

Analiza autobusne linije 290 Kvaternikov Trg - Velika Gorica

Marenščak, Borna

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

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:119:737659>

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

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



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Borna Marenščak

Analiza autobusne linije 290 Kvaternikov trg – Velika Gorica

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, svibanj 2022.

Zagreb, 5. travnja 2022.

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

ZAVRŠNI ZADATAK br. 6842

Pristupnik: **Borna Marenščak (0135252770)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Gradski promet**

Zadatak: **Analiza autobusne linije 290 Kvaternikov Trg - Velika Gorica**

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. Na temelju provedene analize, potrebno je donijeti zaključke o učinkovitosti prijevoznog procesa.

Mentor:



dr. sc. Dino Šojat

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

ZAVRŠNI RAD

Analiza autobusne linije 290 Kvaternikov trg – Velika Gorica

Analysis of the Bus Line 290 Kvaternikov trg – Velika Gorica

Mentor: dr. sc. Dino Šojat
Student: Borna Marenščak, 0135252770

Zagreb, svibanj 2022.

NASLOV

Analiza autobusne linije 290 Kvaternikov trg – Velika Gorica

SAŽETAK

Osnovno obilježje javnog gradskog prijevoza je da ga pod određenim uvjetima može koristiti svaki građanin. Brz, udoban, točan i siguran javni gradski prijevoz važan je za normalno odvijanje prometa i života unutar gradova i naselja. Problemi koji se očituju su zagušenost, pokretljivost i vanjski utjecaji. Ovaj završni rad temelji se na analizi autobusne linije 290 Kvaternikov trg – Velika Gorica te njezinim statičkim i dinamičkim elementima. Cilj rada je utvrditi iskorištenost ponuđenog kapaciteta linije temeljem podataka o vremenima i izmjeni putnika na liniji, dati uvid u stanje brzina i vremena u prijevoznom procesu pomoću formula, grafikona i tablica, te dati prijedlog za poboljšanje učinkovitosti autobusne linije.

KLJUČNE RIJEČI

autobusna linija, dinamički elementi, javni gradski prijevoz, prijevozni proces, statički elementi

TITLE

Analysis of the Bus Line 290 Kvaternikov trg – Velika Gorica

ABSTRACT

The basic feature of public transport is that it can be used by any citizen under certain conditions. Fast, comfortable, punctual, and safe public transport is important for the normal traffic flow and life within cities and settlements. The problems related to traffic that occur are congestion, mobility, and other external factors. This undergraduate thesis presents the analysis of the bus line 290 Kvaternikov trg – Velika Gorica and its static and dynamic elements. The goal of this thesis is to determine the utilization of the offered capacity of the line based on passenger and time data, to give an insight into speeds and travel times in transport process using formulas, graphs and tables, and to propose solutions for improving the efficiency of the bus line.

KEYWORDS

bus line, dynamic elements, public transport, static elements, transport process

SADRŽAJ

1	UVOD.....	1
2	JAVNI GRADSKI PRIJEVOZ GRADA ZAGREBA	2
3	PROSTORNI OBUHVAT LINIJE.....	5
4	STATIČKI ELEMENTI LINIJE	7
4.1	Trasa linije	7
4.2	Terminali.....	8
4.3	Stajališta.....	10
4.4	Razmaci na liniji.....	13
5	DINAMIČKI ELEMENTI LINIJE.....	16
5.1	Broj vozila na liniji	17
5.2	Vrijeme obrta	17
5.3	Interval.....	18
5.4	Frekvencija	18
6	METODOLOGIJA PRIKUPLJANJA I OBRADJE PODATAKA.....	20
7	PRIKAZ REZULTATA ISTRAŽIVANJA.....	22
7.1	Izmjena putnika	22
7.2	Zauzetost vozila.....	25
7.3	Vremena u prijevoznom procesu	29
7.4	Brzine na liniji	32
8	ZAKLJUČAK	34
	LITERATURA	36
	POPIS SLIKA I TABLICA.....	37

1 UVOD

Autobusni promet dio je javnog gradskog prijevoza i mogu ga koristiti svi građani pod istim uvjetima. U gradskom prijevozu postoje razni problemi, a najizraženiji je problem zagušenosti. Javni gradski prijevoz je nedovoljno atraktivan zbog malih brzina putovanja i čestih zagušenja u vršnom periodu, jer cijeli proces usporava velik broj osobnih automobila koji koriste prometnice.

Cilj završnog rada je pomoću prikupljanja i obrade podataka o izmjeni putnika i zauzetosti vozila izvršiti sveobuhvatnu analizu prijevoznog procesa na liniji 290 Kvaternikov trg – Velika Gorica u kontekstu poboljšanja usluge javnog gradskog prijevoza u prostornom, ekonomskom i ekološkom smislu, odnosno utvrditi iskorištenost ponuđenog kapaciteta linije i dati uvid u stanje brzina i vremena u prijevoznom procesu. Svrha rada je poboljšanje učinkovitosti javnog prijevoza i učinkovitosti prometnog sustava.

Rad je podijeljen u osam poglavlja. Nakon uvoda, u drugom poglavlju opisuje se javni gradski prijevoz Grada Zagreba (struktura i zadaća). U trećem poglavlju opisuje se i prikazuje prostorni obuhvat linije 290. U četvrtom i petom poglavlju opisuju se statički i dinamički elementi linije javnog gradskog prijevoza. Obrađeni su elementi linije 290 Kvaternikov trg – Velika Gorica. U šestom poglavlju opisuje se način prikupljanja i obrade podataka. Sedmo poglavlje prikazuje rezultate istraživanja provedenog na liniji 290 (izmjena putnika, zauzetost vozila, vremena u prijevoznom procesu, brzine na liniji). U osmom poglavlju, koje je zaključak rada, iznose se završna razmišljanja i prijedlozi za poboljšanje kvalitete prijevoza na liniji.

2 JAVNI GRADSKI PRIJEVOZ GRADA ZAGREBA

Javni gradski prijevoz se sastoji od mreže autobusnih i tramvajskih linija, te taksi prijevoza i prigradskih vlakova. Za najveći dio prijevoza zadužen je ZET (Zagrebački električni tramvaj). Primarni posao ZET-a je prijevoz putnika na području Grada Zagreba i na dijelu Zagrebačke županije. Prijevoz treba biti brz, udoban, točan i siguran kako bi putnici bili zadovoljniji uslugom koju koriste. Temeljem suradnje ZET-a i HŽPP-a (HŽ Putničkog prijevoza) moguće je kupiti zajedničke pretplatne karte za vožnju vlakom, tramvajem, autobusom i uspinjačom.

Vozni park sastoji se od 441 autobusa prosječne starosti oko 11 godina, 277 tramvajskih vozila (142 niskopodna), autobusa za prijevoz školske djece, 31 vozila za prijevoz osoba s invaliditetom i djece s poteškoćama u razvoju, uspinjače, turističkog tramvaja, turističkih panoramskih autobusa, turističkih vlakića i turističkih elektrovozila. Tramvajska mreža je duljine 116 km, a promet je organiziran u 15 dnevnih i 4 noćne linije. Mreža autobusnih linija se sastoji od 147 dnevnih i 4 noćne linije koje povezuju područja Grada Zagreba, Velike Gorice i Zaprešića, a prijevoz putnika odvija se i u općinama Bistra, Luka i Stupnik.

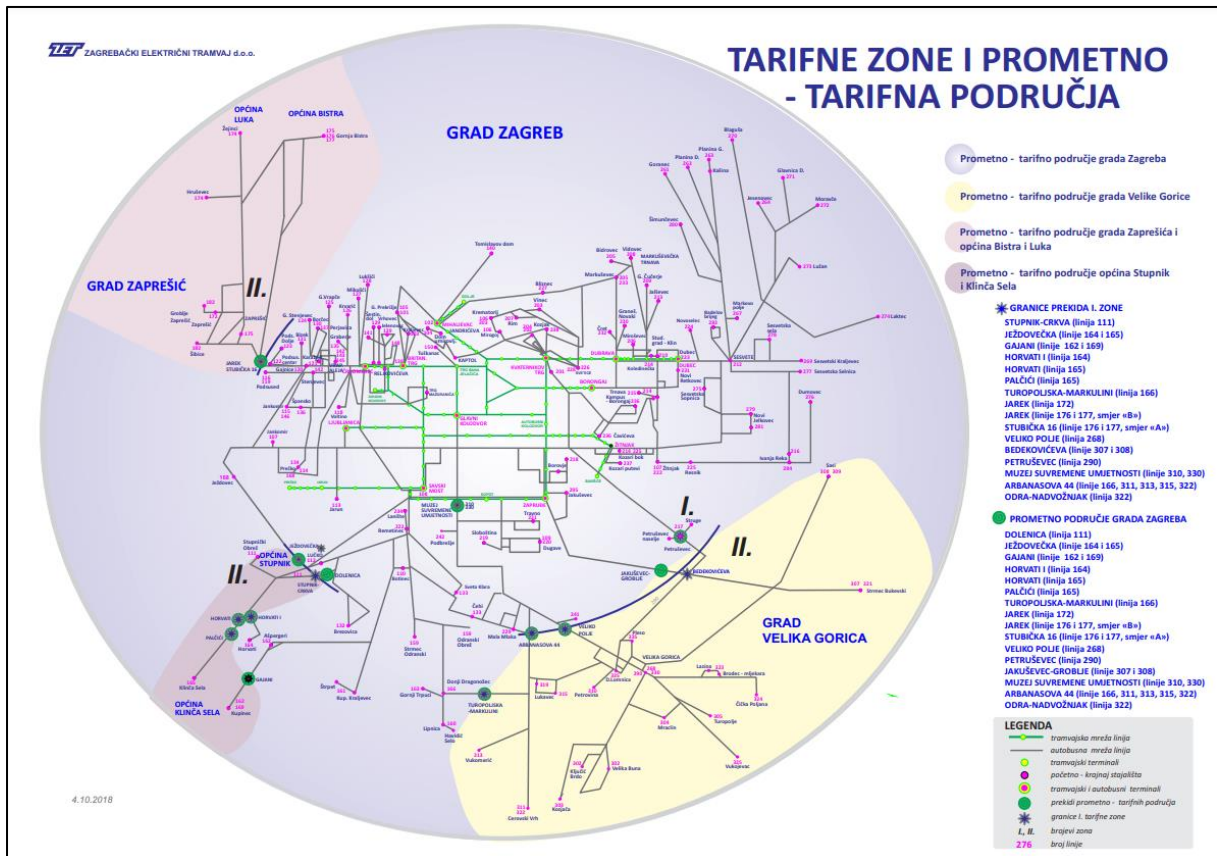


Slika 1. Pojedinačne karte
Izvor: [1]

Vrste karata na području Grada Zagreba su:

- mjesečni pretplatni kupon – cijena općeg kupona iznosi 360 kn (ZET), odnosno 400 kn (ZET + HŽ)

- godišnji pretplatni kupon – cijena općeg kupona iznosi 3480 kn (ZET), odnosno 4800 kn (ZET + HŽ)
- višednevna karta – cijena za sedam dana iznosi 150 kn, dok za 30 dana iznosi 400 kn
- pojedinačna karta (Slika 1) – cijena za 90 minuta iznosi 10 kn
- pojedinačna karta kupljena u vozilu – cijena za 90 minuta iznosi 15 kn.



