

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Goran Stojić

UTJECAJ PROMETNOG TOKA NA VIDLJIVOST OZNAKA
NA KOLNIKU

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2015.

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**UTJECAJ PROMETNOG TOKA NA VIDLJIVOST OZNAKA NA
KOLNIKU**

**IMPACT OF TRAFFIC FLOW ON THE VISIBILITY OF ROAD
MARKINGS**

Mentor: Prof. dr. sc. Anđelko Ščukanec

Student: Goran Stojić, 0135217407

Zagreb, rujan 2015.

SAŽETAK

Oznake na kolniku predstavljaju dio cjelokupne prometne signalizacije, te se ne mogu nadomjestiti drugim znakovima ili propisima. Imaju jednu od najznačajnijih uloga u sigurnom vođenju vozača do njihovih ciljeva, te trebaju biti izrađene i postavljene na kolnik u skladu s propisima. U diplomskom radu detaljno su opisani materijali za izradu, te metode ispitivanja dnevne i noćne vidljivosti oznaka na kolniku. Jedno od najvažnijih mjerila kvalitete oznaka na kolniku su njihova retroreflektivna svojstva. Cilj diplomskog rada je analizirati utjecaj prometnog toka na pad retrorefleksije oznaka na kolniku. Za tu svrhu korišteni su podaci ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku koje je Zavod za prometnu signalizaciju Fakulteta prometnih znanosti provodio kroz nekoliko godina.

KLJUČNE RIJEČI: oznake na kolniku; retrorefleksija; degradacija oznaka na kolniku; PGDP

SUMMARY

Road markings are part of the overall traffic signals, and can not be replaced by other markings or regulations. They have one of the most important role in the safe conduct of drivers to reach their goals, and need to be made and placed on the roadway in accordance with the regulations. In the thesis are in detail described making materials and methods for testing daily and nightly visibility of road markings. One of the most important measures of quality road markings are their retro reflective properties. The aim of thesis is to analyze the impact of traffic flow on the decline of retroreflection of road markings. For this purpose is used data of the tests of retroreflection of the road markings conducted by the Department of traffic signs of the Faculty of Traffic Sciences during few years.

KEYWORDS: road markings; retroreflection; degradation of road markings; AADT

Sadržaj

1. UVOD	1
2. OSNOVNI POJMOVI O OZNAKAMA NA KOLNIKU	3
3. VRSTE MATERIJALA ZA IZRADU OZNAKA NA KOLNIKU	6
3.1. Oznake na kolniku izrađene od boje.....	7
3.2. Oznake od plastičnih materijala	8
3.2.1. Hladna plastika.....	8
3.2.2. Termoplastika	12
3.3. Oznake izrađene trakom	15
4. RETROREFLEKSIJA I TRAJNOST MATERIJALA ZA OZNAKE NA KOLNIKU	17
4.1. Općenito o refleksiji i retrorefleksiji	17
4.2. Trajnost materijala za oznake na kolniku	22
5. METODE ISPITIVANJA DNEVNE I NOĆNE VIDLJIVOSTI OZNAKA NA KOLNIKU	25
5.1. Metoda statičkog ispitivanja vidljivosti oznaka na kolniku	27
5.2. Metoda dinamičkog ispitivanja vidljivosti oznaka na kolniku	30
6. UTJECAJ PGDP-a NA VIDLJIVOST OZNAKA NA KOLNIKU.....	32
6.1. Metodologija procesa mjerenja i prikupljanja podataka.....	32
6.2. Analiza i obrada podataka	36
7. ZAKLJUČAK	41
LITERATURA.....	42
Popis slika	45
Popis tablica	46

1. UVOD

Razvojem sustava za označavanje kolnika, sredinom 60-tih godina prošlog stoljeća, započela su se provoditi znanstvena istraživanja vezana uz oznake na kolniku, te se ona do danas kontinuirano provode. Kako više od 90% informacija u prometu čovjek zaprima putem osjetila vida, vidljivost oznaka na kolniku od izrazitog je značaja, naročito u otežanim uvjetima okoline (kiša, snijeg, magla,...), te noću.¹ Oznake na kolniku predstavljaju jednu od najznačajnijih uloga u sigurnom vođenju vozača do njihovih ciljeva, te su najbolja pomoć vozačima pri bočnom određivanju pozicije vozila. Imaju jednaku pravnu vrijednost kao i prometni znakovi, te se ne mogu nadomjestiti drugim oznakama, propisima i simbolima.

Dobra vidljivost, odnosno retroreflektivna svojstva oznaka na kolniku, od izrazitog su značaja za sigurnost odvijanja prometa, na što se u današnje vrijeme obraća sve više pažnje, te se teži postizanju sve boljih svojstva materijala za oznake na kolniku, a da istodobno navedeni materijali imaju što manje negativnih utjecaja na okoliš. Upotrebom suvremene signalizacije, te kvalitetno izrađenim i postavljenim oznakama na kolniku, značajno bi se smanjio broj prometnih nezgoda, u kojima je velik postotak ljudi sa teškim tjelesnim ozljedama i smrtno stradalima.²

Cilj diplomskog rada je analizirati utjecaj prometnog toka na vidljivost, odnosno na degradaciju retrorefleksije oznaka na kolniku. U tu svrhu rezultati ispitivanja oznaka na kolniku u obnovljenom (novom) i postojećem (starom) stanju na pojedinim cestama na duž Republike Hrvatske koje je kroz nekoliko godina provodio Zavod za prometnu signalizaciju Fakulteta prometnih znanosti biti će korišteni i analizirani.

Rad je podijeljen u sedam cjelina:

1. Uvod
2. Osnovni pojmovi o oznakama na kolniku
3. Vrste materijala za izradu oznaka na kolniku
4. Retrorefleksija i trajnost materijala za oznake na kolniku
5. Metode ispitivanja dnevne i noćne vidljivosti oznaka na kolniku
6. Utjecaj PGDP-a na vidljivost oznaka na kolniku
7. Zaključak

¹ Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija

² Fares, H., Shahata, K., Elwakil, E., Eweda, A., Zayed, T., Abdelrahman, M., Basha, I. Modelling the performance of pavement marking in cold weather conditions. Structure and Infrastructure Engineering: Maintenance, Management, Life-Cycle Design and Performance. Milton Park, England. 2010; 8 (11): p. 1067-1079.

Osnovni pojmovi o oznakama na kolniku, podjela, definicije, te zadatci oznaka na kolniku objašnjeni su u drugom poglavlju.

U trećem poglavlju prikazane su vrste materijala za izradu oznaka na kolniku, te je svaki od materijala koji se koriste, boje, plastični materijali i trake posebno objašnjen. Njihova svojstva, struktura, vijek trajanja, načini izrade i postavljanja na kolnik, su detaljno pojašnjeni i popraćeni slikama.

Za vidljivost u prometu najvažnija je retrorefleksija, pa je četvrto poglavlje posebno značajno, jer se prikazuje refleksija i retrorefleksija oznaka na kolniku te trajnost materijala. U navedenom poglavlju je dan i pregled jednog dijela znanstvenih istraživanja vezanih uz oznake na kolniku.

U petom poglavlju prikazane su metode ispitivanja dnevne i noćne vidljivosti oznaka na kolniku: metoda statičkog ispitivanja refleksije oznaka na kolniku (dnevna i noćna vidljivost) i metoda dinamičkog ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku (noćna vidljivost).

Najbitnije poglavlje je šesto, a u njemu je prikazana metodologija procesa mjerenja i prikupljanja podataka, te analiza i obrada podataka, sa tabličnim i grafičkim prikazima.

2. OSNOVNI POJMOVI O OZNAKAMA NA KOLNIKU

Oznake na kolniku mogu se definirati kao skup longitudinalnih i transverzalnih crta, natpisa i simbola čijom se kombinacijom oblikuju površine na prometnoj infrastrukturi. Predstavljaju dio cjelokupne prometne signalizacije i ne mogu se nadomjestiti drugim znakovima ili propisima. Oznake na kolniku imaju jednaku pravnu vrijednost kao i prometni znakovi i prometna svjetlosna signalizacija, te se mogu postavljati samostalno ili u kombinaciji s njima, ako je potrebno da se značenje tih znakova jače istakne, odnosno potpunije odredi ili objasni.³

Osnovni zadaci oznaka na kolniku su⁴:

- UPOZORAVANJE – upozoravaju na stanje i situaciju u prostoru ispred vozila, koja zahtijeva osobitu pozornost i oprez za nastavak sigurnog upravljanja vozilom
- VOĐENJE – vode vozače do njihova cilja putovanja identificirajući im sigurnu putanju vožnje
- INFORMIRANJE – informiraju vozače o zakonskim ograničenjima
- REGULIRANJE - pomoć pri regulaciji prometa na optimalan način.

Oznake na kolniku ucrtavaju se, lijepe, ugrađuju ili utiskuju u kolnički zastor i ne smiju povećavati sklizavost kolnika. Oznake na kolniku ne smiju biti više od 0.6 centimetara iznad razine kolnika. Iznimno, oznake na kolniku (delineatori) kojima se označuju središnje ili rubne crte na objektima ili devijacijama mogu biti viši od 0.6 centimetara iznad razine kolnika. Njihova visina ne smije biti viša od 2.0 centimetra iznad razine kolnika. Oznake na kolniku bijele su boje. Iznimno, žutom bojom obilježavaju se⁵:

- oznake mjesta na kolniku i nogostupu na kojima je zabranjeno parkiranje
- crta za odvajanje traka za kretanje vozila javnog prijevoza putnika
- oznake parkirališnog mjesta za osobe s invaliditetom
- oznake kojima se obilježavaju mjesta za određene namjene (autobusna stajališta, taxi-vozila, policija, biciklističke i pješačke staze i dr.)
- naprave za smirivanje prometa (umjetne izbočine i uzdignute plohe)
- oznake kojima se privremeno preusmjerava promet (privremena regulacija prometa) i obilježavaju privremene opasnosti na kolniku

³ <http://www.mppi.hr/userdocsimages/2006/050323-pravilnik-znakovi.pdf> (02.07.2015)

⁴ Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija

⁵ <http://www.mppi.hr/userdocsimages/2006/050323-pravilnik-znakovi.pdf> (02.07.2015)

Oznake na kolniku mogu se podijeliti s obzirom na nekoliko različitih kriterija kao što su: trajnost, retroreflektivne značajke, vrsta materijala, načinu aplikacije, koeficijentu trenja itd. Međutim, osnovna podjela oznaka na kolniku proizlazi iz njihove funkcijske namjene, te se u tom smislu oznake dijele na⁶:

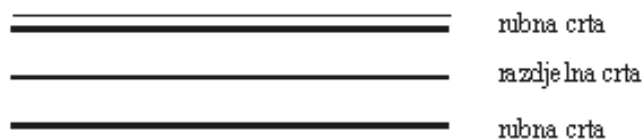
- a) uzdužne oznake na kolniku
- b) poprečne oznake na kolniku
- c) ostale oznake na kolniku i predmetima uz rub kolnika

a) *Uzdužne oznake na kolniku*

Uzdužne oznake na kolniku mogu biti razdjelne crte, rubne crte i crte upozorenja. Razdjelna crta služi za razdvajanje dvosmjernih prometnih površina prema smjerovima kretanja. Rubna crta označuje rub vozne površine kolnika. Širina uzdužnih crta na kolniku iznosi najmanje 10 cm (centimetara), a razmak između usporednih uzdužnih dvostrukih crta je 10 cm. Širina središnje razdjelne crte prema širini kolnika⁷:

- 1) 3,5 m - 20 cm;
- 2) 3 – 3,5 m - 15 cm;
- 3) 2,75 – 3 m - 12 cm,
- 4) 2,5 – 2,75 m - 10 cm.

Širina rubne i razdjelne crte je iste širine (slika 1). Uzdužne crte na kolniku izvode se kao pune, isprekidane, dvostruke crte i rubne crte. Puna uzdužna crta (razdjelna i rubna) označuje zabranu prelaska vozila preko te crte ili zabranu kretanja vozila po toj crti.



Slika 1. H01

Izvor: <http://www.ss-tehnicka-prometna-st.skole.hr> (02.07.2015.)

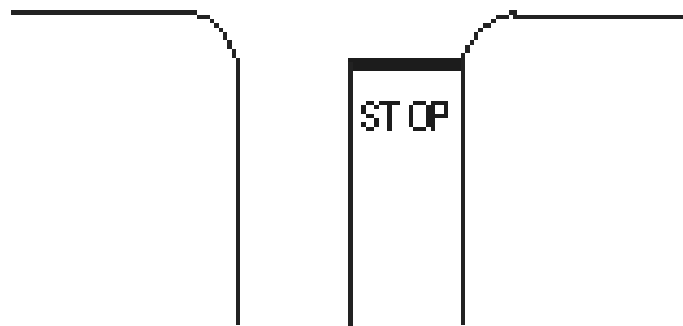
Isprekidana uzdužna crta može biti isprekidana razdjelna crta, kratka isprekidana crta, široka isprekidana crta i crta upozorenja. Isprekidana razdjelna crta dijeli kolničku površinu na prometne trake.

b) *Poprečne oznake na kolniku*

⁶ <http://www.mppi.hr/userdocsimages/2006/050323-pravilnik-znakovi.pdf> (02.07.2015.)

⁷ Ibidem

Poprečne su oznake: crta zaustavljanja (slika 2), kose crte, graničnici, pješački prijelazi, prijelazi biciklističke staze preko kolnika. Poprečne oznake na kolniku obilježavaju se punim ili isprekidanim crtama i mogu biti povučene na kolniku tako da zahvaćaju jedan ili više prometnih trakova. Poprečne pune crte za zaustavljanje vozila na križanjima 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 označuju križanje s cestom koja ima prednost prolaza moraju biti povučene tako da udovoljavaju uvjetima predviđenim za poprečne pune crte. Razdjelna i rubna crta mogu se izvesti i kao zvučna ili vibracijska traka. Poprečne su oznake, s obzirom na kut pod kojima ih vozač vidi, šire od uzdužnih oznaka.



