

Analiza tramvajske linije 17 Prečko - Borongaj u Gradu Zagrebu

Blažević, Luka

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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:119:743823>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-18**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Luka Blažević

Analiza tramvajske linije 17 Prečko - Borongaj u Gradu Zagrebu

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, rujan 2020.

Zagreb, 31. ožujka 2020.

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

ZAVRŠNI ZADATAK br. 5604

Pristupnik: **Luka Blažević (0135247438)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Gradski promet**

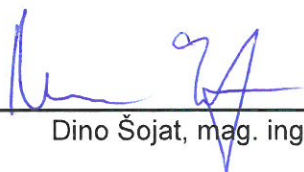
Zadatak: **Analiza tramvajske linije 17 Prečko - Borongaj u Gradu Zagrebu**

Opis zadatka:

U završnom radu potrebno je analizirati navedenu liniju javnog gradskog prijevoza putnika prometno-tehnološki, tako da se obuhvati sljedeće: položaj linije u urbanom prostoru, statički i dinamički elementi linije, putnički tokovi, iskorištenost ponuđenog kapaciteta, brzine putovanja i vremena putovanja u usporedbi s voznim redom za karakteristična opterećenja tokom dana, te donijeti zaključke o učinkovitosti prijevoznog procesa na liniji.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:



Dino Šojat, mag. ing. traff.

ZAVRŠNI RAD

Analiza tramvajske linije 17 Prečko – Borongaj u Gradu Zagrebu

Analyzing Tram Line 17 Prečko – Borongaj in the City of Zagreb

Mentor: Dino Šojat, mag. ing. traff.

Student: Luka Blažević, 0135247438

Zagreb, rujan 2020.

NASLOV

Analiza tramvajske linije 17 Prečko – Borongaj u Gradu Zagrebu

SAŽETAK

Ovaj rad se temelji na analizi tramvajske linije 17 u Zagrebu. Glavne karakteristike linije su opisane u radu. Neodrživa mobilnost je problem u Zagrebu zbog velikog broja osobnih automobila na cesti što rezultira niskom brzinom prijevoza i zagušenjima. Cilj rada je prikupljanjem podataka o izmjeni putnika i popunjenosti vozila utvrditi iskorištenost ponuđenog kapaciteta linije te dati uvid u stanje brzina i vremena u prijevoznom procesu linije koristeći formule, grafikone i tablice izrađene temeljem stvarnih podataka kako bi se poboljšala učinkovitost javnog gradskog prijevoza Grada Zagreba.

KLJUČNE RIJEČI

brojenje putnika, dinamički elementi, javni gradski prijevoz, statički elementi, tramvajska linija

TITLE

Analyzing Tram Line 17 Prečko – Borongaj in the City of Zagreb

ABSTRACT

This paper is based on the analysis of tram Line 17 in the City of Zagreb. The main characteristics of the line are described in the thesis. Unsustainable mobility is a problem in Zagreb due to large number of private cars on roads resulting in low travel speeds and congestion. The goal of this paper is to determine the utilization of the offered capacity and provide an insight into speeds and travel times on the line using formulas, diagrams and tables, based on the collected data, and to improve efficiency of public transportation in the City of Zagreb.

KEYWORDS

dynamic elements, passenger count, public transport, static elements, tram line

SADRŽAJ

1 UVOD	1
2 JAVNI GRADSKI PRIJEVOZ GRADA ZAGREBA	2
3 PROSTORNI OBUHVAT LINIJE	6
4 STATIČKI ELEMENTI LINIJE	10
4.1 Terminali	10
4.2 Stajališta.....	11
4.3 Razmaci	11
5 DINAMIČKI ELEMENTI LINIJE	13
5.1 Broj vozila na liniji	13
5.2 Vrijeme obrta.....	13
5.3 Interval.....	14
5.4 Frekvencija	15
6 BROJENJE PUTNIKA NA LINIJI.....	16
6.1 Metodologija prikupljanja i obrade podataka	16
6.2 Rezultati brojenja putnika.....	17
7 KARAKTERISTIKE PUTNIČKIH TOKOVA	21
7.1 Popunjenost vozila.....	21
7.2 Vremena u prijevoznom procesu	24
7.3 Brzine linije	27
7.4 Protok putnika.....	28
8 ZAKLJUČAK	31
LITERATURA.....	32
POPIS SLIKA I TABLICA.....	34

1 UVOD

Tramvajski promet je dio javnog gradskog prijevoza. Dostupan je svim građanima pod jednakim uvjetima i djeluje po unaprijed određenom voznom redu i trasama. Gradski prijevoz se suočava sa raznim problemima od kojih je najizraženija zagušenost. Cilj gradskog prijevoza je zadovoljavanje potrebe za kretanjem velikog broja korisnika. Mobilnost u gradu Zagrebu nije održiva zato što je javni gradski prijevoz nedovoljno atraktivan zbog toga što su brzine putovanja nedovoljno visoke i česta su zagušenja u vršnom periodu, čemu doprinosi veliki broj osobnih automobila koji svakodnevno koristi cestovne prometnice u Zagrebu.

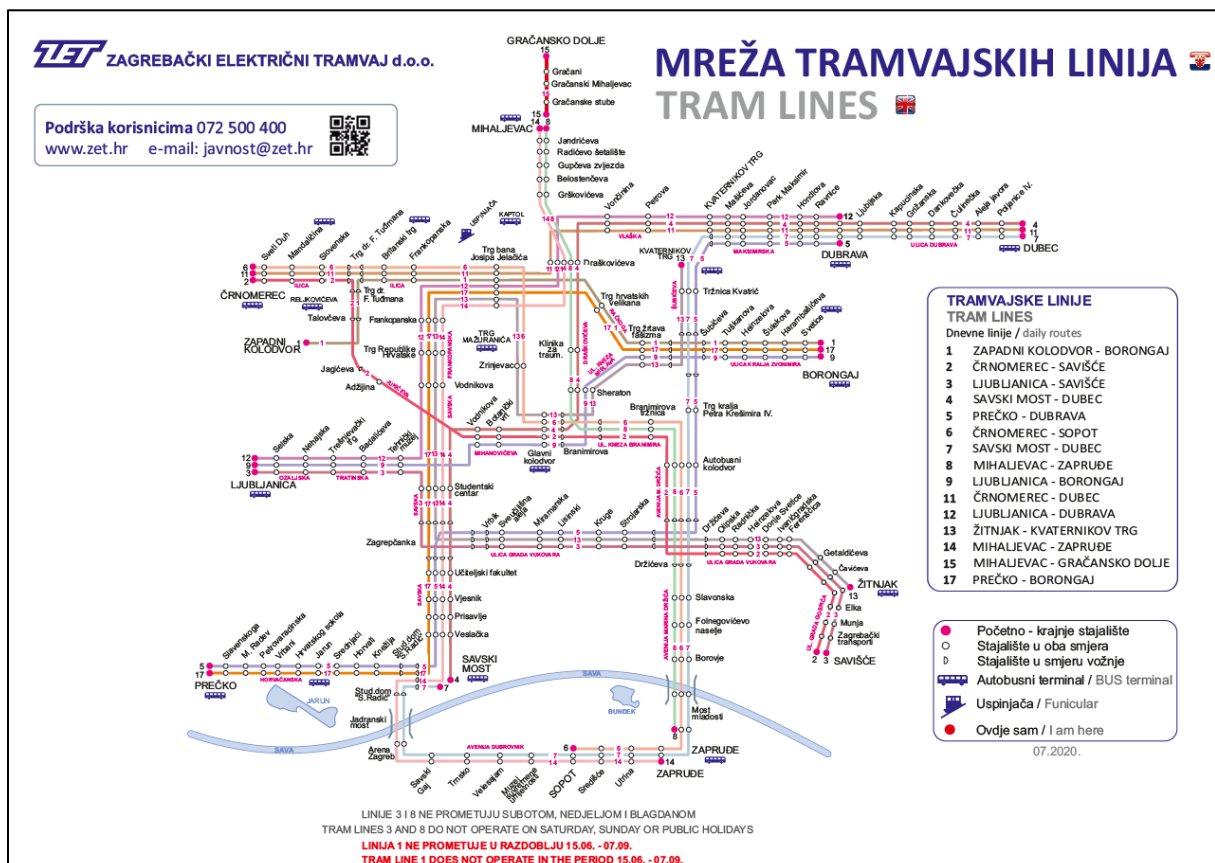
Tema ovog rada je analiza tramvajske linije 17 Prečko – Borongaj u Zagrebu. Cilj rada je izvršiti sveobuhvatnu analizu prijevoznog procesa na liniji i njezinom okruženju. Svrha rada je poboljšanje učinkovitosti javnog gradskog prijevoza grada Zagreba na temelju prijedloga poboljšanja tramvajske linije 17 Prečko – Borongaj.

Rad je podijeljen u osam poglavlja. Nakon uvoda, u drugom poglavlju opisana je organizacija javnog gradskog prijevoza Grada Zagreba. Treće poglavlje opisuje prostorni obuhvat linije i navodi njezine segmente. U četvrtom poglavlju su opisani statički elementi linije, a u petom dinamički elementi linije. Šesto poglavlje opisuje način prikupljanja i obrade podataka te iznosi rezultate brojenja putnika. Karakteristike putničkih tokova kao što su popunjenost vozila, vremena u prijevoznom procesu, brzine linije i protok putnika su obrađene u sedmom poglavlju. U zadnjem poglavlju je iznesen zaključak.

2 JAVNI GRADSKI PRIJEVOZ GRADA ZAGREBA

Tramvajske i autobusne mreže, taksiji i prigradski vlakovi čine javni gradski prijevoz grada Zagreba. Najveći dio javnog prijevoza obavlja Zagrebački električni tramvaj (ZET) koji je trgovačko društvo u vlasništvu Grada Zagreba i podružnica trgovačkog društva Zagrebački Holding. Grad Zagreb financira ZET sa 70% financijskih prihoda. ZET nudi javni gradski prijevoz u Gradu Zagrebu te dijelom na području Zagrebačke županije.

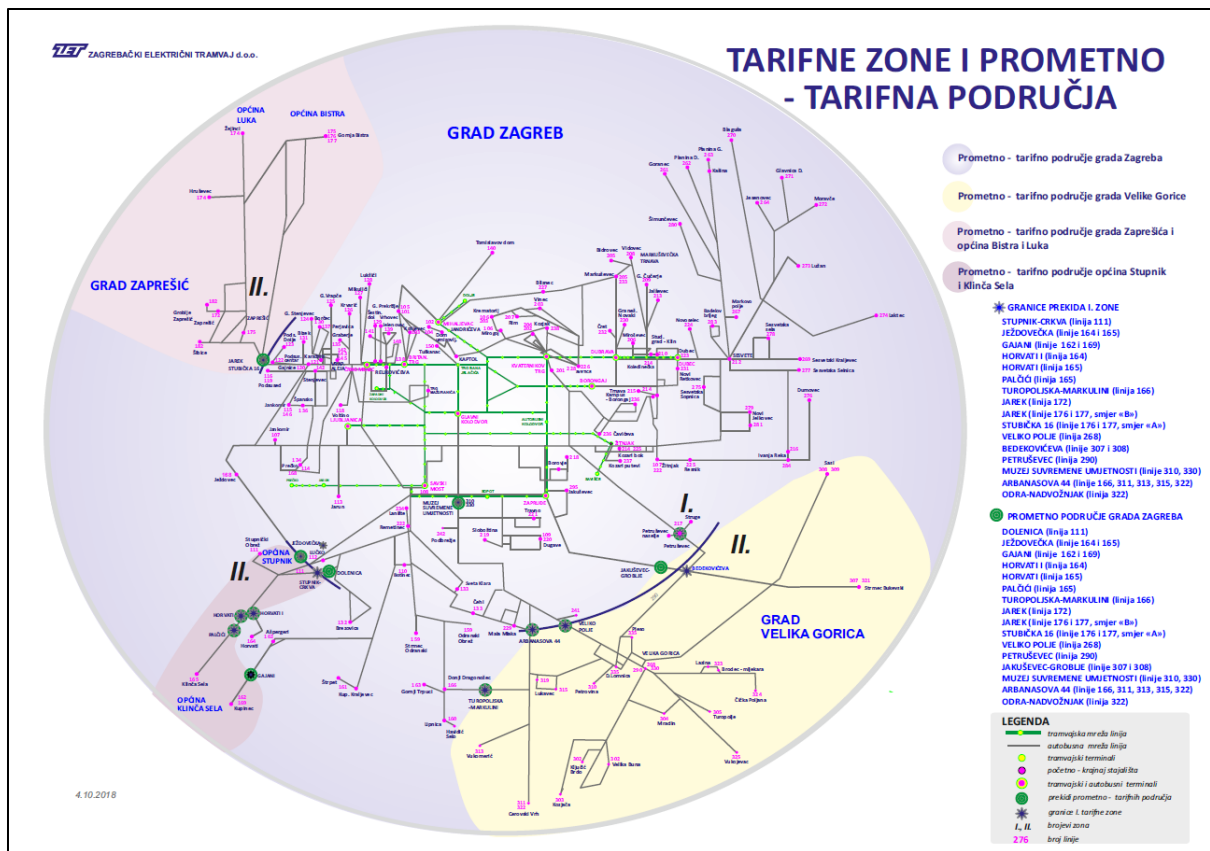
Vozni park ZET-a se sastoji od 438 autobusa, 277 tramvaja, od čega su 142 niskopodna, 29 vozila za prijevoz osoba s invaliditetom i djece s poteškoćama u razvoju, autobusa za prijevoz djece, uspinjače, turističkog tramvaja, turističkog panoramskog autobusa, turističkog vlakića i turističkih elektro vozila [1].



Slika 1. Mreža tramvajskih linija. Izvor: [2]

Mreža tramvajskih linija (Slika 1) se sastoji od 15 dnevnih i 4 noćne linije. Duljina tramvajske mreže je 116 km. Širina kolosijeka iznosi 1000 mm. U Zagrebu se godišnje preveze više od 200 milijuna putnika [3].

Autobusna mreža se sastoji od 146 dnevnih i 4 noćne linije. Podijeljena je u dvije zone (Slika 2). Grad Zagreb je prva zona, a druga zona se sastoji od općina Klinča Sela, Stupnik, Bistra i Luka te gradova Velika Gorica i Zaprešić [4].



