

Prijedlozi rješenja za tramvajski prometni sustav Grada Zagreba

Blažević, Luka

Master's thesis / Diplomski 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:119:613201>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-24**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Luka Blažević

Prijedlozi rješenja za tramvajski prometni sustav Grada Zagreba

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2022.

Zagreb, 5. travnja 2022.

Zavod: **Zavod za gradski promet**
Predmet: **Urbana mobilnost**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 6895

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

Zadatak: **Prijedlozi rješenja za tramvajski prometni sustav Grada Zagreba**

Opis zadatka:

U diplomskom radu potrebno je analizirati postojeći sustav tramvajskog prometa u gradu Zagrebu. Isto tako, potrebno je predložiti nova rješenja za unapređenje sustava tramvajskog prometa u gradu Zagrebu uz ispitivanje novih trasa tramvajskih linija.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

doc. dr. sc. Marko Slavulj

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

DIPLOMSKI RAD

Prijedlozi rješenja za tramvajski prometni sustav Grada Zagreba

Proposed Solutions for the Tram Traffic System of the City of Zagreb

Mentor: doc. dr. sc. Marko Slavulj

Student: Luka Blažević, 0135247438

Zagreb, rujan 2022.

NASLOV

Prijedlozi rješenja za tramvajski prometni sustav Grada Zagreba

SAŽETAK

Osnova ovog diplomskog rada je analiza tramvajskog prometnog sustava Grada Zagreba. Neodrživa mobilnost je problem u Zagrebu zbog velikog broja osobnih automobila na cestama što rezultira malom brzinom prijevoza i prometnim zagušenjima. Cilj ovog rada je, provođenjem analize postojećeg tramvajskog prometnog sustava, utvrditi glavne probleme javnog prijevoza te na temelju provedene analize predložiti unapređenja tramvajskog prometnog sustava. Prijedlozi za unapređenje tramvajskog prometnog sustava obuhvaćeni u ovom diplomskom radu su: davanje prioriteta vozilima javnog prijevoza, proširenje tramvajske mreže i uspostava integriranog javnog prijevoza putnika.

KLJUČNE RIJEČI

javni prijevoz; tarifni sustav; tramvaj; tramvajska mreža; Zagreb

TITLE

Proposed Solutions for the Tram Traffic System of the City of Zagreb

ABSTRACT

The basis of this graduate thesis is the analysis of the tram traffic system of the City of Zagreb. Unsustainable mobility is a problem in Zagreb due to a large number of private cars on roads resulting in low travel speeds and congestion. The goal of this paper is to determine the main problems of public transport by conducting an analysis of the existing tram transport system and, based on the analysis, to propose improvements for the tram transport system. The proposals for improving tram transport system included in this graduate thesis are: giving priority to public transport vehicles, expanding the tram network and establishing integrated public passenger transport.

KEYWORDS

public transport; tariff system; tram; tram network; Zagreb

SADRŽAJ

1 UVOD	1
2 PROMETNI PROBLEMI URBANIH SREDINA.....	2
2.1 Prometno zagušenje	2
2.2 Pokretljivost.....	3
2.3 Vanjski utjecaji	4
3 POVIJESNI RAZVOJ TRAMVAJSKE MREŽE GRADA ZAGREBA.....	5
4 ELEMENTI TRAMVAJSKOG PROMETNOG SUSTAVA.....	14
4.1 Statički elementi linije	15
4.1.1 Trasa.....	15
4.1.2 Terminali.....	15
4.1.3 Stajališta.....	16
4.1.4 Razmaci.....	17
4.2 Dinamički elementi linije	18
4.2.1 Broj vozila na liniji	18
4.2.2 Vrijeme obrta	18
4.2.3 Interval	19
4.2.4 Frekvencija.....	19
5 ANALIZA POSTOJEĆEG SUSTAVA TRAMVAJSKOG PROMETA	20
5.1 Linije.....	20
5.1.1 Linija 1 Zapadni kolodvor – Borongaj.....	21
5.1.2 Linija 2 Črnomerec – Savišće	22
5.1.3 Linija 3 Ljubljanska – Savišće.....	23
5.1.4 Linija 4 Savski most – Dubec	24
5.1.5 Linija 5 Prečko – Dubrava	25
5.1.6 Linija 6 Črnomerec – Sopot.....	26

5.1.7 Linija 7 Savski most – Dubec	27
5.1.8 Linija 8 Mihaljevac – Zaprude.....	28
5.1.9 Linija 9 Ljubljana – Borongaj	29
5.1.10 Linija 11 Črnomerec – Dubec	30
5.1.11 Linija 12 Ljubljana – Dubrava	31
5.1.12 Linija 13 Žitnjak – Kvaternikov trg	32
5.1.13 Linija 14 Mihaljevac – Zaprude.....	33
5.1.14 Linija 15 Mihaljevac – Gračansko Dolje	34
5.1.15 Linija 17 Prečko – Borongaj	35
5.2 Vozni park	36
5.2.1 TMK 201+701	36
5.2.2 ČKD Tatra T4	36
5.2.3 ČKD Tatra T4+B4	37
5.2.4 ČKD Tatra KT4	37
5.2.5 TMK 2100.....	38
5.2.6 TMK 2200.....	38
5.2.7 TMK 2300.....	38
5.3 Tarifni sustav	39
5.4 Glavni problemi tramvajskog sustava	40
6 PRIJEDLOZI RJEŠENJA ZA TRAMVAJSKI PROMETNI SUSTAV	42
6.1 Prioritet javnog gradskog prijevoza.....	42
6.2 Proširenje tramvajske mreže.....	44
6.3 Integrirani javni prijevoz putnika	55
7 ZAKLJUČAK	56
LITERATURA.....	58
POPIS SLIKA I TABLICA.....	61

1 UVOD

Budući da veliki broj ljudi živi u Zagrebu i svakodnevno putuje u Zagreb, pojavljuju se razni prometni problemi koji se ne mogu riješiti isključivo poboljšavanjem cestovne infrastrukture. Zbog toga je potrebno ponuditi alternativu individualnom cestovnom prijevozu kroz javni gradski prijevoz koji treba biti atraktivan kako bi privukao korisnike. Tramvajski prijevoz je dio javnog gradskog prijevoza, a dostupan je svim korisnicima pod jednakim uvjetima i djeluje po unaprijed određenom voznom redu i trasama. Kako bi tramvajski prijevoz bio atraktivan, putnicima je potrebno ponuditi uslugu koja ispunjava njihove potrebe. Zbog neulaganja u tramvajsku infrastrukturu i lošu organiziranost se kroz godine smanjio broj korisnika i komercijalna brzina sustava javnog prijevoza.

Cilj diplomskog rada je, provođenjem analize postojećeg tramvajskog prometnog sustava, utvrditi glavne probleme javnog prijevoza te na temelju provedene analize predložiti unapređenja tramvajskog prometnog sustava. Svrha rada je poboljšanje učinkovitosti, a time i povećanje atraktivnosti tramvajskog prometnog sustava u Zagrebu na temelju prijedloga unapređenja postojećeg stanja.

Diplomski rad je podijeljen u sedam poglavlja. Nakon uvoda koji predstavlja prvo poglavlje diplomskog rada, u drugom poglavlju su navedeni osnovni problemi prometa urbanih sredina, a u trećem poglavlju je opisan povijesni razvoj tramvajske mreže Grada Zagreba. Četvrto poglavlje opisuje statičke i dinamičke elemente tramvajskog prometnog sustava. U petom poglavlju je napravljena analiza postojećeg tramvajskog prometnog sustava koja obuhvaća tramvajsku mrežu i njezine linije, vozni park, tarifni sustav i glavne probleme tramvajskog prometnog sustava. Šesto poglavlje iznosi prijedloge rješenja za unapređenje postojećeg tramvajskog prometnog sustava. Posljednje poglavlje predstavlja zaključak diplomskog rada.

2 PROMETNI PROBLEMI URBANIH SREDINA

Svi ljudi imaju potrebu za putovanjem. Zbog toga su se kroz povijest razvili različiti načini putovanja. Uz razvoj načina putovanja, s vremenom su se pojavili i prometni problemi. Problemi gradskog prometa su kompleksni, a mogu se razvrstati u tri kategorije [1]:

- zagušenje
- pokretljivost
- vanjski utjecaji.

2.1 Prometno zagušenje

Prometno zagušenje je stanje na prometnici tijekom kojeg je potražnja za korištenjem prometnice veća od kapaciteta prometnice. Opći uzroci prometnih zagušenja su [1]:

- hiperurbanizacija – aktivnosti koje su privlačne ljudima se nalaze u gradovima pa zbog toga veliki broj ljudi želi živjeti u gradovima kako bi smanjili udaljenosti putovanja, ali zbog sve većeg broja ljudi u gradovima dolazi do usporavanja putovanja
- specijalizacija aktivnosti unutar gradova – putovanja između raznih lokacija koje su disperzirane unutar grada
- usklađivanje ponude i potražnje – ponuda prijevoza u gradovima je uglavnom stalna, dok potražnja varira tijekom dana zbog čega u određenim periodima dana nastaju prometna zagušenja. Problem proizlazi iz toga što veliki broj ljudi u gradovima putuje na posao i s posla u isto vrijeme
- ponuda često potiče potražnju – povećanje prometnih kapaciteta često umjesto smanjenjem prometnih zagušenja rezultira povećanjem zagušenja zbog toga što nova infrastruktura često ljude potiče na poduzimanje putovanja.

Prometno zagušenje se može podijeliti na ponavljajuće i neponavljajuće prometno zagušenje. Ponavljajuća zagušenja nastaju svakodnevno, a najčešće zbog dnevnih migracija (posao, obrazovanje). Neponavljajuća zagušenja se događaju periodički i nasumično te su često nepredvidiva [2]. Najčešći uzroci neponavljajućih zagušenja su [3]:

- radovi na cesti

- nesreće
- neočekivane opasnosti
- izvanredni događaji - prolaz delegacije, prijevoz vangabaritnog tereta, održavanje raznih manifestacija
- vizualne prepreke na prometnici.

Prometna zagušenja imaju mnoge negativne posljedice, a neke od njih su [3]:

- zastoj – gubitak vremena
- kašnjenje – prekasni dolazak na odredište putovanja
- gubitak goriva i povećano zagađenje okoliša
- efekt prelijevanja – zbog zagušenja vozači počinju tražiti alternativne puteve prema svome odredištu što rezultira povećanim korištenjem ulica u mirnim rezidentnim dijelovima grada, a time i smanjenjem kvalitete života stanovnika rezidentnih područja
- povećano trošenje vozila – vlasnici vozila moraju češće ići na servis što rezultira povećanim troškovima održavanja i povećanim vremenom nedostupnosti vozila tijekom provođenja servisa
- stres – povećanje stresa kod vozača može dovesti do poduzimanja opasnih radnji tijekom vožnje što povećava rizik od nastanka prometne nezgode
- otežane hitne intervencije – prometna zagušenja otežavaju prolazak vozilima hitnih službi što rezultira povećanjem vremena potrebnog za obavljanje hitne intervencije.

2.2 Pokretljivost

Zbog sve većeg širenja urbanih sredina dolazi do potrebe za osiguravanjem načina prijevoza za njihove stanovnike kako bi oni mogli doći do svoga odredišta. Nadležni u nekim državama SAD-a su odlučili provesti nabavu osobnog vozila svakome jer je takav način osiguravanja pokretljivosti jeftiniji za državu nego održavanje masovnog javnog prijevoza. Takvo rješenje nije idealno jer neki stanovnici ne posjeduju automobil zato što su fizički ili psihički nesposobni za vožnju, premladi su pa još ne posjeduju vozačku dozvolu, prestari su pa više nisu sposobni voziti ili ne vole voziti. Zbog toga je potrebno organizirati kvalitetan javni prijevoz u gradovima [1].

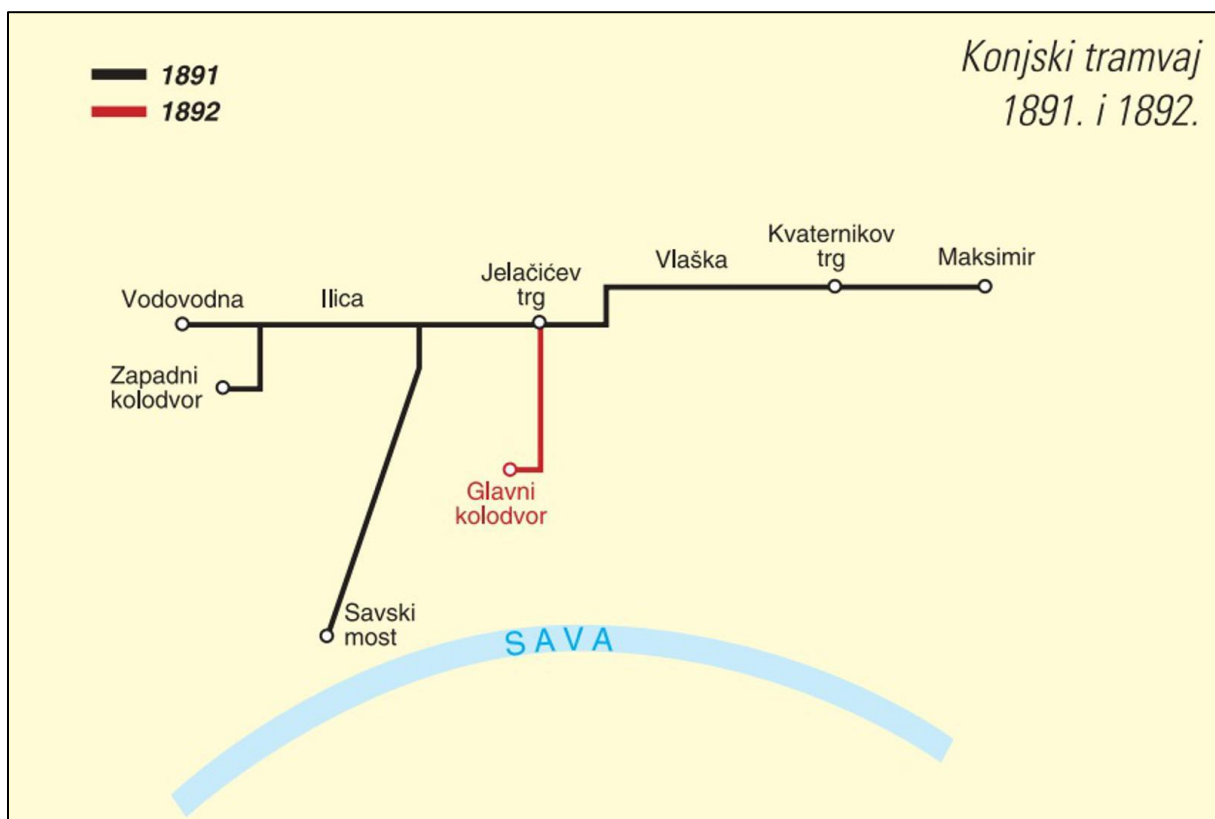
2.3 Vanjski utjecaji

Treća kategorija prometnih problema urbanih sredina su vanjski utjecaji, a oni su [1]:

- prometne nesreće – svake godine u urbanim sredinama u Hrvatskoj strada nekoliko tisuća ljudi
- potrošnja energije – velike količine naftnih rezervi se nalazi na Srednjem istoku koji je opterećen ratnim sukobima. Smanjenje broja osobnih vozila i povećanje korištenja javnog prijevoza bi rezultiralo smanjenjem potrošnje energije
- ekološki utjecaji – zagađenje zraka i vode te buka
- estetika – ceste i parkirališta često kvare izgled grada
- zauzimanje zemljišta – prometna infrastruktura zauzima velike površine u gradu pa je potrebno kvalitetno organizirati prostor
- razaranje gradskih površina – prometni pravci često predstavljaju fizičke prepreke do odredišta putovanja
- prenamjena gradskih površina – zahtijeva se veća površina u gradovima koji imaju stambene kvartove s malom gustoćom i s više poslovnih centara što rezultira povećanjem troškova putovanja i potrošnje energije.

3 POVIJESNI RAZVOJ TRAMVAJSKE MREŽE GRADA ZAGREBA

Konjski omnibusi su 1844. obavljali prvi linijski gradski prijevoz koji je bio sezonske naravi [4]. Ugovor o izgradnji tramvajske pruge na području grada Zagreba sklopljen je u lipnju 1889. između zagrebačkog gradskog poglavarstva i francuskog inženjera Raoula Pierrea Alexandra. Na Savskoj cesti, na mjestu današnjeg Tehničkog muzeja Nikola Tesla, izgrađeni su uprava poduzeća, spremište za kola i staje za konje. Gautier je 7. ožujka 1891. dobio koncesiju za izgradnju pruge od ministarstva trgovine, ali nije započeo izgradnju nego je svoje obveze za naknadu od 4500 forinti prenio na Društvo zagrebačkih građana. Izgradnju prvih pruga je 11. svibnja 1891. započelo Društvo zagrebačkih građana pod vodstvom dr. Ljudevita Schwarzza, a pruge su povezivale: Vodovodnu ulicu i Maksimir (preko Ilice, Trga bana Josipa Jelačića, Vlaške ulice i Kvaternikovog trga), Ilicu i Zapadni kolodvor te Ilicu i Savski most (preko Frankopanske ulice i Savske ceste). Pruga koja je povezivala Trg bana Josipa Jelačića i Glavni kolodvor (Slika 1) je izgrađena 1892. [5].



Slika 1. Tramvajske pruge izgrađene 1891. i 1892.

