Metodologija prikupljanja i obrade podataka na mreži linija javnog gradskog prijevoza

Sirovica, Filip

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:715347

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Filip Sirovica

METODOLOGIJA PRIKAZA PROCESA NA MREŽI LINIJA JAVNOG GRADSKOG PRIJEVOZA

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, rujan 2018.

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

METODOLOGIJA PRIKAZA PROCESA NA MREŽI LINIJA JAVNOG GRADSKOG PRIJEVOZA

A METHODOLOGY FOR PRESENTING TRANSPORT PROCESS ON PUBLIC TRANSPORT NETWORK

Mentor: doc.dr.sc.Marko Slavulj

Student: Filip Sirovica

JMBAG: 0135 225 026

Zagreb, rujan 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 6. travnja 2018.

Zavod: **Zavod za gradski promet**
Predmet: **Tehnologija gradskog prometa II**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 4879

Pristupnik: **Filip Sirovica (0135225026)**
Studij: Promet
Smjer: Gradski promet

Zadatak: **Metodologija prikupljanja i obrade podataka na mreži linija javnog gradskog prijevoza**

Opis zadatka:

U radu potrebno je prikazati postojeće metodologije za prikupljanje podataka na mreži linija javnog gradskog prijevoza, te odrediti prednosti i nedostatke. Isto tako, potrebno je prikazati primjere sustava za automatsku obradu podataka sa prikazom rezultata.

Mentor:

doc. dr. sc. Marko Slavulj

Predsjednik povjerenstva za završni ispit:

SAŽETAK

Parametri ponašanja sustava odnose se na veličine koje obilježavaju npr. značajke kretanja prometnog toka, teorije o maksimalnom vremenu posluživanja, ukupni podaci o godišnjem broju prevezenih putnika, ostvareni putnički kilometri, prosječno trajanje obrta, prosječna brzina putovanja u sustavu, ekonomski pokazatelji poslovanja. To su podaci koji odražavaju vrijednost određenih varijabla kroz određeni (dulji) vremenski raspon. Upućuju u generalno stanje sustava, i omogućuju praćenje ponašanja istog kroz željeno vremensko razdoblje kao i usporedbu sa sličnim sustavima. Promatranjem dobivenih podataka u mikrorazini, moguće je utvrditi kritična mjesta u sustavu te direktne i precizne uzroke prometnih problema zbog kojih se i radi analiza. Najvažnije veličine koje definiraju ponašanje sustava u javnom gradskom prijevozu na mikrorazini su protok putnika, interval, brzina i vrijeme obrta. Prikupljanje podataka brojenjem putnika ili mjerenjem raznih prometnih veličina vrši se za potrebe analize postojećeg sustava, najčešće u fukciji kontrole ponašanja sustava ili pri planiranju i prijektiranju novih sustava. U praksi su vidljivi negativni učinci nepotpunog ili nedovoljno preciznog brojenja prometa, u konačnici i nepotpunog prikaza procesa gdje se stvaraju tehnička rješenja neuzimajući u obzir sve potrebne veličine koje definiraju prometni sustav JGP-a. Također nije standardizirana metodologija kojom bi se došlo do željenih ulaznih podataka koji zadovoljavaju analize te naposljetku rezultiraju kvalitetnim prikazom podataka koji se koriste pri stvaranju tehničkih rješenja prometnih problema. S toga je cilj ovog rada dati prijedlog jedinstvene metodologije primjenjive za prikupljanje, analizu i prikaz podataka veličina koje karakteriziraju proces u JGP-u. Rad se sastoji od šedam poglavlja koja uz uvod i zaključak obrađuju proces prikupljanja i unosa, obrade, prikaza konačnih rezultata u numeričkom i grafičkom obliku te obrađenog primjera autobusne linije 8 iz Rijeke putem kojeg je prikazana obrada i prikaz razultata u numeričkom i grafičkom obliku. Osim prikaza metoda brojenja putnika ili mjerenja određenih veličina u JGP-u, cilj ovog rada jest ukazati na propuste pri korištenju sadašnjih metoda, ili na izostanke prikupljanja određenih podataka zbog čega nije moguće provesti kvalitetne, odnosno točne analize prijevoznih procesa.

KLJUČNE RIJEČI: javni prijevoz, mreža linija, obrada podataka, prijevozni proces, prikupljanje podataka

SUMMARY

Public transport is characterized by traffic flow indicators, maximum time of service, data regarding the annual number of passengers transported, passenger kilometers achieved, average service duration, average travel speed in the system, and economic performance indicators. All these are supported by data that reflect the process over a longer period. They describe the overall state of the system and allow monitoring system behavior through the desired period as well as comparing. By observing the data, it is possible to identify critical sites in the system and the precise causes of traffic problems which required the analysis to be made. The most important factors that define the behavior of public transport on the micro-level are the passenger flow, interval, speed and cycle time. Passenger counting and measuring various transport indicators is conducted to analyze the existing system, most often to control behavior or when designing new systems. In the practice, there are visible negative effects of incomplete or insufficiently precise traffic counting, resulting in an incomplete representation of the process, and technical solutions are created without considering all the required factors in public transport. Also, a standardized methodology that would lead to the desired input data does not exist, although such methodology would satisfy the analysis and ultimately result in a high-quality data representation used to create technical solutions for traffic problems. The purpose of this undergraduate thesis is to provide a unique methodology for collecting, analyzing and visualizing the data that describes public transport process. The thesis consists of six chapters (with the introduction and conclusion): Methodology of collecting and entering data, Methodology of processing data, Methodology of visualizing results in numerical and graphical form and the elaborated example of the bus line 8 in the City of Rijeka, which shows the processing and the results in numerical and graphical form. Apart from presenting the method of passenger counting or measurements in public transport, the aim of this thesis is to point out the drawbacks when using present methods or the absence of data collection, which is why it is not possible to carry out an accurate analysis of transport process.

KEYWORDS: data collection, data processing, public transport, transport network, transport process

SADRŽAJ

1 UVOD 7

2 POSTOJEĆA METODOLOGIJA BROJENJA JAVNOG GRADSKOG PROMETA NA PRIMJERU GRADA ZAGREBA 9

2.1 Brojenje putnika 9

2.2 Mjerenje dinamičkih elemenata linija 11

2.3 Mjerenje prijeđenih kilometara i obavljenih radnih sati 14

3 PRIKUPLJANJE I UNOS PODATAKA 15

3.1 Zahtjevi za metode automatskog brojenja putnika na primjeru vozila TMK2200 17

3.2 Zahtjevi za mjerenje voznih vremena 21

3.3 Varijable unosa podataka 27

3.4 Metoda anketiranja 28

4 METODOLOGIJA OBRADE PODATAKA 30

4.1 Svrha i cilj obrade podataka 30

4.2 Brojenje putnika u ovisnosti o tipu i opterećenju linije 30

4.3 Odstupanje rezultata 32

4.4 Logistički pristup i organizacija brojenja 35

5 METODOLOGIJA PRIKAZA REZULTATA 38

5.1 Izlazne veličine i značajke procesa kod brojenja putnika 38

5.2 Preračunavanje većinine stajaće površine u broj stajaćih putnika 41

5.3 Karakteristična vremena tokom obrta i značajke prometnog procesa 42

5.4 Ukupni prijeđeni put vozila i pokazatelji održavanja 43

5.5 Imenovanje dokumenata i primjena u programima 44

5.6 Svrha grafičkog prikaza rezultata 45

5.7 Organizacija podataka za grafički prikaz 46

6 NUMERIČKI I GRAFIČKI PRIKAZ REZULTATA – PRIMJER GRADA RIJEKE 49

6.1 Numerički prikaz podataka na primjeru autobusne linije 8 u Rijeci 49

6.2 Grafički prikaz podataka i izračun izlaznih veličina na primjeru autobusne linije 8 u Rijeci 50

7 ZAKLJUČAK 53
LITERATURA 55
POPIS SLIKA 56
POPIS TABLICA 57
POPIS GRAFIKONA 58

1 UVOD

Svako prometno planiranje pa i ono u javnom gradskom prijevozu (u nastavku JGP) počinje obradom ulaznih podataka potrebnih za analizu. Prometna znanost služi se najčešće podacima dobivenih eksperimentalnim metodama, tj. mjerenjem stvarnog ponašanja sustava. Dobiveni zaključci odnosno rezultati služe kao ulazni podaci za proračun novog tehničkog rješenja, a mogu se upotrijebiti i kao empirijski podaci za usporedbu pri projektiranju prometnih rješenja za slične uvjete.

Uvid u parametre ponašanja procesa ključan je za određivanje razine ekonomičnosti i učinkovitosti sustava na makro i mikro razini. U makrorazini, sustav se može promatrati kroz izlazne veličine najčešće ekonomskog i statističkog (matematičkog) karaktera, tj. kroz rezultate poslovanja poduzeća koje upravlja prijevoznim sustavom. Parametri ponašanja sustava u makrorazini odnose se na veličine koje obilježavaju npr. značajke kretanja prometnog toka, teorije o maksimalnom vremenu posluživanja, ukupni podaci o godišnjem broju prevezenih putnika, ostvareni putnički kilometri, prosječno trajanje obrta, prosječna brzina putovanja u sustavu, ekonomski pokazatelji poslovanja. To su podaci koji odražavaju vrijednost određenih varijabla kroz određeni (dulji) vremenski raspon. Upućuju u generalno stanje sustava, i omogućuju praćenje ponašanja istog kroz željeno vremensko razdoblje kao i usporedbu sa sličnim sustavima.

Promatranjem dobivenih podataka u mikrorazini, moguće je utvrditi kritična mjesta u sustavu te direktne i precizne uzroke prometnih problema zbog kojih se i radi analiza. Najvažnije veličine koje definiraju ponašanje sustava u javnom gradskom prijevozu na mikrorazini su protok putnika, interval, brzina i vrijeme obrta. Prikupljanje podataka brojenjem putnika ili mjerenjem raznih prometnih veličina vrši se za potrebe analize postojećeg sustava, najčešće u fukciji kontrole ponašanja sustava ili pri planiranju i prijektiranju novih sustava.

U praksi su vidljivi negativni učinci nepotpunog ili nedovoljno preciznog brojenja prometa, u konačnici i nepotpunog prikaza procesa gdje se stvaraju tehnička rješenja neuzimajući u obzir sve potrebne veličine koje definiraju prometni sustav JGP-a. Također nije standardizirana metodologija kojom bi se došlo do željenih ulaznih podataka koji zadovoljavaju analize te naposljetku rezultiraju kvalitetnim prikazom podataka koji se koriste pri stvaranju tehničkih rješenja prometnih problema.

U tramvajskom sustavu najviše se osjete navedene manjkavosti neujednačenih pristupa brojenja prometa i prikaza rezultata zbog osjetljivosti uzrokovanih značajkama urbanih tračničkih sustava poput nemogućnosti pretjecanja, velikih izmjena putnika, te kompleksne konfiguracije istog (velik broj vozila i međuovisnost linija).

S toga je cilj ovog rada dati prijedlog jedinstvene metodologije primjenjive za prikupljanje, analizu i prikaz podataka veličina koje karakteriziraju proces u JGP-u.

Rad se sastoji od sedam poglavlja:

1. Uvod;
2. Postojeća metodologija brojenja javnog gradskog prometa na primjeru grada Zagreba; opisuje
3. se postojeća metodologija brojenja i mjerenja prometa u ZET-u, te se navode podaci koji se uzimaju u obzir za potrebe analiza;
4. Prikupljanje i unos podataka; navedeni su svi potrebni podaci i oprema koji su nužni za metode brojenja putnika, mjerenja vremena i brzina obrta te mjerenja prijeđenog puta vozila. Sadrži objašnjenje svrhe metoda brojenja i mjerenja u JGP-u, te krajnji cilj istih;
5. Metodologija obrade podataka; opisuje se problematika osjetljivosti mjerenja te odstupanja rezultata od tolerancije točnosti, koji su uzroci tome te kako se greške mjerenja mogu otkloniti. Također se prikazuje metodologija po kojoj se podaci organiziraju i obrađuju nakon provedenog mjerenja;
6. Metodologija prikaza rezultata; obrađeni su načini obrade i pripreme podataka za prikaz izlaznih veličina u grafičkom i numetičkom obliku kao rezultata brojenja i mjerenja. Navedene su najvažnije veličine koje opisuju proces u JGP-u te se koriste kasnije u analizama sustava kao rezulati provedenih mjerenja;
7. Numerički i grafički prikaz rezultata – primjer grada Rijeke; obrađen je konkretan primjer koji objedinjuje sve faze procesa ručnog brojenja putnika razrađenog i opisanog kroz sva poglavlja ovog rada;
8. Zaključak.

Nakon zadnjeg poglavlja navedena je liretatura, popis slika, tablica i grafikona koji tvore sadržaj ovog rada te sažetak.

Osim prikaza metoda brojenja putnika ili mjerenja određenih veličina u JGP-u, cilj ovog rada jest ukazati na propuste pri korištenju sadašnjih metoda, ili na izostanke prikupljanja određenih podataka zbog čega nije moguće provesti kvalitetne, odnosno točne analize prijevoznih procesa.

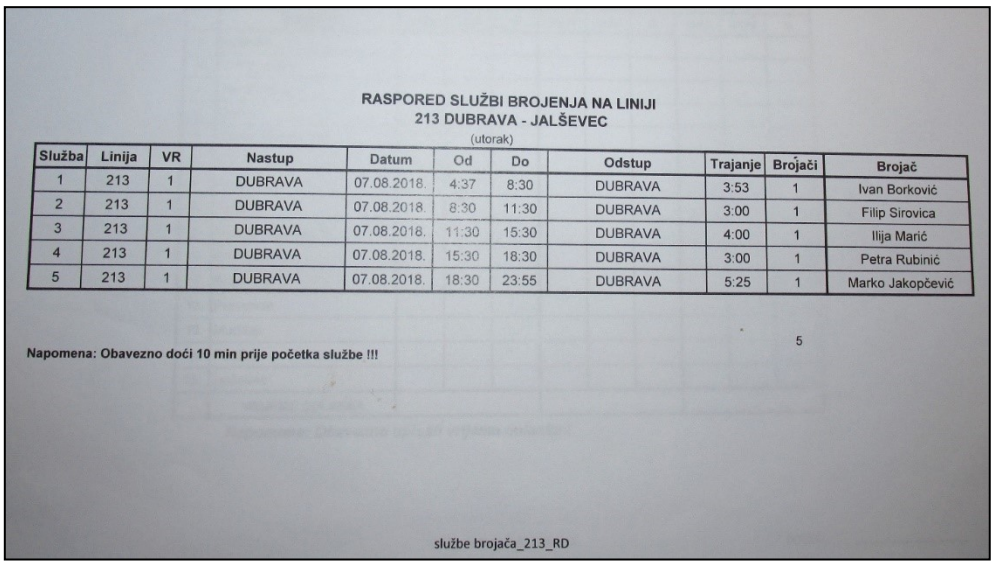
2 POSTOJEĆA METODOLOGIJA BROJENJA JAVNOG GRADSKOG PROMETA NA PRIMJERU GRADA ZAGREBA

Prijevoznik, u ovom slučaju ZET koristi nekoliko načina i pristupa za snimanje prijevoznog procesa. Oni se odnose na: brojenje putnika, mjerenje dinamičkih elemenata linija te bilježenje prijeđenih kilometara po vozilu na pojedinoj liniji. Za takve poslove zadužen je Odjel za upravljanje i razvoj prometa ZET-a koji pokriva sve podsustave. Tramvajski, koji broji 15 dnevnih linija te 4 noćne, s ukupnim brojem od 259 stajališta funkcionira kao temeljni način JGP-a sa pružanjem tokova kretanja putnika od gradskog središta prema periferiji grada i obrnuto. Autobusni podsustav u najvećem dijelu napaja se u prometnom smislu iz tramvajskog, na koji se u velikom omjeru naslanja na terminalima smještenih na rubove ili ogranke tramvajske mreže. Sadrži gradske i prigradske linije te ima funkciju povezivanja tramvajske mreže sa rubnim dijelovima grada te prigradskim naseljima ili spajanjem zasebnih gradova i naselja koji gravitiraju gradu Zagrebu. Autobusni podsustav sadrži 145 dnevnih linija s tendencijom povećanja, 4 noćne te 3 turističke linije (prometuju sezonski). Također obavlja funkciju školskog prijevoza (20-tak organiziranih stalnih linija) te prijevoza invalida. Na mreži se nalazi nešto manje od 3000 stajališta. Podsustav Uspinjača povezuje gradsko središte sa Gornjim gradom, velikim dijelom opslužuje turističke potrebe za putovanjem, a podsustav Žičare od 2007. nije u funkciji. Planirana je izgradnja nove žičare Sljeme u roku od dvije godine, a određeni radovi su u tijeku.

2.1 Brojenje putnika

Brojenje putnika u ZET-u provodi se po potrebi, pretežito na autobusnim linijama u svrhu korekcije odnosa ponuđenih kapaciteta i realne potražnje. Izvodi se ručno u vozilu bilježenjem ulazaka i izlazaka u za to previđene brojačke obrasce. Brojenje vrši jedna do dvije osobe raspoređene na smjene od nekoliko sati po vozilu, odnosno po grupi obrta u nizu **(slika 1)**. Svi prikupljeni podaci potom se iščitavaju iz brojačkog obrasca **(slika 2.)** te unose u računalnu bazu nakon čega ih je moguće koristiti za obradu. Najveća mana takve metodologije jest nedovoljna točnost mjerenja zbog manjka osoblja zaduženog za navedeni posao u odnosu na kapacitet vozila i opterećenje putnicima linije na kojoj se vrši brojenje, tj. broj angažiranog osoblja na brojenju putnika nije u ovisnosti o opterećenju ili tipu linije te veličini vozila. Na taj način uslijed veće putničke potražnje nedovoljan broj osoblja raspoređenog unutar vozila s više od troja vrata (tramvaji, zglobni autobusi) nije u mogućnosti ustanoviti zadovoljavajuće točan podatak o broju ulaza i izlaza putnika, ili se u još gorem scenariju takva brojenja ne provode, primjerice tramvajski podsustav se ne analizira kroz brojenje putnika. Isto tako samo brojenje provodi se bez određenog plana, tj. sam nadzor nad prijevoznim procesom time nije konstantan niti je posljedično tome uvid u isti potpun. Ne postoji plansko sveobuhvatno brojenje

putnika koje bi rezultiralo utvrđivanjem stvarnih potreba za kapacitetom na mreži. Postojeći sustav linija je u najvećem dijelu jednako organiziran kao pri svojem uvođenju 1982 . godine iako su se od tada od danas potrebe za putovanjem izmijenile, kao i standardi u JGP-u, pa se može istanuti kako zbog manjka ili nepravilne provedbe metoda brojenja putnika u pojedinim podsustavima ZET-a, s naglaskom na tramvajski izostaje uvid i kontrola stanja sustava.