Slika 2. Tarifne zone i prometno - tarifna područja
Izvor: [2]

Prometna mreža ZET-a podijeljena je u dvije zone. Tramvajski promet se odvija na području prve tarifne zone (područje Grada Zagreba), dok se autobusni promet odvija na području obje tarifne zone. U prvu zonu autobusnog prometa pripada Grad Zagreb, a u drugu zonu pripadaju gradovi Zaprešić i Velika Gorica te općine Bistra, Luka, Stupnik i Klinča Sela. Sustav prometnih područja (Slika 2), za putnike koji koriste mjesečne ili godišnje karte, ZET dijeli na četiri zone koje su obilježene kao [2]:

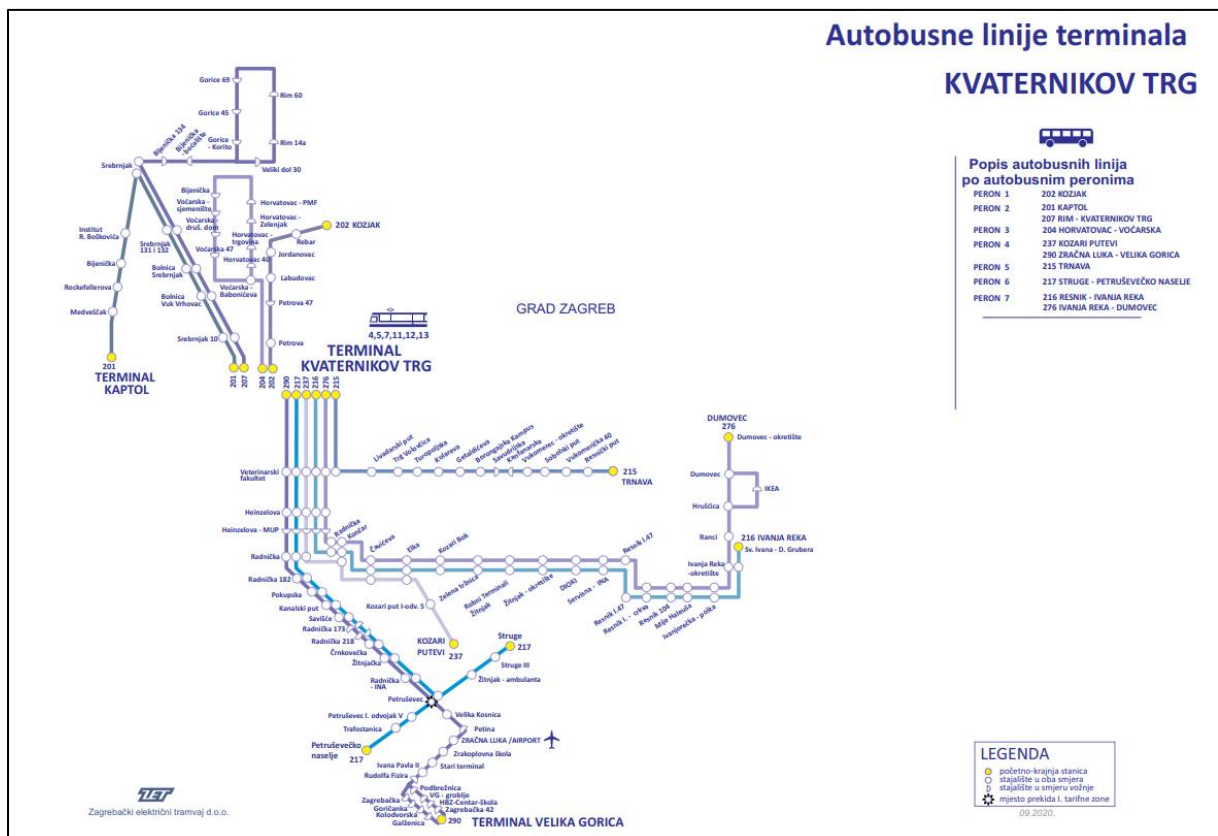
- prometno područje Grada Zagreba
- prometno područje Grada Velike Gorice

- prometno područje grada Zaprešića te općina Bistra i Luka
- prometno područje općina Stupnik i Klinča Sela.

U Gradu Zagrebu jedan od glavnih problema je prekomjerna uporaba osobnog automobila i zbog toga se stvaraju velika zagušenja u prometu pa dolazi do kašnjenja u javnom gradskom prijevozu. Tako dolazi do smanjenja brzine vožnje i povećanja vremena putovanja. Više pažnje posvećuje se individualnom prijevozu (osobni automobili, garaže, parkirališta) i zbog toga javni gradski prijevoz nije na zadovoljavajućoj razini kvalitete za putnike.

3 PROSTORNI OBUHVAT LINIJE

Linija javnog gradskog prijevoza sastoji se od trasa, stajališta i terminala. Trasa linije je unaprijed utvrđen pravac po kojem prometuju prijevozna sredstva [3]. Stajalište na liniji je mjesto gdje se prijevozna sredstva zaustavljaju radi ulaska i izlaska putnika, a mogu imati informativni stup, nadstrešnicu i sjedala. Terminali su krajnje točke na liniji na kojima vozila mijenjaju smjer kretanja.



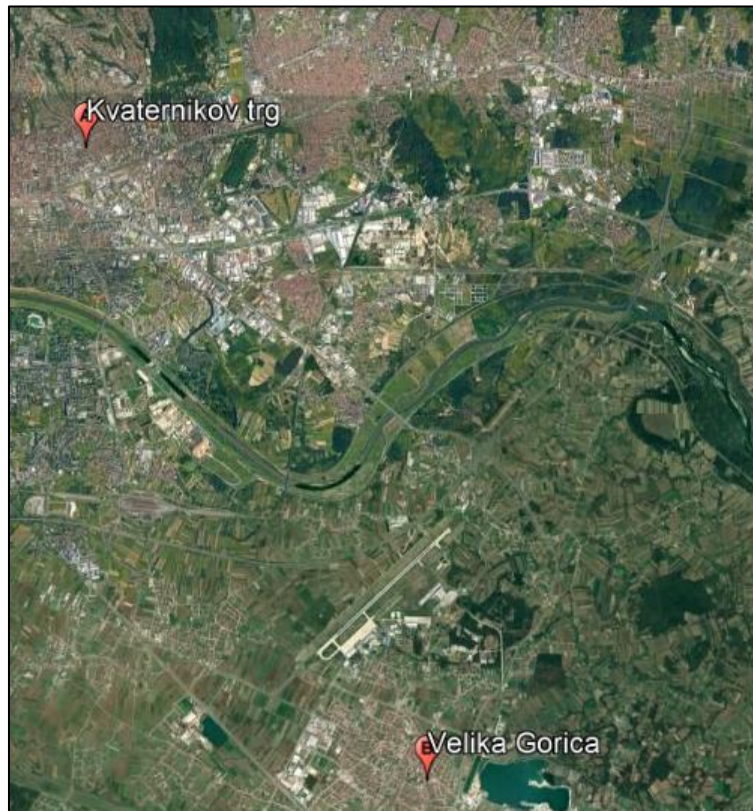
Slika 3. Autobusne linije terminala Kvaternikov trg
Izvor: [4]

Slika 3 prikazuje autobusne linije terminala Kvaternikov trg koji je polazna i završna točka mnogim linijama. Terminal sadrži sedam perona koji su polazne točke za deset autobusnih linija. Autobusne linije povezuju Centar, dio Gornjeg grada i istočni dio grada s industrijskom zonom na Žitnjaku.

Linija 290 Kvaternikov trg – Velika Gorica povezuje središnji dio Grada Zagreba (Kvaternikov trg) s Gradom Velikom Goricom. Linija 290 polazi s perona 4, putem prolazi gradskim ulicama, preko Domovinskog mosta i pokraj Zračne luke Franjo Tuđman.

Slika 4 prikazuje područje obuhvata linije 290 između početnog i krajnjeg terminala. Linija prolazi raznim ulicama Grada Zagreba i Grada Velike Gorice te manjim dijelom brzom cestom koja povezuje spomenute gradove. Linija 290 važna je iz više razloga:

- povezuje Grad Zagreb i Grad Veliku Goricu sa Zračnom lukom Franjo Tuđman
- povezuje Grad Zagreb i Grad Veliku Goricu sa okolnim mjestima
- pruža povoljan i relativno brz prijevoz do zračne luke.



*Slika 4. Područje obuhvata autobusne linije 290
Izvor: autor uz korištenje programa „Google Earth“*

Unatoč njezinoj važnosti, autobusna linija nije idealan način povezivanja ovih urbanih prostora. Tramvajska linija lakše bi prometovala primjerice preko Domovinskog mosta, neovisno o gužvi u prometu koja često nastane na tim prometnim trakovima. Zastoji su najčešći tijekom jutarnjeg vršnog perioda kada je veći priljev vozila u grad te tijekom poslijepodnevnog vršnog perioda kada putnicima završava radno vrijeme, a putnici u autobusu prisiljeni su čekati zbog kolona osobnih automobila. Autobusna linija je privremeno rješenje, jer uvođenje tramvajske linije iziskuje dodatne radove na infrastrukturi, pa tako i dodatne troškove.

4 STATIČKI ELEMENTI LINIJE

Statički elementi linije su elementi koji se mijenjaju nakon dužeg vremenskog razdoblja jer njihova zamjena iziskuje velike troškove. To su [5]:

- trasa
- stajališta
- terminali
- razmaci na liniji.

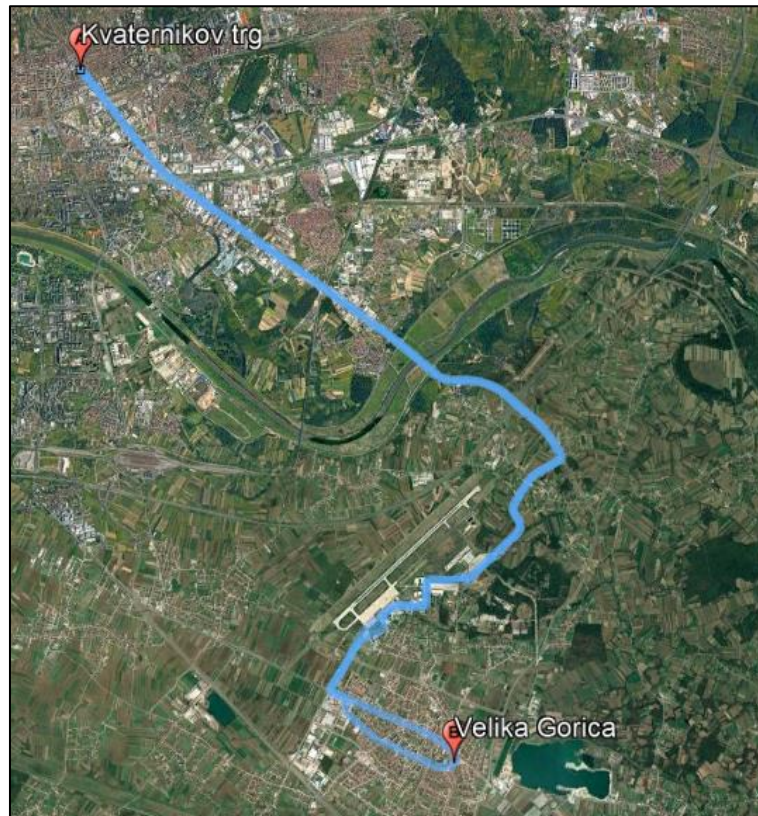
4.1 Trasa linije

Trasa predstavlja unaprijed utvrđeni pravac kretanja vozila između dva terminala gdje vozilo prolazi određenim ulicama grada ili naselja. Osnovni kriteriji za ocjenu trasiranja mreže linija su sljedeći [6]:

- trasa linije treba biti usklađena s linijama želja putovanja putnika, što se utvrđuje anketiranjem, intervjuiranjem, snimanjem ili brojenjem
- pješaćenje do stajališta u središtu grada mora biti do 5 minuta, a izvan središta do 10 minuta
- mreža linija treba biti trasirana tako da većina putnika do cilja dođe izravnom vožnjom ili s najviše jednim presjedanjem
- prelaženje na druge linije i prijevozna sredstva mora biti sigurno, lako i ugodno
- gdje god je to moguće, potrebno je osigurati što veću nezavisnost linija javnoga gradskog prijevoza u odnosu na druge sudionike.

Slika 5 prikazuje trasu kojom linija prolazi između dva terminala. Polazak je s terminala Kvaternikov trg koji se nalazi u Heinzellovoj ulici. Putovanje se nastavlja Heinzelovom ulicom i Radničkom cestom, preko Domovinskog mosta do brze ceste koja povezuje područje Grada Zagreba s područjem Grada Velike Gorice. Dolaskom do Ulice Rudolfa Fizira nastavlja se kretanje pokraj Zračne luke Franjo Tuđman, pa dalje Zagrebačkom ulicom te se Ulicom kneza Ljudevita Posavskog i Ulicom Matice hrvatske dolazi do ciljnog odredišta, odnosno terminala Velika Gorica koji se nalazi na Trgu kralja Petra Krešimira IV. U suprotnom smjeru kreće se s terminala Velika Gorica te se putovanje

nastavlja Trgom kralja Tomislava i Zagrebačkom ulicom do Ulice Rudolfa Fizira koja prolazi pokraj zračne luke do brze ceste kojom se dolazi do Domovinskog mosta. Nakon prelaska Domovinskog mosta kretanje se nastavlja Radničkom cestom i Heinzelovom ulicom sve do ciljnog odredišta, odnosno terminala Kvaternikov trg.



Slika 5. Trasa autobusne linije 290
Izvor: autor uz korištenje programa „Google Earth“

4.2 Terminali

Terminali su krajnje točke na liniji na kojima vozila mijenjaju smjer i oni omogućuju poravnanje vremenskih neravnomjernosti kod kretanja vozila [5]. Označavanje terminala je takvo da je početni terminal onaj koji je bliži centru grada (terminal A), a krajnji terminal je onaj koji je udaljeniji od centra grada (terminal B). Prema tome je Kvaternikov trg terminal A, a Velika Gorica terminal B.

Terminal Kvaternikov trg (Slika 6) nalazi se u središnjem dijelu Grada Zagreba (Heinzelova ulica), sadrži sedam perona i polazna je točka mnogim linijama. Linija 290

polazi s perona 4. Osim linije 290 (Kvaternikov trg – Velika Gorica), značajnije linije koje prometuju s tog terminala su:

- 202 Kvaternikov trg – Kozjak
- 215 Kvaternikov trg – Trnava
- 237 Kvaternikov trg – Kozari Putevi
- 276 Kvaternikov trg – Ivanja Reka – Dumovec.



*Slika 6. Terminal Kvaternikov trg
Izvor: autor*



*Slika 7. Terminal Velika Gorica
Izvor: autor*

Terminal Velika Gorica (Slika 7) nalazi se na Trgu kralja Petra Krešimira IV pored Križevačkog trgovačkog centra (KTC) i sadrži jedanaest perona. U blizini se nalaze tržnica, banke te Hrvatski zavod za zdravstveno osiguranje. Linija 290 polazi s perona 11. Značajnije linije koje prometuju s tog terminala su:

- 304 Velika Gorica – Mraclin
- 319 Velika Gorica – Lukavec
- 322 Velika Gorica – Cerovski Vrh
- 335 Velika Gorica – Pleso – Donja Lomnica.

