

Analiza utjecaja brojača vremena za vozila na semaforima u funkciji sigurnosti cestovnog prometa

Matešić, Marko

Master's thesis / Diplomski rad

2018

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:119:926837>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-21**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Marko Matešić

**ANALIZA UTJECAJA BROJAČA VREMENA ZA
VOZILA NA SEMAFORIMA U FUNKCIJI
SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2018

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT**

Zagreb, 16. ožujka 2018.

Zavod: **Zavod za cestovni promet**
Predmet: **Sigurnost cestovnog i gradskog prometa III**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 4438

Pristupnik: **Marko Matešić (0035188746)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Analiza utjecaja brojača vremena za vozila na semaforima u funkciji sigurnosti cestovnog prometa**

Opis zadatka:

U radu potrebno je navest značajke raskrižja kao prometne površine na kojima se spajaju, razdvajaju, prepliću i križaju prometni tokovi. Analizirati efikasnosti brojača preostalog vremena za promjenu faze na propusnu moć i sigurnost prometa na raskrižju. Odrediti mjere efikasnosti na raskrižjima opremljena sa semaforima i na kojima su postavljeni brojači preostalog vremena za promjenu faze u odnosu na raskrižja opremljena sa semaforima i na kojima nisu postavljeni takvi brojači.

Mentor:



doc. dr. sc. Rajko Horvat

**Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:**

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**ANALIZA UTJECAJA BROJAČA VREMENA ZA
VOZILA NA SEMAFORIMA U FUKCIJI
SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA**

**ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE TRAFFIC
SIGNAL COUNTDOWN TIMER AT THE TRAFFIC
LIGHT ON VEHICLE IN THE FUNCTION OF ROAD
TRAFFIC SAFETY**

Mentor: doc. dr. sc. Rajko Horvat

Student: Marko Matešić

JMBAG: 0035188746

Zagreb, rujan 2018.

ANALIZA UTJECAJA BROJAČA VREMENA ZA VOZILA NA SEMAFORIMA U FUKCIJI SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA

SAŽETAK

Na raskrižjima su detektirane konfliktne točke koje mogu ugroziti protočnost i sigurnost prometa. Postavljanjem semafora postiže se efikasnost i povećava se propusna moć prometnih tokova na raskrižju. U novije vrijeme postavljaju se uz semaforska svjetla i brojači preostalog vremena pojedine faze koji sudionicima u prometu omogućavaju uvid u preostalo vrijeme čekanja za promjenu pojedine faze. Na određenim semaforskim uređajima postavljeni su brojači vremena intervala crvenog i zelenog svjetla kako bi se povećala sigurnost prometa u raskrižju kada vozači naglo zaustavljaju vozilo u trenutcima isteka zelene faze prikazane brojačima vremena ili ubrzavanja vozila kada brojač vremena pokaže da se sprema promjena signalnog pojma. Prema obavljenim znanstvenim istraživanjima u pojedinim slučajevima nije dokazan niti pozitivan niti negativan utjecaj na sigurnost motornog i pješačkog prometa, dok u određenim situacijama brojači vremena pokazali su određene pozitivne učinke što djelomično opravdava nastavak znanstvenog istraživanja učinkovitosti takvog sustava.

KLJUČNE RIJEČI: vozilo; raskrižja; prometni znakovi; semaforski uređaj; brojač vremena; sigurnost prometa

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE TRAFFIC SIGNAL COUNTDOWN TIMER AT THE TRAFFIC LIGHT ON VEHICLE IN THE FUNCTION OF ROAD TRAFFIC SAFETY

SUMMARY

On crossroads, conflict point are detected that can compromise flow and traffic security. By setting a traffic light, the efficiency gains and increases the pervasive power of traffic flows at the intersection. More recently, traffic lights are equipped with time counters of a single phase, which allow traffic participants to inspect the remaining standby time for the change of phase. On certain traffic lights, timers of red and green light intervals are set to increase traffic safety at the intersection when drivers suddenly stop the vehicle at the time of the green phase outlined by timer or accelerate the vehicle when the timer shows that the signal concept changes. Certain studies have shown no positive or negative impact on the safety of motor and pedestrian traffic, while in certain situations time counters have shown some positive effects, which partly justifies the continuation of scientific research on the efficiency of such a system.

KEYWORDS: vehicle; intersection; traffic signs; traffic light device; signal countdown timer; traffic safety

Sadržaj

1.	UVOD	1
2.	OSNOVNI ČIMBENICI SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA	3
2.1.	Čimbenici koji utječu na nastanak prometnih nesreća	4
2.1.1.	Čovjek kao čimbenik sigurnosti prometa	4
2.1.2.	Vozilo kao čimbenik sigurnosti u prometu	7
2.1.3.	Cesta kao čimbenik sigurnosti prometa	13
2.1.4.	Čimbenik promet na cesti.....	16
2.1.5.	Incidentni čimbenik	17
2.2.	Sigurnost cestovnog prometa prilikom kretanja vozila u prometu.....	17
3.	ODREĐIVANJE PROPUSNE MOĆI RASKRIŽJA	18
3.1.	Propusna moć prometnice	19
3.2.	Propusna moć prometnice između dvaju križanja sa semaforima	21
3.3.	Proračun propusne moći križanja sa semaforima	22
4.	PODJELA PROMETNIH ZNAKOVA, SIGNALIZACIJE I OPREME NA CESTI.....	24
4.1.	Prometni znakovi.....	24
4.1.1.	Znakovi opasnosti	25
4.1.2.	Znakovi izričitih naredbi	26
4.1.3.	Znakovi obavijesti	28
4.1.4.	Znakovi obavijesti za vođenje prometa.....	29
4.1.5.	Dopunske ploče	30
4.1.6.	Promjenjivi prometni znakovi	30
4.2.	Oznake na kolniku	31
4.2.1.	Uzdužne oznake na kolniku	32
4.2.2.	Poprečne oznake na kolniku.....	33
4.2.3.	Ostale oznake na kolniku i predmetima uz rub kolnika	35
4.3.	Prometna svjetla i svjetlosne oznake	38
4.3.1.	Svjetlosni znakovi za upravljanje prometom.....	39
4.3.2.	Svjetlosni znakovi za upravljanje prometom namijenjeni samo pješacima	40
4.3.3.	Svjetlosni znakovi za upravljanje javnim gradskim prometom	40
4.3.4.	Svjetlosni znakovi za obilježavanje prijelaza ceste preko željezničke pruge	41
4.3.5.	Svjetlosni znakovi za obilježavanje radova na cesti i zapreka	42

4.4. Oprema na cesti	43
5. ANALIZA STANJA SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA U GRADU SAMOBORU OD 2013. DO 2017. GODINE.....	48
6. OSNOVNE ZNAČAJKE BROJAČA VRMENA NA SEMAFORIZIRANIM RASKRIŽJIMA	53
6.1. Prednosti brojača vremena	54
6.2. Nedostaci brojača vremena.....	54
6.3. Obavljena istraživanja	55
7. REZULTATI ANALIZE SIGURNOSTI NA RASKRIŽJU SA I BEZ PRIMJENE BROJAČA VREMENA U GRADU SAMOBORU	57
7.1. Raskrižje Ulice Grada Wirgesa i Ulice kralja Petra Krešimira IV s postavljenim brojačima na semaforskim uređajima.....	59
7.1.1. Prometno oblikovni elementi raskrižja	60
7.1.2. Mjerenje brzine vozila	63
7.2. Raskrižje Svetonedeljske ulice, Ulice Dobriše Cesarića i Ulice Ivana Gundulića bez postavljenih brojača vremena na semaforskim uređajima	65
7.2.1. Prometno oblikovni elementi raskrižja	66
7.2.2. Mjerenje brzine vozila	69
7.3. Komparativna analiza dva promatra raskrižja	70
8. ZAKLJUČAK.....	73
LITERATURA.....	74
POPIS KRATICA	76
POPIS SLIKA	77
POPIS TABLICA.....	79
POPIS GRAFIKONA.....	80

1. UVOD

Cestovni promet iznimno se brzo razvija i postaje značajan čimbenik suvremenog društva. Cestovni promet jedan je od najkorištenijih oblik prijevoza i transporta. Vozilo je najčešće sredstvo za zadovoljavanje svakodnevnih prijevoznih potreba u cestovnom prometu. Povećanjem broja motornih vozila, povećala se i mogućnost nastanka broja prometnih nesreća. Sve veći broj prometnih nesreća s tragičnim posljedicama, odnosno ljudskim žrtvama te velike materijalne štete, dio su negativnih posljedica koje znatno utječu na kvalitetu života.

Raskrižje je površina na kojoj se križaju ili spajaju dvije ceste ili više cesta, a i šira prometna površina koja nastaje križanjem, odnosno spajanjem cesta. Na osnovi poznavanja propusne moći mogu se procijeniti nedostaci postojeće cestovne mreže i predložiti odgovarajuće izmjene. Raskrižja imaju određeni broj konfliktnih točaka koje mogu ugroziti protočnost i sigurnost prometa. Postavljanjem semafora postiže se efikasnost i povećava se propusna moć prometnih tokova na raskrižju. Kod svjetlosnih signala tri su osnovna pojma: ciklus, faza i interval. Upravo ta tri pojma utječu na propusnu moć i sigurnost raskrižja. U zadnje vrijeme postavljaju se uz semafora svjetla i brojači vremena. Na temelju njih vozačima se u prometu daju do znanja preostalog vremena čekanja za promjenu faze. Budući da se u novije vrijeme sve više postavljaju takvi brojači u gradovima, provode se istraživanja njihove učinkovitosti i utjecaja na sigurnost prometa. Jedno takvo istraživanje je provedeno u ovom diplomskom radu, gdje je osnovna hipoteza analizirati kako brojača vremena na semaforiziranim raskrižjima utječe na sigurnost cestovnog prometa.

Diplomski rad sastoji se od osam cjelina i to:

1. Uvod
2. Osnovni čimbenici sigurnosti cestovnog prometa
3. Određivanje propusne moći raskrižja
4. Podjela prometnih znakova, signalizacije i opreme na cesti
5. Analiza stanja sigurnosti cestovnog prometa u gradu Samoboru od 2013. do 2017. godine
6. Osnovne značajke brojača vremena na semaforiziranim raskrižjima
7. Rezultati analize sigurnosti na raskrižju sa i bez primjene brojača vremena u gradu Samoboru
8. Zaključak

U uvodu su prezentirane osnovne postavke i problem istraživanja diplomskog rada koje su razrađivane u pojedinim poglavljima.

U drugom poglavlju definirani su i objašnjeni čimbenici koji utječu na sigurnost cestovnog prometa. Najvažniji čimbenici sigurnosti cestovnog prometa su čovjek, cesta i vozilo, ali važni su i čimbenici „promet na cesti“ te „incidentni čimbenik.“

U trećem poglavlju obavljena je analiza i komparacija određivanja propusne moći raskrižja. Optimalna procjena propusne moći osnovni je postupak za odabir vrste i oblika raskrižja te načina organizacije i upravljanja prometom odnosno prometnim tokovima.

U četvrtom poglavlju opisan je značaj i uloga prometnih znakova, prometne signalizacije i prometne opreme s kojom ceste moraju biti opremljene kako bi se osigurala što bolja sigurnost na cesti.

U petom poglavlju obavljena je analiza stanja sigurnosti cestovnog prometa na području Policijske postaje Samobor i na području Policijske uprave Zagrebačke. Na temelju dobivenih podataka analizirane su i komparirane prometne nesreće u 2013., 2014., 2015., 2016. i 2017. godini.

U šestom poglavlju opisani su prednosti i nedostaci brojača vremena na semaforiziranim raskrižjima, njihova primjena u svijetu te rezultati provedenih analiza u drugim državama o utjecaju brojača na sigurnost prometa.

U sedmom poglavlju je opisan način istraživanja te su prezentirani rezultati istraživanja u gradu Samoboru. Analiza je obavljena na dva raskrižja od kojih na jednom bez postavljenih brojača, a na drugom s postavljenim brojačima vremena na semaforskim uređajima.

Na temelju dobivenih rezultata u zaključku je dokazano kako na sigurnost prometa utječu brojači vremena na semaforiziranim raskrižjima te usporedbom pojedinih istraživanja spoznato je da postoje pozitivni i negativni utjecaji brojača vremena.

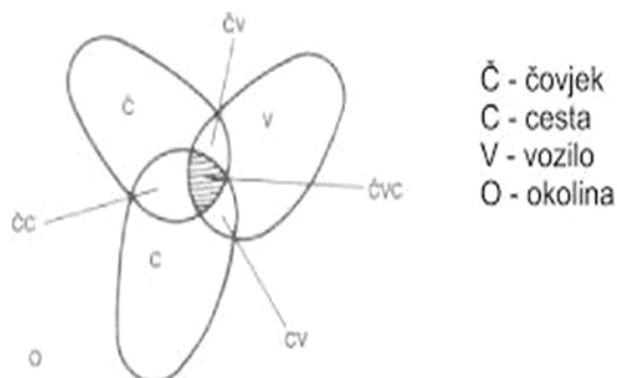
2. OSNOVNI ČIMBENICI SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA

Sigurnost prometa u najvećoj mjeri ovisi o čovjeku. U svim područjima ljudske aktivnosti prisutan je rizik pa tako i u cestovnom prometu. Podrazumijeva se da svaki sudionik u prometu završi započeto kretanje bez štetnih i neželjenih posljedica proizvedenih djelovanjem čimbenika unutrašnjeg prometnog sustava.

Promet je vrlo složena pojava pri kojoj dolazi do mnogih konfliktnih situacija. Da bi se povećala sigurnost prometa, potrebno je provesti brojne mjere, čiji je cilj smanjenje opasnosti. Opasnost od prometnih nesreća koje nastaju pri kretanju vozila i pješaka može se prikazati kao stanje u sustavu čimbenika koji se pritom pojavljuju. Analizirajući moguće uzroke, cestovni promet možemo pojednostavljeno promatrati u tri osnova podsustava [1]:

- Čovjek,
- Vozilo,
- Cesta.

Djelovanje tih triju sustava na sigurnost prometa može se prikazati na slici 2.1. Vennovim dijagramom.



Slika 2.1: Vennov dijagram

Izvor: [1]

2.1. Čimbenici koji utječu na nastanak prometnih nesreća

Prometna nesreća je događaj na cesti, izazvan kršenjem prometnih propisa, u kojem je sudjelovalo najmanje jedno vozilo u pokretu i u kojem je najmanje jedna osoba ozlijeđena ili poginula, ili u roku od 30 dana preminula od posljedica te prometne nesreće, ili je izazvana materijalna šteta. [7]

Opasnost od nastanka prometnih nesreća funkcija je 5 čimbenika koji čine sustav i to [2]:

- Čovjek,
- Vozilo,
- Cesta,
- Promet na cesti,
- Incidentni čimbenik.

Na temelju analize statističkih podataka o nesrećama u Hrvatskoj, može se zaključiti da su tri najčešća uzroka prometnih nesreća: vozač (oko 88%), vozilo (3-4%) i cesta (7-9%). Prema podacima brojnih autora, cesta kao uzrok prometnih nesreća pojavljuje se u širokom rasponu od 0,5 do 37 posto. U mnogim europskim zemljama uzima se da je cesta uzrok prometnih nesreća u 20 do 30 posto slučajeva. [2]

2.1.1. Čovjek kao čimbenik sigurnosti prometa

Od svih čimbenika koji utječu na sigurnost prometa, utjecaj čovjeka kao čimbenika je najvažniji. Čovjek kao vozač u prometu pomoću osjetila prima obavijesti vezane za prilike na cesti te određuje način kretanja vozila.

Na ponašanje čovjeka kao čimbenika sigurnosti u prometu utječu [3]:

- osobne značajke vozača,
- psihofizička svojstva,
- obrazovanje i kultura.

Osobne značajke vozača

Osobnost je organizirana cjelina svih osobina, svojstava i ponašanja kojima se svaka ljudska individualnost izdvaja od svih drugih pojedinaca društvene zajednice. Psihički i skladno razvijena osoba preduvjet je uspješnog odvijanja prometa. Pojmom osobe u užem smislu mogu se obuhvatiti sljedeće psihičke osobine:

- **sposobnost:** skup prirodnih i stečenih uvjeta koji omogućuju obavljanje neke aktivnosti,
- **stajališta:** stajališta vozača prema vožnji rezultat su odgoja u školi i obitelji, društva i učenja. Mogu biti privremena i stalna,
- **temperament** je urođena osobina koja se očituje u načinu mobiliziranja psihičke energije kojom određena osoba raspolaže. Prema temperamentu ljudi se mogu podijeliti na kolerike, sangvinike, melankolike i flegmatike. Za profesionalne vozače nisu pogodne osobe koleričnog ni flegmatičnog tipa,
- **osobne crte** su specifične strukture pojedinca zbog kojih on u različitim situacijama reagira na isti način. Mogu se izdvojiti: odnos pojedinca prema sebi, prema drugima, prema radu,
- **značaj (karakter):** očituje se u moralu čovjeka i njegovu odnosu prema ljudima, te prema poštivanju društvenih normi i radu.

Sve sposobnosti čovjeka razvijaju se u prosjeku do 18-te godine i do 30-te ostaju uglavnom nepromijenjene. Od 30-te do 50-te godine dolazi do blagog pada tih sposobnosti, a od 50-te godine taj pad je znatno brži. Smatra se da je 65 godina gornja granica. Alkohol i umor smanjuju koncentraciju u vožnji. [3]

Psihofizičke osobine čovjeka

Psihofizičke osobine čovjeka u velikoj mjeri utječu na sigurnost prometa, a prilikom upravljanja vozilom potrebno je spomenuti sljedeće psihofizičke osobine koje dolaze do izražaja:

- funkcije organa osjeta,
- psihomotoričke sposobnosti,
- mentalne sposobnosti.

FUNKCIJE ORGANA OSJETA

Pomoću organa osjeta koji podražuju živčani sustav nastaje osjet vida, sluha, ravnoteže, mirisa. Zamjećivanje okoline omogućuju organi osjeta koji putem fizikalnih i kemijskih procesa obavješćuju o vanjskom svijetu i promjenama unutar tijela. Za upravljanje vozilom važni su osjeti: vida, sluha, ravnoteže, mišići, mirisa.

- a) Osjet vida - u obavješćivanju vozača najvažniji je osjet vida, više od 95 % svih odluka koje vozač donosi ovisi o tim organima. Za vozača su bitne sljedeće sposobnosti organa vida: prilagodba oka na svjetlo i tamu, sposobnost razlikovanja boja, vidno polje, oštrina vida i stereoskopsko zamjećivanje,
- b) Osjet sluha - za razliku od osjeta vida, manje utječe na sigurnost prometa. Služi za kontrolu rada motora, određivanje smjera i udaljenosti vozila pri kočenju. Pomoću osjetnog organa sluha prenosi se buka, ona izaziva umor vozača te smanjuje njegovu sposobnost vožnje,
- c) Osjet ravnoteže - važan je za sigurnost kretanja vozila, osobito kod vozača motora. Pomoću osjeta ravnoteže uočava se nagib ceste, ubrzanje ili usporenje vozila, bočni pritisak u zavoju i slično,
- d) Mišićni osjet - daje vozaču obavijest o djelovanju vanjski sila zbog promjene brzine i o silama koje nastaju pritiskom na kočnicu, spojku i slično,
- e) Osjet mirisa - nema bitan utjecaj na sigurnost prometa, osim u izuzetnim slučajevima na primjer: pri duljem kočenju, kad pregore instalacije.

PSIHOMOTORIČKE SPOSOBNOSTI

Psihomotoričke sposobnosti su sposobnosti koje omogućuju uspješno izvođenje pokreta koji zahtijevaju brzinu, preciznost i usklađen rad raznih mišića. Pri upravljanju vozilom važne su ove psihomotoričke sposobnosti:

- Brzina reagiranja,
- Brzina izvođenja pokreta,
- Sklad pokreta i opažanja.

Vrijeme reagiranja: vrijeme koje prođe od trenutka pojave nekog signala ili neke određene situacije do trenutka reagiranja nekom komandom vozila (0,5 - 1,5). Vrijeme reagiranja vozača dijeli se na:

- Vrijeme zamjećivanja,
- Vrijeme prepoznavanja,
- Vrijeme procjene,
- Vrijeme akcije.

Brzina reagiranja, odnosno vrijeme reagiranja ovisi: o individualnim osobinama vozača, o godinama starosti, o jačini podražaja, o složenosti prometne situacije, o fizičkoj i psihičkoj kondiciji i stabilnosti vozača, o koncentraciji i umoru vozača, o brzini vožnje, o klimatskim uvjetima.

MENTALNE SPOSOBNOSTI

Mentalne sposobnosti su mišljenje, pamćenje, inteligencije, učenje i slično. Osoba s razvijenim mentalnim sposobnostima bolje upoznaje svoju okolicu i uspješno se prilagođuje okolnostima. Jedna od važnijih mentalnih sposobnosti je inteligencija. To je sposobnost snalaženja u novonastalim situacijama uporabom novih, nenaučenih reakcija. Inteligentan vozač brzo uočava bitne odnose u složenoj dinamičkoj prometnoj situaciji, predviđa ponašanje drugih sudionika u prometu te donosi odgovarajuće odluke, dok su ti procesi spori i pasivni kod intelektualno nedovoljno razvijene osobe.

Obrazovanje i kultura

Vozač koji je stekao određeno obrazovanje poštuje prometne propise i odnosi se ozbiljno prema ostalim sudionicima u prometu. Tijekom vožnje takav se vozač ne nameće drugima, nego nastoji pomoći ostalim vozačima kako bi se izbjegla prometna nesreća. Učenjem se postiže znanje koje je nužno za normalno odvijanje prometa. Tu se može ubrojiti [2]:

- poznavanje zakona i propisa o reguliranju prometa,
- poznavanje kretanja vozila,
- poznavanje vlastitih sposobnosti.

