

# Analiza tramvajske linije broj 9 Ljubljana - Borongaj u Gradu Zagrebu

---

**Franc, Krešimir**

**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:119:864660>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-04**



*Repository / Repozitorij:*

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Krešimir Franc**

**Analiza tramvajske linije broj 9 Ljubljanica - Borongaj u  
Gradu Zagrebu**

**ZAVRŠNI RAD**

Zagreb, 2020

Zagreb, 13. ožujka 2020.

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

## ZAVRŠNI ZADATAK br. 5553

Pristupnik: **Krešimir Franc (0135237583)**  
Studij: **Promet**  
Smjer: **Gradski promet**

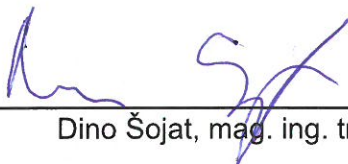
Zadatak: **Analiza tramvajske linije broj 9 Ljubljanica - Borongaj u Gradu Zagrebu**

### 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 broj 9 Ljubljanica - Borongaj u Gradu Zagrebu

Analyzing Tram Line 9 Ljubljanica - Borongaj in the City of Zagreb

Mentor: Dino Šojat, mag. ing. traff.

Student: Krešimir Franc, 0135237583

## **Analiza tramvajske linije broj 9 Ljubljana - Borongaj u Gradu Zagrebu**

### **SAŽETAK**

Rad se temelji na prometno-tehničkoj analizi tramvajske linije 9, njezinim statičkim i dinamičkim elementima, prostornom obuhvatu te glavnim karakteristikama linije. Veliki broj osobnih automobila je problem u Gradu Zagrebu jer rezultira niskom brzinom prijevoza i zagušenjima. U radu se prikazuje problem prevelike gustoće putnika u tramvajskoj liniji 9 za vrijeme vršnih jutarnjih sati. Cilj rada je na temelju brojanja putnika na liniji u vršnim satima utvrditi je li iskorištenost linije zadovoljavajuća, te za podatke dobivene brojenjem izraditi detaljnu analizu koristeći se formulama, tablicama, grafikonima i dati uvid u stanje linije. Istraživanja u ovom radu su provedena na temelju izmjerenih podataka o prijevoznom procesu u mreži tramvajske linije Grada Zagreba. Analizom i proračunom podataka utvrdit će se način unaprjeđenja tramvajske linije 9 kako bi se postigla veća atraktivnost javnog gradskog prijevoza putnicima.

**KLJUČNE RIJEČI:** analiza protoka putnika, brojenje putnika, javni gradski prijevoz tramvajska linija, tramvajski promet

### **SUMMARY**

The paper is based on the traffic-technical analysis of tram Line 9, its static and dynamic elements, spatial coverage, and the main characteristics of the line. A large number of passenger cars is a problem in the city of Zagreb because it results in low transport speeds and congestion. The paper presents the problem of excessive passenger occupancy in tram line 9 during peak morning hours. The aim of this paper is to determine whether the utilization of the line is satisfactory based on the counting of passengers on the line during peak hours, and to make a detailed analysis for the data obtained by counting using formulas, tables, graphs and provide insight into the state of the line. The research in this paper was conducted based on measured data on the transport process on tram network in the City of Zagreb. The analysis and calculation of the data is used to determine improvements for the tram Line 9 to achieve better attractiveness of public transport for passengers.

**KEY WORDS:** passenger counting, passenger flow analysis, tram line, tram traffic,

urban public transport

# SADRŽAJ

1 UVOD .....	1
2 PROSTORNI OBUHVAT TRAMVAJSKE LINIJE 9.....	2
3 STATIČKI ELEMENTI LINIJE.....	5
3.1 Trasa linije.....	7
3.2 Terminali.....	8
3.3 Stajališta.....	9
4 DINAMIČKI ELEMENTI LINIJE .....	12
5 BROJENJE PUTNIKA NA LINIJI .....	17
6 KARAKTERISTIKE PUTNIČKIH TOKOVA.....	23
7 ZAKLJUČAK.....	25
Literatura .....	27
Popis slika .....	28
Popis tablica .....	29
Popis grafikona.....	30

# 1 UVOD

Najčešći problem linija i mreža linija javnog gradskog prijevoza u gradskim središtima su zagušenost linija, povećanje broja stanovnika, urbanizacija i činjenica da gradovi, ali i sam javni gradski prijevoz postaje sve kompleksniji. Zbog velikog broja osobnih automobila koji koriste cestovne prometnice u Gradu Zagrebu i čestih zagušenja u vršnim satima, javni gradski prijevoz nije dovoljno atraktivan zbog niskih brzina putovanja.

Cilj ovog završnog rada je skupiti podatke o opterećenosti linija i te podatke prikazati kroz grafikone, slike i formule. Svrha rada je poboljšanje učinkovitosti javnog gradskog prijevoza Grada Zagreba na temelju prijedloga poboljšanja tramvajske linije 9 Borongaj – Ljubljanića.

Rad je koncipiran u 7 poglavlja. U drugom poglavlju uzet je u obzir prostorni obuhvat tramvajske linije te na kojim stajalištima linija 9 obavlja izmjenu putnika. Treće poglavlje opisuje najbitnije elemente linije (trasa linije, terminali i stajališta). Sljedeće poglavlje govori o dinamičkim elementima linije koji se mijenjaju prema prijevoznim zahtjevima na liniji i stanju u prometu. U petom poglavlju nalazi se tablica izmjene putnika za dva radna dana u kojima je provedeno mjerenje. Na temelju mjerenja koje je obavljeno pomoću GPS lokatora i samog brojanja putnika napravljeni su grafikoni koji prikazuju izmjenu putnika na svakom stajalištu u oba smjera ovisno o gustoći, ali i samu tramvajsku popunjenost na cijeloj liniji. U šestom poglavlju napravljena je analiza protoka putnika te su izračunate vrijednosti koeficijenta izmjene putnika i koeficijenta neravnomjernosti protoka. Na kraju rada iznosi se zaključak.



## 2 PROSTORNI OBUHVAT TRAMVAJSKE LINIJE 9

Javni gradski putnički prijevoz važan je čimbenik u funkcioniranju grada kao cjeline. Zadovoljiti potrebe korisnika znači omogućiti im brz, udoban, jeftin i učinkovit prijevoz. Promet je ujedno i jedan od najvećih problema gradova, posebno velikih gradova. O uspješnosti rješavanja ovog problema ne ovisi samo kretanje ljudi i roba, nego i ukupna kvaliteta života u gradu.

Mreža linija predstavlja glavnu komponentu infrastrukture sustava javnog prijevoza. To su sve linije javnoga gradskog prijevoza neke urbane sredine koje se međusobno preklapaju ili presijecaju. Uslugu javnog prijevoza obavljaju prijevoznim sredstvima koja prometuju linijama po unaprijed utvrđenom voznom redu i trasi (1).

Redoviti tramvajski promet u Gradu Zagrebu odvija se na 116 346 m pruga na kojima je svaki dan u prometu 184 tramvajskih motornih kola i 84 prikolice. Ukupna je dužina pruga na 15 linija dnevnog prometa 148 km, a na četiri noćne linije 57 km. Skretnica je u gradu 174, a tramvajskih stajališta 255. Na godinu se ZET tramvajima u Gradu Zagrebu preveze oko 182 000 putnika (2). Glavni sustav funkcionira između 05:00 i 23:30 u razmacima slijeđenja na glavnim linijama koji se kreću između 6 i 11 minuta. Osim toga četiri noćne linije prometuju u razmacima slijeđenja od oko 30 minuta (1). Tablica 1 prikazuje tramvajski vozni park.

*Tablica 1. Karakteristike tramvajskog voznog parka. Izvor: autor*

<b>naziv vozila</b>	<b>godina puštanja u promet</b>	<b>broj vrata</b>	<b>sjedeća mjesta</b>	<b>stajaća površina</b>
ČKD Tatra KT4	1985.g.	4	25	22 m <sup>2</sup>
TMK 201 + TP 591	1974.g.	6	38	30 m <sup>2</sup>
ČKD Tatra T4	1977.g.	3	20	13 m <sup>2</sup>
ČKD Tatra T4 + B4	1977.g.	6	41	30 m <sup>2</sup>
TMK 2100	1994.g.	5	46	32 m <sup>2</sup>
TMK 2200	2005.g.	6	48	39 m <sup>2</sup>
TMK 2300	2009.g.	4	35	27 m <sup>2</sup>

Sustav javnoga gradskog putničkog prijevoza sastoji se od transportnih sustava sa stalnim trasama i voznim redovima, javno dostupan na korištenje uz naknadu prema tarifi. U pravilu ne sadrži paratranzit, a koristi prijevozna sredstva: tramvaj, autobus, metro, laku gradsku željeznicu, metro i slično (1).

Zagrebački električni tramvaj ZET raspolaže sa 249 tramvajskih motornih kola i 167 tramvajskih prikolica. Ukupni tramvajski vozni park sastoji se od 11 tipova

vozila, od čega 8 tipova motornih kola i 3 tipa prikolica. Vozila su iz raznih proizvodnih programa ĐURO ĐAKOVIĆ – Hrvatska (TMK 101, TMK 201, TMK 900, TP 591 i TP 701), TATRA – ČKD – Češka (TMK 301, TMK 351, TMK 401 i TP 801), DÜWAG – Njemačka (TMK 901), KONČAR – ZET – Hrvatska (TMK 2100). Pri tome je kapacitet motornih kola od 85 – 243 , a prikolica od 118 – 124 putničkih mjesta. Ukupna prosječna starost motornih kola iznosi 22.5 godina, a prikolica 24.6 godina (3). Slika 1 prikazuje model tramvaja ČKD Tatra KT4 koji najviše prometuje na liniji 9.

