

# Analiza aktivnosti održavanja oznaka na kolniku s prijedlogom poboljšanja

---

**Andrić, Krunoslav**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:393568>

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

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



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Krunoslav Andrić

ANALIZA AKTIVNOSTI ODRŽAVNJA OZNAKA NA  
KOLNIKU S PRIJEDLOGOM POBOLJŠANJA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2021.

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

## **DIPLOMSKI RAD**

**ANALIZA AKTIVNOSTI ODRŽAVANJA OZNAKA NA  
KOLNIKU S PRIJEDLOGOM POBOLJŠANJA**

**ANALYSIS OF ROAD MARKINGS MAINTENANCE  
ACTIVITIES WITH IMPROVEMENT PROPOSAL**

Mentor: Prof. dr. sc. Anđelko Ščukanec

Student: Krunoslav Andrić  
JMBAG: 0082048573

Zagreb, 2021.

Zagreb, 5. svibnja 2021.

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

## DIPLOMSKI ZADATAK br. 6209

Pristupnik: **Krunoslav Andrić (0082048573)**  
Studij: **Promet**  
Smjer: **Cestovni promet**

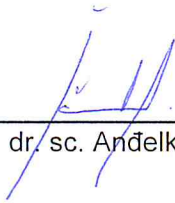
Zadatak: **Analiza aktivnosti održavanja oznaka na kolniku s prijedlogom poboljšanja**

### Opis zadatka:

Oznake na kolniku predstavljaju skup crta, natpisa i simbola pomoću kojih se oblikuje prometna površina. Spadaju u skupinu horizontalne prometne signalizacije te vizualno vode, upozoravaju i informira sudionike u prometu. Njihova važnost naročito je bitna u uvjetima otežane vidljivost kada je vidno polje vozača znatno skraćeno i suženo, a njegova mogućnost uočavanja boja, oblika, tekstura i pokreta znatno umanjena. Kako bi oznake na kolniku mogle izvršavati svoju funkciju one moraju biti pravilno i pravovremeno održavane.

Cilj rada je analizirati aktivnosti održavanja oznaka na kolniku u Republici Hrvatskoj. Na temelju navedene analize, utvrdit će se prednosti i nedostaci uobičajenih procedura vezanih uz održavanje oznaka na kolniku te će se definirati potencijalne preporuke za unaprjeđenje.

Mentor:

  
\_\_\_\_\_  
prof. dr. sc. Anđelko Ščukanec

Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:

  
\_\_\_\_\_

## **SAŽETAK**

Oznake na kolniku predstavljaju skup crta, natpisa i simbola čijom se kombinacijom oblikuju površine na prometnoj infrastrukturi, a osnovna zadaća im je vođenje, upozoravanje, informiranje i reguliranje prometnih procesa.

Da bi oznake na kolniku mogle izvršavati svoju funkciju, moraju biti stručno projektirane, kvalitetno izvedene i sukladno prometno-vremenskim uvjetima na cesti održavane. Također, oznake na kolniku moraju udovoljiti propisanim minimalnim zahtjevima na kolniku, kao što su vidljivost oznaka na kolniku, boja oznaka na kolniku, vrijeme sušenja, debljina sloja oznaka na kolniku i dr.

Cilj ovog diplomskog rada je definirati vrste oznaka na kolniku, u smislu njihove podjele, minimalnih zahtjeva kvalitete te normi i tehničkih uvjeta, materijale od kojih se izvode te metode ispitivanja oznaka na kolniku, uz analizu modela za predviđanje životnog vijeka oznaka na kolniku zaključno s preporukom održavanja oznaka na kolniku.

**KLJUČNE RIJEČI:** oznake na kolniku; materijali za izvođenje oznaka na kolniku; kvaliteta oznaka na kolniku; održavanje; životni vijek;

## **SUMMARY**

Road markings are a set of lines, inscriptions and symbols whose combination shapes the surfaces of the transport infrastructure, and their main task is to guide, warn, inform and regulate traffic processes.

In order for road marking to be able to perform their function, they must be professionally designed, of high quality and maintained in accordance with the traffic and weather conditions on the road. Also, road markings must meet the prescribed minimum requirements, such as road markings visibility, drying time, thickness of the layer of markings on the pavement, etc.

The goal of this thesis is to define the types of road markings, in terms of their division, minimum quality requirements and standards and technical conditions, materials from which they are derived and methods of testing road markings, with the analysis of models for predicting the life of road markings, concluding with a recommendation on how to properly maintain road markings.

**KEYWORDS:** road markings; road marking materials; road marking quality; maintenance; service life;

# SADRŽAJ

SAŽETAK.....	3
SUMMARY.....	3
1. UVOD.....	1
2. OPĆENITO O OZNAKAMA NA KOLNIKU.....	3
2.1. Podjela oznaka na kolniku.....	4
2.1.1. <i>Uzdužne oznake na kolniku</i> .....	4
2.1.2. <i>Poprečne oznake na kolniku</i> .....	8
2.1.3. <i>Ostale oznake na kolniku</i> .....	10
2.2. Hrvatske i europske norme vezane za oznake na kolniku.....	11
2.3. Minimalni zahtjevi kvalitete oznaka na kolniku.....	13
3. MATERIJALI ZA IZVOĐENJE OZNAKA NA KOLNIKU.....	17
3.1. Karakteristike boja kao materijala za izvođenje oznaka na kolniku.....	17
3.2. Karakteristike plastičnih materijala.....	19
3.2.1. Termoplastika.....	20
3.2.2. Hladna plastika.....	21
3.3. Trake kao materijal za izvođenje oznaka na kolniku.....	22
4. METODE ISPITIVANJA OZNAKA NA KOLNIKU.....	24
4.1. Ispitivanja dnevne i noćne vidljivosti oznaka na kolniku.....	25
4.1.1. Statičko ispitivanje.....	25
4.1.2. Dinamičko ispitivanje.....	28
4.2. Ostala ispitivanja kvalitete oznaka na kolniku.....	30
4.2.1. Ispitivanje mokrog filma boje oznaka na kolniku.....	30
4.2.2. Ispitivanje debljine suhog filma oznaka na kolniku.....	30
4.2.3. Ispitivanje otpornosti na klizanje.....	31
4.2.4. Ocjena kvalitete geometrije izvedenih oznaka na kolniku.....	32
5. MODELI PREDVIĐANJA ŽIVOTNOG VIJEKA OZNAKA NA KOLNIKU.....	33
6. PREPORUKE ZA ODRŽAVANJE OZNAKA NA KOLNIKU.....	39
7. ZAKLJUČAK.....	41
LITERATURA.....	43
POPIS SLIKA.....	45
POPIS TABLICA.....	46

# 1. UVOD

Razvojem transportnih sredstava i prometnih mreža te izgradnjom suvremenih prometnica proizašla je veća potreba za upravljanjem i reguliranjem prometa te usmjeravanjem i pružanjem informacija sudionicima u prometu. Prijenos tih informacija sudionicima u prometu cestovne vlasti u najvećoj mjeri obavljaju pomoću prometne signalizacije, odnosno prometnim znakovim i oznaka na kolniku.

Oznake na kolniku predstavljaju skup crta, natpisa i simbola čijom se kombinacijom oblikuju površine na prometnoj infrastrukturi, a osnovna zadaća im je vođenje, upozoravanje, informiranje i reguliranje prometnih procesa. Uz to, oznake na kolniku predstavljaju važan segment prometne signalizacije jer se po svom položaju nalaze u centralnom vidnom polju vozača zbog čega predstavljaju i značajan element sigurnosti cestovnoga prometa.

Da bi oznake na kolniku mogle izvršavati svoju funkciju, moraju biti stručno projektirane, kvalitetno izvedene i sukladno prometno-vremenskim uvjetima na cesti održavane. Kvaliteta oznaka na kolniku utječe na vizualno vođenje vozača, naročito noću i/ili u uvjetima smanjene vidljivosti, a u velikoj mjeri ovisi o znanju i stručnosti samih izvođača.

Cilj ovog diplomskog rada je definirati vrste oznaka na kolniku, u smislu njihove podjele, minimalnih zahtjeva kvalitete te normi i tehničkih uvjeta, materijale od kojih se izvode te metode ispitivanja oznaka na kolniku, uz analizu modela za predviđanje životnog vijeka oznaka na kolniku zaključno s preporukom održavanja oznaka na kolniku.

Rad je podijeljen u sedam cjelina:

1. Uvod
2. Općenito o oznakama na kolniku
3. Materijali za izvođenje oznaka na kolniku
4. Metode ispitivanja kvalitete oznaka na kolniku
5. Modeli predviđanja životnog vijeka oznaka na kolniku
6. Preporuke za održavanje oznaka na kolniku
7. Zaključak

U drugom poglavlju je dana definicija oznaka na kolniku, ukratko opisana povijest oznaka na kolniku, njihova osnovna svojstva i podjela, navedeni minimalni tehnički uvjeti te propisane norme i tehnički uvjeti koje oznake na kolniku moraju zadovoljiti

Poglavlje materijali za izvođenje oznaka na kolniku definira i opisuje sve materijale od kojih se oznake izvode te navodi usporedbu navedenih materijala s obzirom na uvjete gdje se oznake izvode

Četvrto poglavlje definira dvije osnovne metode za ispitivanje kvalitete oznaka na kolniku uz opis svih ostalih metoda

U petom poglavlju su analizirani dosadašnji modeli trajanja oznaka na kolniku, uz prikazane nedostatke i prednosti te pripadajuće matematičke izraze, dok zadnje poglavlje daje preporuke za održavanje oznaka na kolniku upraviteljima ceste.



## 2. OPĆENITO O OZNAKAMA NA KOLNIKU

Oznake na kolniku predstavljaju skup crta, natpisa i simbola čijom se kombinacijom oblikuju površine na prometnoj infrastrukturi. Osnovne zadaće oznaka na kolniku su vođenje vozača do njihova cilja putovanja identificiranjem sigurne putanje vožnje, upozoravanje na stanje i situaciju u prostoru ispred vozila koja zahtijevaju osobitu pozornost i oprez za nastavak sigurnos upravljanja vozilom, informiranje vozača o zakonskim ograničenjima i pomoć pri reguliranju prometa na optimalan način.

S obzirom na navedene zadaće može se zaključiti da su osnovni razlozi za postavljanje oznaka na kolniku [1]: definiranje namjene prometne površine, upućivanje vozača na tok ceste i označavanje ceste u odnosu na okruženje, upozoravanje korisnika ceste na posebne ili opasne pojave ili mjesta na određenim dijelovima prometnice, ograničavanje pristupa određenim voznim trakama (primjerice traka za posebne svrhe, sakupljanje ili preuzimanje vozila), osiguravanje vođenja prometa na prilazima i raskrižjima i nadopuna informacijama danih pomoću prometnih znakova

Uzevši u obzir da je većina oznaka u obliku linija, odnosno crta, može se zaključiti da su oznake uglavnom posvećene usmjeravanju i vođenju vozača.

Tijekom dana zbog dovoljne vizualne jasnoće te broja vizualnih informacija koje dobiva sudionik u prometu, orijentacija i pozicioniranje vozila unutar kolničkih traka ne predstavlja značajan problem. Međutim, noću i u uvjetima slabe vidljivosti, vozačevo vidno polje je suženo i skraćeno, oštrina vida kao i percepcija boja, oblika i tekstura su smanjene, a broj vizualnih informacija znatno ograničen što uvelike utječe na ponašanje i sigurnost sudionika u prometu. Upravo u navedenim uvjetima oznake na kolniku moraju izvršavati svoju funkciju te omogućiti sudionicima lakše snalaženje kroz prometne mreže.

Njihova prva dokumentirana primjena datira iz 1911. godine kada je na *Trenton River* cesti u Michiganu (SAD) obojena središnja linija. U Europi su prve oznake na kolniku izvedene u Velikoj Britaniji 1918. godine. Iako su nakon toga na nizu cesta izvedene oznake, službena regulativa nije donesena sve do 1926. godine. Nedugo nakon toga oznake su se počele primjenjivati i u drugim zemljama Europe pa su tako ceste u Berlinu već 1925. godine bile označavane bijelim središnjim i rubnim linijama. Razvojem sustava autocesta te primjenom betonskih kolničkih podloga u Njemačkoj je standard neko vrijeme definirao primjenu oznaka crne boje kako bi se pojačao kontrast između oznake i kolnika tijekom dana. Iste oznake tijekom noći nisu bile vidljive zbog čega je standard ubrzo promijenjen te je bijela boja vraćena kao osnovna za izvođenje oznaka [2].

Upravo je vidljivost oznaka noću predstavljala glavni problem s obzirom na to da tijekom noći nema kontrasta između boje oznake i kolnika, a u skladu s time ni oznake nisu vidljive niti učinkovite. Ideja o primjeni retroreflektirajućih staklenih perli u oznakama na kolniku za povećanje njihove vidljivosti iznijeta je objavom članka *Lumious Marking for Highways*, u kojem je zaključeno kako staklene sfere značajno doprinose povećanju vidljivosti oznaka noću. Ubrzo su staklene perle postale standardni dio oznaka na kolniku [2].

Danas oznake na kolniku predstavljaju neizostavan element suvremenih kolničkih površina (kako asfaltnih, tako i betonskih) te se izvode od različitih materijala, boja, debljina, struktura itd. Ne mogu se nadomjestiti drugim znakovima ili propisima, a s obzirom da se nalaze u centralno vidnom polju vozača, predstavljaju jednu od najvažnijih komponenti prometne signalizacije.

## **2.1. Podjela oznaka na kolniku**

Iako se podjela oznaka na kolniku može izvesti prema raznim kriterijima (način aplikacije, vrsta materijala, trajnost, debljina nanosa, koeficijent trenja itd.), osnovna podjela proizlazi iz njihove funkcije, te se u tom smislu oznake na kolniku prema Pravilniku o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 92/19) dijele na [1]:

- uzdužne oznake na kolniku
- poprečne oznake na kolniku
- ostale oznake na kolniku i predmetima uz rub kolnika.

### *2.1.1. Uzdužne oznake na kolniku*

Pod uzdužnim oznakama na kolniku podrazumijevaju se sve one koje su paralelne s osi kolnika, a to su razdjelne, rubne i crte vodilje. Razdjelna crta služi za razdvajanje dvosmjernih kolničkih površina prema smjerovima kretanja vozila, dok rubna crta služi za označavanje ruba vozne površine kolnika. Crte vodilje se koriste kao pomoćne crte pri prolasku kroz raskrižje, osobito kod većih raskrižja.

Širina uzdužnih crta je najmanje 10 cm i linearno se povećava u odnosu na kategoriju ceste kao što je prikazano u tablici 1.

Tablica 1. Širina uzdužnih crta ovisno o kategoriji ceste

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

Izvor: [1]

Osim podjele na razdjelne, rubne i crte vodilje, uzdužne oznake dijele se i napune crte, isprekidane crte I dvostruke crte.