4.3 Stajališta

Stajališta su mjesta na liniji na kojima se vozila zaustavljaju radi ulaska i izlaska putnika [5]. Potrebno ih je postaviti na najizraženijim pješačkim tokovima i glavnim točkama izvorišta, odredišta i okupljanja najvećeg broja putnika s ciljem smanjenja pješaćenja. Vozila se zaustavljaju na stajalištu većinom samo ako postoje putnici koji žele ući ili izaći iz vozila, a u suprotnom vozila nastavljaju vožnju do idućeg stajališta. Površina za zaustavljanje autobusa označena je žutom bojom i može se nalaziti usred prometnog traka ili na posebnom ugibalištu koje služi za zaustavljanje autobusa. Položaj stajališta treba omogućiti siguran ulazak i izlazak, odnosno prijelaz putnika na drugu liniju ili neku drugu vrstu prijevoza.

Sva stajališta na liniji 290 Kvaternikov trg – Velika Gorica označena su žutom bojom i sadrže znak autobusnog stajališta te vozni red, većina ih sadrži nadstrešnicu i klupu, a neka sadrže i informatički stup na kojem putnici mogu vidjeti točno vrijeme dolaska svih linija u stvarnom vremenu.

Slika 8 prikazuje autobusno stajalište Heinzelova koje se nalazi nakon raskrižja Heinzelove i Vukovarske ulice u Gradu Zagrebu. Stajalište sadrži nadstrešnicu i klupu, informatički stup, vozni red i oznaku autobusnog stajališta žute boje što su karakteristike dobro opremljenog stajališta. Prikazano stajalište nalazi se u smjeru terminala Velika Gorica. U blizini se nalazi i tramvajsko stajalište Heinzelova pa je moguće u kratkom vremenskom razdoblju izvršiti transfer između tramvaja i autobusa. U smjeru terminala Velika Gorica, tijekom jutarnjeg vršnog perioda se na ovom stajalištu izmijenio jednak broj putnika (6 izašlih, 6 ušlih), vikendom tijekom

poslijepodnevnog vršnog sata također se izmijenio jednak broj putnika, ali u puno manjem broju (1 izašlih, 1 ušlih). U smjeru terminala Kvaternikov trg, tijekom jutarnjeg i poslijepodnevnog vršnog sata izmijenio se manji broj putnika (2 izašlih, 0 ušlih).



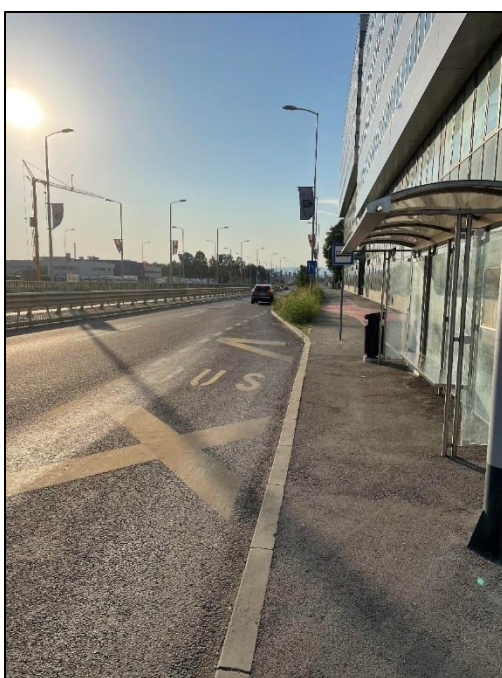
*Slika 8. Autobusno stajalište Heinzelova
Izvor: autor*



*Slika 9. Autobusno stajalište Zrakoplovna tehnička škola
Izvor: autor*

Slika 9 prikazuje autobusno stajalište Zrakoplovna tehnička škola koje se nalazi u Ulici Rudolfa Fizira u blizini Zračne luke Franjo Tuđman. Stajalište sadrži oznaku autobusnog stajališta žute boje i znak autobusnog stajališta te nije dovoljno dobro

opremljeno. Prikazano stajalište nalazi se u smjeru terminala Velika Gorica. U blizini stajališta nalazi se Zrakoplovna tehnička škola Rudolfa Perešina po kojoj je i djelomično dobilo naziv. U smjeru terminala Velika Gorica, tijekom jutarnjeg vršnog sata najveći broj putnika na ovom stajalištu završilo vožnju autobusom (18 izašlih putnika), a većinom se radilo o putnicima mlađe životne dobi koji su putovali u školu, (niti jedan putnik nije ušao u autobus), dok vikendom tijekom poslijepodnevnog vršnog sata nije postojala izmjena putnika na ovom stajalištu. U smjeru terminala Kvaternikov trg, tijekom jutarnjeg i poslijepodnevnog vršnog sata također nije postojala izmjena putnika.



*Slika 10. Autobusno stajalište Petruševac
Izvor: autor*

Slika 10 prikazuje autobusno stajalište Petruševac koje je dio Radničke ceste te je ujedno i granica između prve (Grad Zagreb) i druge (grad Velika Gorica) tarifne zone. Stajalište sadrži znak autobusnog stajališta, nadstrešnicu i klupu, vozni red i oznaku autobusnog stajališta žute boje što su karakteristike dobro opremljenog stajališta. Stajalište se nalazi u smjeru terminala Kvaternikov trg. U smjeru terminala Kvaternikov trg, tijekom jutarnjeg vršnog perioda postojala je manja izmjena putnika (1 izašao, 0 ušlo), dok vikendom tijekom poslijepodnevnog vršnog sata na ovom stajalištu nije postojala izmjena putnika. U smjeru terminala Velika Gorica, tijekom jutarnjeg vršnog

perioda postojala je manja izmjena putnika (2 izašla, 2 ušla), dok vikendom tijekom poslijepodnevnog vršnog sata nije postojala izmjena putnika.

4.4 Razmaci na liniji

Razmaci između stajališta na liniji određuju se tako da se promatra cijela linija, broj putnika koji ulaze i izlaze, kao i raspodjela protoka putnika duž linije. Prema nekim empirijskim vrijednostima, razmaci između stajališta ovise o [6]:

- brzini prijevoznog sredstva
- gustoći naseljenosti
- prosječnoj duljini putovanja putnika.

Osim prethodno navedenih ovisnosti, razmaci između stajališta ovise o lokalnoj topografiji, vrsti i načinu korištenja zemljišta unutar područja koje gravitira određenom stajalištu i prihvatljivoj udaljenosti koja se može prijeći pješice. Optimalno vrijeme putovanja je kada su stajališta na međusobnoj udaljenosti od 550 metara.

Tablica 1. Međustajališna udaljenost u odnosu na brzinu prijevoznog sredstva

prijevozno sredstvo	brzina u km/h	međustajališna udaljenost u metrima
tramvaj i gradski autobus	16 – 23	250 – 550
podzemni tramvaj	21 – 23	600 – 1500
metro	25 – 35	1000 – 1500
električna gradska prigradska željeznica	40 – 50	2500 – 3000

Izvor: [6]

Tablica 1 prikazuje udaljenost između stajališta u odnosu na brzinu kojom se prijevozno sredstvo kreće. Što su veće brzine koje prijevozno sredstvo može postići, to je i razmak između stajališta veći.

Tablica 2. Razmaci na liniji za smjer Kvaternikov trg – Velika Gorica

indeks segmenta	početno stajalište	završno stajalište	duljina u metrima	kumulativno u kilometrima
290 1kvtveg 01	Kvaternikov trg	Veterinarski fakultet	920	0.9
290 1kvtveg 02	Veterinarski fakultet	Heinzelova	670	1.6
290 1kvtveg 03	Heinzelova	Heinzelova – MUP	460	2.1
290 1kvtveg 04	Heinzelova – MUP	Radnička	430	2.5
290 1kvtveg 05	Radnička	Radnička 182	400	2.9
290 1kvtveg 06	Radnička 182	Pokupska	380	3.3
290 1kvtveg 07	Pokupska	Kanalski put	350	3.6
290 1kvtveg 08	Kanalski put	Savišće	410	4.0
290 1kvtveg 09	Savišće	Radnička 218	320	4.3
290 1kvtveg 10	Radnička 218	Črnkovečka	400	4.7

indeks segmenta	početno stajalište	završno stajalište	duljina u metrima	kumulativno u kilometrima
290 1kvtveg 11	Črnkovečka	Žitnjačka	470	5.2
290 1kvtveg 12	Žitnjačka	Radnička – INA	680	5.9
290 1kvtveg 13	Radnička – INA	Petruševac	370	6.3
290 1kvtveg 14	Petruševac	Velika Kosnica	1860	8.1
290 1kvtveg 15	Velika Kosnica	Zračna luka	4730	12.9
290 1kvtveg 16	Zračna luka	Zrakoplovna tehnička škola	1330	14.2
290 1kvtveg 17	Zrakoplovna tehnička škola	Stari terminal	700	14.9
290 1kvtveg 18	Stari terminal	Ivana Pavla II	960	15.8
290 1kvtveg 19	Ivana Pavla II	Zagrebačka	980	16.8
290 1kvtveg 20	Zagrebačka	Goričanka	440	17.3
290 1kvtveg 21	Goričanka	Kolodvorska	410	17.7
290 1kvtveg 22	Kolodvorska	Galženica	520	18.2
290 1kvtveg 23	Galženica	Velika Gorica	870	19.1

Izvor: autor uz korištenje programa „Microsoft Excel“

Na liniji 290 Kvaternikov trg – Velika Gorica u smjeru terminala Velika Gorica (Tablica 2) postoji deset razmaka većih od 550 metara, a ne postoji niti jedan razmak manji od 250 metara. Najmanji razmak između stajališta iznosi 300 metara (Savišće – Radnička 218), dok najveći razmak iznosi 4700 metara (Velika Kosnica – Zračna luka). Optimalan razmak između stajališta iznosi 500 metara (Kolodvorska – Galženica).

U smjeru terminala Kvaternikov trg (Tablica 3) postoji dvanaest razmaka većih od 550 metara, a ne postoji niti jedan razmak manji od 250 metara. Najmanji razmak između stajališta iznosi 300 metara (Črnkovečka – Radnička 173), dok najveći razmak iznosi 2600 metara (Zračna luka – Petina). Optimalan razmak između stajališta iznosi 550 metara (Radnička 182 – Radnička) što odgovara optimalnom vremenu putovanja.

Tablica 3. Razmaci na liniji za smjer Velika Gorica – Kvaternikov trg

indeks segmenta	početno stajalište	završno stajalište	duljina u metrima	kumulativno u kilometrima
290 2vegkvt 01	Velika Gorica	Zagrebačka 42	820	0.8
290 2vegkvt 02	Zagrebačka 42	HBZ – Centar – škola	450	1.3
290 2vegkvt 03	HBZ – Centar – škola	VG – groblje	400	1.7
290 2vegkvt 04	VG – groblje	Podbrežnica	580	2.2
290 2vegkvt 05	Podbrežnica	Ulica Rudolfa Fizira	340	2.6
290 2vegkvt 06	Ulica Rudolfa Fizira	Ivana Pavla II	630	3.2
290 2vegkvt 07	Ivana Pavla II	Stari terminal	930	4.1
290 2vegkvt 08	Stari terminal	Zrakoplovna tehnička škola	600	4.7
290 2vegkvt 09	Zrakoplovna tehnička škola	Zračna luka	1580	6.3
290 2vegkvt 10	Zračna luka	Petina	2580	8.9
290 2vegkvt 11	Petina	Velika Kosnica	2300	11.2
290 2vegkvt 12	Velika Kosnica	Petruševac	1650	12.9
290 2vegkvt 13	Petruševac	Radnička – INA	540	13.4
290 2vegkvt 14	Radnička – INA	Žitnjačka	680	14.1

indeks segmenta	početno stajalište	završno stajalište	duljina u metrima	kumulativno u kilometrima
290 2vegkvt 15	Žitnjačka	Črnkovečka	540	14.6
290 2vegkvt 16	Črnkovečka	Radnička 173	320	14.9
290 2vegkvt 17	Radnička 173	Savišće	380	15.3
290 2vegkvt 18	Savišće	Kanalski put	380	15.7
290 2vegkvt 19	Kanalski put	Pokupska	330	16.0
290 2vegkvt 20	Pokupska	Radnička 182	340	16.4
290 2vegkvt 21	Radnička 182	Radnička	550	16.9
290 2vegkvt 22	Radnička	Heinzelova	900	17.8
290 2vegkvt 23	Heinzelova	Veterinarski fakultet	480	18.3
290 2vegkvt 24	Veterinarski fakultet	Kvaternikov trg	830	19.1

Izvor: autor uz korištenje programa „Microsoft Excel“

5 DINAMIČKI ELEMENTI LINIJE

Dinamički elementi linije dijele se na osnovne i izvedene dinamičke elemente. Utvrđuju se voznim redom koji se mijenja prema prijevoznim zahtjevima na liniji. Osnovni dinamički elementi su: broj vozila na liniji (N) i vrijeme obrta (T_o), a izvedeni dinamički elementi su: interval (i) i frekvencija (f).