RASPORED SLUŽBI BROJENJA NA LINIJI
213 DUBRAVA - JALŠEVEC
(utorak)

Služba	Linija	VR	Nastup	Datum	Od	Do	Odstup	Trajanje	Brojači	Brojač
1	213	1	DUBRAVA	07.08.2018.	4:37	8:30	DUBRAVA	3:53	1	Ivan Borković
2	213	1	DUBRAVA	07.08.2018.	8:30	11:30	DUBRAVA	3:00	1	Filip Sirovica
3	213	1	DUBRAVA	07.08.2018.	11:30	15:30	DUBRAVA	4:00	1	Ilija Marić
4	213	1	DUBRAVA	07.08.2018.	15:30	18:30	DUBRAVA	3:00	1	Petra Rubinić
5	213	1	DUBRAVA	07.08.2018.	18:30	23:55	DUBRAVA	5:25	1	Marko Jakopčević

5

Napomena: Obavezno doći 10 min prije početka službe !!!

službe brojača_213_RD

Slika 1. *Brojački obrazac ZET-a, raspored brojitelja putnika po smjenama.*



Datum: 07.08.2018. (utorak)
Služba: 2

ZAGREBAČKI ELEKTRIČNI TRAMVAJ d.o.o.
Odjel za razvoj prometa

Vozni red:213/1
Garažni broj:654

Linija: 213 DUBRAVA - JALŠEVEC

smjer A

	VRIJEME POLASKA	8:30			9:30			10:30		
	Stajališta	ULAZ	IZLAZ	Q	ULAZ	IZLAZ	Q	ULAZ	IZLAZ	Q
1.	Dubrava	3	4		8	/	8	4	/	4
2.	Dankovečka				12	/	16	7	/	11
3.	Vile Velebita				/	/	26	2	/	13
4.	Grana				1	/	27	/	1	12
5.	Stara Oporovečka				2	1	28	2	2	12
6.	Sunekova 12				/	/	28	1	/	13
7.	Ruščenica				/	/	28	/	/	13
8.	Varoška				/	3	25	/	2	11
9.	Novoselečki put 83				/	1	24	/	/	11
10.	Branovečka				/	3	21	/	/	11
11.	Branovec				/	4	17	/	4	7
12.	Prevende				/	2	15	/	1	6
13.	Mudifaji				1	7	9	1	4	3
14.	Furdini				/	4	5	1	2	2
15.	Jalševec				/	5	0	0	2	0
	VRIJEME DOLASKA				9:52			10:51		

Napomena: Obavezno upisati vrijeme dolaska !

213_služba_2,A_Sirovica

Brojač:

Slika 2. *Brojački obrazac ZET-a, tablica za unos podataka o ulazu, izlazu i protoku putnika na liniji.*

Automatski brojači putnika s infracrvenom tehnologijom ugrađeni su za potrebe testiranja jedno vozilo tipa TMK2200 (g.b. 22132) na svaka vrata. Takva tehnologija je u dugogodišnjoj primjeni, a u periodu testiranja pokazali su se kao dobro rješenje i pri većim gustoćama putnika. U fazi testiranja

uočeno je rasipanje rezultata od 3% što se smatra prihvatljivim. Ipak, do daljnje ugradnje ovakvih uređaja nije došlo, kao što ne postoji strategija niti plan sustavnog praćenja prometa ovakvom tehnologijom. Navedeni probni mjerači i dalje se nalaze u navedenom vozilu ali su isključeni, tj. izvan funkcije.

Senzori s infra-crvenom tehnologijom rade na principu triangulacije. IR svijetlo emitira se, odbija od osobe i zatim detektira od strane senzora s točnosti većom od 95%.

Podaci se šalju do jedinice za brojenje (PCU) sa senzora spojenih u seriju (SSL) **(Slika 3)**. Iz podataka od svih spojenih senzora, PCU računa broj ljudi koji su prošli kroz vrata u oba smjera, a sustav je prilagođen i za uvjete kad istodobno više ljudi ulazi i izlazi.



Slika 3. *Shematski prikaz umreženih brojača putnika kakvi su ugrađeni u vozilo TMK2200.*

2.2 Mjerenje dinamičkih elemenata linija

Dinamički elementi linija su vrijeme i brzina obrta, broj vozila, frekvencija te interval. Prisutne su dvije metodologije:

- mjerenje dinamičkih elemenata radi uspostave nove linije;
- mjerenje dinamičkih elemenata radi korekcije postojećeg stanja.

Kod prve metodologije ulazni podaci za određivanje dinamičkih elemenata su međustajališna udaljenost te teoretska brzina (zadana na temelju empirijskih podataka i značajka mreže). Na temelju tih podataka izračunava se vrijeme prolaska međustajališne udaljenosti, time i vrijeme poluobrta. Za izračun navedenih teoretskih vrijednosti zadaje se potreban broj vozila te koncipira vozni red koji se potom pušta u opticaj. U određenom periodu, oko dva do tri tjedna, sustav se promatra te se utvrđuje realno stanje prilikom čega se, ukoliko se pokaže potrebnim, vrše korekcije ulaznih parametara. Konačni broj vozila određuje se nakon analize i proračuna parametara pri kreiranju linije ili više njih. Nakon što su svi parametri korigirani vrši se izračun intervala te frekvencije linija ili više njih.

Iskustvene metode su uobičajene metode za izračun nekih veličina u prometnom procesu, poput izračuna zelena faze semaforiziranog raskrižja, a u primjeni su i u JGP-u.

Druga metodologija dio je prve ali bez postavljanja teoretskih vrijednosti zbog toga što je potrebno elemente postojeće linije provijeriti i po potrebi korigirati ukoliko rezultati mjerenja ukažu na takvu potrebu.

Interval i frekvencija te brzina obrta definiraju se izrazima kako slijedi:

$$V_O = \frac{L}{T_O} \tag{1}$$

- V_O – brzina obrta (km/h)
- L – opseg linije, oba smjera (m)
- T_O – vrijeme obrta (min)

$$i = \frac{T_O}{N} \tag{2}$$

- i – interval (min/voz)
- T_O – vrijeme obrta (min)
- N – broj vozila

$$f = \frac{N}{T_O}; \quad f = \frac{1}{i} \tag{3}$$

- f – frekvencija (voz/min)
- i – interval (min/voz)
- T_O – vrijeme obrta (min)
- N – broj vozila

Za definiranje novih linija (u autobusnom podsustavu) koristi se empirijska metodologija, bazirana na iskustvu. Navedena metodologija provodi se tako da se pomoću GPS lokatora izmjeri udaljenost trase buduće linije, dok je brzina određena projektnom brzinom prometnica na trasi. Odnosom projektne brzine i udaljenosti određuje se vrijeme obrta. Korekcije se vrše po potrebi, nakon probnog perioda u kojem je linija u opticaju.

Za korekciju postojećih linija vrši se terensko mjerenje u karakterističnim danima ili satima, ovisno o karakteru problema te zahtjevima analize. Vrijeme se mjeri od stajališta do stajališta, te prilikom obrade podataka uspoređuje sa planiranim voznim redom. Mjerenje podataka u većoj rezoluciji ne provodi se što je i najveći nedostatak ove metodologije kakva se primjenjuje u ZET-u. Također vrijeme zadržavanja na terminalima kao korekcijsko vrijeme za pridržavanje voznog reda ne ovisi o prosječnim vrijednostima dinamičkih elemenata linija u karakterističnom vremenskom presjeku dana,

već je određeno kao konstanta od 4-5 min po terminalu. Tako organiziran sustav ima kao posljedicu česta izvanredna skraćenja linija ili djelomične promjene trase pojedinih vozila koja ne stignu sustići vozni red na terminalima, a najčešće u vršnim opterećenjima tijekom dana.

Intervali i frekvencije izračunavaju se za svaku liniju posebno te za pojedini odsječak trase iz podataka o vremenu obrta (vremenu kroz međustajališne udaljenosti) te broju vozila. Metodologije se razlikuju u tramvajskom i autobusnom prijevozu. U tramvajskom prijevozu za izračun je razrađeno nekoliko karakterističnih scenarija po kojima se odvija promet. Osim redovitog odvijanja prometa (kojeg prikazuje **Slika 4**), potrebno je znati kako se ponaša sustav tokom preusmjeravanja linija kad glavna čvorišta ili dionice mreže ostanu bez prometa. Obrađuju se podaci o intervalima i frekvencijama za svaku liniju posebno, te za svaku dionicu između dva čvorišta tramvajske mreže. Dobiveni podaci prikazuju se numerički popraćeno grafičkim prikazima opterećenja prometnih tokova na pojedinim dionicama mreže.



Slika 4. *Prikaz dobivenih rezultata izmjerenih frekvencija svih linija po dionicama trase pri redovitom prometu.*

U autobusnom prijevozu frekvencije i intervali većim dijelom su vremenski ustaljeni, te se mogu izračunati kroz odnos broja vozila i vremena obrta. Kod jače opterećenih linija i utvrđenih zagušenja provodi se mjerenje intervala i frekvencija kako bi se utvrdila moguća odstupanja od voznog reda koja se učestalo pojavljuju zbog određenih specifičnih uvjeta u prometu na pojedinoj liniji poput zagušenja na prometnicama uslijed vršnog opterećenja, radova na cesti i sl. Frekvencije i intervali pojedinih trasa gdje prolazi više linija mjere se po potrebi kako bi se provjerilo koliko stvarne vrijednosti odudaraju od onih određenih proračunom i planom za svaku liniju.

Zbog specifičnih karakteristika tramvajskog sustava, kod kojih su vozila u slijedu međusobno ovisna (nema pretjecanja), sustav je osjetljiv na prekide prometnog toka tramvaja, tj. zastoje kao i na organizaciju prometnog toka tramvajskih vozila kod koje nije omogućeno optimalno iskorištenje punog potencijala protoka za određenu trasu pruge. Iz tog razloga potrebno je posebno obratiti pažnju na intervale između pojedinih vozila na različitim linijama unutar jedne trase ili odsječka pruge. Takvi podaci u toj rezoluciji u praksi se ne prikupljaju niti se koriste pri analizama te slaganju voznog reda. Nepoznavanje slijeda između pojedinih vozila na trasi neovisno o liniji jest glavni nedostatak u brojenju prometa kad su u pitanju dinamičke karakteristike. Izuzeće takvih podataka pri proučavanju prometnog procesa dovodi do neiskorištenja kapaciteta te produljenja vremena obrta, odnosno prijevozna usluga po kvaliteti pada dok troškovi rastu.

2.3 Mjerenje prijeđenih kilometara i obavljenih radnih sati

Podaci o prijeđenim kilometrima koriste se za analizu prijevoznog procesa i za proces planskog održavanja vozila. Kod analize prijevoznog procesa služe kao podaci za proučavanje sustava na makro razini, tj. kao statistički podaci na temelju kojih se rade izvješća o obavljenom radu vozila te prometnog osoblja. Ako se izuzmu nulte vožnje, od spremišta do linije i suprotno, zajedno sa podatkom o broju putnika moguće je utvrditi efikasnost prijevoza, tj. veličinu koja se izražava u putničkim kilometrima. S aspekta održavanja takvi podaci su izuzetno bitni za održavanje tehničke ispravnosti vozila, odnosno za osiguranje potrebne operativne raspoloživosti vozila. U ovisnosti o prijeđenim kilometrima, vozila se primjereno održavaju te time sudjeluju kao čimbenik stabilnosti sustava.

U ZET-u se prijeđeni kilometri bilježe na dnevnoj razini u za to pripremljene obrasce koji se onda pohranjuju. Podaci se prepisuju u računalo kako bi se mogli koristiti za daljnje obrade. Svaki dan se za svako pojedino vozilo (obilježeno garažnim brojem) izdaje obrazac (kolna lista u tramvajskom podsustavu a putni nalog u autobusnom) u koji vozač bilježi svaki obavljeni poluobrt za liniju na kojoj vozilo prometuje. Obilasci i promjene trase također se bilježe. Na osnovu broja obavljenih obrta na jednoj liniji računa se ukupna prijeđena udaljenost.

3 PRIKUPLJANJE I UNOS PODATAKA

U ovom poglavlju definirane su glavne veličine prijevoznog procesa u javnom gradskom prijevozu putnika, te metodologije prikupljanja takvih veličina kao i unosa podataka koji se potom koriste za obradu.

Glavne kategorije kojima se opisuje prometni proces u JGP-u su: brojenje putnika (metodologije ručnog i automatiziranog brojenja), vrijeme obrta (metodologija neposrednog i posrednog mjerenja) te mjerenje prijeđenog puta vozila. Metodologije utvrđivanja broja putnika, tj. prijevozne potražnje su:

- brojenje putnika u vozilu (ručno ili automatsko);
- brojenje putnika na stajalištima;
- broj prodanih karata (ručno ili po validacijama);
- prometni model tzv. „linija želja“ (odnosi se na anketiranje putnika te na ostala mjerenja u sustavu).

Ručno brojenje putnika provodi brojitelj ili više njih. Smješten je u vozilu na poziciji gdje ima dobru preglednost ulaza i izlaza u vozilo. Brojenje se vrši upisivanjem broja putnika koji ulaze i izlaze kroz dvije metodologije:

- Upis podataka u zato predviđeni obrazac (metodologija „papir i olovka“);
- Unos podataka u aplikaciju na mobilnom uređaju, brojenje putnika i upis vrši se na svakom pojedinom stajalištu.

Pri brojenju putnika potrebno je zabilježiti sljedeće podatke:

- vrijeme brojenja (početak i kraj za svaki poluobrt);
- broj i naziv linije;
- službeni broj ili oznaka smjene vozača u kojoj se vrši brojenje (može biti i više smjena);
- garažni broj vozila;
- registracija (po potrebi);
- položaj vrata na vozilu ili više njih na kojima se vrši brojenje ulaska i izlaska putnika;
- podatak o veličini ulaza i izlaza putnika na pojedinim vratima ili više njih;
- ukoliko se brojenje vrši unosom u aplikaciju u kojoj nema unesenih stajališta, potrebno je zabilježiti koordinate istih, vrijeme se bilježi automatski.

Brojenje putnika vrši se kroz karakteristično razdoblje koje je predmet analize sustava. Zbog toga se ono mora definirati i zabilježiti. U širem smislu, razdoblje mjerenja odnosi se na važeći vozni red koji može biti:

- sezonski ili izvansezonski (za primorske gradove s izraženim povećanjem broja putnika u ljetnim mjesecima zbog turističke sezone);
- ljetni ili zimski.

U podjeli prema danima u tjednu:

- vozni red za radni dan;
- subotnji vozni red;
- nedjeljni vozni red;
- vozni red za posebne regulacije (definira se obično na tjednoj bazi).

Vrstu voznog reda te dane i datume za koje će se vršiti brojenje određuju potrebe analize za koju se prikupljaju podaci s terena. Vremena u kojemu se vrši brojenje putnika tokom određenog dana moraju se zabilježiti. Pri tome je potrebno na početno-krajnjim stajalištima zabilježiti vrijeme početka i završetka svakog brojanog poluobrta.

Broj (oznaka) i naziv linije istaknut je na za to predviđenim mjestima na vozilu te u službenom voznom redu, potrebno je takve informacije zabilježiti u pripremljeni obrazac kako bi prilikom obrade podataka bilo nedvojbeno jasno za koju se liniju podaci o izbrojanim putnicima odnose.

U javnog gradskom prijevozu u većini slučajeva na liniji prometuju dva ili više vozila (do približno 20). Kako bi brojitelj pronašao vozilo, tj. polazak za koji se vrši brojenje potrebno je poznavati broj smjene, odnosno oznaku po kojoj se neko vozilo definira na liniji. Najčešće je to broj smjene na koju je vozač raspoređen za svaku pojedinu liniju. Broj smjene odgovara skupu polazaka za pojedino vozilo. Vozila su međusobno obilježena i garažnim brojem, ali uslijed kvarova i planiranih promjena jedno vozilo ne mora biti vezano za istu smjenu ili liniju, tj. na istoj smjeni može prometovati više vozila pa se po takvom podatku ne može da dovoljnom sigurnošću definirati i zabilježiti za koje je polaske obavljeno brojenje, te koliko je obrta izbrojano od ukupnog planiranog broja. Iz navedenih razloga brojitelji se raspoređuju po broju smjene te na taj način lociraju vozilo u kojemu izvršavaju zadatak brojenja, a ne po oznaci vozila. Ukoliko se vozilo na smjeni promijeni (npr. zbog kvara), brojitelj prelazi u drugo vozilo koje nastavlja rad na istoj toj smjeni.

Garažni broj vozila dodjeljuje se svakome vozilu, te se ono time definira tokom cijelog životnog vijeka. Potreban je za lociranje i razlikovanje svakog pojedinog vozila u voznom parku. Često vozila istog tipa dobivaju garažne brojeve slijedeći određen prirodni niz brojeva ili specifičnu metodologiju

označavanja koja se razlikuje između prijevoznika. Pri brojenju putnika potrebno ga je obilježiti kako bi se pri analizi znalo na kojem je polasku bio raspoređen koji tip autobusa te kako bi se time utvrdio kapacitet istog. Prema tim podacima određuje se popunjenost vozila, tj. iskoristivost prijevozne ponude. Registracija vozila (ukoliko postoji) može se zabilježiti kao kontrolni podatak. Pri metodologiji „papir i olovka“, u obrasce je potrebno prethodno unijeti nazive svih stajališta na trasi po svom redoslijedu za svaki poluobrt posebno. Pored naziva stajališta u praznu ćeliju unosi se broj putnika posebno za ulaz i izlaz. Kod mobilne aplikacije bez unesenog popisa stajališta, ista se bilježe GPS koordinatama na način da pri zaustavljanju na stajalištu nakon izmjerenih vrijednosti ulaza i izlaza brojitelj bilježi GPS koordinate koje se automatski generiraju. Pri tome se automatski sprema i vrijeme. Ako u aplikaciji postoje unesena stajališta, brojenje se vrši izborom na određeno stajalište, nakon čega se otvara forma za upis ulaza i izlaza putnika. Vrijeme se također sprema automatski, a metodologija je jednaka onoj „papir i olovka“.

