

Analiza brojača signalnih grupa ciklusa semafora na raskrižju ulica Zagrebačka - Vukovarska - Toplička u Turčinu u funkciji sigurnosti prometa

Lulić, Bruno

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:119:832531>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-19**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

BRUNO LULIĆ

**ANALIZA BROJAČA SIGNALNIH GRUPA CIKLUSA SEMAFORA NA
RASKRIŽJU ULICA ZAGREBAČKA - VUKOVARSKA - TOPLIČKA U
TURČINU U FUNKCIJI SIGURNOSTI PROMETA**

DIPLOMSKI RAD

ZAGREB, 2019.

Zagreb, 5. travnja 2019.

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

DIPLOMSKI ZADATAK br. 5076


Pristupnik: **Bruno Lulić (0128057235)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Analiza brojača signalnih grupa ciklusa semafora na raskrižju ulica Zagrebačka - Vukovarska- Topločka u Turčinu u funkciji sigurnosti prometa**

Opis zadatka:

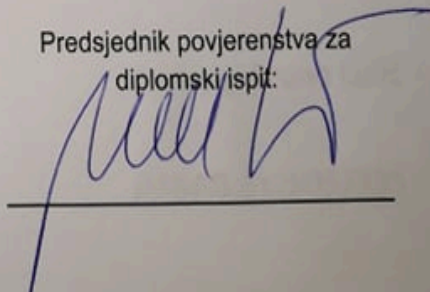
Analiza prometnog opterećenja pojedine dionice ceste ili raskrižja osnova je planiranja, izgradnje ili rekonstrukciju postojećih cesta, cestovnih objekata i cestovne infrastrukture. Protok i gustoća prometnog toka utjecajan je element i na primjenu regulacijskih rješenja pojedinih privoza na raskrižjima. Regulacijsko rješenje koje sudionicima u prometu omogućava informaciju o trajanju vremena pojedine signalne grupe za čekanje na promjenu faze, uz semafora svjetla postavljaju se brojači signalnih grupa ciklusa o informiranju o preostalom vremenu za promjenu faze. Iako takvo regulacijsko rješenje nema zakonsko uporište niti su obavljena opsežnija znanstvena istraživanja, ono se u sve većem broju primjenjuje u gradovima i dionicama cesta. Zbog navedenog opravdano se postavlja imperativ za istraživanjem učinkovitosti i utjecaja primjene takvog rješenja na sigurnost cestovnog prometa. U diplomskom radu potrebno je analizirati utjecaja brojača signalnih grupa ciklusa semafora na sigurnost cestovnog prometa.

Mentor:



doc. dr. sc. Rajko Horvat

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**ANALIZA BROJAČA SIGNALNIH GRUPA CIKLUSA SEMAFORA NA
RASKRIŽJU ULICA ZAGREBAČKA - VUKOVARSKA - TOPLIČKA U
TURČINU U FUNKCIJI SIGURNOSTI PROMETA**

**COUNTER ANALYSIS SIGNALING GROUPS OF TRAFFIC LIGHTS AT THE
INTERSECTION OF THE ZAGREBAČKA – VUKOVARSKA – TOPLIČKA
STREET IN TURČIN IN THE FUNCTION OF TRAFFIC SAFETY**

DIPLOMSKI RAD

Mentor: doc. dr. sc. Rajko Horvat

Student: Bruno Lulić

JMBAG: 0128057235

ZAGREB, 2019.

SADRŽAJ :

1. UVOD	1
2. ČIMBENICI SIGURNOSTI PROMETA	3
2.1. Čovjek kao čimbenik sigurnosti prometa	6
2.1.1. Funkcije organa osjeta.....	7
2.1.1.1. Osjet vida.....	7
2.1.1.2. Osjet sluha.....	11
2.1.1.3. Osjet ravnoteže	11
2.1.1.4. Mišićni osjet.....	11
2.1.1.5. Osjet mirisa.....	11
2.1.2. Psiho motoričke sposobnosti	11
2.1.3. Mentalne sposobnosti.....	12
2.1.4. Obrazovanje i kultura	13
2.2. Vozilo kao čimbenik sigurnosti prometa	13
2.2.1. Aktivni elementi sigurnosti vozila.....	13
2.2.2. Pasivni elementi sigurnosti vozila	14
2.3. Cesta kao čimbenik sigurnosti prometa	15
2.3.1. Prometni znakovi.....	17
2.3.2. Prometna rasvjeta	19
2.3.3. Križanja	19
2.3.4. Održavanje ceste	19
2.4. Čimbenik „promet na cesti“	20
2.5. Incidentni čimbenik.....	20
3. NAČINI UPRAVLJANJA PROMETOM NA RASKRIŽJIMA	21
3.1. Upravljanje prometom od strane ovlaštene osobe	22
3.2. Upravljanje prometom svjetlosnom signalizacijom	25
3.3. Upravljanje prometom prometnim znakovima.....	27
3.3.1. Znakovi opasnosti.....	27
3.3.1.1. Znakovi izričitih obavijesti	28
3.3.1.2. Znakovi obavijesti	29
3.3.4. Dopunske ploče	30
3.3.5. Promjenjivi prometni znakovi	31
4. ULOGA I ZNAČAJ SEMAFORA ZA UPRAVLJANJE PROMETOM NA RASKRIŽJIMA	32
5. NAČIN ODREĐIVANJA PROPUSNE MOĆI SEMAFORIZIRANIH RASKRIŽJA	34
5.1. Fizičko-operativni uvjeti	34
5.2. Uvjeti okoline.....	35

5.3. Prometne značajke.....	36
5.4. Kontrolne mjere	36
5.5. Proračun propusne moći pješačkih prijelaza.....	36
6. ANALIZA STANJA SIGURNOSTI NA RASKRIŽJU ULICA ZAGREBAČKA –	38
VUKOVARSKA – TOPLIČKA U TURČINU	38
7. OSNOVNE ZNAČAJKE BROJAČA VREMENA NA SEMAFORIZIRANIM.....	40
RASKRIŽJIMA	40
7.1. Prednosti brojača vremena	41
7.2. Nedostatci brojača vremena	41
7.3. Provedena istraživanja brojača signalnih grupa ciklusa semafora na raskrižju	41
8. ANALIZA NAČINA I SIGURNOST ODVIJANJA PROMETA NA RASKRIŽJU ULICA	43
ZAGREBAČKA – VUKOVARSKA – TOPLIČKA U TURČINU SA I BEZ PRIMJENE.....	43
BROJAČA SIGNALNIH GRUPA CIKLUSA SEMAFORA	43
8.1. Rezultati mjerenja brzine vozila sa brojačima vremena.....	45
8.2. Mjerenje brzina vozila bez brojača vremena	46
9. ZAKLJUČAK.....	49
LITERATURA	51
Popis grafikona	53
Popis tablica.....	53
Popis slika.....	54

SAŽETAK

Analiza prometnog opterećenja pojedine dionice ceste ili raskrižja osnova je planiranja, izgradnje ili rekonstrukciju postojećih cesta, cestovnih objekata i cestovne infrastrukture. Protok i gustoća prometnog toka utjecajan je element i na primjenu regulacijskih rješenja pojedinih privoza na raskrižjima. Regulacijsko rješenje koje sudionicima u prometu omogućava informaciju o trajanju vremena pojedine signalne grupe za čekanje na promjenu faze, uz semafora svjetla postavljaju se brojači signalnih grupa ciklusa o informiranju o preostalom vremenu za promjenu faze. Iako takvo regulacijsko rješenje nema zakonsko uporište niti su obavljena opsežnija znanstvena istraživanja, ono se u sve većem broju primjenjuje u gradovima i dionicama cesta. Zbog navedenog opravdano se postavlja imperativ za istraživanjem učinkovitosti i utjecaja primjene takvog rješenja na sigurnost cestovnog prometa. U diplomskom radu potrebno je analizirati utjecaja brojača signalnih grupa ciklusa semafora na sigurnost cestovnog prometa.

Ključne riječi: Signalne grupe, sigurnost cestovnog prometa, analiza brojača

SUMMARY

The analysis of the traffic load of a particular section of road or intersection is the basis for the planning, construction or reconstruction of existing roads, road structures and road infrastructure. The flow and density of traffic flow is an influential element in the application of the regulatory solutions for individual traffic at intersections. A control solution that provides traffic participants with information on the duration of each phase changeover waiting group, with traffic lights setting cycle signal counter groups to inform the remaining phase change time. Although such a regulatory solution has no legal basis or extensive scientific research has been carried out, it is increasingly being implemented in cities and road sections. For this reason, it is justifiable to set an imperative to investigate the effectiveness and impact of the application of such a solution on road safety. In the diploma paper it is necessary to analyze the influence of traffic signal meter counter traffic lights on road traffic safety.

Key words: Signal groups, road safety, counter analysis

1. UVOD

U početku razvoj o cestovnom prometu počelo se razmišljati o uvođenju jedinstvenog sustava znakova i pravila za vođenje prometa te se 1909 godine održava prva međunarodna Konvencija o cestovnom i automobilskom prometu u Parizu a ujedno i najvažnija Ženevska konvencija iz 1949. godine kada je donesen Protokol i signalizaciji na cestama . Cilj tih konvencija je bilo osiguravanje unificiranog i jedinstvenog načina signalizacije u prometu. Ubrzani razvoj cestovnog prometa zahtjeva sve suvremenije metode za smanjenje vremena čekanja i povećanje sigurnosti prometa na raskrižju. U novije vrijeme kao regulacija na semaforiziranim raskrižjima postavljaju se i brojači vremena, tim povodom obavljaju se istraživanja utjecaja brojača vremena na protočnost i sigurnost cestovnog prometa. Nedostatak takvog tipa istraživanja u svijetu je tema diplomskog rada.

Rad se sastoji od sljedeći poglavlja:

- Uvod
- Čimbenici sigurnosti prometa
- Načini upravljanja prometom na raskrižjima
- Uloga i značaj semafora za upravljanje prometom na raskrižjima
- Način određivanja propusne moći semaforiziranih raskrižja
- Analiza stanja sigurnosti na raskrižju ulica Zagrebačka - Vukovarska – Toplička u Turčinu
- Osnovne značajke brojača vremena na semaforiziranim raskrižjima
- Analiza načina i sigurnost odvijanja prometa na raskrižju ulica Zagrebačka – Vukovarska – Toplička u Turčinu sa i bez primjene brojača signalnih grupa ciklusa semafora
- Zaključak

U prvom poglavlju opisan je značaj i ciljevi istraživanja .

U drugom poglavlju dan je prikaz čimbenika koji utječu na sigurnost prometa i njihove međusobna interakcija prilikom sudjelovanja u prometu.

U trećem poglavlju opisna je načini upravljanja prometom na raskrižjima.

U četvrtom poglavlju detaljno je analizirana ulogu semafora na sigurnost odvijanja prometa i način kontrole prikaza signalnih grupa.

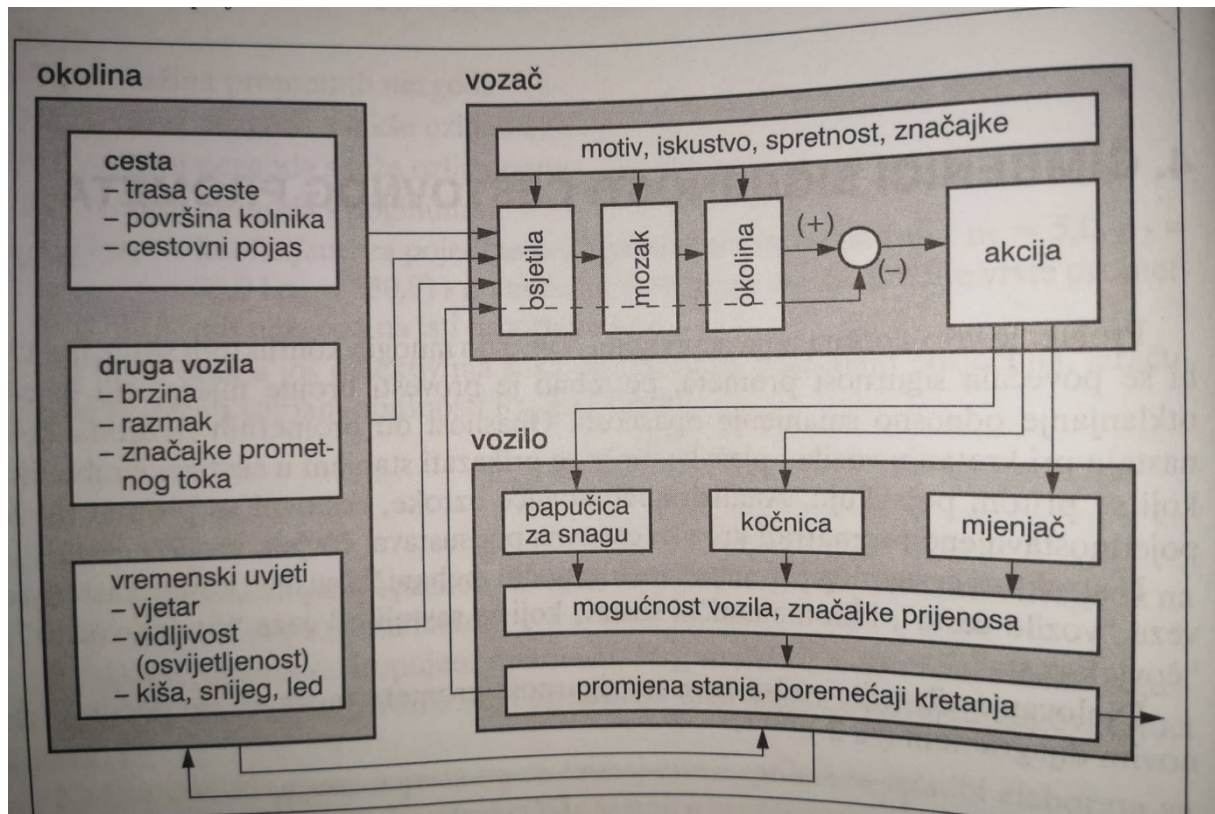
U petom poglavlju analiziran je način određivanja propusne moći za vozila tako i ostale sudionike u prometu na raskrižju.