2.1.2. Vozilo kao čimbenik sigurnosti u prometu

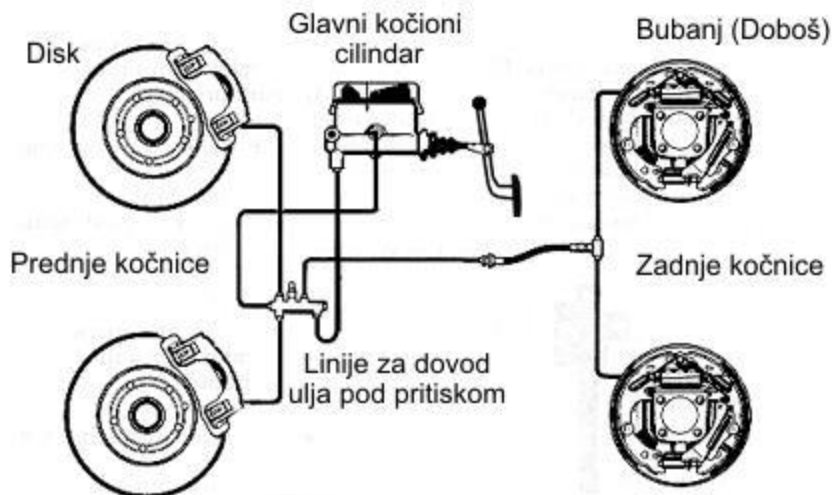
Vozilo je prijevozno sredstvo namijenjeno prijevozu ljudi i tereta, a može se kretati pravocrtno ili krivocrtno jednolikom brzinom, ubrzano ili usporeno. Svojom konstrukcijom i eksploatacijskim značajkama utječe u velikoj mjeri na sigurnost prometa. Prema statističkim podacima za 3 - 5 posto prometnih nesreća smatra se da im je uzrok tehnički nedostatak na vozilu. Međutim, taj postotak je znatno veći jer se pri očevidu nakon prometne nesreće ne mogu do kraja odrediti pojedini parametri vozila kao uzročnika prometne nesreće. Uzima se u obzir samo jasno izražen kvar, primjerice prijelom nekog dijela, potpuno otkazivanje uređaja za kočenje i slično. Elementi vozila koji utječu na sigurnost prometa mogu se podijeliti na aktivne i pasivne. [2]

AKTIVNI ELEMENTI SIGURNOSTI VOZILA

Aktivni elementi sigurnosti vozila su tehnička rješenja vozila kojima se smanjuje mogućnost nastanka prometne nesreće. U aktivne elemente sigurnosti vozila mogu se ubrojiti [1]:

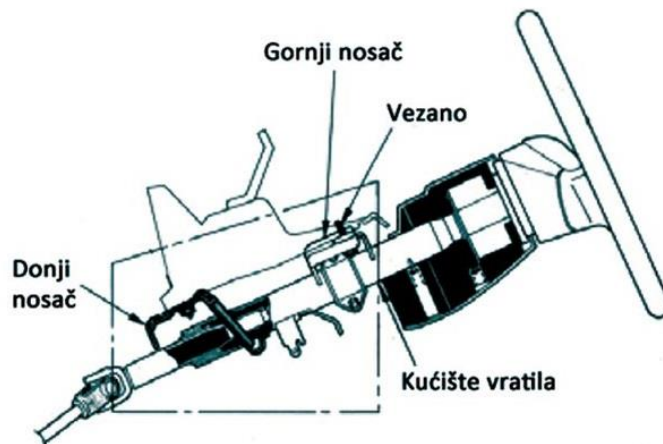
- kočnice,
- upravljački mehanizam,
- gume,
- svjetlosni i signalni uređaji,
- uređaji koji povećavaju vidno polje vozača,
- konstrukcija sjedala,
- spojleri,
- uređaji za grijanje, hlađenje i provjetravanje unutrašnjosti vozila,
- vibracije vozila,
- buka.

Kočnice su jedan od najvažnijih uređaja na vozilu. Zadaća kočnica je usporiti kretanje vozila ili potpuno zaustaviti. Svako vozilo ima dvije potpuno nezavisne kočnice: ručnu i nožnu. Važnija je nožna kočnica jer djeluje na sve kotače neposredno. Kočnice omogućuju sigurniju vožnju, a do prestanka rada dolazi zbog lošeg održavanja. Kočni sustav je najvažniji sustav na vozilu kako bi se vozilo zaustavilo prije eventualnog udara te time povećavaju sigurnost vozača i putnika (slika 2.2).



Slika 2.2: Kočni sustav
Izvor: [14]

Upravljački mehanizam (slika 2.3) je jedan od najvažnijih sigurnosnih dijelova automobila te njegova neispravnost može biti jedan od uzroka prometnih nesreća. Kako bi se spriječile najteže ozljede vozača zbog udara prsnog koša u kolo upravljača i glave u vjetrobransko staklo, ugrađuje se upravljačka osovina koja ima elastični uređaj koji amortizira energiju udara.

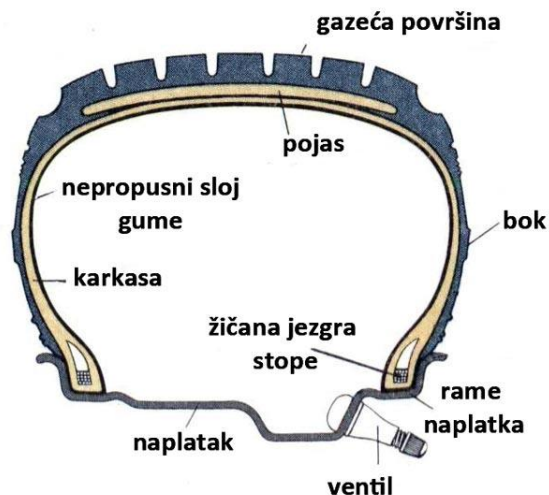


Slika 2.3: Upravljački mehanizam
Izvor: [15]

Gume ili pneumatici utječu na sigurnost prometa. Osnovna zadaća pneumatika je postizanje što boljeg prianjanja između kotača i podloge. Isto tako pneumatici su važni kako bi osigurali udobnu i ekonomičnu vožnju, da prenose na podlogu silu pogonskih momenata i silu kočenja, da omogućuje dobro prianjanje na podlogu i na mokroj i na skliskoj cesti, da ima manji otpor kotrljanja. Osnovna podjela pneumatika je na dijagonalne i radijalne. Radijalni pneumatik sastoji se od sljedećih dijelova prikazanih na slici 2.4., a to su: gazeća površina, pojas, bok, rame naplatka, ventil, žičana jezgra stope, naplatak, karkasa i nepropusnog sloja gume.

Prednosti radijalnih pneumatika su:

- tijekom vožnje manje se griju, dok im je vijek trajanja duži,
- omogućuju bolju stabilnost vozila,
- postiže se kraći put kočenja,
- efikasno smanjuju potrošnju goriva,
- za otprilike 25% su sigurnije na mokroj cesti i omogućuju lakše upravljanje vozilom.



Slika 2.4: Poprečni presjek radijalnog pneumatika
Izvor: [15]

Svjetlosno - signalni uređaji su uređaji kojima se osvjetljuje cesta, označuje položaj vozila na kolniku i daju se odgovarajući signali. Uređaji za osvjetljenje ceste su: duga i kratka svjetla, svjetla za maglu i svjetla za vožnju unatrag, dok su uređaji za označavanje vozila: pozicijska svjetla, stražnje svjetlo za maglu, parkirna svjetla, gabaritna svjetla, svjetla stražnje registarske pločice, rotacijska i treptava svjetla, katadiopteri. Uređaji za davanje svjetlosni znakova su stop svjetla i pokazivači smjera. Pravilnom uporabom svjetlosnih uređaja postiže se veća sigurnost u prometu.

Uređaji koji povećavaju vidno polje vozača su: prozorska stakla na vozilu, brisači i perači vjetrobrana, vozačka zrcala (retrovizori). Vjetrobranska i bočna stakla moraju biti prozirna i ne smiju iskrivljivati sliku, dok su obojena prednja stakla pogodna jer smanjuju zasljepljivanje i toplinu, ali smanjuju i vidljivost. Vozila su sve češće opremljena brisačima na stražnjem staklu i na farovima. Pri onečišćenim staklima na farovima jačina svjetla se smanjuje i do 50 posto. Vozačka zrcala omogućuju vozaču praćenje prometa iza vozila. Loše namještena vozačka zrcala često su uzrok prometnih nesreća. [2]

Konstrukcija sjedala mora biti takva da sjedalo omogućuje udobno sjedenje, da pridržava vozača pri djelovanju centrifugalne sile u zavoju, da omogućuje dobru vidljivost i da je optimalno udaljeno od uređaja za upravljanje vozilom.

Usmjerivači zraka su dijelovi školjke vozila čija je zadaća smanjivanje otpora zraka i povećavanje stabilnosti vozila pri velikim brzinama. Imaju važnu ulogu u smanjenju otpora zraka kako bi omogućili smanjenu potrošnju goriva te povećali brzinu vozila. Ako se loše postave usmjerivači zraka, može doći do negativnog djelovanja na uzgon.

Uređaji za grijanje, hlađenje i provjetravanje unutrašnjosti vozila - kako bi se postigla što veća sigurnost prometa, a time i radna sposobnost vozača veliku ulogu imaju uređaji za grijanje, hlađenje i provjetravanje unutrašnjosti vozila. Već pri temperaturi nižoj od 13°C i višoj od 30°C radna sposobnost čovjeka opada. Uređaji za grijanje u većini vozila omogućuju istodobno i provjetravanje i hlađenje.

Vibracije vozila mogu biti neugodne za putnike u vozilu, a povećavaju se pri čestoj promjeni ubrzanja vozila. Vibracije se putem stopala prenose na ostale dijelove tijela. Najjači utjecaj na organizam čovjeka imaju vibracije školjke.

Buka utječe na živčani sustav i unutarnje organe. Izaziva glavobolju, vrtoglavicu, razdražljivost te smanjenje radne sposobnosti vozača. Djelovanje buke iznad 80 dB štetno je za organe sluha, a u prostoru za putnike buka ne bi smjela prelaziti 70 dB.

PASIVNI ELEMENTI SIGURNOSTI VOZILA

Pasivni elementi sigurnosti vozila uključuju rješenja koja imaju zadaću da u slučaju nastanka prometne nezgode ublaže posljedice nezgode. U aktivne elemente sigurnosti vozila mogu se ubrojiti [1]:

- školjka (karoserija),
- vrata,
- sigurnosni pojasevi,
- nasloni za glavu,
- vjetrobranska stakla i zrcala,
- položaj motora, spremnika, rezervnoga kotača i akumulatora,
- odbojnik,
- sigurnosni zračni jastuk.

Školjka (karoserija) omogućuje smještaj vozaču i putniku, a pričvršćena je za okvir (šasiju). Proizvodi se da bude čvrsta, elastična, otporna na udar, savijanje i lom te je aerodinamičnog oblika. U novijim vozilima izvedena je kao samostalna konstrukcija i sastavljena iz brojnih dijelova različitih materijala (slika 2.5).

Karoserija vozila sastoji se od tri dijela:

- prednjeg dijela - služi za smještaj motora,
- srednjeg dijela - služi za smještaj putnika,
- stražnjeg dijela - služi za smještaj prtljage.

Prednji i stražnji dio vozila trebali bi (svojom deformacijom) prihvatiti što više kinetičke energije i maksimalni udar te tako zaštititi srednji dio. Ispred srednjeg dijela karoserije nalaze se čvrste pregrade koje imaju zadatak da pri frontalnom sudaru usmjere motor ispod prostora za smještaj putnika i vozača.



Slika 2.5: Karoserija vozila

Izvor: [16]

Vrata - moraju izdržati sve vrste udarnog opterećenja i spriječiti savijanje karoserije. Na njima mora biti ugrađen sustav blokiranja protiv otvaranja u trenutku udara koji će istovremeno omogućiti lako otvaranje vrata radi spašavanja ozlijeđenih. Vrata mogu biti izvedena i kao klizno - pomična što je sigurnije kod direktnog bočnog sudara i prevrtanja vozila, ali nedostatak im je što se u slučaju sudara iskrivljuju klizači na koje vrata naliježu pa se ona ne mogu otvoriti.

Sigurnosni pojasevi najvažniji su element pasivne sigurnosti. Ugradbom i korištenjem sigurnosnih pojaseva sprječava se pri sudaru udar glavom u vjetrobransko staklo i prsnim košem u upravljačko kolo ili u ploču s instrumentima. Sigurnosni pojasevi omogućuju da se smanji broj teže ozlijeđenih tri puta, a broj smrtno stradalih 60%. Sigurnosni pojasevi mogu zaštititi putnika u čelnom sudaru pri brzini 80 km/h, a inače može doći do ozljeda sa smrtonosnim posljedicama već pri brzini 25 km/h. Najviše se upotrebljava „Y“ pojas, dok maksimalnu sigurnost pruža „H“ pojas koji se upotrebljava u zrakoplovstvu.

Naslone za glavu omogućavaju zaštitu glave i vrata od djelovanja kinetičke energije prilikom sudara. Sigurnosni naslon za glavu treba prema europskim normama izdržati silu od najmanje 1000 N.

Vjetrobranska stakla i zrcala su uzrok 90% svih ozljeda glave pa pri konstrukciji vozila treba nastojati da se razmak između putnika i vjetrobranskog stakla što više poveća. Vjetrobransko staklo mora zadovoljavati sljedeće uvjete: dobru vidljivost nakon loma u prometu (da bi se omogućilo sigurno kočenje i zaustavljanje vozila), zaštitu od vjetra i kiše (čak i nakon loma), zaštitu vozača i suvozača od posljedica vanjskih udara i smanjenje mogućnosti ozljeda pri udaru glave u vjetrobran. Nedostatak je vjetrobrana od kaljenog staklo u tome što pri sudarima staklo prska u sitne komadiće, što opet uzrokuje gotovo potpuni gubitak vidljivosti, a i ozljede očiju su mnogo češće i teže. [1]

Položaj motora, spremnika, rezervnoga kotača i akumulatora u prednjem dijelu karoserije je najbolje rješenje jer u sudaru motor štiti srednji dio vozila gdje se nalaze putnici. Rezervni kotač najbolje je smjestiti u prednji dio jer smanjuje oštećenje motora i štiti srednji dio vozila. Akumulator ne smije biti smješten u istom prostoru sa spremnikom za gorivo jer je samozapaljiv.

Odbojnik je element čija je zadaća da pri sudaru apsorbira dio kinetičke energije. Pričvršćuju se na prednju i stražnju stranu vozila. Odbojnici s ugrađenim amortizerima mogu ostati nedeformirani pri čelnim sudarima do brzine od 20 km/h. Odbojnici se izrađuju od posebne vrste plastike koji su zbog svojih značajki bolji nego čelični odbojnici, a po mogućnosti bi trebali sadržavati i gumene dijelove.

Sigurnosni zračni jastuk djeluje automatski u trenutku sudara. U vremenu od 26 tisućinki sekunde zračni jastuk biva izbačen iz upravljačkog kola ili prednjeg dijela vozila i naglo se napuni plinom da bi mekano dočekao tijelo putnika. Pri automatskom napuhavanju čuje se prasak - zvučna eksplozija što dosta neugodno djeluje na vozača i putnika.

2.1.3. Cesta kao čimbenik sigurnosti prometa

Prema analizama statističkih pokazatelja uzroka i posljedica prometnih nesreća u Republici Hrvatskoj, čovjek/vozač apostrofirani su kao najodgovorniji subjekt koji utječe na izazivanje prometnih nesreća, dok je čimbenik cesta tek u neznatnom postotku navedena kao uzročnik zbog kojeg se događaju prometne nesreće. Takva analiza zasigurno nema realnu podlogu i može se pripisati činjenici da većinu prometnih nesreća, osim onih u kojima ima poginulih osoba, očevid obavljaju policijski službenici koji nisu dovoljno osposobljeni za utvrđivanje ili ocjenu nekih važnih činjenica prema kojima se određuje stvarna odgovornost za izazivanje prometne nesreće. Prema pojedinim istraživanjima postotak učešća u prometnim nesrećama zbog nedostataka na cesti iznosi oko 30%. [4]

Cestu kao čimbenik sigurnosti prometa karakterizira [1]:

- trasa ceste,
- tehnički elementi ceste,
- stanje kolnika,
- oprema ceste,
- rasvjeta ceste,
- križanja,
- utjecaj bočne zapreke,
- održavanje ceste.

Trasa ceste određuje smjer i visinski položaj ceste. Sastoji se od pravaca, zavoja i prijelaznih krivulja, te ti elementi moraju dati potpunu sigurnost vožnje. Trasa ceste treba omogućiti jednoličnu brzinu kretanja vozila kako ne bi došlo do prometne nesreće.

Tehnički elementi ceste - važni su čimbenici sigurnosti prometa. Tehnički elementi ceste uključuju: širinu poprečnih elemenata ceste, broj traka i broj kolnika, nagib ceste, horizontalna i vertikalna preglednost i drugo. Gledajući sigurnosti prometa, najsigurniji su kolnici s četiri prometna traka i odvojenim smjerovima, ali zbog različite konfiguracije terena takva izvedba nije svugdje moguća pa se najčešće izvode ceste s kolnikom s po dva prometna traka.

Širina kolnika ima veliku važnost za sigurnost prometa, naročito pri mimoilaženju teretnih vozila. Ispitivanja su dokazala da se povećanjem širine prometnih traka broj nesreća smanjuje što je prikazano u tablici 1.

Tablica 1: Broj prometnih nesreća s obzirom na širinu kolnika

Širina kolnika s dva traka (m)	4,5 - 5,5	5,5 - 6,5	6,5 - 7,5	7,5 - 8,5	>8,5
Broj nesreća na milijun prijeđenih kilometara	7,40	5,70	4,84	3,80	2,45

Izvor: [2]

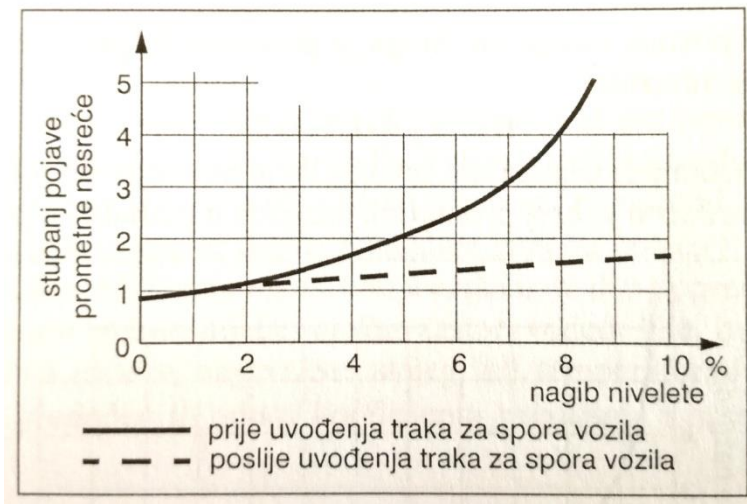
Izradbom bankina također se povećava sigurnost prometa. Bankina je zemljani pojas koji se nalazi uz konstrukciju kolnika ili rubni trak. Broj prometnih nesreća smanjuje se povećanjem širine bankine. U tablici 2. prikazan je broj prometnih nesreća u ovisnosti o širini bankina.

Tablica 2: Broj prometnih nesreća s obzirom na širinu bankine

Širina bankine (m)	0	0,6 - 0,9	1,2 - 1,5	1,8 - 2,1	>2,4
Broj nesreća na milijun prijeđenih kilometara	2,14	1,56	1,12	1,12	1,03

Izvor: [2]

Na većim usponima (više od 4%) teška teretna vozila gube brzinu te tako ometaju normalno odvijanje prometa. Često su uzrok nastanka prometnih nesreća. Kako bi se povećala sigurnost, a time i smanjio broj prometnih nesreća, potrebno je na takvim usponima izraditi dodatne trakove za spora vozila, prikazano na slici 2.6.



Slika 2.6: Utjecaj uvođenja traka za spora vozila na broj prometnih nesreća

Izvor: [2]

Stanje kolnika utječe na veliki broj prometnih nesreća zbog smanjenog koeficijenta trenja između kotača i kolnika te zbog oštećenja gornje površine kolnika. Kako bi se postigla sigurna vožnja, nužnu je dobro prijanjanje između kotača i zastora. Dobrim prijanjanjem sprečava se klizanje vozila, u uzdužnom ili poprečnom smjeru. Na smanjenje prijanjanja utječu: moker zastor, vodeni klin, onečišćen i blatan zastor, neravnine na zastoru, nagib ceste, snijeg, led, temperatura i slično. Kada koeficijent trenja padne ispod razine prijanjanja dolazi do klizanja vozila što utječe na povećanje broja prometnih nesreća. Odnos koeficijenta trenja i broja prometnih nesreća prikazan je u tablici 3.

Tablica 3: Odnos koeficijenta trenja i broja prometnih nesreća

Koeficijent prijanjanja	Prometne nesreća koje nastaju zbog klizanja po čistom i mokrom zastoru
0,80	Nema prometnih nesreća
0,75 - 0,80	Nesreće su rijetke, a nastaju samo zbog greške vozača ili teže greške na vozilu
0,70 - 0,75	Češće nesreće zbog grešaka na vozilu (istrošena guma) ili greške vozača
Manje od 0,70	Uzorci nesreće teško se mogu utvrditi, bilo da su nastale zbog greške na vozilu ili zbog greške vozača

Izvor: [2]

Oprema ceste - opremu i zaštitu ceste čine svi uređaji i sredstva koji omogućuju sigurno kretanje vozila i obavještanje vozača o uvjetima odvijanja prometa. Na cestama s dobrom opremom povećava se sigurnost vozača, a time i sigurnost prometa. Opremu ceste čine: prometni znakovi i signalizacija, kolobrani, ograde, živice, snjegobrani, smjerokazi, kilometarske oznake, granični stupići i ostalo. [5]

Rasvjeta ceste ima veliku ulogu tijekom noći te se dobrom rasvjetom na dužim dijelovima ceste smanjuje broj prometnih nesreća za 30 - 35% u usporedbi sa slabo ili neosvijetljenim prometnicama.

