlost.

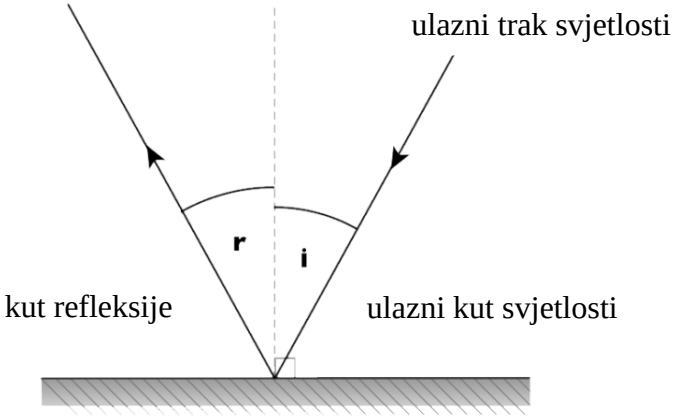


Slika 10. Difuzna refleksija

Izvor: [12]

b) Zrcalna refleksija

Zrcalna refleksija nastaje na glatkim i sjajnim površinama te je za nju karakteristično to da se svjetlost reflektira pod istim upadnim kutom u suprotnom smjeru. Ulazni kut svjetlosti jednak je izlaznom, a reflektirane zrake su paralelne jedna s drugom [13]. Ukoliko svjetlost ulazi pod pravim kutem, ono se reflektira k svom izvoru te je tada zrcalna refleksija ustvari retrorefleksija. Većina zrcalnih površina u prometu ne reflektira svjetlost u smjeru očiju vozača te na mokrim i zaleđenim kolnicima stvaraju blještanje. Primjer zrcalne refleksije prikazana je na slici 11.

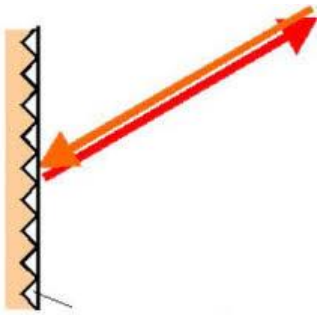


Slika 11. Zrcalna refleksija

Izvor: [14]

c) Retrorefleksija

Kod retrorefleksije bez obzira na kut ulaza svjetlosni trak se uvijek reflektira u smjeru svog izvora. Retroreflektirajući materijali vraćaju dolazno svjetlo nazad prema svom izvoru odnosno vraćaju dolazno svjetlo od „farova“ vozila nazad u smjeru očiju vozača. Retrorefleksija omogućuje odličnu vidljivost noću i u uvjetima smanjene vidljivosti [1].



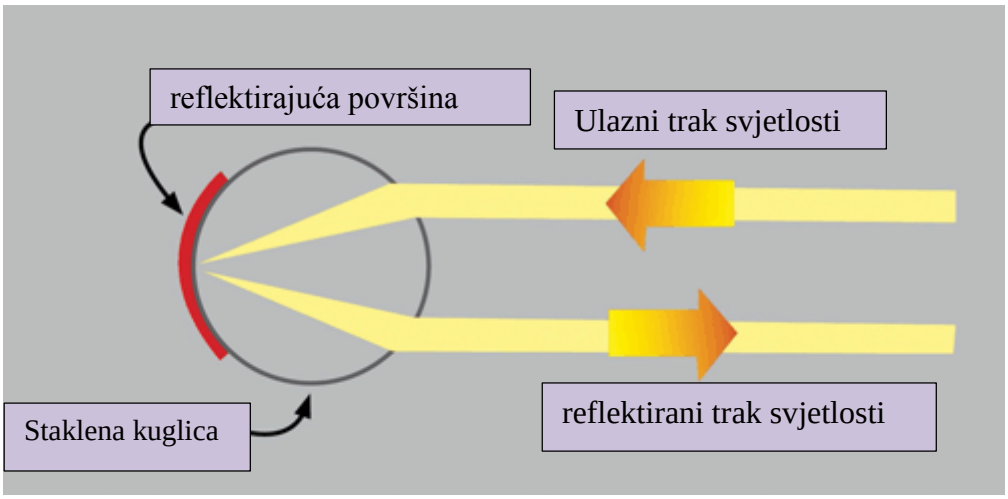
Slika 12. Retrorefleksija

Izvor: [15]

S obzirom da je u prirodi vrlo malo retroreflektora, retrorefleksija se postiže umjetnim retroreflektirajućim elementima na temelju kojih se retrorefleksija dijeli na:

- sferična
- prizmatična.

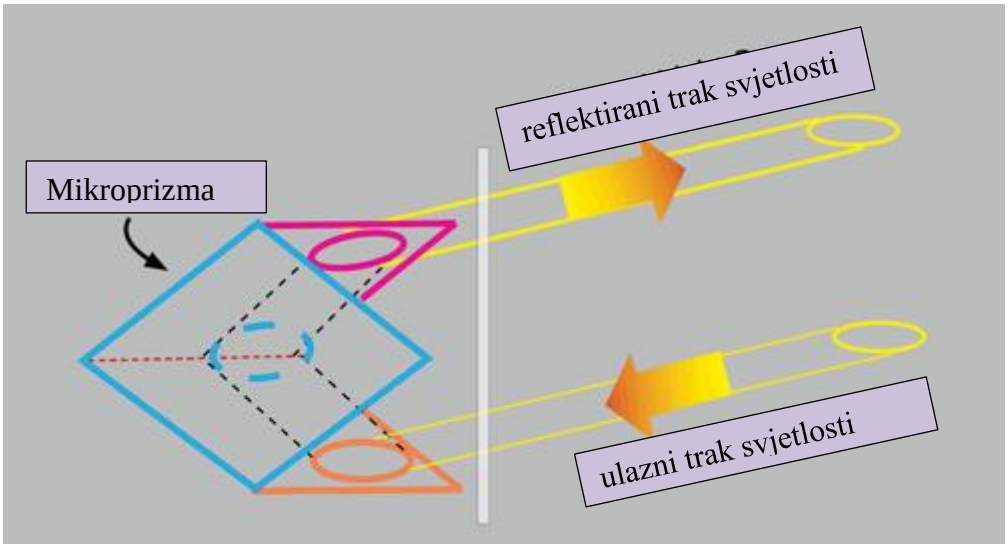
Kod sferične retrorefleksije svjetlosna zraka dolazi do staklene kuglice na čijom se prednjoj površini lomi. Svjetlost zatim prolazi kroz staklenu kuglicu te se reflektira sa stražnje površine kuglice te se ponovnim prolaskom kroz prednju površinu kuglice, svjetlost lomi i reflektira u smjeru svog izvora kao što je prikazano na slici 13. [1].



Slika 13. Sferična retrorefleksija

Izvor: [16]

Kod prizmatične retrorefleksije tri jednake okomite površine čine prizmu na kojoj se ulazni trak svjetlosti između površina te na kraju u smjeru svog izvora usporedo s ulaznim svjetlom kao što je prikazano na slici 14. S optičke točke gledišta prizmatični reflektori su daleko savršeniji u odnosu na sferične i posjeduju vrlo veliki koeficijent retrorefleksije [1].



Slika 14. Prizmatična retrorefleksija

Izvor: [16]

4. MATERIJALI ZA IZRADU PROMETNIH ZNAKOVA

Tijekom vožnje za očuvanje sigurnosti vrlo je važna pravodobna percepcija prometnog znaka kako bi vozač na vrijeme mogao reagirati u skladu sa značenjem prometnog znaka. Na percepciju utječu karakteristika podražaja (intezitet, kontrast, grupiranje), psihofizičko stanje organizma (alkohol, umor, bolest, glad itd.) te psihološko stanje vozača (emocije, iskustvo, interes, kultura itd.). O jasnoći primljenih obavijesti ovisi sigurnost, brzina i udaljenost kretanja sudionika u prometu. Veza između vozača i prometne signalizacije obično se uspostavlja u nekoliko sekundi [17].

Percepcija prometnog znaka sastoji se od tri faze [1]:

- uočavanje
- prepoznavanje
- čitanje

Kako bi se omogućila što bolja percepcija prometnog znaka pogotovo u uvjetima smanjene vidljivosti ili u noćnim uvjetima vožnje, prometni znakovi se izrađuju od retroreflektirajućih materijala. Osnovna karakteristika reflektirajućih materijala temelji se na svojstvima ugrađenih elemenata, a to mogu biti staklene kuglice ili prizme vrlo malih dimenzija. Staklene kuglice su promjera od 0,01 do 0,1 mm i ima ih oko 80 milijuna na jednom četvornom metru materijala. Takve prozirne kuglice zalivene su tankim, trajnim i zaštitnim prozirnim materijalom koji je debljine od 0,14 do 0,22 mm. Jedan od bitnih faktora kojim se uspoređuju karakteristike retroreflektirajućih materijala jest snaga retrorefleksije kojom opisujemo količinu svjetla koja se reflektira s retroreflektirajućeg materijala. Ta količina svjetla mjeri se u jačini reflektiranog svjetla u odnosu na ulazno svjetlo po četvornom metru reflektirajućeg materijala odnosno „candela po luxu po četvornom metru“. Druga bitna karakteristika je kutnost koja predstavlja vrijednost refleksije kod većeg kuta ulaznog svjetla te kao treću bitnu karakteristiku možemo navesti trajnost koja prikazuje vrijednost kvalitete refleksije kroz određen broj godina [1].