U odnosu na prometno opretećenje linije te veličinu vozila, određuje se broj osoblja (brojitelja) po pojedinom vozilu ili lokaciji koji izvršavaju radni zadatak **(poglavlje 4.2.)**. Za potrebe obade podataka, pri brojenju putnika, u obrascu ili aplikaciji treba biti naznačen redni broj vrata u vozilu na kojemu se vrši brojenje.

3.1 Zahtjevi za metode automatskog brojenja putnika na primjeru vozila TMK2200

Automatski brojači putnika najvećim dijelom su bazirani na infracrvenoj tehnologiji kako je opisano u naslovu **2.1.**. Opisani primjer sastoji se od senzora postavljenih iznad ulaza u vozilo kako je prikazano slikama **5. i 9.** te centralne jedinice koja obrađuje podatke de daje uređeni skup izlaznih podataka koje je odmah moguće upotrijebiti **(slika 8)**. U ovom naslovu obrađeni su zahtjevi za mjerenje putnika automatskim brojačima proizvođača INTIS, tipa SMARTPAS. Najveća prednost takvog sustava je ušteda u osoblju potrebnom za prikupljanje podataka, te ušteda na vremenu manipulacije s podacima jer sustav sam obrađuje podatke te daje izlazne rezultate. Uz navedene prednosti, sustav radi sa vrlo visokim postotkom točnosti (do 95%).

Svojstva i zahtjevi za IR senzor:

- IR Senzor;
- jednostavno serijsko spajanje;
- napajanje i komunikacija putem istog kabla;
- nema potrebe za održavanjem;
- anti – vandal;
- prilagođeni za rad u uvjetima vibracije;

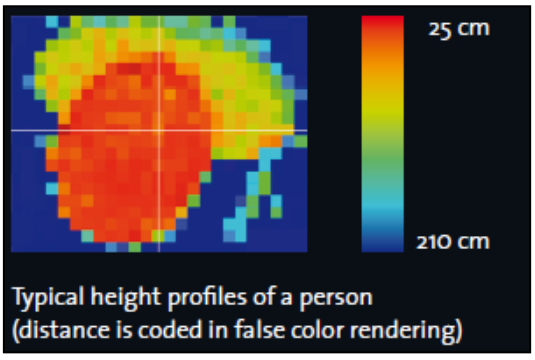
- napajanje koristi iz centralne jedinice.



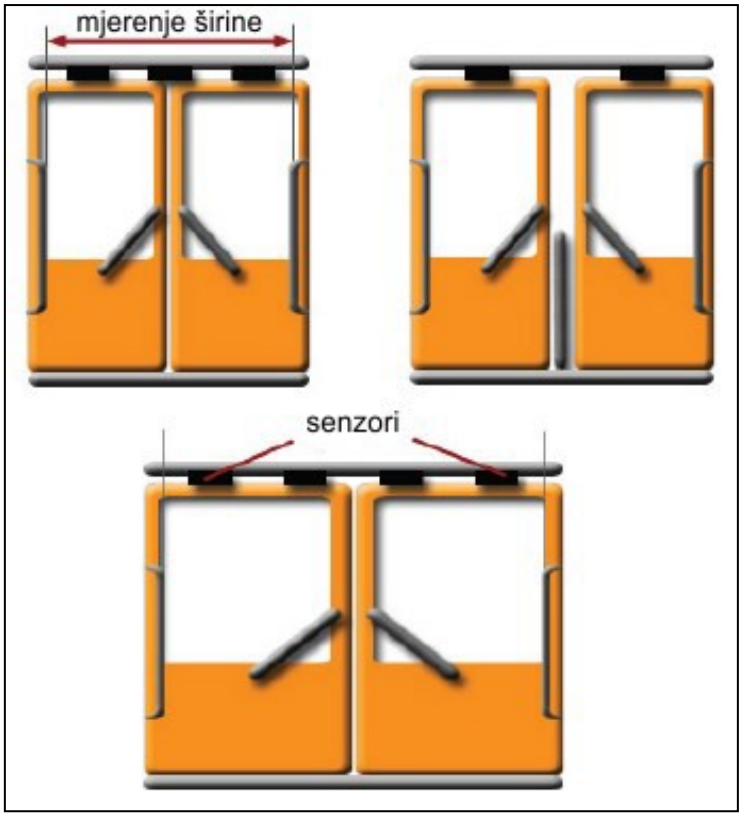
Slika 5. *IR senzor, služi za registraciju ulaska i izlaska.*

Instalacija sustava:

- svaki senzor montira se kroz 4 rupe za montiranje, a s PCU-om se povezuje putem SSL kablova;
- moguće je više metoda instalacije ovisno o primjeni tj. tipu vozila (slika 7.);
- za TMK 2200 – na svakom poklopcu iznad vrata buše se rupe za senzore koji se postavljaju okomito na površinu na mjesta registracije putnika (slika 6.);
- broj senzora po vratima ovisi o širini vrata i potreban je dovoljan broj senzora zbog pravilnog funkcioniranja algoritma za brojenje budući da se signali sa senzora evaluiraju zajedno za TMK 2200 postavljaju se 3 senzora po vratima budući da nema pregrade u sredini senzori se moraju postaviti u ravnoj liniji, a udaljenost između dva senzora treba biti približno 350 mm.



Slika 6. *Visinsko polje obuhvata senzora registriranog objekta.*



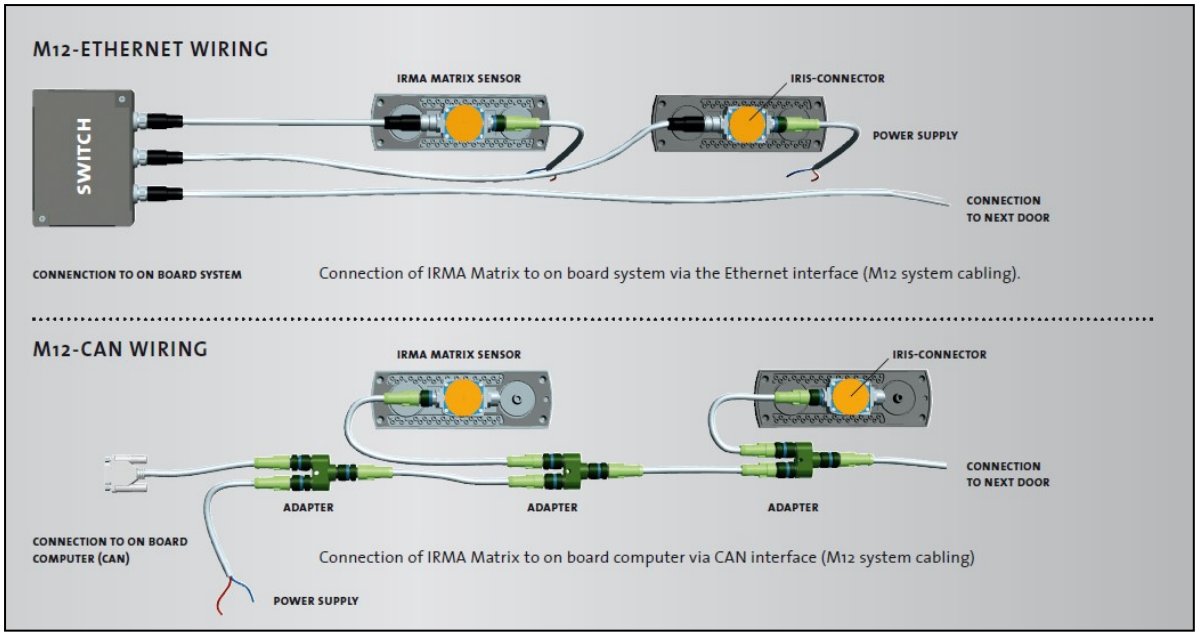
Slika 7. *Smještaj senzora u odnosu na širinu i oblik ulaza u vozilo.*

Svojstva i zahtjevi za centralnu jedinicu:

- brojenje do 6 vrata;
- moguće spojiti 16 senzora;
- direktno spojivo na kontakt vrata;
- dijagnostika ispravnosti senzora;
- administracija (obrada) podataka;
- više dostupnih modela, ovisno o potrebama;
- PCU dodaje vremenski i geografski zapis broju prebrojenih ljudi;
- integrirani GPS prijamnik (ako će biti potrebno);
- automatski transfer podataka preko interne komunikacijske jedinice (GSM/GPRS ili WLAN),
- monitoring ispravnosti sustava online;
- dizajniran za upotrebu u vozilima prema međunarodnim standardima (vibracije, protupožarni standardi za elektroniku, temperaturni uvjeti, vlažnost).



Slika 8. *Centralna jedinica napajanja i obrade podataka.*



Slika 9. Spajanje senzora u sustav pomoću Ethernet i CAN sučelja.

Automatsko brojenje putnika može se vršiti kroz sustav plaćanja prijevoza utvrđivanjem broja prijava putem beskontaktnih kartica kojima se putnici registriraju na validatorima. Češće se ova metodologija upotrebljava za provjeru podataka dobivenih ručnim ili automatskim brojenjem te kao okvirna vrijednost broja putnika u nekom vremenskom razdoblju. Podaci o broju validacija nisu dovoljno točni ukoliko se u sustavu u isto vrijeme koristi i drugi načini plaćanja prijevoza koji se ne provode beskontaknim plaćanjem ili prijavama na validatorima postavljenim u vozilu.

3.2 Zahtjevi za mjerenje voznih vremena

Mjerenje voznih vremena može se provoditi neposrednom ili posrednom metodologijom. Neposredna metodologija podrazumijeva mjerenje vrijednosti pojedinih vremena koje tvore ukupno vrijeme obrta na način da se mjeritelj vozi te bilježi koristeći štopericu pojedina vremena koja upisuje o mjeriteljski obrazac. Posredna metodologija izračuna vremena obrta odnosi se na posredstvo nekog uređaja ili sustava koji mjeri vrijeme između zadanih pozicija ili se vrijednost iščitava iz sustava što se odnosi na korištenje GPS lokatora, analiza ostvarenih vremena dolaska i polaska s terminusa, postotak zakašnjenja ili prednjačenja, podaci iz crne kutije vozila itd.

Neposredno mjerenje vremena obrta provodi se u vozilu sjedeći u istom. Mjeritelju je potrebna sjedeća oprema:

- štoperica;
- pripremljeni obrasci za mjerenje;
- podloga za pisanje;
- pisaći pribor (po mogućnosti rezervna olovka).

Vremena poput zadržavanja na stajalištu radi izmjene putnika, vremena vožnje i vremena stajanja na crvenom svjetlu izmjenjuju se intezivno pa je potrebno koristiti štopericu kako bi se što manje ukupnog vremena izgubilo na operacije bilježenja podataka. Pri korištenju štoperice operacije koje mjeritelj radi moraju se obaviti pravilnim redoslijedom kako slijedi:

- Reakcija na pojedinu promjenu radnje u procesu mjerenja (zaustavljanje vozila, kretanje i slično);
- Zaustavljanje vremena na štoperici pritiskom na tipkalo i očitavanje rezultata;
- Pamćenje vrijednosti te ponovni početak odbrojavanja pritiskom na tipkalo;
- Unos u obrazac zapamćene vrijednosti;
- Potrebno je pridržavati se ovakvog redoslijeda kako bi što manje vremena bilo utrošeno u radnje prilikom kojih se zbog istih ne vrši mjerenje tokom trajanja obrta, tj. kako bi ukupna greška u razlici stvarnog vremena provedenog u obrtu i onog izmjerenog bila što manja.

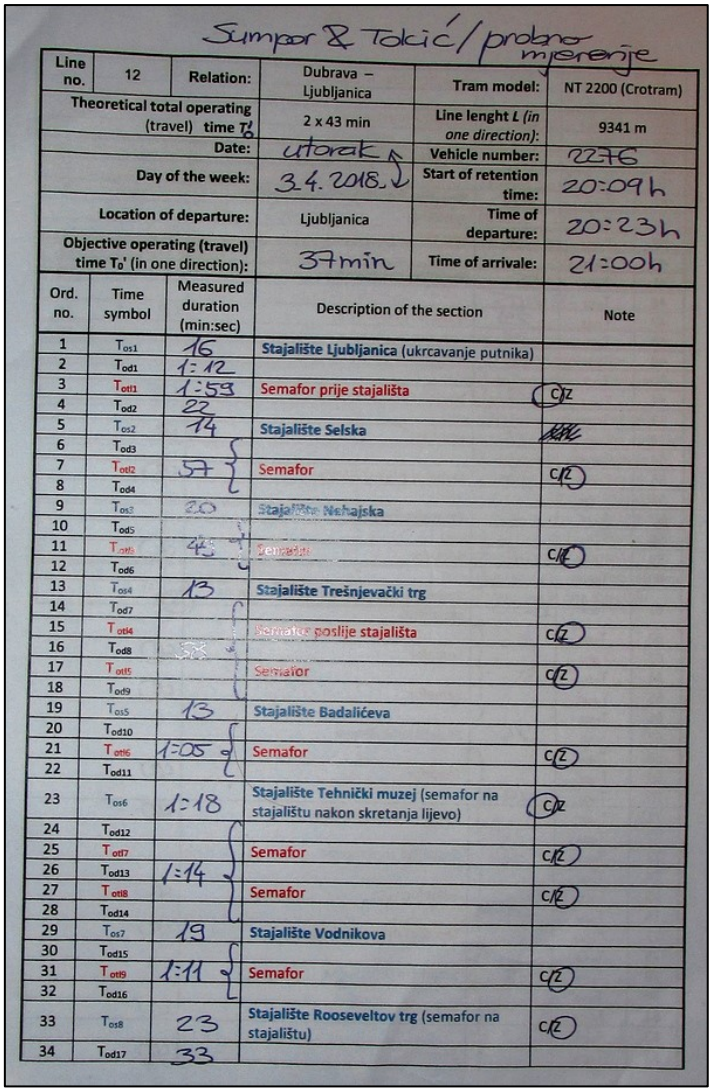
Obrazac za mjerenje trebao bi sadržavati sljedeće podatke, a izdaje se za svaki pojedini smjer na jednoj liniji:

- broj i naziv linije na kojoj se vrši mjerenje;
- smjer poluobrta za koji se vrši mjerenje;

- garažni broj i tip vozila (zbog analize utjecaja tipa vozila zbog razlike u maksimalnim ubrzanjima i usporenjima, trajanju manipulacije vratima, trajanju izmjene putnika pod utjecanjem geometrije unutrašnjosti vozila;
- ukupnu duljinu linije u svakom pojedinom smjeru;
- dan u tjednu;
- datum;
- vrijeme početka mjerenja/vrijeme na terminalu (zabilježava se dolaskom vozila na izlazno stajalište na terminalu, počinje se mjeriti nakon iskrcaja putnika pa do završetka čekanja na terminalu, tj. do zaustavljanja vozila na početnom stajalištu bez otvaranja vrata;
- vrijeme polaska (bilježi se vrijeme kad je vozilo došlo na početno stajalište na terminalu čime započinje ulaz putnika;
- vrijeme dolaska (bilježi se vrijeme dolaska vozila na izlazno stajalište terminala nakon što su svi putnici izašli);
- tablica za vrijednosti vremena.

Ukoliko je izlazno i ulazno stajalište na istoj poziciji, vrijeme početka mjerenja je ujedno i vrijeme polaska koje kreće s trenutkom ukrcaja putnika. Vrijeme polaska se dakle ne odnosi na vrijeme kada vozilo krene s početnog stajališta nego uključuje i ukrcaj putnika.

Pri mjerenju vremena obrta razlikuju se tri tipa vremena: vrijeme na stajalištu $\mathbf{Ts_n}$, vrijeme vožnje $\mathbf{Tv_n}$ te vrijeme čekanja na semaforu ukoliko je prolaz zabranjen (trajanje crvene faze) $\mathbf{Tc_n}$. U tablici su navedeni svi elementi kod kojih se vrši mjerenje po svom geografskom položaju, odnosno slijedu tokom vožnje kako je prikazano na **slici 10.**



Šimpar & Tokić / probno mjerenje

Line no.	12	Relation:	Dubrava – Ljubljanica	Tram model:	NT 2200 (Crotram)
Theoretical total operating (travel) time T_o'			2 x 43 min	Line lenght *L (in one direction)*:	9341 m
Date:			utorak 3.4.2018.	Vehicle number:	2276
Day of the week:				Start of retention time:	20:09h
Location of departure:			Ljubljanica	Time of departure:	20:23h
Objective operating (travel) time T_o' (in one direction):			37min	Time of arrivale:	21:00h

Ord. no.	Time symbol	Measured duration (min:sec)	Description of the section	Note
1	T_{os1}	16	**Stajalište Ljubljanica** (ukrcavanje putnika)	
2	T_{od1}	1:12		
3	T_{otl1}	1:59	Semafor prije stajališta	C/Z
4	T_{od2}	22		
5	T_{os2}	14	**Stajalište Selska**	
6	T_{od3}			
7	T_{otl2}	57	Semafor	C/Z
8	T_{od4}			
9	T_{os3}	20	Stajalište Nehajska	
10	T_{od5}			
11	T_{otl3}	45	Semafor	C/Z
12	T_{od6}			
13	T_{os4}	13	**Stajalište Trešnjevački trg**	
14	T_{od7}			
15	T_{otl4}		Semafor poslije stajališta	C/Z
16	T_{od8}	52		
17	T_{otl5}		Semafor	C/Z
18	T_{od9}			
19	T_{os5}	13	**Stajalište Badalićeva**	
20	T_{od10}			
21	T_{otl6}	1:05	Semafor	C/Z
22	T_{od11}			
23	T_{os6}	1:18	**Stajalište Tehnički muzej** (semafor na stajalištu nakon skretanja lijevo)	C/Z
24	T_{od12}			
25	T_{otl7}		Semafor	C/Z
26	T_{od13}	1:14		
27	T_{otl8}		Semafor	C/Z
28	T_{od14}			
29	T_{os7}	19	**Stajalište Vodnikova**	
30	T_{od15}			
31	T_{otl9}	1:11	Semafor	C/Z
32	T_{od16}			
33	T_{os8}	23	**Stajalište Rooseveltov trg** (semafor na stajalištu)	C/Z
34	T_{od17}	33		

Slika 10. *Primjer ispunjenog obrasca za mjerenje vremena obrta na liniji 12.*

Vrijeme stajanja na stajalištu upisuje se pored naziva stajališta, vrijeme je označeno kao Ts1, sljedeće stajalište nosit će oznaku Ts2 i tako do zadnjeg stajališta Tsn na trasi za taj poluobrt. Vrijeme vožnje upisuje se u sljedeću praznu kućicu pored oznake vremena Tv_1 koje se traje do prvog zaustavljanja bilo na semaforu ili stajalištu. Ukoliko nema zaustavljanja na semaforu za vrijednost Tv_2 od semafora do sljedećeg zaustavljanja ne upisuje vrijednost. Vrijeme vožnje računa se od pokretanja vozila do zaustavljanja na mjestu koje je planirano u obrascu (crveno svjetlo ili stajalište), ostala zaustavljanja zbog propuštanja pješaka, osobnog vozila i slično računaju se pod vrijeme vožnje. Vrijeme čekanja na semaforu računa se od zaustavljanja vozila pred semaforom do ponovnog pokretanja, ukoliko nema zaustavljanja ne upisuje se vrijednost. U stupac s bilješkom o stanju na semaforu zaokružuje se slovo C ukoliko je vozilo stalo na crvenom svjetlu te slovo Z ukoliko je vozilo prošlo semafor bez zaustavljanja za vrijeme zelene faze. Ukoliko na stajalištu postoji semafor, vrijeme čekanja na stajalištu je ujedno i vrijeme čekanja na crvenoj fazi te se upisuje jedna vrijednost kao Tsn, te se zaokružuje slovo C što predstavlja oznaku crvene faze. Ukoliko je vozilo stalo na stajalištu te krenulo za vrijeme trajanja zelene faze, upisuje se vrijeme čekanja na stajalištu Tsn te se zaokružuje Z. U

vozilima JGP-a ne postoje adekvatne površine na kojima se može pisati na papir formata A4, pa je uputno imati podlogu za pisanje, pogotovo u slučaju stajanja u vozilu. Potrebno je imati rezervnu olovku zbog uvjeta da se mjerenje provede neprekidno tokom poluobrta, izostanak mogućnosti upisivanja podatka u nekom trenutku mjerenja zahtijeva kompletno ponavljanje mjerenja. Kao i kod automatskog brojenja putnika, automatsko mjerenje voznih vremena štedi osoblje, vrijeme te daje rezultate s vrlo visokom točnosti. Najvažniji zahtjevi [2] ove metode mjerenja su:

- pozicioniranje vozila u realnom vremenu;
- bilježenje podataka o vremenima vožnje te čekanja na semaforima i stajalištima;
- obrada podataka na računalu pomoću Google pomagala, te programa npr. CanWay.