U šestom poglavlju obavljena je analiza stupnja sigurnosti raskrižja u prometnom i oblikovnom smislu.

U sedmom poglavlju opisani su uređaji i način mjerenja za prikupljanje podataka.

Rezultati istraživanja prikazani su u osmom poglavlju. Ujedno predložene su mjere koje su rezultat obavljenog istraživanja.

U zaključku je na sustavan, koncizan i jezgrovit način predstavljena sinteza svih podataka i informacija, a koji su opširnije obrađeni u analitičkom djelu diplomskog rada.



Slika 2. Prikaz utjecaja čimbenika „vozilo“ - „čovjek“ - „okolina“ [1]

Na temelju statističkih podataka podatak Ministarstva unutarnjih poslova 2019. godine dogodio se veći broj prometnih nesreća i to za 8.7%. Najčešći uzrok prometnih nesreća je ljudski faktor i to oko 90% te u puno manjoj mjeri samo vozilo i cesta. Dok se u Varaždinskoj županiji (lokacija analize brojača signalnih grupa ciklusa semafora) bilježi pad prometnih nesreća te ujedno i manji broj smrtno stradalih i teško ozlijeđenih kako je i prikazano u Tablici 1.

SIGURNOST PROMETA*
(stanje na dan 11. kolovoza 2019.)

Poredbeni prikaz prometnih nesreća i posljedica

Policijska uprava	PROMETNE NESREĆE								
	Ukupno			S ozlijeđenim osobama			S poginulim osobama		
	2018.	2019.	+ - %	2018.	2019.	+ - %	2018.	2019.	+ - %
zagrebačka	4.421	4.918	+11,2	1.294	1.279	-1,2	32	19	-40,6
splitško-dalmatinska	1.612	1.754	+8,8	631	645	+2,2	17	15	-11,8
primorsko-goranska	1.935	2.128	+10,0	453	399	-11,9	9	14	+55,6
osječko-baranjska	1.174	1.273	+8,4	370	327	-11,6	14	10	-28,6
istarska	1.070	1.087	+1,6	355	322	-9,3	8	10	+25,0
dubrovačko-neretvanska	446	610	+36,8	231	244	+5,6	5	8	+60,0
karlovačka	597	648	+8,5	199	185	-7,0	4	7	+75,0
sislačko-moslavačka	766	845	+10,3	215	234	+8,8	9	6	-33,3
šibensko-kninska	605	720	+19,0	182	175	-3,8	5	7	+40,0
vukovarsko-srijemska	723	761	+5,3	225	231	+2,7	13	10	-23,1
zadarska	1.217	1.103	-9,4	279	238	-14,7	7	4	-42,9
bjelovarsko-bilogorska	417	439	+5,3	155	163	+5,2	5	4	-20,0
brodsko-posavska	562	625	+11,2	192	190	-1,0	4	7	+75,0
koprivničko-križevačka	342	442	+29,2	139	132	-5,0	5	3	-40,0
krapinsko-zagorska	387	457	+18,1	115	140	+21,7	2		
ličko-senjska	603	701	+16,3	141	128	-9,2	9	9	0,0
međimurska	376	350	-6,9	116	112	-3,4	4	6	+50,0
požeško-slavonska	273	327	+19,8	85	100	+17,6	4	1	-75,0
varaždinska	687	637	-7,3	195	171	-12,3	5	4	-20,0
virovitičko-podravska	357	362	+1,4	99	102	+3,0	4	3	-25,0
UKUPNO	18.570	20.187	+8,7	5.671	5.517	-2,7	165	147	-10,9

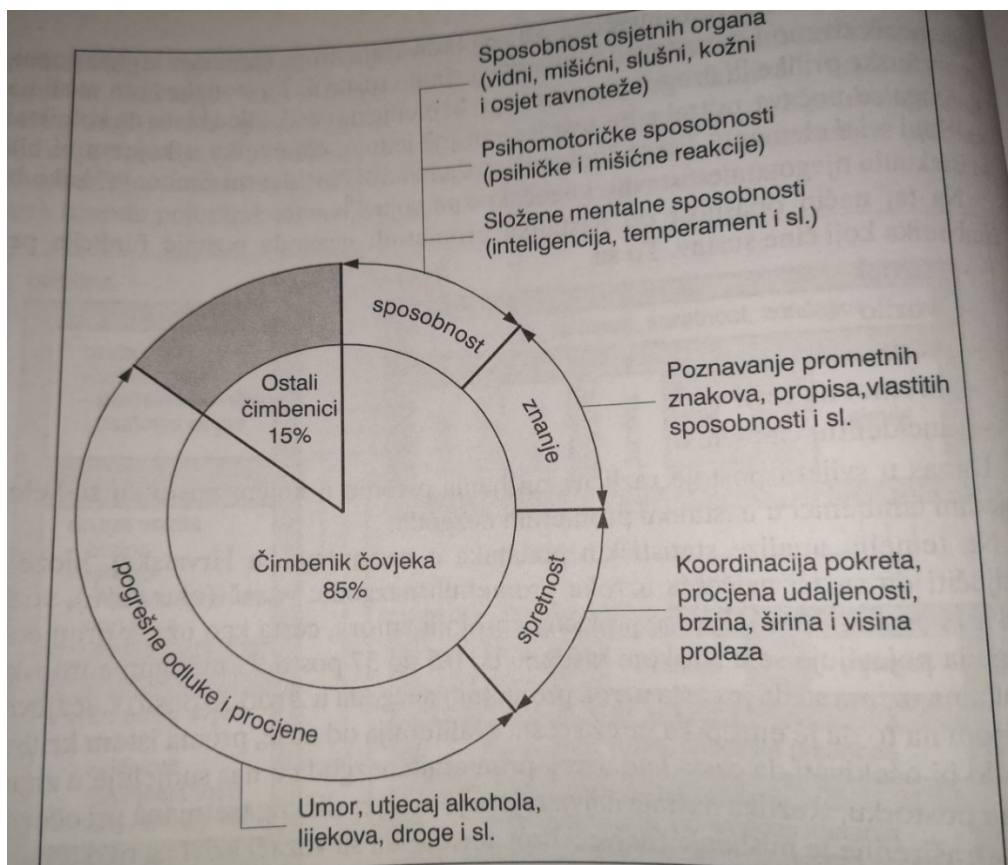
Poredbeni prikaz posljedica prometnih nesreća

Policijska uprava	NASTRADALE OSOBE								
	Poginuli			Teško ozlijeđeni			Lakše ozlijeđeni		
	2018.	2019.	+ - %	2018.	2019.	+ - %	2018.	2019.	+ - %
zagrebačka	34	20	-41,2	242	215	-11,2	1.458	1.473	+1,0
splitško-dalmatinska	17	15	-11,8	188	172	-8,5	665	682	+2,6
primorsko-goranska	10	14	+40,0	146	102	-30,1	437	403	-7,8
osječko-baranjska	17	11	-35,3	87	88	+1,1	461	365	-20,8
istarska	9	11	+22,2	68	49	-27,9	380	351	-7,6
dubrovačko-neretvanska	5	8	+60,0	69	75	+8,7	238	260	+9,2
karlovačka	5	7	+40,0	67	50	-25,4	211	199	-5,7
sislačko-moslavačka	9	7	-22,2	69	79	+14,5	260	263	+1,2
šibensko-kninska	5	7	+40,0	61	52	-14,8	171	167	-2,3
vukovarsko-srijemska	14	13	-7,1	50	62	+24,0	296	308	+4,1
zadarska	8	4	-50,0	105	90	-14,3	282	240	-14,9
bjelovarsko-bilogorska	5	4	-20,0	62	39	-37,1	158	164	+3,8
brodsko-posavska	4	7	+75,0	50	62	+24,0	240	234	-2,5
koprivničko-križevačka	5	3	-40,0	34	44	+29,4	158	127	-19,6
krapinsko-zagorska	2	1	-50,0	32	34	+6,3	134	151	+12,7
ličko-senjska	9	10	+11,1	55	47	-14,5	147	155	+5,4
međimurska	4	7	+75,0	36	27	-25,0	133	145	+9,0
požeško-slavonska	4	1	-75,0	36	19	-47,2	89	120	+34,8
varaždinska	5	4	-20,0	41	22	-46,3	212	187	-11,8
virovitičko-podravska	4	3	-25,0	23	21	-8,7	114	138	+21,1
UKUPNO	175	157	-10,3	1.521	1.349	-11,3	6.244	6.132	-1,8

Tablica 1. Prikaz broja prometnih nesreća i posljedica u 2019. u odnosu na 2018. [3]

2.1. Čovjek kao čimbenik sigurnosti prometa

Čovjek kao sudionik odnosno vozač u prometu određuje način kretanja vozila uz pomoć svojih osjetila te prometnih propisa koji definiraju način kretanja vozila. Čovjek je ujedno u najvažniji čimbenik jer on uz pomoć informacija koje prima putem vizualnih osjetilnih informacija donosi odluke o načinu kretanja vozila i poduzimanja određenih radnji u skladu sa izvorom i jačinom primljenih informacija. Ponašanje čovjeka nije moguće generalizirati te će svatko postupiti u različitim situacijama drugačije. U te razlike pripadaju : obrazovanje, odgoj, starost, osjećaji, morali, mentalitet i druge specifične osobine karakteristične za svaku pojedinu osobu. Prema slici 5., čimbenici koji se odnose na čovjeka se mijenjaju svakodnevno, a s povećanjem godinama smanjuje se koordinacija pokreta i sposobnost mišića na pravilno i pravovremeno reagiranje na opasnosti u prometu.



Slika 3. Čovjeka i njegove sposobnosti kao čimbenik sigurnosti [1]

Utjecaj alkohola, droge, lijekova te drugih opojnih sredstava smanjuje sposobnost prosuđivanja i produljuje vrijeme reakcije vozača na situaciju ispred sebe, čak i male količine opijata smanjuju vozačke sposobnosti te se vlastite vozačke sposobnosti najčešće precjenjuju.

S obzirom na količinu alkohola u krvi i ponašanje vozača u prometu može se razlikovati:

- Stanje prolazne opijenosti (0,10 - 0,49%): smanjuje se pažnja, a pojavljuje se nepotpuna koordinacija, razgovorljivost i osjećaj ugone (dio vozača i u tom stanju ugrožava sigurnost prometa);
- Stanje lakše pripitosti (0,50 - 0,99%): pojavljuje se želja za isticanjem i nepoštivanjem prometnih znakova, nesklad pojedinih pokreta, gubi se orijentacija, sporije su reakcije vida i sluha, produljuje se vrijeme prilagođavanja oka na mrak i sl.
- Stanje teže pripitosti (1,00 – 1,49%): veći broj vozača nije sposoban za upravljanje vozilom, a postotak prometnih nezgoda naglo se povećava;
- Pijano stanje (1,50 – 2,49%): vozač nije sposoban upravljati vozilom te brzo dolazi do nezgode;
- Teži oblik pijanstva (2,50 – 3,49%): ne može se govoriti o razumnom ponašanju u prometu[1]

Psihofizičke osobine čovjeka

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

- Funkcije organa osjeta
- Psiho motoričke sposobnosti
- Mentalne sposobnosti[1]

2.1.1. Funkcije organa osjeta

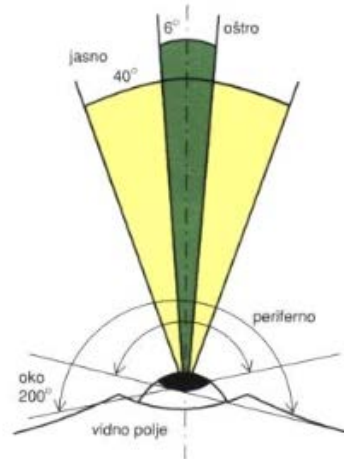
2.1.1.1. Osjet vida

Osjet vida je najvažniji osjet za vozača jer se uz pomoć njega dobiva preko 90 posto svih informacija iz okoline te se može deducirati da se uz pomoć tih informacija i donosi najveći broj odluka. U najvažnije osobine oka spadaju:

- Vidno polje
- Razlikovanje boja
- Oštrina vida
- Prilagođavanje na tamu i svjetlu

Vidno polje

Vidno polje vozača podrazumijeva sve predmete u okolini bez pomicanja glave i/ili očiju. Veličina vidnog polja ovisi o brzini kretanja vozila te se vidno polje pri nižoj brzini povećava kod se pri većoj brzini isto sužava te se dobiva „tunelski vid“ (Slika 7.) pri velikoj brzini, naime velike brzine nisu jedini uzrok smanjenja vidnog polja ono se isto smanjuje zbog uporabe opojnih droga, alkohola, umora, starosti vozača i sl.