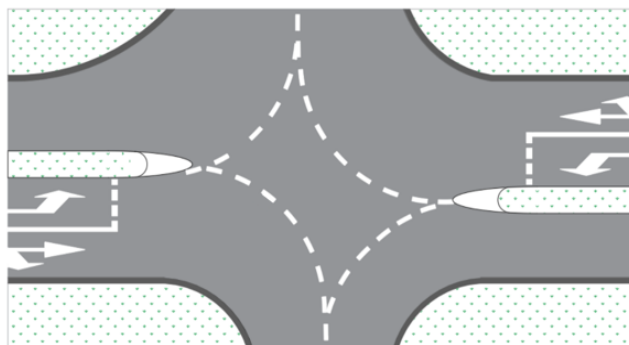
Pune, isprekidane i dvostruke crte dijele kolničku površinu na prometne trake prema smjerovima kretanja i njihovoj namjeni (vozila javnog prijevoza putnika i biciklističko-pješačkih površina). Isprekidane crte dijele se na isprekidane razdjelne, isprekidane rubne, isprekidane kratke, isprekidane široke i crte upozorenja. Isprekidana razdjelna crta dijeli kolničku površinu na prometne trake prema smjerovima kretanja (Slika 1.) te njihovoj namjeni (vozila javnog prijevoza putnika, biciklističke trake te trake za parkiranje). Ovisno o načinu označavanja crta/praznina/crta, isprekidana razdjelna crta može se izvesti kao: 1/1/1, 3/3/3, 5/5/5, 3/6/3, 5/10/5 i 6/12/6 m. Duljina praznine između crte u odnosu na duljinu crte treba biti dvostruka izvan naseljenih područja, odnosno jednaka u naseljenim područjima [1].



Slika 1. Isprekidana razdjelna crta

Izvor: [1]

Kratka isprekidana crta (Slika 2.) služi kao razdjelna crta na prilaznim krakovima raskrižja, kao crta vodilja u samom raskrižju te za odvajanje trakova za vozila javnog prijevoza putnika, a izvodi se podtipom crta/praznina/crta 1/1/1.

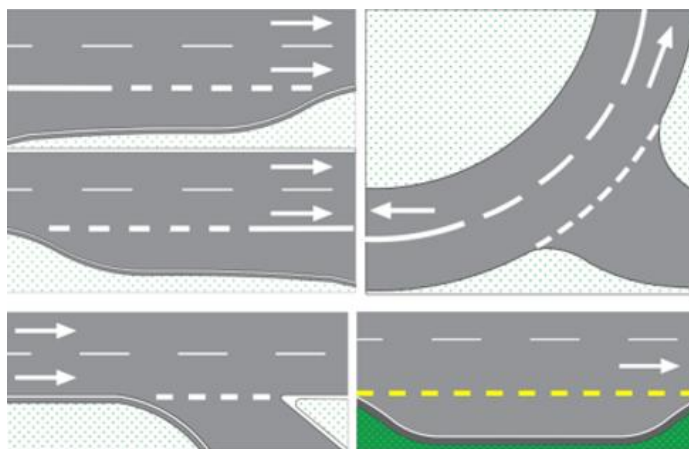


Slika 2. Kratka isprekidana crta

Izvor: [1]

Široka isprekidana crta (Slika 3.) služi kao rubna crta za razdvajanje tokova u raskrižju na cestama izvan naselja i to [1]:

- traka za uključivanje i isključivanje u promet
- ulazne i izlazne trake
- ruba kolnika ceste s prednošću prolaza u raskrižju u zavoju
- posebne prometne površine (ugibališta) uz kolnik, osim traka za zaustavljanje u slučaju nužde na autocestama i brzim cestama.



Slika 3. Primjeri širokih isprekidanih crta

Izvor: [1]

Širina crte ovisi o širini prometnog traka ili kolnika, a način označavanja: crta/praznina/crta iznosi 1/1/1 m za širinu crte 30 cm te 3/3/3 m za širinu crte 50 cm.

Crte upozorenja koriste se kao najava blizine pune razdjelne crte (Slika 4.). Način označavanja crta/praznina/crta je 10/5/10 ili 12/6/12, a crte se u pravilu izvode na cestama koje karakteriziraju veće brzine vožnje (> 80 km/h).



Slika 4. Crta upozorenja

Izvor: [1]

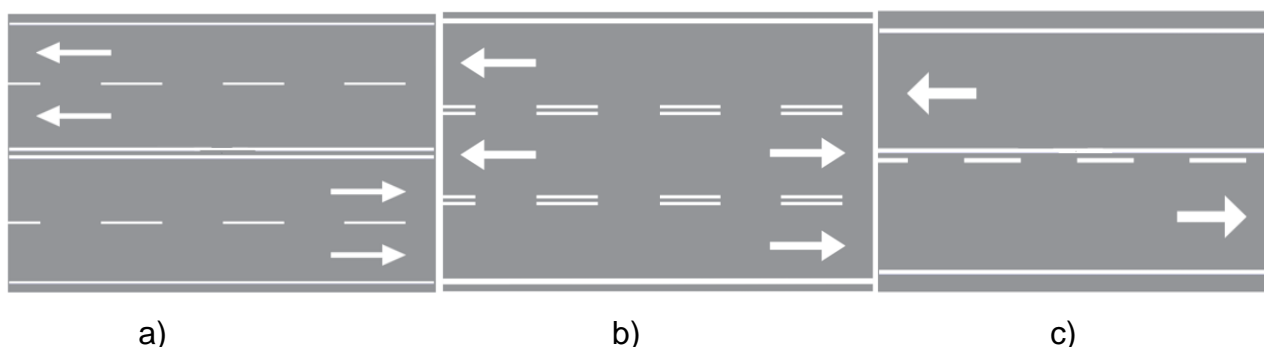
Dvostruke crte dijele se na dvostruke pune, isprekidane i kombinirane crte. Dvostruke pune crte (Slika 5a.) označavaju zabranu prelaska preko njih te zabranu kretanja vozila po njima. Izvode se na kolnicima za dvosmjerni promet [1]:

- s dva ili više prometnih traka za svaki smjer
- s neparnim brojem prometnih trakova ako se zabranjuje pretjecanje u oba smjera
- u tunelima i prilazima tunelu u dužini od najmanje 200 m
- na objektima
- ako to zahtijevaju prometni i sigurnosni uvjeti ceste ili okoliš ceste.

Dvostrukim isprekidanim crtama označavaju se prometne trake s izmjenjivim smjerom kretanja na kojima je promet upravljan prometnim svjetlima (Slika 5b.).

Dvostruke kombinirane crte služe za razdvajanje prometnih traka na mjestima gdje je zbog uvjeta preglednosti dopušteno samo pretjecanje u jednom smjeru kretanja (Slika 5c.).

Dijelovi kolnika u blizini prijevoja, raskrižja, prijelaza ceste preko željezničke pruge u razini i na mjestima na kojima je preglednost znatno smanjena mogu se obilježiti s jednom ili dvije usporedne uzdužne pune crte ili dvostrukom crtom od kojih je jedna puna, a druga isprekidana.



Slika 5. Dvostruka puna crta, dvostruka isprekidana crta i dvostruka kombinirana crta

Izvor: [1]

### 2.1.2. Poprečne oznake na kolniku

Pod poprečnim oznakama na kolniku podrazumijevaju se sve oznake koje se postavljaju okomito ili pod malim kutom u odnosu na os ceste, a to su crte zaustavljanja, kose crte, graničnici, pješački prijelazi i prijelazi biciklističke staze preko kolnika.

Poprečne oznake na kolniku se obilježavaju punim ili isprekidanim crtama, a mogu biti postavljene tako da zahvaćaju jednu ili više prometnih traka. Zbog specifičnog kuta pod kojim ih vozač vidi, poprečne oznake izrađuju se veće širine u odnosu na uzdužne oznake.

Kada se govori o zaustavnim crtama kao vrsti poprečnih oznaka na kolniku, one mogu biti pune ili isprekidane, a širina im je 50 cm [1]. Pune zaustavne crte označavaju mjesta na prometnici na kojima vozač mora zaustaviti svoje vozilo. Ispred punih zaustavnih crta uobičajena je i riječ "STOP" na kolniku (Slika 6.).



Slika 6. Puna zaustavna crta

Izvor: [1]

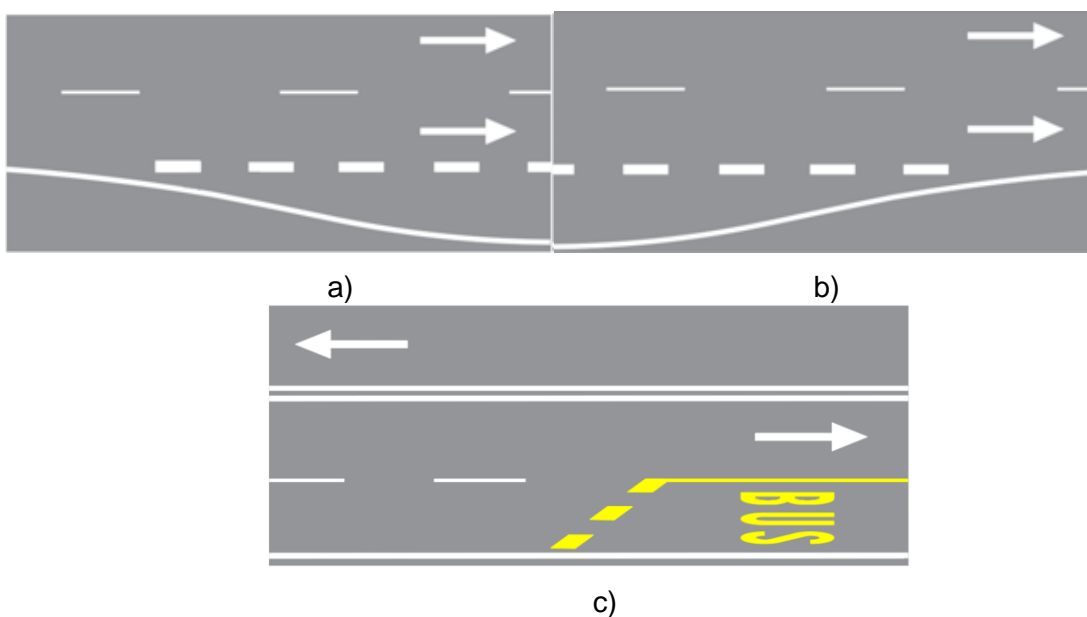
Isprekidane zaustavne crte (Slika 7.) označavaju mjesta na prometnici na kojima vozač mora zaustaviti svoje vozilo u slučaju da je potrebno propustiti vozila koja imaju pravo prvenstva prolaza. Ispred isprekidane zaustavne crte može biti trokut upozorenja na kolniku. Praznina između crta, kod isprekidane zaustavne crte, treba biti jednaka dužini crte.



Slika 7. Isprekidana zaustavna crta

Izvor: [1]

Kose crte označavaju mjesta otvaranja izlaznog traka (Slika 8a.) i zatvaranja ulaznog traka (Slika 8b.) na autocestama i brzim cestama. Također, kosim crtama označavaju se i mjesta otvaranja i zatvaranja prometnog traka namijenjenog vozilima javnog prijevoza putnika (Slika 8c.) koje mogu biti isprekidane i pune.



Slika 8. Kose crte otvaranja izlaznog traka i zatvaranja ulaznog traka na autocestama i brzim cestama te otvaranja i zatvaranja prometnog traka za javni prijevoz

Izvor: [1]

Graničnici označavaju mjesto ulaska na kojem je potrebno odvojiti dio kolnika na kojem je zabranjen promet (Slika 9.).

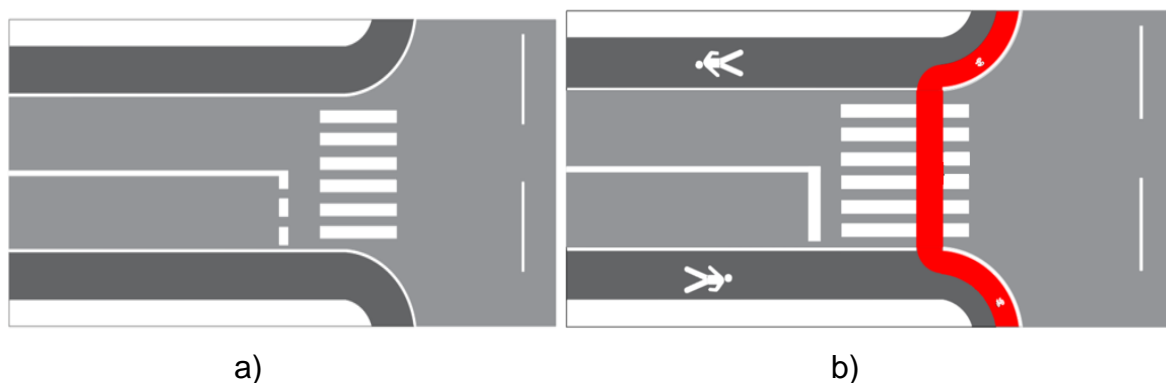


Slika 9. Graničnik

Izvor: [1]

Pješački prijelaz označava dio površine kolnika koji je namijenjen isključivo prijelazu pješaka (Slika 10a). Uz pješačke prijelaze u blizini škola obavezno mora stajati natpis "ŠKOLA".

Prijelaz biciklističke staze preko kolnika označava se poprečnom crtom uz onu stranu pješačkog prijelaza koja je bliža prometnom traku za motorna vozila i namijenjen je isključivo za prijelaz biciklista (Slika 10b). Površina kolnika namijenjena biciklistima na pješačko-biciklističkom prijelazu izvodi se crvenom bojom kroz raskrižje te prije i poslije raskrižja u duljini 5 metara [1].



Slika 10. Pješački prijelaz i prijelaz biciklističke staze preko kolnika

Izvor: [1]

### 2.1.3. Ostale oznake na kolniku

U ostale oznake na kolniku i predmetima uz rub kolnika ubrajaju se [1]:

- strelice
- polja za usmjeravanje prometa
- crte usmjeravanja
- natpisi
- oznake za označivanje prometnih površina za posebne namjene
- oznake za obilježavanje mjesta za parkiranje i uzdužne oznake (oznake na predmetima uz rub kolnika)
  - elementi konstrukcije i opreme javnih cesta i drugih predmeta za označavanje mjera prometnog ili slobodnog profila te evakuacijske crte.

Strelicama se na kolniku obilježava obavezan smjer kretanja vozila (ako su obilježene u prometnom traku obrubljenom punom crtom) te se njima obavješćuju vozači o namjeni prometnih trakova (ako su obilježene u traku obrubljenom isprekidanom crtom). Bijele su boje, osim onih koje označavaju dopušteni smjer vožnje za vozila javnog prijevoza putnika koje su žute.

Dužina strelice ovisna je o najvećoj dopuštenoj brzini na cesti i to [1]:

- $\leq 30$  km/h: 3,00 m
- $> 30 \leq 50$  km/h: 5,00 m
- $> 50 \leq 90$  km/h: 7,50 m
- $> 90$  km/h: 12,00 m
- biciklističke i parkirališne površine: 1,60 m.

Polja za usmjeravanje prometa označuju površine na kojima je zabranjen promet i na kojima nije dopušteno zaustavljanje i parkiranje vozila između dva traka sa suprotnim



smjerovima, između dva traka s istim smjerovima, na mjestu otvaranja posebnog traka za skretanje, ispred otoka za razdvajanje prometnih tokova, na ulaznom kraku na autocesti te na izlaznom kraku s autoceste.

Crte usmjeravanja označuju mjesto promjene slobodne površine kolnika ispred čvrstih prepreka koje se nalaze na cesti ili na njezinim rubovima, a mogu biti ispred otoka za prestrojavanje vozila javnog prijevoza putnika, za oblikovanje prepreke na rubu ceste te za označivanje promjene korisne površine kolnika.

