

# Analiza brojača signalnih grupa ciklusa semafora na raskrižju ulice Vilka Novaka i D 510 u gradu Varaždinu u funkciji sigurnosti prometa.

---

**Brletić, Josip**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2019**

*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:119:856116>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-19**



*Repository / Repozitorij:*

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Josip Brletić**

**ANALIZA BROJAČA SIGNALNIH GRUPA CIKLUSA  
SEMAFORA NA RASKRIŽJU ULICE VILKA NOVAKA I D 510  
U GRADU VARAŽDINU U FUNKCIJI SIGURNOSTI  
PROMETA**

**DIPLOMSKI RAD**

**Zagreb, 2019.**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**DIPLOMSKI RAD**

**ANALIZA BROJAČA SIGNALNIH GRUPA CIKLUSA  
SEMAFORA NA RASKRIŽJU ULICE VILKA NOVAKA I D 510  
U GRADU VARAŽDINU U FUNKCIJI SIGURNOSTI  
PROMETA**

**ANALYSIS OF THE TRAFFIC LIGHT SIGNALING GROUP COUNTER  
AT THE INTERSECTION OF VILKA NOVAKA AND D 510 IN THE CITY  
OF VARAŽDIN IN THE FUNCTION OF TRAFFIC SAFETY**

Mentor: doc. dr. sc. Rajko Horvat

Student: Josip Brletić

JMBAG: 0135235781

Zagreb, rujan 2019.

## **SAŽETAK**

Za upravljanje prometom u svrhu ujednačavanja propusne moći, jednolike raspodjele vremena prolaska vozila u odnosu na količinu prometa pojedinih privoza i smanjenja broja kolizionih točaka na raskrižjima, upotrebljavaju se semafori. Međutim dužinom trajanja ciklusa i faza te intervala pojedinog signala može i negativno utjecati na sigurnost prometa na raskrižju u smislu povećanja brzine kretanja i ulaska/prolaska vozača u raskrižje u vremenu kada se interval zelenog svjetla promjeni u žuto odnosno crveno svjetlo ili obratno. Kako se može dogoditi prometna nesreća u se novije vrijeme uz semafora svjetla postavljaju se brojači preostalog vremena pojedine faze. Iako za to ne postoji zakonska osnova, u lokalnim samoupravama sve se više primjenjuje način takav informiranja vozača o preostalom vremenu signalnih grupa ciklusa o trajanju njihovog vremena prikazanih u obliku brojanja vremena u sekundama. U diplomskom radu potrebno je obaviti istraživanje učinkovitosti i utjecaja primjene brojača signalnih grupa ciklusa semafora na propusnu moć i sigurnost cestovnog prometa.

**KLJUČNE RIJEČI:** propusna moć; sigurnost u cestovnom prometu; brojač vremena; semafora uređaj; raskrižje

## **SUMMARY**

Traffic lights are used at traffic intersections to manage traffic for the purpose of equalizing throughput, uniform distribution of vehicle passage time with respect to the amount of traffic of individual transports and reducing the number of collision points. However, the length of cycles and phases and intervals of a single signal can also adversely affect the safety of traffic at an intersection in terms of increasing the speed of movement and entry / passage of a driver at an intersection at a time when the green light interval changes to yellow or red light or vice versa. How can a traffic accident happen in recent times, with traffic lights set the counters of the remaining time of each phase. Although there is no legal basis for this, local governments are increasingly applying a method of informing drivers of the remaining time of signal groups of cycles about the duration of their time displayed in the form of counting time in seconds. In the diploma paper, it is necessary to do research on the efficiency and influence of the use of traffic signal cycle meter on traffic power and road safety.

**KEYWORDS:** Bandwidth; Road Safety; Signal Countdown Timer; Traffic Light Device; Intersection

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. ČIMBENICI SIGURNOSTI PROMETA .....	3
2.1. Čovjek kao čimbenik sigurnosti prometa .....	3
2.1.1. Osobne značajke vozača .....	3
2.1.2. Psihofizičke osobine čovjeka .....	4
2.1.3. Psihomotoričke sposobnosti .....	5
2.1.4. Mentalne sposobnosti .....	5
2.1.5. Obrazovanje i kultura .....	5
2.2. Vozilo kao čimbenik sigurnosti prometa .....	6
2.2.1. Aktivni elementi sigurnosti vozila .....	6
2.2.2. Pasivni elementi sigurnosti vozila .....	10
2.3. Okolina kao čimbenik sigurnosti prometa .....	12
2.3.1. Cesta kao čimbenik sigurnosti prometa .....	12
2.3.2. Čimbenik „promet na cesti“ .....	16
2.3.3. Incidentni čimbenik .....	16
3. NAČINI UPRAVLJANJA PROMETOM NA RASKRIŽJIMA .....	17
3.1. Upravljanje prometom putem ovlaštene osobe .....	18
3.2. Upravljanje prometom prometnim svjetlima .....	22
3.3. Upravljanje prometom prometnim znakovima .....	24
3.3.1. Znakovi opasnosti .....	24
3.3.2. Znakovi izričitih naredbi .....	25
3.3.3. Znakovi obavijesti .....	26
3.3.4. Dopunske ploče .....	27
3.3.5. Promjenjivi prometni znakovi .....	28
3.4. Prometna pravila .....	28
4. ULOGA I ZNAČAJ SEMAFORA ZA UPRAVLJANJE PROMETOM .....	30
NA RASKRIŽJIMA .....	30
4.1. Svjetlosni signali i slijed signala .....	30
4.2. Kriteriji za postavljanje (uporabu) uređaja svjetlosne signalizacije .....	33
4.2.1. Kriterij sigurnost u prometu .....	34
4.2.2. Kriterij kvalitete odvijanja prometa .....	35
4.2.3. Kriterij potrošnja goriva .....	35
4.2.4. Kriterij emisija štetnih plinova .....	35
4.2.5. Kriterij emisija buke .....	35
4.2.6. Kriterij usaglašavanje suprotnosti koje se javljaju zbog postavljenih ciljeva .....	35

5. NAČIN ODREĐIVANJA PROPUSNE MOĆI SEMAFORIZIRANIH RASKRIŽJA ..	37
5.1. Propusna moć raskrižja .....	37
5.2. Zaštitno međuvrijeme .....	39
5.2.1. Pražnjenje vozila.....	41
5.2.2. Pražnjenje biciklista .....	41
5.2.3. Pražnjenje pješaka .....	41
5.2.4. Vrijeme naleta.....	42
6. ANALIZA STANJA SIGURNOSTI NA RASKRIŽJU ULICA VILKA NOVAKA I D 510 .....	43
7. OSNOVNE ZNAČAJKE BROJAČA VREMENA NA SEMAFORIZIRANIM RASKRIŽJIMA.....	47
7.1. Prednosti brojača vremena na semaforiziranim raskrižjima.....	48
7.2. Nedostaci brojača vremena na semaforiziranim raskrižjima.....	48
8. ANALIZA NAČINA I SIGURNOST ODVIJANJA PROMETA NA RASKRIŽJU ULICA VILKA NOVAKA I D 510 SA I BEZ PRIMJENE BROJAČA SIGNALNIH GRUPA CIKLUSA SEMAFORA .....	50
8.1. Rezultati mjerenja brzine vozila sa brojačima vremena.....	51
8.2. Rezultati mjerenja brzine vozila bez brojača vremena.....	52
9. ZAKLJUČAK.....	54
LITERATURA .....	56
POPIS SLIKA .....	57
POPIS GRAFIKONA.....	57

## 1. UVOD

Cestovni promet dio je sveobuhvatnog prometnog sustava koji je značajan čimbenik društvenih zbivanja i predstavlja najzastupljeniji vid masovnog i individualnog prometa.

Raskrižja kao prometne površine na kojima se spajaju, razdvajaju, prepliću i križaju prometni tokovi, najčešći su element cestovne i ulične mreže. Propusna moć raskrižja najčešće određuje i propusnu moć cjelokupne gradske mreže cesta. Na raskrižjima događa se niz konfliktnih radnji s kojima se ugrožava protočnost i sigurnost prometa. Za upravljanje prometom u svrhu ujednačavanja propusne moći, jednolike raspodjele vremena prolaska vozila u odnosu na količinu prometa pojedinih privoza i smanjenja broja kolizijskih točaka, na raskrižjima se upotrebljavaju semafori. Pri tome dužina trajanja ciklusa i broja faza te intervala pojedinog signala mogu također i negativno utjecati na sigurnost prometa na raskrižju u smislu povećanja brzine kretanja vozača u raskrižje u vremenu kada se interval zelenog svjetla promijeni u žuto odnosno crveno svjetlo ili obratno. U novije vrijeme uz semafora svjetla postavljaju se i brojači preostalog vremena pojedine faze kako bi se sudionicima u prometu naznačilo preostalo vrijeme čekanja za promjenu faze. Iako za takvo rješenje ne postoji zakonska osnova, zbog sve većeg broja takvih brojača u gradovima potreba je obavljanja učinkovitosti i utjecaja primjene brojača signalnih grupa ciklusa semafora na propusnu moć i sigurnost cestovnog prometa.

Povećanje propusne moći i sigurnosti prometa na raskrižjima postavljanjem brojača preostalog vremena signalnih grupa koji se nalaze uz semafora svjetla, osnovna je hipoteza diplomskog rada.

Diplomski rad sastoji se od devet poglavlja:

1. Uvod
2. Čimbenici sigurnosti prometa
3. Načini upravljanja prometom na raskrižjima
4. Uloga i značaj semafora za upravljanje prometom na raskrižjima
5. Način određivanja propusne moći semaforiziranih raskrižja
6. Analiza stanja sigurnosti na raskrižju ulica Vilka Novaka i D 510
7. Osnovne značajke brojača vremena na semaforiziranim raskrižjima



8. Analiza načina i sigurnost odvijanja prometa na raskrižju ulica Vilka Novaka i D 510 sa i bez primjene brojača signalnih grupa ciklusa semafora

## 9. Zaključak

U uvodu su prezentirani problemi i osnovne postavke diplomskog rada koje su razrađene u pojedinim poglavljima.

U drugom poglavlju definirani su i objašnjeni temeljni čimbenici koji utječu na sigurnost cestovnog prometa. Najvažniji čimbenici sigurnost cestovnog prometa su čovjek, cesta i vozilo.

U trećem poglavlju opisani su načini upravljanja prometa na raskrižjima.

U četvrtom poglavlju opisana je uloga semafora za upravljanje prometom na raskrižjima te su navedeni kriteriji za postavljanje uređaja svjetlosne signalizacije.

U petom poglavlju opisan je način određivanja propusne moći semaforiziranih raskrižja, a tu spada način proračuna signalnog plana i proračun duljine trajanja zaštitnih međuvremena unutar ciklusa signalnog plana.

U šestom poglavlju opisana je analiza stanja sigurnosti cestovnog prometa na raskrižju ulica Vilka Novaka i D 510.

U sedmom poglavlju opisane su osnovne značajke brojača vremena te su navedene prednosti i nedostaci brojača vremena na semaforiziranim raskrižjima.

U osmom poglavlju opisan je način istraživanja te su prezentirani rezultati istraživanja brojača signalnih grupa ciklusa semafora na raskrižju u gradu Varaždinu. Analiza je obavljena na semaforiziranom raskrižju sa uključenim brojačima i bez brojača na semaforskim uređajima te njihov utjecaj na sigurnost i protočnost vozila.

U zaključku je na temelju rezultata istraživanja predstavljena sinteza svih podataka i informacija, a koji su opširnije obrađeni u analitičkom djelu diplomskog rada.

## **2. ČIMBENICI SIGURNOSTI PROMETA**

Promet je vrlo složena pojava pri kojoj dolazi do mnogih konfliktnih situacija. Kako bi se povećala sigurnost prometa, potrebno je provesti brojne mjere čiji je cilj otklanjanje, odnosno smanjenje opasnosti. Glavna karakteristika cestovnog prometa je sigurnost cestovnog prometa. Ta karakteristika podrazumijeva pouzdanost da svaki sudionik u prometu koji je započeo određeno kretanje ga i završi bez štetnih ili neželjenih posljedica. Cestovni se promet može pojednostavljeno promatrati kroz tri osnovna podsustava [1]:

- čovjek
- vozilo
- okolina (cesta, promet na cesti i incidentni čimbenik)

Kroz ova tri osnovna podsustava (čovjek, vozilo i okolina) uočava se da funkciju upravljanja obavlja vozač, objekt upravljanja je vozilo, a okolina je izvor obavijesti na osnovi kojih se definira stanje sustava.

Čovjek je najvažniji čimbenik sigurnosti u prometu. On upravlja vozilom, odražava cestovnu infrastrukturu, obrazuje sudionike u prometu, provjerava tehničku ispravnost vozila.

### **2.1. Čovjek kao čimbenik sigurnosti prometa**

Čovjek kao vozač u prometu svojim osjetilima prima obavijesti vezane za prilike na cesti te prema prometnim propisima i vozilu određuje način kretanja vozila. Vozač je dio sustava koji na osnovi dobivenih obavijesti donosi odluke i regulira način kretanja vozila. [1]

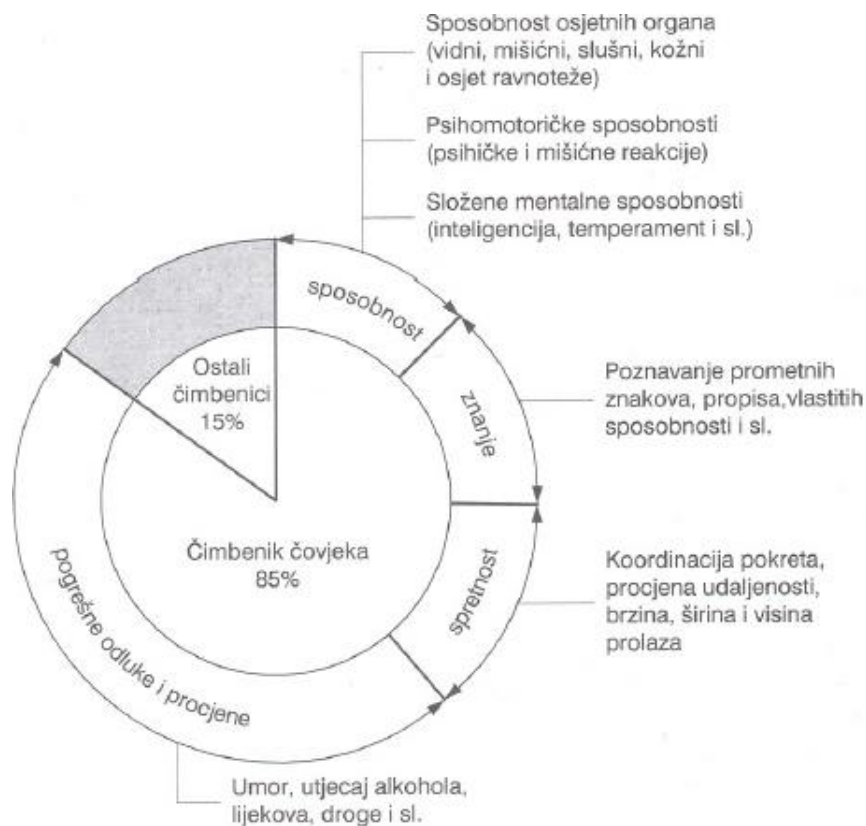
Na ponašanje čovjeka kao čimbenika sigurnosti u prometu utječu [1]:

- osobne značajke vozača
- psihofizička svojstva
- obrazovanje i kultura

#### **2.1.1. Osobne značajke vozača**

Osobnost je organizirana cjelina svih osobina, svojstva i ponašanja kojima se svaka ljudska individualnost izdvaja od svih drugih pojedinaca određene društvene zajednice. Psihički stabilna i skladno razvijena osoba je preduvjet uspješnog i sigurnog odvijanja prometa. [1]

Pojmom osobe u užem smislu mogu se obuhvatiti ove psihičke osobine: sposobnost, stajališta, temperament, osobne crte, karakter. [1] Na slici 1. je prikazano što sve dotične osobine obuhvaćaju.