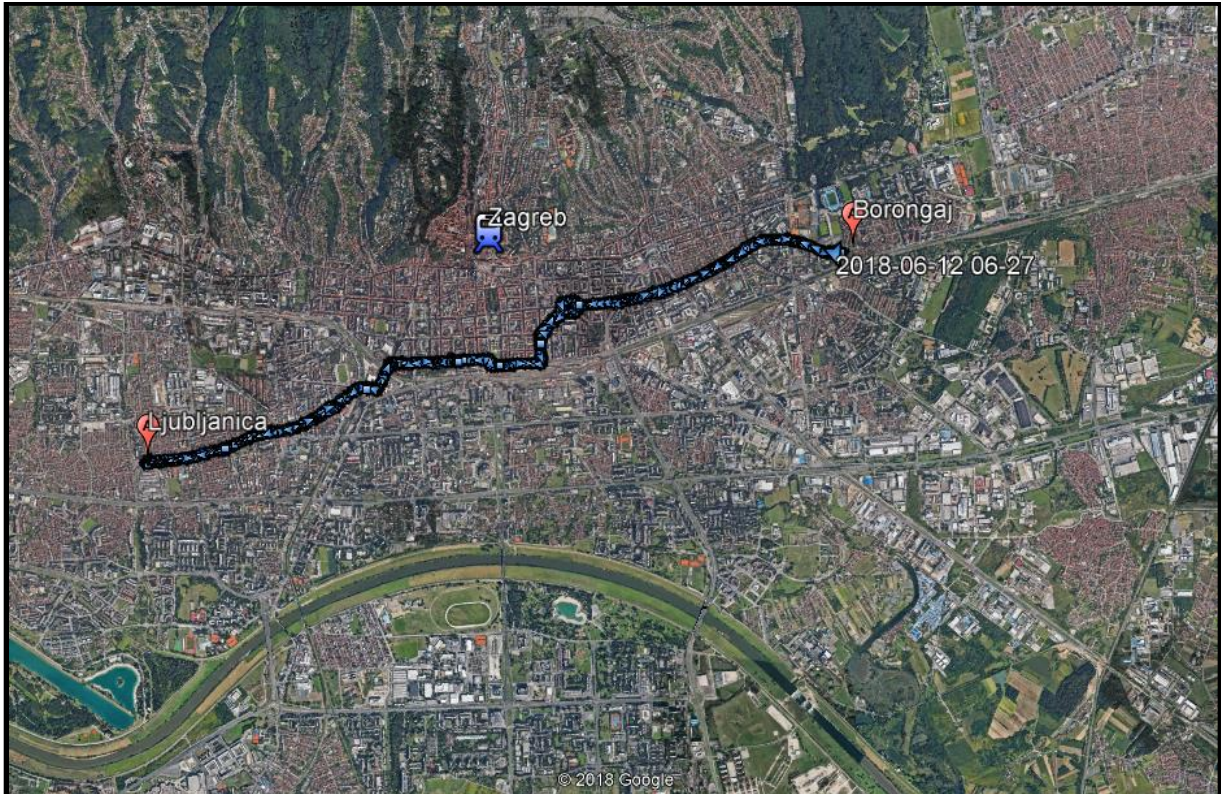


*Slika 1. Model ČKD Tatra KT4. Izvor: (4)*

Tramvajska linija 9 svojom rutom prolazi kroz tri gradske četvrti kao što prikazuje Slika 2 koja je napravljena uz pomoć GPS lokatora (Slika 3). (Maksimir, Donji grad, Trešnjevka – sjever (5)). Ona spaja istočni dio grada sa zapadnim te u tom smislu služi kao izuzetno bitna poveznica. Autobusne linije sa istoka grada (Dubec, Sesevetski Kraljevec) okreću se na okretištu Borongaj, te je linija 9 najbolji način kojim putnici mogu doći u zapadni dio grada.

Također, linija prolazi pored Glavnog kolodvora, što je izrazito pogodno, jer olakšava promet putnika u satima kada je protok putnika najveći (dolazak i odlazak s posla). Isto tako vrijedi i za putnike u zapadnom dijelu grada kojima je od okretišta Ljubljanica linija 9 najbolji način za dolazak do glavnog kolodvora. Linija 9 je, za razliku od linije 12 koja isto tako povezuje istok i zapad grada, povoljnija jer se njome izbjegava strogi centar te se štedi na vremenu.

Što se tiče povezanosti sa autobusnim linijama, osim na okretištima Borongaj i Ljubljana, transfer putnika se može odraditi na glavnom kolodvoru, sa kojeg prometuje 16 autobusnih linija prema Novom Zagrebu i okolici grada (Velika Gorica, Lanište, Odra, Donji Dragonožec, itd.).



*Slika 2. Ruta tramvajske Linije 9 zabilježena GPS lokatorom. Izvor: (6)*

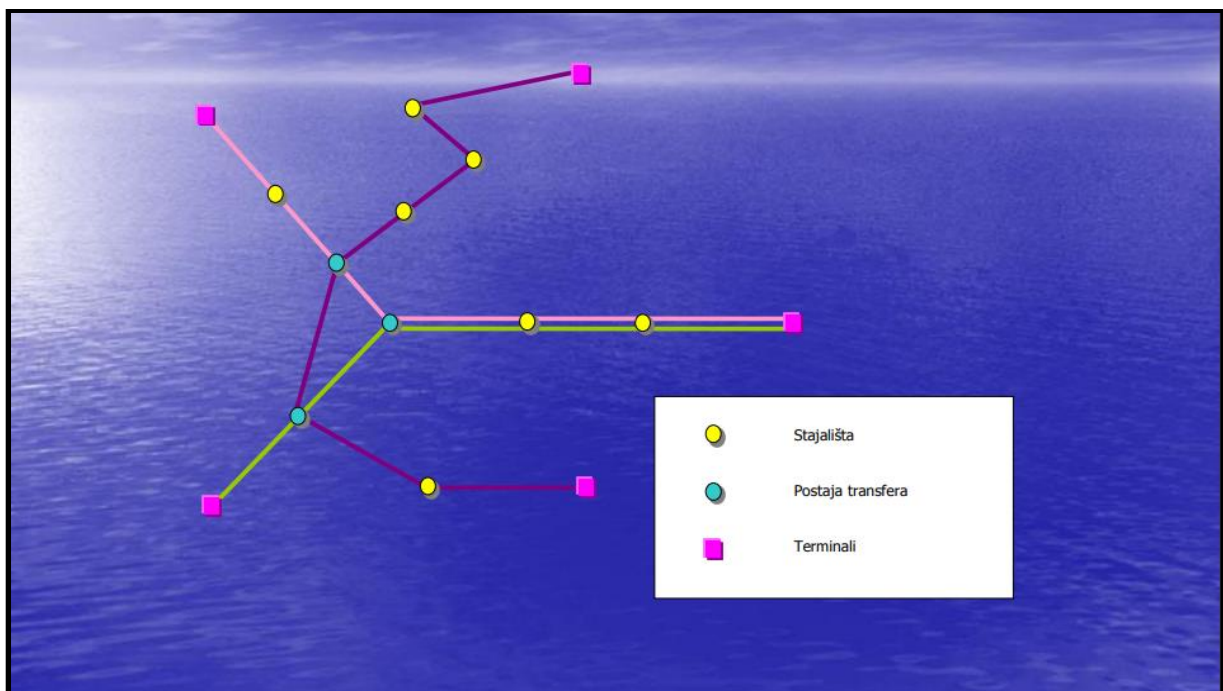


*Slika 3. Lokator GPS signala Seeworld GP-740FL. Izvor: (7)*

Ova linija je važna i za studente, budući da prolazi pored Studentskog centra i Ekonomskog fakulteta, koji su atraktori putnika tih dobnih skupina.

### 3 STATIČKI ELEMENTI LINIJE

Mreža linija predstavlja glavnu komponentu infrastrukture sustava javnog prijevoza. To su sve linije javnoga gradskog prijevoza neke urbane sredine koje se međusobno preklapaju ili presijecaju (Slika 4). Uslugu javnog prijevoza obavljaju prijevozna sredstva koja prometuju linijama po unaprijed utvrđenom voznom redu i trasi. Duljina mreže predstavlja ukupnu duljinu svih pravaca koje opslužuje jedna ili više linija javnog prijevoza (1).



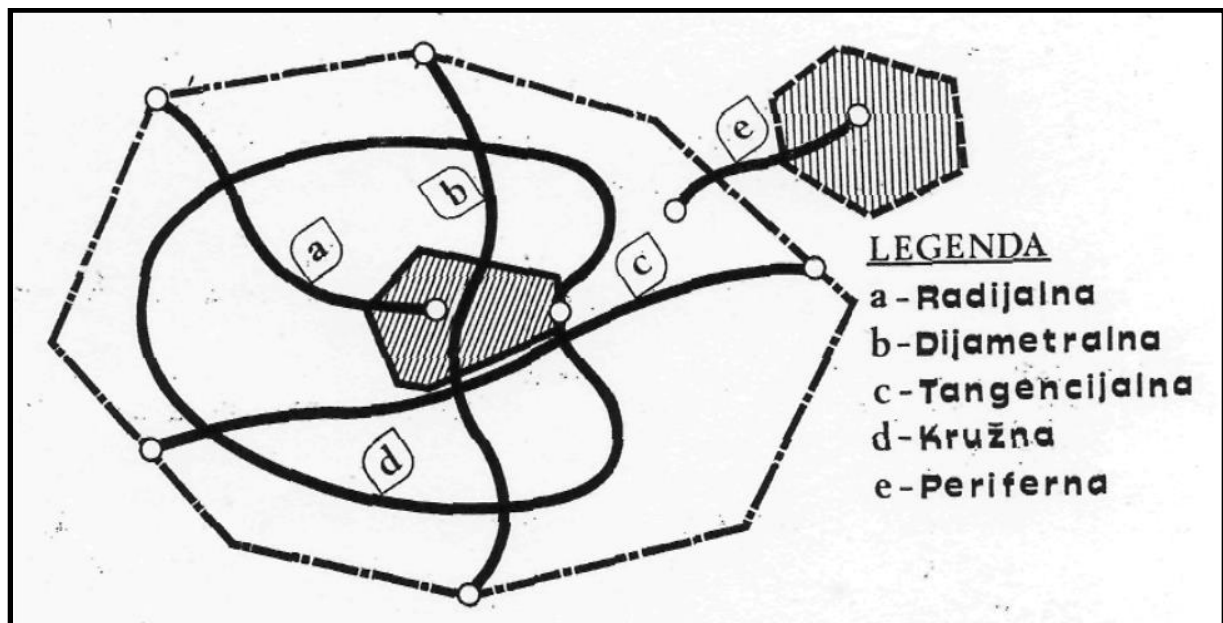
*Slika 4. Linija JGP-a sa stajalištima i terminalima. Izvor: (8)*

U okviru mreže linija javnog gradskog putničkog prijevoza postoji više vrsta linija (Slika 5). Funkcija linija i njihov broj ovisi o obliku grada, konfiguracije terena te razmještaja i koncentracije aktivnosti.

Većina linija ima nepravilan oblik, no mogu se svrstati u nekoliko osnovnih vrsta (8):

- radijalne,
- dijametralne,
- tangencijalne,
- obodne,
- prstenaste,

- linije petlji i
- glavne linije s odvojcima i sabirnim linijama.



*Slika 5. Shematski prikaz klasifikacije linija JGP-a. Izvor: (1).*

Osnovni kriteriji za ocjenu trasiranja mreže linija javnoga gradskog prijevoza, a koji mogu biti i ciljevi prilikom planiranja mreže linija su (9):

- trasa linije treba biti usklađena s linijama želja putovanja putnika, što se utvrđuje anketiranjem, intervjuiranjem, snimanjem i brojenjem,
- pješaćenje do stajališta u središtu grada mora biti do pet minuta, a izvan središta do deset minuta,
- mreža linija treba biti trasirana tako da većina putnika do cilja dođe izravnom vožnjom ili najviše s jednim presjedanjem,
- prelaženje na druge linije i prijevozna sredstva mora biti sigurno, lako i ugodno,
- gdje god je to moguće, treba osigurati što veću nezavisnost linija javnoga gradskog prijevoza u odnosu na druge sudionice.