Primjer metodologije mjerenja dan je za primjer uređaja tipa Seeworld GP-740FL, **slika 11**.



Slika 11. *GPS lokator kakav se postavlja u vozilo*

Karakteristike GPS lokatora [2] su:

- SIRF-IV mikroprocesorski krug;
- vrijeme uključenja: unutar 34 sec;
- preciznost: 2.5 metara;
- Flash memorija: kontinuirano spremanje svake sekunde tokom 71 sata;
- baterija: do 33 sata;
- kompatibilno sa najnovijim inačicama softver.

Uređaj se u vozilu može postaviti:

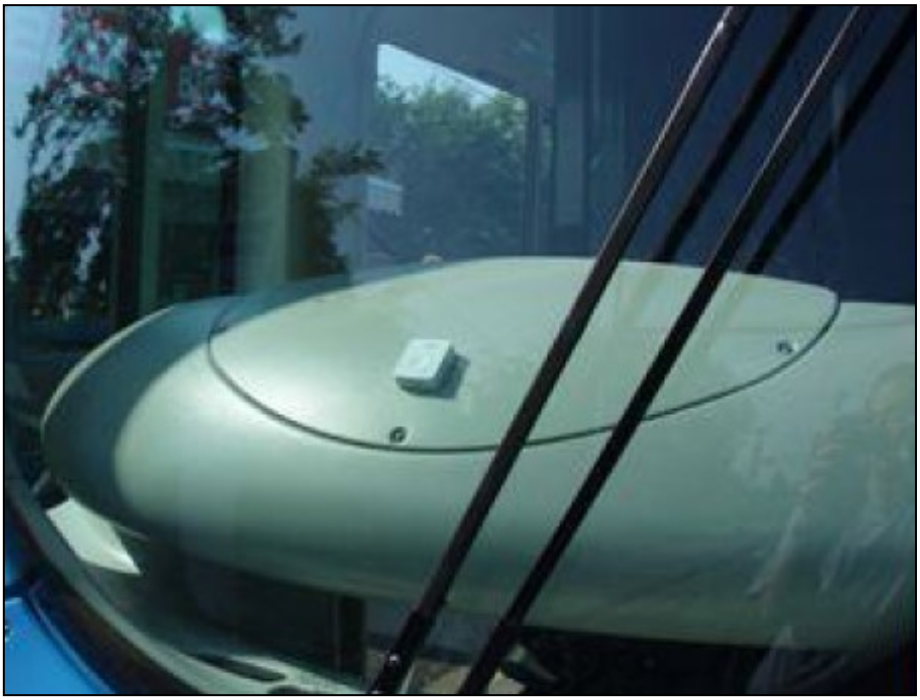
- u vozačkoj kabini s vanjske strane upravljačkog pulta;
- u putno računalo za tipove GPS lokatora s USB priključkom;

Zahtjevi pri postavljanju:

- pozicioniranje na sredini vozila (gledano po širini), zbog što točnijeg pozicioniranja;
- putanje prometovanja vozila (slika 12.);

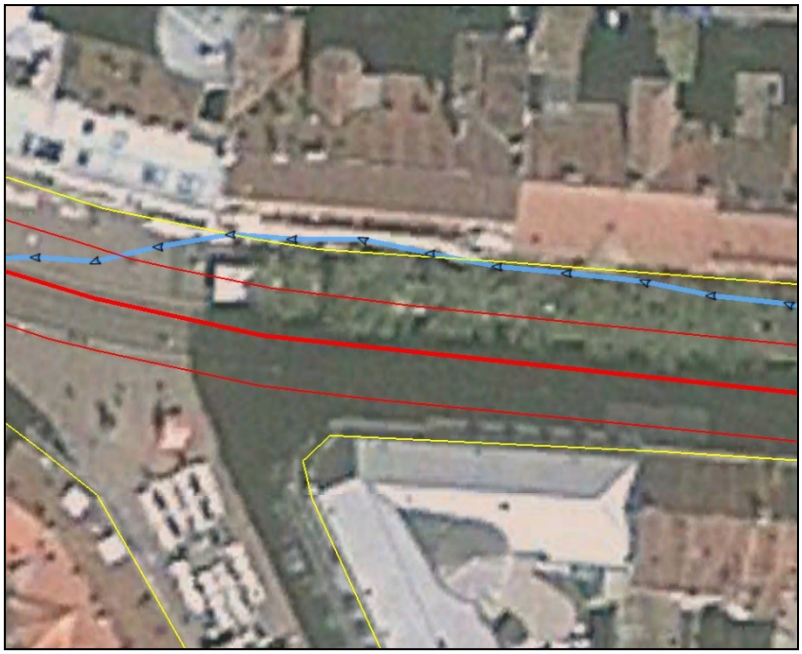
- osigurati dobar prijam signala i izvršiti provjeru istog prije početka mjerenja;
- osigurati uređaj od pomicanja tokom vožnje.

Moguća su raspršenja rezultata zbog utjecaja elektromagnetskog polja gornjeg voda.

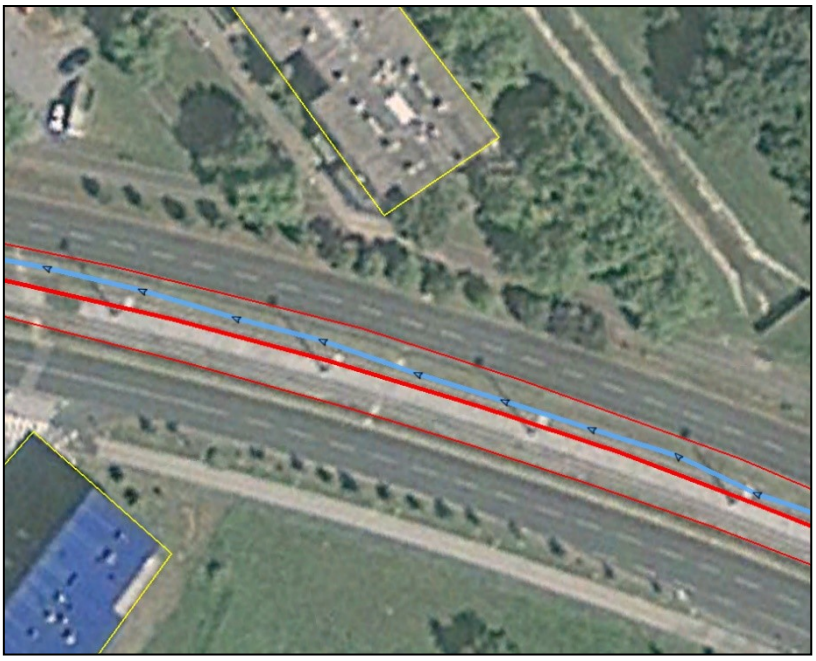


Slika 12.*Primjer pozicioniranja GPS lokatora u kabini tramvaja TMK2200.*

Preciznost mjerenja određena je jakosti prijama signala. Između viših zgrada u središtima gradova („urbani kanjon“) zbog prekida signala dolazi do većeg raspršenja rezultata nego na otvorenim površinama izvan urbaniziranih središta. Odstupanje od realne pozicije izvan „urbanih kanjona“ iznosi oko 5m (sa starijom tehnologijom 10), prikazano **slikom 14.**, a unutar oko 10 i više (sa starijom tehnologijom 20 i više), prikazano **slikom 13.**. Zabilježene lokacije stajališta odstupaju od realnih za 5 do 10m.



Slika 13. *Odstupanje (plavo) od točne trase unutar centra grada (Jurišićeva ulica, Zagreb).*



Slika 14. *Odstupanje (plavo) od točne trase izvan centra grada (Horvaćanska ulica, Zagreb).*

Obrada podataka vrši se u sljedećim koracima:

- sustav kompatibilan sa bazom podataka Google mapsa, GIS-a i sl.;
- moguća korekcija odstupanja trase u programima QGIS, CanWay, Google maps itd.;
- korekcija kod zabilježavanja zaustavljanja na raskrižjima vrši se postavljanjem određenih vremenskih ograničenja;
- točnije mjerenje i bilježenje podatka pri čekanju na stajalištima moguće je uz pomoć;
- senzora koji prate rad vrata;

- točnije mjerenje pozicije vozila moguće je uz pomoć GPS tehnologija te odometra.

3.3 Varijable unosa podataka

Osnovne veličine koje su potrebne za analizu prijevoznog procesa su: broj putnika, vrijeme i duljina obrta te prijeđeni kilometri po vozilu. Broj putnika unosi se odvojeno kao ulaz i izlaz putnika. Lokalnim protokom q može se utvrditi popunjenost vozila, odnosno raspodjela (slika) prometnog opterećenja duž linije.

Definirani lokalni protok putnika (ili popunjenost) q, odnosi se na protok putnika kroz međustajališnu udaljenost između stajališta n i n-1 na trasi linije, po izrazu kako slijedi:

$$q_n = q_{n-1} - P_U + P_I \tag{4}$$

- q_n – protok nakon izmjene putnika na n-tom stajalištu (put/lin);
- q_{n-1} – protok prije izmjene putnika na n-tom stajalištu (put/lin);
- P_U – broj putnika koji su ušli u vozilo;
- P_I – broj putnika koji su izašli iz vozila.

Kapacitet vozila je veličina koja definira statičku prijevoznu sposobnost vozila. Kapacitet je zbroj broja sjedećih mjesta te umnoška stajaće površine i gustoće stajaćih putnika kako je dano izrazom:

$$c = s + p * g \tag{5}$$

- c – kapacitet vozila (put);
- s – broj sjedećih mjesta (put);
- p – stajaća površina (m^2);
- g – gustoća stajaćih putnika (put/m^2).

Za g se uzima suvremeni standard od 4 put/m^2. Po tom se standardu planira prijevozna sposobnost, te određuje kapacitet vozila u tehničkim specifikacijama. Vrijeme obrta, te sva vremena koja tvore vrijeme obrta mjere se i zapisuju u minutama. Vrijeme obrta sastoji se od dva poluobrta kako je dano izrazom:

$$T_O = t_A + t_B \tag{6}$$

- To – vrijeme obrta (min);
- t_A – vrijeme poluobrta u smjeru A (min);
- t_B – vrijeme poluobrta u smjeru B (min).

Svaki obrt, odnosno poluobrt n smjera sastoji se od vremena putovanja i vremena čekanja na terminalu zbog izravnavanja vremena u odnosu na vozni red te odmor vozača. Svako vrijeme putovanja određeno je vremenom vožnje te vremenom čekanja na stajalištu, kako je dano izrazom:

$$t_n = t_P + t_T = (t_V + t_S) + t_T \tag{7}$$

- t_n – vrijeme poluobrta (min);
- t_P – vrijeme putovanja (min);
- t_T – vrijeme čekanja na terminalu (min);
- t_V – vrijeme vožnje (min);
- t_S – vrijeme čekanja na stajalištu radi izmjene putnika (min).

Zbog potrebe za većom rezolucijom mjerenja, te boljim uvidom u proces, vrijeme putovnja se još razlaže i na vrijeme čekanja na slobodni prolaz (vrijeme crvene faze), pa je vrijeme putovanja dano izrazom kako slijedi:

$$t_P = t_V + t_S + t_C \tag{8}$$

Duljina obrta zapisuje se najčešće u metrima, čini ju duljina linije u oba smjera, često se duljine linije u oba smjera ne poklapaju, s toga se one po smjerovima A i B nebi trebale množiti. Duljina obrta dana je izrazom kako slijedi:

$$L = L_A + L_B \tag{9}$$

- L – duljina linije u oba smjera (obrta) (m);
- L_A – duljina linije u smjeru A (m);
- L_B – duljina linije u smjeru B (m).

Ukupna prijeđena udaljenost po vozilu bilježi se u kilometrima na dnevnoj razini, dok je na mjesečnoj ona zbroj dnevnih prijeđenih kilometara po obrtu, pomnoženo s brojem dana u mjesecu.

3.4 Metoda anketiranja

Još jedan od načina definiranja prijevozne potražnje kao veličine prometnog procesa JGP-a koristi se metoda anketiranja ili ispitivanja. Ova metoda zahtijeva dobru logistiku i razmjerno velik broj osoblja. Ukoliko se anketiranje vrši na prometnicama gdje je vozila potrebno izvajati iz prometnog toka, potrebna je asistencija policije. Izvršava se prikupljanjem specifičnih podataka o navikama, željama i načinima putovanje putnika JGP-om, te bilježenjem kvalitativnih i kvantitativnih podataka o učestalosti korištenja JGP-a te kvalitetom ponuđene prijevozne usluge.

Podaci se prikupljaju usmeno, te zapisuju u formular za anketiranje. Pitanja postavljena putnicima trebaju biti jasna i nedvosmislena. Od osobnih podataka putnika najbitnije su informacije o dolazišnoj i polazišnoj adresi, starosnoj skupini te razlogu putovanja. Ukoliko osoba ne želi dati svoju adresu stanovanja, uputno je zatražiti nešto širi toponim (poput ulice, naselja i sl.). Ova metoda jest osnovni način za izradu prometnog modela u JGP-u tzv. „linije želja“, kod kojeg se linije trasiraju uz definiranje ostalih sastavnih elemenata na temelju rezultata o utvrđenim putovanjima ili željama za putovanjem, te ostalim navikama putnika.

4 METODOLOGIJA OBRADE PODATAKA

Ovo poglavlje bavi se obradom prikupljenih podataka te smetnjama i uvjetima pri kojima mjerenje može polučiti pogrešne ili nedovoljno precizne vrijednosti. Poslije učitavanja i digitalizacije podataka slijedi obrada koja ima za cilj doći do rezultata analize brojenja ili mjerenja kojima se utvrđuje stanje procesa, te definirati uzročno posljedične veze pri odvijanju istog.

4.1 Svrha i cilj obrade podataka

Osjetljiva faza obrade podataka jest sami početak, kad se podacima poslije unosa počinje manipulirati. Unos podataka završava procesom brojenja putnika ili mjerenja veličina, bilo da se radi o ručnim ili automatskim metodama. Tada počinje postupak obrade podataka koji traje dok se iz unesenim podataka obradom ne definiraju izlazne veličine kojima se opisuju potrebne značajke procesa. Kod prepisa obrazaca brojenja ili mjerenja u digitalni oblik, potrebno je imati naznačene lokacije ili stajališta. Obrazac bez naznačenih stajališta ili lokacija mjerenja teško se može upotrijebiti kao vjerodostojan izvor podataka.

Projektom su definirani zahtjevi za potrebnim podacima koje je potrebno prikupiti za analizu sustava JGP-a. Cilj mjerenja i brojenja jest utvrđivanje veličina i njihovih značajki u JGP-u bez kojih bilo kakva analiza stanja prometnog sustava nije moguća. Brojenje i mjerenje procesa je temelj planiranja i projektiranja sustava JGP-a. Obradom podataka prikupljeni se podaci organiziraju te formiraju u pregledne skupove podataka koje tvore izlazne veličine.

4.2 Brojenje putnika u ovisnosti o tipu i opterećenju linije

Vozila u javnom gradskom prijevozu imaju u prosjeku dvoja do šestora vrata. Ovisno o načinu plaćanja karte obavlja se ulaz odnosno izlaz putnika. Na prigradskim linijama najčešće se ulaz obavlja na prvim vratima, a izlaz na ostalima. Broj ulaza i izlaza putnika mora biti jednak, a moguća greška pri brojenju ili unosu može se utvrditi uvidom u ispravno ispunjene obrasce za brojenje, pa je s toga potrebna informacija o tome na kojim vratima je vršeno brojenje određenog obrasca. Isto tako, time se mogu utvrditi značajke protoka putnika po svakim vratima pojedinačno. Brojenje se može provoditi za više vrata istovremeno u uvjetima kada je to moguće. Tada se zabilježe na za to predviđeno mjesto onoliko vrata na koje se odnose ispunjeni podaci s ulazom i izlazom putnika. Vrata se označavaju brojčanom oznakom. Prva vrata ili vrata 1 označavaju ona vrata koja su na prednjem dijelu vozila kod vozačkog mjesta ili kabine, a zatim ostala slijede po brojevima koja odgovaraju položaju na autobusu.