Slika 2. Primjer poprečne oznake na kolniku

Izvor: <http://www.ss-tehnicka-prometna-st.skole.hr> (03.07.2015)

c) Ostale oznake na kolniku i predmetima uz rub kolnika

Ostale oznake na kolniku i predmetima uz rub kolnika su 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).⁸

⁸ <http://www.mppi.hr/userdocsimages/2006/050323-pravilnik-znakovi.pdf> (02.07.2015)

3. VRSTE MATERIJALA ZA IZRADU OZNAKA NA KOLNIKU

Kao što je već ranije navedeno, glavne zadaće oznaka na kolniku je da pomažu vozačima prilikom vožnje u svim uvjetima, naročito u uvjetima smanjene vidljivosti kao što je noć, te loši vremenski uvjeti. U navedenim uvjetima vozači uglavnom ovise o raspoloživoj signalizaciji. Mnogobrojne studije pokazuju da vozači kao glavnu poteškoću tijekom noćne vožnje navode praćenje ceste i samo je manjina zadovoljna s postojećom razinom kvalitete oznaka na kolniku. Da bi se povećala vidljivost i trajnost oznaka na kolniku koriste se različiti materijali za njihovu izradu. Razlika između kakvoće materijala od kojih se izvode oznake na kolniku vrlo su velike, te se njihov odabir mora prilagoditi raznim specifičnim zahtjevima koji se razlikuju od situacije do situacije.⁹

Materijali za izradu oznaka na kolniku razlikuju se prema načinu aplikacije, vijeku trajanja, cijeni i strukturalnim značajkama, a dijele se na¹⁰:

- Boje
- Plastične materijale
 - a) dvokomponentna hladna plastika
 - b) termoplastični materijali
- Trake
 - a) trake za trajne oznake na kolniku
 - b) trake za privremene oznake na kolniku

Svaki od navedenih načina izrade oznaka i materijala ima svoje specifičnosti i prednosti, ali i nedostatke kod primjene. Odabir odgovarajućeg materijala za izvedbu oznaka na kolniku ovisi o situaciji ceste u kojoj se materijal primjenjuje, a koja je posljedica¹¹:

- učestalosti loših vremenskih prilika
- protoka vozila
- preusmjeravanja vozila s drugih cesta
- učestalosti nanošenja asfaltnog sloja
- intervala trajanja zimskih uvjeta

Materijali za izradu oznaka na kolniku ne smiju povećavati klizavost kolnika, te im se u tu svrhu dodaju elementi koji povećavaju površinsku hrapavost kolnika.

⁹ <http://www.chemosignal.hr/o-nama/sigurnost-i-materijali/> (20.07.2015.)

¹⁰ Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija

¹¹ Ščukanec, A.: Primjena retroreflektirajućih materijala u funkciji cestovnoprometne sigurnosti (2003), doktorska disertacija, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb

3.1. Oznake na kolniku izrađene od boje

Boje su materijali u tekućem stanju koji pripadaju skupini tankoslojnih materijala za izradu oznaka na kolniku s debljinom nanosa između 0.3 mm i 0.6 mm. Sastoje se od pigmentata, vezivnih sredstava, punila, i razrjeđivača, a mogu biti jednokomponentne i odmah spremne za ugradnju ili dvokomponentne.¹²

Dok je u spremnicima, boja zadržava tekući oblik zbog razrjeđivača, a kada se izvodi na kolnik, razrjeđivač isparava, ostavljajući kruti film boje. Najčešća klasifikacija boja kao materijala za izvođenje oznaka na kolniku izvodi se prema: prisustvu staklenih perli, načinu aplikacije, vremenu sušenja, te o tipu veziva, odnosno osnovnog materijala.¹³

Boje su najzastupljeniji materijali za izvođenje oznaka na kolniku te su u širokoj primjeni od 1950. godine. Iako najraširenije, boje predstavljaju najlošiji materijal za izradu oznaka na kolniku zbog relativno kratkog vijeka trajanja, te slabog koeficijenta retrorefleksije posebno u mokrim uvjetima. Njihova osnovna prednost u odnosu na druge materijale je niska cijena, zbog koje su i dalje najupotrebljavaniji materijal u RH.

U praksi se bojane oznake nanose posebnim strojevima, koji su opremljeni spremnikom za boju, te je boja već spremna za nanošenje (zagrijana na odgovarajuću temperaturu, razrijeđena razrjeđivačem te s aditivima). Mehanizam raspršivanja obično se kontrolira automatski. Boja prolazi kroz sustav dovodnih cijevi da bi se raspršivala uređajem na završetku cijevi, tzv. „pištolju“ pod tlakom. Na razmaku od pištolja poseban uređaj raspršuje staklene perle u tek nanosenu boju, te se ona nakon nanošenja suši relativno brzo.

Prema tvrtci 3M, normalni uvjeti nanošenja boje (slika 3) imaju sljedeće parametre: maksimalna brzina vozila za automatsko nanošenje: 12 km/h, debljina boje: 0.6 mm, gustoća rasipanja dodatnih elemenata: 160 g/m², gustoća rasipanja perli: 400 g/m², nužno vrijeme sušenja: 3 min, dovoljno vrijeme sušenja: 6 h. Iako najraširenije boje predstavljaju najlošiji materijal za izradu oznaka na kolniku i uglavnom su prikladne za ceste s malim prometnim intenzitetom. Značajke oznaka na kolniku izrađenih bojom su: kratki vijek trajanja, slabi koeficijent refleksije, slaba vidljivost na mokrom kolniku, potreba za čestim obnavljanjem (nekoliko puta godišnje) u svrhu zadržavanja, kakvoće, a samim time i funkcionalnosti, tekuće agregatno stanje, dodavanje staklenih perli radi povećanja retroreflektivnih svojstava.¹⁴

¹² Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija

¹³ Migletz, J., Fish, J.K., Graham, J. L. Roadway delineation practices handbook. Graham-Migletz Enterprises, Washington D.C., 1994.

¹⁴ Clark, J.; Sanders, S. (1993.). Review and Recommendations for Pavement Marking Materials. Department of Civil Engineering, Clemson University, S.C.



Slika 3. Postupak nanošenja boje na kolnik

Izvor: http://www.borum.as/index.php?id=8639&fotoalbum_group_id=&start=50 (23.08.2015)

Oznake na kolniku izrađene bojom postavljaju se najčešće krajem proljeća. Ovisno o mjestu gdje se postavljaju i uvjetima okoline, njihova vidljivost u roku od 4 do 6 mjeseci vidno opada. Zbog abrazivnog djelovanja soli i posipnih materijala za vrijeme zimske službe dolazi do intenzivnijeg brisanja oznaka. Upravo u tim nepovoljnim uvjetima oznake na kolniku trebaju biti najveća pomoć sudionicima u prometu, što zbog kratkog vijeka trajanja oznake od boje ne mogu osigurati.

3.2. Oznake od plastičnih materijala

Plastični materijali su višekomponentni i sastoje se u pravilu od sintetičkih veziva, prirodnih i umjetnih smola, pigmenata, punila i perli. Pripadaju u skupinu debeloslojnih oznaka, debljine nanosa između jedan i šest milimetara ovisno o tome jesu li profilirane ili neprofilirane. Oznake na kolniku od plastičnih materijala mogu se postavljati na kolnik hladne ili na povišenoj temperaturi, te se s tim u vezi mogu podijeliti u dvije osnovne skupine¹⁵:

- hladna plastika
- termoplastika.

3.2.1. Hladna plastika

Hladna plastika je materijal u tekućem stanju kojemu se dodaju različiti aditivi za zgušnjavanje mase, te se nakon početnog zgušnjavanja nanose na kolnik gdje se nakon dvadesetak minuta stvrdnjavaju, nakon čega se preko njih može voziti (slika 4). Ovisno o proizvođaču mogu biti s ugrađenim perlama ili se perle dodaju na kraju procesa ugradnje.

¹⁵ Ščukanec, A. Primjena retroreflektirajućih materijala u funkciji cestovnoprometne sigurnosti. Doktorska disertacija, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2003.

Vijek trajanja im je relativno dug, između dvije i četiri godine, upravo zbog debljine nanosa, od jedan do šest milimetara (ovisno o vrsti: neprofilirane ili profilirane).¹⁶

Hladna plastika uključuje dvije ili više komponenti koje su pomiješane tijekom primjene. Nakon postavljanja imaju relativno brzo vrijeme stvrdnjavanja. Kod hladne plastike uglavnom se primjenjuju debeli premazi, ali se također može primijeniti kao tanka prevlaka. Koristi se za posebne proizvode, ali se više ne koristi u značajnim količinama.

Postoje tri različite klase hladne plastike za oznake na kolniku: fina plastika (FP), gruba plastika (RP) ili hladno sprejana plastika, koja se često nudi kao druga i treća komponenta sustava. Sve tri hladne plastične klase mogu se postavljati ručno, ali se fina plastika i hladno sprejana plastika obično nanose na kolnik strojem.¹⁷



Slika 4. Postavljanje kolničkih oznaka od hladne plastike

Izvor: <http://www.geveko-markings.com/plastiroute-cold-plastic-marking.html> (26.07.2015.)

Oznake na kolniku od hladne plastike u prometu ispunjavaju postavljene zahtjeve, te su pouzdane na prometnicama s visokim prometnim opterećenjima i u različitim vremenskim uvjetima. Kako bi se osigurala dosljedna kvaliteta proizvoda tijekom cijele godine, oznake na kolniku izrađene od hladne plastike nude se u različitim kombinacijama, za različita okruženja, bilo za ljeto, zimu ili pri normalnim temperaturama.¹⁸

¹⁶ Ščukanec, A. Primjena retroreflektirajućih materijala u funkciji cestovnoprometne sigurnosti. Doktorska disertacija, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2003.

¹⁷ Performance of road markings and road surfaces; Draft by Kai Sørensen, 21 March 2011

¹⁸ <http://www.geveko-markings.com/plastiroute-cold-plastic-marking.html> (26.07.2015.)

Oznake od hladne plastike koriste se i u druge svrhe, kao što su veća područja i površine s bojama za biciklističke staze ili ukrasne svrhe.

Prednosti oznaka od hladne plastike¹⁹:

- odlično prianjanje na beton ili asfalt
- vrlo dobra stabilnost oblika, naročito pri visokim temperaturama (važno za profilirane oznake)
- dobro prianjanje na postojeće boje na bazi otapala i oznake od hladne plastike
- izuzetno otporne na trošenje
- vrlo dobra otpornost na klizanje zbog korištenja hrapavih punila
- vrlo dobro prianjanje perli zbog posebno izrađenih premaza
- nema pukotina u asfaltu ili plastici zbog fleksibilnosti metakrilata
- dobra otpornost na motorna ulja i goriva i na sredstva za odleđivanje
- dobra otpornost aglomeratnih (nagomilanih) oznakana ralice za uklanjanje snijega
- otpornost na vremenske utjecaje
- otpornost na klizanje i trajnost itd.

U zadnje vrijeme sve se više izrađuju aglomeratne strukturirane oznake (slika 5) na kolniku od hladne plastike. To su oznake tipa II (slika 6) s poboljšanom vidljivošću u mokrim ili kišnim noćnim uvjetima i slijedećim karakteristikama²⁰:

- otvorena struktura oznaka (aglomerati) rezultira odličnim učinkom odvodnje kao i velikom trajnošću i stabilnosti oblika s obzirom na određena naprezanja, kao što su ralice
- postoji veliki broj različitih struktura koje su nastale različitim tehnikama aplikacije
- mogućnost jednostavnog obnavljanja tankim materijalima (poput filma boje visoke čvrstoće, dvokomponentne boje ili hladne sprej plastike)
- vrlo dobar odnos cijene i performansi zbog smanjene potrošnje materijala
- izračunata prosječna debljina sloja bi trebala biti dva do tri milimetra

¹⁹ Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija

²⁰ Ibidem



Slika 5. Aglomeratne strukturirane oznake na kolniku od hladne plastike

Izvor: <http://www.geveko-markings.com/plastiroute-cold-plastic-marking.html> (26.07.2015.)



Slika 6. Aglomeratne oznake, tipa II

Izvor: <http://www.geveko-markings.com/plastiroute-cold-plastic-marking.html> (26.07.2015.)

3.2.2. Termoplastika

Termoplastika je vrsta plastičnog materijala koji se u većini europskih zemalja koristi duže od trideset godina. Trajnost oznaka izrađenih od ovog materijala iznosi od dvije do pet godina. Ovakav relativno dug vremenski interval trajnosti materijala ponajviše ovisi o: kvaliteti i stanju podloge, intenzitetu prometa, klimatskim uvjetima, tome je li riječ o uzdužnim ili poprečnim oznakama, tome gdje se oznaka nalazi s obzirom na poprečni presjek ceste i posebnosti mjesta primjene.²¹

U Hrvatskoj bi termoplastika bila najisplativiji način postavljanja oznaka zbog zimskih vremenskih uvjeta u kontinentalnom predjelu zemlje. Zima nosi brojne poteškoće sa sobom, ralice koje čišćenjem snijega oštećuju površinu ceste, pa tako i oznake na kolniku. Jedna od prednosti termoplastičnih materijala je i ta da je pri aplikaciji manje osjetljiva na vanjsku temperaturu i temperaturu kolnika u odnosu na boju i trake, što osigurava dulje vremensko razdoblje u godini kada se mogu postavljati. Oznake na kolniku izrađene od ovog materijala (slika 7) karakterizira vrlo dobra uočljivost u svim vremenskim prilikama, kao i u noćnim i drugim uvjetima smanjene vidljivosti i to tijekom cijele godine, što kod bojanih oznaka nije slučaj.²²



Slika 7. Oznake od termoplastike

Izvor: <http://www.geveko-markings.com/viatherm-thermoplastic-road-marking-material.html> (28.07.2015.)

Jedna od bitnih značajki termoplastičnih materijala je da oni ne sadrže otapala, niti prilikom primjene ne zahtijevaju njihovu uporabu što čini ove materijale ekološki

²¹ Ščukanec, A.: Primjena retroreflektirajućih materijala u funkciji cestovnoprometne sigurnosti (2003), doktorska disertacija, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb

²² Ibidem

prihvatljivima. Termoplastične oznake mogu biti profilirane i neprofilirane.²³ U načelu najčešće se izvode neprofilirane uzdužne oznake, no u određenim slučajevima profilirane ili kombinirane neprofilirane i profilirane crte odlično su rješenje povećanja razine sigurnosti u prometu. Osim bolje vidljivosti u uvjetima kada je kolnik mokar, profilirane oznake omogućavaju vibracije vozila i specifičan zvučni efekt ako se kotačima prijeđe ili vozi preko njih. Na taj se način vozači upozoravaju da su se približili rubu ceste. Prema važećim propisima termoplastični materijali ne smiju biti nanoseni u sloju debljem od šest milimetara ako je riječ o neprofiliranim oznakama. U praksi uobičajena debljina sloja iznosi od jedan do tri milimetra, ovisno o potrebi.

Staklene kuglice koje su umetnute u materijal (slika 8), pojavit će se jedna po jedna, što osigurava odlična retroreflektivna svojstva i dugoročnost, iako se materijal lagano troši.



Slika 8. Staklene kuglice umetnute u materijal

Izvor: <http://www.geveko-markings.com/viatherm-thermoplastic-road-marking-material.html> (29.07.2015.)

Materijal se isporučuje spreman za uporabu, bez dodatka bilo kojeg drugog dijela. Kako se oznake od termoplastičnih materijala brzo stvrdnu nakon primjene, umanjuju se smetnje u prometu.²⁴ Ni organski pigmenti, a ni ostale komponente termoplastičnih materijala nisu štetni za okoliš, a sigurni su i za radnike koji ih postavljaju. Termoplastika se također može primijeniti i kao „sprej plastike“ u tankim premazima.²⁵

²³ Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija

²⁴ <http://www.geveko-markings.com/viatherm-thermoplastic-road-marking-material.html> (29.07.2015.)