Prvi retroreflektirajući materijali izrađeni su 1937. godine u firmi 3M u Minnesoti u SAD-u. Danas se. Sukladno hrvatskim i europskim normama, koriste tri tipa retroreflektirajućih materijala [18]:

- materijal klase I- Engineer Grade
- materijal klase II- High Intesity Grade
- materijal klase III- Diamond Grade

4.1. Materijal klase I- Engineer Grade

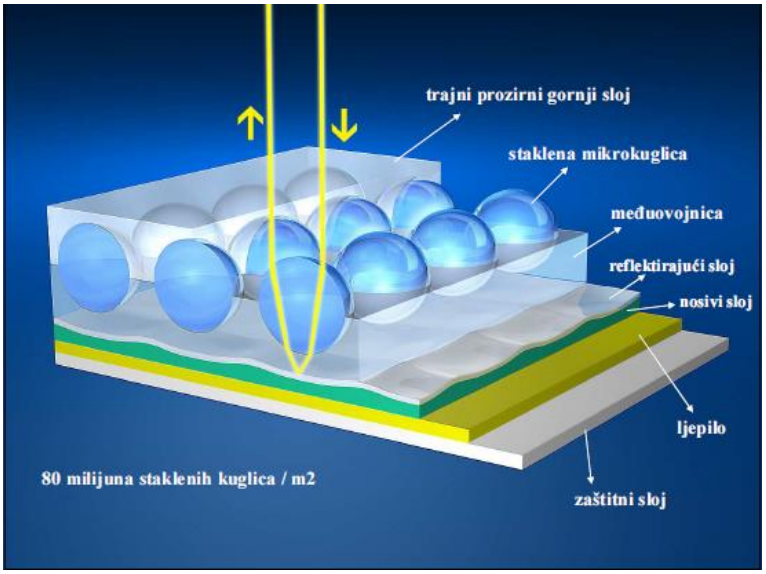
Materijali klase I su retroreflektirajuće folije izrađene od trajnog materijala s uvezanim staklenim mikrokuglicama. Tanki prozirni gornji sloj sprječava kontakt zraka sa staklenim mikrokuglicama, štiti od utjecaja sunčevih zraka na smanjenje refleksije i predstavlja dio optičkog sustava materijala. Početak primjene folija prve generacije seže u 1959. godinu i ostale su u primjeni i sve do današnjice. Primjenjuju se u područjima slabijeg inteziteta prometa s manjim brzinama vožnje. Snaga retroreflektirajuće folije klase I je 70 cd/m²•lx, a jamstvo na trajnost refleksije iznosi sedam godina [1].



Slika 15. Folija klase I s sferičnom retrorefleksijom

Izvor: [19]

Danas postoje i materijali klase I koji su izrađeni od trajnih materijala s mikroprizmama oblikovanih u prozirnoj sintetskoj smoli, hermetički zatvorenih i s ljepilom aktiviranim na pritisak na poleđini, čime se ostvaruje trajno pričvršćivanje na supstrate prometnih znakova [1].

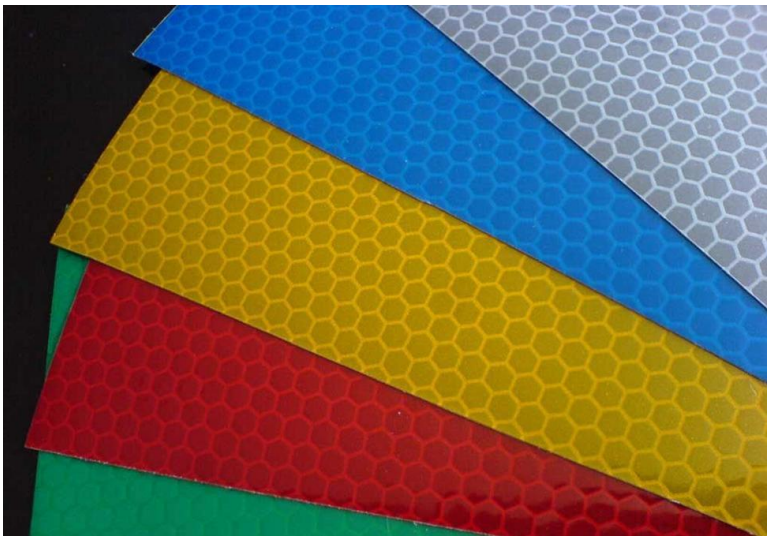


Slika 16. Prikaz strukture materijala klase I

Izvor: [1]

4.2. Materijali klase II- High Intesity Grade

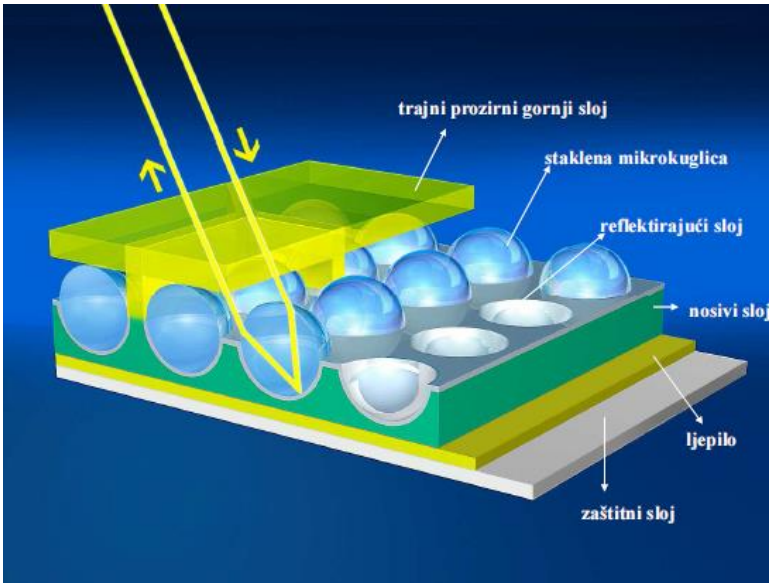
Materijali klase II su retroreflektirajuće folije koje sadrže učahurene staklene mikrokuglice i trostruko su sjajnije od novih folija klase I. Znakovi izrađeni od materijala klase II imaju dobru vidljivost, čak iz širokog kuta gledanja, te u osvijetljenoj okolini, učinkovito upozoravajući vozače na nadolazeću opasnost na prometnicama. Materijali klase II poznatiji kao folije druge generacije su izrađene od kuglica koje nisu ulijevane u plastiku, nego su nalijepljene na plastični nosivi sloj, a njihov gornji dio nalazi se u zrakom napunjenoj kapsuli koja je zatvorena tankim prozirnim gornjim slojem [1]. Struktura površine folije je u obliku saća, a to su noseće stanice koje osiguravaju bezračni prostor ispod površinskog sloja. Snaga retrorefleksije ove reflektirajuće folije je je 250 cd/m²•lx što je svrstava u materijale visokog sjaja. Štoviše za ovu foliju se daje jamstvo da će i nakon deset godina uporabe na prometnicama još uvijek zadržati najmanje 80 posto prvotne sjajnosti [18].



Slika 17. Folija klase II s sferičnom retrorefleksijom

Izvor: [19]

Danas se koriste i materijali klase II izrađeni od trajnog materijala s mikroprizmama oblikovanih u prozirnoj sintetskoj smoli, hermetički zatvorenih i s ljepilom aktiviranim na pritisak na poleđini, čime se ostvaruje trajno pričvršćivanje na supstrate prometnih znakova [18].