Podaci o broju putnika pri ulasku i izlasku iz vozila kao jedan od najvažnijih ulaznih podataka za prometnu analizu sustava bilježe se za svako stajalište na trasi linije brojenja. Potrebno je imati dva stupca u koje se odvojeno upisuje ulaz i izlaz. Ukoliko vozilo stane na stajalištu ali nema izmjene putnika na vratima na kojima se obavlja brojenje piše se nula za ulaz i izlaz. Ukoliko vozilo nije stalo na predviđenom stajalištu bilježi se posebna oznaka poput minusa ili kose crte kako bi bilo utvrđeno da vozilo nije stalo na stajalištu. Pri unosu u mobilnu aplikaciju, ukoliko prethodno popis stajališta nije unesen, stajališta na kojima vozilo nije stalo se ne registriraju.

Metodologije za brojenje putnika prilagođavaju se u odnosu na tip linije, opterećenje i vrstu vozila u kojemu se provode. Prometno opterećenje na gradskim linijama je najveće te su ondje potrebni i najveći resursi kako je vidljivo i u **tablici 1 i 2**. Cilj je što preciznije izmjeriti broj putnika, pa s toga raspored i broj osoba u vozilu koji broje putnike ovisi pretežno o preglednosti prostora neposredno uz vrata.

Tablica 1. *Ovisnost tipa i opterećenja linije te vrste vozila u odnosu na preporučeni broj osoblja za mjerenje za metodologije brojenja putnika u autobusima, trolejbusima i tramvajima*

OBLIK PRIJEVOZA:	**AUTOBUS, TROLEJBUS**			**TRAMVAJ**		
TIP VOZILA:	**MINI**	**SOLO**	**ZGLOBNI**	**SOLO**	**PRIKOLICA**	**ZGLOBNI /VIŠEZGLOBNI**
PRIGRADSKA LINIJA	*1*	*1*	*2*	*1*	*1 po vozilu*	*1 do 2*
GRADSKA LINIJA - PERIFERNA, RADIJALNA, TANGENCIJALNA	*1*	*1 do 2*	*2 do 3*	*1 do 2*	*1 do 2 po vozilu*	*1 po segmentu*
GRADSKA LINIJA - DIJAMETRALNA, KRUŽNA	*1*	*2 do 3*	*3 do 4*	*3*	*3 po vozilu*	*1 po vratima*

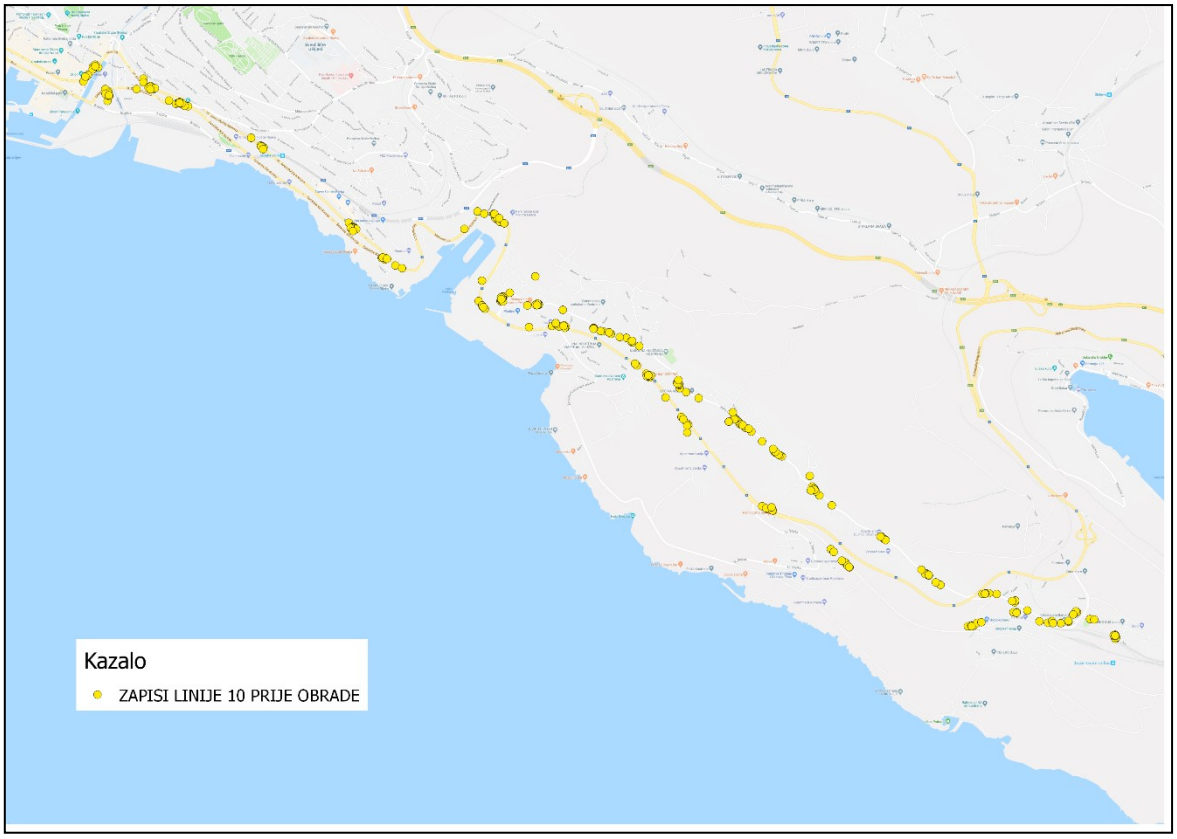
Tablica 2. *Ovisnost opterećenja linije, vrste vozila i veličine terminala u odnosu na preporučeni broj osoblja za metodologije brojenja putnika na željeznici, u plovilima i na terminalima*

OBLIK PRIJEVOZA:	**ŽELJEZNICA**		**PLOVILA**		
TIP VOZILA:	**KLASIKA**	**MOTORNI VLAK**	**BROD ILI KATAMARAN**	**TRAJEKT**	**PRISTANIŠTE**
REGIONALNA	*1,5 vagon po brojitelju*	*1*	*1*	*2*	*1*
GRADSKO-PRIGRADSKA	*1 po vagonu*	*1 po segmentu*	*1*	*2*	*1 po vezu*

Potreban broj osoblja može se prilagoditi načinu ulaska i izlaska putnika u vozilo. Najčešće su ti načini vezani uz metodologiju plaćanja prijevoza. Ukoliko se plaćanje ili registracija vrši isključivo na prednjim vratima, jedan brojitelj najčešće može pratiti ulaz na prednjim a izlaz na prvim sljedećim vratima, na taj način je moguće uštediti broj osoblja potrebnog za taj zadatak. Na prigradskim linijama se naješće koristi takav način ulaska i izlazka, gdje je izmjena putnika i protok u odnosu na gradske linije manji te kroz vozilo teče u jednom smjeru od prednjeg ulaza prema ostalim izlazima. Zbog toga je na prigradskim linijama u većinu slučajeva potreban manji broj osoblja nego na gradskim za isti broj vrata vozila.

4.3 Odstupanje rezultata

Odstupanje rezultata odnosi se na greške kod brojenja putnika putem mobilne aplikacije. Zbog kašnjenja prijama signala GPS-a uslijed slabog signala ili nedovoljne preciznosti pri izvršavanju brojenja, koordinate stajališta raspršuju se po međustajališnoj udaljenosti, time dolazi do bilježenja GPS koordinata stajališta koje u određenoj mjeri odstupaju od realnih koordinata tog stajališta. **Slikom 15.** prikazano je raspršenje koordinata stajališta zabilježenih kroz brojenje putnika mobilnom aplikacijom. Žute točke predstavljaju koordinate pojedinog stajališta iz aplikacije koje nose podatak o broju ulaza i izlaza.



Slika 15. *Prikaz raspršenja rezultata (prije obrade) za prigradsku liniju 10 u Rijeci*

U koordinati stajališta zapisana je informacija o ulasku i izlasku putnika za svaku lokaciju stajališta, u svakom poluobrtu posebno, tj. za svako zabilježeno stajanje. Zbog toga je bitno zabilježenu GPS koordinatu stajališta pridružiti originalnoj lokaciji stajališta kako bi znali za koje se stajalište izmjereni podaci odnose. Ukoliko se vrši veći broj mjerenja na istoj liniji, odnosno trasi npr. kroz više dana, rasipanje GPS koordinata je preveliko, tj. pregusto da bi se mogla utvrditi pripadnost koordinata određenom pripadnom stajalištu tj. koordinati stajališta. Problem se može riješiti odvojenom analizom svakog dana pojedinačno kako slijedi u nastavku.

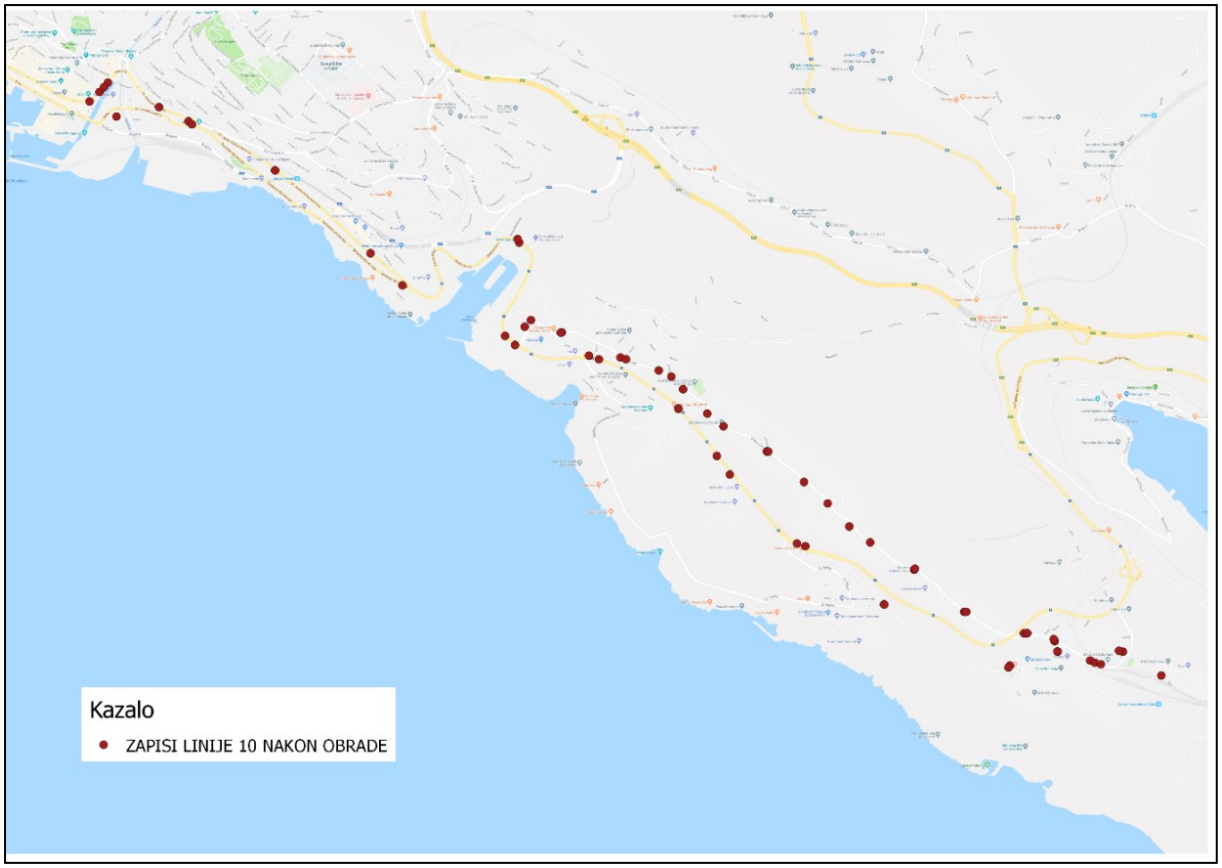
U programu u kojem se vrši prikaz rezultata mjerenja iz aplikacije (npr. QGIS) potrebno je učitati kao sloj (eng. layer) podlogu georeferenciranih stajališta koja imaju svoju jedinstvenu koordinatu. U programu su na geografskoj karti prikazane kao točke. Potom se kao novi drugi sloj učitavaju koordinate stajališta iz mobilne aplikacije, za koju je vršeno brojenje. Taj drugi sloj sadrži raspršenje GPS koordinata stajališta (točaka različite boje od onih prvog sloja). Te lokacije (točke) nisu pozicionirane oko lokacije (točke) originalne koordinate stajališta prikazane prvim slojem već su razbacane po međustajališnoj udaljenosti **(slika 16)**.



Slika 16. Sloj sa realnim koordinatama stajališta i pripadajućim nazivom (crveno) te ostale raspršene koordinate u odstupanju od točnosti, koje je potrebno svesti pod jednu lokaciju.

Kako bi se utvrdilo koja GPS koordinata pripada kojoj koordinati stajališta iz podloge (prvog sloja), u programu QGIS potrebno je sve najbliže koordinate nekom stajalištu zaokružiti te dodijeliti naziv tog stajališta. Isti postupak ponoviti za sve koordinate svih stajališta u zapisu tog dana **(slika 17)**.

Kad su svim koordinatama pridruženi nazivi i stajališta, projekt se sprema te se pretvara u csv format koji se učitava u Excel tablicu. Greške u dodjeljivanju lokacije uočavaju se najčešće iz naziva stajališta, gdje je dvaput za redom naveden isti naziv. Tada je u tablici potrebno izvršiti korekciju naziva stajališta i koordinate.



Slika 17. *Prikaz stajališta nakon obrade, gdje su sva pridružena jedinstvenoj koordinati.*

4.4 Logistički pristup i organizacija brojenja

Kod korištenja mobilne aplikacije potrebno je provjeriti raspoloživ broj uređaja koji podržavaju takvu aplikaciju, odnosno koji operativni sustav koriste (Android, IOS itd.) ukoliko aplikacija nije prilagođena za određene operativne sustave. Kod opširnog brojenja prometa (npr. cijele mreže), potrebno je utvrditi broj osoblja koje može koristiti mobilnu aplikaciju. Broj raspoloživih ljudi određuje prostorni i vremenski obuhvat mjerenja te troškove.

Brojitelj prometa ili putnika tijekom izvršavanja svog zadatka tretira se kao prometno osoblje u službi prijevoznika ili neke službene institucije te bi morao nositi obilježja koja ga razlikuju od putnika. Takva informacija upućuje i informira osoblje i putnika o radnom zadatku brojitelja prometa. Najčešće brojitelj prometa na uočljivom mjestu na odjeći ima istaknutu akreditaciju **(slika 18.)**, po potrebi i odjeću (poput reflektirajućeg prsluka) s istaknutim informacijama o funkciji brojitelja te instituciji ili poduzeću za koje obavlja radni zadatak.

Brojenje pometa kao osnovno sredstvo prikupljanja podataka koji su potrebni za provođenje određenog projekta ili zadatka dogovara se s upravom prijevozničkog poduzeća. Informacija o brojenju prometa treba biti proslijeđena svim strukturama i službama unutar poduzeća (vozači, kontrola karata, dispečer, prometnik i slično). Dobra suradnja i komunikacija s prometnim osobljem

na terenu ključna je za provedbu mjerenja i snalaženje brojitelja koji se često prvi put nalaze na takvom zadatku. Osoblje nerijetko pomaže brojitelju locirati svoje vozilo, te u slučaju bilo kakve izvanredne situacije u dogovoru s upravom poduzeća omogućava sve potrebne informacije.

Brojenje i mjerenje prometa je vrlo dinamički proces koji je bitno dobro planirati i voditi. Često se provodi bez zaustavljanja u toku obrta, te za baš određene polaske linije u tijeku dana. Iz tog razloga svaka greška, kašnjenje i slično može rezultirati odgodom planiranog mjerenja što komplicira proces mjerenja te povećava utrošak vremena i novca. Kako bi provođenje brojenja putnika ili mjerenja bilo uspješno, potrebno je imenovati koordinatora, kao stručnu osobu koja će pomagati brojiteljima na terenu. Koordinator brojenja ili mjerenja je u komunikaciji je sa prometnim osobljem te on ustupa sve potrebne informacije brojiteljima. Koordinator brojenja ili mjerenja je osoba koja povezuje brojitelje, prometno osoblje poduzeća te voditelje projekta. Mora biti upućen u kompletnu metodologiju mjerenja, te poznavati karakteristike prometne mreže i procesa u kojemu se odvija brojenje. Koordinator je potreban kada se na terenu u isto vrijeme obavlja više brojenja, odnosno kada je zbog kompleksnosti zadatka potrebno voditi osoblje na terenu.



Slika 18. *Primjer akreditacija za brojenje putnika (lijevo) i mjerenje vremena obrta (desno).*

Za potrebe obrade podataka, važno je imati raspored brojitelja po smjeni i vratima u vozilu. Pri učitavanju zapisa iz aplikacije, ukoliko je više brojitelja raspoređeno po više vrata u jednom vozilu, takve zapise potrebno je spojiti u jedan. Bez informacije o tome koji je brojitelj bio u kojem vozilu, zapise nije moguće točno spojiti, pa je mogućnost pogreške znatna.

Veličina uzorka brojenja ili mjerenja ključan je element pri planiranju provođenja istraživanja. O tome ovisi točnost, odnosno rezolucija podatka unutar traženih tolerancija, kao i vjerojatnost pojavljivanja greške pri prikupljanju ili obradi rezultata. Premali uzorak brojenja ili mjerenja rezultira nedovoljno preciznim te nevjerodostojnim podacima, koji odviše odudaraju od realnog stanja, pa sve analize rađene na provedenim istraživanjima ne mogu dati točne rezultate. Preveliki uzorak produljuje vrijeme te okupira suvišne resurse pri samom prikupljanju ali i obradi podataka, generira svojevrsnu statističku grešku zbog teorije velikih brojeva gdje mala promjena čini veliku grešku. Prevelik uzorak djeluje negativno na konačne rezultate slično kao i premalen.