²⁵ Performance of road markings and road surfaces; Draft by Kai Sørensen, 21 March 2011

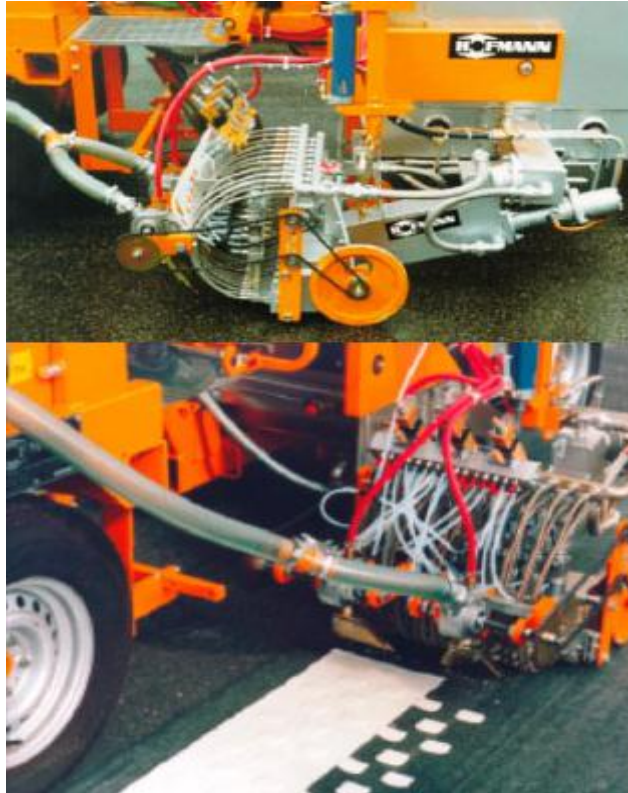
Izrada oznaka na kolniku od termoplastičnih materijala zahtijeva uporabu specijaliziranih strojeva i opreme napravljenih posebno za tu namjenu. Najčešće se za izvođenje navedenih oznaka, naročito aglomeratnih, koriste takozvani „Extruderi“. Extruder se sastoji od sustava brizgaljki međusobno povezanih u cjelinu na principu modula. Na taj se način brzo i jednostavno, obzirom na stvarne potrebe, može regulirati širina crte. Širina crte koja se s Extruderom može povlačiti iznosi od 5 do 50 centimetara. Sustav brizgaljki povezan je s centralnom mikroprocesorskom jedinicom, koja ima zadatak da na temelju unesenih podataka o vrsti i dizajnu crte upravlja složenim sustavom brizgaljki, sustavom za koordinaciju pritiska zraka i doziranjem materijala iz spremnika i dr.

Extruder se postavlja na bočnu stranu stroja (slika 9), te s tim u skladu vozne i eksploatacijske značajke ovise o tom stroju. Pomoću Extrudera moguće je izvoditi neprofilirane, profilirane i kombinirane oznake na kolniku. Extruder omogućava više od 50 različitih dizajna crta.²⁶

Noćna vožnja po kiši jedna je od najtežih situacija. Cesta gubi na vidljivosti, a svjetla farova reflektiraju se od ceste u drugom smjeru. Bliještanje nadolazećih vozila uvećano je refleksijom svjetla s mokre površine ceste. U takvim situacijama vozači trebaju dobru signalizaciju putem cestovnih oznaka.

Međutim, upravo u tim situacijama postojeće oznake na kolniku pokazuju najslabiju učinkovitost. Naime, već i kod slabe kiše kolnik se vrlo brzo prekrije tankim slojem vode koja prekriva retroreflektirajuću površinu materijala, zbog čega oznake na kolniku postaju neupotrebljive. Jedan od načina na koji se suvremena signalizacija može suprotstaviti nepovoljnom djelovanju kiše upravo su profilirane i aglomeratne oznake na kolniku.

²⁶ <http://www.chemosignal.hr/usluge/termoplastika/podjela/> (29.07.2015.)



Slika 9. Hofmann 33-1

Izvor: <http://www.chemosignal.hr/usluge/termoplastika/podjela/> (29.07.2015.)

3.3. Oznake izradene trakom

Trake za trajne oznake na kolniku najbolje su se pokazale pri postavljanju na nove asfaltne površine, iako se uz primjenu posebnog lijepila mogu postavljati i na stare asfaltne površine, kao i na kolnike koji su izrađeni od betonskog materijala. Trake za privremene oznake na kolniku su trake za privremene regulacije prometa, koje se strukturalno razlikuju od dugotrajnih što je nužno, jer se razlikuju uvjeti okoline na mjestu gdje se kratkotrajne oznake postavljaju, ali i da bi se one nakon prestanka potrebe njihova postavljanja lakše uklonile. Osim toga, da bi bile uočljivije i da bi ih se u odnosu na ostale oznake lakše uočilo, trake za privremeno obilježavanje kolnika izvode se drugom bojom, najčešće žutom ili narančastom.²⁷

Koriste se i u opremanju i provedbi privremenog usmjeravanja prometa na gradilištima, za kraća i dulja trajanja, te za noćna gradilišta i u slučaju hitnih mjera, ali i pri obilježavanju radova na autocestama, te lokalnim, županijskim i državnim cestama. Trake se ističu i kroz svoje integrirane stabilnosti i trajnosti kao oznake na kolniku. Postavljaju se

²⁷ Ščukanec, A.: Primjena retroreflektirajućih materijala u funkciji cestovnoprometne sigurnosti (2003), doktorska disertacija, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb

jednostavno i brzo s temperaturama od 10 ° C pa na dalje, te se preko njih može odmah voziti (slika 10).

Funkcija privremenih traka ("žuta obilježavanja") je nadjačati bijelu oznaku na određeno vrijeme, navesti modificirano usmjeravanje prometa na vozača (primjerice, u području gradilišta). Da bi mogli ispuniti ovu funkciju, one moraju biti barem jednako vidljive kao bijela oznaka, i danju i noću. Uz pomoć visoke kvalitete traka za označavanje, opasnost zbog slabo vidljivih ili pak mjesta gdje nema cestovnih granica, može se učinkovito smanjiti. Trajne oznake od trake odlikuju keramičkim perlama i protukliznim česticama u tvrdom poliuretanskom sloju. To daje trakama trajnih oznaka najviše retrorefleksivnosti i protukliznih svojstva, te dug vijek trajanja.²⁸

Ključni prednost oznaka izrađenih od trake u odnosu na druge vrste oznaka, je da se ne stvara u promjenjivim uvjetima na licu mjesta (temperatura, vlaga itd), nego se proizvodi u kontroliranim uvjetima, u modernoj tvornici, te u skladu s ISO standardima. Trake imaju tendenciju, da imaju visoku početnu cijenu i općenito se koriste u područjima koja zahtijevaju minimalna označavanja, te koja se trebaju obavljati pod teškim uvjetima.²⁹



Slika 10. Oznake od trake i načini postavljanja

Izvor: <http://www.cpcsigns.com/images/3mstamarkgroup.jpg> (12.09.2015.)

²⁸ http://www.volkman-rossbach.com/tape_marking.html (02.08.2015.)

²⁹ Durability and retro-reflectivity of pavement markings (synthesis study) by Yi Jiang, Ph.D., P.E., Department of Building Construction Management, Purdue University, Indiana, 2008.

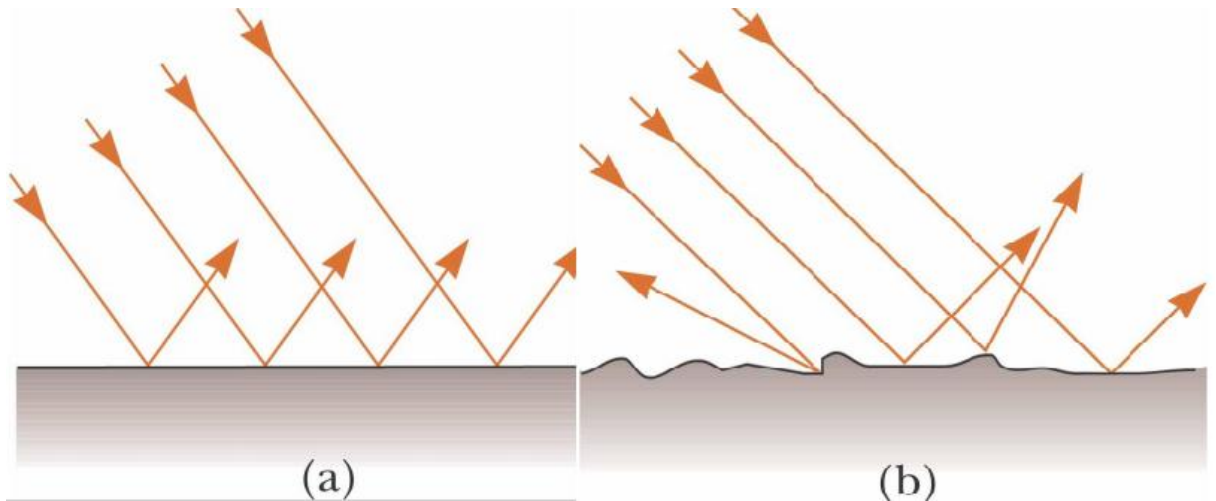
4. RETROREFLEKSIJA I TRAJNOST MATERIJALA ZA OZNAKE NA KOLNIKU

Refleksija se može definirati kao odnos svjetlosti, koja pada na neku površinu u odnosu na udio svjetlosti koji se odbija, odnosno reflektira od te površine. Mjera refleksije jeste stupanj refleksije. Što je neka površina svjetlija, to je veći stupanj refleksije.³⁰

4.1. Općenito o refleksiji i retrorefleksiji

Da bi oznake na kolniku bile vidljive danju, noću i pri otežanim vremenskim uvjetima, moraju imati dobra reflektirajuća, odnosno retroreflektirajuća svojstva. U prirodi postoje tri vrste refleksije koje mogu stvarati reflektirajuće površine: difuzna refleksija, zrcalna refleksija i retrorefleksija.³¹

Zrcalna refleksija je refleksija od glatke površine. Reflektirane zrake su paralelne jedna s drugom, kao što je prikazano na slici 11 a. Difuzna refleksija je refleksija od hrapave površine. Reflektirane zrake šire se u različitim smjerovima, a površina se ponaša kao glatka površina sve dok su varijacije površine puno manje od valne duljine svjetlosti, prikazana na slici 11 b.



Slika 11. Zrcalna i difuzna refleksija

Izvor: http://phy.grf.unizg.hr/media/download_gallery/2%20F2_zakoni%20geometrijske%20optike.pdf
(17.08.2015.)

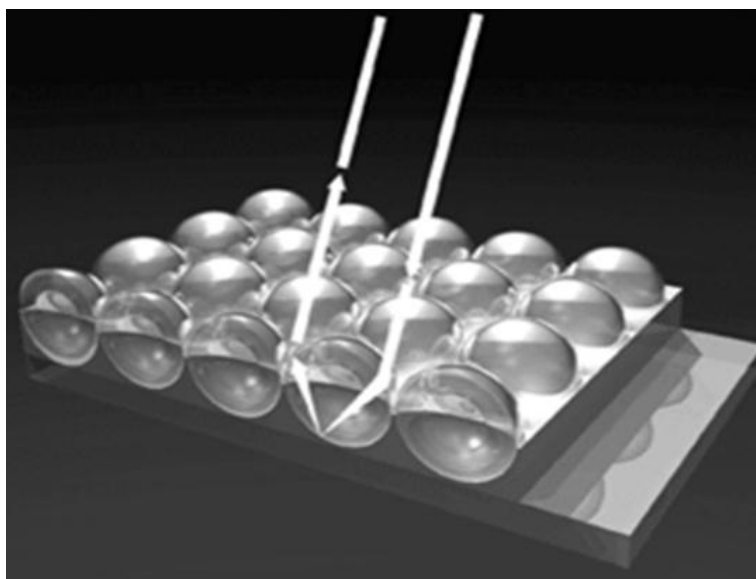
Retrorefleksija označuje refleksiju kod koje se svjetlost odbija u smjerovima bliskim smjeru iz kojega dolazi, zadržavajući u cijelosti to svojstvo kod širokog opsega smjerova upadnog svjetla. Za vidljivost u prometu, kao što je ranije navedeno, najvažnija je

³⁰ Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija

³¹ Ščukanec, A.: Primjena retroreflektirajućih materijala u funkciji cestovnoprometne sigurnosti (2003), doktorska disertacija, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb

retrorefleksija. Retrorefleksija se može definirati kao vrsta refleksije kod koje se svjetlost nakon refleksije od određene površine vraća pod istim (upadnim) kutom u istom smjeru prema izvoru. Ovisno o reflektirajućem materijalu, retrorefleksija može biti sferična ili prizmatična. Za oznake na kolniku primjenjuje se sferična, dok za prometne znakove sferična i prizmatična retrorefleksija.³²

Kod sferične retrorefleksije svjetlost dolazi na prednju površinu staklene perle, te se na njoj lomi i prolazi kroz perlu do stražnje površine, gdje se reflektira i vraća prema prednjoj površini, na kojoj se svjetlost ponovno lomi i vraća u smjeru izvora, kao što je prikazano na slici ispod.³³



Slika 12. Prikaz sferične retrorefleksije

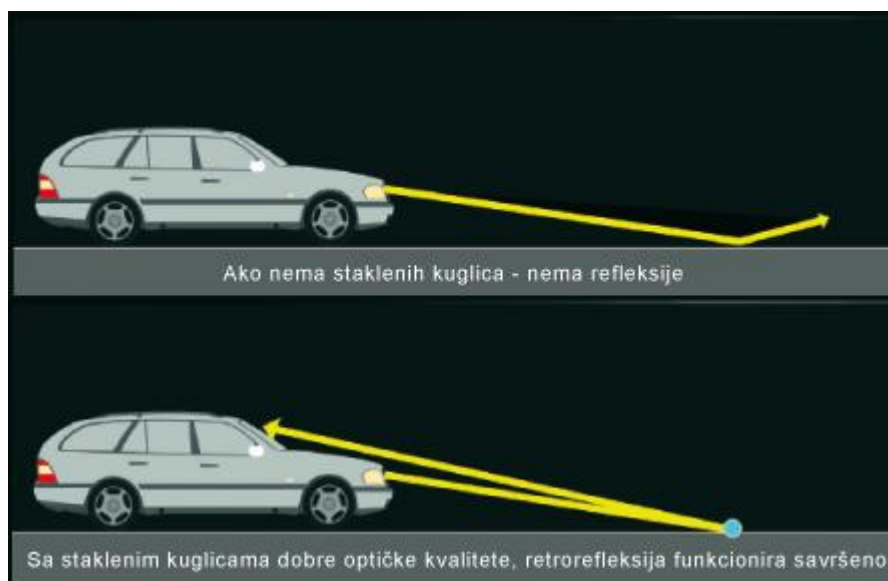
Izvor: Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija

Oznake na kolniku spadaju među najefikasnija i najekonomičnija sredstva za sigurno vođenje prometa. Kontrast između kolnika i pigmentacije materijala oznaka pruža jasnu vidljivost oznaka na kolniku u uvjetima dnevnog svijetla. Međutim, istinska kvaliteta oznaka na kolniku otkriva se u lošijim svjetlosnim i vremenskim uvjetima, tj. noću, po magli ili kad pada kiša. Tada optički fenomen retrorefleksivnosti igra ključnu ulogu u održavanju funkcije vođenja koju imaju oznake na kolniku kako bi osigurale sigurnu vožnju. A retrorefleksija zahtijeva mikro staklene kuglice. Samo kad se ugrade staklene kuglice visoke optičke kvalitete, oznake na kolniku postaju jasno vidljivi čimbenik sigurnosti noću. Zahvaljujući

³² <http://www.propisi.hr/> (17.08.2015.)