Linija javnoga gradskog prijevoza je dio mreže linija koja je koordinirana za učinkovito prometovanje. Sastoji se od (1):

- trase,
- stajališta,
- terminala.

### 3.1 Trasa linije

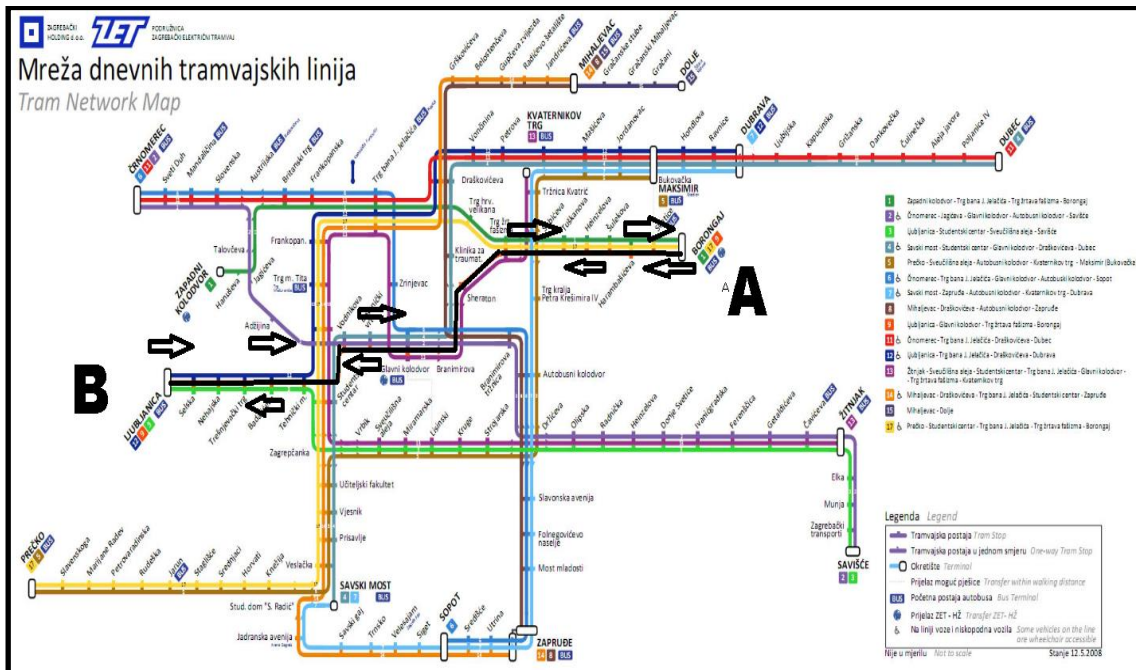
Trasa linije javnoga gradskog prijevoza je unaprijed utvrđen pravac po kojemu prometuju prijevozna sredstva. Duljina linije je jednosmjerna udaljenost između dvaju terminala (početnog A - bližeg centru i B - daljeg od centra), izražena u kilometrima, bez obzira na to prometuje li linija sama ili se preklapa s drugim linijama (8).

Trasa je putanja između dva terminala, koja prolazi određenim ulicama ili prigradskim prometnicama (koje pri tome ispunjavaju uvjete kretanja vozila JGPP-a) i poklapa se s osnovnim tokovima kretanja putnika između terminala A i B. Pri tome smjer A od početnoga (bliži centru) prema završnome terminalu, nije nužno isti kao smjer B (zbog regulacije i sl.).

U skladu sa izloženim polaznim elementima mogu se definirati osnovni principi za postavljanje mreže linija (1):

- trase linija JGPP-a trebaju biti usuglašene sa linijama želja putnika,
- omogućiti najvećem broju putnika izravan prijevoz sa linijama koje se nalaze na pješačkoj udaljenosti od izvora i ciljeva putnika,
- svako presjedanje putnici vrednuju kao nepogodnost, pa presjedanja moraju biti laka, sigurna i udobna,
- sve linije JGPP-a, neovisno o podsustavu, treba tretirati kao jednu cjelinu; koordinacija između raznih podsustava vrši se na putničkim terminalima, čiji se raspored definira u skladu sa ciljevima razvoja grada,
- gustoća mreže treba biti odgovarajuća, a udaljenosti koje treba prijeći pješice do stajališta trebaju biti što kraća, odnosno u granicama pješaćenja od pet minuta na kontinuirano izgrađenom gradskom području i deset minuta u prigradskom području,
- sklop mreže linija treba omogućiti onom manjem dijelu putnika koji mora presjedati da može iz svakog dijela grada doći u bilo koji dio grada samo sa jedini presjedanjem,
- osigurati što veću neovisnost trasa linija javnog prijevoza u odnosu na ostali, površinski promet; u velikim i najvećim gradovima treba izdvojiti trase za ubrzani i brzi prijevoz,
- mreža linija JGPP-a treba se sastojati od najvećeg broja dijametralnih linija, manjeg broja radijalnih i odgovarajućeg broja tangencijalnih i kružnih linija,

- trasa svake linije se postavlja tako da prati osnovne tokove putnika između dva dijela grada, na koje ne utječu samo putnici koji su u gravitacijskom području terminala, već i putnici koji koriste i druga stajališta duž trase; zbog toga je utvrđivanje optimalnog rasporeda stajališta i njihovog broja posebno zahtjevan posao, koji se treba obaviti u okviru prometnog projekta linije (Slika 6).



Slika 6. Trasa tramvajske linije 9 u Gradu Zagrebu. Izvor: (10)

### 3.2 Terminali

Terminali su krajnje stanice na liniji (Slika 7 i Slika 8) na kojima vozila JGPP-a mijenjaju smjer kretanja. Naziv terminala u pravilu odgovara nazivu širega područja kojemu gravitira ili nekom značajnijem odredištu/izvorištu putničke prijevozne potražnje, kao primjerice škola, bolnica, željeznički kolodvor i sl. Terminali imaju i druge funkcije (1):

- služe za izravnjanje vremenskih neravninomjernosti u kretanju vozila (zbog zastoja i zagušenja u prometu), a postiže se kraćim ili dužim čekanjem,
- služe kao točke za kontrolu točnosti kretanja vozila u odnosu na postavljeni vozni red. Stajalište je mjesto na liniji na kojima se zaustavljaju vozila, prilagođeno za izlaz i ulaz putnika u i iz vozila JGP-a.



Slika 7. Terminal Borongaj. Izvor: autor



Slika 8. Terminal Ljubljana. Izvor: autor

### 3.3 Stajališta

Stajalište je mjesto na liniji na kojima se zaustavljaju vozila, prilagođeno za izlaz i ulaz putnika u i iz vozila JGPP-a. Stajalište se uspostavlja na mjestima koja su jaki izvori ili odredišta putnika, kao što su (1):

- željeznički i međugradski autobusni kolodvori,
- robne kuće, bolnice, veće tvrtke i institucije,
- međustajališni razmak pri tome je različit, a njihova aritmetička sredina na



jednoj liniji je prosječni međustajališni razmak.

Stajališta mogu biti (1):

- stalna (vozila na njima obavezno staju neovisno ima li ili nema putnika za ulaz ili izlaz; u pravilu se nalaze u gradskom području),
- prema potrebi (vozila na njima staju samo ako ima putnika za ulaz, odnosno izlaz; u pravilu se nalaze na prigradskome području s manjom frekvencijom putnika).

Stajalište mora biti označeno stajališnom oznakom koja se postavlja na kraju stajališnog perona gledano u smjeru vožnje. Ukupno na mreži javnog prijevoza ZET-a postoje 2217 stajališta. Na mreži tramvajskih linija ukupno je 218 stajališta, a dužina srednjeg međustaničnog razmaka iznosi 462 m (minimalan 100 i maksimalan 1218 m). Stajališta moraju imati osnovna obilježja da bi se na njima putnik mogao informirati o mogućnostima prijevoza, osigurati udobno čekanje te siguran ulazak odnosno izlazak iz prijevoznog sredstva (3).

Kvaliteta pružanja usluge korisnicima i brzina prijevoza na liniji značajno ovise o udaljenosti između dva stajališta. Kada se odlučuje koliko na nekoj liniji treba biti stajališta, važno je spoznati da stajalište izaziva gubitak vremena zbog (1):

- kočenja pri približavanju stajalištu,
- ulazaka i izlazaka putnika iz prijevoznog sredstva,
- ponovnog ubrzavanja vozila do prosječne brzine vožnje.

Tablica 2 i Tablica 3 prikazuju udaljenosti između stajališta za oba smjera linije 9.

*Tablica 2. Izmjerene međustajališne udaljenosti u smjeru Ljubljana. Izvor: autor*

redni broj	stajalište	šifra	duljina u metrima
1.	Svetice	SVETICZX	423
2.	Harambašičeva	HARAMBZS	373
3.	Šulekova	SULEKOZS	219
4.	Heinzelova	HEINZLZS	366
5.	Tuškanova	TUSKANZS	432
6.	Šubičeva	SUBICEZS	593
7.	Trg Žrtava Fažizma	TRGZRTZS	296
8.	Sheraton	SHERATZS	667