Križanja - broj prometnih nesreća na križanjima u gradu iznosi 40 - 50% ukupnog broja nesreća. Provedena istraživanja pokazala su da se pri preglednosti na križanju smanjenom 3 puta sigurnost smanji 10 puta. Zbog toga je potrebno rješavati križanja u dvije ili više razina. Ako to nije moguće, treba osigurati dobru preglednost i posebnu pažnju posvetiti regulaciji prometa. Posebna opasnost na križanjima su vozila koja skreću ulijevo te ih je pri regulaciji prometa potrebno posebno odvojiti. [3]

Utjecaj bočne zapreke - na sigurnost prometa nepovoljno utječu stalne ili povremene zapreke u blizini ruba kolnika. Drvoredi kraj ceste su opasni jer su prometne nesreće na takvim dijelovima ceste s vrlo teškim posljedicama. Dokazano je da ako se zapreka nalazi na udaljenosti od 0,3 do 1,5 metara od kolnika, broj nesreća je šest puta veći, a u slučaju kada je zapreka bliža od 0,3 metara broj nesreća naraste deset puta.

Održavanje ceste - kako bi se omogućio nesmetano odvijanje prometa, na cestama je organizirana služba za održavanje ceste. Radovi na održavanju ceste dijele se na: redovito i pojačano održavanje. Redovitim održavanjem izvode se svi potrebni popravci zastora, čišćenje odvodnih kanala, zamjena dotrajale signalizacije i uređuju se kosine zemljanog trupa, dok u pojačano održavanje pripadaju radovi većeg opsega, koji se dugoročnije planiraju i radovi koji su nastali kao posljedica nepredviđenih događaja (odrona, klizišta i slično).

2.1.4. Čimbenik promet na cesti

Čimbenik promet na cesti obuhvaća podčimbenike: organizacija, upravljanje i kontrola prometa. Organizacija prometa obuhvaća prometne propise i tehnička sredstva za organizaciju prometa. Upravljanje prometom obuhvaća način i tehniku upravljanja cestovnim prometnicama. Kontrola prometa obuhvaća način kontrole prometa te ispitivanje i statistiku prometnih nesreća. [3]

2.1.5. Incidentni čimbenik

Čimbenici čovjek, vozilo, cesta i promet na cesti podliježu određenim pravilnostima koje se mogu predvidjeti. Međutim, tim čimbenicima nisu obuhvaćene atmosferske prilike ili neki drugi elementi, na primjer: trag ulja na kolniku, nečistoća, divljač i slično, koji su zapreka sigurnom odvijanju prometa. Zbog toga je potrebno uvođenje još jednog čimbenika (incidentnog čimbenika) čije se djelovanje pojavljuje na neočekivan i nesustavan način. U atmosferske utjecaje koji djeluju na sigurnost prometa mogu se ubrojiti: kiša, poledica, snijeg, magla, vjetar, atmosferski tlak, visoke temperature, djelovanje sunca. [2]

2.2. Sigurnost cestovnog prometa prilikom kretanja vozila u prometu

Zakonom o sigurnosti prometa na cestama utvrđena su temeljna načela međusobnih odnosa i ponašanja sudionika u prometu na cesti, uvjeti koji se moraju zadovoljiti na cestama kako bi se povećala sigurnost prometa, pravila prometa na cestama i sustav prometnih znakova. Najčešće do prometnih nesreća dovode veće brzine vozila pa su tako vozači dužni prilagoditi brzinu kretanja osobinama i stanju ceste, preglednosti, vidljivosti, atmosferskim prilikama, stanju vozila te gustoći prometa, kako bi bili u mogućnosti pravovremeno reagirati i postupiti prema prometnom pravilu ili prometnom znaku. Isto tako nije samo brzina glavni razlog koji dovodi do većeg broja prometnih nesreća, već nepoštivanje prednosti prolaska i nepoštivanja prometnih znakova.

Vozači vozilom obavljaju određene aktivnosti kojima smanjuju sigurnost u prometu i dovode do pojave prometnih nesreća, a te aktivnosti su: uključivanje vozilom u promet, pretjecanje, obilaženje, prestrojavanje, vožnja unatrag i slično. Kako bi vozači izbjegli prometne nesreće, dužni su se uvjeriti da mogu obaviti određenu aktivnost vozilom bez opasnosti za druge sudionike te ih jasno i pravovremeno upozoriti, dajući im znak pomoću pokazivača smjera i stop svjetlima.

3. ODREĐIVANJE PROPUSNE MOĆI RASKRIŽJA

Propusna moć je maksimalni broj vozila koji može proći u jedinici vremena kroz promatrani presjek cestovne prometnice. Na osnovi poznavanja propusne moći N [voz/h] mogu se procijeniti nedostaci postojeće cestovne mreže i predložiti odgovarajuće izmjene. Propusna moć koristi se za sve intervencije i zahvate na određenom dijelu ceste kao što su proširenje kolnika, rekonstrukcija zavoja, reguliranje čvorišta, promjene režima prometa i slično. Propusna moć određuje kao kvalitativnu mjeru razinu usluge privoza ili cijelog raskrižja te uvjete vožnje u pojedinom trenutku pri različitim prometnim uvjetima.

Razina usluge je kvalitativna mjera koja se sastoji od brojnih elemenata, kao što su: brzina vožnje, vrijeme putovanja, sloboda manevriranja, prekidi u prometu, udobnost vožnje, sigurnost vožnje i troškovi iskoristivosti vozila. Prema spoznajama iz HCM-a, pri odvijanju prometnog toka može postojati šest razina usluge [5]:

- **Razina usluge A:** uvjeti slobodnog toka, s velikim brzinama, malom gustoćom i punom slobodom manevriranja,
- **Razina usluge B:** uvjeti slobodnog prometnog toka, s brzinama koje su samo djelomično ograničene gustoćom prometa,
- **Razina usluge C:** stanje stabilnog prometnog toka, s ograničenim brzinama i ograničenom mogućnošću manevriranja,
- **Razina usluge D:** stanje prometnog toka koje se približe nestabilnom toku, s bitno ograničenim brzinama i malom mogućnošću manevriranja,
- **Razina usluge E:** stanje nestabilnog toka s vožnjom u nizu, pri čemu je gustoća bliska zagušenju, a protok jednak propusnoj moći, pa su mogući povremeni zastoji,
- **Razina usluge F:** ubrzani, prisilni tok, s brzinama koje su manje od kritičnih, a protok se kreće od nule do vrijednosti koja je manja od propusne moći.

3.1. Propusna moć prometnice

Kod određivanja propusne moći prometnice polazi se od propusne moći jednoga prometnog traka. Gustoća prometa definirana je ukupnim brojem vozila koja se u trenutku promatranja nalaze na određenom odsječku odnosno duljini ceste i koristi se za određivanje stvarne iskorištenosti propusne moći na određenoj cesti. Osnovna zakonitost prometnog homogenog toka računa se pomoću formule (1):

$$q = g \cdot v [\text{voz/h}], \quad (1)$$

gdje je:

q - protok vozila [voz/km]

g - gustoća prometnog toka [voz/h]

v - brzina prometnog toka [km/h]

Veličina razmaka između vozila u nizu r_{so} može se dobiti s pomoću formule (2):

$$r_{so} = \frac{1000}{g} [\text{m/voz}] \quad (2)$$

odnosno prema formuli (3):

$$g = \frac{1000}{r_{so}} [\text{voz/km}] \quad (3)$$

Uvrsti li se vrijednost za gustoću g u prethodnu jednadžbu, dobije se formula (4):

$$q = \frac{1000 \cdot V}{r_{so}} [\text{voz/h}] \quad (4)$$

Budući da je propusna moć N (5) jednaka maksimalnom protoku $N = q_{\text{maks}}$.

$$N = \frac{1000 \cdot V}{r_{so}} [\text{voz/h}] \quad (5)$$

S pomoću te jednadžbe dobiva se najveća propusna moć ceste za jedan prometni trak. Razmak između vozila u kretanju r_{so} [m] ovisi o stvarnim uvjetima kretanja vozila i to: o načinu kočenja vozila, o kolničkom zastoru, o vremenu reagiranja vozača i slično. Duljina razmaka može se uzeti ovisno o tome proračunava li se zaustavni put pri intenzivnom kočenju, pri slobodnom kočenju ili sva vozila koče pod istim ili različitim uvjetima. [2]

Pri intenzivnom kočenju propusna moć N iznosi (6):

$$N = \frac{1000 \cdot V}{r_Z + \frac{V \cdot t_R}{3,6} + \frac{V^2}{25,92 \cdot a_{2B}} - \frac{V^2}{25,92 \cdot a_{2A}}} \quad (6)$$

Pri slobodnom kočenju propusna moć N iznosi (7):

$$N = \frac{1000 \cdot V}{r_Z + \frac{V \cdot t_R}{3,6} + \frac{V^2}{25,92 \cdot a_{2B}} + \frac{V \cdot a_{2B}}{7,2 \cdot s_u} - \frac{V^2}{25,92 \cdot a_{2A}} - \frac{V \cdot a_{2A}}{7,2 \cdot s_u}} \quad (7)$$

Ako za jedan smjer vožnje postoji veći broj prometnih trakova, propusna moć se računa prema formuli (8):

$$N_n = \gamma \cdot n \cdot N \text{ [voz/h]}, \quad (8)$$

gdje je:

N_n - propusna moć više prometnih trakova

n - broj prometnih trakova

γ - redukcijski koeficijent

Vrijednost koeficijenta γ dobije se pokusima te se može uzeti prema tablici 4.

Tablica 4: Odnos vrijednosti koeficijenta γ i broja prometnih trakova

Broj prometnih trakova (n)	1	2	3	4
Koeficijent γ	1,00	0,90	0,75 - 0,78	0,60 - 0,65

Izvor: [5]

3.2. Propusna moć prometnice između dvaju križanja sa semaforima

Broj križanja i njihov razmak uvelike utječu na propusnu moć. Ako vozilo stigne na križanje za vrijeme zelenog svjetla, vrijeme čekanja jedno je nuli, a ako stigne na početku crvenog svjetla, čekat će cijeli ciklus. U prosjeku će svako vozilo imati istu vjerojatnost čekanja, koja iznosi prema formuli (9):

$$t_{\check{c}} = \frac{C - t_z}{2} \text{ [S]}, \quad (9)$$

gdje je:

$t_{\check{c}}$ - vjerojatnost čekanja

C - duljina trajanja ciklusa

t_z - duljina trajanja zelenog svjetla

Propusna moć prometnice na križanjima sa semaforima bit će manja od propusne moći prometnice bez križanja. Utjecaj križanja sa semaforima može se predočiti s pomoću koeficijenta β koji označuje gubitak vremena za usporavanje, čekanje i ubrzavanje prolasku vozila kroz križanje [2]. Koeficijent β izračunava se prema formuli (10):

$$\beta = \frac{L_0}{L_0 + \frac{v^2}{2 \cdot a_1} + \frac{v^2}{2 \cdot a_2} + \frac{C - t_z}{2} \cdot v} \quad (10)$$

gdje je:

L_0 - razmak između križanja [m]

v - brzina vozila [m/s]

a_1 - ubrzanje vozila [m/s^2]

a_2 - usporenje vozila [m/s^2]

Propusna moć prometnice N_k između dva križanja sa semaforima čini umnožak propusne moći prolaza N_m i koeficijenta β , a računa se prema formuli (11):

$$N_k = N_m \cdot \beta \text{ [voz/h]} \quad (11)$$

3.3. Proračun propusne moći križanja sa semaforima

Najvažniji pojmovi za semaforizirano raskrižje su ciklus i faze. Ciklus se dijeli na faze, a faze se sastoji od zelenog i zaštitnog vremena. Osnovna zadaća semaforizacije je određivanje sljedećih veličina: ciklusa, zelenih vremena i zaštitnih vremena. Upravo te tri veličine koriste se za određivanje propusne moći semaforiziranog raskrižja.

Ciklus (duljina trajanja ciklusa) kao osnovna vremenska jedinica puno govori o procesima na raskrižju. S obzirom na jedinstvenost prometnog procesa nemoguće je definirati univerzalno pravilo određivanja duljine ciklusa s obzirom na tip/oblik, veličinu i položaj raskrižja pa se temeljem iskustva može s dostatnom pouzdanošću prihvatiti tablica 5. [6]

Tablica 5: Uobičajene duljine ciklusa za određeni broj faza

Broj faza	Duljina ciklusa [s]	Napomena
2	(30) 40 - 70	Minimalne vrijednosti su za pješačke prijelaze
3	70 - 90 (100)	Maksimalne vrijednosti se rijetko koriste (maksimalno do 30 - 60 minuta u vršnom periodu)
4	90 - 120	Najčešće iznad 100 s
5	≥ 110	5. faza je najčešće uvjetna; ostvaruje se skraćivanjem drugih faza

Izvor: [6]

Na propusnu moć križanja sa semaforima utječu ovi čimbenici [3]:

1. Fizičko - operativni uvjeti
2. Uvjeti okoline
3. Prometne značajke
4. Kontrolne mjere

1. U fizičko - operativne uvjete pripadaju širina pristupne ceste, jednosmjerne i dvosmjerne prometnice i uvjeti parkiranja. Širina pristupne ceste prema križanju važnija je od broja prometnih trakova. U jednosmjernim ulicama lakše se mogu provesti lijeva skretanja te se smanjuje broj konfliktnih točaka. Kako bi se povećala propusna moć na prilazu križanja i u blizini križanja, provodi se zabrana parkiranja. Pri parkiranju se smanjuje efektivna širina prilazne ceste od 3.6 do 4.2 m.

2. Uvjeti okoline očituju se čimbenikom opterećenja, čimbenikom vršnog sata, brojem stanovnika na području križanja i položajem križanja u gradskom području.

Čimbenik opterećenja je odnos između broja zelenih prometnih faza koje su prometno potpuno iskorištene prema ukupnom broju zelenih faza u istom vremenskom razdoblju. Vrijednost mu se kreće od 0,0 (niti jedna faza u satu nije potpuno iskorištena) do 1,0 (teško se može postići, odnosi se samo na jedan pristup križanju).

Čimbenik vršnog sata je odnos broja vozila koja se pojavljuju u vršnom satu prema četverostrukom broju vozila izbrojenih u petnaest minuta najvišeg opterećenja. Njegova vrijednost je od 0,25 (sav promet odvija se u vremenu od petnaest minuta) do 1,0 (na petnaest minuta dolazi četvrtina ukupnog prometa za jedan sat).

Broj stanovnika na području križanja utječu na njegovu propusnu moć, veća je propusna moć križanja u velikim gradovima, za razliku u malim gradovima. U većim gradovima zbog veće gustoće prometa, vozači imaju više iskustva za prilagođavanje takvim situacijama.

Položaj križanja u gradskim područjima može biti u središnjoj, perifernoj, prigradskoj i u stambenoj zoni. Za središnju je zonu znakovito: veliki pješački promet, velika potreba za parkiranjem, vozila za prijevoz robe. Periferna zona je područje lakše industrije, skladišta, trgovačkih poduzeća; a obilježuju je osrednji pješački promet, osrednji zahtjevi za parkiranje. Prigradsko područje ima slične zahtjeve kao i periferno.

3. Prometne značajke određuju:

- vozila koja skreću - utječu na propusnu moć. Lijeva i desna skretanja ovise o pješačkom prometu i o načinu reguliranja prometa,
- kamioni i prolazni autobusi - u velikoj mjeri smanjuju propusnu moć,
- lokalni tranzitni autobusni promet - također utječu na propusnu moć križanja. Stupanj tog utjecaja ovisi o mjestu stajališta, o broju autobusa u vrijeme vršnog sata i broju putnika koji ulaze i izlaze.

4. Od kontrolnih mjera bitne su:

- postavljanje semafora - glavni utjecaj semafora svakog križanja na propusnu moć, izraženu brojem vozila na sat za vrijeme zelenog svjetla, uvjetuje veličinu stupnja zaustavljanja vozila. Važni elementi koji utječu na vremensku izmjenu signala: duljina ciklusa, omjer zelenog svjetla prema cijelom ciklusu i žuto svjetlo,
- označivanje prilaznih trakova - pri većem broju kamiona i autobusa u prometu, širina traka ne bi smjela biti manja od 3,0 metra. [3]

4. PODJELA PROMETNIH ZNAKOVA, SIGNALIZACIJE I OPREME NA CESTI

Prometnom signalizacijom se obavješćuju i upozoravaju sudionici u prometu o stanju na cestama, opasnostima, i informacijama u svrhu sigurnog i nesmetanog odvijanja prometa. Sigurnost, brzina i udobnost sudjelovanja svih sudionika u prometu, u ovisnosti je od jasnoće primljenih obavijesti. Na cestama koje su opremljene i označene s kvalitetnim prometnim znakovima, signalizacijom i opremom povećava se sigurnost vozača, a time i sigurnost prometa. Važno je jasno i nedvosmisleno informirati sve sudionike u prometu o opasnostima, obavezama i ograničenjima te potrebnim obavijestima kako bi se postigla optimalna sigurnost. Pravilnikom o prometnim znakovima propisuje se oblik, značenje, vrsta, boja, dimenzije i postavljanje prometnih znakova te signalizacija i oprema na cesti. Isto tako signalizacija i oprema na cesti se propisuje i u skladu sa Zakonom o sigurnosti prometa na cestama.

4.1. Prometni znakovi

Prometni znakovi su osnovni oblik informiranja sudionika u prometu, njihovog načina postupanja te pravovremene reakcije u slučaju pojedinih opasnosti. Da bi se prometnim znakovima postigla optimalna sigurnost potrebno je primijeniti sljedeće: postavljati jasne i nedvosmislene prometne znakove, osigurati njihovu vidljivost, postavljati na način da sudionicima u prometu omoguće dovoljno vremena za pravilnu reakciju, te ukoliko to zahtijevaju razlozi sigurnosti dopuniti ih, zamijeniti ili ukloniti ako njihovo značenje ne odgovara realnoj prometnoj situaciji.

Najčešća podjela je prema funkciji znakova, obliku, veličini, njihovom značenju, stupnju standardizacije, načinu izrade te prema stalnosti informacije na znakovima. Osnovni elementi vertikalne signalizacije su: prometni znak, nosač prometnog znaka, dijelovi za pričvršćivanje znaka na nosač. Prometni znak sastoji se od lica znaka i podloge. Foliije za izradu prometnih znakova su samoljepive folije koje se najčešće koriste za oslikavanje različitih materijala ravne površine.

Prometni znakovi postavljaju se u većini slučajeva s desne strane u smjeru kretanja vozila, ali postoje izuzetci kada se znakovi mogu postaviti i u sredinu iznad kolnika ili s lijeve strane ceste i to slučaju kada preglednost prometnog znaka nije dovoljna zbog specifičnih terenskih prilika.

Dimenzije ovise o značenju i važnosti ceste. Izvan naseljenih mjesta prometni znakovi postavljaju se na visini 1,2 do 1,4 metra, a u naseljenim mjestima na visini od 0,3 do 2,2 metra. Udaljenost od ruba kolnika treba iznositi najmanje 0,3 m. [17]

Prema Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama u Republici Hrvatskoj, prometni znakovi dijele se na:

- znakove opasnosti,
- znakove izričitih naredbi,
- znakove obavijesti,
- znakove obavijesti za vođenje prometa,
- dopunske ploče,
- promjenjive prometne znakove.

4.1.1. Znakovi opasnosti

Znakovi opasnosti imaju oblik istostraničnog trokuta, osim znakova Andrijinog križa, znaka za približavanje prijelazu ceste preko željezničke pruge s branicima ili polubranicama i znaka približavanje prijelazu ceste preko željezničke pruge bez branika ili polubranika. Znakovi opasnosti upotrebljavaju se za označavanje blizine dijela ceste ili mjesta na kojem sudionicima u prometu prije opasnost. Osnovna boja im je bijela, a rubovi trokuta su crveni. Simboli na znakovima su crne boje, osim prometnog znaka radovi na cesti, čija je osnovna boja žuta prikazana na slici 4.7.



Slika 4.7: Prometni znakovi opasnosti

Izvor: [18]

Duljina stranice istostraničnog trokuta znaka opasnosti iznosi [8]:

- na autocestama, cestama namijenjenim isključivo za promet motornih vozila i cestama širine sedam i više metara - 120 cm,
- na cestama širine kolnika 5,0 do 7,0 metara i glavnim gradskim prometnicama - 90 cm,
- na svim ostalim cestama i gradskim ulicama - 60 cm,
- kad se znakovi postavljaju u tunelima i galerijama - 60 cm,
- kad se upotrebljavaju kao umetnuti znakovi - najmanje 40 cm.

Znakovi opasnosti, u pravilu, se postavljaju izvan naselja na udaljenosti 150 do 250 m ispred opasnog mjesta na cesti. Mogu se postavljati i na udaljenosti manjoj od 150 m ispred opasnog mjesta na cesti, ako to zahtijevaju okolnosti na dijelu ceste na kojemu se znak postavlja. Ako sigurnost prometa zahtijeva, osobito brzina kojom se vozila kreću ili nepreglednost ceste, ti će se znakovi opasnosti postaviti i na udaljenosti većoj od 250 m ispred opasnog mjesta na cesti. Znakovima opasnosti, koji su postavljeni na udaljenosti manjoj od 150 m ili većoj od 250 m, moraju biti pridružene i dopunske ploče na kojima se označuje udaljenost od opasnog mjesta zbog kojeg se ti znakovi postavljaju. [8]

4.1.2. Znakovi izričitih naredbi

Znakovi izričitih naredbi su okruglog oblika, osim znakova za označavanje raskrižja s cestom s prednošću prolaska i obveznog zaustavljanja. Osnovna boja znakova zabrane i ograničenja je bijela, a osnovna boja znakova obveze plava. Simboli i natpisi na znakovima zabrane i ograničenja crne su boje, a na znakovima obveza bijele. Rub kruga te ravne i kose crte (ako postoje na znaku) crvene su boje, prikazane na slici 4.8. Ploče na kojima su umetnuti znakovi zabrane i ograničenja, u pravilu, imaju podlogu bijele boje. Znakovi izričitih naredbi stavljaju do znanja sudionicima u prometu na cesti zabrane, ograničenja i obveze. Postavljaju se neposredno ispred mjesta za koje vrijedi naredba.