Izvor: [6]

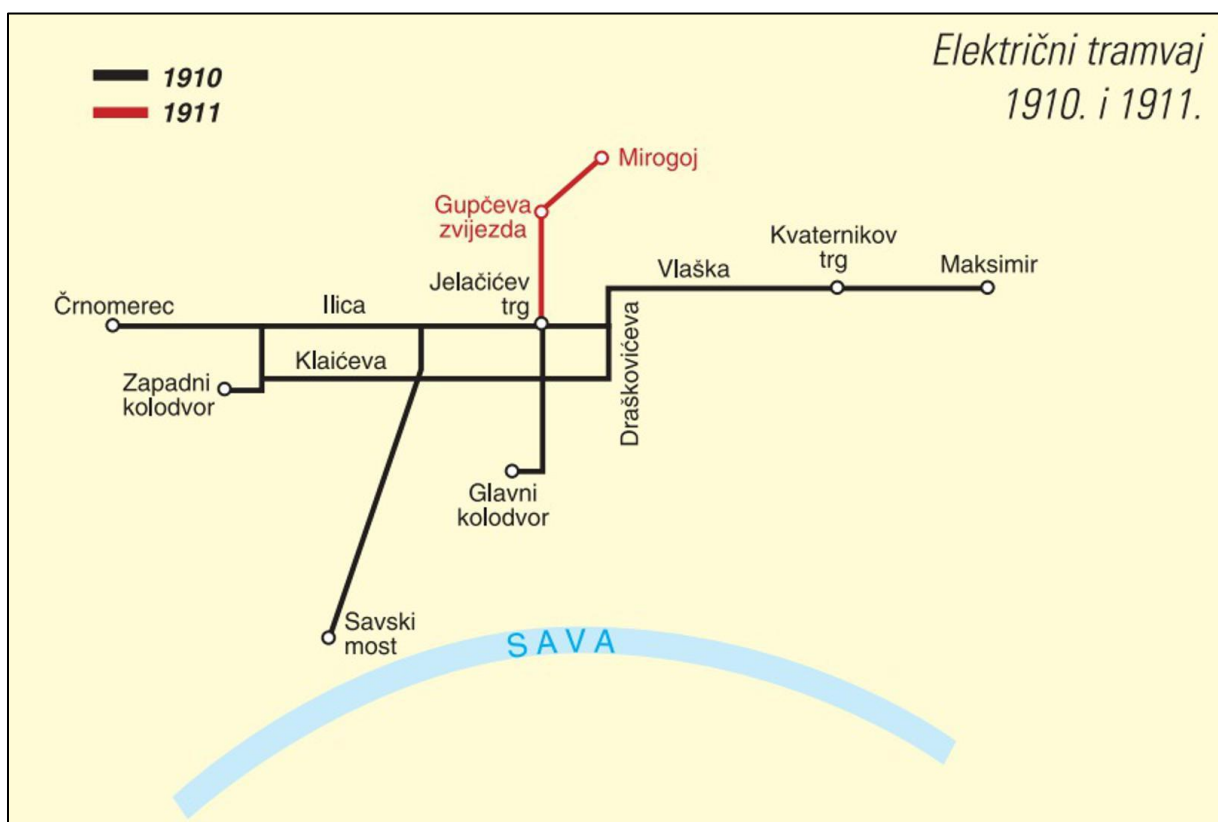
Sve tramvajske pruge i uređaji su pregledani 4. rujna 1891. od strane posebne komisije koja se prva provezla gradom. Komisija je zaključila kako je izgrađena tramvajska mreža odlična te je idućeg dana, 5. rujna 1891. u 13 sati, prvi konjski tramvaj počeo s redovitom vožnjom. Zbog velikog interesa i toga što je tramvaj bio novost u gradu, gradska uprava je proglasila posebne odredbe kako bi osigurala sigurnost svih sudionika u prometu. Neke od njih su: ulaz u kola je dozvoljen samo na stajalištima koja moraju biti označena posebnim pločama, zabranjeno je ulaziti i izlaziti iz tramvaja dok je u pokretu, tramvaj ima apsolutnu prednost i nitko mu se ne smije ispriječiti na putu [5].

Duljina mreže iznosila je 10.3 km, a širina kolosijeka je bila 0.76 m. Brzina vožnje je iznosila 6 – 8 km/h. Deset zatvorenih i šest otvorenih kola je u početku činilo vozni park te je s vremenom broj kola povećan na 38. Dužina kola je iznosila 5 m, širina 1.8 m, visina 2.5 m, a proizvođača ih je tvornica Weitzer u Grazu. Koristilo se dvostruko više konja nego kola, a svaki konj je dnevno prelazio 26 – 28 km. Vozarina je iznosila 12 filira [4]. Problem je predstavljalo to što je pruga bila jednokolosiječna s mimoilaznicama na važnim stajalištima što je usporavalo prometovanje vozila [5].

U idućih 20 godina se u sve više inozemnih gradova počinju koristiti električni tramvaji. Budući da se početkom 20. stoljeća Zagreb počeo ubrzano razvijati, konjski tramvaj više nije mogao zadovoljiti potrebe stanovnika Zagreba pa se pojavljuje sve više zahtjeva za zamjenu konjskih tramvaja za električne. Uvođenje električnih tramvaja nije bilo moguće sve dok Zagreb nije dobio električnu centralu 1907. Iste godine je Gradsko poglavarstvo sklopilo ugovor s Tramvajskim društvom prema kojem se Društvo obvezuje izraditi električni tramvaj na svoj trošak s pravom upravljanja od najmanje 10 godina, nakon čega bi grad stekao pravo otkupa tramvaja od poduzeća, a pogon bi nakon 50 godina prešao u vlasništvo grada bez isplate odštete [5].

Tijekom 1910. izgrađene su nove tramvajske pruge na istim trasama na kojima su bile i stare za konjski tramvaj. Za vrijeme izvođenja radova je pruga produžena od Vodovodne ulice do Črnomerca, pruga od Zapadnog kolodvora kroz Ilicu do Draškovićeve izvedena je s dva kolosijeka te je sagrađena pruga od Kolodvorske ulice do Jurišićeve ulice preko Tvorničke, Jelisavine, Kukovićeve, Boškovićeve i Draškovićeve ulice. Širina novog kolosijeka je iznosila 1 m te se ta širina i danas koristi u Zagrebu. Novi kolosijek nije bio kvalitetno izveden te je često morao biti popravlján [5].

Prvi električni tramvaj je pušten u promet 18. kolovoza 1910., a još godinu dana je uz električni prometovao i konjski tramvaj budući da planirana električna tramvajska mreža još nije bila dovršena [5]. Ganz T50 proizvođača Ganz & Co. iz Budimpešte je bio prvi tip električnog tramvaja koji je prometovao Zagrebom. Tada je proizvedeno 18 motornih kola duljine 7.63 m i širine 2.14 m, projektirane brzine 20 – 25 km/h. Kapacitet kola je bio 21 sjedeće i 9 stajaćih mjesta [4]. Na Savskoj cesti, na mjestu na kojem je bilo i spremište za konjske tramvaje, je napravljeno spremište za električne tramvaje adaptacijom i dogradnjom postojećeg spremišta te je nadograđen kat na upravnoj zgradi. Izgradnjom pruge s Trga bana Jelačića preko Kaptola i Nove Vesi do Mirogoja je 1911. proširena tramvajska mreža (Slika 2). Za novoizgrađenu strmu dionicu je nabavljeno 7 novih motornih kola sa jačim motorima [5].



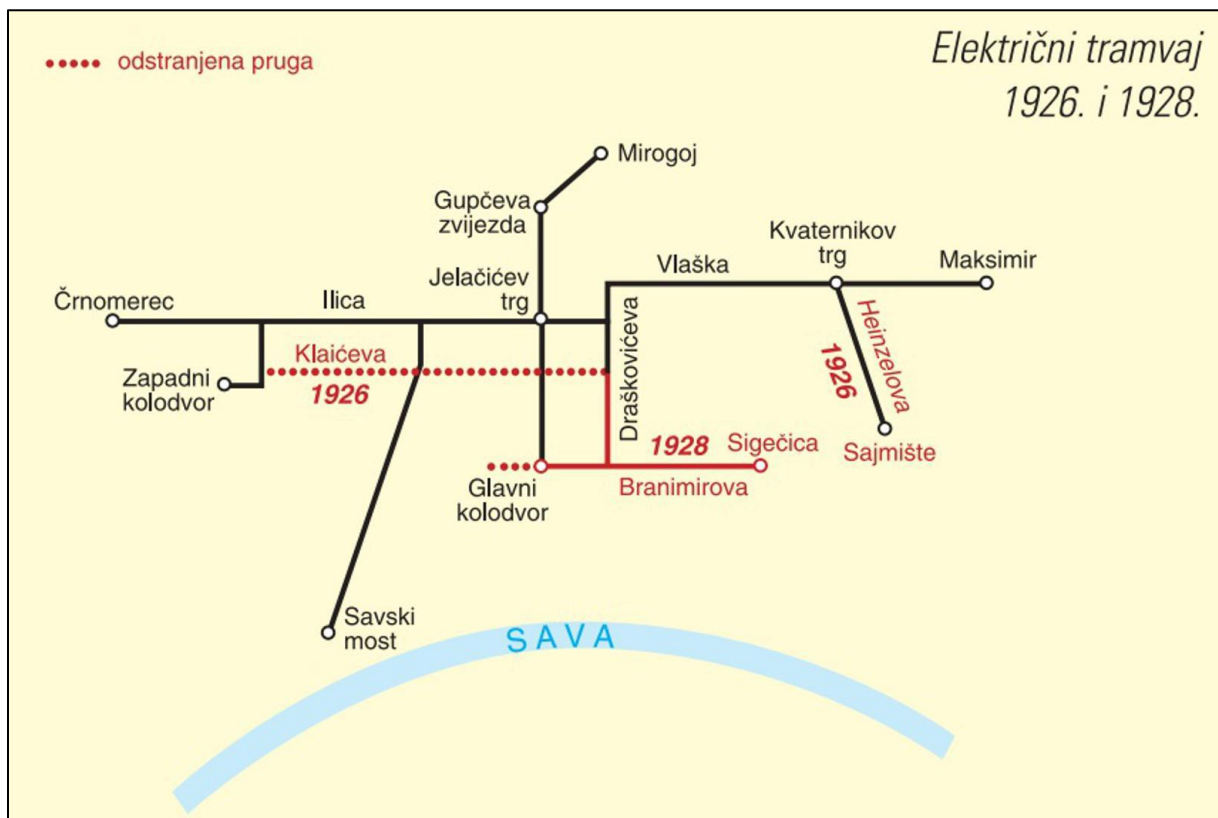
Slika 2. Tramvajska mreža Grada Zagreba iz 1911.

Izvor: [6]

Tijekom Prvog svjetskog rata je 15 od 35 motornih kola bilo uporabljivo, a pruga je bila u lošem stanju pa su tramvaji morali prometovati smanjenom brzinom [5]. Za vrijeme trajanja Prvog svjetskog rata, 1916., su proizvedena prva tramvajska vozila u Hrvatskoj. Proizvela ih je tvornica strojeva i ljevaonica željeza E. Eisenhut. Proizvedena vozila su bila duljine 6.7 m i širine 2 m, a kapaciteta 24 sjedećih i 4 stajaćih mjesta [4].

Završetkom Prvog svjetskog rata počinje obnova i razvoj tramvajskog prometa u Zagrebu. Tramvajska kola M-22 počinju prometovati 2. srpnja 1922. Bila su duga 9.14 m, a široka 2.1 m. Bila su izvedena s drvenim kosturom i prilagođena za lijevu vožnju koja je tada još uvijek vrijedila u Zagrebu. Iste godine su nove bakrene žice gornjeg voda zamijenile postojeće čelične. Dotadašnja žuta boja tramvaja je 1923. zamijenjena plavom bojom, a od 1924. tramvajska kola se grade samo sa čeličnim kosturom za desnu vožnju koja je u Zagrebu stupila na snagu 1. siječnja 1926. godine [5].

1926. je izgrađena pruga koja je povezala Kvaternikov trg i Sajmište te je uklonjena pruga koja je povezivala Draškovićevo ulicu i Zapadni kolodvor preko Klaićeve ulice, a 1928. je izgrađena pruga kojom je povezan Glavni kolodvor sa Sigečicom preko Branimitrove ulice te je pruga u Draškovićevoj ulici produžena kako bi se spojila sa prugom u Branimitrovoj ulici [6]. Slika 3 prikazuje tramvajsku mrežu Grada Zagreba iz 1928. sa navedenim promjenama.

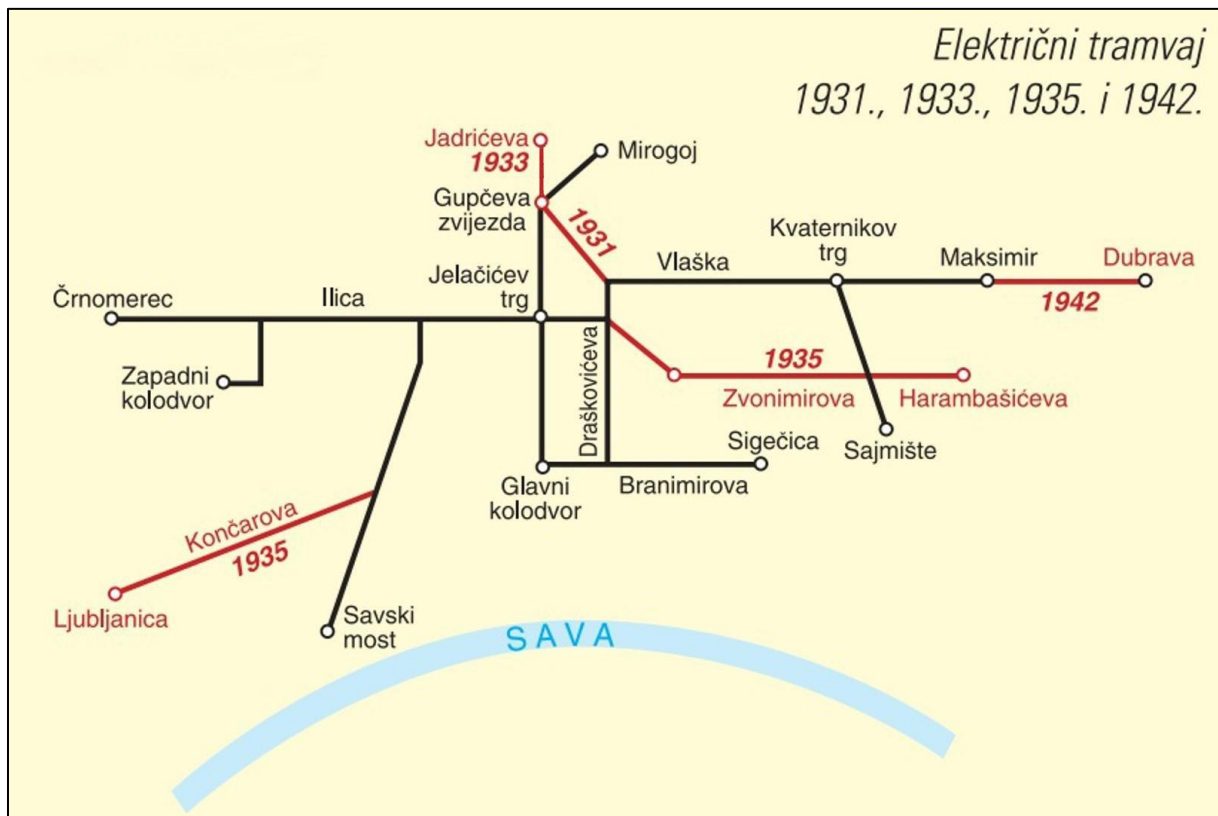


Slika 3. Tramvajska mreža Grada Zagreba iz 1928.

Izvor: [6]

Tijekom tridesetih godina 20. stoljeća se tramvajska mreža Grada Zagreba nastavila proširivati pa je 1931. izgrađena pruga koja je povezala Draškovićevo ulicu sa Gupčevom zvijezdom. Dvije godine kasnije, 1933., je izgrađena pruga od Gupčeve zvijezde do Jandrićeve ulice, a 1935. je izgrađena pruga koja je povezala Savsku cestu i Ljubljanicu preko Končareve ulice

(današnja Tratinska i Ozaljska ulica) te je iste godine izgrađena pruga koja je povezala Draškovićeve ulicu i Haramabašićevu ulicu preko Ulice Račkog, Trga žrtava fašizma i Zvonimirove ulice [6]. Kako bi se osigurala kvalitetna usluga na novim prugama napravljeno je 6 novih motornih kola i 13 otvorenih prikolica, a 11. veljače 1936. je završeno novo spremište za njih. Ljetne prikolice su preinačene u prikolice zatvorenog tipa tri godine kasnije kako bi se zadovoljile prometne potrebe [5]. Pruga koja povezuje Maksimir i Dubravu je izgrađena 1942. godine [6]. Slika 4 prikazuje tramvajsku mrežu Grada Zagreba iz 1942.

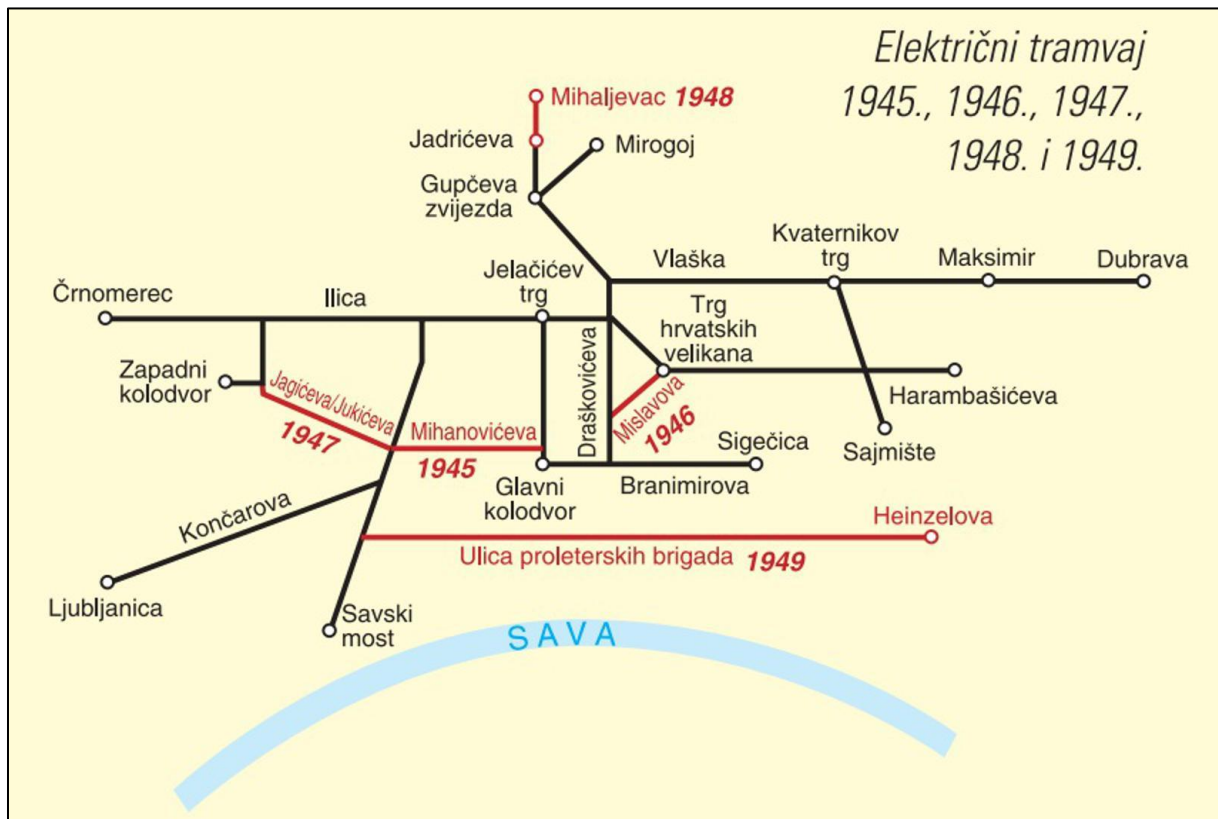


Slika 4. Tramvajska mreža Grada Zagreba iz 1942.

