

Utjecaj dinamičkog ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku na njihovu kvalitetu

Kuliš, Antonio

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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:119:177239>

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

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



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Antonio Kuliš

UTJECAJ DINAMIČKOG ISPITIVANJA
RETROREFLEKSIJE OZNAKA NA
KOLNIKU NA NJIHOVU KVALITETU

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2023.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**UTJECAJ DINAMIČKOG ISPITIVANJA
RETROREFLEKSIJE OZNAKA NA
KOLNIKU NA NJIHOVU KVALITETU**

**THE INFLUENCE OF DYNAMIC
TESTING OF RETROREFLECTION OF
ROAD MARKINGS IN REGARDS TO
THEIR QUALITY**

Mentor: doc. Dr. sc. Darko Babić

Student: Antonio Kuliš

JMBAG: 0135240970

Zagreb, rujan 2023.

UTJECAJ DINAMIČKOG ISPITIVANJA RETROREFLEKSIJE OZNAKA NA KOLNIKU NA NJIHOVU KVALITETU

SAŽETAK

Oznake na kolniku dio su prometne signalizacije koji služi za vođenje prometa, reguliranje prometa, upozoravanje na stanje na cestama, upozoravanje na stanje i situaciju u prometu i informiranje vozača o zakonskim ograničenjima. Jedan od bitnijih faktora kvalitete oznaka na kolniku je razina retrorefleksije. Kako bi oznake na kolniku zadržale svoju kvalitetu moraju se redovno održavati, kao i čimbenici vidljivosti oznaka na kolniku, odnosno retrorefleksija. Na vidljivost oznaka na kolniku negativan utjecaj imaju prometni čimbenici, klimatski uvjeti, odnosno oborine, sunce, održavanje cesta i drugi. Postoje dva načina ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku, a to su statičko i dinamičko ispitivanje retrorefleksije. Cilj ovog rada je utvrditi utjecaj dinamičkog ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku na njihovu kvalitetu. Nakon analize rezultata dinamičkog ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku nekoliko cesta i dionica autocesta na različitim terenima u RH, provedena je evaluacija rezultata. Nakon evaluacije utvrđen je utjecaj dinamičkog ispitivanja retrorefleksije na održavanje oznaka na kolniku u različitim dijelovima Hrvatske na cestama različite količine prometa i utjecaja okoline. Podatci o ispitivanju retrorefleksije dobiveni su od Zavoda za prometnu signalizaciju Fakulteta prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu. Na samom kraju, nakon dokazivanja pozitivnog utjecaja dinamičkog ispitivanja na kvalitetu oznaka na kolniku, dat je i prijedlog za optimizaciju održavanja oznaka na kolniku.

KLJUČNE RIJEČI: retrorefleksija, oznake na kolniku, dinamičko ispitivanje, cesta, autocesta

THE INFLUENCE OF DYNAMIC TESTING OF RETROREFLECTION OF ROAD MARKINGS IN REGARDS TO THEIR QUALITY

SUMMARY

Road markings are a part of traffic signaling that serves to guide traffic, regulate traffic, warn about road conditions, warn about traffic conditions, and inform drivers about legal restrictions. One of the more important factors of the quality of pavement markings is the level of retroreflection. In order for pavement markings to maintain their quality, they must be regularly maintained, along with the visibility factors of pavement markings, i.e. retroreflection. Traffic factors, climate conditions such as precipitation, sunlight and others, and road maintenance

have a negative impact on the visibility of pavement markings. There are two ways of testing retroreflection of pavement markings, namely static and dynamic retroreflection testing. The aim of this paper is to determine the impact of dynamic retroreflection testing of pavement markings on their quality. After analyzing the results of the dynamic test of retroreflection of markings on the pavement of several roads and sections of highways on different terrains in the Republic of Croatia, an evaluation of the results was carried out. After the evaluation, the influence of the dynamic retroreflection test on the maintenance of pavement markings in different parts of Croatia on roads with different volumes of traffic and environmental influences was determined. The data on the retroreflection test were obtained from the Traffic Signaling Institute, Faculty of Traffic Sciences, University of Zagreb. Finally, after proving the positive impact of dynamic testing on the quality of pavement markings, a proposal was made for optimizing the maintenance of pavement markings.

KEY WORDS: retroreflection, pavement markings, dynamic testing, road, highway.

Zagreb, 30. ožujka 2023.

Zavod: **Zavod za prometnu signalizaciju**
Predmet: **Prometna signalizacija**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 7152

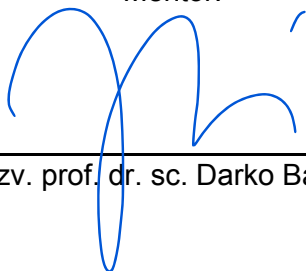
Pristupnik: **Antonio Kuliš (0135240970)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Utjecaj dinamičkog ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku na njihovu kvalitetu**

Opis zadatka:

Oznake na kolniku su dio prometne signalizacije čija kvaliteta direktno utječe na sigurnost prometa. Tijekom vremena njihova kvaliteta opada, odnosno prometne oznake gube svoja svojstva i ne mogu ispuniti svoju zadaću. Dinamičko ispitivanje retrorefleksije jedan je od načina kojim se ispituje kvaliteta prometnih oznaka. Redovitim dinamičkim ispitivanjem oznaka na kolniku i praćenjem rezultata moguće je pratiti razinu kvalitete istih i na taj način održavati zadovoljavajuću razinu uslužnosti na prometnicama. Cilj ovog diplomskog rada je utvrditi utjecaj dinamičkog ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku na njihovu kvalitetu, a u svrhu optimiziranja aktivnosti održavanja kvalitete oznaka i u konačnici podizanje razine uslužnosti i sigurnosti.

Mentor:



izv. prof. dr. sc. Darko Babić

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Definicija i uloga oznaka na kolniku	3
2.1 Uzdužne oznake na kolniku	5
2.2 Poprečne oznake na kolniku	6
2.3. Ostale oznake na kolniku i predmetima uz rub kolnika.....	7
3. Pregled materijala za oznake na kolniku	9
3.1. Boje.....	10
3.1.1. Boje na bazi otapala.....	10
3.1.2. Boje na bazi vode.....	11
3.2. Plastični materijali	13
3.2.1. Termoplastika.....	14
3.2.2. Hladna plastika	15
3.3. Trake i ostali materijali za izradu oznaka na kolniku	17
4. Metode ispitivanja kvalitete oznaka na kolniku	19
4.1. Čimbenici kvalitete oznaka na kolniku.....	20
4.2. Statičko ispitivanje retrorefleksije oznaka na kolniku	25
4.3. Dinamičko ispitivanje retrorefleksije oznaka na kolniku	27
5. Rezultati ispitivanja oznaka na kolniku	29
5.1. Rezultati ispitivanja oznaka na kolniku na autocestama	32
5.2. Rezultati ispitivanja oznaka na kolniku na Hrvatskim cestama	41
5.2.1. Rezultati ispitivanja oznaka na kolniku u primorskoj Hrvatskoj	41
5.2.2. Rezultati ispitivanja oznaka na kolniku u gorskoj Hrvatskoj	49
5.2.3. Rezultati ispitivanja oznaka na kolniku u nizinskoj Hrvatskoj	54
5.3. Evaluacija rezultata.....	62
5.3.1. Evaluacija rezultata na autocesti A1	62
5.3.2. Evaluacija rezultata na državnim cestama	63
6. Optimizacija održavanja oznaka na kolniku.....	65
7. Zaključak.....	67
Literatura.....	69
Popis slika, tablica i grafikona.....	70

1. Uvod

Kvaliteta oznaka na kolniku jedan je od važnijih čimbenika kvalitete cesta i sigurnosti odvijanja prometa na cestama. Oznake na kolniku imaju važnu ulogu u vođenju i reguliranju prometa, upozoravanju na stanje i situaciju u prometnom prostoru, informiranju vozača o zakonskim ograničenjima.

Postoji više razloga za kvalitetno izvođenje oznaka na kolniku, a neki od njih su upućivanje sudionika u prometu na tok ceste i označavanje ceste u odnosu na okruženje, upozoravanje sudionika u prometu na posebne i/ili opasne pojave ili mjesta na određenim dijelovima prometnice, nadopuna informacijama koje su dane pomoću prometnih znakova, prenošenje pisanih informacija, ukazivanje na namjenu prometne površine, osiguravanje vođenja i reguliranja prometa na raskrižjima, ograničavanje pristupa određenim kolničkim trakama i prometnim prostorima.

Tijekom noći i za vrijeme uvjeta slabije vidljivosti u prometu, za dobru vidljivost oznaka na kolniku zaslužena je razina retrorefleksije oznaka. Kvaliteta retrorefleksije ovisi o više čimbenika, a najvažniji među njima su tip i kvaliteta retroreflektirajućih materijala, količina staklenih perli po m², stupanj utiskivanja tih perli i gustoća perli na površini oznake. Osim toga, na kvalitetu materijala i razinu retrorefleksije utječu i način raspodjele materijala, ljepljivosti materijala oznake, uvjeti okoline itd.

Ispitivanje kvalitete retrorefleksije oznaka na kolniku u Republici Hrvatskoj provode Zavod za prometnu signalizaciju s Fakulteta prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu i tvrtka Smart view d.o.o. Ispitivanje se izvodi na dva načina, a to su dinamičko i statičko ispitivanje retrorefleksije oznaka na kolniku. U ovom radu analizirat će se rezultati dinamičkog ispitivanja oznaka na kolniku na određenim cestama i autocestama koje se razlikuju po terenu kojim prolaze i po utjecaju klime i prometa na kvalitetu oznaka na kolniku.

Rad je podijeljen u sedam poglavlja, odnosno:

1. Uvod
2. Definicija i uloga oznaka na kolniku
3. Pregled materijala oznaka na kolniku
4. Metode ispitivanja kvalitete oznaka na kolniku
5. Rezultati ispitivanja oznaka na kolniku
6. Optimizacija održavanja oznaka na kolniku
7. Zaključak

Nakon općeg dijela i poglavlja u kojem će se prikazati rezultati dinamičkog ispitivanja, ti će se rezultati analizirati te će na kraju biti objašnjen utjecaj dinamičkog ispitivanja oznaka na kolniku na kvalitetu tih oznaka kroz dobivene rezultate i evaluaciju tih rezultata. Nakon toga, prikazat će se i prijedlog optimizacije održavanja oznaka na kolniku.

2. Definicija i uloga oznaka na kolniku

Oznake na kolniku dio su prometnih znakova, signalizacije i opreme na cestama. Oznake na kolniku i drugim površinama dijele se na:

- Uzdužne oznake na kolniku
- Poprečne oznake na kolniku
- Oznake na kolniku i drugim prometnim površinama [1]

Osim ove osnovne podjele, oznake na kolniku još se mogu podijeliti s obzirom na:

- njihovu trajnost
- retroreflektivne značajke
- vrstu primijenjenog materijala
- način njihove aplikacije
- koeficijent trenja i dr. [2]

Oznake na kolniku mogu biti stalne ili privremene. Privremene oznake namijenjene su označavanju radova na cesti ili privremenih opasnosti na kolniku. Po završetku radova na cesti ili privremenih opasnosti na kolniku privremene oznake moraju se ukloniti. [1]

Predstavljaju neizostavan element suvremenih kolničkih površina te se izvode od različitih materijala, boja, debljina, struktura itd. te pomažu cestovnim vlastima u upravljanju i reguliranju prometa, a sudionicima u prometu daju informacije o trasi ceste te ih vode prema željenom odredištu. Može se reći kako oznake specifičnim jezikom komuniciraju s vozačima te im „govore” što poduzeti i kako se ponašati u skladu s nadolazećom prometnom situacijom. [2]

Oznake na kolniku i drugim površinama izvode se samostalno, osim kada je Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama propisana njihova uporaba u kombinaciji sa stalnim prometnim znakovima ili prometnim svjetlima, odnosno semaforima. One se ucrtavaju, lijepe, ugrađuju ili utiskuju u kolnički zastor ili drugu prometnu površinu. [1]

Osnovni zadaci oznaka na kolniku su:

- upozoravanje na stanje i situaciju u prostoru ispred vozila koja zahtijevaju osobitu pozornost i oprez za nastavak sigurnog upravljanja vozilom
- vođenje vozača do njihova cilja putovanja identificirajući im sigurnu putanju vožnje
- informiranje vozača o zakonskim ograničenjima
- pomoć pri reguliranju prometa na optimalan način [2]

S obzirom na njihovu funkcionalnu raznovrsnost osnovni su razlozi za primjenu oznaka na kolniku sljedeći:

- upućivanje sudionika u prometu na tok ceste i označavanje ceste u odnosu na okruženje
- upozoravanje sudionika u prometu na posebne i/ili opasne pojave ili mjesta na određenim dijelovima prometnice
- definiranje namjene prometne površine
- ograničavanje pristupa određenim kolničkim trakama (npr. za javni gradski prijevoz)
- osiguravanje vođenja prometa na raskrižjima
- nadopuna informacijama koje su dane pomoću prometnih znakova
- prenošenje pisanih informacija. [2]

Oznake ne smiju biti izvedene na način da povećavaju skliskost prometnih površina te ne smiju biti više od 6 mm iznad razine kolnika. Iznimno tom pravilu, oznake na kolniku (delineatori) kojima se označavaju rubne crte ili razdjelne crte na objektima ili devijacijama mogu biti viši od 6 mm iznad razine kolnika, ali ne više od 2,0 cm iznad razine kolnika. [1]

Oznake na kolniku i drugim površinama najčešće su bijele boje, no obilježavaju se i na druge, sljedeće načine:

1. Žutom bojom:
 - Oznake mjesta na kolniku i nogostupu na kojima je zabranjeno zaustavljanje ili parkiranje
 - Crte za odvajanje traka za kretanje vozila javnog prijevoza putnika
 - Oznake parkirališnog mjesta za osobe s invaliditetom
 - Oznake kojima se označavaju mjesta za određene namjene kao što su autobusna stajališta, taxi-vozila, policija i slično
 - Oznake kojima se privremeno preusmjerava promet odnosno privremeno regulira promet i označavaju privremene opasnosti na kolniku
 - Naprave za smirivanje prometa, tj. umjetne izbočine i uzdignute plohe.
2. Zelenom bojom obilježavaju se mjesta primarno namijenjena za punjenje električnih vozila

3. Crvenom bojom obilježavaju se biciklističke prometne površine sukladno posebnom propisu, evakuacijska crta na oblozi tunela i podloga pješačkog prijelaza u specifičnim uvjetima
4. Plavom bojom mogu se obilježiti parkirališna mjesta za kraća zadržavanja s ograničenim vremenom korištenja i zone parkiranja s naplatom
5. Crveno-bijelom bojom obilježavaju se elementi konstrukcije i opreme cesta i drugih objekata koji označavaju stalne prepreke unutar prometnog profila ceste
6. Crno-bijelom bojom obilježavaju se elementi konstrukcije i opreme cesta i drugih objekata koji označavaju stalne prepreke unutar slobodnog profila ceste
7. Prometni znakovi izvedeni kao oznake na kolniku i drugim prometnim površinama cesta. [1]

Oznake na kolniku s obzirom na retroreflektirajuća svojstva dijele se na tip I i tip II. Oznake tipa I najčešće se izvode bojom, a minimalne debljine suhog sloja od 220 μm te se u pravilu koriste za označavanje cesta klase prometnog opterećenja P4 i P5 (PGDP < 10.000). Oznake tipa II veće su kvalitete te se izvode bojom minimalne debljine suhog sloja od 330 μm , plastičnim materijalima minimalne debljine sloja 2.000 μm ili tvornički izrađenim trakama. Te se oznake najčešće koriste za označavanje cesta klase prometnog opterećenja P6 (PGDP > 10.000) te se uporaba istih preporuča i na cestama koje karakterizira povećani broj prometnih nesreća, loša preglednost, magla, učestala vlažnost i ostali specifični uvjeti. [1]

2.1 Uzdužne oznake na kolniku

Uzdužne oznake dio su oznaka na kolniku, a mogu se izvoditi kao pune, isprekidane i dvostruke ovisno o njihovoj namjeni. Pune crte označavaju zabranu prelaska vozila preko te crte ili zabranu kretanja vozila po istoj. Isprekidane crte označavaju prestanak zabrane prelaska vozila preko te crte ili zabranu kretanja vozila po njoj. Dvostruka crta može biti dvostruka puna, dvostruka isprekidana i dvostruka kombinirana. [1]

Uzdužne oznake na kolniku mogu se podijeliti i na razdjelne i rubne crte. Razdjelna crta služi za razdvajanje dvosmjernih prometnih površina prema smjerovima kretanja, a rubna služi za označavanje ruba vozne površine kolnika. Obije navedene vrste rubnih crta mogu se izvesti i kao zvučna ili vibracijska traka. Isprekidane uzdužne crte mogu se podijeliti i na razdjelne, rubne, crte upozorenja, kratke i široke. [1]

Širina uzdužnih crta na kolniku iznosi najmanje 10 cm, a razmak između usporednih uzdužnih dvostrukih crta je 10 cm. Iznimno, taj razmak može biti najviše 20 cm ako je između crta predviđeno postavljanje smjerokaznih oznaka (markera) za naglašavanje dvostrukih punih crta. [1]

Po pravilniku, širina razdjelne i rubne ceste na određenoj dionici trebala bi biti iste širine. Širina razdjelnih i rubnih crta prema kategoriji ceste prikazane su u tablici 1. [1]

Tablica 1. Širina razdjelne crte [izradio autor]

Kategorija ceste	Širina crte	
	Razdjelna crta (cm)	Rubna crta (cm)
Autoceste/ brze cete	20	20
Druge javne ceste i glavne gradske prometnice	15 ili 20	15 ili 20
Ostale ceste	12 ili 10	12 ili 10

U funkciji povećanja sigurnosti prometa, ukoliko to geometrija ceste dozvoljava, širina crte na ostalim javnim cestama, glavnim gradskim prometnicama te ostalim cestama može se povećati za širinu više. Na cestama čija je širina kolnika manja od 5,0 m obostrano se izvode rubne crte širine 10 cm, dok se razdjelna crta ne izvodi. [1]

Iznimno, kod privremenih regulacija prometa, širine razdjelnih i rubnih crta mogu biti i manjih dimenzija od onih navedenih u tablici 1. [1]

Oznake, boja i oblik uzdužnih oznaka na kolniku moraju se izvoditi u skladu s dopuštenim varijantama, svrhom označavanja, dodatnim zahtjevima i uvjetima za izvođenje poprečnih oznaka navedenim u Pravilniku o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi.

2.2 Poprečne oznake na kolniku

Poprečne oznake dio su oznaka na kolniku, a pod njih spadaju:

- crta zaustavljanja,
- kose i granične crte,
- pješački prijelazi
- prijelazi biciklističke staze preko kolnika. [1]

Poprečne oznake na kolniku izvode se kao pune ili isprekidane crte. One mogu biti izvedene tako da zahvaćaju jednu ili više prometnih traka. [1]

Poprečne pune crte za zaustavljanje vozila na raskrižjima i drugim cestama koje se križaju, moraju biti povučene tako da vozač vozila nad raskrižjem ima dovoljan pregled na promet vozila i pješaka preko raskrižja i tih cesta. Poprečne isprekidane crte na raskrižju koje označavaju križanje s cestom koja ima prednost prolaza moraju biti izvedene tako da udovoljavaju uvjetima iz Pravilnika o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi. [1]

Oznake, boja i oblik poprečnih oznaka na kolniku moraju se izvoditi u skladu s dopuštenim varijantama, svrhom označavanja, dodatnim zahtjevima i uvjetima za izvođenje poprečnih oznaka navedenim u Pravilniku o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi.

2.3. Ostale oznake na kolniku i predmetima uz rub kolnika

Pod ostale oznake na kolniku i predmeti uz rub kolnika spadaju:

- strelice,
- polja za usmjeravanje prometa,
- crte usmjeravanja,
- natpisi,
- oznake za označavanje prometnih površina za posebne namjene,
- oznake za obilježavanje mjesta za parkiranje i uzdužne oznake (oznake na predmetima uz rub kolnika) [1]

Strelicama se na kolniku obilježava obavezan smjer kretanja vozila – ako su obilježene u prometnoj traci obrubljenoj punom crtom. Njima se, također, obavješćuju vozači o namjeni prometnih traka – ako su obilježene u traci obrubljenom isprekidanom crtom. Strelice koje označavaju dopušteni smjer vožnje za vozila javnog prijevoza putnika su žute boje. [1] Dužina strelice određena je Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi, a ovisi o najvećoj dopuštenoj brzini na cesti. Prikazana je u tablici 2.

Tablica 2. dužina strelice [izradio autor]

Dopuštena brzina	Dužina strelice
≤ 50 km/h	5 m (iznimno 3 m u zoni smirenog prometa)
> 50 ≤ km/h	7,5 m
> 90 km/h	12 m
Biciklističke i parkirališne površine	1,6 m

Polja za usmjeravanje prometa označavaju površinu na kojoj je zabranjen promet i na kojoj nije dopušteno zaustavljanje i parkiranje vozila između dva traka sa suprotnim smjerovima, između dva traka s istim smjerovima, na mjestu otvaranja posebne trake za skretanje, ispred

otoka za razdvajanje prometnih tokova, na ulaznom kraku na autocesti te na izlaznom kraku s autoceste. Crta usmjeravanja označava mjesto promjene slobodne površine kolnika ispred čvrstih prepreka koje se nalaze na cesti ili na njezinim rubovima. Crte usmjeravanja mogu biti ispred otoka za prestrojavanje vozila javnog prijevoza putnika, za oblikovanje prepreke na rubu ceste te za označavanje promjene korisne površine kolnika. Označavanje prometnih površina za posebne namjene služi za obilježavanje mjesta namijenjenih isključivo za posebne namjene. [1]

Obilježavanje mjesta za parkiranje vozila služi za označavanje prostora za parkiranje. Parkiranje u odnosu na rub kolnika može biti uzdužno, koso i okomito. Oznake za obilježavanje mjesta za parkiranje izvode se u bijeloj boji, osim mjesta za osobe s invaliditetom i mjesta rezerviranih za posebna vozila koja se izvode u žutoj boji te mjesta s naplatom parkirališta koja se mogu izvesti u plavoj boji. Minimalne dimenzije parkirališnih mjesta definirane su Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi. Oznaka, boja, oblik i svrha označavanja, dopuštene varijante, dodatni zahtjevi i uvjeti za izvođenje polja za usmjeravanje prometa, crta usmjeravanja, prometnih površina za posebne namjene, mjesta za parkiranje određeni su Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi.

Natpisi na kolniku daju sudionicima u prometu potrebne obavijesti, a mogu biti izvedeni i kao umetnuti prometni znakovi. Radi bolje percepcije vozača natpisi i simboli se izvode izduženo u smjeru kretanja vozila ovisno o dopuštenoj brzini. [1]

3. Pregled materijala za oznake na kolniku

Oznake na kolniku cjeline su vezane uz kolnički zastor sastavljene od međusobno povezanih materijala u vidu pigmenata, punila, specijalnih kemikalija, otapala te veziva. [2]

Pigment materijalu daje boju (bjele oznake - titanium dioksid (TiO_2), žute oznake - modificirani krom (PbCrO_4)). Punila su anorganski spojevi koji povećavaju čvrstoću i otpornost na habanje materijala (silika, barijev sulfat, kalcijev karbonat). Otapala poboljšavaju razrjeđivanje i modificiranje viskoznosti materijala (klorirane gume, alkaidi, stiren-akrilati), a veziva povezuju sve kemijske elemente te stvaraju „kompaktnu” masu. [2]

Razlike u pojedinim materijalima očituju se u načinu primjene, vijeku trajanja, cijeni, debljini nanosa te strukturalnim značajkama. Odabir odgovarajućega materijala ovisi o prometnim, klimatskim i geografskim uvjetima na cesti na kojoj se materijal primjenjuje, odnosno o:

- učestalosti loših vremenskih prilika
- protoka vozila
- preusmjeravanja vozila s drugih cesta
- učestalosti nanošenja asfaltnog sloja
- intervala trajanja zimskih uvjeta itd. [2]

Osnovna podjela oznaka na kolniku je prema vrsti materijala:

- boje
- plastični materijali
- trake [2]

Ostale podjele:

- prema kemijskom sastavu
- debljini nanosa
- retroreflektirajućim svojstvima u mokrim i kišnim uvjetima
- tipu oznake itd. [2]

3.1. Boje

Boje su tankoslojni, tekući i najčešće jednokomponentni materijal debljine suhog nanosa između 300 i 600 μm koji se sastoje od:

- vezivnog elementa
- pigmenata
- otapala [2]

Vezivni element daje masu i osnovni je dio materijala, a sastoji se od sušenoga ulja (alkidne smole), smolastih i uljno smolastih sastojaka (stiren-akrilati, akrilalkidne mješavine ili čisti akrilati) te plastifikatora koji omogućava prijanjanje na podlogu i koheziju materijala. Pigmenti omogućuju neprozirnost, daju boju i tvrdoću. Otapalo omogućuje razrjeđivanje, modificiranje viskoznosti materijala i sušenje. [2]

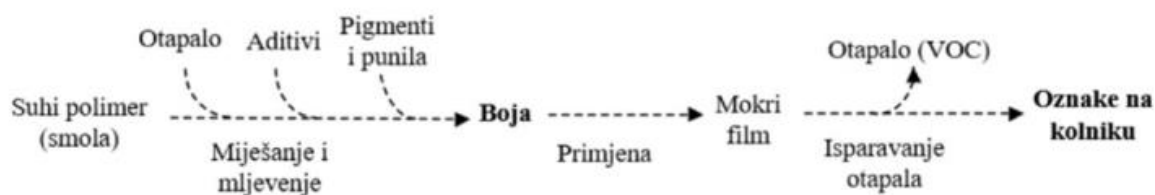
Dvokomponentne boje sastoje se od boje kao osnovne komponente i učvršćivača. Komponente su razdvojene sve do trenutka izvođenja kada se miješaju u omjeru propisanom od proizvođača. Zadaća učvršćivača kod dvokomponentnih boja je ubrzavanje sušenja te povećanje čvrstoće. Rijetko su u primjeni zbog veće cijene i kompliciranije izvedbe u odnosu na jednokomponentne boje. [2]

S obzirom na vrstu otapala boje se dijele na:

- na bazi otapala
- na bazi vode [2]

3.1.1. Boje na bazi otapala

Boja na bazi otapala vrsta je boje kao vrste materijala oznaka na kolniku. Otapalo osigurava sušenje i učvršćivanje materijala (mješavine tiren-akrilata, akril-alkidi ili 100 %-tni akrilati). Za vrijeme dok je zapakirana u ambalaži, boja na bazi otapala u tekućem je stanju. Upravo to otapalo omogućava boji da ostane u tekućem stanju. S izvođenjem oznake otapalo razgrađuje odnosno otapa vezivo te time suši oznaku koja prelazi u kruto stanje. Tijekom procesa sušenja otapala isparavaju u zrak kao štetni hlapljivi organski spojevi odnosno VOC (engl. Volatile Organic Compound). [2] Cijeli taj proces opisan je u slici 1.



Slika 1. Shema procesa izvođenja boja s otapalom [2]

Osim niske cijene, prednosti boja na bazi otapala su bolja kontrola sušenja, jednostavnija priprema materijala prije izvođenja kao i samo izvođenje i dobro prianjanje na asfaltne i uljne površine. Najveći nedostatak boja na bazi otapala je taj što su u određenoj mjeri štetne za okoliš. [2] Shema procesa izvođenja boja s otapalom prikazana je na slici 1.

3.1.2. Boje na bazi vode

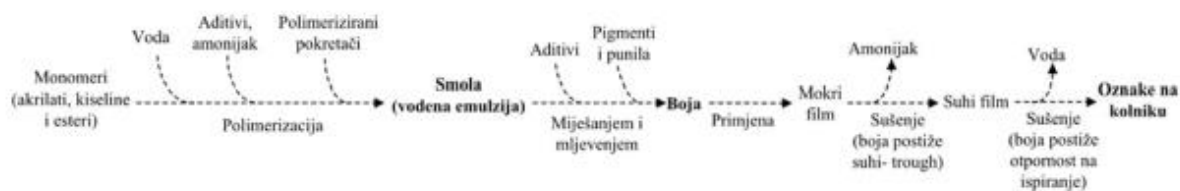
Boje na bazi vode dio su boja kao materijala za izradu oznaka na kolniku. Izvode se sušenjem i učvršćivanjem boje na kolnik isparavanjem vode. Boje na bazi vode mogu se nanositi na već postojeće oznake. Također postoji mogućnost primjene perli većih granulacija bez utjecaja na vrijeme sušenja. [2]

Kako je materijal baziran na vodi, ukoliko u određenom periodu nakon izvođenja materijal dođe u doticaj s vodom, on se razvodnjava i razlijeva, a boja postaje otporna na ispiranje tek kada na nju više ne utječe kiša odnosno voda. Vrijeme potrebno za to uvelike ovisi o kemijskom sastavu, odnosno o korištenim vezivima i aditivima. [2]

Prednosti boja na bazi vode:

- moguće ih je izvoditi s debljinama nanosa od 900 μm ili više bez značajnijeg utjecaja na vrijeme sušenja
- ekološki prihvatljivije (razina VOC-a < 50 g/l - ~2 %)
- vrlo dobra stabilnost skladištenja [2]

Glavni nedostatak je vezan uz vrijeme koje je potrebno da materijal stekne otpornost na ispiranje (engl. washout time). [2] Shema procesa izvođenja boja na bazi vode prikazana je na slici 2.