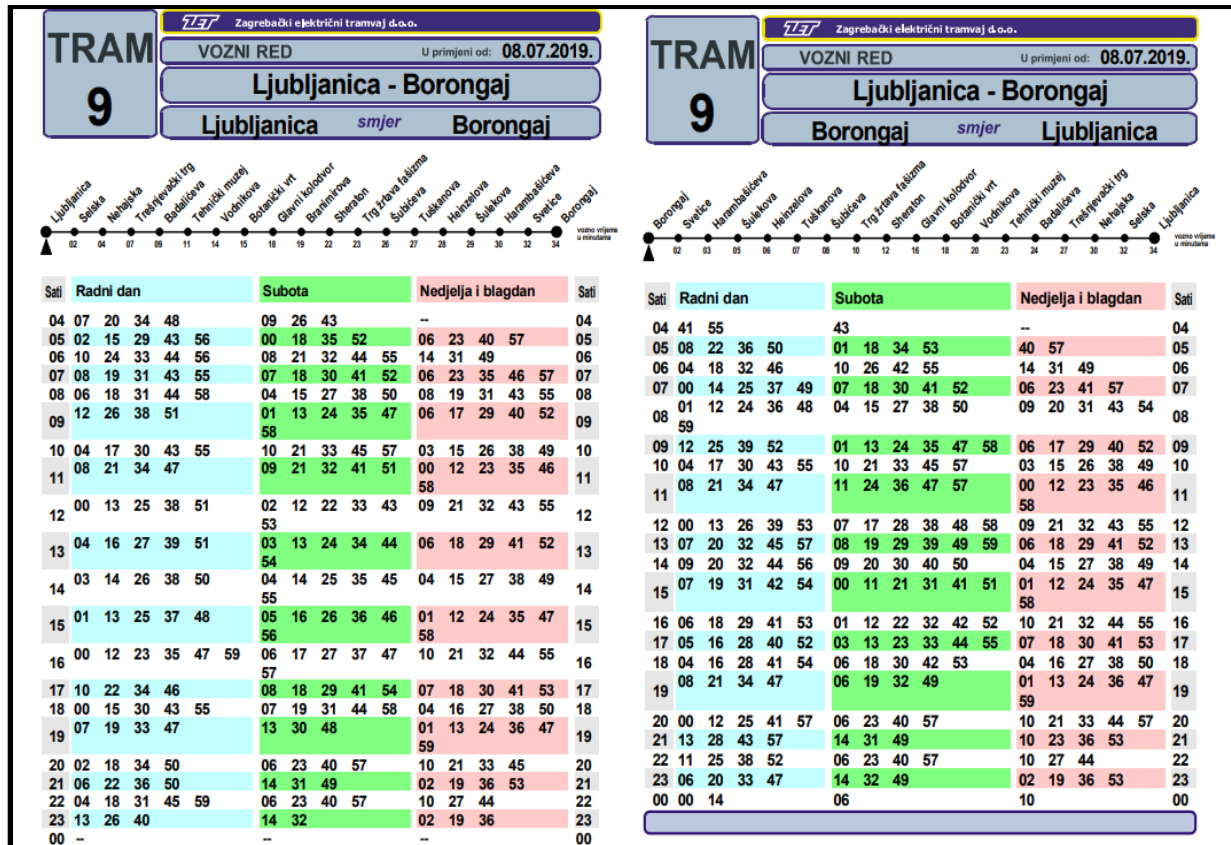
<b>redni broj</b>	<b>stajalište</b>	<b>šifra</b>	<b>duljina u metrima</b>
9.	Glavni Kolodvor	GLAVNIZS	568
10.	Botanički Vrt	BOTANIZS	385
11.	Vodnikova	VODNIKZS	547
12.	Tehnički Muzej	TEHNICZS	417
13.	Badalićeva	BADALIZS	359
14.	Trešnjevački Trg	TRESNJEZS	457
15.	Nehajska	NEHAJSZS	585
16.	Selska	SELSKAZS	317
17.	Ljubljana izlaz	LJUBLJAZT	415
18.	Ljubljana	LJUBLJAIX	254

*Tablica 3. Izmjerene međustajališne udaljenosti u smjeru Borongaj. Izvor: autor*

<b>redni broj</b>	<b>stajalište</b>	<b>šifra</b>	<b>duljina u metrima</b>
1.	Selska	SELSKAIS	254
2.	Nehajska	NEHAJSIS	585
3.	Trešnjevački Trg	TRESNJEIS	457
4.	Badalićeva	BADALIIS	359
5.	Tehnički Muzej	TEHNICIS	417
6.	Vodnikova	VODNIKSS	547
7.	Botanički Vrt	BOTANIIS	385
8.	Glavni Kolodvor	GLAVNIIS	568
9.	Branimirova	BRANIMIS	378
10.	Sheraton	SHERATIS	322
11.	Trg Žrtava Fašizma	TRGZRTIS	304
12.	Šubićeva	SUBICEIS	472
13.	Tuškanova	TUSKANIS	281
14.	Heinzelova	HEINZLIS	306
15.	Šulekova	SULEKOIS	279
16.	Harambašićeva	HARAMBIS	335
17.	Svetice	SVETICIS	379
18.	Borongaj izlaz	BORONGIT	458
19.	Borongaj	BORONGZX	159

## 4 DINAMIČKI ELEMENTI LINIJE

Dinamički elementi prometne usluge na liniji se utvrđuju voznim redom koji se mijenja prema prijevoznim zahtjevima na liniji (Slika 9).

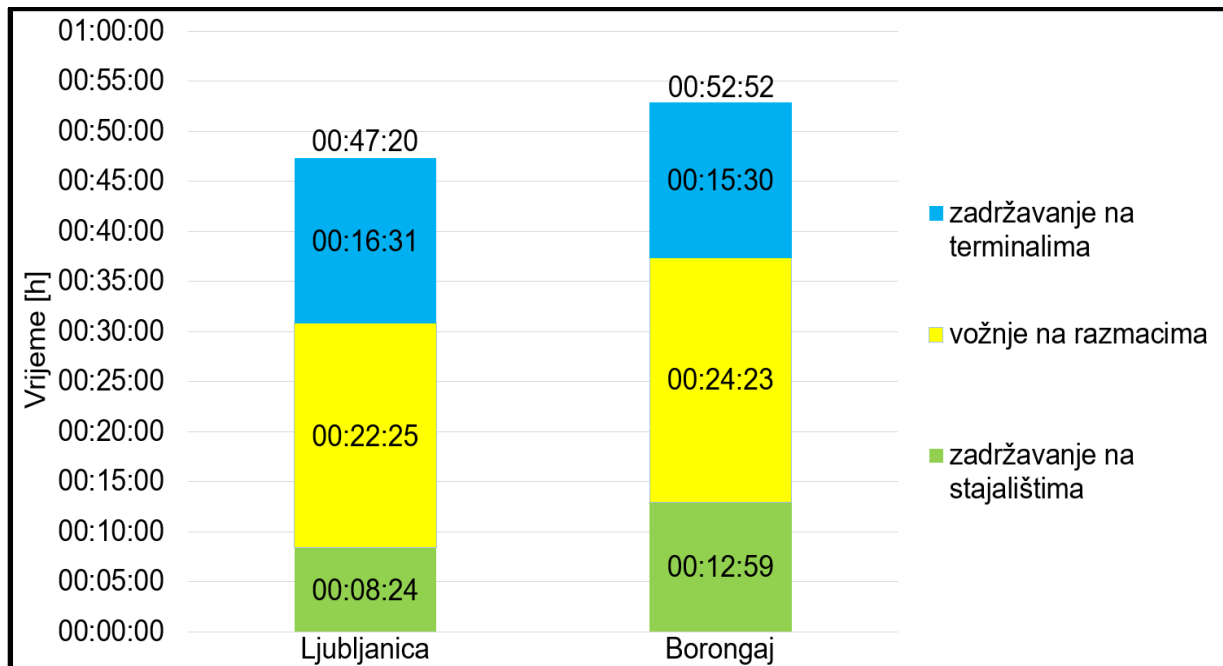


Slika 9. Vozni red tramvajske linije 9. Izvor: (10)

Dijele se na osnovne dinamičke elemente, a to su broj vozila i vrijeme obrta te na izvedene elemente, interval vozila i frekvenciju (1). Broj vozila na radu određuje se rasporedom vožnje na osnovi prijevoznih zahtjeva i mijenja se u skladu s promjenama prijevoznih zahtjeva. Kod linijskog prijevoza tok vozila je diskontinuiran te ga je teško matematički definirati.

Vrijeme trajanja vožnje, kao i zadržavanje na stajalištima, kraće je u smjeru Ljubljana, kao što prikazuje Grafikon 1. Razlog tome je što je veći priljev putnika sa zapadnog dijela grada, pa se u smjeru Borongaj razvija veća gužva. Zbog toga je ukupno trajanje vožnje u smjeru Borongaj (52:52) za 5 minuta i 30 sekundi duže od trajanje vožnje u smjeru Ljubljana (47:20), bez obzira što je duljina trase jednaka u oba smjera. Zadano vrijeme poluobrtu prema voznom redu u smjeru Ljubljana je 47 minuta i 20 sekundi, a u smjeru Borongaj 52 minute i 52 sekunde. Vrijeme obrta

prema zadanom voznom redu je 100 minuta i 12 sekundi.



Grafikon 1. Vrijeme vožnje i zadržavanja na stajalištima i terminalima u oba smjera.  
Izvor: autor

Pomoću formule za vrijeme obrta dobije se ukupno vrijeme zadržavanja na terminalima:

$$\Sigma t_t = T_0 - \Sigma t_v - \Sigma t_{\check{c}ui} \quad (1)$$

$\Sigma t_t$	ukupno vrijeme zadržavanja na terminalima vrijeme obrta ukupno vrijeme vožnje ukupno vrijeme zadržavanja na stajalištima
$T_0$	
$\Sigma t_v$	
$\Sigma t_{\check{c}ui}$	

$$\Sigma t_v = t_{v1} + t_{v2} \quad (2)$$

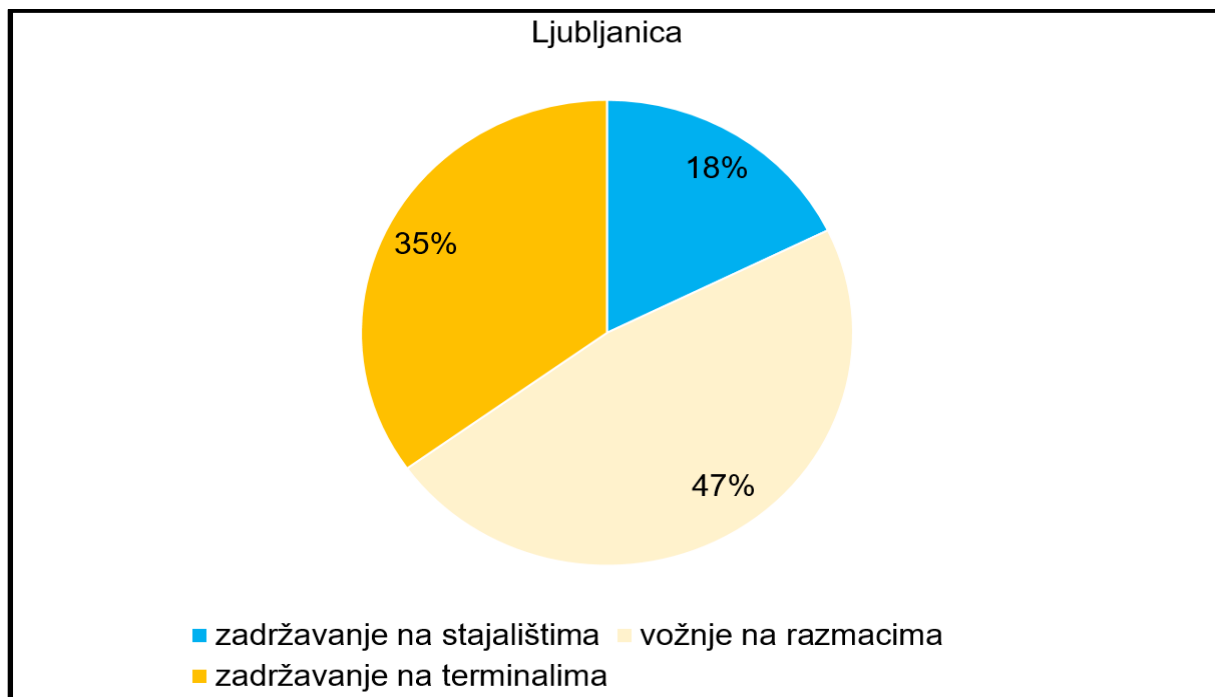
$\Sigma t_v$	ukupno vrijeme vožnje vrijeme vožnje u smjeru A vrijeme vožnje u smjeru B
$t_{v1}$	
$t_{v2}$	

$$\Sigma t_{\check{c}ui} = t_{\check{c}ui1} + t_{\check{c}ui2} \quad (3)$$

$\Sigma t_{\check{c}ui}$	ukupno vrijeme zadržavanja na stajalištima vrijeme zadržavanja na stajalištima smjeru A vrijeme zadržavanja na stajalištima smjeru B
$t_{\check{c}ui1}$	
$t_{\check{c}ui2}$	