Izvor: [6]

Zbog nestašice električne energije i nedostatka stručne radne snage je tramvajski promet tijekom Drugog svjetskog rata bio neredovit, a u studenom 1944. je potpuno obustavljen te je normaliziran tek nakon završetka rata. Do 1945. su oznake na tramvajima odgovarale terminalu prema kojemu tramvaj prometuje, a 1945. se počeo koristiti isti broj za oba smjera vožnje [5]. Iste godine je izgrađena pruga u Mihanovićevoj i Vodnikovoj ulici kojom je povezana Savska cesta sa Glavnim kolodvorom [6]. 1946. su u sva motorna kola ugrađena sjedala za vozače, a iste godine je izgrađena pruga u Ulici kneza Mislava te je tako napravljena još jedna poveznica Trga žrtava fašizma i Draškovićeve ulice [5] [6]. Godinu dana poslije je izgrađena pruga koja povezuje Savsku cestu i Zapadni kolodvor preko Jukićeve i Jagićeve ulice [6]. 1948. je završena

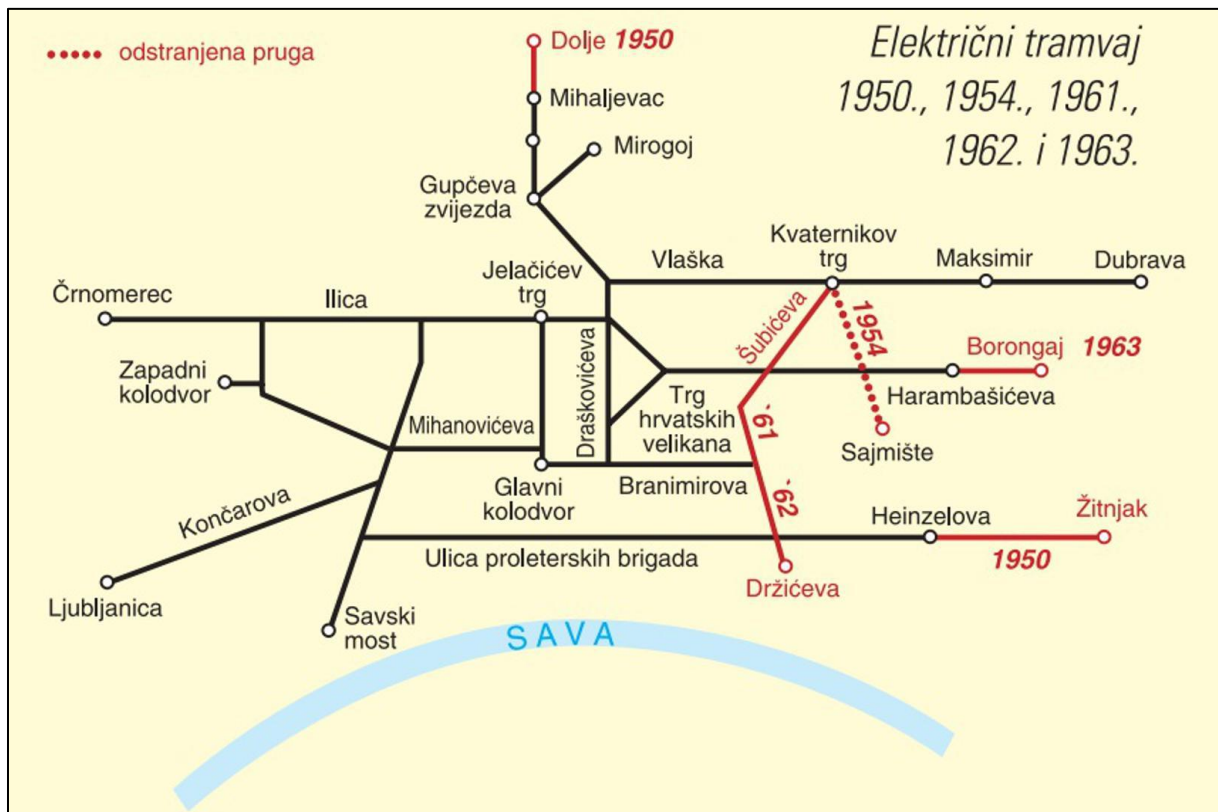
izgradnja nove tramvajske radionice u Ozaljskoj ulici koja je puštena u pogon 29. svibnja, a stara radionica na Savskoj cesti se prestaje koristiti [5]. Iste godine je izgrađena pruga koje je povezala Jandrićevu ulicu i Mihaljevac, a 1949. je izgrađena pruga od Savske ceste i Heinzelove ulice preko Ulice proleterskih brigada (današnje Ulice grada Vukovara) [6]. Slika 5 prikazuje tramvajsku mrežu Grada Zagreba iz 1949. sa navedenim promjenama.



Slika 5. Tramvajska mreža Grada Zagreba iz 1949.
Izvor: [6]

Tramvajska pruga između Mihaljevca i Dolja je završena 1950. Za navedenu prugu je najveća predviđena brzina iznosila 60 km/h. Zbog velike predviđene brzine bilo je potrebno postaviti lančani ovjes vozne žice koji se do tada nije koristio u Zagrebu. Kod takvog ovjesa se štedi na stupovima jer omogućava veće međusobne udaljenosti stupova, a pomoću posebnih naprava za napinjanje su uklonjene posljedice stezanja i rastezanja žica zbog toplinskog utjecaja. Kako bi se osigurala funkcionalnost novoizgrađene pruge, izgrađena je mala privremena ispravljačka postaja u Gračanima kako bi se gradska izmjenična struja pretvorila u istosmjernu struju kojom se napajaju tramvaji [5]. Iste godine je izgrađena pruga koja je povezala Heinzelovu ulicu i Žitnjak [6]. Pruga između Kvaternikovog trga i Sajmišta je uklonjena 1954., a 31. listopada iste godine se na prugi između Mirogoja i Gupčeve zvijezde dogodila jedna od najvećih tramvajskih prometnih nesreća u svijetu nakon koje je prekinut promet navedenom prugom [4] [6]. Prva

dionica nove tramvajske pruge od Kvaternikovog trga do Avenije Marina Držića je puštena u promet 29. studenog 1961., a povezala je Kvaternikov trg i Branimirovu ulicu. Prilikom izgradnje navedene pruge je prvi put u Zagrebu korištena produljena skretnica i produljeno križalište [5]. Druga dionica pruge je završena iduće godine, a povezala je Branimirovu ulicu i Aveniju Marina Držića. 1963. je izgrađena pruga koja je povezala Harambašićevu ulicu i Borongaj [6]. Slika 6 prikazuje tramvajsku mrežu Grada Zagreba iz 1963. sa navedenim promjenama.

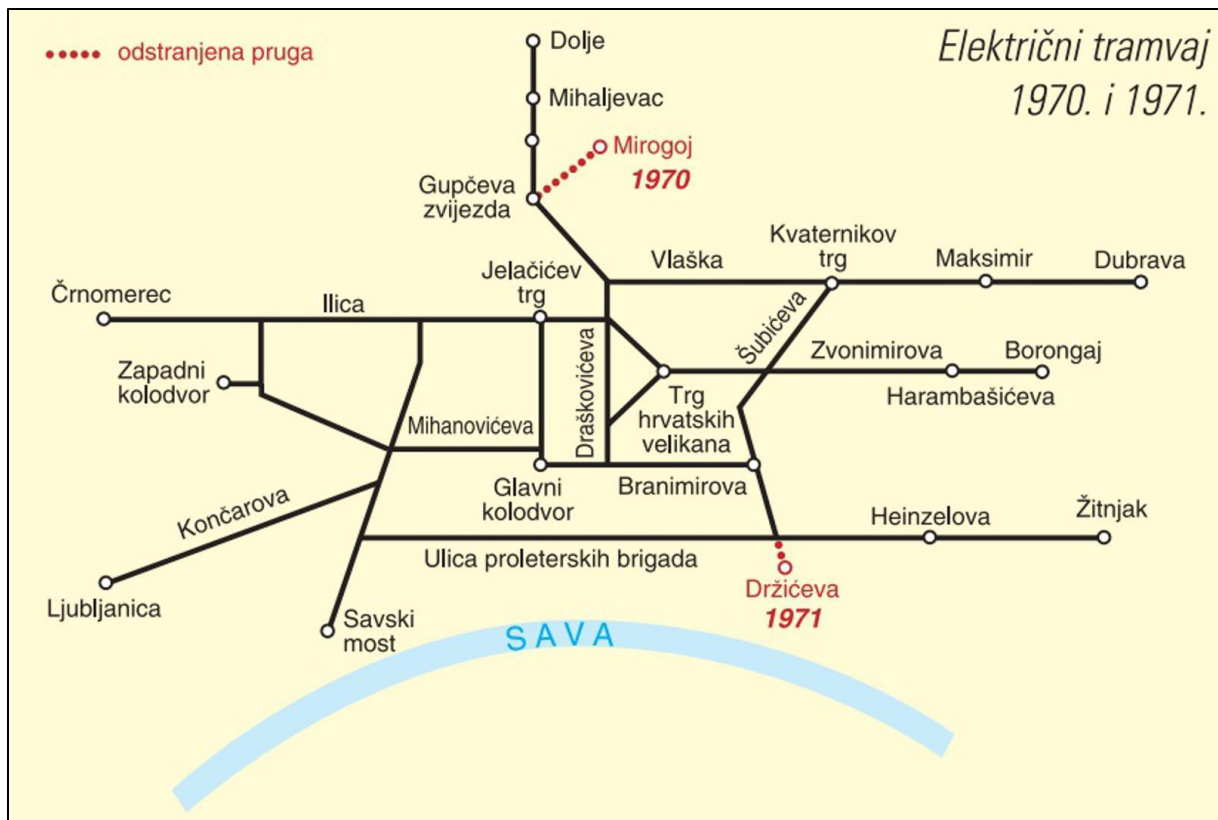


Slika 6. Tramvajska mreža Grada Zagreba iz 1963.
Izvor: [6]

Tijekom šezdesetih godina 20. stoljeća se počinje sve više razmišljati o budućnosti tramvaja zbog sve brže motorizacije zbog čega se na ulicama Zagreba pojavljuje sve više osobnih vozila kojima tramvaj nije konkurencija. Iako se razmišljalo o ukidanju tramvaja, donesena je odluka da će se nastaviti osuvremenjivanje i proširenje tramvajskog prometnog podsustava. Kako bi se povećala konkurentnost javnog prijevoza ZET je 1968. pokrenuo akciju ograničenja individualnog prometa u korist javnog prijevoza na području središta grada koja je djelomično uspjela nakon nekoliko godina [5].

Pruga Gupčeva zvijezda – Mirogoj na kojoj se 1954. dogodila nesreća je ponovno puštena u promet 1964., ali je 1967. odlučeno kako se navedena pruga ukida te je ona uklonjena 1970.

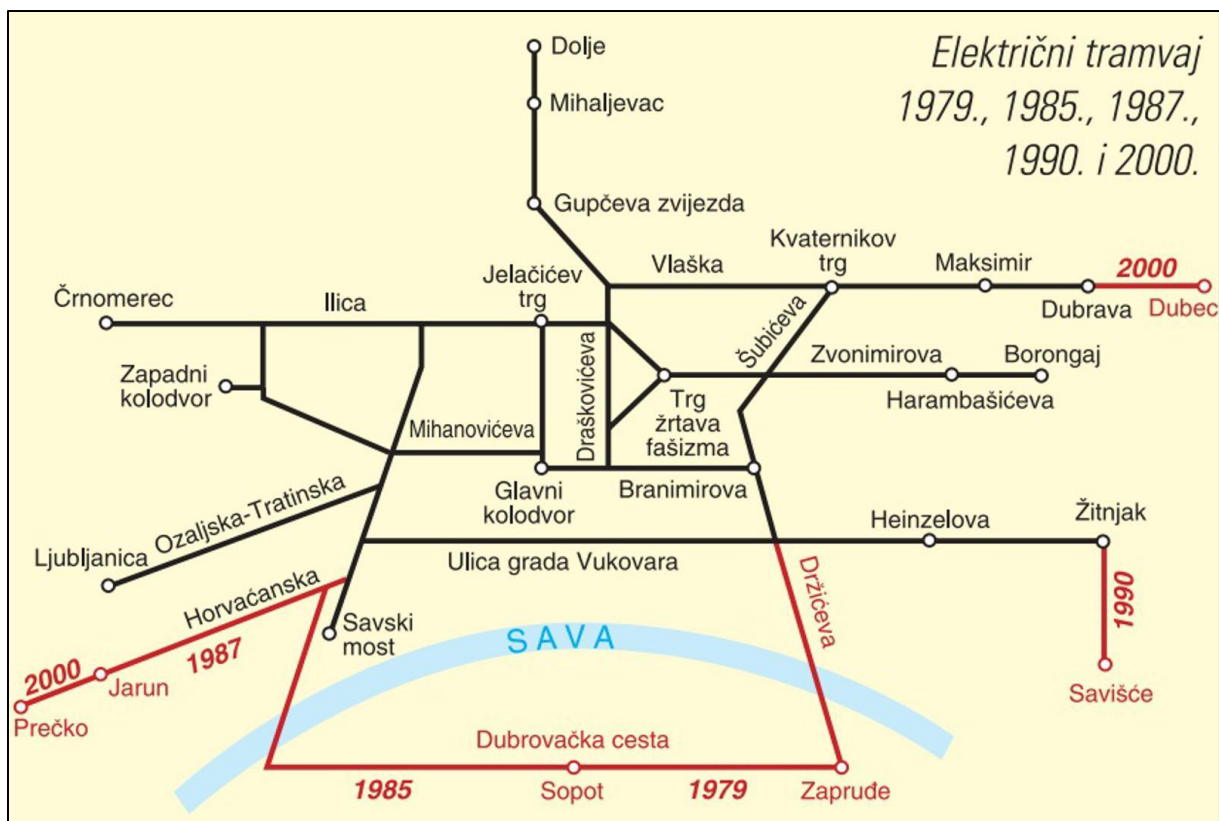
godine [4] [6]. Pruga koja je povezivala Ulicu proleterskih brigada (današnja Ulica grada Vukovara) i Držićevu ulicu je uklonjena 1971. godine [6]. Slika 7 prikazuje tramvajsku mrežu Grada Zagreba iz 1971. sa navedenim promjenama.



Slika 7. Tramvajska mreža Grada Zagreba iz 1971.
Izvor: [6]

1979. se nastavlja proširenje tramvajске mreže puštanjem u promet pruge koja je povezala Držićeve ulicu i Sopot u Novom Zagrebu s čime je tramvaj po prvi put prešao rijeku Savu. Navedena pruga je produžena 1985. kada je Sopot povezan sa Savskim mostom pa je tako zatvoren prsten kroz Novi Zagreb. Tramvajska pruga koja je povezala Savsku cestu i Jarun je puštena u promet 1987. [6].

Grad Zagreb je 1990. ponovno postao vlasnik ZET-a te je imenovan Upravni odbor od 9 članova, a nakon provedenog natječaja dipl. ing. Julijus Pavlek je imenovan direktorom poduzeća. Iste godine je završena tramvajska pruga koja je povezala Žitnjak i Savišće. 2000. je važna za zapadni i istočni dio grada jer su te godine završene dvije pruge. Prva pruga je povezala Dubravu i Dubec, a puštena je u promet 11. listopada. Druga pruga je povezala Jarun i Prečko, a puštena je u promet 20. studenog [5]. Slika 8 prikazuje tramvajsku mrežu koja je završena 2000. Od 2000. do danas tramvajska mreža nije dodatno proširena.

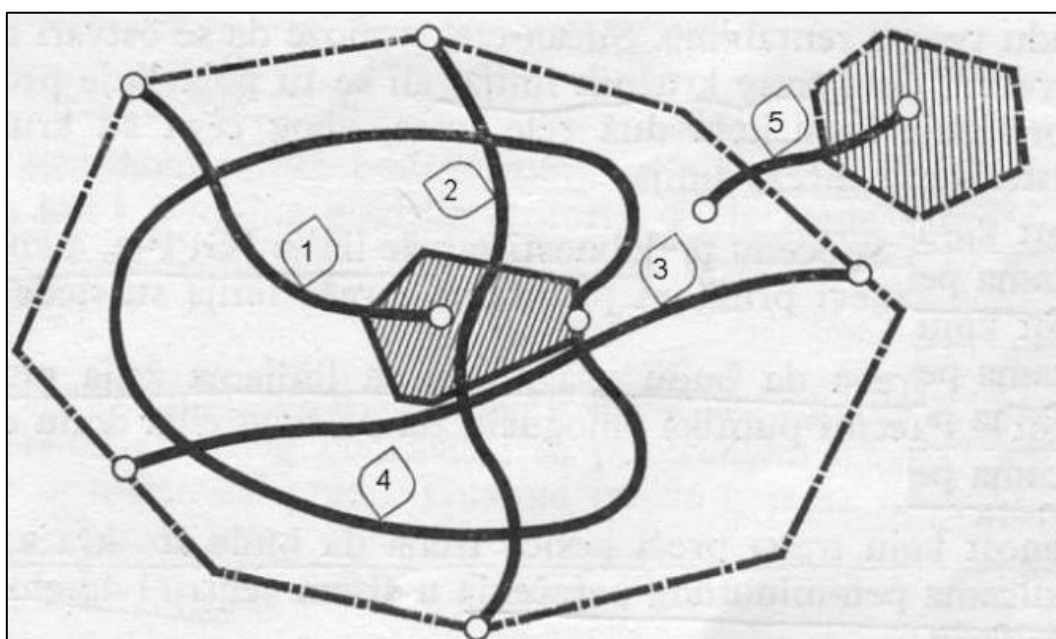


Slika 8. Tramvajska mreža Grada Zagreba iz 2000.
Izvor: [6]

4 ELEMENTI TRAMVAJSKOG PROMETNOG SUSTAVA

Sustav javnog gradskog prijevoza se sastoji od transportnih podsustava (autobus, tramvaj, metro, gradska željeznica i slično) koji su javno dostupni za korištenje uz unaprijed određenu naknadu. Glavna karakteristika linijskog javnog putničkog prijevoza je kretanje vozila između dva terminala po unaprijed utvrđenoj trasi i voznom redu uz zaustavljanje na svim predviđenim stajalištima na kojima se obavlja izmjena putnika [7].