Slika 1. Značajke čovjeka u sigurnosti prometa, [1]

## 2.1.2. Psihofizičke osobine čovjeka

Psihofizičke osobine vozača znatno utječu na sigurnost prometa. Pri upravljanju vozilom dolaze posebno do izražaja sljedeće psihofizičke osobine [1]:

- funkcije organa osjeta
- psihomotoričke sposobnosti
- mentalne sposobnosti

Zamjećivanje okoline omogućuju organi osjeta koji putem fizikalnih i kemijskih procesa obavješćuju o vanjskom svijetu i promjenama unutar tijela. [1]

Za upravljanje vozilom važni su osjeti [1]:

- vida
- sluha
- ravnoteže
- mišićni

- mirisa

### **2.1.3. 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 [1]:

- brzina reagiranja
- brzina izvođenja pokreta rukom
- sklad pokreta i opažanja

Brzina reagiranja, tj. vrijeme reagiranja vozača je vrijeme koje prođe od trenutka pojave nekog signala ili neke određene situacije do trenutka reagiranja nekom komandom vozila. Tako se na primjer, pri naglom kočenju vrijeme reagiranja odnosi na razdoblje od pojave kritične situacije do aktiviranja uređaja za kočenje. [1]

Brzina izvođenja pokreta rukom dolazi do izražaja pri nagloj promjeni smjera vožnje. [1]

Sklad pokreta i opažanja dolazi do izražaja kad je velik broj vozila na malom prostoru. Ta koordinacija pokreta i opažanja dolazi do izražaja i pri parkiranju na uskom prostoru.[1]

### **2.1.4. Mentalne sposobnosti**

Mentalne sposobnosti su mišljenje, pamćenje, inteligencija, učenje. Osoba s razvijenim mentalnim sposobnostima bolje upozna je 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. [1]

### **2.1.5. Obrazovanje i kultura**

Vozač koji je stekao određeno obrazovanje poštuje prometne propise i odnosi se ozbiljno prema ostalim sudionicima u prometu. [1]

Tijekom vožnje takav se vozač ne nameće drugima, nego nastoji pomoći ostalim vozačima kako bi se izbjegla prometna nesreća. [1]

Učenjem se postiže znanje koje je nužno za normalno odvijanje prometa. [1]  
Tu se može ubrojiti [1]:

- poznavanje zakona i propisa o reguliranju prometa

- poznavanje kretanja vozila
- poznavanje vlastitih sposobnosti

## **2.2. Vozilo kao čimbenik sigurnosti prometa**

Vozilo je prijevozno sredstvo namijenjeno prijevozu ljudi i tereta, a može se kretati pravocrtno ilikrivocrtno jednolikom brzinom, ubrzano ili usporeno. Elementi vozila koji utječu na sigurnost prometa mogu se podijeliti na aktivne i pasivne. U aktivne elemente sigurnosti mogu se ubrojiti ona tehnička rješenja vozila čija je zadaća smanjiti mogućnost nastanka prometne nesreće, dok se u pasivne elemente mogu ubrojiti rješenja koja imaju zadaću, u slučaju nastanka prometne nesreće, ublažiti njezine posljedice.[1]

### **2.2.1. Aktivni elementi sigurnosti vozila**

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
- usmjerivači zraka (spojleri)
- uređaji za grijanje, hlađenje i provjetravanje unutrašnjosti vozila
- vibracije vozila
- buka

Uređaji za kočenje služe za usporavanje kretanja vozila ili za potpuno zaustavljanje. Kočnice su jedan od najvažnijih uređaja na vozilu, bitan za sigurnost prometa. Vozilo mora imati dvije potpuno nezavisne kočnice: ručnu i nožnu. Za sigurnost prometa važnija je nožna kočnica jer djeluje na sve kotače neposredno. Više je načina kočenja: kočenje s pomoću disk kočnica, kočenje s pomoću bubnja i mješoviti sustav (kod kojeg su na prednjim kotačima disk-kočnice, a na stražnjim se koči s pomoću bubnja). Disk-kočnice su djelotvornije pri naglom kočenju i danas se najviše ugrađuju. Pri laganom kočenju učinkovitije su bubanj-kočnice. [1]

Najveća opasnost za sigurnost prometa pri naglom kočenju je blokiranje kotača jer se pritom gubi oko 60 posto sile kočenja. Ako su blokirani prednji kotači, ne

može se upravljati vozilom, a pri blokiranju stražnjih kotača vozilo se zanosi. Da bi se spriječilo blokiranje kotača, na vozila se ugrađuju uređaji koji ograničuju veličinu sile kočenja na vrijednost pri kojoj još ne nastaje blokiranje. [1]

Uređaji za kočenje i dodatni servouređaji omogućuju sigurnu vožnju. Do prestanka rada tih uređaja obično dolazi zbog lošeg održavanja. [1]

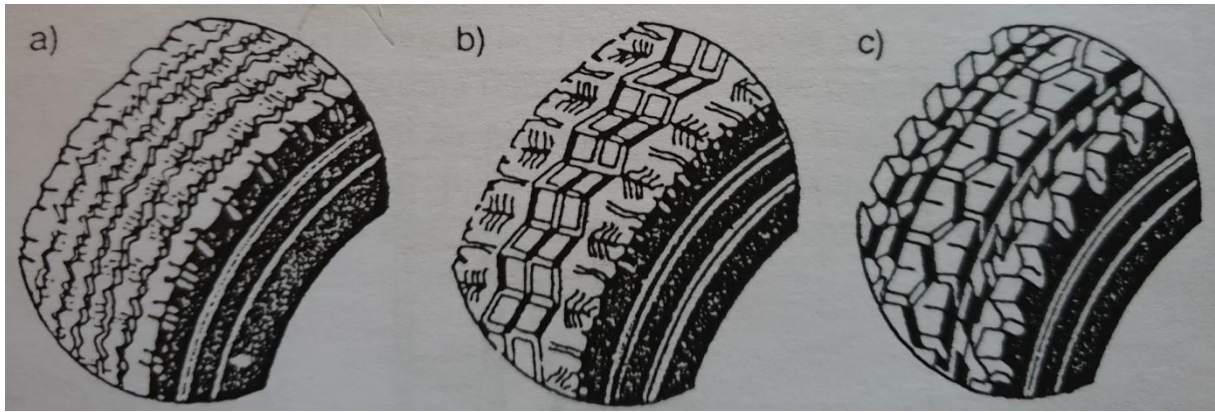
Jedan od uzroka prometnih nesreća može biti neispravnost upravljačkog mehanizma. To se može dogoditi zbog velike zračnosti u pojedinim elementima upravljačkog mehanizma, zbog loma nekih dijelova ili zbog neispravnosti sigurnosne brave upravljačkoga kola (volana) koja može sama od sebe zaključati kolo i spriječiti njegovo okretanje. Stoga je potrebno na vrijeme mijenjati istrošene dijelove upravljačkog mehanizma. [1]

Pneumatici posebno utječu na sigurnost prometa. Njihova je zadaća postizanje što boljeg prianjanja između kotača i podloge. Za sigurnu vožnju važno je da guma ima dobar gazni sloj (dobar narez). Dubina nareza ne smije biti manja od jednog milimetra za osobna i dva milimetra za teretna vozila i autobuse. [1]

Pneumatici se dijele na dijagonalne i radijalne. Prednosti radijalnih guma pred dijagonalnim su sljedeće [1]:

- za vrijeme vožnje manje se griju, a vijek trajanja im je dulji
- bolje je iskorištenje snage motora pri većim ubrzanjima
- bolja je stabilnost vozila
- kraći je put kočenja
- smanjuju potrošnju goriva
- za kojih 25% su sigurnije na mokroj cesti i omogućuju lakše upravljanje vozilom.

Na slici 2. prikazana su tri tipa pneumatika s obzirom na izvedbu nareza (protektora). Na slici 2.a) i 2.b) su profili s gušćim rebrima koji su pogodni za klizavu podlogu, a na slici 2.c) je profil s rjeđim rebrima za zimske uvjete. [1]



Slika 2. Tri tipa pneumatika s obzirom na izvedbu nareza (protektora), [1]

Još veće prednosti imaju niskoprofilne radijalne gume, koje zbog manje visine smanjuju visinu težišta vozila pa je vozilo stabilnije. [1]

Svjetlosno-signalnim uređajima osvjetljava se cesta pred vozilom, označuje položaj vozila na kolniku ceste i daju se odgovarajući signali. Na prednjoj strani vozila su duga svjetla, oborena svjetla, svjetla za maglu, prednja svjetla za označivanje vozila i pokazivači smjera. Na stražnjoj strani vozila su stop-svjetla, stražnja svjetla za označivanje vozila, pokazivači smjera, svjetlo za osvjetljivanje registarske pločice i za vožnju unatrag. [1]

Duga svjetla služe za rasvjetljenje ceste i signalizacije. Svjetlosni snop je bijele ili žute boje, duljine 100 metara. Oborena (srednja) svjetla ili svjetla za mimoilaženje također su bijele ili žute boje, duljine 40 do 80 metara, a svjetlosni snop je oboren koso prema dolje. [1]

Među uređaje koji povećavaju vidno polje vozača ubrajaju se [1]:

- prozorska stakla na vozilu
- brisači i perači vjetrobrana
- vozačka zrcala (retrovizori).

Vjetrobranska i bočna prozorska stakla moraju biti prozirna i ne smiju iskrivljavati sliku. Obojena prednja stakla su pogodna jer smanjuju zaslepljivanje i toplinu, ali smanjuju i vidljivost. [1]

U lošim vremenskim uvjetima nužna je uporaba brisača. Oni čiste znatno manju površinu od površine vjetrobranskog stakla. Oscilacije brisača mogu biti od 2 do 30 u minuti. Vozila su sve češće opremljena i brisačima na stražnjem staklu i na farovima. Pri onečišćenim staklima na farovima jačina svjetla se smanjuje i do 50%. [1]

Vozačka zrcala omogućuju vozaču praćenje prometa iza vozila. Zrcala moraju biti pravilno namještena kako bi osigurala maksimalnu preglednost ceste iza vozila. Loše namještena vozačka zrcala čest su uzrok prometnih nesreća. Nosač zrcala mora biti izveden u obliku zgloba koji omogućuje namještanje. Vozila bi morala imati tri zrcala, i to jedno u unutrašnjosti vozila i po jedno izvana, sa svake strane vozila. [1]

Sjedalo u vozilu mora biti konstruirano tako da omogućuje udobno sjedenje, da pridržava vozača pri djelovanju centrifugalne sile u zavoju, da omogućuje dobru vidljivost i da je optimalno udaljeno od uređaja za komandu vozila. Sjedalo mora biti konstruirano tako da se može lako namještat i u horizontalnom i vertikalnom smjeru. [1]

Usmjerivači zraka su dijelovi školjke vozila čija je zadaća smanjivanje otpora zraka i povećanje stabilnosti vozila pri velikim brzinama. Smanjenjem otpora zraka povećava se brzina vozila a smanjuje potrošnja goriva. Pri velikim brzinama smanjuje se težina prednjeg djela vozila, pa ugradbom usmjerivača zraka zrak pritišće na prednji dio školjke. Osim toga, oni se koriste za skretanje zraka preko krova na stražnje staklo, koje je zbog toga čistije. Loše postavljen usmjerivač zraka može, na primjer, smanjiti otpor zraka, a negativno djelovati na uzgon ili obratno. [1]

Grijanje, hlađenje i provjetravanje važno je za radnu sposobnost vozača, a time i za sigurnost prometa. Već pri temperaturi nižoj od 13 stupnjeva i višoj od 30 stupnjeva radna sposobnost čovjeka opada. Zimi, naročito pri vožnji u gradu, unutrašnjost vozila nije dovoljno grijana, a ljeti je zagušljivo i prevruće. Stoga je potreban dobar uređaj za provjetravanje i grijanje. Srednja temperatura u vozilu trebala bi zimi biti od 17 stupnjeva do 22 stupnja, a ljeti do 28 stupnjeva. Uređaji za grijanje u većini su vozila izvedeni tako da istovremeno služe i za provjetravanje i za hlađenje. Grijanje se podešava promjenom brzine ventilatora, a topao zrak se usmjeruje na vjetrobranska stakla, čime se sprečava njihovo zamrzavanje i zamagljivanje. [1]

Vozilo je vrlo složen oscilatorni sustav. U njemu su i putnici i vozač djelomično izolirani od izravnog djelovanja vibracija s pomoću naslona i sjedala, a vibracije se prenose putem stopala na ostale dijelove tijela. [1]

Intenzivna buka djeluje na živčani sustav i na unutarnje organe. Ona izaziva glavobolju, vrtoglavicu i razdražljivost te smanjuje radnu sposobnost vozača. Djelovanje buke iznad 80 dB štetno je za organe sluha. Buka koja nastaje uz sjedalo



vozača autobusa iznosi 100 do 115 dB. U prostoru za putnike ne bi smjela prelaziti 70 dB. Primjenom akustične izolacije između prostora za smještaj motora i prostora za putnike buka se može smanjiti već konstrukcijom vozila.[1]

### **2.2.2. Pasivni elementi sigurnosti vozila**

U pasivne elemente sigurnosti vozila mogu se ubrojiti [1]:

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

Školjka je namijenjena za smještaj vozača i putnika, a pričvršćena je za okvir (šasiju). U novijim tipovima vozila izvedena je kao samonosiva konstrukcija. Školjka je sastavljena od velikog broja dijelova koji su od tehnološki različitog materijala. Ona mora biti elastična, čvrsta, otporna na udar, savijanje i lom te aerodinamičkog oblika. [1]

Školjka se sastoji od tri dijela[1]:

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

Srednji dio školjke koji služi za smještaj putnika, treba biti što kraći u odnosu na prednji i stražnji dio.