Slika 2. Zone autobusne mreže. Izvor: [5]

Putnici javni gradski prijevoz u Zagrebu mogu platiti na nekoliko načina: kupnjom pojedinačne papirne karte, vrijednosne karte te plaćanjem mjesečnog ili godišnjeg pretplatnog kupona. Korisnici mogu kupiti papirne karte na prodajnim mjestima ZET-a, odabranim kioscima i vozilima. Vrijednosne karte te mjesečni i godišnji kuponi se mogu kupiti na prethodno navedenim mjestima uz iznimku kupovine u vozilu gdje to nije moguće.

Plaćanje vožnje vrijednosnom kartom funkcionira tako da putnik na nekom od prodajnih mjesta uplati određeni iznos koji mu se dodaje na vrijednosnu kartu kojom nakon uplate plaća vožnju prislanjanjem na aparat za poništavanje karata (Slika 3) u vozilu.

Mjesečni i godišnji pretplatni kuponi se nakon kupnje na nekom od prodajnih mjesta moraju potvrditi pri svakom ulasku u vozilo na aparatu za poništavanje karata. Cijene mjesečnih i godišnjih pretplatnih kupona se razlikuju prema profilu korisnika pa tako postoje posebne tarife za osnovnoškolce, srednjoškolce, studente, umirovljenike i korisnike slabijih financijskih

možnosti. Opći mjesečni pretplatni kupon košta 360 kuna, osnovnoškolski 90 kuna, a srednjoškolski, studentski, umirovljenički i socijalni 100 kuna. Godišnji pretplatni kupon košta 3480 kuna, osnovnoškolski 870 kuna dok srednjoškolski, studentski i umirovljenički koštaju 960 kuna. Socijalni godišnji pretplatni kupon nije u ponudi ZET-a [6].



Slika 3. Aparat za poništavanje karata. Izvor: [7]

Postoji nekoliko vrsta pojedinačnih papirnatih karata. Tablica 1 prikazuje sve vrste karata (u zagradama se nalaze cijene karata kupljenih u vozilu).

Tablica 1. Vrste i cijene pojedinačnih karata. Izvor: [6]

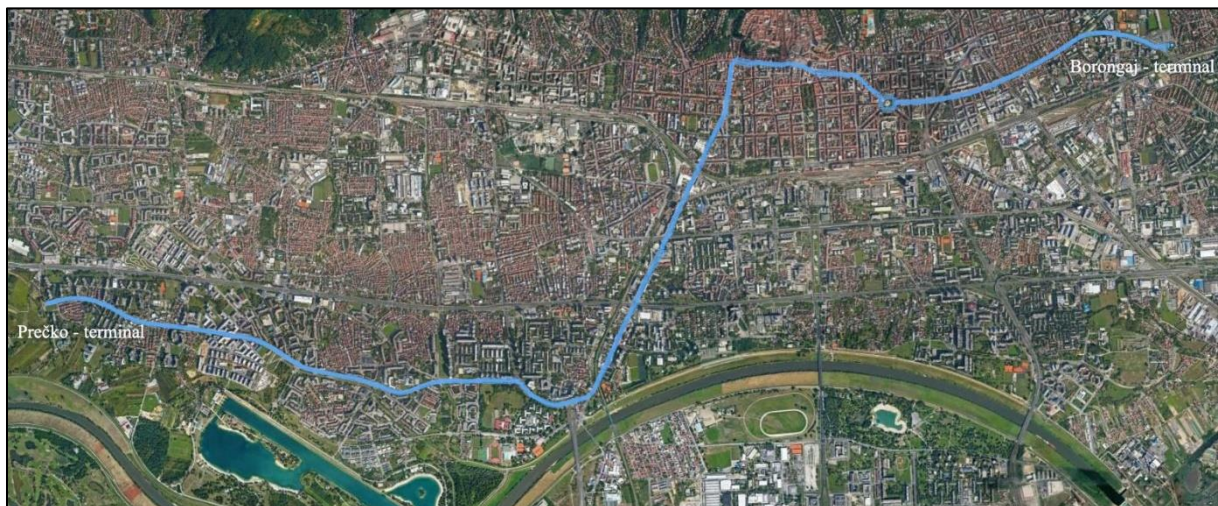
vrsta	cijena
Pojedinačne karte valjanosti 90 minuta	10 (15) kuna
Pojedinačne karte valjanosti 60 minuta	7 (10) kuna
Pojedinačne karte valjanosti 30 minuta	4 (6) kuna
Pojedinačne karte u noćnom prometu	15 kuna
Karta za uspinjaču - jednosmjerna	5 kuna
Dnevna karta	30 kuna
Karta valjanosti 3 dana	70 kuna
Karta valjanosti 7 dana	150 kuna
Karta valjanosti 15 dana	200 kuna
Karta valjanosti 30 dana	400 kuna

Izdvojenost iz ulične mreže je problem javnog gradskog putničkog prijevoza. 54 posto tramvajske mreže je odvojeno od ostalog prometa, ali se na prometnicama u centru grada

situacija drastično mijenja. U centru grada u vršnim periodima nastaju velike gužve zbog utjecaja ostalog prometa. Potrebna je obnova tramvajske infrastrukture. Glavni problemi javnog gradskog prijevoza u Zagrebu su: zastarjela tehnologija, energetska nepouzdan sistem, stara oprema i instalacije i nemogućnost optimalnog korištenja povrata električne energije u mrežu. Zbog neulaganja u infrastrukturu je došlo do smanjenja broja korisnika i komercijalne brzine sustava javnog prijevoza [8].

3 PROSTORNI OBUHVAT LINIJE

Polazište tramvajske linije 17 je terminal Borongaj, na kojemu se obavlja izmjena putnika, a odredište je terminal Prečko na kojemu se putnici ne izmjenjuju. Nakon ukrcaja putnika na Borongaju, linija se nastavlja u Ulici Divka Budaka, pa preko Trga Johna F. Kennedyja dolazi do Ulice kralja Zvonimira. Prometuje Ulicom kralja Zvonimirova do Trga žrtava fašizma gdje skreće u Ulicu Franje Račkog te vožnjom kroz Jurišićevu ulicu dolazi do Trga bana Josipa Jelačića. S Trga bana Josipa Jelačića linija se nastavlja u Ilici, u kojoj skreće u Frankopansku ulicu. Frankopanskom ulicom linija dolazi do Trga Republike Hrvatske te se od tamo nastavlja Savskom cestom do skretanja u Selsku cestu, odakle linija skreće na Horvaćansku cestu koja se nastavlja na Ulicu Ivana Matetića Ronjgova koja vodi liniju do okretišta Prečko. Tramvajski promet je fizički odvojen zelenim pojasom u Ulici kralja Zvonimira te na Horvaćanskoj cesti. Slika 4 prikazuje trasu linije.



Slika 4. Trasa linije. Izvor: autor

Linija obuhvaća gradske četvrti:

- Maksimir;
- Donji Grad;
- Trešnjevka – sjever;
- Trešnjevka – jug.

Veći dio putovanja se odvija Ulicom kralja Zvonimira, Savskom cestom i Horvaćanskom cestom pa se navedene ulice smatraju glavnim koridorima linije. Linija 17 je u interakciji sa 9 od preostalih 14 dnevnih linija, a to su:

- linija 1 (Zapadni kolodvor – Borongaj) – prometuju zajedno od terminala Borongaj do križanja Ilice i Frankopanske ulice;
- linija 4 (Savski most – Dubec) – prometuju zajedno od raskrižja Vodnikove ulice i Savske ceste do skretanja linije 17 u Selsku cestu, a nastavljanja vožnje linije 4 do terminala Savski most;
- linija 5 (Prečko – Dubrava) – u interakciji su od raskrižja Ulice grada Vukovara i Savske ceste do terminala Prečko;
- linija 6 (Črnomerec – Sopot) – prometuju zajedno od Trga bana Josipa Jelačića do raskrižja Ilice i Frankopanske ulice gdje linija 6 nastavlja vožnju Ilicom prema Britanskom trgu;
- linija 9 (Ljubljana – Borongaj) – u interakciji su od terminala Borongaj do Trga žrtava fašizma gdje se razdvajaju;
- linija 11 (Črnomerec – Dubec) – u interakciji su od Jurišićeve ulice do raskrižja Ilice i Frankopanske ulice gdje se razdvajaju;
- linija 12 (Ljubljana – Dubrava) – prometuju zajedno od Jurišićeve ulice do raskrižja Savske ceste i Tratinske ulice gdje linija 12 skreće u Tratinsku ulicu;
- linija 13 (Žitnjak – Kvaternikov trg) – prometuju zajedno od Šubićeve ulice do Trga žrtava fašizma te ponovno od Trga bana Josipa Jelačića do raskrižja Savske ceste i Ulice grada Vukovara;
- linija 14 (Mihaljevac – Zaprude) – u interakciji su od Jurišićeve ulice do stajališta Studentski dom Stjepan Radić na Selskoj cesti nakon koje se razdvajaju.

Tablica 2 i Tablica 3 prikazuju stajališta na liniji, duljinu između stajališta te kumulativnu duljinu.

Tablica 2. Segmenti na liniji Prečko – Borongaj. Izvor: autor

indeks segmenta	završno stajalište	naziv stajališta	duljina u kilometrima	kumulativno u kilometrima
017-1prebor-01	precko-075	Prečko	0.1	0.1
017-1prebor-02	slaven-117	Slavenskog	0.4	0.6
017-1prebor-03	mradev-115	M. Radev	0.3	0.9
017-1prebor-04	petvar-097	Petrovaradinska	0.4	1.2
017-1prebor-05	vr bani-099	Vrbani	0.6	1.8
017-1prebor-06	hrvsok-122	Hrvatskog sokola	0.5	2.4
017-1prebor-07	jarunn-291	Jarun	0.7	3.1
017-1prebor-08	srednj-085	Srednjaci	0.6	3.7
017-1prebor-09	horvat-090	Horvati	0.4	4.1
017-1prebor-10	knezij-091	Knežija	0.2	4.3
017-1prebor-11	stdosr-073	St. dom S. Radić	0.5	4.8

indeks segmenta	završno stajalište	naziv stajališta	duljina u kilometrima	kumulativno u kilometrima
017-1prebor-12	veslac-026	Veslačka	0.5	5.3
017-1prebor-13	prisav-025	Prisavlje	0.3	5.6
017-1prebor-14	vjesni-027	Vjesnik	0.4	6.0
017-1prebor-15	ucifak-025	Učiteljski fakultet	0.3	6.4
017-1prebor-16	zagrep-025	Zagrepčanka	0.3	6.7
017-1prebor-17	stucen-026	Studentski centar	0.3	7.0
017-1prebor-18	vodnik-025	Vodnikova	0.4	7.4
017-1prebor-19	trrehr-025	Trg Republike Hrvatske	0.3	7.8
017-1prebor-20	franko-008	Frankopanska	0.4	8.2
017-1prebor-21	trbajj-103	Trg bana J. Jelačića	0.7	8.9
017-1prebor-22	trghrv-132	Trg hrvatskih velikana	0.6	9.5
017-1prebor-23	trzrfa-088	Trg žrtava fašizma	0.4	9.9
017-1prebor-24	subice-079	Šubićeva	0.6	10.4
017-1prebor-25	tuskan-072	Tuškanova	0.3	10.7
017-1prebor-26	heinzz-065	Heinzelova	0.3	11.0
017-1prebor-27	suleko-241	Šulekova	0.3	11.3
017-1prebor-28	haramb-056	Harambašićeva	0.3	11.6
017-1prebor-29	svetic-096	Svetice	0.4	12.0
017-1prebor-30	borong-123	Borongaj izlaz	0.5	12.5
017-1prebor-31	borong-301	Borongaj terminus	0.2	12.7

Tablica 3. Segmenti na liniji Borongaj – Prečko. Izvor: autor

indeks segmenta	završno stajalište	naziv stajališta	duljina u kilometrima	kumulativno u kilometrima
017-2borpre-01	svetic-278	Svetice	0.4	0.4
017-2borpre-02	haramb-240	Harambašićeva	0.4	0.8
017-2borpre-03	suleko-062	Šulekova	0.4	1.2
017-2borpre-04	heinzz-249	Heinzelova	0.5	1.6
017-2borpre-05	tuskan-252	Tuškanova	0.1	1.8
017-2borpre-06	subice-262	Šubićeva	0.4	2.2
017-2borpre-07	trzrfa-267	Trg žrtava fašizma	0.3	2.5
017-2borpre-08	trghrv-312	Trg hrvatskih velikana	0.4	2.9
017-2borpre-09	trbajj-282	Trg bana J. Jelačića	0.6	3.6
017-2borpre-10	franko-188	Frankopanska	0.7	4.2
017-2borpre-11	trrehr-188	Trg Republike Hrvatske	0.4	4.6
017-2borpre-12	vodnik-206	Vodnikova	0.4	5.0
017-2borpre-13	stucen-201	Studentski centar	0.4	5.4
017-2borpre-14	zagrep-206	Zagrepčanka	0.5	5.9
017-2borpre-15	ucifak-205	Učiteljski fakultet	0.3	6.2
017-2borpre-16	vjesni-206	Vjesnik	0.4	6.5
017-2borpre-17	prisav-205	Prisavlje	0.4	6.9
017-2borpre-18	veslac-206	Veslačka	0.2	7.1
017-2borpre-19	stdosr-253	St. dom S. Radić	0.3	7.4
017-2borpre-20	knezij-271	Knežija	0.7	8.1

indeks segmenta	završno stajalište	naziv stajališta	duljina u kilometrima	kumulativno u kilometrima
017-2borpre-21	horvat-270	Horvati	0.4	8.5
017-2borpre-22	srednj-269	Srednjaci	0.2	8.7
017-2borpre-23	jarunn-112	Jarun	0.6	9.3
017-2borpre-24	hrvsok-305	Hrvatskog sokola	0.8	10.1
017-2borpre-25	vr bani-278	Vrbani	0.6	10.7
017-2borpre-26	petvar-277	Petrovaradinska	0.6	11.3
017-2borpre-27	mradev-294	M. Radev	0.3	11.6
017-2borpre-28	slaven-290	Slavenskog	0.3	11.9
017-2borpre-29	precko-254	Prečko izlaz	0.5	12.4
017-2borpre-30	precko-347	Prečko terminus	0.4	12.8

4 STATIČKI ELEMENTI LINIJE

Statički elementi linije su oni elementi koji su određeni u planerskoj fazi mreže te ih je nemoguće mijenjati kroz duže vremensko razdoblje. Bilo kakva promjena statičkih elemenata iziskuje velike troškove. Statički elementi linije su: terminali, stajališta i razmaci.