Slika 4.8: Znakovi izričitih naredbi
Izvor: [19]

Dužina stranice istostraničnog trokuta znaka B01 (križanje s cestom s prednošću prolaska) je [8]:

- na autocestama, cestama namijenjenim isključivo za promet motornih vozila, na cestama u naselju koje nisu ulice, širine kolnika 7.0 m i više - 120 cm,
- na svim ostalim cestama i ulicama u naselju, širine kolnika manje od 7.0 m - 90 cm,
- na biciklističkim stazama, cestama u području smirenog prometa i nekategoriziranim cestama - 60 cm,
- kad se upotrebljava kao umetnuti znak na znakovima za vođenje prometa po smjeru vožnje - 45 cm.

Promjer kruga prometnog znaka izričitih naredbi je [8]:

- na autocestama, cestama namijenjenim isključivo za promet motornih vozila i na cestama koje nisu ulice, širine kolnika 7,0 m i više - 90 cm,
- na cestama širine kolnika 5.0 do 7.0 m i glavnim gradskim prometnicama (ili ulicama) - 60 cm,
- na svim ostalim cestama i gradskim ulicama - 40 cm,
- kad se postavljaju u tunelima ili galerijama - 60 cm,
- kad se upotrebljavaju kao umetnuti znakovi - najmanje 40 cm.

Na cestama čija je širina kolnika od 5.0 do 7.0 m i glavnim gradskim prometnicama mogu se postaviti znakovi izričitih naredbi, čiji promjer kruga iznosi 90 cm, a na svim ostalim cestama i gradskim ulicama promjer kruga iznosi 60 cm.

4.1.3. Znakovi obavijesti

Znakovi obavijesti daju potrebne obavijesti o cesti kojom se sudionici u prometu kreću, nazivima mjesta kroz koja cesta prolazi i udaljenosti do tih mjesta, prestanku važenja znakova izričitih naredbi te druge obavijesti koje im mogu koristiti. Znakovi obavijesti prikazani na slici 4.9. imaju oblika kvadrata, pravokutnika ili kruga.

Osnovne boje znakova obavijesti su:

- žuta sa simbolima i natpisima crne boje,
- plava sa simbolima i natpisima bijele, crne, crvene ili zelene boje,
- zelena sa simbolima i natpisima bijele boje,
- bijela sa simbolima i natpisima crne, crvene ili plave boje.



Slika 4.9: Znakovi obavijesti

Izvor: [8]

Promjer kruga prometnog znaka obavijesti su 90 cm na autocestama i cestama za motorni promet; na cestama širine kolnika 5,0 do 7,0 m i glavnim gradskim prometnicama (ili ulicama) - 60 cm; u tunelima i galerijama - 60 cm; na svim ostalim cestama i gradskim ulicama i kada je umetnuti znak - 40 cm. Dimenzije kvadrata su 90 x 90 cm na autocestama i cestama za motorni promet; 60 x 60 cm na županijskim cestama i glavnim gradskim prometnicama; 40 x 40 cm na ostalim cestama. Dimenzije pravokutnika su 90 x 120 cm na autocestama i cestama za motorni promet; 60 x 90 cm na županijskim cestama i glavnim gradskim prometnicama; 40 x 60 cm na ostalim cestama. Postavljaju se na građevine ili dijelove ceste na koje se znak odnosi. [8]

Znakovi obavijesti postavljaju se tako da sudionicima u prometu daju prethodne obavijesti, obavijesti o prestrojavanju, obavijesti o skretanju, obavijesti o smjeru kretanja te da označe objekt, teren, ulicu ili dijelove ceste na koje se odnose.

4.1.4. Znakovi obavijesti za vođenje prometa

Znakovi obavijesti za vođenje prometa obavješćuju sudionike u prometu o pružanju cestovnih smjerova, rasporedu odredišta i vođenju prometa prema njima, križanjima i čvorištima na određenom smjeru ceste i udaljenostima do odredišta. Na slici 4.10. prikazani su znakovi obavijesti za vođenje prometa.

Osnovna boja znakova obavijesti za vođenje prometa je:

- na autocestama zelena sa simbolima i natpisima bijele boje,
- na brzim cestama plava sa simbolima i natpisima bijele boje,
- na državnim i ostalim cestama žuta sa simbolima i natpisima crne boje,
- za dijelove gradova, naselja i značajne objekte bijela sa simbolima i natpisima crne boje.

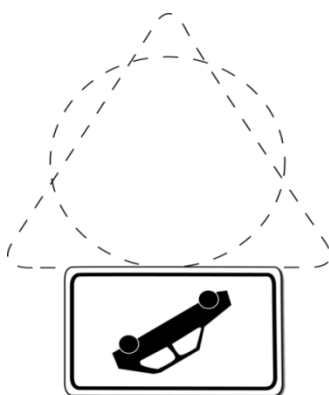


Slika 4.10: Znakovi obavijesti za vođenje prometa

Izvor: [19]

4.1.5. Dopunske ploče

Dopunske ploče pobliže određuju značenje prometnog znaka, a primjer dopunske ploče je na slici 4.11. Osnovna boja dopunske ploče je bijela, a boja natpisa i simbola na dopunskoj ploči je crna. Postavljaju se ispod donjeg ruba prometnog znaka na koji se odnose. Širina dopunske ploče postavljene uz znak na cesti ne smije biti veća od dužine one stranice znaka uz koji se dopunska ploča postavlja, odnosno od projekcije krajnjih točaka znaka. Visina dopunske ploče, ne smije iznositi više od polovice njezine dužine. Dopunske ploče moraju se ukloniti nakon što prestanu razlozi zbog kojih su postavljene.



Slika 4.11: Dopunske ploče
Izvor: [18]

4.1.6. Promjenjivi prometni znakovi

Promjenjivi prometni znakovi sve se češće primjenjuju u suvremenom prometu. Prilagođeni su trenutačnim prometnim potrebama. Uporabom elektromehaničkih tehnologija mogu prikazivati različite poruke, kao što su prikazane na slici 4.12. Prednost takvih znakova je što se smanjuje broj prometnih nesreća, naročito na autocestama gdje se postižu velike brzine. Mogu biti: kontinuirani i nekontinuirani. Kontinuirani - izgledom jednaki stalnim prometnim znakovima. Nekontinuirani - moguća inverzija boja i pojednostavljen prikaz simbola u odnosu na stalne prometne znakove. Nekontinuirani znakovi mogu se izvesti u tehnologiji: optičkih vlakana, svjetlosnih polja, dodanih na obične znakove, svjetlećih dioda (LED), tekućih kristala (LCD).



Slika 4.12: Prikaz promjenjivih prometnih znakova
Izvor: [20]

4.2. Oznake na kolniku

Oznake na kolniku spadaju u tlocrtnu signalizaciju. Omogućavaju lakše odvijanje prometa, a nedostatak im je što nisu vidljive za vrijeme snježnih oborina te ih zbog brzog trošenja treba često obnavljati. Osnovna boja za izradu oznaka na kolniku je bijela, visine do 0,6 cm te se mogu ucrtati, ugrađivati ili utiskivati u kolnički zastor. Određene oznake na kolniku iznimno mogu biti i žute boje: oznake mjesta na kolniku i nogostupu na kojima je zabranjeno parkiranje, crta za odvajanje traka za kretanje vozila javnog prijevoza putnika, oznake parkirališnog mjesta za osobe s invaliditetom, oznake kojima se obilježavaju mjesta za određene namjene (autobusna stajališta, taxi-vozila, policija, biciklističke i pješačke staze i drugo), naprave za smirivanje prometa (umjetne izbočine i uzdignute plohe), oznake kojima se privremeno preusmjerava promet i obilježavaju privremene opasnosti na kolniku.

Osnovni zadaci oznaka na kolniku su:

- upozoravanje na stanje i situaciju u prostoru ispred vozila,
- vođenje putanje vožnje,
- informiranje o zakonskim ograničenjima,
- pomoć pri reguliranju prometa.

Osnovna funkcionalna podjela oznaka na kolniku:

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

Osim osnovne podjele, oznake na kolniku se mogu podijeliti i s obzirom na njihovu trajnost, retroreflektivne značajke, vrstu primijenjenog materijala, način njihove aplikacije, koeficijent trenja i drugo.

4.2.1. Uzdužne oznake na kolniku

Oznake na kolniku upotrebljavaju se kao dopuna prometnih znakova. Uzdužne oznake na kolniku su razdjelne crte, rubne crte, crte upozorenja. Razdjelna crta omogućuje razdvajanje dvosmjernih prometnih površina prema smjerovima kretanja. Rubna crta označuje rub vozne površine kolnika, a crta upozorenja služi za najavljivanje blizine pune razdjelne crte. Širina uzdužnih crta ovisi od kategorije ceste odnosno širine kolnika, a njezina najmanja širina je 10 cm. Razmak između usporednih uzdužnih dvostrukih crta jednak je njihovoj širini. Rubne i razdjelne crte moraju imati jednaku širinu. Uzdužne crte na kolniku izvode se kao pune, isprekidane i dvostruke crte i rubna crta.

Puna uzdužna crta (razdjelna i rubna) označuje zabranu prelaska vozila preko te crte ili zabranu kretanja vozila po toj crti.

Isprekidana uzdužna crta može biti isprekidana razdjelna crta, kratka isprekidana crta, široka isprekidana crta i crta upozorenja. Isprekidane crte na križanjima koriste se za vođenje tokova, sastoje se od 1,5 metra obilježenog i 1,5 metra neobilježenog prostora.

Isprekidane crte koje dijele prometne tokove sastoje se [2]:

- na autocestama i cestama I. reda od 9,0 metara obilježenog i 9,0 metara neobilježenog prostora,
- na ostalim cestama od 6,0 metara obilježenog i 6,0 metara neobilježenog prostora,
- na ulicama u naselju od 3,0 metra obilježenog i 3,0 metra neobilježenog prostora.

Široka isprekidana crta služi kao rubna crta za razdvajanje tokova u raskrižju na cestama izvan naselja.

Kratka isprekidana crta služi kao razdjelna crta na prilaznim krakovima raskrižja, kao crta vodilja u samom raskrižju i za odvajanje trakova za vozila javnog prijevoza putnika.

Dvostruka razdjelna crta može biti puna, isprekidana i dvostruko kombinirana.

Dvostruka puna razdjelna crta označuje zabranu prelaska vozila preko tih crta ili zabranu kretanja vozila po tim crtama i obvezno se izvodi na kolnicima za dvosmjerni promet vozila i to:

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

Dvostruka isprekidana razdjelna crta služi za obilježavanje prometnih traka s izmjeničnim smjerovima kretanja na kojima je promet upravlján prometnim svjetlima.

Dvostruka kombinirana razdjelna crta služi za razdvajanje prometnih traka na mjestima na kojima su uvjeti preglednosti takvi da dopuštaju pretjecanje samo u jednom smjeru kretanja.

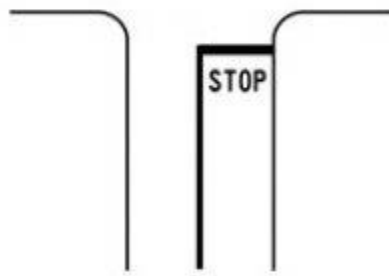
4.2.2. Poprečne oznake na kolniku

Poprečne oznake na kolniku obilježavaju se punim ili isprekidanim crtama. Mogu biti povučene tako da zahvaćaju jedan ili više prometnih trakova. Poprečne su oznake, s obzirom na kut pod kojima ih vozač vidi, šire od uzdužnih oznaka.

U poprečne oznake na kolniku spadaju [8]:

- crte zaustavljanja,
- kose crte,
- graničnici,
- pješački prijelazi,
- prijelazi biciklističke staze preko kolnika.

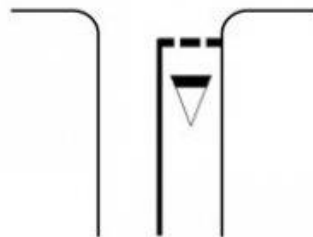
Crte zaustavljanja - širine su 20 do 60 cm. Razlikuju se puna i isprekidana crta zaustavljanja ovisno o tome dali vozač mora ili ne mora obavezno zaustaviti vozilo. Puna crta zaustavljanja označuje mjesto na kojem vozač mora zaustaviti vozilo. Ispred crte može se na kolniku ispisati riječ “ STOP “, prikazano na slici 4.13.



Slika 4.13: Puna crta zaustavljanja

Izvor: [8]

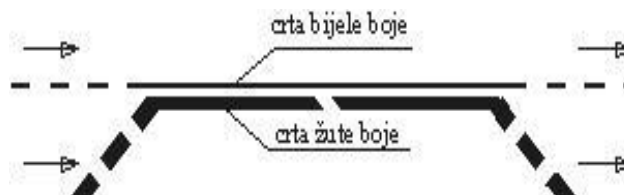
Isprekidana crta zaustavljanja označuje mjesto na kojemu vozač mora zaustaviti vozilo ako je potrebno propustiti vozila koja se kreću cestom s pravom prednosti prolaska. Ispred crte zaustavljanja može se obilježiti trokut upozorenja, prikazano na slici 4.14.



Slika 4.14: Isprekidana crta zaustavljanja

Izvor: [8]

Kose crte - označuju mjesto otvaranja izlaznog traka i zatvaranje ulaznog traka na autocesti i brzjoj cesti. Kose crte služe i za otvaranje i zatvaranje prometnog traka namijenjenog vozilima javnog prijevoza putnika, prikazano na slici 4.15.



Slika 4.15: Otvaranje i zatvaranje prometnog traka za vozila javnog prijevoza

Izvor: [8]

Graničnik - označuje mjesto ulaženja na kojem je potrebno odvojiti dio kolnika na kojem je zabranjen promet, prikazano na slici 4.16.



Slika 4.16: Graničnik

Izvor: [8]

Pješački prijelaz - označuje dio površine kolnika namijenjenog prijelazu pješaka, prikazano na slici 4.17. Pješački prijelazi se označavaju poljima koja su dimenzija 60 - 70 cm, a razmak između polja ne smije biti veći od dvostruke širine polja. Pješački prijelaz se osim boje, mogu obilježiti čeličnim ili plastičnim elementima, klinovima ili reflektirajućim oznakama.



Slika 4.17: Pješački prijelaz

Izvor: [8]

Prijelazi biciklističke staze preko kolnika - dio površine kolnika namijenjen isključivo za prijelaz biciklista, prikazano na slici 4.18. Obilježuje se četverokutima, dimenzije stranica su 40 - 60 cm, s razmakom koji je jednak duljini stranice. Za dvosmjerne biciklističke staze prijelaz ne smije biti uži od 3.0 metara.



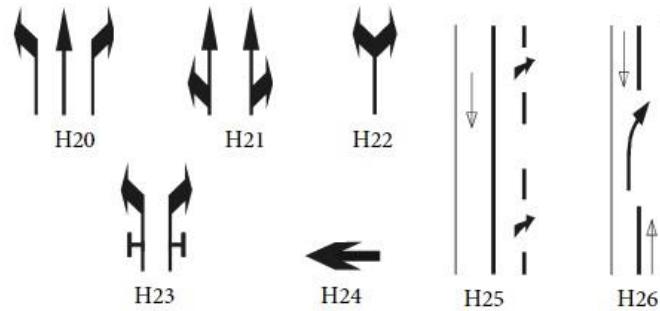
Slika 4.18: Prijelazi biciklističke staze preko kolnika

Izvor: [8]

4.2.3. Ostale oznake na kolniku i predmetima uz rub kolnika

Ostale oznake na kolniku i predmetima uz rub kolnika su strelice, polja za usmjerivanje prometa, crte usmjerivanja, natpisi, oznake za označivanje prometnih površina za posebne namjene, oznake za obilježavanje mjesta za parkiranje i uzdužne oznake.

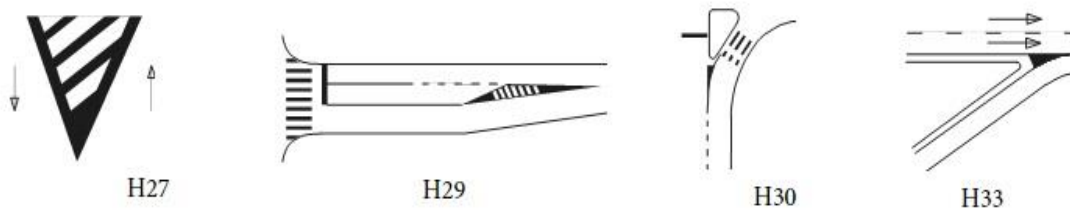
Strelice – oznake na kolniku kojima se obilježava obavezan smjer kretanja vozila, prikazane na slici 4.19. Može se označavati jedan smjer (H20), dva smjera (H21 i H22), prestrojavanje na dva bliža raskrižja (H23) gdje se prestrojavanje mora obaviti prije prvoga raskrižja na koje je zabranjeno skretati u naznačenim smjerovima, smjer kretanja u garažama (H24), skretanje prometa (H25), najava završetka pretjecanja (H26) i slično.



Slika 4.19: Strelice na kolniku

Izvor: [8]

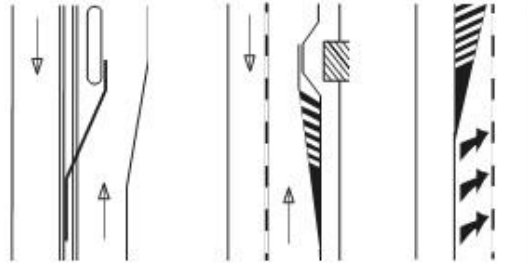
Polja za usmjeravanje prometa – koriste se za označavanje površine na kojoj je zabranjen promet i na kojoj nije dopušteno zaustavljanje i parkiranje vozila i to između dva traka sa suprotnim smjerovima (H27), između dva traka s istim smjerovima, na mjestu otvaranja posebna traka za skretanje (H29), ispred otoka za razdvajanje prometnih tokova (H30), na ulaznom kraku na autocesti (H33) i na izlaznom kraku s autoceste (slika 4.20).



Slika 4.20: Polja za usmjeravanje prometa

Izvor: [8]

Crta usmjerivanja - označuje mjesto promjene slobodne površine kolnika ispred čvrstih prepreka koje se nalaze na cesti ili na njezinim rubovima (slika 4.21).



Slika 4.21: Crte usmjerivanja

Izvor: [8]

Natpisi - daju sudionicima u prometu potrebne obavijesti, nazive mjesta i ograničenje brzine. Natpisi mogu biti riječi kao što su stop, bus, tram, taxi, škola, vlak (slika 4.22).



Slika 4.22: Primjeri natpisa

Izvor: [8]

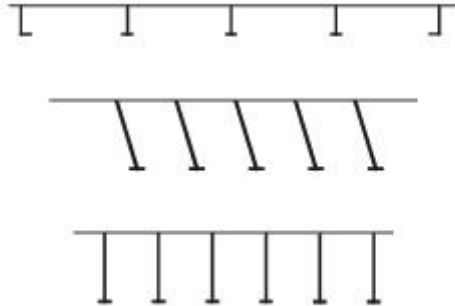
Oznake za označavanje prometnih površina za posebne namjene – koriste se za obilježavanje mjesta namijenjenih isključivo za autobusna stajališta, obilježavanje mjesta namijenjenih isključivo za taksi vozila, obilježavanje pješačkog prijelaza u blizini škole, obilježavanje mjesta namijenjenim isključivo osobama s invaliditetom, obilježavanje mjesta na kojima je zabranjeno zaustavljanje i parkiranje te obilježavanje biciklističkih i pješačkih staza (slika 4.23). [8]



Slika 4.23: Obilježavanje pješačkog prijelaza u blizini škole

Izvor: [8]

Oznake za obilježavanje mjesta za parkiranje - služe za označavanje prostora za parkiranje. Parkiranje u odnosu na rub kolnika može biti: okomito parkiranje, koso parkiranje i uzdužno parkiranje (slika 4.24).



Slika 4.24: Oznake za obilježavanje parkirnih mjesta

Izvor: [8]

4.3. Prometna svjetla i svjetlosne oznake

Optimalno rješenje za smanjenje broja konfliktnih točaka, osiguranje veće propusne moći na raskrižju, omogućavanje jednolike raspodjele određenih smjerova, ujednačavanje brzine kretanja vozila, koristi se svjetlosna signalizacija odnosno semafori. Semafori su uređaji koji upravljaju prometom te se njima daju prometni znakovi prometnim svjetlima crvene, žute i zelene boje. Semafori se postavljati na stup pokraj kolnika na visinu 2.0 – 3.5 m. Ako su ovješeni iznad kolnika visina od donjeg ruba uređaja do gornje površine kolnika ne smije biti manja od 4.5 m.

Prometna svjetla su:

- svjetlosni znakovi za upravljanje prometom,
- svjetlosni znakovi za upravljanje prometom namijenjeni samo pješacima,
- svjetlosni znakovi za upravljanje javnim gradskim prometom,
- svjetlosni znakovi za obilježavanje prijelaza ceste preko željezničke pruge,
- svjetlosni znakovi za obilježavanje radova na cesti i zapreka.

Svjetlo upotrijebljeno kao svjetlosni prometni znak može biti postojano (neprekidno) ili trepćuće (prekidano). Svjetlosni prometni znakovi mogu se postaviti na ploči bijele boje s rubom crne boje (kontrastna ploča). [8]

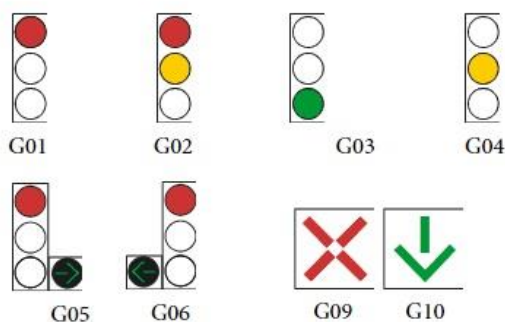
Zadaća svjetlosnih prometnih znakova:

- ravnomjerne raspodjele prometnih tokova vozila i ostalih sudionika u prometu,
- povećanje sigurnosti toka prometa,
- uspostavljanje približno kontinuiranog prometnog toka,
- prekidanje toka prometa u ulicama s velikim opterećenjem radi prolaska pješaka i vozila iz manje opterećenih pravaca,
- davanje prednosti jednoj vrsti prometa pred drugom,
- usmjerivanje prometa u određene pravce i trakove,
- upozoravanje vozača na opasna mjesta (prijelaz preko pruge i slično).