KVATERNIKOV TRG		RADNI DAN		VELIKA GORICA	
sati	minute	sati	minute	sati	minute
4	20 45	4	30	4	30
5	20 55	5	00 35	5	00 35
6	30	6	10 45	6	10 45
7	05 40	7	20 55	7	20 55
8	15 50	8	30	8	30
9	25	9	05 40	9	05 40
10	00 35	10	15 50	10	15 50
11	10 45	11	25	11	25
12	20 55	12	00 35	12	00 35
13	30	13	10 45	13	10 45
14	05 40	14	20 55	14	20 55
15	15 50	15	30	15	30
16	25	16	05 40	16	05 40
17	00 35	17	15 50	17	15 50
18	10 45	18	25	18	25
19	20 55	19	00 35	19	00 35
20	30	20	10 45	20	10 45
21	05 40	21	20 55	21	20 55
22	15 50	22	30	22	30
23	25	23	05 40	23	05 40
0		0	15	0	15

KVATERNIKOV TRG		SUBOTA		VELIKA GORICA	
sati	minute	sati	minute	sati	minute
4	20 45	4	30	4	30
5	20 55	5	00 35	5	00 35
6	30	6	10 45	6	10 45
7	05 40	7	20 55	7	20 55
8	15 50	8	30	8	30
9	25	9	05 40	9	05 40
10	00 35	10	15 50	10	15 50
11	10 45	11	25	11	25
12	20 55	12	00 35	12	00 35
13	30	13	10 45	13	10 45
14	05 40	14	20 55	14	20 55
15	15 50	15	30	15	30
16	25	16	05 40	16	05 40
17	00 35	17	15 50	17	15 50
18	10 45	18	25	18	25
19	20 55	19	00 35	19	00 35
20	30	20	10 45	20	10 45
21	05 40	21	20 55	21	20 55
22	15 50	22	30	22	30
23	25	23	05 40	23	05 40
0		0	15	0	15

KVATERNIKOV TRG		NEDJELJA		VELIKA GORICA	
sati	minute	sati	minute	sati	minute
5	20 55	5	35	5	35
6	30	6	10 45	6	10 45
7	05 40	7	20 55	7	20 55
8	15 50	8	30	8	30
9	25	9	05 40	9	05 40
10	00 35	10	15 50	10	15 50
11	10 45	11	25	11	25
12	20 55	12	00 35	12	00 35
13	30	13	10 45	13	10 45
14	05 40	14	20 55	14	20 55
15	15 50	15	30	15	30
16	25	16	05 40	16	05 40
17	00 35	17	15 50	17	15 50
18	10 45	18	25	18	25
19	20 55	19	00 35	19	00 35
20	30	20	10 45	20	10 45
21	05 40	21	20 55	21	20 55
22	15 50	22	30	22	30
23	25	23	05 40	23	05 40
0		0	15	0	15

Napomena: u satima označenim sivom bojom nema polazaka
 Na predviđeno vrijeme polaska/dolaska, mogu utjecati poremećaji u prometu, vremenski uvjeti ili druge izvanredne okolnosti.

Slika 11. Vozni red linije 290
Izvor: [7]

Slika 11 prikazuje vozni red linije 290 na kojem putnici mogu vidjeti polaske autobusa radnim danom i vikendom. Iz njega se također može vidjeti broj vozila koji su u radnom procesu, vremenski razmak između vozila te ukupan broj vozila/polazaka u satu ili danu.

5.1 Broj vozila na liniji

Broj vozila na liniji predstavlja broj vozila koji su u radnom procesu koji se određuje voznim redom na osnovi prijevoznih zahtjeva i mijenja se u skladu s promjenom zahtjeva u prijevozu putnika. Vozilima se obavlja prijevoz putnika na liniji. Broj vozila se računa pomoću sljedećih parametara [6]:

- brzine
- gustoće
- protoka.

Na liniji 290 svakodnevno prometuju tri vozila kao što je vidljivo iz voznoga reda. Radnim danom i subotom, prvo vozilo kreće u 04:20 s terminala Kvaternikov trg. Iduće vozilo kreće u 04:30 s terminala Velika Gorica i treće vozilo kreće u 04:45 s terminala Kvaternikov trg. Tijekom dana promijene se vozači dok im počinje ili završava smjena, a vozila se susreću otprilike na pola puta između početnog i odredišnog terminala te rade obrte tijekom cijelog dana. Nedjeljom prvo vozilo kreće u 05:20 s terminala Kvaternikov trg. Iduće vozilo kreće u 05:35 s terminala Velika Gorica i treće vozilo kreće u 05:55 s terminala Kvaternikov trg pa vozila rade obrte tijekom cijelog dana.

5.2 Vrijeme obrta

Vrijeme obrta je vrijeme potrebno da vozilo napravi jedan obrt. U vrijeme obrta ulazi [6]:

- vrijeme vožnje
- vrijeme čekanja na stajalištima za ulaz i izlaz putnika
- vrijeme provedeno na terminusima.

Može se izraziti pomoću formule:

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

T_o	vrijeme obrta na liniji
$\sum t_v$	zbroj vremena vožnje
$\sum t_{\check{c}ui}$	zbroj vremena čekanja na stajalištima za ulaz i izlaz putnika
$\sum t_t$	zbroj vremena provedenih na terminalima

Izvor: [6]

Vrijeme obrta može se izraziti i pomoću brzine obrta:

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

T_o	vrijeme obrta na liniji
L	duljina linije
V_o	brzina obrta

Izvor: [6]

Tijekom jutarnjeg vršnog sata (radni tjedan) vrijeme obrta na liniji 290 iznosilo je 50 minuta u smjeru terminala Velika Gorica, dok je u smjeru terminala Kvaternikov trg iznosilo 55 minuta. Vikendom, tijekom poslijepodnevnog vršnog sata u smjeru terminala Velika Gorica vrijeme obrta također je iznosilo 50 minuta kao i u jutarnjem vršnom satu, a i u smjeru terminala Kvaternikov trg vrijeme obrta bilo je kao i tijekom jutarnjeg vršnog sata odnosno 55 minuta.

5.3 Interval

Interval je vremenski razmak između dvaju uzastopnih vozila na liniji. Može se izračunati kao odnos vremena obrta i broja vozila na radu. Za izračun se koristi formula:

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

i	interval na liniji
T_o	vrijeme obrta na liniji
N	broj vozila na liniji

Izvor: [6]

Interval između vozila na liniji 290 Kvaternikov trg – Velika Gorica je jednak u oba smjera i iznosi 35 minuta.

5.4 Frekvencija

Frekvencija je važna značajka sustava javnog prijevoza. Definira se kao ukupan broj vozila koja u jedinici vremena prođu kroz neku točku linije [6]. Najčešće se izražava u vozilima na sat, a može se izračunati kao odnos broja vozila i vremena obrta. Za izračun se koristi formula:

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

f	frekvencija
T_o	vrijeme obrta na liniji
N	broj vozila na liniji

Izvor: [6]

Frekvencija se još može izračunati i kao recipročna vrijednost intervala:

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

f	frekvencija
i	interval

Izvor: [6]

Na liniji 290 frekvencija polazaka iznosi jedno vozilo na sat. Radnim danom i subotom, s terminala Kvaternikov trg vozila imaju 34 polaska na dan, a s terminala Velika Gorica 35 polazaka na dan. Nedjeljom, s terminala Kvaternikov trg vozila imaju 32 polaska na dan, a s terminala Velika Gorica 33 polaska na dan.

6 METODOLOGIJA PRIKUPLJANJA I OBRADJE PODATAKA

Prikupljanje i obrada podataka odrađeno je pomoću GPS lokatora (Slika 12). Podaci su se prikupljali radnim danom u jutarnjim satima te vikendom u poslijepodnevnim satima:

- 26.03.2021. od 07:40 do 08:30 za smjer Kvaternikov trg – Velika Gorica, te od 08:30 do 09:25 za smjer Velika Gorica – Kvaternikov trg
- 24.04.2021. od 13:30 do 14:20 za smjer Kvaternikov trg – Velika Gorica, te od 14:20 do 15:15 za smjer Velika Gorica – Kvaternikov trg.



*Slika 12. GPS lokator
Izvor: [8]*

Prije polaska autobusa uključio se GPS lokator koji je pratio trasu linije. Na terminalima i svim stajalištima pratio se ulazak i izlazak putnika te se bilježio broj ušlih i izašlih putnika. Nakon prikupljenih podataka, pomoću programa „CanWay“ ruta se učitala s lokatora na računalo te se zatim pomoću programa „Google Earth Pro“ (Slika 13) prikazala snimljena ruta i pružala se mogućnost očitavanja brzina kretanja vozila, vremena provedenih na stajalištima, vremena obrta i poluobrta, razmaka na liniji između stajališta kao i svih ostalih statičkih i dinamičkih elemenata. Pomoću programa „Microsoft Excel“ radila se analiza i obrada prikupljenih podataka te su se izrađivali dijagrami koji su prikazivali zauzetost vozila, vremena u prijevoznom procesu i brzine na liniji.

U tablice programa „Microsoft Excel“ (Slika 14) upisivali su se prikupljeni podaci o liniji (podaci o izmjeni putnika, duljini segmenata na liniji), izračunavale su se potrebne

7 PRIKAZ REZULTATA ISTRAŽIVANJA

Na liniji 290 Kvaternikov trg – Velika Gorica prometuje zglobni autobus. Autobus sadrži 38 sjedećih mjesta, 4 vrata te 28.0 m² stajaće površine.

7.1 Izmjena putnika

Izmjena putnika na liniji pokazuje koliko se puta tijekom jedne vožnje izmjene putnici na liniji u jednom smjeru [6]. Izražena je koeficijentom izmjene putnika η_{iz} čija najmanja vrijednost iznosi jedan jer se svi putnici najmanje jednom izmijene tijekom vožnje. Teorijski bi najveća vrijednost koeficijenta nastala kada bi se na svim stajalištima obavljala potpuna izmjena putnika, odnosno kada bi svi putnici koji su ušli na prvom stajalištu izašli iz vozila na idućem stajalištu, a umjesto njih bi ušao isto toliki broj putnika i postupak bi se trebao ponavljati do kraja linije.

Tablica 4. Izmjena putnika tijekom jutarnjeg vršnog sata u smjeru Velika Gorica

indeks segmenta	početno stajalište	završno stajalište	ušlih putnika	izašlih putnika
290 1kvtveg 01	Kvaternikov trg	Veterinarski fakultet	41	2
290 1kvtveg 02	Veterinarski fakultet	Heinzelova	0	6
290 1kvtveg 03	Heinzelova	Heinzelova – MUP	6	4
290 1kvtveg 04	Heinzelova – MUP	Radnička	0	2
290 1kvtveg 05	Radnička	Radnička 182	11	2
290 1kvtveg 06	Radnička 182	Pokupska	0	4
290 1kvtveg 07	Pokupska	Kanalski put	0	1
290 1kvtveg 08	Kanalski put	Savišće	0	3
290 1kvtveg 09	Savišće	Radnička 218	0	2
290 1kvtveg 10	Radnička 218	Črnkovečka	0	1
290 1kvtveg 11	Črnkovečka	Žitnjačka	0	0
290 1kvtveg 12	Žitnjačka	Radnička – INA	0	5
290 1kvtveg 13	Radnička – INA	Petruševac	0	2
290 1kvtveg 14	Petruševac	Velika Kosnica	2	0
290 1kvtveg 15	Velika Kosnica	Zračna luka	0	1
290 1kvtveg 16	Zračna luka	Zrakoplovna tehnička škola	1	18
290 1kvtveg 17	Zrakoplovna tehnička škola	Stari terminal	0	0
290 1kvtveg 18	Stari terminal	Ivana Pavla II	2	0
290 1kvtveg 19	Ivana Pavla II	Zagrebačka	0	3
290 1kvtveg 20	Zagrebačka	Goričanka	0	3
290 1kvtveg 21	Goričanka	Kolodvorska	0	1
290 1kvtveg 22	Kolodvorska	Galženica	0	1
290 1kvtveg 23	Galženica	Velika Gorica	3	5

Izvor: autor uz korištenje programa „Microsoft Excel“

Tablica 4 prikazuje izmjenu putnika tijekom jutarnjeg vršnog sata u smjeru terminala Velika Gorica. Na terminalu Kvaternikov trg u vozilo je ušao veći broj putnika, a najveći broj putnika izašao je na stajalištu Zrakoplovna tehnička škola. Tijekom vožnje putnici su postepeno izlazili na stajalištima pa na terminalu Velika Gorica nije ostalo mnogo putnika za iskrcaj.