Označavanje prometnih površina za posebne namjene služi za obilježavanje mjesta namijenjenih isključivo za posebne namjene, dok oznake za obilježavanje mjesta parkiranja vozila služe za označivanje prostora za parkiranje koje 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 rezervirana za posebna vozila koja se izvode u žutoj boji te mjesta s naplatom parkirališta koja se mogu izvesti u plavoj boji.

Natpis na kolniku daju sudionicima u prometu potrebne obavijesti, a mogu se izvesti i kao umetnuti prometni znakovi. Takvo se rješenje odlično pokazalo u sljedećim situacijama:

- u zoni škola
- u zoni povećanog kretanja pješaka
- na mjestima gdje cesta prelazi preko željezničke pruge
- na dijelovima ceste gdje se od vozača zahtijeva povećan oprez
- na specifičnim tipovima raskrižja i sl.

Prometni znak u vodoravnoj ravnini potrebno je izvesti tako da on bude što vjernija kopija prometnog znaka u uspravnom položaju. Radi bolje percepcije vozača natpisi i simboli se izvode izduženo u smjeru kretanja vozila ovisno o dopuštenoj brzini.

## **2.2. Hrvatske i europske norme vezane za oznake na kolniku**

Na razini RH, kao i EU, norme definiraju osnovne značajke materijala korištenih za izvođenje oznaka na kolniku, minimalne razine retrorefleksije koje oznake moraju zadovoljavati te načine ispitivanja kvalitete oznaka na kolniku.

Kontrola kvalitete radova na oznakama na kolniku počinje provjerom kvalitete materijala tijekom proizvodnje, zatim tijekom njihovog nanošenja i na kraju kontrolom oznaka na kolniku tijekom njihovog funkcionalnog života.

Europske i hrvatske norme kojima se definira kvaliteta oznaka na kolniku su sljedeće [2]:

1. HRN EN 1423 - Materijali za oznake na kolniku – Dodaci – Staklene kuglice i protuklizne čestice te njihova mješavina

- propisuje zahtjeve koji se primjenjuju na staklene perle, protuklizne čestice i njihove mješavina koje se apliciraju prilikom izvođenja oznaka na kolniku
- 2. HRN EN 1424 - Materijali za oznake na kolniku – Mješavina staklenih kuglica
  - propisuje zahtjeve vezane uz laboratorijska testiranja (tvornička ispitivanja prilikom proizvodnje) staklenih perli namijenjenih za miješanje s materijalom za oznake na kolniku („premix“ perle)
- 3. HRN EN 1436 - Materijali za oznake na kolniku – Značajke nužne za korisnike ceste
  - definira minimalne zahtjeve kvalitete bijelih i žutih oznaka na kolniku vezane uz njihovu vidljivost pri dnevnom svjetlu ili pod cestovnom rasvjetom, retrorefleksiju pri osvjetljenju prednjim svjetlima vozila, kromatiku boje te otpornost na klizanje
- 4. HRN EN 1436-1 - Materijali za oznake na kolniku – Retroreflektirajući markeri – 1. dio: Osnovna zahtijevana svojstva
  - definira početne zahtjeve kvalitete i laboratorijske metode ispitivanja kvalitete retroreflektirajućih markera
- 5. HRN EN 1436-2 - Materijali za oznake na kolniku – Reflektirajuće oznake na kolniku – 2. dio: Ispitivanja na kolniku, osnovni zahtjevi
  - definira metode ispitivanja kvalitete retroreflektirajućih markera na cesti
- 6. HRN EN 1790 - Materijali za oznake na kolniku – Unaprijed pripremljene cestovne oznake
  - definira laboratorijske metode ispitivanja i razinu kvalitete unaprijed pripremljenih oznaka na kolniku
- 7. HRN EN 1824 - Materijali za oznake na kolniku – Ispitna kola
  - definira zahtjeve i metodologiju ispitivanja materijala namijenjenih za izvođenje oznaka na kolniku (privremenih i trajnih)
- 8. HRN EN 1871 - Materijali za oznake na kolniku – Fizička svojstva
  - definira zahtjeve i metodologiju tvorničkog ispitivanja materijala namijenjenih za izvođenje oznaka na kolniku (privremenih i trajnih)
- 9. HRN EN 12802 - Materijali za oznake na kolniku – Laboratorijske metode za utvrđivanje svojstava
  - specificira laboratorijske metode za identifikaciju sastava materijala za izvođenje oznaka na kolniku
- 10. HRN EN 13197 - Materijali za oznake na kolniku – Rotacijski simulator trošenja

- definira zahtjeve za ispitivanje simulatora trošenja materijala za izvođenje oznaka na kolniku (privremene i trajne), opisuje opremu i obilježja ispitne ploče, definira metodologiju testiranja i uvjete ispitivanja kao i parametre i učestalost mjerenja

11. HRN EN 13212 - Materijali za oznake na kolniku – Zahtjevi za tvorničkom kontrolom proizvodnje

- definira zahtjeve za kontrolu tvorničke proizvodnje za proizvođače materijala namijenjenih za izvođenje oznaka na kolniku

12. HRN EN 13459 - Materijali za oznake na cesti – Uzimanje uzoraka iz skladišta i ispitivanje

- definira metode za dobivanje reprezentativnih uzoraka materijala za izvođenje oznaka na kolniku te daje odgovarajuće metode ispitivanja

Osim navedenih normi, Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama, definirani su minimalni zahtjevi kvalitete koje oznake na kolniku moraju zadovoljiti nakon izvođenja te nakon isteka garantnog roka kao i minimalne vrijednosti ispod kojih se oznake moraju obnoviti.

### **2.3. Minimalni zahtjevi kvalitete oznaka na kolniku**

Kvaliteta oznaka na kolniku ovisi o nekoliko čimbenika kao što su kolorimetriji oznaka i trenju protiv klizanja, a najvažnija karakteristika kvalitete oznaka na kolniku je njihova vidljivost, koja se dijeli na dnevnu i noćnu vidljivost.

#### *a) Vidljivost oznaka na kolniku*

Dnevna vidljivost oznake određuje se sukladno normi HRN EN 1436 [2]:

- koeficijentom luminacije (osvjetljenja) pri difuznom osvjetljenju  $Q_d$
- faktorom luminacije (osvjetljenja)  $\beta$ .

Oba parametra mjere svjetlinu oznake na kolniku, odnosno vidljivost oznake pri dnevnom svjetlu ili uz cestovnu rasvjetu. Glavna razlika je u udaljenosti gledanja: koeficijentu luminacije pri difuznom osvjetljenju  $Q_d$  odgovara prilično duga udaljenost gledanja, a faktoru luminacije  $\beta$  kraća udaljenost, odnosno gledanje iz blizine.

S obzirom na to da prema normi HRN EN 1436 [2], mjerenje faktora luminacije  $\beta$  za određene oznake (najčešće strukturirane) nije pouzdano, dnevna vidljivost se mjeri koeficijentom luminacije pri difuznom osvjetljenju  $Q_d$ .

Noćna vidljivost, odnosno retrorefleksija se određuje koeficijentom retroreflektirane luminacije  $R_L$  te se mjeri sukladno normi HRN EN 1436 [2]. Koeficijent retrorefleksije

sukladno normi HRN EN 1436 [2] predstavlja omjer izlazne sjajnosti površine (L) i ulaznog osvjetljenja po toj površini (E):

$$R = L/E \quad (1)$$

Pri tom se sjajnost mjeri u kandelama po metru kvadratnom ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ), a osvjetljenje u luksima (lx), pa je tako snaga retrorefleksije u kandelama po luksu metru kvadratnom ( $\text{cd}/\text{lx}/\text{m}^2$ ), odnosno, prikladnija je jedinica milikandela po luksu metru kvadratnom ( $\text{mcd}/\text{lx}/\text{m}^2$ ). Dakle, koeficijent retrorefleksije opisuje koliki je potencijal materijala za vraćanje što veće količine svjetla, odnosno predstavlja sjajnost oznake na kolniku onako kako je vozač vidi kada je osvijetljava farovima vozila [2].

Minimalne propisane vrijednosti dnevne i noćne vidljivosti za obnovljene i oznake unutar garancijskog roka prikazane su u tablicama 2. i 3.

Tablica 2. Minimalne vrijednosti i razredi za nove (obnovljene) oznake na kolniku

Vrijednosti oznaka na kolniku	Boja	Autoceste i brze ceste		Ostale ceste			
		Minimalna vrijednost		Minimalna vrijednost			
		Oznake Tip II		Oznake Tip I		Oznake Tip II	
		mcd/lxm <sup>2</sup>	razred	mcd/lxm <sup>2</sup>	razred	mcd/lxm <sup>2</sup>	razred
Koeficijent retrorefleksije (Q <sub>d</sub> ) dnevna vidljivost-suhi kolnik	Bijela	160	Q4	130	Q3	130	Q3
	Žuta	100	Q2	100	Q2	100	Q2
Koeficijent retrorefleksije (R <sub>L</sub> ) noćna vidljivost-suhi kolnik	Bijela	300	R5	200	R4	300	R5
	Žuta	200	R4	150	R3	150	R3
Koeficijent retrorefleksije (R <sub>w</sub> ) noćna vidljivost-mokri kolnik	Bijela	50	RW3	-	-	50	RW3
	Žuta	50	RW3	-	-	50	RW3

*Napomena: Koeficijent retrorefleksije – noćna vidljivost – mokri kolnik moraju zadovoljiti samo oznake Tip II*

Izvor: [1]

Tablica 3. Minimalne vrijednosti propisane za oznake na kolniku unutar garancijskog roka

Vrijednosti oznaka na kolniku	Boja	Autoceste i brze ceste		Ostale ceste			
		Minimalna vrijednost		Minimalna vrijednost			
		Oznake Tip II		Oznake Tip I		Oznake Tip II	
		mcd/lxm <sup>2</sup>	razred	mcd/lxm <sup>2</sup>	razred	mcd/lxm <sup>2</sup>	razred
Koeficijent retrorefleksije (Q <sub>d</sub> ) dnevna vidljivost-suhi kolnik	Bijela	100	Q2	100	Q2	100	Q2
	Žuta	100	Q2	80	Q1	100	Q2
Koeficijent retrorefleksije (R <sub>L</sub> ) noćna vidljivost-suhi kolnik	Bijela	150	R3	100	R2	150	R3
	Žuta	100	R2	80	R1	100	R2
Koeficijent retrorefleksije (R <sub>w</sub> ) noćna vidljivost-mokri kolnik	Bijela	35	RW2	-	-	35	RW2
	Žuta	25	RW1	-	-	25	RW1

*Napomena: Koeficijent retrorefleksije – noćna vidljivost – mokri kolnik moraju zadovoljiti samo oznake Tip II*

Izvor: [1]

b) Boja oznaka na kolniku

Granične vrijednosti područja boja oznake (koordinate x i y obojenog mjesta na suhim oznakama) moraju biti u skladu s HRN EN 1436 [2], odnosno unutar vrijednosti navedenih u tablici 4.

Tablica 4. Granične vrijednosti x i y koordinata

Kutna točka		1	2	3	4
Bijele oznake	x	0,355	0,305	0,285	0,335
	y	0,355	0,305	0,325	0,375
Žute oznake - Razred Y1	x	0,443	0,545	0,465	0,389
	y	0,399	0,455	0,535	0,431
Žute oznake - Razred Y2	x	0,494	0,545	0,465	0,427
	y	0,427	0,455	0,535	0,483
Razred Y1 – trajne žute oznake na kolniku Razred Y2 – privremene žute oznake na kolniku					

Izvor: [1]

*c) Minimalne vrijednosti otpornosti na klizanje (hrapavosti) oznaka na kolniku*

Otpornost na klizanje (hrapavost) izvedenih oznaka, izražena u SRT jedinicama, mjeri se klatnim uređajem sukladno HRN EN 1436 [2] ili drugim dinamičkim uređajima čija je točnost verificirana (detaljnije opisano u poglavlju 5.1.5.). Minimalna vrijednost otpornosti na klizanje na svim cestama i za sve vrste oznaka (TIP I i TIP II) mora, prema Pavilniku o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 92/19) zadovoljavati vrijednosti klase S1 (SRT  $\geq$  45) [1].

*d) Otpornost na trošenje*

Otpornost na trošenje (postojanost oznaka) definira se kao postotak udjela preostalih označenih površina na kolniku u odnosu na prvotno označenu površinu. Postotak preostalih označenih površina, mora biti  $\geq$  90 % u bilo kojem trenutku eksploatacije [1].

*e) Vrijeme sušenja*

Vrijeme sušenja predstavlja vrijeme nakon kojeg prelazak gumama preko izvedenih oznaka na kolniku ne uzrokuje promjene na istima niti ostavlja tragove materijala na gumama. Prilikom definiranja sustava označavanja (tipa oznaka) nužno je definirati i klasu oznake ovisno o vremenu sušenja, a prema tablici 5.

Tablica 5. Klase oznake ovisno o vremenu sušenja

Klasa	Opis	Vrijeme sušenja (min)
<b>T 1</b>	Vrlo brzo sušenje	< 1
<b>T 2</b>	Brzo sušenje	1 - 10
<b>T 3</b>	Normalno sušenje	11 - 20

Izvor: [1]

*f) Debljina sloja oznaka na kolniku*

Minimalna debljina suhog sloja TIP I oznaka na kolniku iznosi 220  $\mu\text{m}$  (minimalna debljina mokrog sloja boje je 400  $\mu\text{m}$ ), dok kod TIP II oznaka minimalna debljina suhog filma iznosi 330  $\mu\text{m}$  za boje (minimalna debljina mokrog sloja boje je 600  $\mu\text{m}$ ), odnosno 2 000  $\mu\text{m}$  za plastične materijale (hladna ili termoplastika) te ljepljive ili utiskujuće trake [1].

Debljina sloja trake predstavlja razmak između gornje točke retroreflektirajućeg materijala ili sredstva za povećanje hrapavosti i donje strane trake. Debljina trake s retroreflektirajućim materijalom, sredstvima za povećanje hrapavosti, osnovnim naličjem i ljepljivom iznosi najviše 6,0 mm [2].

Izvedene debljine slojeva ne smiju biti manje od 90 % minimalno propisane debljine, a na označenoj površini ne smije biti vidljivih nepravilnosti debljine suhog sloja.

*g) Geometrija oznaka na kolniku*

Širina oznake za uzdužne oznake mora iznositi maksimalno +/- 5 mm od propisane, dok duljina za uzdužne isprekidane oznake mora iznositi maksimalno 50 mm kraće i maksimalno 150 mm duže od propisane [2].

### 3. MATERIJALI ZA IZVOĐENJE OZNAKA NA KOLNIKU

Oznake na kolniku su od svoje prve primjene do danas značajno uznapredovale po pitanju materijala za izvođenje. Faktori odabira sustava označavanja su trajnost i cijena materijala, kao i geografski, klimatski, prostorni te naravno prometni uvjeti na cesti. Postavljanje, odnosno odabir nekog materijala za izvođenje su uvjetovani brojnim čimbenicima kao što su protok vozila, učestalost loših vremenskih prilika, vrsta i stanje kolničkog zastora, preusmeravanje vozila s drugih cesta, itd.

Materijali za izradu oznaka na kolniku razlikuju se prema načinu aplikacije, vijeku trajanja, strukturalnim značajkama, kemijskom sastavu i cijeni, a sadrže pigmente, veziva, punila, specijalne kemikalije i otapala. Pigment materijalu daje boju te se najčešće sastoji od titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) za oznake izrađene bijelom bojom i modificiranog kroma ( $\text{PbCrO}_4$ ) za oznake žute boje. Punila predstavljaju anorganske spojeve kojima se povećava čvrstoća i otpornost na habanje materijala, a najčešće korištena punila su silika, barijev sulfat i kalijev karbonat. Zadaća specijalnih kemikalija je osigurati stabilnost i optimizirati ostale elemente u materijalu dok otapala omogućuju razrjeđivanje i modificiranje viskoznosti samog materijala [3].