Slika 2. Shema procesa izvođenja boja na bazi vode [2]

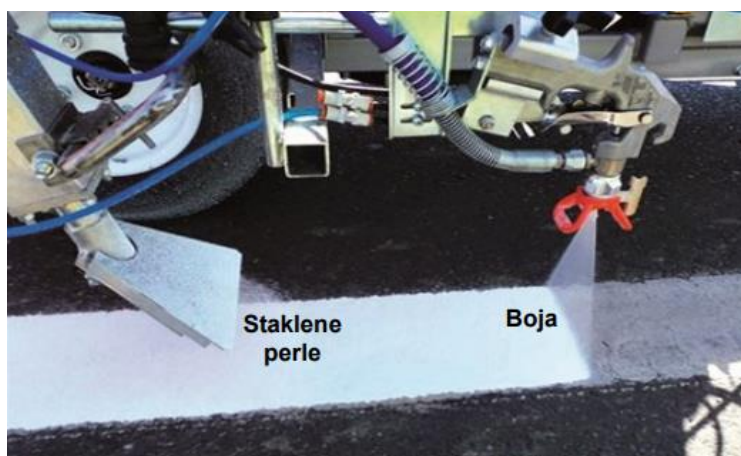
Potrebno vrijeme sušenja bojanih oznaka ovisi o kemijskom sastavu i vremenskim uvjetima, a najčešće je to do 15 i 20 minuta nakon nanošenja na kolnik. [signalizacija] Podijela boja s obzirom na vrijeme sušenja prikazana je u tablici 3. Nanošenje boje i perli na kolnik prikazano je na slici 3.

Tablica 3. Podijela boje s obzirom na brzinu sušenja [izradio autor]

Vrsta boje	Vrijeme sušenja
Konvencionalne	> 7 minuta
Umjereno brzosušće	2 - 7 minuta
Brzosušće	30 - 120 sekundi
Momentalno ili instantnosušće	< 30 sekundi

Glavne karakteristike boja:

- kratak vijek trajanja (oko godinu dana)
- tekuće stanje, tankoslojnost i neprozirnost
- relativno slaba razina retrorefleksije (inicijalna retrorefleksija 200 - 400 mcd/lx/m²)
- slaba vidljivost u kišnim i mokrim uvjetima
- niska cijena i jednostavna primjena [2]



Slika 3. Nanošenje boje i perli na kolnik [2]

3.2. Plastični materijali

Plastični materijali dio su materijala za izradu oznaka na kolniku, a mogu biti debeloslojni i višekomponentni materijali. Sastoje se od:

- Sintetičkih veziva
- Prirodnih ili umjetnih smola
- Pigmenata
- Punila
- Staklenih perli [2]

Debljina sloja za neprofilirane oznake najčešće varira od 1 do 3 mm, a za profilirane i strukturirane oznake maksimalno do 6 mm. Prednosti profilirane i strukturirane oznake obzirom na neprofilirane su bolja vidljivost u mokrim i kišnim uvjetima, pojava vibracija i zvučnog efekta pri prelasku preko oznaka. [2] Neprofilirana oznaka na kolniku prikazana je na slici 4., profilirana na slici 5., a strukturirana oznaka na kolniku na slici 6.



Slika 4. Neprofilirana oznaka na kolniku [2]



Slika 5. Profilirana oznaka na kolniku [2]



Slika 6. Strukturirana oznaka na kolniku [2]

Plastični materijali za izradu oznaka na kolniku dijele se na 2 osnovna materijala i to termoplastiku i hladnu plastiku. [2]

3.2.1. Termoplastika

Termoplastika je jedna od vrsta plastičnih materijala za izradu oznaka na kolniku. To je višekomponentni debeloslojni materijal, a sastoji se od veziva (18 - 26 %), pigmenta (2 - 12 %), punila (12 – 40 %) te staklenih perli (20 – 30 %) koje se „ugrađuju“ u materijal tijekom pripreme, odnosno kuhanja. Osnovu materijala čine veziva koja se sastoje od čvrstih smola, plastifikatora te aditiva, a glavna funkcija im je da služe kao „ljepilo“ koje povezuje i drži sve dijelove materijala u jednu kompaktnu cjelinu pružajući im čvrstoću, fleksibilnost i snagu. [2] Nanošenje termoplastike na kolnik prikazano je na slici 8. Termoplastični materijali se prema vrsti korištenog veziva dijele na one bazirane na ugljikovodiku te na alkidne. Veziva na bazi ugljikovodika dobivena su iz nafte derivata dok se alkidna veziva temelje na prirodnim smolama dobivene iz obnovljivih prirodnih resursa (drveta) te ne propuštaju ulja i dizelsko gorivo. Termoplastika temeljena na alkidnim vezivima je u pravilu nešto kvalitetnija u odnosu na termoplastiku s ugljikovodičnim vezivim. [2] Shema procesa izvođenja termoplastike prikazana je na slici 7.



Slika 7. Shema procesa izvođenja termoplastike [signalizacija]

Pigment daje neprozirnost i boju samog materijala, a punila osiguravaju masu i obujam samo materijala te doprinose trajnosti materijala te u maloj mjeri boji samog materijala (kalcijev karbonat, pijesak ili talk - mineral gline). [2]

Glavne karakteristike termoplastike:

- kompaktnost i čvrstoća materijala
- deblji nanos (1 – 3 mm, maksimalno do 6 mm)
- dugi vijek trajanja (između 2 i 4 godine)
- relativno dobra vidljivost u mokrim i kišnim uvjetima
- relativno kratko vrijeme sušenja (oko 10 minuta)
- odlično povezivanje s asfaltnim podlogama
- lošije povezivanje s betonskim podlogama (zahtijeva primjenu „primera“)
- ekološki prihvatljiva (ne sadrže otapala)
- dugotrajnost procesa pripreme te potreba za grijanim sustavom
- ograničenost primjene u hladnijim podnebljima zbog lošega prijanjanja materijala na kolnik pri nižim temperaturama
- viša cijena u odnosu na boje (oko 27 kn po dužnom metru)
- nekompatibilnost s ostalim materijalima [2]



Slika 8. Nanošenje termoplastičnog materijala na kolnik [2]

3.2.2. Hladna plastika

Hladna plastika je vrsta plastičnog materijala za izradu oznaka na kolniku. To je višekomponentni debeloslojni materijal (1-3 mm neprofilirana, max. 6 mm profilirana i strukturirana oznaka). Hladna plastika nastaje miješanjem komponente A koja se sastoji od

smole, punila, pigmenta, aditiva i retroreflektirajućih elemenata te komponente B koja predstavlja učvršćivač. Osnovni element su smole odnosno metil metakrilat monomer čije je zadaća da služi kao „ljepilo“ koje povezuje i drži sve dijelove materijala u jednu kompaktnu cjelinu pružajući im čvrstoću, fleksibilnost i snagu (15 % - 25 % od ukupne mase). Pigmenti kao i kod ostalih materijala daju neprozirnost i boju samog materijala (5 % - 10 %). [2]

Praškasta punila su vrlo važna jer sprječavaju sedimentaciju cjelokupnog punila te omogućavaju dobar „protok“ unutar materijala (15 % - 25 %). Granulasta punila predstavljaju „grublje“, odnosno čestice većih dimenzija čija je osnovna zadaća da povećaju otpornost na klizanje (nakon što je oznaka izvedena) (15 % - 25 %). Aditivi stabiliziraju punila tijekom skladištenja te sprječavaju taloženje materijala (0,1 % - 0,5 %), a najčešće se koriste neobrađeni, amorfni te lagani silikatni prah. S obzirom da je hladna plastika debeloslojni materijal u reaktivnu komponentu se tvorničku ubacuju i retroreflektirajući materijali, odnosno staklene perle, kako bi se osigurala vidljivost oznaka tijekom dužeg vremenskog perioda (15 % i 25 %). [2] Shema procesa izvođenja hladne plastike prikazana je na slici 9.



Slika 9. Shema procesa izvođenja hladne plastike [2]

Druga komponenta (komponenta B) predstavlja učvršćivač koji dolazi u obliku tekućine ili praha te se dodaje prvoj komponenti i s njom se miješa čime se pokreće kemijska reakcija i materijal se ubrzo nakon toga počinje stvrdnjavati. Udio učvršćivača ovisi o proizvođaču materijala te o vremenskim uvjetima prilikom aplikacije. Ukoliko je vanjska temperatura viša potrebna je manja količina učvršćivača dok njegov udio raste ukoliko je vanjska temperatura niža. U pravilu je njegov udio između 2% i 7%. [2] Nanošenje hladne plastike na kolnik prikazano je na slici 10.



Slika 10. Nanošenje hladne plastike na kolnik [2]

Glavne karakteristike hladne plastike:

- kompaktnost i čvrstoća materijala
- deblji nanos (1 – 3 mm, maksimalno do 6 mm)
- dugi vijek trajanja (između 3 i 5 godine)
- dobra vidljivost u mokrim i kišnim uvjetima, naročito profiliranih i strukturiranih oznaka
- duže vrijeme sušenja (20-40 minuta)
- dobro povezivanje sa svim vrstama kolničkih podloga asfaltnim podlogama
- ekološki prihvatljiva (ne sadrže otapala)
- relativno jednostavan način pripreme materijala i izvođenje
- viša cijena u odnosu na boje (oko 27 kn po dužnom metru)
- zapaljiv materijal zbog čega je potrebno pažljivo rukovanje i adekvatno skladištenje
- specifičan miris [2]

3.3. Trake i ostali materijali za izradu oznaka na kolniku

Trake za izradu oznaka na kolniku su tvornički proizvedeni materijali, odnosno oznake na kolniku koje se izvode valjanjem i utiskivanjem u vrući površinski sloj asfalta (In-lane metoda), lijepljenjem na površinu kolnika ili u posebno izgledane utore u kolniku (Onlane metoda). S obzirom na način izvođenja, dijele se na trake za privremene oznake na kolniku i trake za trajne oznake na kolniku. [2]

Trake za trajne oznake na kolniku su trake čiji je vijek trajanja dulji od godinu dana. One se najčešće postavljaju na nove asfaltno kolnike, ali uz posebno lijepilo mogu se postavljati i na

stare asfaltne i betonske površine. Izrađuju se od polimernih ili uretanskih masa, a debljina je između 0,7 i 2,5 mm. Sastoje se od nosivog sloja, ljepila, prijanjajućih čestica, staklenih perli. [2]

Trake za privremene oznake na kolniku se upotrebljavaju prilikom privremenih regulacija prometa. Izvode se overlay metodom i to žutom ili narančastom bojom. Sastoje se od:

- nosivog sloja
- ljepila
- prijanjajući čestica
- staklenih perli
- armaturne mrežice [2]

Prednosti traka kao materijala za izradu oznaka na kolniku su vidljivost, visok koeficijent retrorefleksije, trajnost materijala, optimalna količina perli (postavljaju se tijekom proizvodnje), optimalan stupanj utisnuća u materijal, optimalna povezanost s materijalom, dulji vijek trajanja, prilikom izvođenja nisu potrebni skupi strojevi i oprema. Nedostatak traka kao materijala za izradu oznaka na kolniku je visoka cijena. [2]

Ostali materijali za izvođenje oznaka na kolniku su epoksidna boja, lateks boja, urea, uretan, poliester. [2] Usporedba karakteristika osnovnih materijala za izvođenje oznaka na kolniku prikazana je na slici 11.

Materijal	Cijena	Vijek trajanja	VOC (g/l)	Rizici	Debljina nanosa	Prednosti	Nedostatci
Boja	Niska	Kratko	400–600 (20–35 %)	Zdravstveni i ekološki: visoki Zapaljiv materijal	Mokri film 300–600 µm, Suhi film 200–400 µm	- niska cijena - jednostavnost izvođenja - jednostavnost održavanja opreme	- kratak vijek trajanja - slaba otpornost na UV zračenja - sporo sušenje - visoki ekološki i zdravstveni rizici
Termoplastika	Niska	Dug	<50 (0–1 %)	Umjereni zdravstveni rizici (neugodan miris te visoke temperature pri pripremi materijala); Minimalni ekološki rizici	1000–6000 µm	- dug vijek trajanja s gotovo stalnom razinom retrorefleksije - niski troškovi - jednostavnost primjene	- komplicirana priprema materijala - moguća promjena boje zbog utjecaja asfaltne ulja - neodgovarajuća priprema površine prije primjene može utjecati na kvalitetu materijala - osjetljiv na temperaturu zraka - kraći vijek trajanja kod betonskih podloga
Hladna plastika	Visoka	Dug	<50 (0–1 %)	Umjereni zdravstveni i ekološki rizici; Zapaljiv materijal; Pri skladištenju moguća nekontrolirana polimerizacija	1000–6000 µm	- dug vijek trajanja - ne zahtjeva upotrebu otapala - brzosušiv - odlično prijanjanje na sve kolničke podloge	- cijena - potreba za posebnom i skupom opremom za izvođenje - osjetljiv na vlagu i temperature - rizik od moguće nekontrolirane polimerizacije
Trake	Visoka	Umjeren do dug	<50 (0–1 %)	-	1000–3000 µm	- dugotrajnost - jednostavnost izvođenja i uklanjanja oznaka - visok koeficijent retrorefleksije	- cijena - zahtjeva kvalitetnu pripremu kolničke površine

Slika 11. Usporedba karakteristika osnovnih materijala za izvođenje oznaka na kolniku [2]

4. Metode ispitivanja kvalitete oznaka na kolniku

Glavni cilj ispitivanja je utvrđivanje trenutnog stanja i kvalitete prometne signalizacije, s jedne strane, a s druge strane provođenje kontrole proizvođača i izvođača, odnosno utvrđivanje zadovoljavaju li isti sve propisane zahtjeve kvalitete. Na temelju provedenih ispitivanja i dobivenih podataka upravitelji cesta mogu optimizirati aktivnosti i troškove održavanja prometne signalizacije u svrhu osiguravanja propisanih standarda kvalitete, što u konačnici može imati pozitivan utjecaj na cjelokupnu sigurnost cestovnog prometa. Ispitivanja pogodnosti materijala i sustava označavanja provode se u skladu s hrvatskom i europskom normativom: HRN EN 1436, HRN EN 1423, HRN EN 1424, HRN EN 1790, HRN EN 1871, HRN EN 13197, HRN EN 13212 i HRN 13459. [2]

Ispitivanja kvalitete oznaka na kolniku odnosi se na ispitivanja:

- pogodnosti materijala od kojih se oznake izvode
- kvalitetu staklenih perli koje se koriste kao retroreflektirajući materijal
- kromatičnost boje
- debljinu nanosa materijala
- koeficijent otpornosti na klizanje
- razinu retrorefleksije itd [2]

Vrste ispitivanja oznaka na kolniku:

- Prethodna ili ispitivanja pogodnosti. To su ispitivanja u funkciji dokazivanja pogodnosti sustava označavanja, tj. materijala koji se namjeravaju koristiti za izvođenje oznaka na kolniku, a na temelju predviđenoga tipa oznaka i propisane kvalitete
- Vlastita ili tekuća. Njih provodi izvođač oznaka kako bi utvrdio propisanu kvalitetu materijala i izvođenja radova, a provode se stalno tijekom izvođenja radova.
- Kontrolna. Ona se provode zbog utvrđivanja odgovara li kvaliteta oznaka propisanim zahtjevima
- Dodatna kontrolna ispitivanja. Provode se u slučaju graničnih vrijednosti utvrđenih kontrolnim ispitivanjem gotovih oznaka
- Arbitražna. To je ponavljanje kontrolnoga ispitivanja ukoliko postoji opravdana sumnja da isto nije provedeno na odgovarajući način. Provodi ju ovlaštena pravna osoba koja nije sudjelovala u spornim kontrolnim ispitivanjima ili ona za koju postoji suglasnost objiju strana, a troškove snosi ona strana čiji rezultati kontrolnog ispitivanja nisu u skladu s rezultatima utvrđenima arbitražnim ispitivanjem
- Ispitivanja prije isteka jamstva koja se provode zbog usporedbe sukladnosti ugovorene i ostvarene kvalitete izvedenih oznaka, a provode se najkasnije četiri tjedna prije isteka jamstva [2]

Što se tiče ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku postoje dvije metode i to:

- metoda statičkog ispitivanja refleksije oznaka na kolniku – ispitivanje i dnevne i noćne vidljivosti oznaka
- metoda dinamičkog ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku – ispitivanje samo noćne vidljivosti na kolniku [2]

Osnovna razlika između statičkog i dinamičkog ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku je način provođenja ispitivanja i količina prikupljenih podataka. [2] U ovom diplomskom radu opisan će se princip oba načina, ali će se detaljno proučavati samo rezultati dinamičkih ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku.

4.1. Čimbenici kvalitete oznaka na kolniku

Svi vozači reagiraju vanjske podražaje za vrijeme vožnje. Zapravo, 90% vozačevih odluka bazira se na osjetu vida, odnosno na informacijama zaprimljenim preko tog osjeta. Kako prosječna starost stanovništva raste tako vremenom raste i važnost kvalitete vidljivosti cestovne infrastrukture i oznaka na kolniku. Obzirom da raste put reakcije i da se smanjuje percepcija vida prosječnog vozača na oznake na kolniku raste i potreba za povećanjem kvalitete retrorefleksije oznaka na kolniku. [3]

Kod oznaka na kolniku koristi se isključivo sferična retrorefleksija jer da bi prizme mogle „okrenuti” i vratiti svjetlost nazad prema izvoru, one moraju biti postavljene na specifičan način. U većini slučajeva oznake se izvode strojno u različitim uvjetima na terenu te je nemoguće osigurati pravilno postavljanje prizmi na oznake. A sferične će perle, kako god da se postavljaju na oznake, omogućiti ostvarivanje retrorefleksije. [2]

Na vidljivost oznaka, posebno u uvjetima smanjene vidljivosti, izravno utječe kvaliteta i količina retroreflektirajućih materijala (staklenih perli). Kvaliteta staklenih perli ovisi o njihovoj granulaciji, indeksu loma, okruglosti i čistoći te kemijskom premazu koji omogućava čvršće povezivanje perla s materijalom od kojega je oznaka izvedena. S gledišta staklenih perla vidljivost oznaka na kolniku ovisi o stupnju utiskivanja staklenih perla, gustoći perla na površini materijala, načinu raspodjele perla po površini oznake itd. [4]

Kvaliteta retrorefleksije oznaka na kolniku ovisi o nizu čimbenika:

- kvaliteti retroreflektirajućih materijala
- količini retroreflektirajućih materijala (staklenih perli po m²)
- stupnju utiskivanja retroreflektirajućih materijala
- gustoći retroreflektirajućeg materijala na površini materijala oznake
- načinu raspodjele retroreflektirajućeg materijala po površini oznake
- odnosu između veličine retroreflektirajućeg materijala i debljine sloja oznake
- viskozitetu (ljepljivosti) materijala oznake
- uvjetima okoline (vrijeme, stanje na cesti) [2]

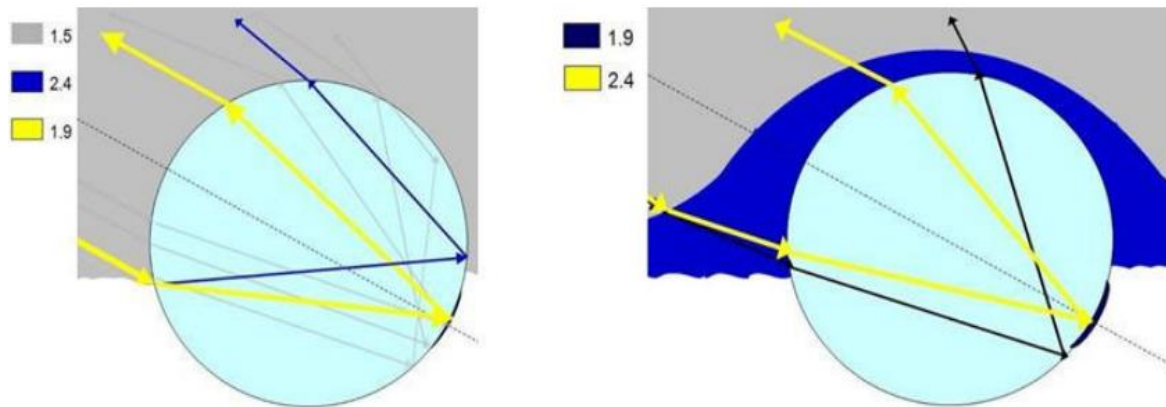
Kvaliteta staklenih perli ovisi i o:

- indeksu loma
- granulaciji
- okruglosti
- boji i čistoći
- kemijskom premazu [2]

Indeks loma predstavlja omjer brzine svjetlosti u vakuumu i brzine svjetlosti u tvari, a određuje koliko će se svjetlost slomiti te gdje će se ta svjetlost fokusirati te ovisi o kemijskom sastavu perle. Staklene perle se dijele u tri klase i to:

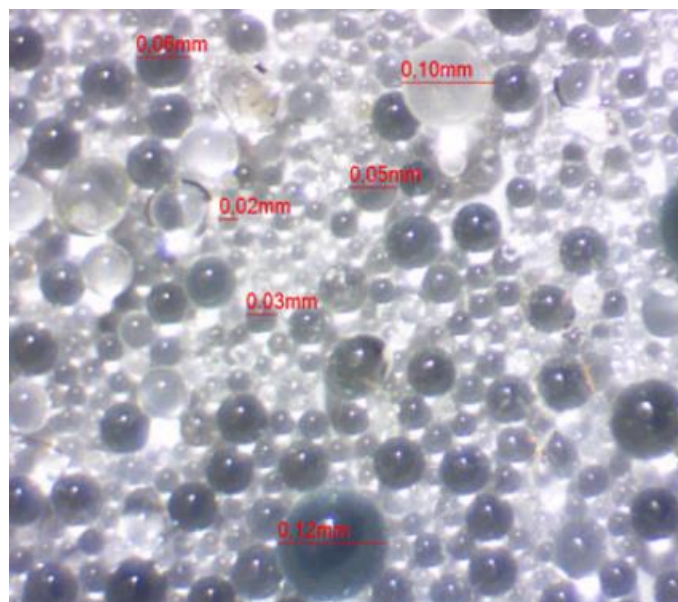
- klasa A = $RI \geq 1,5$
- klasa B = $RI \geq 1,7$
- klasa C = $RI \geq 1,9$ [2]

Perle klase A izrađene su od recikliranog drobljenog prozorskog stakla, a perle klase B i C izrađene su od čistog stakla. U suhim uvjetima najveća se optička učinkovitost postiže indeksom loma koji iznosi 1,9 dok u mokrim i kišnim uvjetima, staklene perle većeg indeksa loma vraćaju više svjetlosti nazad prema izvoru. Obzirom na to, za optimalnu učinkovitost potrebna je kombinacija perli različitih indeksa loma kako bi se osigurala što veća snaga retrorefleksije pri svim uvjetima [2]



Slika 12. Slika loma u suhim i mokrim uvjetima [2]

Što se tiče granulacije u praksi se najčešće miješaju različite granulacije staklenih perli kako bi se postigla zadovoljavajuća retrorefleksija u različitim uvjetima obzirom na to da različite granulacije drugačije djeluju u raznim vremenskim uvjetima (suhi i mokr kolnik, slika 12.) te kako bi se refleksija održavala tijekom dužeg vremenskog perioda. Staklene perle većih granulacija najčešće se koriste za Tip II oznake, odnosno za oznake s povećanom sposobnosti retrorefleksije u mokrim i kišnim uvjetima. [4] Mješavina različitih granulacija perli prikazana je na slici 13.



Slika 13. Prikaz mješavine različitih granulacija perli [2]

Okruglost definira koliko staklena perla odstupa od savršene sfere. Uobičajena okruglost staklenih perli kreće od 70 % pa do preko 95 %. Što je okruglost perle veća to je retrorefleksija veća. [2]

Pod bojom i čistoćom kao uvjetu kvalitete staklenih perli podrazumijeva se izostanak bilo kakvih čestica, zračnih balončića, maglice, oštećenja i sl. na perli ili u samoj perli. Boja i čistoća perle ovise o kvaliteti sirovine, proizvodnom procesu i tehnologiji proizvođača. Što je staklena perla prozirnija to je njena retrorefleksija bolja, a time i bolja kvaliteta. [2]

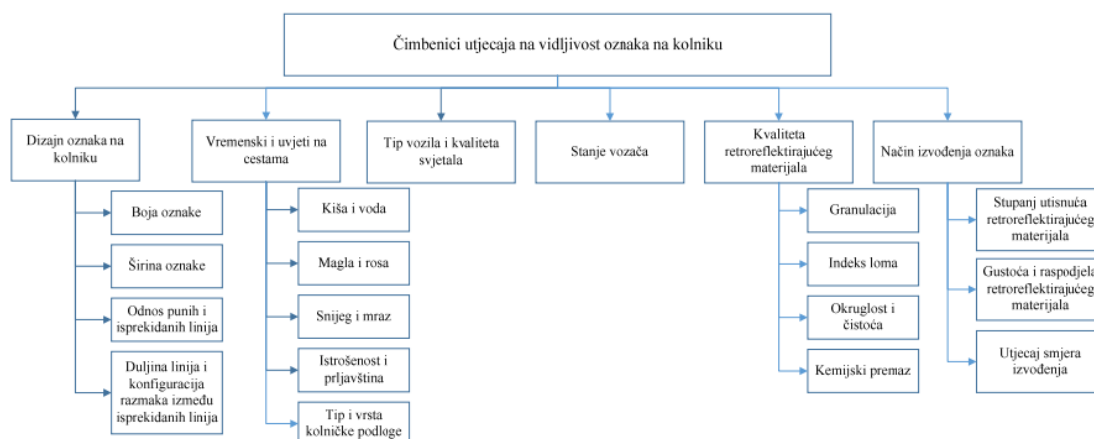
Kako bi se osiguralo bolje prianjanje perli u materijal premazuju se različitim kemijskim premazima. Tri osnovna premaza su:

- premaz koji povećava otpornost na vlagu
- premaz koji osigurava optimalan stupanj utiskivanja perli u materijal oznake
- premaz koji sprječava potonuće perli u materijal [2]

Prvi premaz najčešće se koristi za oznake koje se izvode u vlažnim područjima gdje se pri izvođenju perle mogu „zgrudati” zbog vlage. Tim premazom se umanjuju poteškoće pri izvođenju, skladištenju oznaka, ali se ne povećava vidljivost u noćnim uvjetima. Drugi kemijski premaz se koristi za optimalan stupanj utiskivanja perle u materijal te da učvršćuju fizičku vezu između materijala i perli što dovodi do značajno veće retrorefleksije i duže trajnosti oznaka. Treći kemijski premaz i najčešće korišteni omogućuje da staklene perle, neovisno o tome kojih su granulacija, „plutaju” na površini oznake pri izvođenju umjesto da potonu u materijal. Trećim premazom se povećava retrorefleksija s obzirom na to da su sve perle na površini i reflektiraju, ali oznake s takvim perlama će biti kraćega trajanja iz razloga što ispod površine nema perli. [2]

Na kvalitetu oznaka na kolniku utječu i stupanj utisnuća perli u materijal i gustoća i način raspodjele perli po oznaci. Optimalno utisnuće perli kreće se između 50 i 60 % volumena perle. Nedovoljno utisnute perle nemaju dovoljno jaku povezanost s materijalom dok preutisnute perle smanjuju inicijalne retrorefleksije, ali zato imaju duži vijek trajanja. Nemoguće osigurati optimalno utisnuće svih perli. Gustoća raspodjele perli označava postotak površine staklenih perla iznad materijala oznake. Na gustoću i način raspodjele utječe:

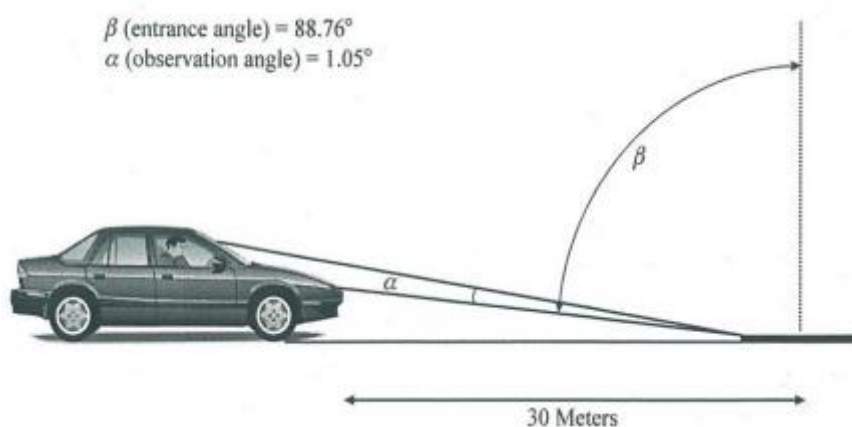
- visina pištolja za nanošenje materijala i perli
- razmak između pištolja
- vanjski uvjeti
- viskozitet materijala [2]



Slika 14. Čimbenici utjecaja na vidljivost oznaka na kolniku [2]

Vremenski uvjeti i uvjeti na cestama također utječu na vidljivost, a najznačajniji među njima su kiša i voda, magla i rosa, snijeg i mraz, istrošenost i prljavština, tip i vrsta kolničke podloge (Slika14.). [2]

Na vidljivost oznaka utječe i tip vozila s obzirom na to da se mijenja geometrija gledanja (Slika 15.). Upadni je kut svjetala na oznaku uvjetovan visinom svjetala vozila, dok kut promatranja osim o visini svjetala ovisi i o visini sjedišta vozača. [3]



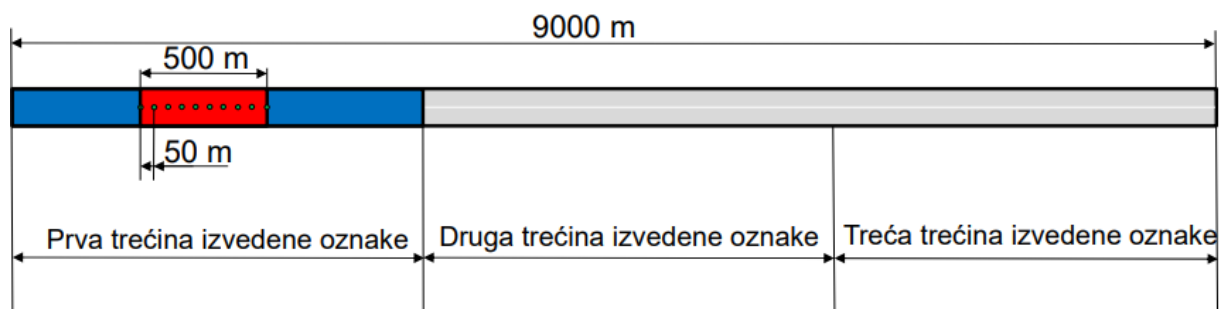
Slika 15. Kutovi promatranja kod osobnog vozila [5]

4.2. Statičko ispitivanje retrorefleksije oznaka na kolniku

Statička metoda ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku podrazumijeva primjenu ručnih retroreflektometara (Slika 17.) koji se pozicioniraju na oznaku te mjere dnevnu i noćnu vidljivost oznaka. U RH statička se ispitivanja oznaka izvode u skladu s normom HRN EN 1436: Materijali za oznake na kolniku – značajke nužne za korisnike ceste. [6]

Kao što je već navedeno, statičkim ispitivanjem se ispituje i dnevna (Qd) i noćna vidljivost (RL) oznaka na kolniku. Što se tiče dnevne vidljivosti ona opisuje difuzno raspršeno svjetlo koje promatrač prima na udaljenosti od otprilike 30 m i pod kutom od $2,29^\circ$. Dok noćna vidljivost opisuje retrorefleksiju zraka svjetla od ispitane površine pod kutom od $2,29^\circ$, a kutom ulaznog svjetla od $1,24^\circ$ na udaljenosti od otprilike 30 m od kratkih svjetala. [signalizacija]. Ispitivanje se provodi na staromodan način s ručnim uređajem, odnosno retroreflektorom. Postoje dvije metode statičkog ispitivanja i to su „Kentucky“ metoda i ZTV MO2 metoda.