Tablica 5. Izmjena putnika tijekom jutarnjeg vršnog sata u smjeru Kvaternikov trg

indeks segmenta	početno stajalište	završno stajalište	ušlih putnika	izašlih putnika
290 2vegkvt 01	Velika Gorica	Zagrebačka 42	12	1
290 2vegkvt 02	Zagrebačka 42	HBZ – Centar – škola	7	0
290 2vegkvt 03	HBZ – Centar – škola	VG – groblje	4	0
290 2vegkvt 04	VG – groblje	Podbrežnica	5	2
290 2vegkvt 05	Podbrežnica	Ulica Rudolfa Fizira	2	0
290 2vegkvt 06	Ulica Rudolfa Fizira	Ivana Pavla II	0	0
290 2vegkvt 07	Ivana Pavla II	Stari terminal	0	4
290 2vegkvt 08	Stari terminal	Zrakoplovna tehnička škola	0	0
290 2vegkvt 09	Zrakoplovna tehnička škola	Zračna luka	0	0
290 2vegkvt 10	Zračna luka	Petina	0	1
290 2vegkvt 11	Petina	Velika Kosnica	1	0
290 2vegkvt 12	Velika Kosnica	Petruševac	0	1
290 2vegkvt 13	Petruševac	Radnička – INA	0	0
290 2vegkvt 14	Radnička – INA	Žitnjačka	3	0
290 2vegkvt 15	Žitnjačka	Črnkovečka	0	0
290 2vegkvt 16	Črnkovečka	Radnička 173	0	0
290 2vegkvt 17	Radnička 173	Savišće	0	1
290 2vegkvt 18	Savišće	Kanalski put	0	0
290 2vegkvt 19	Kanalski put	Pokupska	0	0
290 2vegkvt 20	Pokupska	Radnička 182	0	0
290 2vegkvt 21	Radnička 182	Radnička	0	1
290 2vegkvt 22	Radnička	Heinzelova	0	2
290 2vegkvt 23	Heinzelova	Veterinarski fakultet	0	3
290 2vegkvt 24	Veterinarski fakultet	Kvaternikov trg	0	18

Izvor: autor uz korištenje programa „Microsoft Excel“

Tablica 5 prikazuje izmjenu putnika tijekom jutarnjeg vršnog sata u smjeru terminala Kvaternikov trg. Na prvih nekoliko stajališta u vozilo je ušao veći broj putnika, a tijekom vožnje vrlo mali broj putnika je izašao iz vozila pa je tako na terminalu Kvaternikov trg ostao veći broj putnika za iskrcaj.

Tablica 6. Izmjena putnika tijekom poslijepodnevnog vršnog sata u smjeru Velika Gorica

indeks segmenta	početno stajalište	završno stajalište	ušlih putnika	izašlih putnika
290 1kvtveg 01	Kvaternikov trg	Veterinarski fakultet	14	0
290 1kvtveg 02	Veterinarski fakultet	Heinzelova	0	1
290 1kvtveg 03	Heinzelova	Heinzelova – MUP	1	0
290 1kvtveg 04	Heinzelova – MUP	Radnička	0	0

indeks segmenta	početno stajalište	završno stajalište	ušlih putnika	izašlih putnika
290 1kvtveg 05	Radnička	Radnička 182	0	0
290 1kvtveg 06	Radnička 182	Pokupska	0	0
290 1kvtveg 07	Pokupska	Kanalski put	0	0
290 1kvtveg 08	Kanalski put	Savišće	0	0
290 1kvtveg 09	Savišće	Radnička 218	0	0
290 1kvtveg 10	Radnička 218	Črnkovečka	0	0
290 1kvtveg 11	Črnkovečka	Žitnjačka	0	1
290 1kvtveg 12	Žitnjačka	Radnička – INA	0	0
290 1kvtveg 13	Radnička – INA	Petruševac	0	0
290 1kvtveg 14	Petruševac	Velika Kosnica	0	5
290 1kvtveg 15	Velika Kosnica	Zračna luka	0	0
290 1kvtveg 16	Zračna luka	Zrakoplovna tehnička škola	1	0
290 1kvtveg 17	Zrakoplovna tehnička škola	Stari terminal	0	0
290 1kvtveg 18	Stari terminal	Ivana Pavla II	0	0
290 1kvtveg 19	Ivana Pavla II	Zagrebačka	0	0
290 1kvtveg 20	Zagrebačka	Goričanka	1	1
290 1kvtveg 21	Goričanka	Kolodvorska	0	0
290 1kvtveg 22	Kolodvorska	Galženica	0	3
290 1kvtveg 23	Galženica	Velika Gorica	0	6

Izvor: autor uz korištenje programa „Microsoft Excel“

Tablica 6 prikazuje izmjenu putnika vikendom tijekom poslijepodnevnog vršnog sata u smjeru terminala Velika Gorica. Tijekom vožnje gotovo nije ni bilo izmjene putnika na stajalištima.

Tablica 7. Izmjena putnika vikendom tijekom poslijepodnevnog vršnog sata u smjeru Kvaternikov trg

indeks segmenta	početno stajalište	završno stajalište	ušlih putnika	izašlih putnika
290 2vegkvt 01	Velika Gorica	Zagrebačka 42	2	0
290 2vegkvt 02	Zagrebačka 42	HBZ – Centar – škola	2	1
290 2vegkvt 03	HBZ – Centar – škola	VG – groblje	1	0
290 2vegkvt 04	VG – groblje	Podbrežnica	0	0
290 2vegkvt 05	Podbrežnica	Ulica Rudolfa Fizira	0	0
290 2vegkvt 06	Ulica Rudolfa Fizira	Ivana Pavla II	2	0
290 2vegkvt 07	Ivana Pavla II	Stari terminal	0	0
290 2vegkvt 08	Stari terminal	Zrakoplovna tehnička škola	0	0
290 2vegkvt 09	Zrakoplovna tehnička škola	Zračna luka	0	0
290 2vegkvt 10	Zračna luka	Petina	0	0
290 2vegkvt 11	Petina	Velika Kosnica	0	1
290 2vegkvt 12	Velika Kosnica	Petruševac	0	0
290 2vegkvt 13	Petruševac	Radnička – INA	0	0
290 2vegkvt 14	Radnička – INA	Žitnjačka	0	0
290 2vegkvt 15	Žitnjačka	Črnkovečka	0	0
290 2vegkvt 16	Črnkovečka	Radnička 173	0	0
290 2vegkvt 17	Radnička 173	Savišće	0	0
290 2vegkvt 18	Savišće	Kanalski put	0	0

indeks segmenta	početno stajalište	završno stajalište	ušlih putnika	izašlih putnika
290 2vegkvt 19	Kanalski put	Pokupska	0	0
290 2vegkvt 20	Pokupska	Radnička 182	0	0
290 2vegkvt 21	Radnička 182	Radnička	0	0
290 2vegkvt 22	Radnička	Heinzelova	0	2
290 2vegkvt 23	Heinzelova	Veterinarski fakultet	0	1
290 2vegkvt 24	Veterinarski fakultet	Kvaternikov trg	0	2

Izvor: autor uz korištenje programa „Microsoft Excel“

Tablica 7 prikazuje izmjenu putnika vikendom tijekom poslijepodnevnog vršnog sata u smjeru terminala Kvaternikov trg. Vrlo mali broj putnika ušao je u vozilo na terminalu Velika Gorica, isto tako je mali broj putnika izašao iz vozila na terminalu Kvaternikov trg. Tijekom vožnje skoro pa nije ni bilo izmjene putnika na stajalištima.

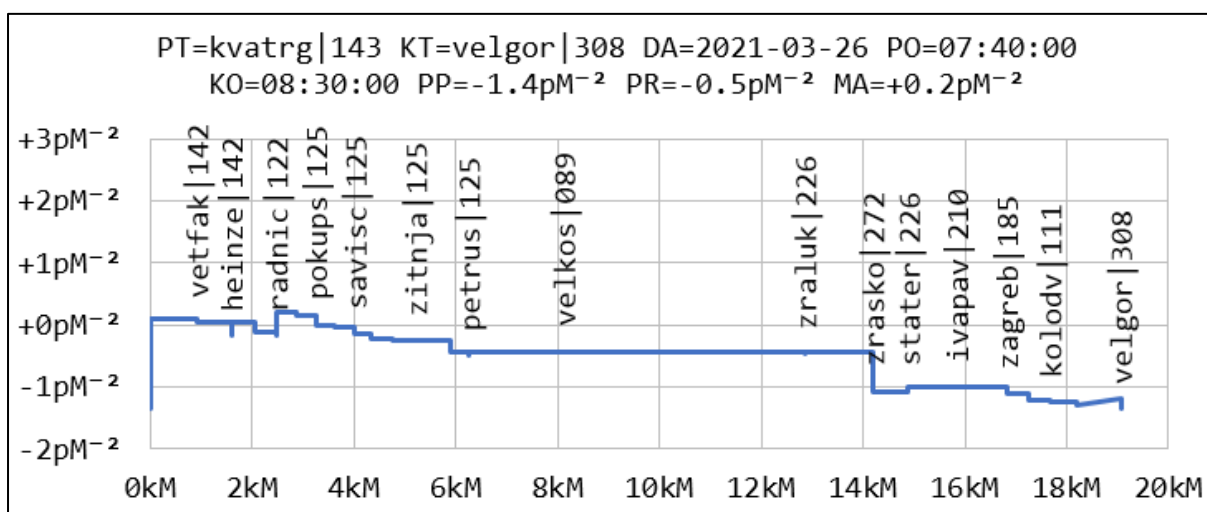
7.2 Zauzetost vozila

Zauzetost vozila može se izraziti kao gustoća stajaćih putnika. Izračunava se pomoću formule:

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

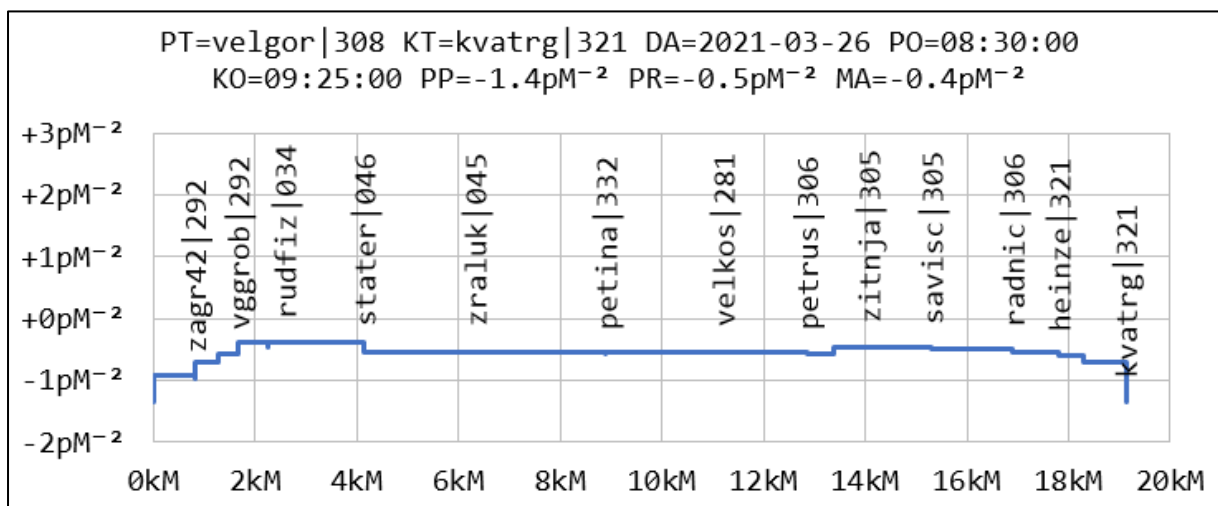
- c_g broj putnika koji se nalazi u vozilu
- g gustoća stajaćih putnika
- s broj sjedećih mjesta
- p stajaća površina vozila

Izvor: [9]



Slika 15. Zauzetost vozila tijekom jutarnjeg vršnog sata u smjeru Velika Gorica
 Izvor: autor uz korištenje programa „Microsoft Excel“

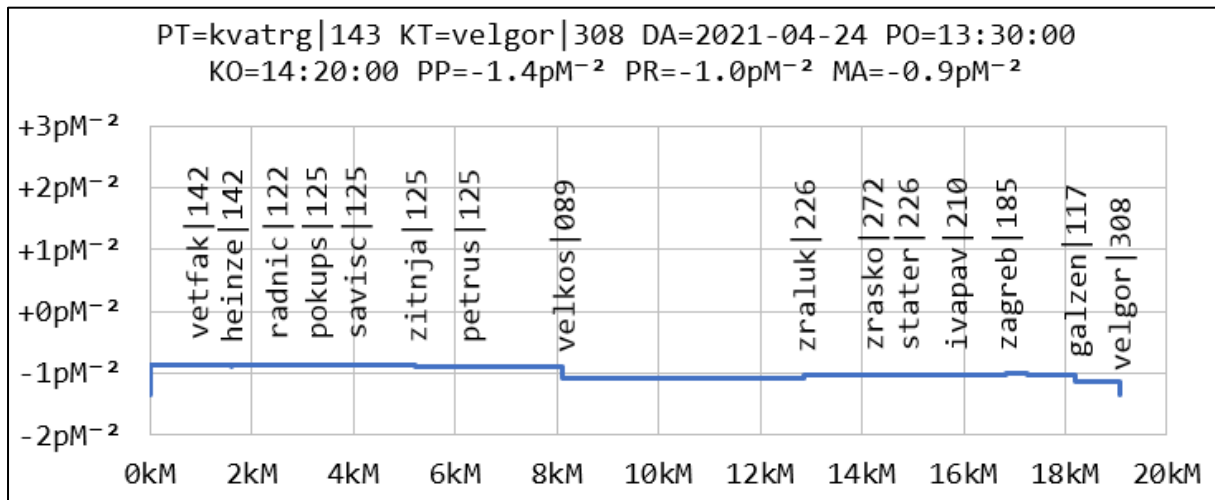
Slika 15 prikazuje zauzetost vozila tijekom jutarnjeg vršnog perioda u smjeru terminala Velika Gorica. Vidljivo je kako je na terminalu Kvaternikov trg ušlo više putnika nego što ima slobodnih sjedećih mjesta. To se može zaključiti prema tome što je zauzetost vozila minimalno veća od nule od početka putovanja i zadržava se prvih nekoliko stajališta. Zauzetost vozila počinje padati ispod nule nakon stajališta Pokupska i zadržava se do samog kraja putovanja, što znači da je veći dio putovanja bilo slobodnih sjedećih mjesta. Na terminalu Kvaternikov trg ušlo je puno putnika te se približan broj zadržao do stajališta Radnička 182. Nakon prethodno navedenog stajališta broj putnika počinje padati, odnosno putnici više izlaze iz vozila nego što novi putnici ulaze u vozilo. Dolaskom do stajališta Zrakoplovna tehnička škola puno putnika izlazi i broj putnika koji nastavljaju vožnju postaje mali i zadržava se do kraja putovanja.