4.1 Terminali

Terminali su krajnje točke na liniji na kojima vozila javnog gradskog prijevoza mijenjaju smjer. Terminalu se naziv dodjeljuje prema nekom značajnom odredištu ili izvorištu putničke prijevozne potražnje ili prema nazivu širega područja kojemu gravitira. Osim za promjenu smjera vozila, služe i za: kontrolu točnosti kretanja vozila u odnosu na vozni red, izravnavanje vremenskih neravnomyjnosti u kretanju vozila [9].

Oznaka terminala se određuje tako da se terminal bliži centru grada označava kao terminal A, a onaj terminal udaljeniji od centra grada kao terminal B. Prema tome kriteriju terminal A na liniji 17 je terminal Borongaj. Osim tramvajske linije 17 terminal Borongaj koriste i tramvajske linije 1 (Zapadni Kolodvor – Borongaj) i 9 (Ljublanica – Borongaj). Terminal Borongaj se, osim za tramvajski promet, koristi i kao terminal za autobusni promet. Na terminalu Borongaj svoj obrt započinju autobusne linije 231 (Borongaj – Dubec) i 269 (Borongaj – Sesevski Kraljevec). Time terminal Borongaj omogućava stanovnicima istočnog dijela Zagreba dolazak na posao, u školu i u centar grada.

Terminal B je terminal Prečko. Terminal Prečko uz liniju 17 koristi i tramvajska linija 5 (Prečko – Dubrava). Na udaljenosti od 110 metara od tramvajskog stajališta Slavenskog, udaljene 690 metara (dva tramvajska stajališta) od terminala Prečko, nalazi se autobusni terminal Prečko koji koriste autobusne linije 120 (Črnomerec – Gajnice – Prečko), 134 (Črnomerec – Prečko) i 168 (Savski most – Ježdovec – Prečko). Linija 168 omogućava stanovnicima zapadnih rubnih dijelova grada dolazak do tramvaja koji im omogućava putovanje do centra grada dok linije 120 i 134 omogućavaju brži dolazak putnika do terminala Črnomerec u usporedbi s putovanjem tramvajem.

4.2 Stajališta

Stajalište je mjesto na liniji na kojemu putnici čekaju dolazak prijevoznog sredstva u sustavu javnog gradskog prijevoza. Na stajalištima se obavlja ulazak i izlazak putnika iz vozila, a stajališta mogu imati informativni stup, nadstrešnicu i sjedala [10]. Trebala bi biti smještena blizu objekata visoke koncentracije aktivnosti tako da potencijalni korisnici javnog prijevoza mogu do njih doći pješaćenjem. To su često komercijalni centri, sveučilišta, bolnice, stadioni te zračne luke i kolodvori [11]. Postaje transfera su postaje za dvije ili više linija na kojima putnici mogu prelaziti između linija [10]. Na liniji 17 su sva stajališta postaje transfera.

U smjeru Borongaja se najviše putnika izmjenjuje na stajalištima Studentski dom Stjepan Radić, Veslačka, Učiteljski fakultet i Trg bana Josipa Jelačića zbog transfera na druge linije.

U smjeru Prečko se najviše putnika izmjenjuje na stajalištima Borongaj i Trg bana Josipa Jelačića. Kod Trga bana Josipa Jelačića se velika izmjena putnika događa zbog transfera na druge linije i dolaska putnika u centar grada, a kod stajališta Borongaj zbog transfera putnika s autobusnih linija iz istočnog dijela grada na tramvajske linije.

4.3 Razmaci

Razmaci se određuju tako da se promatra cijela linija, broj putnika i raspodjela protoka putnika. Brzina vozila na liniji ovisi o udaljenosti između stajališta. Pri donošenju odluke o broju stajališta na liniji potrebno je voditi brigu o faktorima koji smanjuju brzinu prijevoza [11]:

- kočenju pri približavanju stajalištu,
- ulasku i izlasku putnika,
- ponovnom ubrzavanju vozila do optimalne brzine vožnje.

Linije s manjim razmacima između stajališta koriste tramvaji jer se time može pokriti veće geografsko područje grada što privlači veći broj putnika. Pri tome je potrebno paziti da razmaci nisu premali kako se ne bi smanjila kvaliteta prijevoza putnika čestim zaustavljanjem vozila [4]. Tablica 4 prikazuje optimalne međustajališne udaljenosti u odnosu na brzinu prijevoznog sredstva. Pomoću nje se može zaključiti da je optimalna međustajališna udaljenost u tramvajskom prometu 250 – 550 metara.

Tablica 4. Međustajališna udaljenost u odnosu na brzinu prijevoznog sredstva. Izvor: [11]

prijevozno sredstvo	brzina u km/h	međustajališna udaljenost
Autobus, trolejbus, tramvaj	16 – 23	250 – 550 m
Podzemni tramvaj	21 – 23	600 – 1500 m
Metro	25 – 35	1000 – 1500 m
Gradska, prigradska željeznica	40 – 50	2500 – 3000 m

U smjeru Borongaj postoje tri razmaka između stajališta manja od 250 metara, a to su:

- Prečko (terminus) – Prečko – 126 metara;
- Horvati – Knežija – 249 metara;
- Borongaj (izlaz) – Borongaj (terminus) – 158 metara.

Postoji i šest razmaka većih od 550 metara, od kojih je najveći između stajališta Hrvatskog sokola i Jarun od 720 metara.

U smjeru Prečko postoje tri razmaka između stajališta manja od 250 metara, a to su:

- Heinzelova – Tuškanova – 134 metra;
- Prisavlje – Veslačka – 234 metra;
- Horvati – Srednjaci – 212 metara.

Postoji i sedam razmaka većih od 550 metara, od kojih je najveći između stajališta Jarun i Hrvatskog sokola duljine 821 metar.

Problem sa smanjenjem brzine vozila se pojavljuje u Ulici kralja Zvonimira zbog velikog broja semafora i na Savskoj cesti zbog semafora i utjecaja cestovnog na tramvajski promet. U smjeru Borongaja dolazi do zastoja pri ulasku tramvaja na Trg žrtava fašizma zbog toga što cestovna vozila i tramvaji koriste isti trak u Ulici Franje Račkog, a cestovna vozila moraju propustiti vozila u kružnom toku. Svi navedeni problemi bi se mogli riješiti odvajanjem tramvajskog prometa od ostalog prometa, ali je to nemoguće na nekim dijelovima grada zbog prostornih ograničenja.

5 DINAMIČKI ELEMENTI LINIJE

Dinamički elementi linije su povezani sa odvijanjem prijevoznog procesa na liniji, a utvrđuju se voznim redom. Osnovni dinamički elementi su: broj vozila na liniji i vrijeme obrta, a izvedeni su: interval i frekvencija.

5.1 Broj vozila na liniji

Vozilima se obavlja sav prijevoz putnika na liniji. Tok vozila u gradovima je diskontinuiran zbog uvjeta prometovanja te ga je teško matematički odrediti. Broj vozila se računa s prosječnim vrijednostima osnovnih parametara [11]:

- brzinom,
- gustoćom,
- protokom.

5.2 Vrijeme obrta

Vrijeme obrta je vrijeme koje potrebno da vozilo napravi jedan obrt. Vrijeme obrta se sastoji od [11]:

- vremena vožnje (t_v),
- vremena čekanja na stajalištima na ulazak i izlazak putnika ($t_{\check{c}ui}$),
- vremena provedenog na terminalima (t_t).

Pomoću formule može se prikazati na sljedeći način:

$$T_o = \Sigma t_v + \Sigma t_{\check{c}ui} + \Sigma t_t \quad (1)$$

Vrijeme obrta se izražava u minutama pomoću brzine obrta iz formule [11]:

$$T_o = \frac{2L}{V_o} \quad (2)$$

U navedenoj formuli oznake su sljedeće:

- T_0 – vrijeme obrta,
- L – duljina linije,
- V_0 – brzina obrta.

Vrijeme obrta u jutarnjem vršnom periodu je iznosilo 1 sat i 5 minuta u smjeru terminala Borongaj, a u smjeru terminala Prečko 59 minuta i 38 sekundi. U popodnevnom vršnom periodu u smjeru terminala Prečko je vrijeme obrta iznosilo 59 minuta i 49 sekundi, a u smjeru terminala Borongaj 58 minuta i 29 sekundi.

5.3 Interval

Interval ili slijed je vremenski razmak između dva uzastopna vozila na liniji. Izražava se u minutama po vozilu, a izračunava se kao odnos vremena obrta i broja vozila na radu pomoću formule [11]:

$$i = \frac{T_0}{N} \quad (3)$$

Interval ne bi smio biti manji od jedne minute po vozilu zbog zasićenja stajališta, a njegova maksimalna vrijednost u minutama po vozilu je vrijeme obrta u minutama u slučaju kada minimalno jedno vozilo prometuje na liniji.

Interval na liniji 17 je u jutarnjem vršnom periodu u smjeru terminala Borongaj iznosio 9 minuta i 37 sekundi za stajalište Prečko te je kroz cijeli poluobrt iznosio približno 10 minuta što je rezultiralo dovoljno čestim dolascima vozila na stajališta pa vozilo nije bilo previše napunjeno putnicima, a nije ni bilo nedovoljno popunjeno. U jutarnjem vršnom periodu u smjeru terminala Prečko interval je iznosio 7 minuta i 5 sekundi za stajalište Svetice te se kroz poluobrt smanjivao pa je iznosio približno 5 minuta zbog čega su vozila prečesto dolazila na stajališta te je zbog toga vozilo bilo nedovoljno popunjeno.

U popodnevnom vršnom periodu u smjeru terminala Prečko interval je iznosio 6 minuta i 38 sekundi za stajalište Svetice te je kroz poluobrt iznosio 5 do 7 minuta. U navedenom poluobrtu vozilo je bilo optimalno iskorišteno. U smjeru terminala Borongaj u popodnevnom vršnom opterećenju interval je iznosio 9 minuta i 54 sekunde za stajalište Prečko te je kroz poluobrt

iznosio 8 do 10 minuta. U navedenom poluobrtu je interval bio optimalno određen, ali je zbog loše koordinacije sa drugim linijama vozilo bilo nedovoljno popunjeno.

5.4 Frekvencija

Frekvencija predstavlja broj vozila koji u promatranoj jedinici vremena prođe kroz određenu točku na liniji. Izražava se u vozilima na sat (voz/h), a izračunava se kao odnos broja vozila i vremena obrta [11]:

$$f = \frac{N}{T_0} \quad (4)$$

Frekvencijom se izražava intenzitet kretanja vozila na liniji te se može izračunati i kao recipročna vrijednost intervala [11]:

$$f = \frac{1}{i} \quad (5)$$

6 BROJENJE PUTNIKA NA LINIJI

Na liniji 17 prometuju tramvaji tipa TMK 2200 sa četiri zgloba (Slika 5). Vozila imaju šest vrata, 41 sjedeće mjesto i stajaću površinu od 39 m².



Slika 5. Tramvaj tipa TMK 2200. Izvor: [12]

6.1 Metodologija prikupljanja i obrade podataka

Prikupljanje podataka je odrađeno pomoću GPS lokatora (Slika 6). Brojenje putnika je provedeno u jutarnjem i poslijepodnevnom vršnom periodu. Jutarnji vršni period je obrađen 08.11.2019. u 06:42 s početkom na terminalu Prečko u smjeru Borongaj te u suprotnom smjeru istoga dana s početkom u 07:47. Poslijepodnevni vršni period je obrađen 04.11.2019. u 15:52 s početkom na terminalu Borongaj u smjeru Prečko te u suprotnom smjeru istoga dana s početkom u 16:52.

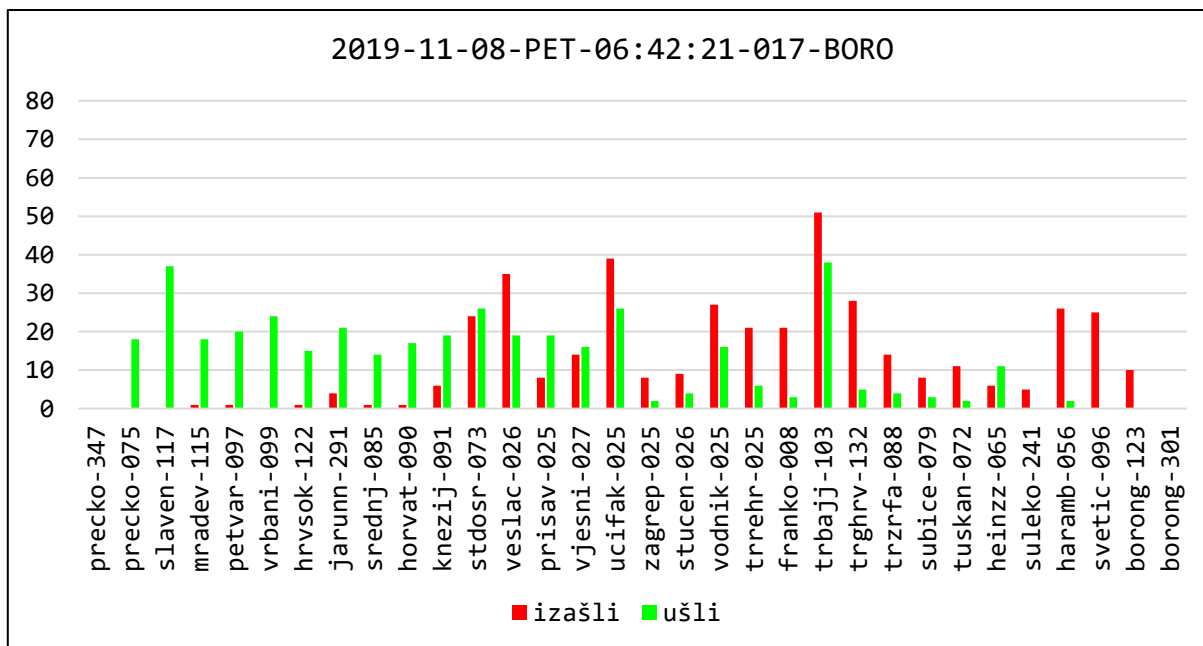
GPS lokatori su uključeni na terminalima prije ulaska u vozilo. Pomoću njih je praćena trasa i vrijeme vožnje, a tijekom vožnje u tramvaju ručno su prikupljeni podaci o broju ušlih i izašlih putnika na stajalištima. Nakon prikupljanja podataka korišten je program „CanWay“ kako bi se iz GPS lokatora izvukla datoteka sa podacima potrebnim za obradu podataka [13]. Datoteka je uvezena u program „Google Earth Pro“ koji je iscrtao točnu trasu linije [14]. Pomoću podataka iz datoteke izračunate su karakteristike vožnje na obrtima.