Materijali koji se koriste za izradu oznaka na kolniku mogu se podijeliti na one za trajno i privremeno označavanje. Također, česta podjela obuhvaća kemijski sastav, debljinu nanosa i retroreflektirajuća svojstva u mokrim i kišnim uvjetima.

Najčešći materijali za izradu oznaka prema kemijskom sastavu uključuju [3]:

- boje
- plastične materijale (termoplastika, hladna plastika)
- trake

#### 3.1. Karakteristike boja kao materijala za izvođenje oznaka na kolniku

Boje kao materijal za izvođenje oznaka na kolniku pripadaju skupini tankoslojnih materijala čija je debljina nanosa između 200 i 500  $\mu\text{m}$ , a sastoje se od pigmenata, otapala, vezivnog elementa te staklenih perli. Pigmenti omogućuju neprozirnost te time daju boju i tvrdoću. Optimalna koncentracija volumena pigmenata za zadovoljavajuće trajanje oznaka kreće se u rasponu od 42 % do 59 %. Vezivni element daje masu i temeljni je dio samog materijala, a osnovu čini sušeno ulje (alkidne smole), smolasti i uljno smolasti sastojci (mješavine stiren-akrilata, akril-alkida te 100 %-tni akrilati) te plastifikatori koji omogućuju koheziju i prijanjanje materijala za podlogu [4].

Najznačajnija podjela boje kao materijala je prema vrsti otapala. Sukladno tome, postoje boje na bazi otapala i boje na bazi vode.

Dok je zapakirana u ambalažu, boja na bazi otapala je u tekućem stanju upravo zbog otapala. S izvođenjem oznake otapalo razgrađuje, odnosno otapa vezivo te time suši oznaku koja prelazi u kruto stanje [3]. Brzina otapanja veziva utječe na nužno vrijeme sušenja oznake.

S obzirom na to da se nanošenjem boje oslobađaju hlapljivi organski spojevi (*engl. Volatile Organic Compound - VOC*), boje na bazi otapala potrebno je skladištiti prema uputama proizvođača. Također, pravilnim skladištenjem omogućuje se očuvanje stalne razine viskoznosti, što za posljedicu ima manje taloženje, stvrdnjavanje i sprječavanje promjene boje. Izvođenje boja na bazi otapala podrazumijeva, u pravilu, temperaturu zraka između 5 i 40°C i površinsku temperaturu kolnika manju od 50°C [3].

Boje na bazi otapala mogu se izvoditi na bilo kojoj vrsti kolnika te se mogu nanositi i na već postojeće oznake bez obzira na prethodno postavljeni materijal. Trajnost im je uglavnom između 6 i 12 mjeseci, ovisno o geografskim, klimatskim i prometnim uvjetima, a njihova početna retrorefleksija (uz primjenu standardnih perli) iznosi između 200 i 400 mcd/lx/m<sup>2</sup> [3].

Za razliku od boja na bazi otapala kojima se boja suši i učvršćuje na kolnik isparavanjem organskih spojeva, kod boja na bazi vode isti proces se temelji na isparavanju vode. Kao i oznake na bazi otapala, izvode se na bilo kojoj vrsti kolnika te se mogu nanijeti i na već postojeće oznake.

Glavne su prednosti vodenih boja vezane uz njihovu ekološkičnost te vrlo dobru stabilnost za vrijeme skladištenja. Također, vodene boje imaju mogućnost izvođenja u debljini do 900 μm pa i više zbog čega omogućuju primjenu staklenih perli većih granulacija čime se povećava njihova vidljivost u mokrim i kišnim uvjetima. Nadalje, s obzirom da ne sadrže otapala, njihova razina VOC-a znatno je manja u odnosu na boje na bazi otapala što ih čini ekološki prihvatljivijima [5].

S druge strane, njihov je glavni nedostatak vrijeme koje je potrebno da materijal stekne otpornost na ispiranje (*engl. washout time*). Naime, kako je navedeni materijal baziran na vodi, ukoliko u određenom periodu nakon izvođenja materijal dođe u doticaj s vodom, on se jednostavno razvodnjava i razlijeva. Boja postaje otporna na ispiranje kada na nju više ne utječe kiša odnosno voda, a vrijeme potrebno za to uvelike ovisi o kemijskom sastavu, odnosno o korištenim vezivima i aditivima [5].

Kao i kod boja na bazi otapala vodene su boje spremne za primjenu u stanju u kojem su isporučene. Manji je porast viskoziteta normalan te se, ukoliko je potrebno, za razrjeđivanje može koristiti manja količina vode. Također, oprema i postupci pri izvođenju



isti su kao i kod boja na bazi otapala uz dvije iznimke. Kako bi se izbjeglo hrđanje, dijelovi trebaju biti nehrđajući te se ne smije dopustiti sušenje boje u stroju [6].

Neovisno o vrsti boja, za osiguravanje njihove noćne vidljivosti prilikom izvođenja se dodaju retroreflektirajući elementi, odnosno staklene perle, u pravilu u iznosu od 400 do 600 g/m<sup>2</sup> [3]. Ovisno o kemijskom sastavu i vremenskim uvjetima, za sušenje boje potrebno je između 15 i 20 minuta nakon nanošenja na kolnik.

Općenito, glavne karakteristike boje kao materijala za izradu oznaka na kolniku su [2]:

- kratak vijek trajanja
- tekuće stanje
- tankoslojnost
- relativno slaba razina retrorefleksije
- slaba vidljivost u mokrim i kišnim uvjetima
- niska cijena
- jednostavna primjena

### **3.2. Karakteristike plastičnih materijala**

Plastični materijali se svrstavaju u skupinu višekomponentnih materijala za izvođenje oznaka na kolniku koji se u pravilu sastoje od sintetičkih veziva, prirodnih ili umjetnih smola, pigmentata, punila te staklenih perli kao retroreflektirajućih materijala. Zbog same strukture, kompaktnosti i veće gustoće, ovi materijali pripadaju u skupinu debeloslojnih, a moguće ih je izvesti u sloju od 1 do 3 mm (neprofilirane oznake), odnosno do najviše 6 mm ukoliko se radi o profiliranim oznakama [7].

Upravo veća debljina nanosa te čvrstoća i kompaktnost samih plastičnih materijala omogućuje i njihov duži vijek trajanja (u pravilu iznosi između tri i šest godina) te osigurava bolju vidljivost u mokrim i kišnim uvjetima. Nadalje, osim bolje vidljivosti za vrijeme mokrog kolnika profilirane oznake, prilikom prelaska vozila stvaraju vibracije i specifični zvučni efekt čime utječu na smanjenje prometnih nesreća nastalih izlijetanjem vozila s ceste ili njegovim prelaskom u suprotni vozni trak.

Zbog veće debljine nanosa u navedene se materijale dodaju (tvornički ili tijekom pripreme materijala) staklene perle kako bi se osigurala retrorefleksija tijekom eksploatacije oznake. Naime, kako vrijeme prolazi, oznaka se troši i staklene perle na njezinoj površini otpadaju, no kako su staklene perle ugrađene u materijal, nove će perle stalno „izlaziti” na površinu oznake i osiguravati odgovarajuću razinu retrorefleksije. Naravno, staklene perle se dodaju i tijekom izvođenja kako bi se osigurala inicijalna retrorefleksija oznaka [3].

Oznake izvedene plastičnim materijalima mogu se postavljati na kolnik hladne ili pri povišenoj temperaturi te se prema tome dijele u dvije osnovne skupine, termoplastika i hladna plastika.

### **3.2.1. Termoplastika**

Termoplastični materijali su višekomponentni i debeloslojni čiju osnovu u pravilu čine pigment (koji daje neprozirnost, boju i stabilnost), vezivo (koje se sastoji od smole te povezuje ostale komponente u jednu cjelinu pružajući im čvrstoću, fleksibilnost i snagu), punilo (obično kalcijev karbonat, pijesak, ili oboje) te staklene perle koje se prilikom pripreme dodaju materijalu [3].

Termoplastika se proizvodi na visokim temperaturama nakon čega se suše i pakiraju ili se formiraju željeni oblici za izvedbu unaprijed pripremljenih oznaka na kolniku koje se zatim toplinskim zagrijavanjem lijepe na površinu kolnika. Temperatura je vrlo važan preduvjet za kvalitetno izvođenje termoplastike jer ako je materijal prevruć ili se predugo zagrijavao doći će do izgaranja materijala što će rezultirati promjenama u boji, trajnosti i sili vezanja za kolnik. Jednako tako, ako je materijal prehladan uzrokovat će probleme s trajnošću i lošom povezanošću s kolnikom te se perle neće moći pravilno ugraditi i neće doći do retrorefleksije. Optimalna preporučena temperatura zraka tijekom izvođenja termoplastike iznosi 15°C [5].

Nakon što se materijal skuha, prebacuje se u stroj te izvodi, odnosno nanosi na kolnik. Materijal se za podlogu veže toplinski i stvrdnjava otprilike oko 10-15 minuta nakon nanošenja.

Kao i kod boje, prije izvođenja termoplastičnih materijala potrebno je osigurati čistoću kolnika, odnosno očistiti i ukolniti postojeće oznake (ukoliko ih ima) i vlagu, jer u suprotnom neće doći do čvrstog vezanja materijala i podloge, te osigurati temperaturu kolnika i zraka između 10 i 20 °C kako bi se materijal pravilno povezao.

Kao što je već navedeno, termoplastične oznake mogu biti neprofilirane i profilirane, a u novije vrijeme se izvode i kao strukturirane oznake. Glavna prednost strukturiranih oznaka upravo leži u njihovoj strukturi zbog čega imaju dobru sposobnost odvodnje vode čime se povećana vidljivost u mokrim i kišnim uvjetima.

S obzirom na povećanu čvrstoću materijala te na debljinu nanosa, termoplastične oznake imaju značajno duži vijek trajanja u odnosu na oznake izvedene bojom te je njihovo tipično trajanje između dviju i četiriju godina, a često i duže [4, 6].

Termoplastični materijali najdulji vijek trajanja imaju na asfaltnim kolnicima s obzirom da se izvode na visokim temperaturama te blago tope površinski sloj asfalta čime se osim

mehaničke povezanosti s kolnikom (koja nastaje prilikom sušenja materijala) stvara i termička povezanost materijala i podloge. S druge strane, kod betonskih je kolnika veza između površine i materijala isključivo mehaničkog karaktera te nastaje kada rastopljeni termoplastični materijal dospije u pore betona. Kako je snaga mehaničkih veza uglavnom manja od toplinskih, učestala pojava na betonskim kolnicima je pucanje i ljuštenje termoplastike s površine. Razlog tome su naprezanja odnosno kontrakcije i ekspanzije betona što uvelike oslabljuje mehaničku vezu [4]. Također, termoplastični materijali su i ekološki prihvatljivi s obzirom da ne sadrže otapala niti se otapala koriste prilikom njihove proizvodnje.

Jedan od nedostataka termoplastike je njena ograničenost primjene u hladnijim podnebljima zbog lošeg prianjanja materijala na kolnik pri nižim temperaturama. Također, tijekom eksploatacije moguće je pucanje materijala te njegovo otpadanje, a boja materijala može imati sivkastu nijansu što će utjecati na njezinu dnevnu vidljivost [3].

### **3.2.2. Hladna plastika**

Kao i termoplastika, hladna plastika pripada u skupinu višekomponentnih, debeloslojnih materijala. Za razliku od termoplastike koja se zagrijava i kuha, hladna se plastika prije izvođenja miješa te se nanosi na kolnik hladna. Točnije, monomeri (u većini slučajeva na bazi akrilata) se miješaju s pigmentima, punilima i protukliznim materijalom te se polimerizacijom kreira iznimno izdržljiv, tvrd i dobro prianjajući materijal za oznake na kolniku [5].

Materijal se bazira na kemijskoj reakciji dvaju odvojenih reaktanata odnosno dviju komponenata koje se, ovisno o proizvođaču, miješaju u određenim omjerima (najčešće 50:50 ili 98:2). Reaktivna se komponenta sastoji od metil metakrilat monomera, pigmenata, punila te retroreflektirajućih elemenata. Druga komponenta dolazi u obliku tekućine ili praha te se dodaje prvoj komponenti i s njom se miješa, nakon čega je hladna plastika spremna za izvođenje [8]. S obzirom da se prilikom procesa polimerizacije, hlapljivi organski spojevi kemijski vežu u nastalom inertnom duroplastičnom polimeru može se reći da hladna plastika gotovo nema emisija VOC-a.

Hladna plastika je primjenjiva na sve vrste kolničkog zastora (beton, asfalt) te dobro prianja i na već postojeće oznake, a vijek trajanja materijala u pravilu iznosi između tri i pet godina. S obzirom na kompaktnost i čvrstoću može se izvoditi kao neprofilirana (debljine od 1 do 3 mm), profilirana i strukturirana (maksimalne debljine 6 mm). Kako nije osjetljiva na temperaturu može se nanositi na kolnik pri niskim i visokima temperaturama (u pravilu optimalna temp. je između 5°C i 40°C), što omogućuje primjenu materijala tijekom dužeg

vremenskog perioda u godini, ukoliko je podloga suha. Za sušenje hladne plastike potrebno je između 20 i 30 minuta nakon čega je moguće uspostaviti normalno odvijanje prometa [3].

Hladna plastika, u odnosu na druge materijale, ima sposobnost kvalitetnoga povezivanja na sve vrste kolničkih podloga, od asfaltnih do betonskih čime se postiže dugotrajnost, te njena otpornost na ulja, antifriz i druge kemikalije koje se obično nalaze na cestama. Također, hladna plastika ima visoku otpornost na habanje i vremenske uvjete, elastična je, dobre otpornosti na odmrzavanje i ima dobra kohezijska svojstva. Svemu tome mogu se pridodati i dobra retroreflektirajuća svojstva općenito, ali i na mokrim kolnicima strukturiranih i profiliranih oznaka.

Među glavne rizike povezane s korištenjem hladne plastike ubraja se primjena monomera koji su zapaljivi i mogu proći kroz nekontroliranu polimerizaciju. Nadalje, nedostatak hladne plastike očituje se u otežanom čišćenju unutrašnjosti stroja nakon nanošenja budući da se materijal relativno brzo stvrdnjava. Također, materijal ima specifičan miris koji proizvode akrilni monomeri koji određenim ljudima može biti agresivan i neugodan.