Mreža linija je glavna komponenta tramvajskog prometnog sustava, a predstavlja skup svih linija neke urbane sredine koje se međusobno presijecaju ili preklapaju [8]. Linija javnog gradskog prijevoza je dio mreže linija na kojoj se obavlja prijevoz putnika prema unaprijed utvrđenoj tarifi, voznom redu i trasi pod jednakim uvjetima za sve korisnike [7]. Postoje različite vrste linija, a podjelu prema načinu pružanja u odnosu na granice grada prikazuje Slika 9.



Slika 9. Podjela linija prema načinu pružanja u odnosu na granice grada
Izvor: [9]

Na slici se razlikuju sljedeće vrste linija:

1. radijalna – povezuje periferiju grada sa središtem grada
2. dijametralna – povezuje dva periferna dijela grada pritom prolazeći kroz središte grada
3. tangencijalna – povezuju dva periferna dijela grada pritom ne prolazeći središtem grada već ga samo tangira

4. kružna – prometuje u krug
5. periferna – povezuje dvije točke na periferiji grada.

Linije se sastoje od različitih elemenata, a njihova osnovna podjela je na: statičke i dinamičke elemente.

4.1 Statički elementi linije

Statički elementi linije su oni elementi koji su određeni u planerskoj fazi mreže te ih se rijetko mijenja. Bilo kakva promjena statičkih elemenata iziskuje velike troškove. Statički elementi linije su: trase, terminali, stajališta i razmaci.

4.1.1 Trasa

Trasa linije predstavlja unaprijed utvrđen pravac po kojemu prometuju prijevozna sredstva i koji prolazi određenim ulicama i poklapa se s osnovnim tokovima kretanja putnika između terminala. Pažljivo planiranje trase linija u sustavu javnog gradskog prijevoza je jako bitno jer određuje efekte toga sustava nakon što se izgradi i stavi u funkciju [10]. Osnovni kriteriji za ocjenu trasiranja mreže linija u javnom gradskom prijevozu su [11]:

- trasa linije mora biti usklađena sa potrebama i željama putnika koje se utvrđuju različitim načinima prikupljanja podataka
- pješaćenje do stajališta u središtu grada ne smije iznositi više od 5 minuta, a izvan središta grada 10 minuta
- mreža linija treba biti trasirana tako da putnici izravno dolaze do odredišta ili uz najviše jedno presjedanje
- transfer na druge linije mora biti udoban, lagan i siguran
- potrebno je osigurati što veću nezavisnost linija javnog gradskog prijevoza u odnosu na druge sudionike u prometu.

4.1.2 Terminali

Prometni terminali su infrastrukturni objekti gdje se putnici koncentriraju i distribuiraju te su krajnje točke na liniji na kojima vozila javnog gradskog prijevoza mijenjaju smjer [12].

Terminalu se naziv dodjeljuje prema nekom značajnom odredištu ili izvorištu putničke prijevozne potražnje ili prema nazivu širega područja kojemu gravitira. Oznaka terminala se određuje tako da se terminal bliži središtu grada označava kao terminal A, a onaj terminal udaljeniji od središta grada kao terminal B. Osim za promjenu smjera vozila, služe i za [7]:

- kontrolu točnosti kretanja vozila u odnosu na vozni red
- aranžiranje vozila
- izravnavanje vremenskih neravnomjernosti u kretanju vozila
- odmor vozača
- transfer putnika na druge linije ili podsustave javnog prijevoza.

Terminali zahtijevaju jako malo opreme, a potrebno je osigurati sljedeće servise za putnike: informacije, zaklon od atmosferskih utjecaja, laku i sigurnu izmjenu načina ili podsustava putovanja. Tijekom vršnih perioda se mogu činiti zagušeni, ali se dobrim dizajnom i kvalitetnim rasporedom dolazaka i polazaka vozila tokovi putnika mogu uspješno rasporediti. Vrijeme koje putnici provode na terminalima treba biti što kraće [12].

4.1.3 Stajališta

Stajalište je mjesto na liniji na kojemu putnici čekaju dolazak prijevoznog sredstva u sustavu javnog gradskog prijevoza. Na stajalištima se obavlja ulazak i izlazak putnika iz vozila, a stajališta mogu imati informativni stup, nadstrešnicu i sjedala [8]. Trebala bi biti smještena blizu objekata visoke koncentracije aktivnosti tako da potencijalni korisnici javnog prijevoza mogu do njih doći pješaćenjem. To su najčešće komercijalni centri, sveučilišta, bolnice, stadioni te zračne luke i kolodvori [1]. Mogu biti postaje transfera, a postaje transfera su stajališta za dvije ili više linija na kojima putnici mogu prelaziti između linija [8].

Stajališta mogu biti [13]:

- stalna
- uvjetna
- privremena.

Stalna stajališta su stajališta na kojima se prijevozna sredstva javnog prijevoza najčešće zadržavaju prema voznom redu. Uvjetna stajališta su stajališta na kojima se vozilo javnog prijevoza zaustavlja ukoliko na njima ima putnika ili ako putnici žele izaći iz vozila. Privremena

stajališta su stajališta koja se postavljaju u slučaju potrebe (izvođenje radova, manifestacije) te se uklanjaju kada više nema potrebe za njima [13].

Kako bi se stajališta postavila na optimalnim lokacijama potrebno je uzeti u obzir sljedeće ciljeve [13]:

- opsluživanje velikih centara
- pokrivenost područja
- privlačenje maksimalnog broja putnika
- minimiziranje troškova sustava
- omogućavanje transfera sa drugim linijama
- zadovoljenje potreba populacije, ekonomskog razvoja područja i zahtjeva kombiniranog transfera.

Stajališta obično imaju jedan peron jer se na taj način najbolje manipulira putničkim tokovima i optimalno raspolaže prostorom, ali je na mjestima gdje je frekvencija vozila iznimno velika preporučljivo dodati jedan ili više perona radi osiguravanja dovoljno velike propusne moći [14].

4.1.4 Razmaci

Razmaci se određuju tako da se promatra cijela linija, broj putnika i raspodjela protoka putnika. Brzina vozila na liniji ovisi o udaljenosti između stajališta. Pri donošenju odluke o broju stajališta na liniji potrebno je voditi brigu o faktorima koji smanjuju brzinu prijevoza [1]:

- kočenje pri približavanju stajalištu
- ulasku i izlasku putnika
- ponovnom ubrzanju vozila do optimalne brzine vožnje.

Trase s manjim razmacima između stajališta koriste tramvaji jer se time može pokriti veće geografsko područje grada što privlači veći broj putnika. Pri tome je potrebno paziti da razmaci nisu premali kako se ne bi smanjila kvaliteta prijevoza putnika čestim zaustavljanjem vozila [15]. Tablica 1 prikazuje optimalne međustajališne udaljenosti u odnosu na brzinu prijevoznog sredstva. Pomoću nje se može zaključiti da je optimalna međustajališna udaljenost u tramvajskom prometu 250 – 550 metara.

Tablica 1. Međustajališna udaljenost u odnosu na brzinu prijevoznog sredstva

Prijevozno sredstvo	Brzina [km/h]	Međustajališna udaljenost [m]
Autobus, trolejbus, tramvaj	16 – 23	250 – 550
Podzemni tramvaj	21 – 23	600 – 1500
Metro	25 – 35	1000 – 1500
Gradska, prigradska željeznica	40 – 50	2500 – 3000

Izvor: [1]

4.2 Dinamički elementi linije

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

4.2.1 Broj vozila na liniji

Vozilima se obavlja sav prijevoz putnika na liniji. Tok vozila u gradovima je diskontinuiran zbog uvjeta prometovanja te ga je teško matematički odrediti. Broj vozila se računa s prosječnim vrijednostima osnovnih parametara [1]:

- brzinom
- gustoćom
- protokom.

4.2.2 Vrijeme obrta

Polaskom vozila s izvorišnog terminala započinje vrijeme poluobrtu koje završava polaskom vozila s odredišnog terminala. U javnom gradskom prijevozu linije najčešće imaju dva vremena poluobrtu – po jedno za svaki smjer vožnje, a njihov zbroj daje vrijeme obrta na liniji [16]. Iz prethodno navedenog može se zaključiti kako vrijeme obrta započinje polaskom vozila sa izvorišnog terminala, a završava sljedećim polaskom vozila sa istog izvorišnog terminala. Vrijeme obrta je vrijeme koje je potrebno da vozilo napravi jedan obrt, a sastoji se od [1]:

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

Pomoću formule se može prikazati na sljedeći način [1]:

$$T_o = \Sigma t_v + \Sigma t_{\text{cui}} + \Sigma t_t \quad (1)$$

Vrijeme obrta se izražava u minutama pomoću brzine obrta iz formule [1]:

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

U navedenoj formuli oznake su sljedeće:

- T_o – vrijeme obrta
- L – duljina linije
- V_o – brzina obrta.

4.2.3 Interval

Interval ili slijed je vremenski razmak između dva uzastopna vozila na liniji. Izražava se u minutama po vozilu, a izračunava se kao odnos vremena obrta i broja vozila na radu pomoću formule [1]:

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

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

4.2.4 Frekvencija

Frekvencija predstavlja broj vozila koji u promatranoj jedinici vremena prođe kroz određenu točku na liniji. Izražava se u vozilima na sat (voz/h), a izračunava se kao odnos broja vozila i vremena obrta [1]:

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

Frekvencijom se izražava intenzitet kretanja vozila na liniji te se može izračunati i kao recipročna vrijednost intervala [1]:

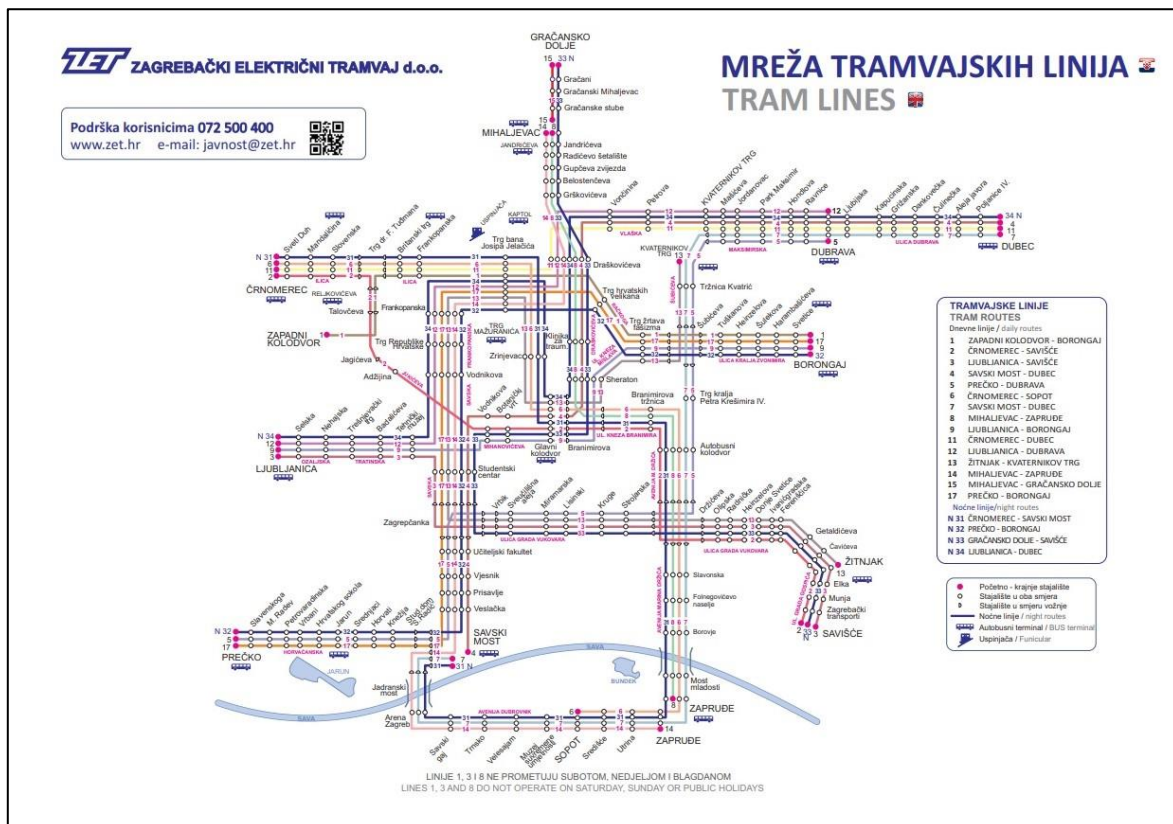
$$f = \frac{1}{i} \quad (5)$$

5 ANALIZA POSTOJEĆEG SUSTAVA TRAMVAJSKOG PROMETA

Tramvaji, autobusi, žičara, uspinjača, taksiji i prigradski vlakovi čine javni gradski prijevoz Grada Zagreba. Najveći dio javnog prijevoza obavlja Zagrebački električni tramvaj (ZET) koji je trgovačko društvo u vlasništvu Grada Zagreba i podružnica trgovačkog društva Zagrebački Holding. Grad Zagreb financira ZET sa 70% financijskih prihoda. ZET pruža usluge javnog gradskog prijevoza u Gradu Zagrebu te na dijelu Zagrebačke županije. U Zagrebu se preveze više od 200 milijuna putnika godišnje [9]. U Zagrebu postoje dva spremišta tramvaja: Ljubljaniica i Dubrava.

5.1 Linije

Mreža tramvajskih linija Grada Zagreba (Slika 10) se sastoji od 15 dnevnih i 4 noćne linije. Duljina tramvajske mreže iznosi 116 km. Kolosijek je širine 1000 mm.



Slika 10. Mreža tramvajskih linija Grada Zagreba

Izvor: [17]

Dnevne tramvajske linije Grada Zagreba su [17]:

- 1 Zapadni kolodvor – Borongaj
- 2 Črnomerec – Savišće
- 3 Ljubljana – Savišće
- 4 Savski most – Dubec
- 5 Prečko – Dubrava
- 6 Črnomerec – Sopot
- 7 Savski most – Dubec
- 8 Mihaljevac - Zapruđe
- 9 Ljubljana – Borongaj
- 11 Črnomerec – Dubec
- 12 Ljubljana – Dubrava
- 13 Žitnjak – Kvaternikov trg
- 14 Mihaljevac – Zapruđe
- 15 Mihaljevac – Gračansko Dolje
- 17 Prečko – Borongaj.

Noćne tramvajske linije su [17]:

- 31 Črnomerec – Savski most
- 32 Prečko – Borongaj
- 33 Gračansko Dolje – Savišće
- 34 Ljubljana – Dubec.

5.1.1 Linija 1 Zapadni kolodvor – Borongaj

Tramvajska linija 1 Zapadni kolodvor – Borongaj ima opseg od 12 km te je dijametralnog tipa. Vrijeme obrta vozila iznosi jedan sat, a prosječna brzina obrta je 12 km/h. Na liniji radnim danom prometuje 5 vozila sa slijedom od 12 minuta i 10 sekundi pa frekvencija vozila iznosi 5 voz/h [16]. Tramvajska linija 1 ne prometuje vikendom i tijekom ljeta.

Polazište tramvajske linije 1 je terminal Zapadni kolodvor na kojemu nema izmjene putnika. Prvo stajalište na kojemu se odvija izmjena putnika se nalazi u Hanuševoj ulici nakon koje vozila nastavljaju vožnju Ulicom Republike Austrije do Ilice. Ilicom prometuje sve do Trga

bana Josipa Jelačića te nastavlja do Trga žrtava fašizma preko Jurišičeve ulice i Ulice Franje Račkog. S Trga žrtava fašizma vozilo skreće u Ulica kralja Zvonimira kojom prometuje do Trga Johna F. Kennedyja te dalje do terminala Borongaj preko Ulice Divka Budaka. Tramvajski promet je zelenim pojasom odvojen od ostalog prometa u Ulici kralja Zvonimira [15].

Linija prolazi sljedećim gradskim četvrtima:

- Črnomerec
- Donji Grad
- Maksimir.

Linija 1 je u interakciji sa 8 od 14 preostalih dnevnih linija, a to su:

- 2 Črnomerec – Savišće
- 6 Črnomerec – Sopot
- 9 Ljubljana – Borongaj
- 11 Črnomerec – Dubec
- 12 Ljubljana – Dubrava
- 13 Kvaternikov trg – Žitnjak
- 14 Mihaljevac – Savski most
- 17 Prečko – Borongaj.

5.1.2 Linija 2 Črnomerec – Savišće

Tramvajska linija 2 Črnomerec – Savišće ima opseg od 21 km te je dijametralnog tipa. Vrijeme obrta vozila na navedenoj liniji iznosi 1 sat i 50 minuta, a prosječna brzina obrta je 12 km/h. Na liniji radnim danom prometuje 14 vozila sa slijedom od 7 minuta i 50 sekundi pa frekvencija vozila iznosi 8 voz/h [16].