4.3.1. Svjetlosni znakovi za upravljanje prometom

Svjetlosni znakovi za upravljanje prometom su uređaji s trobojnim svjetlima (crvene, žute i zelene boje). Svjetla se obično postavljaju po okomitoj osi jedno ispod drugog. Zeleno svjetlo može imati dopunski znak u obliku strelice koja je smještena u krugu crne boje. Svjetlosni znakovi upotrebljavaju se za upravljanje prometom na više prometnih trakova istodobno ili za svaki prometni trak posebno.

Primjeri svjetlosni znakova za upravljanje prometom su prikazani na slici 4.25. Svjetlosni znak crveno svjetlo označuje zabranjen prolazak vozila (G01). Crveno i žuto svjetlo označuju skori prestanak zabrane prolaza vozila prije pojave zelenog svjetla (G02). Zeleno svjetlo označuje slobodan prolaz vozila te mora biti upaljeno kao samostalno svjetlo (G03). Oznaka (G04) prikazuje da žuto svjetlo prije crvenog nagovještava zabranu prolaska, osim za vozila koja su na maloj udaljenosti i ne mogu se zaustaviti vrijedi slobodan prolaz. Dopunska svjetleća strelica označuje slobodan prolaz vozila u smjeru označenom zelenom svjetlećom strelicom za vrijeme dok je upaljeno crveno ili žuto svjetlo (G05 i G06). Prekrižena crta crvene boje (G09) označuje zabranu toka prometa uzduž prometnog traka iznad kojeg se znak nalazi. Zelena strelica vrhom okrenutim nadolje označuje slobodan tok prometa uzduž prometnog traka iznad kojeg se znak nalazi (G10). [8]



Slika 4.25: Primjeri svjetlosni znakova za upravljanje prometom

Izvor: [8]

4.3.2. Svjetlosni znakovi za upravljanje prometom namijenjeni samo pješacima

Svjetlosni znakovi za upravljanje prometom pješaka su uređaji s dvobojni svjetlima crvene i zelene boje, prikazani na slici 4.26. Crveno i zeleno svjetlo ne mogu biti upaljeni istodobno. Udaljenost signalnog stupa od crte za zaustavljanje pred križanjem mora biti 5 m. Signalni stup mora biti udaljen od ruba kolnika 0.8 – 0.9 m (iznimno 0.7 m).



Slika 4.26: Semafori namijenjeni samo pješacima

Izvor: [21]

4.3.3. Svjetlosni znakovi za upravljanje javnim gradskim prometom

Za upravljanje tramvajskim prometom upotrebljavaju se jednobojni svjetlosni znakovi, u obliku svjetleće crte bijele ili žute boje. Svjetleća crta može biti položena, uspravna ili kosa. Položena crta znači zabranu prolaza tramvaju i postavlja se po okomitoj osi gore, a uspravna i kosa crta slobodan prolaz tramvaju u odgovarajućem smjeru i postavlja se dolje. [8]

Kao što je prikazano na slici 4.27. crtama se označuje:

- zabrana prolaza tramvaja (G19),
- slobodan prolaz tramvaja u smjeru ravno (G20),
- slobodan prolaz tramvaja u smjeru desno (G21),
- slobodan prolaz tramvaja u smjeru lijevo (G22).



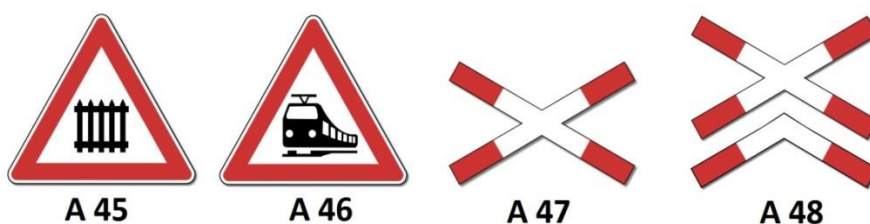
Slika 4.27: Semafori za upravljanje tramvajskim prometom

Izvor: [8]

4.3.4. Svjetlosni znakovi za obilježavanje prijelaza ceste preko željezničke pruge

Svjetlosni znakovi za označavanje prijelaza ceste preko željezničke pruge u jednoj razini podijeljeni su na:

- 1) znakove koji označavaju položaj branika ili polubranika – znak (A45) »prijelaz ceste preko željezničke pruge s branicima ili polubranicima« označuje blizinu prijelaza ceste preko željezničke pruge u razini koja je osigurana branicima ili polubranicima; znak (A46) »prijelaz ceste preko željezničke pruge bez branika ili polubranika« označuje blizinu prijelaza ceste preko željezničke pruge u razini koja nije osigurana branicima ili polubranicima; znak »Andrijin križ« (A47) označuje mjesto na kojem cesta prelazi preko željezničke pruge u razini bez branika ili polubranika s jednim kolosijekom, dok znak (A48) ima isto značenje kao i znak (A47) jedino je razliku u prijelazu pruge preko dva ili više kolosijeka. Znakovi su prikazani na slici 4.28.



Slika 4.28: Znakovi koji označavaju položaj branika ili polubranika

Izvor: [22]

- 2) znakove koji najavljuju približavanje željezničkog vozila - na prijelazu ceste preko željezničke pruge u istoj razini postavlja se poseban znak s prometnim svjetlima. Znak ima oblik istostraničnog trokuta s vrhom okrenutim prema gore, a dva crvena prometna svjetla kružnog oblika na znaku moraju se nalaziti jedno pored drugoga u vodoravnoj osi, prikazano na slici 4.29. Dva crvena prometna svjetla na znaku izmjenično se pale i gase. Ovaj prometni znak, odnosno svjetlo, najavljuje približavanje vlaka, spuštanje branika ili polubranika ili obavještava sudionike u prometu na cesti da je branik ili polubranik u zatvorenom položaju. Veliku važnost imaju i branici i polubranici koji moraju biti opremljeni refleksnim staklima ili presvučeni crveno reflektirajućom tvari po cijeloj svojoj dužini ili na njima moraju biti crvena, treptava prometna svjetla.



G 23

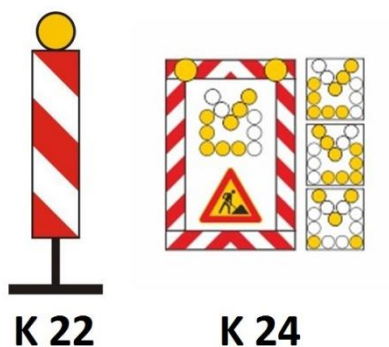
Slika 4.29: Znak koji najavljuje približavanje željezničkog vlaka

Izvor: [22]

4.3.5. Svjetlosni znakovi za obilježavanje radova na cesti i zapreka

Svjetlosni znakovi za označavanje radova na cesti prikazani na slici 4.30 su :

- ploča za označivanje zapreka s treptačem (K22),
- pokretna ploča s treptačima i znakovima (K24),
- privremeni uređaji za davanje znakova prometnim svjetlima radi naizmjeničnog propuštanja vozila iz suprotnih smjerova.



K 22

K 24

Slika 4.30: Svjetlosni znakovi za označavanje radova na cesti i zapreka

Izvor: [23]

4.4. Oprema na cesti

Opremu i zaštitu ceste čine svi uređaji i sredstva koji omogućuju sigurno kretanje vozila i obavještanje vozača o uvjetima odvijanja prometa. Na cestama s dobrom opremom povećava se sigurnost vozača, a time i sigurnost prometa. [5]

Prometna oprema na cesti sastoji se od:

1) Oprema za označavanje ruba kolnika:

- smjerokazni stupići (K01) - služe za označavanje ruba kolnika. U vidljivom smjeru moraju imati ugrađenu reflektirajuću oznaku od reflektirajućeg stakla,
- smjerokazne oznake (K02) - označuju rub kolnika u tunelu, izvode se u tehnologiji svjetlećih dioda (LED) te moraju imati stalni izvor napajanja. Smjerokazne oznake za tunele u smjeru vožnje su na desnoj strani crvene boje, a na lijevoj strani ceste bijele boje,
- reflektirajuće oznake (K03) - označuju rub kolnika koje se postavljaju na objekte na mjestima na kojima nije moguće postaviti smjerokazne stupiće, a veličina i boja ovise o mjestu postavljanja,
- štapovi za snijeg - označuju rub kolnika i naznačuju pružanje ceste ili cestovne građevine. Štapovi za snijeg na cesti i cestovnim građevinama naizmjenice su obojani crveno i žuto. Najviše polje mora biti obojano reflektirajućom tvari. Štap za snijeg mora biti postavljen ispred i na završetku sigurnosne ograde.

2) Oprema za označivanje vrha prometnog otoka - upotrebljava se za označavanje vrha prometnog otoka na raskrižju. Ploča za označivanje prometnog otoka označuje vrh prometnog otoka na raskrižju, na vrhu razdjelnog otoka na izlaznim krakovima autocesta i cesta isključivo namijenjenim za promet motornih vozila (slika 4.31).



Slika 4.31: Oprema za označivanje vrha prometnog otoka
Izvor: [24]

3) Oprema, znakovi i oznake za označavanje radova, zapreka i oštećenja kolnika [8]:

- ploče za označavanje zapreka na cesti (slika 4.32) - postavljaju se i na lijevu (K10) i na desnu stranu (K11), u smjeru vožnje označavaju radove ili zapreke na cestama, objektima i ostalim prometnim površinama,



Slika 4.32: Ploče za označavanje zapreka na cesti

Izvor: [8]

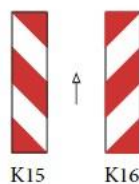
- ploče za označavanje zavoja na cesti (slika 4.33) - postavljaju se na mjestima gdje počinje zavoj ili se nalazi oštri zavoj na cesti,



Slika 4.33: Ploča za označavanje zavoja na cesti

Izvor: [8]

- ploča (bočne) zapreke (slika 4.34) - označuje mjesto bočnog smanjenja profila ceste,



Slika 4.34: Ploča za označavanje bočne zapreke

Izvor: [8]

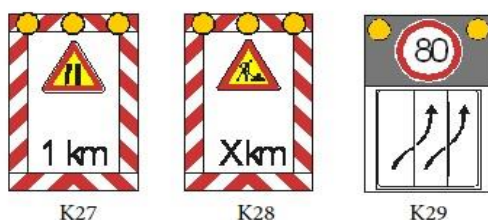
- stožac (slika 4.35) - koristi se za obilježavanje mjesta kratkotrajnih radova na cesti,



Slika 4.35: Stožac

Izvor: [8]

- branik za označivanje zapreka - služi za označivanje zapreka na prometnoj površini,
- ploča za obilježavanje mjesta izvođenja radova na cesti ili oštećenja kolnika,
- pokretna ploča s treptaćima i znakovima - prikazuje mjesto izvođenja radova ili oštećenja na cesti,
- pokretna ploča s treptaćima i svjetlećim strelicama - označuje mjesto na cesti gdje je prometni trak zatvoren te se promet preusmjeruje,
- pokretna signalna ploča s promjenjivim sadržajem - upozorava na blizinu mjesta na cesti na kojemu se izvode radovi ili gdje je zadan smjer i način preusmjeravanja prometa (slika 4.36).

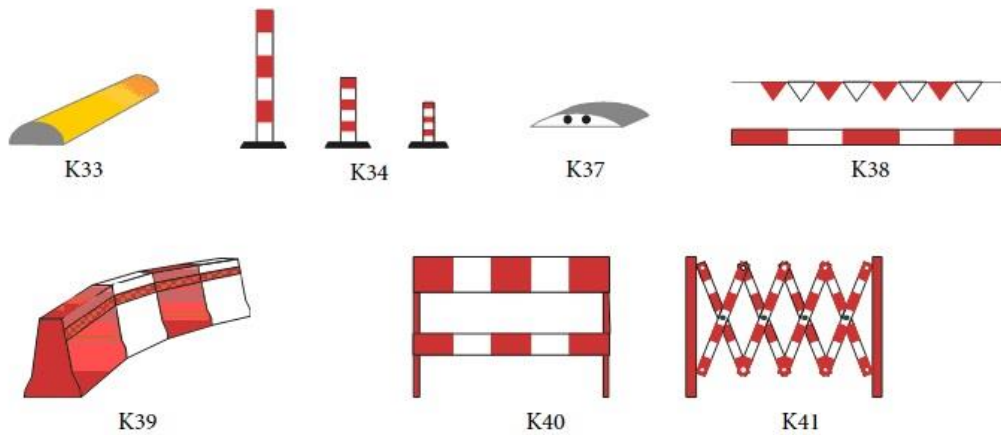


Slika 4.36: Signalna ploča s promjenjivim sadržajem

Izvor: [8]

- 4) Svjetlosni znakovi za označivanje radova, drugih zapreka i oštećenja kolnika
- promjer svjetala ne smije biti manji od 210 mm, razmak između svjetala iznosi od 5.0 do 10.0 m,
 - ova kategorija se sastoji od: crvenog svjetla na pločama koje označava zatvaranja ceste, treptuće žuto svjetlo koje se upotrebljava za naglašavanje prometnog znaka iznad kojeg je postavljeno i svjetlosni niz žutih svjetala (izmjenično se pale/ gase u smjeru vožnje) koje upozoravaju da je jedan ili više prometnih traka zatvoren te je promet preusmjeren praćenjem žutih svjetala.

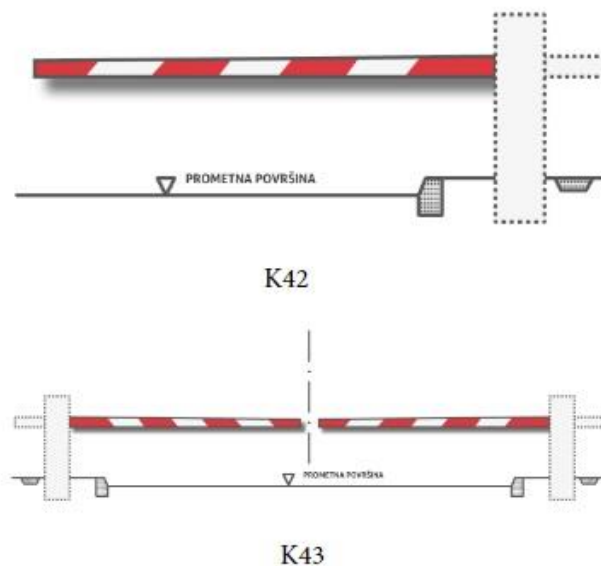
- 5) Oprema za vođenje i usmjerivanje prometa u zoni radova na cesti, zapreka i oštećenja kolnika sastoji se od: montažnih rubnjaka (K33), markera (K34), smjerkaznih oznaka (K37), zavjesice i trake (K38), razdvajajuće ograde (K39) te rastezljive i složive ograde (K40, K41) (slika 4.37).



Slika 4.37: Prikaz opreme za vođenje i usmjerivanje prometa u zoni radova na cesti, zapreka i oštećenja kolnika

Izvor: [8]

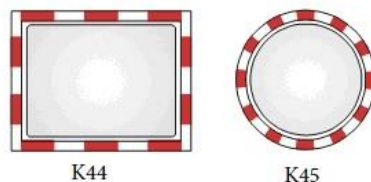
- 6) Branici i polubranici - namijenjeni su zatvaranju prometa vozila (prijelaz preko željezničke pruge) i pješaka u smjeru na koji su poprečno postavljene (slika 4.38).



Slika 4.38: Branici i polubranici

Izvor: [22]

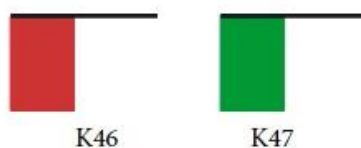
- 7) Prometna zrcala - koriste se kako bi se mogli sigurno uključiti vozilom iz sporedne ceste na cestu s prednošću prolaska ili u drugim sličnim slučajevima ili na mjestima smanjene preglednosti (slika 4.39).



Slika 4.39: Prometna zrcala

Izvor: [8]

- 8) Zaštitne ograde - klasa zaštitne ograde ovisno o kategoriji ceste. One su sigurnosne konstrukcije, a služe kako bi spriječile klizanje vozila s ceste. Izrađuju se od čelika, betona te kombinirano.
- 9) Ograde protiv zasljepljivanja - imaju zadaću spriječiti zasljepljivanje vozača od svjetala vozila iz suprotnog smjera pa se tako postavljaju uz razdjelni pojas ceste s dva kolnika za promet suprotnih smjerova.
- 10) Zaštitne žičane ograde - namijenjene su zaštiti prometa na cesti od divljači i drugih životinja, te na nadvožnjacima za zaštitu prometa ispod nadvožnjaka. Zaštitne žičane ograde postavljaju se uz autoceste, brze ceste i ostalim cestama prema potrebi.
- 11) Pješačke ograde - namijenjene su osiguranju pješaka od pada s površine i upotrebljavaju se za vođenje pješaka na području raskrižja.
- 12) Ublaživači udara - koriste se za osiguranje opasnih mjesta na cesti (gdje postoji opasnost naleta vozila na čvrstu građevinu) i za smanjenje posljedica udara na putnike, vozilo ili građevinu.
- 13) Oznaka za ručno upravljanje prometom - promet se može regulirati pomoću crvene i zelene zastavice (slika 4.40) kojom upravlja cestovni radnik te zabranjuje ili daje slobodan prolaz vozilima.



Slika 4.40: Crvena i zelena zastavica za regulaciju prometa

Izvor: [8]

5. ANALIZA STANJA SIGURNOSTI CESTOVNOG PROMETA U GRADU SAMOBORU OD 2013. DO 2017. GODINE

Na temelju statističkih podataka iz izvješća o stanju i kretanju sigurnosnih pokazatelja u radu Policijske uprave zagrebačke koje objedinjava i publicira Ministarstvo unutarnjih poslova Republike Hrvatske, provedena je analiza u vremenskom razdoblju od 2013. do 2017. godine na području Policijske uprave zagrebačke i Policijske postaje Samobor. Analizirani podaci uspoređeni su s podacima iz Policijske postaje Samobor, koja je sastavni dio Policijske uprave zagrebačke.

Tijekom dvanaest mjeseci 2013. godine na području Policijske postaje Samobor dogodilo se ukupno 356 prometnih nesreća. Od tog broja 5 osoba je smrtno stradalo te se dogodila 131 nesreća u kojima je bilo ozlijeđenih osoba. Ostatak od 356 prometnih nesreća bilo je s materijalnom štetom. Na području Policijske uprave zagrebačke u 2013. godini zabilježeno je 9.686 prometnih nesreća, a poginule su 62 osobe. Teško je ozlijeđeno 605 osoba, a lakše 2.954 osoba. Zbog brzine neprimjerene uvjetima i nepropisne brzine dogodilo se 1.925 prometnih nesreća ili 19,9 %, u kojima je poginulo 20 osoba, a 1.197 je ozlijeđeno. Najviše poginulih osoba bilježimo u listopadu (10 osoba) a najmanje u veljači i prosincu (po 1 osoba). Najviše ozlijeđenih bilo je u rujnu (338 osoba ili 9,5 %), a najmanje u siječnju (237 osoba). [9]

Tijekom dvanaest mjeseci 2014. godine na području Policijske postaje Samobor dogodilo se ukupno 323 prometnih nesreća. Od tog broja 1 osoba je smrtno stradala te se dogodilo 126 nesreća u kojima je bilo ozlijeđenih osoba. Ostatak od 323 prometnih nesreća bilo je s materijalnom štetom. Na području Policijske uprave zagrebačke u 2014. godini zabilježeno je 8.559 prometnih nesreća (1.127 nesreća ili 11,6 posto manje u odnosu na 2013. godinu). Poginulo je 47 osoba (15 osoba ili 24,2 posto manje). Teško je ozlijeđena 551 osoba (54 osobe ili 8,9 posto manje), a lakše 2.848 osoba (106 osoba ili 3,6 posto manje). Zbog brzine neprimjerene uvjetima i nepropisne brzine dogodilo se 1.596 prometnih nesreća ili 18,6 % svih nesreća, u kojima je poginula 21 osoba, a 1.067 je ozlijeđeno (2013. godine – 1.925 nesreća, 20 poginulih i 1.197 ozlijeđenih osoba). Najviše poginulih osoba zabilježen je u srpnju (9 osoba) a najmanje u studenom i prosincu (po 1 osoba). Najviše ozlijeđenih bilo je u listopadu (295 osoba ili 8,7 %), a najmanje u veljači (183 osobe). [10]

Tijekom dvanaest mjeseci 2015. godine na području Policijske postaje Samobor dogodilo se ukupno 337 prometnih nesreća. Od tog broja 1 osoba je smrtno stradala te se dogodilo 132 nesreća u kojima je bilo ozlijeđenih osoba. Ostatak od 337 prometnih nesreća bilo je s materijalnom štetom. Na području Policijske uprave zagrebačke u 2015. godini zabilježeno je 8.354 prometnih nesreća (205 nesreća ili 2,4 posto manje u odnosu na 2014. godinu). Poginule su 44 osobe (3 osobe ili 6,4 posto manje). Teško je ozlijeđena 541 osoba (10 osoba ili 1,8 posto manje), a lakše 2.882 osobe (34 osobe ili 1,2 posto više). Zbog brzine neprimjerene uvjetima i nepropisne brzine dogodile su se 1.563 prometne nesreće ili 18,7 % svih nesreća, u kojima je poginulo 18 osoba, a 987 je ozlijeđeno (2014. godine – 1.596 nesreća, 21 poginula i 1.067 ozlijeđenih osoba). Najviše poginulih osoba bilježimo u studenom (7 osoba) a najmanje u veljači i lipnju (po 1 osoba). Najviše ozlijeđenih bilo je u rujnu (310 osoba ili 9,1 % od ukupnog broja ozlijeđenih), a najmanje u siječnju (200 osoba). [11]