Slika 4. Vidno polje [4]



Slika 5. Prikaz „tunelskog vida“ [5]

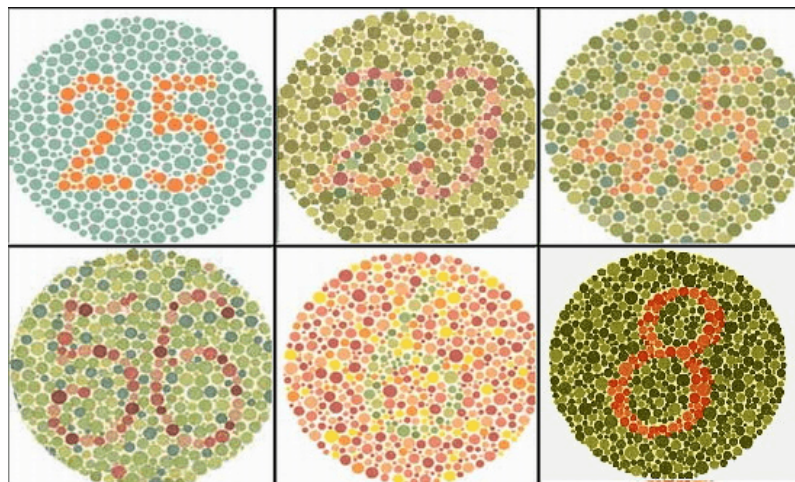
Razlikovanje boja

Razlikovanje boja je iznimno važno prilikom uočavanja prometnih znakova i semafora. Naime potrebno je napomenuti da jedan dio vozača ima sljepoću na boje koja može biti potpuna ili djelomična takva vrsta sljepoće se zove daltonizam i test se provodi uz pomoć niza sličica različitih kontrasta boja te sa znakom unutar sličice koji je druge

boje sličnih kontrasta(Slika 9). Takvi tipovi vozača raspoznaju faze na semaforu na način da prate intenzitet osvjeljenja pojedine faze te znaju kako postupiti u određenoj prometnoj situaciji. Dok se kod prometnih znakova raspoznaju po obliku kako bi se znalo njegovo značenje i raspoznati da li je uočeni prometni znak opasnosti, izrecite naredbe ili obavijesti kako je prikazano na slici 8.



Slika 6. Prometni znakovi [6]



Slika 7. Test za daltonizam [7]

Oštrina vida

Oštrina vida je sposobnost uočavanja sitnih detalja. Ovisi o skupljanju i širenju zjenice, o akomodaciji leća oka i fotokemijskim procesima mrežnice oka. Smanjena oštrina vida može se ublažiti naočalama. Oštrina vida se izraziti opažanjem najmanjeg razmaka između dvije točke ili dvije crte.



Slika 8. Test oštine vida [8]

Prilagođavanja oka na svjetlo i tamu

Prilagođavanje oka na svjetlost i tamu je od iznimnog značaja prilikom vožnje pogotovo pri vožnje kroz tunel gdje prilikom ulaska u tunel te se smanjuje percepcija dok se oko u potpunosti ne prilagodi na promijenjenu količinu svjetlosti, potrebno vrijeme za prilagodbu oko ovisi o jačini svjetlosti prilikom prelaska iz svjetla u tamu . Dok se pri izlasku iz tunela oko brže prilagodi na naglu pojavu svjetlosti i to skoro 6 puta brže.



Slika 9. Zasljepljenje pri izlasku iz tunela [9]

2.1.1.2. Osjet sluha

Osjet sluha znatno manje utječe na sigurnost prometa nego osjet vida. Služi za kontrolu rada motora, za određivanje smjera udaljenosti vozila kočenju i sl. Putem osjetnog organa sluha prenosi se buka, koja loše djeluje na vozača jer izaziva umor i smanjuje njegovu sposobnost vožnje. Ljudi sa slabim sluhom naknađuju taj nedostatak povećanjem naprezanjem vida. Dosadašnja statistike pokazuju da ljudi sa slabim sluhom izazivaju relativno mali broj prometnih nesreća.

2.1.1.3. Osjet ravnoteže

Taj je osjet važan za sigurnost kretanja vozila, osobito kod vozača motora. S pomoću osjeta ravnoteže uočava se nagib ceste, ubrzanje ili usporjenje vozila, bočni pritisak u zavoju i sl. Centar za ravnotežu smješten je u unutarnjem uhu.

2.1.1.4. Mišićni osjet

Mišićni osjet dobiva podražaj putem osjetnih stanica u mišiću. On daje vozaču obavijesti o djelovanju vanjskih sila zbog promjene brzine i o silama zbog koje nastaju pritiskom na kočnicu, spojku i sl.

2.1.1.5. Osjet mirisa

Osjet mirisa nema veliki utjecaj na sigurnost u prometu, jedino u posebnim slučajevima, npr. Pri duljem kočenju, kad pregore instalacije i sl.[1]

2.1.2. Psiho motoričke sposobnosti

Psiho motoričke sposobnosti podrazumijeva mogućnost izvršenja zadataka gdje je potrebna brzina precizno i koordinacija mišića. Što dovodi do zaključka da su za upravljanje motornim vozilom najvažnije:

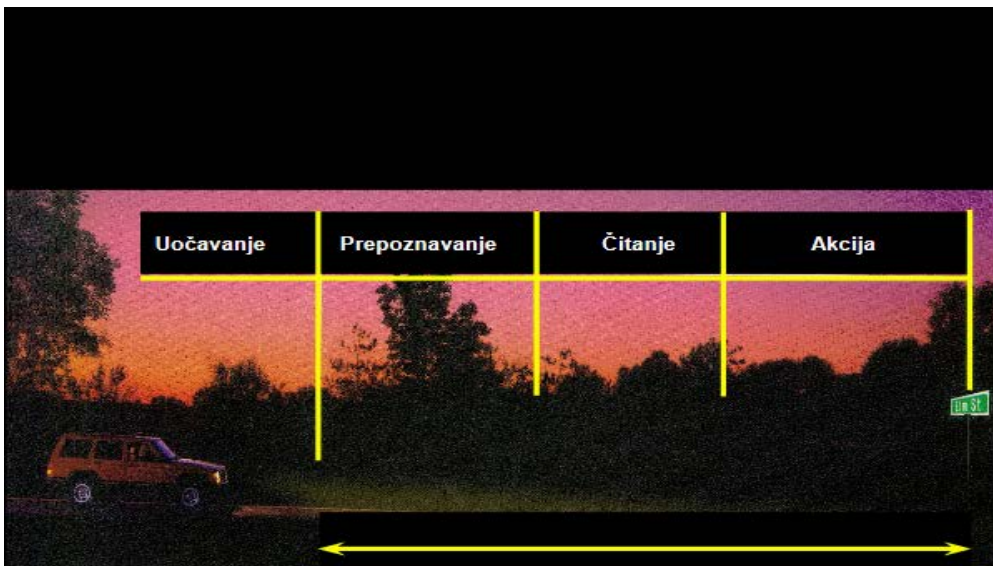
- Brzina izvođenja pokreta
- Vrijeme reagiranja odnosno brzina reagiranja
- Koordinacija pokreta

Brzina izvođenja se odnosi na pokrete u vožnji koji se nakon nekog vremena automatiziraju te postaju nesvjesni reakcije kao na primjer nagla promjena smjera kretanja, brzine vožnje i sl.

Vrijeme reagiranja odnosno brzina reagiranja se odnosi na vrijeme koje protekne od vremena uočavanja nekog predmeta ili situacije do trenutka prepoznavanja, procjene i akcije.

S toga se može podijeliti na:

- Vrijeme uočavanja – vrijeme koje protekne od uočavanja najmanje površine koje ljudsko oko može vidjeti
- Vrijeme prepoznavanja – vrijeme koje protekne dok se ne prepozna oblik i boja znaka (tip poruke znaka)
- Vrijeme procjene – vrijeme koje protekne za procjenu potrebne akcije za situaciju ispred vozila
- Vrijeme akcije



Slika 10. Prikaz percepcije prometnog znaka [10]

Vrijeme reagiranja ovisi o velikom broju čimbenika kao što su starost, iskustvo, utjecaj opojnih droga, umor, alkohola. Te ujedno sa povećanjem vremena reagiranja povećava se i mogućnost nastanka prometne nesreće.

2.1.3. Mentalne sposobnosti

Jedna od najvažnijih mentalnih sposobnosti je inteligencija, To je sposobnost snalaženja u novonastalim situacijama uporabom novih, nenaučenih reakcija. Inteligentan će vozač brzo uočiti bitne odnose u složenoj dinamičkoj prometnoj situaciji i predvidjeti moguće ponašanje drugih sudionika u prometu te donijeti odgovarajuće odluke kod intelektualno nerazvijene osobe ti procesi su spori i pasivni.[1]

2.1.4. Obrazovanje i kultura

Vozači koji su usvojili određenu kulturu ponašanja i prometu te određeno obrazovanje, poštuju prometne propise i ponašaju se u skladu uvjetima na cesti pazeći pritom na ostale sudionike u prometu. Vozač isto tako mora biti upoznat sa dinamikom kretanja vozila kao što su ubrzanje, usporenje i sl. Naj opasniji su vozači koji precjenjuju svoje vozačke vještine i voze velikim brzinama te su izrazito opasni za ostale sudionike i povećava se rizik nastajanja prometne nesreće.

2.2. Vozilo kao čimbenik sigurnosti prometa

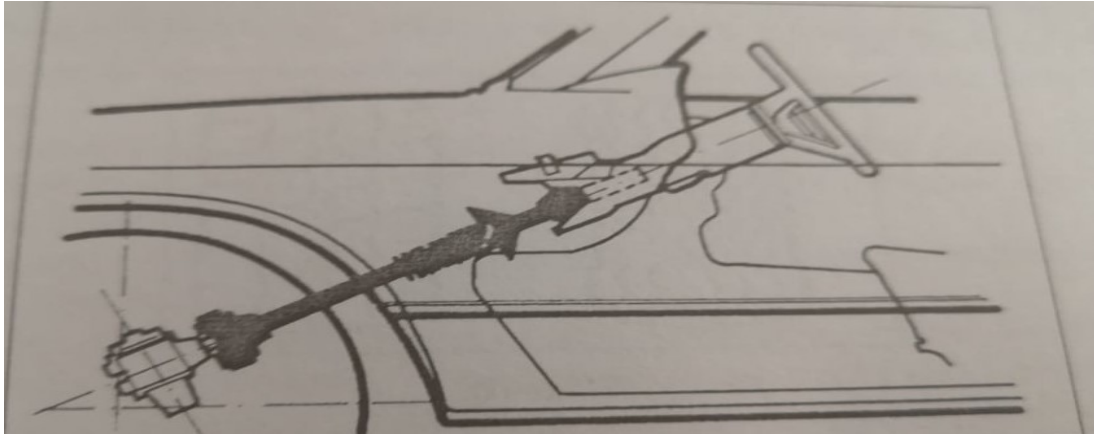
Svojom konstrukcijom i eksploatacijskim značajkama utječe u velikoj mjeri na sigurnost prometa. Prema statističkim podacima, za 3-5% prometnih nesreća smatra se da im je uzrok tehnički nedostatak na vozilu. Međutim, taj postotak je znatno veći, jer se pri očevidu nakon prometne nesreće ne mogu do kraja odrediti pojedini parametri vozila kao uzročnika prometne nesreće. Uzima se u obzir samo jasno izražen kvar, primjerice nekog dijela, potpuno otkazivanje uređaja za kočenje i sl. Neispravnosti kakve su nedovoljna efikasnost sustava za kočenje, nestabilnost vozila prilikom kočenja i sl. u velikoj mjeri utječu na sigurnost prometa.