Vrata moraju izdržati sve vrste udarnog opterećenja i spriječiti savijanje školjke. Vrata moraju izdržati sve vrste udarnog opterećenja i spriječiti savijanje školjke. Na njima mora biti ugrađen sustav blokiranja protiv otvaranja u trenutku udara koji će istovremeno omogućiti lako otvaranje vrata radi spašavanja ozlijeđenih. Ispitivanja su pokazala da su najbolja klizna pomična vrata koja naliježu s vanjske strane jer povećavaju krutost srednjeg dijela. Nedostatak im je što se u slučaju sudara iskrivljuju klizači na koje vrata naliježu pa se ona ne mogu otvoriti. [1]

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. Primjenom sigurnosnih pojaseva smanjuje se broj teže ozlijeđenih tri puta, a broj smrtno stradalih 60%. Sigurnosni pojasevi koji se danas upotrebljavaju mogu zaštititi putnika pri čelnom sudaru pri brzini 80 km/h, a inače može doći do ozljeda sa smrtonosnim posljedicama već pri brzini 25 km/h. [1]

Sigurnosni pojas sastoji se od[1]:

- remena širine najmanje 43 mm koji dopušta malo pomicanje naprijed, ali ne smije biti elastičan da odbaci putnika natrag te tako izazove ozljede kralježnice i vrata;
- spojnice za pričvršćivanje remena (moraju biti dovoljno jake, a spojevi ne smiju imati oštrih rubova);
- kopče za vezivanje (moraju biti što jednostavnije konstrukcije).

Uz „Y“ pojas, koji se najviše upotrebljava, postoji „H“ pojas koji pruža maksimalnu zaštitu, a rabi se u zrakoplovstvu i na vozilima za trke. Ugrađen je u sjedalo vozila, a pri sudaru ravnomjerno raspoređuje pritisak na tijelo, pa je mogućnost ozljeda svedena na najmanju mjeru. Nedostatak je tog pojasa što ga se vozač teško može osloboditi kad je to potrebno učiniti. [1]

Pri svim naletima vozila tijelo je jače pritisnuto na sjedalo zbog naglo nastalog ubrzanja. Pri iznenadnom udaru u stražnji dio vozila glava se pokreće unatrag te može doći do ozljede vrata i vratnih kralježaka. Stoga se u vozila ugrađuju nasloni za glavu čija je zadaća, podupiranjem glave i vrata, rasteretiti vratne kralješke. Sigurnosni naslon za glavu treba, prema europskim normama, izdržati silu od najmanje 1000 N.[1]

Vjetrobranska stakla uzrok su oko 90% svih ozljeda glave, pa pri konstrukciji vozila treba nastojati povećati razmak između putnika i vjetrobranskog stakla. Nosači vjetrobranskog stakla trebali bi biti lakše konstrukcije kako bi se u slučaju naleta vozača ili putnika lako deformirali i na taj način smanjili mogućnost nastanka ozljeda. U slučaju loma, prednost imaju kaljena i višeslojna stakla. Kaljeno staklo se razbija u sitne komadiće s više tupih rubova. Nosač zrcala treba također obložiti savitljivim limom da u slučaju sudara ne izazove ozljede putnika. [1]

Položaj motora u prednjem dijelu najbolje je rješenje jer u sudaru motor preuzima najveći dio kinetičke energije te na taj način štiti srednji dio gdje se nalaze

putnici. Ako je motor u stražnjem dijelu, spremnik za gorivo obično je u prednjem. Rezervni je kotač najbolje smjestiti u prednji dio jer se smanjuje oštećenja motora i štiti srednji dio vozila. Akumulator ne smije biti u istom prostoru sa spremnikom za gorivo jer je samozapaljiv. Također ne smije biti smješten u srednjem dijelu.[1]

Zadaća je odbojnika da pri sudaru apsorbiraju dio kinetičke energije. Pričvršćuju se na prednju i stražnju stranu vozila, a trebali bi, po mogućnosti, biti opremljeni gumenim elementima. Odbojnici s ugrađenim amortizerima mogu ostati ne deformirani pri čelnim sudarima do brzine 20 km/h. U posljednje vrijeme izrađuju se odbojnici od posebne vrste plastike koji su, zbog svojih značajki (mala težina, ne podliježu koroziji, ne deformiraju se pri sudaru pri malim brzinama) bolji nego čelični odbojnici.[1]

Sigurnosni zračni jastuk djeluje automatski u trenutku sudara. U vremenu od dvadeset šest tisućina sekunde zračni jastuk biva izbačen iz upravljačkoga kola ili prednjeg dijela vozila i naglo se puni plinom (dušikom) da bi mekano dočekaio tijelo putnika. Tako napunjen jastuk ostaje oko pola sekunde, a onda izlazi plin. Stoga zračni jastuk ne pruža zaštitu pri drugom udaru ili od posljedica prevrtanja. Pri automatskom napuhivanju čuje se prasak - zvučna eksplozija, što dosta neugodno djeluje na vozača i putnika.[1]

### **2.3. Okolina kao čimbenik sigurnosti prometa**

U ovom diplomskom radu pod pojmom „okolina“ podrazumijevaju se cesta, promet na cesti i incidentni čimbenik kao relevantni utjecajni čimbenici za sigurno odvijanje cestovnog prometa. [1]

#### **2.3.1. Cesta kao čimbenik sigurnosti prometa**

Tehnički nedostaci ceste često su uzrok nastanka prometnih nesreća, a oni mogu nastati pri projektiranju cesta i pri njihovoj izvedbi. [1]

Cestu kao čimbenik sigurnosti prometa obilježuju [1]:

- trasa ceste
- tehnički elementi ceste
- stanje kolnika
- oprema ceste
- rasvjeta ceste
- križanja

- utjecaj bočne zapreke
- održavanje ceste

Trasa ceste pripada u vrlo značajan element sigurnosti. Naime trasom ceste određuje se smjer i visinski položaj ceste. Trasa ceste sastoji se od pravaca, zavoja i prijelaznih krivulja, a ti elementi trebaju biti izabrani tako da omogućuju sigurno kretanje vozila pri određenoj računskoj brzini. Trasa ceste treba biti homogena, odnosno omogućivati jednoličnu brzinu kretanja vozila. Svaka nagla promjena brzine može uzrokovati prometnu nesreću. Zavoji minimalnog polumjera mogu biti uzrok prometnih nesreća ako su izvedeni nakon dugih pravaca, jer ih vozač ne očekuje. Duljine pravaca i zavoja treba međusobno uskladiti. Kratak pravac između dvaju zavoja i kratki zavoj između dugih pravaca djeluje kao lom. Košaraste „jajaste“ zavoje treba izbjegavati jer oni uzrokuju nesigurnu vožnju. Osim tehničke sigurnosti, potrebno je osigurati i psihološku sigurnost, koja ovisi o tome kako navozača djeluje okolni teren. Psihološka se sigurnost može postići pravilnim vođenjem trase ceste, oblikovanjem kosina usjeka, nasipa i zasjeka te sadnjom raslinja. Da bi se povećala sigurnost prometa, potrebno je postići dobro optičko vođenje trase ceste. Na suvremenim cestama optičko vođenje postiže se rubnim trakovima ili rubnim crtama, ogradama i slično. Na cestama s dvosmjernim prometom, zbog nedovoljne preglednosti daljeg toka ceste, na konveksnim prijelomima i pri nepreglednim horizontalnim zavojima uvode se srednji razdvojni trakovi. Njima se postiže veća sigurnost vožnje i bolje optičko vođenje trase ceste. [1]

Tehnički elementi ceste važni su čimbenici sigurnosti prometa. Naše su ceste najčešće izvedene s kolnikom s po dva prometna traka. Npropisna širina kolnika velika je opasnost za sigurnost prometa, naročito pri prolasku teretnih vozila. Na cestama za mješoviti promet biciklisti izazivaju veliki broj prometnih nesreća. Stoga je potrebno predvidjeti biciklističke staze u predjelima gdje je razvijen biciklistički promet. Rubni trakovi omogućuju bolje iskorištenje površine kolnika. Njihovom izradbom povećava se sigurnost prometa zbog povoljnog psihološkog djelovanja na vozača. Istraživanja su pokazala da se broj prometnih nesreća naglo povećava u zavojima čiji je polumjer manji od 150 metara. Horizontalna preglednost ovisi o polumjeru zavoja i o zaprekama koje se nalaze uz slobodni profil ceste. Vertikalna preglednost ovisi o polumjeru vertikalnog zaobljenja kod konveksnog prijeloma nivelete, a njena duljina se izračunava za slučaj sigurnoga kočenja vozila. Između

pravca i zavoja izvode se prijelazne krivulje. Uzdužni nagib mora biti takav da ne zahtijeva čestu promjenu brzine. [1]

Loše stanje kolnika može znatno utjecati na sigurnost prometa. Velik broj prometnih nesreća nastaje zbog smanjenoga koeficijenta trenja između kotača i kolnika te zbog oštećenja gornje površine kolnika, odnosno pojavom udarnih rupa. Za sigurnu vožnju nužno je dobro prijanjanje između kotača i zastora. Dobrim prijanjanjem sprječava se klizanje vozila, bilo u uzdužnom ili u poprečnom smjeru. Udarne rupe nastaju zbog dotrajalog zastora, njegove slabe kvalitete, lošeg održavanja i posljedica smrzavanja. Kiša djeluje nepovoljno na sigurnost prometa, a najopasnija je prva kiša koja zajedno s prašinom i s blatom stvara skliski sloj između kotača i kolnika što smanjuje koeficijent prijanjanja na četvrtinu ili čak šestinu njegove vrijednosti. [1]

Opremu ceste čine: prometni znakovi, kolobrani, ograda, živice, smjerokazi, „mačje oči“, kilometarske oznake, snjegobrani i vjetrobriani. Dobrom opremom povećava se sigurnost vozača što je posebno važno pri velikim brzinama i velikoj gustoći prometa. Prometni znakovi su najvažniji elementi opreme ceste. Kolobrani su niski kameni stupići koji se nalaze na starim cestama, u razmaku 5 do 10 metara, sa vrhom zadržavanja vozila u slučaju skretanja s kolnika. Danas se umjesto kolobrana ugrađuju elastične ograde s čeličnim ili betonskim stupićima spojenim limenim vrpčama. Živice se sade na bankinama u visini od 70 cm kako ne bi smanjivale vidljivost. Smjerokazi su niski stupići koji se postavljaju na razmaku od 50 metara, a služe za bolje označavanje smjera ceste. Da bi vožnja bila sigurnija, osobito noću i za vrijeme magle, ugrađuju se u osi ceste reflektirajuća stakla, odnosno „mačje oči“. Kilometarske oznake obavještavaju vozača o njegovom položaju na cesti. Snjegobrani djeluju najbolje ako propuštaju vjetar. Postavljaju se na udaljenosti od ceste koja mora biti 20-25 puta veća od visine snjegobrana. Vjetrobriani za razliku od snjegobrana ne smiju imati šupljine, a postavljaju se u blizini ruba kolnika.[1]

Dobra rasvjeta ceste nužan je preduvjet za siguran promet jer se veliki dio prometa odvija noću. Dobrom rasvjetom na duljim dijelovima ceste smanjuje se broj prometnih nesreća 30 do 35% u usporedbi s prometnicama koje nisu osvijetljene ili su slabo osvijetljene. [1]

Da bi se povećala sigurnost prometa na opasnim dijelovima ceste i noću, treba osvijetliti cestu prema ovim načelima [1]:

- što viša svjetlosna razina, to bolja vidljivost;

- što veća jednoličnost svjetlosne razine, to bolja preglednost ceste za vozače;
- izvor svjetla mora biti izvan vidnog polja vozača;
- treba isključiti sve žarulje koje blješte;
- svjetiljke treba postaviti što više iznad kolnika na odgovarajućim razmacima kako ne bi nastali tamni pojasevi (sjene).

Veliki broj prometnih nesreća događa se na križanjima i priključnim cestama. Broj prometnih nesreća na križanjima u gradu iznosi 40 do 50% ukupnog broja nesreća. Provedena istraživanja pokazala su da se pri preglednosti na križanju smanjenoj tri puta sigurnost prometa smanjuje deset puta. Posebna opasnost na križanjima su vozila koja skreću ulijevo, te ih pri reguliranju treba posebno odvojiti. [1]

Stalne ili povremene zapreke u blizini ruba kolnika nepovoljno utječe na sigurnost prometa. Trećina vozača pogine zbog udara u stalne zapreke koje se nalaze na bankinama. Isto tako je utvrđeno da na cestama s četiri trake za vožnju, gdje kolnici nisu fizički odvojeni, blizina stalne zapreke utječe tako da je broj nesreća šest puta veći ako je zapreka na udaljenosti 0,3-1,5 metara od ruba kolnika, a ako je zapreka bliže od 0,3 metra, broj nesreća je deset puta veći. Stoga se na bankinama ne smiju postavljati stalne ili povremene zapreke kao što su ograde, drveće, telefonski stupovi, reklamne ploče. Drvoredi kraj ceste su naročito opasni jer su prometne nesreće na takvim dijelovima ceste s vrlo teškim posljedicama. Drvoredi su opasni i zbog toga što se za sunčanih dana brzo smanjuje svjetlost i sjena te to otežava vožnju. [1]

Radovi na održavanju cesta moraju se obavljati redovito i brzo tijekom cijele godine. Tu pripadaju popravci kolničkog zastora, zemljanog trupa ceste, potpornih i obložnih zidova, mostova i propusta, čišćenje kolnika, čišćenje odronjenoga kamenja, zaštita kosina nasipa, usjeka i zasjeka, čišćenje odvodnih kanala. Blato i lišće na kolniku treba odmah ukloniti kako ne bi uzrokovali klizanje vozila zbog smanjenja otpora trenja između kotača vozila i kolnika. Pri redovitom održavanju koje počinje u proljeće, izvode se svi potrebni popravci zastora, čišćenje odvodnih kanala, zamjena dotrajale signalizacije i uređuju se kosine zemljanog trupa. Investicijskim održavanjem uređuju se opasna mjesta, obnavlja se zastor, rekonstruiraju tehnički elementi ceste i slično. Radovi na održavanju i investicijski popravci izvode se tako

da se ne obustavlja promet, nego se dijelovi ceste na kojima se popravci izvode obilježe odgovarajućom signalizacijom kako bi bili na vrijeme uočeni. [1]

### **2.3.2. 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. Prometni znakovi sa svojim simbolima, signalima i dopunskim pločama upozoravaju vozače o prometnim uvjetima i o njihovim obvezama prema tim uvjetima. [1]

### **2.3.3. 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, kao što je 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. [1]

### 3. NAČINI UPRAVLJANJA PROMETOM NA RASKRIŽJIMA

Cestovna raskrižja su točke u cestovnoj prometnoj mreži na kojima se povezivanjem dvije ili više cesta križaju, spajaju ili razdvajaju prometni tokovi. Na prometno opterećenje raskrižja utječe prometno opterećenje cesta koje se križaju na pojedinom raskrižju.