Ukupno vrijeme zadržavanja na terminalima je vrijeme koje je potrebno da se vozači tramvaja odmore i krenu sa terminala u novu vožnju po trasi te iznosi u prosjeku 14 minuta. Ukupno vrijeme vožnje je ukupno vrijeme za koje je tramvaj

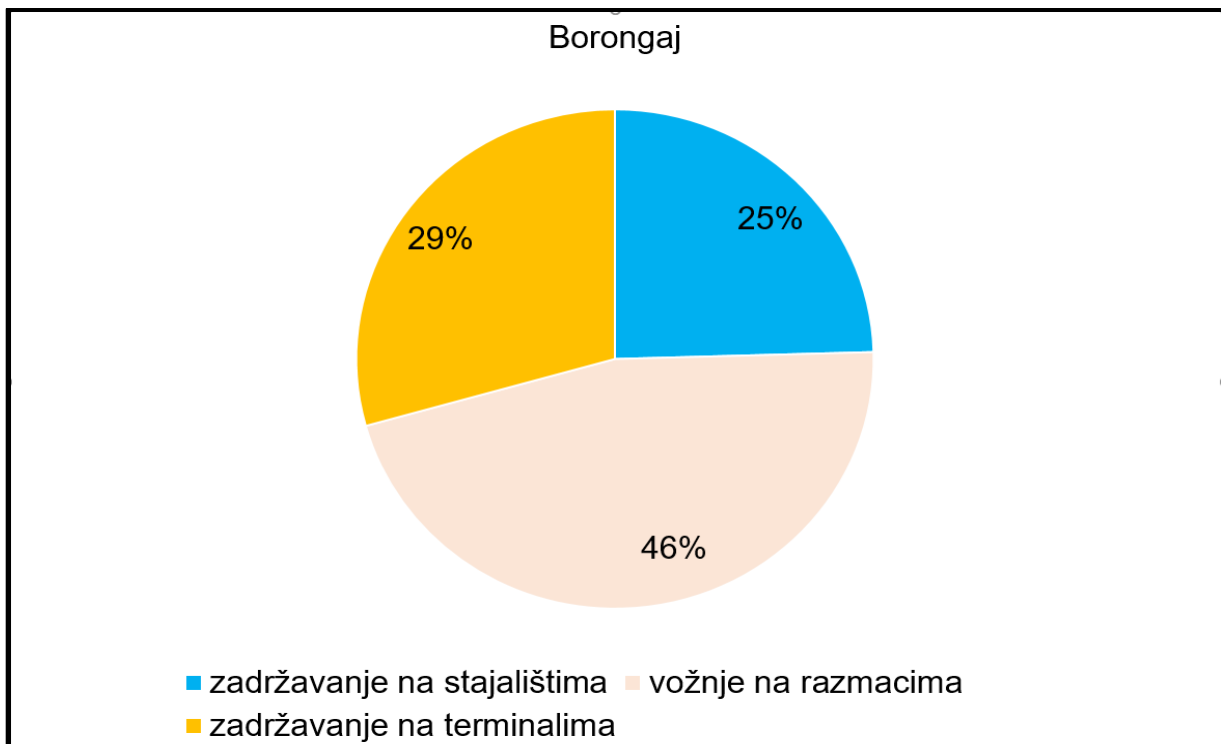
vozio po trasi, ne računajući vremena stajanja na stajalištima, vremena zadržavanja na terminalima i vremena čekanja ispred raskrižja, te ono iznosi 29 minuta u oba smjera. Ukupno vrijeme zadržavanja na stajalištima iznosi 6 minuta i to je vrijeme koje je potrebno da putnici izađu iz tramvaja i da novi putnici uđu.



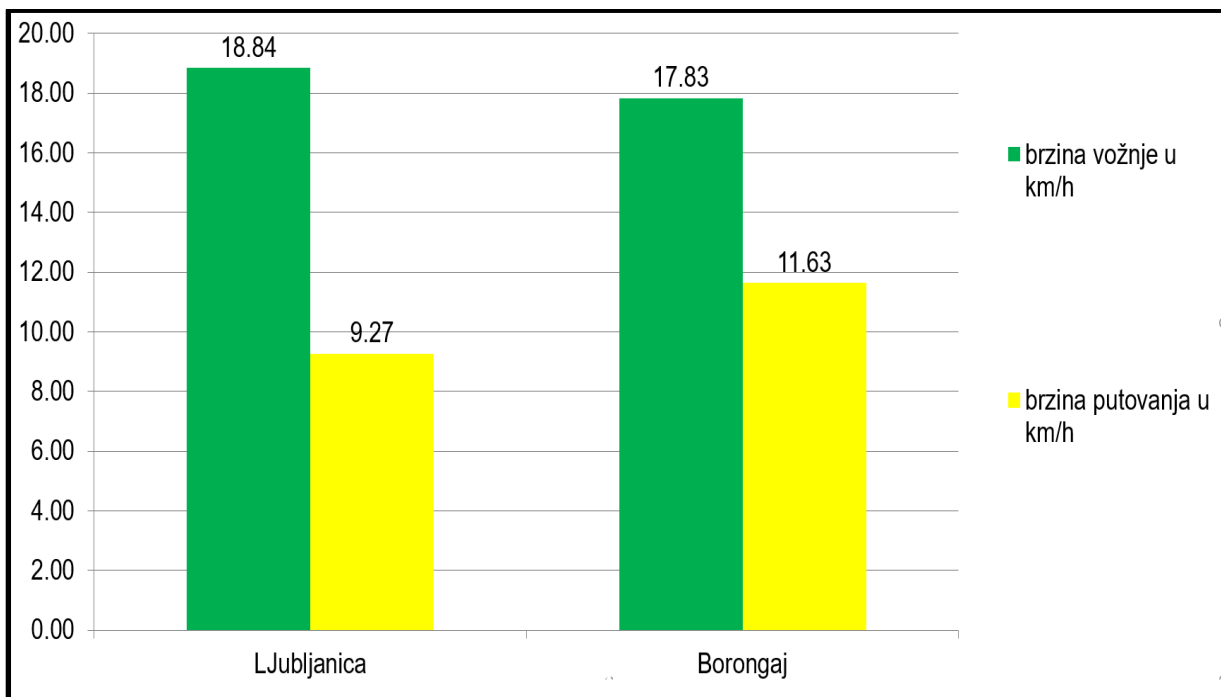
*Grafikon 2. Zadržavanja i vožnje na stajalištima i terminalima u smjeru Ljubljana.*  
*Izvor: autor*

Promatrajući Grafikon 2 i Grafikon 3 vidljivo je da je zadržavanje na terminalu u smjeru Borongaj (29%) manje od zadržavanje na terminalu u smjeru Ljubljana (35%) za 6%. Razlog tome je što je na okretištu Ljubljana i spremište tramvaja i samo je jedan kolosjek za odlazne tramvaje, pa se vozači ne smiju predugo zadržavati na terminalu. Vožnja u razmacima je skoro identična (46% i 47%), s obzirom da su razmaci između stanica jednaki u oba smjera.

Razlika u zadržavanju na stajalištima je 7%, u smjeru Borongaj iznosi 25%, a u smjeru Ljubljana 18%. Razlog tome je što su mjerenja obavljena za vrijeme veće gužve i protoka putnika u smjeru Borongaj. Također, na najgušćim stajalištima u kratkom vremenu nalazi se više tramvajskih linija pa se tramvaji ne smiju previše zadržavati. Primjer toga je stajalište glavni kolodvor, gdje prometuje 5 tramvajskih linija (2, 4, 6, 9 i 13).



*Grafikon 3. Zadržavanja i vožnje na stajalištima i terminalima u smjeru Borongaj. Izvor: autor*



*Grafikon 4. Prikaz brzine vožnje i brzine putovanja. Izvor: autor*

Grafikon 4 je dobiven pomoću udaljenosti između stajališta i vremena polazaka i odlazaka sa stajališta zabilježenih pomoću GPS lokatora. Brzina vožnje je prosječna brzina koju tramvaj postigne kod putovanja između dvaju stajališta na trasi, dok je brzina putovanja prosječna brzina koju tramvaj postigne pri putovanju između

početne i krajnje točke na liniji.

Za smjer prema terminalu Ljubljana brzina putovanja je manja za 9.5 km/h u odnosu na brzinu vožnje, dok je za smjer prema terminalu Borongaj brzina putovanja manja za 6.2 km/h u odnosu na brzinu vožnje. S obzirom da je brzina putovanja u gradskim uvjetima za tramvaje i autobuse najčešće oko 10 km/h, brzina za ovu liniju je u granicama te zadovoljava normative.

Izvedeni elementi se slijed i frekvencija:

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

$i$  interval  
 $T_0$  vrijeme obrta  
 $N$  broj vozila na liniji gradskog prijevoza

$$f = \frac{N}{T_0} \quad (5)$$

$f$  frekvencija  
 $T_0$  vrijeme obrta  
 $N$  broj vozila na liniji gradskog prijevoza

Interval je vremenski razmak između dvaju uzastopnih vozila na liniji javnog gradskog prijevoza. Dobije se kao odnos vremena obrta i broja vozila na radu. Frekvencija je važna karakteristika sustava javnog prijevoza, a naziva se još i učestalost. Definira se kao ukupan broj vozila koja u jedinici vremena prođu kroz određenu točku linije (1). Na liniji 9 tijekom normalnog odvijanja prometa interval iznosi 10 minuta što je zadovoljavajuće za putnike koji prometuju linijom. Frekvencija vozila iznosi oko 6 voz/h. Za vrijeme vršnih sati interval se značajno produljuje zbog duljeg vremena ulaznja i izlaza putnika iz tramvaja.

## 5 BROJENJE PUTNIKA NA LINIJI

Brojenje putnika na linije je provedeno u dva radna dana 05.06.2018 i 12.06.2018 u jutarnjim satima između 06:30 do 08:30 koliko je otprilike potrebno tramvaju da napravi puni obrt (Tablica 4, Tablica 5, Tablica 6 i Tablica 7).