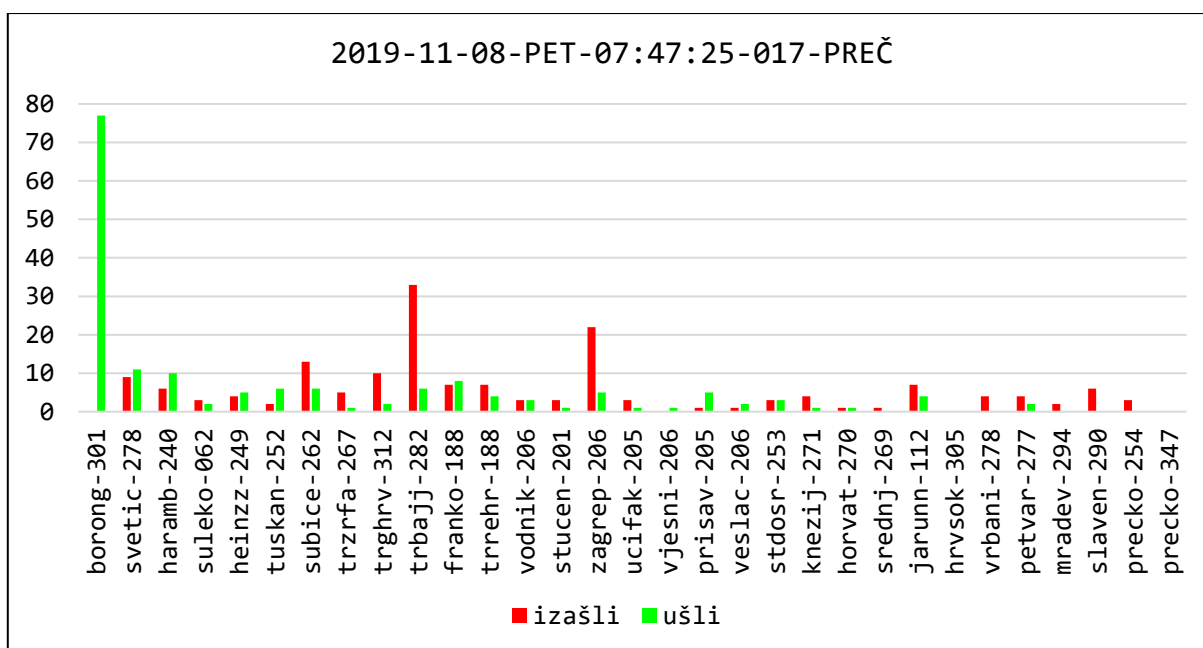
Slika 6. Korišteni GPS lokator. Izvor: [15]

6.2 Rezultati brojenja putnika

Slika 7 prikazuje rezultate brojenja putnika u jutarnjem vršnom periodu u smjeru terminala Borongaj na dan 08.11.2019. Iz slike se može zaključiti kako su prvi putnici ušli već na prvom stajalištu te su do stajališta Knežija ulazili u velikom broju uz mali broj izlazaka putnika. Na stajalištu Studentski dom Stjepan Radić primjećuje se veliki broj putnika koji je izašao iz vozila. Od stajališta Studentski dom Stjepan Radić do stajališta Učiteljski fakultet veći je broj putnika koji ulazi, osim na stajalištu Veslačka, a od stajališta Učiteljski fakultet do terminala Borongaj veći je broj putnika koji izlaze iz vozila, osim na stajalištu Heinzelova na kojoj je veći broj putnika koji ulaze u vozilo, zbog transfera putnika s autobusnih i tramvajskih linija obližnjeg terminala Kvaternikov trg.



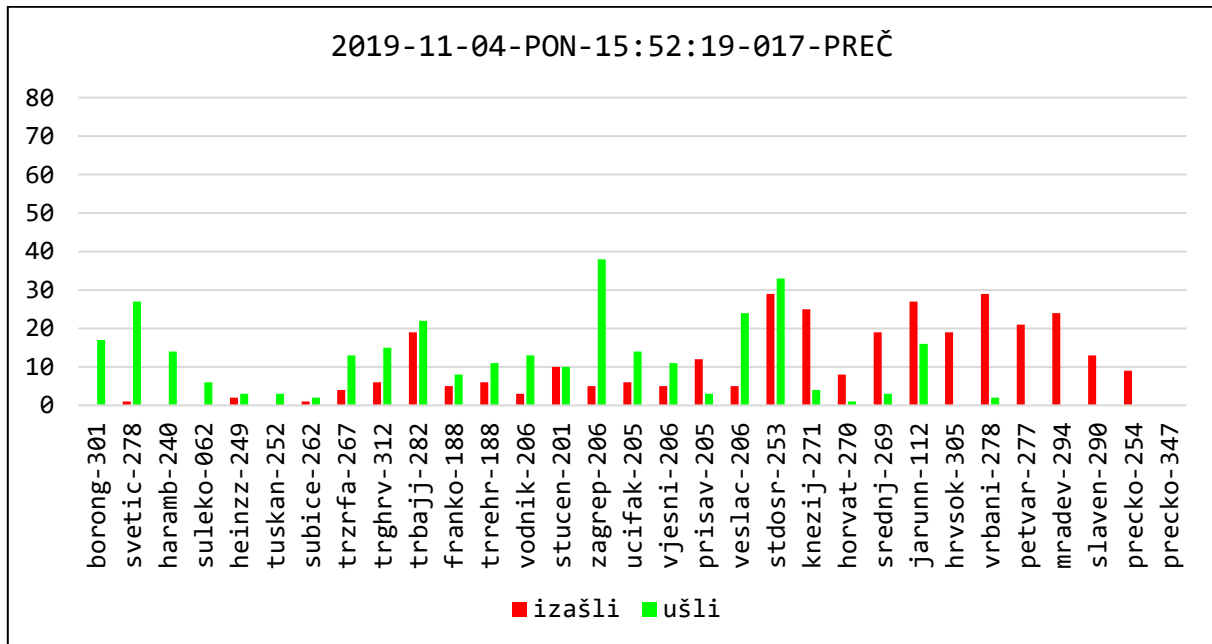
Slika 7. Izmjena putnika u jutarnjem vršnom periodu u smjeru Borongaj. Izvor: autor



Slika 8. Izmjena putnika u jutarnjem vršnom periodu u smjeru Prečko. Izvor: autor

Slika 8 prikazuje izmjenu putnika u jutarnjem vršnom periodu na isti dan kao i prethodna slika, ali u smjeru terminala Prečko. Iz slike je vidljivo da je veliki broj putnika ušao u tramvaj na terminalu Borongaj. To su većinom putnici iz istočnog dijela grada koji su stigli na terminal autobusnim linijama. Do stajališta Šubićeva putnici ravnomjerno ulaze i izlaze na stajalištima. Na stajalištu Šubićeva veći je broj putnika koji izlazi iz vozila, zbog transfera na druge tramvajske linije (5, 7 ili 13). Najveća izmjena putnika se dogodila na Trgu bana Josipa Jelačića što je očekivano s obzirom da se radi o centru grada. Na ostatku poluobrta putnici su

ravnomjerno ulazili i izlazili. Iznimka je stajalište Zagrepčanka na kojoj su putnici u većem broju izlazili, zbog transfera na druge linije. Na zadnja tri stajališta putnici nisu ulazili u vozilo.

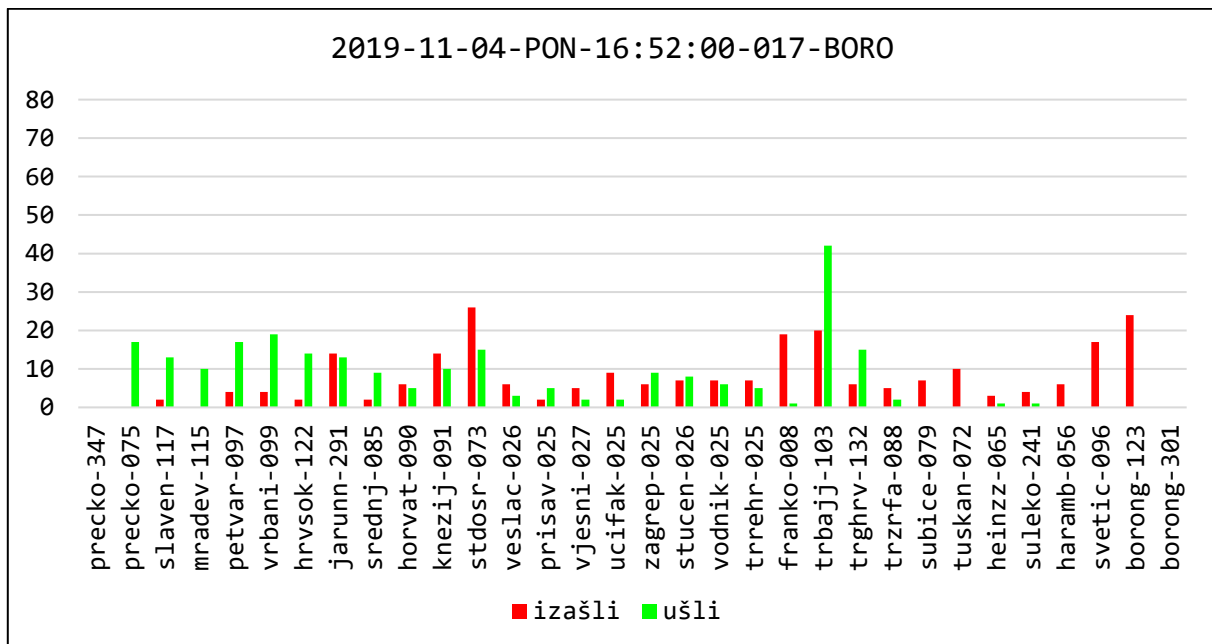


Slika 9. Izmjena putnika u poslijepodnevnom vršnom periodu u smjeru Prečko. Izvor: autor

Slika 9 prikazuje rezultate brojenja putnika u poslijepodnevnom vršnom periodu na dan 04.11.2019 u smjeru terminala Prečko. Zaključeno je kako je od terminala Borongaj do Trga hrvatskih velikana puno veći broj putnika koji ulaze u vozilo u odnosu na putnike koji izlaze. Na Trgu bana Josipa Jelačića broj ušlih i izašlih putnika je podjednak. Na stajalištu Zagrepčanka primjećuje se veliki broj putnika koji ulaze u vozilo, zbog transfera s drugih linija. Prvi veliki broj putnika koji izlaze nakon Trga bana Josipa Jelačića se primjećuje na stajalištu Studentski dom Stjepan Radić, nakon kojeg je sve do terminala Prečko veći broj putnika koji izlaze iz vozila u odnosu na one koji ulaze u vozilo.

Slika 10 prikazuje rezultate brojenja putnika u poslijepodnevnom vršnom periodu na isti dan kao i kod prethodne slike, ali u smjeru terminala Borongaj. Pomoću slike se može zaključiti kako su na prvih šest stajališta, do stajališta Hrvatskog sokola, putnici većinom ulazili. Na stajalištu Jarun je malo veći broj putnika koji je izašao iz vozila u odnosu na putnike koji su ušli u vozilo. Od stajališta Horvati do stajališta Frankopanska veći je broj putnika koji izlaze iz vozila uz tri stajališta (Prisavlje, Zagrepčanka i Studentski centar) koji su iznimke. Na Trgu bana Josipa Jelačića može se primijetiti veliki broj putnika koji ulaze u vozilo. Od Trga žrtava fašizma do terminala Borongaj veći je broj putnika koji napušta vozilo nego što ulazi u vozilo.

Veliki broj putnika se vozio do terminala Borongaj zbog transfera na autobusne linije koje ih vode do istočnog dijela grada.



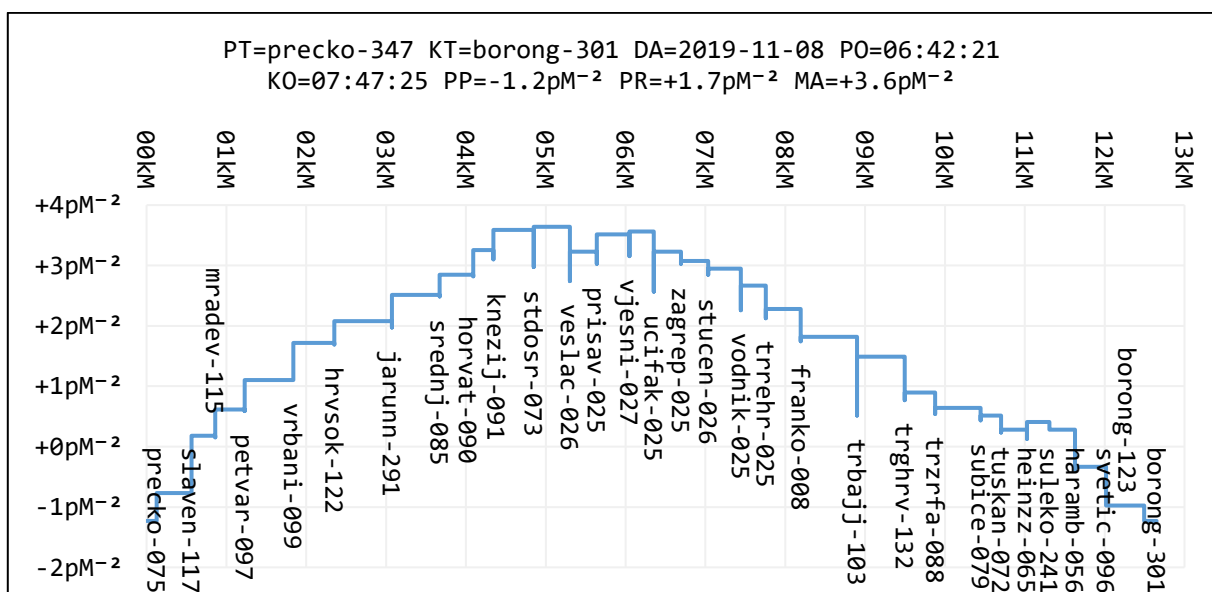
Slika 10. Izmjena putnika u poslijepodnevnom vršnom periodu u smjeru Borongaj. Izvor: autor

7 KARAKTERISTIKE PUTNIČKIH TOKOVA

U ovom poglavlju su obrađene popunjenost vozila, vremena, brzine i protok na obrađenim obrtima.