Raskrižja se projektiraju tako da vozačima pomoću vertikalne i horizontalne signalizacije omoguće jednoznačno, pravilno i određeno usmjeravanje vozila.

Vođenje i uređenje prometnih raskrižja definirano je Zakonom o sigurnosti prometa na cestama, uz Zakon u primjeni su i pravilnici poput Pravilnika o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 105/04), kojim je propisana vrsta, oblik, boja, dimenzije, značenje i postavljanje prometnih znakova, opreme i signalizacije na cesti, te Pravilnik o načinu postupanja policijskih službenika u obavljanju poslova nadzora i upravljanja prometom na cestama (NN 141/11).

Na raskrižjima gdje se promet regulira pojedinačnim svjetlosnim signalima, koji rade izolirano za svako križanje, može se upravljati: ručno po fazama, vremenski ustaljeno, poluovisno i ovisno o prometu. Na križanjima na kojima svjetlosni signali rade koordinirano, može se upravljati vremenski ustaljeno ili ovisno o prometu. [1]

Ručno upravljanje prometom provodi radno osoblje, i to u prvom redu kad se pojave netipične situacije u prometu. Ručnim pritiskom na određene tipke aktivira se signal, odnosno određena faza, koji traje prema potrebi, odnosno dok se pritiskom na tipku taj signal ne izmijeni. [1]

Vremenski ustaljeno upravljanje temelji se na fiksnim programima koji se mijenjaju prema unaprijed određenom vremenskom rasporedu, a ne u ovisnosti o trenutačnim prometnim potrebama. [1]

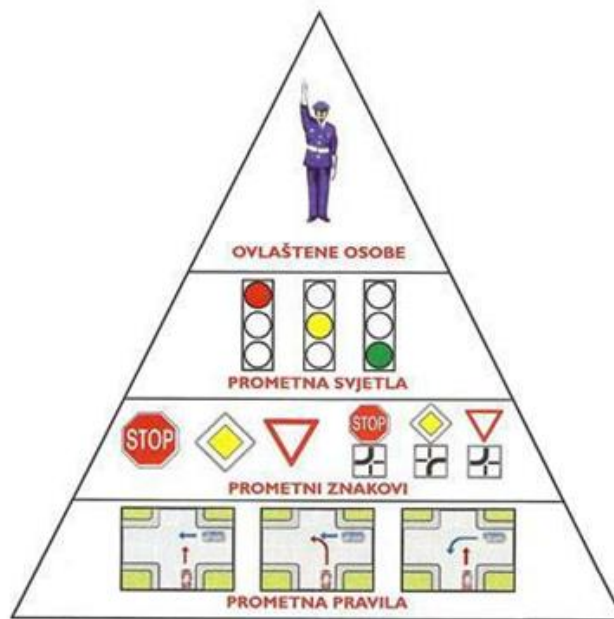
Upravljanje poluovisno o prometu koristi se na križanjima gdje je protok vozila na sporednim pravcima mali. To upravljanje zasniva se na vremenski ustaljenom upravljanju glavnom fazom, koja se ostvaruje u svakom ciklusu, dok se sporedne faze realiziraju samo uz prethodnu detektorsku najavu. U slučaju kad tih najava nema, ukupno vrijeme trajanja sporednih faza prepušta se glavnoj fazi. [1]

Upravljanje ovisno o prometu jest upravljanje prometom na križanju koje obavljaju sami sudionici, dakle vozila i pješaci. Obavijesti o stanju u prometu prikupljaju se s pomoću detektora. Na temelju detektorske najave, signalni uređaj registrira zahtjev za zeleno svjetlo i na temelju tog zahtjeva raspoređuje zeleno



svjetlo po signalnim skupinama u ciklusu. Kada zahtjev za zeleni signal prestane, dozvola za promjenu signala prosljeđuje se sljedećim skupinama u nizu, te ga one mogu realizirati uz pretpostavku da su se prioritetni zahtjevi riješili. Tim načinom upravljanja duljina trajanja zelenog svjetla i duljina trajanja ciklusa mijenjaju se ovisno o trenutnim prometnim zahtjevima. [1]

Kod upravljanja prometom na raskrižju postoji piramida prioriteta prema kojoj se vozači trebaju pridržavati, a ona izgleda ovako:



Slika 3. Značajke čovjeka u sigurnosti prometa, [4]

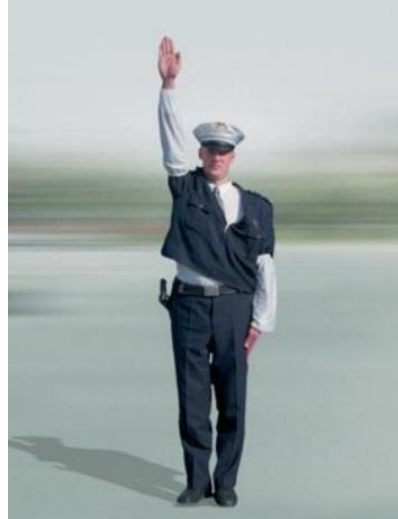
### 3.1. Upravljanje prometom putem ovlaštene osobe

Ovlaštene osobe po piramidi prioriteta kod upravljanja prometom na raskrižju u prednost su pred ostalim oblicima upravljanja prometom, a primjenjuju se u najmanjoj mjeri. Pravilnik o načinu postupanja policijskih službenika u obavljanju poslova nadzora i upravljanja prometom na cestama propisuje uz sve ostalo i upravljanje prometom na raskrižju kako policijskih službenika, tako i prometnih jedinica mladeži i školskih prometnih jedinica.

U slučaju da na raskrižju na kojem se prometom upravlja prometnim svjetlima dolazi do zastoja ili neravnomjernog opterećenja prometnih tokova, policijski službenici i druge ovlaštene osobe mogu upravljati prometom ručnim podešavanjem tih uređaja ili fizički, na način da potpuno isključe uređaj za davanje svjetlosnih signala ili podešavanje istog na način da je uključeno samo žuto trepteće svjetlo.

Znaci koje policijski službenici ili druge ovlaštene osobe daju kod upravljanja prometom na raskrižju su:

- Desna ruka podignuta sa otvorenom šakom i dlanom prema određenom traku označava obavezno zaustavljanje za vozila koja se kreću tim trakom



Slika 4. Obavezno zaustavljanje za sva vozila prema kojima je dlan okrenut, [3]

- Raširene ruke u normalnom stojećem stavu označavaju obavezno zaustavljanje svih sudionika koji dolaze iz smjera u kojem su im okrenuta leđa, odnosno prsa policijskog službenika ili druge ovlaštene osobe, a sudionici u prometu koji dolaze na raskrižje s bočnih strana policijskom službeniku ili drugoj ovlaštenoj osobi imaju pravo prolaska



Slika 5. Ovlaštena osoba s vodoravno ispruženim rukama, [3]

- Desna ruka podignuta okomito s otvorenom šakom i dlanom okrenutim prema lijevo, odnosno prema tijelu ovlaštene osobe označava obavezno zaustavljanje

za sva vozila ispred raskrižja osim za vozila koja se u trenutku davanja znaka ne mogu na siguran način zaustaviti te zabrana prelaska kolnika za pješake



Slika 6. Obavezno zaustavljanje za vozila ispred raskrižja i za pješake, [3]

- Mahanje ispruženom rukom s otvorenom šakom i dlanom okrenutim prema dolje označava da vozač prema kojem se pokazuje ovaj znak mora smanjiti brzinu kretanja vozila



Slika 7. Smanjivanje kretanja brzine vozila, [3]

- Vodoravna ruka savijena u laktu s otvorenom šakom i kružnim kretanjem podlaktice i šake označava da vozač prema kojem se pokazuje ovaj znak mora povećati brzinu kretanja vozila



Slika 8. Povećavanje kretanja brzine vozila, [3]

- Vodoravna ruka s dlanom otvorene šake usmjerenim prema određenome sudioniku označava obavezno zaustavljanje sudionika prema kojem je pokazan ovaj znak



Slika 9. Obavezno zaustavljanje pojedinog sudionika, [3]

- Desna ruka s otvorenom šakom i dlanom okrenutim ulijevo označava zabranu prolaska raskrižjem za sve sudionike čiji smjer kretanja siječe smjer ispružene ruke.

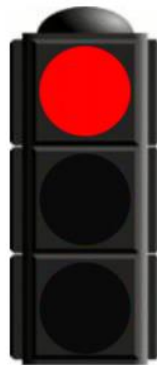


Slika 10. Zabrana prolaska smjerom koji siječe smjer ispružene ruke, [3]

### 3.2. Upravljanje prometom prometnim svjetlima

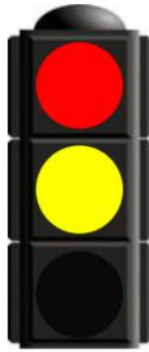
Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama definirani su pojmovi za davanje svjetlosnih znakova kod upravljanja prometom na raskrižju.

- Crveno svjetlo označava zabranu prolaska vozilima koja dolaze na to svjetlo u raskrižju,



Slika 11. Crveno svjetlo, [3]

- Crveno i žuto upaljeno svjetlo nakon crvenog svjetla označuju skori prestanak zabrane prolaska,



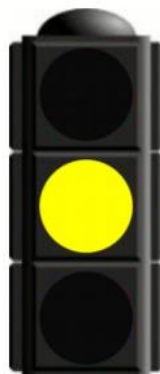
Slika 12. Crveno i žuto svjetlo, [3]

- Zeleno svjetlo mora bit upaljeno kao samostalno svjetlo, a označuje slobodan prolaz vozila. Promjena zelenog svjetla u žuto mora bit najavljena tako da zeleno svjetlo kod završetka faze treptanjem tri puta najavi promjenu,



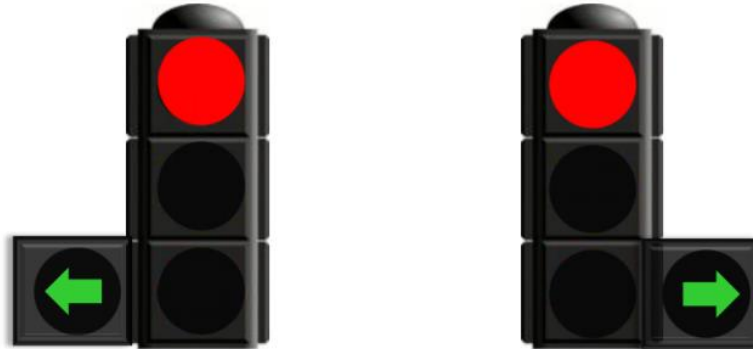
Slika 13. Zeleno svjetlo, [3]

- Žuto svjetlo prije crvenog svjetla označuje zabranu prolaska, osim za vozila koja se u trenutnu pojave žutog svjetla ne mogu na siguran način zaustaviti, a da pritom ne prelaze taj znak,



Slika 14. Žuto svjetlo, [3]

- Dopunska svjetleća strelica označuje slobodan prolaz za vozila koja se imaju namjeru kretati u smjeru označenom zelenom svjetlećom strelicom za vrijeme dok je upaljeno crveno ili žuto svjetlo.



Slika 15. Dopunska svjetla, [3]

### 3.3.Upravljanje prometom prometnim znakovima

Način upravljanja prometom u Republici Hrvatskoj propisan je Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama. Pomoću prometnih znakova sudionike u prometu se upozorava na opasnost koja im prijete na određenoj cesti ili dijelu ceste, ukazuje se ih na ograničenja, zabrane i obveze kojih se trebaju pridržavati i daju im se potrebne obavijesti za nesmetan i siguran tok prometa. Prometni znakovi trebaju bit postavljeni tako da ih sudionici u prometu kojima su namijenjeni mogu na vrijeme uočiti te pravovremeno postupiti u skladu s njihovim značenjem.