Pri ispitivanju „Kentucky“ metodom dionica koja se ispituje se podijeli na 3 jednaka dijela te se u prvoj trećini uzme kraća dionica od 500 metara na kojoj se vrši ispitivanje. Unutar tih 500 metara određuje se 10 točki (svakih 50 metara). Za svaku točku se uzima najmanje po 3, a do 5 mjerenja po točki te se nakon toga uzima prosjek mjerenja svih odsječaka ispitivanja. Ispitivanje „Kentucky“ metodom vrši se 15-60 dana nakon izvođenja oznaka (Slika 16.).



Slika 16. Točke ispitivanja po „Kentucky“ metodi [2]

Nedostatak je ovoga načina ispitivanja činjenica da se ispitivanja provode samo u prvoj trećini izvedene dionice što otvara mogućnost pogrešne evaluacije kvalitete izvedene oznake, a time i narušavanja sigurnosti prometa. [4]



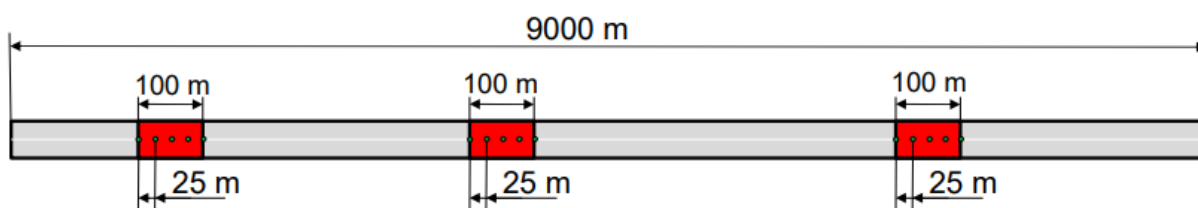
Slika 17. Uređaj za mjerenje retrorefleksije po statičkim metodama [2]

Kod ZTV MO2 metode ispitivanje se, kao i kod Kentucky metode, vrši 15-60 dana nakon izvođenja oznaka. Broj ispitnih odsječaka određuje se po dnevnom učinku izvođača oznaka, a ovisno uvjetima navedenim u tablici 4.

Tablica 4. Uvjeti određivanja broja ispitnih odsječaka po ZTV MO2 [Izradio autor]

Duljina uzdužnih oznaka po	Duljina ostalih oznaka po	Br mjerenih odsječak
< 1	< 120	1
od 1 do 5	120 do 600	2
> 5 do 10	> 600 do 1200	3
> 10	> 1200	4

Kod punih uzdužnih oznaka mjerne točke se raspoređuju na 100 m u jednakim razmacima (svakih 25 m), a kod isprekidanih sredina svake druge pune linije. Unutar svakog odsječka bira se pet mjernih točaka (Slika 18.). Najveća prednost ovog tipa ispitivanja je ravnomjerna raspodjela ispitivanja duž cijele dionice. [2]

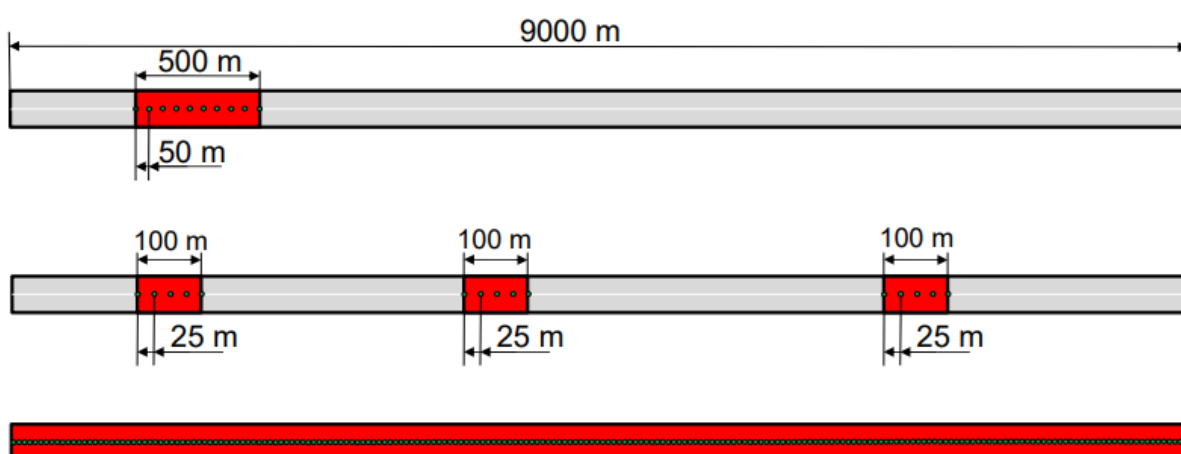


Slika 18. Točke ispitivanja po ZTV MO 2 metodi [2]

4.3. Dinamičko ispitivanje retrorefleksije oznaka na kolniku

Dinamička metoda ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku podrazumijeva ispitivanje isključivo noćne vidljivosti odnosno retrorefleksije dinamičkim mjernim uređajem u cijeloj njihovoj dužini. Mjerni se uređaj postavlja na mjerno vozilo s lijeve ili s desne strane, ovisno o tomu ispituje li se razdjelna ili rubna linija te tako omogućava stalno mjerenje noćne vidljivosti (RL) oznaka tijekom vožnje. [4]

Kao što je već navedeno, princip mjerenja je isti kao kod statičkih uređaja (kod mjerenja noćne vidljivosti) - uređaj mjeri retrorefleksiju svjetleće zrake od ispitane površine pod kutom od $2,29^\circ$, kutom ulaznog svjetla od $1,24^\circ$ i pri udaljenosti 30 m kod kratkih svjetala. [2]



Slika 19. Usporedba statičkih s dinamičkim načinom mjerenja [2]

Prije početka mjerenja potrebno je postaviti mjernu glavu i pričvrstiti, uređaj (slika 20.) kalibrirati i odabrati duljinu mjernog intervala za dobivanje prosječnih vrijednosti. Kretanjem vozila mjerna glava emitira zraku svjetlosti koja se tijekom vožnje kreće po oznaci koja se mjeri te refleksijom zrake senzor na mjernoj glavi ju pretvara u mjerljivi signal. [2] Mjerenje se vrši tako da se mjerno vozilo kreće po kolniku te očitava koeficijent retrorefleksije oznaka na kolniku uz koje se kreće svakih dviju milisekunda. Prije samoga provođenja ispitivanja potrebno je odabrati duljinu mjernoga intervala za koju će uređaj izračunavati prosječne vrijednosti retrorefleksije. Drugim riječima, ukoliko se postavi duljina mjernoga intervala od 100 m, to znači da će uređaj tijekom ispitivanja određene dionice na svakih 100 m bilježiti prosječnu vrijednost retrorefleksije (Slika 19.). Osim koeficijenta retrorefleksije uređaj dodatno bilježi i temperaturu, vlažnost, brzinu vožnje, GPS koordinate te slike i glasovne datoteke. [4]



Slika 20. Uređaj za dinamičko mjerenje postavljen na vozilu za dinamička mjerenja [2]

Podaci se prikupljaju očitavanjem vrijednosti retrorefleksije oznaka svake dvije milisekunde te se na taj način dobiju prosječne vrijednosti pojedine mjerne dionice u odnosu na postavljeni interval. [2] Prednosti i nedostaci statičkih i dinamičkog ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku prikazani su u tablici 5.

Osim podataka o kvaliteti oznaka, dobiju se i podaci o:

- temperaturi
- vlažnosti
- brzini vožnje
- GPS koordinate [2]

Tablica 5. Prednosti i nedostaci statičkih i dinamičkog mjerenja retrorefleksije oznaka na kolniku [izradio autor]

Metoda	Prednosti	Nedostatci
"Kentucky"	mjerenje dnevne i noćne vidljivosti oznaka, relativno brzo obavljanje mjerenja	mogućnost mjeriteljeva utjecaja na rezultate, ispituje se samo prva trećina izvedene dionice što može uzrokovati pogrešnu evaluaciju kvalitete oznake na cijeloj dionici
ZTV M13	mjerenje dnevne i noćne vidljivosti oznaka, sadrži više ispitnih odsječaka duž cijele dionice što omogućuje objektivniju evaluaciju kvalitete oznake u odnosu na "Kentucky" metodu	mogućnost mjeriteljeva utjecaja na rezultate, mjerni se odsjeci odabiru na temelju slučajnog odabira
Dinamička	mjerenje noćne vidljivosti duž cijele dionice cete, veća sigurnost mjerenja tijekom ispitivanja i neometanje odvijanja prometa tijekom ispitivanja	ne mjeri se vidljivost po danu, visoki troškovi nabave i održavanja opreme za mjerenje

5. Rezultati ispitivanja oznaka na kolniku

U daljnjem dijelu rada prikazati će se rezultati dinamičkog ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku nakon čega će se provesti analiza rezultata. Obzirom na različite uvjete na cestama u Republici Hrvatskoj, tipu ceste i na različitost terena kojima prolaze prikazivat i analizirat će se rezultati iz više različitih dijelova RH te će se analizirane ceste podijeliti u 4 skupine i to:

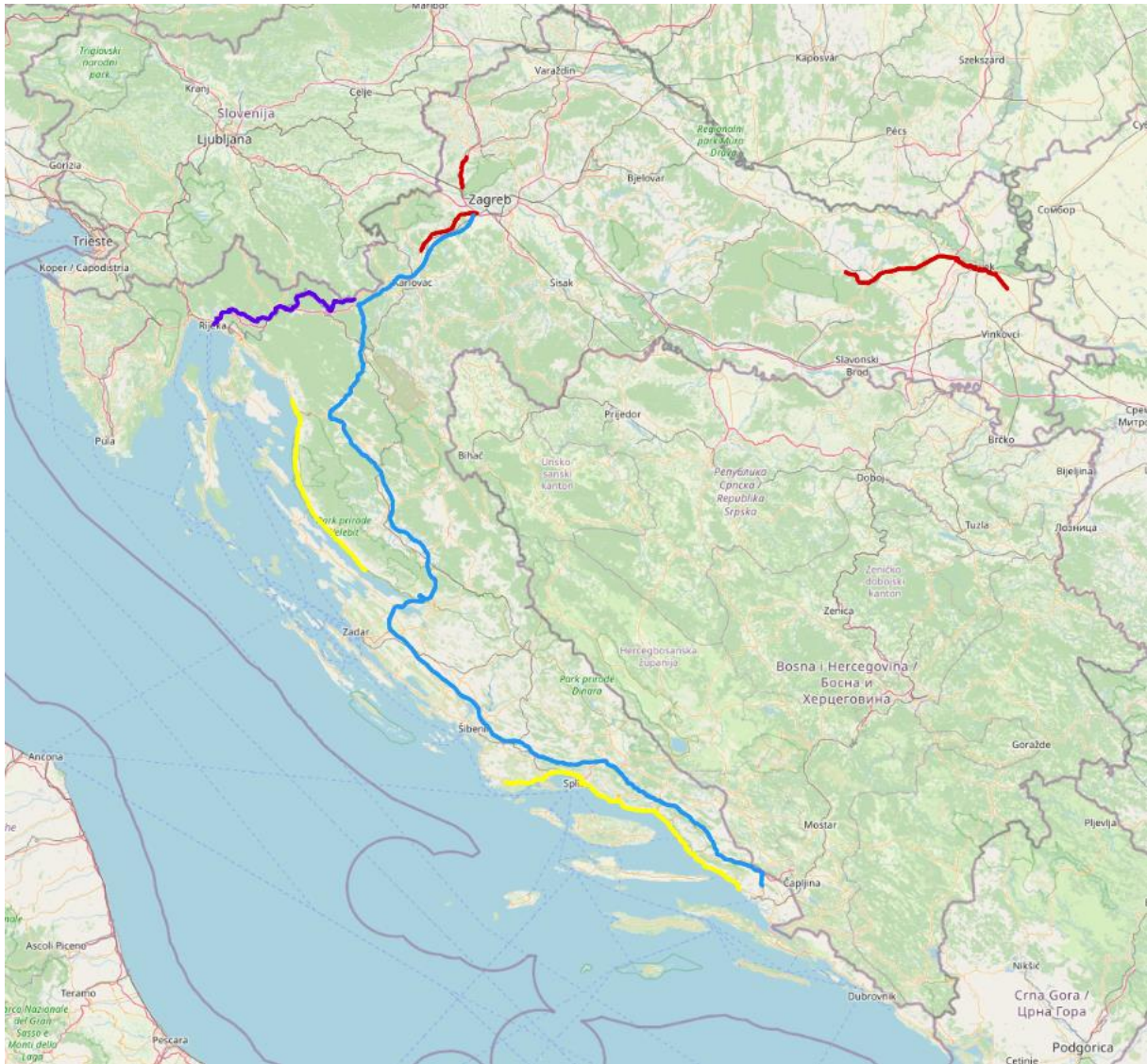
- Autoceste
- Ceste u primorskoj Hrvatskoj
- Ceste u gorskoj Hrvatskoj
- Ceste u nizinskoj Hrvatskoj

Što se tiče autocesta u ovom radu analizirat i opisivat će se rezultati dinamičkog ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku na dvije dionice na cesti A1 i to TJ Perušić i TJ Split (Slika 21.).

Za primorsku Hrvatsku, obzirom na teren i na različitost količine prometa, odabrane su dvije ceste uz more i to DC8 u Ličko-senjskoj županiji i DC8 u Splitsko-dalmatinskoj županiji (Slika 21.).

Obzirom na teren u gorskoj Hrvatskoj te klimatske uvjete i uvjete održavanja cesta za analizu dinamičkog ispitivanja retrorefleksije posebno su odabran je dio ceste DC3 koji prolazi kroz Primorsko-goransku županiju (Slika 21.).

Također, u radu će u posebnu kategoriju biti svrstane ceste u nizinskoj Hrvatskoj. Obzirom na količinu prometa oko grada Zagreba u obzir će se uzeti dio DC1 koji prolazi kroz Grad Zagreb i Zagrebačku županiju. Osim navedene ceste u okolici Zagreba, radi rasprostranjenosti nizinske Hrvatske te raznolikosti uvjeta na raznim cestama i radi kvalitetnije izrade analize utjecaja dinamičkog ispitivanja retrorefleksija na kolniku na njihovu kvalitetu analizirat će se i dio DC2 koji prolazi Osječko-baranjskom županijom (Slika 21.).



Slika 21. Ceste odabrane za analizu dinamičkog ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku [izradio autor]

Na temelju dosadašnjih znanstvenih istraživanja zaključeno je kako minimalna subjektivna razina retrorefleksije koja je potrebna vozačima za sigurnu percepciju geometrije ceste u uvjetima smanjene vidljivosti iznosi između 100 i 150 mcd/lx/m² u suhim uvjetima. [4]

Smjernicama i tehničkim uvjetima za izvođenje radova na obnavljanju oznaka na kolniku koje su propisale Hrvatske ceste d.o.o. definirane su minimalne vrijednosti dnevne i noćne vidljivosti za obnovljene oznake u suhim uvjetima (TIP I) te noćne vidljivosti u mokrim uvjetima (TIP II) na državnim cestama u RH. [Babić, doktorski] Propisane vrijednosti definirane su u tablicama ispod (tablice 6. i 7.).

Tablica 6. Minimalne vrijednosti propisane za obnovljene oznake na cestama gdje je PGDP<10000 vozila [Izradio autor]

PGDP < 10.000 vozila (oznake TIP I) za obnovljene oznake		
Vidljivost i stanje kolnika	Minimalna vrijednost retrorefleksije (mcd/lx/m ²)	Vrijednosni interval (mcd/lx/m ²)
Noća vidljivost (suhi kolnik)	$RL \geq 200$	$180 \leq RL \leq 220$
Dnevna vidljivost (suhi kolnik)	$Qd \geq 130$	$110 \leq Qd \leq 150$

Tablica 7. Minimalne vrijednosti propisane za obnovljene oznake na cestama gdje je PGDP>10000 vozila [Izradio autor]

PGDP > 10.000 vozila (oznake TIP II) za obnovljene oznake		
Vidljivost i stanje kolnika	Minimalna vrijednost retrorefleksije (mcd/lx/m ²)	Vrijednosni interval (mcd/lx/m ²)
Noćna vidljivost (suhi kolnik)	$RL \geq 300$	$270 \leq RL \leq 330$
Noćna vidljivost (vlažan kolnik)	$RL \geq 35$	$30 \leq RL \leq 40$
Dnevna vidljivost (suhi kolnik)	$Qd \geq 160$	$140 \leq Qd \leq 180$

Osim minimalnih vrijednosti koje obnovljene oznake na kolniku moraju zadovoljiti, smjericama i tehničkim uvjetima definirane su i minimalne vrijednosti vidljivosti oznaka u postojećem stanju. [4]

Ukoliko postojeće oznake ne zadovoljavaju uvjete koje su propisale Hrvatske ceste d.o.o., oznake se moraju ponovno obnoviti. Propisane vrijednosti za postojeće oznake definirane su u tablicama ispod (tablice 8. i 9.)

Tablica 8. Minimalne vrijednosti propisane za postojeće oznake na cestama gdje je PGDP<10000 vozila [Izradio autor]

PGDP < 10.000 vozila (oznake TIP I) za postojeće oznake		
Vidljivost i stanje kolnika	Minimalna vrijednost retrorefleksije (mcd/lx/m ²)	Vrijednosni interval (mcd/lx/m ²)
Noća vidljivost (suhi kolnik)	$RL \geq 100$	$90 \leq RL \leq 110$
Dnevna vidljivost (suhi kolnik)	$Qd \geq 100$	$90 \leq Qd \leq 110$

Tablica 9. Minimalne vrijednosti propisane za postojeće oznake na cestama gdje je PGDP>10000 vozila [Izradio autor]

PGDP > 10.000 vozila (oznake TIP II) za postojeće oznake		
Vidljivost i stanje kolnika	Minimalna vrijednost retrorefleksije (mcd/lx/m ²)	Vrijednosni interval (mcd/lx/m ²)
Noćna vidljivost (suhi kolnik)	$RL \geq 150$	$130 \leq RL \leq 170$
Noćna vidljivost (vlažan kolnik)	$RL \geq 35$	$30 \leq RL \leq 40$
Dnevna vidljivost (suhi kolnik)	$Qd \geq 130$	$110 \leq Qd \leq 150$

Dinamička ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku za Hrvatske ceste i Hrvatske autoceste od 2010. godine provodi Zavod za prometnu signalizaciju s Fakulteta prometnih znanosti sveučilišta u Zagrebu u suradnji s Hrvatskim cestama d.o.o., a kasnije se u posao ispitivanja uz Zavod za prometnu signalizaciju uključuje i Smartview d.o.o. iz Zagreba. U sljedećim poglavljima i potpoglavljima opisivat će se rezultati i analiza ispitivanja rezultata mjerenja određenih cesta i autocesta.

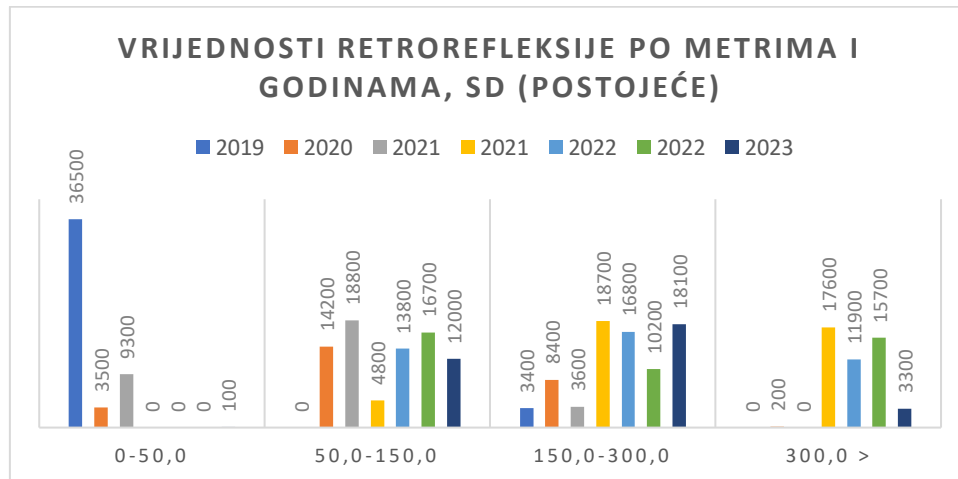
5.1. Rezultati ispitivanja oznaka na kolniku na autocestama

Kao što je već navedeno, za analizu dinamičkog ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku odabrane su 2 dionice hrvatskih autocesta obzirom na teren i utjecaje prometa i okoline. Od toga je od autocesta u gorskoj hrvatskoj izabran dio A1 koji spada pod tehničku jedinicu Perušić dok je u primorskoj Hrvatskoj izabran dio A1 koji spada pod tehničku jedinicu Split.

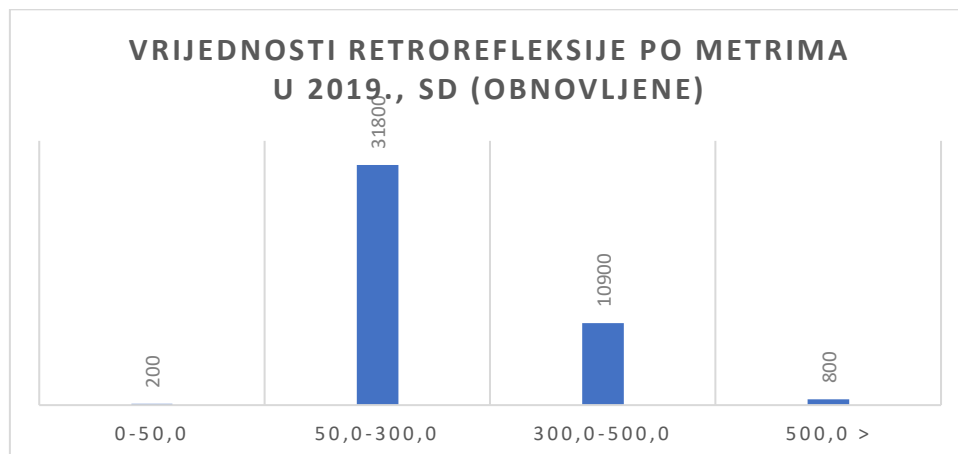
Obzirom na to da po Pravilniku o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama oznake na kolniku na autocestama moraju biti izvedene kao oznake tipa 2, statistika dinamičkog ispitivanja svih oznaka na kolniku na autocestama od 2019. pa nadalje rađena je i analizirana po uvjetima prilagođenim za oznake tipa 2 uključujući i propisani minimum razine retrorefleksije za oznake tipa 2.

Prve oznake na autocestama čiji će se rezultati dinamičkog ispitivanja analizirati su oznake na kolniku autoceste A1 tehničke jedinice Perušić u smjeru Ploča. Analizirati će se rezultati ispitivanja središnje desne trake (SD), rubne desne pretjecajne trake (RDP) i rubne desne vozne trake (RDV). Sve tri analizirane trake su mjerene osam puta u razdoblju od 2019. do 2023. godine i to sedam puta kao postojeće (grafikon 1.) i jednom kao obnovljene. 2019. godine mjerene su dva puta i to jednom kao postojeće i drugi put kao obnovljene oznake. 2020. i 2023. godine oznake su mjerene po jednom kao postojeće oznake i 2021. i 2022. godine su mjerene po dva puta kao postojeće oznake. Oznake su do 2021. bile izvođene kao oznake tipa 1, a 2021. su se počele izvoditi kao oznake tipa 2. Srednja desna linija kao obnovljene oznake

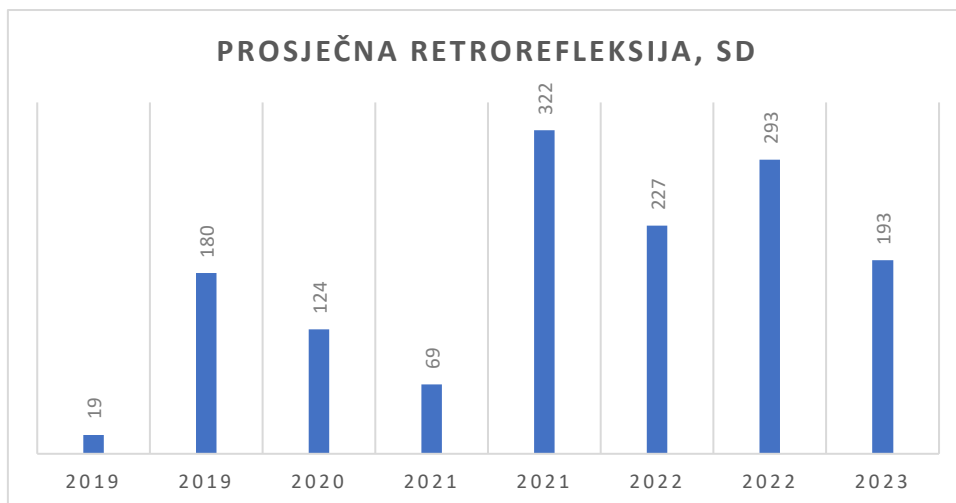
mjerena je 2019. godine kada većina dužine linije, čak 72,8 % dužine, ne zadovoljava propisani minimum za obnovljene oznake tipa 2 (>300 mcd/lx/m²). Osim tog ispitivanja, niti jedna prosječna vrijednost do drugog ispitivanja 2021. godine nije zadovoljavala propisani minimum razine retrorefleksije (grafikon 2.), dok su od drugog ispitivanja 2021. godine prosječne vrijednosti počele zadovoljavati propisani minimum (grafikon 3.).