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 posljedice nesreće.[1]

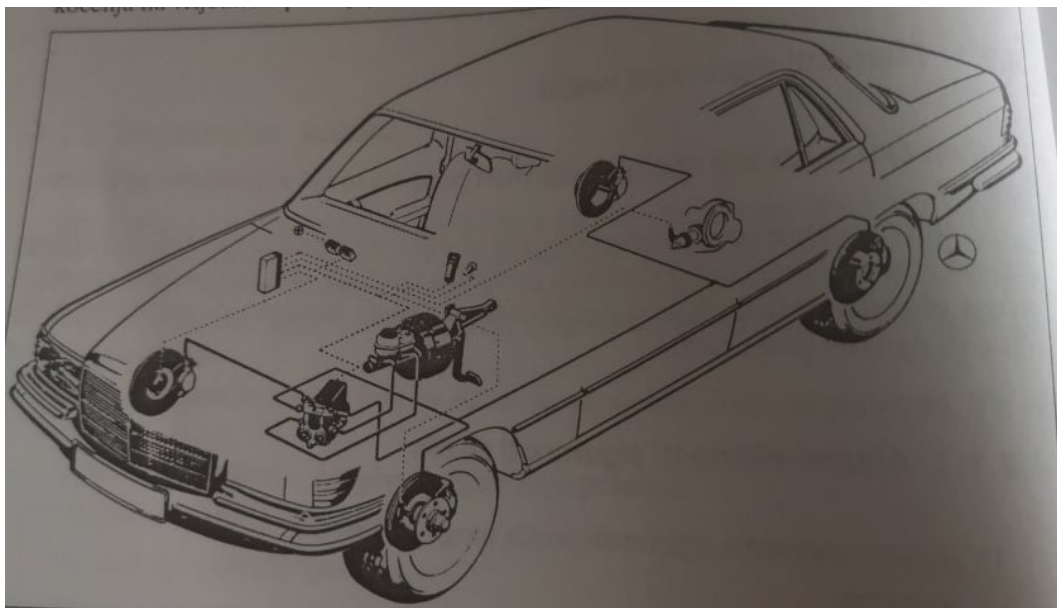
2.2.1. Aktivni elementi sigurnosti vozila

U aktivne elemente sigurnosti može se ubrojiti:

- Kočnice
- Upravljački sustavi
- Gume
- Svjetlosni i signalni uređaji
- Uređaji koji povećavaju vidno polje vozača
- Konstrukcija sjedala
- Usmjerivači zraka(spojleri)
- Uređaji za grijanje hlađenje i provjetravanje unutrašnjosti vozila
- Vibracija vozila
- Buka[1]



Slika 11. Prikaz upravljačkog mehanizma [1]



Slika 12. Prikaz kočionog sustava [1]



Slika 13. Prikaz 3 tipa guma sa drugačijim urezima (ripnama) [1]

2.2.2. Pasivni elementi sigurnosti vozila

U pasivne elemente sigurnosti vozila mogu se ubrojiti:

- školjka(karoserija)
- vrata
- sigurnosni pojasevi

- nasloni za glavu
- vjetrobranska stakla i zrcala
- položaj motora, spremnika, rezervnog kotača i akumulatora
- odbojnik
- sigurnosni zračni jastuk[1]



Slika 14. Prikaz školjke vozila [27]

Školjka automobila je izvedena iz 3 dijela. U prednjem dijelu se nalazi pogon vozila , u srednjem se smještaju putnici, a u stražnjem dijelu je prtljažni prostor. Karoserija je izvedena na način da je čvrsta, aerodinamična , elastična, otporna na savijanje.

2.3. Cesta kao čimbenik sigurnosti prometa

Nedostatci ceste često su uzrok prometne nesreće, a nastaju prilikom projektiranja odnosno njihovoj izgradnji. Prilikom projektiranja ceste potrebno je odrediti sve potrebne elemente kao što su širina prometnih traka, broj prometnih traka i sl. Doduše oštećenja se pojavljuju i nakon duže eksploatacije kolničke konstrukcije što umanjuje sigurnost odvijanja prometa.

Obilježja ceste:

- trasa ceste
- elementi ceste
- rasvjeta ceste

- stanje kolnika
- održavanje kolnika
- oprema ceste
- održavanje ceste

Tehnički elementi ceste su važan čimbenik sigurnosti odvijanja prometa. Velik broj cesta u Republici Hrvatskoj izvedene su sa dva prometna traka po jedan za svaki smjer dok je sa gledišta sigurnosti prometa ceste sa četiri traka po dva za svaki smjer kretanja puno sigurnije. Također valja napomenuti da širina kolnika odnosno trake jako utječe na sigurnost prometa te ako se prilikom projektiranja odrede nepropisane širine dolazi do ugrožavanja vozača koji se kreću tom trasom.

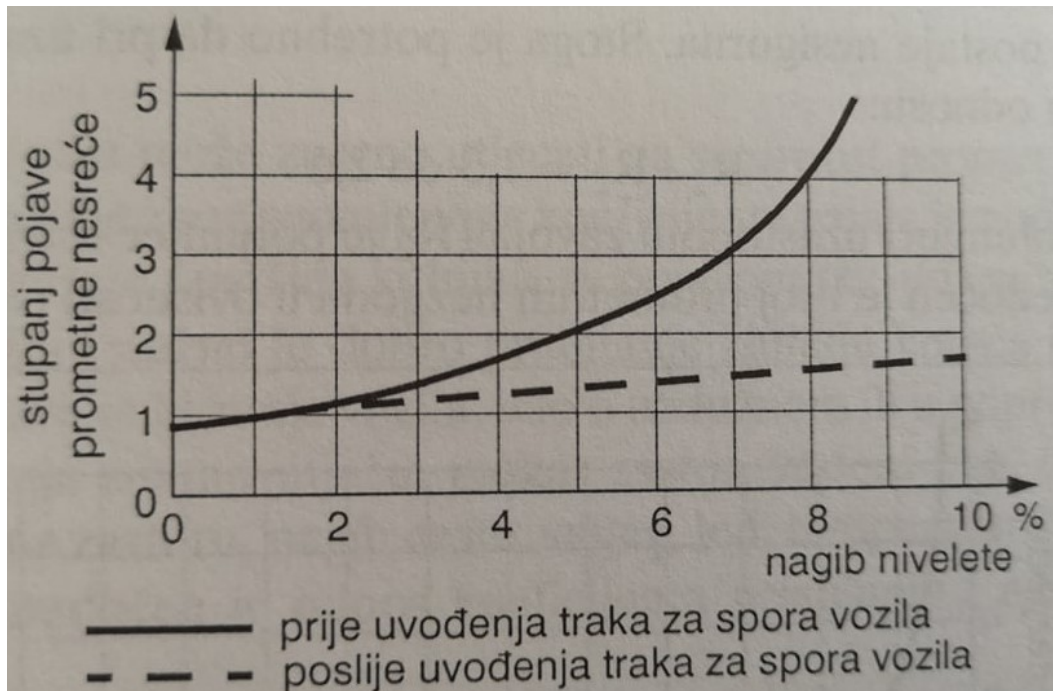
Širina prometne trake ovisi o projektnoj brzina u kojoj se ostvaruje potpuna sigurnost vožnje za vrijeme optimalnih vremenskih uvjeta i sa velikom slobodom manevriranja vozila.

Projektna brzina (km/h)	Širina prometne trake(m)
120	3,75
90	3,50
80	3,25
60	3,0
40	2,75 (iznimno 2,50)

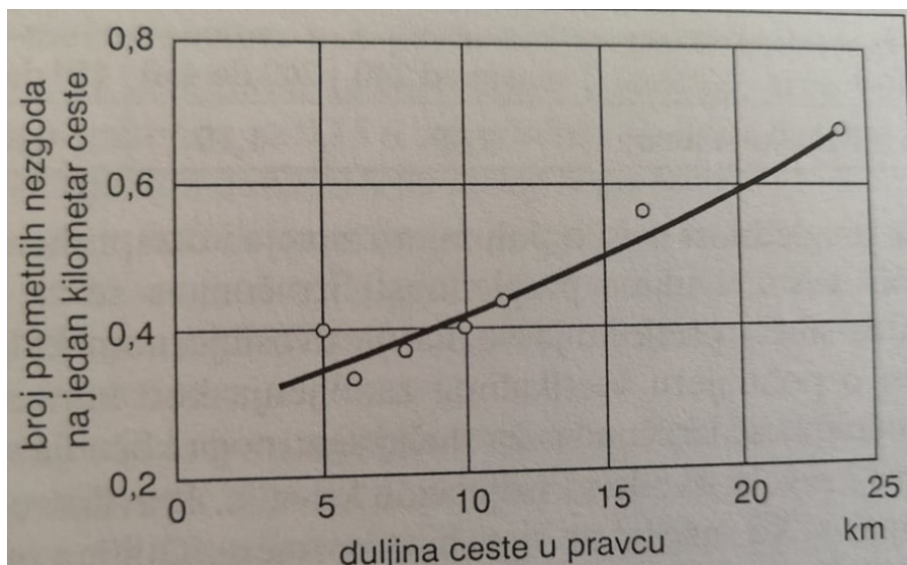
Tablica 2. Ovisnost širine prometnog traka o projektnoj brzini

Kako je prikazano na slici 16. broj prometnih nesreća se povećava sa povećanjem nagiba nivelete odnosno uzdužnog nagiba pogotovo za velika teretna vozila stoga sa izvedbom trake za spora vozila smanjio se broj prometnih nesreća i povećala sigurnost prometa.

Prometne nesreće se isto tako pojavljuju na cestama u pravcu, prijašnje uvjerenje je bilo da su ceste u pravcu najbolje što se pokazalo kasnije da nije točno. Pre dugačkim pravocrtnim pružanjem ceste vozač se umara, vožnja postaje izrazito monotona te vrijeme i brzina reagiranja postaju dulji. Isto tako dulji pravci potiču povećanje brzine kretanja vozila. Sa prikazom na slici 17. može se vidjeti rast broja prometnih nesreća sa kretanjem ceste u pravcu na sve veće udaljenosti.



Slika 15. Prikaz nagiba nivelete u odnosu broja prometnih nesreća [1]



Slika 16. Prikaz broja prometnih nesreća u odnosu na cestu u pravcu [1]

2.3.1. Prometni znakovi

Suvremeni promet zahtjeva sigurno kretanje vozila svim vremenskim uvjetima. Dobrom opremom povećava se sigurnost vozača, što je posebno važno pri velikim brzinama i velikoj gustoći prometa. Opremu ceste čine: prometni znakovi, kolobrani, ograda, živice, smjerokazi, mačje oči, kilometarske oznake, snjegobrani i vjetrobani.[1] Prometni znakovi najvažniji su element opreme ceste te se zajedno sa ostalom prometnom signalizacijom postavljaju prema prometnom elaboratu za vrijeme projektiranja isto tako znači da

prometna signalizacija mora biti postavljena pravilno bez nepotrebnih prometnih znakovi, nego se morati realna situacija i upozoriti na moguću prometnu situaciju(nalet životinja, suženje ceste, radovi na cestu i sl.).



Slika 17. Prikaz prometnog elaborata [11]

2.3.2. Prometna rasvjeta

Prometna rasvjeta važan je uvjet za odvijanje prometa noću na što sigurniji način jer se veći broj prometnih nesreća zbog slabe vidljivosti na određenim dionicama ceste. Naime ceste izvan naselja nije potrebno osvjetliti osim na pješačkim prijelazima, željezničkim prijelazima, križanjima i sl. Dobro postavljena rasvjeta na prometnicama povećava preglednost u noćnoj vožnji i ne zasljepljuje vozača te moraju biti postavljeni na pravilnim razmacima da bi se izbjeglo nastanjen tamnih pojaseva između rasvjetnih tijela



Slika 18. Prikaz prometne rasvjete [12]

2.3.3. Križanja

Velik broj prometnih nesreća događa se na križanjima i priključnim cestama. Broj prometnih nezgoda na križanjima u gradovima iznosi 40-50 posto ukupnog broja prometnih nesreća. Provedena istraživanja pokazala su da se pri preglednosti na križanju smanjenju tri puta dok se sigurnost prometa smanjuje deset puta.[1] Sa time u vidu potrebno je osigurati dobru preglednost i dobru signalizaciju odnosno regulaciju prometa, posebnu pažnju je potrebo posvetiti za lijeva skretanja te je potrebno regulirati skreću odvojeno kako bi se smanjila mogućnost nastanka prometne nesreće.

2.3.4. Održavanje ceste

Održavanje ceste se mora izvoditi pravovremeno i na propisan način kako si se održala funkcionalna i sigurna uporaba ceste za sve sudionike prometa , u to spadaju popravci infrastrukture kao što su kolnička konstrukcija , mostovi, potporni zidovi, čišćenje odvodnih nalaz, održavanje nasipa, usjeka , odrona kamenja i sl. Treba naglasiti da se

razlikuju redovno i izvanredno održavanje u smislu da se prilikom redovnom održavanja izvode svi nužni popravci zamjena stare signalizacijske opreme i uređuje okolina. Dok se kod izvan rednog održavanja podrazumijeva odroni kamenja i sl. jer ih nije moguće predvidjeti te se moraju sanirati u što kraćem roku da se izbjegne moguće prometne nesreće.