U prometne znakove ubrajaju se [1]:

- Znakovi opasnosti
- Znakovi izričitih naredbi
- Znakovi obavijesti
- Dopunske ploče
- Ostali znakovi

#### 3.3.1. Znakovi opasnosti

Znakovi opasnosti imaju oblik istostraničnog trokuta. Osnovna boja im je bijela, a rubovi trokuta su crveni. Simboli na znakovima su crne boje. Znakovi opasnosti postavljaju se u pravilu izvan naselja na udaljenosti od 150 do 250 metara ispred opasnog mjesta, a u naseljima do 150 metara ispred opasnog mjesta. Znak

„Andrijin križ“ ima krakove duljine 100 cm, širine 12 cm, a postavlja se samo na prijelazima ceste preko željezničke pruge u razini koji su potpuno nezaštićeni ili koji su zaštićeni samo uređajima za davanje svjetlosnih i zvučnih signala bez branika ili polubranika. [1]



Slika 16. Znakovi opasnosti, [4]

### 3.3.2. Znakovi izričitih naredbi

Znakovi izričitih naredbi imaju oblik kruga, a upozoravaju sudionike u prometu na cesti na zabrane, ograničenja i obveze. Osnovna boja znakova zabrane odnosno ograničenja je bijela, a znakova obveze plava. Simboli i natpisi na znakovima zabrane i ograničenja crne su boje, a na znakovima obveze bijele boje. Postavljaju se neposredno ispred mjesta za koje vrijedi naredba. [1]





Slika 17. Znakovi izričitih naredbi, [4]

### 3.3.3. Znakovi obavijesti

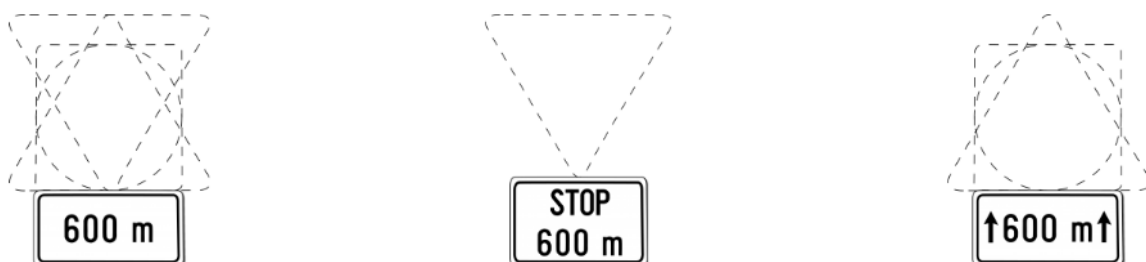
Znakovi obavijesti imaju oblik kvadrata, pravokutnika ili kruga. Osnovna boja je žuta sa simbolima crne boje, odnosno plave i natpisima bijele ili crne boje. U posebnim slučajevima može se upotrijebiti i crvena boja, ali ona ne smije prevladavati na znaku. Ti se znakovi postavljaju na građevine ili dijelove ceste na koje se znak odnosi. [1]



Slika 18. Znakovi obavijesti, [4]

### 3.3.4. Dopunske ploče

Mogu se postaviti uz prometne znakove. Njihova širina ne smije biti veća od širine prometnog znaka, a visina ne smije biti veća od pola širine. Osnovna boja je bijela, a boja natpisa i simbola na dopunskoj ploči crna. [1]



Slika 19. Dopunske ploče, [5]

### 3.3.5. Promjenjivi prometni znakovi

Primjenjuju se u suvremenom prometu. Prilagođeni su trenutačnim prometnim potrebama, a daju obavijesti o brzini, smjeru i o uvjetima na određenom dijelu ceste. Oni se mogu izvesti u obliku okretnih lamela, okretnih prizmi, pomičnih traka, optičkih vlakna, svjetlosnih polja, svjetlećih dioda i tekućih kristala. Postavljaju se nekoliko puta za redom. Uporabom takvih znakova znatno se smanjuje broj prometnih nesreća na autocestama gdje se vozi velikim brzinama. [1]



Slika 20. Promjenjivi prometni znakovi, [6]

### 3.4. Prometna pravila

Prometna pravila kao način upravljanja prometom na raskrižju primjenjuje se na raskrižjima gdje upravljanje prometom na raskrižju nije regulirano prometnim svjetlima ili gdje prometom ne upravlja policijski službenik ili drugo odgovorna osoba, na raskrižjima gdje postoje prometni znakovi, dopunske ploče sa prikazanim smjerom glavne ceste, te se primjenjuju na cestama gdje ne postoji niti jedan od navedenih oblika upravljanja prometom na raskrižju.

Pravila propuštanja vozila i prednost prolaska [7]:

- Na raskrižju cesta iste važnosti ili u susretu s drugim vozilom vozač je dužan propustiti vozilo koje nailazi s njegove desne strane,
- Vozač vozila koji skreće ulijevo dužan je propustiti vozilo koje, dolazeći iz suprotnog smjera, zadržava smjer svog kretanja ili skreće udesno, osim ako postavljenim prometnim znakom nije drukčije određeno,
- Iznimno, od odredaba stavka 1. i 2. ovog članka na raskrižju ili pri susretu s vozilom koje se kreće po tračnicama vozač je dužan propustiti takvo vozilo bez obzira s koje strane dolazi, osim ako postavljenim prometnim znakom nije drukčije određeno,

- Vozač koji ulazi vozilom na cestu koja je prometnim znakom označena kao cesta s prednošću prolaska dužan je propustiti sva vozila koja se kreću tom cestom,
- Vozač je dužan propustiti sva vozila koja se kreću cestom na koju ulazi i kada ta cesta nije prometnim znakom označena kao cesta s prednošću prolaska, ako vozilom ulazi sa ceste bez suvremenog kolničkog zastora na cestu sa suvremenim kolničkim zastorom,
- Vozač koji pri skretanju presijeca biciklističku stazu ili traku koja se pruža uzduž kolnika kojim se kreće, dužan je propustiti bicikle koji se kreću po biciklističkoj stazi ili traci u istom ili suprotnom smjeru.

## 4. ULOGA I ZNAČAJ SEMAFORA ZA UPRAVLJANJE PROMETOM NA RASKRIŽJIMA

U gradovima se zbog vršnog prometnog opterećenja u cilju jednolike raspodjele prometnih tokova i povećanja sigurnosti prometa kao regulacijsko opterećenje najčešće upotrebljavaju semafori. Semafori s time čine važan instrument u okvirima nadređenog koncepta prometa po kojem se mjere za ubrzanje javnog prometa, sigurno vođenje pješaka i biciklista preklapaju i zalaze jedna u drugu. [8]

### 4.1. Svjetlosni signali i slijed signala

Svjetlosne signale i svjetlosne znakove za upravljanje prometom propisuju Zakon i Pravilnik. [8]

Svjetlosni signali za motorna vozila imaju slijed signala zeleno - žuto - crveno i žuto (istovremeno) - zeleno. Za skretanje lijevo može se iza raskrižja postaviti zelena strelica, kada je promet iz suprotnog smjera zbog crvenog svjetla zaustavljen. [8]

Svjetlosni signali za pješake imaju slijed signala zeleno - crveno - zeleno. Biciklistički se promet u pravilu vodi bez posebne signalizacije, zajedno s prometom motornih vozila ili pješaka. Za bicikliste koji dobiju posebnu signalizaciju koristi se isti slijed signala kao za motorna vozila. [8]

Javna prometna sredstva (tramvaji, autobusi) imaju posebne svjetlosne signale s posebnim slijedom signala prema Pravilniku, ukoliko nemaju zajedničku signalizaciju s motornim vozilima. Za upozorenja na opasnost može se prema Zakonu, koristiti žuto trepćuće svjetlo. [8]

Prijelazno žuto vrijeme određuje se prema dopuštenoj maksimalnoj brzini na prilaznom putu. Trebalo bi biti [11]:

- 3 s za kod  $V = 50$  km/h;
- 4 s za kod  $V = 60$  km/h;
- 5 s za kod  $V = 70$  km/h.

Prijelazno vrijeme crveno i žuto za tokove motornih vozila, ne bi smjelo biti duže od dvije sekunde. [11]

Signali prometnog traka su posebni svjetlosni signali iznad prometne trake neke prometnice za koje se koristi izraz „trajni svjetlosni signal“. Isti služe za signaliziranje slobodnog prolaza (zelena, prema dolje usmjerena strelica) ili zaustavljanje prolaza (crvene prekrižene crte) na prometnoj traci neke prometnice,

odnosno usmjeravanje vozila s trake na traku (žuto treptajuća strelica, koso usmjerena prema dolje). [8]

Signali kojima se upravlja prometom su [1]:

- Signali za upravljanje motornim prometom:
  - s fiksnim vremenom
  - kontaktni
- Signali za pješake i bicikliste,
- Posebni signali:
  - signali za vozila javnog gradskog prometa
  - trepćući signali
  - brzinski signali
  - direkcijski signali
  - signali za pojedine trakove

Na signalima s fiksnim vremenom ponavlja se određeni vremenski signalni pojam u jednakim vremenskim intervalima. Ako je rad signala neovisan, njegovo je funkcioniranje izolirano, a ako je ovisan, odnosno povezan u vremenski točno određenom odnosu, onda je funkcioniranje koordinirano. [1]

Kontaktni signali ovise o trenutačnim potrebama prometa. Uloga detektora je da upravlja radom tih signala. Postavljaju se na svim prilazima ili samo na pojedinim prilazima raskrižju. Detektori se mogu podijeliti u dvije skupine: detektori koji broje osovine i detektori koji broje vozila. Detektori osovina su žični, pneumatski, hidraulični i kabelski, a detektori vozila su induktivni, geomagnetski, ultrazvučni te fotoćelije. Najviše se upotrebljavaju ultrazvučni, pneumatski i posebno induktivni detektor s petljom. [1]

Pri većem prometu prijelaz se regulira svjetlosnim uređajima, a pješaci imaju posebnu fazu za prijelaz preko ceste.

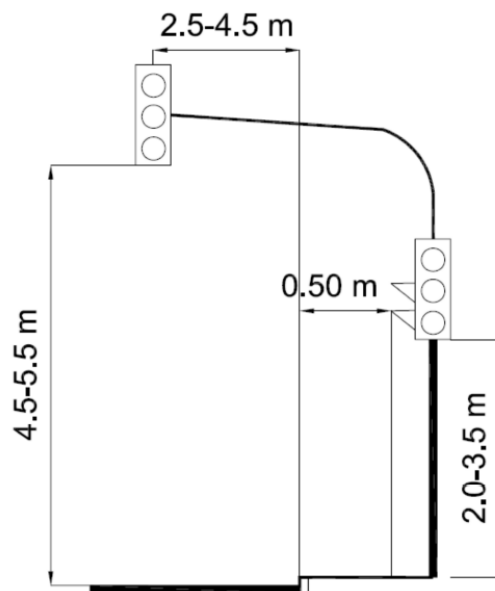
Pješačka faza se uključuje [1]:

- pritiskom na tipku pješačkog detektora, što čine pješaci koji namjeravaju prijeći cestu,
- automatski, kod signala koji su sinkronizirani i gdje se pojedine faze mijenjaju po unaprijed utvrđenom redu.

Prilikom postavljanja signala treba obratiti pozornost da ne ometaju ili ne ugrožavaju sudionike u prometu. Treba se pridržavati propisanih dimenzija iznad kolnika i odstojanja od ruba kolnika prilikom postavljanja semafora.

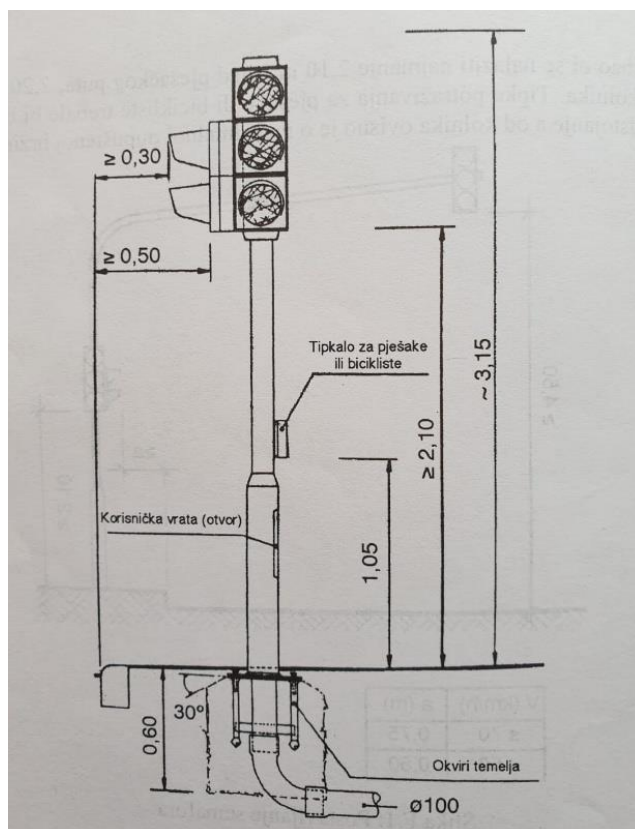
Donji rub signala trebao bi se nalaziti najmanje 2,10 metara iznad pješačkog puta, 2,20 metara iznad biciklističkog puta i 4,50 metara iznad kolnika. Tipke potraživanja za pješake ili bicikliste trebale bi biti postavljene u visini od 105 cm. Bočno odstojanje, a od kolnika ovisno je o maksimalnoj dopuštenoj brzini. [8]

Bočno odstojanje kod unutarmjesnih prometnica s maksimalnom dopuštenom brzinom od 50 km/h kod ograničenja s rubnikom kao i na razdjelnicima kolnika može iznositi manje od 0,20 metara. Izvan zatvorenih naselja preporuča se udvostručenje minimalnog bočnog odstojanja. [8]



Slika 21. Postavljanje semafora, [10]

Stupovi služe postavljanju signala pored kolnika, slika 22. Signali portali i poluportali vozne trake služe za postavljanje signala iznad vozne trake i prvenstveno se koriste tamo gdje svakoj voznoj traci mora biti dodijeljen vlastiti signal. [8]



Slika 22. Primjer stupa signala, [8]

## 4.2. Kriteriji za postavljanje (uporabu) uređaja svjetlosne signalizacije

Zbog djelomično proturječnih zahtjeva pojedinih grupa sudionika u prometu i zbog djelomičnih ciljnih konflikata koji se javljaju, u ovim smjernicama navode se prijedlozi kriterija primjene uređaja svjetlosne signalizacije. Prijedlozi između ostalog koriste slijedeće kriterije u svrhu određivanja slijeda prioriteta [8]:

- broj prometnih nesreća i težina prometnih nesreća,
- vidljivost na prilazima raskrižja,
- zaštita pješaka i biciklista,
- jačina prometa motornih vozila na glavnom i pokrajnjim smjerovima,
- odvijanje prometa javnih prometnih sredstava,
- odvijanje prometa pješaka i biciklista,
- vođenje prometa motornih vozila u cestovnoj mreži,
- zaštita dijelova cestovne mreže od preopterećenja,
- utjecaj na okolinu.