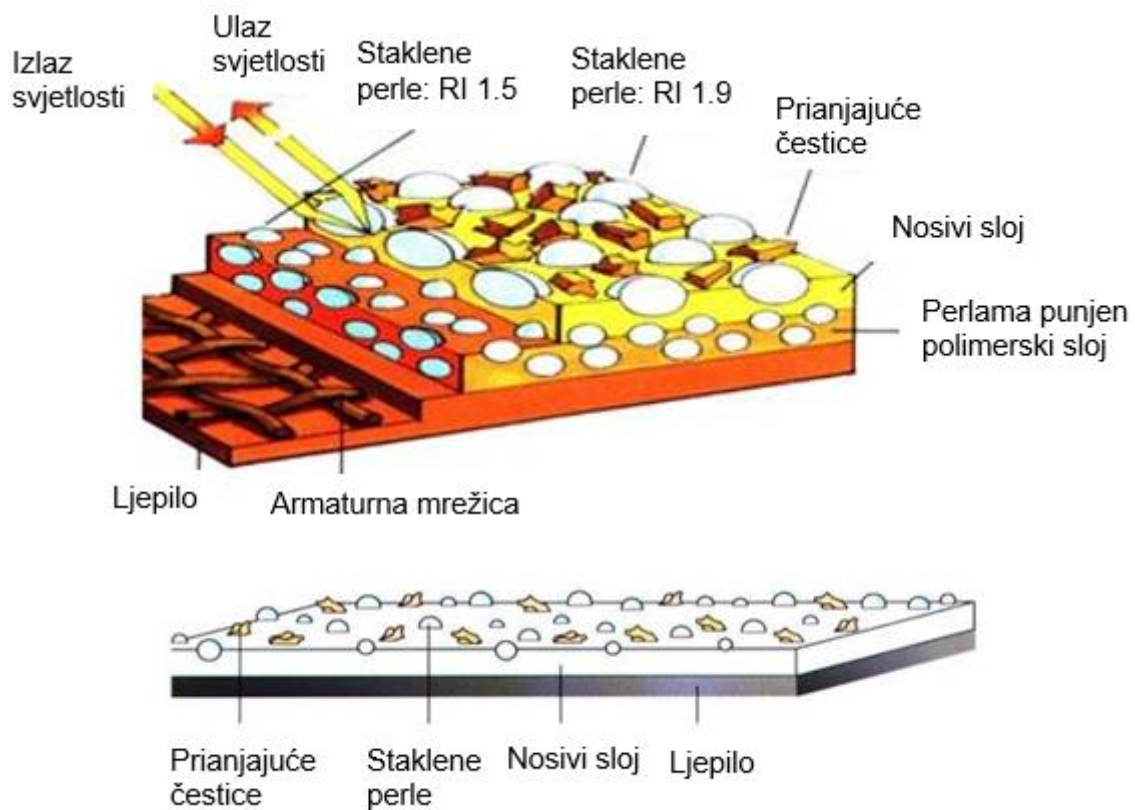
### **3.3. Trake kao materijal za izvođenje oznaka na kolniku**

Trake za izradu oznaka na kolniku predstavljaju materijal s najboljim retroreflektivnim značajkama budući da se staklene perle ugrađuju u materijal industrijski prije postavljanja. Time se omogućuje njihov pravilan raspored, optimalno utisnuće i količina. Istovremeno, industrijska proizvodnja omogućuje dugotrajnost oznaka što ju posebno ističe u odnosu na druge materijale. Takvim principom proizvodnje postiže se retrorefleksija oznaka od 800 do 1100 mcd/lx/m<sup>2</sup>, što osigurava dobru vidljivost u svim vremenskim uvjetima [5].

Sukladno načinu izvođenja, očekivanom životnom vijeku i sastavu materijala, trake se dijele na privremene i stalne. Trake za privremeno označavanje kolnika koriste se prilikom privremenih regulacija prometa te se izvode lijepljenjem na površinu kolnika („*On-lane*“ metoda), a sadrže armaturnu mrežicu koja omogućuje lakše skidanje materijala nakon završetka privremene regulacije prometa. S obzirom na njihovu namjenu, u pravilu su žute ili narančaste boje.

Trake za stalno označavanje predstavljaju one čiji je vijek trajanja dulji od godinu dana te se kao takve izrađuju od polimerskih i uretanskih masa debljine 0,7-2,5 mm, a sastoje se od nosivog sloja, ljepila, prijanjajućih čestica i staklenih perli. Mogu se izvoditi lijepljenjem kao i privremene oznake ili valjanjem i utiskivanjem u površinski sloj novog asfalta neposredno nakon asfaltiranja dok je asfalt još vruć („*In-lane*“ metoda) [4].

Trajnost traka na kolniku izravno ovisi o kvaliteti kolnika prije postavljanja, temperaturi zraka, prikladnoj prethodnoj pripremi površine na koju se lijepi traka, vrsti korištenog ljepila, potrebnom vremenu stvrdnjavanja i sličnom. U odnosu na druge materijale, trake se jednostavno i lagano nanose na kolnik bez potrebe za skupim strojevima, opremom i iskusnim izvođačima. Glavni je nedostatak traka vezan uz njihovu cijenu koja može dosegnuti čak 60 €/m<sup>2</sup>, što je i najčešće ograničenje za njihovu primjenu [2].



Slika 11. Privremene trake (gore) i trajne trake (dolje) za oznake na kolniku

Izvor: [9]

#### 4. METODE ISPITIVANJA OZNAKA NA KOLNIKU

Ispitivanja kvalitete oznaka na kolniku provode se kako bi se dobio uvid u njihovo stanje, odnosno kako bi se vidjelo zadovoljavaju li one propisane uvjete i jesu li u skladu sa zakonskim i podzakonskim aktima. Osim toga, svrha ispitivanja oznaka je pozitivno utjecati na kvalitetu izvođača, a time i na optimizaciju troškova održavanja te osiguravanjem zadovoljavajuće razine njihove kvalitete povećati cjelokupnu sigurnost prometa. Kako bi se navedeni ciljevi mogli ostvariti nužna je kontinuirana suradnja između izvođača radova, cestovnih vlasti i subjekata koji provode kontrolu.

Sukladno tehničkim uvjetima koje propisuju Hrvatske ceste d.o.o. s ciljem osiguranja propisane kvalitete oznaka na kolniku provode se potrebna ispitivanja koja obuhvaćaju [10]:

- a) prethodna ispitivanja ili ispitivanja pogodnosti materijala
  - b) tekuća
  - c) kontrolna
  - d) dodatna kontrolna
  - e) arbitražna
  - f) Ispitivanja prije isteka jamstva.
- a) Prethodnim ispitivanjem ili ispitivanjem pogodnosti materijala proučava se usklađenost namjene s propisanim tehničkim uvjetima koje isto mora zadovoljiti prije postavljanja na kolnik.
  - b) Vlastita ili tekuća ispitivanja izvršavaju se ovisno o namjeni i vrsti materijala s ciljem kontrole tehnološkog procesa. Kontinuiranim provođenjem ove vrste ispitivanja, izvođač oznaka utvrđuje je li zadovoljena propisana kvaliteta materijala i izvedenih radova. Ova vrsta ispitivanja odnosi se na ispitivanje debljine mokrog i suhog sloja boje, ispitivanje dnevne i noćne vidljivosti u suhim uvjetima, noćne vidljivosti u mokrim uvjetima te otpornosti na klizanje i geometriju oznaka u dužini i širini na svakih 5 000 m.
  - c) Kontrolno ispitivanje može se provoditi prije izvođenja oznaka, tijekom izvođenja i nakon postavljenih gotovih oznaka. Kontrolnim ispitivanjem se utvrđuje jednakost uzorka s podacima prikupljenim tijekom ispitivanja i označavanja kolnika.
  - d) Dodatna kontrolna ispitivanja se provode u slučaju graničnih vrijednosti utvrđenih prethodnim kontrolnim ispitivanjem.
  - e) Arbitražno ispitivanje predstavlja ponovljeno kontrolno ispitivanje ukoliko postoji opravdana sumnja Naručitelja ili Izvođača da ono nije provedeno na odgovarajući

način. Provodi ga ovlaštena osoba koja nije sudjelovala u kontrolnom ispitivanju kako bi ispitivanje bilo objektivno.

- f) Ispitivanja prije isteka jamstva, (ispitivanje dnevne i noćne vidljivosti, otpornosti na klizanje i habanje) provode se s namjenom usporedbe sukladnosti ugovorene kvalitete i ostvarene kvalitete izvedenih oznaka. Ispitivanja se provode četiri tjedna prije propisanog isteka jamstva te se vizualnim pregledom uočavaju mogući nedostaci poput oštećenosti, pukotina, ljepljivosti i nečistoća.

Shematski prikaz svih navedenih ispitivanja može se vidjeti na slici 12.



Slika 12. Vrste ispitivanja oznaka na kolniku

Izvor: [2]

#### 4.1. Ispitivanja dnevne i noćne vidljivosti oznaka na kolniku

Ispitivanja dnevne i noćne vidljivosti oznaka na kolniku predstavljaju osnovna ispitivanja njihove kvalitete, a prema načinu izvođenja dijele se na statička ispitivanja i dinamička ispitivanja

##### 4.1.1. Statičko ispitivanje

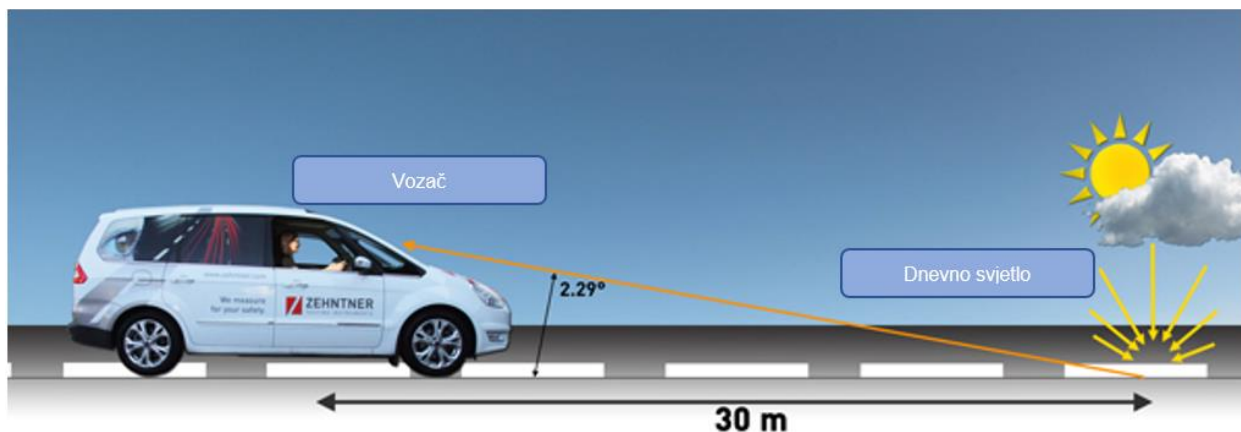
Statičko ispitivanje retrorefleksije oznaka na kolniku podrazumijeva mjerenje dnevne i noćne vidljivosti oznaka ručnim retroreflektometrom (Slika 13.).



Slika 13. Uređaj za mjerenje dnevne i noćne vidljivosti

Izvor: [11]

Sukladno normi HRN EN 1436 [2], statički retroreflektometar mjeri dnevnu vidljivost oznaka koja predstavlja difuzno raspršeno svjetlo koje prima promatrač pod kutom od  $2,29^\circ$  uz ukupnu kutnu raspršenost mjerenja ne veću od  $0,33^\circ$  (Slika 14.). Izražava se modulom  $Q_d$  i mjernom jedinicom  $\text{mcd/lx/m}^2$  [2].

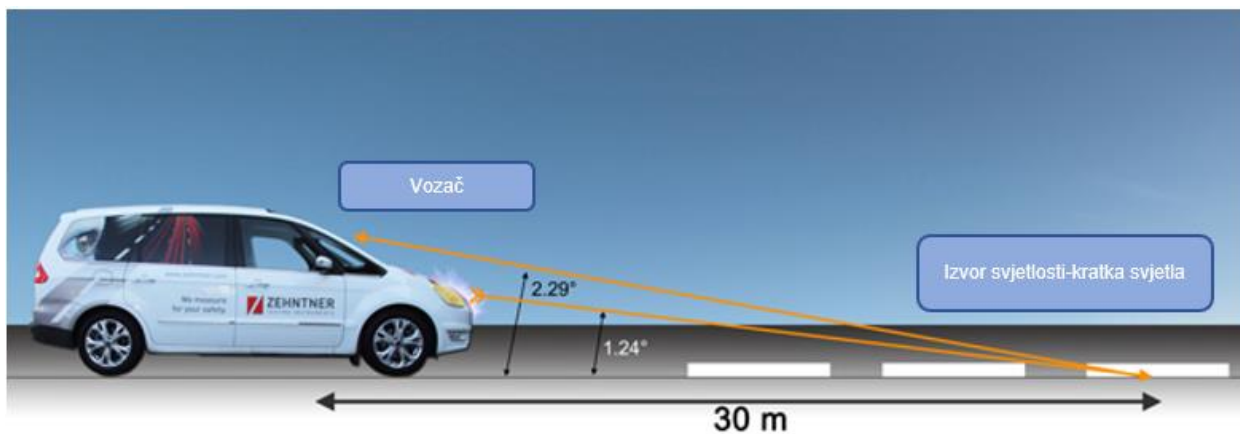


Slika 14. Način mjerenja dnevne vidljivosti oznaka na kolniku

Izvor: [2]

Prilikom mjerenja noćne vidljivosti mjeri se retrorefleksija svjetleće zrake reflektirane od ispitane površine pod kutom od  $2,29^\circ$  i kutom ulaznog svjetla od  $1,24^\circ$  na udaljenosti od 30 m čime se simulira osvjetljenje oznake kratkim svjetlima vozila (Slika 15.). Noćna vidljivost se izražava modulom  $R_L$  te istom pripadajućom mjernom jedinicom kao i kod mjerenja dnevne vidljivosti ( $\text{mcd/lx/m}^2$ ) [2].





Slika 15. Način mjerenja noćne vidljivosti oznaka na kolniku

Izvor: [2]

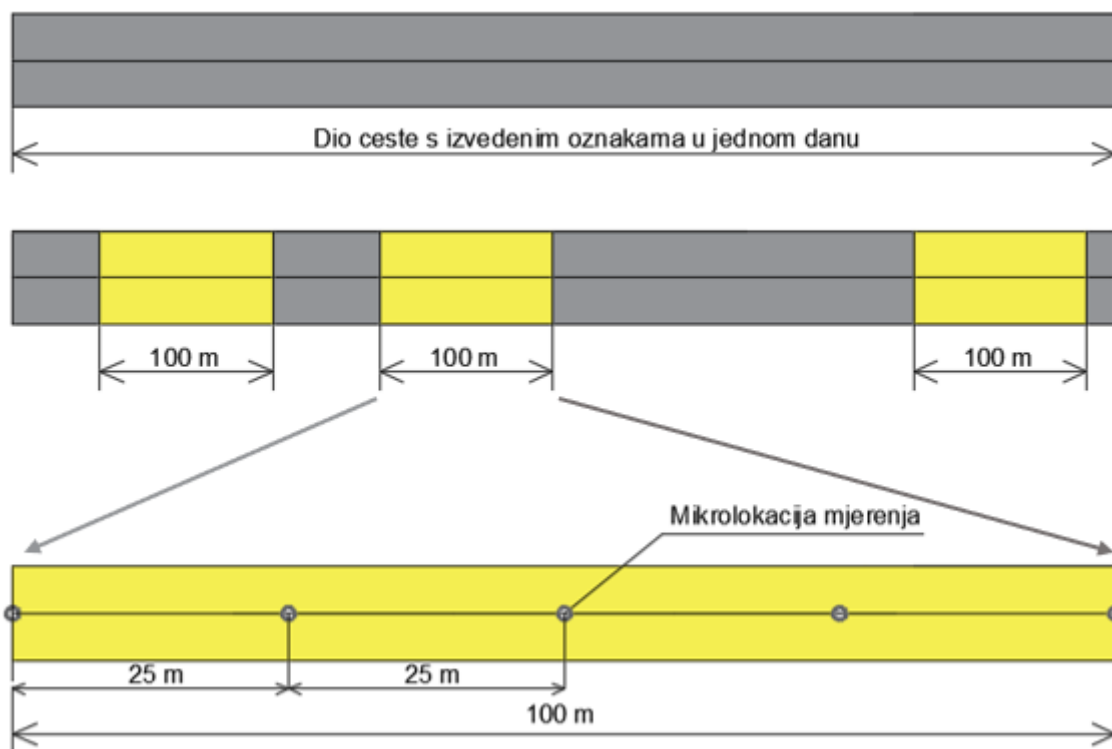
Statičko ispitivanje retrorefleksija oznaka u RH obavlja se prema Njemačkom propisu ZTVM 02. Ovisno o duljini uzdužnih oznaka ili površini ostalih oznaka izvedenih od strane jedne izvođačke ekipe u jednom danu određuje se broj mjernih odsječaka kao što je prikazano u tablici 6.