Grafikon 1. Vrijednosti retrorefleksije postojeće srednje desne trake na A1, TJ Perušić po metrima i godinama [izradio autor]

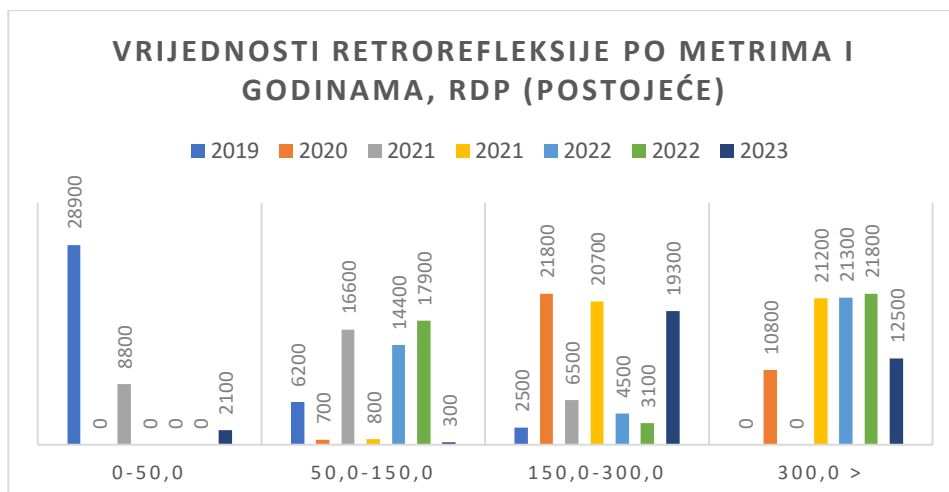


Grafikon 2. Vrijednosti retrorefleksije obnovljene srednje desne trake na A1, TJ Perušić po metrima 2019. godine [izradio autor]

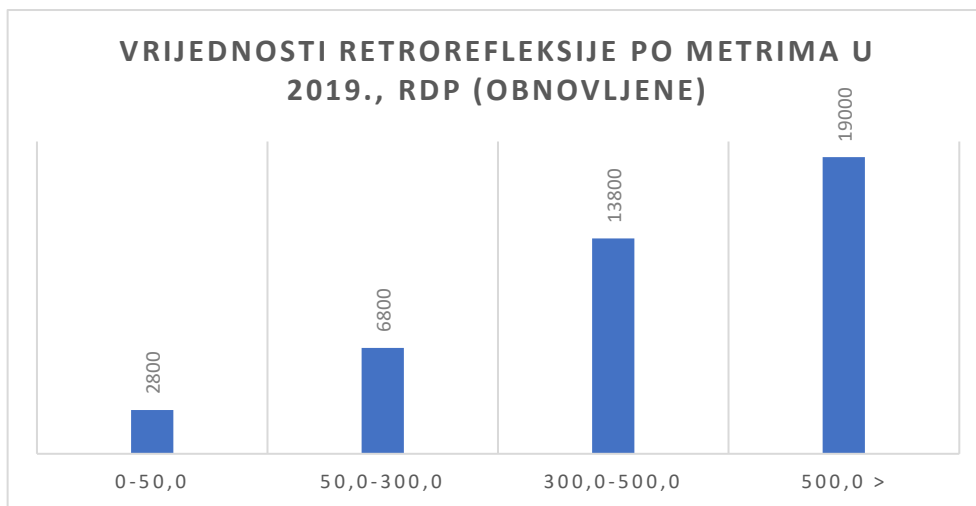


Grafikon 3. Vrijednosti prosječne retrorefleksije srednje desne trake na A1, TJ Perušić po godinama [izradio autor]

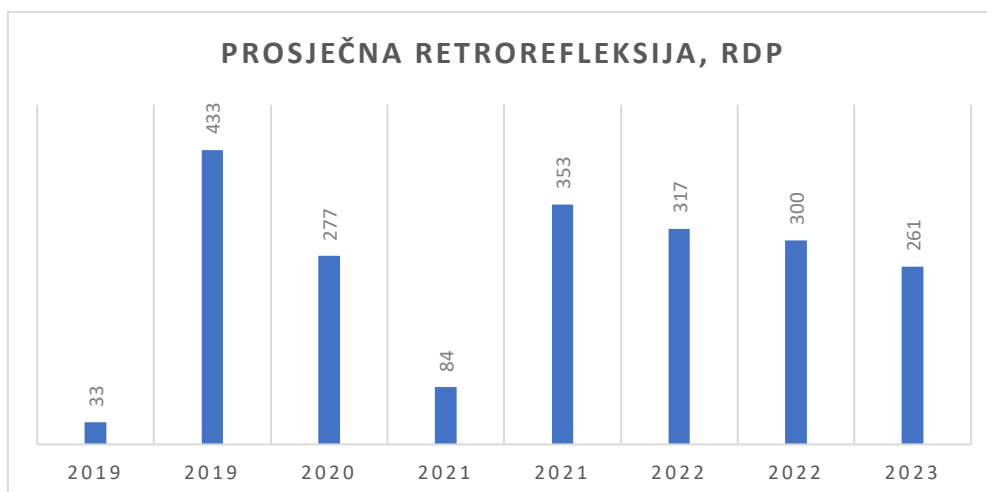
Vrijednosti ispitivanja rubne desne pretjecajne oznake 2019. godine (grafikon 5.) velikom većinom svoje dužine (76,6 %) zadovoljavaju propisanu minimalnu razinu retrorefleksije za obnovljene oznake tipa 2. To mjerenje ujedno pokazuje i najveću prosječnu razinu retrorefleksije od svih analiziranih mjerenja rubne desne pretjecajne trake na toj relaciji (grafikon 6.). Osim prvih mjerenja 2019. i 2021. godine, prosječne vrijednosti svih mjerenja zadovoljile su propisanu minimalnu razinu retrorefleksije. Vrijednosti retrorefleksije na ispitivanjima po metrima prikazane su na grafikonu 4.



Grafikon 4. Vrijednosti retrorefleksije postojeće rubne desne pretjecajne trake na A1, TJ Perušić po metrima i godinama [izradio autor]

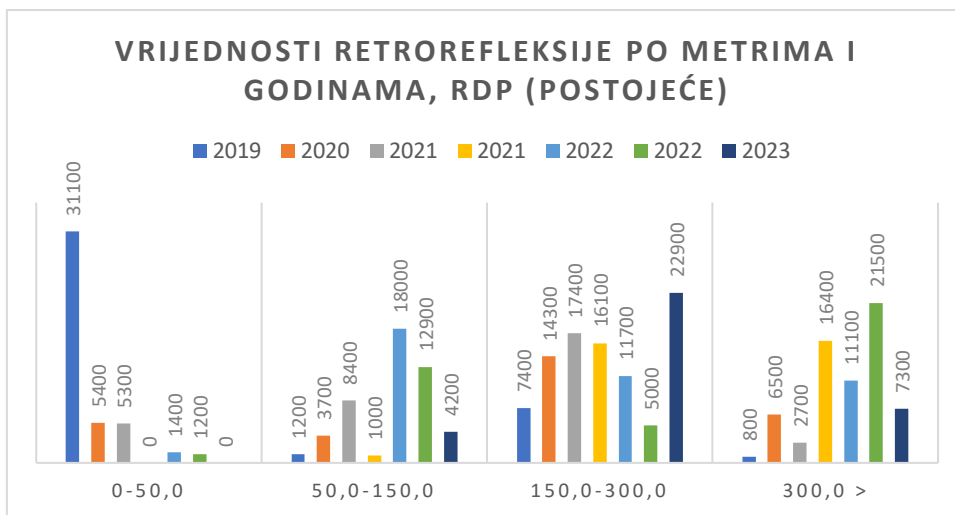


Grafikon 5. Vrijednosti retrorefleksije obnovljene rubne desne pretjecajne trake na A1, TJ Perušić po metrima 2019. godine [izradio autor]

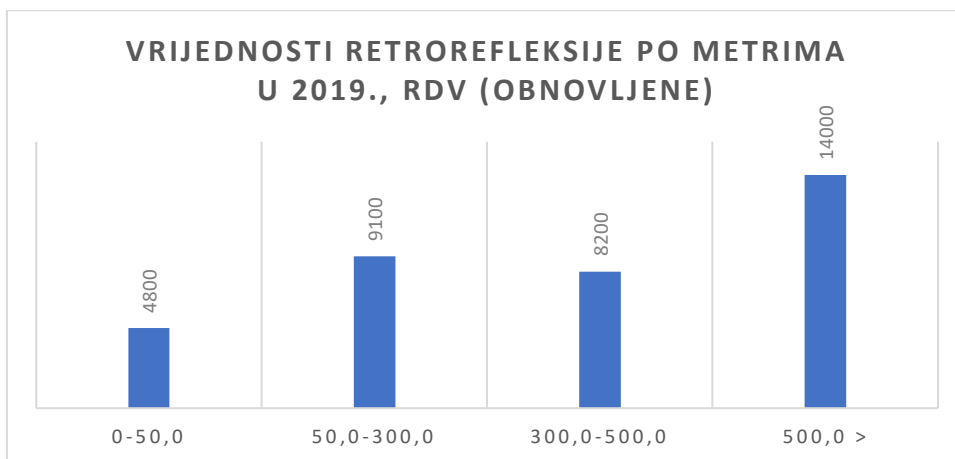


Grafikon 6. Vrijednosti prosječne retrorefleksije rubne desne pretjecajne trake na A1, TJ Perušić po godinama [izradio autor]

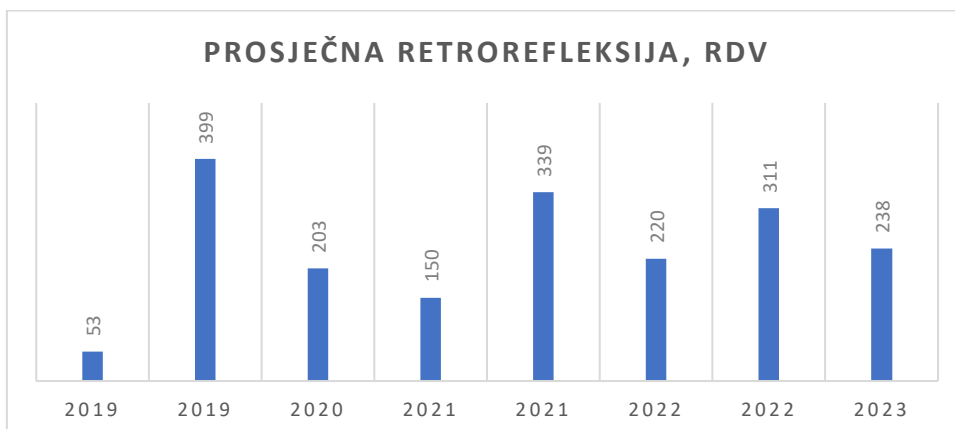
Rezultati ispitivanja rubne desne vozne trake slični su rezultatima ispitivanja rubne desne pretjecajne trake. Vrijednosti ispitivanja rubne desne vozne oznake 2019. godine (grafikon 8.) većinom svoje dužine (51,7 %) zadovoljavaju propisanu minimalnu razinu retrorefleksije za obnovljene oznake tipa 2 i to mjerenje također pokazuje i najveću prosječnu razinu retrorefleksije (grafikon 9.) od svih analiziranih mjerenja rubne desne vozne trake na toj relaciji. Osim prvog mjerenja 2019. godine, prosječne vrijednosti svih mjerenja zadovoljile su propisanu minimalnu razinu retrorefleksije. Vrijednosti retrorefleksije na ispitivanjima po metrima prikazane su na grafikonu 7.



Grafikon 7. Vrijednosti retrorefleksije postojeće rubne desne vozne trake na A1, TJ Perušić po metrima i godinama [izradio autor]

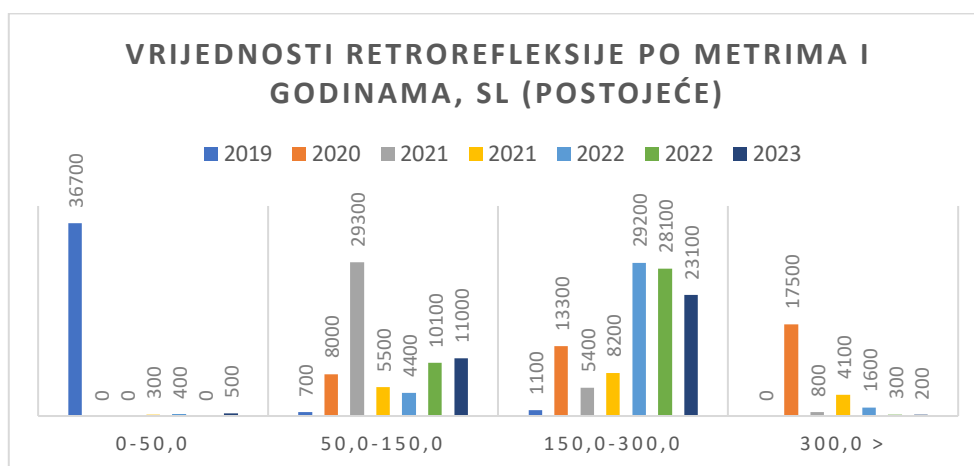


Grafikon 8. Vrijednosti retrorefleksije obnovljene rubne desne vozne trake na A1, TJ Perušić po metrima 2019. godine [izradio autor]

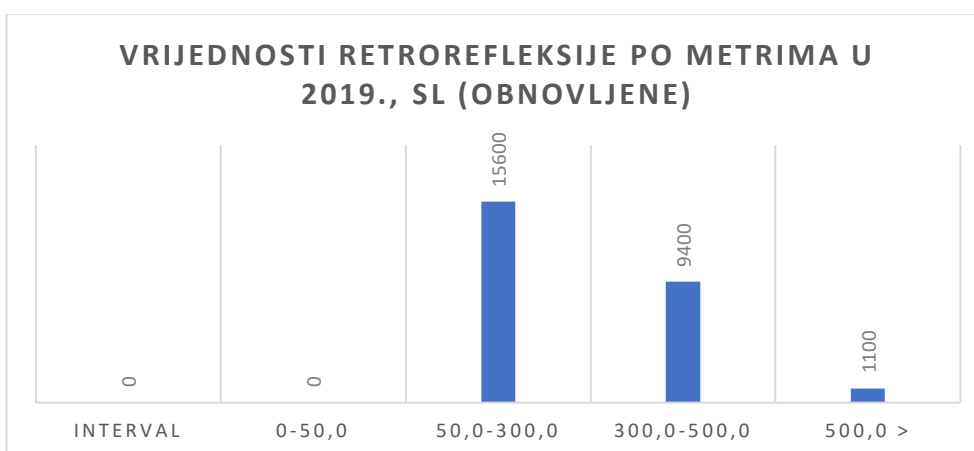


Grafikon 9. Vrijednosti prosječne retrorefleksije rubne desne vozne trake na A1, TJ Perušić po godinama [izradio autor]

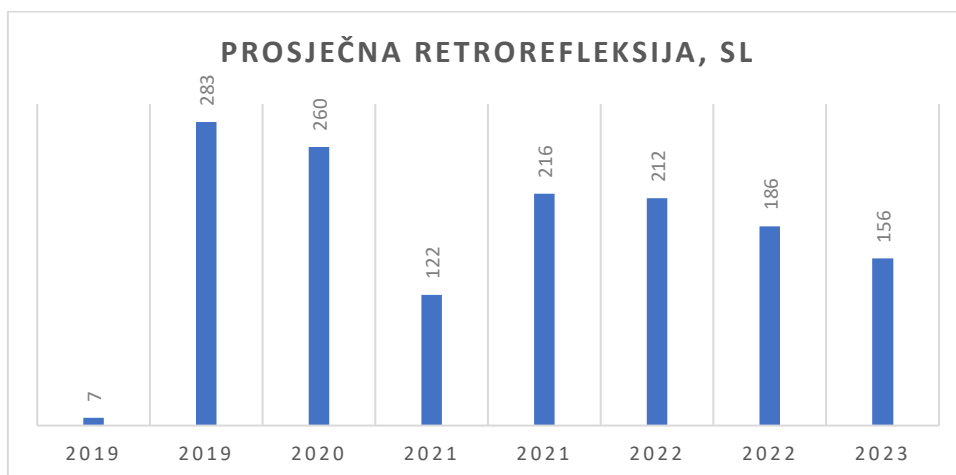
Druga dionica autocesta čiji će se rezultati dinamičkog ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku ispitivati je isto na cesti A1, ali u primorskoj Hrvatskoj, a radi se o oznakama na dionici A1 tehničke jedinice Split u smjeru Zagreba. Dinamičko ispitivanje se od 2019. do 2023. godine vršilo isto kada i na A1, tehničkoj jednici Perušić, odnosno 2 puta u 2019., jednom kao postojeće i jednom kao obnovljene oznake (grafikon 11.), po jednom 2020. i 2023. godine kao postojeće i po dva puta 2021. i 2022. godine za srednju lijevu, rubnu lijevu pretjecajnu i rubnu lijevu voznu traku kao postojeće oznake (grafikon 10.). Kod prvog ispitivanja 2019. i prvog ispitivanja 2021. rezultati pokazuju kako velika većina dužine oznake ne zadovoljava propisanu minimalnu razinu retrorefleksije za postojeće oznake. Većina dužine oznake ispitane kao obnovljene 2019. godine također ne zadovoljava propisanu minimalnu razinu retrorefleksije. Osim ta tri mjerenja, sva ostala imaju prosječnu razinu retrorefleksije iznad propisane minimalne potrebne refleksije (grafikon 12.).



Grafikon 10. Vrijednosti retrorefleksije postojeće srednje lijeve trake na A1, TJ Split po metrima i godinama [izradio autor]

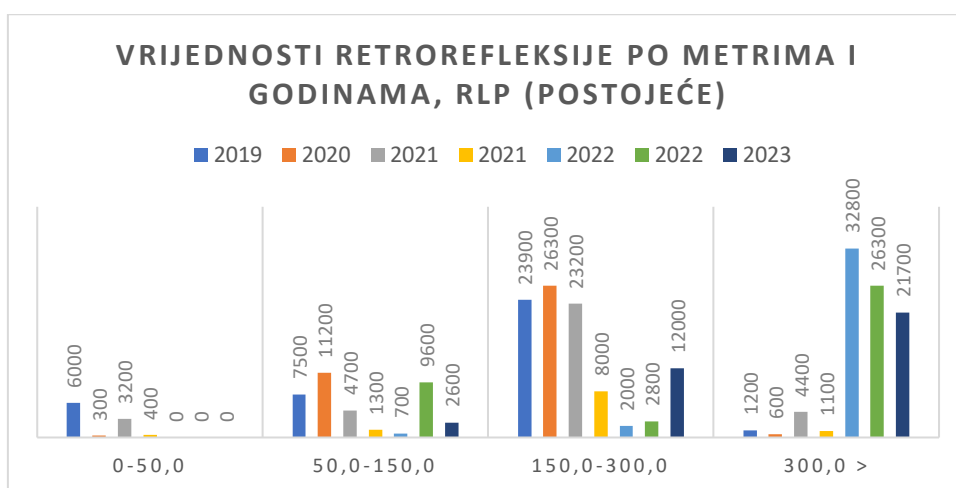


Grafikon 11. Vrijednosti retrorefleksije obnovljene srednje lijeve trake na A1, TJ Split po metrima 2019. godine [izradio autor]

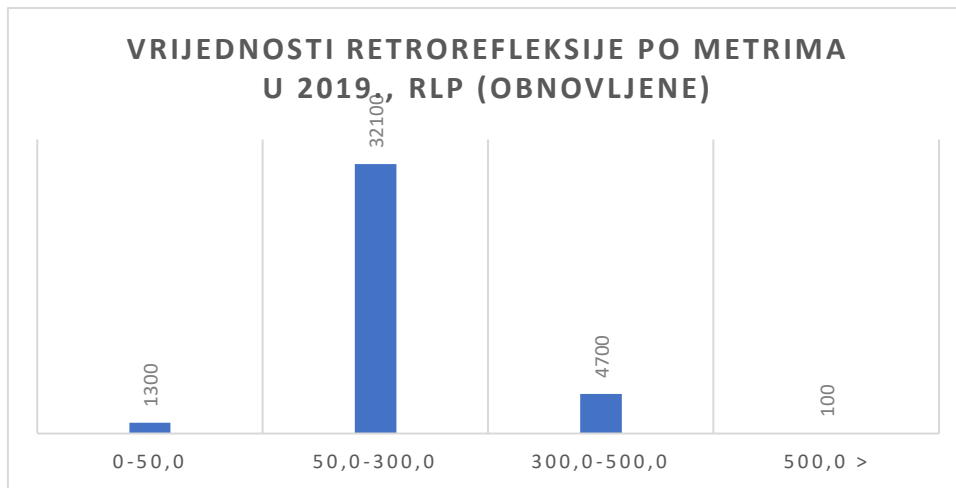


Grafikon 12. Vrijednosti prosječne retrorefleksije srednje lijeve trake na A1, TJ Split po godinama [izradio autor]

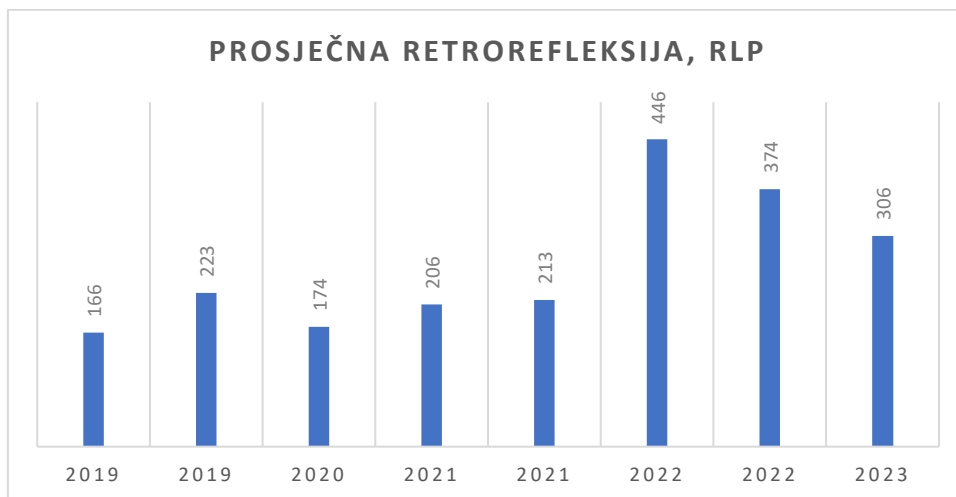
Rubna lijeva pretjecajna traka mjerena je kao i srednja lijeva, a prosječna retrorefleksija nije zadovoljila minimalnu potrebnu razinu retrorefleksije samo u drugom mjerenju 2019. (grafikon 14.) kada je mjerena kao obnovljene oznake. To je jedino mjerenje u kojem većina dužine oznake nije zadovoljila minimalnu potrebnu retrorefleksiju. Prosječna retrorefleksija po ispitivanju prikazana je u grafikonu 15., a vrijednosti retrorefleksije na ispitivanjima po metrima prikazane su na grafikonu 13.



Grafikon 13. Vrijednosti retrorefleksije postojeće rubne lijeve pretjecajne trake na A1, TJ Split po metrima i godinama [izradio autor]

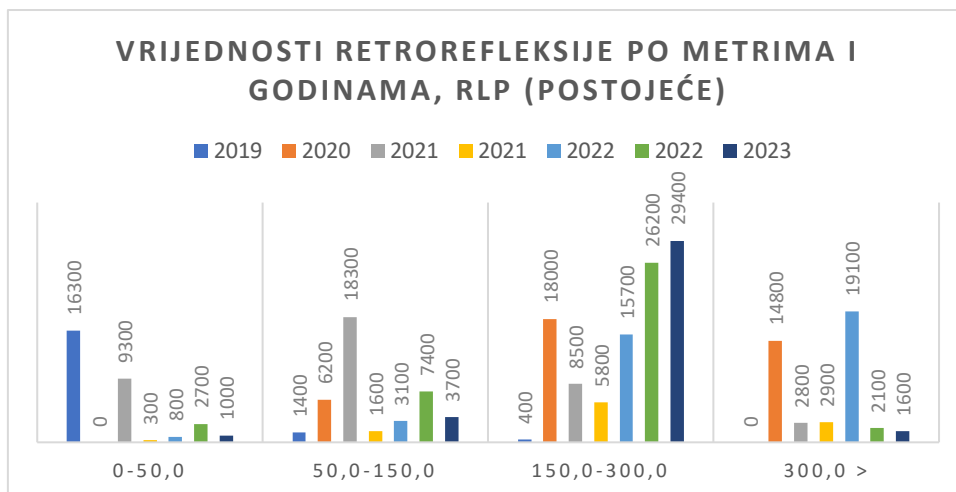


Grafikon 14. Vrijednosti retrorefleksije obnovljene rubne lijeve pretjecajne trake na A1, TJ Split po metrima 2019. godine [izradio autor]

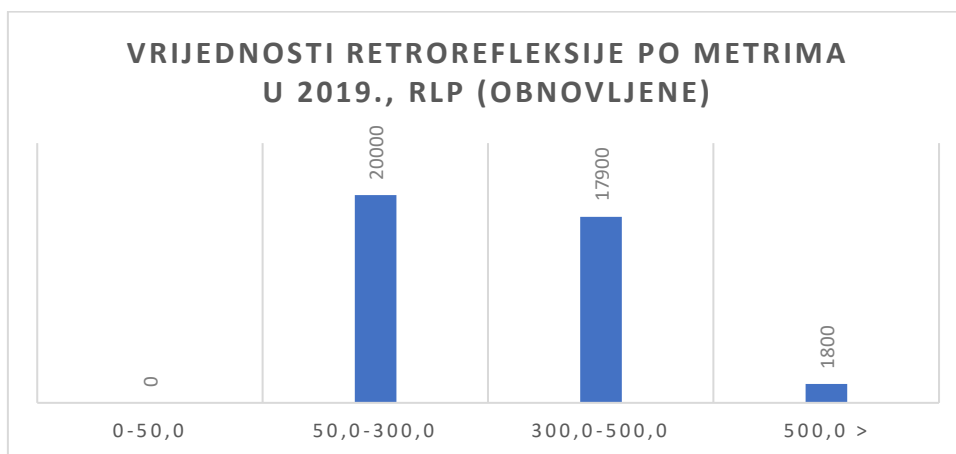


Grafikon 15. Vrijednosti prosječne retrorefleksije rubne lijeve pretjecajne trake na A1, TJ Split po godinama [izradio autor]

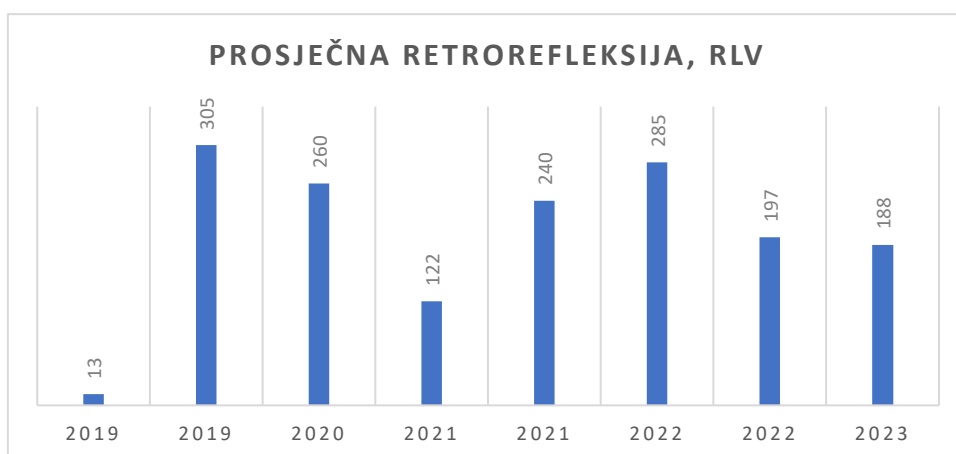
Kao što je već navedeno, retrorefleksija rubne lijeve vozne trake mjerena je isto kada i retrorefleksija srednje lijeve i rubne lijeve pretjecajne. Iako većina dužine oznake pri mjerenju obnovljenih oznaka 2019. godine nije zadovoljila propisanu minimalnu razinu retrorefleksije (grafikon 17.), prosječna razina retrorefleksije pri tom mjerenju zadovoljava (grafikon 18.). Od ostalih mjerenja jedino rezultati prosječne retrorefleksije prvog mjerenja 2019. i prvog mjerenja 2021. ne zadovoljavaju propisanu minimalnu razinu retrorefleksije. Vrijednosti retrorefleksije na ispitivanjima po metrima prikazane su na grafikonu 16.