Provjeru odstupanja rezultata dobivenih brojenjem prometa u odnosu na veličine utvrđene empirijski te dotadašnje podatke moguće je korištenjem podataka iz registracija putnika preko validatora **(slika 19.)**, kako je dodatno objašnjeno u poglavlju **3.1.**



Slika 19. *Validator za poništavanje beskontaknih karata.*

5 METODOLOGIJA PRIKAZA REZULTATA

Organizacija podataka mora omogućiti pristup rezultatima u željenoj rezoluciji koja se najčešće očitava kroz preciznost rezultata u smislu vremenskog raspona. Izlazne veličine, tj. rezultati mogu se podijeliti s obzirom na objekt brojenja ili mjerenja (vozilo, liniju, itd.). Podaci se prikazuju numerički, najčešće u tablicama te grafičkim prikazom.

5.1 Izlazne veličine i značajke procesa kod brojenja putnika

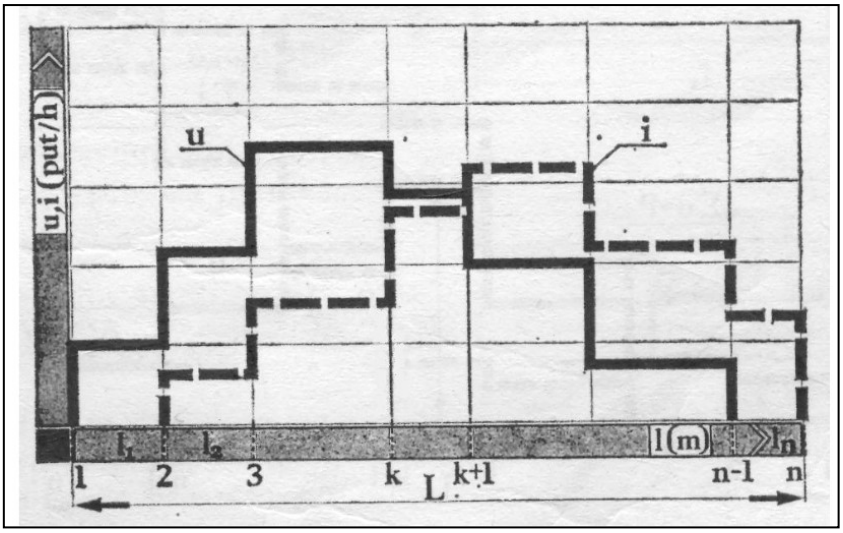
Izbrojana količina putnika može se promatrati kao uzorak na temelju kojega je moguće utvrditi prijevoznu potražnju na liniji kroz određeno vremensko razdoblje za koje brojenje putnika vrijedi. Primjerice, ukoliko je brojenje putnika provođeno tokom radnog tjedna kroz tri karakteristična dana u jesenskom voznom redu, uzorak mjerenja ukoliko je dovoljno velik može se primijeniti na čitavo razdoblje jesenskog reda, tokom radnih dana u tjednu. Za uzorke brojenja kroz druga vremenska razdoblja (vikend, praznici i blagdani, ljetni vozni red itd.) potrebno je u istima izvršiti brojenja putnika zbog prevelikih razlika u prijevoznoj potražnji između radnog dana, subote, nedjelje itd. Rezolucija dobivenih podataka ovisi o vrsti i obuhvatu brojenja. Ukoliko se vrši analiza cjelokupne prometne mreže, iz rezultata brojenja moguće je odrediti uzorke rezultata koje se odnose na pojedinu liniju ili više njih. S porastom pokrivenosti izbrojenih polazaka određene linije u odnosu na one koji nisu raste i rezolucija dobivenih rezultata, tj. moguće je utvrditi određen uzorak broja putnika u vozilu u preciznost od određenog polaska po pojedinoj liniji.

Još jedan način prikazivaja ponašanja protoka putnika na pojedinoj liniji ili polasku jest definiranje izmjene putnika (odnos ulaza i izlaza) izračunom koeficijenta izmjene putnika γ koji predstavlja odnos broja ulaznih putnika na stajalištu n, te lokalnog protoka putnika tog stajališta nakon izmjene putnika. Prikazuje prostornu raspodjelu protoka putnika na liniji. Najmanja vrijednost koeficijenta γ iznosi 1, zbog toga što se najmanje jedan putnik izmijeni na liniji.

$$\gamma_n = \frac{P_U}{q_n} \tag{10}$$

- P_U – broj putnika na ulazu;
- q_n – lokalni protok putnika nakon izmjene.

Tokom poluobrta, najčešći oblik izmjene putnika na dijametralnoj liniji prikazan je **slikom 20**. S početkom poluobrta broj ulaza raste dok je broj izlaza minimalan. Oko sredine poluobrta broj ulaza i izlaza se izjednačava, najčešće upravo ta dionica linije ima najveće prometno opterećenje, s lokacijama stajališta u užem centru grada. Potom se broj ulaza smanjuje dok broj izlaza raste.



Slika 20. *Tipičan graf izmjene putnika dijametralne linije JGP-a.*

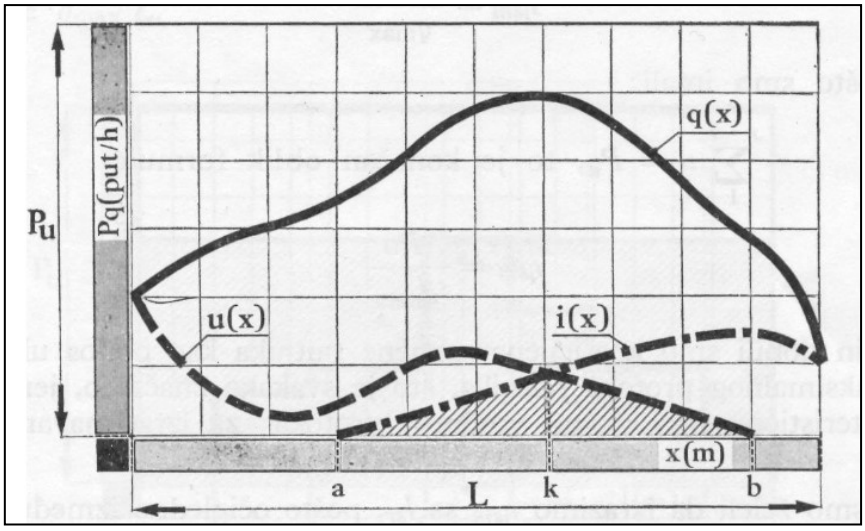
Tokom brojenja putnika zapisuju se svi ulazi i izlazi što rezultira izlaznom veličinom Q_S koja označava izmjenu (protok) putnika na liniji. Protok putnika Q_S je izlazna veličina brojenja putnika kojom se definiraju ostale dinamičke značajke ponašanja sustava u JGP-u.

Definiranje prijevozne ponude u smislu potrebnog operativnog kapaciteta pojedine linije proizlazi iz veličine ukupnog broja putnika, duljine linije i brzine obrta, po izrazu kako slijedi:

$$Q = C * \frac{V_O}{L} \tag{11}$$

- Q – operativni kapacitet (put/h);
- C – ukupni broj putnika (put);
- V_O – brzina obrta (km/h);
- L – duljina linije (m).

Koeficijentom izmjene putnika ukazuje na odnos direktne izmjene putnika te ukupnog broja ulaza i izlaza. Direktna izmjena putnika odnosi se jedno mjesto u vozilu koje se zauzima više puta tokom obrta. Ukoliko je obavljena samo jedna direktna izmjena tokom obrta, jedno mjesto koristit će dva putnika. Grafom na **slici 21.** prikazana je izmjena putnika, pri čemu osjenčana površina ispod grafa pripada direktnoj izmjeni putnika gdje se jedno mjesto koristi nekoliko puta. Takva izmjena putnika upućuje na ravnomjernost protoka putnika na stajalištu. Ovakvim utvrđenim svojstvom korištenja kapaciteta moguće je dimenzionirati odgovarajuću prijevoznu ponudu, odnosno manji kapacitet nego što bi bio da takve dikretne izmjene nema na istu količinu putnika.



Slika 21. *[3]Prikaz izravne i neizravne izmjene putnika tijekom poluobrta.*

Ukupan broj putnika na liniji predstavlja zbroj putnika u svim vozilima koja prometuju na liniji:

$$C = c * N \tag{12}$$

- C – ukupni broj putnika (put);
- c – broj putnika po vozilu (put);
- N – broj vozila.

Veličine S i P odnose se na zbroj svih sjedećih mjesta, odnosno zauzetost svih stajaćih površina na liniji po izrazima kako slijedi:

$$S = s * N;\ P = p * N \tag{13}$$

- N – broj vozila na liniji.

Načini utvrđivanja prijevozne potražnje su brojenje putnika, brojenje prodanih karata te prometni model „linije želja“. Određivanje prometne potražnje obično polazi od dva uvjeta:

- izmjena putnika je na stajalištima;
- broj putnika na terminusu počinje i završava u nuli.

Time se definira način bilježenja početka i završetka brojenja putnika po poluobrtu. Kapacitet prijevozne potražnje, tj. traženi protok definira se po izrazu kako slijedi:

$$Q_P = \frac{S}{T_O} + \frac{P}{T_O} * g \tag{14}$$

- Q_P – kapacitet potražnje (put/h);
- S/T_O – operativna sjedeća mjesta (put/h);
- P/T_O – operativna stajaća površina (m^2/h);

- g – gustoća putnika (put/m^2).

Q mora biti veći od Q_P, ukoliko je Q_P teži ili je jednako Q, prometni tok putnika na liniji teži zagušenju. Općenito, odnos Q i Q_P ukazuje na iskorištenost kapaciteta na liniji, tj. na efikasnost prometnog procesa. Veličine Q i Q_P mogu se iskazati i tako da iskazuju protok putnika u polu-obrtu linije JGP-a.

Kod računanja Q_P po gore navedenom izrazu, metodologija je takva da se svi ulazi od 0 putnika naviše najprije računaju kao popunjena sjedeća mjesta s, a potom ukoliko je lokalni protok q > s bilježi se popunjenost stajaćih mjesta p, odnosno zauzetost stajaće površine.

Q_P odnosi se na zbroj svih popunjenih sjedećih S i stajaćih mjesta P u odnosu na vrijeme obrta ili poluobrta (ovisno kako je izražena jednadžba) jedne kompletne linije. Za razliku od statičkih veličina kapaciteta (s, p, S i P), tako izraženi broj popunjenih kapaciteta u vozilu naziva se operativnim ili dinamičkim veličinama kapaciteta.

5.2 Preračunavanje večinine stajaće površine u broj stajaćih putnika

Proizvođači vozila u tehničkim specifikacijama daju podatak o broju stajaćih i sjedećih mjesta. Također, u vozilu je istaknut kapacitet vozila izražen na taj način. Ukoliko je potrebno izračunati stajaću površinu koristi se izraz kako slijedi:

$$p = \frac{st}{g} \tag{15}$$

- p – stajaća površina (m^2/voz);
- st – broj stajaćih mjesta;
- g – gustoća putnika (put/m^2).

U suvremenom JGP-u teži se komforu putovanja, pa se sustav planira i kreira tako da u redovitim uvjetima ne nastupi zagušenje u prometu, tj. u vozilima na liniji. Takvi uvjeti ostvarivi su oko gornje granice gustoće putnika od g = 4put/m^2. Isto tako, istraživanja iz prakse pokazuju da putnik odustaje od ulaska u vozilo te čeka sljedeće ukoliko je gustoća putnika u vozilu prevelika, a veličine se kreću oko gornje granice od g = 6put/m^2. Navedene gustoće putnika uzimaju se kao današnji prometni standard po kojemu se projektiraju vozila, i za koju se izdaju podaci o broju stajaćih mjesta. Kako je teoretska granična gustoća 4 put/m^2, a praktična 6 put/m^2 pogotovo za domaće uvjete kakvi vladaju u JGP-u važno je obratiti pažnju na način na koji prijevoznik računa kapacitet.

Za starija vozila JGP-a (proizvodnje s početkom 90-ih pa ranije) koja su u velikom dijelu još uvijek u prometu često se kao standard gustoće putnika uzima 6 ili 6,6 put/m^2. O tome je potrebno voditi računa pri bilježenju kapaciteta vozila pri brojenju putnika.

5.3 Karakteristična vremena tokom obrta i značajke prometnog procesa

Analogno prethodno obrađenoj metodologiji brojenja putnika i zapisa rezultata, izmjerena vremena u prometnom procesu mogu se promatrati kao uzorak na temelju kojega je moguće utvrditi prosječna karakteristična vremena kojima se definira vrijeme obrta na liniji kroz određeno vremensko razdoblje za koje mjerenja vrijede. Primjerice, ukoliko je mjerenje provođeno tokom radnog tjedna kroz tri karakteristična dana u jesenskom voznom redu, uzorak mjerenja ukoliko je dovoljno velik može se primijeniti na čitavo razdoblje jesenskog reda, tokom radnih dana u tjednu.

Zbog prevelike razlike u stanju prometa, pogotovo u gustoći i brzini prometnih tokova te veličini prijevozne potražnje kroz druga vremenska razdoblja (vikend, praznici i blagdani, ljetni vozni red itd.), za takve uzorke potrebno je provesti nova mjerenja kroz navedena vremenska razdoblja. Rezolucija dobivenih podataka ovisi o vrsti i obuhvatu mjerenja. Ukoliko se vrši analiza cjelokupne prometne mreže, iz rezultata mjerenja moguće je odrediti uzorke rezultata koji se odnose na pojedinu liniju ili više njih.

Vrijeme na crvenom svjetlu T_C mjeri se od zaustavljanja vozila pred semaforom do trenutka pokretanja kad se prolaz oslobodi. Izlazni podatak čini zbroj svih vremena T_C tokom obrta. Iz tog podatka utvrđuje se na kojim se i koliko semafora vozila najčešće zaustavljaju, te koliko vrijeme zadržavanja na semaforima utječe na vrijeme obrta, tj. na prijevoznu brzinu i u konačnici na ponašanje prijevoznog procesa. Prolaz kroz semafor bez zaustavljanja bilježi se kao slobodan prolaz u stupcu na kojem se obilježava faza u kojoj je semafor pri nailasku vozila.

Vrijeme zadržavanja vozila na crvenom svjetlu trebalo bi sadržavati informaciju i pojedinačno o vremenu čekanja po svakom semaforu posebno kako bi se utvrdilo davanje prednosti prolaska JGP-u.

Vrijeme zadržavanja na stajalištu T_S ukazuju na veličinu prijevozne potražnje. Može se koristiti kao još jedna značajka prometnog opterećenja linije s rezultatima koji daju približnu informaciju o izmjeni putnika na stajalištima zajedno s procesom manipulacije vratima. Kroz vrijeme zadržavanja na stajalištima mogu se promatrati razlike između tipova vozila na liniji, odnosno utjecaj geometrije ulaza/izlaza, unutrašnjeg oblikovanja, visine poda, trajanja zatvaranja vrata na vrijeme obrta.

Vrijeme zadržavanja na stajalištu uz crvenu fazu potrebno je odvojeno mjeriti. To je vrijeme koje se mjeri od zaustavljanja vozila na stajalištu sa semaforom do pokretanja vozila sa istog. Navedeno

vrijeme sadržava izmjenu putnika, manipulaciju s vratima vozila te čekanje na slobodan prolaz. Ukoliko nema čekanja na crvenoj svjetlu nakon izmjene putnika, bilježi se vrijeme zadržavanja na stajalištu te se bilježi da je na semaforu bio dopušten prolazak.

Izmjerenim vremenima kao izlaznim podacima definiraju se druge značajke poput brzine obrta (tj. prometne brzine), prijevozne brzine te maksimalne brzine.

Brzina obrta, tj. prometna brzina je prosječna vrijednost svih brzina tokom obrta u što se uključuje i zaustavljanje vozila na stajalištima i semaforima. Prijevozna brzina je prosječna brzina svih brzina pri vožnji, definira se izlaznim podatkom o prosječnom ukupnom vremenu vožnje. Maksimalna brzina je najveća brzina dosegnuta u obrtu ili poluobrtu.

5.4 Ukupni prijeđeni put vozila i pokazatelji održavanja

Ukupni prijeđeni put vozila definira vrijeme vozila provedeno u prometu. Na osnovu tog vremena definira se plan održavanja te druge značajke koje upućuju na raspoloživost, pouzdanost i efektivnost vozila. Vrijeme provedeno u prometu djeluje kroz promjenu stanja elemenata vozila, te kako bi vozilo ostalo u uvjetima ispravnosti navedenih dijelova potrebno je vršiti svakodnevnu kontrolu dijelova te provoditi sustavno i plansko održavanje vozila.

Raspoloživost vozila je vremenska veličina koja predstavlja vjerojatnost da će vozilo u bilo kojem trenutku moći stupiti u rad. Na raspoloživost djeluju unutarnje karakteristike vozila, kao i vanjski utjecaj sustava održavanja, uvjeta i načina eksploatacije itd. Raspoloživost je bitan podatak kad treba definirati potrebni broj vozila u sustavu JGP-a. Taj broj vozila određuje se u odnosu na broj vozila u stanju raspoloživosti, a ne u odnosu na ukupni broj vozila koja čine sastavni dio voznog parka, u kojem su uključena i neraspoloživa vozila koja najčešće zahtjevaju određena ulaganja kroz održavanje.

Pomoću raspoloživosti definira se koeficijent tehničke ispravnosti vozila (KTI). Njime se utvrđuje odnos raspoloživog broja vozila u odnosu na ukupni broj vozila pojedinog tipa u voznom parku ili kompletnog voznog parka. Može se mjeriti u danima, najčešće se računa na mjesečnoj razini ali na osnovu dnevnih podataka o raspoloživosti vozila. Izraz za izračun koeficijenta na osnovu broja vozila je:

$$KTI = \frac{N_R}{N_{UK}} \tag{16}$$

- NR – broj raspoloživih vozila;
- NUK – ukupni broj vozila (jednog tipa ili cijelog voznog parka).

Pouzdanost je vremenska veličina koja predstavlja sposobnost bezotkaznog rada vozila. Na pouzdanost najvećim dijelom utječu unutarnje karakteristike vozila, tj. svojstva elemenata vozila (sastavnih dijelova) od kojih svaki za sebe ima određenu fukciju pouzdanosti koja se zbog trošenja svakog pojedinog elementa mijenja u odnosu na prevedeno vrijeme u radu. Zbog toga je nužno pratiti vrijeme provedeno u eksploataciji vozila kako bi se održavanje prilagodilo funkciji pouzdanosti pojedinih elemenata vozila. Konstantnim preventivnim održavanjem, kako se vozilo troši i stari, funkcija pozdanosti zadržava svoj blagi pad kroz vrijeme, u odnosu na pad funkcije kakav bi bio bez održavanja, tj. bez praćenja trošenja vozila kroz prijeđeni put. Vozilo je pouzdano i može ga se koristiti bez većih zahvata održavanja sve dok je funkcija pouzdanosti u svojim dozvoljenim granicama tolerancije.