Tablica 6. Odabir potrebnog broja mjernih odsječaka za ispitivanje dnevne i noćne vidljivosti

Duljina uzdužne oznake (km)	Površina ostalih oznaka (m <sup>2</sup> )	Broj mjernih odsječaka
≤ 1	≤ 120	1
1 - 5	120 - 600	2
5 - 10	600 - 1200	3
> 10	> 1200	4

Izvor: [12]

Svaki mjerni odsječak je duljine od 100 metara, a uzima se nasumično na cijeloj dionici ceste. Unutar svakog odabranog mjernog odsječaka odabire se pet mjernih mjesta. Kod punih uzdužnih oznaka mjerni odsječci se raspoređuju svakih 100 m u jednakim razmacima (svakih 25 m), dok kod isprekidanih uzdužnih oznaka mjerne se točke raspoređuju na sredini svake druge pune linije. Na slici 16. je prikazan postupak mjerenja dnevne i noćne vidljivosti primjenom ZTVM 02 metodologije [2].



Slika 16. Metodologija ispitivanja dnevne i noćne vidljivosti oznaka prema Njemačkom propisu ZTV M02

Izvor: [2]

Osnovna prednost statičke u odnosu na dinamičku metodu ispitivanja je cijena, s obzirom da su potrebna aparatura i postupak mjerenja jednostavniji, a time i jeftiniji. Nedostatci navedene metode vezani su uz činjenicu da se prilikom ispitivanja ometa promet budući da za svako mjerenja, mjeritelj mora izaći iz vozila, čime se ugrožava njegova i sigurnost ostalih sudionika u prometu te se utječe na prometni tok. Nadalje, malo mjerno područje statičkih retroreflektometara zahtijeva veći broj mjernih odsječaka kako bi se dobili sustavni rezultati duž cijele dionice ceste. Rezultati statičkih metoda uvelike mogu ovisiti o samom mjeritelju. Naime, kako je mjerno područje ručnih retroreflektometara relativno malo (oko 52 mm x 218 mm, ovisno o proizvođaču), male promjene u njihovu pozicioniranju na oznaci mogu značajno utjecati na rezultate što znači da nesavjestan mjeritelj može „tražiti” željene rezultate pomicanjem uređaja po oznaci [2].

Može se zaključiti da je statička metoda prikladna za ispitivanje manjih dionica ceste te za provođenje tekućih ispitivanja.

#### 4.1.2. Dinamičko ispitivanje

Dinamičko ispitivanje oznaka na kolniku predstavlja mjerenje, u pravilu samo noćne vidljivosti oznaka, primjenom dinamičkog retroreflektometra kontinuirano duž cijele dionice ceste tijekom vožnje. Geometrija mjerenja je u skladu s HRN EN 1436 [2], što

podrazumijeva mjerenje retrorefleksije svjetleće zrake na udaljenosti od 30 m pod kutom od  $2,29^\circ$  od ispitne površine uz ulazni kut svjetla od  $1,24^\circ$ . Mjerni uređaj, u pravilu se postavlja na vozilo s lijeve ili desne strane ovisno o poziciji oznake koja se ispituje (središnja – lijevo, rubna – desno). Osim dinamičkog retroreflektometra, mjerno vozilo opremljeno je i računalima koja omogućavaju upravljanje i nadzor nad mjerenjima, zatim kamerom koja snima fotografije ili video snimke, GPS uređajem za pozicioniranje mjerenja itd. (Slika 17.).



Slika 17. Uređaj i oprema za mjerenje noćne vidljivosti oznaka na kolniku

Izvor: [2]

Prije samog početka mjerenja, potrebno je kalibrirati mjerni uređaj te odabrati duljinu mjernog intervala. Mjerenje se vrši tako da se mjerno vozilo kreće po kolniku te očitava koeficijent retrorefleksije oznaka na kolniku uz koju se kreće svakih dviju milisekundi. Na temelju postavljenog mjernog intervala, uređaj automatski izbacuje prosječnu vrijednost za pojedini interval. 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 [2].

Glavni su nedostaci ove metode vezani uz visoke inicijalne troškove dinamičkoga retroreflektometra i dodatne opreme (računala, programskih alata itd.) te uz troškove održavanja i edukacije mjeritelja. Međutim, u usporedbi s statičkom metodom prednosti se dinamičkih uređaja očituju u mogućnosti bržega ispitivanja dužih dionica, a time i bržega prikupljanja velike količine podataka što je važno za objektivno ocjenjivanje kvalitete oznake. Također, dinamički retroreflektometri imaju veće mjerno područje (oko 77 puta veće, ovisno o pojedinim karakteristikama statičkoga retroreflektometra) te tako pri mjerenju obuhvaćaju cijelu oznaku. Dodatno, kako se dinamički retroreflektometri montiraju na vozilo, ometanje odvijanja prometa je zanemarivo te je sigurnost mjeritelja veća [2].

Uzevši u obzir sve prednosti i nedostatke dinamičke metode i njezinu objektivnost te cjelovitost pri evaluaciji kvalitete oznaka, zaključuje se da je to suvremena metoda ispitivanja retrorefleksije oznaka na kolniku.

## **4.2. Ostala ispitivanja kvalitete oznaka na kolniku**

Na vidljivost, a time i trajnost te troškove održavanja oznaka na kolniku izvedenih bojom utječe i debljina nanosa materijala. Kao što je ranije navedeno, oznake se sastoje od sloja materijala koji je pomiješan sa staklenim perlama određene granulacije. Kako bi se osigurala zadovoljavajuća vidljivost i trajnost samih oznaka potrebno je osigurati dovoljnu debljinu sloja samog materijala. U tu svrhu provode se ispitivanja debljine mokrog i suhog sloja materijala. Kako plastični materijali i trake pripadaju u debeloslojnu skupinu materijala za izvođenje oznaka na kolniku, debljina sloja (filma) materijala se u pravilu ispituje samo za boje [2].

### **4.2.1. Ispitivanje mokrog filma boje oznaka na kolniku**

Ispitivanje mokrog filma boje uključuje provjeru debljine oznake neposredno nakon nanošenja na kolnik, odnosno probnu pločicu dok je boja još u tekućem stanju bez prisutnosti retroreflektirajućeg materijala (staklenih perli). Ispitivanje se provodi korištenjem pločica koje su metalne i nazubljene te mogu biti pravokutnog ili višekutnog oblika. Zupcima na svakoj strani pridružene su vrijednosti iskazane u mikrometrima, a označavaju debljinu sloja oznake te su razmjerno tome oni različito izbočeni. Okomito na tek nanosenu oznaku prisloni se nazubljena pločica nakon čega je zbog vidljivog traga boje na pločici moguće vidjeti debljinu sloja oznake. S obzirom na nejednaku ispuščenost zubaca, do određene vrijednosti će se vidjeti trag boje na pločici te upravo ta zadnja vrijednost na kojoj je ostao vidljiv trag boje predstavlja debljinu mokrog sloja.

### **4.2.2. Ispitivanje debljine suhog filma oznaka na kolniku**

Postupak mjerenja debljine suhog sloja boje oznaka na kolniku provodi se sukladno normama HRN EN 2360 [2], HRN EN 2178 [2] i HRN EN 2808 [2] u sklopu tekućih i kontrolnih ispitivanja. Provođenje ispitivanja može se obavljati u dva slučaja, odnosno kada se nevodljive prevlake nalaze na nemagnetskim električnim vodljivim podlogama (metoda vrtložnih struja, osjetljivih na promjenu amplitude) te kada se nemagnetske prevlake nalaze na magnetskim podlogama (magnetska metoda).

Mjerenje debljine suhog filma boje metodom vrtložnih struja obavlja se na principu generiranja visokofrekventnog magnetskog polja pomoću sonde koja proizvodi vrtložne struje u osnovnom metalu koji se nalazi ispod premaza na koji se postavlja sonda.

Inducirane struje uzrokuju promjenu elektromagnetskog polja koje okružuje sondu što uzrokuje promjenu amplitude impedancije svitka sonde. Gustoća inducirane vrtložne struje funkcija je udaljenosti između svitka i površine metala [2].

Postupak ispitivanja debljine suhog filma boje se provodi na način da se na probnu pločicu (najčešće aluminijska) dimenzija 300 mm x 250 mm x 0,8 mm svakih 5000 m posebno za središnje i rubne oznake nanosi boja bez staklenih perli. Probne pločice koje su predmet ispitivanja, odnosno na kojima se uzrokuje boja, trebaju sadržavati slijedeće podatke [2]:

- datum i vremensko razdoblje izvođenja radova
- izvoditelj radova
- tip i vrsta oznake
- broj ceste
- dionica ceste
- mjesto uzimanja uzorka (stacionaža, vrsta linije nakojoj se uzima uzorak)
- smjer nanošenja boje
- podaci o boji te
- podaci o klimatskim uvjetima (temperatura zraka, kolnika i relativna vlažnost zraka).

Ispunjen uzorak sa specifikacijama izvođač radova dostavlja u ispitni laboratorij gdje ovlaštena osoba posebnim uređajem provjerava debljinu suhog filma. Ovisno o vrsti materijala od kojeg je izrađena pločica na koji je nanesen uzorak boje određuje se metoda ispitivanja debljine suhog filma. Ovisno o širini oznake (linije) određuje se broj mjerenja suhog filma na probnoj pločici kao što je prikazano u tablici 10.

Tablica 10. Broj potrebnih ispitivanja ovisno o širini linije

Širina linije (cm)	Potreban broj mjernih mjesta
15	12
12	9
10	6

Izvor: [2]

#### 4.2.3. Ispitivanje otpornosti na klizanje

Ispitivanje otpornosti na klizanje oznaka na kolniku podrazumijeva mjerenje trenja oznaka klatnim mjernim uređajem sukladno normi HRN EN 1436 [2] ili drugim dinamičkim uređajima čija je točnost verificirana.

Ukoliko se mjerenja provode klatnim uređajem, isti se mora sastojati od osnovice s tri vijka za poravnavanje, okomitog klatna mase 1,5 kg s gumenim klizačem postavljenim na kraj.

Prije samog ispitivanja, oznaku je potrebno očistiti glatkom mokrom četkom te uređaj postaviti iznad oznake izravnavajući ga s tri vijka. Mjernu površinu je potrebno navlažiti s 100 ml  $\pm$  20 ml vode. Otpuštanjem klatna mjerna guma prelazi preko oznake (konstantnom silom od 22,2 N) te se klatno na drugoj strani ručno zaustavlja kako bi se mogla očitati vrijednost. Postupak se ponavlja pet puta te ukoliko se vrijednosti ne razlikuju za više od 3 SRT jedinice računa se prosječna vrijednost tih pet mjerenja. U suprotnome, postupak se ponavlja dok se ne dobiju tri uzastopna konstantna očitavanja [2].

Metoda ispitivanja otpornosti na klizanje pomoću dinamičkih uređaja provodi se u određenim uvjetima, odnosno na mokrim površinama kako bi se odredili uvjeti vozila tijekom naglog kočenja. Za mjerenje otpornosti na klizanje, sila trenja, odnosno aktivna sila između mjernog kotača (gume) i mokrog kolnika postavljena je u odnosu na opterećenje kotača, a izračunata vrijednost zove se koeficijent trenja ( $\mu$ ). Potrebna količina vode za kolnik, koja se nalazi u spremniku, ovisi o brzini vožnje koja može biti od 40-120 km/h i debljini vodenog sloja na kolniku od 0,5-2 mm. Najčešće se mjerenje provodi pri brzini od 60 km/h i debljini vodenog sloja od 0,5 mm. Mjerenje se izvodi pomoću mjernog kotača pod kutom od 20° koji se nalazi na stražnjoj strani vozila. Postavljen je tako da mjeri koeficijent trenja u zavojima bez djelovanja bočnih sila na uzdužnoj udaljenosti od 10 cm, a ovisno o zahtjevima može se mjeriti i na udaljenosti od 50 m. Ovom metodom povećava se točnost mjerenja te se dobivaju precizniji rezultati [2].

#### **4.2.4. Ocjena kvalitete geometrije izvedenih oznaka na kolniku**

Ocjena širine oznaka temelji se na ocjeni pojedinačnih rezultata mjerenja provedenih na izvedenim oznakama, a najmanje na svakih 5 000 m izvedene oznake (posebno razdjelna i rubna crta). Pojedinačno odstupanje širine može biti  $\leq 10$  % od ugovorene (u ovaj postotak nije uračunato dopušteno odstupanje od  $\pm 5$  mm). Ukoliko je odstupanje veće, oznaka na kolniku koja pripada tom uzorku neće se preuzeti i izvoditelj ju je obavezan o svom trošku ponoviti [2].

## 5. MODELI PREDVIĐANJA ŽIVOTNOG VIJEKA OZNAKA NA KOLNIKU

S obzirom na ulogu oznaka na kolniku u pogledu sigurnosti cestovnog prometa, izrazito je bitno pokušati predvidjeti njihov životni vijek. Do sada je razvijeno niz modela za predviđanje životnog vijeka oznaka na kolniku koji su uključivali različite čimbenike, a u ovom poglavlju će biti opisan niz takvih modela [2].

Osnovni parametri za ocjenu i usporedbu kvalitete oznaka na kolniku su retrorefleksija i trajnost, s time da na trajanje oznaka na kolniku utječe [13]: vrsta materijala, položaj oznake (razdjene ili rubne), starost oznake, PGDP, vrsta/kategorija ceste, broj oznaka na cesti, vrsta asfaltnog pokrova na cesti, dopuštene brzine prometa, količine soli, količine abrazivnih sredstava i količine aktivnosti zimskog održavanja ceste.

Andrady [14] je razvio model trajanja bojanih i termoplastičnih oznaka na kolniku prema kojem je trajanje bojanih oznaka 18,8 mjeseci, a termoplastičnih od 7,8 do 40,6 mjeseci. Model je prikazan u izrazu (2), a retrorefleksija oznake je modelirana kao funkcija vremena:

$$T_{100} = 10^{(R_0 - 100)/b} \quad (2)$$

gdje je:

- $T_{100}$  – vremenski period u mjesecima za dostizanje razine retrorefleksije od 100 mcd/lx/m<sup>2</sup> (dani)
- $R_0$  – procjenjena inicijalna retrorefleksija (mcd/lx/m<sup>2</sup>)
- $b$  – polualgoritamski gradijent retrorefleksije.