Tijekom dvanaest mjeseci 2016. godine na području Policijske postaje Samobor dogodilo se ukupno 329 prometnih nesreća. Od tog broja 7 osoba je smrtno stradalo te se dogodilo 136 nesreća u kojima je bilo ozlijeđenih osoba. Ostatak od 329 prometnih nesreća bilo je s materijalnom štetom. Na području Policijske uprave zagrebačke u 2016. godini zabilježeno je 7.963 prometnih nesreća (391 nesreća ili 4,7 posto manje u odnosu na 2015. godinu). Poginulo je 58 osoba (14 osoba ili 31,8 posto više). Teško su ozlijeđene 462 osobe (79 osoba ili 14,6 posto manje), a lakše 2.718 osobe (164 osobe ili 5,7 posto manje). Zbog brzine neprimjerene uvjetima i nepropisne brzine dogodile su se 1.433 prometnih nesreće ili 18,0 % svih nesreća, u kojima je poginulo 25 osoba, a 985 je ozlijeđeno (2015. godine – 1.563 nesreće, 18 poginulih i 987 ozlijeđenih osoba). Najviše poginulih osoba zabilježen je u kolovozu i listopadu (po 10 osoba) a najmanje u studenom i prosincu. Najviše ozlijeđenih bilo je u prosincu (316 osoba ili 9,9 % od ukupnog broja ozlijeđenih), a najmanje u siječnju (191 osoba). [12]

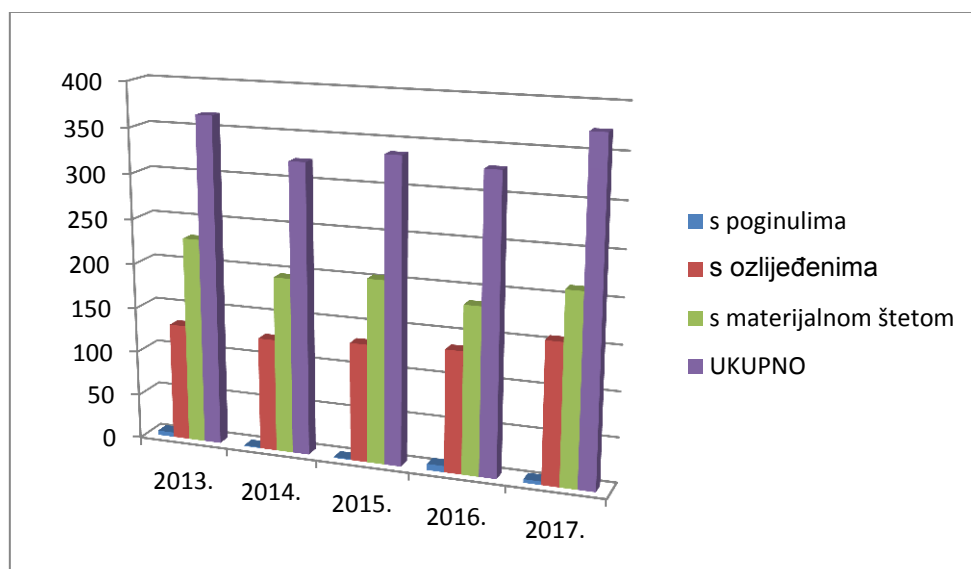
Tijekom dvanaest mjeseci 2017. godine na području Policijske postaje Samobor dogodilo se ukupno 373 prometnih nesreća. Od tog broja 4 osobe su smrtno stradale te se dogodilo 157 nesreća u kojima je bilo ozlijeđenih osoba. Ostatak od 373 prometnih nesreća bilo je s materijalnom štetom. Na području Policijske uprave zagrebačke u 2017. godini zabilježeno je 8.382 prometnih nesreća (419 nesreća ili 5,3 posto više u odnosu na 2016. godinu). Poginulo je 48 osoba (10 osoba ili 17,2 posto manje). Teško su ozlijeđene 433 osobe (29 osoba ili 6,3 posto manje), a lakše 2.808 osoba (90 osoba ili 3,3 posto više). Zbog brzine neprimjerene uvjetima i nepropisne brzine dogodile su se 1.482 prometne nesreće ili 17,7 posto svih nesreća, u kojima je poginulo 11 osoba, a 953 su ozlijeđene (2016. godine – 1.433 nesreće, 25 poginulih i 985 ozlijeđenih osoba). Najviše poginulih osoba bilježimo u rujnu (8) i prosincu (6), a najmanje u ožujku (1) te siječnju, veljači, travnju i svibnju (po 2). Najviše ozlijeđenih bilo je u prosincu (318 osoba ili 9,8 posto od ukupnog broja ozlijeđenih), a najmanje u veljači (143 osoba) i siječnju (178 osoba). [13]

Tablica 6: Broj prometnih nesreća na području Policijske postaje Samobor u razdoblju od 2013. do 2017. godine

PROMETNE NESREĆE	BROJ PROMETNIH NESREĆA				
	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.
s poginulima	5	1	1	7	4
s ozlijeđenima	131	126	132	136	157
s materijalnom štetom	230	196	204	186	212
UKUPNO	366	323	337	329	373

Izvor: [25]

U usporedbi 2013. i 2014. godine vidljivo je da je ukupan broj prometnih nesreća u padu za 11,7%. Broj prometnih nesreća s poginulima je u padu za 80%, broj prometnih nesreća s ozlijeđenima je u padu za 3,81% i s materijalnom štetom u padu za 14,8%. Ukupan broj nesreća u 2015. godini je veći za 1,55%, kao i broj ozlijeđenih 4,76% i s materijalnom štetom 4,08%, dok je broj prometnih nesreća s poginulima isti. Ukupan broj prometnih nesreća u 2016. godini je u padu za 2,37%. Broj prometnih nesreća s poginulima je veći za 85,7%, broj prometnih nesreća s ozlijeđenima je veći za 3,03% i s materijalnom štetom u padu za 8,82%. Ukupan broj prometnih nesreća u 2017. godini je veći za 13,4%. Broj prometnih nesreća s poginulima je u padu za 42,9%, broj prometnih nesreća s ozlijeđenima je veći za 15,4% i s materijalnom štetom je veći za 14%, što je vidljivo iz tablice 6. i grafikona 1.



Grafikon 1: Prikaz broja prometnih nesreća na području Policijske postaje Samobor u razdoblju od 2013. do 2017. godine

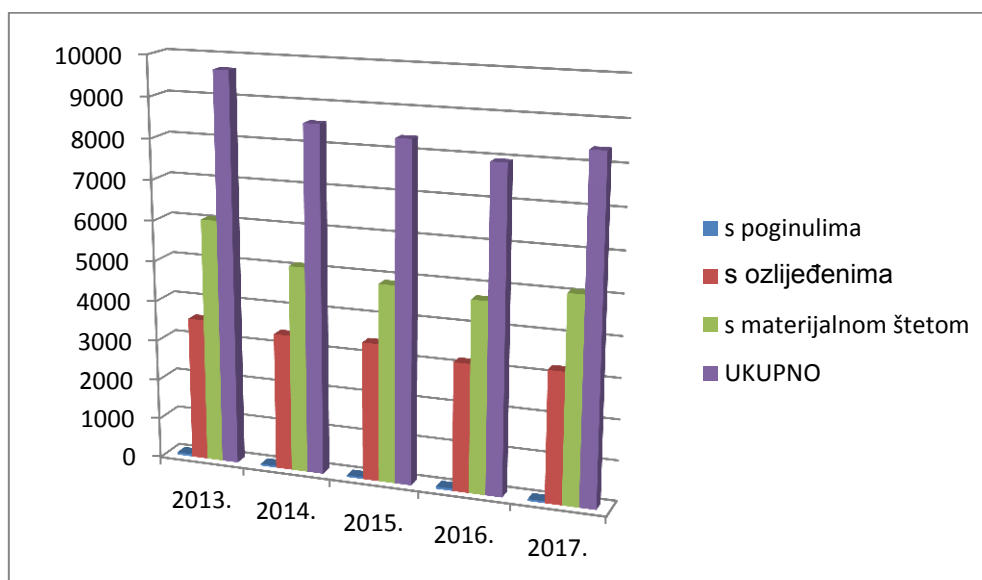
Izvor: [25]

Tablica 7: Broj prometnih nesreća na području Policijske uprave zagrebačke u razdoblju od 2013. do 2017. godine

PROMETNE NESREĆE	BROJ PROMETNIH NESREĆA				
	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.
s poginulima	62	47	44	58	48
s ozlijeđenima	3.559	3.399	3.423	3.180	3.241
s materijalnom štetom	6.065	5.113	4.887	4.725	5.093
UKUPNO	9.686	8.559	8.354	7.963	8.382

Izvor: [25]

U usporedbi 2013. i 2014. godine vidljivo je da je ukupan broj prometnih nesreća u padu za 11,6%. Broj prometnih nesreća s poginulima je u padu za 31,9%, broj prometnih nesreća s ozlijeđenim je u padu za 4,5% i s materijalnom štetom u padu za 15,7%. Ukupan broj nesreća u 2015. godini je u padu za 2,4%. Broj prometnih nesreća s poginulima je u padu za 6,38%, broj prometnih nesreća s ozlijeđenim je veći za 0,71% i s materijalnom štetom u padu za 4,42%. Ukupan broj prometnih nesreća u 2016. godini je u padu za 4,68%. Broj prometnih nesreća s poginulima je veći za 31,8%, broj prometnih nesreća s ozlijeđenim je u padu za 7,1% i s materijalnom štetom u padu za 3,31%. Ukupan broj prometnih nesreća u 2017. godini je veći za 5,26%. Broj prometnih nesreća s poginulima je u padu za 17,2%, broj prometnih nesreća s ozlijeđenim je veći za 1,92% i s materijalnom štetom je veći za 7,79%, što je vidljivo iz tablice 7. i grafikona 2.



Grafikon 2: Prikaz broja prometnih nesreća na području Policijske uprave zagrebačke razdoblju od 2013. do 2017. godine

Izvor: [25]

Tablica 8: Odnos ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama na području Policijske uprave zagrebačke i Policijske postaje Samobor u razdoblju od 2013. do 2017. godine

Godina	UKUPAN BROJ OZLIJEĐENIH	
	PU zagrebačka	PP Samobor
2013.	3.359	131
2014.	3.399	126
2015.	3.423	132
2016.	3.180	136
2017.	3.241	157

Izvor: [25]

Iz tablice 8. vidljivo je da ukupan broj ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama varira na području Policijske uprave zagrebačke u odnosu na područje Policijske postaje Samobor. Važno je primijetiti, uspoređujući 2016. i 2017. godinu, da broj ozlijeđenih osoba raste na području Policijske uprave zagrebačke, kao i na području Policijske postaje Samobor. U promatranom razdoblju Policijska postaja Samobor zabilježila je 2017. godine najveći broj ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama (157 osoba).

Tablica 9: Odnos poginulih osoba u prometnim nesrećama na području Policijske uprave zagrebačke i Policijske postaje Samobor u razdoblju od 2013. do 2017. godine

Godina	UKUPAN BROJ POGINULIH	
	PU zagrebačka	PP Samobor
2013.	62	5
2014.	47	1
2015.	44	1
2016.	58	7
2017.	48	4

Izvor: [25]

Iz tablice 9. vidljivo je da se broj poginulih osoba smanjuje u promatranom razdoblju na području Policijske uprave zagrebačke. Na području Policijske postaje Samobor broj poginulih osoba znatno je smanjen 2014. godine te isto tako možemo zapaziti da se 2016. godine znatno povećao broja poginulih osoba u prometnim nesrećama.

6. OSNOVNE ZNAČAJKE BROJAČA VRMENA NA SEMAFORIZIRANIM RASKRIŽJIMA

Brojač vremena na semaforiziranim raskrižjima je sat koji digitalno prikazuje preostalo vrijeme za trenutni signalni pojam, odnosno crveni i zeleni. Brojač radi neovisno od signalnog plana pa se prije uključivanja u rad mora sinkronizirati s promjenama faza. To je razlog zašto brojač nije primjenjiv na raskrižjima koja funkcioniraju na principu promjena trajanja faza u skladu s prometnim uvjetima na cesti. Brojač predstavlja kućište koje se pričvršćuje na semaforski stup pored signalnih pojmova (signalnog uređaja) kako bi vozači lakše mogli pratiti preostalo vrijeme za trenutni signalni pojam. Na prednjoj strani kućišta nalazi se ekran koji prikazuje digitalno odbrojavanje vremena preostale faze, prikazano na slici 6.41. Brojači se dijele u dvije vrste i to na brojače za vozila i brojače za pješake. Brojači za vozila mogu biti: brojači crvenog i brojači zelenog signalnog pojma. U zadnjih nekoliko godina započela je primjena brojača za vozila i u Republici Hrvatskoj. Postavljeni su samo u nekoliko gradova, kao što su Samobor, Zaprešić, Koprivnica, Varaždin i drugim. Prema pojedinim znanstvenim istraživanjima nije dokazan niti pozitivan niti negativan utjecaj na sigurnost motornog i pješačkog prometa zbog različitih rezultata i različitih konfiguracija raskrižja.

Za razliku od brojača vremena na semaforima, nekoliko modela automobila Audi posjeduje brojač koji se prikazuje na kontrolnoj ploči automobila. Takvi brojači ugrađeni na kontrolnoj ploči vozila, dozvoljeni su u nekoliko država u svijetu. S obzirom na temu diplomskog rada, ovakva vrsta brojača nije bila predmetom analize te nije obavljena usporedba niti analiza njihove prednosti odnosno nedostataka.



Slika 6.41: Brojač vremena na semaforskom uređaju
Izvor: [26]

6.1. Prednosti brojača vremena

Prednosti brojača vremena koji jednim dijelom poboljšavaju sigurnost u prometu su:

- smanjenje broja pješaka koji ne poštuju crveno svjetlo za pješake (nakon isteka njihove zelene faze),
- smanjenje emisije štetnih plinova (vozač na semaforu može ugaziti motor dok čeka zelenu fazu),
- povećanje protočnosti i smanjenje gubitka vremena prilikom kretanja (vozači se informiraju o preostalom vremenu do promjene faze te se mogu pripremiti i krenuti),
- kod raskrižja s dugačkim faza brojači mogu smanjiti stres i nervozu vozača koji čekaju na raskrižju,
- prilikom isteka zelene faze, vozač može procijeniti da će proći raskrižjem trenutnom brzinom pa u tom slučaju ne ubrzava vozilo ili se lagano zaustavlja zbog promjene faze (žuto, odnosno crveno svjetlo).

6.2. Nedostaci brojača vremena

Uz odgovarajuće prednosti prisutan je i određeni broj nedostataka koji smanjuju sigurnost u prometu, a to su:

- u Republici Hrvatskoj ne postoji zakonska regulativa koja bi regulirala rad brojača na semaforima. Brojači nemaju pravno značenje i ne spadaju u prometnu opremu i signalizaciju. Zbog toga može doći do pravnih nesuglasica u slučaju prometne nesreće,
- određeni broj vozača koji uoče da će se dogoditi promjena signalnog pojma ubrzavaju vozilo da prođu raskrižjem, dok pojedini vozači koji se ne žele izlagati opasnosti, početi će usporavati za vrijeme zelenog svjetla. Upravo takva situacija može dovesti do sudara dvaju vozila te smanjiti sigurnost na raskrižju,
- prijevremeno kretanje vozača sa zaustavne linije može dovesti do sudara dvaju vozila, prilikom ulaska vozila u raskrižje za vrijeme trajanja zaštitnog međuvremena kolizijske vozačke grupe,
- jedan od nedostataka može biti nalet jednog vozila na drugo i to na primjer da se drugo vozilo u repu čekanja sudari s vozilom koje se nalazi ispred. Vozač drugog vozila koji uoči promjenu signalnog pojma može krenuti ranije, što bi neizbježno dovelo do sudara i smanjenja sigurnosti na raskrižju,
- nemogućnost primjene na raskrižjima koja su upravljana semaforima ovisno ili polu-ovisno o prometnim uvjetima,
- pješaci koji su udaljeniji od pješačkog prijelaza kada uoče da je odbrojavanje zelenog svjetla pri kraju, mogu ubrzati svoje kretanje kako bi stigli prijeći kolnik na vrijeme i ne bi morali čekati iduću fazu. Posljedica toga može biti nalet pješaka na druge pješake i dovesti u opasnost ostale sudionike u prometu, naročito u područjima velikog intenziteta pješačkog prometa,

- pješaci mogu postati nervozni prilikom čekanja na raskrižju za vrijeme dugih trajanja crvenog signalnog pojma te mogu prijevremeno krenuti prelaziti kolnik u zadnjim sekundama promjene faze, što može dovesti do naleta vozila na pješake, posebno onih vozila koja skreću desno pa ih pješaci ne očekuju ili ih ne mogu uočiti na vrijeme.

6.3. Obavljena istraživanja

Do sada su obavljena istraživanja o utjecaju brojača vremena na sigurnost prometa u Sjedinjenim Američkim Državama i Aziji. Budući da su dobiveni različiti rezultati, nije dokazan niti pozitivan niti negativan utjecaj brojača vremena na sigurnost prometa na promatranim raskrižjima.

Prema obavljenim istraživanjima u Sjedinjenim Američkim Državama dokazano je da brojači vremena na semaforima dovode do boljih reakcija vozača (istraživanje obavljeno u Oregon State univerzitetu). Rezultati su važni zbog učinjenih pogrešaka u vremenu, koji prometni inženjeri nazivaju “zona dileme“, prikazana na slici 6.42. To je područje u kojem vozač nije siguran treba li se vozač zaustaviti ili nastaviti kada se pojavi žuti signalni pojam na semaforu. U ovoj studiji korišten je brojač vremena zelenog svjetla u simulatoru vožnje države Oregon State, brojač je prikazivao samo posljednjih 10 sekundi zelenog signalnog pojma. Na uzorku od 55 vozača u rasponu od 19 do 73 godina izrađen je skup podataka od 1100 interakcija s raskrižja, od kojih je polovica uključivala brojač vremena zelenog signalnog pojma. Prisutnost brojača vremena povećala je vjerojatnost da će se otprilike 13% vozača zaustaviti u “zoni dileme“, dok je prosječna brzina usporavanja vozača smanjena za otprilike 1,5%. Ovi rezultati dokazuju da informacije dobivene od brojača zelenog signalnog pojma mogu poboljšati sigurnost na križanjima u Sjedinjenim Američkim Državama. Kada se gledaju reakcije vozača, vozači su usporili i zaustavili vozila kada su se zatekli u “zoni dileme“ te nije bilo slučajeva da vozači ubrzavaju vozila kako bi u zadnjoj sekundi zelenog signalnog pojma napustili raskrižje, što je pozitivno za sigurnost na raskrižju. Također određeni rezultati dokazuju da su vozači bili spremniji za kretanje kada se pojavi zeleno svjetlo. Dobiveni rezultati brojača vremena koji prikazuju koliko vremena ima do završetka crvenog signalnog pojma, dokazuju da prvo vozilo u redu kreće brže u prosjeka za 0,82 sekunde u odnosu na raskrižje bez brojača vremena, što ukazuje na poboljšanje učinkovitosti križanja zahvaljujući smanjenju vremena izgubljenih prilikom kretanja. [27]



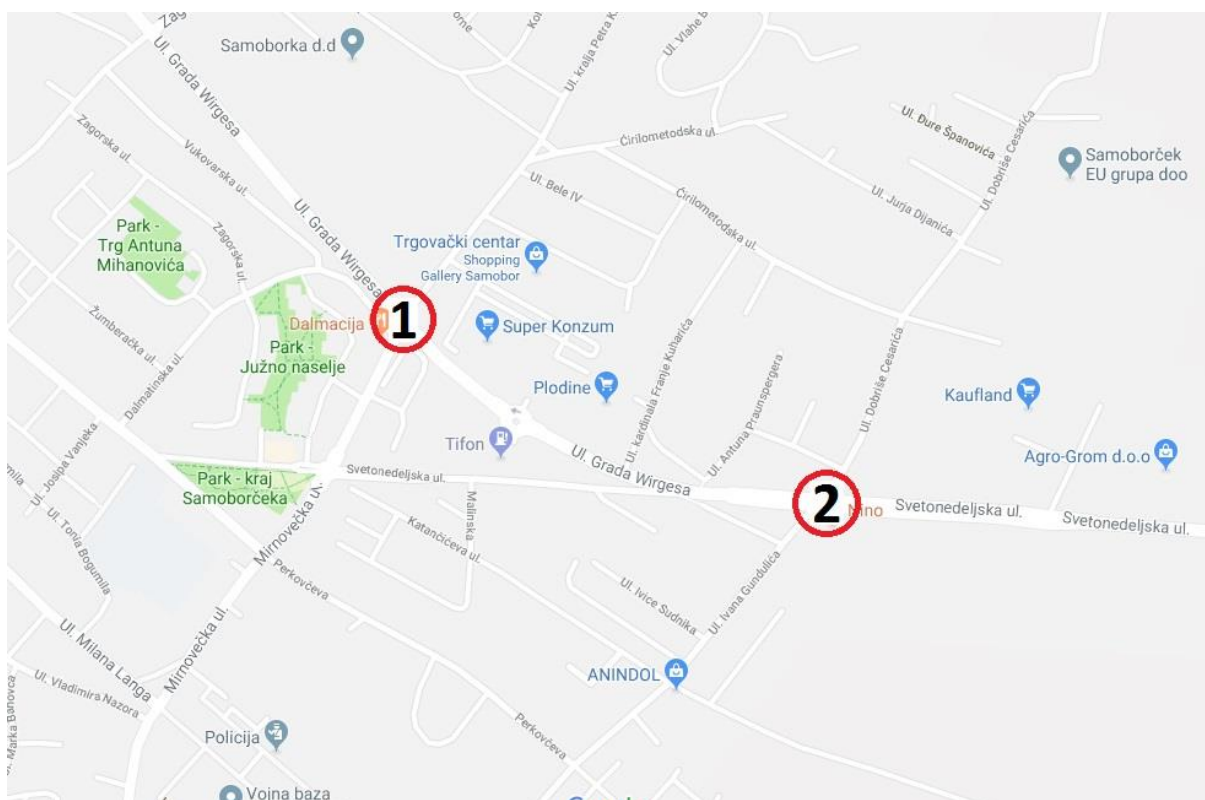
Slika 6.42: Prikaz “zone dileme“
Izvor: [27]

Drugo istraživanje obavljeno je na području Azije, odnosno u gradovima Malezije i u gradu Tajvanu. Detaljna analiza je obavljena u gradu Tajvanu. Raskrižja na kojima su brojači vremena odbrojivali samo zeleni signalni pojam, imaju dvostruko više prijavljenih sudara i za 33% se povećao broj ozlijeđenih osoba, dok na raskrižjima koja su odbrojivala samo crveni signalni pojam, smanjen je ukupan broj sudara i ozlijeđenih osoba za polovicu. Raskrižja koja su imala postavljene brojače i za crveni i za zeleni signalni pojam imaju 19% više prometnih nesreća i za 23% se povećao broj ozlijeđenih osoba. Brojači vremena koji su odbrojivali samo crveni signalni pojam imaju pozitivan učinak, dok su brojači vremena zelenog signalnog pojma imali utjecaj na povećan broj vjerojatnosti prometnih nesreća. Jednako važna analiza obavljena je i u gradovima Malezije. Korišten je brojač koji je prikazivao samo posljednjih 10 sekundi zelenog signalnog pojma. Pokazalo se da odbrojavanje ima mali utjecaj na početno kašnjenje, ali ima značajan utjecaj na napuštanje (pražnjenje) raskrižja. Međutim, pokazalo se da nema značajan utjecaj na vrijeme putovanja. Također napravljena je usporedba ne poštivanja prometnih pravila na raskrižjima s brojačima u odnosu na raskrižja bez brojača vremena. Na raskrižjima s brojačima vremena vozači su prolazili na crveno svjetlo 24 puta unutar 88 ciklusa, dok su u slučaju bez brojača vremena prolazili na crveno svjetlo 22 puta unutar 90 ciklusa. Stoga, stopa ne poštivanja zakona iznosi 30% za raskrižja s postavljenim brojačima vremena i 24% za raskrižja bez postavljenih brojača vremena na semaforским uređajima. [27]

Razlog nastanka prometnih nesreća prilikom prolaska raskrižjem za vrijeme zelenog signalnog pojma je da vozač veću pozornost obraća na vrijeme odbrojavanja za razliku od situacije koja se događa na cesti, osobito tijekom zadnjih nekoliko sekundi prilikom završetka zelenog signalnog pojma. Na primjer, vozač može odlučiti usporiti ili zaustaviti se na raskrižju, dok vozač koji prati vozilo ispred sebe želi ubrzati svoje kretanje vozilom kako bi prošao raskrižje. Primjena brojača vremena samo s crvenim signalnim pojmom ima nekoliko prednosti. Kada vozač čeka završetak crvenog signalnog pojma, više pozornosti obraća uvjetima na cesti nego na brojač vremena. Isto tako jedna od prednosti je smanjenje vremena kašnjenja jer su vozači informirani o točnom vremenu trajanja crvenog signalnog pojma.