Efektivnost vozila je složena funkcija raspoloživosti, pouzdanosti i funkcionalne pogodnosti vozila. Funkcionalna pogodnost opisuje koliko je vozilo prilagođeno uvjetima i svrsi rada. Svi navedeni parametri održavanja utječu na odabir vozila, ulaganje u ista, te druge tehničke i ekonomske elemente poslovanja poduzeća koje obavlja funkciju JGP-a, a temelje se na svakodnevnim podacima o eksploataciji vozila, tj. o prijeđenom putu i obavljenom radu.

5.5 Imenovanje dokumenata i primjena u programima

Brojenja i mjerenja JGP-a provode se kroz karakteristične dane kako je objašnjeno u dijelu 5.3., s toga se zapisi mjerenja s terena prikupljaju u računalne datoteke na dnevnoj bazi te se tako i obrađuju. U ovom radu obrađuje se obrada podataka mjerenja s pomoću programa QGIS. U program se unose pojedinačno svi zapisi iz aplikacije za brojenje putnika. Obrada podataka u programu QGIS sadrži sljedeće elemente:

- učitavanje svakog zapisa pojedinačno, svaki zapis se odnosi na jedno vozilo u kojemu je vršeno brojenje putnika;
- učitavanje temeljnog sloja (podloge) sa svim georeferenciranim stajalištima na mreži,
- učitavanje karte (plana grada);
- formiranje i učitavanje sloja koji će sadržavati u sebi sve zapise jednog dana, tj. sve lokacije svih stajališta na kojima je izmjereno brojenje putnika;
- obilježavanje više koordinata stajališta u poligone koji se pridružuju jedinstvenoj lokaciji pojedinog stajališta iz sloja s georeferenciranim pozicijama stajalištima;
- spremanje obrađenog sloja te izvoz u format csv kako bi se u Excelu mogla otvoriti datoteka sa obrađenim lokacijama stajališta u QGIS-u.

Podaci zapisa brojenja iz mobilne aplikacije sadrže informacije o veličini ulaza i izlaza po svakoj lokaciji stajališta određenoj GPS koordinatama i naziv stajališta ukoliko su ista unesena u aplikaciji. Nakon pojedinačnog unošenja svih zapisa brojenja s aplikacije, pristupa se učitavanju posebnog sloja koji će sadržavati sve učitane zapise, tj. sva izbrojana stajališta na svim linijama toga dana. Ne preporuča se unos podataka kroz više dana zbog količine memorije koju program nije u mogućnosti obraditi kroz jednu iteraciju, te zbog snalaženja u obradi i lociranju podataka kako bi vjerojatnost pogreške bila što manja.

Jedan zapis sadrži informacije od svakog brojitelja posebno, dakle ukoliko je više brojitelja vršilo zadatak u istome vozilu, kako bi se dobili rezultati po vozilu najprije se navedeni zapisi trebaju spojiti u jedinstveni zapis te potom učitati. Spajanje više zapisa po vozilu također se vrši u programu QGIS, prije učitavanja istih.

Temeljni sloj s georeferenciranim stajalištima ima svrhu kojom se lokacije stajališta dobivenih brojenjem putnika ispravno definiraju, tj. lokacije stajališta dobivene pri brojenju putnika se prilikom obrade pridružuju lokaciji stajališta iz georeferenciranog sloja. Potrebno je različitom bojom obilježiti stajališta iz temeljnog sloja s onima dobivenim iz aplikacije za brojenje pošto se pridruživanje stajališta originalnoj lokaciji vrši vizualno.

Oko grupe zabilježenih koordinata (točaka) zajedno s najbližom koordinatom iz temeljnog sloja (točkom različite boje) formira se poligon kojemu se pridružuje jedinstveni naziv stajališta. Na taj način se raspršenoj grupi brojenih stajališta daje jedinstvena lokacija, a moguće greške se naknadno korigiraju obradom u Excelu. Excel tablica za obradu podataka sadrži sve elemente koji su spomenuti i obrađeni u poglavlju **3.1.**

5.6 Svrha grafičkog prikaza rezultata

Stanje ili ponašanje prometnog procesa korisno je prikazati grafikonima. Takav prikaz bolje ukazuje na razmjere veličina koje su predmet analize prometnog procesa, za razliku od čistih numeričkih vrijednosti. Grafički prikaz daje direktan i razumljiv uvid u kritična mjesta prometnog sustava, kao i mogućnost jednostavnog praćenja odvijanja prometnog procesa kroz vrijeme (npr. praćenje gibanja izmjene putnika na liniji tokom dana ili promjena brzine obrta od početnog do krajnjeg stajališta).

Cilj brojenja putnika te mjerenja voznih vremena u postojećem sustavu jest dobiti uvid u razmjere i odnose veličina koje opisuju prometni proces pomoću kojih se mogu definirati tehnički i ekonomski problemi kao i potrebni zahvati za njihovo uklanjanje. U ovom primjeru cilj predstavljaju sljedeći rezultati: vrijednosti ulaza i izlaza putnika po stajalištu, protoka putnika po međustajališnoj

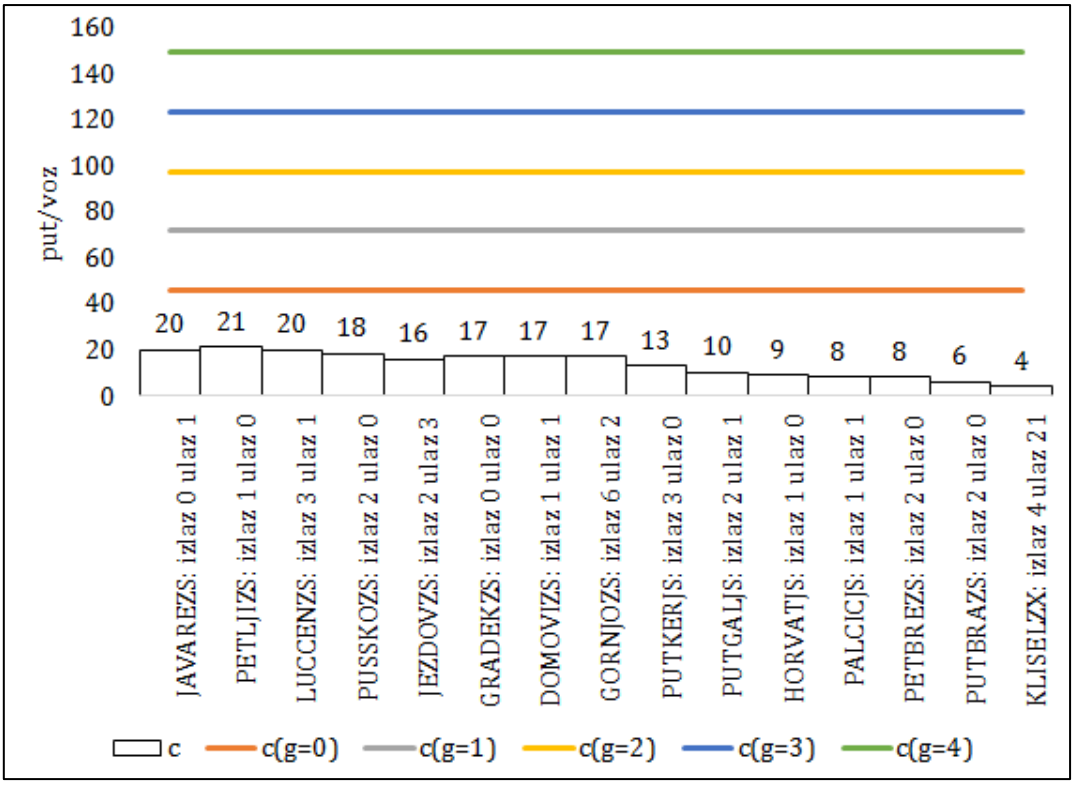
udaljenosti, odnosno popunjenost vozila, vrijeme obrta, vrijeme zadržavanja na stajalištima, vrijeme čekanja na terminalima, vrijeme vožnje, brzina vožnje i brzina putovanja.

5.7 Organizacija podataka za grafički prikaz

Rezultati analize brojenja putnika u JGP-u mogu se prikazati u nekoliko podjela:

- ukupan broj putnika u sustavu JGP-a;
- ukupan broj putnika po tipu linije (gradske, prigradske);
- ukupan broj putnika po određenom danu ili satu;
- ukupan broj putnika po linijama;
- protok putnika na pojedinom polasku linije (obrtu ili poluobrtu);
- izmjena/protok putnika na pojedinom stajalištu (po liniji ili ukupna).

Ukupan broj putnika u odnosu na podjelu po tipu linije, vozila ili između linija najbolje je prikazati grafikonom po stupcima ili stepenastim grafom. Na grafikonu 1. Dan je primjer jednog stepenastog grafa dobivenog nakon obrade podataka brojanja prometa ZET-ove autobusne linije 169, koji prikazuje veličinu ulaza i izlaza po navedenim stajalištima te vrijednost lokalnog protoka u toku jednog promatranog poluobrta. Grafičkim prikazom dočaran je odnos veličina izmjene putnika i gustoće **(grafikon 1)**. Kružni grafikon prikazuje identične rezultate, također je stepenast ali oblikovan u krug gdje se protok putnika na početku i kraju obrta obično svodi u nulu. Takav grafikon je primjereniji prikazu dijametralnih i radijalnih linija, s identičnom trasom linije u oba smjera gdje vrijedi načelo da su protoci putnika na terminusima jednaki nuli.

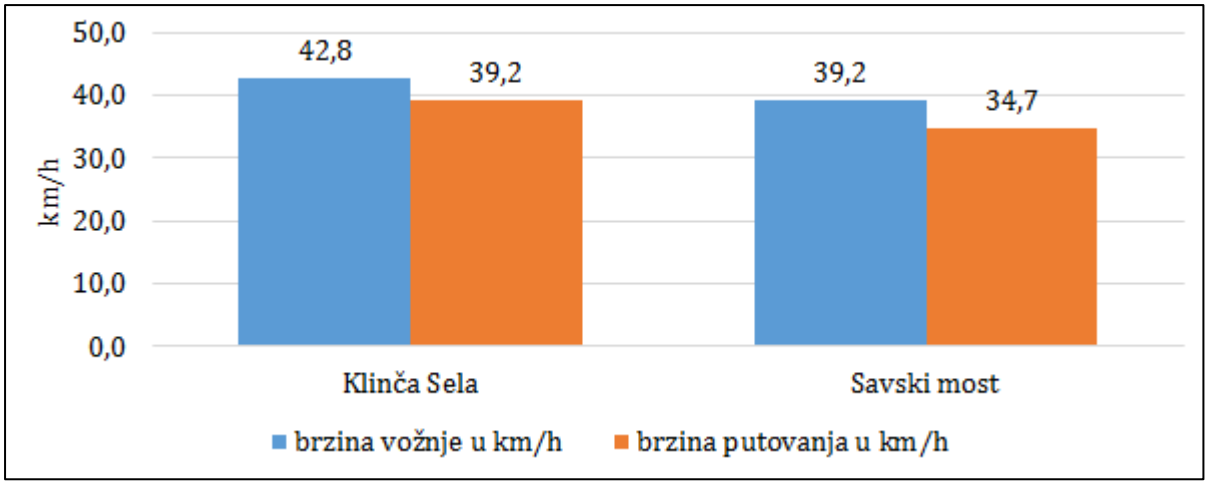


Grafikon 1. *Primjer stepenastog grafa izmjene putnika.*

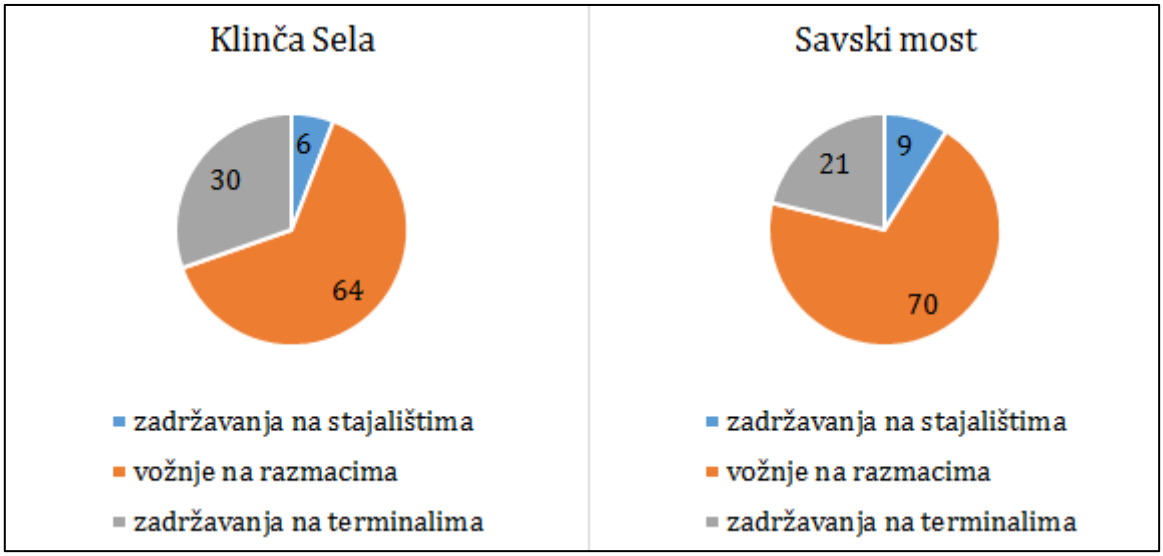
Popunjenost vozila, odnosno lokalni protok na liniji prikazuje se najčešće linijskim grafom **(grafikon 4.)**, gdje jedna os predstavlja vrijednosti gustoće putnika iskazanih kroz odnos popunjenosti sjedećih mjesta i stajaće površine, dok druga sadrži stajališta na kojima se vrši izmjena putnika, a funkcija protoka u tim točkama mijenja vrijednost.

Grafikonom po stupcima ne prikazuje se međuovisnost veličina već pojedine veličine kao što su najčešće brzina i vrijeme obrta, vožnje, putovanja, vrijeme čekanja i slično. Os ordinata prikazuje odnos veličina dok je na apscisi dan atribut svakom stupcu (Grafikon 2).

„Torta“ – grafikon pogodan je za prikaz vrijednosti uz omjere pojedinih veličina unutar jedne cjeline, npr. vremena provedenog na terminalu, čekanja, vožnje koji čine sastavni dio vremena obrta kao cjeline **(grafikon 3.)**.



Grafikon 2. *Primjer grafa sa stupcima za prikaz veličine i odnosa brzine vožnje i putovanja.*



Grafikon 3. *Prikaz omjera i vrijednosti raznih vremena koje tvore vrijeme poluobrta za jedan polazak autobusne linije ZET-a 169.*

6 NUMERIČKI I GRAFIČKI PRIKAZ REZULTATA – PRIMJER GRADA RIJEKE

Kroz ovo poglavlje prikazan je proces obrade i prikaza rezultata (numeričkog i grafičkog) mjerenja voznih vremena te brojanja putnika na primjeru gradske autobusne linije gradskog prijevoznika grada Rijeke, Autotroleja. Prikazane su veličine statičkih i dinamičkih elemenata linije iz primjera.

Obrađen je jedan obrt tokom jutarnjeg vršnog opterećenja gradske linije 8 koja prometuje između Torpeda na zapadnom dijelu grada te Kampusa na sjeveroistoku. Radi se o slabije opterećenoj liniji na kojoj voze solo autobusi u intervalu od 30min/voz tokom vršnih opterećenja kada na liniji prometuju 2 vozila. Linija je dijametralna – polukružna, s kružnim dijelom na svom sjevero-istočnom kraju. Na terminusu Kampus tako popunjenost putnika većim dijelom dana ne pada na 0, već dio putnika terminus koristi kao prolazno stajalište do svog odredišta na kružnom dijelu trase koji počinje i završava na stajalištu Paris.