2.4. Čimbenik „promet na cesti“

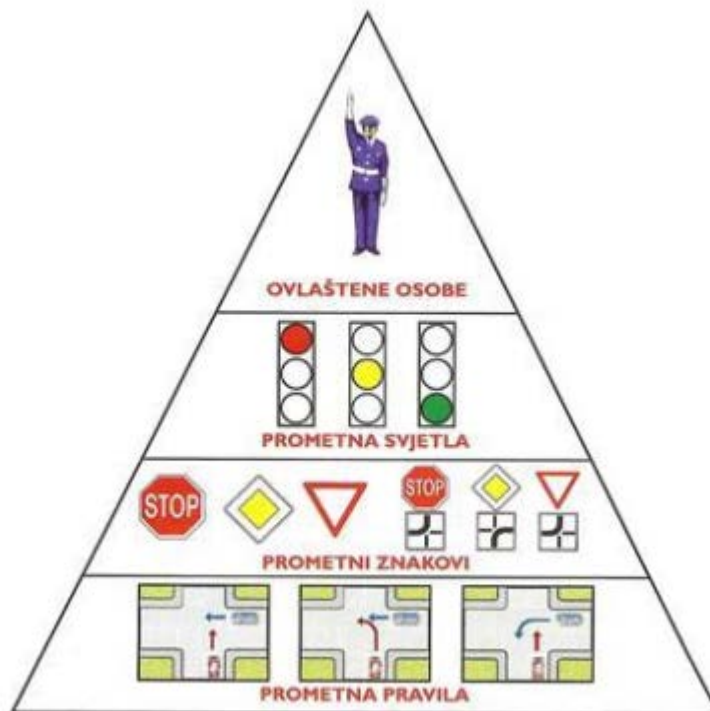
Čimbenik „promet na cesti“ se može podijeliti u tri podskupini, a to su : kontrola , organizacija i upravljanje promet. Organizacija prometa podrazumijeva prometne propise , te ostalu prometnu tehniku za organizaciju prometa, dok upravljanje određuje način upravljanja prometom. Kontrola prometa podrazumijeva izrade statistike prometnih nesreća i ispitivanje provedbe Zakona o sigurnosti prometa.

2.5. Incidentni čimbenik

Čimbenici čovjek, vozilo i cesta i promet na cesti podliježu određenim pravilnostima koje se mogu predvidjeti. Međutim tim čimbenicima nisu obuhvaćene atmosferske prilike ili neki drugi elementi kao divljač ili trag ulja na kolniku. Stoga je potrebno uvođenje čimbenika nazvanog incidentni čimbenik koji se pojavljuje neočekivano i nesustavno.[1]

3. NAČINI UPRAVLJANJA PROMETOM NA RASKRIŽJIMA

Upravljanje prometom na raskrižjima određeno je prema Zakonu o sigurnosti prometa na cestama koji određuje pravila prometa na cestama , sustav prometne signalizacije, dužnosti i postupke u slučaju nastanka prometne nesreće, uvjete za stjecanje prava na upravljanje motornim vozilom i sl. Prometom na cestama se podrazumijeva kretanje pješaka, vozila i ostalih sudionika prometu na svim javim i nerazvrstanim cestama (namijenjenih za javni promet).



Slika 19. Prikaz metoda upravljanja prometom na raskrižju [13]

3.1. Upravljanje prometom od strane ovlaštene osobe

Ovlaštene osobe po strukturi prioriteta upravljanja prometa se nalaze na prvom mjesto što znači da imaju prednost pred ostalim oblicima prometne signalizacije. Zadatak ovlaštene osobe je upravljanje prometom na raskrižjima gdje je došlo do zastoja ili kvara svjetlosne signalizacije te dolazi do opterećenja prometnih tokova. U ovlaštene osobe spadaju policijski službenici, školske prometne jedinice i prometnih jedinica mladeži. Ovlaštene osobe mogu ružno upravljati svjetlosnom signalizacijom ili fizički na način da se isključe svjetlosni signali ili prebace sa samo trepćuće žuto svjetlo.

Fizičko upravljanje prometom se izvršava gestama rukom, palicom sa znakom STOP te sa zviždaljkom kako bi se pridobila pažnja vozača ili ukazale pogreške.

Simboli rukama odnosno geste koje ovlaštene osobe pokazuju prilikom reguliranja prometa su univerzalne kako bi ih bilo što lakše prepoznati, a u to spada:

1. Dignuta desna ruka sa otvorenom šakom i dlanom prema određenom traku označava zaustavljanje za sva vozila za taj trak, da je dlan bio okrenut prema ovlaštenoj osobi to bi značilo zaustavljanje za sva vozila ispred raskrižja.



Slika 20. Prikaz zaustavljanja vozila za određen trak [14]

2. Raširene ruke u stojećem stavu označava zaustavljanje svih sudionika koja dolaze iz smjera prsa i sa leđa, dok ostali sudionici odnosno oni koji se nalaze na boku ovlaštene osobe imaju slobodan prolaz.

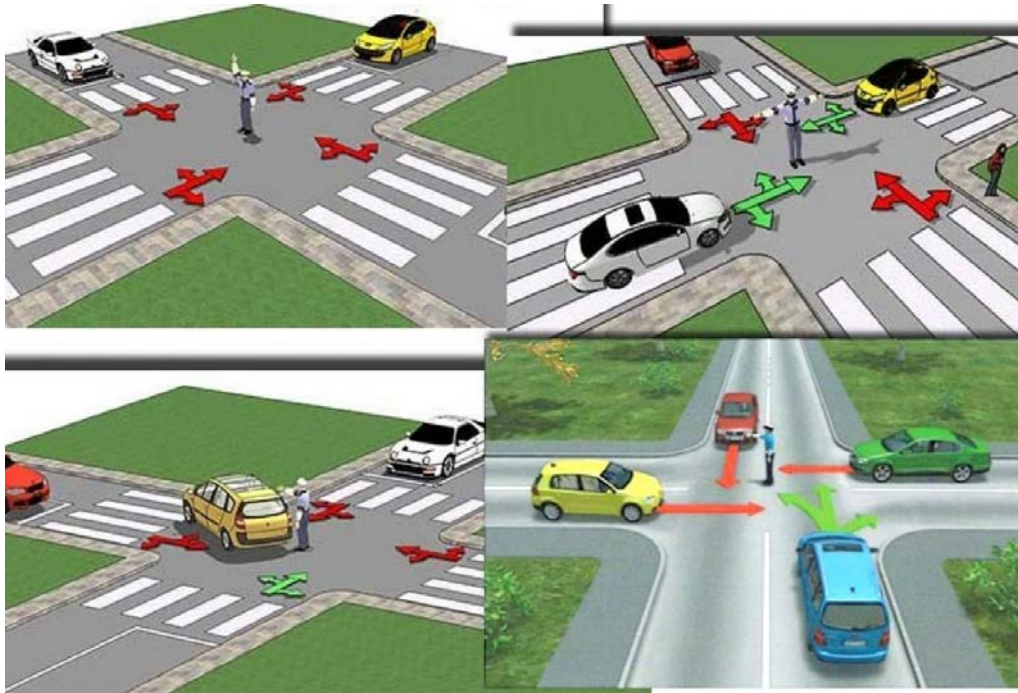


Slika 21. Horizontalno raširene ruke [15]

Pomicanje ruke gore dole koja je vodoravno ispružena prema nadolazećem vozilu označava smanjenje brzine kretanja dok pomicanje ruke u kružnom pokretu označava povećanje brzine.



Slika 22. Prikaz smanjenja brzine za nadolazeće vozilo [16]

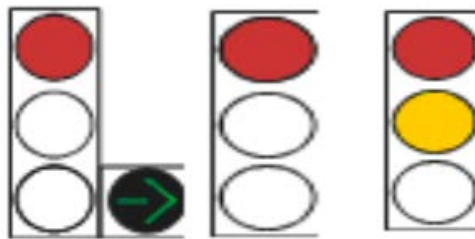


Slika 23. Upravljanje prometom od strane ovlaštene osobe [17]

3.2.Upravljanje prometom svjetlosnom signalizacijom

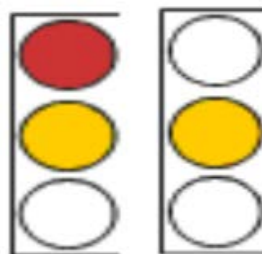
Zakonom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama određeno je način postavljanja i upravljanje prometom te raspored i način paljenja svjetlosnih signala.

1. Crveno svjetlo označava zabranjen prolaz vozila , te se kombinira sa žutom svjetlom kad se označava kraj crvene faze i pali zelena za prolazak vozila. Također crveno svjetlo može biti praćeno i dopunskom strelicom za lijeve i desne skretače neovisno o ostatku prometnog toka.



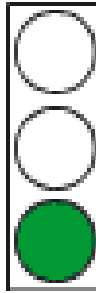
Slika 24. Moguća kombinacije crvenog svjetla [18]

2. Žuto svjetlo označava prijelaz iz jedne faze. Što znači da ako svijetlo samostalno prebacit će se na crvenu svjetlo ako se nalazi u kombinaciji sa crvenim pojavit će se zeleno svjetlo, trepćuće žuto svijetlo označava neaktivnost semafora.



Slika 25. Kombinacije žutog svjetla [18]

3. Zeleno svjetlo označava slobodan prolaz te stoji upaljeno kao samostalno svjetlo, postoje verzije gdje zeleno svjetlo treperi kada je faza pri kraju.



Slika 26. Prikaz zelenog svjetla [18]

4. Svjetlosna signalizacija za pješake se sastoji od zelenog i žutog svjetla te označava slobodu kretanja ovisno o svjetlu to isto vrijedi i za bicikle.



Slika 27. Prikaz kombiniranog semafora za pješake i bicikliste [18]



Slika 28. Prikaz semafora za pješake [18]

3.3. Upravljanje prometom prometnim znakovima

Podjela prometnih znakova se vrši po vrsti poruke kakvu znak mora prenijeti, što se u konačnici djela na :

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

Postavljanje znakovi se vrši pomoću prometnog elaborata na način da znakovi ne zaklanjaju jedna drugog i da su vjerni prometnoj situaciji koji se nalazi na mjestu postavljanja.

3.3.1. Znakovi opasnosti

Znakovi opasnosti imaju oblik jednostraničnog trokuta te im je osnovna boja bijela te su rubovi trokuta crveni, naime veličina znakova ovisi o mjestu postavljanja. Znakovi opasnosti se u postavljanju u pravilu izvan naselju na udaljenosti od 150 do 250 metara ispred opasnog mjesta, a u naseljima do 150 metara ispred opasnog mjesta.[1] Iznimke u pogledu boje i oblika su Andrijin križ, prijelaz ceste preko željezničke pruge.



Slika 29. Znakovi opasnosti [19]

3.3.1. Znakovi izričitih obavijesti

Znakovi izričitih naredbi obavještavaju sudionike u prometu zabrane, zadaće i ograničenja, okruglog su oblika sa bijelom osnovnom bojom i sa crvenim rubom, oznake na znaku su ispisane crnom bojom, dok kod znakova obaveze osnovna boja je plava. Znakovi se postavljaju neposredno na mjestu od kud počinje ograničenja, zabrane (znak STOP, ograničenja brzine i sl.) ako se postavljaju na određenoj udaljenosti potrebno je postaviti dopunsku ploču koja će naglasiti kada počinje ograničenje.



Slika 30. Znakovi izričitih naredbi [20]

3.3.3. Znakovi obavijesti

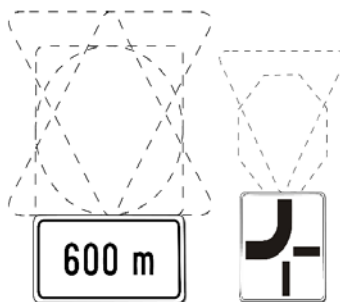
Sudionici u prometu dobivaju potrebne obavijesti o nazivima mjesta, udaljenostima i cestama do istih. Ovakav tip znakova ima, romboid, kockast, pravokutan ili okrugao oblik. Sastoje se od zelene plave, žute, crne i bijele boje, ovisno o vrsti obavijesti. Postavljaju se neposredno uz terene na koji se znak odnosi, ali ako se postavlja na određenoj udaljenosti potrebno ga je dopuniti sa dopunskom pločom.



Slika 31. Znakovi obavijesti [21]

3.3.4. Dopunske ploče

Postavljaju se uz znakove opasnosti, izričitih naredbi i obavijesti i zadaća im je dopuniti značenje pojedinih znakova, pravokutnog su oblika. Njihova širina ne smije biti veća od širine prometnog znaka, a visina ne smije biti veća od pola širine.



Slika 32. Primjer dopunske ploče [22]

3.3.5. Promjenjivi prometni znakovi

U današnje vrijeme sve je veća primjena promjenjivih prometnih znakova zbog njihove mogućnosti da se iz centra za nadzor prometa promijeni značenje znaka kako bi se vozačima dale potrebne informacije o trenutnom stanju na cesti kako je i prikazano na slici 33. odnosno obavijestio vozače o promjenama koje su se dogodilo, a one mogu biti:

- Atmosferske prilike
- Prometne nesreće
- Održavanje ceste
- Ostalo

Sa time u vidu uporabom ovakvih tipova znaka znatno se smanjuje broj prometnih nesreća izrazito na autocestama zbog kretanja velikog broja automobila velikim brzinama.