Slika 18. Prikaz strukture materijala klase II

Izvor: [1]

4.3. Materijali klase III- Diamond Grade

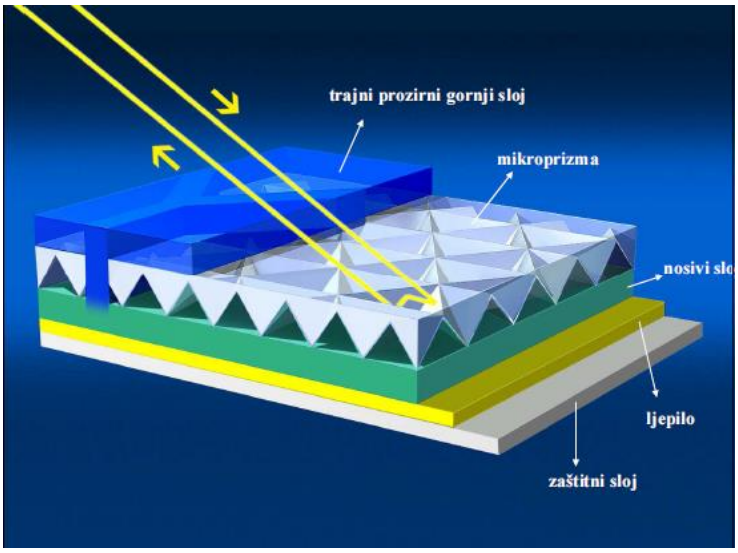
Materijal klase III je jako kvalitetan materijal za izradu prometnih znakova. Zbog svojih izuzetno kvalitetnih svojstava prometni znakovi imaju jako dobru vidljivost u svim uvjetima i samim time potvrđuje da je najbolji izbor materijala za izradu prometnih znakova. Među svim trajnim folijama za izradu prometnih znakova ove folije raspolažu najsjajnijim reflektirajućim svojstvima. Zahvaljujući vrlo učinkovitim mikroprizmama od kojih je izrađen ovaj materijal, folije su trostruko sjajnije od folija druge generacije te čak deset puta sjajnije od folija prve generacije [1].



Slika 19. Folija klase III

Izvor: [19]

Zbog dopuštenog ulaza svjetlosnog traka do 60 stupnjeva, ove folije pružaju veliku fleksibilnost u postavljanju znakova te vozačima na prometnicama omogućuju veću vidljivost u svm dnevnim, noćnim i lošim uvjetima vožnje. Snaga retrorefleksije je 800 cd/m²•lx, a jamstvo trajnosti je 10 godina.



Slika 20. Prikaz strukture materijala klase III

Izvor: [1]

Sukladno 3M-ovoj klasifikaciji, postoje četiri tipa ove reflektirajuće folije [18]:

- V.I.P. (Visual Impact Performance)
- L.D.P. (Long Distance Performance)
- Fluorescent
- DG^3 (Diamond Grade Cubed)

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

L.D.P. (Long Distance Performance) je folija razvijena specijalno za primjenu na autocestama i brzim cestama. Ova folija sadrži iznimno učinkovite mikroplazme koje ulazni trak svjetlosti vraćaju na veliku udaljenost. Prometni znakovi izrađeni od ovih folija vidljivi su s velikih udaljenosti.

Fluorescent- je folija koja zbog korištenja fluorescentnih boja omogućuje povećanu vidljivost i danju i u noćnim uvjetima vožnje.

DG^3 (Diamond Grade Cubed) je folija koja kombinira najbolje karakteristike V.I.P i L.D.P folija te se stoga mogu upotrebljavati kako u gradskim uvjetima tako i na autocestama te brzim cestama.

5. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA O RETROREFLEKSIJI PROMETNIH ZNAKOVA

Dosadašnja istraživanja usmjerena na retrorefleksiju prometnih znakova u većini slučajeva je bila usmjerena na trajnost i kvalitetu retrorefleksije te utjecaj retrorefleksije na percepciju prometnih znakova. U pojedinim istraživanjima detaljnije se analizirala retrorefleksija prometnih znakova kako bi se definirali i kvantificirali čimbenici koji utječu na kvalitetu retrorefleksije. Putem dosadašnjih istraživanja dobivene su kvalitetne metode održavanja retroreflektivnosti znakova u svim vremenskim prilikama. Neka od istraživanja biti će opisana u daljnjem tekstu.

a) FHWA je 1992. provela nacionalno istraživanje kako bi utvrdila čimbenike koji doprinose degradaciji retrorefleksije i kako bi razvila vjerojatnosne modele za folije klase 3. Podaci su prikupljeni na 5.722 znaka u 18 različitih saveznih država. Zaključak studije je bio da je starost, oborine, nadmorska visina i temperatura utječu na pogoršanje retroreflektivnih svojstava znakova. Također se pokazalo da usmjerenje znaka nije utjecajni čimbenik u pogoršanju retroreflektivnih svojstava. Linearni vjerojatnosni modeli su razvijeni za ovu svrhu i pokazali su da znakovi klase III imaju adekvatne performanse do 12 godina [20].
b) U Oregonu 2001. godine je provedeno istraživanje kako bi se utvrdili čimbenici koji utječu na degradaciju retrorefleksije u svrhu izrade priručnika za Odsjek za promet u Oregonu ODOT. Podaci su se prikuplkjali na 80 znakova klase III (HI) koji su bili u korištenju 10 godina. Crveni, žuti, zeleni i bijeli znakovi su uključeni u istraživanje (20 od svake boje) i izvršeno je 10 mjerenja na svakom znaku. Početni uzorak od 80 znakova se pokazao kao premalen, te su provedena mjerenja na dodatnih 57 znakova kako bi uzorak bio dovoljne veličine. Drugi uzorak je imao zamjetno veće rezultate mjerenja nego prvi (71% naprama 107%). Između dva mjerenja, mjerni uređaj je kalibriran u tvornici što je mogući razlog za odstupanje u mjerenjima. Težinski faktori izračunati iz 3 prosječne postotne razlike drugog uzorka mjerenja u odnosu na prvi su primijenjeni na prvi skup podataka prikupljenih s terena. Prosjek od 10 mjerenja po znaku se koristio za predstavljanje ukupne retrorefleksije znaka zbog različitih reflektirajućih površina znaka. Grafičkim prikazom utvrđena je korelacija između starosti znaka i retroreflektivnih svojstava. Zaključak je bio da je raspon starosti (12 godina) nedovoljno velik kako bi pružio pravu sliku retroreflektivnih performansi tijekom godina korištenja. Istraživanje je pokazalo da je većina znakova zadovoljavala minimalne uvjete nakon 12

godina. U istraživanju je naslućena korelacija između usmjerenja znaka u odnosu na utjecaj vremenskih prilika kao što je vjetrom nošena prašina i degradacije retrorefleksije, ali nije bilo dovoljno podataka koji bi potkrijepili ovu slutnju. Primijećeno je kako su znakovi okrenuti prema zapadu imali niži stupanj retrorefleksije ako su bili bijele, žute i zelene boje dok su znakovi okrenuti prema jugu imali manju retrorefleksiju ako su bili crvene boje [21].

c) Odsjek za promet u Louisiani je 2005. proveo prikupljanje podataka o retrorefleksiji znakova kako bi predvidio performanse znaka. Koristili su očekivani životni vijek prometnog znaka u svojoj metodi i obradili podatke mjerenja na 237 znakova (klasa I i III, bijeli, zeleni i žuti). Sveukupno, 92% znakova unutar jamstvenog roka su zadovoljavali minimalne zahtjeve retrorefleksije, dok je 43% znakova kojima je istekao jamstveni rok bilo iznad ili na minimumu zahtijevane retrorefleksije. Istraživanje je zaključilo kako održavanju retrorefleksije uvelike doprinosi čišćenje znakova. Nakon ovog istraživanja, Odsjek je odredio 25 godina životni vijek za znakove izrađene od folije s mikroprizmama i 20 godina za sve ostale folije [22].

d) NCHRP Sinteza 431 „Upravljanje retroreflektivnim svojstvima prometnih znakova u praksi“ je dokumentirala praksu državnih agencija i načine koje primjenjuju za održavanje retrorefleksije znakova. Istraživanje je otkrilo da većina agencija izvještava kako većina folija traje dulje od jamstvenog roka i da je klasa I najmanje učinkovita i ima najkraći rok trajanja. Sudionici istraživanja su zabilježili kako je isplativije postavljanje folija klase III ili IV nego klase I [23].

6. MODEL VJEROJATNOSTI PROCJENE TRAJNOSTI RETROREFLEKSIJE PROMETNIH ZNAKOVA

Prometne nesreće predstavljaju važan društveni problem na svim prometnicama. Povećanjem prometnog zagušenja i povećanjem brzina kao posljedice razvitka suvremenog cestovnog prometa zahtijevaju se kvalitetna rješenja na području prometne signalizacije koja će omogućiti sudionicima u prometu pravovremeno donošenje ispravnih odluka u cilju sigurnog odvijanja prometa. Neke od preventivnih mjera se odnose na poboljšanje cestovne infrastrukture među koje se ubrajaju prometni znakovi. Jedan od ključnih elemenata prometne signalizacije je mogućnost njenog pravovremenog uočavanja. Pravovremeno uočavanje, a nakon toga prepoznavanje, čitanje i razumijevanje prometne signalizacije omogućava pravovremeno reagiranje u skladu sa zahtjevima situacije. Kako bi se ispunili navedeni zahtjevi potrebno je povećati vidljivost prometnih znakova, kvalitetu retroreflektirajućih folija te pravilno postavljati i održavati prometne znakove.