Također i posebne potrebe kao što je osiguranje prolaza policiji, vozilima hitne pomoći i servisnim vozilima mogu utjecati na postavljanje svjetlosne signalizacije. Prije no što se odredi postavljanje uređaja svjetlosne signalizacije, potrebno je provjeriti da li se sigurnost prometa ili tok prometa može poboljšati mjerama preusmjeravanja prometa u cestovnoj mreži kao što je određivanje jednosmjernih ulica, uklanjanje slijepih ulica, postavljanje stalnih ili vremenski ograničenih zabrana skretanja, ili preuređenjem raskrižja. [8]

#### **4.2.1. Kriterij sigurnost u prometu**

Postavljanje svjetlosne signalizacije dolazi u obzir kada se prometne nesreće ponavljaju i kada se druge mjere pokažu nedjelotvornima ili ne obuhvaćaju uspjeh. [8]

To je prije svega slučaj [8]:

- kod česte pojave nesreća pri nepoštivanju prava prvenstva,
- kod česte pojave nesreća između vozila koja skreću ulijevo i vozila iz suprotnog smjera ili čestih nesreća između motornih vozila i biciklista i pješaka koji prelaze prometnicu,
- kada su ugrožene osobe kojima je potrebna posebna zaštita, a koji redovito prelaze prometnicu na određenom mjestu ili ako na adekvatnoj udaljenosti siguran prijelaz nije moguć, potrebno je bez obzira na broj osoba pod posebnom zaštitom ili broj nesreća postaviti uređaj svjetlosne signalizacije, ukoliko zaštitu na drugi način nije moguće provesti. Kod izgradnje ili rekonstrukcije prometnica uređaji svjetlosne signalizacije predviđaju se kada se pod navedenim okolnostima očekuje ugrožavanje prometa;
- na prometnicama ili dionicama prometnica s relativno velikim brzinama. Zbog velikih brzina pješacima, biciklistima i vozilima koja imaju obvezu zaustavljanja prijete posebne opasnosti. Korištenje uređaja svjetlosne signalizacije na takvim prometnicama može znatno povećati sigurnost prometa;
- na raskrižjima i odvojcima prometnice sa četiri ili više prolaznih prometnih traka potrebno je uvesti uređaje svjetlosne signalizacije. djelovanje svjetlosne signalizacije na sigurnost u prometu treba nakon

primjerenog vremena, odnosno nakon jedne godine, provjeriti putem analize prometnih nesreća.

#### **4.2.2. Kriterij kvalitete odvijanja prometa**

Ukoliko na raskrižjima bez uređaja svjetlosne signalizacije dolazi do velikih zastoja, svjetlosna signalizacija u spoju sa odgovarajućim izvedbenim zahvatima raskrižja može bitno utjecati na poboljšanje odvijanja prometa. Može se pojaviti i potreba postavljanja svjetlosne signalizacije i u smislu svrsishodnijeg vođenja prometa u cestovnoj mreži i na pojedinim raskrižjima. [8]

#### **4.2.3. Kriterij potrošnja goriva**

U strukturi programa signalizacije daje se prednost dvofaznom upravljanju tako dugo dok se broj zaustavljanja i vremena čekanja svodi na minimalu. Potrebno je izabrati vrijeme izmjene nešto veće no što to uvjetuje prometno opterećenje. Preklopna vremena i vremena važenja signala koja su prilagođena prometu doprinose smanjenju potrošnje goriva. Vremenski ograničeno isključivanje pojedinih uređaja svjetlosne signalizacije u periodima slabog prometa neznatno doprinosi uštedi goriva. [8]

#### **4.2.4. Kriterij emisija štetnih plinova**

Na redukciju emisije ispušnih plinova utječe mali broj zaustavljanja te jednolična vožnja preko više raskrižja. To je od posebne važnosti u područjima raskrižja s jakim pješačkim i biciklističkim tokovima te intenzivnog korištenja rubnih zona. [8]

#### **4.2.5. Kriterij emisija buke**

Redukcija broja zaustavljanja i izbjegavanje usporenja i povećanja brzine može rezultirati mjerljivim smanjenjem razine buke, posebno pri slabom prometu. Znatne razlike emisije buke na temelju različitih postupaka upravljanja (vođenja) do sada nisu dokazane. [8]

#### **4.2.6. Kriterij usaglašavanje suprotnosti koje se javljaju zbog postavljenih ciljeva**

Svjetlosna signalizacija treba osigurati tečan i ugodan tok prometa, a često dolazi do konflikata iz razloga što opravdane predodžbe pojedinih grupa u pravilu trebaju biti ispunjene istovremeno. Pri projektiranju svjetlosne signalizacije treba

voditi računa o svim grupama sudionika u prometu te o okolnim stanovnicima. Vrlo često su kompromisi mogući samo pomoću kombinacija mjera prilagođenih ciljnim konfliktima. [8]

## **5. NAČIN ODREĐIVANJA PROPUSNE MOĆI SEMAFORIZIRANIH RASKRIŽJA**

Propusna moć (kapacitet) maksimalni je broj vozila koji može proći u jedinici vremena kroz promatrani presjek cestovne površine. Propusna moć služi kao osnovica za sve intervencije i zahvate na određenom dijelu ceste kao što su: proširenje kolnika, rekonstrukcija zavoja, promjene režima prometa, projektiranju novih cesta. [1]

Glavni cilj proračuna propusne moći (kapaciteta) je procijeniti najveći broj vozila ili ljudi koje prometni objekt može prihvatiti uz zajamčeni stupanj sigurnosti u određenom vremenskom periodu. [11]

### **5.1. Propusna moć raskrižja**

Na propusnu moć raskrižja sa semaforima utječu ovi čimbenici [1]:

- fizičko - operativni uvjeti:
  - širina pristupne ceste
  - jednosmjerne i dvosmjerne prometnice
  - uvjeti parkiranja
- uvjeti okoline:
  - čimbenik opterećenja
  - čimbenik vršnog sata
  - brojem stanovnika na području križanja
  - položajem križanja u gradskom području
- prometne značajke:
  - vozila koja skreću
  - kamioni i prolazni autobusi
  - lokalni tranzitni autobusi prometa
- kontrolne mjere:
  - postavljanje semafora
  - označivanje prilaznih trakova.

Proračun propusne moći ceste vrši se u pravilu prema „Highway Capacity Manual-u“ (HCM).

Highway Capacity Manual (HCM) predstavlja standard u projektiranju i planiranju cesta, autocesta i gradskih ulica. Prvenstveno služi za proračune

kapaciteta i razina usluga raskrižja, dionica ceste, javnog gradskog prijevoza, te pješačkog i biciklističkog prometa. [11]

Kapacitet predstavlja maksimalni satni protok vozila ili pješaka kroz zadani presjek ili dionicu ceste tijekom zadanog vremenskog perioda pod prevladavajućim uvjetima ceste i prometa. [11]

Razina usluge je kvalitativna mjera koja opisuje operativne uvjete prometnoga toka, a mjere na temelju kojih se utvrđuje su: brzina, vrijeme putovanja, slobodna manevriranja, udobnost, utjecaj drugog prometa. Definirano je šest razina usluga, od A do F. Razina usluge A predstavlja najbolje operativne uvjete, a razina usluge F najlošije. [11]

Glavne veličine u proračunu razine usluge su prometno opterećenje i faktor vršnog sata. [11]

Prometno opterećenje  $V$  (voz/h) predstavlja broj vozila koja prođu kroz promatrani presjek ceste u zadanom vremenskom intervalu. [11]

Faktor vršnog sata (PHF) predstavlja omjer satnog opterećenja i maksimalnog opterećenja unutar jednog sata (najčešće 15-minutno opterećenje). [11]

Gustoća prometa predstavlja broj vozila ili pješaka koji zauzimaju promatranu duljinu traka ili ceste u određenom trenutku. [11]

Izražava se u vozilima po kilometru (voz/km). Iskazuje blizinu između vozila u toku što utječe na slobodu manevriranja u prometnom toku.

Vrijeme slijeđenja predstavlja vrijeme slijeđenja uzastopnih vozila u toku koja prolaze kroz zadani presjek prometnog traka ili ceste. Mjeri se od iste točke na vozilima (prednji branik, stražnja osovina). [11]

Razmak slijeđenja je udaljenost koja se mjeri od iste točke na uzastopnim vozilima.

Zasićeni tok predstavlja kapacitet prometnog traka ili trakova ako bi na lanterni bilo konstantno upaljeno zeleno svjetlo. [11]

Sigurnost prometa i razina prometne usluge pojedinog semaforiziranog raskrižja ovise o proračunu signalnog plana raskrižja.

Signalni plan je pregled trajanja svjetlosnih signalnih pojmova. [12]

Ciklus je trajanje jednostrukog isteka signalnog plana. [12]

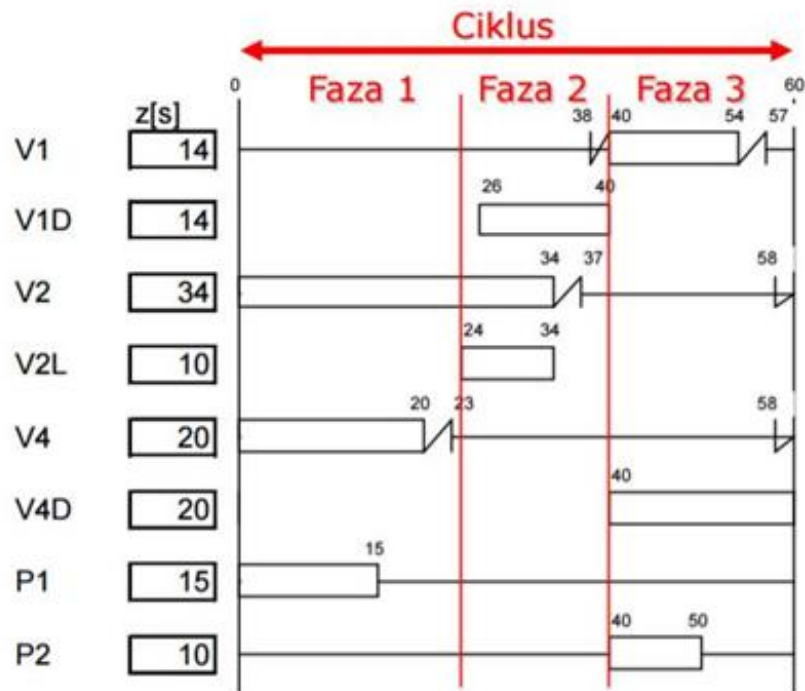
Duljina ciklusa [12]:

- minimalna (zbroj zaštitnih i minimalnih zelenih vremena)
- maksimalno preporučena: 120 s (> 120 s posebni razlozi)

- optimalna (po nekom kriteriju, funkciji cilja)
- prosječna; za prometno ovisno upravljanje

Faza je dio ciklusa u kojem pojedini prometni tokovi imaju istovremeno slobodan prolaz. [12]

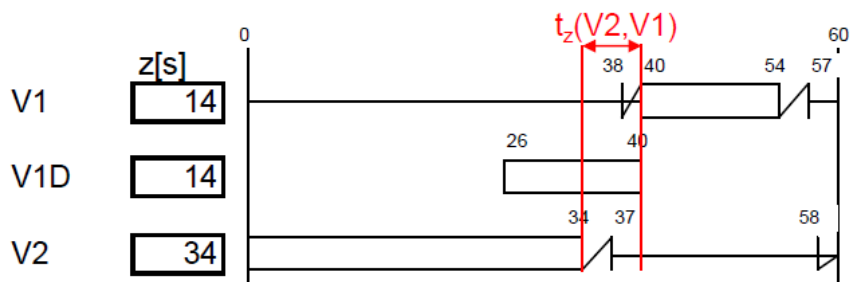
Signalni pojam predstavlja svjetlosni pojam: crveno, žuto, zeleno, crveno i žuto, treptajuće žuto svjetlo. [12]



Slika 23. Prikaz ciklusa i faza na semaforiziranom raskrižju, [12]

## 5.2. Zaštitno međuvrijeme

Zaštitno međuvrijeme je vrijeme između dvije konfliktne signalne skupine koje slijede uzastopno, a vozilima konfliktnih signalnih grupa zabranjeno je kretanje. [12]



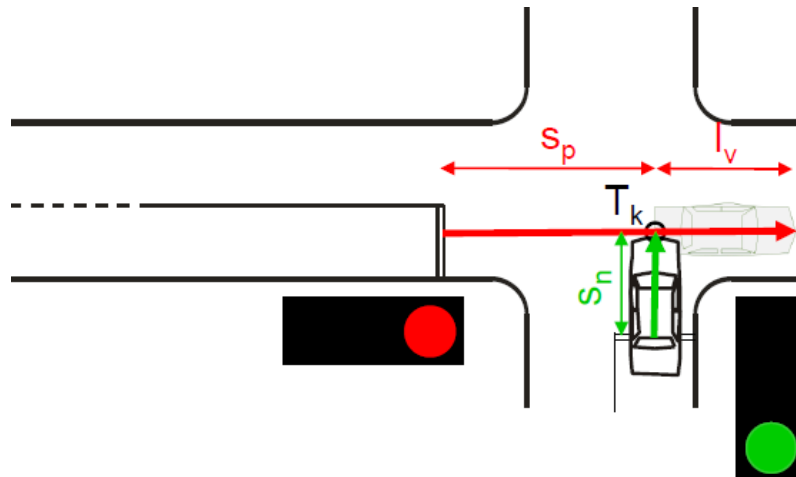
Slika 24. Prikaz zaštitnog međuvremena u ciklusu, [12]

Zaštitno međuvrijeme ( $t_z$ ) dobiva se proračunom tri veličine [12]:

1. Provozno vrijeme ( $t_K$ ) je vrijeme od trenutka kraja zelenog svjetla do početka vremena pražnjenja (ulazak u raskrižje tijekom žutog i/ili na početku crvenog svjetla).

2. Vrijeme pražnjenja ( $t_P$ ) je vrijeme potrebno da vozilo prođe točku kolizije ( $T_K$ ) brzinom pražnjenja ( $v_P$ ).

3. Vrijeme naleta ( $t_N$ ) je vrijeme potrebno da sudionik kojem se upali zeleno svjetlo prođe put naleta ( $s_N$ ) brzinom naleta ( $v_N$ ).



Slika 25. Prikaz mjera potrebnih za izračun zaštitnih vremena u raskrižju, [12]

Formula zaštitnog međuvremena glasi [12]:

$$t_Z = t_K + t_P - t_N = t_K + \frac{s_P + l_V}{v_P} - \frac{s_N}{v_N} \quad (1)$$

$t_Z$  - zaštitno međuvrijeme,

$t_K$  - vrijeme od trenutka kraja zelenog signalnog pojma do početka vremena pražnjenja,

$t_P$  - vrijeme od trenutka ulaska vozila u raskrižje do trenutka prolaska stražnjeg dijela vozila,

$t_N$  - vrijeme koje je potrebno vozilu da prednjim branikom dođe do konfliktne točke od početka zelenog signalnog pojma.