Slika 33. Promjenjivi prometni znakovi [23]

4. ULOGA I ZNAČAJ SEMAFORA ZA UPRAVLJANJE PROMETOM NA RASKRIŽJIMA

Semafor je uređaj koji služi za upravljanje prometom uz pomoć svjetlosnih signala. Da bi se postiglo što kraće zadržavanje vozila na istim, signali se usklađuju na jednom dijelu ili uklapanjem više dijelova. Neprekinuti tok moguće je samo na onim prometnicama koje nemaju raskrižje u razini. Signalni pojasevi se smanjuju u vremenskim razmacima. Pritom je usvojen sustav signala u tri boje: zelena, žuta i crvena.

Signali za upravljanje prometom su:

1. Signali za upravljanje motornim prometom
 - S fiksnim vremenom (izolirano funkcioniranje ili koordinirano funkcioniranje)
 - Kontaktni (potpuno ili polu kontaktno)
2. Signali za pješake i bicikliste
3. Posebni signali
 - Signali za vozila javnog gradskog prometa
 - Trepćući signali
 - Brzinski signali
 - Direkcijski signali (omogućuju prolazak vozilima u smjeru koji pokazuje strelica na leći signala)
 - Signali za pojedine trake (postavljaju se na mjestima gdje ima više prometnih trakova)[1]

Fiksno upravljanje prometom na raskrižju znači postavljanje određenih svjetlosnih intervala za izmjenu faza na semaforiziranom raskrižju, što znači da je rad signalnih grupa stalan te se ne mijenja tijekom eksploatacije što može biti izolirano ili koordiniranje u vidu „Zelenog vala“. Za razliku od fiksnog vremena postavljanje adaptivnog načina upravljanje semaforiziranom raskrižju na način da sustav sam odlučuje uz pomoć detektora prilaska vozila na temelju osnovnih podešenja postavljenih tijekom instalacije.

Takav način vođenja može biti adaptivan kako je naveden ili adaptivno sa već unesenim kombinacijama signalnih grupa gdje će sustav odabrat jedan od mogućih kombinacija na temelju stanja u prometu.

Koordiniranje svjetlosnih signala se drži kao okosnica za povećanje propusne moći raskrižja , veći stupanj sigurnosti prometa, smanjenje repa čekanja , održavanje kontinuirane brzine vozila.

Koordinacija signala može se obaviti pri razmaku križanja od 280 do 750 metara. Optimalni razmak križanja je 360 do 380 metara. Pri razmacima većim od 380 metara val se rasipa (skupa vozila u kretanju).

Za koordiniranje rada primjenjuje se:

- Alternativni sustav
- Simulativni sustav
- Progresivni sustav
- Fleksibilno progresivni sustav[1]

Pojam upravljanje prometom podrazumijeva način djelovanja sustava koji može biti centraliziran, decentraliziran i kombiniran.

Centralizirani način upravljanja se bazira na povezanosti signalnih uređaja na glavnu centralu, to omogućuje izmjenu svih parametara sa jedne lokacije, ali je potrebna velika programska podrška. Nedostatak ovakvog načina upravljanja je ako dođe do kvara na centralnoj stanici ili nestanak struje cijeli sustav prestaje funkcionirati.

Decentralizirani sustav se bazira na lokalnom upravljanju sa podrškom centralne stanice gdje lokalne jedinice imaju osim signalnog plana, matrice kolizije i algoritme upravljanja. Za razliku od centraliziranog načina voženja decentralizirani ima što u slučaju prekida lokalne jedinice sa centralom ona nastavlja funkcionirati doduše ne postiže se optimum.

Kombinirani sustav upravljanja koristi kombinacije prijašnje navedenih gdje svaka jedinica ima i algoritam strategije upravljanja, doduše glavna centrala i dalje ima prednost odlučivanja o signalnom planu, ali sustav ostaje u normalnoj funkciji ako lokalne jedinice ostanu bez kontakta sa glavnom centralom.

U kontrastu na motorizirani promet dodavanje posebne pješačke faze povećava se sigurnost prelaska preko pješačkog prijelaza. Pješačka faza može biti aktivirana po fiksnom planu što kao i za vozila znači da pješačka faza dolazi po već ustaljenom rasporedu, dok detektorski način paljenja pali pješačku fazu samo kada postoje pješaci odnosno kad se stigne tipka za pokretanje zelenog pješačkog svjetla. Sinkronizacija pješačkih prijelaza kao i upravljanje samih svjetlosnih signala se vrši na isti način kao i kod motoriziranog prometa.

5. NAČIN ODREĐIVANJA PROPUSNE MOĆI SEMAFORIZIRANIH RASKRIŽJA

Proračun propusne moći semaforiziranih raskrižja se vrši pomoću HCM-a odnosno „Highway Capacity Manuala“.

Čimbenici koji utječu na propusnu moć semaforiziranih raskrižja se mogu podijeliti na ove čimbenike:

- Fizičko operativni uvjeti
- Uvjeti okoline
- Prometne značajke
- Kontrolne mjere

5.1. Fizičko-operativni uvjeti

U te uvjete spada:

- Širina pristupne ceste
- Jednosmjerne i dvosmjerne prometnice
- Uvjeti parkiranje[1]

Širina pristupne ceste koja prilazi križanju ima veću važnost od samog broja prometnih trakova u vidu da se trakovi većih širina mogu podijeliti postavljanjem čunjeva signalizacije i sl. Kako je i prikazano na slici 34. gdje se prometni trak dijeli na 2 odnosno povećava se širina pristupne ceste te se omogućuje skretanje dodatnog reda vozila za lijevo odnosno desno skretanja.



Slika 34. Prikaz odavanja traka [24]

Na prilazima jednosmjernim ulicama lakše je provesti lijeva skretanje, a znatno se smanjuje i broj konfliktnih točaka. Jednosmjerne ulice imaju i bolji signalni tok, stoga se izrađuje odvojen proračun za jednosmjerne i dvosmjerne prometnice.[1]

Parkiranje se javlja kao problem na prilazima raskrižja te i u blizini samih raskrižja te se smanjuje propusna moć vozila kroz raskrižje jer se pri parkiranju zauzima određena efektivna površina prometnice pa se smanjuje broj vozila koji prođu kroz raskrižje za vrijeme trajanja zelene faze.

5.2. Uvjeti okoline

Uvjeti okoline očituju se:

- Opterećenje
- Vršnog sata
- Broj stanovnika na području križanja
- Položajem križanja u gradskom području¹

Čimbenik opterećenja je mjerilo razine iskorištenja pristupa križanju tijekom jednog vršnog sata. Taj je čimbenik odnos između broja zelenih prometnih faza koje su prometu potpun iskorištene prema ukupnom broju zelenih faza u istom vremenskom razdoblju. Vrijednost se očitava od 0,0 do 1,0 gdje 0 predstavlja prometnu situaciju gdje niti jedna faza nije u potpunosti iskorištena, a 1 se teško može postići te se on odnosi na jedan pristup križanju.

Čimbenik vršnog sata označuje broj vozila koja se pojavljuju u vršnom satu unutar 15 minutnih razmaka najvišeg opterećenja, najčešće za vrijeme odlazaka i dolazaka ljudi sa posla.

Broj stanovnika na području križanja utječe na njegovu propusnu moć na način da velika križanja u velikim gradovima imaju veću propusnu moć od istih u malim gradovima jer su se stanovnici prilagodili većom gustoćom prometa na prometnicama.

Položaj križanja u gradskom području može biti podijeljeno na centralnu, perifernu, prigradsku i stambenu zoni. Svaka zona ima svoje određene specifikacije kao što su potrebe parkiranja, veliki pješачki promet, vozila za prijevoz ljudi i dobara i sl.

¹ cerovec

5.3. Prometne značajke

Prometne značajke:

- Tip vozila koji skreće
- Kamioni i tranzitni autobusi
- Lokalni autobusni promet

Tip vozila koji skreće izrazito utječe na propusnu moć, te ujedno lijeva i desna skretanja ovise o načinu reguliranja prometa i pješačkom prometu.

Kretanje kamiona i tranzitnih autobusa izrazito smanjuje propusnu moć raskrižja zbog svoje veličine i sporijim ubrzanjem u odnosu na osobno vozilo.

Lokalni autobusni promet utječe na propusnu moć raskrižja. Ovisi o mjestu stajališta u odnosu na raskrižje, o broju putnika koji ulaze i izlaze iz autobusa za vrijeme vršnog sata, te ujedno i o broju autobusa.

5.4. Kontrolne mjere

U kontrolne mjere vezane za propusnu moć raskrižju pripadaju:

- Postavljanje semafora
- Označavanje trakova

Glavni utjecaj semafora na propusnu moć raskrižja se očituje u broju vozila koji prođe kroz raskrižje za vrijeme trajanja zelenog svjetla, isto tako valja napomenuti da količina vozila ovisi na koji način vozila prilazi raskrižju da li se zaustavlja ili ne zaustavlja prije raskrižja jer veći broj vozila prođe kroz raskrižje ako nema zaustavljanja. Duljina trajanja zelenog svjetla ovisi o trajanju samog ciklusa odnosno podjelu vremena po određenoj fazi.

5.5. Proračun propusne moći pješačkih prijelaza

Da bi se mogao riješiti pješački promet, potrebno je uvesti posebne faze za pješake na križanjima. Pri takvim prijelazima sa signalizacija mjerodavni su ovi čimbenici:

- Duljina prijelaza L (m)
- Širina prijelaza B (m)
- Trajanje faze za pješake t (s)
- Broj ciklusa u satu

Proračun propusne moći se vrši pomoću Feuchtinger-ove formule gdje je:

F – propusna moć prijelaza u broju pješaka na sat

t – trajanje zelene faze za pješake (s)

L – duljina prijelaza (m)

v – brzina kretanja kolone pješaka (1,2 m/s)

l – uzdužni razmak između pješaka (1 m)

B – širina prijelaza (m)

b – bočni razmak između pješaka (0,75 m)

P – broj ciklusa u satu

$$F = \frac{t - \frac{L}{v}}{\frac{l}{v}} \cdot \frac{B}{b} \cdot P$$

6. ANALIZA STANJA SIGURNOSTI NA RASKRIŽJU ULICA ZAGREBAČKA – VUKOVARSKA – TOPLIČKA U TURČINU

Prema prometnim i oblikovnim elementima raskrižje ulica Zagrebačka - Vukovarska – Toplička u Turčinu udovoljava svim elementima preglednosti, propusnoj moći i sigurnosti s obzirom na posebne za lijeve skretače koji omogućavaju maksimalni protok odnosno vrijeme pražnjenja ostalih smjerova tijekom pripadajućih faza (slike 36., 37., 38., 39).



Slika 35. Prikaz glavnog smjera kretanja sa posebnim trakom za lijevo skretanje [24]



Slika 36. Prikaz glavnog smjera kretanja sa posebnim trakom za lijevo skretanje [24]



Slika 37. Sporedni prilaz iz Topličke ulice na raskrižje [24]



Slika 38. Sporedni prilaz iz Vukovarske ulice na raskrižje

Ujedno prema obavljenoj analizi moguće je zaključiti da postavljanje su postavljeni brojača dodatno utjecali na povećanje sigurnosti kretanja vozila tako što se omogućio dodatan način informiranja vozača o promjeni faze iz određenog smjera odnosno smanjila se namjera vozača za dostizanja žutog svijetla i prolazak kroz isti. Važno je naglasiti da je i sigurno kretanja pješaka poboljšana zbog postavljene svjetlosne signalizacije namijenjene za njihovo kretanje.

7. OSNOVNE ZNAČAJKE BROJAČA VREMENA NA SEMAFORIZIRANIM RASKRIŽJIMA

Brojač vremena je uređaj čija je osnovna funkcija povezana uz brojanje vremena do pojava sljedeće faze odnosno crvenog ili zelenog svjetla. Brojač vremena se nalazi u sklopu semafora a se sastoji od kućišta i ekrana pričvršćenog za stup semafora. Teorija postavljanja brojača se očituje u povećanju protočnosti i sigurnosti prometa na raskrižju u načinu povećanja efektivnog zelenog svjetla te kako bi se smanjio stres vozača prilikom čekanja na crvenom svjetlu. Iako nema dostatne znanstvene niti stručne podloge za efikasnost brojača signalnih grupa ciklusa semafora na raskrižju, u Republici Hrvatskoj uglavnom su postavljeni u gradovima i to Samoboru, Varaždinu, Zaprešiću.



Slika 39. Brojač vremena na semaforu [25]

7.1. Prednosti brojača vremena

Kao što je navedeno, iako nema dostatne znanstvene niti stručne podloge za efikasnost brojača signalnih grupa ciklusa semafora na raskrižju prema prethodnim preliminarnim istraživanjima kao i istraživanju obavljenom u sklopu diplomskog rada moguće je zaključiti da se njihov doprinos ogleda u slijedećem:

- smanjenju zagađenja zraka i okoliša uslijed smanjenja potrošnje goriva zbog mogućnosti mogu ugasiti pogonski agregat vozila dok čekaju slobodan prolaz kroz raskrižje.
- vozači mogu donositi bolje i sigurnije prometne odluke na temelju preostalog vremena zelenog ili crvenog svjetla.
- smanjeni stres zbog promjene svjetla na semaforu te planiranja vremena pri velikom broju prometnih raskrižja
- učinkoviti su za pješački promet jer pješacima omogućavaju informaciju o vremenu čekanja na prijelaz preko kolnika.