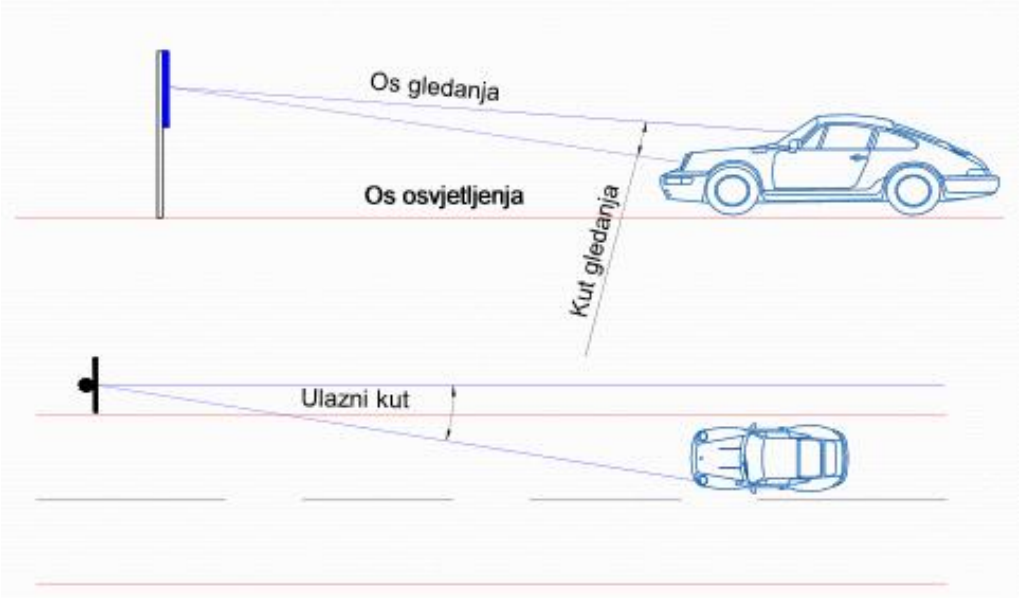
U ovom poglavlju analizirati će se kvaliteta prometnih znakova s obzirom na starost odnosno na temelju prosječnih starosti znakova pojedinih klasa koji zadovoljavaju i ne zadovoljavaju minimalne propisane uvjete, dobivenih iz statističkih podataka, odrediti će se vjerojatnosni model. Cilj navedenog modela je na temelju starosti prometnog znaka definirati vremenski interval u kojem će znak zadovoljavati vrijednosti retrorefleksije te vremenski interval u kojem je postoji mogućnost prestanka njegove funkcionalnosti, s obzirom na retrorefleksiju. Također, na temelju dobivenih rezultata moguće je predvidjeti vremenski interval mjerenja retrorefleksije kako bi se utvrdilo da li znak zadovoljava ili ne zadovoljava propisane uvjete te da li ga je potrebno zamijeniti.

6.1. Ispitivanje retrorefleksije prometnih znakova i metodologija prikupljanja podataka

Kako bi se osigurala kvaliteta prenošenja poruke vrlo važan čimbenik je održavanje odnosno ispitivanje prometnih znakova kako bi se provjerila kvaliteta retrorefleksije i ostale tehničke značajke. Prometni znakovi trebaju se pregledati barem jednom godišnje radi provjere retrorefleksije i izgleda pri korištenju kratkih svjetala farova. Poželjno je provjeravati kvalitetu znakova noću budući da se samo tako mogu utvrditi vizualni nedostaci koji nisu vidljivi pri dnevnom svjetlu. Ispitivanja se rade da se provjeri da li su prometni znakovi u skladu s „Pravilnikom o prometnim znakovima, opremi i signalizaciji na cestama”, (NN 33/2005.), i da li odgovaraju zahtjevima Hrvatskih normi HRN1114:2002., HRN 1115:2002., HRN

1116:2002., HRN 1117:2002., HRN 1118:2002., HRN 1119:2002. i RN 1126:2002. Sukladno normi HRN 12899-1:2008 ispitivanja koeficijenata retrorefleksije rade se pod kutom gledanja od 0,33° (20') i ulaznim kutom svjetla od 5°.

Ulazni kut se prvenstveno određuje položajem znaka na rubu ceste i geometrijom nadolazećeg položaja vozila te on predstavlja kut koji se stvara između svjetlosne zrake koja pada na površinu znaka i linije koja izlazi okomito od površine. Kut gledanja je kut između ulazne zrake svjetlosti i reflektirane zrake svjetlosti i funkcija je visine vozačevog oka u odnosu na prednja svjetla vozila. S obzirom da se pretpostavlja kako retroreflektirajući materijal reflektira većinu svjetla direktno nazad ka izvoru, optimalni kut gledanja mora biti nula. Međutim, u stvarnosti to nije tako s obzirom da je vozačevo oko više od prednjeg svjetla vozila [24].



Slika 21. Ispitivanje koeficijenta retrorefleksije pod određenim kutom gledanja i ulaznim kutom svijetla

Izvor: [1]

Minimalni početni koeficijent retrorefleksije R_A (cd/m²•lx) retroreflektirajućih znakova klase I, II i III mjeren u skladu s prije spomenutom normom HRN 12899-1:2008, mora odgovarati vrijednostima u tablici 2, 3 i 4.

Tablica 2. Koeficijent retrorefleksije R_A: Klase I jedinice cd/m²•lx

Geometrija mjerenja		Boja							
α	β1 (β_2=0)	bijela	žuta	crvena	zelena	plava	smeđa	narančasta	siva
12´	+5°	70	50	14.5	9	4	1	25	42
	+30°	30	22	6	3.5	1.7	0.3	10	18
	+40°	10	7	2	1.5	0.5	#	2.2	6
20´	+5°	50	35	10	7	2	0.6	20	30
	+30°	24	16	4	3	1	0.2	8	14.4
	+40°	9	6	1.8	1.2	#	#	2.2	5.4
2°	+5°	5	3	1	0.5	#	#	1.2	3
	+30°	2.5	1.5	0.5	0.3	#	#	0.5	1.5
	+40°	1.5	1.0	0.5	0.2	#	#	#	0.9
# označava "Vrijednost veća od nule ali nije značajna ili nije primjenjiva"									

Izvor: [25]

Tablica 3. Koeficijent retrorefleksije R_A: Klase II jedinice cd/m²•lx

Geometrija mjerenja		Boja								
α	β1 (β_2=0)	bijela	žuta	crvena	zelena	tamno zelena	plava	smeđa	narančasta	siva
12´	+5°	250	170	45	45	20	20	12	100	125
	+30°	150	100	25	25	15	11	8,5	60	75
	+40°	110	70	15	12	6	8	5,0	29	55
20´	+5°	180	120	25	21	14	14	8	65	90
	+30°	100	70	14	12	11	8	5	40	50
	+40°	95	60	13	11	5	7	3	20	47
2°	+5°	5	3	1	0,5	0,5	0,2	0,2	1,5	2,5
	+30°	2,5	1,5	0,4	0,3	0,3	#	#	1	1,2
	+40°	1,5	1,0	0,3	0,2	0,2	#	#	#	0,7
# označava "Vrijednost veća od nule ali nije značajna ili nije primjenjiva"										

Izvor: [25]

Tablica 4. Koeficijent retrorefleksije R_A: Klase III jedinice cd/m²•lx

Geometrija mjerenja		Boja					
α	β1 (β_2=0)	bijela	žuta	crvena	zelena	plava	narančasta
0.1°	+5°	850	550	170	85	55	260
	+20°	600	390	120	60	40	130
	+30°	425	275	85	40	28	95
0.2°	+5°	625	400	125	60	40	140
	+20°	450	290	90	45	30	100
	+30°	325	210	65	30	20	70
0.33°	+5°	425	275	85	40	28	95
	+20°	300	195	60	30	20	65
	+30°	225	145	45	20	15	49

Izvor: [26]

Podaci koji su potrebni u ovom radu su prikupljeni sustavnim ispitivanjem retrorefleksije te bilješkom starosti prometnih znakova od strane Zavoda za prometnu signalizaciju Fakulteta prometnih znanosti, Sveučilišta u Zagrebu. Ispitivanje retrorefleksije se obavljalo pomoću suvremenog uređaja za mjerenje retrorefleksije Zehntner ZRS 6060. Riječ je o modernom retroreflektometru koji je uvelike olakšao i ubrzao proces mjerenja retrorefleksije. Osnovna prednost novog retroreflektometra u odnosu na stari je interaktivni pregled rezultata ispitivanja u software-u "MappingTools" gdje se mogu pronaći zabilježene GPS koordinate svake ispitane vrijednosti. Navedeni uređaj automatski prepoznaje boju znaka te nudi mogućnost upisivanja dodatnih informacija za samu ispitanu vrijednost (vrsta znaka, grad u kojem je znak postavljen, ulica postavljanja, datum, proizvođač znaka, ...) te daje mogućnost prijenosa podataka na daljnju analizu na računalo što nije bila mogućnost na starim retroreflektometrima.