³³ Ščukanec, A., Babić, D. Vidljivost oznaka na kolniku, Dani prometnica: Građenje prometne infrastrukture. Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2012.; p. 513-546.

staklenim kuglicama ugrađenim u materijal oznaka, svjetlo glavnog fara vozila se reflektira do vozačevog oka, što rezultira efektom “rasvjetljavanja” oznaka.³⁴



Slika 13. Zrcalna refleksija i retrorefleksija

Izvor: <http://www.chemosignal.hr/usluge/m-swarovski-gmbh/teorija/> (19.08.2015)

Materijali za obilježavanje kolnika pružaju osnovnu liniju retroreflektivnosti. Međutim, najveći dio retroreflektivnosti postiže se dodatkom staklenih perli ugrađenih u materijale za obilježavanja kolnika. Staklene perle značajno poboljšavaju retroreflektivnost oznaka na kolniku. Slika iznad, prikazuje osnovni koncept retrorefleksije, svjetlost iz svjetla vozila se retroreflektira od staklenih kuglica koje su ugrađene u materijal, te se vraća natrag ka vozačevu oku.³⁵

Kvaliteta retrorefleksije oznaka na kolniku ovisi o³⁶:

- Količini staklenih kuglica po m²
- Raspodjeli (distribuciji) staklenih kuglica u/po materijalu oznake (termoplastika, hladna plastika...)
- Odnosu između veličine staklenih kuglica i debljine sloja oznake
- Stupnju utiskivanja staklenih kuglica
- Viskozitetu (ljepljivost) materijala oznake
- Uvjetima okoline (vrijeme, stanje na cesti...)

³⁴ <http://www.chemosignal.hr/usluge/m-swarovski-gmbh/teorija/> (19.08.2015.)

³⁵ William E. Sitzabee: A Spatial Asset Management Study Through an Analysis of Pavement Marking Performance; Graduate Faculty of North Carolina State University, 2008.

³⁶ Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija

Postoje dvije veličine koje pokazuju koliko je retrorefleksija staklenih perli učinkovita:

- snaga retrorefleksije
- indeks loma

Snaga retrorefleksije, odnosno refleksije općenito je omjer izlazne sjajnosti površine (L) i ulaznog osvjetljenja po toj površini (E): $R = L/E$. Pri tom se sjajnost mjeri u kandelama po metru kvadratnom ($\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$), a osvjetljenje u luksima (lx), pa je tako snaga retrorefleksije u kandelama po luksu metru kvadratnom ($\text{cd}\cdot\text{lx}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$), odnosno, prikladnija je jedinica $\text{mcd}\cdot\text{lx}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$. Snaga retrorefleksije ovisi isključivo o materijalu, a ne o karakteristikama upadne svjetlosti. Dakle, snaga retrorefleksije opisuje koliki je potencijal materijala za vraćanje što veće količine svjetla, kako po danu (stvaranjem većeg kontrasta), tako i po noći (stvaranjem većer sjajnosti površine).³⁷

Indeks loma govori pod kojim će se kutom svjetlost lomiti na ulasku u perlu, odnosno izlasku iz perle. Današnja tehnika omogućuje izrade perli različitih indeksa loma, pa tako postoje³⁸:

- staklene perle (indeks loma 1.5)
- perle većeg indeksa loma (indeks loma 1.8)
- perle od kubičnog cirkonija (indeks loma 2.1)
- perle od keramičkih mikrokristala (indeks loma 2.4)

Pri suhim uvjetima optimalan indeks loma biti 1.9, dok pri mokrim uvjetima najbolji indeks loma je 2.4. Stoga je jedno od mogućih rješenja za optimalnu učinkovitost staklenih perli kombinacija perli različitih indeksa loma, kako bi se osigurala što veća snaga retrorefleksije pri svim uvjetima, pa će retrorefleksiju osigurati perle odgovarajućeg indeksa loma.

Postoje različite granulacije staklenih kuglica, a tu se opisuju perle prema SWARCO standardu. SWARCO program kuglica niskog indeksa obuhvaća brojne gradacije i veličine, u skladu s međunarodnim standardima i specifičnim zahtjevima kupaca. Svi se tipovi staklenih kuglica mogu nabaviti s prevlakama izrađenim “po mjeri” ispitivanim u laboratoriju kako bi poboljšala svojstva vezivanja kuglica u pojedinim materijalima oznaka na kolniku. Sveukupna proizvodnja staklenih kuglica sukladna je postupcima upravljanja kvalitetom, certificiranim prema ISO 9001:2000. SWARCO staklene kuglice nose oznaku CE.³⁹

³⁷ Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija

³⁸ Andradý, A. L. (1997). Pavement Marking Materials: Assessing Environment-Friendly Performance, NCHRP Report 392. Washington, D. C., Transportation Research Board

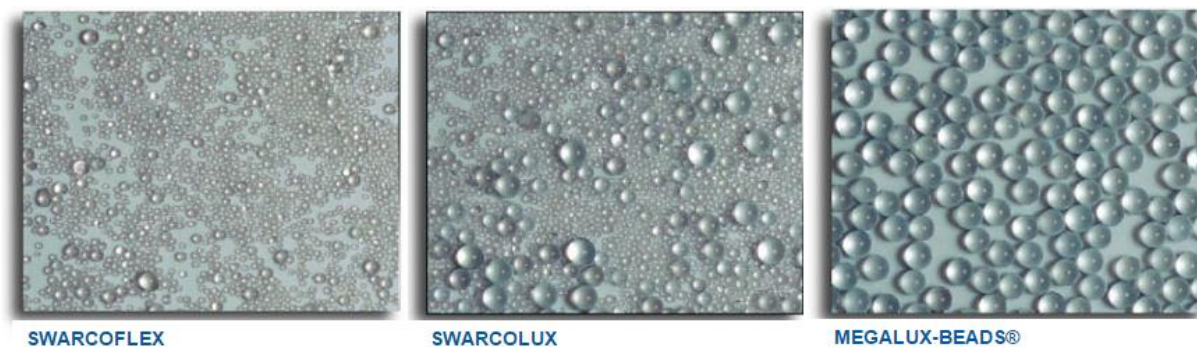
³⁹ <http://www.chemosignal.hr/usluge/m-swarovski-gmbh/staklene-kuglice/> (20.08.2015.)

SWARCOFLEX – Ovo su staklene kuglice visokog standarda kvalitete u veličinama između 1 i 850 mikrona koje daju dobre retrorefleksivne vrijednosti sa okruglošću >80%. Proizvode se u skladu s nacionalnim i međunarodnim standardima (EN 1423, AASHTO, itd.). SWARCOFLEX kuglice su prikladne za sve vrste materijala oznaka na kolniku kao reflektor koji se nanosi, ubrizgava ili prethodno umiješa.

SWARCOLUX (okruglost >85%) su visokokvalitetne mješavine staklenih kuglica SWARCOFLEX s MEGALUX-BEADS. Ove mješavine, u veličinama između 1 i 1300 mikrona, daju izuzetnu reflektivnost zahvaljujući poboljšanim optičkim svojstvima površine kuglica. Zahvaljujući njihovoj izuzetnoj retrorefleksivnosti kuglice SWARCOLUX su osobito pogodne za tehnički zahtjevnije sustave oznaka na kolniku, kao što su strukturirane ili profilirane uzdužne oznake od termoplastike ili hladne plastike.

MEGALUX-BEADS – Različita metoda proizvodnje MEGALUX-BEADS rezultira modernim proizvodom koji daje maksimalnu retrorefleksiju. Sa svojim kristalno čistim površinama, okruglost >95%, vrlo jednolikom retrorefleksivnošću, manje od 1% zraka i veličinama do 1700 mikrona, MEGALUX-BEADS su odlični reflektori za sve sustave oznaka na kolniku s izvanrednom vidljivošću u uvjetima vlage i noću. Prevlaka koja doprinosi povezivanju, razvijena za uporabu s raznim sustavima oznaka, osigurava vrlo homogene oznake na kolniku velike izdržljivosti i dugotrajne reflektivnosti.⁴⁰

Na slici 14. su prikazane različite granulacije staklenih kuglica.



Slika 14. Staklene kuglice

Izvor: <http://www.chemosignal.hr/usluge/m-swarovski-gmbh/staklene-kuglice/> (20.08.2015)

U proizvodnom procesu, najčišće se sirovine tale u visoko reflektivne materijale i oblikuju u najfinije mikrokuglice skoro 100%-tne okruglosti. U veličinama između 40 i 800 mikrona, ove kuglice visokog indeksa služe kao reflektori u tekstilima, folijama za znakove i visokokvalitetnim oznakama na kolniku.

⁴⁰ <https://www.swarco.com/russia-en/Products-Services/Traffic-Materials/Glass-Beads/Standard-glass-bead-products> (21.08.2015.)

4.2. Trajnost materijala za oznake na kolniku

U većini studija o usporedbi materijala kao primarni kriteriji za preporuku korišteni su⁴¹:

- učinkovitost
- dugotrajnost
- isplativost.

Jedan od osnovnih praktičnih problema vezan za oznake na kolniku je kako povećati njihovu trajnost bez povećanja dodatnih troškova. Bojane oznake predstavljaju niske prvobitne izdatke, no brzo gube učinkovitost i zahtijevaju održavanje ili zamjenu, tj. sredstva i vrijeme. Često održavanje predstavlja stalnu opasnost za radnike na cestama. Izdignute oznake raspoložu jakim fotometrijskim svojstvima i imaju veću postojanost tijekom dugih razdoblja. Ne zahtijevaju održavanje niti čestu zamjenu, no njihovi početni troškovi su vrlo visoki.⁴²

Plastični materijali sve više se koriste radi bolje postojanosti u poredbi s tradicionalnom bojom, uz bolju noćnu vidljivost, te u vlažnim uvjetima. Zahvaljujući debljini materijala oznake se izdižu iznad vodenog sloja, koji bojane oznake čini nevidljivima.

Izdignute oznake na kolniku često se koriste u toplijim područjima radi njihove odlične vidljivosti u noćnim i vlažnim uvjetima. Zahvaljujući visokom profilu i kod višeg vodostaja omogućuju bolju refleksiju od drugih oznaka. Međutim, u hladnim područjima ta se prednost pretvara u najveći nedostatak, s obzirom na učestala oštećenja ralicama.

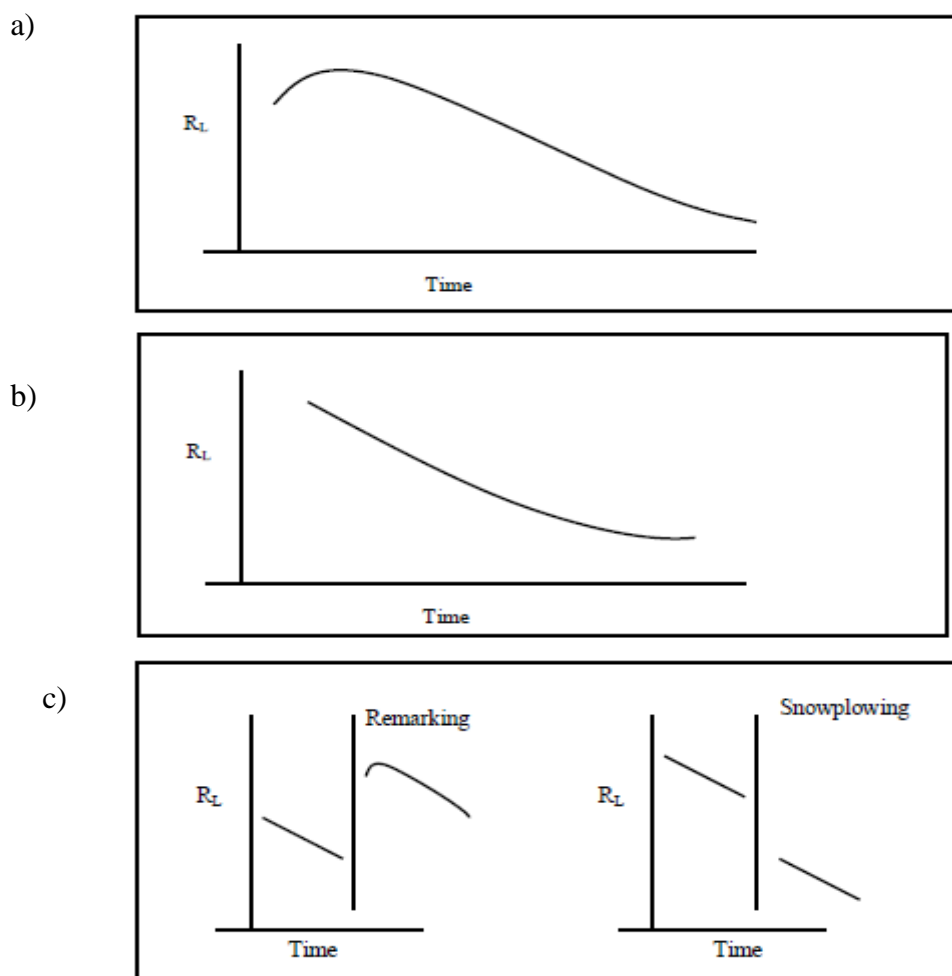
Postoje dva aspekta istraživačkog problema obilježavanja kolnika. Prvi, trenutni pristup upravljanja nije temeljen na performansama, što znači da postoji potencijal za uštede i povećanja vijeka trajanja oznaka na kolniku. Drugi, postoji zakonodavni uvjet za provedbu ispitivanja standarda, za minimalne vrijednosti retroreflektivnosti oznaka na kolniku na svim javnim cestama. Razumijevanje retroreflektivnih performansi tijekom vremena je važno da se uspostavi strategija za oznake na kolniku, koja maksimizira životni ciklus materijala i smanjuje zamjenu kolničkih oznaka koje još uvijek imaju dovoljno dobra retroreflektivna svojstva. Primarni cilj istraživanja bio je razviti prediktivne modele koji bi mogli procijeniti stopu degradacije oznaka na kolniku. Modeli se onda mogu primijeniti na cjelokupni plan upravljanja oznakama na kolniku.⁴³

⁴¹ Ščukanec, A., Babić, D. Vidljivost oznaka na kolniku, Dani prometnica: Građenje prometne infrastrukture. Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2012.; p. 513-546.

⁴² Ibidem

⁴³ William E. Sitzabee: A Spatial Asset Management Study Through an Analysis of Pavement Marking Performance; Graduate Faculty of North Carolina State University, 2008.