Grafikon 16. Vrijednosti retrorefleksije postojeće rubne lijeve vozne trake na A1, Tj Split po metrima i godinama [izradio autor]



Grafikon 17. Vrijednosti retrorefleksije obnovljene rubne lijeve vozne trake na A1, Tj Split po metrima 2019. godine [izradio autor]

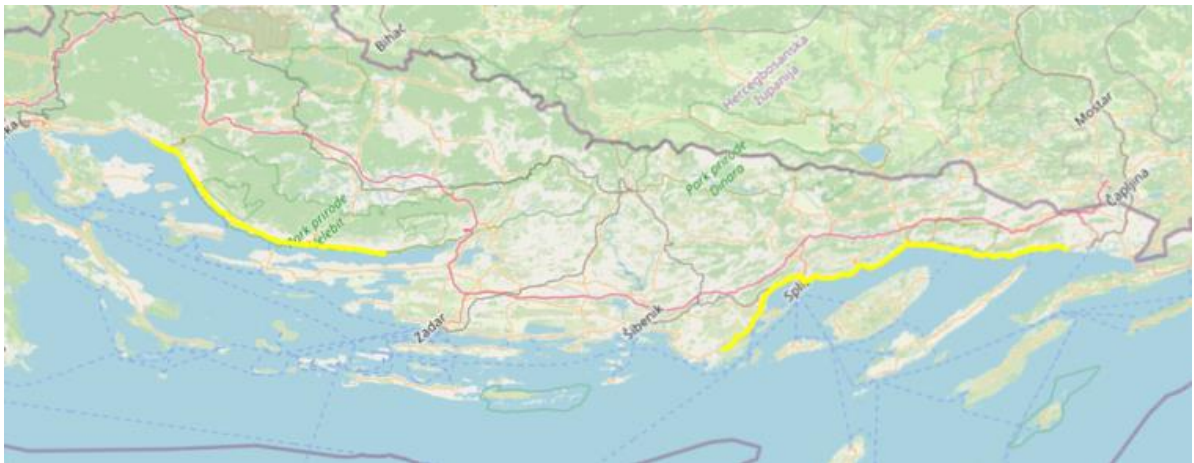


Grafikon 18. Vrijednosti prosječne retrorefleksije rubne lijeve vozne trake na A1, Tj Split po godinama [izradio autor]

5.2. Rezultati ispitivanja oznaka na kolniku na Hrvatskim cestama

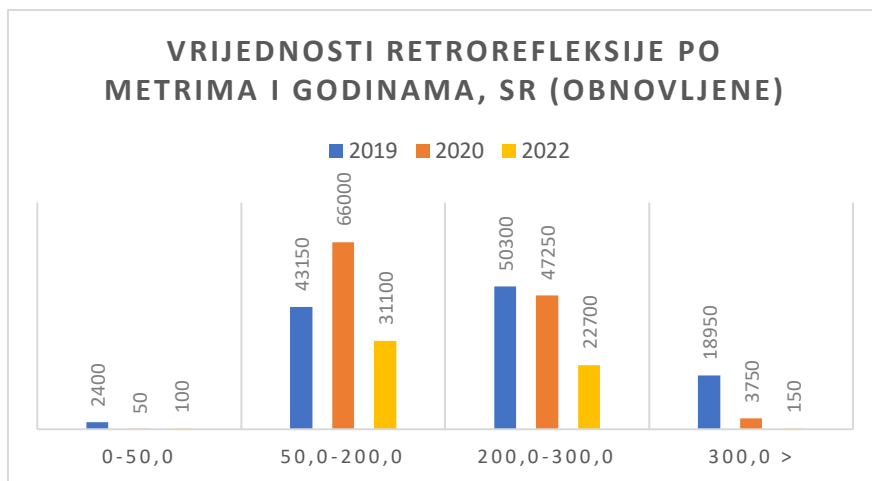
5.2.1. Rezultati ispitivanja oznaka na kolniku u primorskoj Hrvatskoj

Kao što je već navedeno, obzirom na teren i utjecaje prometa i okoline izabrane su 2 ceste u primorskoj Hrvatskoj, odnosno dvije ceste koje se kreću uz obalu Jadranskog mora (na slici 22. ispod označene žutom bojom), a to su DC8 u Splitsko-dalmatinskoj i DC8 u Ličko-senjskoj županiji.

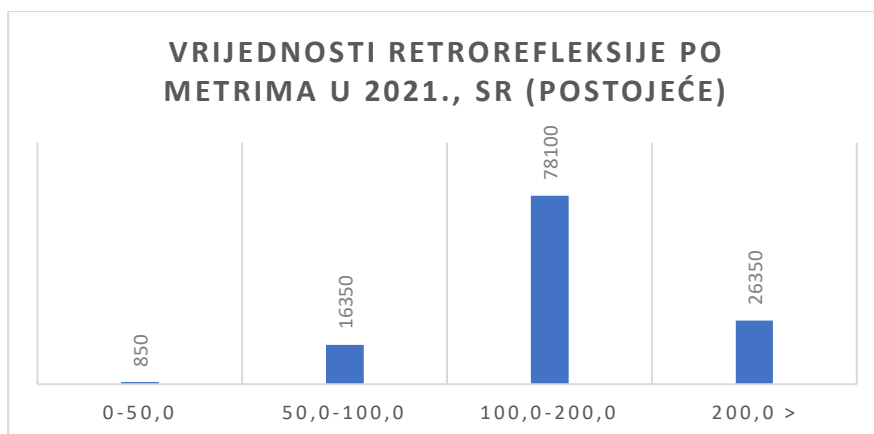


Slika 22. Ceste odabrane za analizu u primorskoj Hrvatskoj [izradio autor]

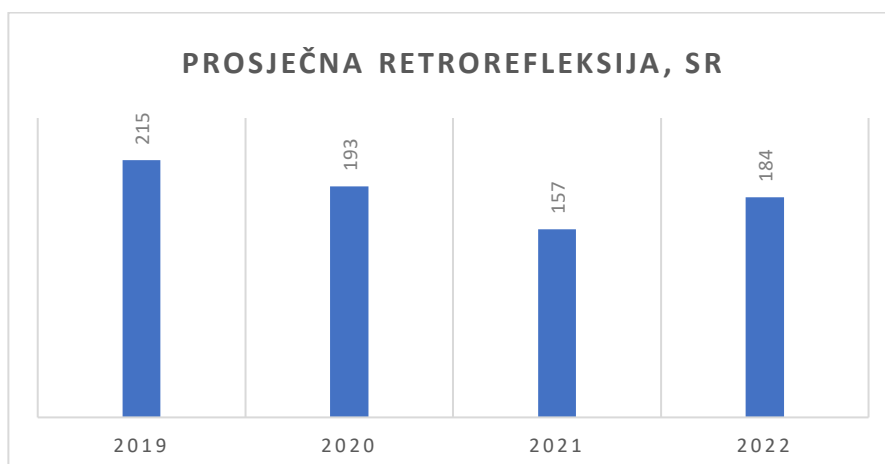
Prva cesta koja će se analizirati je DC8 u Splitsko-dalmatinskoj županiji. U obzir su uzeta sva mjerenja između 2019. i 2023. godine sve tri uzdužne linije, odnosno srednje (SR), rubne lijeve (RL) i rubne desne (RD). Obzirom na to da su oznake srednje linije na kolniku na DC8 u Splitsko-dalmatinskoj županiji obnavljane češće od rubnih, češće su i mjerene kao obnovljene, a rijeđe kao postojeće. S obzirom na to, tijekom različitih mjerenja oznake su morale zadovoljavati i drugačije vrijednosti, što je navedeno do sada u radu i opisano u tablicama. Vrijednosti retrorefleksije obnovljene srednje trake oznaka na kolniku na DC8 u Splitsko-dalmatinskoj županiji po metrima opisane su grafikonom 19. za 2019., 2020. i 2022. godinu, a prosječna retrorefleksija izmjerena po godinama prikazana je na grafikonu 21. Sudeći po grafikonu o obnovljenoj retrorefleksiji može se zaključiti da nakon obnove i 2020. i 2022. većina vrijednosti ne zadovoljava propisani minimum, no bez obzira na nezadovoljavajuće rezultate 2020., vrijednosti postojećih oznaka izmjerenih 2021. godine ipak velikom većinom zadovoljavaju propisani minimum (iz grafikona 20).



Grafikon 19. Vrijednosti retrorefleksije obnovljene srednje trake na DC8, SDŽ po metrima i godinama [izradio autor]

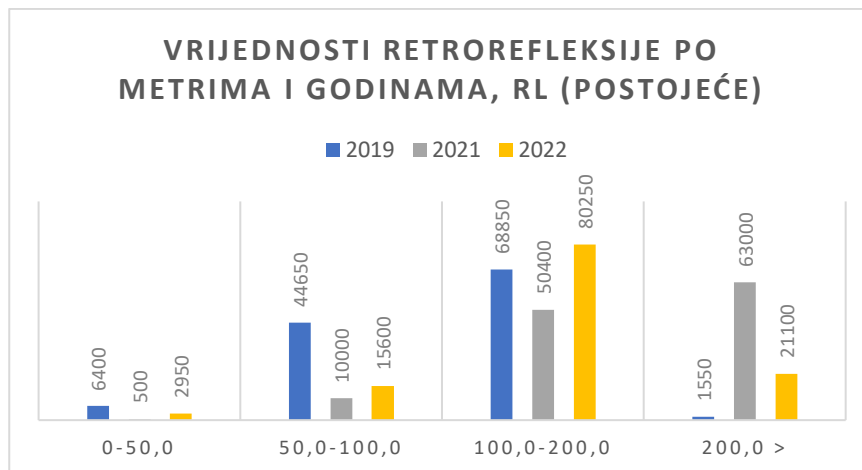


Grafikon 20. Vrijednosti retrorefleksije postojeće srednje trake na DC8, SDŽ po metrima 2021. godine [izradio autor]

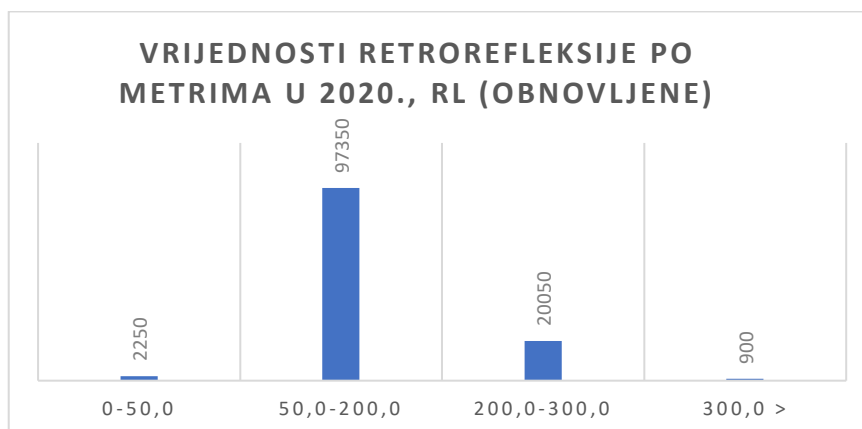


Grafikon 21. Vrijednosti prosječne retrorefleksije srednje trake na DC8, SDŽ po godinama [izradio autor]

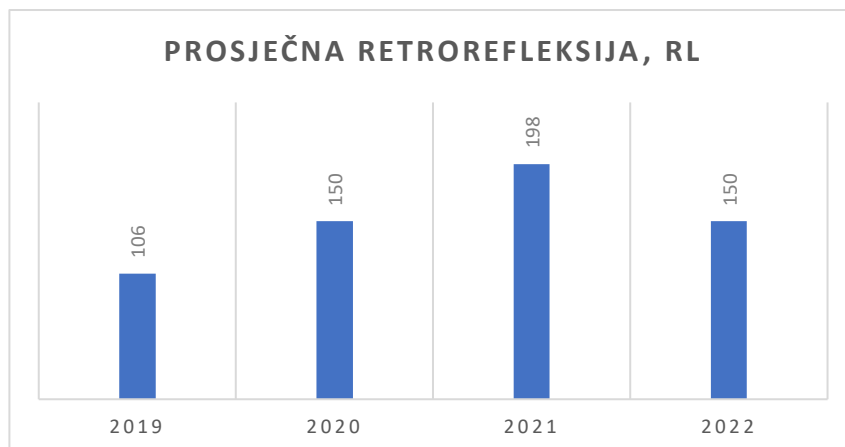
Vrijednosti postojeće retrorefleksije izmjerene po metrima opisane su grafikonom 22., a prosječna retrorefleksija izmjerena po godinama prikazana je u grafikonu 24. 2019. prosječna vrijednost retrorefleksije iznosila je nešto više od samog propisanog minimuma (106 mcd/lx/m²) te je obnovljena 2020. godine (grafikon 23.). Iako obnovljena linija većim dijelom nije zadovoljila minimalnu razinu retrorefleksije, 2021. postojeća retrorefleksija velikim je dijelom bila veća od propisanog minimuma, odnosno zadovoljavala je minimalne uvjete.



Grafikon 22. Vrijednosti postojeće retrorefleksije rubne lijeve trake na DC8, SDŽ po metrima i godinama [izradio autor]

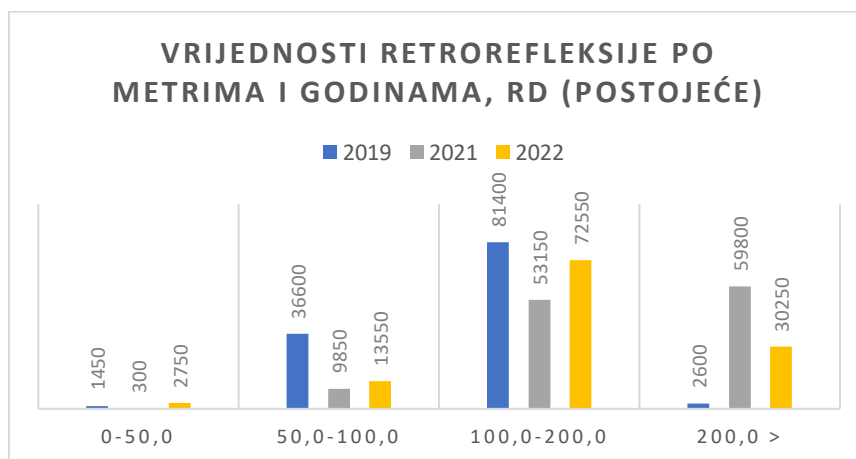


Grafikon 23. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije rubne lijeve trake 2020. godine na DC8, SDŽ po metrima [izradio autor]

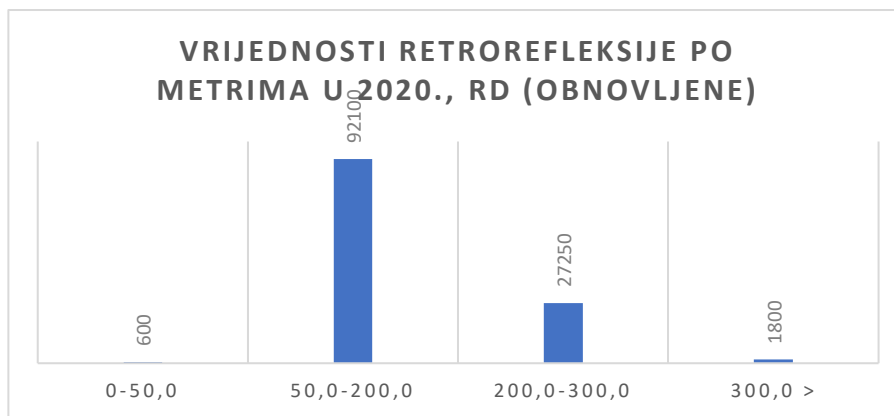


Grafikon 24. Vrijednosti prosječne retrorefleksije rubne lijeve trake na DC8, SDŽ po godinama [izradio autor]

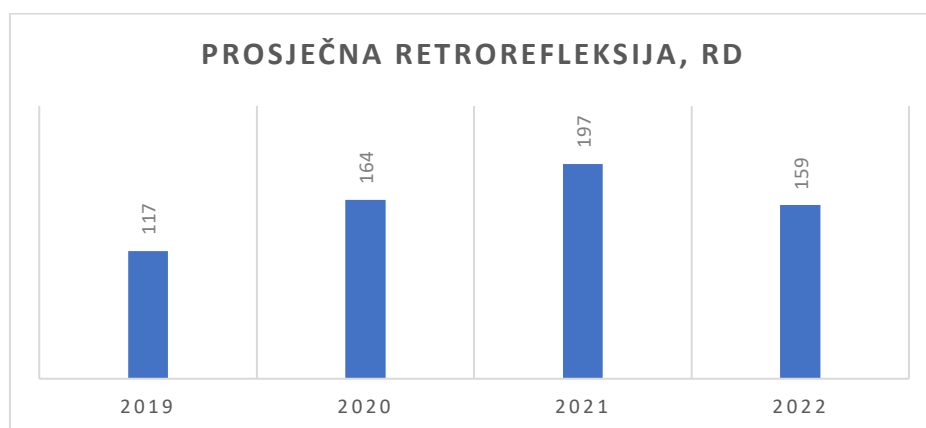
Izmjerene vrijednosti retrorefleksije rubne desne trake kroz promatrane godine poprilično su slične vrijednostima izmjerenim na rubnoj lijevoj traci. Osim sličnosti u vrijednostima, obje rubne trake obnavljane su 2020. godine. Kao i kod lijeve, prosjek rubne desne trake 2019. godine bio je vrlo blizu propisanog minimuma (grafikon 27.). Iako veći dio obnovljene rubne trake 2020. godine nije zadovoljavao propisani minimum za obnovljene oznake (grafikon 26.), 2021. godine velika većina trake zadovoljava propisani minimum za postojeće oznake (grafikon 25.).



Grafikon 25. Vrijednosti postojeće retrorefleksije rubne desne trake na DC8, SDŽ po metrima i godinama [izradio autor]

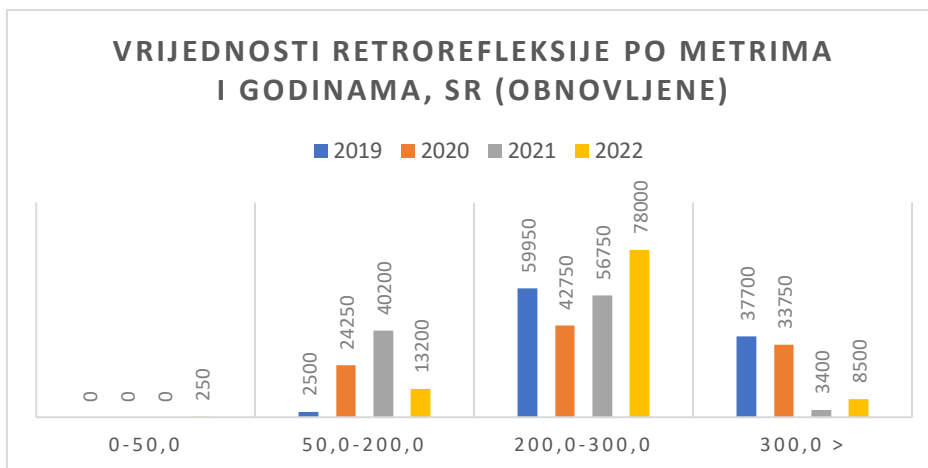


Grafikon 26. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije rubne desne trake 2020. godine na DC8, SDŽ po metrima [izradio autor]

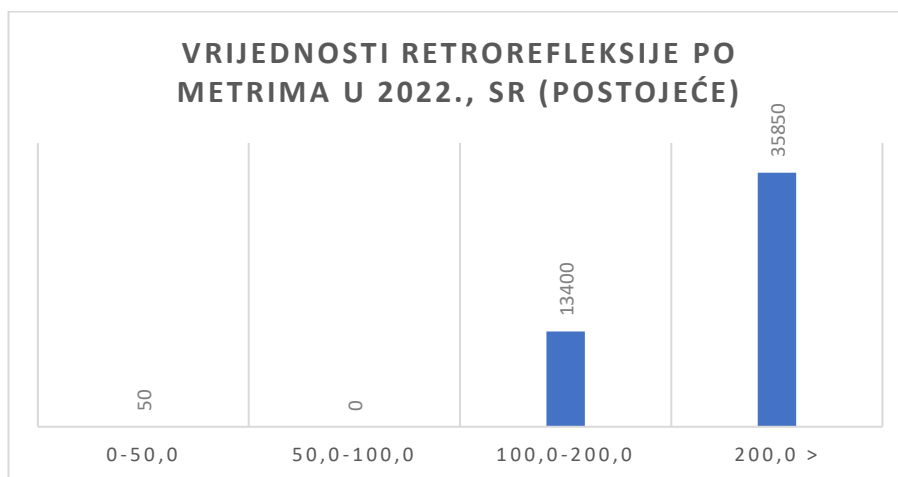


Grafikon 27. Vrijednosti prosječne retrorefleksije rubne desne trake na DC8, SDŽ po godinama [izradio autor]

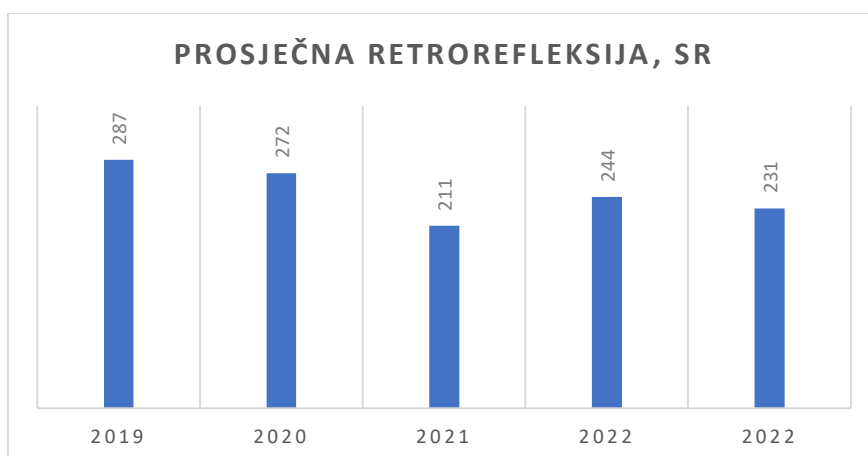
Druga cesta uz more koja će se analizirati je također DC8, ali u Ličko-senjskoj županiji. U obzir su uzeta sva mjerenja između 2019. i 2023. godine sve tri uzdužne linije, odnosno srednje (SR), rubne lijeve (RL) i rubne desne (RD). I na ovim dionicama ceste, kao i u Splitsko-dalmatinskoj županiji, srednja traka se više puta obnavljala pa je češće i mjerena kao obnovljena od rubnih. Što se tiče srednje trake, kao postojeća je mjerena samo 2022. godine gdje samo 50 metara nije zadovoljavalo minimalnu potrebnu retrorefleksiju što se tiče postojećih oznaka (grafikon 29.). Te godine mjerene su i postojeće i obnovljene oznake jer se samo dio oznaka obnavljao. U ostalim mjerenjima, kada je traka mjerena kao obnovljena, također je velika većina trake iznosila preko 200 mcd/lx/m² (grafikon 28.). Srednja vrijednost svakog mjerenja je zadovoljavajuća, a iznosi preko 200 mcd/lx/m² (grafikon 30.).



Grafikon 28. Vrijednosti postojeće retrorefleksije srednje trake na DC8, LSŽ po metrima i godinama [izradio autor]

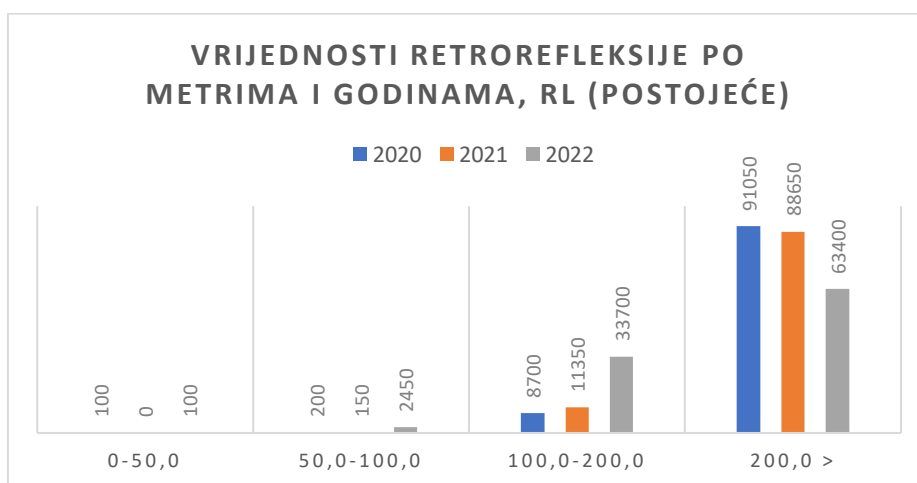


Grafikon 29. Vrijednosti postojeće retrorefleksije srednje trake 2022. godine na DC8, LSŽ po metrima [izradio autor]

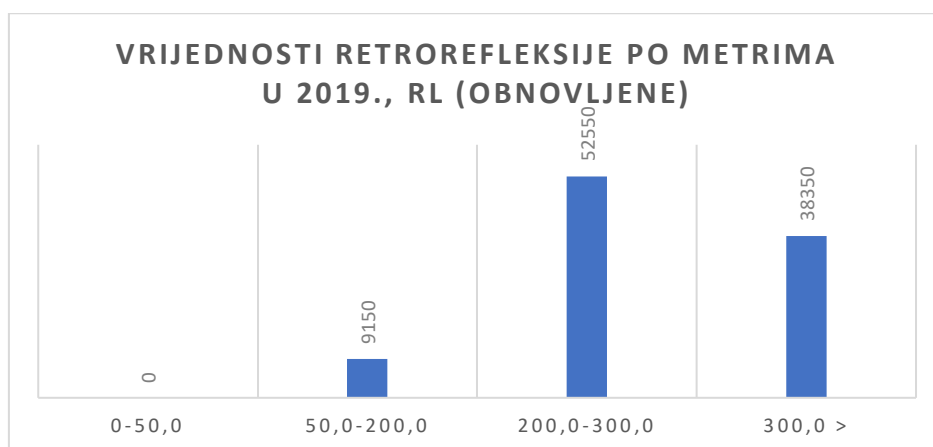


Grafikon 30. Vrijednosti prosječne retrorefleksije srednje trake na DC8, SDŽ po godinama [izradio autor]

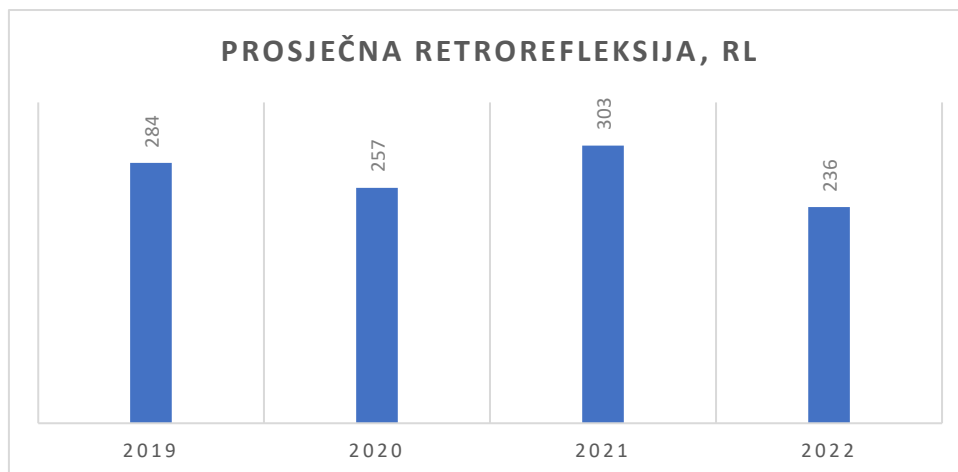
Rubna lijeva traka mjerena je svake godine jednom, ali u 2019. godini kao obnovljena traka (grafikon 32.) nakon čega vrijednosti retrorefleksije blago padaju uz određeni rast prosječne retrorefleksije 2021. (grafikon 33.) godine. 2019. godine oko 9 km ceste ne zadovoljava minimalnu retrorefleksiju obnovljenih oznaka dok oko 90 km zadovoljava. Nakon te godine, velika većina retrorefleksije zadovoljava minimalnu potrebnu retrorefleksiju za postojeće oznake. Tek 2022. nešto više od 2 kilometra oznake ne zadovoljava potreban minimum retrorefleksije (grafikon 31.).