Istraživanje provdenu u studiji [15] je trebalo utvrditi stope degradacije za najčešće korištene materijale za izvođenje oznake na kolnike u *Michiganu*, a to su boje, termoplastike i trake. Dobiveni rezultati govore da je degradacija materijala linearna s iznimno malom točnosti ( $R^2$ ) između 0,14 i 0,18, prosječni pad retrorefleksije svih materijala je 0,14 % po danu i da su boje na bazi vode najisplativija varijanta izvođenja oznaka na kolniku. Dobiveni modeli su sljedeći:

$$\text{Vodene boje: } Y = -0,4035 X + 279,42 \quad (3)$$

$$\text{Termoplastika: } Y = -0,3622 X + 254,82 \quad (4)$$

$$\text{Trake: } Y = -0,3564 X + 256,53 \quad (5)$$

$$\text{Opći model (za sve materijale): } Y = -0,6101 X + 313,61 \quad (6)$$

gdje je:

- $Y$  – retrorefleksija oznaka na kolniku (mcd/lx/m<sup>2</sup>)
- $X$  – starost oznake u danima

Studija [16] sadrži rezultate četverogodišnjeg istraživanja predviđanja trajanja različitih materijala za izvođenje oznaka na kolniku, sa sljedećim prosječnim trajanjima:

- epoksi boje – 23 mjeseca
- boje na bazi vode – 10,4 mjeseci
- termoplastika – 26,2 mjeseci
- poliureatski materijali – 24,7 mjeseci

Na temelju kumulativnog broja prometnih prolaza (engl. *Cumulative Number of Traffic Passages - CTP*) kao primarne varijable kvantificiran je odnos između koeficijenata retrorefleksije i kumulativnog broja prometnih prolaza korištenjem različitih modela kao što su linearni i eksponencijalni [2]. Opći oblici su sljedeći:

$$\text{Linearni model: } R_L = a + (b + CTP) \quad (7)$$

$$\text{Eksponencijalni model: } R_L = a * e^{(b*CTP)} \quad (8)$$

gdje je:

- $R_L$  – retrorefleksija oznaka na kolniku (mcd/lx/m<sup>2</sup>)
- $a$  – inicijalna vrijednost retrorefleksije (mcd/lx/m<sup>2</sup>)
- $CTP$  – kumulativni broj prometnih prolaza
- $b$  – numerički koeficijent CTP-a

U studiji [17], autori su proveli analizu trajnosti vodenih boja i termoplastike i razvili logaritamske modele za predviđanje trajanja oznaka na kolniku kao funkcije količine prometa, uz korištenje minimalne razine retrorefleksije od 150 mcd/lx/m<sup>2</sup>. Dobiveni su koeficijenti determinacije ( $R^2$ ) od 0,31 za vodene boje i 0,58 za termoplastiku, a sve prema sljedećim izrazima:

$$\text{Vodne boje: } R_L = -19,457 \ln (VE) + 26,27 \quad (9)$$

$$\text{Termoplastika: } R_L = -70,806 \ln (VE) + 639,66 \quad (10)$$

gdje je:

- $R_L$  – retrorefleksija oznaka na kolniku (mcd/lx/m<sup>2</sup>)
- $VE$  – izloženost oznake vozilima (u 10<sup>3</sup> vozila)

U studiji [18] su analizirane ravne i profilirane termoplastične oznake na kolniku te je uspoređeno njihovo trajanje, troškovi održavanja i utjecaj na sigurnost te vidljivost u mokrim uvjetima. Rezultati su pokazali kako kumulativan broj prometnih prolaza ima veću povezanost s retrorefleksijom oznake u usporedbi sa starosti oznake te su predloženi linearni i eksponencijalni modeli za ravne i termoplastične oznake:

$$\text{Linearni model za ravne termoplastične oznake: } R_L = 310 + 31,1 * CTP \quad (11)$$

$$\text{Eksponencijalni model za ravne termoplastične oznake: } R_L = 329 * e^{(-0,16*CTP)} \quad (12)$$



$$\text{Linearni model za profilirane termoplastične oznake: } R_L = 239 + 28,9 * CTP \quad (13)$$

$$\text{Eksponecijalni model za profilirane termoplastične oznake: } R_L = 244 * e^{(-0,16 * CTP)} \quad (14)$$

gdje je:

- $R_L$  – retrorefleksija oznaka na kolniku (mcd/lx/m<sup>2</sup>)
- $CTP$  – kumulativni broj proemtnih prolaza

U studiji [19] su se autori bavili razvojem modela za bojane i termoplastične oznake u kojima je retrorefleksija funkcija vremena, PGDP-a, boja oznake i lokacije oznake (rubna ili središnja oznaka). Točnost modela je relativno zadovoljavajuća ( $R^2 = 0,60$  za termoplastiku i  $R^2 = 0,75$  za bojane oznake), ali nisu prošli Shapiro-Wilk test normalne distribucije podataka pa su statistički upitni što ograničava njihovu primjenu. Također, rezultati studije su pokazali da je trajanje termoplastičnih oznaka na kolniku cesta s PGDP-om do 10 000 vozila po danu između 5,4 i 8,75 godina u ovisnosti o lokaciji i boji oznake, a trajanje oznaka izvedenih bojom duže nego kod onih izvedenih termoplastikom te je prosječno trajalo oko dvije godine. Modeli su sljedeći:

$$\text{Boje: } R_L = 55,2 + 0,77 * R_{Linitial} - 4,17 * time \quad (15)$$

$$\text{Termoplastika: } R_L = 190 + 0,39 * R_{Linitial} - 2,09 * time - 0,0011 * AADT + 20,7 * X_1 - 20,7 * X_2 + 19 * X_3 - 19 * X_4 \quad (16)$$

gdje je:

- $R_L$  – retrorefleksija oznaka na kolniku (mcd/lx/m<sup>2</sup>)
- $R_{Linitial}$  – inicijalna retrorefleksija oznake na kolniku (mcd/lx/m<sup>2</sup>)
- $time$  – starost oznake (dani)
- $AADT$  – prosječni godišnji dnevni promet
- $X_1$  - 1 ukoliko je oznaka rubna, 0 ako nije
- $X_2$  - 1 ukoliko je oznaka razdjelna, 0 ako nije
- $X_3$  - 1 ukoliko je oznaka bijele boje, 0 ako nije
- $X_4$  - 1 ukoliko je oznaka žute boje, 0 ako nije

Mješoviti linearni model degradacije retrorefleksije bojanih bijelih rubnih i žutih središnjih oznaka je razvijen u studiji [20]. Rezultati studije pokazuju da bijele rubne oznake imaju prosječno trajanje 37,5 mjeseci, a žute središnje oznake 38,9 mjeseci, a dobiveni model je sljedeći:

$$R_L = (fintercept + rintercept_i) + (fslope + rslope_i) * time \quad (17)$$

gdje je:

- $R_L$  – retrorefleksija oznaka na kolniku (mcd/lx/m<sup>2</sup>)
- $fintercept, rintercept_i, fslope, rslope_i$  – koeficijenti modela

- *time* – starost oznake (dani)

Koeficijenti modela fintercept i fslope su jednaki za sve oznake, a koeficijanti rintercet i rslope se razlikuju, što znači da svaka cesta ima svoje koeficijente modela.

Primjenom mješovitog linearnog modela koji uzima u obzir i inicijalnu retrorefleksiju kao jednog od čimbenika modela, dobiven je konačni model predviđanja trajanja oznaka na kolniku za bijele rubne trake (s točnosti  $R^2 = 0,678$ ) koji glasi:

$$R_L = 129 + 0,543 * R_{Linitial} - 0,163 * time \quad (18)$$

gdje je:

- $R_L$  – retrorefleksija oznaka na kolniku (mcd/lx/m<sup>2</sup>)
- $R_{Linitial}$  – inicijalna retrorefleksija oznake na kolniku (mcd/lx/m<sup>2</sup>)
- *time* – starost oznake (dani)

U studiji [3], Babić je definirao prvi od ukupno tri modela za predviđanje trajanja oznaka na kolniku, izvedenih bojama na bazi otapala, gdje su korištene varijable: starost oznake, inicijalna retrorefleksija, položaj oznake na cesti, prosječni godišnji dnevni promet raščlanjen na osobna i teretna vozila, aktivnost zimske službe i prosječno ograničenje brzine na cesti. Provođenjem višestruke regresijske analize varijabli, utvrđeno je da su najvažnije varijable aktivnost zimske službe, položaj oznake, starost oznake i inicijalna retrorefleksija, koeficijent determinacije  $R^2$  iznosi 0,560, a konačni model glasi:

$$R_L = 70,699 + 0,623 * R_{Linitial} - 0,163 * t - 21,891 * p - 2,145 * r \quad (19)$$

gdje je:

- $R_L$  – retrorefleksija oznaka na kolniku (mcd/lx/m<sup>2</sup>)
- $R_{Linitial}$  – inicijalna retrorefleksija oznake na kolniku (mcd/lx/m<sup>2</sup>)
- *t* – starost oznake (dani)
- *p* – položaj oznake (1 = razdjelna, 0 = rubna)
- *r* – broj aktivnosti zimske službe (broj prolazaka ralica)

Babić je također razvio i model za trajanje oznaka na kolniku izvedenih termoplastikom [3], s pet varijabli: inicijalna retrorefleksija, starost oznake, položaj oznake na cesti, prosječni godišnji dnevni promet vozila i aktivnost zimske službe. Nakon višestruke regresijske analize, utvrđeno je da su starost oznake i inicijalna retrorefleksija statistički značajne varijable. Dobiveni koeficijent determinacije iznosi  $R^2 = 0,414$ , a konačni model glasi:

$$R_L = 225,120 + 0,346 * R_{Linitial} - 0,234 * t \quad (20)$$

gdje je:

- $R_L$  – retrorefleksija oznaka na kolniku (mcd/lx/m<sup>2</sup>)
- $R_{Linitial}$  – inicijalna retrorefleksija oznake na kolniku (mcd/lx/m<sup>2</sup>)
- *t* – starost oznake (dani)

U studiji [3], razvijen je i treći model za predviđanje oznaka na kolniku, onih izvedenih hladnom plastikom, s pet varijabli: inicijalna retrorefleksija, starost oznake, položaj oznake na cesti, prosječni godišnji dnevni promet vozila i aktivnost zimske službe. Nakon višestruke regresijske analize, utvrđeno je da su inicijalna retrorefleksija, starost oznake, položaj oznake i aktivnost zimske službe (broj prolaska ralice) statistički značajne varijable. Dobiveni koeficijent determinacije  $R^2$  iznosi 0,950, a konačni model glasi:

$$R_L = 90,583 + 1,007 * R_{Linitial} - 0,345 * t - 35,642 * p - 2,535 * r \quad (21)$$

- $R_L$  – retrorefleksija oznaka na kolniku (mcd/lx/m<sup>2</sup>)
- $R_{Linitial}$  – inicijalna retrorefleksija oznake na kolniku (mcd/lx/m<sup>2</sup>)
- $t$  – starost oznake (dani)
- $p$  – položaj oznake (1 = razdjelna, 0 = rubna)
- $r$  – broj aktivnosti zimske službe (broj prolazaka ralica)

U Tablici 8. su kronološki prikazani obrađeni modeli predviđanja trajanja oznaka na kolniku.

Tablica 8. Kronološki prikaz obrađenih modela predviđanja trajanja oznaka na kolniku

Godina	Autori	Materijal	Čimbenici	Model
1997.	Andrady	Termoplastika	Starost oznake, inicijalna retrorefleksija	Logaritamski $R^2$ nedostupan
1999.	Lee i dr.	Vodene boje, termoplastika, trake	Starost oznake	Linearni $R^2 = 0,14 - 0,18$
2001.	Migletz i dr.	Vodene boje, termoplastika, poliureatski materijal, epoksi boja	Kumulativni broj prometnih prolaza, inicijalna retrorefleksija	Linearni i eksponencijalni $R^2$ nedostupan
2002.	Abboud i Bowman	Vodene boje, termoplastika	Izloženost oznake vozilima (u 10 <sup>3</sup> vozila)	Logaritamski $R^2 = 0,31 - 0,58$
2003.	Lindly i Wijesundra	Termoplastika	Kumulativni broj prometnih prolaza	Linearni i eksponencijalni $R^2 = 0,53 - 0,67$
2009.	Sitzabee i dr.	Boje, termoplastika	Starost oznake, PGDP, inicijalna retrorefleksija, boja i lokacija oznake	Linearni $R^2 = 0,60 - 0,75$
2011.	Hummer i dr.	Boje na bazi otapala	Starost oznake, inicijalna retrorefleksija	Mješoviti linearni $R^2 = 0,678$

<b>2018.</b>	Babić	Boje na bazi otapala	Inicijalna retrorefleksija, starost oznake, položaj oznake, PGDP za osobna i teretna vozila, prosječno ograničenje brzine na cesti	Višestruki regresijski $R^2 = 0,560$
<b>2018.</b>	Babić	Termoplastika	Inicijalna retrorefleksija, starost oznake, položaj oznake, PGDP, aktivnost zimske službe	Višestruki regresijski $R^2 = 0,414$
<b>2018.</b>	Babić	Hladna strukturirana plastika	Inicijalna retrorefleksija, starost oznake, položaj oznake, PGDP i aktivnost zimske službe	Višestruki regresijski $R^2 = 0,950$

*Izvor: [3]*

Zaključno, iz pregleda literature i dosadašnjih istraživanja, vidljivo je kako na životni vijek oznaka utječe niz čimbenika koji su vezani uz prometno-klimatske uvjete, vrstu materijala od kojeg se oznake izvode, a samim time i na kvalitetu oznaka na kolniku. Upravo je iz tog razloga izrazito teško predviđati životni vijek oznaka na kolniku, no noviji modeli ipak pokazuju relativno zadovoljavajuću točnost te bi mogli biti od pomoći upraviteljima cesta u definiranju plana održavanja.

## 6. PREPORUKE ZA ODRŽAVANJE OZNAKA NA KOLNIKU

Prije izvođenja oznaka na kolniku potrebno je odabrati odgovarajući materijal od kojega će se izvesti oznake. Odabir je materijala uvjetovan s jedne strane financijskim mogućnostima nadležnih cestovnih tijela, odnosno troškovima izvođenja, te s druge strane željenom trajnosti i razinom vidljivosti oznaka. Kako bi se odabrala odgovarajuća tehnologija kojom će se optimizirati troškovi održavanja zadovoljavajući istovremeno potrebe vozača za vidljivošću i ostale sigurnosne aspekte, potrebno je poznavati karakteristike pojedinih materijala te geografske, klimatske i prometne uvjete na cesti na kojoj se oznaka izvodi.

Čimbenici koji utječu na konačni izbor materijala vezani su uz geometriju ceste, vremenske i klimatske uvjete u kojima se cesta nalazi, volumen i strukturu prometa, poziciju oznake, stanje kolničke površine itd.

Kako svaki materijal ima određene prednosti i nedostatke, nužno je znati kako će pojedini čimbenik utjecati na kvalitetu i trajnost pojedinoga materijala. Drugim riječima, ukoliko se cesta nalazi u području u kojem su učestali loši vremenski uvjeti te prisutne duge i jake zime, materijali kao što je hladna plastika ili termoplastika osigurat će duži vijek trajanje te bolju vidljivost oznake u odnosu na npr. boje te time optimizirati troškove održavanja uz osiguravanje zadovoljavajuće razine vidljivosti oznaka koja je potrebna vozačima za sigurno odvijanje prometa. Za ceste koje su u područjima bez jakih zime te na kojima je relativno mali volumen prometa troškovno je neučinkovito izvesti oznake od skupljih materijala. Također, ukoliko je kolnička podloga betonska, ne preporučuje se izvođenje oznaka termoplastikom s obzirom na to da se povezivanje termoplastike i podloge bazira na termičkoj vezi, što kod betonskih podloga nije moguće ostvariti. Prikladnije je koristiti hladnu plastiku ili boje koje se s podlogom povezuju mehanički [4].