*Tablica 4. Broj putnika koji ulaze i izlaze iz tramvaja u smjeru Ljubljana (12.06.2018.). Izvor: autor*

redni broj	stajalište	šifra	ušli	izašli
1.	Svetice	SVETICZX	1	1
2.	Harambašičeva	HARAMBZS	1	2
3.	Šulekova	ŠULEKOZS	0	2
4.	Heinzelova	HEINZLZS	2	1
5.	Tuškanova	TUŠKANZS	0	1
6.	Šubičeva	ŠUBIČEVS	5	4
7.	Trg Žrtava Fašizma	TRGŽRTZS	5	4
8.	Sheraton	SHERATZS	1	5
9.	Glavni Kolodvor	GLAVNIZS	15	18
10.	Botanički Vrt	BOTANIZS	1	1
11.	Vodnikova	VODNIKZS	1	3
12.	Tehnički Muzej	TEHNIČZS	7	4
13.	Badaličeva	BADALIZS	1	2
14.	Trešnjevački Trg	TREŠNJEVS	5	10
15.	Nehajska	NEHAJSZS	5	4
16.	Selska	SELSKAZS	6	4
17.	Ljubljana izlaz	LJUBLJAZT	0	31
18.	Ljubljana	LJUBLJAIX	46	0

Na okretištu Borongaj, što je ujedno i prvo stajalište polaska u smjeru Ljubljana ušla je 41 osoba. Stajalište s najviše ulazaka i izlazaka putnika iz tramvaja je stajalište Glavni kolodvor, što je i logično jer se nalazi u blizini željezničkog i autobusnog kolodvora kroz koje svakodnevno prolazi velik broj ljudi. U suprotnom smjeru prema Borongaju, na okretištu Ljubljana ušlo je 46 osoba. Za izradu svih grafikona uzeta su brojanja za dan 12.06.2018.

*Tablica 5. Broj putnika koji ulaze i izlaze iz tramvaja u smjeru Borongaj (12.06.2018.). Izvor: autor*

redni broj	stajalište	šifra	ušli	izašli
1.	Selska	SELSKAIS	16	0
2.	Nehajska	NEHAJSIS	9	5



redni broj	stajalište	šifra	ušli	izašli
3.	Trešnjevački Trg	TREŠNJEIS	10	2
4.	Badalićeva	BADALIIS	6	2
5.	Tehnički Muzej	TEHNIČIS	4	7
6.	Vodnikova	VODNIKSS	10	6
7.	Botanički Vrt	BOTANIIS	5	5
8.	Glavni Kolodvor	GLAVNIIS	23	15
9.	Branimirova	BRANIMIS	3	8
10.	Sheraton	SHERATIS	6	11
11.	Trg Žrtava Fašizma	TRGŽRTIS	6	16
12.	Šubićeva	ŠUBIČEIS	15	4
13.	Tuškanova	TUŠKANIS	2	4
14.	Heinzelova	HEINZLIS	3	4
15.	Šulekova	ŠULEKOIS	2	9
16.	Harambašićeva	HARAMBIS	3	19
17.	Svetice	SVETICIS	1	33
18.	Borongaj izlaz	BORONGIT	0	20
19.	Borongaj	BORONGZX	41	0

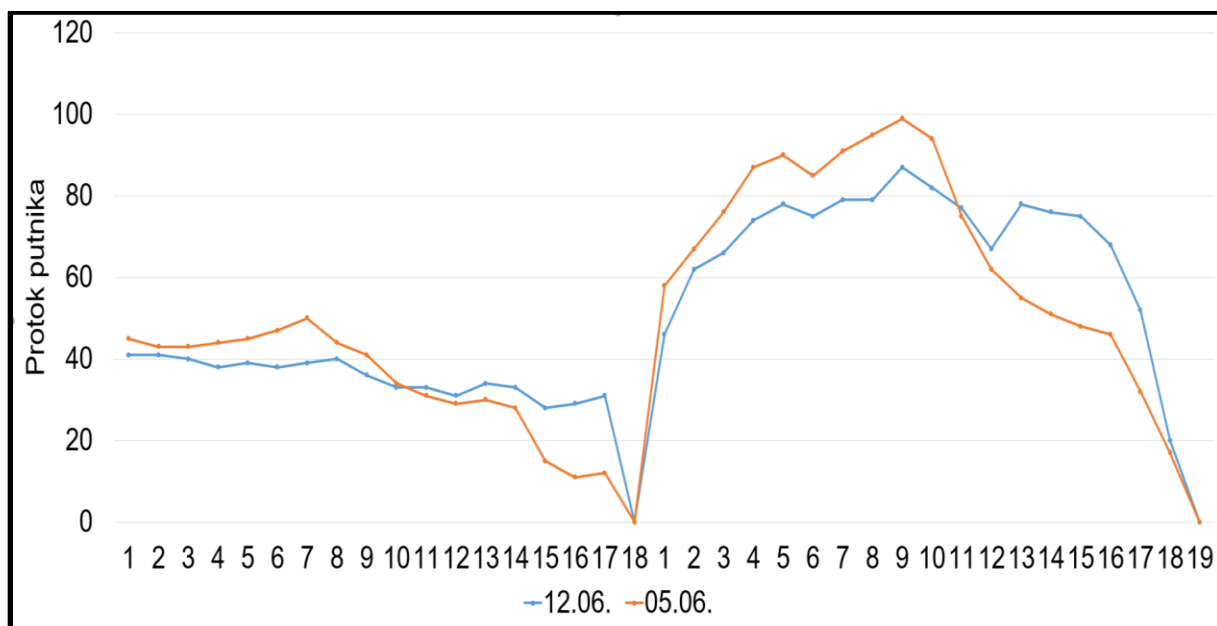
Tablica 6. Broj putnika koji ulaze i izlaze iz tramvaja u smjeru Ljubljana (05.06.2018.). Izvor: autor

redni broj	stajalište	šifra	ušli	izašli
1.	Svetice	SVETICZX	2	4
2.	Harambašićeva	HARAMBZS	4	4
3.	Šulekova	ŠULEKOZS	2	1
4.	Heinzelova	HEINZLZS	6	5
5.	Tuškanova	TUŠKANZS	3	1
6.	Šubićeva	ŠUBIČEZS	5	2
7.	Trg Žrtava Fašizma	TRGŽRTZS	1	7
8.	Sheraton	SHERATZS	3	6
9.	Glavni Kolodvor	GLAVNIZS	5	12
10.	Botanički Vrt	BOTANIZS	1	4
11.	Vodnikova	VODNIKZS	3	5
12.	Tehnički Muzej	TEHNIČZS	4	3
13.	Badalićeva	BADALIZS	0	2
14.	Trešnjevački Trg	TREŠNJEZS	4	17
15.	Nehajska	NEHAJSZS	1	5
16.	Selska	SELKAZS	3	2
17.	Ljubljana izlaz	LJUBLJAZT	0	12
18.	Ljubljana	LJUBLJAIX	58	0

Tablica 7. Broj putnika koji ulaze i izlaze iz tramvaja u smjeru Borongaj (05.06.2018.). Izvor: autor

redni broj	stajalište	šifra	ušli	izašli
1.	Selska	SELKAIS	9	0

redni broj	stajalište	šifra	ušli	izašli
2.	Nehajska	NEHAJSIS	10	1
3.	Trešnjevački Trg	TREŠNJEIS	14	3
4.	Badalićeva	BADALIIS	4	1
5.	Tehnički Muzej	TEHNIČIS	8	13
6.	Vodnikova	VODNIKSS	19	13
7.	Botanički Vrt	BOTANIIS	6	2
8.	Glavni Kolodvor	GLAVNIIS	24	20
9.	Branimirova	BRANIMIS	0	5
10.	Sheraton	SHERATIS	0	19
11.	Trg Žrtava Fašizma	TRGŽRTIS	3	16
12.	Šubićeva	ŠUBIČEIS	0	7
13.	Tuškanova	TUŠKANIS	1	5
14.	Heinzelova	HEINZLIS	3	6
15.	Šulekova	ŠULEKOIS	0	2
16.	Harambašićeva	HARAMBIS	0	14
17.	Svetice	SVETICIS	0	15
18.	Borongaj izlaz	BORONGIT	0	17
19.	Borongaj	BORONGZX	45	0