Polazište tramvajske linije 2 je terminal Črnomerec sa kojeg vozila započinju obrt Ilicom. Iz Ilice vozila skreću u Ulicu Republike Austrije te nastavljaju vožnju Jagićevom ulicom. Nakon Jagićeve ulice obrt se nastavlja Jukićevom ulicom iz koje vozila skreću u Vodnikovu ulicu koja se nastavlja na Mihanovićevu ulicu koja vodi sve do Glavnog kolodvora odakle vozila nastavljaju obrt Ulicom kneza Branimira. Vozila skreću iz Ulice kneza Branimira na Aveniju Marina Držića iz koje vozila skreću u Ulicu grada Vukovara. Ulicom grada Vukovara

nastavljaju na Ulicu grada Gospića te dalje na Koledovčinu ulicu koja vodi sve do terminala Savišće.

Linija prolazi sljedećim gradskim četvrtima:

- Črnomerec
- Donji Grad
- Trnje
- Peščenica – Žitnjak.

Linija 2 je u interakciji sa 10 od 14 preostalih dnevnih linija, a to su:

- 1 Zapadni kolodvor – Borongaj
- 3 Ljubljana – Savišće
- 4 Savski most – Dubec
- 5 Prečko – Dubrava
- 6 Črnomerec – Sopot
- 7 Savski most – Dubec
- 8 Mihaljevac – Zaprude
- 9 Ljubljana – Dubec
- 11 Črnomerec – Dubec
- 13 Žitnjak – Kvaternikov trg.

5.1.3 Linija 3 Ljubljana – Savišće

Tramvajska linija 3 Ljubljana – Savišće ima opseg od 20 km te je tangencijalnog tipa. Vrijeme obrta vozila na navedenoj liniji iznosi 1 sat i 40 minuta, a prosječna brzina obrta je 12 km/h. Na liniji radnim danom prometuje 8 vozila sa slijedom od 12 minuta i 20 sekundi pa frekvencija vozila iznosi 5 voz/h [16]. Tramvajska linija 3 ne prometuje vikendom.

Polazište tramvajske linije 3 je terminal Ljubljana odakle vozila kreću obrt Ozaljskom ulicom koja se nastavlja na Tratinsku sve do skretanja na Savsku cestu. Vozila nastavljaju prometovati Savskom cestom sve do skretanja u Ulicu grada Vukovara kojom prometuje do Ulice grada Gospića te dalje do Koledovčine ulice koja vodi do terminala Savišće.

Linija prolazi sljedećim gradskim četvrtima:

- Trešnjevka – sjever
- Trnje
- Peščenica – Žitnjak.

Linija 3 je u interakciji sa 8 od 14 preostalih dnevnih linija, a to su:

- 2 Črnomerec – Savišće
- 4 Savski most – Dubec
- 5 Prečko – Dubrava
- 9 Ljubljana – Borongaj
- 12 Ljubljana – Dubrava
- 13 Žitnjak – Kvaternikov trg
- 14 Mihaljevac – Zapruđe
- 17 Prečko – Borongaj.

5.1.4 Linija 4 Savski most – Dubec

Tramvajska linija 4 Savski most – Dubec ima opseg od 25 km te je dijametralnog tipa. Vrijeme obrta vozila na navedenoj liniji iznosi 2 sata i 10 minuta, a prosječna brzina obrta je 12 km/h. Na liniji radnim danom prometuje 14 vozila sa slijedom od 9 minuta pa frekvencija vozila iznosi 7 voz/h [16].

Polazište tramvajske linije 4 je terminal Savski most sa kojega vozila prometuju Savskom cestom do skretanja u Vodnikovu ulicu te dalje Mihanovićevoj ulicom do Trga kralja Tomislava (Glavnog kolodvora). Sa Trga kralja Tomislava vozila prometuju Ulicom kneza Branimira iz koje skreću u Draškovićevoj ulicu te dalje u Vlašku ulicu. Vlaškom ulicom vozila dolaze do Trga Eugena Kvaternika sa kojega nastavljaju obrt Maksimirskom cestom koja se nastavlja ulicom Dubrava koja vodi do terminala Dubec.

Linija prolazi sljedećim gradskim četvrtima:

- Trešnjevka – jug
- Trešnjevka – sjever
- Donji Grad
- Maksimir
- Gornja Dubrava

- Donja Dubrava.

Linija 4 je u interakciji sa 12 od 14 preostalih dnevnih linija, a to su:

- 2 Črnomerec – Savišće
- 3 Ljubljana – Savišće
- 5 Prečko – Dubrava
- 6 Črnomerec – Sopot
- 7 Savski most – Dubec
- 8 Mihaljevac – Zaprude
- 9 Ljubljana – Borongaj
- 11 Črnomerec – Dubec
- 12 Ljubljana – Dubrava
- 13 Žitnjak – Kvaternikov trg
- 14 Mihaljevac – Zaprude
- 17 Prečko – Borongaj.

5.1.5 Linija 5 Prečko – Dubrava

Tramvajska linija 5 Prečko – Dubrava ima opseg od 29 km te je tangencijalnog tipa. Vrijeme obrta vozila na navedenoj liniji iznosi 2 sata i 20 minuta, a prosječna brzina obrta je 12 km/h. Na liniji radnim danom prometuje 12 vozila sa slijedom od 11 minuta i 40 sekundi pa frekvencija vozila iznosi 5 voz/h [16].

Polazište tramvajske linije 5 je terminal Dubrava sa kojega se vozila uključuju na Maksimirsku cestu kojom prometuju do Trga Eugena Kvaternika. Nakon Trga Eugena Kvaternika vozila prometuju Šubićevom ulicom do Trga kralja Petra Krešimira IV. Obrt se nastavlja Avenijom Marina Držića sa koje vozila skreću u Ulicu grada Vukovara iz koje nakon 2.5 km skreću na Savsku cestu. Vozila nastavljaju obrt do skretanja u Selsku cestu, odakle linija skreće na Horvaćansku cestu koja se nastavlja na Ulicu Ivana Matetića Ronjgova koja vodi liniju do terminala Prečko.

Linija prolazi sljedećim gradskim četvrtima:

- Trešnjevka – jug
- Trešnjevka – sjever

- Trnje
- Donji Grad
- Maksimir
- Gornja Dubrava.

Linija 5 je u interakciji sa 11 od 14 preostalih dnevnih linija, a to su:

- 2 Črnomerec – Savišće
- 3 Ljubljana – Savišće
- 4 Savski most – Dubec
- 6 Črnomerec – Sopot
- 7 Savski most – Dubec
- 8 Mihaljevac – Zapruđe
- 11 Črnomerec – Dubec
- 12 Ljubljana – Dubrava
- 13 Žitnjak – Kvaternikov trg
- 14 Mihaljevac – Zapruđe
- 17 Prečko – Borongaj.

5.1.6 Linija 6 Črnomerec – Sopot

Tramvajska linija 6 Črnomerec – Sopot ima opseg od 21 km te je dijametralnog tipa. Vrijeme obrta vozila na navedenoj liniji iznosi 1 sat i 40 minuta, a prosječna brzina obrta je 13 km/h. Na liniji radnim danom prometuje 16 vozila sa slijedom od 6 minuta i 10 sekundi pa frekvencija vozila iznosi 10 voz/h [16].

Polazište tramvajske linije 6 je terminal Črnomerec sa kojega se vozila uključuju na Ilicu kojom prometuju do Trga bana Josipa Jelačića na kojemu skreću u Prašku ulicu te dalje prolazeći uz Trg Nikole Zrinskog (Zrinjevac) i Trg Josipa Jurja Strossmayera dolaze do Trga kralja Tomislava (Glavni kolodvor). Obrt se nastavlja Ulicom kneza Branimira iz koje vozila skreću u Aveniju Marina Držića kojom nastavljaju do Mosta mladosti kojim prelaze Savu te se uključuju na Sarajevsku cestu sa koje skreću na Aveniju Dubrovnik kojom prometuju do terminala Sopot.

Linija prolazi sljedećim gradskim četvrtima:

- Črnomerec
- Donji Grad
- Gornji Grad – Medveščak
- Trnje
- Novi Zagreb – Istok.

Linija 6 je u interakciji sa 12 od 14 preostalih dnevnih linija, a to su:

- 1 Zapadni kolodvor – Borongaj
- 2 Črnomerec – Savišće
- 4 Savski most – Dubec
- 5 Prečko – Dubrava
- 7 Savski most – Dubec
- 8 Mihaljevac – Zapruđe
- 9 Ljubljana – Borongaj
- 11 Črnomerec – Dubec
- 12 Ljubljana – Dubrava
- 13 Žitnjak – Kvaternikov trg
- 14 Mihaljevac – Zapruđe
- 17 Prečko – Borongaj.

5.1.7 Linija 7 Savski most – Dubec

Tramvajska linija 7 Savski most – Dubec ima opseg od 33 km te je ?tangencijalnog? tipa. Vrijeme obrta vozila na navedenoj liniji iznosi 2 sat i 20 minuta, a prosječna brzina obrta je 14 km/h. Na liniji radnim danom prometuje 18 vozila sa slijedom od 7 minuta i 30 sekundi pa frekvencija vozila iznosi 8 voz/h [16].

Polazište tramvajske linije 7 je terminal Savski most sa kojega se vozila uključuju na Selsku cestu. Sa Selske ceste vozila skreću na Most mladosti sa kojega se uključuju na Aveniju Dubrovnik kojom prometuju kroz Novi Zagreb do skretanja na Sarajevsku cestu koja vodi do Mosta mladosti sa kojega se obrt nastavlja Avenijom Marina Držića do Trga kralja Petra Krešimira IV. sa kojega vozila skreću u Ulicu Pavla Šubića koja vodi do Trga Eugena

Kvaternika. Obrt se nastavlja Maksimirskom cestom koja se nastavlja na ulicu Dubrava te njom vozila prometuju do terminala Dubec.

Linija prolazi sljedećim gradskim četvrtima:

- Trešnjevka – jug
- Novi Zagreb – zapad
- Novi Zagreb – istok
- Trnje
- Donji Grad
- Maksimir
- Gornja Dubrava
- Donja Dubrava.

Linija 7 je u interakciji sa 10 od 14 preostalih dnevnih linija, a to su:

- 2 Črnomerec – Savišće
- 4 Savski most – Dubec
- 5 Prečko – Savski most
- 6 Črnomerec – Sopot
- 8 Mihaljevac – Zapruđe
- 11 Črnomerec – Dubec
- 12 Ljubljaničana – Dubrava
- 13 Žitnjak – Kvaternikov trg
- 14 Mihaljevac – Zapruđe
- 17 Prečko – Borongaj.

5.1.8 Linija 8 Mihaljevac – Zapruđe

Tramvajska linija 8 Mihaljevac – Zapruđe ima opseg od 17 km te je tangencijalnog tipa. Vrijeme obrta vozila na navedenoj liniji iznosi 1 sat i 10 minuta, a prosječna brzina obrta je 14 km/h. Na liniji radnim danom prometuje 5 vozila sa slijedom od 14 minuta i 50 sekundi pa frekvencija vozila iznosi 4 voz/h [16]. Tramvajska linija 8 ne prometuje vikendom.

Polazište tramvajske linije 8 je terminal Mihaljevac sa kojega se vozila uključuju na Ksaversku cestu kojom prometuje do Gupčeve zvijezde sa koje se uključuju na Ulicu Medveščak koja se

nastavlja na ulicu Ribnjak kojom preko Trga Josipa Langa dolaze do raskrižja Draškovićeve i Vlaške ulice na kojemu skreću u Draškovićeve ulicu. Na južnom kraju Draškovićeve ulice vozila skreću prema istoku u Ulicu kneza Branimira iz koje skreću na Aveniju Marina Držića koja se nastavlja na Most mladosti preko kojeg vozila prelaze Savu i uključuju se na Sarajevsku cestu sa koje se spuštaju na terminal Zapruđe.

Linija prolazi sljedećim gradskim četvrtima:

- Gornji Grad – Medveščak
- Donji Grad
- Trnje
- Novi Zagreb – istok.

Linija 8 je u interakciji sa 11 od 14 preostalih dnevnih linija, a to su:

- 2 Črnomerec – Savišće
- 4 Savski most – Dubec
- 5 Prečko – Dubrava
- 6 Črnomerec – Sopot
- 7 Savski most – Dubec
- 9 Ljubljana – Borongaj
- 11 Črnomerec – Dubec
- 12 Ljubljana – Dubrava
- 13 Žitnjak – Kvaternikov trg
- 14 Mihaljevac – Zapruđe
- 15 Mihaljevac – Gračansko Dolje.

5.1.9 Linija 9 Ljubljana – Borongaj

Tramvajska linija 9 Ljubljana – Borongaj ima opseg od 15 km te je dijametralnog tipa. Vrijeme obrta vozila na navedenoj liniji iznosi 1 sat i 20 minuta, a prosječna brzina obrta iznosi 11 km/h. Na liniji radnim danom prometuje 10 vozila sa slijedom od 8 minuta i 10 sekundi pa frekvencija vozila iznosi 7 voz/h [16].

Polazište tramvajske linije 9 je terminal Ljubljana sa kojega se vozila uključuju na Ozaljsku ulicu kojom prometuju do Trešnjevačkog trga te dalje nastavljaju vožnju Tratinskom ulicom do

Trga Dražena Petrovića. Sa Trga Dražena Petrovića vozila skreću na Savsku cestu kojom prometuju do skretanja u Vodnikovu ulicu koja se nastavlja na Mihanovićeve ulicu te njom vozila stižu do Trga kralja Tomislava (Glavnog kolodvora). Krenuvši sa Trga kralja Tomislava vozila obrt nastavljaju Ulicom kneza Branimira iz koje skreću u Draškovićeve ulicu, a poslije u Ulicu kneza Mislava kojom vozila dolaze na Trg žrtava fašizma. Dalje vozila prometuju Ulicom kralja Zvonimira koja se nastavlja na Ulicu Divka Budaka koja vodi do terminala Borongaj.

Linija prolazi sljedećim gradskim četvrtima:

- Trešnjevka – sjever
- Donji Grad
- Maksimir.

Linija 9 je u interakciji sa 9 od 14 preostalih dnevnih linija, a to su:

- 1 Zapadni kolodvor – Borongaj
- 2 Črnomerec – Savišće
- 3 Ljubljana – Savišće
- 4 Savski most – Dubec
- 6 Črnomerec – Sopot
- 8 Mihaljevac – Zaprude
- 12 Ljubljana – Dubrava
- 13 Žitnjak – Kvaternikov trg
- 17 Prečko – Borongaj.

5.1.10 Linija 11 Črnomerec – Dubec

Tramvajska linija 11 Črnomerec – Dubec ima opseg od 24 km te je dijametralnog tipa. Vrijeme obrta vozila na navedenoj liniji iznosi 1 sat i 50 minuta, a prosječna brzina obrta iznosi 13 km/h. Na liniji radnim danom prometuje 18 vozila sa slijedom od 6 minuta i 10 sekundi pa frekvencija vozila iznosi 10 voz/h [16].

Polazište tramvajske linije 11 je terminal Črnomerec sa kojega se vozila uključuju na Ilicu kojom prometuju do Trga bana Josipa Jelačića sa kojega se obrt nastavlja Jurišićevom ulicom. Iz Jurišićeve ulice vozila skreću u sjeverni dio Draškovićeve ulice iz koje skreću u Vlašku ulicu

kojom prometuju do Trga Eugena Kvaternika. Vozila obrt nastavljaju Maksimirskom cestom koja se nastavlja na Ulicu Dubrava kojom dolaze do terminala Dubec.

Linija prolazi sljedećim gradskim četvrtima:

- Črnomerec
- Donji Grad
- Gornji Grad – Medveščak
- Maksimir
- Gornja Dubrava
- Donja Dubrava.

Linija 11 je u interakciji sa 11 od 14 preostalih dnevnih linija, a to su:

- 1 Zapadni kolodvor – Borongaj
- 2 Črnomerec – Savišće
- 4 Savski most – Dubec
- 5 Prečko – Dubrava
- 6 Črnomerec – Sopot
- 7 Savski most – Dubec
- 8 Mihaljevac – Zapruđe
- 12 Ljubljana – Dubrava
- 13 Žitnjak – Kvaternikov trg
- 14 Mihaljevac – Zapruđe
- 17 Prečko – Borongaj.

5.1.11 Linija 12 Ljubljana – Dubrava

Tramvajska linija 12 Ljubljana – Dubrava ima opseg od 19 km te je dijametralnog tipa. Vrijeme obrta vozila na navedenoj liniji iznosi 1 sat i 40 minuta, a prosječna brzina obrta iznosi 12 km/h. Na liniji radnim danom prometuje 14 vozila sa slijedom od 6 minuta i 50 sekundi pa frekvencija vozila iznosi 9 voz/h [16].

Polazište tramvajske linije 12 je terminal Ljubljana sa kojeg se vozila uključuju na Ozaljsku ulicu koja se nakon Trešnjevačkog trga nastavlja na Tratinsku ulicu kojom vozila prometuju do Trga Dražena Petrovića. Obrt se nastavlja skretanjem na Savsku cestu u smjeru sjevera. Savska

cesta se nastavlja na Frankopansku ulicu iz koje vozila skreću u Ilicu kojom prometuju do Trga bana Josipa Jelačića. Jurišičevom ulicom vozila prometuju do Draškovićeve ulice iz koje skreću u Vlašku ulicu kojom dolaze do Trga Eugena Kvaternika. Obrt se nastavlja Maksimirskom cestom koja vodi do terminala Dubrava.

Linija prolazi sljedećim gradskim četvrtima:

- Trešnjevka – sjever
- Donji Grad
- Gornji Grad – Medveščak
- Maksimir
- Gornja Dubrava.

Linija 12 je u interakciji sa 12 od 14 preostalih dnevnih linija, a to su:

- 1 Zapadni kolodvor – Borongaj
- 3 Ljubljana – Savišće
- 4 Savski most – Dubec
- 5 Prečko – Dubrava
- 6 Črnomerec – Sopot
- 7 Savski most – Dubec
- 8 Mihaljevac – Zapruđe
- 9 Ljubljana – Borongaj
- 11 Črnomerec – Dubec
- 13 Žitnjak – Kvaternikov trg
- 14 Mihaljevac – Zapruđe
- 17 Prečko – Borongaj.