Izračunato zaštitno međuvrijeme zaokružuje se uvijek na višu vrijednost. [12]

### 5.2.1. Pražnjenje vozila

Vrijeme pražnjenja je vrijeme koje je potrebno da vozilo prođe put pražnjenja određenom brzinom pražnjenja. Put pražnjenja je udaljenost od zaustavne linije na raskrižju do točke kolizije i duljine samog vozila.

a) Proračun pražnjenja vozila koja idu ravno

Za proračun se uzimaju sljedeće vrijednosti [12]:

Provozno vrijeme:  $t_K = 3$  s

Brzina pražnjenja:  $v_P = 10$  m/s

Osnovni put pražnjenja ( $s_P$ ) dobiva se mjerenjem i ovisi o dimenzijama raskrižja

Duljina vozila:  $l_V = 6$  m

$$t_K + t_P = 3 + \frac{s_P + 6}{10} \quad (2)$$

b) Proračun pražnjenja vozila koja skreću

Za proračun se uzimaju sljedeće vrijednosti [12]:

Provozno vrijeme:  $t_K = 2$  s

Brzina pražnjenja ovisi o polumjeru skretanja vozila. Za polumjere  $R < 10$  m uzima se vrijednost  $v_P = 5$  m/s, a u ostalim slučajevima  $v_P = 7$  m/s.

Osnovni put pražnjenja ( $s_P$ ) dobiva se mjerenjem i ovisi o dimenzijama raskrižja

Duljina vozila:  $l_V = 6$  m

$$t_K + t_P = 2 + \frac{s_P + 6}{7 (5_{R < 10m})} \quad (3)$$

### 5.2.2. Pražnjenje biciklista

Za proračun se uzimaju sljedeće vrijednosti [12]:

Prolazno vrijeme:  $t_K = 1$  s

Brzina pražnjenja:  $v_P = 4$  m/s

Osnovni put pražnjenja ( $s_P$ ) dobiva se mjerenjem

Duljina vozila:  $l_V = 0$  m

$$t_K + t_P = 1 + \frac{s_P}{4} \quad (4)$$

### 5.2.3. Pražnjenje pješaka

Pješaci i biciklisti najugroženiji su sudionici u cestovnom prometu. Proračun zaštitnih međuvremena za pješake ima svoju specifičnost zbog položaja pješačkog



prijelaza i ljudi kao što su osnovno školska djeca, majke s kolicima, osobe s poteškoćama u kretanju i starije osobe. Brzina pražnjenja iznosi od 1 do 1,5 m/s, a preporučena je 1,2 m/s (4,32 km/h). Za put pražnjenja se uzima uvijek cijela duljina pješačkog prijelaza. [12]

Za proračun se uzimaju sljedeće vrijednosti [12]:

Provozno vrijeme:  $t_K = 0$  s (1 ako je velika visinska razlika između nogostupa i kolnika)

Brzina pražnjenja:  $v_P = 1,2$  m/s ( $1,0$  m/s  $< v_P < 1,5$  m/s)

Osnovni put pražnjenja:  $s_{PP}$  = cijela duljina pješačkog prijelaza (iznimno stvarni put)

$$t_K + t_P = 0(1) + \frac{s_{PP}}{1,2} \quad (5)$$

#### 5.2.4. Vrijeme naleta

Dobiva se tako da se vrijeme naleta oduzima od vremena pražnjenja i zbroja provoznog vremena kako bi se dobio iznos minimalnog trajanja zaštitnog međuvremena.

Za pojedina vozila prilikom proračuna uzimaju sljedeće vrijednosti [12]:

Osobna vozila:  $v_N = 40$  km/h = 11,11 m/s

Vozila javnog gradskog prijevoza koja se ne moraju zaustaviti ispred zaustavne crte:  $v_N = 20$  km/h = 5,55 m/s

Biciklisti:  $v_N = 18$  km/h = 5 m/s

Pješaci:  $v_N = 5,4$  km/h = 1,5 m/s

Put naleta  $s_N$  dobiva se mjerenjem i za nalet na pješake/bicikliste na istom privozu:  $s_N = 0$ .

Vrijeme naleta za vozila javnog gradskog prijevoza koja moraju obavezno stati ispred zaustavne crte dobiva se ovom formulom:

$$t_N = \sqrt{\frac{2 \times s_N}{a}} \text{ ako je } t_N \leq \frac{V_{\max}}{3,6 \times a} \quad (6)$$

## 6. ANALIZA STANJA SIGURNOSTI NA RASKRIŽJU ULICA VILKA NOVAKA I D 510

Za potrebe diplomskog rada obavljena je analiza utjecaja brojača vremena na semaforским uređajima na raskrižju ulica Vilka Novaka i D 510u gradu Varaždinu (Slika 26). Tom prilikom obavljeno je mjerenje vremena prolaska vozila kroz raskrižje te brzine vozila koje se kreću ulicom D 510.



Slika 26. Lokacija promatranog raskrižja, [13]

Mjerenje brzina obavljeno je dana 16.09.2019. godine od 16:15 do 17:00 sati, 17.09.2019. od 07:00 do 08:00 sati i dana 19.09.2019. ujutro od 10:15 do 11:15 sati te popodne od 14:00 do 15:00 sati.

Mjerenje brzina je obavljeno laserskim uređajem TruCAM Laser Speed Gun (Slika 27). Uređaj u sebi ima integrirani laser i vrlo preciznu kameru. Navedeni uređaj omogućava snimanje dolaznog i odlaznog smjera prometa vozila na dvosmjernim cestama. Svi izmjereni podaci se automatski memoriju u memorijskoj kartici. Obrada izmjerenih podataka i parametara moguće je obraditi na računalu u programu TruCAM Viewer.



Slika 27. Uređaj za mjerenje brzine TruCAM Laser Speed Gun

Mjerenje protočnosti obavljeno je brojanjem vozila koja u određenom vremenskom razdoblju prođu kroz raskrižje (Slike 28,29,30). Izbrojan je broj vozila koja prođu kroz raskrižje u svakoj fazi na semaforu u određenom vremenskom razdoblju. Protok vozila rezultat je ukupnog zbroja vozila koja su prošla kroz raskrižje tijekom faza i ciklusa koje je promatrano u sat vremena. Analiza vremena kretanja vozila i vremena napuštanja vozila iz raskrižja obavljena je pomoću aplikacije Timestamp Camera Free. Pomoću aplikacije mjerilo se potrebno vrijeme od pokretanja vozila iz stanja mirovanja do prolaska njegove stražnje osovine zaustavne linije i to od trenutka kada se na semaforu upali zeleno svjetlo. Ujedno, bilježena su i vremena prolaska vozila nakon izmjene signalnog pojma za slobodan prolaz, odnosno pojave žutog svjetla, a imala su dovoljno vremena da se zaustave prije zaustavne linije.



Slika 28. Pogled na promatrano raskrižje



Slika 29. Snimanje brzina na raskrižju



Slika 30. Mjerenje vremena napuštanja vozila iz raskrižja

## **7. OSNOVNE ZNAČAJKE BROJAČA VREMENA NA SEMAFORIZIRANIM RASKRIŽJIMA**

Na pojedinim semaforiziranim raskrižjima postavljeni su brojači vremena brojača signalnih grupa ciklusa semafora na kojima je prikazano vrijeme trajanja intervala crvenog ili zelenog svjetla na semaforu (Slika 31). Brojači se prije puštanja u rad moraju sinkronizirati sa promjenama faza. Nisu primjenjivi na raskrižjima koja imaju promjenu trajanja faza u skladu sa prometnim uvjetima na cesti. Brojač vremena se sastoji od kućišta, a kućište je pričvršćeno na stup semafora. Brojač na prednjoj strani ima ekran koji prikazuje odbrojavanje preostalog vremena (sekundi) do promjene signalnog pojma na brojaču. Spojen je serijski sa kućištem semaforškog uređaja tako da prilikom prestanka rada lanterni brojač vremena također prestaje pokazivati vrijeme.

Postavlja se na raskrižjima koja su prometno neovisno upravljana semaforškim uređajima. Dvije vrste brojača su najčešće, a to su brojači za vozila i brojači za pješake. Brojači za vozila trebali bi poboljšati sigurnost i protočnost prometa na raskrižju. To poboljšanje smatra se ranije startanje vozača prilikom paljenja zelenog svjetla na semaforškom uređaju. Odbrojavanje crvene vozačke signalne grupe trebalo bi također smanjiti nestrpljivost i žurbu kod vozača. Kod brojača za pješačke signalne grupe, odbrojavanje zelenog svjetla smanjilo bi zakašnjele reakcije pješaka prilikom prelaska na pješačkom prijelazu, a odbrojavanje trajanja crvenog svjetla smanjilo bi nestrpljivost i mogućnost pretrčavanja prometnice.



Slika 31. Brojač vremena na semaforskom uređaju, [9]

### **7.1. Prednosti brojača vremena na semaforiziranim raskrižjima**

- Vozači na raskrižju mogu ugaziti motor dok čekaju zeleno svjetlo na semaforskom uređaju što smanjuje emisiju štetnih plinova i razinu buke, a povećava štednju energije.
- Smanjenje stresa prilikom čekanja na raskrižju vozačima i pješacima,
- Smanjenje broja pješaka koji pretrčavaju kolnik za vrijeme trajanja crvenog signalnog pojma.
- Vozači vide koliko im je još ostalo do pojave žutog svjetla te mogu reagirati i ubrzati kako bi prošli kroz raskrižje, što utječe na protočnost raskrižja.
- Vozači se mogu pripremiti za kretanje kada vide da će doći do promjene signalnog pojma na semaforu.

### **7.2. Nedostaci brojača vremena na semaforiziranim raskrižjima**

- Određena količina vozača misle da će se dogoditi promjena signalnog pojma pa ubrzavaju vozilo u nadi da prođu raskrižjem. Takvo ubrzavanje vozila može prouzročiti sudar vozila.
- Ulazak vozila u raskrižje prije početka paljenja signalnog pojma, odnosno u trajanju zaštitnog međuvremena vozačke grupe što može dovesti do sudara dvaju vozila.

- Nalet drugog vozila na vozilo koje je prvo u redu. Vozač koji vidi da će doći do promjene signalnog pojma može krenuti ranije i udariti vozilo ispred sebe.
- Kod dugih trajanja crvenog signalnog pojma pješaci mogu postati nervozni i prijevremeno krenuti prelaziti kolnik.
- Pješaci koji su udaljeniji od pješačkog prijelaza kada uoče da se odbrojavanje zelenog svjetla primiče kraju, mogu početi trčati kako bi stigli prijeći kolnik na vrijeme i ne bi morali čekati iduću fazu.
- Na raskrižjima koja su upravljana semaforским uređajima ovisno ili polu-ovisno o prometnim uvjetima ne može se omogućiti primjena brojača vremena.



## **8. ANALIZA NAČINA I SIGURNOST ODVIJANJA PROMETA NA RASKRIŽJU ULICA VILKA NOVAKA I D 510 SA I BEZ PRIMJENE BROJAČA SIGNALNIH GRUPA CIKLUSA SEMAFORA**

Raskrižje ulica Vilka Novaka i D 510 u Varaždinu četverokrako je raskrižje u razini na kojem se prometom upravlja uz pomoć semafora i koji su dodatno opremljeni brojačima signalnih grupa ciklusa (Slika 32). Dužina ciklusa je 110 sekundi, a podijeljena je u te tri faze sa posebnim trakom za lijeve skretače na glavnom prometnom pravcu. Na istočnoj strani raskrižja nalazi se trgovački centar te je zbog toga navedeni privoz znatno opterećeniji.

Glavni prometni pravac proteže se u smjeru sjever - jug, a sporedni u smjeru istok - zapad. Glavnom cestom odvija se najveća količina prometa na raskrižju. Zapadni privoz prometno povezuje centar grada međutim nije znatno prometno opterećen. Preglednost svih privozu je u skladu sa zakonski propisanim uvjetima povezanim uz određivanje potrebne duljine preglednosti. Privoz istok - zapad sastoji se od dvije prometne trake za dvosmjernan promet, dok se na glavnoj cesti sjever - jug prometna traka širi u dvije prometne trake od kojih je jedna za vozila koja prometuju ravno i desno, a druga traka za lijeve skretače. Na raskrižju su postavljeni i prometni znakovi cesta s prednošću prolaska na glavnom privozu, a na sporednim privozima postavljeni znakovi obaveznog zaustavljanja. Na svim privozima obilježeni su i pješački prijelazi. Promet biciklista i pješaka je vrlo rijedak s obzirom da se raskrižje nalazi izvan centra grada Varaždina i u blizini raskrižja nema velikih atraktora putovanja.

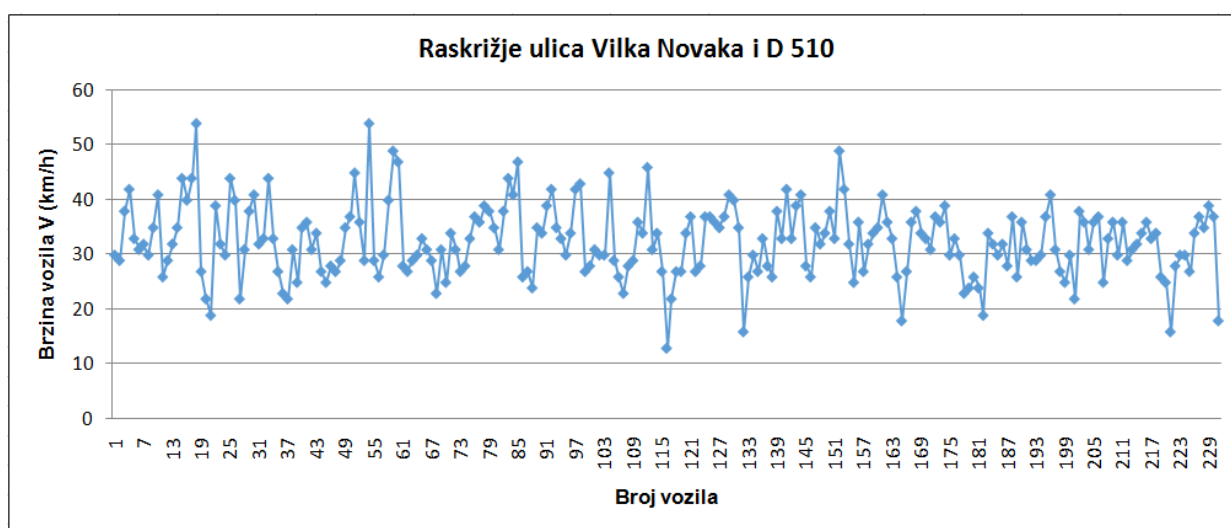


Slika 32. Raskrižje Ulica Vilka Novaka i D 510, [14]

### 8.1. Rezultati mjerenja brzine vozila sa brojačima vremena

Na glavnom pravcu od istoka prema zapadu u vremenu od 07:00 do 08:00 sati izbrojano je 229 vozila. Dobiveni rezultati mjerenja brzine vozila kroz raskrižje prikazani su u grafikonu 1.