Slika 22. Princip ispitivanja retrorefleksije prometnih znakova ZRS 6060. retroreflektorom

Izvor: [24]

Na svakoj boji koja se nalazi na licu prometnog znaka izvodi se trostruko mjerenje koeficijenta retrorefleksije te se kao reprezentativna vrijednost uzima prosječna vrijednost od sva tri mjerenja. Osim koeficijenta retrorefleksije na svim mjernim mjestima analizira se [24]:

- 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 znaka,
- podaci o postavljaču znaka,
- klasa retroreflektirajuće folije,
- podaci o proizvođaču retroreflektirajuće folije,
- odnos najmanjih dozvoljenih i izmjerenih vrijednosti koeficijenta retrorefleksije.

6.2. Rezultati analize

U ovom radu napravljena je analiza performansi i smanjenja karakteristika retroreflektirajućih folija s obzirom na starost odnosno garanciju te je cilj nakon dobivenih rezultata dobiti prosječnu starost znakova za svaku klasu kako bi mogli izraditi točan raspored održavanja i zamjene prometnih znakova.

Analizirano je ukupno 13.387 prometnih znakova različite starosti i različitih klasa materijala. Znakovi se nalaze na 20 različitih dionica i prikazani su u tablici 5.

Tablica 5. Prikaz broja znakova koji zadovoljavaju i ne zadovoljavaju minimalne uvjete retrorefleksije na dionicama

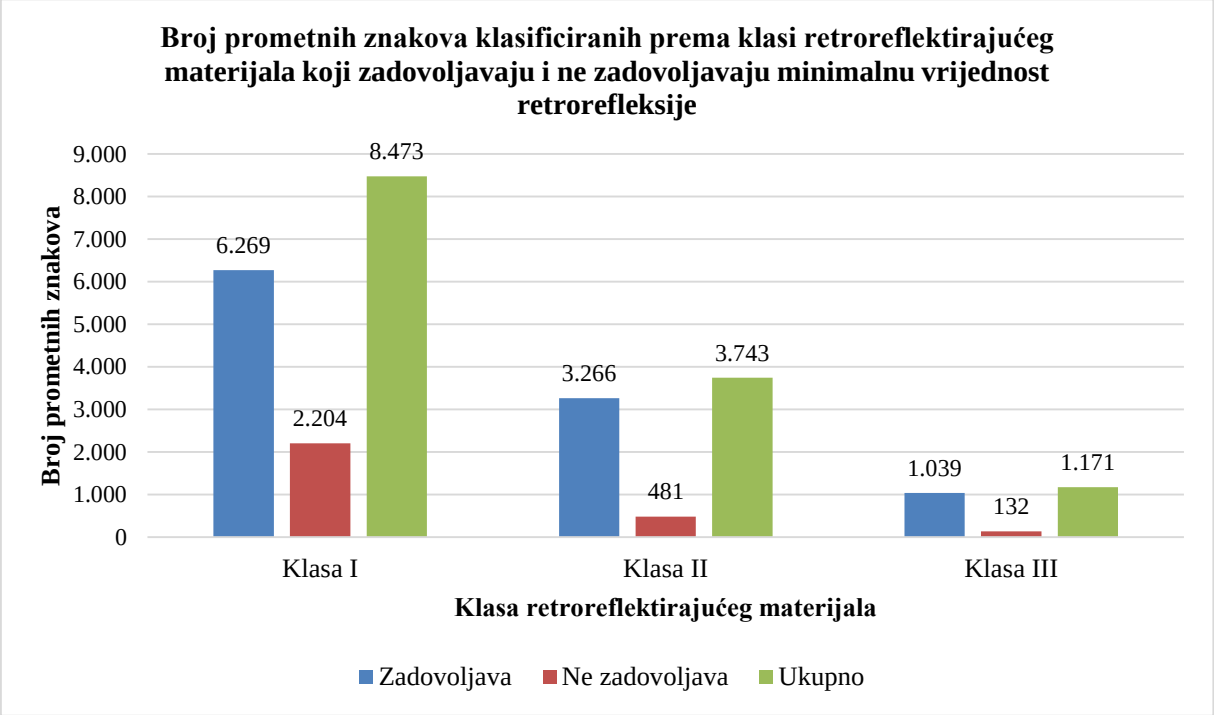
		Zadovoljava		Broj znakova		
Dionica	**Broj znakova**	**Da**	**Ne**	**Klasa I**	**Klasa II**	**Klasa III**
Karlovac (D1) - Zdihovo (g.ž.)	676	565	111	415	222	39
GP Terezino Polje - Lončarica (g.ž.)	474	309	166	360	103	11
Vojišnica (g.ž.) - GP Dvor	1346	962	384	1040	139	167
Vrpolje (g.ž.) - GP Slavonski Šamac	489	374	115	351	132	6
Duga Resa (D23) - Kapela (g.ž.)	984	805	180	557	257	170
Ogulinec (g.ž.) - GP Hrv. Kostajnica	1073	847	226	722	259	92
Slatina (D2) - Čađavički Lug (g.ž.)	361	348	13	219	132	10
Gradište (D53) - Banićevac (g.ž.)	874	749	125	609	238	27
Dilj (g.ž.) - GP Slavonski Brod	580	423	157	425	136	19
Borovo (D2) - GP Županja	913	671	242	620	274	19
Drniš (D33) - Crivac (g.ž.)	245	218	27	187	35	23
Veliki Prolog (g.ž.) - Metković (D9)	440	353	87	252	120	68
Slatina (D2) - Novo Zvečevo (g.ž.)	932	845	87	420	200	311
D7 - GP Batina	571	534	37	337	203	31
Mošćenica (D37) - Panjani (D30)	615	379	236	427	137	51
Jurovski Brod (D6) - Karlovac (D1)	652	496	156	379	217	56
Vir - Zadar (D8)	835	700	135	409	420	6
Našice (D53) - Đakovo (D7)	708	658	50	404	268	36
Ada (g.ž.) - Jarmina (D46)	385	341	44	219	137	29
Borovo selo (g.ž.) - Borovo (D2)	239	203	36	121	118	0

Izvor: Autor

Tablica 5. prikazuje broj znakova koji je izmjeren na svakoj navedenoj dionici te njihovo razvrstavanje prema klasi retroreflektirajućeg materijala od kojih su izrađeni. Iz prikazanog se može iščitati da je od ukupno 13.387 ispitanih prometnih znakova: 8.473 izrađeni od materijala klase I, 3.743 izrađeni od materijala klase II te 1.171 od materijala klase III.

Od ukupno izmjerenih prometnih znakova, broj znakova koji zadovoljava minimalne propisane vrijednosti retrorefleksije je 10.780, a broj znakova koji iste vrijednosti ne zadovoljava je 2.607. Detaljnijom analizom utvrđeno je da od navedenih 8.473 znakova koji su izrađeni od materijala klase I minimalne uvjete retrorefleksije zadovoljava 6.269 znakova, dok je preostalih 2.204 nefunkcionalno. Isto tako od 3.743 znakova koji su izrađeni od materijala klase II njih 3.266 zadovoljava potrebne uvjete dok 481 ne zadovoljava. Od preostalih 1.171

znakova koji su izrađeni od materijala klase III njih 1.039 zadovoljava potrebne uvjete, a ostalih 132 ne zadovoljava postavljene uvjete.