5.1.12 Linija 13 Žitnjak – Kvaternikov trg

Tramvajska linija 13 Žitnjak – Kvaternikov trg ima opseg od 23 km te je dijametralnog tipa. Vrijeme obrta vozila na navedenoj liniji iznosi 2 sata, a prosječna brzina obrta iznosi 11 km/h. Na liniji radnim danom prometuje 10 vozila sa slijedom od 11 minuta i 50 sekundi pa frekvencija vozila iznosi 5 voz/h [16].

Polazište tramvajske linije 13 je terminal Žitnjak sa kojega se vozila uključuju na Ulicu grada Gospića koja se nastavlja na Ulicu grada Vukovara kojom prometuju do skretanja u Savsku cestu. Savska cesta se nastavlja na Frankopansku ulicu iz koje vozila skreću u Ilicu kojom prometuju do Trga bana Josipa Jelačića sa kojega skreću u Prašku ulicu te dalje prometuju pored Trga Nikole Zrinskog (Zrinjevca) i Trga Josipa Jurja Strossmayera do Trga kralja Tomislava (Glavni kolodvor). Obrt se nastavlja Ulicom kneza Branimira iz koje vozila skreću u Draškovićeve ulicu pa u Ulicu kneza Mislava kojom dolaze do Trga žrtava fašizma sa kojega skreću u Ulicu kralja Zvonimira iz koje skreću u Ulicu Pavla Šubića koja vodi do terminala Kvaternikov trg.

Linija prolazi sljedećim gradskim četvrtima:

- Peščenica – Žitnjak
- Trnje
- Trešnjevka – sjever
- Donji Grad
- Gornji Grad – Medveščak
- Maksimir.

Linija 13 je u interakciji sa 13 od 14 preostalih dnevnih linija. Jedina linija sa kojom nije u interakciji je linija 15 Mihaljevac – Gračansko Dolje.

5.1.13 Linija 14 Mihaljevac – Zapruđe

Tramvajska linija 14 Mihaljevac – Zapruđe ima opseg od 26 km te je dijametralnog tipa. Vrijeme obrta vozila na navedenoj liniji iznosi 2 sata, a prosječna brzina obrta iznosi 13 km/h. Na liniji radnim danom prometuje 16 vozila sa slijedom od 7 minuta i 20 sekundi pa frekvencija vozila iznosi 8 voz/h [16].

Polazište tramvajske linije 14 je terminal Mihaljevac sa kojega se vozila uključuju na Ksaversku cestu kojom prometuju do Gupčeve zvijezde pa se Ulicom Medveščak i Ulicom Ribnjak spuštaju do Trga Josipa Langa nakon kojega skreću u Draškovićeve ulicu. Obrt se nastavlja skretanjem u Jurišićevu ulicu kojom vozila prometuju do Trga bana Josipa Jelačića sa kojega nastavljaju Ilicom do skretanja u Frankopansku ulicu koja se nastavlja na Savsku cestu pa na

Selsku cestu iz koje vozila skreću na Jadranski most sa kojeg se spuštaju na Aveniju Dubrovnik koja vodi do terminala Zapruđe.

Linija prolazi sljedećim gradskim četvrtima:

- Gornji Grad – Medveščak
- Donji Grad
- Trešnjevka – sjever
- Trešnjevka – jug
- Novi Zagreb – zapad
- Novi Zagreb – istok.

Linija 14 je u interakciji sa 12 od 14 preostalih dnevnih linija, a to su:

- 1 Zapadni kolodvor – Borongaj
- 3 Ljubljana – Savišće
- 4 Savski most – Dubec
- 5 Prečko – Dubrava
- 6 Črnomerec – Sopot
- 7 Savski most – Dubec
- 8 Mihaljevac – Zapruđe
- 11 Črnomerec – Dubec
- 12 Ljubljana – Dubrava
- 13 Žitnjak – Kvaternikov trg
- 15 Mihaljevac – Gračansko Dolje
- 17 Prečko – Borongaj.

5.1.14 Linija 15 Mihaljevac – Gračansko Dolje

Tramvajska linija 15 Mihaljevac – Gračansko Dolje ima opseg od 5 km te je perifernog tipa. Vrijeme obrta vozila na navedenoj liniji iznosi 20 minuta, a prosječna brzina obrta iznosi 14 km/h. Na liniji radnim danom prometuju 2 vozila sa slijedom od 11 minuta i 30 sekundi pa frekvencija vozila iznosi 5 voz/h [16].

Tramvajska linija 15 prometuju potpuno odvojeno od ostalog prometa od terminala Mihaljevac do terminala Gračansko Dolje, a prolazi gradskom četvrti Podsljeme.

Linija 15 je interakciji sa tramvajskim linijama 8 i 14 na terminalu Mihaljevac.

5.1.15 Linija 17 Prečko – Borongaj

Tramvajska linija 17 Prečko – Borongaj ima opseg od 25 km te je dijametralnog tipa. Vrijeme obrta vozila na navedenoj liniji iznosi 2 sata, a prosječna brzina obrta iznosi 12 km/h. Na liniji radnim danom prometuje 17 vozila sa slijedom od 7 minuta i 10 sekundi pa frekvencija vozila iznosi 8 voz/h [16].

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

Linija prolazi sljedećim gradskim četvrtima:

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

Linija 17 je u interakciji sa 9 od 14 preostalih dnevnih linija, a to su:

- 1 Zapadni kolodvor – Borongaj
- 4 Savski most – Dubec
- 5 Prečko – Dubrava
- 6 Črnomerec – Sopot
- 9 Ljubljana – Borongaj
- 11 Črnomerec – Dubec
- 12 Ljubljana – Dubrava
- 13 Žitnjak – Kvaternikov trg

- 14 Mihaljevac – Zapruđe.

5.2 Vozni park

Vozni park ZET-a se sastoji od 475 autobusa, 266 tramvaja, od čega su 142 niskopodna, 31 vozila za prijevoz osoba s invaliditetom i djece s poteškoćama u razvoju, autobusa za prijevoz djece, uspinjače, turističkog tramvaja, turističkog panoramskog autobusa, turističkog vlakića i turističkih elektro vozila [18].

Tramvajski vozni park ZET-a čine sljedeći tipovi tramvaja:

- TMK 201+701
- ČKD Tatra T4
- ČKD Tatra T4+B4
- ČKD Tatra KT4
- TMK 2100
- TMK 2200
- TMK 2300.

Vozni park se još uvijek sastoji od 77 visokopodnih vozila proizvedenih prije 2000. koje bi trebalo zamijeniti za nova niskopodna vozila tipa TMK 2200 i TMK 2300 kako bi se unaprijedio vozni park ZET-a [16].

5.2.1 TMK 201+701

Tramvaj TMK 201+701 se sastoji od motornih kola 201 i prikolice 701. Proizveden je u slavonskobrodskoj tvornici Đuro Đaković. Pušteni su u promet 1974., a danas ih još 6 prometuje ulicama Zagreba. Duljina tramvaja iznosi 28 m (sa prikolicom), širina 2.2 m, a visina 3.161 m, dok visina poda vozila iznosi 0.9 m. Tramvaj ima ukupno 6 vrata, 37 sjedala i stajaću površinu od 30 m². Najveća brzina navedenog tramvaja iznosi 56 km/h [16].

5.2.2 ČKD Tatra T4

Tramvaj ČKD Tatra T4 pušten je u promet 1976., a proizveden je u čehoslovačkoj tvornici ČKD Tatra. Danas još 2 vozila ovog tipa prometuju ulicama Zagreba na liniji 15 Mihaljevac –

Gračansko Dolje. Duljina tramvaja iznosi 14 m, širina 2.2 m, a visina 3.063 m, dok visina poda vozila iznosi 0.9 m. Tramvaj ima ukupno 3 vrata, 20 sjedala i stajaću površinu od 14 m². Najveća brzina navedenog tramvaja iznosi 55 km/h [4] [16].

5.2.3 ČKD Tatra T4+B4

Tramvaj Tatra T4+B4 (Slika 11) se sastoji od motornih kola T4 i prikolice B4, a proizveden je u čehoslovačkoj tvornici ČKD Tatra. Navedeni tramvaj je pušten u promet 1977., a danas ih 25 prometuje ulicama Zagreba na liniji 4 Savski most – Dubec. Duljina tramvaja iznosi 29 m (sa prikolicom), širina 2.2 m, a visina 3.063 m, dok visina poda vozila iznosi 0.9 m. Tramvaj ima ukupno 6 vrata, 41 sjedalo i stajaću površinu od 29 m². Najveća brzina navedenog tramvaja iznosi 55 km/h [4] [16].



*Slika 11. Tramvaj tipa ČKD Tatra T4+B4
Izvor: [19]*

5.2.4 ČKD Tatra KT4

Tramvaj ČKD Tatra KT4 pušten je u promet 1985., a proizveden je u čehoslovačkoj tvornici ČKD Tatra. Danas 32 vozila ovog tipa prometuju ulicama Zagreba na linijama 3 Ljubljaničica – Savišće i 9 Ljubljaničica – Borongaj. Duljina tramvaja iznosi 18 m, širina 2.2 m, a visina 3.1 m, dok visina poda vozila iznosi 0.9 m. Tramvaj ima ukupno 4 vrata, 25 sjedala i stajaću površinu od 21 m². Najveća brzina navedenog tramvaja iznosi 55 km/h [4] [16].

5.2.5 TMK 2100

Tramvaj TMK 2100 pušten je u promet 1994., a proizvela ga je tvrtka Končar. Danas 12 vozila ovog tipa prometuju ulicama Zagreba na liniji 5 Prečko – Dubrava. Duljina tramvaja iznosi 27.3 m, širina 2.2 m, a visina 3.527 m, dok visina poda vozila iznosi 0.9 m. Tramvaj ima ukupno 5 vrata, 45 sjedala i stajaću površinu od 30 m². Najveća brzina navedenog tramvaja iznosi 58 km/h [4] [16].

5.2.6 TMK 2200

Tramvaj TMK 2200 (Slika 12) pušten je u promet 2005. a proizveo ga je konzorcij Crotram (Končar Elektroindustrija i TŽV Gredelj). Danas 100 vozila ovog tipa prometuju ulicama Zagreba na raznim linijama. Duljina tramvaja iznosi 32 m, širina 2.3 m, a visina 3.4 m, dok visina poda vozila iznosi 0.4 m što ga čini prvim niskopodnim tramvajem u Zagrebu. Tramvaj ima ukupno 6 vrata, 48 sjedala i stajaću površinu od 39 m². Najveća brzina navedenog tramvaja iznosi 70 km/h [16].



*Slika 12. Tramvaj tipa TMK 2200
Izvor: [20]*

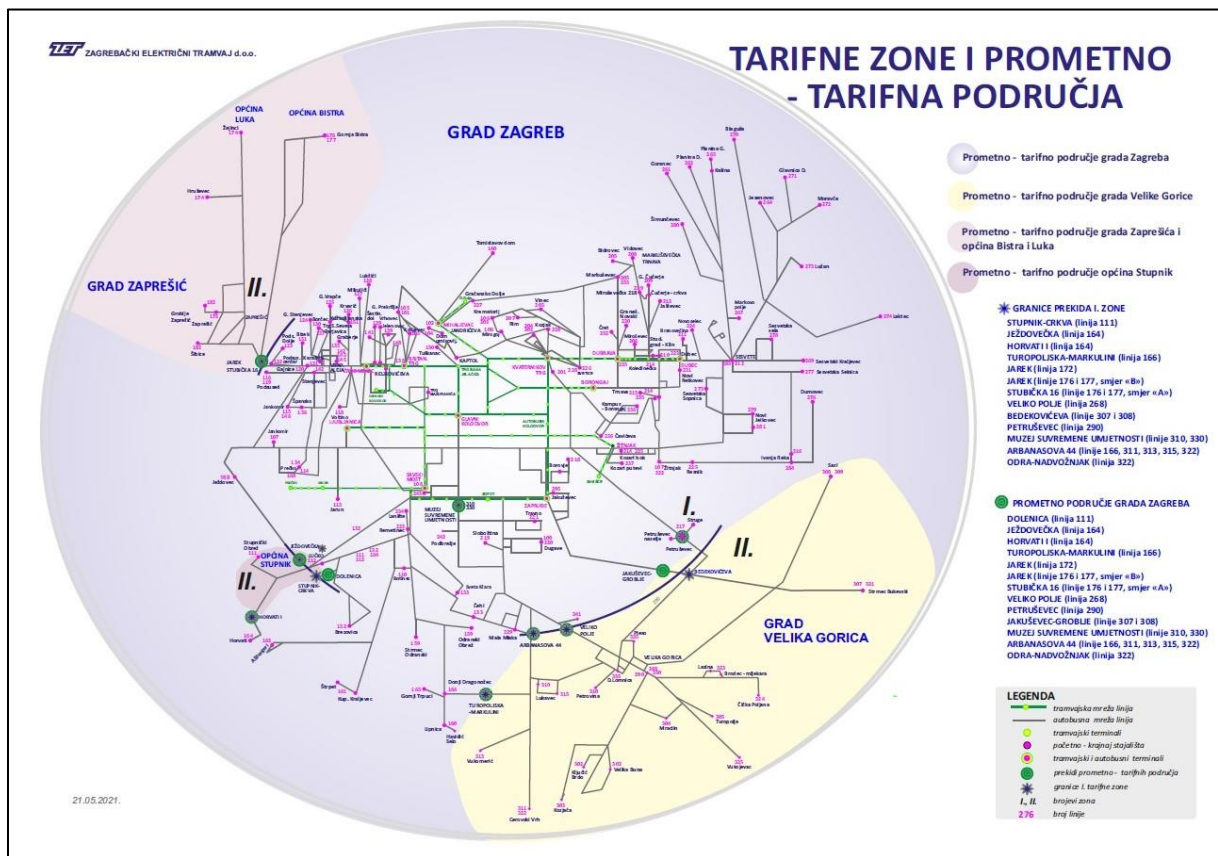
5.2.7 TMK 2300

Tramvaj TMK 2300 pušten je u promet 2009. a proizveo ga je konzorcij Crotram (Končar Elektroindustrija i TŽV Gredelj). Danas 2 vozila ovog tipa prometuju ulicama Zagreba,

najčešće na liniji 9 Ljubljanka – Borongaj. Navedeni tip tramvaja izgleda kao skraćeni tramvaj TMK 2200. Duljina tramvaja iznosi 20.74 m, širina 2.3 m, a visina 3.4 m, dok visina poda vozila iznosi 0.4 m. Tramvaj ima ukupno 4 vrata, 35 sjedala i stajaću površinu od 21 m². Najveća brzina navedenog tramvaja iznosi 70 km/h [16].

5.3 Tarifni sustav

Tarifni sustav je podijeljen na dvije zone koje prikazuje Slika 13. Grad Zagreb je prva zona, a druga zona se sastoji od općina Stupnik, Bistra i Luka te gradova Velika Gorica i Zaprešić [21]. Cijeli tramvajski sustav se nalazi u prvoj zoni, a autobusni sustav prolazi kroz obje zone.



Slika 13. Tarifne zone i prometno - tarifna područja
Izvor: [21]

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

iznimku kupovine u vozilu gdje to nije moguće, a vrijednosna karta se može kupiti samo na prodajnim mjestima ZET-a.

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

Mjesečni i godišnji pretplatni kuponi se nakon kupnje na nekom od prodajnih mjesta moraju potvrditi pri svakom ulasku u vozilo na aparatu za potvrđivanje karata. Cijene mjesečnih i godišnjih pretplatnih kupona se razlikuju prema profilu korisnika pa tako postoje posebne tarife za osnovnoškolce, srednjoškolce, studente, umirovljenike i korisnike slabijih financijskih mogućnosti. Opći mjesečni pretplatni kupon košta 360 kuna, osnovnoškolski 90 kuna, a srednjoškolski, studentski, umirovljenički i socijalni 100 kuna. Godišnji pretplatni kupon košta 3480 kuna, osnovnoškolski 870 kuna dok srednjoškolski, studentski i umirovljenički koštaju 960 kuna. Socijalni godišnji pretplatni kupon nije u ponudi ZET-a [22].

Postoji nekoliko vrsta pojedinačnih papirnatih karata. Tablica 2 prikazuje sve vrste papirnatih karata (u zagradama se nalaze cijene karata kupljenih u vozilu).

Tablica 2. Vrste i cijene pojedinačnih karata

Vrsta	Cijena
Pojedinačne karte valjanosti 90 minuta	10 (15) kuna
Pojedinačne karte valjanosti 60 minuta	7 (10) kuna
Pojedinačne karte valjanosti 30 minuta	4 (6) kuna
Pojedinačne karte u noćnom prometu	15 kuna
Dnevna karta	30 kuna
Karta valjanosti 3 dana	70 kuna
Karta valjanosti 7 dana	150 kuna
Karta valjanosti 15 dana	200 kuna
Karta valjanosti 30 dana	400 kuna

Izvor: [22]

5.4 Glavni problemi tramvajskog sustava

Nedostatak tramvajske mreže su nerazvijeni pravci sjever – jug, nepostojanje tramvajske pruge na većem dijelu područja sjeverno od Horvaćanske ceste i zapadno od Savske ceste, južno od Avenije Dubrovnik te na dijelu istočnog dijela grada.

Istraživanjima je utvrđeno kako je operativna brzina u jutarnjem vršnom periodu na dijelu mrežu gdje tramvaji prometuju s ostalim prometom iznosila 12.4 km/h, a na pojedinim

dionicama, kao što je Savska cesta, brzina tramvaja je iznosila manje od 10 km/h te je primijećeno kako s godinama prosječna brzina tramvaja pada [23]. Padu brzine doprinosi sve veći broj cestovnih vozila na ulicama Zagreba i nepostojanje učinkovitog sustava davanja prioriteta vozilima javnog prijevoza (nepostojanje sustava adaptivnog upravljanja prometom i centra za nadzor prometa).

Tramvajska mreža sa aspekta prioriteta tramvajskih vozila se dijeli na [23]:

- bijele trakove (prometni trakovi koje tramvaji dijele sa ostalim vozilima) koji čine 26% mreže
- žute trakove (trakovi namijenjeni vozilima javnog prijevoza koje zakonski cestovna vozila ne smiju koristiti) koji čine 21% mreže
- zelene trakove (pruge koje su potpuno odvojene od ostalog prometa) koji čine 53% mreže.