Slika 16. Zauzetost vozila tijekom jutarnjeg vršnog sata u smjeru Kvaternikov trg
 Izvor: autor uz korištenje programa „Microsoft Excel“

Slika 16 prikazuje zauzetost vozila tijekom jutarnjeg vršnog sata u smjeru terminala Kvaternikov trg. Prema prikazu može se primijetiti da je zauzetost vozila od početka do kraja putovanja manja od nule što znači da je kroz cijelo putovanje bilo slobodnih sjedećih mjesta. Na početku putovanja na terminalu Velika Gorica je ušao mali broj putnika s obzirom na broj slobodnih sljedećih mjesta u vozilu, do stajališta Stari terminal broj putnika u vozilu se povećavao no i dalje je ostalo dovoljno slobodnih sljedećih mjesta. Nakon prethodno spomenutog stajališta broj putnika je bio otprilike isti sve do kraja putovanja. Zauzetost vozila je na početku putovanja prvih nekoliko stajališta bila dosta ispod nule (bliže jedan) jer je u vozilu bilo puno manje putnika s obzirom na broj slobodnih sljedećih mjesta, zatim se zauzetost približavala nuli kako

su se sjedeća mjesta u vozilu popunjavala i zadržala se na vrijednosti od -0.5 putnika po metru kvadratnom (p/m^2) sve do stajališta Veterinarski fakultet kada je vrijednost počela padati.

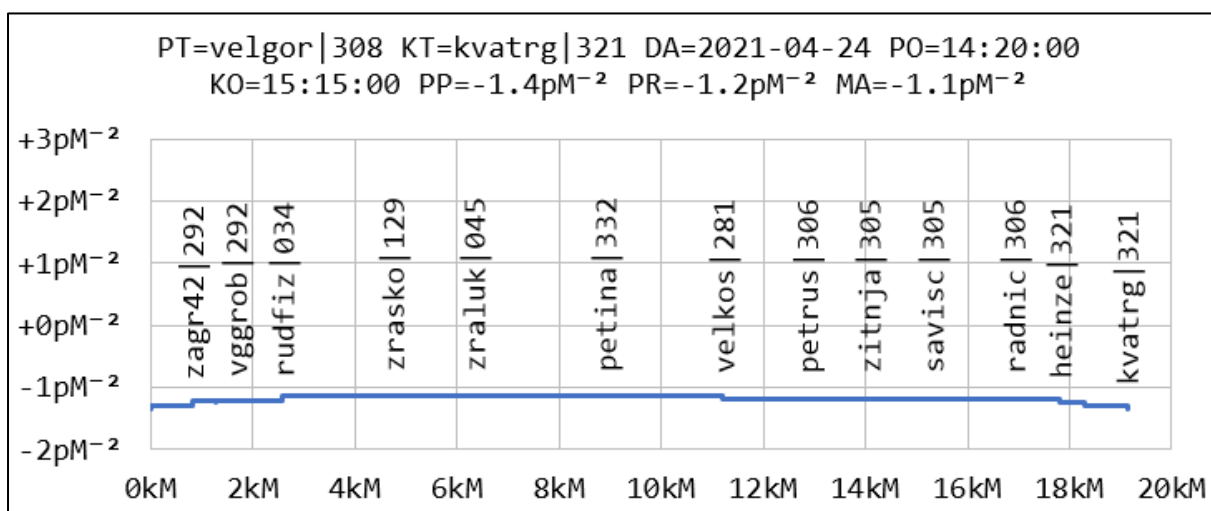


Slika 17. Zauzetost vozila vikendom tijekom poslijepodnevnog vršnog sata u smjeru Velika Gorica
 Izvor: autor uz korištenje programa „Microsoft Excel“

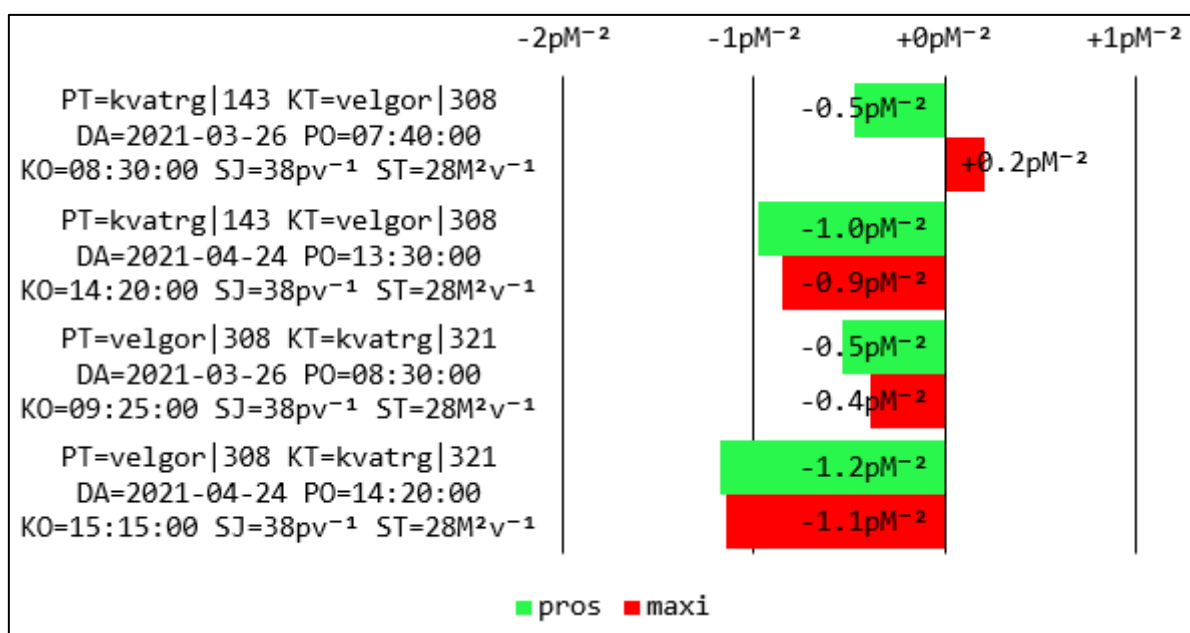
Slika 17 prikazuje zauzetost vozila vikendom tijekom poslijepodnevnog vršnog sata u smjeru terminala Velika Gorica. Može se primijetiti da je zauzetost vozila od početka do kraja putovanja manja od nule što znači da je kroz cijelo putovanje bilo slobodnih sjedećih mjesta. Na terminalu Kvaternikov trg u vozilo je ušao mali broj putnika u odnosu na broj slobodnih sjedećih mjesta i približno isti broj ih se zadržao sve do stajališta Velika Kosnica nakon kojeg se broj putnika u vozilu smanjio. Nakon prethodno spomenutog stajališta i sve do kraja putovanja broj putnika je približno ostao konstantan. Zauzetost vozila je od početka putovanja imala vrijednost od $-0.9 p/m^2$ i ta vrijednost se zadržala do stajališta Velika Kosnica nakon kojeg je počela padati. Približavanjem terminalu Velika Gorica zauzetost vozila iznosila je $-1.1 p/m^2$.

Slika 18 prikazuje zauzetost vozila vikendom tijekom poslijepodnevnog vršnog sata u smjeru terminala Kvaternikov trg. Vidljivo je da je zauzetost vozila od početka do kraja putovanja manja od nule što znači da je kroz cijelo putovanje bilo slobodnih sjedećih mjesta. Na terminalu Velika Gorica u vozilo su ušla samo dva putnika pa su gotovo sva sjedeća mjesta bila slobodna. Prvih nekoliko stajališta putnici su čekali na ulazak u vozilo, a ostatak putovanja više nije bilo putnika za ulazak nego su na pojedinim stajalištima neki od putnika izlazili iz vozila. Zauzetost vozila je od početka putovanja bila vrlo blizu vrijednosti zauzetosti praznog vozila i iznosila je $-1.3 p/m^2$. Nakon prvih

nekoliko stajališta zauzetost vozila počela je rasti do vrijednosti od -1.1 p/m^2 na kojoj se zadržala do stajališta Velika Kosnica nakon kojeg je počela padati.



Slika 18. Zauzetost vozila vikendom tijekom poslijepodnevno vršnog sata u smjeru Kvaternikov trg
 Izvor: autor uz korištenje programa „Microsoft Excel“



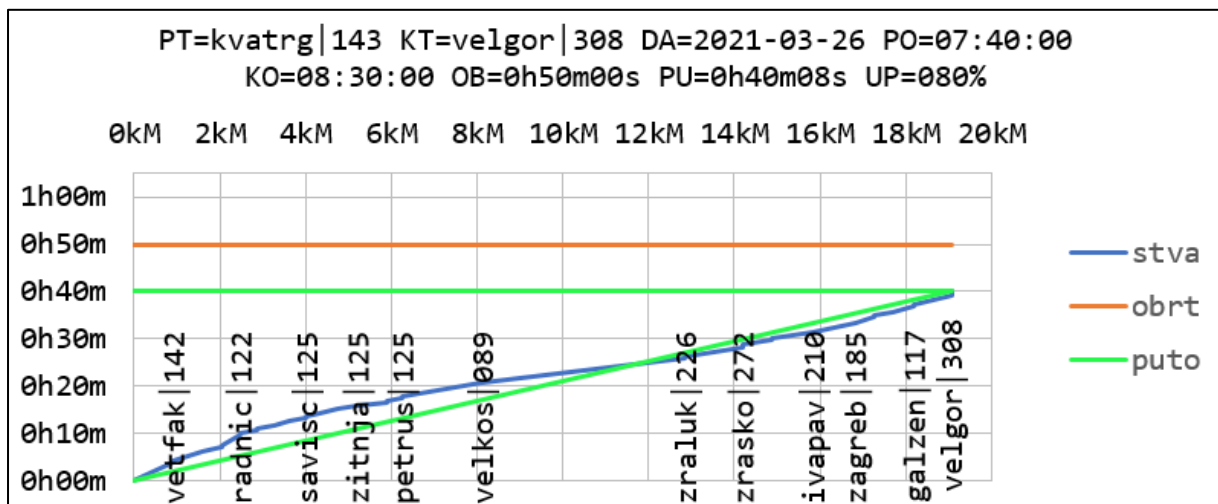
Slika 19. Prosječna i maksimalna zauzetost vozila na poluobrtima
 Izvor: autor uz korištenje programa „Microsoft Excel“

Slika 19 prikazuje prosječnu i maksimalnu zauzetost vozila na poluobrtima. Tijekom jutarnjeg vršnog sata u smjeru terminala Velika Gorica prosječna zauzetost vozila iznosila je -0.5 p/m^2 ukazujući na nedovoljnu iskorištenost vozila jer je veći dio putovanja bilo slobodnih sjedećih mjesta. Maksimalna zauzetost vozila iznosila je 0.2 p/m^2 ukazujući na udobno putovanje i slobodno kretanje putnika kroz prostor vozila. U smjeru terminala Kvaternikov trg prosječna zauzetost vozila iznosila je -0.5 p/m^2

ukazujući na nedovoljnu iskorištenost vozila jer je veći dio putovanja bilo slobodnih sjedećih mjesta. Maksimalna zauzetost vozila iznosila je -0.4 p/m^2 ukazujući na udobno putovanje i slobodno kretanje putnika kroz prostor vozila. Tijekom popodnevnog vršnog sata u smjeru terminala Velika Gorica prosječna zauzetost vozila iznosila je -1 p/m^2 , a maksimalna -0.9 p/m^2 ukazujući na udobno putovanje i slobodno kretanje putnika kroz prostor vozila. Vozilo je bilo nedovoljno iskorišteno jer je znatan broj sjedećih mjesta bio neiskorišten. U smjeru terminala Kvaternikov trg prosječna zauzetost vozila iznosila je -1.2 p/m^2 ukazujući da je vozilo od početka do kraja putovanja imalo skoro sva sjedeća mjesta slobodna jer zauzetost praznog vozila iznosi -1.4 p/m^2 . Maksimalna zauzetost vozila iznosila je -1.1 p/m^2 ukazujući na udobno putovanje i slobodno kretanje putnika kroz prostor vozila.