7.1 Popunjenost vozila

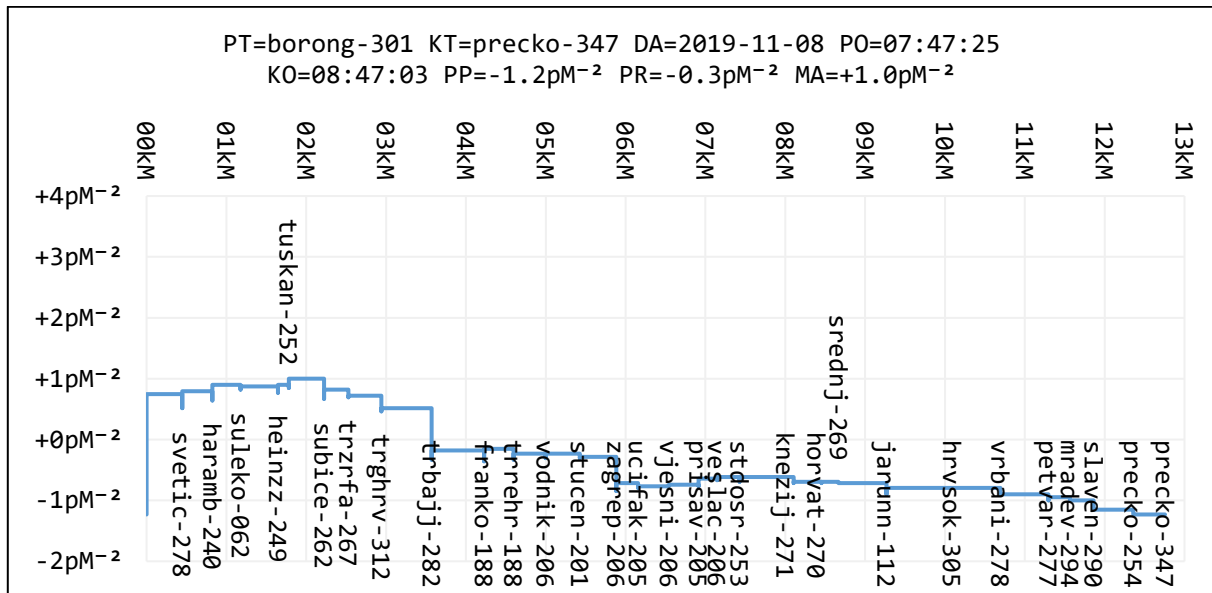
Slika 11 prikazuje popunjenost vozila u jutarnjem vršnom periodu u smjeru terminala Borongaj. Vidljivo je da se već na stajalištu Slavenskog u vozilu nalazi više putnika nego što vozilo ima sjedećih mjesta. To je moguće zaključiti zato što je popunjenost vozila iznad nula putnika po metru kvadratnom. Popunjenost vozila raste do stajališta Studentski dom Stjepan Radić nakon kojeg pada na stajalištu Veslačka, ali opet raste na stajalištima Prisavlje i Vjesnik. Od stajališta Učiteljski fakultet do terminala Borongaj popunjenost vozila pada uz iznimku stajališta Heinzelova gdje popunjenost raste u odnosu na prethodno stajalište Tuškanova. Na stajalištu Harambašićeva u vozilu je ostalo manje putnika nego što vozilo ima sjedećih mjesta.



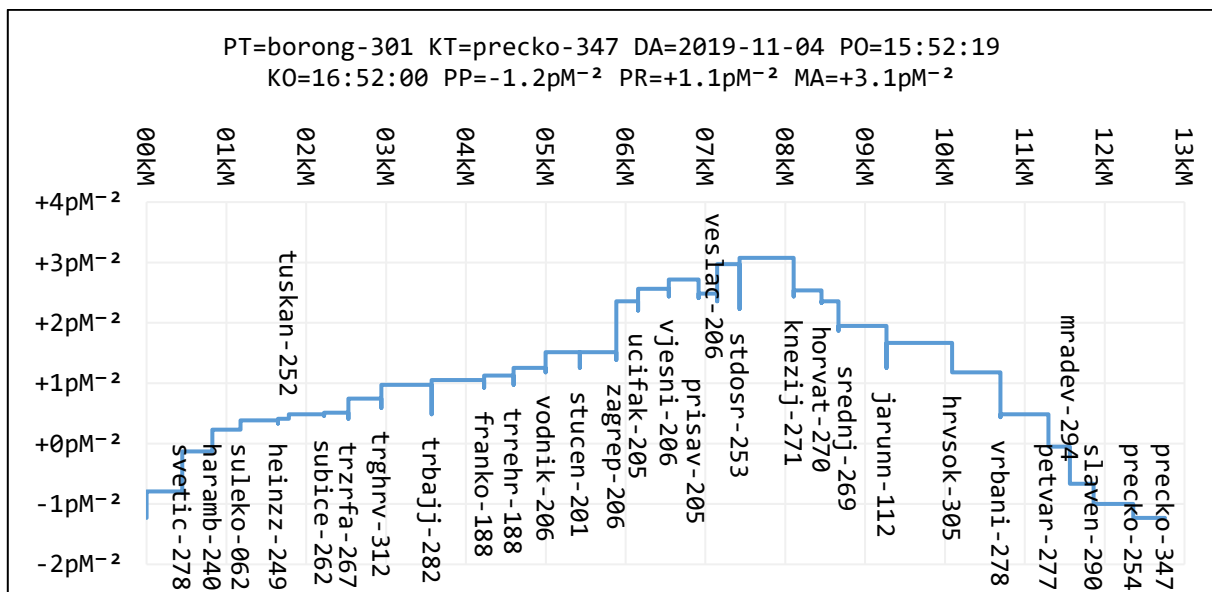
Slika 11. Popunjenost vozila u jutarnjem vršnom periodu u smjeru Borongaj. Izvor: autor

Slika 12 prikazuje popunjenost vozila u jutarnjem vršnom periodu u smjeru terminala Prečko. Vidljivo je da je već na terminalu Borongaj u vozilo ušlo više putnika nego što vozilo ima sjedećih mjesta pa je poluovert započeo sa zauzetim svim sjedećim mjestima. Popunjenost je rasla do stajališta Tuškanova, od kojega počinje padati. Na Trgu bana Josipa Jelačića izlazi veliki broj putnika, ali ulazi mali broj novih putnika pa popunjenost pada ispod nule što znači

da prvi put na poluovertu u vozilu ima slobodnih sjedećih mjesta. Na ostatku poluoverta je veći broj putnika izlazio iz vozila nego što je ulazio osim na stajalištima Frankopanska i Prisavlje.



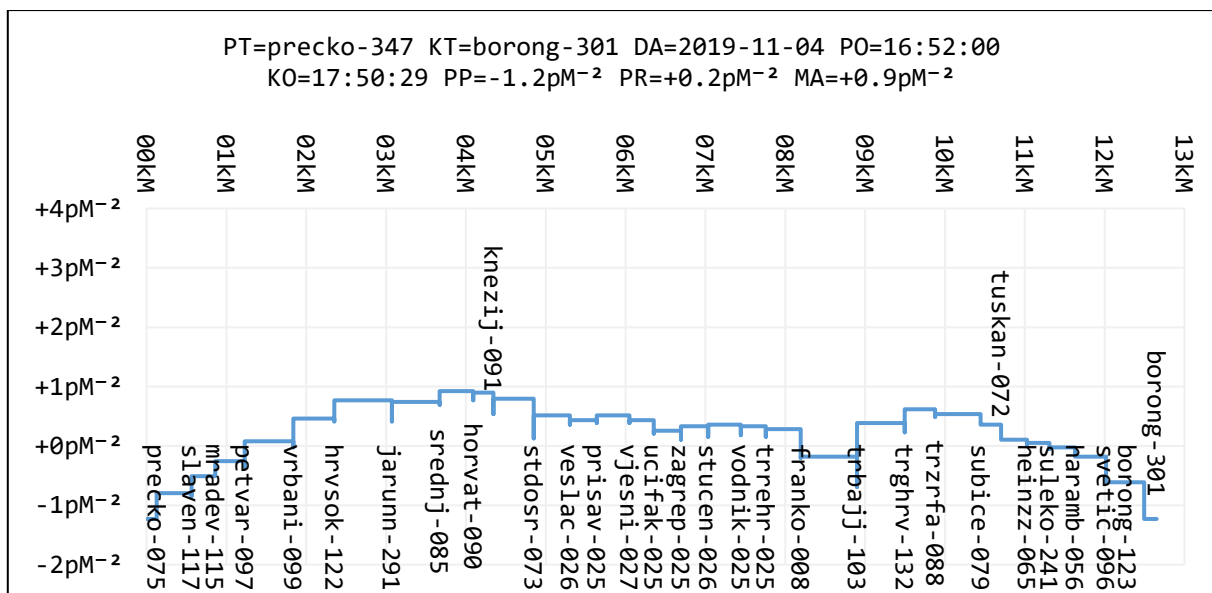
Slika 12. Popunjenost vozila u jutarnjem vršnom periodu u smjeru Prečko. Izvor: autor



Slika 13. Popunjenost vozila u poslijepodnevnom vršnom periodu u smjeru Prečko. Izvor: autor

Slika 13 prikazuje popunjenost vozila u poslijepodnevnom vršnom periodu u smjeru terminala Prečko. Prvi putnici su ušli u vozilo već na terminalu Borongaj. Popunjenost je nastavila rasti te je na stajalištu Frankopanska narasla do prosjeka poluoverta. Popunjenost je rasla sve do stajališta Knežija, na kojem je zabilježen početak pada popunjenosti vozila koji se nastavio sve do terminala Prečko. Maksimalna popunjenost poluoverta je zabilježena na stajalištu Studentski dom Stjepan Radić.

Slika 14 prikazuje popunjenost vozila u poslijepodnevnom vršnom periodu u smjeru terminala Borongaj. Prvi putnici su ušli u vozilo već na prvom stajalištu. Na stajalištu Petrovaradinska popunjenost raste iznad nule pa su zauzeta sva sjedeća mjesta u vozilu. Popunjenost nastavlja rasti do stajališta Srednjaci nakon kojega na većini stajališta nastavlja padati. Prvi veći porast popunjenosti vozila vidljiv je na stajalištu Trg bana Josipa Jelačića. Porast popunjenosti je još uočen na stajalištu Trg hrvatskih velikana nakon kojega ponovno počinje padati i pada sve do terminala Borongaj. U vozilu je bilo manje putnika nego sjedećih mjesta između stajališta Frankopanska i Trg bana Josipa Jelačića te od stajališta Harambašićeva do terminala Borongaj.



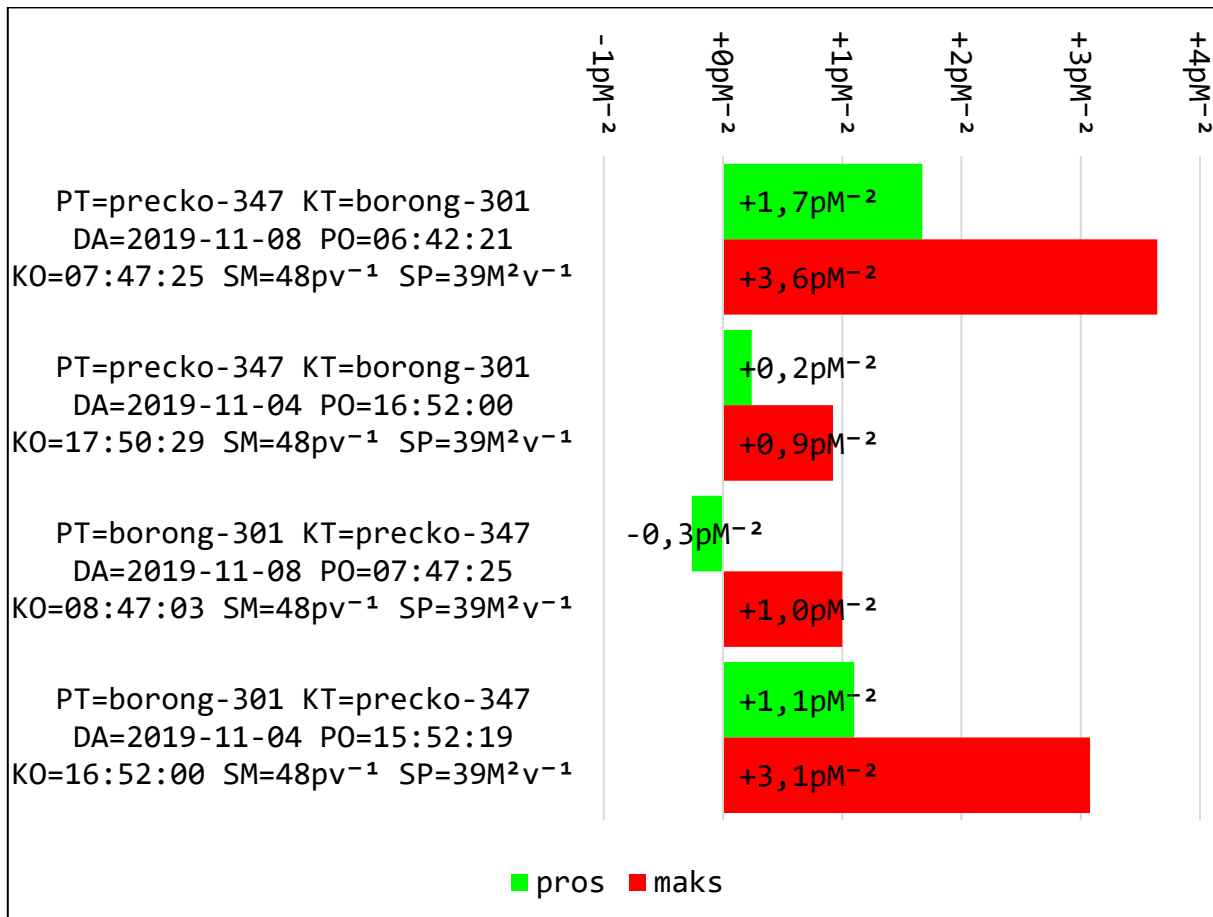
Slika 14. Popunjenost vozila u poslijepodnevnom vršnom periodu u smjeru Borongaj. Izvor: autor

Slika 15 prikazuje prosječnu i maksimalnu popunjenost vozila na obrađenim obrtima. U jutarnjem vršnom periodu u smjeru terminala Borongaj je prosječna popunjenost vozila bila 1.7 putnika po metru kvadratnom (p/m²) što znači da na poluoobrtu nije bilo previše putnika pa se veći dio vožnje odvijao bez gužve u vozilu. Maksimalna popunjenost je bila 3.6 p/m² što znači da je na jednom segmentu poluoobrtu bila gužva u vozilu.