Problem kod žutih trakova predstavlja njihovo nepoštivanje od strane vozača osobnih vozila što je najizraženije u vršnim periodima.

Smanjenom korištenju tramvajskog prijevoza doprinosi nepostojanje sustava integriranog prijevoza putnika pa putnici moraju posebno kupovati kartu za svaki od oblika prijevoza koji koriste. Također, vozni redovi različitih oblika prijevoza često nisu usklađeni zbog čega putnici često moraju gubiti vrijeme čekajući na polazak vozila na koje presjedaju. Potencijalni korisnici javnog prijevoza se često odlučuju na korištenje osobnog automobila kako bi izbjegli negativne efekte nepostojanja sustava integriranog prijevoza putnika što rezultira povećanjem broja osobnih vozila u Zagrebu zbog kojih su češća zagušenja na prometnicama grada.

Zbog svega navedenog je došlo do smanjenja broja korisnika i komercijalne brzine tramvajskih vozila.

6 PRIJEDLOZI RJEŠENJA ZA TRAMVAJSKI PROMETNI SUSTAV

Tramvajski promet u Gradu Zagrebu, a time i život stanovnika Zagreba se može poboljšati. Neki od načina poboljšanja tramvajskog sustava su: osiguravanje prioriteta vozilima javnog gradskog prijevoza, proširenje tramvajske mreže, uvođenje integriranog prijevoza putnika.

6.1 Prioritet javnog gradskog prijevoza

Prioritet javnog gradskog prijevoza predstavlja skup mjera kojima se vozilima javnog gradskog prijevoza osigurava povlašteni položaj u odnosu na ostale sudionike u prometu, a implementacija prioriteta rezultira povećanjem brzine prometovanja vozila između stajališta što javni gradski prijevoz čini atraktivnijim. Prioritet se ostvaruje primjenom raznih informacijsko-komunikacijskih tehnologija, inteligentnih transportnih sustava (ITS) i prijevozne telematike [16].

Postoje tri vrste prioriteta javnog gradskog prijevoza [16]:

- zakonodavni
- fizički
- operativni.

Zakonodavni prioritet obuhvaća zakonsku regulativu kojom se nastoji eliminirati nezakoniti faktor smetnji te je preventivnog je karaktera. U zakonskoj regulativi je definirana hijerarhija upravljanja prometom na raskrižju (ovlaštena osoba, svjetlosna signalizacija, prometni znakovi, prometna pravila) te razna druga pravila ponašanja sudionika u prometu [16].

Neki od propisa koji osiguravaju prioritet javnog prijevoza su [16]:

- zabranjeno je zaustavljanje i parkiranje na obilježenim stajalištima
- obavezno je poštivanje žutih trakova za sve nepovlaštene skupine vozila
- zabranjeno je kretanje pješaka po trakovima za javni prijevoz.

Zakonodavni prioritet osim preventivnog mora biti i represivnog karaktera što znači kako je potrebno definirati sankcije u slučajevima kada se zakon ne poštuje. U urbanim sredinama se

to najčešće odnosi na nepoštivanje žutih trakova. Kako bi se provela represija nezakonitog ponašanja mogu se primijeniti nadzorne kamere, sustav prepoznavanja tablica i sustav za određivanje geografske lokacije [16].

Fizički prioritet obuhvaća razne načine odvajanja određenih površina na kolniku namijenjenih za odvijanje javnog gradskog prijevoza od ostalog prometa. Eliminira nezakonite faktore smetnji te osigurava veću brzinu putovanja, ali ga je u gradovima često problem osigurati zbog prostornih mogućnosti. Obično se ostvaruje u središnjem dijelu gradskih avenija, a može biti nadzeman, podzeman i u razini. Prioritet u razini se najčešće koristi kod tramvajskog podsustava, a može biti [16]:

- potpuni fizički prioritet u razini
- djelomičan fizički prioritet u razini.

Potpuni fizički prioritet u razini se izvodi postavljanjem fizičke barijere između koridora za tramvajski promet i kolnika za cestovni promet ili raznim izvedbama kolosiječnog zastora tramvajskih kolosijeka. Djelomičan fizički prioritet u razini se obično osigurava dodavanjem izdignutih oznaka na kolniku između traka za javni prijevoz i ostali promet ili usmjeravanjem javnog prijevoza suprotnim smjerom u odnosu na ostali promet [16].

Operativni prioritet nastoji osigurati vozilima javnog prijevoza prednost prolaska preko poprečne prepreke (najčešće semaforiziranog raskrižja) bez potrebe za zaustavljanjem primjenom mjera koje eliminiraju utjecaj poprečnih faktora smetnji. Upravljanje semaforiziranim raskrižjima može biti [16]:

- vremenski ustaljeno – upravljanje sa konstantnim fazama i ciklusom
- prometno ovisno – upravljanje na temelju detekcije prisutnosti vozila.

Osiguravanje prednosti prolaska raskrižjem se provodi sljedećim redoslijedom: detekcija vozila, prosljeđivanje informacije semaforskom uređaju te izvršenje promjene signale slike konfliktnog semaforiziranog raskrižja [16]. Postoje tri osnovna pristupa dodjeli prioriteta vozilima [24]:

- pasivni prioritet
- aktivni prioritet
- bezuvjetni prioritet.

Kod pasivnog prioriteta se koriste predeterminirani signalni planovi koji ne zahtijevaju fizičku prisutnost vozila nego se prioritet dodjeljuje prema prosječnoj brzini vozila. Tehnike pasivnog dodjeljivanja prioriteta su [24]:

- regulacija trajanja ciklusa – faze se skraćuju ili produžuju prema potrebi
- razdvajanje faza ciklusa – jedna faza se prekida kako bi započela druga faza te se prva faza nastavlja nakon završetka druge faze.

Kod aktivnog prioriteta se prioritet dodjeljuje vozilima u slučaju kada je vozilo u blizini semaforiziranog raskrižja i kada je prethodno poslan zahtjev za dodjeljivanjem prioriteta. Tehnike aktivne dodjele prioriteta su [24]:

- produljenje faze zelenog svjetla
- skraćivanje faze crvenog svjetla
- dodatna faza zelenog svjetla
- ispuštanje faze.

Kod bezuvjetnog prioriteta se nakon zadovoljenja sigurnosnih prometnih parametara, prioritet odmah dodjeljuje vozilu koje je poslalo zahtjev za prioritetom. Najčešće se koristi za optimizaciju kretanja vozila žurnih službi, a rijetko za vozila javnog prijevoza [24].

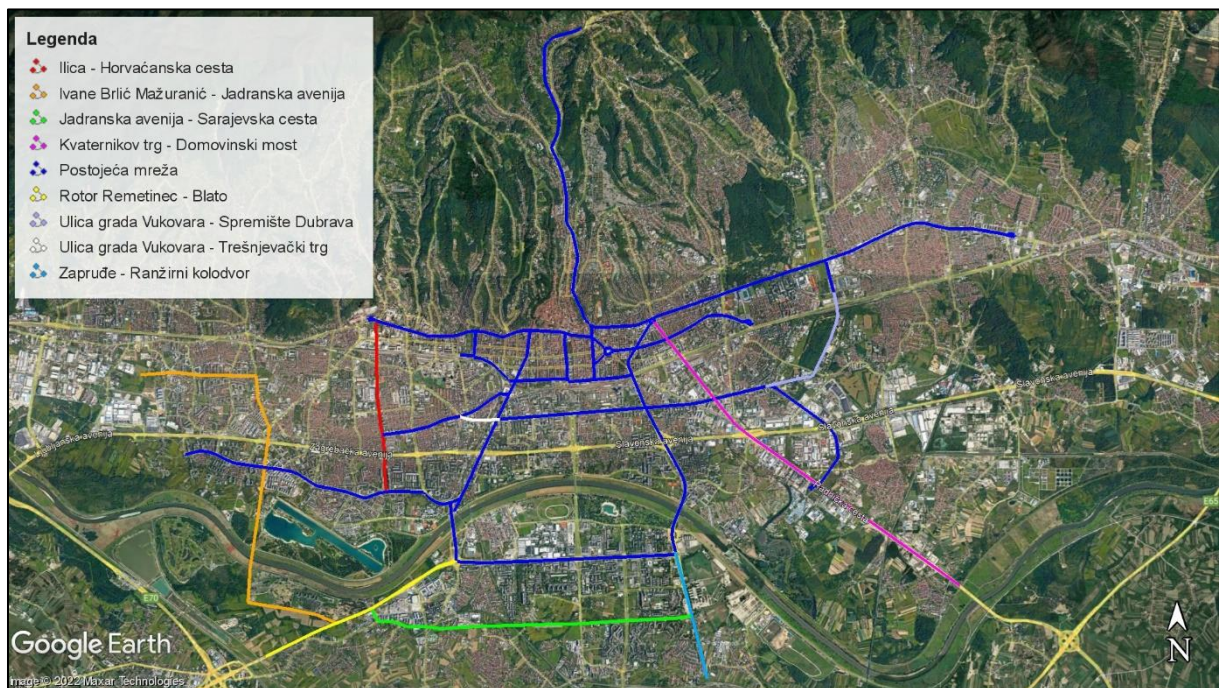
Ulaganjem u osiguravanje prioriteta bi javni gradski prijevoz postao atraktivniji jer bi se smanjilo vrijeme putovanja i sustav bi postao pouzdaniji. Zbog kraćeg vremena putovanja bi se smanjili troškovi prijevoznika jer bi se smanjio broj potrebnih vozila, a time i vozača na mreži javnog prijevoza. Također bi se smanjio utjecaj zagušenja ostalog prometa na javni prijevoz.

6.2 Proširenje tramvajske mreže

Od 2000. kada je završeno posljednje proširenje tramvajske mreže u Zagrebu došlo je do razvoja grada koji tramvajska infrastruktura nije pratila. Zbog toga mnogi stanovnici Zagreba još uvijek nemaju pristup tramvaju na razumnoj udaljenosti od adrese stanovanja, pa bi trebalo proširiti tramvajsku mrežu kako bi se poboljšala kvaliteta života stanovnika Zagreba te bi tramvajski prijevoz postao atraktivniji.

Prema postojećem Generalnom urbanističkom planu (GUP) Grada Zagreba planirane su sljedeće nove trase tramvajske mreže koje prikazuje Slika 14 [25]:

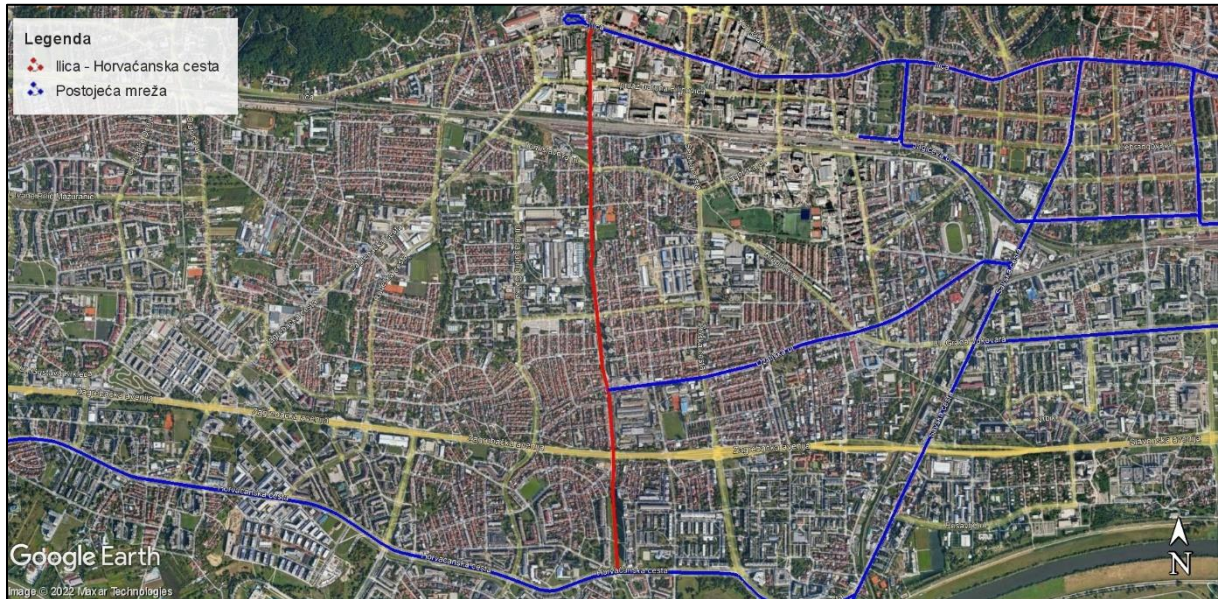
- Ilica – Horvaćanska cesta (preko terminala Ljubljana)
- Jadranska avenija (Rotor Remetinec – Blato)
- Ulica Ivane Brlić Mažuranić – Jadranska avenija
- Vatikanska ulica (Jadranska avenija – Sarajevska cesta)
- Sarajevska cesta (Zaprude – Ranžirni kolodvor)
- Trg Eugena Kvaternika – Domovinski most
- Ulica grada Vukovara – Spremište Dubrava (preko kampusa Borongaj)
- Ulica grada Vukovara – Trešnjevački trg.



*Slika 14. Postojeća tramvajska mreža i trase planirane GUP-om
Izvor: autor uz korištenje programa Google Earth Pro [26]*

Planirana tramvajska pruga Ilica – Horvaćanska cesta (Slika 15) bi omogućila tramvajima prometovanje od terminala Črnomerec do terminala Ljubljana te dalje do Horvaćanske ceste. Tramvajska pruga bi prolazila sredinom gradske ulice do terminala Ljubljana, a sredinom gradske avenije do Horvaćanske ceste pa bi tako bila odvojena od ostalog prometa. Trasa bi bila: Zaprešička ulica – Fallerovo šetalište – Ljubljana – Ulica Braće Domany – Horvaćanska cesta. Prema trasi, tramvaji bi prometovali sljedećim gradskim četvrtima: Črnomerec, Trešnjevka – sjever, Trešnjevka – jug [25]. Jedan od problema kod izgradnje navedene tramvajske pruge na planiranoj trasi su neriješeni imovinsko-pravni odnosi, jer je dio katastarskih čestica kojima bi prolazila trasa u privatnom vlasništvu pa bi bilo potrebno otkupiti zemljišta, a drugi problem je prelazak tramvajske pruge preko postojeće željezničke pruge pa

bi tramvajsku prugu trebalo denivelirati na tom dijelu kako bi mogla biti izvedena zbog čega bi se troškovi izgradnje pruge povećali [27].



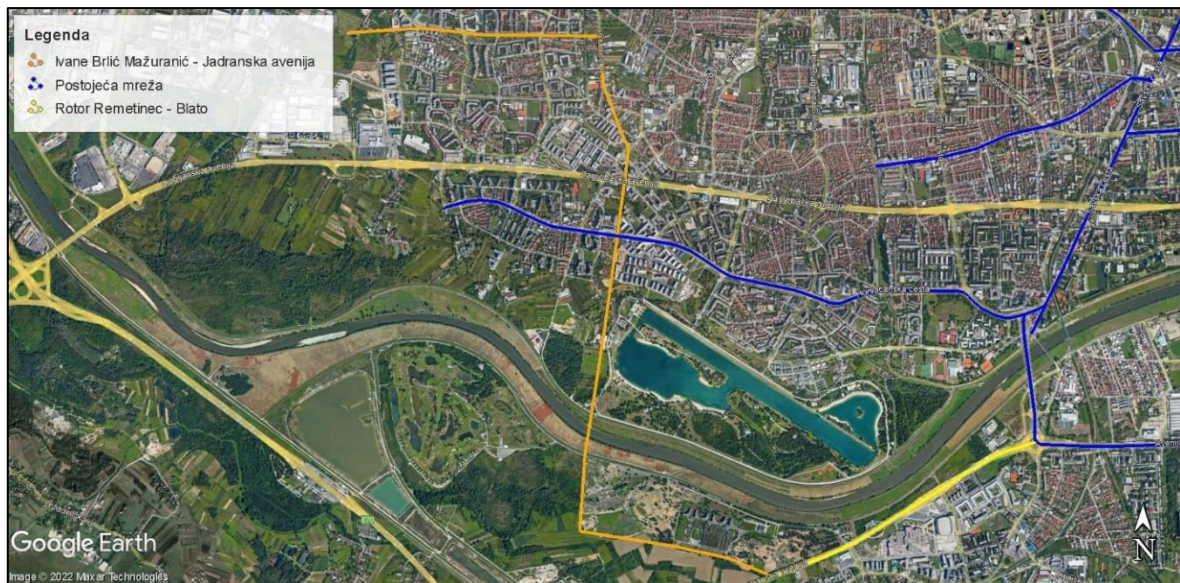
*Slika 15. Planirana trasa Ilica - Horvaćanska cesta
Izvor: autor uz korištenje programa Google Earth Pro [26]*

Nova tramvajska pruga na Jadranskoj aveniji (Slika 16) bi povezala postojeću tramvajsku prugu na Remetinečkom rotoru i gradsko naselje Blato koje se nalazi na samom izlazu iz Zagreba [25]. Tramvajsku prugu bi trebalo izgraditi kako bi se uz stanovnike Blata i stanovnicima gradskog naselja Lanište omogućio lakši pristup tramvaju te kako bi se mogla napraviti planirana trasa od Jadranske avenije do Ulice Ivane Brlić Mažuranić koja je opisana u nastavku.