Mjerenje brzina u popodnevnim satima bilo je u vremenu od 16:15 do 17:00 sati. U tom vremenskom razdoblju izbrojano je 112 vozila (grafikon 2).



Grafikon 1. Grafički prikaz mjerenja brzine sa brojačem u jutarnjim satima

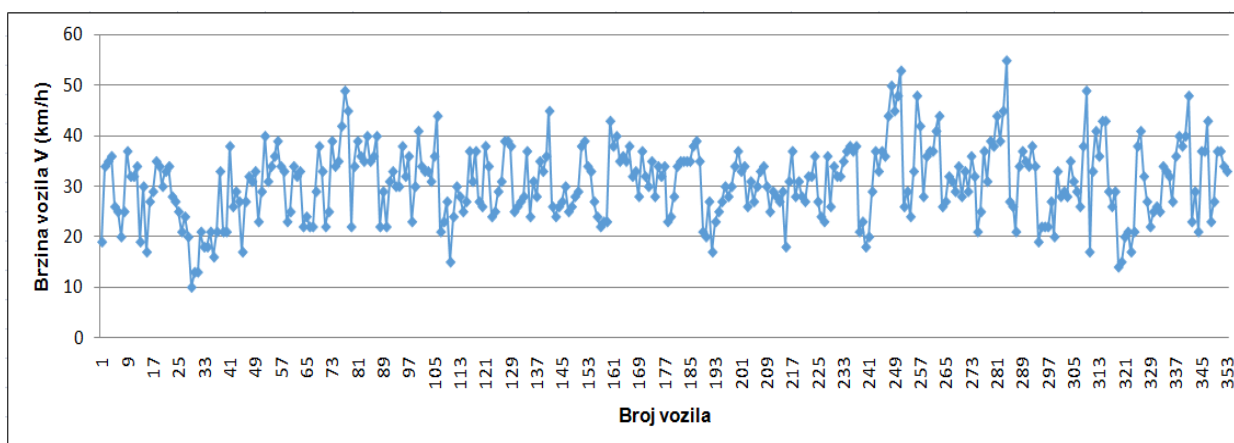


Grafikon 2. Grafički prikaz mjerenja brzine sa brojačem u popodnevним satima

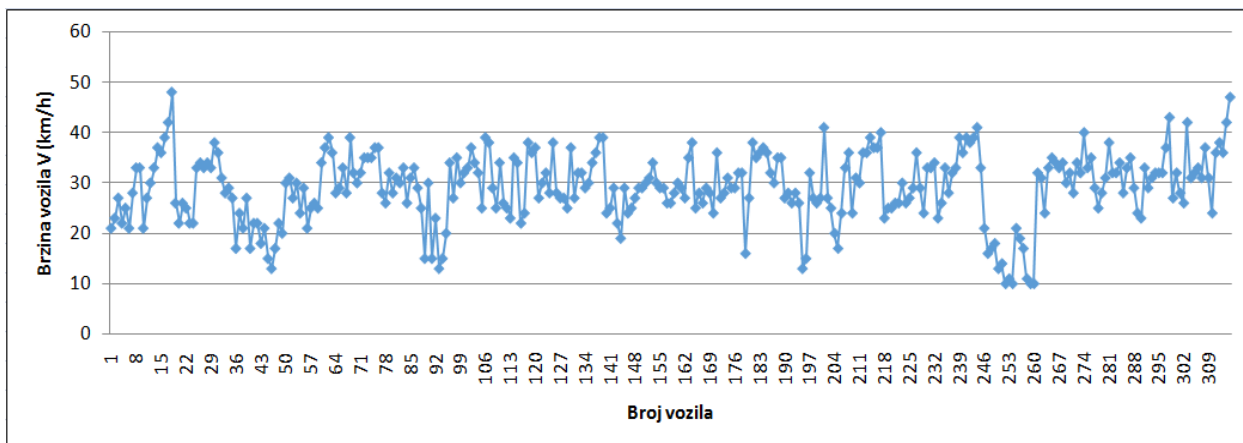
Prema podacima iz grafikona 1. i 2. vidljiv je mali broj vozila koja se kreću 85 percentilom brzinom koja iznosi 42,5 km/h. Prekoračenja brzine bila su u situacijama prije pojave crvenog svjetla na semaforu kad bi vozači ubrzali da prođu raskrižjem.

## 8.2. Rezultati mjerenja brzine vozila bez brojača vremena

Mjerenje brzina vozila bez brojača vremena signalnih grupa obavljeno je u od 10:15 do 11:15 sati. U tom vremenskom razdoblju zabilježen je prolaz 353 vozila. U popodnevним satima mjerenje se vršilo u vremenu od 14:00 do 15:00 sati u kojemu je zabilježeno 315 vozila koja su prošla kroz raskrižje. Rezultati brzina mjerenja vozila prikazani su u grafikonu 3 i 4.



Grafikon 3. Grafički prikaz mjerenja brzine bez brojača u prijepodnevним satima



Grafikon 4. Grafički prikaz mjerenja brzine bez brojača u popodnevnim satima

Prema rezultatima obavljenog snimanja moguće je zaključiti da prekoračenja zakonski propisane brzine nije zabilježeno. Ostala su se vozila kretala brzinom manjom od 42,5 km/h. Važno je napomenuti da je zamijećena nesigurnost vozača pri pojavi žutog svjetla, odnosno veliki broj vozila prolazi kroz žuto ili čak crveno svjetlo u odnosu na mjerenje brzine sa brojačem vremena. Može se zaključiti da brojači povećavaju sigurnost kretanja u prometu, smanjuju nervozu prilikom čekanja paljenja zelenog svjetla, izbjegavaju „lovljenja“ žutog svjetla jer ne znaju koliko još dugo traje zeleno svjetlo na raskrižju.

U brzinama kretanja vozila velikih razlika nije bilo ali je vrijeme reakcije vozača prilikom kretanja za vrijeme promjene faze sa brojačima puno kraće u odnosu na promjenu faze bez brojača jer vozači točno znaju kad će im se upaliti zeleno svjetlo na semaforu pa su spremni i kreću vozilom već na crveno-žuto svjetlo u raskrižje.

## 9. ZAKLJUČAK

Nakon obavljene analize brojača vremena na semaforskim uređajima moguće je zaključiti da informiranje vozača o preostalom vremenu pojedine faze u pojedinim uvjetima ima pozitivan, a u pojedinim uvjetima i negativan učinak. Na raskrižjima gdje su postavljeni brojači istraživanjima je dokazano da je povećan broj vozila koja ulaze u raskrižje prije pojave zelenog svjetla što znatno utječe na zaštitno međuvrijeme prometnih tokova.

Također je dokazano da na mjestima gdje su postavljeni brojači pješaci ne prelaze kolnik kod isteka zelene pješačke faze ali su problem pješaci koji prelaze kolnik u zadnjim sekundama crvene pješačke faze i povećavaju rizik od naleta vozila na pješake. Važno je napomenuti da je percepcija značaja brojača signalnih grupa ciklusa semafora djelomično povezana i uz kulturološku, mentalnu i obrazovnu strukturu sudionika u prometu određenog područja, stupanju razvijenosti područja, dobi i spolu vozača, proteklom vremenu od primjene prvog brojača na raskrižju te ostalim čimbenicima koji određuju sigurnost cestovnog prometa. Zbog navedenog još uvijek nije moguće jednoznačno dati odgovor na pitanje o značaju brojača i njegovom utjecaju na sigurnost cestovnog prometa. Za određivanje njegovog učinka potrebno je obavljati znanstvena istraživanja i detaljne analize. Međutim prije primjene brojača na raskrižju potrebno je obaviti detaljnu analizu u svrhu opravdanja njihove financijska isplativost te ostalih elemenata koji bi omogućili formiranje pravile odluke.

Međutim nakon obavljenog istraživanja u sklopu ovog diplomskog rada, moguće je preliminarno zaključiti da su brojači u određenoj mjeri pridonijeli većoj sigurnosti i povećanju protočnosti na promatranom raskrižju u gradu Varaždinu. Zaključno, brojači smanjuju vrijeme reakcije vozača tako što u vršnim vremenima vršnog opterećenja vozači usmjeravaju pozornost na brojač i kreću već na crveno-žuto svjetlo u raskrižje što dovodi do povećanja propusne moći raskrižja. Dok vozači u vršnim vremenima kad se stvaraju gužve neće ući u raskrižje na kraju odbrojavanja sekundi zelenog svjetla kako ne bi blokirali promet u raskrižju i izazvali prometnu nesreću sa vozilima iz sporednih privoza, već se zaustavljaju prije zaustavne crte u vremenu dok im još traje zeleno svjetlo. Lijevi skretači na glavnim privozima imaju

posebnu traku za lijevo skretanje koja ima posebno odbrojavanje i traje najduže u cijelom raskrižju pa vozači uz pomoć odbrojavanja smanjuju nervozu i tenzije za napuštanje prometne trake i siguran prolazak kroz raskrižje.

## LITERATURA

- [1]Cerovac, V.: *Tehnika i sigurnost prometa*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001.
- [2]URL:<https://repozitorij.velegs-nikolatesla.hr/islandora/object/velegs:468/preview>  
(pristupljeno: lipanj 2019.)
- [3]URL:<http://static.1987.hr/media/vozacki-ispiti/szv/seminari-2010/pdf/upravljanje-prometom-na-raskrizju.pdf> (pristupljeno: rujan 2019.)
- [4]URL:<http://sinj.semafor-sinj-solin.hr/znakovi-opasnosti/> (pristupljeno: rujan 2019.)
- [5]URL:<https://autoskola-ispiti.com/prometni-znakovi/dopunske-ploce>(pristupljeno: rujan 2019.)
- [6]URL:<https://www.prometna-signalizacija.com/vertikalna-signalizacija/promjenjiva-signalizacija/> (pristupljeno: rujan 2019.)
- [7]URL:[http://www.instruktor-voznje.com.hr/prednost\\_na\\_raskrizju/](http://www.instruktor-voznje.com.hr/prednost_na_raskrizju/)(pristupljeno: rujan 2019.)
- [8]HRVATSKA UPRAVA ZA CESTE: SMJERNICE ZA PROMETNU SVJETLOSNU SIGNALIZACIJU NA CESTAMA, ZAGREB, 2001. god.
- [9]URL:<https://peek.hr/proizvodi/uredaj-za-odbrojavanje/> (pristupljeno: rujan 2019.)
- [10]Novačko, L.: Predavanja iz Cestovnih prometnica II, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2018. god.
- [11]Novačko, L., Pilko H.: Cestovne prometnice II, Upute za auditorne vježbe i seminarski rad, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017. god.
- [12]Lanović. Z.: Cestovna telematika, Autorizirana predavanja, Signalni plan, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2019. god.
- [13]URL:<https://www.google.hr/maps/search/Ulica+Vilka+Novaka+i+D+510,+Vara%C5%BEdin/@46.2983924,16.348199,1282m/data=!3m1!1e3?hl=hr>
- [14]URL:<https://www.google.com/maps/search/vilka+novaka+i+d+510+vara%C5%BEdin/@46.2974907,16.3531953,320m/data=!3m1!1e3> (22.7.2019.)

## POPIS SLIKA

Slika 1. Značajke čovjeka u sigurnosti prometa, [1].....	4
Slika 2. Tri tipa pneumatika s obzirom na izvedbu nareza (protektora), [1] .....	8
Slika 3. Značajke čovjeka u sigurnosti prometa, [4].....	18
Slika 4. Obavezno zaustavljanje za sva vozila prema kojima je dlan okrenut, [3].....	19
Slika 5. Ovlaštena osoba s vodoravno ispruženim rukama, [3] .....	19
Slika 6. Obavezno zaustavljanje za vozila ispred raskrižja i za pješake, [3] .....	20
Slika 7. Smanjivanje kretanja brzine vozila, [3].....	20
Slika 8. Povećavanje kretanja brzine vozila, [3].....	21
Slika 9. Obavezno zaustavljanje pojedinog sudionika, [3] .....	21
Slika 10. Zabrana prolaska smjerom koji siječe smjer ispružene ruke, [3].....	22
Slika 11. Crveno svjetlo, [3] .....	22
Slika 12. Crveno i žuto svjetlo, [3].....	23
Slika 13. Zeleno svjetlo, [3].....	23
Slika 14. Žuto svjetlo, [3].....	23
Slika 15. Dopunska svjetla, [3].....	24
Slika 16. Znakovi opasnosti, [4] .....	25
Slika 17. Znakovi izričitih naredbi, [4] .....	26
Slika 18. Znakovi obavijesti, [4] .....	27
Slika 19. Dopunske ploče, [5] .....	27
Slika 20. Promjenjivi prometni znakovi, [6] .....	28
Slika 21. Postavljanje semafora, [10].....	32
Slika 22. Primjer stupa signala, [8] .....	33
Slika 23. Prikaz ciklusa i faza na semaforiziranom raskrižju, [12].....	39
Slika 24. Prikaz zaštitnog međuvremena u ciklusu, [12].....	39
Slika 25. Prikaz mjera potrebnih za izračun zaštitnih vremena u raskrižju, [12].....	40
Slika 26. Lokacija promatranog raskrižja, [13] .....	43
Slika 27. Uređaj za mjerenje brzine TruCAM Laser Speed Gun.....	44
Slika 28. Pogled na promatrano raskrižje .....	45
Slika 29. Snimanje brzina na raskrižju .....	45
Slika 30. Mjerenje vremena napuštanja vozila iz raskrižja .....	46
Slika 31. Brojač vremena na semaforskom uređaju, [9].....	48
Slika 32. Raskrižje Ulica Vilka Novaka i D 510, [14] .....	51

## POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Grafički prikaz mjerenja brzine sa brojačem u jutarnjim satima .....	51
Grafikon 2. Grafički prikaz mjerenja brzine sa brojačem u popodnevnim satima.....	52
Grafikon 3. Grafički prikaz mjerenja brzine bez brojača u prijepodnevnim satima....	52
Grafikon 4. Grafički prikaz mjerenja brzine bez brojača u popodnevnim satima.....	53