6.1 Numerički prikaz podataka na primjeru autobusne linije 8 u Rijeci

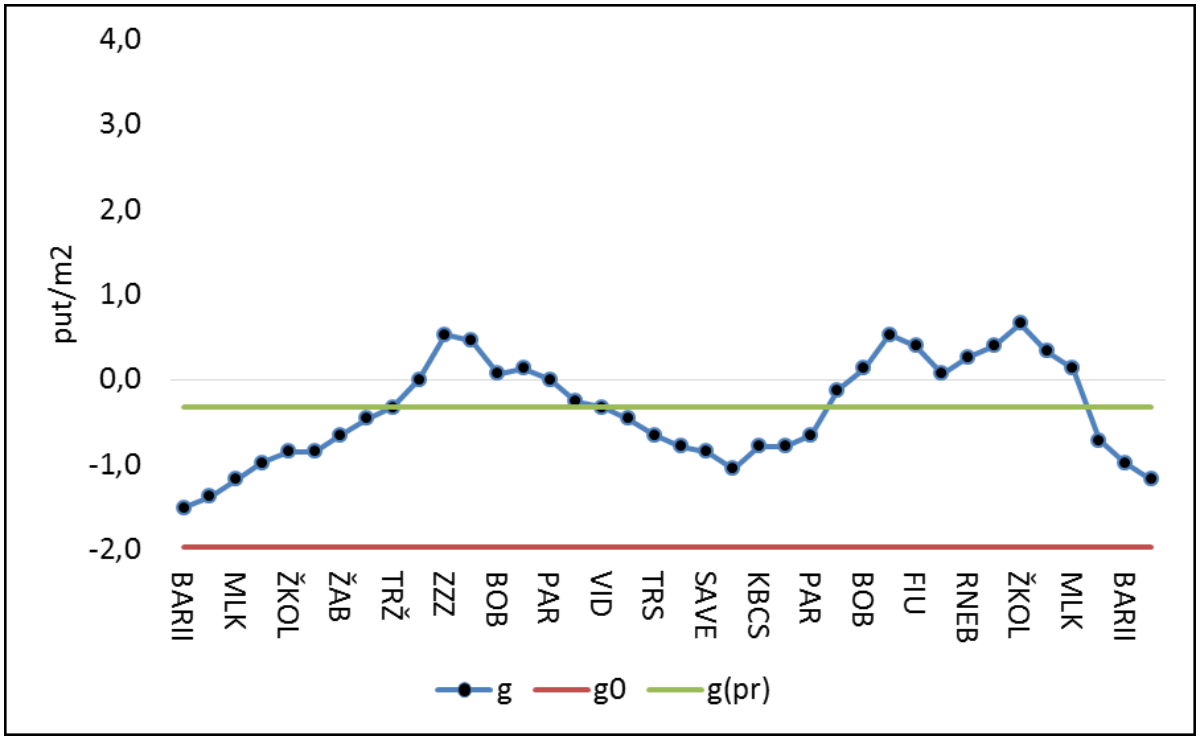
Nakon provedenih korekcija trase i pridruženih koordinata jedinstvenoj lokaciji stajališta kao što je to u radu prethodno opisano slijedi obrada podataka u excel tablici. Kroz sljedeći primjer u stupcima s lijeva na desno su dani svi ulazni podaci potrebni za daljnju analizu:

- indeks stajališta, interna oznaka stajališta koja u ovom slučaju predstavlja s lijeva na desno broj linije, smjer i redni broj stajališta;
- GPS x i y koordinate stajališta zabilježene u aplikaciju tokom brojenja putnika;
- kratica stajališta, upotrebljava se za prikaz naziva stajališta u dijagramima, kraći naziv služi boljoj preglednosti dijagrama;
- puni naziv stajališta;
- duljina međustajališne udaljenosti;
- datum i vrijeme, ukoliko se radi analiza u vremenskim formatima nije ih nužno razdvajati kao što je učinjeno u primjeru jer se analiza podataka računa s ćelijama formatiranim kao broj,
- vrijeme odlaska sa stajališta (vrijeme_ms1);
- vrijeme dolaska na sljedeće stajalište (vrijeme_ms2);
- razlika u vremenu dolaska i odlaska ms2 – ms1, služi kao brojčana vrijednost izražena u minutama za potrebe računanja vremena vožnje (nije potrebno ako se računa u formatu vremena);
- vrijeme završetka stajanja na stajalištu;

- ukupno vrijeme provedeno na stajalištu (vrijeme_st), razlika vremena završetka stajanja na stajalištu i vremena dolaska na stajalište (nije potrebno ako se računa u formatu vremena);
- početak brojenja (ref_poce), referentno vrijeme početka;
- završetak brojenja (ref_kraj), referetno vrijeme završetka;
- ukupna vrijednost izlaza putnika u vozilo (i), obradom se zbrajaju svi pojedini izlazi na vratima u vremenskom okviru (rezoluciji) koja je potrebna, u ovom slučaju to je jedan obrt,
- ukupna vrijednost ulaza putnka u vozilo (u), obradom se zbrajaju svi pojedini ulazi na vratima u vremenskom okviru (rezoluciji) koja je potrebna, u ovom slučaju to je jedan obrt;
- broj raspoloživih sjedećih mjesta vozila (s);
- veličina raspoložive stajaće površine vozila (p);
- lokalni protok putnika kroz međustajališnu udaljenost q, odnosno popunjenost vozila;
- gustoća putnika po stajališnoj udaljenosti (g), ukazuje na komfor putovanja kao omjer razlike popunjenosti vozila i sjedećih mjesta sa stajaćom površinom;
- nulta gustoća (g0), unutarnja karakteristika putničkog prostora vozila (omjer sjedećih mjesta i stajaće površine uvijek s negativnim predznakom);
- maksimalna referentna gustoća putnika gmax, ovdje je korišten školski standard od 4put/m2 kakav vrijedi u praksi u zapadnim zemljama Europe, gdje gustoće putnika iznad navedene smatraju prekoračenim, odnosno zagušenjem;
- navedene veličine ulaza i izlaza uz kraticu stajališta (stupac potreban kao ulazni podatak za dijagram u prikazu podataka);
- navedene veličine kapaciteta vozila c u odnosu na referentu gustoću;
- težinska gustoća putnika (g_pr), omjer zbroja gustoća i duljine obrta;
- težinski obavljeni transportni rad za referentnu gustoću g = 4put/m2 (w_pr), omjer prosječne težinske gustoće putnika, nulte gustoće u odnosu na maksimalnu gustoću putnika;

6.2 Grafički prikaz podataka i izračun izlaznih veličina na primjeru autobusne linije 8 u Rijeci

Određeni podaci predočeni tablicama 3 i 4, te navedeni u naslovu **7.2** koriste se za grafički prikaz podataka poput popunjenosti vozila, **grafikon 4**.

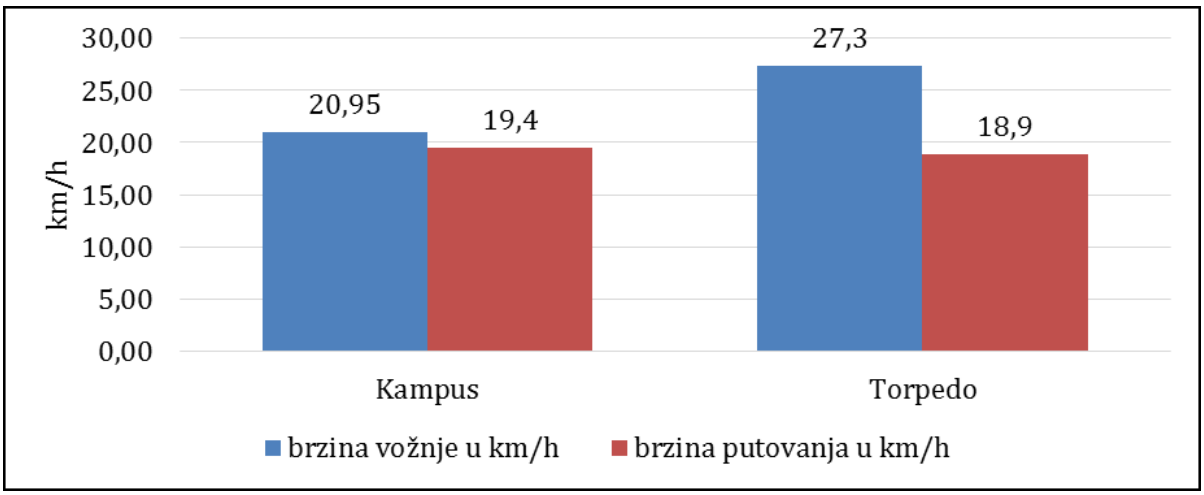


Grafikon 4. *Pupunjenost vozila na obrtu linije 8 iz primjera.*

Pojedini numerički podaci koriste se za proračun pojedinih veličina poput brzina vožnje i brzina putovanja, za svaki poluobrt (prikazano u **tablici 3**). Grafički prikaz i usporedba navedenih brzina prikazan je **grafikonom 5**.

Tablica 3. *Iznosi brzina u smjeru Kampusa i Torpeda.*

smjer	Kampus	Torpedo
brzina vožnje u km/h	20,95	27,3
brzina putovanja u km/h	19,4	18,9

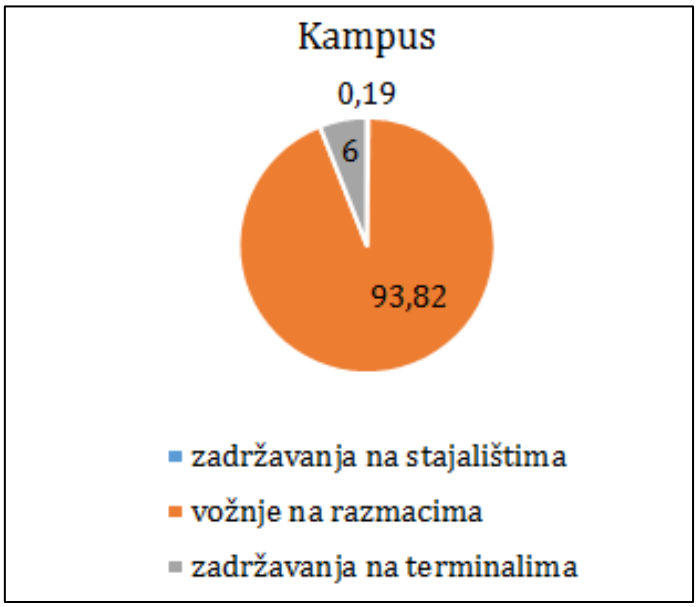


Grafikon 5. *Grafički prikaz brzina iz tablice 3.*

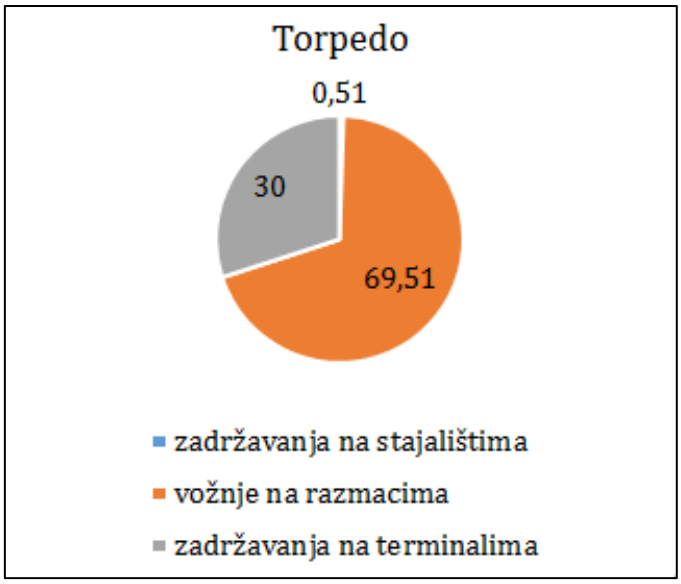
Osim brzina, potrebno je proračunati i prikazati iznose te postotne udjele pojedinih vremena, kao sastavnih segmenata u prijevoznom procesu tokom vremena jednog obrta **(tablica 4., grafikon 6 i 7)**.

Tablica 4. *Iznosi pojedinih, te postotni udjeli vremena za obrt linije 8 iz primjera.*

smjer	zadano vrijeme poluobrta, hh:mm	zadano vrijeme poluobrta, min	zadržavanja na stajalištima	vožnje na razmacima	zadržavanja na terminalima	udio zadržavanja na stajalištima	udio vožnje na razmacima	udio zadržavanja na terminalima
Kampus	25:42	25,42	0,05	23,85	1,52	0,19	93,82	6
Torpedo	23:18	23,18	0,12	16,11	6,95	0,51	69,51	30



Grafikon 6. *Postotni udio vremena vožnje, zadržavanja na stajalištima i čekanja na terminalima za poluobrt u smjeru Kampusa.*



Grafikon 7. *Postotni udio vremena vožnje, zadržavanja na stajalištima i čekanja na terminalima.*

7 ZAKLJUČAK

Po prikupljanju i izračunu svih relevatnih podataka i veličina kojima je opisan neki prometni problem, isti se numerički i grafički prikazuju kao zaključak brojenja ili mjerenja. Takvi podaci koji se bazira na brojenju ili mjerenju svih parametara spomenutih kroz ovaj rad ujedno su i cilj do kojeg je potrebno doći, odnosno potrebno ih je isporučiti naručitelju projekta. Na osnovu isporučenih rezultata rade se daljnji proračuni te naposlijetku i prijedlozi rješenja određenog prometnog problema.

Važno je istaknuti da je za točan uvid te dovoljnu rezoluciju traženih podataka ključno provoditi mjerenja ili brojenja za sve veličine koje definiraju određeni problem, na uzorku pravilne veličine (prevelik uzorak kao i premali uzorak generiraju greške ili nedovoljno razlučive podatke), te po istoj metodologiji od početka do završetka bez odstupanja od definiranih koraka tijekom postupka izvršenja.

Jedan od najistaknutijih problema u sustavima JGP-a u Hrvatskoj, pogotovo onih koji su u vlasništvu grada ili lokalne samouprave, tj. države jest neprovođenje višegodišnjih strategija u koje su bazirane na stručnim i u najvećem dijelu točnim podacima dobivenim mjerenjima ili brojenjima prometnih veličina. Uz navedeno, redovita i planska nadgledanja ili korekcije sustava JGP-a se ne provode, s toga ne čude veliki ekonomski te drugi problemi u upravljanju takvim tvrtkama. Isto tako, suvremena oprema spomenuta kroz ovaj rad, koja olakšava prikupljanje potrebnih podataka ne postoji niti se ulaže u istu. Zbog toga se odgovarajuća poboljšanja u sustavu ne mogu efikasno provesti zbog nedovoljnog poznavanja sustava i točnih problema u istome. Prometni, kao i svaki drugi tehnički sustav potrebno je proučavati kroz konkretne veličine koje definiraju iznos međuovisnosti raznih elemenata sustava, te isti opisuju. S neodgovarajućim pristupom prometnim problemima vidljivih u javnom prijevozu hrvatskih gradova, kao posljedicom nestručnosti odgovornog osoblja, te bez potrebnih znanja o tome koje je veličine sustava potrebno poznavati, temeljni problemi u našim sustavima JGP-a ne mogu se riješiti na odgovarajući način što rezultira padom usluge, interesa i popularnosti JGP-a, odnosno rastom troškova, nesigurnosti, neekonomičnosti i drugim negativnim posljedicama.

Utvrđeno kroz primjer istraživanja sustava JGP-a u gradu Rijeci su ponegdje prevelike gustoće putnika u vozilima gradskih linija zbog nedovoljno raspoloživog voznog parka uslijed problema s održavanjem vozila i lošeg stanja prometnica te servisa autobusa. Iz tih razloga sustavom je potrebno bolje nadgledanje i upravljanje kako bi se razvoj i nabava resursa kretali u odgovarajućem smjeru prema rješenju navedenih problema. Takva buduća potrebna poboljšanja u sustavu JGP-a grada Rijeke u segmentu praćenja i analize stanja prometa odnose se na ciljeve poput uvođenja baze podataka s jednoobraznim i pravilnim nazivljem stajališta, GPS sustava upravljanja i nadzora

prometom u sva vozila i planskim nadzorom nad svim vitalnim veličinima koji utjeučz na organizaciju i efikasnost sustava JGP-a. Navedena poboljšanja nije moguće provesti bez primjene razrađenih metodologija poputr načina i vremena brojenja putnika (bilo da se radi o ručnom brojanju, IR tehnologiji i slično) te mjerenja dinamičkih procesa u prometnom sustavu.

LITERATURA

[1] Nikola Runjevac: Intis Smartpas, Brojanje putnika – hardware, INTIS, Zagreb, 2013.

[2] D. Brčić, M. Slavulj, D. Šojat, The capability of applying GPS data loggers in the urban public transport, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2014.

[3] Gordana Štefančić, Tehnologija gradskog prometa 1, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2008.

[4] Gordana Štefančić, Tehnologija gradskog prometa 2, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2008.

[5] Dino Šojat, Analiza prioriteta podsustava tramvajskog prijevoza u Gradu Zagrebu (diplomski rad), Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2012.

POPIS SLIKA

Slika 1. Brojački obrazac ZET-a, raspored brojitelja putnika po smjenama. 10

Slika 2. Brojački obrazac ZET-a, tablica za unos podataka o ulazu, izlazu i protoku putnika na liniji. 10

Slika 3. Shematski prikaz umreženih brojača putnika kakvi su ugrađeni u vozilo TMK2200. 11

Slika 4. Prikaz dobivenih rezultata izmjerenih frekvencija svih linija po dionicama trase pri redovitom prometu. 13

Slika 5. IR senzor, služi za registraciju ulaska i izlaska. 18

Slika 6. Visinsko polje obuhvata senzora registriranog objekta. 18

Slika 7. Smještaj senzora u odnosu na širinu i oblik ulaza u vozilo. 19

Slika 8. Centralna jedinica napajanja i obrade podataka. 20

Slika 9. Spajanje senzora u sustav pomoću Ethernet i CAN sučelja. 20

Slika 10. Primjer ispunjenog obrasca za mjerenje vremena obrta na liniji 12. 23

Slika 11. GPS lokator kakav se postavlja u vozilo. 24

Slika 12. Primjer pozicioniranja GPS lokatora u kabini tramvaja TMK2200. 25

Slika 13. Odstupanje (plavo) od točne trase unutar centra grada (Jurišićeva ulica, Zagreb). 26

Slika 14. Odstupanje (plavo) od točne trase izvan centra grada (Horvaćanska ulica, Zagreb). 26

Slika 15. Prikaz raspršenja rezultata (prije obrade) za prigradsku liniju 10 u Rijeci. 33

Slika 16. Sloj sa realnim koordinatama stajališta i pripadajućim nazivom (crveno) te ostale 34

Slika 17. Prikaz stajališta nakon obrade, gdje su sva pridružena jedinstvenoj koordinati 35

Slika 18. Primjer akreditacija za brojenje putnika (lijevo) i mjerenje vremena obrta (desno). 36

Slika 19. Validator za poništavanje beskontaknih karata. 37

Slika 20. Tipičan graf izmjene putnika dijametralne linije JGP-a. 39

Slika 21. [3]Prikaz izravne i neizravne izmjene putnika tijekom poluobrta 40

POPIS TABLICA

Tablica 1. Ovisnost tipa i opterećenja linije te vrste vozila u odnosu na preporučeni broj osoblja za mjerenje za metodologije brojenja putnika u autobusima, trolejbusima i tramvajima. 31

Tablica 2. Ovisnost opterećenja linije, vrste vozila i veličine terminala u odnosu na preporučeni broj osoblja za metodologije brojenja putnika na željeznici, u plovilima i na terminalima.....32

Tablica 3. Iznosi brzina u smjeru Kampusa i Torpeda.....51

Tablica 4. Iznosi pojedinih, te postotni udjeli vremena za obrt linije 8 iz primjera. 52

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Primjer stepenastog grafa izmjene putnika. 47

Grafikon 2. Primjer grafa sa stupcima za prikaz veličine i odnosa brzine vožnje i putovanja. 48

Grafikon 3. Prikaz omjera i vrijednosti raznih vremena koje tvore vrijeme poluobrta za jedan polazak autobusne linije ZET-a 169. 48

Grafikon 5. Pupunjenost vozila na obrtu linije 8 iz primjera. 51

Grafikon 6. Grafički prikaz brzina iz tablice 3. 51

Grafikon 7. Postotni udio vremena vožnje, zadržavanja na stajalištima i čekanja na terminalima za poluobrt u smjeru Kampusa. 52

Grafikon 8. Postotni udio vremena vožnje, zadržavanja na stajalištima i čekanja na terminalima. 52