7.3 Vremena u prijevoznom procesu

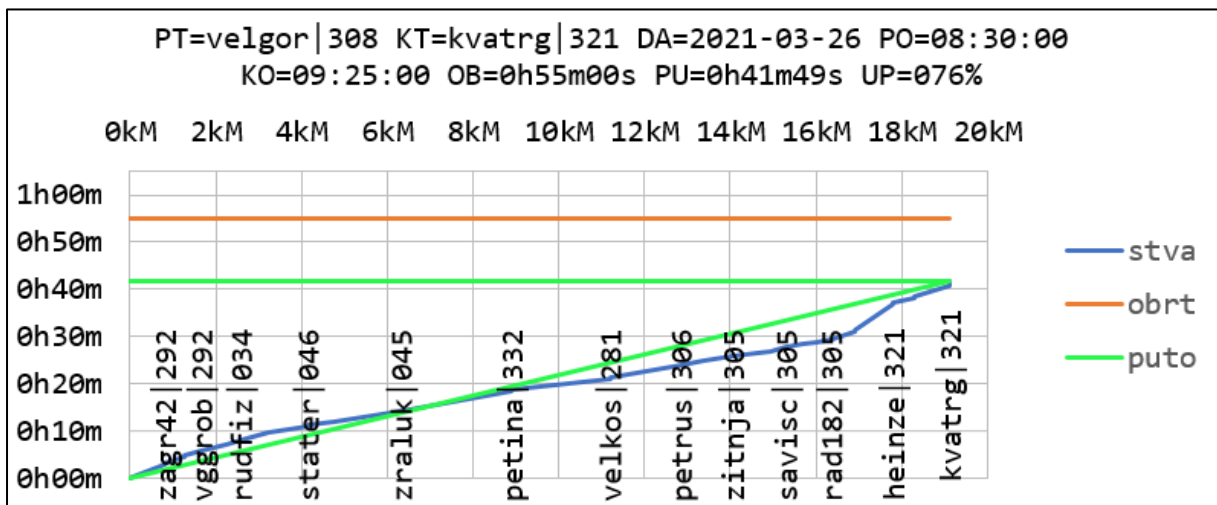
U ovom poglavlju analizirati će se vremena koja su važna za prijevozni proces, a to su vrijeme putovanja i vrijeme poluobrt koji sadrži vrijeme vožnje te vrijeme zadržavanja na stajalištima i terminalima.



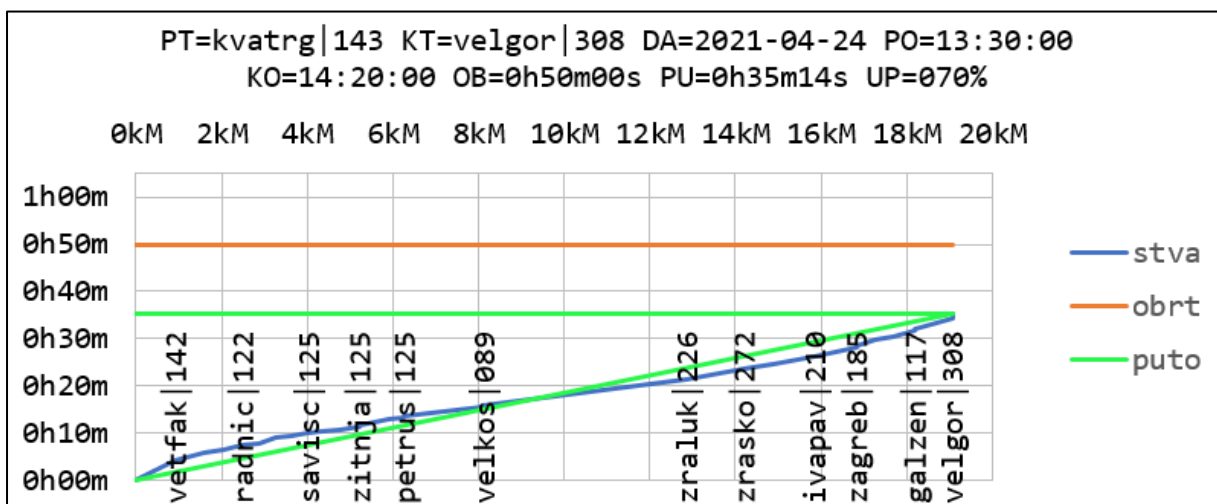
Slika 20. Vrijeme putovanja tijekom jutarnjeg vršnog sata u smjeru terminala Velika Gorica
Izvor: autor uz korištenje programa „Microsoft Excel“

Slika 20 prikazuje vremena putovanja tijekom jutarnjeg vršnog sata u smjeru terminala Velika Gorica. Nakon kretanja s terminala vozilo je do stajališta Radnička usporavao veći broj automobila u prometu, ali nakon prethodno spomenutog stajališta više nije bilo zagušenja i vozilo se ostatak putovanja kretalo bez problema. Unatoč problemima na početku putovanja vozilo je na vrijeme stiglo do terminala Velika Gorica i vozač je

imao vremena za odmor te je mogao prema voznom redu krenuti nazad prema terminalu Kvaternikov trg. Putovanje je trajalo 40 minuta.



Slika 21. Vrijeme putovanja tijekom jutarnjeg vršnog sata u smjeru Kvaternikov trg
 Izvor: autor uz korištenje programa „Microsoft Excel“

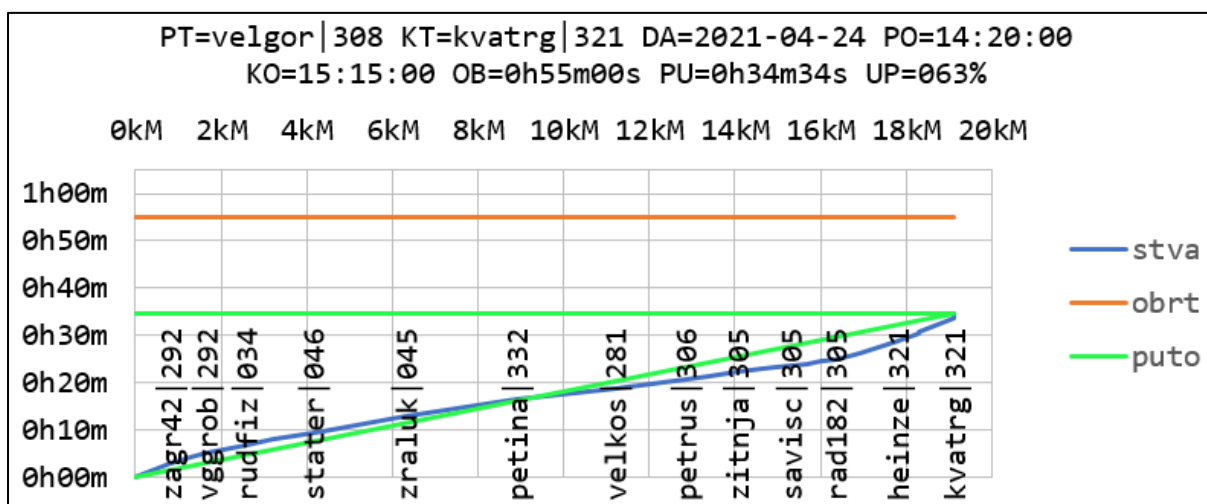


Slika 22. Vrijeme putovanja vikendom tijekom poslijepodnevog vršnog sata u smjeru Velika Gorica
 Izvor: autor uz korištenje programa „Microsoft Excel“

Slika 21 prikazuje vremena putovanja tijekom jutarnjeg vršnog sata u smjeru terminala Kvaternikov trg. Nakon kretanja s terminala Velika Gorica do prvih nekoliko stajališta vozilo se kretalo sporije nego što je uobičajeno zbog većeg broja automobila u prometu, ali nakon toga nije više bilo zagušenja i vozilo se kretalo bez problema. Dolaskom do stajališta Radnička ponovno nastaje zagušenje koje usporava vozilo pa vožnja do terminala traje duže nego što bi trebala. Unatoč problemima tijekom putovanja vozilo je na vrijeme stiglo do terminala Kvaternikov trg i vozač je imao

vremena za odmor te je mogao krenuti prema voznom redu prema terminalu Velika Gorica. Putovanje je trajalo 42 minute.

Slika 22 prikazuje vremena putovanja vikendom tijekom poslijepodnevnog vršnog sata u smjeru terminala Velika Gorica. Nije bilo zagušenja u prometu pa se vozilo kretalo bez problema i na odredišni terminal je stiglo ranije od predviđenog vremena za povratak. Putovanje je trajalo 35 minuta. Vozač je imao dovoljno vremena za odmor i mogao je krenuti prema voznom redu nazad prema terminalu Kvaternikov trg.

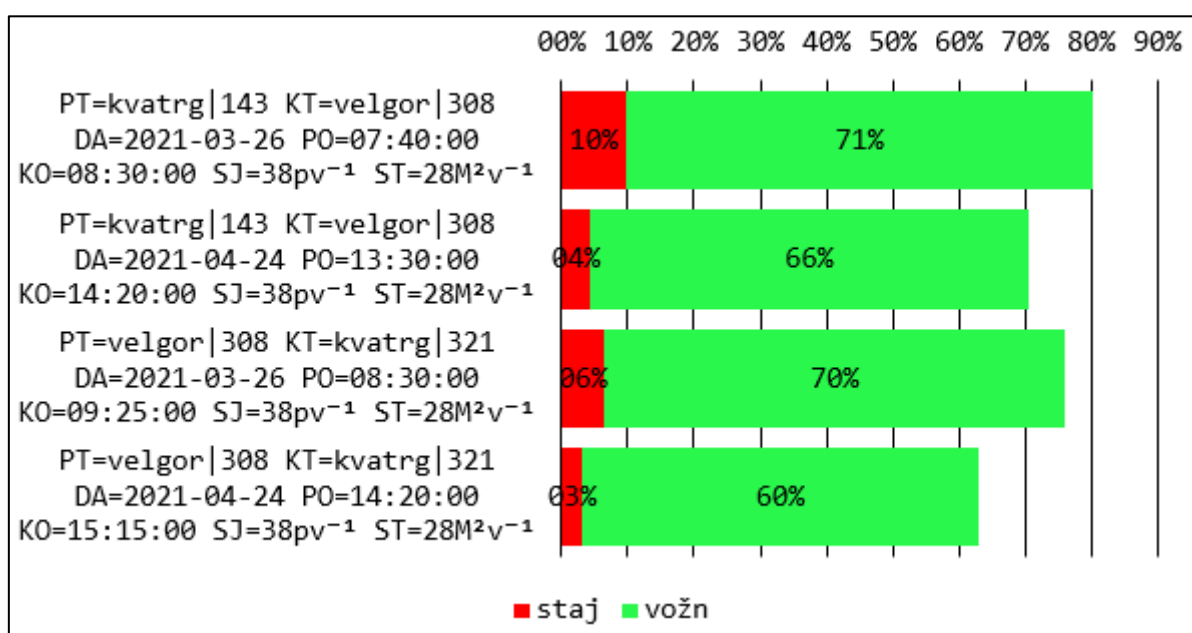


Slika 23. Vrijeme putovanja vikendom tijekom poslijepodnevnog vršnog sata u smjeru Kvaternikov trg
Izvor: autor uz korištenje programa „Microsoft Excel“

Slika 23 prikazuje vremena putovanja vikendom tijekom poslijepodnevnog vršnog perioda u smjeru terminala Kvaternikov trg. Nakon što je vozilo krenulo s terminala Velika Gorica nije bilo problema u prometu te se moglo kretati uobičajenom brzinom. Dolaskom do stajališta Radnička nastaje zagušenje u prometu zbog većeg broja automobila i vozilo se kretalo sporije do odredišnog terminala. Unatoč malim problemima vozilo je stiglo na vrijeme do terminala Kvaternikov trg pa je vozač imao vremena za odmor i mogao je prema voznom redu krenuti prema terminalu Velika Gorica. Putovanje je trajalo 34 minute.

Slika 24 prikazuje udio u vremenu poluobrtu smjera u postotcima. U prvom poluobrtu tijekom jutarnjeg vršnog sata u smjeru terminala Velika Gorica udio vožnje iznosio je 71%, a udio stajanja 10%. Ukupan postotak iznosio je 81% (manji od 100%) ukazujući na pravovremeni dolazak vozila na terminal i dovoljno vremena za odmor vozača. Tijekom poslijepodnevnog vršnog sata u smjeru terminala Velika Gorica udio vožnje iznosio je 66%, a udio stajanja 4%. Ukupan postotak iznosio je 70% (manji od 100%)

ukazujući na pravovremeni dolazak vozila na terminal i dovoljno vremena za odmor vozača. U drugom poluoobrtu tijekom jutarnjeg vršnog sata u smjeru terminala Kvaternikov trg udio vožnje iznosio je 70%, a udio stajanja 6%. Ukupan postotak iznosio je 76% (manji od 100%) ukazujući na pravovremeni dolazak vozila na terminal i dovoljno vremena za odmor vozača. Tijekom poslijepodnevnog vršnog sata u smjeru terminala Kvaternikov trg udio vožnje iznosio je 60%, a udio stajanja 3%. Ukupan postotak iznosio je 63% (manji od 100%) ukazujući na pravovremeni dolazak vozila na terminal i dovoljno vremena za odmor vozača. Vidljivo je da je vozilo provelo najviše vremena u vožnji tijekom jutarnjeg vršnog sata u oba smjera.