Analiza je rezultirala razvojem tri prediktivna modela, koji su pokazali kako se materijali za oznake na kolniku ponašaju tijekom vremena. Prvi model, što je prikazano na slici 15 a), pokazuje da je retroreflektivnost R_L novih kolničkih oznaka povećana nelinearno u početnom periodu nakon ugradnje [Sarasua et al., 2003]. Nakon tog prvog vremenskog perioda, retrorefleksivnost se smanjuje linearno s vremenom. Drugi model, prikazan na slici 15 b), je za postojeće kolničke oznake [Sarasua et. al., 2003]. Početna vrijednost retrorefleksivnosti je obično niža nego za nove oznake i tu je vidljiv izostanak gore povećane retroreflektivne vrijednosti. Konačno, posljednji model prikazan na slici 15 c) slijedi iste trendove kao prva dva modela, ali s znatnim pomakom u retroreflektivnim vrijednostima, što je posljedica aktivnosti održavanja.⁴⁴



Slika 15. Modeli retrorefleksivnosti

Izvor: William E. Sitzabee: A Spatial Asset Management Study Through an Analysis of Pavement Marking Performance; Graduate Faculty of North Carolina State University, 2008.

Gdje je: Time-vrijeme, Remarking-ponovno obnavljanje, Snowplowing-utjecaj ralica

⁴⁴ William E. Sitzabee: A Spatial Asset Management Study Through an Analysis of Pavement Marking Performance; Graduate Faculty of North Carolina State University, 2008.

Važnost čimbenika koji utječu na oznake na kolniku razlikuje se od jedne do druge publikacije, što uzrokuje upravljanje kolničkim oznakama teškim procesom. U rješavanju ovog problema, istraženi čimbenici koji utječu na oznake na kolniku i retrorefleksiju, kod Tennessee autocesta koriste retroreflektivne podatke prikupljene na asfaltnim cestama. Analiziraju se kvantificirani čimbenici koji utječu na retrorefleksiju oznaka na kolniku i modeli linearne razgradnje koji su razvijeni koristeći regresijske analize. Sveobuhvatni cilj ovog rada je proizvesti modele koji mogu poslužiti kao temeljni algoritam kod sustava upravljanja kolničkim oznakama. Analiza pokazuje da starost oznaka na kolniku i promet, imaju značajan utjecaj na degradaciju retrorefleksije (vidljivosti) oznaka na kolniku.⁴⁵

⁴⁵ Analysis of factors affecting pavement markings and pavement marking retroreflectivity in Tennessee highways, Daniel Aaron Malyuta, The University of Tennessee at Chattanooga, August 2015.

5. METODE ISPITIVANJA DNEVNE I NOĆNE VIDLJIVOSTI OZNAKA NA KOLNIKU

Primjenom najnovijih metoda i postupaka ispitivanja oznaka na kolniku moguće je postići visoku i konstantnu razinu kvalitete, te na taj način podići razinu sigurnosti pojedinih prometnica. Također, na taj se način može utjecati na odabir tehnologije nanošenja oznaka, kao i na ostale elemente koji čine sustav prometne signalizacije. Suradnjom izvođača radova i subjekata koji obavljaju ispitivanja kvalitete moguće je primjenom različitih metoda ispitivanja te njihovim djelovanjem na način nanošenja oznaka postići stalnu i visoku razinu kvalitete oznaka na kolniku te time i povećati razinu sigurnosti cestovnog prometa na autocestama, državnim i županijskim cestama u Republici Hrvatskoj.

Jedan od praktičnih problema vezan za oznake na kolniku je usmjeren na povećanje njihove kvalitete i trajnosti uz optimiziranje troškova za njihovo izvođenje i održavanje. Noću, odnosno u uvjetima slabije vidljivosti većina udaljenih i perifernih stimulansa, koji pružaju mogućnost orijentacije, slabo je uočljiva. U takvim uvjetima vozači imaju poteškoća prilikom određivanja bočnog položaja vozila na cesti, što nerijetko dovodi do neželjenih situacija s ozbiljnim posljedicama. Reflektivna svojstva cestovnih oznaka na kolniku od presudnog su značenja i predstavljaju jedan od osnovnih čimbenika povećanja sigurnosti sudionika u cestovnom prometu.⁴⁶

Ispitivanja koja se provode u cilju osiguranja propisane kvalitete oznaka na kolniku jesu⁴⁷:

- prethodna ispitivanja ili ispitivanja pogodnosti
- tekuća ispitivanja
- kontrolna ispitivanja
- dodatna kontrolna ispitivanja
- arbitražna ispitivanja
- ispitivanja prije isteka jamstva.

Prethodna ispitivanja ili ispitivanja pogodnosti podrazumijevaju ispitivanja u funkciji dokazivanja pogodnosti sustava označavanja, odnosno materijala koji se namjeravaju koristiti za izvođenje oznaka na kolniku, temeljem predviđenog tipa oznaka i propisane kvalitete.

⁴⁶ Šćukanec, A., Babić, D. Vidljivost oznaka na kolniku, Dani prometnica: Građenje prometne infrastrukture. Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2012.; p. 513-546.

⁴⁷ Ibidem

Tekuća ispitivanja provodi Izvoditelj radova, kako bi utvrdio propisanu kvalitetu materijala i izvođenja radova, te se provode kontinuirano tijekom izvođenja radova, sukladno pripadajućim normama.

Kontrolna ispitivanja osigurava Naručitelj kako bi utvrdio odgovara li kvaliteta sustava označavanja (oznake TIPA I ili TIPA II) propisanim zahtjevima, a ona obuhvaćaju:

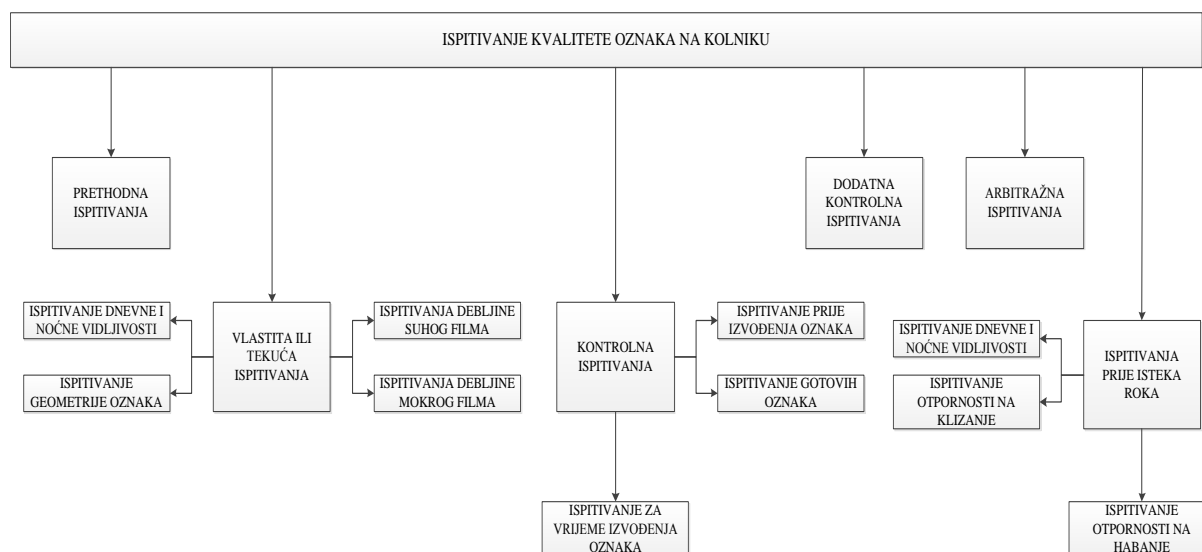
- a) kontrolna ispitivanja prije izvođenja oznaka (podrazumijevaju provjeru jednakosti uzoraka dostavljenog materijala za oznake s podacima predloženim u certifikatima prilikom ispitivanja podobnosti sustava označavanja)
- b) kontrolna ispitivanja za vrijeme izvođenja oznaka, koja dalje obuhvaćaju: ispitivanje vremena sušenja, ispitivanje debljine vlažnog i suhog sloja boje ili debljine sloja plastične mase (bez staklenih perli), vizualno ispitivanje raspodjele i ukapanja staklenih perli, vizualno ispitivanje izvedenih oznaka, te ispitivanje geometrije izvedenih oznaka
- c) kontrolna ispitivanja gotovih oznaka, koja obuhvaćaju: ispitivanja dnevne i noćne vidljivost u suhim uvjetima, noćne vidljivost u vlažnim uvjetima (samo za oznake TIP II) i otpornosti na klizanje, te ispitivanje geometrije oznaka u smislu projektirane širine i duljine oznake

Dodatna kontrolna ispitivanja provode se u slučaju graničnih vrijednosti utvrđenih kontrolnim ispitivanjem gotovih oznaka prema utvrđenoj metodi.

Arbitražno ispitivanje jeste ponavljanje kontrolnog ispitivanja, ukoliko postoji opravdana sumnja Naručitelja ili Izvoditelja da isto nije provedeno na odgovarajući način, a provodi ga ovlaštena pravna osoba koja nije sudjelovala u spornim kontrolnim ispitivanjima ili ona o kojoj postoji suglasnost obje strane. Troškove arbitražnog ispitivanja snosi ona strana čiji su rezultati kontrolnog ispitivanja ili istraživanja suprotni (netočni) rezultatima utvrđenim arbitražnim ispitivanjem.

Ispitivanja prije isteka jamstva provodi Naručitelj kako bi utvrdio kvalitetu izvedenih oznaka na kolniku i njenu sukladnost s kvalitetom ugovorenom za vrijeme trajanja jamstvenog roka. Ispitivanja se provode najkasnije četiri tjedna prije isteka jamstva.

U Republici Hrvatskoj, sukladno tehničkim uvjetima Hrvatskih cesta d.o.o., ispitivanja koja se provode u cilju osiguranja propisane kvalitete oznaka na kolniku dijele se kao što je prikazano na slici 16.



Slika 16. Vrste ispitivanja kvalitete oznaka na kolniku

Izvor: Smjernice i tehnički zahtjevi za izvođenje radova na obnavljanju oznaka na kolniku – Horizontalna signalizacija. Hrvatske ceste, Zagreb, 2010.

Jedan od najvažnijih elemenata kod ispitivanja kvalitete oznaka na kolniku je ispitivanje dnevne i noćne vidljivosti oznaka na kolniku, a mogu se obavljati na dva načina⁴⁸:

- metodom statičkog ispitivanja refleksije oznaka na kolniku (dnevna i noćna vidljivost)
- metodom dinamičkog ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku (noćna vidljivost)

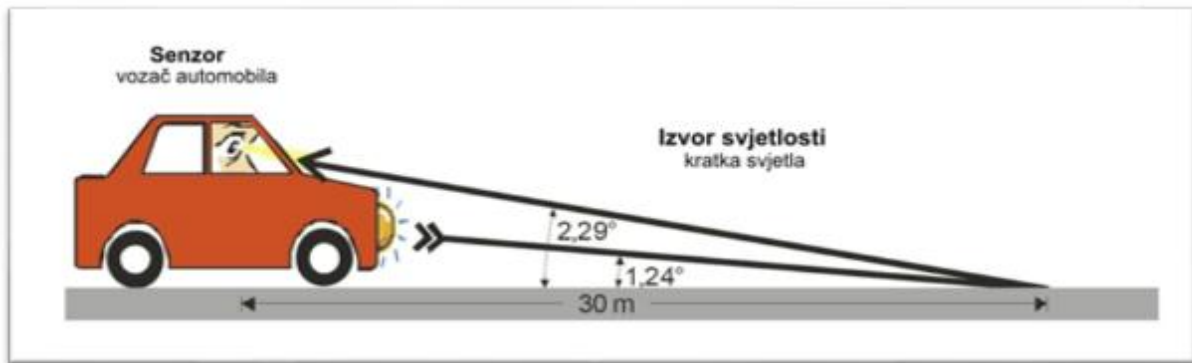
5.1. Metoda statičkog ispitivanja vidljivosti oznaka na kolniku

Statička ispitivanja oznaka na kolniku izvode se ručnim retroreflektrometrima sukladno Europskoj normi EN 1436. Pod statičkim ispitivanjima podrazumijeva se ispitivanje dnevne i noćne vidljivosti oznaka.

Dnevna vidljivost izražena je modulom Q_d i mjerena u mcd/lx/m^2 promatrana pod kutom od $2,29^\circ$ na udaljenosti od 30 m i predstavlja vrijednost difuznog raspršenog svjetla koju prima promatrač. Noćna vidljivost ili retrorefleksija izražena je koeficijentom R_L i mjerena u mcd/lx/m^2 . Kod ispitivanja 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

⁴⁸ Ščukanec, A., Babić, D. Vidljivost oznaka na kolniku, Dani prometnica: Građenje prometne infrastrukture. Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2012.; p. 513-546.

udaljenosti 30 m kod kratkih svjetala (slika 17). Kod ispitivanja se koriste različiti uređaji, pa su navedeni i opisani samo neki od njih.⁴⁹



Slika 17. Princip mjerenja noćne vidljivosti

Izvor: Ščukanec, A., Babić, D. Vidljivost oznaka na kolniku, Dani prometnica: Građenje prometne infrastrukture. Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2012.; p. 513-546.



Slika 18. Uređaj za ispitivanje kvalitete oznaka na kolniku ZRM 6013

Izvor: <http://www.zehntner.com/products/categories/retroreflection/zrm-6013plus-retroreflectometer>
(23.08.2015.)

Uređaj se koristi za ispitivanje kvalitete oznaka na kolniku (horizontalna signalizacija). Zehntner ZRM 6013 (slika 18) je uređaj visoke preciznosti za ispitivanje noćne (R_L) i dnevne (Q_d) vidljivosti. Uređaj također pohranjuje podatke kao što su GPS koordinate, temperatura i vlažnost. Sva provedena ispitivanja jednostavno se mogu pohraniti na računalo radi izrade dokumentacije i izvještaja ispitivanja.⁵⁰

⁴⁹ HRN EN 1436:2009 - Materijali za oznake na kolniku - Retroreflektirajući markeri - 1. dio: Osnovna zahtijevana svojstva

⁵⁰ <http://static.fpz.hr/FPZWeb/files/katalog-laboratorijske-opreme/Ispitni-laboratorij-Zavoda-za-prometnu-signalizaciju.pdf> (22.08.2015.)



Slika 19. Uređaj za ispitivanje kvalitete oznaka na kolniku ZRM 6014

Izvor: <http://www.zehntner.com/products/categories/retroreflection/zrm-6014-retroreflectometer> (23.08.2015.)