Graf 1. Broj prometnih znakova klasificiranih prema klasi retroreflektirajućeg materijala koji zadovoljavaju i ne zadovoljavaju minimalnu vrijednost retrorefleksije

Izvor: Autor

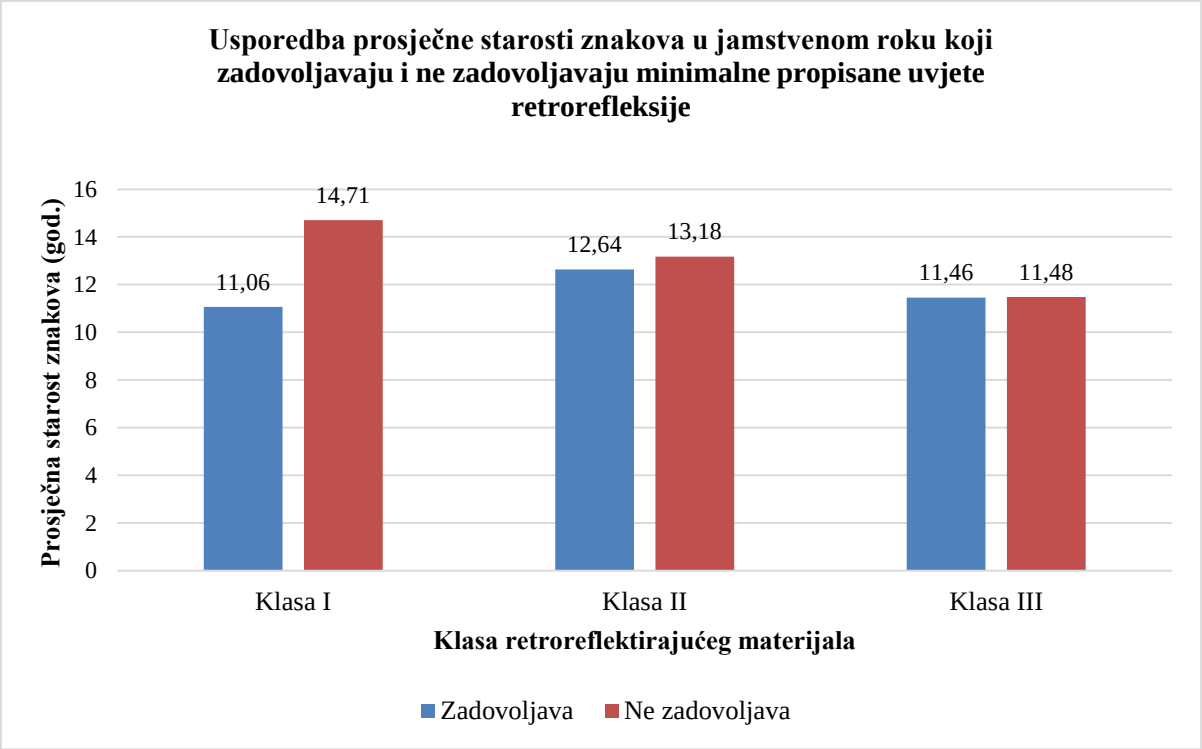
Prosječna starost znakova računata je samo za znakove nakon garantnog roka s obzirom da je pretpostavka da znakovi koji su u garantnom roku zadovoljavaju retrorefleksiju. Garantni rok za klasu I je sedam godina te klasu II i klasu III deset godina. Nakon potrebnog prikupljanja podataka te analize i obrade utvrđena je prosječna starost znakova na svakoj pojedinoj dionici koji zadovoljavaju i koji ne zadovoljavaju minimalne propisane uvjete retrorefleksije za svaku klasu posebno kao što je prikazano u tablici 6.

Tablica 6. Prikaz prosječne starosti znakova u garantnom roku koji zadovoljavaju i ne zadovoljavaju propisane minimalne uvjete

Dionica	Broj znakova	Klasa I		Klasa II		Klasa III	
		Zadovoljava	Nezadovoljava	Zadovoljava	Nezadovoljava	Zadovoljava	Nezadovoljava
Karlovac (D1) - Zdihovo	676	11,69	16,42	13,14	13,00	-	-
GP Terezino Polje - Lončarica	474	10,95	11,79	13,50	14,00	-	-
Vojišnica - GP Dvor	1.346	10,17	16,04	13,00	13,86	11,00	11,00
Vrpolje - GP Slavonski Šamac	489	10,72	13,33	13,75	14,12	-	-
Duga Resa (D23) - Kapela	984	10,87	16,89	12,17	13,07	11,38	11,83
Ogulinec - GP Hrv. Kostajnica	1.073	10,65	15,64	12,40	12,38	11,00	11,00
Slatina (D2) - Čađavički Lug	361	11,33	9,25	-	-	-	-
Gradište (D53) - Banićevac	874	11,57	13,77	13,05	12,40	11,00	11,00
Dilj - GP Slavonski Brod	580	10,31	13,62	12,60	12,00	-	-
Borovo (D2) - GP Županja	913	10,86	15,41	13,41	13,21	12,00	12,36
Drniš (D33) - Crivac	245	10,17	17,22	11,00	12,00	-	-
Veliki Prolog - Metković (D9)	440	10,72	14,72	11,50	15,00	-	11,33
Slatina (D2) - Novo Zvečevo	932	11,46	13,81	12,07	13,50	-	-
D7 - GP Batina	571	10,36	14,76	12,33	-	12,00	-
Mošćenica (D37) - Panjani (D30)	615	10,12	15,43	12,00	12,92	11,33	11,28
Jurovski Brod (D6) - Karlovac (D1)	652	12,03	16,04	13,44	12,91	-	-
Vir - Zadar (D8)	835	10,87	15,50	12,36	12,61	-	-
Našice (D53) - Đakovo (D7)	708	12,26	15,55	12,57	12,80	-	-
Ada - Jarmina (D46)	385	11,58	12,75	12,17	12,50	12,00	12,00
Borovo selo - Borovo (D2)	239	12,66	16,34	13,63	15,00	-	-
Prosjek	**669,60**	**11,06**	**14,71**	**12,64**	**13,18**	**11,46**	**11,48**

Izvor: Autor

Iz tablice 6 je vidljivo da znakovi klase I koji zadovoljavaju minimalne propisane uvjete retrorefleksije imaju prosječnu starost od 11,06 godina, dok je prosječna starost znakova iste klase koji ne zadovoljavaju minimalne propisane uvjete retrorefleksije 14,71 godina. Daljnjom analizom utvrđeno je da je prosječna starost znakova izrađenih od folija druge generacije koje zadovoljavaju minimalne propisane uvjete retrorefleksije 12,64 godine, a prosječna starost znakova koji ne zadovoljavaju minimalne propisane uvjete retrorefleksije je 13,18 godina. Za znakove izrađene od materijala klase III koji zadovoljavaju minimalne propisane uvjete retrorefleksije prosječna starost iznosi 11,46 godina dok za znakove iste klase koji ne zadovoljavaju minimalne propisane uvjete retrorefleksije prosječna starost iznosi 11,48 godina.



Graf 2. Usporedba prosječne starosti u garantnom roku koji zadovoljavaju i ne zadovoljavaju minimalne uvjete retrorefleksije

Izvor: Autor

U svrhu izrade vjerojatnosnog modela provedena je statistička analiza prometnih znakova koja je obuhvatila ukupno 13.387 prometnih znakova. Ukupni navedeni ispitani uzorak obuhvaća 8.473 znaka klase I, 3.743 prometna znaka klase II te 1.171 prometna znaka klase III. Od ukupno izmjerenih prometnih znakova, broj znakova koji zadovoljava minimalne propisane vrijednosti retrorefleksije je 10.780, a broj znakova koji iste vrijednosti ne zadovoljava je 2.607. Rezultati statističke analize za pojedine klase materijala prikazani su u sljedećim poglavljima.

6.2.1. Rezultati statističke analize za prometne znakove klase I

Od ukupno ispitanih 8.473 prometna znaka klase I minimalnu vrijednost retrorefleksije u garantnom roku zadovoljava 6.269 prometna znakova dok preostalih 2.204 prometnih znakova ne zadovoljavaju minimalne uvjete retrorefleksije. Analizom je utvrđeno da je prosječna starost znaka klase I koji zadovoljava minimalne propisane uvjete retrorefleksije u garantnom roku 11.06 godina uz standardnu devijaciju od 0.05 (sd=0.05) dok je prosječna starost znakova koji ne zadovoljavaju minimalne propisane uvjete iste klase 14.71 godina uz standardnu devijaciju od 0.11 (sd=0.11).

U svrhu statističke obrade kako bi se dobili podaci postoji li statistički značajna razlika u godinama između prometnih znakova koji zadovoljavaju i prometnih znakova koji ne zadovoljavaju propisane uvjete prometni znakovi su podvrgnuti t-testu.

T-test je statistički postupak za određivanje statističke značajnosti razlike između dva uzorka tj. između dvije aritmetičke sredine. Hipoteza t-testa postavljena je na način da ukoliko je vrijednost t veća od vrijednosti p (t>p) postoji statistički značajna razlika između vrijednosti dva promatrana skupa, odnosno u ovom slučaju da postoji statistički značajna razlika između prosječne starosti znakova koji zadovoljavaju minimalne propisane uvjete i prosječne starosti znakova koji ne zadovoljavaju navedene uvjete. Vrijednost varijable p postavljena je na 0,05.

T-test za materijale klase I rezultirao je s vrijednosti t od 35,8 što dovodi do zaključka da postoji statistički značajna razlika u godinama između prometnih znakova koji zadovoljavanju i koji ne zadovoljavaju propisane uvjete (t>p).

Kako bi se dobio što precizniji rezultat provedena je daljnja analiza ispitivanja korelacije između starosti prometnog znaka i minimalnih propisanih vrijednosti retrorefleksije. Navedena korelacija r=0.537 je statistički značajna uz rizik od 1%, što znači da, što je znak stariji manje će zadovoljavati ispunjavanju kriterija minimalnih propisanih vrijednosti retrorefleksije što se nameće kao logično rješenje.