U poslijepodnevnom vršnom periodu u smjeru terminala Borongaj vidljivo je kako je prosječna popunjenost vozila bila 0.2 p/m², a maksimalna 0.9 p/m² pa se može zaključiti kako je na navedenom poluoobrtu vožnja za putnike bila ugodna jer su imali dovoljno prostora.

Za vrijeme jutarnjeg vršnog perioda u smjeru terminala Prečko je prosječna popunjenost vozila bila -0.3 p/m² pa se može zaključiti kako je u vozilu na većem dijelu poluoobrtu bilo praznih sjedećih mjesta pa vozilo nije bilo dovoljno iskorišteno. Maksimalna popunjenost je bila 1 p/m² pa nije bilo gužve u vozilu ni na jednom segmentu poluoobrtu.

U poslijepodnevnom vršnom periodu u smjeru terminala Prečko prosječna popunjenost je bila 1.1 p/m². Prema tome može se zaključiti kako je vozilo u prosjeku bilo srednje popunjeno. Maksimalna popunjenost je bila 3.1 p/m² iz čega se može zaključiti kako je na segmentu poluobrta u vozilu bilo gužve. Vidljivo je kako se na prvom poluobrtu oba obrta prevozilo više putnika nego na drugom poluobrtu što pokazuje kako je prijevozna potražnja neravnomjerna.

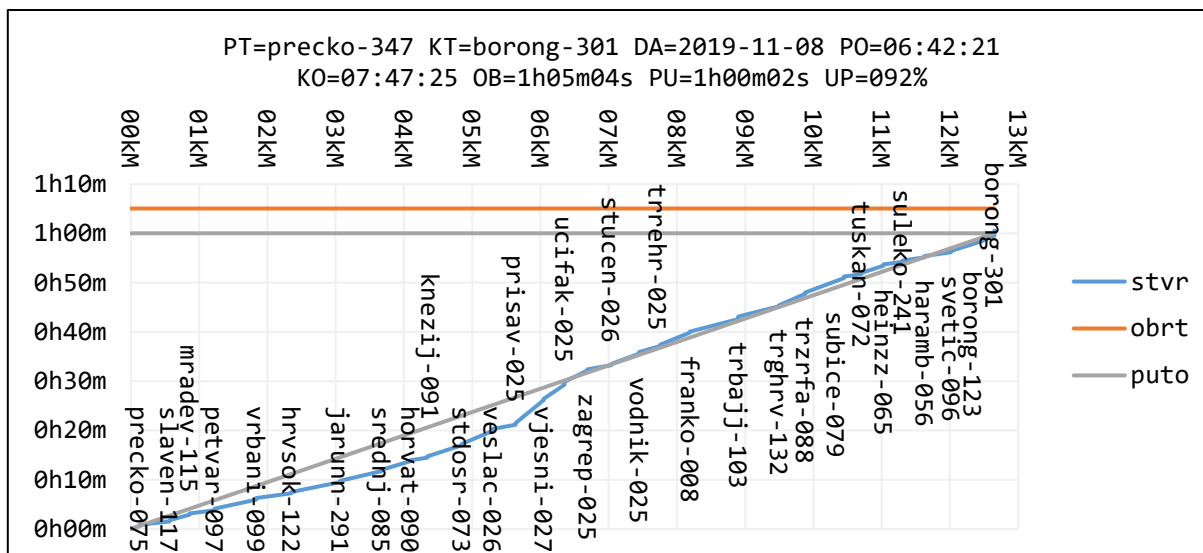


Slika 15. Prosječna i maksimalna popunjenost vozila na poluobrtima. Izvor: autor

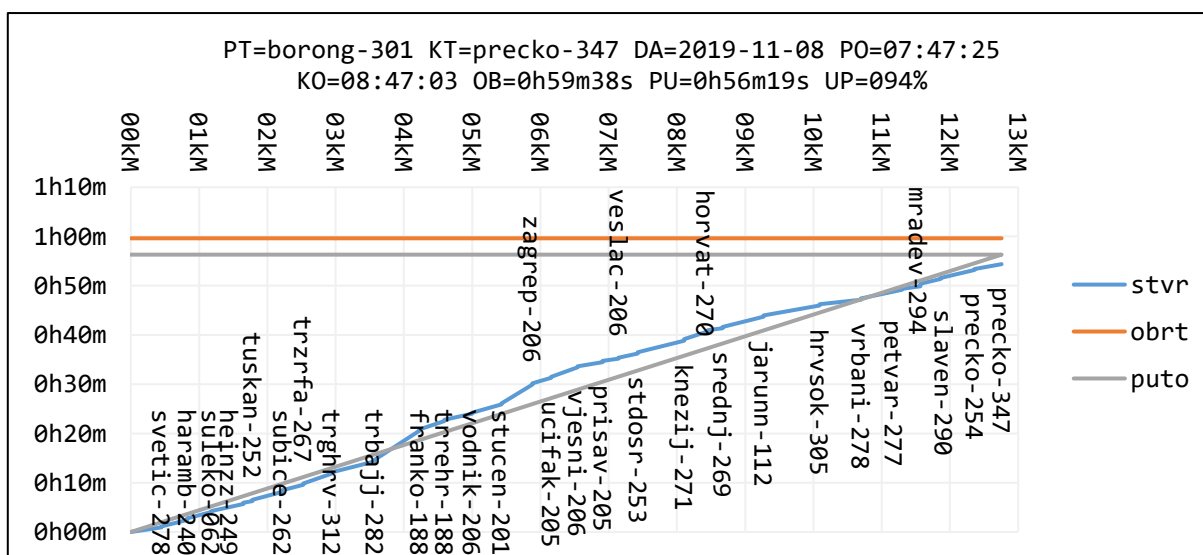
7.2 Vremena u prijevoznom procesu

Na slikama u ovom potpoglavlju plava linija prikazuje vrijeme putovanja vozila, narančasta prikazuje vrijeme poluobrta, a siva vrijeme vožnje do terminala.

Slika 16 prikazuje vremena putovanja u jutarnjem vršnom periodu u smjeru terminala Borongaj. Vidljivo je kako je došlo do zagušenja između stajališta Prisavlje i stajališta Zagrepčanka zbog čega je vozilu trebalo više od 10 minuta da prođe udaljenost od jednog kilometra. Unatoč tome vozilo je na vrijeme stiglo do terminala Borongaj te je vozač imao vremena za odmor.



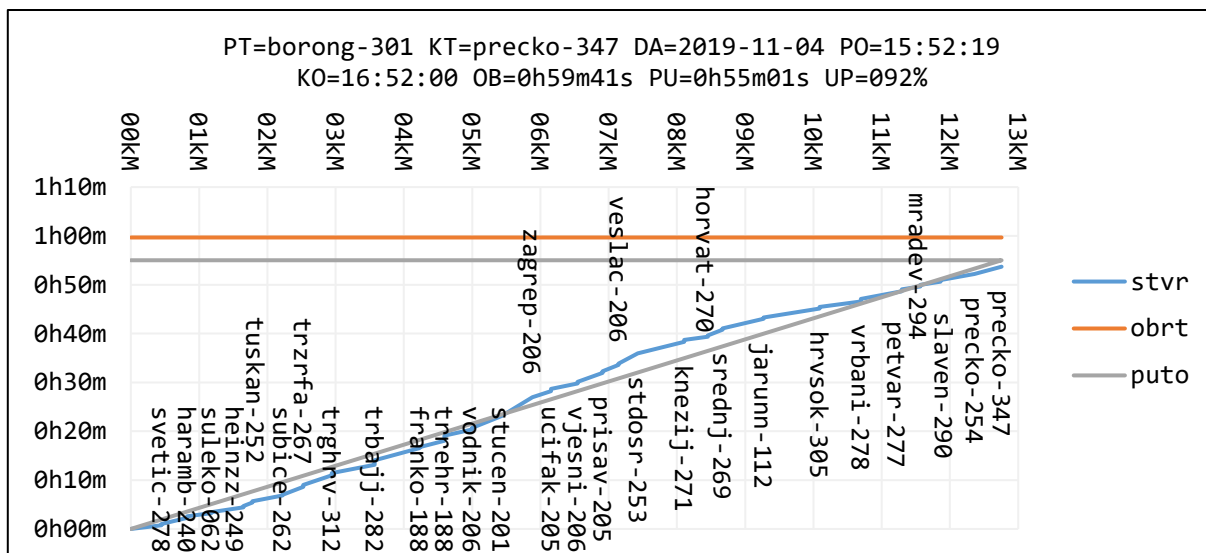
Slika 16. Vrijeme putovanja u jutarnjem vršnom periodu u smjeru Borongaj. Izvor: autor



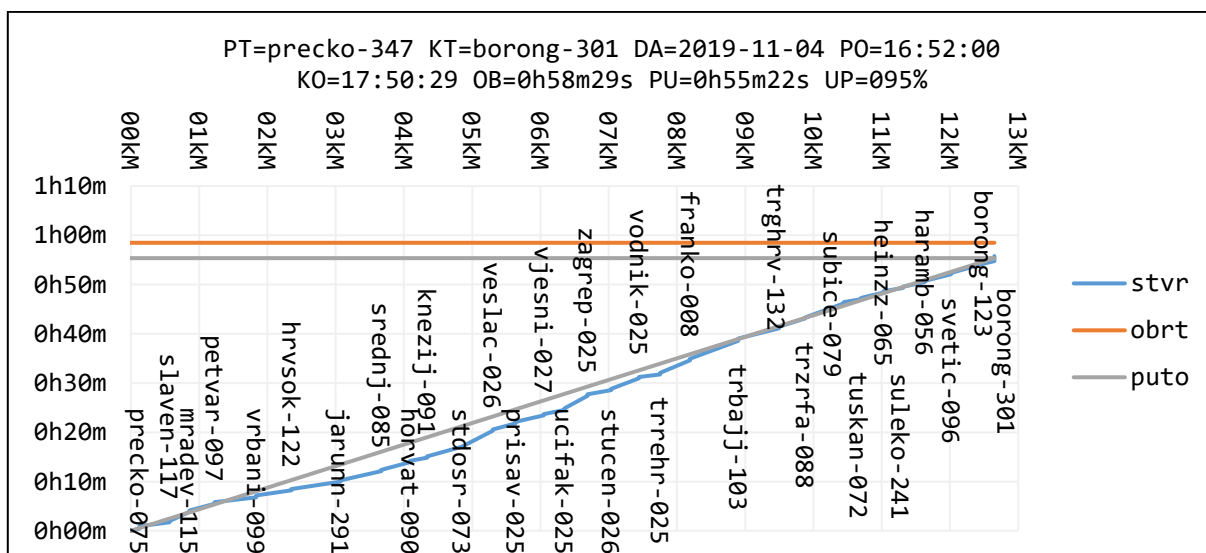
Slika 17. Vrijeme putovanja u jutarnjem vršnom periodu u smjeru Prečko. Izvor: autor

Slika 17 prikazuje vremena putovanja u jutarnjem vršnom periodu u smjeru terminala Prečko. Vidljivo je zagušenje između stajališta Trg bana Josipa Jelačića i Frankopanska. Do zagušenja je došlo zbog utjecaja ostalog prometa na tramvaj jer kod skretanja automobila u Mesničku automobili moraju propustiti pješake zbog iscrtanog pješačkog prijelaza. Vozilo je na vrijeme došlo na terminal Prečko pa je vozač mogao odmoriti između obrta i prema voznom redu krenuti prema terminalu Borongaj.

Slika 18 prikazuje vremena putovanja u poslijepodnevnom vršnom periodu u smjeru terminala Prečko. Nije bilo velike razlike između vremena putovanja u jutarnjem i poslijepodnevnom vršnom periodu u smjeru terminala Prečko. Vozač je i u ovom slučaju imao dovoljno vremena za odmor i usklađivanje voznog reda.