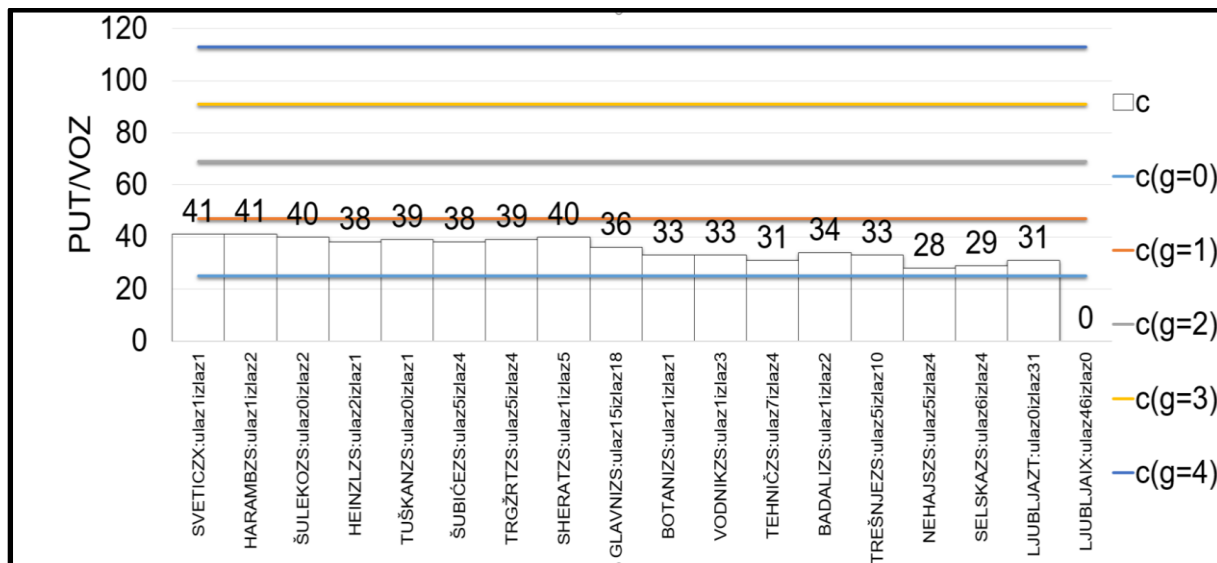


Grafikon 5. Prikaz broja putnika za 12.06.2018. i 05.06.2018. Izvor: autor

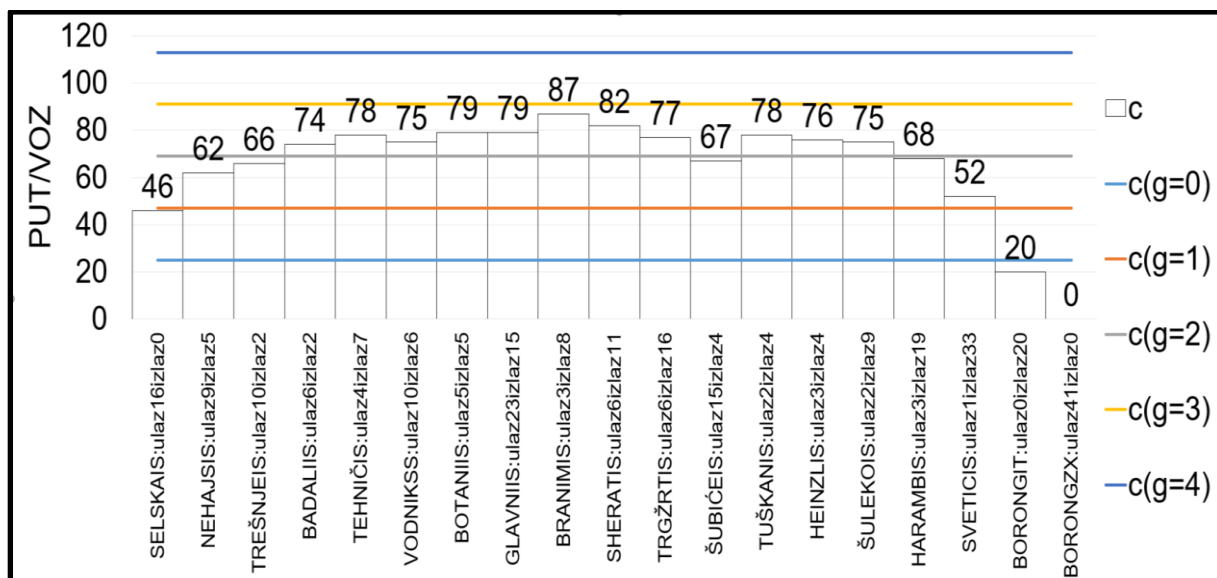
Kao što prikazuje Grafikon 5, na osi ordinati je broj putnika koji se nalaze u tramvaju, a na osi apcisa su redni brojevi stanica. Najveći broj putnika u tramvaju za dan 12.06.2018 iznosi 87, a za dan 05.06.2018 iznosi 99. Ostatak grafikona napravljen je prema podacima izmjenjenim za dan 12.06.2018 kada je bio manji broj ljudi u tramvaju nego 05.06.2018 iz razloga jer su, prema procjeni, ti podaci točniji i bolje prikazuju stvarnu situaciju izmjene putnika. U oba grafikona za oba dana vidljivo

je da je najveći protok putnika na stajalištu Glavni kolodvor. Nakon tog stajališta protok putnika postepeno se smanjuje sve do zadnjeg stajališta i izlaska svih putnika iz vozila.

Grafikon 6 i Grafikon 7 prikazuju  $c(g=0)$  koji predstavlja maksimalan broj sjedećih mjesta u tramvaju. Popunjenosti pri gustoći jednog, dva i tri stajaća putnika na metar kvadratni su  $c(g=1)$ ,  $c(g=2)$  i  $c(g=3)$ . Maksimalan broj putnika koji mogu biti u tramvaju je  $c(g=4)$ .



Grafikon 6. Izmjena putnika u smjeru Ljubljana. Izvor: autor



Grafikon 7. Izmjena putnika u smjeru Borongaj. Izvor: autor

Stupci u grafikonu predstavljaju trenutni broj putnika koji se nalaze u tramvaju između dva stajališta linije, a ispod grafikona su šifre svakog stajališta s podacima koliko je putnika ušlo odnosno izašlo iz tramvaja dobivene brojenjem putnika na liniji. Kod grafikona koji prikazuje smjer Borongaj - Ljubljana je postepeno smanjivanje

broja putnika sa svakim nadolazećim stajalištem jer su mjerenja koja su rađena za taj smjer odrađena prije vršnih sati sa najvećom gužvom (prije odlazaka na posao, u školu, na fakultet, itd.).

Kod drugog grafikona uočavaju se aktivnosti putnika koji iz zapadnog dijela grada koriste liniju za odlazak na posao ili školovanje. Već je na početnom terminalu Ljubljana u tramvaju 46 putnika. Broj se postepeno povećava sve do stajališta Branimirova. Razlog tome je što je stajalište Glavni kolodvor u centru i ljudi iz zapadnog dijela grada ovu liniju koriste uglavnom da dođu do tog stajališta. Nakon toga vidi se postepeni pad broja putnika sve do terminala Borongaj.

Sukladno tome, u prvom grafikonu je veći broj putnika od maksimalnog broja sjedećih mjesta sve do stajališta Nehajska, dok je u drugom smjeru situacija još izraženija te većina putnika ne može sjediti. Što se tiče popunjenosti stajace površine, u smjeru Borongaj – Ljubljana relativno mali broj putnika stoji u periodu kad je broj putnika najveći, te ne prelazi vrijednosti popunjenosti pri gustoći putnika  $c(g=1)=47$ ,  $c(g=2)=69$ ,  $c(g=3)=91$  i  $c(g=4)=113$ . Ukupan broj prevezenih putnika 12.06.2018 u smjeru okretišta Ljubljana je 97 putnika, a u smjeru okretišta Borongaj 155 putnika. Stvarno opterećenje linije izražava se protokom putnika i služi kao važan pokazatelj pri planiranju javnog gradskog prijevoza. Ukupan protok putnika u smjeru Ljubljana je 604, a maksimalan protok 41. Za smjer Borongaj ukupan protok putnika je 1241, a maksimalan 87. Brojenje je obavljeno u jutarnjim vršnim satima te je sjedeća popunjenost vozila iskorištena u potpunosti već na prvom stajalištu.

U nastavku slijedi grafikon koji prikazuje popunjenost površine u tramvaju odnosno vrijednosti gustoće stajaćih putnika, nulte i prosječne gustoće koje su dobivene pomoću formula za statički kapacitet vozila. Gustoća stajaćih putnika koja se sastoji od broja sjedećih mjesta ( $s$ ), stajace površine ( $p$ ) i broja putnika ( $c$ ) iznosi:

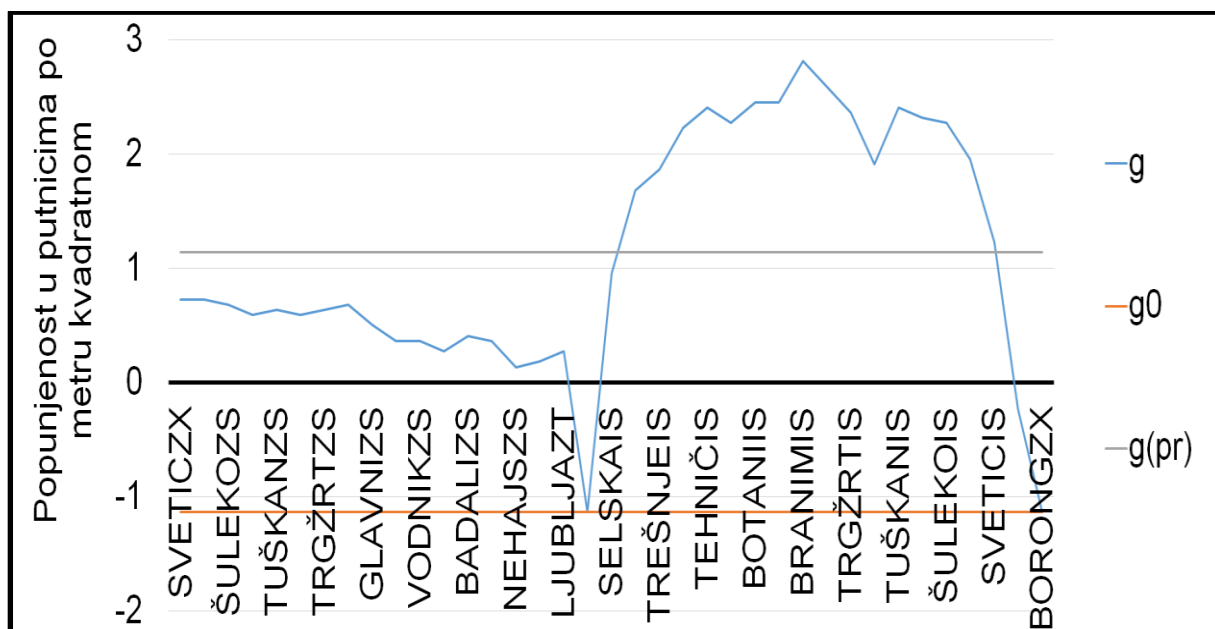
$$c_g = s + p * g \Leftrightarrow g = \frac{c_g - s}{p} \quad (6)$$

$c_g$	broj putnika kao funkcija zauzeća u putnicima po vozilu
$s$	broj sjedećih mjesta u putnicima po vozilu
$p$	stajaca površina vozila u metrima kvadratnim po vozilu
$g$	zauzeće vozila u putnicima po metru kvadratnom

Nulta gustoća stajaćih putnika iznosi:

$$g_0 = -\frac{s}{p} \quad (7)$$

$g_0$  nulta gustoća stajaćih putnika  
 $s$  broj sjedećih mjesta u putnicima po vozilu  
 $p$  stajaća površina vozila u metrima kvadratnim po vozilu



Grafikon 8. Popunjenost vozila. Izvor: autor

Nulta gustoća  $g(0)$  (Grafikon 8) označena žutom bojom predstavlja gustoću pri kojoj je vozilo prazno, a dobije se kao omjer broja sjedećih mjesta koji iznosi 25 i stajaće površine koja iznosi 22 te u ovom slučaju iznosi  $-1.1 \text{ put/m}^2$ . Prosječna gustoća  $g(\text{pr})$  označena zelenom bojom nije aritmetička sredina nego uzima u obzir duljine razmaka između stajališta i gustoće stajaćih putnika  $g$  te iznosi  $1.1 \text{ put/m}^2$ . Vrijednosti gustoće stajaćih putnika označene sivom bojom su pozitivne sve do terminala Ljubljana kada nastupaju negativne vrijednosti što znači da su do tada sva raspoloživa sjedeća mjesta bila zauzeta. Najveća vrijednost gustoće stajaćih putnika je  $2.8 \text{ put/m}^2$  od stajališta glavni kolodvor do stajališta Branimirova, a najmanja vrijednost gustoće stajaćih putnika je  $-1.1 \text{ put/m}^2$  na terminalima Borongaj i Ljubljana.