Grafikon 31. Vrijednosti postojeće retrorefleksije rubne lijeve trake na DC8, LSŽ po metrima i godinama [izradio autor]

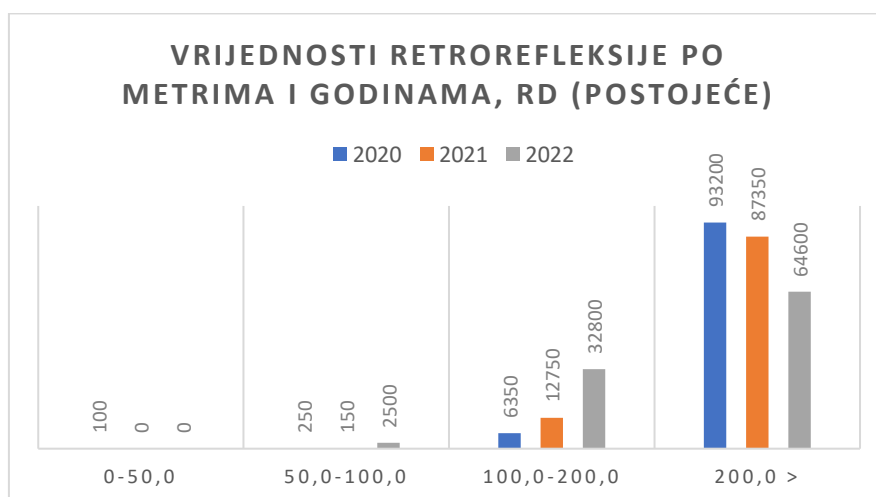


Grafikon 32. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije rubne lijeve trake 2019. godine na DC8, LSŽ po metrima [izradio autor]

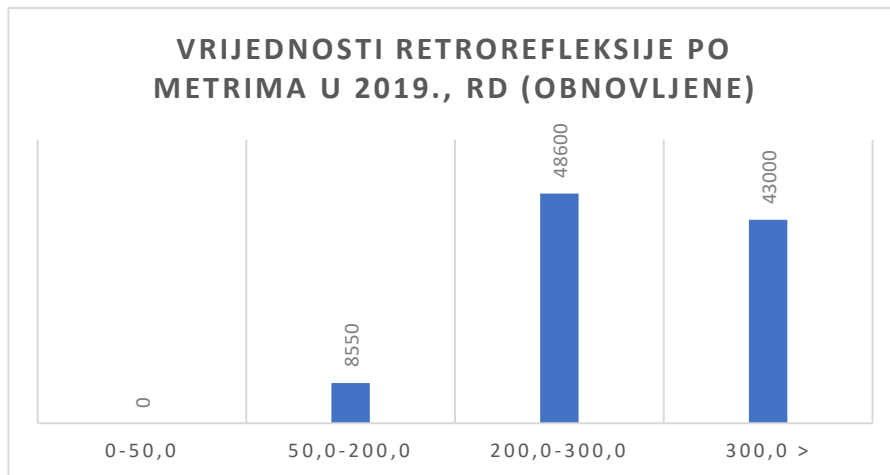


Grafikon 33. Vrijednosti prosječne retrorefleksije rubne lijeve trake na DC8, SDŽ po godinama [izradio autor]

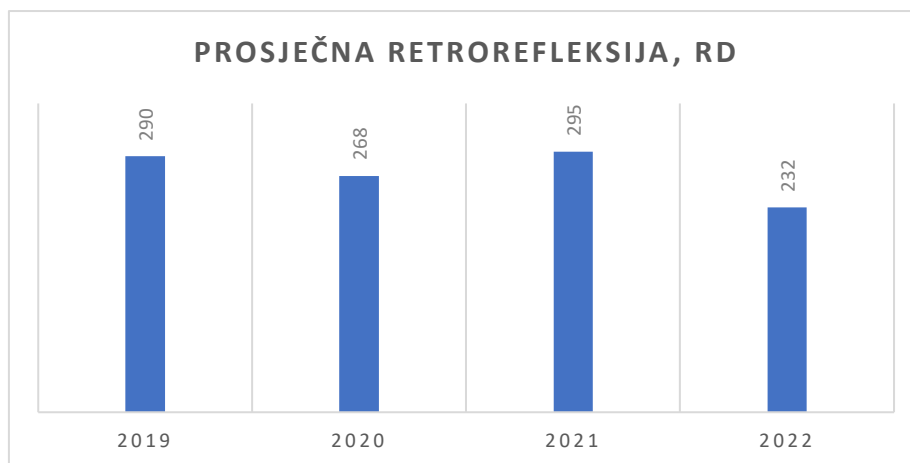
Što se tiče rubne desne trake, kao i rubna lijeva, obnavljana je 2019. i tada mjerena kao obnovljena, a kasnije kao postojeća. Oko 8500 metara 2019. godine nije zadovoljavalo uvjete minimalne retrorefleksije (grafikon 35.), dok ostali dio oznaka je. Idućih godina je velika većina oznaka zadovoljavalo potreban minimum uz očekivani pad dužine oznake s najvećom kvalitetom retrorefleksije (grafikon 34.). Prosječna refleksija pri svakom je mjerenju zadovoljila propisani minimum, a prikazana je u grafikonu 36.



Grafikon 34. Vrijednosti postojeće retrorefleksije rubne desne trake na DC8, LSŽ po metrima i godinama [izradio autor]



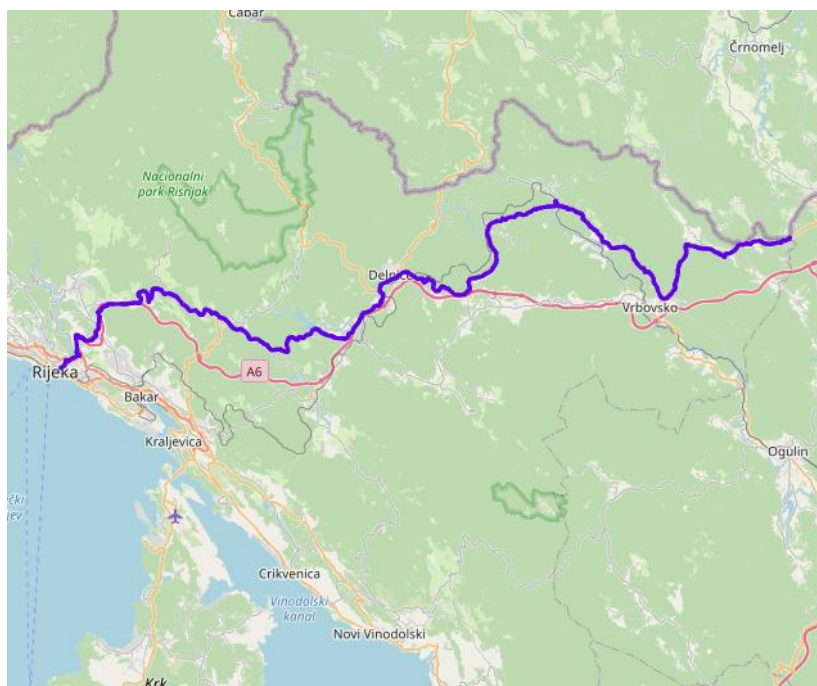
Grafikon 35. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije rubne desne trake 2019. godine na DC8, LSŽ po metrima [izradio autor]



Grafikon 36. Vrijednosti prosječne retrorefleksije rubne desne na DC8, LSŽ po godinama [izradio autor]

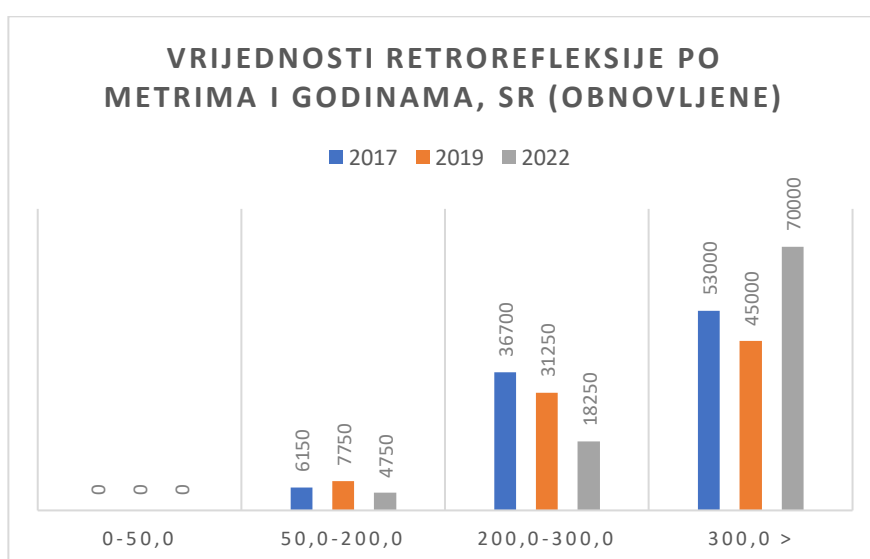
5.2.2. Rezultati ispitivanja oznaka na kolniku u gorskoj Hrvatskoj

U sljedećem potpoglavlju analizirat će se rezultati dinamičkog ispitivanja oznaka na kolniku s jedne ceste u gorskoj Hrvatskoj i to dio državne ceste 3 koji prolazi kroz Primorsko-goransku županiju čiji je tlocrt prikazan u slici 23.

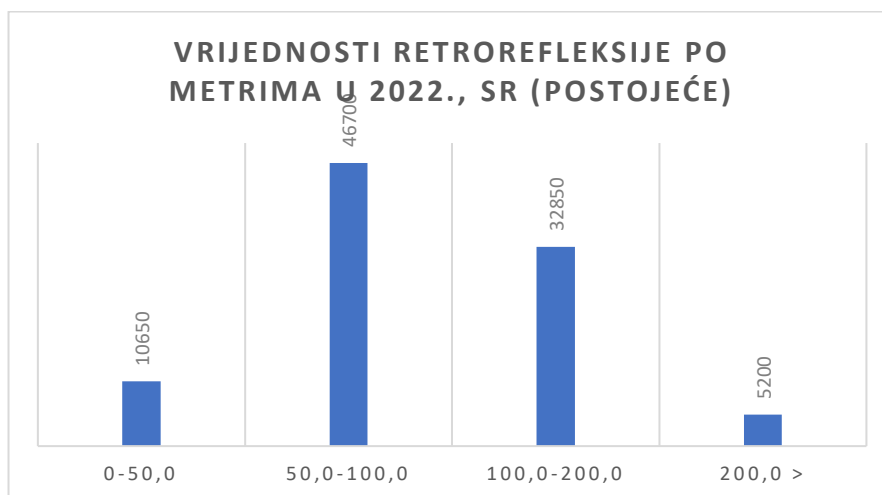


Slika 23. Prikaz dijela državne ceste 3 koji prolazi kroz Primorsko-goransku županiju [izradio autor]

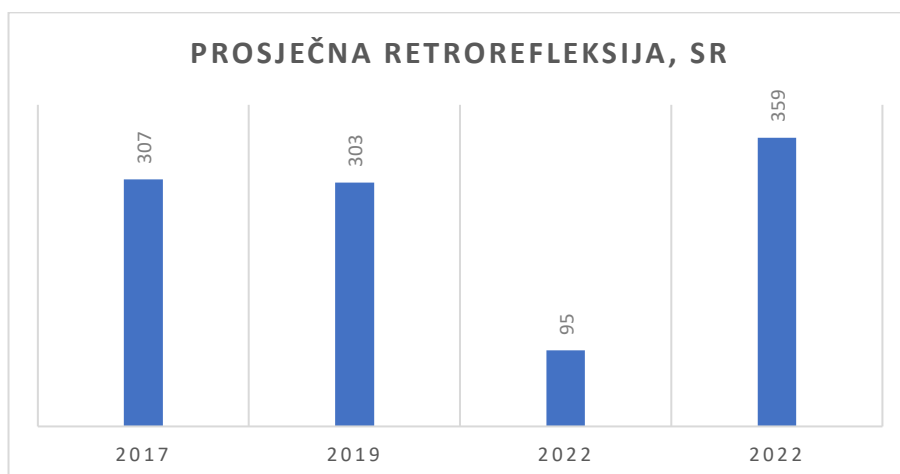
Srednja traka mjerena je 4 puta u razdoblju od 2017. do 2022. godine. Tri puta mjerena je kao obnovljena oznaka i to 2017., 2019. i 2022. godine (grafikon 37.), a jednom kao postojeća oznaka, 2022. godine (grafikon 38.). Svake je godine na velikoj većini dužine obnovljenih oznaka izmjerena retrorefleksija veća od minimalne potrebne retrorefleksije za obnovljene oznake dok je na čak 59,6 % dužine postojeće oznake 2022. izmjerena retrorefleksija bila niža od minimalne propisane. Osim tog mjerenja, svaka prosječna izmjerena retrorefleksija zadovoljavala je minimalnu potrebnu retrorefleksiju (grafikon 39.).



Grafikon 37. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije srednje trake na DC3, PGŽ po metrima i godinama [izradio autor]

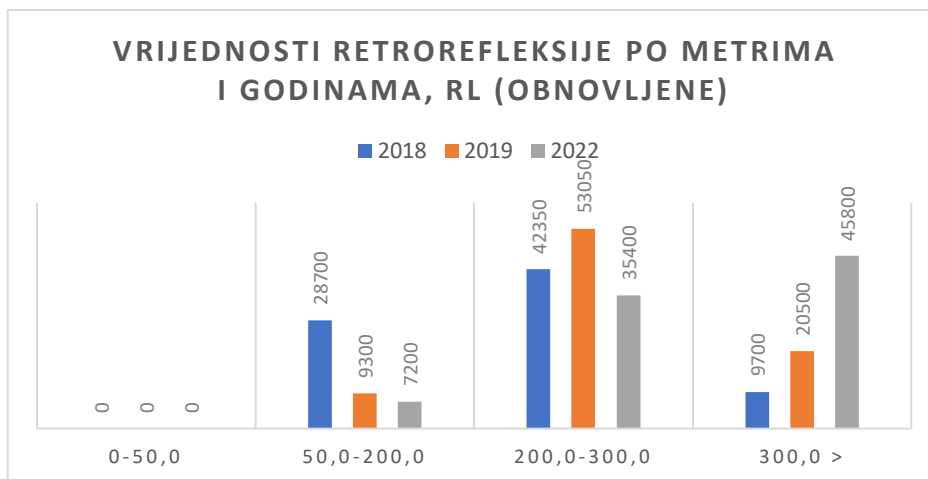


Grafikon 38. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije srednje trake 2022. godine na DC3, PGŽ po metrima [izradio autor]

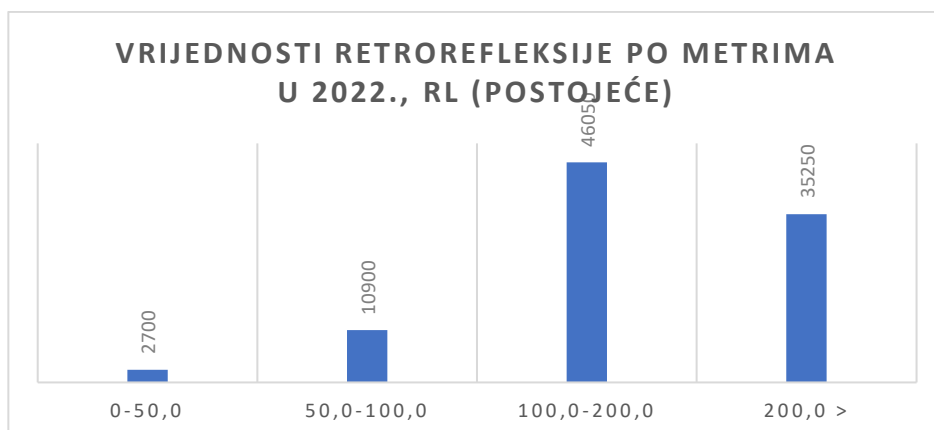


Grafikon 39. Vrijednosti prosječne retrorefleksije srednje trake na DC3, PGŽ po godinama [izradio autor]

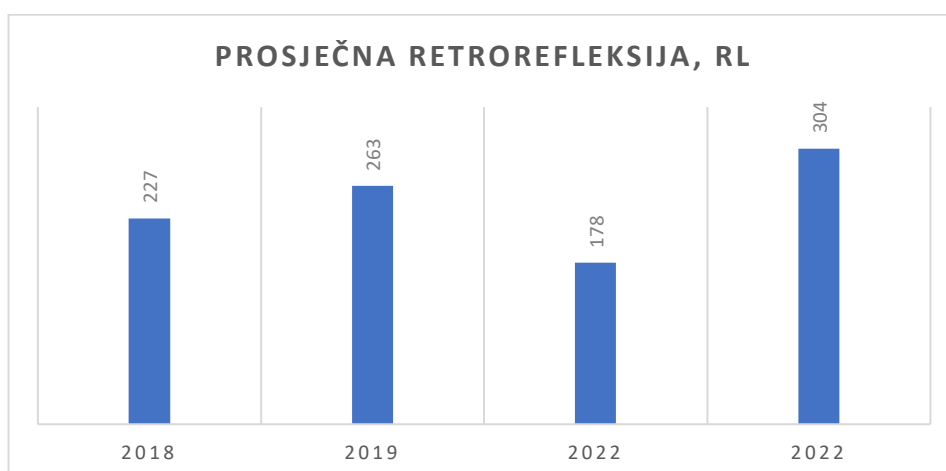
Rubna lijeva traka u razdoblju od 2018. i 2022. godine mjerena je 4 puta. Tri puta mjerena je kao obnovljena i to 2018., 2019. i 2022. godine (grafikon 40.) i jednom je mjerena kao postojeća, 2022. godine (grafikon 41.). Svako od navedenih mjerenja pokazuje da velikom većinom dužine linije vrijednosti zadovoljavaju propisanu minimalnu potrebnu razinu retrorefleksije (grafikon 42.). Prosječna razina izmjerene retrorefleksije je svakim mjerenjem rasla osim u mjerenju postojećih oznaka 2022. godine.



Grafikon 40. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije rubne lijeve trake na DC3, PGŽ po metrima i godinama [izradio autor]

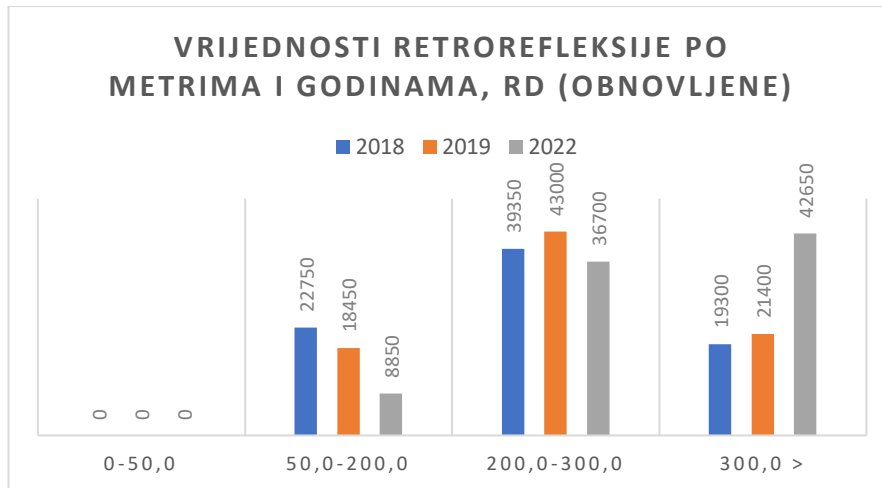


Grafikon 41. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije srednje trake 2022. godine na DC3, PGŽ po metrima [izradio autor]

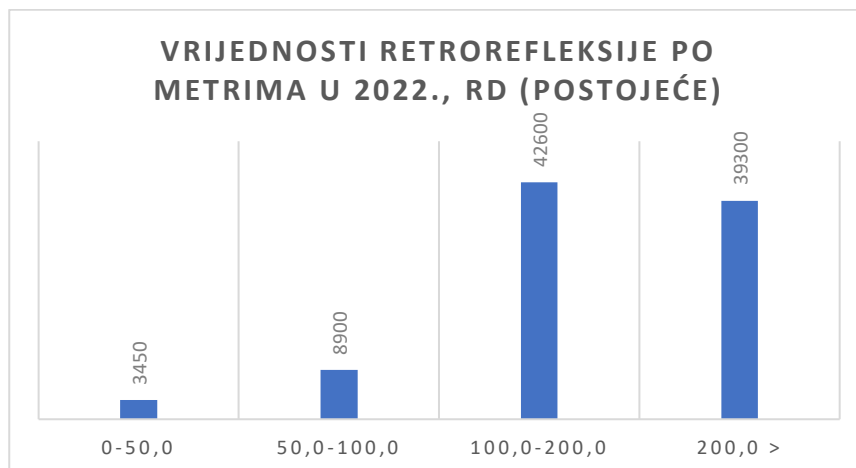


Grafikon 42. Vrijednosti prosječne retrorefleksije rubne lijeve trake na DC3, PGŽ po godinama [izradio autor]

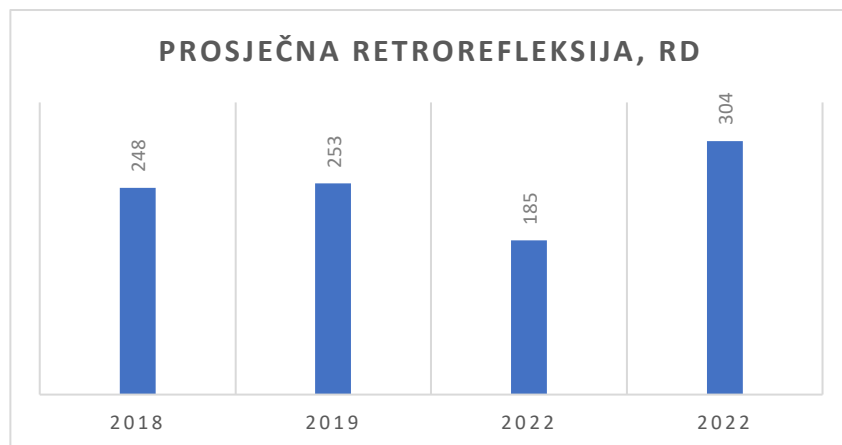
Kao što je slučaj i kod rubne lijeve trake, retrorefleksija rubne desne trake mjerena je 4 puta od 2018. do 2022. Tri puta kao obnovljena i to 2018., 2019. i 2022. godine (grafikon 43.) i jednom kao postojeća 2022. godine (grafikon 44.). Vrijednosti su zadovoljavajuće te je velika većina dužine oznaka u svakom mjerenju zadovoljila minimalnu potrebnu razinu retrorefleksije. Prosječna vrijednost retrorefleksije je svakim mjerenjem bila sve veća, osim u slučaju postojeće kada je također zadovoljila minimum, kao što je bio slučaj i kod mjerenja obnovljenih oznaka (grafikon 45.).



Grafikon 43. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije rubne desne trake na DC3, PGŽ po metrima i godinama [izradio autor]



Grafikon 44. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije rubne desne trake 2022. godine na DC3, PGŽ po metrima [izradio autor]

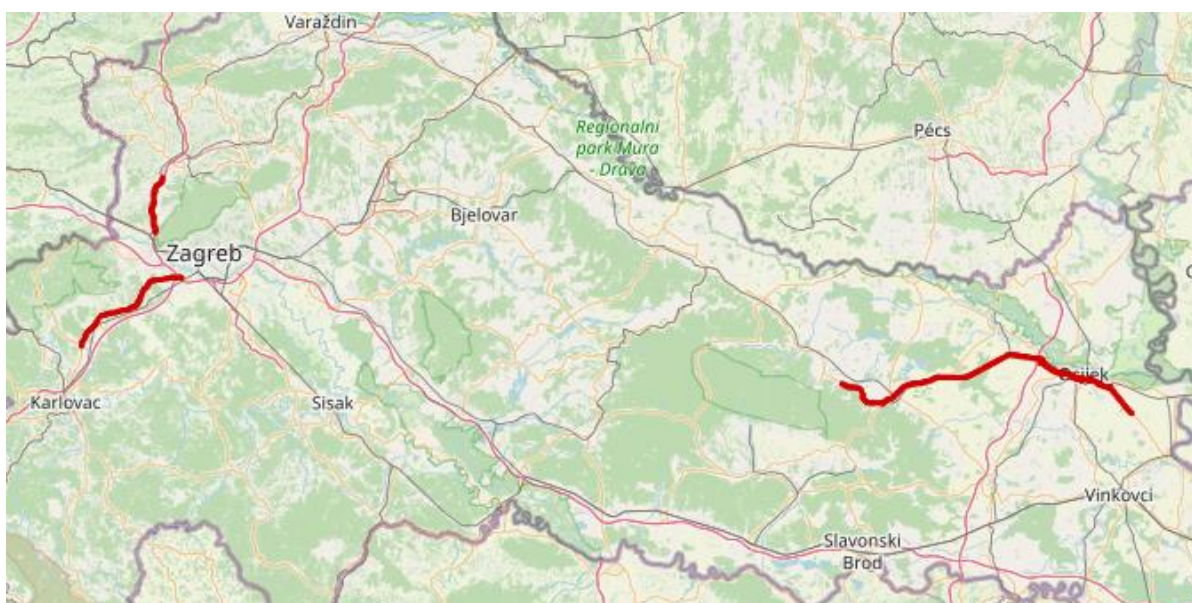


Grafikon 45. Vrijednosti prosječne retrorefleksije rubne desne trake na DC3, PGŽ po godinama [izradio autor]

5.2.3. Rezultati ispitivanja oznaka na kolniku u nizinskoj Hrvatskoj

Kao što je već navedeno, u sljedećem potpoglavlju analizirat će se rezultati dinamičkog ispitivanja oznaka na kolniku dvije izabrane ceste u nizinskoj Hrvatskoj (slika 24.) i to:

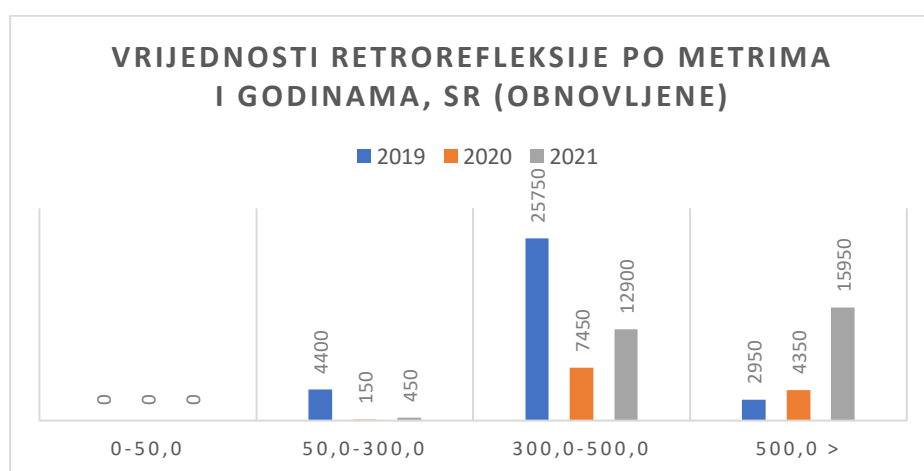
- Dio državne ceste 1 koji prolazi kroz Zagrebačku županiju
- Dio državne ceste 2 koji prolazi kroz Osječko-baranjsku županiju



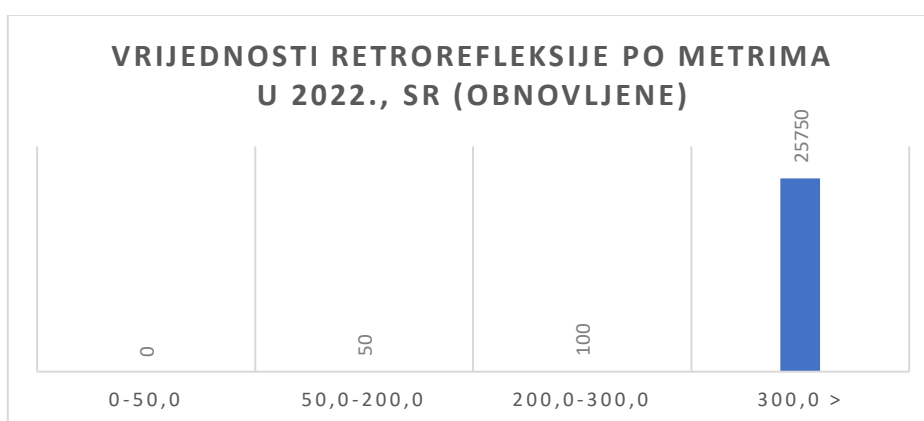
Slika 24. Ceste odabrane za analizu u nizinskoj Hrvatskoj [izradio autor]

Prva cesta nizinske Hrvatske čiji će se rezultati dinamičkog ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku analizirati je državna cesta 1 u Zagrebačkoj županiji. Oznake na kolniku sve tri linije,

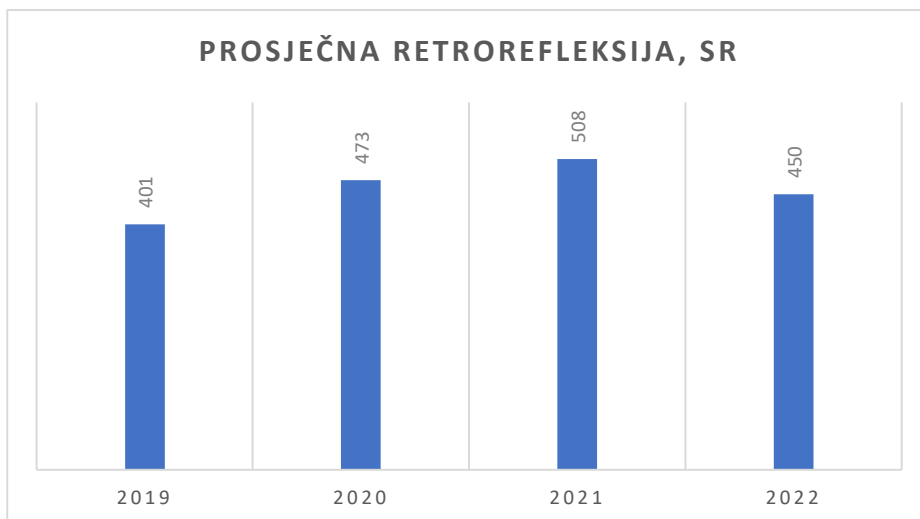
odnosno srednje, rubne lijeve i rubne desne na ovoj cesti do 2022. godine bile su tipa 2, nakon čega su se 2022. godine obnovile kao oznake tipa 1. Na taj način su i mjereni rezultati te će se mjerenja analizirati po rezultatima oznaka tipa 2 za razdoblje od 2019. do 2021. godine (grafikon 46.) i oznaka tipa 1 2022. godine (grafikon 47.) zasebno. Srednja traka mjerena je od 2019. do 2022. godine po jednom godišnje i to kao obnovljene oznake. 2019. i 2021. godine mjerene su cijele oznake kao obnovljene, dok je 2020. godine 51,1 % oznaka postojećih te se nisu mjerile, a 2022. godine 44,9 % oznaka je postojećih te se niti one nisu mjerile. Rezultati ispitivanja oznaka tipa 2 velikom većinom zadovoljavaju propisani minimum razine retrorefleksije za oznake tipa 2, a postotak visoke razine retrorefleksije raste svake godine čime raste i kvaliteta retrorefleksije. Prosječna razina retrorefleksije rasla je svake godine uz blagi pad 2022. kada se postavljaju oznake tipa 1 (grafikon 48.).