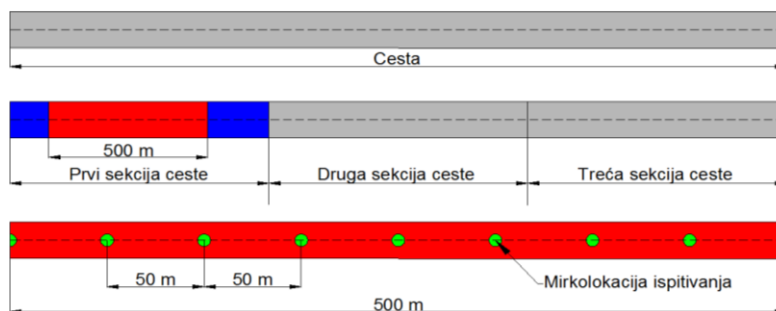
Zehntner ZRM 6014 (slika 19) je najnoviji uređaj visoke preciznosti za ispitivanje noćne (RL) i dnevne (Qd) vidljivosti, a osnovna prednost mu je brzina (kraće vrijeme) ispitivanja. Zahvaljujući velikom zaslonu osjetljivom na dodir, omogućuje jednostavniji unos podataka vezanih uz ispitivanje, te nudi mogućnost pregleda rezultata ispitivanja u „MappingTools“ softveru.⁵¹

Ispitivanje dnevne i noćne vidljivosti može se raditi prema dvije metode⁵²:

1. Prema „Kentucky“ metodi. Ispitivanja se obavljaju u periodu između 30-tog i 60-tog dana od datuma izvedbe oznaka. Ispituje se u jednoj zoni dužine 500 m, na svakoj sekciji, pri čemu je sekcija dio oznaka izveden s jednom ekipom tijekom jednog dana. Zona ispitivanja je u prvoj trećini dužine sekcije te se u svakoj zoni izvrši 10 ispitivanja na međusobnom razmaku od 50 m. Na svih 10 mikrolokacija izvrši se po 3 ispitivanja i dobivena prosječna vrijednost tih ispitivanja uzima se kao mjerodavna (slika 20). Nedostatak ovog načina ispitivanja je relativno mali broj ispitanih mjesta obzirom na dužinu dionice, što otvara mogućnost dobivanja pogrešne slike stanja o kvaliteti oznaka na kolniku na pojedinim prometnicama, a time i stanja sigurnosti prometa zbog čega se više ne koristi.

⁵¹ <http://static.fpz.hr/FPZWeb/files/katalog-laboratorijske-opreme/Ispitni-laboratorij-Zavoda-za-prometnu-signalizaciju.pdf> (22.08.2015.)

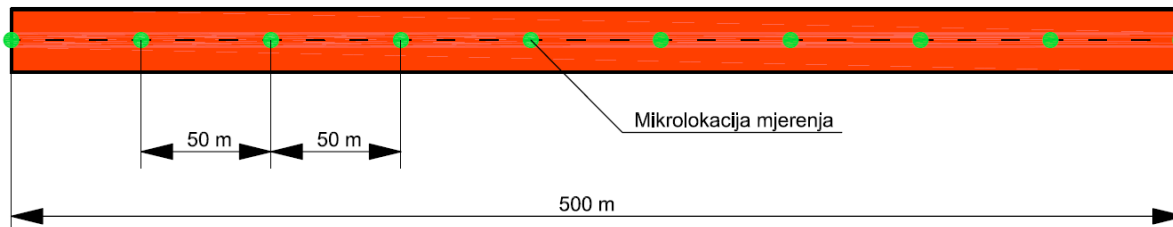
⁵² Ščukanec, A., Babić, D. Metode mjerenja retrorefleksije prometnih znakova i oznaka na kolniku. Dani prometnica: Mjerenja, ispitivanja i monitoring na prometnicama, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2013.; p. 373-407.



Slika 20. Kentucky metoda mjerenja

Izvor: Ščukanec, A., Babić, D. Metode mjerenja retrorefleksije prometnih znakova i oznaka na kolniku. Dani prometnica: Mjerenja, ispitivanja i monitoring na prometnicama, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2013.; p. 373-407.

2. Prema Njemačkom propisu ZTV M02. Prema novim Smjernicama i tehničkim zahtjevima postupak ispitivanja, odnosno mjerenje i ocjena vrijednosti izvedenih oznaka na kolniku, provodi se sukladno Njemačkom propisu ZTV M 02 (slika 21). Isto obuhvaća mjerenje debljine suhog sloja boje, ocjenu dnevne i noćne vidljivosti izvedenih oznaka u suhim uvjetima, noćne vidljivosti u vlažnim uvjetima te otpornosti na klizanje izražene u SRT jedinicama i to za mjerenja koja se provode najranije 30, a najkasnije 60 dana nakon izvođenja oznaka na kolniku.⁵³



Slika 21. Metoda mjerenja prema ZTV M 02

Izvor: Ščukanec, A., Babić, D. Vidljivost oznaka na kolniku, Dani prometnica: Građenje prometne infrastrukture. Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2012.; p. 513-546.

5.2. Metoda dinamičkog ispitivanja vidljivosti oznaka na kolniku

Dinamička metoda ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku podrazumijeva mjerenje noćne vidljivosti mjernim uređajem u cijeloj njihovoj dužini. To se može obavljati dinamičkim retroreflektometrom ZEHNTNER ZDR 6020 koji je ugrađen na mjerne vozilo, te na taj način omogućuje konstantno mjerenje noćne vidljivosti (R_L) oznaka na kolniku tijekom

⁵³Ščukanec, A., Babić, D. Vidljivost oznaka na kolniku, Dani prometnica: Građenje prometne infrastrukture. Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2012.; p. 513-546.

vožnje vozila brzinom do 120 km/h. Uređajem ZEHNTNER ZDR 6020 se mogu mjeriti veće sekcije i to u svojoj punoj dužini, za razliku od mjerenja statičkim uređajem.⁵⁴



Slika 22. Mjerno vozilo s montiranim uređajem ZDR 6020

Izvor: <http://www.zehntner.com/products/categories/retroreflection/zdr-6020-retroreflectometer> (02.09.2015.)

Uređaj ZEHNTNER ZDR 6020 (slika 22) ima sljedeće mogućnosti⁵⁵:

- mjerenje noćne vidljivosti RL oznaka na kolniku u dnevnim i noćnim uvjetima
- pogodan je za mjerenje noćne vidljivosti svih vrsta oznaka na kolniku, te i profiliranih oznaka visine do 9 mm
- pogodan je za mjerenje noćne vidljivosti u suhim i mokrim uvjetima
- posjeduje integriranu kameru za nadzor, snima fotografije svakih 25 m automatski, te također ima mogućnost i ručnog snimanja fotografija
- ima ugrađen GPS sustav koji bilježi kretanje vozila te posjeduje senzore za mjerenje temperature zraka i vlažnosti zraka
- mogućnost slanja i obrade podataka u programskom paketu, te mogućnost prebacivanja podataka u elektronički oblik koji omogućuje statističku analizu izmjerenih vrijednosti.
- svi važni podaci su snimljeni u isto vrijeme: RL, omjer dnevnog kontrasta, GPS koordinate, temperatura zraka ($^{\circ}$ C / $^{\circ}$ F), relativna vlažnost (RV%), brzina, slika, glasovne snimke, kao i datum i vrijeme.⁵⁶

⁵⁴ Ščukanec, A., Babić, D. Vidljivost oznaka na kolniku, Dani prometnica: Građenje prometne infrastrukture. Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2012.; p. 513-546.

⁵⁵ Ibidem

⁵⁶ <http://www.zehntner.com/products/categories/retroreflection/zdr-6020-retroreflectometer> (30.08.2015.)

6. UTJECAJ PROMETNOG TOKA NA VIDLJIVOST OZNAKA NA KOLNIKU

Osnovni je zadatak brojenja prometa na cestama utvrđivanje broja i vrsta vozila na izabranim poprečnim presjecima cesta (brojačkim mjestima) u određenim vremenskim razdobljima. Obrada brojačkih podataka, kao dva osnovna i najčešće korištena pokazatelja veličine prometa, daje prosječan godišnji dnevni promet (PGDP) i prosječan ljetni dnevni promet (PLDP). Brojenjem se može ustanoviti i niz drugih značajki cestovnog prometa, koje se po provedenim obradama podataka predstavljaju različitim pokazateljima, numerički i grafički.⁵⁷

O vidljivosti oznaka na kolniku objašnjeno je u prethodnim cjelinama, te se u ovoj cjelini prikazuje utjecaj PGDP-a na vidljivost oznaka na kolniku.

6.1. Metodologija procesa mjerenja i prikupljanja podataka

Ocjena kvalitete izvedenih oznaka na kolniku temelji se na rezultatima ispitivanja. Primjenom najnovijih metoda i postupaka izvođenja i ispitivanja oznaka na kolniku moguće je postići visoku i konstantnu razinu kvalitete te na taj način podići razinu sigurnosti pojedinih prometnica. Kvaliteta i kvantiteta vizualnog vođenja sudionika u prometu izravno ovisi o vidljivosti, te su reflektivna svojstva cestovnih oznaka na kolniku od presudnog značenja. Jedan od najvažnijih elemenata kod ispitivanja kvalitete oznaka na kolniku je ispitivanje dnevne i noćne vidljivosti oznaka na kolniku, a mogu se, što je detaljnije opisano u prethodnoj cjelini, obavljati na dva načina⁵⁸:

- metodom statičkog ispitivanja refleksije oznaka na kolniku (dnevna i noćna vidljivost)
- metodom dinamičkog ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku (noćna vidljivost)

Ispitivanje retrorefleksije oznaka na kolniku na cestama, čiji su podaci korišteni u ovom radu, obrađeno je pomoću dinamičkog retroreflektometra ZEHNTNER ZDR 6020. Ispitivanja se vrše tako da se dinamički retroreflektometar priključi na vozilo ili je već ugrađen, te omogućuje konstantno mjerenje retrorefleksije oznaka na kolniku tijekom vožnje. Mjerenje se u ovom slučaju obavljalo do brzina od 120 km/h, te su se ispitivale cijele dionice cesta, s intervalom od 50 metara.

Dodatno uz retroreflektirane vrijednosti, bilježi se temperatura, vlažnost, brzina vožnje, GPS koordinate, te slike i glasovne datoteke. Pohranjene vrijednosti noćne vidljivosti

⁵⁷ Brojenje prometa na cestama Republike Hrvatske godine 2013., Zagreb, travanj 2014. godine.

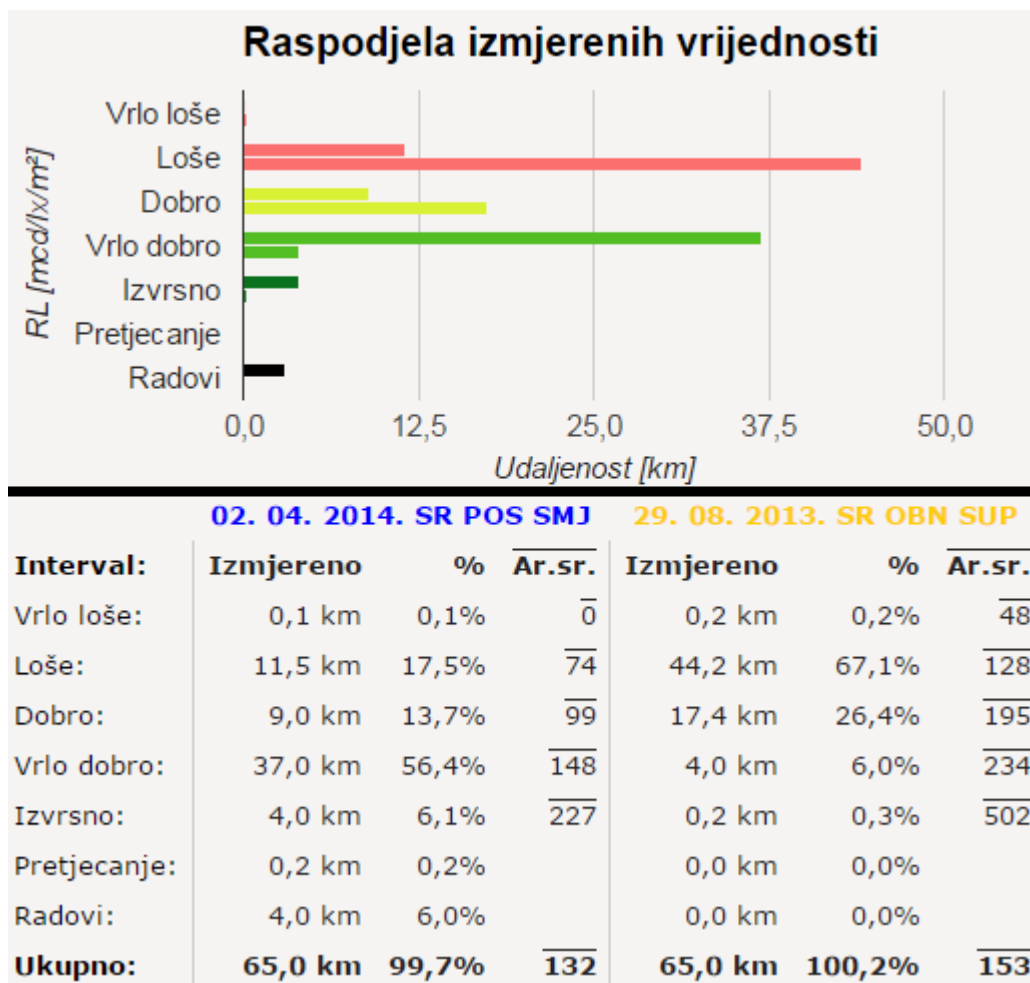
⁵⁸ Ščukanec, A., Babić, D. Vidljivost oznaka na kolniku, Dani prometnica: Građenje prometne infrastrukture. Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2012.; p. 513-546.

izmjerene na pojedinoj dionici su u elektroničkom obliku, a naziv datoteke se odabire prije samog početka mjerenja. Uz rezultate mjerenja noćne vidljivosti datoteka sadrži slike, te mogući audio zapis sa izmjerene dionice. Za svaki mjerni interval koji se mjeri dodaje se nova linija u zapisu. Dinamički retroreflektometar se sastoji od nekoliko elemenata neophodnih za njegov rad⁵⁹:

- mjerna glava
- instalacija u unutrašnjosti vozila
- prijenosno računalo
- mehanizam pričvršćenja mjerne glave na vozilo
- električni instalacijski dio u vozilu

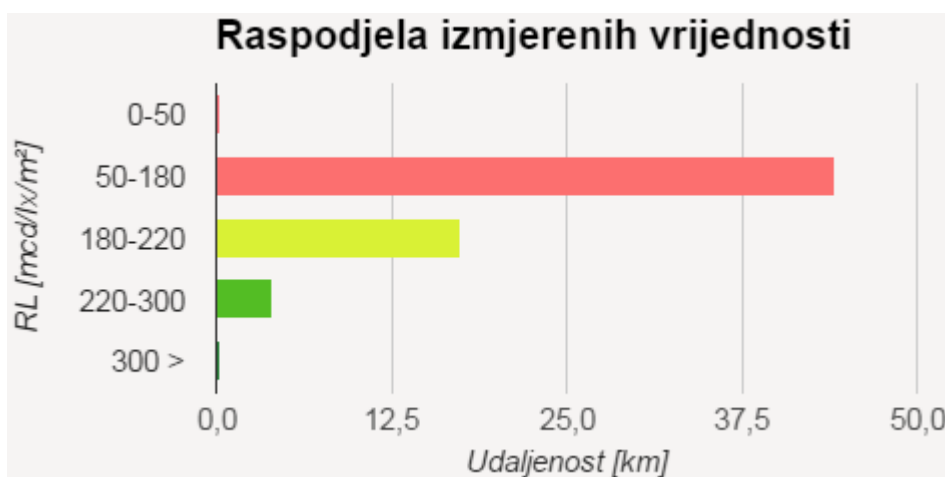
Na slici 23 su prikazane uspoređene, izmjerene vrijednosti obnovljenih i postojećih linija. Intervali retrorefleksije su prikazani od vrlo loše, loše, dobre, vrlo dobre do izvrsne vrijednosti u mcd/lx/m^2 , te su prikazane po kilometru mjernja. Na grafičkom prikazu, npr. kad se gleda loša vrijednost retrorefleksije, vidljivo je da obnovljena linija čini više kilometara loše izmjernih vrijednosti (44,2 km) oznaka, od postojećih (11,5 km), koji su mjereni nakon 217 dana, a vrijednosti retrorefleksije obnovljene linije su u prosjeku 128 mcd/lx/m^2 , a postojećih linija samo 74 mcd/lx/m^2 . Razlog je što su intervali za obnovljenu i postojeću liniju različiti. Za obnovljenu liniju intervali retrorefleksije se kreću od 0-50 (vrlo loše), 50-180 (loše), 180-220 (dobro), 220-300 (vrlo dobro), više od 300 mcd/lx/m^2 (izvrsno), dok se za postojeću liniju intervali kreću od 0-50 (vrlo loše), 50-90 (loše), 90-110 (dobro), 110-200 (vrlo dobro), te preko 200 mcd/lx/m^2 (izvrsno). Osim ovih vrijednosti, prikazane su izmjerene vrijednosti po kilometrima, ali i u postocima (za ukupnu i pojedinačnu vrijednost), a prikazana je i aritmetička sredina retroreflektivnih vrijednosti oznaka na kolniku, kako ukupna, tako i po pojedinom intervalu.