## 6 KARAKTERISTIKE PUTNIČKIH TOKOVA

Informacije o protoku putnika dobivaju se samim brojanjem ulazaka i izlazaka putnika na stajalištima. Neravnomjernost protoka putnika  $n_q$  je najznačajnija karakteristika protoka te se može izračunati kao omjer maksimalnog i prosječnog protoka putnika:

$$n_q = \frac{q_{max}}{q_{pr}} \quad (8)$$

$n_q$  — neravnomjernost protoka  
 $q_{max}$  — maksimalan protok putnika  
 $q_{pr}$  — prosječni protok putnika

Tablica 8. Izračun karakteristika putničkih tokova. Izvor: autor

veličina	smjer Ljubljana	smjer Borongaj
ukupan broj putnika	97	155
Duljina linije	7673 m	7673 m
maksimalan protok putnika	41	87
ukupan protok	604	1241
prosječan protok	33.55	65.32
neravnomjernost protoka	1.22	1.33
koeficijent izmjene	2.36	1.78
prosječna duljina vožnje	2.6 km	3.2 km

Prosječan protok putnika veći je u smjeru Borongaj što je i logično zbog većeg ukupnog broja putnika u tramvaju. Koeficijent izmjene je odnos ukupnog broja putnika i maksimalnog protoka putnika. Duljina linije je jednaka u oba smjera što je karakteristično za tramvajski promet. Zbog koeficijenta neravnomjernosti putnika i koeficijenta izmjene prosječna duljina vožnje nije jednaka u oba smjera, te je veća u smjeru Borongaj. Za koeficijente izmjene se može reći da su zadovoljavajući usprkos činjenici da tramvaj prolazi kroz centar grada (Tablica 8). Ukupna duljina trase je 15 346 m i na njoj se nalazi 18 stajališta u smjeru Ljubljana, te 19 stajališta u smjeru Borongaj. Dana 12.06.2018 ukupan broj putnika prevezenih tramvajem 9 iznosio je 97 u smjeru Ljubljana, dok je u suprotnom smjeru prema Borongaju iznosio 155.

Kapacitet sjedećih mjesta u tramvaju 9 je 25 iz čega se zaključuje da je već i u jutarnjim satima (6:30) sav broj sjedećih mjesta bio popunjen do maksimuma zbog

velikog broja ljudi koji dolaze na posao u 8:00. Prosječna duljina vožnje je značajno veća u smjeru Borongaj iz razloga jer je koeficijent izmjene značajnije manji nego u smjeru Ljubljana.

## 7 ZAKLJUČAK

Ovim završnim radom opisana je prometno-tehnička analiza tramvajske linije 9 u Gradu Zagrebu. Proučavajući vremena poluobrta za jedan i drugi smjer u vremenu obavljanja brojanja putnika može se zaključiti da je vrijeme putovanja u smjeru Borongaj duže nego vrijeme putovanja u smjeru Ljubljana. Razlog tome je veći broj automobila koji se nalazio na ulicama tijekom vremena brojanja i zbog većeg broja stanovnika u zapadnom dijelu grada.

Na stajalištu Glavni kolodvor protok putnika je maksimalan jer je zbog blizine autobusnog i željezničkog kolodvora navedeno stajalište velik atraktor putnika iz okolice grada Zagreba. Linija 9 je jedna od najbitnijih linija u Gradu Zagrebu jer povezuje istočni i zapadni dio grada i prolazi kroz neke od najbitnijih poslovnih, kulturnih i trgovačkih središta koja se nalaze u gradu i koja privlače veće mase ljudi. Rezultati mjerenja ukazuju da je gustoća putnika u tramvaju 9 u vršnim satima velika kroz cijeli dan, ali isto tako iskorištenost linije je zadovoljavajuća u usporedbi s drugim tramvajskim linijama. Linija je koordinirana za učinkovito prometovanje i usklađena sa željama putovanja jer prolazi kroz bitna odredišta u gradu. Prelaženje preko trasa je jednostavno, brzo i sigurno te su iz tog razloga presjedanja lako moguća.

Najveći nedostatak linije 9 je taj što se već u ranim jutarnjim satima popunjuje maksimalan sjedeći kapacitet, dok se stajači također približava visokoj vrijednosti. Iz tog razloga udobnost i zadovoljstvo ljudi je na niskoj razini. Uzeći u obzir navedene nedostatke iskorištenost linije je vrlo zadovoljavajuća, te linija 9 na dnevnoj bazi preveze velik broj putnika i samim time se smatra jednom od zauzetijih i bitnijih linija u Gradu Zagrebu.

Moguća rješenja poboljšanja trase linije 9 i smanjivanje vremena putovanja te vremena vožnje su teško ostvariva iz razloga jer linija prolazi kroz središte grada gdje postoji malo prostora za izgradnju posebnih kolnika koji daju pravo prednosti javnom gradskom prometu ili bilo kakvih drugih građevinskih rješenja. Periferija grada nema takav problem zbog dugih avenija koje prolaze njom. Način poboljšanja smetnji tramvajskog prometa u Gradu Zagrebu bi bilo ukidanje poprečnih pješačkih prijelaza te izgradnja pothodnika i nathodnika kako bi pješaci prelazili ulice bez ometanja tramvajskog prometa. Zatvaranje strogog centra grada za motorni promet bi bio najbolja solucija poboljšanja tramvajskog prometa, no to je trenutno neizvedivo zbog



raznih interesnih skupina trenutne izvedbe prometnica i parkirnih mjesta.

## Literatura

- [1] M. Rajsman, Osnove tehnologije prometa Gradski promet, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu Fakultet prometnih znanosti, 2012.
- [2] Prometna zona, »ZET,« Prometna zona, 07 06 2018. [Mrežno]. Available: <https://www.prometna-zona.com/zet/>. [Pokušaj pristupa 05 09 2020].
- [3] M. Kamenjašević, »Analiza tramvajske mreže grada Zagreba (diplomski rad),« Sveučilište u Zagrebu Prometni odjel, Zagreb, 2004.
- [4] ZGportal, »ZGportal Zagreb danas,« ZG portal, 13 08 2020. [Mrežno]. Available: <https://www.zgportal.com/zgvijesti/u-nedjelju-16-kolovoza-tramvaj-nece-voziti-novim-zagrebom-a-4-9-i-13-voze-obilazno/>. [Pokušaj pristupa 05 09 2020].
- [5] Grad Zagreb, »Osnovni podaci,« 19 04 2017. [Mrežno]. Available: <https://www.zagreb.hr/osnovni-podaci/352>. [Pokušaj pristupa 03 09 2020].
- [6] Google Earth Pro, »Google Earth,« [Mrežno]. Available: <https://www.google.com/intl/hr/earth/download/gep/agree.html>. [Pokušaj pristupa 14 05 2018].
- [7] D. Šojat, »Javni gradski prijevoz u funkciji održive urbane mobilnosti,« 24 09 2014. [Mrežno]. Available: [https://www.fpz.unizg.hr/zgp/wp-content/uploads/2015/02/Zbornik-Analiza-autobusnog-podsustava-u-funkciji-odrzive-urbane-mobilnosti-Zagreb-prosinac-2014-ISBN-978-953-243-071-4.pdf?fbclid=IwAR1Df1ECDEIx\\_rDK3gNyySJHWH6-g6jiGBaMnm4Rmd\\_4d1WbiSIYOvsjxDM](https://www.fpz.unizg.hr/zgp/wp-content/uploads/2015/02/Zbornik-Analiza-autobusnog-podsustava-u-funkciji-odrzive-urbane-mobilnosti-Zagreb-prosinac-2014-ISBN-978-953-243-071-4.pdf?fbclid=IwAR1Df1ECDEIx_rDK3gNyySJHWH6-g6jiGBaMnm4Rmd_4d1WbiSIYOvsjxDM). [Pokušaj pristupa 23 07 2020].
- [8] G. Štefančić, Tehnologija gradskog prometa II, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu Fakultet prometnih znanosti, 2010.
- [9] G. Štefančić, Tehnologija gradskog prometa I, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu Fakultet prometnih znanosti, 2008.
- [10] Zagrebački električni tramvaj, »ZET,« ZET, [Mrežno]. Available: [ww.zet.hr](http://ww.zet.hr). [Pokušaj pristupa 27 06 2020].

## Popis slika

Slika 1. Model ČKD Tatra KT4. Izvor: (4).....	3
Slika 2. Ruta tramvajske Linije 9 zabilježena GPS lokatorom. Izvor: (6).....	4
Slika 3. Lokator GPS signala Seeworld GP-740FL. Izvor: (7).....	4
Slika 4. Linija JGP-a sa stajalištima i terminalima. Izvor: (8).....	5
Slika 5. Shematski prikaz klasifikacije linija JGP-a. Izvor: (1). .....	6
Slika 6. Trasa tramvajske linije 9 u Gradu Zagrebu. Izvor: (10) .....	8
Slika 7. Terminal Borongaj. Izvor: autor .....	9
Slika 8. Terminal Ljubljana. Izvor: autor .....	9
Slika 9. Vozni red tramvajske linije 9. Izvor: (10) .....	12

## Popis tablica

Tablica 1. Karakteristike tramvajskog voznog parka. Izvor: autor .....	2
Tablica 2. Izmjerene međustajališne udaljenosti u smjeru Ljubljana. Izvor: autor ..	10
Tablica 3. Izmjerene međustajališne udaljenosti u smjeru Borongaj. Izvor: autor.....	11
Tablica 4. Broj putnika koji ulaze i izlaze iz tramvaja u smjeru Ljubljana (12.06.2018.). Izvor: autor .....	17
Tablica 5. Broj putnika koji ulaze i izlaze iz tramvaja u smjeru Borongaj (12.06.2018.). Izvor: autor.....	17
Tablica 6. Broj putnika koji ulaze i izlaze iz tramvaja u smjeru Ljubljana (05.06.2018.). Izvor: autor .....	18
Tablica 7. Broj putnika koji ulaze i izlaze iz tramvaja u smjeru Borongaj (05.06.2018.). Izvor: autor.....	18
Tablica 8. Izračun karakteristika putničkih tokova. Izvor: autor.....	23

## Popis grafikona

Grafikon 1. Vrijeme vožnje i zadržavanja na stajalištima i terminalima u oba smjera. Izvor: autor.....	13
Grafikon 2. Zadržavanja i vožnje na stajalištima i terminalima u smjeru Ljubljana(%). Izvor: autor .....	14
Grafikon 3. Zadržavanja i vožnje na stajalištima i terminalima u smjeru Borongaj(%). Izvor: autor.....	15
Grafikon 4. Prikaz brzine vožnje i brzine putovanja u km/h. Izvor:autor.....	15
Grafikon 5. Prikaz broja putnika za 12.06.2018. i 05.06.2018. Izvor: autor.....	19
Grafikon 6. Izmjena putnika u smjeru Ljubljana. Izvor: autor.....	20
Grafikon 7. Izmjena putnika u smjeru Borongaj. Izvor: autor .....	20
Grafikon 8. Popunjenost vozila. Izvor: autor .....	22



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 broj 9 Ljubljana - Borongaj u Gradu Zagrebu**

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

Student/ica:

U Zagrebu, 07.09.2020

Kresimir Erceg  
(potpis)