7.2. Nedostatci brojača vremena

Osim navedenih prednosti, nedostaci brojača signalnih grupa ciklusa semafora na raskrižju sastoji se u slijedećem:

- pojedini vozači nekoliko sekundi prije isteka zelene faze povećavaju brzinu kretanja vozila kako bi prošli kroz raskrižje s čime ugrožavaju vozače iz suprotnih privoza a kojima se u tom trenutku najavljuje ili je omogućen slobodni prolaz kroz raskrižje paljenjem zelenog svjetla.
- primjena takvih brojača nije moguća na semaforima koja su ovisna ili polu-ovisna o prometu odnosno na semaforskim uređajima koje nemaju ustaljeni ciklus.

7.3. Provedena istraživanja brojača signalnih grupa ciklusa semafora na raskrižju

Prema analizi znanstvene i stručne literature o učinkovitosti brojača signalnih grupa ciklusa semafora na raskrižju i istraživanjima koja su obavljena u Sjedinjenim Američkim Državama od strane Oregon Sveučilišta, dokazana je bolja reakcija vozača u sigurnije kretanje kroz raskrižje sa bojačima vremena.

U ovom istraživanju, koje je koristilo zeleni tajmer odbrojanja signala, ili GSCT, u simulatoru vožnje države Oregon, sat je odbrojavao posljednjih 10 sekundi zelene indikacije (Slika 41). Predmetni skup od 55 vozača u dobi od 19 do 73 godine proizveo je skup podataka

od 1100 međudjelovanja raskrižja, od kojih polovina uključuje GSCT. Prisutnost brojača odbrojavanja povećala je vjerojatnost da će se vozač u zoni dileme zaustaviti u prosjeku nešto više od 13 posto i smanjila stope usporavanja u prosjeku 1,50 stopa u sekundi. Raniji rezultati koji su proizašli iz povezanog istraživačkog projekta pokazali su da su vozači bili spremni za vožnju kad je svjetlo postalo zeleno u sjecištima s crvenim brojačem vremena, što pokazuje koliko vremena ostaje dok svjetlost ne pređe iz crvene u zelenu. Prvo vozilo na redu kretalo se prosječno 0,82 sekunde brže u prisutnosti brojača, što sugerira poboljšanje učinkovitosti raskrižja zahvaljujući smanjenju vremena izgubljenog za kretanje.



Slika 40. Brojač vremena sa 3. fazom [26]

8. ANALIZA NAČINA I SIGURNOST ODVIJANJA PROMETA NA RASKRIŽJU ULICA ZAGREBAČKA – VUKOVARSKA – TOPLIČKA U TURČINU SA I BEZ PRIMJENE BROJAČA SIGNALNIH GRUPA CIKLUSA SEMAFORA

Za potrebe diplomskog rada obavljena je analiza načina i sigurnosti odvijanja prometa sa i bez primjene brojača signalnih grupa u gradu Varaždinu. Prema analizi vremena ciklusa i faza navedeno raskrižje ima ciklus od 90s te se sastoji od dvije faze sa posebnim trakom za lijeve skretače na glavnom smjeru.



Slika 41. Snimanje brzine glavnog smjera kretanja

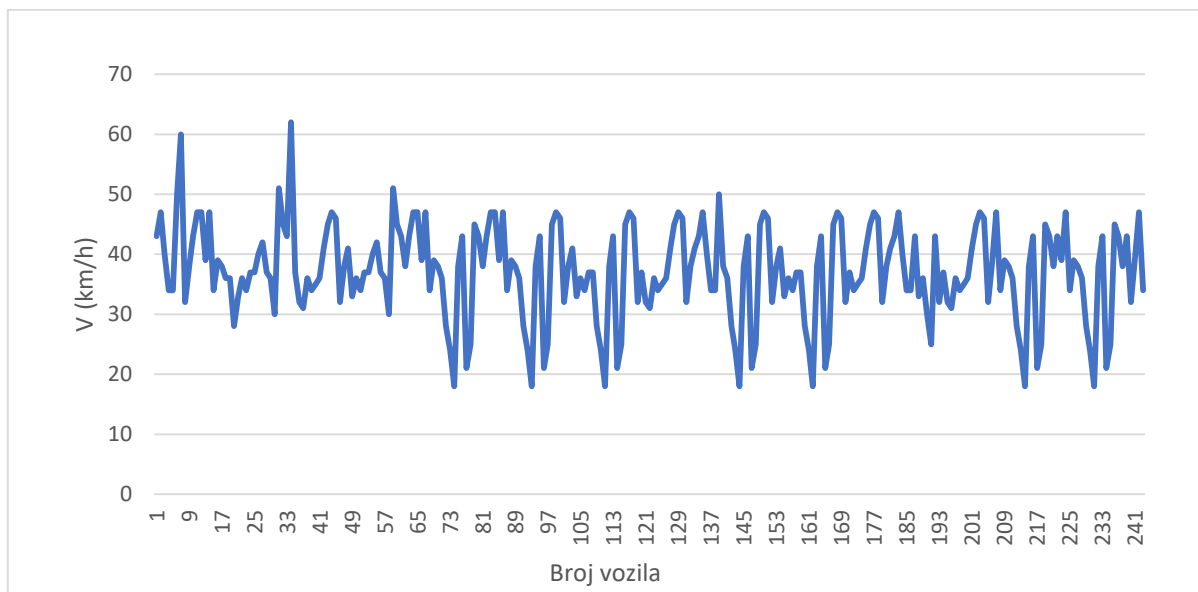
Prema strukturi prometa na promatranom raskrižju na dominantnom privozu Zagrebačke ulice u smjeru sjever – jug, zabilježen je veliki broj teretnih vozila ali i osobnih automobila. Razlog za to su privredni pogoni i postrojenja za proizvodnju i trgovinu, dok osobna vozila prometuju prema centru grada Varaždina ili prema izlazu na autocestu A4. Na sporednim privozima najčešća prometuju osobna vozila. Prometno raskrižje ima izrazito dobro preglednost na svim privozima te posebne trakove za lijeve skretače sa glavnog privoza (Slika 43).



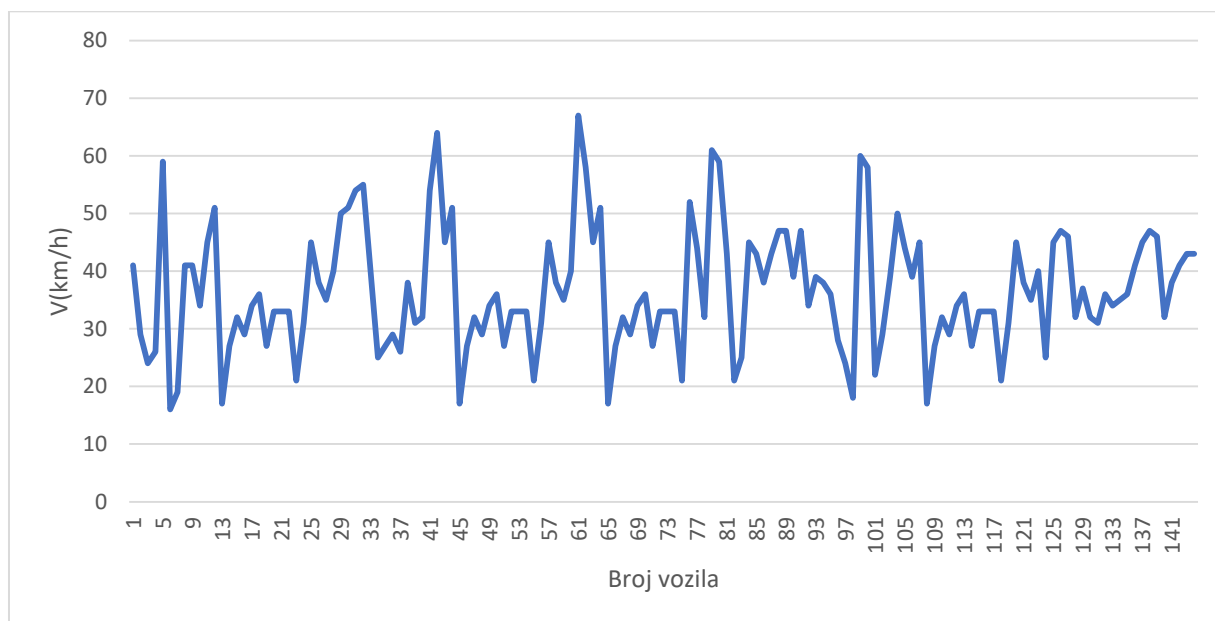
Slika 42. Raskrižje Ulica Zagrebačka – Vukovarska – Toplička [24]

8.1. Rezultati mjerenja brzine vozila sa brojačima vremena

Prilikom mjerenja u jutarnjim satima izmjereno je 237 vozila, mjerenje brzine kroz raskrižje obavljeno je na glavnoj cesti za vozila iz smjera juga, snimanje je započelo u 8:00 i trajalo je do 9:00. Dobiveni rezultati prikazani su u grafikonu 1, a detalji obavljenog mjerenje navedeni su na kraju poglavlja. Snimanje u popodnevnima satima obavljeno je u vremenu od 15:10-15:40. Tom prilikom zabilježen je prolaz 144 vozila (grafikon 2).



Grafikon 1. Mjerenje brzine u jutarnjim satima sa brojačem

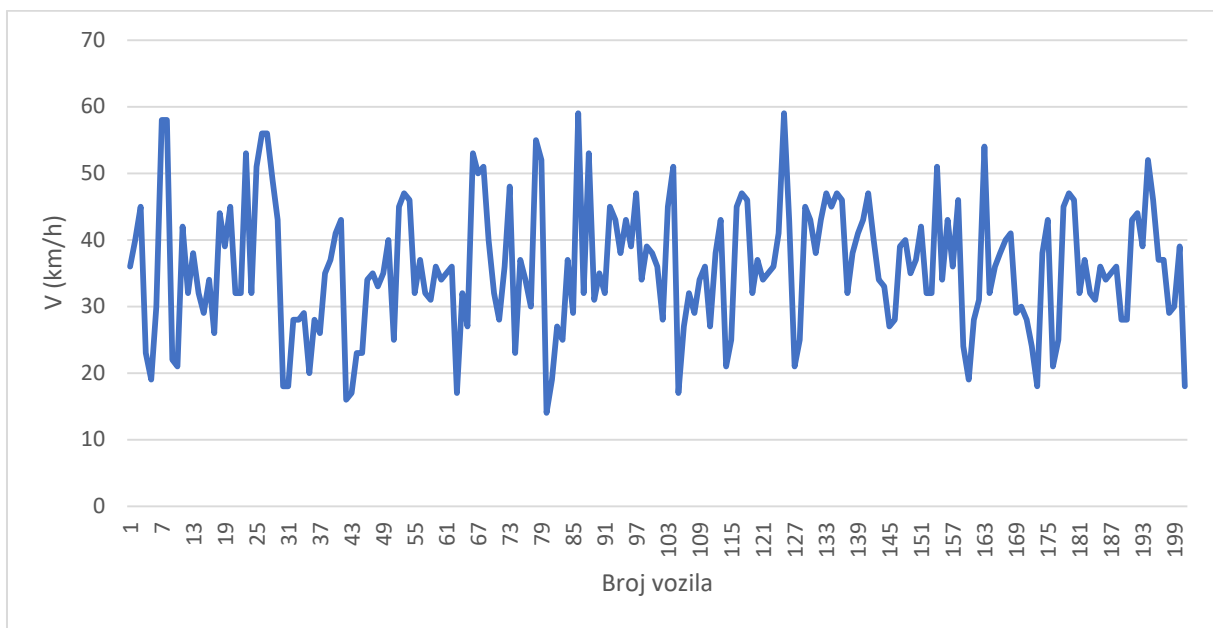


Grafikon 2. Mjerenje brzine u popodnevnim satima sa brojačem

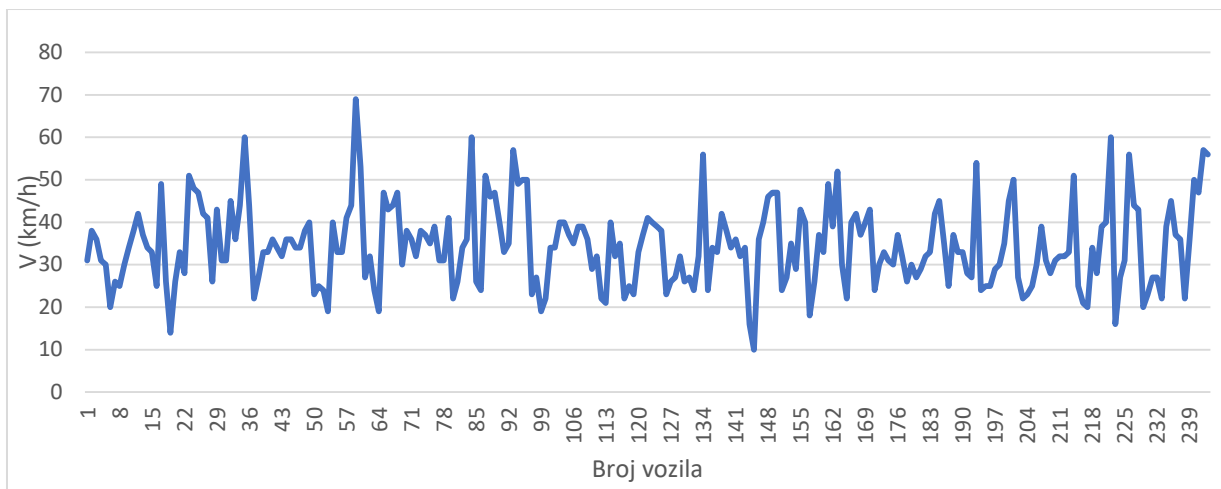
Prema podacima iz grafikona razvidan je mali broj vozila koji se kreću 85 percentilom brzinom koja iznosi 51 km/h, svega 22 vozila, dok su prekoračenja brzine svega 4 puta i to za situacije kada je postojala sekunda ili dvije prije pojave crvenog svjetla te se vozači ubrzali da prođu raskrižje.