⁵⁹Ščukanec, A., Babić, D. Vidljivost oznaka na kolniku, Dani prometnica: Građenje prometne infrastrukture. Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2012.; p. 513-546.



Slika 23. Prikaz uspoređenih vrijednosti OBN i POS linije

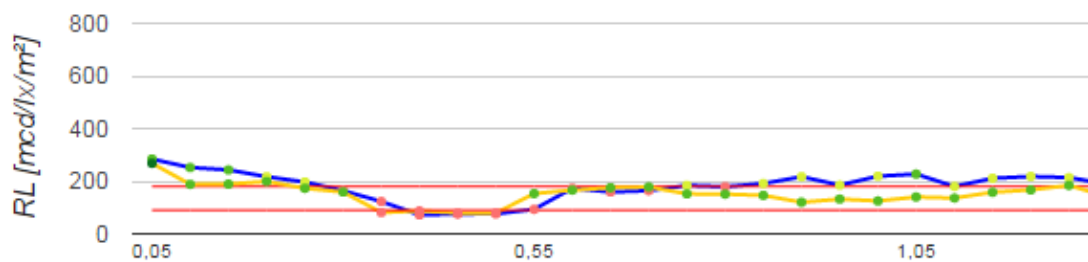
Izvor: <http://ispitivanja.fpz.hr/#!compare:880a0312-69c7-11e4-9cba-00155d5f1f05,5aea8406-69c7-11e4-9cb9-00155d5f1f05> (15.09.2015)



Slika 24. Prikaz izmjerenih vrijednosti

Izvor: <http://ispitivanja.fpz.hr/#!county:splitsko-dalmatinska-fpz:Line> (07.09.2015.)

Nakon izvršenih mjerenja omogućen je pregled raspodjele izmjerenih vrijednosti kao što je prikazano na slici 24. Na slici sa lijeve strane prikazani su intervali, tj. vrijednosti retrorefleksije što je prikazano i raspodjelom u raznim bojama ovisno o jačini retrorefleksije, te je prikazano po kilometrima mjerenja. Prikaz izmjerenih vrijednosti na slici je sa državne ceste D1, mjereno od Vrlike prema Splitu, nakon obnove postojeće dionice. Na slici 25 je prikazan grafički prikaz, gdje je vidljiva vrijednost retrorefleksije u ovisnosti o poziciji (km) određene ceste.



Slika 25. Grafički prikaz vrijednosti retrorefleksije

Izvor: <http://ispitivanja.fpz.hr/#!compare:5aea8406-69c7-11e4-9cb9-00155d5f1f05,880a0312-69c7-11e4-9cba-00155d5f1f05>

Na grafu je prikazana vrijednost retrorefleksije obnovljene dionice ceste prije zime, te postojeće u proljeće. Omogućena je izrada analize rezultata ispitivanja na istoj dionici prije i poslije zimskog razdoblja kako bi se dobila slika o intenzitetu trošenja uzdužnih oznaka na kolniku i time odredio prioritet pri obnavljanju istih.

Svi podaci koji su dobiveni mjerenjem retrorefleksije oznaka na kolniku korišteni su u sljedećem poglavlju radi daljnje analize, te su predloženi u tablici zajedno sa vrijednostima prometnog godišnjeg dnevnog prometa (PGDP-a).

Podatci o PGDP-u preuzeti su iz publikacije: Brojenje prometa na cestama Republike Hrvatske godine 2013., Zagreb, travanj 2014. godine.

U 2013. godini automatsko brojenje prometa metodološki i tehnološki temelji se na elektromagnetskim indukcijskim sensorima i odgovarajućim detektorima vozila, a u brojenju prometa na prometnim građevinama s naplatom uporabe oslanja se na podatke naplatnih postaja. Racionalnost prikupljanja i kvaliteta prikupljenih podataka i njihove obrade unaprjeđuju se stalnim inovacijama, čuvajući pritom usporedivost podataka s onima iz prethodnih godina. Cilj je brojenja prometa sustavno prikupljanje podataka o značajkama cestovnog prometa na što je moguće većem dijelu cestovne mreže. Taj projekt u nas uspješno usmjeravaju i koordiniraju "Hrvatske ceste d.o.o.". Planovi brojenja prometa u novijem

razdoblju pretežito, uz autoceste, obuhvaćaju državne ceste, ali sve češće i županijske ceste, odnosno izabrane odsječke županijskih cesta.⁶⁰

Obrada podataka o izbrojenom prometu odvija se u više faza. Na obradu utječu, pored ostaloga, i načini brojenja prometa i prikupljanja podataka. U osnovi, obrada započinje kontrolom i verifikacijom izvornih podataka. Nakon višestrukog "pročišćavanja" se podatci pohranjuju na odgovarajućim elektroničkim medijima. Bit rezultata obrade procjene su PGDP-a i PLDP-a izvedene iz brojenja koja se provode dva puta godišnje u trajanju od po tjedan dana. Obrada podataka razlikuje se za brojačka mjesta na kojima je brojenje provedeno u godini za koju se vrši obrada od onih na kojima je brojenje provedeno u nekoj od prethodnih godina.⁶¹

6.2. Analiza i obrada podataka

U ovom radu obrađene su sljedeće prometnice, tj. dionice cesta po županijama, za obnovljene i postojeće vrijednosti retrorefleksije oznake na kolniku:

- Županija: Šibensko-kninska, dionica državne ceste D8 Drage - Marina, u duljini od 77 km, te je ispitana središnja crta (SR)
- Županija: Ličko-senjska, dionica državne ceste D25 Korenica – Karlobag, u duljini od 83 km, te je ispitana SR; dionica državne ceste D1 Vaganac – Ondić, u duljini od 67,5 km, ispitana SR; dionica državne ceste D52 Špilnik – Korenica, u duljini od 40,5 km, također ispitana središnja crta
- Županija: Splitsko-dalmatinska, dionica državne ceste D1 Vrlika – Split, u duljini od 65 km, ispitana SR
- Županija: Koprivničko-križevačka, dionica ceste D41 GP (granični prijelaz) Gola – Veliki Raven, u duljini od 66,5 km, ispitana SR
- Županija: Karlovačka, dionica ceste D3 Karlovac – Zdihovo, u duljini od 30 km, ispitana SR
- Županija: Virovitičko-podravska, dionica ceste D5 GP Terezino polje – Lončarica, u duljini od 27 km, te je ispitana središnja crta (SR); dionica ceste D2 Kloštar Podravski – Feričanci, te je ispitana SR u duljini od 86 km;
- Županija: Međimurska, dionica državne ceste D20 Štefanec – Donja Dubrava, također ispitana središnja crta u duljini od 32 km

⁶⁰ Brojenje prometa na cestama Republike Hrvatske godine 2013., Zagreb, travanj 2014. godine.

⁶¹ Brojenje prometa na cestama Republike Hrvatske godine 2013., Zagreb, travanj 2014. godine.

- Županija: Istarska, dionica ceste D500 čvor Vranja – Kršanj, ispitane desna i lijeva rubna crta (RD i RL) u duljini od 23,5 km i 23 km; dionica ceste D66 Pula – Zagore, ispitane RD i RL u duljinama od 59,5 km
- Županija: Osječko-baranjska, dionica ceste D7 GP Duboševica – Vrpolje, a ispitane su SR, RD i RL crta u duljinama od 90,5 km
- Županija: Primorsko-goranska, dionica ceste D3 Zdihovo – Rijeka, ispitana središnja crta u duljini od 96,5 km
- Županija: Bjelovarsko-bilogorska, dionica ceste D28 Markovac Križevački – Veliki Zdenci, ispitane RD i RL crta u duljini od 52 km.

Tablica 1. Mjerene i izračunate vrijednosti retrorefleksije i PGDP-a

Cesta	Linija	Izmjereno (km)	Prosjek OBN (mcd/lx/m ²)	Prosjek POS (mcd/lx/m ²)	Vremenski razmak između mjerenja (dan)	Pad retrorefleksije (mcd/lx/m ²)	Pad po danu ((mcd/lx/m ²)/dan)	PGDP (voz/dan)
D8	SR	77,00	311,00	291,00	217	-6,43%	-0,03%	7139
D25	SR	83,00	261,00	98,00	290	-62,45%	-0,22%	2420
D1	SR	67,50	354,00	77,00	267	-78,25%	-0,29%	3069
D52	SR	40,50	247,00	83,00	290	-66,40%	-0,23%	3136
D1	SR	65,00	153,00	132,00	217	-13,73%	-0,06%	16037
D41	SR	66,50	246,00	74,00	257	-69,92%	-0,27%	3158
D3	SR	30,00	411,00	224,00	254	-45,50%	-0,18%	10863
D5	SR	27,00	330,00	233,00	274	-29,39%	-0,11%	1439
D2	SR	86,00	306,00	173,00	256	-43,46%	-0,17%	4432
D20	SR	32,00	232,00	74,00	253	-68,10%	-0,27%	4618
D50 0	RD	23,50	257,00	252,00	169	-1,95%	-0,01%	3223
	RL	23,00	240,00	271,00	169	12,92%	0,08%	3223
D66	RD	59,50	229,00	259,00	169	13,10%	0,08%	5212
	RL	59,50	254,00	257,00	169	1,18%	0,01%	5212
D7	SR	90,50	269,00	185,00	254	-31,23%	-0,12%	4336
	RD	90,50	330,00	174,00	254	-47,27%	-0,19%	4336
	RL	90,50	303,00	174,00	254	-42,57%	-0,17%	4336
D3	SR	96,50	236,00	32,00	281	-86,44%	-0,31%	2689
D28	RD	52,00	224,00	170,00	314	-24,11%	-0,08%	4189
	RL	52,00	222,00	171,00	314	-22,97%	-0,07%	4189

Izvor: Autor

Tablica 1. prikazuje ceste koje su korištene u radu (redosljed cesta prati iznad navedeni tekst sa županijama), vrste linija kojima su izmjerene retrorefletivna, svojstva te duljinu dionica koje su mjerene. Prosjek OBN i POS prikazuju prosječne vrijednosti retrorefleksije obnovljenih linija, odnosno postojećih. Dalje u tablici je prikazan vremenski

razmak između mjerenja, te je izračunat pad retrorefleksije za to vrijeme. Pad retrorefleksije po danu, je prikazan u predzadnjem stupcu, te na kraju PGDP za pojedinu cestu.

Ceste su obrađene po različitim županijama RH, tako da se dobio pregled kako PGDP utječe na vidljivost oznaka na kolniku u različitim uvjetima postavljanja i održavanja oznaka na kolniku, te bitno različitim uvjetima okoline. Tako imamo pregled vrijednosti za oznake na kolniku pod različitim uvjetima, ceste uz more (blaga klima, gotovo bez utjecaja snijega, mraza i leda), do cesta u gorju (oštre zime, uz puno snježnih padalina), te cesta kroz same gradove i kroz gotovo nenaseljena područja. Uzete su različite linije cesta, da bi se vidjelo, da li je isti utjecaj na srednje crte i rubne crte. Ako se gleda, npr. cesta D7 iz Osječko-baranjske županije, te se uspoređi retrorefleksija mjerena nakon obnavljanja i retrorefleksija postojećih linija nakon istog vremenskog razdoblja (254 dana), može se vidjeti da je najveći pad vrijednosti retrorefleksije rubne desne (RD) linije. Također je isti slučaj i za ostale obrađene linije cesta, što se može vidjeti iz tablice 1.

Sama mjerenja retroreflektivnih vrijednosti provodio je Zavod za prometnu signalizaciju Fakulteta prometnih znanosti, u svrhu ispitivanja kvalitete oznaka na kolniku, te da bi mogli uvidjeti kada je potrebno ponovno obnavljanje istih. Ispitivanja su se provodila najčešće nakon zimskih razdoblja (najveći pad retroreflektivnih vrijednosti), tako da bi se po potrebi na vrijeme moglo izvršiti obnavljanje oznaka na kolniku, da vidljivost bude na potrebnoj razini prije kišnih i snježnih razdoblja, odnosno u uvjetima smanjene vidljivosti, kada su oznake na kolniku od najveće važnosti. Prosječne vrijednosti retrorefleksije obnovljenih oznaka na kolniku korištenih u ovom radu, mjerila su se najčešće pred kraj ljeta, nakon obnavljanja, a postojeće vrijednosti retrorefleksije mjerila su se sljedeće godine na proljeće. Pad retrorefleksije izračunat je tako da je od prosječne vrijednosti postojeće retrorefleksije oduzeta obnovljena vrijednost retrorefleksije, za vremenski razmak između mjerenja, te dobiveni rezultat podijeljen sa vrijednosti prosječne obnovljene retrorefleksije.

Podaci su izračunati kako bi se poslije moglo vidjeti kako PGDP utječe na pad retrorefleksije, a za to je bilo potrebno izračunati i pad retroreflektivnih vrijednosti po danu. To je izračunato tako da su podaci dobiveni u prethodnom stupcu, odnosno izračunate vrijednosti pada retrorefleksije podijeljene sa brojem dana između pojedinih mjerenja obnovljene i postojeće oznake.

U tablici 2., prikazane su vrijednosti koje su prethodno opisane, ali su ovdje obuhvaćene samo ceste kojima PGDP ne prelazi 5000 vozila po danu. Pad retrorefleksije za razdoblje između mjerenja je prikazan u postocima, a također i pad retrorefleksije po danu.