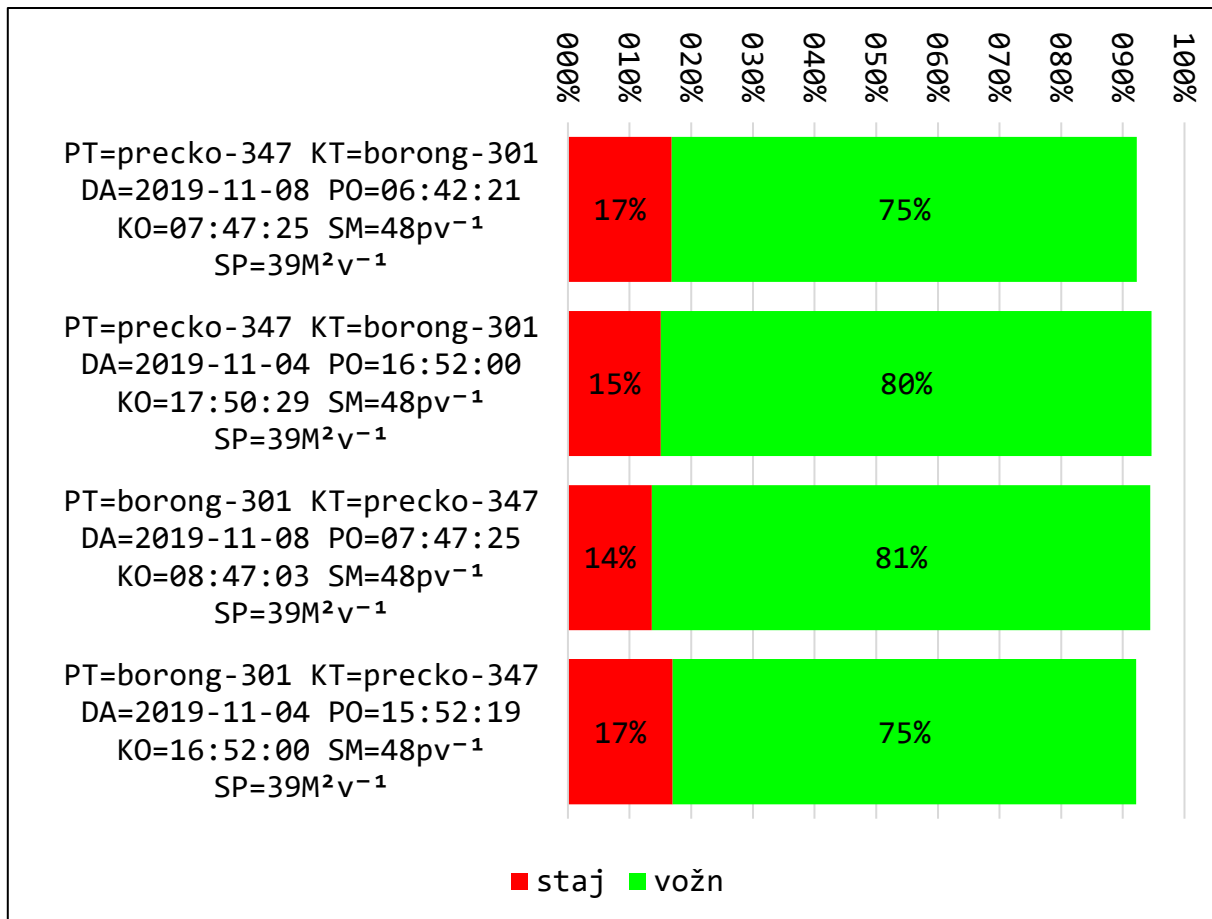
Slika 18. Vrijeme putovanja u poslijepodnevnom vršnom periodu u smjeru Prečko. Izvor: autor



Slika 19. Vrijeme putovanja u poslijepodnevnom vršnom periodu u smjeru Borongaj. Izvor: autor

Slika 19 prikazuje vremena putovanja u poslijepodnevnom vršnom periodu u smjeru terminala Borongaj. Na poluobrtu nije bilo zagušenja pa je vozilo stiglo prema voznom redu na terminal Borongaj i vozač je imao vremena za odmor.

Slika 20 prikazuje udio u vremenu poluobrta smjera u postocima. U prvom poluobrtu oba obrađena vršna perioda je udio vožnje bio jednak te je i udio stajanja bio jednak. Drugi poluobrt oba vršna perioda je imao manji udio stajanja, a veći udio vožnje u odnosu na prvi poluobrt. Vidljivo je kako je u smjeru terminala Prečko vozilo provelo najviše vremena u vožnji u odnosu na ostale poluobrte. U svim smjerovima ukupan postotak nije prelazio 100% što znači kako su vozila na vrijeme dolazila na određene terminale i vozači su imali vremena za odmor.



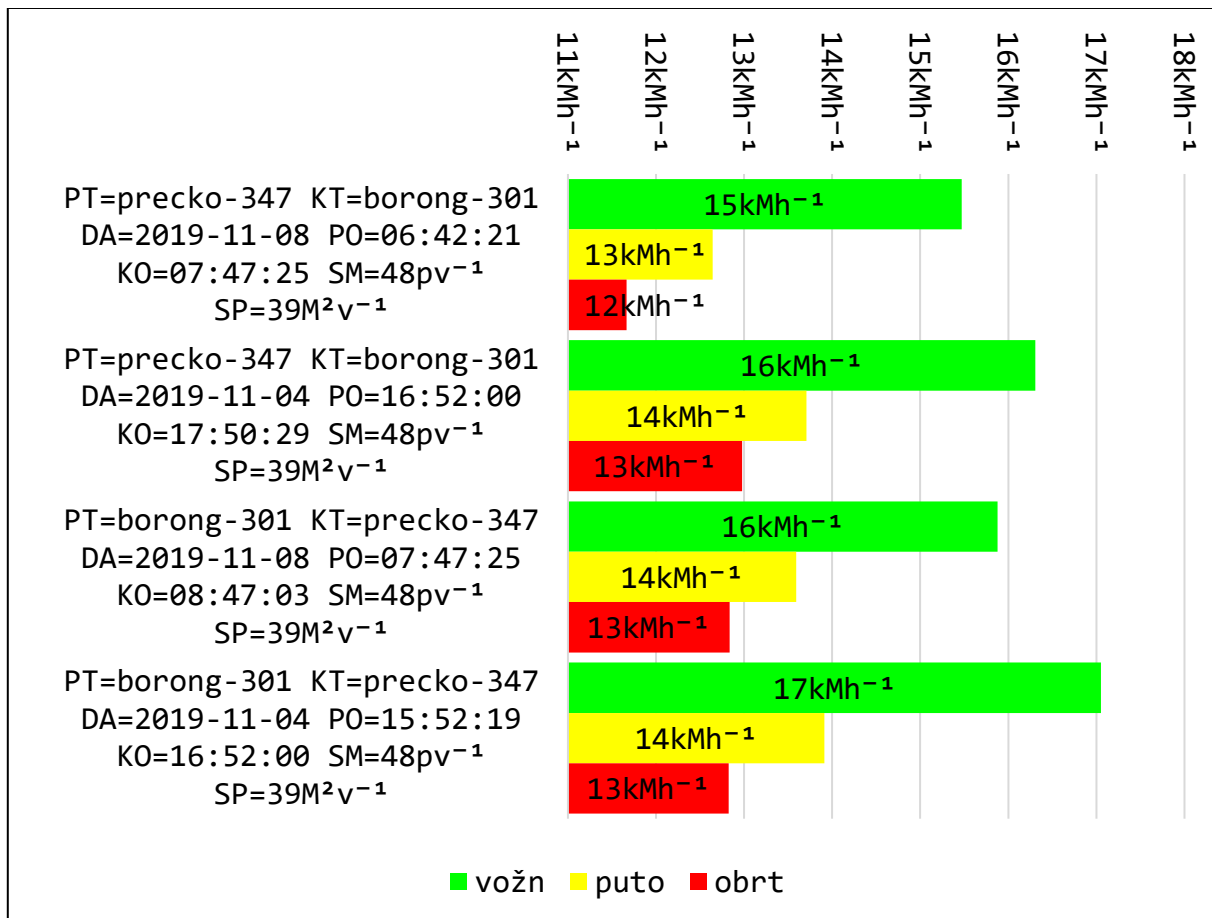
Slika 20. Udio vremena poluobrta po smjerovima u postocima. Izvor: autor

7.3 Brzine linije

Obradom dobivenih podataka analizirane su brzine na liniji. Obradene su brzina vožnje, brzina putovanja i brzina poluobrta. Brzina vožnje predstavlja brzinu koju je vozilo imalo u pokretu. Brzina putovanja je ona brzina koju je vozilo imalo u pokretu uključujući i stajanje na stajalištima, a brzina poluobrta uključuje i vrijeme provedeno na terminalima.

Slika 21 prikazuje analizirane brzine na obrađenim poluobrtima. Vozilo je najmanje prosječne brzine ostvarivalo u jutarnjem vršnom periodu u smjeru terminala Borongaj. Do toga je došlo zbog zagušenja na liniji. Tijekom jutarnjeg vršnog perioda u smjeru terminala Prečko i poslijepodnevnog vršnog perioda u smjeru terminala Borongaj vozilo je ostvarilo približno jednake brzine, ali je ipak bilo malo brže tijekom poslijepodnevnog vršnog perioda. U poslijepodnevnom vršnom periodu u smjeru terminala Prečko vozilo je ostvarilo najveće prosječne brzine zato što nije bilo zagušenja. Na poluobrtima nije bilo velikih razlika između brzina. Uspoređujući brzine sa prosječnima koje prikazuje Tablica 4 (stranica 12) zaključeno je

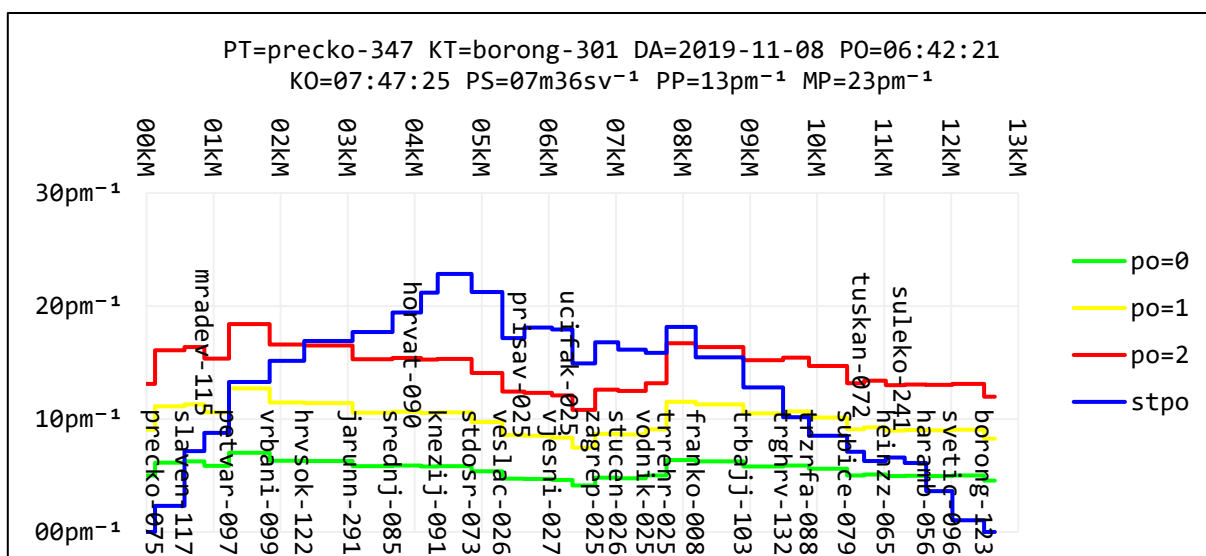
kako brzina putovanja vozila na poluobrtnima nije unutar granica prosjeka te je potrebno poboljšanje. Poboljšanje se može postići koordinacijom semafora tako da se tramvajima da prioritet ili odvajanjem tramvajskog prometa od ostalog prometa.



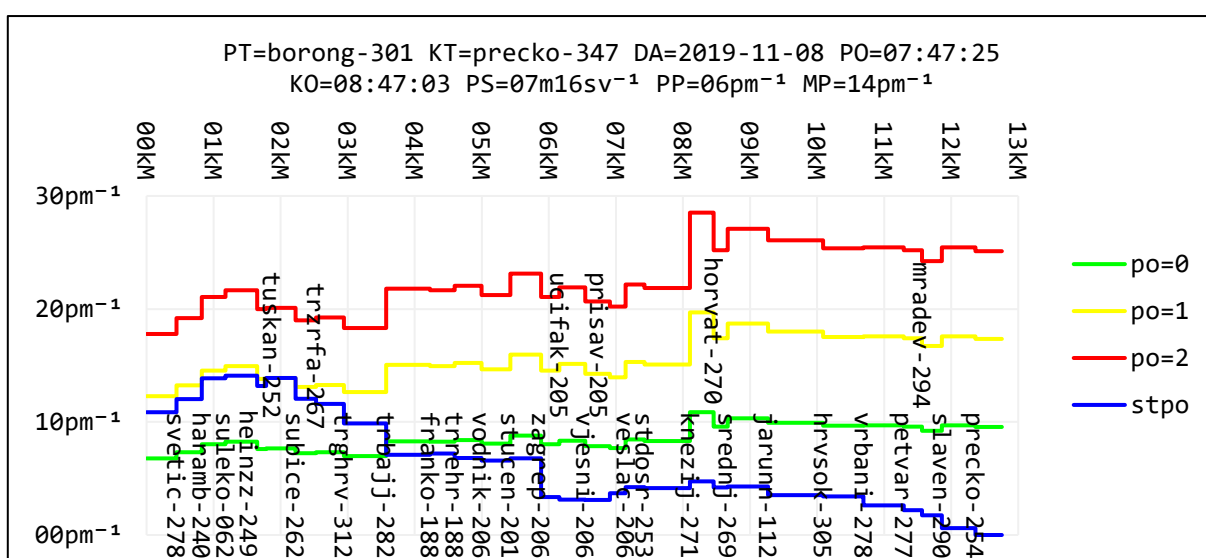
Slika 21. Brzine na liniji. Izvor: autor

7.4 Protok putnika

Slika 22 prikazuje protok putnika u jutarnjem vršnom periodu u smjeru terminala Borongaj. Na navedenoj slici i ostalim slikama u ovom potpoglavlju prikazan je protok putnika kada popunjenost iznosi 0, 1, i 2 p/m² te stvarni protok putnika. Vidljivo je kako je potražnja veća od broja sjedećih mjesta već na stajalištu Slavenskog. Broj putnika prelazi 2 p/m² na stajalištu Hrvatskog sokola. Prosječni protok iznosi 13 p/m (putnika po minuti), a maksimalni 23 p/m.