Grafikon 46. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije srednje trake na DC1, ZGŽ po metrima i godinama [izradio autor]

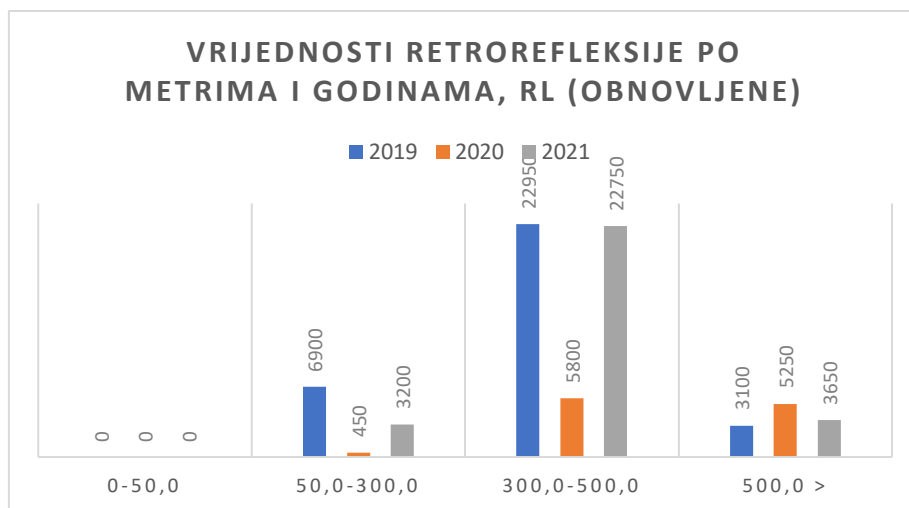


Grafikon 47. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije srednje trake 2022. godine na DC1, ZGŽ po metrima [izradio autor]

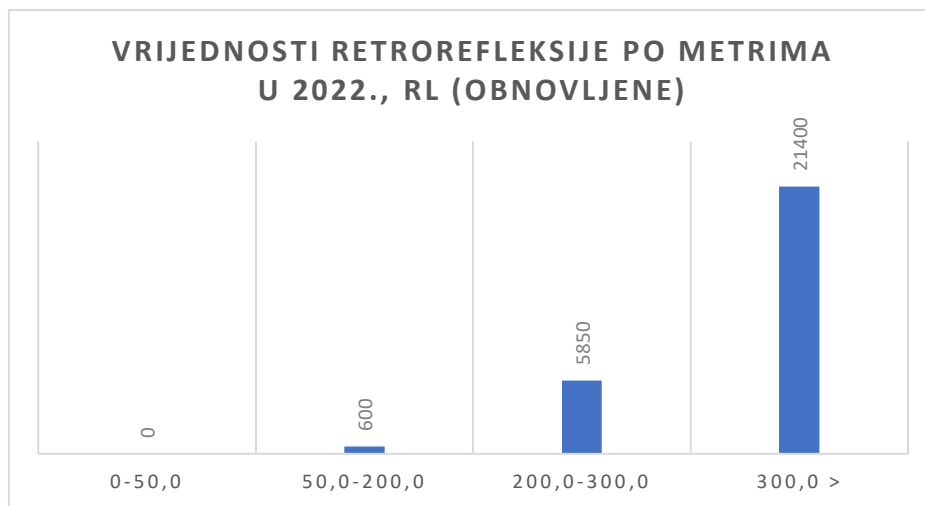


Grafikon 48. Vrijednosti prosječne retrorefleksije srednje trake na DC1, ZGŽ po godinama [izradio autor]

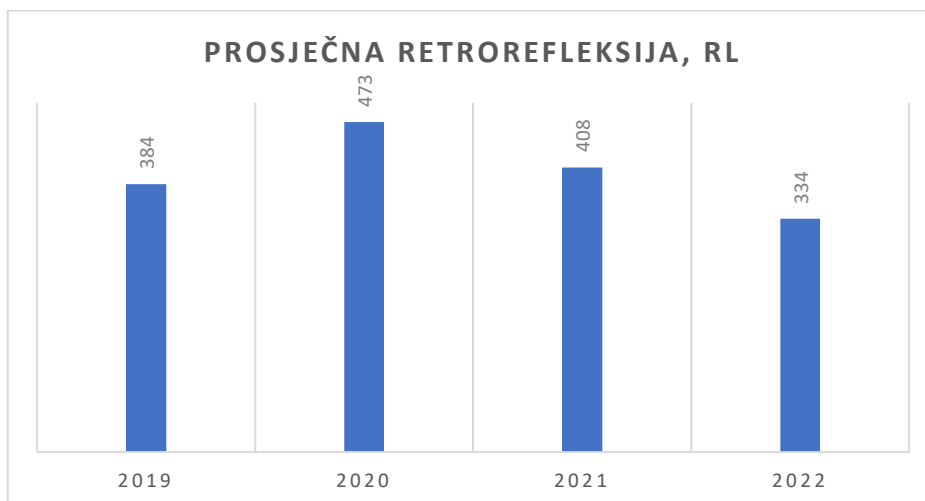
Rubna lijeva traka mjerena je po istom rasporedu kao i srednja, odnosno od 2019. do 2022. godine, tj. prve tri godine kao obnovljene oznake tipa 2 (grafikon 49.), a 2022. kao obnovljena oznaka tipa 1 (grafikon 50.). 2019. godine 14,6 % ispitane oznake ne zadovoljava minimalnu potrebnu retrorefleksiju, dok je ostalih godina taj postotak znatno manji. Što se tiče prosječne retrorefleksije, minimalna propisana razina retrorefleksije zadovoljena je svakim ispitivanjem od 2019. do 2022. godine (grafikon 51.).



Grafikon 49. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije rubne lijeve trake na DC1, ZGŽ po metrima i godinama [izradio autor]

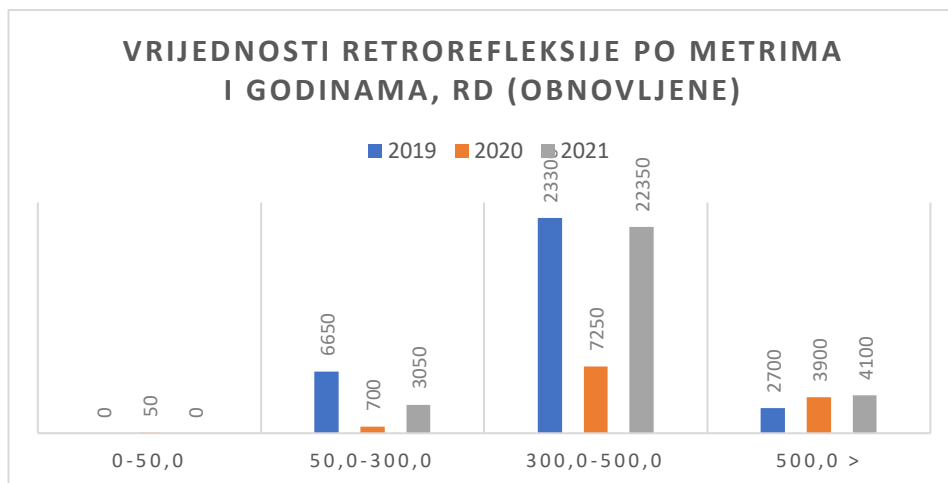


Grafikon 50. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije rubne lijeve trake 2022. godine na DC1, ZGŽ po metrima [izradio autor]

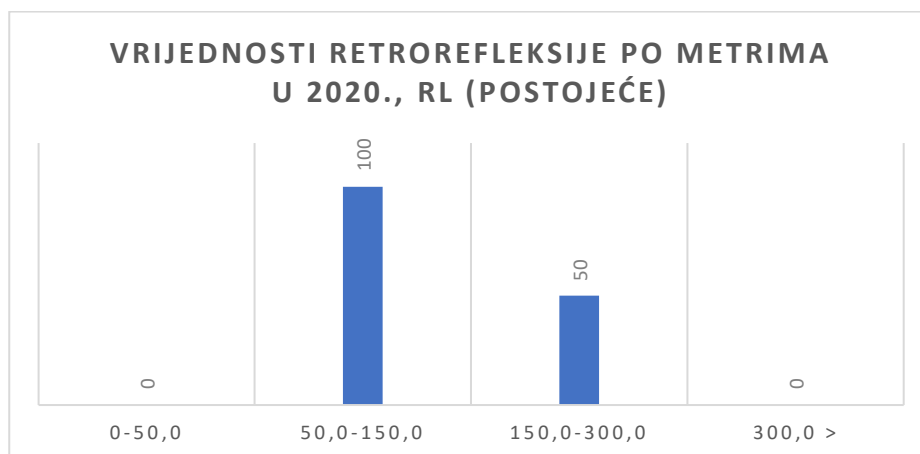


Grafikon 51. Vrijednosti prosječne retrorefleksije rubne lijeve trake na DC1, ZGŽ po godinama [izradio autor]

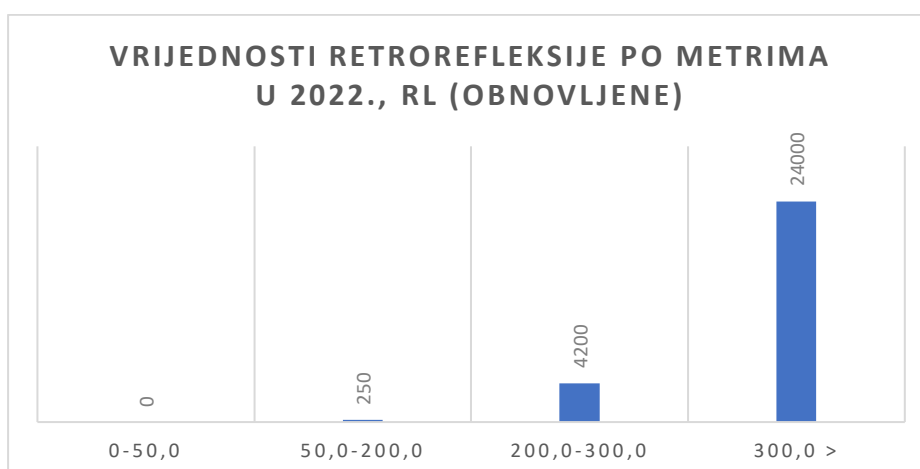
Rubna desna traka dinamičkom metodom ispitivana je 5 puta od 2019. do 2022. godine. Od toga 4 puta kao oznaka tipa 2 i to tri puta kao obnovljena, 2019., 2020. i 2021. godine (grafikon 52.), a jednom kao postojeća, 2020. godine (grafikon 53.). Osim mjerenja postojećih oznaka na kolniku, sva mjerenja su velikom većinom dužine zadovoljili propisanu minimalnu potrebnu razinu retrorefleksije oznaka na kolniku. Također, prosjek svakog mjerenja obnovljenih oznaka zadovoljava propisani minimum razine retrorefleksije, dok prosjek mjerenih postojećih oznaka 2020. godine ne zadovoljava propisani minimum razine retrorefleksije za postojeće oznake tipa 2 (grafikon 55.). Rubna desna traka 2022. mjerena je kao oznaka tipa 2, a rezultati retrorefleksije po metrima su prikazani na grafikonu 54.



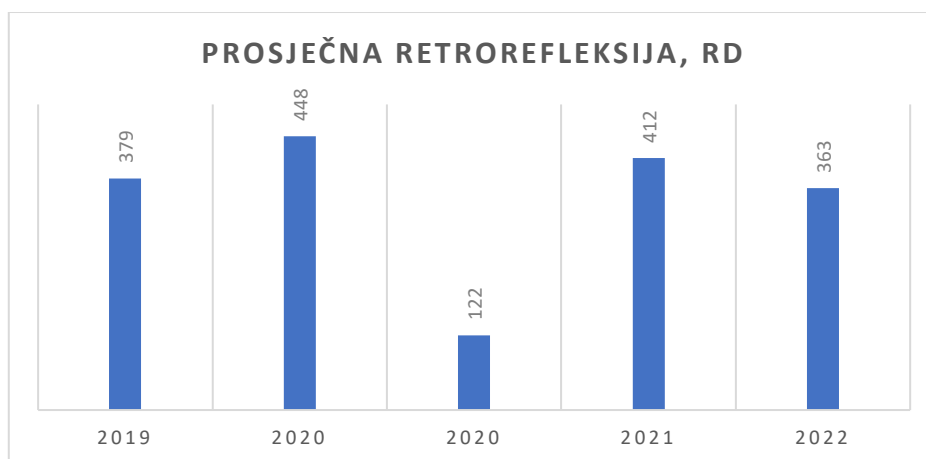
Grafikon 52. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije rubne desne trake na DC1, ZGŽ po metrima i godinama [izradio autor]



Grafikon 53. Vrijednosti postojeće retrorefleksije rubne desne trake 2020. godine na DC1, ZGŽ po metrima [izradio autor]

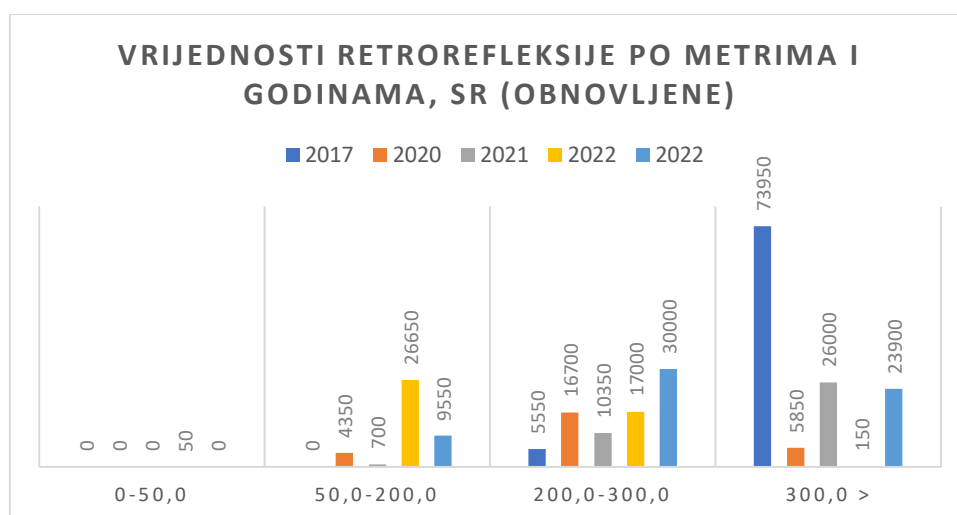


Grafikon 54. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije rubne desne trake 2022. godine na DC1, ZGŽ po metrima [izradio autor]

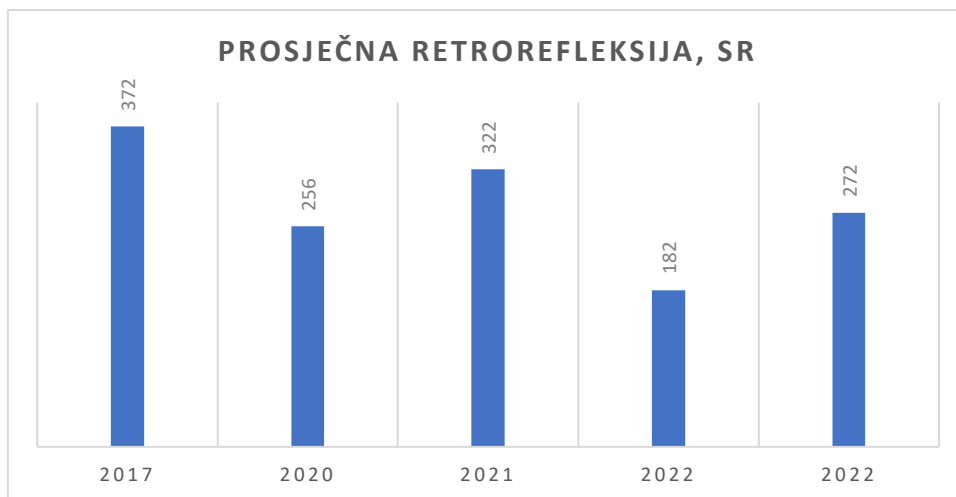


Grafikon 55. Vrijednosti prosječne retrorefleksije rubne desne trake na DC1, ZGŽ po godinama [izradio autor]

Druga cesta nizinske Hrvatske čiji će se rezultati dinamičkog ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku analizirati u ovom radu je dio državne ceste 2 koji prolazi kroz Osječko-baranjsku županiju. Između 2017. i 2022. godine dinamičko ispitivanje retrorefleksije srednje linije vršilo se 5 puta, od čega po jednom 2017., 2020. i 2021. godine i dva puta 2022. godine. Većina dužine oznaka zadovoljava propisane minimalne razine retrorefleksije za obnovljene oznake u svim mjerenjima, osim u prvom mjeranju 2022. godine kada većina dužine oznake ima vrijednosti retrorefleksije ispod 200 mcd/lx/m² (grafikon 56.). To mjeranje je također i jedino čija prosječna vrijednost retrorefleksije nije zadovoljila propisani minimum (grafikon 57.).

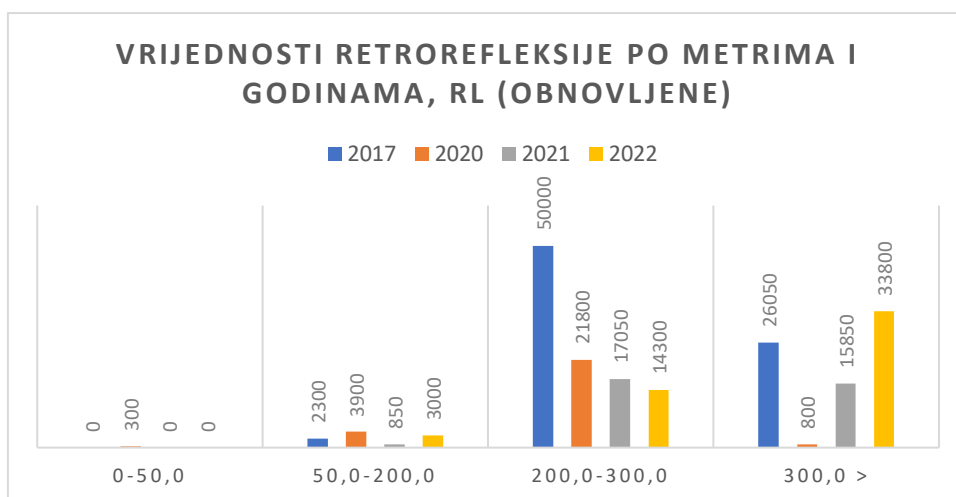


Grafikon 56. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije srednje trake na DC2, OBŽ po metrima i godinama [izradio autor]

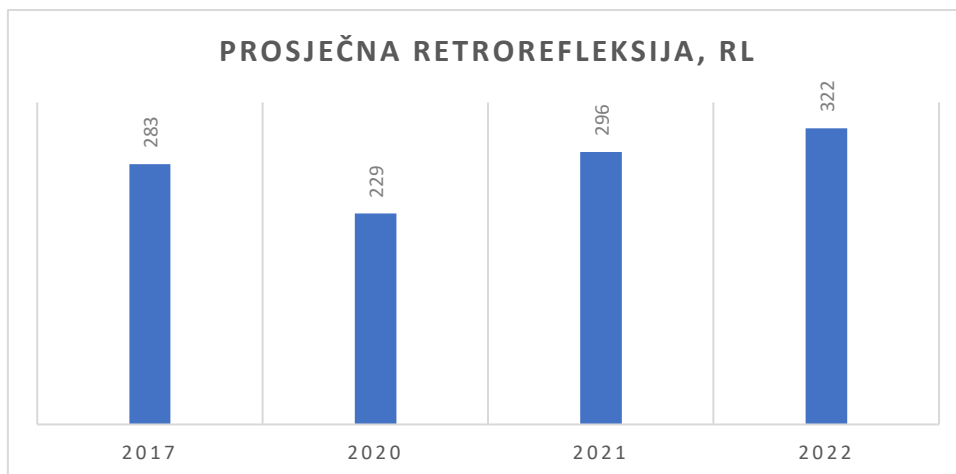


Grafikon 57. Vrijednosti prosječne retrorefleksije srednje trake na DC2, OBŽ po godinama [izradio autor]

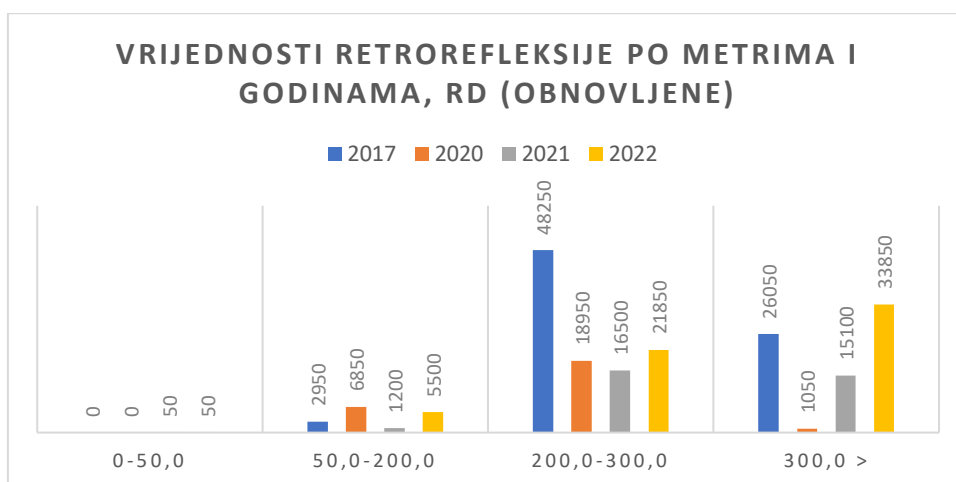
Vrijednosti retrorefleksije rubne lijeve i rubne desne trake državne ceste 2 u Osječko-baranjskoj županiji između 2017. i 2022. godine mjerene su po 4 puta i to 2017., 2020., 2021. i 2022. godine (grafikoni 58. i 60.). Oznake su svaki put mjerene kao obnovljene i svaki put je prosječna retrorefleksija zadovoljila propisane minimalne vrijednosti retrorefleksije (grafikoni 59. i 61.). Prosječna vrijednost u oba je slučaja pala između 2017. i 2020. godine te je svakim mjerenjem rasla do mjerenja 2022. godine.



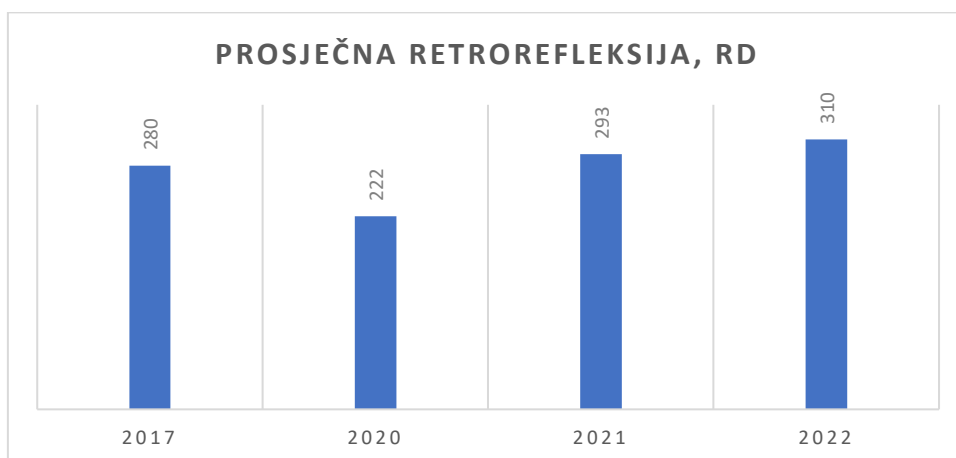
Grafikon 58. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije rubne lijeve trake na DC2, OBŽ po metrima i godinama [izradio autor]



Grafikon 59. Vrijednosti prosječne retrorefleksije rubne lijeve trake na DC2, OBŽ po godinama [izradio autor]



Grafikon 60. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije rubne desne trake na DC2, OBŽ po metrima i godinama [izradio autor]



Grafikon 61. Vrijednosti prosječne retrorefleksije rubne desne trake na DC2, OBŽ po godinama [izradio autor]

5.3. Evaluacija rezultata

Kao što je to već opisivano u ovom radu, na vidljivost oznaka na kolniku, osim stanja vozača i vozila utječu dizajn oznaka na kolniku, kvaliteta retroreflektirajućeg materijala, način izvođenja oznaka i vremenski uvjeti na cestama. U ovom će se potpoglavlju analizirati prikazani rezultati ovisno o učestalosti ispitivanja rezultata, kvaliteti, dizajnu i tipu materijala oznaka na kolniku te terenu kojim prolaze ceste na kojima su analizirane oznake obzirom na to da su izabrane ceste koje se kreću različitim terenima u Hrvatskoj na koje kroz godinu utječu različiti vremenski uvjeti.

5.3.1. Evaluacija rezultata na autocesti A1

Što se tiče autocesta, u radu su se analizirali rezultati ispitivanja jedne autoceste i to na prostoru dvije zasebne tehničke jedinice na A1 (TJ Perušić i TJ Split). Na autocesti A1 na prostoru obje analizirane tehničke jedinice svaka je promatrana traka mjerena po osam puta u razdoblju od 2019. do 2022. godine i to po jednom 2019., 2020. i 2023. godine kao postojeće oznake, po dva puta 2021. i 2022. godine kao postojeće oznake i po jednom 2019. godine kao obnovljene oznake. Oznake su do početka 2021. godine izvodile kao oznake tipa 1, a početkom 2021. su se počele izvoditi kao oznake tipa 2.