8.2. Mjerenje brzina vozila bez brojača vremena

Mjerenja bez brojača vremena signalnih grupa obavljeno je u 11:45-12:30. U tom vremenu zabilježen je prolaz 201 vozila a u vremenu od 15:00-15:45 zabilježen je prolaz 243 vozila. Rezultati brzina vozila prikazani su u grafikonu 3 i 4.



Grafikon 3. Mjerenje brzine u prijepodnevnim satima bez brojačem



Grafikon 4. Mjerenje brzine u popodnevnim satima bez brojača

Prema rezultatima obavljenog snimanja moguće je zaključiti da se 28 vozila kreću 85 percentilom brzinom, a da prekoračenja zakonski propisane brzine nije zabilježeno. Ostala su se vozila kretala brzinom manjom od 51 km/h . Međutim posebno je značajno istaknuti da je zamijećena povećana nesigurnost vozača pri pojavi žutog svjetla kao i veći broj vozila koja prolazi kroz žuto ili čak crveno svjetlo u odnosu na mjerenje sa brojačem vremena. Stoga se može zaključiti da brojači povećavaju sigurnost kretanja u prometu, povećanje sigurnosti kod vozača, smanjenje nervoze prilikom čekanja na crvenom svjetlu, izbjegavanje „lovljenja“ žutog svjetla zbog neznanja koliko još zeleno svjetlo traje.

Velikih razlika u brzinama kretanja vozila nije zabilježena ali se može konstatirati da je vrijeme reakcije vozača prilikom kretanja za vrijeme promjene faze sa brojačima puno kraće s obzirom da je zabilježeno da vozači kreću puno prije kada su brojači bili uključenu u odnosu kada nisu.

9. ZAKLJUČAK

Regulacijsko rješenje koje sudionicima u prometu omogućava informaciju o trajanju vremena pojedine signalne grupe za čekanje na promjenu faze, uz semafora svjetla postavljaju se brojači signalnih grupa ciklusa o informiranju o preostalom vremenu za promjenu faze.

U sklopu diplomskog rada obavljeno je istraživanje s ciljem spoznaje o učinkovitosti i utjecaja o učinkovitosti povećanja propusne moći na raskrižju i sigurnosti cestovnog prometa. Analiza je obavljena na raskrižju Zagrebačka – Vukovarska – Toplička u Turčinu i to u popodnevnim i jutarnjim satima kada su bili upaljeni brojači signalnih grupa ciklusa i kada su isti bili isključeni. Prema dobivenim rezultatima obavljenog snimanja moguće je zaključiti da se od 825 vozila njih 50 kreću 85 postotnom brzinom. Jednako tako uočeno je da prekoračenja zakonski propisane brzine nije zabilježeno. Ujedno ostala su se vozila kretala brzinom manjom od 51 km/h. Međutim posebno je značajno istaknuti da je zamijećena povećana nesigurnost vozača pri pojavi žutog svjetla kao i veći broj vozila koja prolazi kroz žuto ili čak crveno svjetlo u odnosu na mjerenje sa brojačem vremena. Stoga se može zaključiti da brojači povećavaju sigurnost kretanja u prometu, povećanje sigurnosti kod vozača, smanjenje nervoze prilikom čekanja na crvenom svjetlu.

Iz navedenog proizlazi da velikih razlika u brzinama kretanja vozila nije zabilježena ali se može konstatirati da je vrijeme reakcije vozača prilikom kretanja za vrijeme promjene faze sa brojačima puno kraće s obzirom da je zabilježeno da vozači kreću puno prije kada su brojači bili uključenu u odnosu kada nisu.

Analizom rezultata dobivenih istraživanjem koje su obavljani u diplomskom radu može se konstatirati da takav način informiranja vozača o preostalom vremenu prije promjene pojedine faze ima svojih prednosti ali i nedostatke u vidu sigurnosti sudionika u prometu.

Prednosti se očituju u tome da se smanjuje vrijeme reakcije vozača, povećava brzina prolaska kroz samo raskrižje, nedostaci takvih brojača su takvi da jedan dio vozača kreće u zadnjoj sekundi crvene faze odnosno za vrijeme zaštitne međufaze se nalaze u raskrižju povećavajući šansu nastanka prometne nesreće sa vozilima koja dolaze iz suprotnih privoza.

Preporuka u skladu sa obavljenim istraživanjima sastoji se u tome da bi prije postavljanja brojača vremena trebalo obaviti detaljna istraživanja prometnih tokova, prometno oblikovanih elementa raskrižja i druge elemente vezane za sigurnost kretanja. Naime prije postavljanja brojača bitno je naglasiti i probleme prije njihovog postavljanja odnosno ne postoji zakonski nikakva regulativa koja određuje način i mjesto postavljanja brojača vremena, te kao takvi ne spadaju u prometnu opremu i prometnu signalizaciju.

LITERATURA

1. Cerovec, V.: Tehnika i sigurnost prometa, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2001.
2. <http://files.fpz.hr/Djelatnici/gluburic/Luburic-predavanja-v3.pdf>(22.7.2019.)
3. <https://mup.gov.hr/UserDocsImages/statistika/2019/Pregled%20sigurnosnih%20pokazatelja%202019/Osnovni%20sigurnosni%20pokazatelji%20srpanj%202019.pdf>(22.7.2019.)
4. <http://www.rally-dubrovnik.hr/files/pdf5.pdf>(22.7.2019.)
5. https://cdn7.dissolve.com/p/D111_68_018/D111_68_018_0004_600.jpg(22.7.2019.)
6. http://www.lorencic.hr/prometni-znakovi_07-6-1_3.htm(22.7.2019.)
7. <https://www.levante-emv.com/vida-y-estilo/salud/2015/03/02/polemica-vestido-convierte-testdaltonismo/1233235.html>(22.7.2019.)
8. <http://poliklinika-balog.hr/wp-content/uploads/2012/05/Slika-31.jpg>(22.7.2019.)
9. <https://ak9.picdn.net/shutterstock/videos/3748439/thumb/4.jpg>(22.7.2019.)
10. https://moodle.srce.hr/20182019/pluginfile.php/2039708/mod_resource/content/1/Prometni%20znakovi.pdf(22.7.2019.)
11. https://sbplus.hr/_Data/Galerija/160926204541229.jpg(22.7.2019.)
12. <https://sjever.hr/wp-content/uploads/2019/08/javna-rasvjeta-750x500.jpg>(22.7.2019.)
13. <https://repozitorij.velegs-nikolatesla.hr/islandora/object/velegs:468/preview>(22.7.2019.)
14. http://www.instruktor-voznje.com.hr/img/prometni_policajac_na_raskrizju/policajac-stop_180x307.jpg(22.7.2019.)
15. http://www.instruktor-voznje.com.hr/img/prometni_policajac_na_raskrizju/policajac-rasir-ruke_180x180.jpg(22.7.2019.)
16. http://www.instruktor-voznje.com.hr/img/prometni_policajac_na_raskrizju/policajac-uspori_180x307.gif(22.7.2019.)
17. <https://storage.bljesak.info/article/133936/1280x880/prometni-policajac.jpg>(22.7.2019.)
18. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2005_03_33_662.html(22.7.2019.)
19. http://semafor-sinj-solin.hr/wp-content/uploads/znakovi_op-1.jpg(22.7.2019.)
20. http://semafor-sinj-solin.hr/wp-content/uploads/znakovi-naredbi_1.jpg(22.7.2019.)
21. http://semafor-sinj-solin.hr/wp-content/uploads/obav_1.jpg(22.7.2019.)
22. <https://autoskola-ispiti.com/images/E01.png>(22.7.2019.)

23. <https://www.vecernji.hr/media/img/0d/9e/0fbe407465a18bd49ac6.jpeg>(22.7.2019.)
24. Google maps (22.7.2019.)
25. <http://elektromodul-promet.hr/wp-content/uploads/2016/08/semaforski-odbrojiva%C4%8D-sekundi-1.jpg>(22.7.2019.)
26. <https://i.redd.it/gfc11i8kf0x11.jpg>(22.7.2019.)
27. <https://www.silux.hr/media/uploads/fm/workman.jpg>(22.7.2019.)

Popis grafikona

Grafikon 1. Mjerenje brzine u jutarnjim satima sa brojačem	45
Grafikon 2. Mjerenje brzine u popodnevnim satima sa brojačem.....	45
Grafikon 3. Mjerenje brzine u prijedodnevrim satima bez brojačem	46
Grafikon 4. Mjerenje brzine u popodnevnim satima bez brojača.....	46

Popis tablica

Tablica 1. Prikaz broja prometnih nesreća i posljedica u 2019. u odnosu na 2018.	5
Tablica 2. Ovisnost širine prometnog traka o projektnoj brzini	16

Popis slika

Slika 1. Venov dijagram	3
Slika 2. Prikaz utjecaja čimbenika „vozilo“ - „čovjek“ - „okolina“	4
Slika 3. Čovjeka i njegove sposobnosti kao čimbenik sigurnosti	6
Slika 4. Vidno polje	8
Slika 5. Prikaz „tunelskog vida“	8
Slika 6. Prometni znakovi	9
Slika 7. Test za daltonizam.....	9
Slika 8. Test oštine vida.....	10
Slika 9. Zasljepljenje pri izlasku iz tunela.....	10
Slika 10. Prikaz percepcije prometnog znaka	12
Slika 11. Prikaz upravljačkog mehanizma.....	14
Slika 12. Prikaz kočionog sustava	14
Slika 13. Prikaz 3 tipa guma sa drugačijim urezima (ripnama).....	14
Slika 14. Prikaz školjke vozila	15
Slika 15. Prikaz nagiba nivelete u odnosu broja prometnih nesreća	17
Slika 16. Prikaz broja prometnih nesreća u odnosu na cestu u pravcu.....	17
Slika 17. Prikaz prometnog elaborata	18
Slika 18. Prikaz prometne rasvjete	19
Slika 19. Prikaz metoda upravljanja prometom na raskrižju.....	21
Slika 20. Prikaz zaustavljanja vozila za određen trak.....	22
Slika 21. Horizontalno raširene ruke	23
Slika 22. Prikaz smanjenja brzine za nadolazeće vozilo.....	23
Slika 23. Upravljanje prometom od strane ovlaštene osobe	24
Slika 24. Moguća kombinacije crvenog svjetla.....	25
Slika 25. Kombinacije žutog svjetla.....	25
Slika 26. Prikaz zelenog svjetla	26
Slika 27. Prikaz kombiniranog semafora za pješake i bicikliste	26
Slika 28. Prikaz semafora za pješake	26
Slika 29. Znakovi opasnosti.....	28
Slika 30. Znakovi izričitih naredbi	29
Slika 31. Znakovi obavijesti.....	30
Slika 32. Primjer dopunske ploče	30
Slika 33. Promjenjivi prometni znakovi	31
Slika 34. Prikaz odavanja traka	34
Slika 35. Prikaz glavnog smjera kretanja sa posebnim trakom za lijevo skretanja.....	38
Slika 36. Prikaz glavnog smjera kretanja sa posebnim trakom za lijevo skretanja.....	38
Slika 37. Sporedni prilaz iz Topličke ulice na raskrižje	39
Slika 38. Sporedni prilaz iz Vukovarske ulice na raskrižje.....	39
Slika 39. Brojač vremena na semaforu	40
Slika 40. Brojač vremena sa 3. fazom	42
Slika 41. Snimanje brzine glavnog smjera kretanja	43
Slika 42. Raskrižje Ulica Zagrebačka – Vukovarska – Toplička.....	44