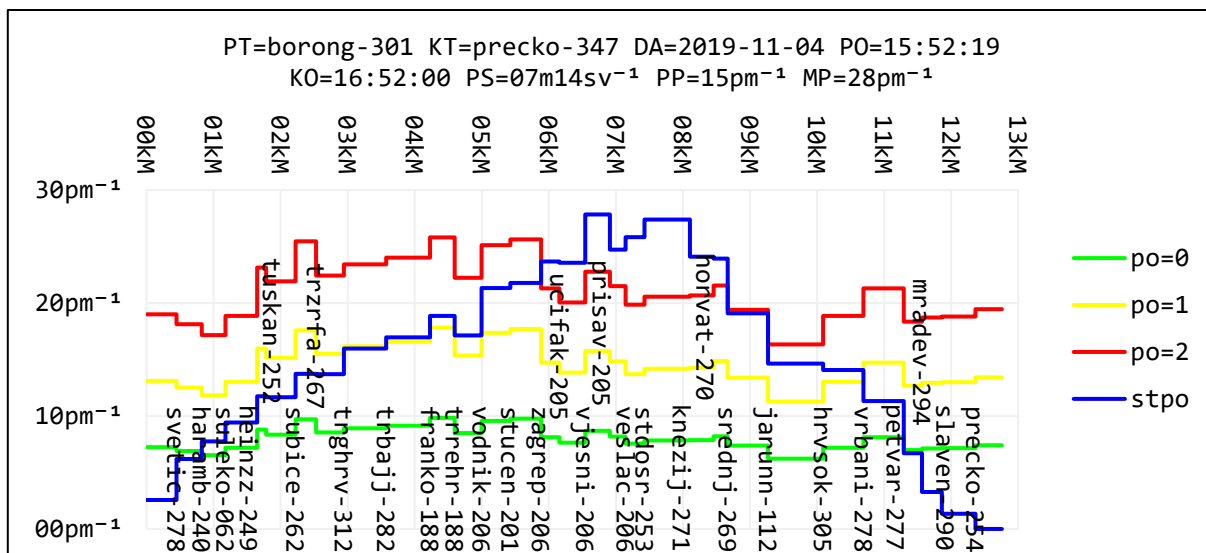


Slika 22. Protok putnika u jutarnjem vršnom periodu u smjeru Borongaj. Izvor: autor



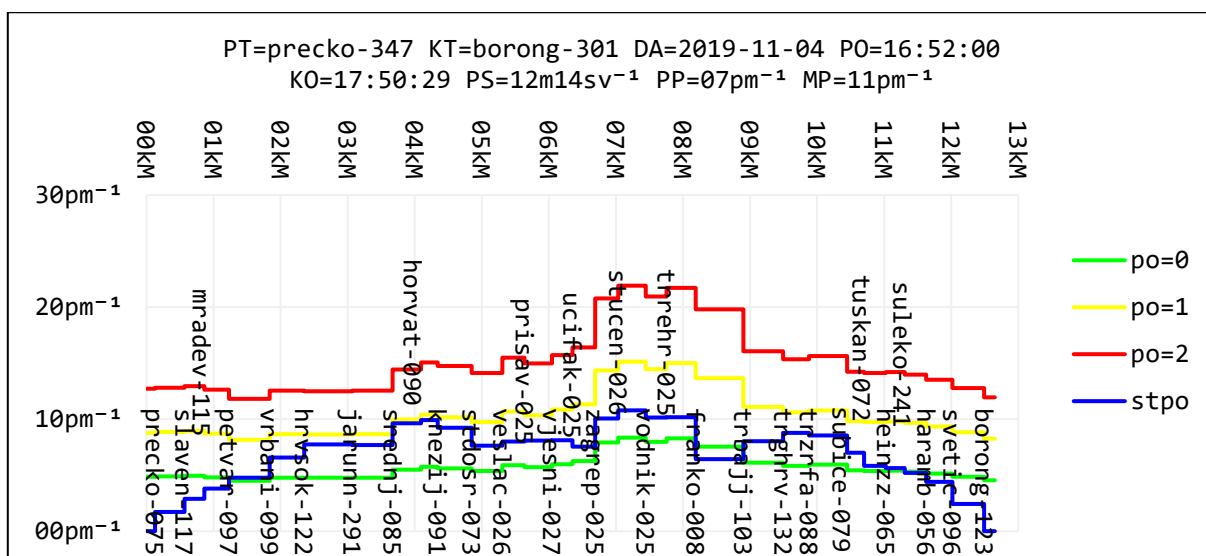
Slika 23. Protok putnika u jutarnjem vršnom periodu u smjeru Prečko. Izvor: autor

Slika 23 prikazuje protok putnika u jutarnjem vršnom periodu u smjeru terminala Prečko. Prijevozna potražnja je bila veća od broja sjedećih mjesta već na terminalu Borongaj te je rasla do stajališta Šubićevea nakon kojega počinje padati. Na Trgu Republike Hrvatske potražnja pada ispod broja sjedećih mjesta te ostaje ispod do kraja obrta. Prosječni protok je 6 p/m, a maksimalni iznosi 14 p/m.



Slika 24. Protok putnika u poslijepodnevnom vršnom periodu u smjeru Prečko. Izvor: autor

Slika 24 prikazuje protok putnika u poslijepodnevnom vršnom periodu u smjeru terminala Prečko. Potražnja za prijevozom je bila veća od broja sjedećih mjesta na stajalištu Harambašićeva. Vidljiva je visoka potražnja za prijevozom od stajališta Zagrepčanka do stajališta Srednjaci. Prosječni protok je bio 15 p/m, a maksimalni iznosi 28 p/m.



Slika 25. Protok putnika u poslijepodnevnom vršnom periodu u smjeru Borongaj. Izvor: autor

Protok putnika u poslijepodnevnom vršnom periodu u smjeru terminala Borongaj prikazuje Slika 25. Sva sjedeća mjesta su ispunjena na stajalištu Petrovaradinska te su ostala ispunjena sve do stajališta Frankopanska. Prosječni protok je iznosio 7 p/m, a maksimalni 11 p/m. Prijevozna potražnja je bila manja u drugom poluobrtu oba obrađena vršna perioda što je rezultiralo nedovoljno popunjenim vozilima, što prikazuje Slika 15 (stranica 24), pa bi se zato trebao prilagoditi vozni red i broj vozila na liniji kako bi vozila bila optimalno iskorištena.

8 ZAKLJUČAK

Linija 17 je jedna od glavnih tramvajskih linija u Zagrebu koja povezuje istok i zapad grada. U interakciji je sa 9 od 14 preostalih dnevnih tramvajskih linija pa je zbog toga pogodna za transfer na druge linije što omogućava putnicima lakše dolaženje na određite putovanja. Većina razmaka rezultira kvalitetnom pokrivenošću područja obuhvata linije. Problem sa smanjenjem brzine vozila se pojavljuje u Ulici kralja Zvonimira zbog velikog broja semaforiziranih raskrižja i na Savskoj cesti zbog semaforiziranih raskrižja i utjecaja cestovnog na tramvajski promet. U smjeru Borongaja dolazi do zastoja pri ulasku tramvaja na Trg žrtava fašizma zbog toga što cestovna vozila i tramvaji koriste isti trak u Ulici Franje Račkog, a cestovna vozila moraju propustiti vozila u kružnom toku.

Analizom i obradom prikupljenih podataka utvrđeno je kako se u jutarnjem i poslijepodnevnom vršnom periodu tijekom drugog poluobrtu prevezio znatno manji broj putnika nego tijekom prvog poluobrtu te je čak tijekom drugog poluobrtu jutarnjeg vršnog perioda u vozilu bilo slobodnih sjedećih mjesta kroz veći dio poluobrtu, zbog čega vozila nisu bila optimalno iskorištena. To je rezultat neravnomjernosti prijevozne potražnje u razdoblju prvog poluobrtu i drugog poluobrtu uzrokovane prometovanjem više linija na zajedničkim koridorima i neravnomjernosti prijevozne ponude na tim koridorima. Da bi se takve situacije izbjegle trebalo bi prilagoditi vozni red prijevozne potražnji.

Brzine putovanja nisu unutar granica prosječne brzine putovanja tramvaja u javnom gradskom prijevozu. Da bi se povećale trebalo bi provesti koordinaciju semaforiskih uređaja tako da se tramvajima omogući prioritet ili potpuno odvajanje tramvajskog prometa od ostalog prometa. Odvajanje bi bilo posebno važno provesti na Savskoj cesti gdje su primijećena zagušenja, ali bi zbog prostornih ograničenja takav poduhvat bio teško izvediv.

Poboljšanjem usluge javnog gradskog prijevoza bi se privukao veći broj putnika u vozila javnog prijevoza čime bi se smanjio broj osobnih automobila na cestovnim prometnicama u gradu što bi rezultiralo manjom vjerojatnošću pojave zagušenja.

LITERATURA

- [1] Zagrebački električni tramvaj, »O nama,« ZET, 06 06 2020. [Mrežno]. Available: <https://www.zet.hr/o-nama/259>. [Pokušaj pristupa 18 06 2020].
- [2] Zagrebački električni tramvaj, »Mreža tramvajskih linija,« ZET, 02 07 2020. [Mrežno]. Available: <https://www.zet.hr/UserDocsImages/Prilozi/PDF/Mreže%20tramvajskih%20linija%202018-dnevne%20i%20noćne/Tramvajska%20mreža.pdf>. [Pokušaj pristupa 02 07 2020].
- [3] L. Milić, »Analiza autobusne linije 212 Dubec – Sesvete u Zagrebu (završni rad),« Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2019.
- [4] B. Bogović, »Analiza tramvajske linije 1 Zapadni kolodvor – Borongaj u Zagrebu (završni rad),« Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2019.
- [5] Zagrebački električni tramvaj, »Detaljnije o zonama i tarifnim područjima,« ZET, 19 06 2020. [Mrežno]. Available: <https://www.zet.hr/zone-i-tarifna-podrucja/detaljnije-o-zonama-i-tarifnim-podrucjima/66>. [Pokušaj pristupa 21 06 2020].
- [6] Zagrebački električni tramvaj, »Cijene, prodaja i plaćanje,« ZET, 19 06 2020. [Mrežno]. Available: <https://www.zet.hr/cijene-prodaja-i-placanje/50>. [Pokušaj pristupa 22 06 2020].
- [7] Večernji list, »Od srijede ZET uvodi kartu za četiri kune,« Večernji list, 31 01 2017. [Mrežno]. Available: <https://www.vecernji.hr/zagreb/od-srijede-u-zet-uvodi-kartu-za-cetiri-kune-1146193>. [Pokušaj pristupa 22 06 2020].
- [8] M. Lukec, »Integrirani prijevoz putnika u zagrebačkom gravitacijskom području (diplomski rad),« Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2018.
- [9] M. Rajsman, Osnove tehnologije prometa Gradski promet, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, 2012.
- [10] G. Štefančić, Tehnologija gradskog prometa II, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, 2010.

- [11] G. Štefančić, Tehnologija gradskog prometa I, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, 2008.
- [12] TatraTram, »Zagreb trams by TatraTram,« Wikimedia Commons, 28 12 2015. [Mrežno]. Available:
https://commons.wikimedia.org/wiki/User:TatraTram/Zagreb_trams_by_TatraTram.
[Pokušaj pristupa 25 08 2020].
- [13] software.informer, »CanWay 1.1,« Software informer, 03 11 2016. [Mrežno]. Available:
<https://canway.software.informer.com/>. [Pokušaj pristupa 23 07 2020].
- [14] Google, »Google Earth,« Google, 23 07 2020. [Mrežno]. Available:
[google.com/earth/versions/](https://www.google.com/earth/versions/). [Pokušaj pristupa 23 07 2020].
- [15] D. Šojat, »Javni gradski prijevoz u funkciji održive urbane mobilnosti,« Fakultet prometnih znanosti, 24 09 2014. [Mrežno]. Available:
http://www.korema.hr/attachments/article/82/1_Javni%20gradski%20prijevoz%20u%20funkciji%20odrzive%20urbane%20mobilnosti.pdf. [Pokušaj pristupa 23 07 2020].

POPIS SLIKA I TABLICA

Slika 1. Mreža tramvajskih linija. Izvor: [2]	2
Slika 2. Zone autobusne mreže. Izvor: [5]	3
Slika 3. Aparat za poništavanje karata. Izvor: [7]	4
Slika 4. Trasa linije. Izvor: autor	6
Slika 5. Tramvaj tipa TMK 2200. Izvor: [12]	16
Slika 6. Korišteni GPS lokator. Izvor: [15]	17
Slika 7. Izmjena putnika u jutarnjem vršnom periodu u smjeru Borongaj. Izvor: autor	18
Slika 8. Izmjena putnika u jutarnjem vršnom periodu u smjeru Prečko. Izvor: autor	18
Slika 9. Izmjena putnika u poslijepodnevnom vršnom periodu u smjeru Prečko. Izvor: autor	19
Slika 10. Izmjena putnika u poslijepodnevnom vršnom periodu u smjeru Borongaj. Izvor: autor	20
Slika 11. Popunjenost vozila u jutarnjem vršnom periodu u smjeru Borongaj. Izvor: autor	21
Slika 12. Popunjenost vozila u jutarnjem vršnom periodu u smjeru Prečko. Izvor: autor	22
Slika 13. Popunjenost vozila u poslijepodnevnom vršnom periodu u smjeru Prečko. Izvor: autor	22
Slika 14. Popunjenost vozila u poslijepodnevnom vršnom periodu u smjeru Borongaj. Izvor: autor	23
Slika 15. Prosječna i maksimalna popunjenost vozila na poluobrtima. Izvor: autor	24
Slika 16. Vrijeme putovanja u jutarnjem vršnom periodu u smjeru Borongaj. Izvor: autor	25
Slika 17. Vrijeme putovanja u jutarnjem vršnom periodu u smjeru Prečko. Izvor: autor	25
Slika 18. Vrijeme putovanja u poslijepodnevnom vršnom periodu u smjeru Prečko. Izvor: autor	26
Slika 19. Vrijeme putovanja u poslijepodnevnom vršnom periodu u smjeru Borongaj. Izvor: autor	26
Slika 20. Udio vremena poluobrta po smjerovima u postocima. Izvor: autor	27

Slika 21. Brzine na liniji. Izvor: autor	28
Slika 22. Protok putnika u jutarnjem vršnom periodu u smjeru Borongaj. Izvor: autor	29
Slika 23. Protok putnika u jutarnjem vršnom periodu u smjeru Prečko. Izvor: autor.....	29
Slika 24. Protok putnika u poslijepodnevnom vršnom periodu u smjeru Prečko. Izvor: autor	30
Slika 25. Protok putnika u poslijepodnevnom vršnom periodu u smjeru Borongaj. Izvor: autor	30
Tablica 1. Vrste i cijene pojedinačnih karata. Izvor: [6]	4
Tablica 2. Segmenti na liniji Prečko – Borongaj. Izvor: autor.....	7
Tablica 3. Segmenti na liniji Borongaj – Prečko. Izvor: autor.....	8
Tablica 4. Međustajališna udaljenost u odnosu na brzinu prijevoznog sredstva. Izvor: [11] ..	12



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ završni rad

isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

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

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

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ završnog rada

pod naslovom **Analiza tramvajske linije 17 Prečko - Borongaj u Gradu Zagrebu**

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

U Zagrebu, _____ 03.09.2020 _____

Student/ica:

Luka Blašević

(potpis)