Nakon provedene regresijske analize za znakove klase I ustanovilo se da je na temelju starosti znaka moguće predvidjeti hoće li znak zadovoljavati minimalne propisane uvjete retrorefleksije uz 73.8% točnosti.

Daljnjom statističkom analizom primjenom diskriminativne metode dobiveni su rezulatati prikazani u sljedećoj tablici.

Tablica 7. Klasifikacija rezultata za prometne znakove klase I

		Kriterij	Predviđena pripadnost grupi		Total
			Ne zadovoljava	Zadovoljava	
Original	Brojanje	ne zadovoljava	635	872	1507
		zadovoljava	137	2208	2345
	%	ne zadovoljava	42,1	57.9	100
		zadovoljava	5,8	94,2	100
Krosvalidacija	Brojanje	ne zadovoljava	635	872	1507
		zadovoljava	137	2208	2345
	%	ne zadovoljava	42.1	57,9	100
		zadovoljava	5,8	94,2	100

Izvor: autor

Primjenom krosvalidacije ustanovilo se u kojem postotku se uspjelo predvidjeti da je određeni znak zadovoljio kriterij kada ga je zaista i zadovoljio ili u kojem se postotku krivo predvidjelo.

Kod prometnih znakova klase I model će u 94.2% slučajeva biti točan pri predviđanju da neki znak zadovoljava kriterij[1] kada on i zadovoljava kriterij dok je uspješnost modela da predvidi da neki znak neće zadovoljiti kriterij kada ga je on ustvari zadovoljio jednaka 5.8%. Međutim problem je u predviđanju znakova koji ne zadovoljavaju minimalne propisane vrijednosti retrorefleksije jer je taj podatak ključan aktivnosti održavanja prometnih znakova. Krosvalidacija je pokazala da je uspješnost modela da točno predvidi kada neki znak neće zadovoljiti propisane kriterije samo 42.1% dok je uspješnost modela da točno predvidi da će neki znak zadovoljiti kriterij kada ga on ne zadovolji 57.9%. Iz navedenog se može zaključiti da model predviđa s visokom točnošću kada prometni znak zadovoljava minimalne propisane uvjete retrorefleksije, međutim njegova točnost je nedovoljna za predviđanje kada znak ne zadovoljava navedene uvjete.

6.2.2. Rezultati analize za prometne znakove klase II

Od ukupno 3.743 ispitanih prometnih znakova klase II minimalnu vrijednost retrorefleksije u garantnom roku zadovoljava 3.266 prometnih znakova dok ostalih 481 prometnih znakova ne zadovoljavaju propisane vrijednosti. Prethodnom analizom je ustanovljeno da je prosječna starost znakova izrađenih od folija druge generacije koje zadovoljavaju minimalne propisane uvjete retrorefleksije 12,64 godine uz standardnu devijaciju 1,53 (sd=1,53), a prosječna starost znakova koji ne zadovoljavaju minimalne propisane uvjete retrorefleksije je 13,18 godina uz standardnu devijaciju 1,55 (sd=1,55).

Za potrebe statističke analize prometni znakovi klase II podvrgnuti su t-testu koji je pokazao da je vrijednost t 2,7 što je veće od postavljene vrijednosti za p te se time može zaključiti da postoji statistička značajna razlika u godinama znakova koji zadovoljavaju odnosno koji ne zadovoljavaju propisane uvjete.

Daljnjom analizom ispitivanja korelacije za prometne znakove klase II između starosti prometnih znakova i minimalnih propisanih vrijednosti retrorefleksije rezultat r=0.587 je pokazao da je korelacija statistički značajna uz rizik od 1% što znači da će kao i kod klase I prometni znak što je stariji manje zadovoljavati propisanim uvjetima.

Regresijska analiza je pokazala da je na temelju starosti prometnih znakova klase II moguće predvidjeti stupanj zadovoljavanja kriterija uz točnost od 73,6%.

[1] Kriterij je zadovoljavanje minimalnih propisanih vrijednosti retrorefleksije

Provedena diskriminativna analiza na znakovima klase II ustanovila je rezultate prikazane u sljedećoj tablici.

Tablica 8. Klasifikacija rezultata za prometne znakove klase II

		Kriterij	Predviđena pripadnost grupi		Total
			Ne zadovoljava	Zadovoljava	
Original	Brojanje	ne zadovoljava	0	227	227
		zadovoljava	0	634	634
	%	ne zadovoljava	0	100	100
		zadovoljava	0	100	100
Krosvalidacija	Brojanje	ne zadovoljava	0	227	227
		zadovoljava	0	634	634
	%	ne zadovoljava	0	100	100
		zadovoljava	0	100	100

Izvor: autor

Primjenom krosvalidacije rezultati su pokazali da je uspješnost programa da ispravno predvidi zadovoljavanje kriterija 100%, ali isto tako postoji pogreška od 100% prilikom predviđanja ne zadovoljavanja kriterija prometnih znakova.

6.2.3. Rezultati analize za prometne znakove klase III

Ukupno je analizirano 1.171 prometnih znakova klase III od kojih 1.039 prometnih znakova zadovoljava minimalne propisane uvjete retrorefleksije dok ostala 132 prometna znaka ne zadovoljava minimalne propisane uvjete retrorefleksije. Za znakove izrađene od materijala klase III koji zadovoljavaju minimalne propisane uvjete retrorefleksije prosječna starost iznosi 11,46 godina uz standardnu devijaciju 0,5 (sd=0,5) dok za znakove iste klase koji ne zadovoljavaju minimalne propisane uvjete retrorefleksije prosječna starost iznosi 11,48 godina uz standardnu devijaciju 0,79 (sd=0.79).

Kao i kod prometnih znakova klase I i klase II tako je i za prometne znakove klase III u svrhu statističke analize proveden t-test gdje se ustanovilo da postoji statistička značajna razlika u godinama znakova koji zadovoljavaju i koji ne zadovoljavaju propisane uvjete (t=2,7>p).

Nakon provedene analize korelacije između starosti prometnih znakova i minimalnih propisanih uvjeta retrorefleksije rezultat r=0.61 je pokazao da je korelacija statistički značajna uz rizik od 1% što znači da će kao i kod klase I prometni znak što je stariji manje zadovoljavati propisanim uvjetima.

Rezultat regresijske analize znakova klase III pokazuje da je na temelju starosti znaka moguće predvidjeti stupanj zadovoljavanja kriterija i to sa 76% točnosti.

Provedena diskriminativna analiza na znakovima klase III ustanovila je rezultate prikazane u sljedećoj tablici.

Tablica 9. Klasifikacija rezultata za prometne znakove klase III

		Kriterij	Predviđena pripadnost grupi		Total
			Ne zadovoljava	Zadovoljava	
Original	Brojanje	ne zadovoljava	4	87	91
		zadovoljava	0	271	271
	%	ne zadovoljava	4,4	95,6	100
		zadovoljava	0	100	100
Krosvalidacija	Brojanje	ne zadovoljava	4	87	91
		zadovoljava	0	271	271
	%	ne zadovoljava	4,4	95,6	100
		zadovoljava	0	100	100

Izvor: autor

Kod prometnih znakova klase III model će u 100% slučajeva biti točan pri predviđanju da neki znak zadovoljava kriterij kada se i predpostavi da će ga zadovoljiti dok je uspješnost programa da predvidi da neki znak neće zadovoljiti kriterij kada ga je on ustvari zadovoljio jednaka 0%. Krosvalidacija je pokazala da je uspješnost modela da točno predvidi da neki znak neće zadovoljiti propisane kriterije je samo 4,4% dok je uspješnost programa da točno predvidi da će neki znak zadovoljiti kriterij a on ga ne zadovolji jest 95,6%.

7. ZAKLJUČAK

Prometni znakovi se postavljaju kako bi korisnicima pružili adekvatnu i pravovremenu informaciju te na taj način omogućili sigurno odvijanje prometa. Vidljivost je osnovni izvor informacija potreban prilikom upravljanja vozilom. Da bi prometni znakovi bili uočljivi i kako bi vozači mogli pravovremeno reagirati izrađuju se od retroreflektirajućih materijala. Zbog utjecaja vanjskih čimbenika snaga retrorefleksije se s godinama smanjuje te je potrebno provoditi periodička mjerenja kako vrijednost retrorefleksije prometnog znaka ne bi bila ispod minimalnih propisanih uvjeta retrorefleksije koju prometni znak mora zadovoljavati i time ugrozio sigurnost sudionika u prometu.

Temeljem iznesenih podataka u ovom diplomskom radu koji su prikupljeni od strane Zavoda za prometnu signalizaciju, Fakulteta prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu konstatirala se prosječna starost znaka nakon isteka garantnog roka za svaku pojedinu klasu materijala kada zadovoljava i kada ne zadovoljava minimalne propisane uvjete retrorefleksije.