Pod TJ Perušić analizirali su se rezultati ispitivanja traka u smjeru Ploča, odnosno rezultati srednje desne trake, rubne desne pretjecajne i rubne desne vozne trake. Što se tiče srednje desne trake, do drugog ispitivanja 2021. godine niti jedna prosječna razina retrorefleksije nije zadovoljila propisanu razinu minimalne retrorefleksije. Obzirom na to da taj dio autoceste prolazi kroz gorsku Hrvatsku na kvalitetu retrorefleksije je, osim prometnih čimbenika koji najviše utječu upravo na srednju traku, utjecao i rad ralica i čišćenja autoceste od snijega i oborina što je rezultiralo lošim rezultatima oznaka na kolniku za vrijeme izvođenja oznaka materijalom tipa 1. Rad ralica i čišćenja autoceste od snijega i oborina na kvalitetu srednje trake utjecalo je i kada je traka prvi put izvedena materijalom tipa 2, 2021. godine, obzirom na to da se ispitivanje vršilo ubrzo nakon zimskog razdoblja. Rezultati tog istog mjerenja prikazali su isto i za rubnu desnu pretjecajnu traku, a na sve tri analizirane trake najgore rezultate prikazalo je mjerenje nakon zimskog razdoblja 2019. godine. To ispitivanje 2019. godine slične je rezultate prikazalo i za srednju lijevu i rubnu lijevu voznu traku na A1 na tehničkoj jedinici Split, što govori o tome da je na te rezultate vjerojatno utjecalo i loše izvođenje oznaka na kolniku. Kod preostalih ispitivanja retrorefleksije oznaka prosječne vrijednosti srednje desne trake su zadovoljile propisanu razinu minimalne retrorefleksije. Kod ispitivanja rubne desne pretjecajne trake samo prvo ispitivanje 2019. godine te prvo ispitivanje 2021. godine nije zadovoljilo propisanu razinu minimalne retrorefleksije, dok je kod rubne desne vozne trake to slučaj samo kod prvog ispitivanja 2019. godine što ne čudi obzirom na to da prometni čimbenici najmanje utječu na tu traku.

Što se tiče dijela A1 koji spadaju pod TJ Split analizirali su se rezultati za tri trake u smjeru Zagreba, odnosno rezultati lijeve srednje, rubne lijeve pretjecajne i rubne lijeve vozne trake. Srednja lijeva traka nije zadovoljila propisanu razinu minimalne retrorefleksije za vrijeme vršenja 3 ispitivanja i to za dva ispitivanja 2019. godine i za prvog ispitivanja 2021. godine. Kod rubne desne pretjecajne trake to je slučaj samo za drugo ispitivanje 2019. godine, odnosno za ispitivanje obnovljenih oznaka, a kod rubne desne vozne trake za prvo ispitivanje 2019. godine i prvo ispitivanje 2021. godine. Oba dva zadnja navedena ispitivanja vršila su se nakon zimskog razdoblja na što je imalo utjecaj i razdoblje oborina, iako ne koliko na prostoru TJ Perušić.

5.3.2. Evaluacija rezultata na državnim cestama

Od državnih cesta koje se kreću uz obalu Jadranskog mora analizirana je DC8 i to u Splitsko-dalmatinskoj županiji i Ličko-senjskoj županiji. Na te dvije ceste kroz godinu utječu poprilično slični klimatski uvjeti i oznake na obje ceste su izvedene materijalom tipa 1, ali je na cesti u Splitsko-dalmatinskoj županiji kroz godinu veći PGDP. Što se tiče srednje trake, zanimljivo je kako je u DC8 u SDŽ manja izmjerena prosječna retrorefleksija kroz godine i dio mjerenja ne zadovoljava propisanu razinu minimalne retrorefleksije, dok u LSŽ sve izmjerene prosječne vrijednosti zadovoljavaju. Ispitivanja čiji prosječni rezultati refleksije nisu zadovoljili propisane minimume u SDŽ izvodila su se 2020. i 2022. godine u sedmom mjesecu što znači da je utjecaj prometa na kvalitetu oznaka na kolniku bio puno veći radi turističke sezone. Slična situacija je i sa rubnom desnom i rubnom lijevom trakom, osim što veći dio ispitanih oznaka u SDŽ zadovoljava propisanu minimalnu razinu retrorefleksije. Zanimljivo je i to što je srednja traka DC8 u Ličko-senjskoj županiji češće mjerena.

Državna cesta koje se kreće gorskom Hrvatskom čiji su se rezultati dinamičkog ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku ispitivali je dio državne ceste 3 koji se kreće kroz Primorsko-goransku županiju. Na tu cestu kroz godinu utječu poprilično slični klimatski uvjeti, a oznake na kolniku te ceste su izvedene materijalom tipa 1. Rezultati prosječne retrorefleksije oznaka srednje trake kod DC3 zadovoljavaju propisanu razinu minimalne retrorefleksije kod svih ispitivanja obnovljenih oznaka, dok je mjerenje postojećih oznaka u proljeće 2022. godine rezultiralo većinom dužine oznaka ispod razine propisane minimalne retrorefleksije. Zanimljivo je kako je iduće ispitivanje obnovljenih oznaka obavljeno nakon nekoliko mjeseci, a razina prosječne retrorefleksije viša nego prijašnjih godina i iznosi čak 359 mcd/lx/m² te je više nego zadovoljavajuća. Sva ispitivanja obnovljenih i postojećih oznaka rubne lijeve i rubne desne trake prikazale su kako većina dužine traka zadovoljava propisanu razinu minimalne retrorefleksije isto kao i prosječne vrijednosti svakog ispitivanja. Jače trošenje srednje trake na ovoj cesti rezultat je čišćenja ceste od snijega ralicama tijekom zimskog razdoblja. Negativan utjecaj ralice bio je puno veći na oznake na srednjoj traci nego na oznake na rubnim trakama.

Ceste u nizinskoj Hrvatskoj čiji su se rezultati dinamičkog ispitivanja retrorefleksije analizirali u radu su dijelovi državne ceste 1 koji prolaze kroz Zagrebačku županiju i dijelovi državne ceste

2 koji prolaze kroz Osječko-baranjsku županiju. Oznake na državnoj cesti 1 kroz ZGŽ do 2022. godine izvodile su se materijalom tipa 2, a 2022. obnovljene su materijalom tipa 1. Kod ispitivanja svih traka kao obnovljenih oznaka na toj cesti 2022. godine vrijednost prosječne retrorefleksije oznaka je pala. Obzirom na količinu prometa sve oznake su se redovito obnavljale te kod svakog ispitivanja obnovljenih oznaka prosječna retrorefleksija zadovoljava propisanu minimalnu razinu retrorefleksije. Prosječna vrijednost jedinog ispitivanja postojećih oznaka koje se vršilo u promatranom razdoblju nije zadovoljilo propisanu minimalnu razinu retrorefleksije.

Dinamičko ispitivanje retrorefleksije oznaka na državnoj cesti 2 u Osječko-baranjskoj županiji vršilo se 5 puta od 2017. do 2022. godine i to po jednom 2017., 2020. i 2021. godine te dva puta u 2022. godine. Svaki od navedenih puta vršilo se ispitivanje srednje trake, dok su se rubne trake 2022. godine mjerile samo jednom. Sva navedena ispitivanja vršila su se na obnovljenim oznakama. Vrijednosti prosječne razine retrorefleksije oznaka na kolniku 2022. godine prvi put ispitivale su se 04.07., odnosno tijekom turističke sezone kada i promet i vremenski uvjeti (sunce) više utječu na oznake na kolniku. To je jedino ispitivanje prilikom kojeg rezultati prosječne retrorefleksije oznaka na kolniku nisu zadovoljili propisanu razinu minimalne retrorefleksije obnovljenih oznaka. Osim za vrijeme tog ispitivanja, prosječna izmjerena retrorefleksija svih ostalih ispitivanja sve tri trake zadovoljila je propisanu razinu minimalne retrorefleksije.

6. Optimizacija održavanja oznaka na kolniku

U ovom će se poglavlju na temelju rezultata analize i evaluacije rezultata dinamičkog ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku utvrditi i utjecaj dinamičkog ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku na održavanje oznaka na kolniku, odnosno na njihovu kvalitetu. Nakon toga će se opisati prijedlog optimizacije održavanja oznaka na kolniku.

Na primjeru autoceste A1 gdje je u većini analiziranih ispitivanja najlošiji rezultat kvalitete retrorefleksije rezultat ispitivanja oznaka na kolniku koje je provedeno nakon zimskog razdoblja 2019. godine može se vidjeti utjecaj ispitivanja na kvalitetu oznaka obzirom na to da je već iduće ispitivanje prikazalo najveću prosječnu razinu retrorefleksije istih oznaka od svih ispitivanja u analiziranom razdoblju što znači su ti rezultati prvog ispitivanja rezultirali jako kvalitetnom izvedbom oznaka na kolniku nakon toga, iako se radi o materijalu tipa 1. Iako su rezultati ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku na A1, TJ Split nakon zimskog razdoblja 2021. godine bili nezadovoljavajući, rezultati retrorefleksije oznaka na kolniku na A1, TJ Perušić istog mjerenja mogu se gledati kao utjecaj zimskih oborina i održavanja ceste ralicama jer prikazuju dosta lošije rezultate kvalitete retrorefleksije nego što je to na oznakama kod TJ Split. Zanimljivo je kako su rezultati ispitivanja idućih mjerenja u 2021. godini nakon tih rezultata ispitivanja retrorefleksije oznaka koje su dale jako loš rezultat prosječne retrorefleksije također dale iznadprosječan rezultat prosječne retrorefleksije, odnosno oznake su nakon tih loših rezultata ispitivanja obnovljene puno kvalitetnije nego što je to slučaj kod drugih redovnih održavanja oznaka.

Na državnoj cesti 8 ispitivanje je imalo veći utjecaj na održavanje na dijelu ceste koji prolazi kroz Splitsko-dalmatinsku županiju, nego što je imalo na dio ceste koji prolazi kroz Ličko-senjsku. Najveći razlog tome je brže trošenje obnovljenih oznaka na cesti u Splitsko-dalmatinskoj županiji obzirom na to da je taj dio ceste pod većim prometnim opterećenjem. Obnova rubnih oznaka na tom dijelu ceste 2020. godine velikom većinom dužine linije nije zadovoljila propisanu minimalnu razinu retrorefleksije. Već iduće mjerenje je pokazalo najveću izmjerenu razinu retrorefleksije postojećih oznaka u promatranom razdoblju na obje trake. Loši rezultati ispitivanja te dvije trake 2020. godine utjecali su na kvalitetu obnavljanja oznaka već na idućem održavanju tih dviju traka.

Na dijelu državne ceste 3 koja prolazi kroz Primorsko-goransku županiju dinamičko ispitivanje retrorefleksije oznaka na kolniku također je utjecalo na njihovu kvalitetu. Jasno vidljivi rezultati oštećenja oznaka na kolniku, pogotovo srednje trake na koju je utjecaj ralice najveći, za vrijeme ispitivanja retrorefleksije nakon zimskog razdoblja 2022. godine rezultirali su još kvalitetnijom obnovom oznaka sve tri ispitivane trake na kolniku nego što je to bilo prijašnjih godina.

Od cesta u nizinskoj Hrvatskoj utjecaj dinamičkog ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku bio je veći na DC2 u Osječko-baranjskoj županiji nego što je bio na DC1 u Zagrebačkoj županiji, obzirom na to da su oznake na DC1 u Zagrebačkoj županiji redovito obnavljane materijalom tipa 2 pa je vrijednost prosječne retrorefleksije za vrijeme svakog ispitivanja bila izrazito visoka. Na kvalitetu oznaka na kolniku na srednjoj traci na DC2 dinamičko ispitivanje imalo je očit utjecaj. Pri ispitivanju 2020. godine vrijednost prosječne retrorefleksije oznaka na srednjoj traci je pala s obzirom na ispitivanje prije toga te je već za vrijeme sljedećeg ispitivanja vrijednost prosječne retrorefleksije narasla. Pri prvom ispitivanju 2022. vrijednost prosječne retrorefleksije oznaka na srednjoj traci je pala ispod propisane minimalne razine retrorefleksije što je utjecalo na to da se oznaka ubrzo ponovno obnovi i već idući mjesec je ispitivanje pokazalo zadovoljavajuću razinu retrorefleksije.

Prometni čimbenici na cestama s većim prosječnim godišnjim dnevnim prometom, pogotovo na srednjim trakama, imaju izrazito loš utjecaj na vrijednosti retrorefleksije koje pod tim utjecajem brže padaju pa time pada i kvaliteta oznaka na tim cestama. Iako je dokazan pozitivan utjecaj dinamičkog ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku na tim mjestima, potrebna je optimizacija održavanja tih oznaka ovisno o količini prometa tijekom razdoblja u godini. Primjerice, na DC8 u Splitsko-dalmatinskoj županiji i na drugim opterećenijim dijelovima Jadranske magistrale i drugih cesta koje su opterećenije tijekom sezone te na cestama na koje ljetno vrijeme i sunce imaju negativan utjecaj potrebna je posebna, kvalitetnija obnova oznaka svake godine prije i nakon turističke sezone u godini.

Kao što je to već navedeni slučaj kod oznaka na državnim cestama koje su pod većim opterećenjem tijekom ljetne i turističke sezone, isto vrijedi i za oznake na hrvatskim autocestama. Tijekom ljetne i turističke sezone te zimskih praznika prometni čimbenici imaju puno veći utjecaj na kvalitetu oznaka na autocestama. Oznake na autocestama bi se, prema tome, trebale redovito obnavljati prije i poslije turističke sezone i to materijalom tipa 2. Na dijelovima autocesta koje prolaze gorskom Hrvatskom bi se također trebalo provoditi posebno održavanje oznaka na kolniku nedugo nakon zimskog razdoblja s obzirom na loš utjecaj zimskih uvjeta i čišćenja snjegova i oborina tijekom zimskog razdoblja.

Na ceste i autoceste u gorskoj Hrvatskoj, uz prometne čimbenike, izrazit utjecaj imaju zimski uvjeti, oborine, te mjere održavanja cesta i čišćenja cesta od snijega i oborina tijekom zimskog razdoblja. Obzirom na dane rezultate ispitivanja kvalitete oznaka i retrorefleksije oznaka na kolniku nakon zimskog razdoblja potrebna je organizacija pravovremenog održavanja oznaka na kolniku te obnavljanja kvalitete retrorefleksije oznaka na kolniku na tim cestama. Stoga je, uz pravovremeno ispitivanje oznaka na kolniku, na tim cestama potrebna i obnova retrorefleksije oznaka na kolniku i kvalitete oznaka nedugo nakon zimskog razdoblja.

7. Zaključak

Rezultati dinamičkog ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku na odabranim cestama za analizu ukazuju na nesavršenosti materijala za izvođenje oznaka na kolniku. To zahtjeva sustavno održavanje i obnavljanje kvalitete oznaka na kolniku. Obzirom na to da se ispitivanje kvalitete oznaka na kolniku, pa tako i retrorefleksije, vrši nekoliko tjedana nakon obnavljanja i kasnije tijekom godine, u ovom radu su se analizirali podaci s ispitivanja kako postojećih oznaka na kolniku tako i onih tek obnovljenih.

Za analizu podataka dinamičkog ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku u obzir su uzeti rezultati 5 državnih cesta na različitim dijelovima Republike Hrvatske koje se razlikuju po opterećenosti, terenu kojim prolaze te čije oznake na kolniku utječu različiti klimatski uvjeti, prometni čimbenici i održavanje ceste. To su ceste:

- Državna cesta 8 u Splitsko-dalmatinskoj županiji
- Državna cesta 8 u Ličko-senjskoj županiji
- Državna cesta 3 u Primorsko-goranskoj županiji
- Državna cesta 1 u Zagrebačkoj županiji
- Državna cesta 2 u Osječko-baranjskoj županiji

Osim državnih cesta, analizirali su se podatci dinamičkog ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku na dionici dvije tehničke jedinice na autocesti A1, odnosno podaci s ispitivanja na području tehničke jedinice Perušić u smjeru Ploča i na području tehničke jedinice Split u smjeru Zagreba.

Evaluacijom prikazanih rezultata ispitivanja retrorefleksije dokazala se razlika utjecaja prometa na različito opterećenim cestama, utjecaj klime i oborina na cestama koje prolaze kroz različite geografske terene i utjecaj održavanja cesta i zimskih čišćenja cesta na kvalitetu retrorefleksije. Primjerice, na DC8 u Splitsko-dalmatinskoj županiji je utjecaj prometa na potrošnju materijala oznaka na kolniku imao veći utjecaj nego što je imao na istoj cesti u Ličko-senjskoj županiji. Također, na A1 na području tehničke jedinice Perušić i na državnoj cesti 3 koja prolazi kroz Primorsko-goransku županiju radi utjecaja klime, oborina i ralica za vrijeme ispitivanja nakon zimskog razdoblja oznake na kolniku su prikazivale puno manju razinu retrorefleksije. Što se tiče utjecaja prometa, vrijednosti na cestama koje nisu bile prikladno obnavljane za vrijeme većih opterećenja na tim cestama tijekom godine nisu zadovoljavale propisanu minimalnu razinu retrorefleksije.

Obzirom na to da su nedugo nakon rezultata koji nisu bili zadovoljavajući, odnosno nakon ispitivanja oznaka čija prosječna razina retrorefleksije nije zadovoljavala propisanu minimalnu

razinu, oznake na kolniku bile nanovo obnovljene i ispitane te da su rezultati novih ispitivanja bili i više nego zadovoljavajući, dokazan je i pozitivan utjecaj dinamičkog ispitivanja oznaka na kolniku na njihovu kvalitetu, što je i bit ovoga rada.

Nakon što je dokazan bit rada i nakon što je dat odgovor na pitanje koje postavlja naslov rada, dati su i prijedlozi optimizacije održavanja oznaka na kolniku s obzirom na navedene utjecaje okoline na kvalitetu oznaka na kolniku i razinu retrorefleksije te na utjecaj dinamičkog ispitivanja na kvalitetu oznaka. Kako bi negativan utjecaj okoline bio što manji, potrebno je oznake na kolniku pravovremeno pripremiti na pretpostavljene negativne utjecaje kroz godinu i osigurati kvalitetu tih oznaka te njihove retrorefleksije nakon tih negativnih utjecaja, odnosno na opterećenijim cestama prije i nakon sezona i faza većeg utjecaja prometa, oborina i sunca. Na cestama većeg utjecaja oborina i ralica oznake je potrebno pravovremeno obnoviti nakon zimskog razdoblja.

Obzirom na to da je dokazan pozitivan utjecaj dinamičkog ispitivanja oznaka na kolniku na njihovu kvalitetu, dinamičko ispitivanje kroz godinu treba prilagoditi vremenu prije i nakon negativnih utjecaja na određene ceste. Također, učestalije dinamičko ispitivanje oznaka na kolniku na svim cestama, posebno onim od većeg značaja, osiguralo bi kvalitetu oznaka na svim cestama te hrvatske cestovne mreže općenito.

Literatura

- [1] *Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cesti*, 2019.
- [2] Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija, akademska godina 2021./2022.
- [3] Babić D, E. Burghardt T, Babić D. *Application and characteristics of waterborne road marking paint*
- [4] Babić D. *Model predviđanja trajanja oznaka na kolniku*
- [5] Bahar G, Masliah M, Erwin T, Tan E, *Pavement Marking Materials and Markers: Real-World Relationship Between Retroreflectivity and Safety Over Time*, Richmond Hill, Ontario, Canada: iTRANS Consulting: 2006. Preuzeto sa:
<https://nap.nationalacademies.org/catalog/23255/pavement-marking-materials-and-markers-real-world-relationship-between-retroreflectivity-and-safety-over-time>
[Pristupljeno: 29.07.2023.]
- [6] HRN EN 1436:2009 - Materijali za oznake na kolniku - Retroreflektirajući markeri - 1. dio: Osnovna zahtijevana svojstva. Europska norma

Popis slika, tablica i grafikona

Popis slika:

Slika 1. Shema procesa izvođenja boja s otapalom

Slika 2. Shema procesa izvođenja boja na bazi vode

Slika 3. Nanošenje boje i perli na kolnik

Slika 4. Neprofilirana oznaka na kolniku

Slika 5. Profilirana oznaka na kolniku

Slika 6. Strukturirana oznaka na kolniku

Slika 7. Shema procesa izvođenja termoplastike

Slika 8. Nanošenje termoplastičnog materijala na kolnik

Slika 9. Shema procesa izvođenja hladne plastike

Slika 10. Nanošenje hladne plastike na kolnik

Slika 11. Usporedba karakteristika osnovnih materijala za izvođenje oznaka na kolniku

Slika 12. Slika loma u suhim i mokrim uvjetima

Slika 13. Prikaz mješavine različitih granulacija perli

Slika 14. Čimbenici utjecaja na vidljivost oznaka na kolniku

Slika 15. Kutovi promatranja kod osobnog vozila

Slika 16. Točke ispitivanja po „Kentucky“ metodi

Slika 17. Uređaj za mjerenje retrorefleksije po statičkim metodama

Slika 18. Točke ispitivanja po ZTV MO 2 metodi

Slika 19. Usporedba statičkih s dinamičkim načinom mjerenja

Slika 20. Uređaj za dinamičko mjerenje postavljen na vozilu za dinamička mjerenja

Slika 21. Ceste odabrane za analizu dinamičkog ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku

Slika 22. Ceste odabrane za analizu u primorskoj Hrvatskoj

Slika 23. Prikaz dijela državne ceste 3 koji prolazi kroz Primorsko-goransku županiju

Slika 24. Ceste odabrane za analizu u nizinskoj Hrvatskoj

Popis tablica:

Tablica 1. Širina razdjelne crte

Tablica 2. dužina strelice [izradio autor]

Tablica 3. Podijela boje s obzirom na brzinu

Tablica 4. Uvjeti određivanja broja ispitnih odsječaka po ZTV MO2

Tablica 5. Prednosti i nedostaci statičkih i dinamičkog mjerenja retrorefleksije oznaka na kolniku

Tablica 6. Minimalne vrijednosti propisane za obnovljene oznake na cestama gdje je PGDP<10000 vozila

Tablica 7. Minimalne vrijednosti propisane za obnovljene oznake na cestama gdje je PGDP>10000 vozila

Tablica 8. Minimalne vrijednosti propisane za postojeće oznake na cestama gdje je PGDP<10000 vozila

Tablica 9. Minimalne vrijednosti propisane za postojeće oznake na cestama gdje je PGDP>10000 vozila

Popis grafikona:

Grafikon 1. Vrijednosti retrorefleksije postojeće srednje desne trake na A1, TJ Perušić po metrima i godinama

Grafikon 2. Vrijednosti retrorefleksije obnovljene srednje desne trake na A1, TJ Perušić po metrima 2019. godine

Grafikon 3. Vrijednosti prosječne retrorefleksije srednje desne trake na A1, TJ Perušić po godinama

Grafikon 4. Vrijednosti retrorefleksije postojeće rubne desne pretjecajne trake na A1, TJ Perušić po metrima i godinama

Grafikon 5. Vrijednosti retrorefleksije obnovljene rubne desne pretjecajne trake na A1, TJ Perušić po metrima 2019. godine

Grafikon 6. Vrijednosti prosječne retrorefleksije rubne desne pretjecajne trake na A1, TJ Perušić po godinama

Grafikon 7. Vrijednosti retrorefleksije postojeće rubne desne vozne trake na A1, TJ Perušić po metrima i godinama

Grafikon 8. Vrijednosti retrorefleksije obnovljene rubne desne vozne trake na A1, TJ Perušić po metrima 2019. godine

Grafikon 9. Vrijednosti prosječne retrorefleksije rubne desne vozne trake na A1, TJ Perušić po godinama

Grafikon 10. Vrijednosti retrorefleksije postojeće srednje lijeve trake na A1, TJ Split po metrima i godinama

Grafikon 11. Vrijednosti retrorefleksije obnovljene srednje lijeve trake na A1, TJ Split po metrima 2019. godine

Grafikon 12. Vrijednosti prosječne retrorefleksije srednje lijeve trake na A1, TJ Split po godinama

Grafikon 13. Vrijednosti retrorefleksije postojeće rubne lijeve pretjecajne trake na A1, TJ Split po metrima i godinama

Grafikon 14. Vrijednosti retrorefleksije obnovljene rubne lijeve pretjecajne trake na A1, TJ Split po metrima 2019. godine

Grafikon 15. Vrijednosti prosječne retrorefleksije rubne lijeve pretjecajne trake na A1, TJ Split po godinama

Grafikon 16. Vrijednosti retrorefleksije postojeće rubne lijeve vozne trake na A1, TJ Split po metrima i godinama

Grafikon 17. Vrijednosti retrorefleksije obnovljene rubne lijeve vozne trake na A1, TJ Split po metrima 2019. godine

Grafikon 18. Vrijednosti prosječne retrorefleksije rubne lijeve vozne trake na A1, TJ Split po godinama

Grafikon 19. Vrijednosti retrorefleksije obnovljene srednje trake na DC8, SDŽ po metrima i godinama

Grafikon 20. Vrijednosti retrorefleksije postojeće srednje trake na DC8, SDŽ po metrima 2021. godine

Grafikon 21. Vrijednosti prosječne retrorefleksije srednje trake na DC8, SDŽ po godinama

Grafikon 22. Vrijednosti postojeće retrorefleksije rubne lijeve trake na DC8, SDŽ po metrima i godinama

Grafikon 23. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije rubne lijeve trake 2020. godine na DC8, SDŽ po metrima

Grafikon 24. Vrijednosti prosječne retrorefleksije rubne lijeve trake na DC8, SDŽ po godinama

Grafikon 25. Vrijednosti postojeće retrorefleksije rubne desne trake na DC8, SDŽ po metrima i godinama

Grafikon 26. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije rubne desne trake 2020. godine na DC8, SDŽ po metrima

Grafikon 27. Vrijednosti prosječne retrorefleksije rubne desne trake na DC8, SDŽ po godinama

Grafikon 28. Vrijednosti postojeće retrorefleksije srednje trake na DC8, LSŽ po metrima i godinama

Grafikon 29. Vrijednosti postojeće retrorefleksije srednje trake 2022. godine na DC8, LSŽ po metrima

Grafikon 30. Vrijednosti prosječne retrorefleksije srednje trake na DC8, SDŽ po godinama

Grafikon 31. Vrijednosti postojeće retrorefleksije rubne lijeve trake na DC8, LSŽ po metrima i godinama

Grafikon 32. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije rubne lijeve trake 2019. godine na DC8, LSŽ po metrima

Grafikon 33. Vrijednosti prosječne retrorefleksije rubne lijeve trake na DC8, SDŽ po godinama

Grafikon 34. Vrijednosti postojeće retrorefleksije rubne desne trake na DC8, LSŽ po metrima i godinama

Grafikon 35. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije rubne desne trake 2019. godine na DC8, LSŽ po metrima

Grafikon 36. Vrijednosti prosječne retrorefleksije rubne desne na DC8, LSŽ po godinama

Grafikon 37. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije srednje trake na DC3, PGŽ po metrima i godinama

Grafikon 38. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije srednje trake 2022. godine na DC3, PGŽ po metrima

Grafikon 39. Vrijednosti prosječne retrorefleksije srednje trake na DC3, PGŽ po godinama

Grafikon 40. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije rubne lijeve trake na DC3, PGŽ po metrima i godinama

Grafikon 41. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije srednje trake 2022. godine na DC3, PGŽ po metrima

Grafikon 42. Vrijednosti prosječne retrorefleksije rubne lijeve trake na DC3, PGŽ po godinama

Grafikon 43. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije rubne desne trake na DC3, PGŽ po metrima i godinama

Grafikon 44. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije rubne desne trake 2022. godine na DC3, PGŽ po metrima

Grafikon 45. Vrijednosti prosječne retrorefleksije rubne desne trake na DC3, PGŽ po godinama

Grafikon 46. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije srednje trake na DC1, ZGŽ po metrima i godinama

Grafikon 47. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije srednje trake 2022. godine na DC1, ZGŽ po metrima

Grafikon 48. Vrijednosti prosječne retrorefleksije srednje trake na DC1, ZGŽ po godinama

Grafikon 49. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije rubne lijeve trake na DC1, ZGŽ po metrima i godinama

Grafikon 50. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije rubne lijeve trake 2022. godine na DC1, ZGŽ po metrima

Grafikon 51. Vrijednosti prosječne retrorefleksije rubne lijeve trake na DC1, ZGŽ po godinama

Grafikon 52. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije rubne desne trake na DC1, ZGŽ po metrima i godinama

Grafikon 53. Vrijednosti postojeće retrorefleksije rubne desne trake 2020. godine na DC1, ZGŽ po metrima

Grafikon 54. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije rubne desne trake 2022. godine na DC1, ZGŽ po metrima

Grafikon 55. Vrijednosti prosječne retrorefleksije rubne desne trake na DC1, ZGŽ po godinama

Grafikon 56. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije srednje trake na DC2, OBŽ po metrima i godinama

Grafikon 57. Vrijednosti prosječne retrorefleksije srednje trake na DC2, OBŽ po godinama

Grafikon 58. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije rubne lijeve trake na DC2, OBŽ po metrima i godinama

Grafikon 59. Vrijednosti prosječne retrorefleksije rubne lijeve trake na DC2, OBŽ po godinama

Grafikon 60. Vrijednosti obnovljene retrorefleksije rubne desne trake na DC2, OBŽ po metrima i godinama

Grafikon 61. Vrijednosti prosječne retrorefleksije rubne desne trake na DC2, OBŽ po godinama

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je diplomski rad isključivo rezultat mogega 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 diplomskog rada pod naslovom Utjecaj dinamičkog ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku na njihovu kvalitetu, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student:

U Zagrebu, 12.09.2023.

Antonio Kuliš

(ime i prezime, *potpis*)