Tablica 2. Vrijednosti za PGDP < 5000

PGDP < 5000 (voz/dan)								
Cesta	Linija	Izmjereno (km)	Prosjek OBN (mcd/lx/m ²)	Prosjek POS (mcd/lx/m ²)	Vremenski razmak između mjerenja (dan)	Pad retrorefleksije (mcd/lx/m ²)	Pad po danu ((mcd/lx/m ²)/dan)	PGDP (voz/dan)
D25	SR	83,00	261,00	98,00	290	-62,45%	-0,22%	2420
D1	SR	67,50	354,00	77,00	267	-78,25%	-0,29%	3069
D52	SR	40,50	247,00	83,00	290	-66,40%	-0,23%	3136
D41	SR	66,50	246,00	74,00	257	-69,92%	-0,27%	3158
D5	SR	27,00	330,00	233,00	274	-29,39%	-0,11%	1439
D2	SR	86,00	306,00	173,00	256	-43,46%	-0,17%	4432
D20	SR	32,00	232,00	74,00	253	-68,10%	-0,27%	4618
D500	RD	23,50	257,00	252,00	169	-1,95%	-0,01%	3223
	RL	23,00	240,00	271,00	169	12,92%	0,08%	3223
D7	SR	90,50	269,00	185,00	254	-31,23%	-0,12%	4336
	RD	90,50	330,00	174,00	254	-47,27%	-0,19%	4336
	RL	90,50	303,00	174,00	254	-42,57%	-0,17%	4336
D3	SR	96,50	236,00	32,00	281	-86,44%	-0,31%	2689
D28	RD	52,00	224,00	170,00	314	-24,11%	-0,08%	4189
	RL	52,00	222,00	171,00	314	-22,97%	-0,07%	4189

Izvor: Autor

Za tablicu 3. prikazane su vrijednosti kao i kod prethodne, samo za PGDP između 5000 i 10000 vozila po danu, a za tablicu 4. za vrijednosti PGDP-a većeg od 10000 vozila po danu.

Tablica 3. Vrijednosti za PGDP između 5000 i 10000

5000 < PGDP < 10000 (voz/dan)								
Cesta	Linija	Izmjereno (km)	Prosjek OBN (mcd/lx/m ²)	Prosjek POS (mcd/lx/m ²)	Vremenski razmak između mjerenja (dan)	Pad retrorefleksije (mcd/lx/m ²)	Pad po danu ((mcd/lx/m ²)/dan)	PGDP (voz/dan)
D8	SR	77,00	311,00	291,00	217	-6,43%	-0,03%	7139
D66	RD	59,50	229,00	259,00	169	13,10%	0,08%	5212
	RL	59,50	254,00	257,00	169	1,18%	0,01%	5212

Izvor: Autor

Tablica 4. Vrijednosti za PGDP > 10000

PGDP > 10000 (voz/dan)								
Cesta	Linija	Izmjereno (km)	Prosjek OBN (mcd/lx/m ²)	Prosjek POS (mcd/lx/m ²)	Vremenski razmak između mjerenja (dan)	Pad retrorefleksije (mcd/lx/m ²)	Pad po danu ((mcd/lx/m ²)/dan)	PGDP (voz/dan)
D1	SR	65,00	153,00	132,00	217	-13,73%	-0,06%	16037
D3	SR	30,00	411,00	224,00	254	-45,50%	-0,18%	10863

Izvor: Autor

Iz obrađenih podataka se može vidjeti da PGDP nije imao značajan utjecaj na vidljivost oznaka na kolniku, odnosno, kada se usporede različite ceste, uzimajući u obzir pad retrorefleksije po danu i prosječni godišnji dnevni promet, zaključuje se da prevladavaju drugi utjecaji, ovisno o prostoru na kojem se nalazi cesta. Po ovim podacima vidljivo je da značajan utjecaj na oznake na kolniku, ima zimska služba održavanja, odnosno ralice i posipanje soli, koje bitno smanjuju vidljivost oznaka na kolniku, troše ih i oštećuju. Kako bi se vidjelo da je tvrdnja ispravna, analizirani su podatci u tablicama, te je pad retrorefleksije po danu od -0,31% na prometnici koja ima PGDP samo 2689 vozila po danu pokazao da je tvrdnja ispravna. To je vidljivo na cesti Primorsko-goranske županije, dionica ceste D3 Zdihovo – Rijeka. Za razliku od ove ceste, dionica državne ceste D1 Vrlika – Split (Splitsko-dalmatinska županija) ima pad retrorefleksije po danu od samo -0,06%, uz PGDP od 16037 vozila po danu.

Cilj istraživanja je bilo dobiti koeficijent koji bi se mogao koristiti pri izračunu utjecaja PGDP-a na vidljivost oznaka na kolniku, odnosno smanjenja retrorefleksije oznaka na kolniku. Upotrebom podataka za gore prikazane ceste, nismo uspjeli dobiti željeni koeficijent, jer su prevladali drugi utjecaji, koje smo već opisali i potkrijepili tvrdnjama. Stoga bi trebalo napraviti istraživanje utjecaja zimske službe na oznake na kolniku.

7. ZAKLJUČAK

Oznake na kolniku su dio cjelokupne prometne signalizacije, bez kojih bi u današnje vrijeme bilo nemoguće sigurno odvijanje prometnog toka. Oznake na kolniku u skladu sa ostalom suvremenom prometnom signalizacijom su bitan faktor za vođenje vozača do njihovog cilja, te moraju davati jasne obavijesti sudionicima u prometu kako ne bi došlo do prometnih nezgoda, naročito noću i u uvjetima otežane vidljivosti.

Obradom podataka retrorefleksije i prosječnog godišnjeg dnevnog prometa na analiziranim prometnicama, dobili smo uvid da PGDP nema bitni utjecaj na vidljivost oznaka na kolniku, odnosno točnije, nije imao značajan utjecaj na pogoršanje vidljivosti oznaka obrađenih u ovom radu. Prema ovim prikazanim i obrađenim podacima za ceste u Republici Hrvatskoj analizirano je da utjecaj zimske službe održavanja (ralice, posipanje soli) ima puno više utjecaja na vidljivost oznaka na kolniku od utjecaja PGDP-a, naročito u gorskim predjelima, gdje su ceste veliki dio godine prekrivene snijegom. Ovu tvrdnju možemo uvidjeti ako usporedimo samo ceste, npr. Istarske županije sa Primorsko-goranskom županijom, te bi trebalo detaljnije istražiti i analizirati utjecaj zimske službe održavanja na oznake na kolniku.

Za oznake na kolniku veoma je bitno od kojih su materijala izrađeni, jer osim retroreflektivnih svojstava bitna je trajnost, uklanjanje snijega i leda, načini postavljanja na kolniku, vrsta kolnika, debljina oznaka, te vremenski uvjeti. Ocjena kvalitete oznaka na kolniku temelji se na rezultatima istraživanja, a cilj je povećanje kvalitete uz što manje troškove izrade i održavanja. S povećanjem kvalitete oznaka na kolniku, indirektno pridonosimo smanjenju prometnih nezgoda, odnosno povećanju sigurnosti na cestama Republike Hrvatske. Primjenom najnovijih metoda i postupaka izvođenja i ispitivanja oznaka na kolniku moguće je postići visoku i konstantnu razinu kvalitete te na taj način podići razinu sigurnosti pojedinih prometnica.

Istraživanja za oznake na kolniku u najvećoj mjeri su usmjerena na povećanje retroreflektivnih svojstava i trajnost samih oznaka, te su razvijeni različiti modeli predviđanja. Zbog nedovoljno točnih podataka nisu se pokazali pouzdanima, te su potrebna dodatna ulaganja kako bi se razvili modeli, koji bi bili korisni za sustav oznaka na kolniku, kao i za cjelokupnu prometnu signalizaciju.

LITERATURA

1. Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija, Fakultet prometnih znanosti Zagreb, Zagreb, 2014/15.
2. Fares, H., Shahata, K., Elwakil, E., Eweda, A., Zayed, T., Abdelrahman, M., Basha, I. Modelling the performance of pavement marking in cold weather conditions. *Structure and Infrastructure Engineering: Maintenance, Management, Life-Cycle Design and Performance*. Milton Park, England. 2010; 8 (11): p. 1067-1079.
3. Ščukanec, A.: Primjena retroreflektirajućih materijala u funkciji cestovnoprometne sigurnosti (2003), Doktorska disertacija, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb
4. Migletz, J., Fish, J.K., Graham, J. L. *Roadway delineation practices handbook*. Graham-Migletz Enterprises, Washington D.C., 1994.
5. Clark, J.; Sanders, S. (1993.). *Review and Recommendations for Pavement Marking Materials*. Department of Civil Engineering, Clemson University, S.C.
6. Performance of road markings and road surfaces; Draft by Kai Sørensen, 21 March 2011.
7. Durability and retro-reflectivity of pavement markings (synthesis study) by Yi Jiang, Ph.D., P.E., Department of Building Construction Management, Purdue University, Indiana, 2008.
8. Ščukanec, A., Babić, D. Vidljivost oznaka na kolniku, *Dani prometnica: Građenje prometne infrastrukture*. Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2012.; p. 513-546.
9. William E. Sitzabee: *A Spatial Asset Management Study Through an Analysis of Pavement Marking Performance*; Graduate Faculty of North Carolina State University, 2008.
10. Andrady, A. L. (1997). *Pavement Marking Materials: Assessing Environment-Friendly Performance*, NCHRP Report 392. Washington, D. C., Transportation Research Board
11. Analysis of factors affecting pavement markings and pavement marking retroreflectivity in Tennessee highways, Daniel Aaron Malyuta, The University of Tennessee at Chattanooga, August 2015.
12. Ščukanec, A., Babić, D. Metode mjerenja retrorefleksije prometnih znakova i oznaka na kolniku. *Dani prometnica: Mjerenja, ispitivanja i monitoring na prometnicama*, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2013.; p. 373-407.

13. Brojenje prometa na cestama Republike Hrvatske godine 2013., Zagreb, travanj 2014. godine.
14. HRN EN 1436:2009 - Materijali za oznake na kolniku - Retroreflektirajući markeri - 1. dio: Osnovna zahtijevana svojstva
15. Smjernice i tehnički zahtjevi za izvođenje radova na obnavljanju oznaka na kolniku – Horizontalna signalizacija. Hrvatske ceste, Zagreb, 2010.

Internetski izvori:

1. <http://www.mppi.hr/userdocsimages/2006/050323-pravilnik-znakovi.pdf> (02.07.2015)
2. <http://www.chemosignal.hr/o-nama/sigurnost-i-materijali/> (20.07.2015.)
3. <http://www.geveko-markings.com/plastiroute-cold-plastic-marking.html> (26.07.2015.)
4. <http://www.geveko-markings.com/viatherm-thermoplastic-road-marking-material.html> (29.07.2015.)
5. <http://www.chemosignal.hr/usluge/termoplastika/podjela/> (29.07.2015.)
6. http://www.volkmann-rossbach.com/tape_marking.html (02.08.2015.)
7. <http://www.propisi.hr/> (17.08.2015.)
8. <http://www.chemosignal.hr/usluge/m-swarovski-gmbh/teorija/> (19.08.2015.)
9. <http://www.chemosignal.hr/usluge/m-swarovski-gmbh/staklene-kuglice/> (20.08.2015.)
10. <https://www.swarco.com/russia-en/Products-Services/Traffic-Materials/Glass-Beads/Standard-glass-bead-products> (21.08.2015.)
11. <http://static.fpz.hr/FPZWeb/files/katalog-laboratorijske-opreme/Ispitni-laboratorij-Zavoda-za-prometnu-signalizaciju.pdf> (22.08.2015.)
12. <http://www.zehntner.com/products/categories/retroreflection/zdr-6020-retroreflectometer> (30.08.2015.)
13. <http://www.zehntner.com/products/categories/night-visibility> (03.09.2015.)
14. <http://www.ss-tehnicka-prometna-st.skole.hr> (02.07.2015.)
15. http://www.borum.as/index.php?id=8639&fotoalbum_group_id=&start=50 (23.08.2015)
16. <http://www.cpcsigns.com/images/3mstamarkgroup.jpg> (12.09.2015.)
17. http://phy.grf.unizg.hr/media/download_gallery/2%20F2_zakoni%20geometrijske%20optike.pdf (17.08.2015.)

18. Smjernice i tehnički zahtjevi za izvođenje radova na obnavljanju oznaka na kolniku – Horizontalna signalizacija. Hrvatske ceste, Zagreb, 2010.
19. <http://www.zehntner.com/products/categories/retroreflection/zrm-6013plus-retroreflectometer> (23.08.2015.)
20. <http://www.zehntner.com/products/categories/retroreflection/zrm-6014-retroreflectometer> (23.08.2015.)
21. <http://ispitivanja.fpz.hr/#!/county:splitsko-dalmatinska-fpz:Line> (07.09.2015.)
22. <http://ispitivanja.fpz.hr/#!/compare:5aea8406-69c7-11e4-9cb900155d5f1f05,880a0312-69c7-11e4-9cba-00155d5f1f05> (07.09.2015.)
23. <http://ispitivanja.fpz.hr/#!/compare:880a0312-69c7-11e4-9cba-00155d5f1f05,5aea8406-69c7-11e4-9cb9-00155d5f1f05> (15.09.2015)

Popis slika

Slika 1. H01	4
Slika 2. Primjer poprečne oznake na kolniku	5
Slika 3. Postupak nanošenja boje na kolnik	8
Slika 4. Postavljanje kolničkih oznaka od hladne plastike	9
Slika 5. Aglomeratne strukturirane oznake na kolniku od hladne plastike	11
Slika 6. Aglomeratne oznake, tipa II	11
Slika 7. Oznake od termoplastike	12
Slika 8. Staklene kuglice umetnute u materijal	13
Slika 9. Hofmann 33-1	15
Slika 10. Oznake od trake i načini postavljanja	16
Slika 11. Zrcalna i difuzna refleksija	17
Slika 12. Prikaz sferične retrorefleksije	18
Slika 13. Zrcalna refleksija i retrorefleksija	19
Slika 14. Staklene kuglice	21
Slika 15. Modeli retrorefleksivnosti	23
Slika 16. Vrste ispitivanja kvalitete oznaka na kolniku	27
Slika 17. Princip mjerenja noćne vidljivosti	28
Slika 18. Uređaj za ispitivanje kvalitete oznaka na kolniku ZRM 6013	28
Slika 19. Uređaj za ispitivanje kvalitete oznaka na kolniku ZRM 6014	29
Slika 20. Kentucky metoda mjerenja	30
Slika 21. Metoda mjerenja prema ZTV M 02	30
Slika 22. Mjerno vozilo s montiranim uređajem ZDR 6020	31
Slika 23. Prikaz uspoređenih vrijednosti OBN i POS linije	34
Slika 24. Prikaz izmjerenih vrijednosti	34
Slika 25. Grafički prikaz vrijednosti retrorefleksije	35

Popis tablica

Tablica 1. Mjerene i izračunate vrijednosti retrorefleksije i PGDP-a	37
Tablica 2. Vrijednosti za PGDP < 5000	39
Tablica 3. Vrijednosti za PGDP između 5000 i 10000	39
Tablica 4. Vrijednosti za PGDP > 10000	40