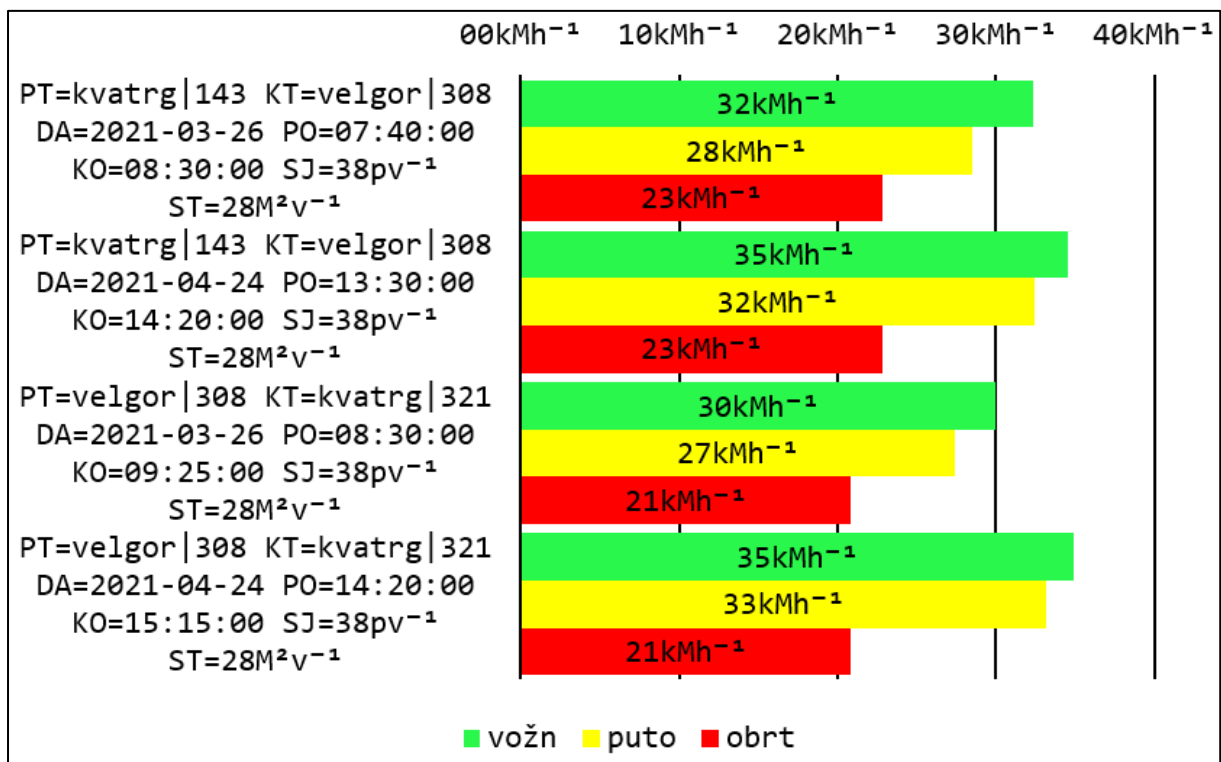


Slika 24. Udio u vremenu poluoobrtu po smjerovima
Izvor: autor uz korištenje programa „Microsoft Excel“

7.4 Brzine na liniji

U ovom poglavlju analizirati će se brzine na liniji 290 Kvaternikov trg – Velika Gorica. Analiza će sadržavati brzinu vožnje, brzinu putovanja i brzinu poluoobrtu. Slika 25 prikazuje analizirane brzine na liniji 290 Kvaternikov trg – Velika Gorica. Vozilo je ostvarilo približno jednake brzine tijekom poslijepodnevnog vršnog sata. U oba smjera brzine vožnje bile su jednake i iznosile su 35 km/h. Brzina putovanja u smjeru terminala Velika Gorica iznosila je 32 km/h, a u smjeru terminala Kvaternikov trg 33 km/h. Brzina poluoobrtu u smjeru terminala Velika Gorica iznosila je 23 km/h, a u smjeru terminala Kvaternikov trg 21 km/h. Tijekom jutarnjeg vršnog sata brzine su se razlikovale, ali i

dalje nisu bile veće razlike između smjerova. Brzina vožnje u smjeru terminala Velika Gorica iznosila je 32 km/h, a u smjeru terminala Kvaternikov trg 30 km/h. Brzina putovanja u smjeru terminala Velika Gorica iznosila je 28 km/h, a u smjeru terminala Kvaternikov trg 27 km/h. Brzina poluobrtu u smjeru terminala Velika Gorica iznosila je 23 km/h, a u smjeru terminala Kvaternikov trg 21 km/h. Vozilo postiže zadovoljavajuće brzine i na odredište stiže u najkraćem mogućem vremenu, ako u prometu nema većih zagušenja.



Slika 25. Brzine na liniji
Izvor: autor uz korištenje programa „Microsoft Excel“

8 ZAKLJUČAK

Linija 290 jedina je autobusna linija koja povezuje Grad Zagreb sa Zračnom lukom i zbog toga je značajna, pogotovo za putnike koji žele povoljno i u kratkom vremenskom roku stići na let. Većina stajališta ima potrebne elemente za ugodno čekanje na prijevoz (nadstrešnicu i klupu, oznaku na kolniku za autobusno stajalište, te znak autobusnog stajališta) no postoje određena stajališta koja ne sadrže sve od prethodno navedenog te bi im određene elemente trebalo dodati za bolji izgled. Postoji i nekoliko stajališta koja sadrže informatički stup koji je važan za putnike jer im omogućuje u realnom vremenu pratiti dolaske određenih linija na stajalište. Trasa linije proteže se glavnim prometnicama gdje postoji određeno vrijeme čekanja na semaforiziranim raskrižjima u razini, ali se jednim dijelom promet nesmetano odvija brzom cestom koja spaja područje Grada Zagreba i područje Grada Velike Gorice.

Analizom je utvrđeno da tijekom tjedna u jutarnjem vršnom satu veliki broj putnika putuje u smjeru terminala Velika Gorica te kako je najveći broj putnika ušao na stajalištu Radnička, dok je najveći broj putnika izašao na stajalištu Zrakoplovna tehnička škola i to su bili većinom putnici mlađe životne dobi koji putuju u školu. U smjeru terminala Kvaternikov trg najveći broj putnika ušao je na stajalištu Zagrebačka 42, dok je najveći broj putnika izašao na stajalištu Stari terminal. Vikendom, tijekom poslijepodnevnog vršnog sata utvrđeno je kako je u oba smjera bio vrlo mali broj putnika koji putuju ovom linijom. Zauzetost vozila tijekom jutarnjeg vršnog sata u smjeru terminala Velika Gorica na početku putovanja prvih nekoliko stajališta bila je veća od nule, što znači kako nije bilo slobodnih sjedećih mjesta. Tijekom preostalih vožnji zauzetost vozila bila je manja od nule, što znači kako je uvijek bilo slobodnih sjedećih mjesta.

Brzine na liniji zadovoljavajuće su jer se u najkraćem mogućem vremenu može stići na odredište ako u prometu nema većih zagušenja. Pojavom zagušenja u prometu pojedine brzine na liniji postanu niže nego što bi uobičajeno bile. Vozila na vrijeme stižu na terminale i vozači imaju vremena za odmor prije nastavka vožnje.

Prema prikupljenim podacima, vikendom je manja iskorištenost linije 290. Tramvajska linija bila bi bolje rješenje jer bi se promet odvijao neovisno o prometu na cesti. Na taj način bi se izbjegle gužve koje su najčešće tijekom jutarnjeg vršnog perioda, kada ljudi dolaze na svoja radna mjesta i tijekom poslijepodnevnog vršnog perioda, kada se

vraćaju s posla, pogotovo na Domovinskom mostu. Autobusna linija može biti privremeno rješenje dok se ne stvore uvjeti odnosno dok se ne izdvoje financijska sredstva za potrebne radove na infrastrukturi. Tome bi se trebalo ozbiljno pristupiti kako bi se putnicima pružilo brzo, povoljno i ugodno putovanje.

LITERATURA

- [1] »ZG - magazin,« [Mrežno]. Available: <https://zg-magazin.com.hr/s-1-srpnja-zet-uvodi-nove-vozne-karte/>. [Pokušaj pristupa 8. 8. 2021.]
- [2] Zagrebački električni tramvaj, »Detaljnije o zonama i tarifnim područjima,« ZET, [Mrežno]. Available: <https://www.zet.hr/zone-i-tarifna-podrucja/detaljnije-o-zonama-i-tarifnim-podrucjima/66>. [Pokušaj pristupa 8. 8. 2021.]
- [3] M. Rajsman, *Osnove tehnologije prometa Gradski promet*, Zagreb, Fakultet prometnih znanosti, 2012.
- [4] Zagrebački električni tramvaj, »Autobusne linije terminala Kvaternikov trg,« ZET, [Mrežno]. Available: <https://www.zet.hr/UserDocImages/Prilozi/PDF/Autobusni%20terminali%202018/KVATERNIKOV%20TRG.pdf?vel=1446693>. [Pokušaj pristupa 8. 8. 2021.]
- [5] D. Šojat, *Osnove tehnologije prometa, vježbe gradski promet*, Zagreb, Fakultet prometnih znanosti, 2018.
- [6] G. Štefančić, *Tehnologija gradskog prometa I*, Zagreb, Fakultet prometnih znanosti, 2008.
- [7] Zagrebački električni tramvaj, »Dnevne linije,« ZET, [Mrežno]. Available: <https://www.zet.hr/UserDocImages/Autobusne%20linije%20-%20korona/290.pdf?vel=48922>. [Pokušaj pristupa 31. 8. 2021.]
- [8] F. Sirovica, *Metodologija prikupljanja i obrade podataka na mreži*, Zagreb, Fakultet prometnih znanosti, 2018.
- [9] *E/ECE/324 Regulation No. 36 - Uniform provisions concerning the approval of large passenger vehicles with regard to their general construction*, 2008.

POPIS SLIKA I TABLICA

Slika 1. Pojedinačne karte	2
Slika 2. Tarifne zone i prometno - tarifna područja	3
Slika 3. Autobusne linije terminala Kvaternikov trg	5
Slika 4. Područje obuhvata autobusne linije 290	6
Slika 5. Trasa autobusne linije 290	8
Slika 6. Terminal Kvaternikov trg	9
Slika 7. Terminal Velika Gorica.....	9
Slika 8. Autobusno stajalište Heinzelova	11
Slika 9. Autobusno stajalište Zrakoplovna tehnička škola.....	11
Slika 10. Autobusno stajalište Petruševac	12
Slika 11. Vozni red linije 290.....	16
Slika 12. GPS lokator.....	20
Slika 13. Prikaz učitane rute u programu "Google Earth Pro"	21
Slika 14. Prikaz unesenih podataka u program "Microsoft Excel"	21
Slika 15. Zauzetost vozila tijekom jutarnjeg vršnog sata u smjeru Velika Gorica.....	25
Slika 16. Zauzetost vozila tijekom jutarnjeg vršnog sata u smjeru Kvaternikov trg ...	26
Slika 17. Zauzetost vozila vikendom tijekom poslijepodnevnog vršnog sata u smjeru Velika Gorica	27
Slika 18. Zauzetost vozila vikendom tijekom poslijepodnevnog vršnog sata u smjeru Kvaternikov trg.....	28
Slika 19. Prosječna i maksimalna zauzetost vozila na poluoobrta	28
Slika 20. Vrijeme putovanja tijekom jutarnjeg vršnog sata u smjeru Velika Gorica ...	29
Slika 21. Vrijeme putovanja tijekom jutarnjeg vršnog sata u smjeru Kvaternikov trg	30
Slika 22. Vrijeme putovanja vikendom tijekom poslijepodnevnog vršnog sata u smjeru Velika Gorica	30
Slika 23. Vrijeme putovanja vikendom tijekom poslijepodnevnog vršnog sata u smjeru Kvaternikov trg.....	31
Slika 24. Udio u vremenu poluobrta po smjerovima	32
Slika 25. Brzine na liniji	33
Tablica 1. Međustajališna udaljenost u odnosu na brzinu prijevoznog sredstva.....	13

Tablica 2. Razmaci između stajališta na liniji za smjer Kvaternikov trg – Velika Gorica	13
Tablica 3. Razmaci između stajališta na liniji za smjer Velika Gorica – Kvaternikov trg	14
Tablica 4. Izmjena putnika tijekom jutarnjeg vršnog sata u smjeru Velika Gorica.....	22
Tablica 5. Izmjena putnika tijekom jutarnjeg vršnog sata u smjeru Kvaternikov trg ..	23
Tablica 6. Izmjena putnika tijekom poslijepodnevnog vršnog sata u smjeru Velika Gorica.....	23
Tablica 7. Izmjena putnika vikendom tijekom poslijepodnevnog vršnog sata u smjeru Kvaternikov trg.....	24



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 autobusne linije 290 Kvaternikov Trg - Velika Gorica

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

U Zagrebu, _____ 24.04.2022. _____

Student/ica:

Borna Marenšćak

(potpis)