Ukoliko oznake na kolniku ne služe više svrsi odnosno ako je došlo do promjene u prometnom toku, završile su privremene regulacije prometa ili ukoliko se više ne mogu nanositi novi slojevi materijala oznake se moraju ukloniti.

Najčešće korištene metode za uklanjanje oznaka na kolniku su [2]:

- glodanje
- pjeskarenje
- uklanjanje vodom.

Kod glodanja oznaka, „tragovi“ uklanjanja oznake ostat će na kolniku, a njihov stupanj i količina variraju ovisno o korištenoj opremi i preciznosti prilikom uklanjanja oznake. U navedene „tragove“ može doći kiša, snijeg ili led, što može dovesti do mogućih opasnosti na cesti.

Pjeskarenje koristi kombinaciju pijeska i komprimiranog zraka za uklanjanje oznaka. Pijesak se pod visokim tlakom izbacuje na oznaku te na taj način „razbija“ oznaku na sitne komadiće. Prednost pjeskarenja je što dolazi do minimalnog oštećenja kolnika. Slično kao i pjeskarenje, uklanjanje oznaka vodom podrazumijeva korištenje visoko tlačni pumpi koje izbacuju vodu na oznaku te je na taj način uklanjaju.

Određene oznake kao što su manje oznake izvedene termoplastikom ili privremene trake se mogu uklanjati i ručnim metodama pa se tako termoplastika zagrijava te „špartlom“ skida s kolnika dok se privremene trake ručno trgaju s kolnika (relativno jednostavan postupak s obzirom da iste u svojoj strukturi imaju armaturnu mrežicu koja to omogućava).

Zadatak upravitelja cesta je da najbolje moguće, dakle uz najveće moguće poštivanje sigurnosti svih sudionika u prometu te najmanje utrošenog novca, održavaju cestu. Samim time, upravitelji ceste bi trebali, na temelju modela predviđanja trajanja vertikalne signalizacije i/ili praćenjem kvalitete oznaka kroz određeni vremenski period definirati koliko brzo koji materijal za izvođenje propada i tek temeljem tih podataka raditi plan održavanja, jer samo na taj način mogu predvidjeti kada i ako oznaka neće zadovoljavati minimalnu razinu vidljivosti.

Temeljem praćenja kvalitete oznaka na kolniku, može se zaključiti da određeni materijali ne pokazuju zadovoljavajuće rezultate, primjerice vezano uz trajnost ili minimalnu razinu vidljivosti, pa bi se trebalo ići u izmjenu materijala kako bi se optimiziralo održavanje, drugim riječima, povećavanje kvalitete uz dugoročno smanjenje troškova održavanja.

## 7. ZAKLJUČAK

Oznake na kolniku predstavljaju dio cjelokupnog sustava prometne signalizacije, odnosno predstavljaju skup crta, natpisa i simbola čijom se kombinacijom oblikuju površine na prometnoj infrastrukturi. Osnovne zadaće oznaka na kolniku su vođenje vozača do njihova cilja putovanja identificiranjem sigurne putanje vožnje, upozoravanje na stanje i situaciju u prostoru ispred vozila koja zahtijevaju osobitu pozornost i oprez za nastavak sigurnos upravljanja vozilom, informiranje vozača o zakonskim ograničenjima i pomoć pri reguliranju prometa na optimalan način.

S obzirom na to da se nalaze u centralnom vidnom polju vozača, oznake na kolniku predstavljaju važan element cestovne sigurnosti, što znači da one moraju biti vidljive u svim vremenskim uvjetima te se moraju pravilno održavati. Vidljivost, odnosno retrorefleksija oznaka na kolniku je glavna odlika za određivanje aktivnosti i procesa održavanja oznaka, no to je moguće jedino ako se definiraju faktori koji utječu na propadanje retrorefleksije, a time i na trajanje oznake, iz čega se razvija potreba za izradom modela za predviđanje trajanja oznaka na kolniku.

Materijali za izvođenje traka na kolniku su boja, termoplastika, hladna plastika i trake. Faktori koji utječu na izbor materijala za izvođenje su vezani uz geometriju ceste, klimatske i vremenske uvjete na cesti, volumenu i strukturi prometa, stanju kolničke podloge, ali i pozicije oznake.

Kako svaki materijal ima određene prednosti i nedostatke, nužno je znati kako će pojedini čimbenik utjecati na kvalitetu i trajnost pojedinoga materijala. Drugim riječima, ukoliko se cesta nalazi u području u kojem su učestali loši vremenski uvjeti te prisutne duge i jake zime, materijali kao što je hladna plastika ili termoplastika osigurat će duži vijek trajanje te bolju vidljivost oznake u odnosu na npr. boje te time optimizirati troškove održavanja uz osiguravanje zadovoljavajuće razine vidljivosti oznaka koja je potrebna vozačima za sigurno odvijanje prometa. Za ceste koje su u područjima bez jakih zime te na kojima je relativno mali volumen prometa troškovno je neučinkovito izvesti oznake od skupljih materijala. Također, ukoliko je kolnička podloga betonska, ne preporučuje se izvođenje oznaka termoplastikom s obzirom na to da se povezivanje termoplastike i podloge bazira na termičkoj vezi, što kod betonskih podloga nije moguće ostvariti. Prikladnije je koristiti hladnu plastiku ili boje koje se s podlogom povezuju mehanički.

Većina modela za predviđanje trajanje oznaka na kolniku ima relativno niske koeficijente determinacije ( $R^2$ ), iz čega proizlazi da su pogreške modela visoke. Modeli iz studija [19] i [20], iako imaju visok koeficijent determinacije ( $R^2$ ), imaju ili statistički značajne

nedostatke, ili ne omogućuju modeliranje trajanja svih najčešće korištenih materijala za izvođenje oznaka na kolniku. Uz sve navedeno, navdeni modeli ne uzimaju u obzir sve čimbenike koji utječu na propadanje retrorefleksije.

Zaključno, iz pregleda literature i dosadašnjih istraživanja, vidljivo je kako na životni vijek oznaka utječe niz čimbenika koji su vezani uz prometno-klimatske uvjete, vrstu materijala od kojeg se oznake izvode, a samim time i na kvalitetu oznaka na kolniku.

Upravo je iz tog razloga izrazito teško predviđati životni vijek oznaka na kolniku, no noviji modeli ipak pokazuju relativno zadovoljavajuću točnost te bi mogli biti od pomoći upraviteljima cesta u definiranju plana održavanja.

Zadatak upravitelja cesta je da najbolje moguće, dakle uz najveće moguće poštivanje sigurnosti svih sudionika u prometu te najmanje utrošenog novca, održavaju cestu. Samim time, upravitelji ceste bi trebali, na temelju modela predviđanja trajanja oznaka na kolniku i/ili praćenjem kvalitete oznaka kroz određeni vremenski period definirati koliko brzo koji materijal za izvođenje propada i tek temeljem tih podataka raditi plan održavanja, jer samo na taj način mogu predvidjeti kada i ako oznaka neće zadovoljavati minimalnu razinu vidljivosti.

Temeljem praćenja kvalitete oznaka na kolniku, može se zaključiti da određeni materijali ne pokazuju zadovoljavajuće rezultate, primjerice vezano uz trajnost ili minimalnu razinu vidljivosti, pa bi se trebalo ići u izmjenu materijala kako bi se optimiziralo održavanje, drugim riječima, povećavanje kvalitete uz dugoročno smanjenje troškova održavanja.



## LITERATURA

- [1]Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 92/19)
- [2]Ščukanec A., Babić D., Babić D., Fiolić M., Dijanić H., Modrić M., Habuzin I., 2018. Priručnik za stručni seminar o izvođenju, održavanju i kontroli oznaka na kolniku, Zagreb
- [3]Babić, D. 2018. Model predviđanja trajanja oznaka na kolniku. Doktorski rad, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb
- [4]Graham-Migletz Enterprises. 1994. *Roadway Delineation Practices Handbook*. Priručnik. Washington DC. SAD.
- [5]Babić, D.; Burghardt, T. E.; Babić, D. 2015. Application and Characteristics of Waterborne Road Marking Paint. *International Journal for Traffic and Transport Engineering*. 5(2) : 150– 169. DOI: [http://dx.doi.org/10.7708/ijtte.2015.5\(2\).06](http://dx.doi.org/10.7708/ijtte.2015.5(2).06).
- [6]Texas Department of Transportation. 2004. *Pavement Marking Handbook*. Izvještaj. Texas. SAD.
- [7]Ščukanec, A. 2003. *Primjena retroreflektirajućih materijala u funkciji cestovnoprometne sigurnosti*. Doktorska disertacija. Fakultet prometnih znanosti. Zagreb.
- [8]National Cooperative Highway Research Program. 2006. *Pavement Marking Materials and Markers: Real-World Relationship between Retroreflectivity and Safety over Time*. Izvještaj. Toronto. Canada.
- [9]Ščukanec, A.; Babić, D. 2012. Vidljivost oznaka na kolniku. *Dani prometnica: Građenje prometne infrastrukture*. 513–546.
- [10]Hrvatske ceste d.o.o. 2010. *Smjernice i tehnički zahtjevi za izvođenje radova na obnavljanju oznaka na kolniku – Horizontalna signalizacija*. Zagreb.
- [11]Zehntner. ZRM 6014. 2017. Dostupno na: <https://www.proceq.com/products/> (20.5.2021.).
- [12]Verkehrswesen, Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen. 2013. *Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Markierungen auf Straßen*. Priručnik. Bundesministerium für Verkehr. Bonn. Njemačka.
- [13]Shahata, K.; Fares, H.; Zayed, T.; Abdelrahman, A.; Chughtai, F. 2008. Condition Rating Models for Sustainable Pavement Marking. Transport Research Board 87th Annual Meeting Compendium of Papers DVD. Washington DC. SAD. 08–0018.
- [14]Andrady, A. L. 1997. *Pavement Marking Materials: Assessing Environment-friendly Performance*. Izvještaj. National Academy of Science. Washington DC. SAD.

- [15]Lee, J. T.; Maleck, T. L.; Taylor, W. C. 1999. Pavement Marking Material Evaluation Study in Michigan. *Journal of Institute of Transportation Engineers*. 69(7) : 48–51.
- [16]Migletz, J.; Graham, J. L.; Harwood, D. W.; Bauer, K. M. 2001. Service Life of Durable Pavement Markings. *Journal of Transportation Research Board*. 1749 : 13–21. DOI: 10.3141/1749-03.
- [17]Abboud, N.; Bowman, B. 2002. Cost and Longevity-based Scheduling of Paint and Thermoplastic Striping. *Journal of the Transportation Research Board*. 1794 : 55–62. DOI: 10.3141/1794-07.
- [18]Lindly, J. K.; Wijesundera, R. K. 2003. *Evaluation of Profiled Pavement Markings*. Izveštaj. University Transportation Center for Alabama. Tuscaloosa. SAD.
- [19]Sitzabee, W. E.; Hummer, J. E.; Rasdorf, W.; Asce, F. 2009. Pavement Marking Degradation Modeling and Analysis. *Journal of Infrastructure Systems*. 15(3) : 190–199. DOI: 10.1061/(ASCE)1076-0342(2009)15:3(190).
- [20]Hummer, J. E.; Rasdorf, W.; Zhang, G. 2011. Linear Mixed-Effects Models for Paint Pavement-Marking Retroreflectivity Data. *Journal of Transportation Engineering*. 137(10) : 705–716. DOI: 10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000283.

## POPIS SLIKA

Slika 1. Isprekidana razdjelna crta .....	5
Slika 2. Kratka isprekidana crta.....	6
Slika 3. Primjer širokih isprekidanih crta .....	6
Slika 4. Crta upozorenja.....	7
Slika 5a. Dvostruka puna crta .....	7
Slika 5b. Dvostruka isprekidana crta .....	7
Slika 5c. Dvostruka kombinirana crta.....	7
Slika 6. Puna zaustavna crta.....	8
Slika 7. Isprekidana zaustavna crta .....	8
Slika 8a. Kose crte otvaranja izlaznog traka na autocestama i brzim cestama .....	9
Slika 8b. Kose crte zatvaranja ulaznog traka na autocestama i brzim cestama.....	9
Slika 8c. Kose crte otvaranja i zatvaranja prometnog traka za javni prijevoz .....	9
Slika 9. Graničnik .....	10
Slika 10a. Pješački prijelaz .....	10
Slika 10b. Prijelaz biciklističke staze preko kolnika .....	10
Slika 11. Privremene trake (gore) i trajne trake (dolje) za oznake na kolniku .....	23
Slika 12. Vrste ispitivanja oznaka na kolniku .....	25
Slika 13. Uređaj za mjerenje dnevne i noćne vidljivosti.....	25
Slika 14. Način mjerenja dnevne vidljivosti oznaka na kolniku.....	26
Slika 15. Način mjerenja noćne vidljivosti oznaka na kolniku.....	26
Slika 16. Metodologija ispitivanja dnevne i noćne vidljivosti oznaka prema Njemačkom propisu ZTV M02 .....	27
Slika 17. Uređaj i oprema za mjerenje noćne vidljivosti oznaka na kolniku.....	27

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Širina uzdužnih crta ovisno o kategoriji ceste .....	5
Tablica 2. Minimalne vrijednosti i razredi za nove (obnovljene) oznake na kolniku .....	14
Tablica 3. Minimalne vrijednosti propisane za oznake na kolniku unutar garancijskog roka .....	14
Tablica 4. Granične vrijednosti x i y koordinata .....	15
Tablica 5. Klase oznake ovisno o vremenu sušenja .....	15
Tablica 6. Odabir potrebnog broja mjernih odsječaka za ispitivanje dnevne i noćne vidljivosti .....	27
Tablica 7. Broj potrebnih ispitivanja ovisno o širini linije .....	31
Tablica 8. Kronološki prikaz obrađenih modela predviđanja trajanja oznaka na kolniku	37



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
10000 Zagreb  
Vukelićeva 4

## METAPODACI

**Naslov rada:** Analiza aktivnosti održavanja oznaka na kolniku s prijedlogom poboljšanja

**Autor:** Krunoslav Andrić

**Mentor:** prof. dr. sc. Anđelko Ščukanec

**Naslov na drugom jeziku (engleski):**

Overview of road markings maintenance activities

**Povjerenstvo za obranu:**

- izv.prof. dr. sc. Darko Babić, predsjednik
- prof. dr. sc. Anđelko Ščukanec, mentor
- dr. sc. Dario Babić, član
- doc. dr. sc. Željko Šarić, zamjena

**Ustanova koja je dodjela akademski stupanj:** Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu

**Zavod:** Zavod za prometnu signalizaciju

**Vrsta studija:** sveučilišni

**Naziv studijskog programa:** Cestovni promet

**Stupanj:** diplomski

**Akademski naziv:** mag. ing. traff.

**Datum obrane završnog rada:** 31. kolovoz 2021.



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
10000 Zagreb  
Vukelićeva 4

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

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

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

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

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu \_\_\_\_\_ diplomskog rada \_\_\_\_\_

pod naslovom Analiza aktivnosti održavanja oznaka na kolniku s prijedlogom poboljšanja

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

Student:

U Zagrebu, \_\_\_\_\_ 31. kolovoza 2021. \_\_\_\_\_

*Krunoslav Andrić*