Analiza podataka je pokazala da je prosječna starost znakova klase I nakon garantnog roka koji zadovoljavaju minimalne propisane uvjete retrorefleksije 11,06 godina, dok je za istu klasu prosječna starost znakova koji ne zadovoljavaju minimalne propisane uvjete retrorefleksije 14,71 godina. Daljnjom obradom podaci su pokazali da je prosječna starost prometnih znakova koji zadovoljavaju minimalne propisane uvjete kod klase II 12,64 a kod klase III 11,46 godina dok je prosječna starost onih koji ne zadovoljavaju propisane uvjete kod klase II 13,18 a kod klase III 11,48 godina.

Analizom obrađenih znakova utvrdilo se da veliki postotak znakova svih triju klasa će u prosjeku zadovoljavati minimalne propisane vrijednosti retrorefleksije i nakon isteka garantnog roka. Od ukupno obrađenih 8.473 znaka klase I, rezultati pokazuju da 73,9% znakova zadovoljavaju propisane minimume. Od ukupno testiranih 3.743 znaka klase II 87,2% zadovoljava minimalne uvjete retrorefleksije dok od 1.171 znaka klase III njih 88.7% odgovara zahtjevima.

Primjenom različitih statističkih analiza utvrdilo se da je na temelju starosti znaka moguće predvidjeti stupanj zadovoljavanja kriterija. Za prometne znakove klase I točnost je 73,8%, za prometne znakove klase II 73,6% te za znakove klase III 76%. Primjenom krosvalidacije ustanovilo se je u kojem smo postotku uspjeli predvidjeti da je određeni znak zadovoljio kriterij kada zaista i je ili u kojem smo postotku krivo predvidjeli. Rezultati su pokazali da je uspješnost programa da ispravno predvidi ne zadovoljavanje kriterija za klasu I 42,1%, za klasu II 0% te za klasu III 4,4%. Uspješno predviđanje ne zadovoljavanja minimalnih vrijednosti

retrorefleksije nekog znaka je ključan čimbenik na kojeg se najviše treba bazirati iz razloga što bi uvelike olakšao održavanje prometnih znakova. Iz navedene analize može se zaključiti da je starost jedan od čimbenika koji utječe na smanjenje retrorefleksije, ali koristeći samo taj čimbenik ne može se pravilno procijeniti kada znak više neće zadovoljavati kriterije. Sukladno tomu u svrhu izrade preciznijeg modela predviđanja zadovoljava minimalnih propisanih vrijednosti retrorefleksije prometnih znakova potrebno je uključiti još čimbenika koji utječu na smanjenje retrorefleksije kao što su: vremenski uvjeti, utjecaj sunca (broje sunčanih dana), položaj znaka, okruženje itd.

Dobiveni rezultati dovode do zaključka da je prosječna starost prometnih znakova svih klasa koji zadovoljavaju minimalne propisane uvjete retrorefleksije oko 11 godina te bi se nakon toga znakovi trebali ispitivati i mjeriti kako bi se utvrdilo zadovoljavaju li znakovi navedene zahtjeve.

Literatura

[1] Ščukanec, A. Nastavni materijali iz kolegija Prometna signalizacija, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb; ak. god. 2014/2015

[2]http://www.instruktor-voznje.com.hr/prometni_znakovi/#povijest_prometnih_znakova (siječanj 2016.)

[3]http://www.gtamotorcycle.com/vbforum/showthread.php?191191-bylaw-change-30-km-hr-blanket-change-for-East-York-and-Old-City-of-Toronto (siječanj 2016.)

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

[5] http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/dodatni/314285.htm (siječanj 2016.)

[6] http://www.autoskola.com.hr/ucilica-prometni-znakovi-in.shtml (siječanj 2016.)

[7]http://www.vecernji.hr/automobili/koncesionari-ogranicavaju-brzinu-a-policija-vreba-u-zasjedi-95244/multimedia/p3 (siječanj 2016).

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

[9] http://www.signalizacija.hr/single-portfolioPostav.html (siječanj 2016).

[10] http://www.chemosignal.hr/usluge/3m/teorija/ (siječanj 2016.)

[11]http://estudent.fpz.hr/Predmeti/V/Vizualne_informacije_u_prometu/Materijali/03_Percepcija_u_uvjetima_otez ane_vidljivosti.pdf (siječanj 2016)

[12] http://rg.c-hip.net/2014/seminari/car-corko-spoljaric/modeli.html (siječanj 2016.)

[13]http://adria.fesb.hr/~zmiletic/Fizika%202/9.%20Geometrijska%20optika/Fizika2_Razlikovni_Predavanje9.pdf (siječanj 2016.)

[14] https://lcogt.net/spacebook/reflecting-telescopes/ (siječanj 2016.)

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

[16]http://www.safetysigns-mn.com/traffic-control/work-zone-protection/permanent-signs/retroreflective-sheeting/ (siječanj 2016.)

[17] http://www.rally-dubrovnik.hr/files/pdf5.pdf (veljača 2016.)

[18] http://www.chemosignal.hr/usluge/3m/prometni-znakovi/ (siječanj 2016).

[19]http://www.shannonbaum.com/the-difference-between-engineer-grade-high-intensity-prismatic-and-diamond-grade-reflective-sheeting/ (siječanj 2016.)

[20]Black, K.L., H.W. McGee, S.F. Hussain, and J.J. Rennilson. Service Life of Retroreflective Signs. Report No. FHWA-RD-90-101. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Washington, D.C. 1991.

[21] Kirk, A.R., Hunt, E.A., and Brooks E.W. Factors Affecting Sign Retroreflectivity. Publication OR-RD-01-09. Oregon Department of Transportation, Salem, Oregon. 2001. Last accessed April 2014.

[22] Wolshon, B., R. Degeyter, and J. Swargam. Analysis and Predictive Modeling of Road Sign Retroreflectivity Performance. 16th Biennial Symposium on Visibility and Simulation. Iowa City, Iowa, 2002.

[23] Ré, J.M., Carlson, P.J. NCHRP Synthesis 431: Practices to Manage Traffic Sign Retroreflectivity. Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2012.

[24] Ščukanec, A., Babić, D.: Mjerenja, ispitivanja i monitoring na prometnicama, Dani prometnica 2012., Zagreb; 2013.

[25] EN 12899-1: Fixed, vertical road traffic signs - Part 1: Permanent signs

[26] Consiglionazionaledellericerche: Common understanding of assessment procedure (CUAP): Microprismatic retro-reflective sheetings, 2002.

POPIS SLIKA I TABLICA

Slike:

Slika 1. Zakon crvene zastave 4
Slika 2. Znakovi opasnosti 8
Slika 3. Znakovi izričitih naredbi 9
Slika 4. Znakovi obavijesti 10
Slika 5. Znakovi obavijesti za vođenje prometa 11
Slika 7. Promjenjivi prometni znak 13
Slika 9. Pravilno postavljanje prometnog znaka 15
Slika 11. Zrcalna refleksija 17
Slika 13. Sferična retrorefleksija 18
Slika 15. Folija klase I s sferičnom retrorefleksijom 21
Slika 17. Folija klase II s sferičnom retrorefleksijom 22
Slika 19. Folija klase III 23
Slika 21. Ispitivanje koeficijenta retrorefleksije pod određenim kutom gledanja i ulaznim kutom svijetla 28
Slika 22. Princip ispitivanjea retroreflektivnostisije prometnih znakova ZRS 6060. retroreflektorom 30

Tablice:

Tablica 1. Veličina prometnog znaka prema kategoriji prometnice 7
Tablica 2. Koeficijent retrorefleksije R_A: Klase I jedinice cd/m²•lx 29
Tablica 3. Koeficijent retrorefleksije R_A: Klase II jedinice cd/m²•lx 29
Tablica 4. Koeficijent retrorefleksije R_A: Klase III jedinice cd/m²•lx 30
Tablica 5. Prikaz broja znakova koji zadovoljavaju i ne zadovoljavaju minimalne uvjete retrorefleksije na dionicama 32
Tablica 6. Prikaz prosječne starosti znakova u garantnom roku koji zadovoljavaju i ne zadovoljavaju propisane minimalne uvjete 34
Tablica 7. Klasifikacija rezultata za prometne znakove klase I 36
Tablica 8. Klasifikacija rezultata za prometne znakove klase II 38
Tablica 9. Klasifikacija rezultata za prometne znakove klase III 39

Grafovi:

Graf 1. Broj prometnih znakova klasificiranih prema klasi retroreflektirajućeg materijala koji zadovoljavaju i ne zadovoljavaju minimalnu vrijednost retrorefleksije 33
Graf 2. Usporedba prosječne starosti u garantnom roku koji zadovoljavaju i ne zadovoljavaju minimalne uvjete retrorefleksije..... 35