7. REZULTATI ANALIZE SIGURNOSTI NA RASKRIŽJU SA I BEZ PRIMJENE BROJAČA VREMENA U GRADU SAMOBORU

Za potrebe diplomskog rada analizirana je sigurnost na raskrižju sa i bez primjene brojača vremena u gradu Samoboru. Zbog nemogućnosti isključivanja brojača na semaforским uređajima, obavljeno je mjerenje na dva raskrižja koja su relativno blizu te su sličnih značajki. Na raskrižjima je obavljeno mjerenje brzina u smjeru zapad - istok. Prvo raskrižje (1) na kojem je mjerena brzina je Ulica Grada Wirgesa i Ulica kralja Petra Krešimira IV, dok je drugo raskrižje (2) smješteno istočnije od prvog raskrižja te predstavlja križanje Svetonedeljske ulice, Ulice Dobriše Cesarića, i Ulice Ivana Gundulića. Pozicije raskrižja su prikazane na slici 7.43. Mjerenje brzina je obavljeno dana 03.07.2018. godine od 10:00 do 12:00 sati.



Slika 7.43: Prikaz lokacija na kojima je provedeno mjerenje brzine
Izvor: [28]



Slika 7.44: Snimanje (mjerenje) brzine na lokaciji 1



Slika 7.45: Snimanje (mjerenje) brzine na lokaciji 2

Mjerenje brzina je obavljeno s uređajem TruCAM Laser Speed Gun, prikazano na slici 7.46. Uređaj ima ugrađen laser i visoko rezolutnu kameru. Dizajniran je za potrebe prometne policije kako bi se što lakše omogućilo detektiranje prometnih prekršitelja. Kamera može prepoznati dolazne i odlazne brzine vozila pomoću ugrađenog lasera. Brzine se automatski spremaju na memorijsku karticu zajedno sa pripadajućim videom. Kamera je također u mogućnosti zabilježiti interval slijeđenja između vozila. Podaci se kasnije mogu lako obraditi na računalu u programu TruCAM Viewer.



Slika 7.46: Uređaj za mjerenje brzine

7.1. Raskrižje Ulice Grada Wirgesa i Ulice kralja Petra Krešimira IV s postavljenim brojačima na semaforskim uređajima

Promatrano raskrižje je četverokrako semaforizirano (slika 7.47) i nalazi se u blizini centra grada Samobora. Glavna cesta se odvija u smjeru istok - zapad (Ulica grada Wirgesa), a sporedna u smjeru sjever - jug (Ulica kralja Petra Krešimira IV). Glavnom cestom koja jednim dijelom prometuje prema centru grada, odvija se najveća količina prometa. Glavnom cestom prometuju autobusi javnog gradskog prometa, putnički autobusi, teška i laka teretna vozila, motocikli te osobni automobili. Sporednim privozima prometuje manja količina prometa te njime prometuju najčešće samo osobna i laka teretna vozila. Južni privoz isto kao i glavna cesta, vodi prema centru grada Samobora. Budući da se na sjeveroistočnoj strani raskrižja nalaze trgovački centri, kao što su Konzum, Shopping Gallery Samobor i Plodine, promatranim raskrižjem prometuje veliki broj vozila i pješaka. U smjeru od istoka prema zapadu nakon raskrižja, nalazi se autobusna stanica izvan desne prometne trake, kako ne bi došlo do ometanja prometa.



Slika 7.47: Raskrižje Ulica Grada Wirgesa i Ulica kralja Petra Krešimira IV
Izvor: [28]

7.1.1. Prometno oblikovni elementi raskrižja

Preglednost raskrižja je zadovoljena na istočnom, zapadnom i južnom privozu, kao što je vidljivo iz slika 7.48, 7.49 i 7.51. Loša preglednost za vozila je na sjevernom privozu (slika 7.50) zbog visokih objekata uz kolnik i vegetacije koja otežava vidljivost vozačima koji nisu u mogućnosti vidjeti prometni znak „Stop“ i semaforski uređaj do dolaska do samog raskrižja, odnosno zaustavne linije.

Raskrižje je položeno tlocrtno, a privozi su međusobno okomiti. Prilazne ceste raskrižja nemaju konveksnih i konkavnih zaobljenja te je time poboljšana preglednost raskrižja. Sjeverni, zapadni i istočni privozi imaju dvije prometne trake kojima se odvija dvosmjernan promet, a južni privoz (u smjeru prema sjeveroistoku) sadrži prometnu traku koja se dijeli u dvije prometne trake od kojih je jedna za vozila koja idu ravno i lijevo, a druga za vozila koja skreću desno. Na niti jednom privozu nema prometnih traka za lijevo skretanje. Pješački prijelazi se nalaze na sva četiri privoza. Raskrižje je semaforizirano i postavljeni su brojačima vremena koji odbrojavaju trajanje crvenog i zelenog signalnog pojma.

Promatrano raskrižju sadrži sljedeće elemente:

- prometne znakove koji označavaju prednost prolaska na glavnim privozima,
- prometne znakove koji označavaju obavezno zaustavljanje na sporednim privozima,
- znakove koji obavještavaju sudionike u prometu o lokaciji pješačkih prijelaza.



Slika 7.48: Istočni privoz



Slika 7.49: Zapadni privoz



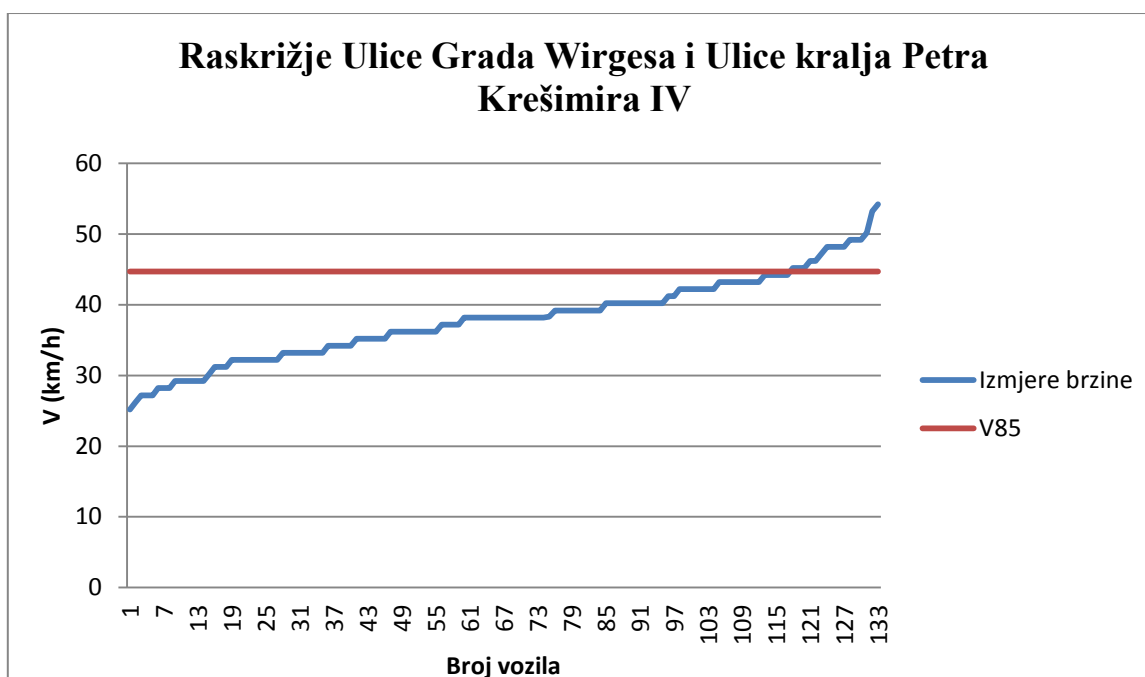
Slika 7.50: Sjeverni privoz



Slika 7.51: Južni privoz

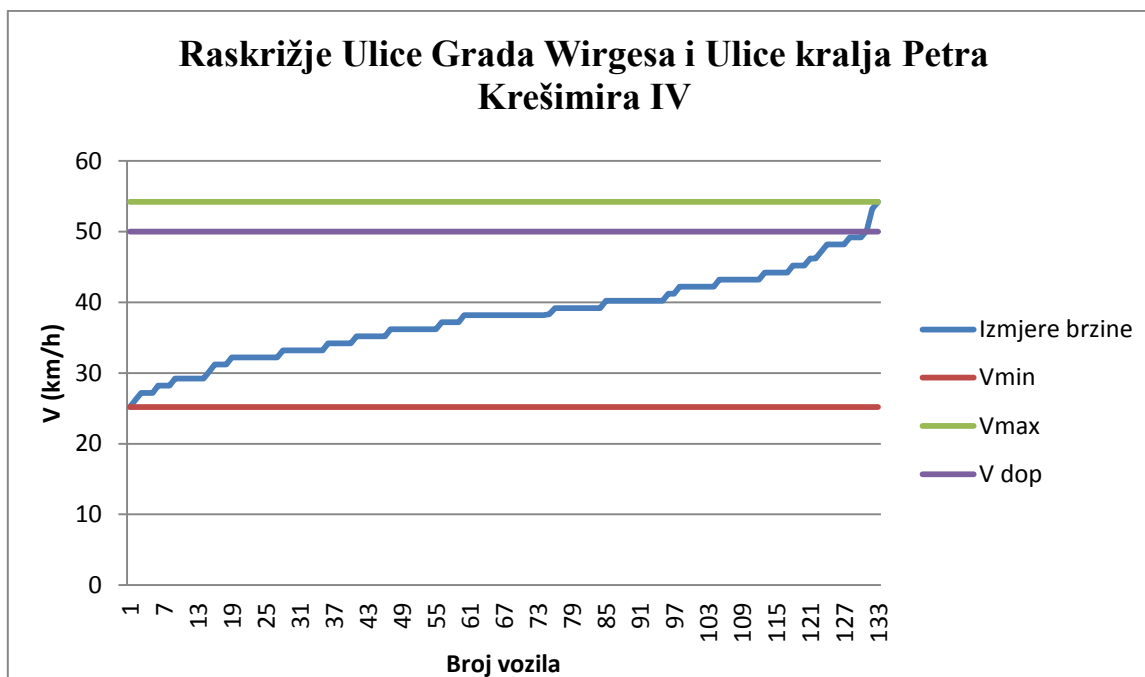
7.1.2. Mjerenje brzine vozila

Na promatranom raskrižju s postavljenim brojačem vremena izmjerena je brzina 133 vozila. Mjerena je brzina vozila koja prolaze kroz raskrižje na glavnoj cesti iz smjera zapada prema istoku. Mjerenje je obavljeno u periodu od 10:00 do 11:00 sati. Dobiveni rezultati su prikazani grafički u grafikonima 3 i 4. Brzine vozila u grafikonima su poredane od najmanje do najveće kako bi se mogli lakše obraditi i prikazati rezultati.



Grafikon 3: Grafički prikaz 85 percentilne brzine na raskrižju s postavljenim brojačem vremena na semaforu

Iz grafikona 3. vidljivo je da se mali broj vozila kreće većom brzinom od 85 percentilne brzine. Računski dobivena 85 percentilna brzina bila je 44,7 km/h, a od 133 izmjerenih brzina 17 vozila je vozilo iznad te brzine. Na promatranom raskrižju dopuštena je brzina 50 km/h i svih 85% vozila se kretalo ispod te brzine.



Grafikon 4: Grafički prikaz minimalne, maksimalne i dopuštene brzine na raskrižju s postavljenim brojačem vremena na semaforu

U grafikonu 4. prikazan je odnos minimalne i maksimalne brzine te odstupanje od dopuštene brzine. Izmjerena maksimalna brzina bila je 54,2 km/h. Većom od dopuštene brzine (50 km/h) kretala su se 3 vozila (2,3%). Minimalna izmjerena brzina bila je 25,2 km/h. Prosječna brzina bila je 38 km/h. Iz grafikona je vidljivo da se velik broj vozila (97,7%) kretao zakonski dopuštenom brzinom.

7.2. Raskrižje Svetonedeljske ulice, Ulice Dobriše Cesarića i Ulice Ivana Gundulića bez postavljenih brojača vremena na semaforskim uređajima

Promatrano raskrižje je četverokrako semaforizirano (slika 7.52) i nalazi se istočnije od raskrižja Ulica Grada Wirgesa i Ulica kralja Petra Krešimira IV na kojem su postavljeni brojači vremena na semaforskim uređajima. Glavna cesta se odvija u smjeru istok - zapad (Svetonedeljska ulica), a sporedna u smjeru sjever (Ulica Dobriše Cesarić) - jug (Ulica Ivana Gundulića). Glavnom cestom koja vodi prema centru grada odvija se najveća količina prometa. Glavnom cestom prometuju autobusi javnog gradskog prometa, putnički autobusi, teška i laka teretna vozila, motocikli te osobni automobili. Sporednim privozima prometuje manja količina prometa i to najčešće samo osobna vozila.



Slika 7.52: Raskrižje Svetonedeljske ulice, Ulice Dobriše Cesarića i Ulice Ivana Gundulića
Izvor: [28]

7.2.1. Prometno oblikovni elementi raskrižja

Preglednost raskrižja je zadovoljena na sjevernom, zapadnom i istočnom privozu, kao što je vidljivo iz slika 7.53, 7.54 i 7.55. Na južnom privozu (slika 7.56) je smanjena vidljivost zbog ugostiteljskog objekta i parkinga koji se nalaze na desnoj strani.

Privozi nisu međusobno u okomitom položaju, već su sporedni privozi položeni pod kutom s obzirom na glavnu cestu. Prilazne ceste raskrižja nemaju konveksnih i konkavnih zaobljenja te se time raskrižje nalazi na ravnom terenu. U smjeru od zapada prema istoku nakon raskrižja, nalazi se autobusna stanica izvan desne prometne trake, kako ne bi došlo do ometanja prometa. Glavna cesta (istočni i zapadni privoz) sadrži dvije prometne trake te dodatne trake za lijevo skretanje. Traka za lijevo skretanje je duža na istočnom privozu zbog većeg broja vozila koja skreću lijevo u ulicu koja vodi prema centru grada Samobora. Sporedna cesta (sjeverni i južni privoz) sadrži dvije prometne trake, za svaki smjer po jednu. Raskrižje je semaforizirano bez postavljenih brojača vremena na semaforskim uređajima.

Promatrano raskrižju sadrži sljedeće elemente:

- prometne znakove koji označavaju prednost prolaska na glavnim privozima,
- prometne znakove koji označavaju obavezno zaustavljanje na sporednim privozima,
- znakove koji obavještavaju sudionike u prometu o lokaciji pješačkih prijelaza samo na sjevernom, istočnom i južnom privozu, dok na zapadnom privozu nema pješačkog prijelaza.



Slika 7.53: Istočni privoz



Slika 7.54: Zapadni privoz



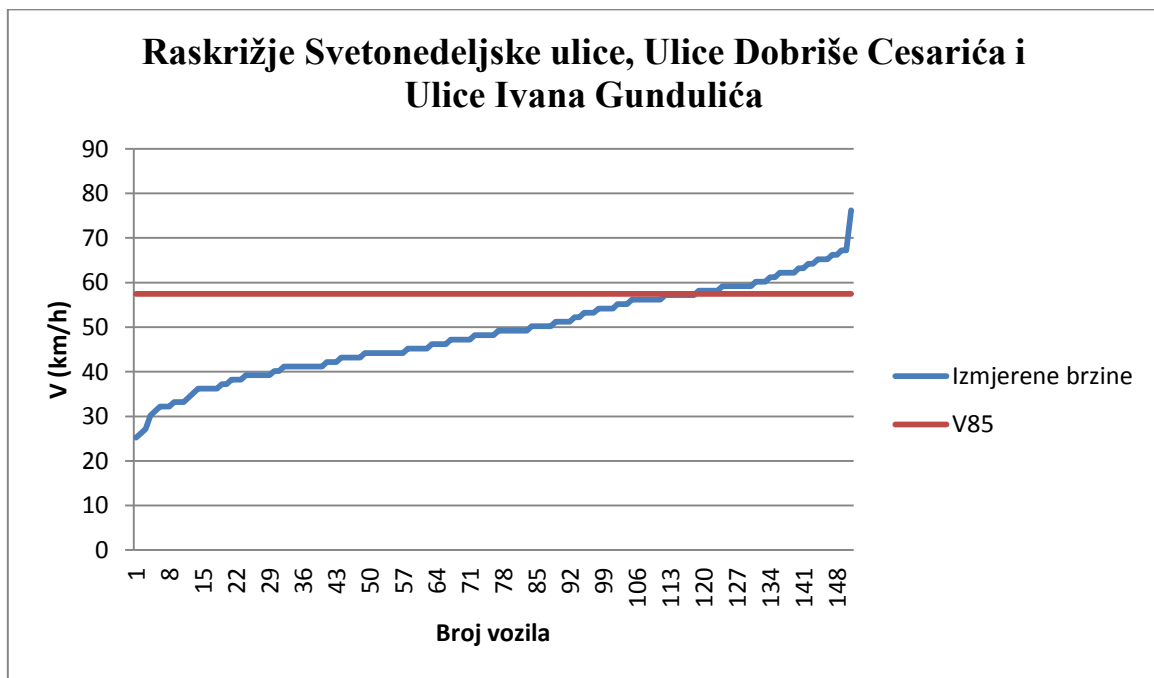
Slika 7.55: Sjeverni privoz



Slika 7.56: Južni privoz

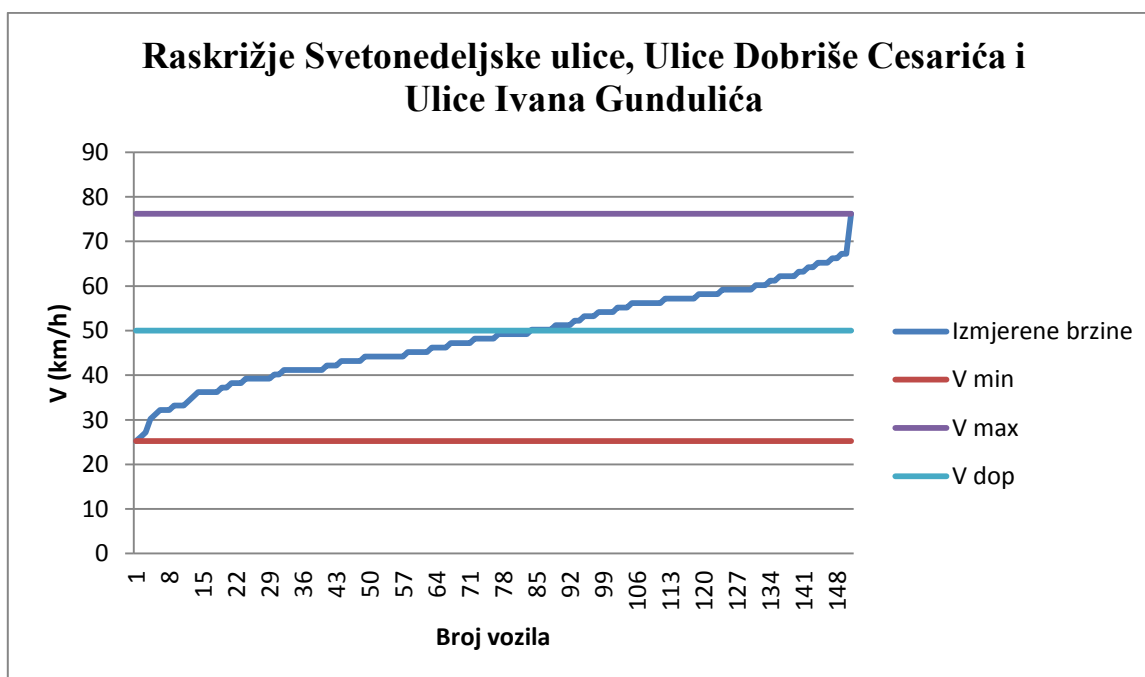
7.2.2. Mjerenje brzine vozila

Na promatranom raskrižju bez postavljenog brojača vremena izmjerena je brzina 151 vozila. Mjerena je brzina vozila koja prolaze kroz raskrižje na glavnoj cesti iz smjera zapada prema istoku. Mjerenje je obavljeno u periodu od 11:00 do 12:00 sati. Dobiveni rezultati su prikazani grafički u grafikonima 5 i 6. Brzine vozila u grafikonima su poredane od najmanje do najveće kako bi se mogli lakše obraditi i prikazati rezultati.



Grafikon 5: Grafički prikaz 85 percentilne brzine na raskrižju bez postavljenog brojača vremena na semaforu

Iz grafikona 5. vidljivo je da se mali broj vozila kreće većom brzinom od 85 percentilne brzine. Računski dobivena 85 percentilna brzina bila je 57,5 km/h, a od 151 izmjerenih brzina 33 vozila je vozilo iznad te brzine. Na promatranom raskrižju dopuštena je brzina 50 km/h.



Grafikon 6: Grafički prikaz minimalne, maksimalne i dopuštene brzine na raskrižju bez postavljenog brojača vremena na semaforu

U grafikonu 6 prikazan je odnos minimalne i maksimalne brzine te odstupanje od dopuštene brzine. Izmjerena maksimalna brzina bila je 76,2 km/h. Većom od dopuštene brzine (50 km/h) kretala su se 68 vozila (45%). Minimalna izmjerena brzina bila je 25,2 km/h. Prosječna brzina bila je 48,9 km/h. Iz grafikona je vidljivo da se približno svako drugo vozilo (55%) kretalo zakonski dopuštenom brzinom.

7.3. Komparativna analiza dva promatra raskrižja

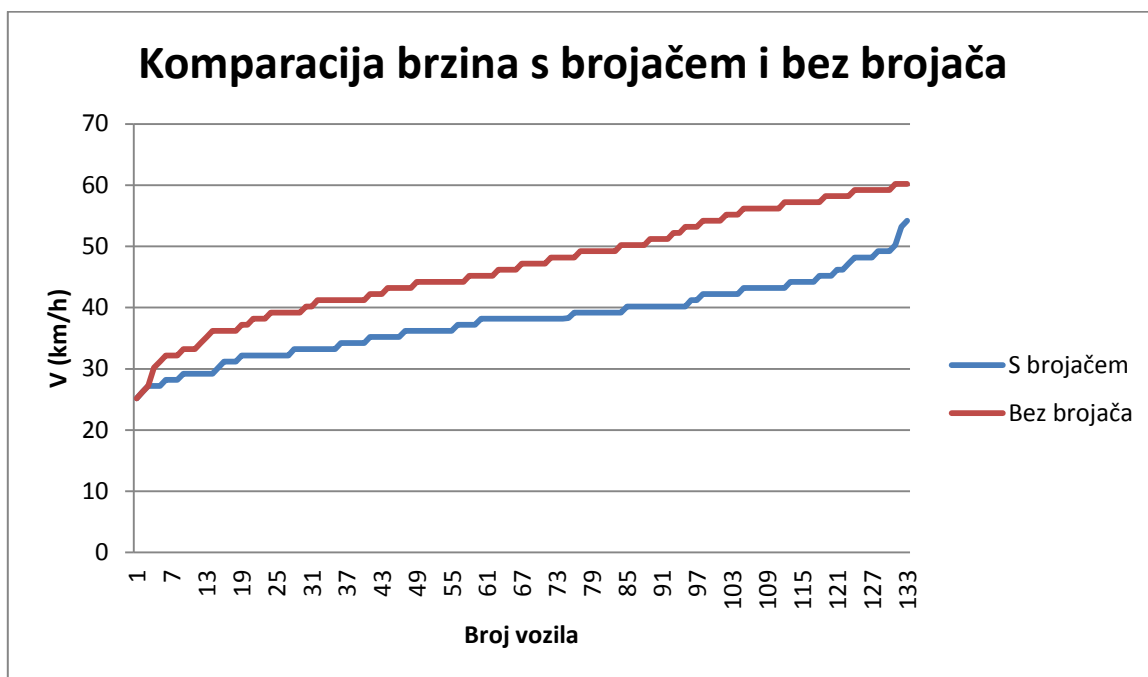
U tablici 10. prikazana je komparativna analiza dva promatra raskrižja s brojačem vremena i bez brojača. Na oba raskrižja je ista zakonski dopuštena brzina koja iznosi 50 km/h. Iz tablice 10. je vidljivo da su na oba promatrana raskrižja iste minimalne brzine, dok kod drugih vrijednosti dolazi do povećih odstupanja. Razlike između maksimalne brzine i ostalih brzina su znatno veće na raskrižju bez postavljenih brojača vremena na semaforima. Isto tako veći je postotak vozila koja su se kretala brzinom iznad dopuštene brzine na raskrižju bez postavljenih brojača vremena.

Tablica 10: Komparacija izmjerenih brzina na raskrižju s brojačem i raskrižju bez brojača

	S brojačem	Bez brojača
Vmin (km/h)	25,2	25,2
Vmax (km/h)	54,2	76,2
V ₈₅ (km/h)	44,7	57,5
Vprosječna (km/h)	38	48,9
Vdop (km/h)	50	50
% vozila koja se kreću brzinom iznad ograničenja (dopuštena brzina)	2,3%	45%

U grafikonu 7. brzine su poredane od najmanje prema najvećoj brzini. Iz grafikona je vidljivo da su brzine prilikom kretanja vozila nakon pojave zelenog svjetla veće na raskrižju bez postavljenih brojača vremena. Brzine prilikom prolaska vozila raskrižjem su veće na raskrižju bez postavljenih brojača vremena. Brzine vozila na raskrižju bez brojača veće su za vrijeme intervala žutog svjetla u odnosu na raskrižja s postavljenim brojačem. Razlog dobivenih rezultata ovisi o nekoliko faktora. Na raskrižjima gdje nema postavljenih brojača vremena, vozači najčešće naglo pokreću vozilo kada im se pojavi crveno – žuti signalni pojam. Na raskrižjima gdje su postavljeni brojači, vozači su opušteniji zbog informacije o točnom vremenu trajanja određenog signalnog pojma (zelenog ili crvenog) pa znaju kada će im biti omogućen slobodan prolaz te se mogu unaprijed pripremiti i krenuti ili napustiti raskrižje. Razlog tomu mogu biti i psihološke osobine vozača. Uočeno je da pojedini vozači svojom reakcijom nakon što se približava slobodan prolaz (zeleno svjetlo), prave pritisak na prvog vozača u repu čekanja što dovodi do negativnog efekta, odnosno čestog zastoja zbog nepripremljenosti prvog vozača.

Analizirajući brzinu prilikom završetka zelenog signalnog pojma, dobiveni rezultati dokazuju da je veća brzina kod raskrižja bez postavljenih brojača vremena na semaforima, a razlog je što vozači kada su u blizini raskrižja ubrzavaju kretanje vozilom kako se ne bi morali zaustaviti zbog promjene signalnog pojma odnosno zbog pojave crvenog svjetla. Upravo zbog tog nedostatka, veliku prednost na raskrižju pridonose brojači vremena postavljeni na semaforskim uređajima. Naime prilikom završetka zelenog signalnog pojma, vozač može procijeniti da li će proći raskrižjem trenutnom brzinom pa u tom slučaju ne ubrzava kretanje vozila ili može procijeniti da neće uspjeti proći raskrižjem pa se lagano zaustavlja zbog promjene signalnog pojma (žutog, odnosno crvenog svjetla).



Grafikon 7: Prikaz komparacije izmjerenih brzina s brojačem i bez brojača vremena na semaforskim uređajima

8. ZAKLJUČAK

Komparativnom analizom rezultata istraživanja koje je obavljeno u sklopu diplomskog rada kao i znanstvenih istraživanja koja su obavljena u svijetu, a povezana su s utjecajem brojača vremena na semaforiskim uređajima, moguće je zaključiti da takav način informiranja vozača o preostalom vremenu pojedine faze ima pozitivan i negativan utjecaj na sigurnost motornog i pješачkog prometa.

Pozitivan utjecaj postavljenih brojača preostalog vremena određenog signalnog pojma na semaforu je u činjenici da su brzine kretanja vozila bile manje s čime se povećava i sigurnost. Nadalje na raskrižjima s brojačima preostalog vremena dokazano je da vozači imaju znatno manje zakašnjenje u pokretanju i napuštanju raskrižja s čime je dokazano smanjenje vremena kašnjenja prvog vozila u repu čekanja i smanjenje negativnih psihofizičkih reakcija vozača u repu čekanja prilikom dugih faza na semaforu.

Negativan utjecaj na raskrižjima s brojačima vremena dokazan je u tome što su vozači prijevremeno kretali sa zaustavne linije i to u zadnjim sekundama isteka crvenog signalnog pojma, a što može utjecati na mogućnost nastanka prometne nesreće prilikom ulaska vozila u raskrižje za vrijeme trajanja zaštitnog međuvremena kolizijske vozačke grupe.

Prema takvim rezultatima istraživanja, prije postavljanja brojača preostalog vremena na raskrižja gdje se planiraju postaviti semafori, nužno je potrebno obaviti analizu prometnih tokova, ciljeve i vrste obavljanja prijevozne potražnje, prometno oblikovnih elemenata raskrižja, a prema mogućnostima obaviti i analizu dobi i spol vozača kao i njihove psihofizičke osobine. Uzimajući u obzir probleme u obavljanju takvog istraživanja, nije moguće unaprijed opravdati tezu da će se postavljanjem brojača vremena na određenom raskrižju povećati sigurnost prometa. Ujedno, primjenom navedenih preporuka prije postavljanja brojača vremena nije moguće dati odgovore koji se, osim na sigurnosne elemente, odnose i na opravdanost financijskog ulaganja postavljanja istih. Također, radi smanjenja negativnih utjecaja brojača preostalog vremena bilo bi nužno mijenjati signalne planove kako bi se uskladila zaštitna međuvremena s novonastalim uvjetima.

Osim navedenog važno je naglasiti i problem povezan s načinom i mjestom postavljanja brojača preostalog vremena na semaforiziranim raskrižjima, a povezan je s nedostatnom zakonske regulative uz pomoć koje bi se odredio način i mjesta njihovog postavljanja. Zbog nedefiniranih propisa i pravila o načinu postavljanja takvih uređaja, brojači nemaju pravno značenje i ne spadaju u prometnu opremu i signalizaciju na cestama. To dovodi i do pravne nesuglasice i nedorečenost u slučaju prometne nesreće. Jednako tako, problem je u tome što se brojači preostalog vremena ne mogu postaviti na raskrižjima s adaptivnim vremenima trajanja ciklusa i faza osim na raskrižjima s fiksnim vremenima trajanja ciklusa i faza.

LITERATURA

KNJIGE:

- [1] Golubić, J.: Osnovne tehnike i sigurnosti prometa, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 1997.,
- [2] Cerovac, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2001.,
- [3] Luburić, G.: Sigurnost cestovnog i gradskog prometa I, Radni materijal za predavanje, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb,
- [4] Perotić, V.: Prometna tehnika 1, Škola za cestovni promet, Zagreb, 1994.,
- [5] Legac, I.: Cestovne prometnice I; Fakultet prometnih znanosti; Sveučilište u Zagrebu; 2006.,
- [6] Legac, I.: Raskrižja javnih cesta/Cestovne prometnice II., Fakultet prometnih znanosti; Zagreb, 2008.,

ZAKONI, PRAVILNICI, IZVJEŠĆA:

- [7] Zakon o sigurnosti prometa na cestama (Narodne novine NN 67/08, 48/10, 74/11, 80/13, 158/13, 92/14, 64/15),
- [8] Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama, Narodne novine br. 33/2005,
- [9] Izvješće o stanju i kretanju sigurnosnih pokazatelja u radu Policijske uprave zagrebačke u 2013 godini, Republika Hrvatska, Ministarstvo unutarnjih poslova, Zagreb, 2014.,
- [10] Izvješće o stanju i kretanju sigurnosnih pokazatelja u radu Policijske uprave zagrebačke u 2014, Republika Hrvatska, Ministarstvo unutarnjih poslova, Zagreb, 2015.,
- [11] Izvješće o stanju i kretanju sigurnosnih pokazatelja u radu Policijske uprave zagrebačke u 2015, Republika Hrvatska, Ministarstvo unutarnjih poslova, Zagreb, 2016.,
- [12] Izvješće o stanju i kretanju sigurnosnih pokazatelja u radu Policijske uprave zagrebačke u 2016, Republika Hrvatska, Ministarstvo unutarnjih poslova, Zagreb, 2017.,
- [13] Izvješće o stanju i kretanju sigurnosnih pokazatelja u radu Policijske uprave zagrebačke u 2017, Republika Hrvatska, Ministarstvo unutarnjih poslova, Zagreb, 2018.,

INTERNET IZVORI:

- [14] URL: <https://www.auto-info.hr> (srpanj, 2018.),
- [15] URL: <http://www.vrelegume.rs/test/pneumatici/> (srpanj, 2018.),
- [16] URL: <https://www.boronextrication.com/2010/02/10/2010-chevrolet-cobalt-body-structure-2/> (srpanj, 2018.),
- [17] URL: <http://sinj.semafor-sinj-solin.hr> (srpanj, 2018.),
- [18] URL: <http://www.autoskola-koledz.hr> (srpanj, 2018.),
- [19] URL: <http://www.bstelecom.ba/sistem-upravljanja-prometom/prometno-informacijski-sistem.php> (srpanj, 2018.),
- [20] URL: <https://www.prometna-zona.com/signalizacija/> (srpanj, 2018.),
- [21] URL: <http://m.metro-portal.rtl.hr/dizajniran-novi-semafor-za-pjesake/41306> (srpanj, 2018.),
- [22] URL: <http://autoskola-ispiti.com/prometni-znakovi/> (srpanj, 2018.)
- [23] URL: <http://www.linea.hr/proizvodni-program-prometna-oprema-ceste/1068/k22> (srpanj, 2018.),
- [24] URL: http://www.safety.com.hr/index.php?route=product/product&product_id=916 (srpanj, 2018.),
- [25] URL: <http://www.zagrebacka.policija.hr/MainPu.aspx?id=1299> (srpanj, 2018.),
- [26] URL: <http://elektromodul-promet.hr/izgradnje/traffic-lights/> (kolovoz, 2018.),
- [27] URL: <https://phys.org/news/2017-10-traffic-countdown-timers-driver-responses.html> (kolovoz, 2018.),
- [28] URL: <https://www.google.com/maps> (srpanj - kolovoz, 2018.).

POPIS KRATICA

HCM	(Highway Capacity Manual) priručnik za proračun kapaciteta i razine usluge raskrižja, dionica cesta, javnog gradskog prijevoza te pješačkog i biciklističkog prometa
LED	(Light Emitting Diode) svjetleća dioda
LCD	(Liquid Crystal Display) tekući kristal

POPIS SLIKA

Slika 2.1: Vennov dijagram.....	3
Slika 2.2: Kočni sustav.....	8
Slika 2.3: Upravljački mehanizam	9
Slika 2.4: Poprečni presjek radijalnog pneumatika	10
Slika 2.5: Karoserija vozila	12
Slika 2.6: Utjecaj uvođenja traka za spora vozila na broj prometnih nesreća	15
Slika 4.7: Prometni znakovi opasnosti	25
Slika 4.8: Znakovi izričitih naredbi.....	27
Slika 4.9: Znakovi obavijesti.....	28
Slika 4.10: Znakovi obavijesti za vođenje prometa.....	29
Slika 4.11: Dopunske ploče.....	30
Slika 4.12: Prikaz promjenjivih prometnih znakova	31
Slika 4.13: Puna crta zaustavljanja.....	34
Slika 4.14: Isprekidana crta zaustavljanja	34
Slika 4.15: Otvaranje i zatvaranje prometnog traka za vozila javnog prijevoza	34
Slika 4.16: Graničnik.....	35
Slika 4.17: Pješački prijelaz	35
Slika 4.18: Prijelazi biciklističke staze preko kolnika.....	35
Slika 4.19: Strelice na kolniku	36
Slika 4.20: Polja za usmjeravanje prometa.....	36
Slika 4.21: Crte usmjerivanja	37
Slika 4.22: Primjeri natpisa	37
Slika 4.23: Obilježavanje pješačkog prijelaza u blizini škole	37
Slika 4.24: Oznake za obilježavanje parkirnih mjesta.....	38
Slika 4.25: Primjeri svjetlosni znakova za upravljanje prometom	39
Slika 4.26: Semafori namijenjeni samo pješacima.....	40
Slika 4.27: Semafori za upravljanje tramvajskim prometom	40
Slika 4.28: Znakovi koji označavaju položaj branika ili polubranika	41
Slika 4.29: Znak koji najavljuje približavanje željezničkog vlaka.....	42
Slika 4.30: Svjetlosni znakovi za označavanje radova na cesti i zapreka	42
Slika 4.31: Oprema za označivanje vrha prometnog otoka.....	43
Slika 4.32: Ploče za označavanje zapreka na cesti.....	44
Slika 4.33: Ploča za označavanje zavoja na cesti.....	44
Slika 4.34: Ploča za označavanje bočne zapreke.....	44
Slika 4.35: Stožac	45
Slika 4.36: Signalna ploča s promjenjivim sadržajem.....	45
Slika 4.37: Prikaz opreme za vođenje i usmjerivanje prometa u zoni radova na cesti,.....	46
Slika 4.38: Branici i polubranici.....	46
Slika 4.39: Prometna zrcala.....	47
Slika 4.40: Crvena i zelena zastavica za regulaciju prometa.....	47
Slika 6.41: Brojač vremena na semaforskom uređaju	53

Slika 6.42: Prikaz “zone dileme“	56
Slika 7.43: Prikaz lokacija na kojima je provedeno mjerenje brzine	57
Slika 7.44: Snimanje (mjerenje) brzine na lokaciji 1	58
Slika 7.45: Snimanje (mjerenje) brzine na lokaciji 2	58
Slika 7.46: Uređaj za mjerenje brzine	59
Slika 7.47: Raskrižje Ulica Grada Wirgesa i Ulica kralja Petra Krešimira IV	60
Slika 7.48: Istočni privoz.....	61
Slika 7.49: Zapadni privoz	61
Slika 7.50: Sjeverni privoz	62
Slika 7.51: Južni privoz.....	62
Slika 7.52: Raskrižje Svetonedeljske ulice, Ulice Dobriše Cesarića i Ulice Ivana Gundulića.....	65
Slika 7.53: Istočni privoz.....	67
Slika 7.54: Zapadni privoz	67
Slika 7.55: Sjeverni privoz	68
Slika 7.56: Južni privoz.....	68

POPIS TABLICA

Tablica 1: Broj prometnih nesreća s obzirom na širinu kolnika	14
Tablica 2: Broj prometnih nesreća s obzirom na širinu bankine	14
Tablica 3: Odnos koeficijenta trenja i broja prometnih nesreća	15
Tablica 4: Odnos vrijednosti koeficijenta γ i broja prometnih trakova	20
Tablica 5: Uobičajene duljine ciklusa za određeni broj faza	22
Tablica 6: Broj prometnih nesreća na području Policijske postaje Samobor u razdoblju od	50
Tablica 7: Broj prometnih nesreća na području Policijske uprave zagrebačke u razdoblju od	51
Tablica 8: Odnos ozlijeđenih osoba u prometnim nesrećama na području Policijske uprave	52
Tablica 9: Odnos poginulih osoba u prometnim nesrećama na području Policijske uprave	52
Tablica 10: Komparacija izmjerenih brzina na raskrižju s brojačem i raskrižju bez brojača	71

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1: Prikaz broja prometnih nesreća na području Policijske postaje Samobor u	50
Grafikon 2: Prikaz broja prometnih nesreća na području Policijske uprave zagrebačke	51
Grafikon 3: Grafički prikaz 85 percentilne brzine na raskrižju s postavljenim brojačem	63
Grafikon 4: Grafički prikaz minimalne, maksimalne i dopuštene brzine na raskrižju s	64
Grafikon 5: Grafički prikaz 85 percentilne brzine na raskrižju bez postavljenog brojača	69
Grafikon 6: Grafički prikaz minimalne, maksimalne i dopuštene brzine na raskrižju bez	70
Grafikon 7: Prikaz komparacije izmjerenih brzina s brojačem i bez brojača vremena na	72

METAPODACI

Naslov rada: Analiza utjecaja brojača vremena za vozila na semaforima u funkciji sigurnosti cestovnog prometa

Student: Marko Matešić

Mentor: doc. dr. sc. Rajko Horvat

Naslov na drugom jeziku (engleski): Analysis of the Influence of the Traffic Signal Countdown Timer at the Traffic Light on Vehicle in the Function of Road Traffic Safety

Povjerenstvo za obranu:

- doc. dr. sc. Željko Šarić predsjednik
- doc. dr. sc. Rajko Horvat mentor
- doc. dr. sc. Luka Novačko član
- doc. dr. sc. Marko Šoštarić zamjena

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

Zavod: Zavod za cestovni promet

Vrsta studija: Diplomski studij

Studij: Promet (npr. Promet, ITS i logistika, Aeronautika)

Datum obrane završnog rada: _____



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 utjecaja brojača vremena za vozila na semaforima u funkciji
sigurnosti cestovnog prometa**

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

U Zagrebu, 11.9.2018

Student/ica:

Marko Matezić

(potpis)