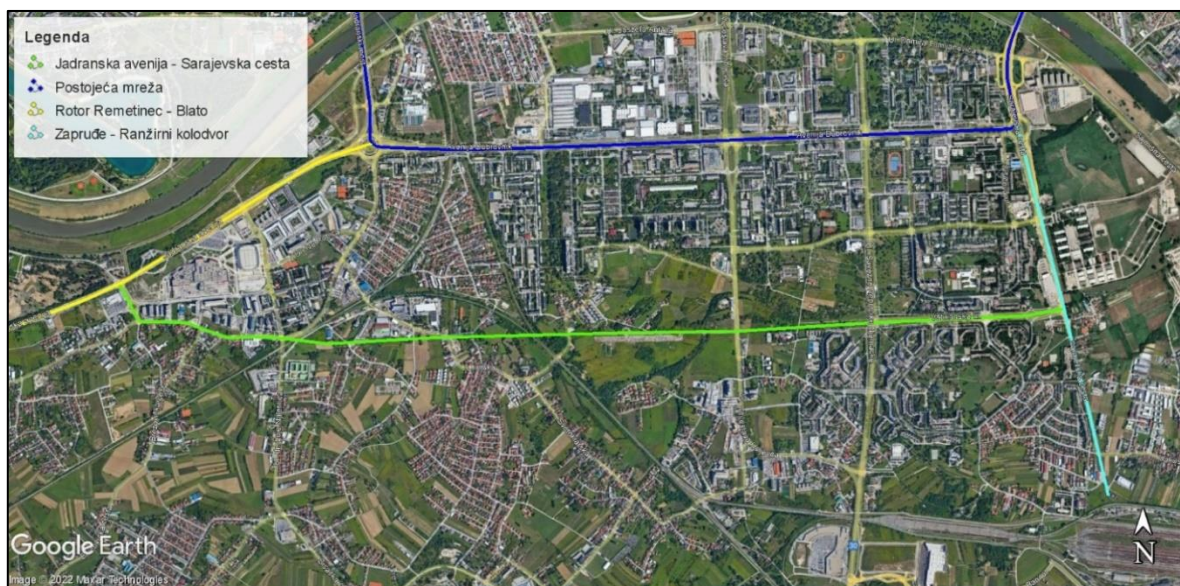


*Slika 16. Planirana trasa Jadranska avenija
Izvor: autor uz korištenje programa Google Earth Pro [26]*

Tramvajska pruga Ulica Ivane Brlić Mažuranić – Jadranska Avenija (Slika 17) bi prema Generalnom urbanističkom planu prometovala novom gradskom avenijom sljedećom trasom: Ulica Ivane Brlić Mažuranić – Oranice – Nova gradska avenija kroz Trešnjevku – sjever i Trešnjevku – jug – Novi Jarunski most jugozapadno od Jaruna – Nova gradska avenija u gradskoj četvrti Novi Zagreb – zapad – Jadranska avenija. Trasa bi prolazila sljedećim gradskim četvrtima: Stenjevec, Trešnjevka – sjever, Trešnjevka – jug, Novi Zagreb – zapad. Problem u izgradnji navedene trase su imovinsko-pravni odnosi te potreba za izgradnjom Jarunskog mosta koja je skupa, ali i za grad potrebna investicija za rasterećenje Remetinečkog rotora [25] [27].



*Slika 17. Planirana trasa Ivane Brlić Mažuranić - Jadranska avenija
Izvor: autor uz korištenje programa Google Earth Pro [26]*



*Slika 18. Planirana trasa Jadranska avenija – Sarajevska cesta
Izvor: autor uz korištenje programa Google Earth Pro [26]*

Planirana tramvajska pruga koja bi povezala Jadransku aveniju i Sarajevsku cestu (Slika 18) bi prometovala gradskom avenijom sljedećom trasom: Jadranska avenija – Jarušćica – Karlovačka cesta – produžena Vatikanska ulica – Sarajevska cesta. Izgradnja navedene trase je važna zato što bi povezala zapad i istok Novog Zagreba južno od postojeće pruge na Aveniji Dubrovnik pa bi stanovnicima u mnogim gradskim naseljima na tom području olakšala pristup tramvajskom prometnom sustavu čime bi se poboljšala kvaliteta njihovog života. Problem u izgradnji trase predstavlja potreba za otkupom velikog broja zemljišta koja se nalaze između Karlovačke ceste i Vatikanske ulice te prolaz planirane trase preko željezničke pruge zbog čega bi je na dijelu trebalo denivelirati [25] [27].

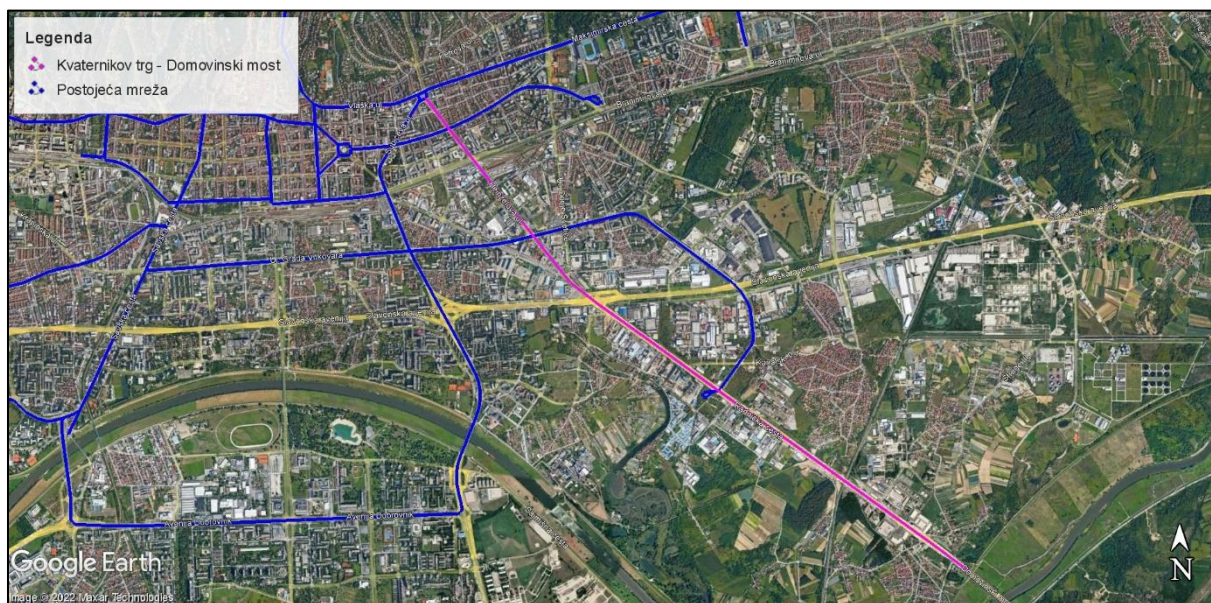
Na Sarajevskoj cesti je planirano produženje postojeće tramvajske pruge (Slika 19) koja je trenutno izgrađena do Zapruđa gdje skreće na Aveniju Dubrovnik. Produžetak postojeće pruge bi prolazio Sarajevskom cestom do Zagrebačkog Ranžirnog kolodvora u blizini kojeg bi se nalazio terminal [25]. Izgradnja pruge je planirana u sklopu rekonstrukcije Sarajevske ceste koja bi postala gradska avenija te bi bila produžena preko Ranžirnog kolodvora nakon kojeg bi se spajala na Zagrebačku obilaznicu pa bi postala novi ulaz u Zagreb. Nova avenija bi imala dva odvojena kolnika sa po tri prometna traka, a tramvaj bi prolazio sredinom avenije pa bi tako bio odvojen od ostalog prometa [28]. Ovom tramvajskom prugom bi stanovnici gradskih naselja Dugave i Jakuševac dobili lakši pristup tramvajskom prometnom sustavu.



*Slika 19. Planirana trasa Sarajevska cesta
Izvor: autor uz korištenje programa Google Earth Pro [26]*

Tramvajska pruga Kvaternikov trg – Domovinski most (Slika 20) bi prolazila sljedećom trasom: Kvaternikov trg – Heinzelova ulica – Radnička cesta – Domovinski most. Prema planiranoj

trasi tramvaji bi prometovali sljedećim gradskim četvrtima: Maksimir, Peščenica – Žitnjak [25]. Izgradnja navedene pruge na većem dijelu planirane trase ne bi bila problematična budući da već postoji koridor za tramvaj koji prolazi sredinom ulica kojima je pruga planirana te bi tramvaj na taj način bio odvojen od ostalog prometa. Problem u izgradnji predstavlja dio pruge koji bi povezo Kvaternikov trg i raskrižje Heinzelove ulice i Ulice kralja Zvonimira zato što se u blizini Kvaternikov trga na planiranoj trasi nalazi zgrada koja je zaštićeni spomenik pa je zbog toga nije moguće rušiti, a dio ulice koji vodi prema zgradi nije dovoljno širok da bi se moglo prugom zaobići zgradu bez promjene postojeće regulacije prometa. Prema trenutnim najavama izgradnja pruge bi trebala početi kroz sljedećih nekoliko godina s time da bi se tada samo gradio dio koji bi povezo raskrižje Heinzelove ulice i Ulice kralja Zvonimira sa raskrižjem Heinzelove ulice i Ulice grada Vukovara dok bi se ostatak planirane pruge izgradio naknadno [29]. Izgradnja pruge bi olakšala život svim stanovnicima područja koja se nalaze uz planiranu trasu zato što bi tramvaj koji bi bio odvojen od ostalog prometa skratio putovanje u odnosu na postojeći autobusni javni prijevoz koji se miješa s ostalim motornim prometom zbog čega se produžuje putovanje što je posebno vidljivo u vršnim periodima.



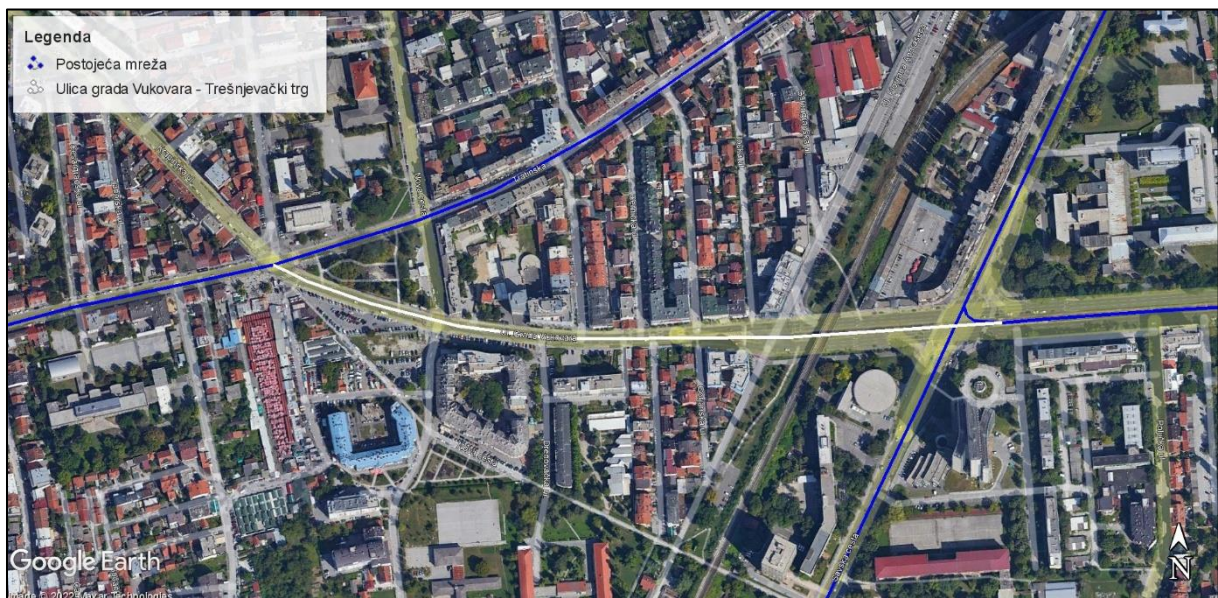
*Slika 20. Planirana trasa Kvaternikov trg – Domovinski most
Izvor: autor uz korištenje programa Google Earth Pro [26]*

Tramvajska pruga koja bi povezala Ulicu grada Vukovara i spremište Dubrava (Slika 21) bi prolazila planiranim produžetkom Ulice grada Vukovara koji je planiran kao gradska avenija do kampusa Borongaj preko kojeg bi tramvaji prometovali potpuno odvojeno od ostalog prometa do Ulice Dragutina Mandla gdje bi prometovali odvojeno od ostalog prometa sve do spoja sa postojećom prugom kod spremišta Dubrava. Izgradnju pruge bi otežala potreba za

spuštanjem tramvajske pruge ispod postojeće željezničke pruge sjeverno od kampusa Borongaj [25]. Planirana pruga bi olakšala dolazak korisnicima i posjetiteljima kampusa Borongaj. Također bi skratila putovanje od gradske četvrti Peščenica do Dubrave i u suprotnom smjeru. Navedena planirana trasa je od velike važnosti jer bi se njenom izgradnjom potaknulo proširenje kampusa Borongaj tako što bi potaknula fakultete koji se nalaze izvan kampusa na selidbu na sami kampus te bi potaknula izgradnju drugih sadržaja koji su potrebni korisnicima kampusa.



*Slika 21. Planirana trasa Ulica grada Vukovara – Spremište Dubrava
Izvor: autor uz korištenje programa Google Earth Pro [26]*

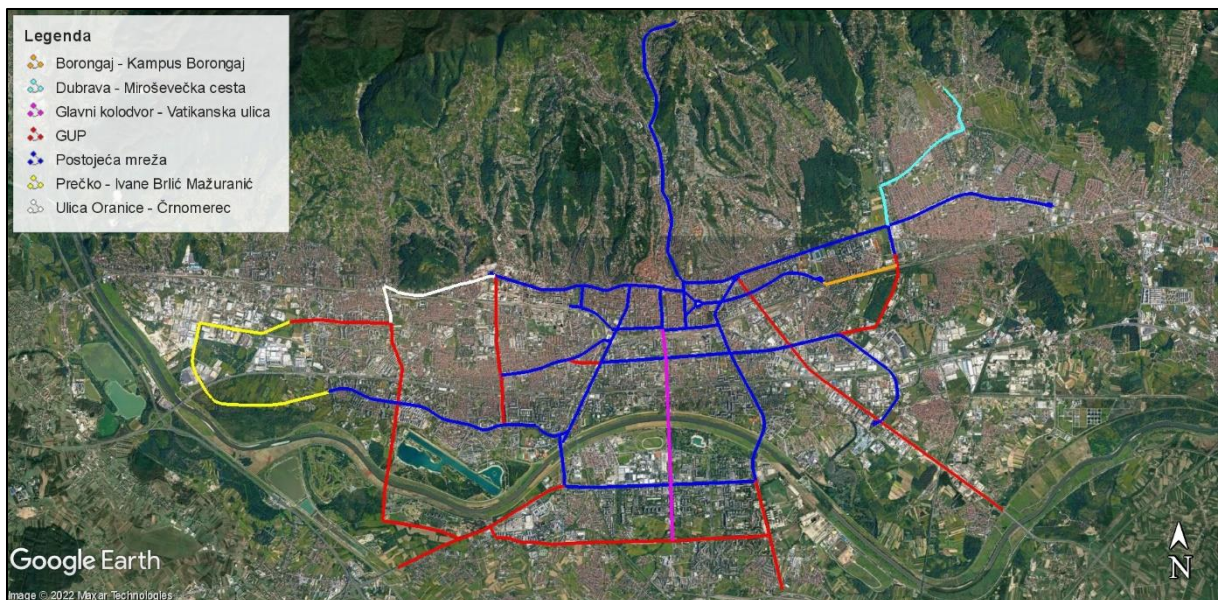


*Slika 22. Planirana trasa Ulica grada Vukovara – Trešnjevački trg
Izvor: autor uz korištenje programa Google Earth Pro [26]*

Planirana trasa Ulica grada Vukovara – Trešnjevački trg (Slika 22) bi prolazila Ulicom grada Vukovara te bi povezala postojeću prugu u Ulici grada Vukovara i prugu koja prolazi Trešnjevačkim trgom (raskrižje Ozaljske ulice, Krapinske ulice i Ulice grada Vukovara) [25]. Izgradnjom ove trase bi se skratilo putovanje tramvajaja koji bi sa raskrižja Ulice grada Vukovara i Savske ceste mogao nastaviti prometovati Ulicom grada Vukovara do Trešnjevačkog trga čime bi se putovanje skratilo za 700 m.

Izgradnjom prethodno navedenih trasa iz Generalnog urbanističkog plana bi tramvajski prijevoz postao atraktivniji te bi mnogi stanovnici Zagreba dobili lakši pristup tramvajskom prometnom sustavu. Unatoč tome, dijelovi Zagreba bi ostali nepokriveni tramvajskom mrežom, te bi trebalo planirati izgradnju tramvajskih pruga i na takvim područjima. Neke od trasa koje bi se mogle izgraditi (Slika 23) su:

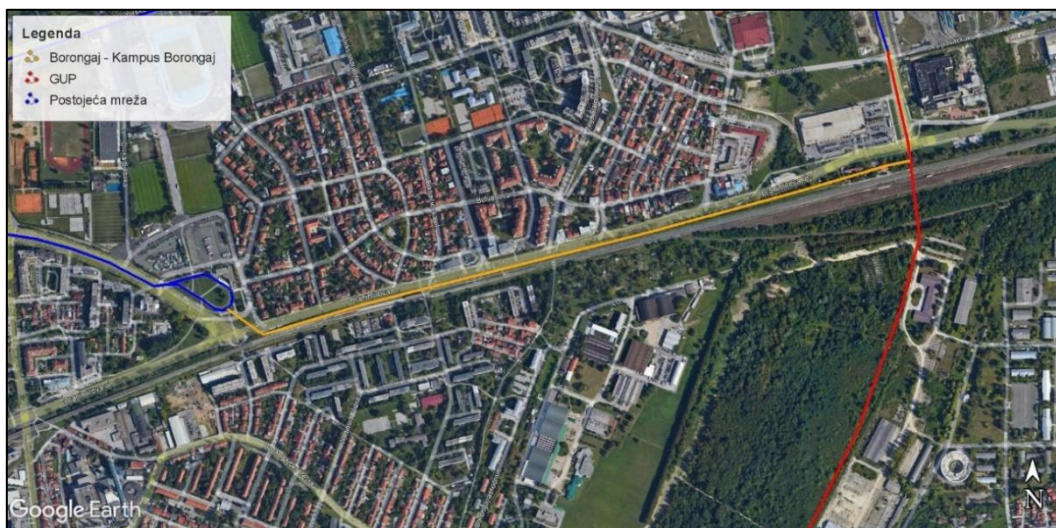
- Borongaj – Kampus Borongaj
- Dubrava – Miroševička cesta
- Glavni kolodvor – Vatikanska ulica
- Prečko – Ulica Ivane Brlić Mažuranić (preko Ulice Velimira Škorpika)
- Ulica Oranice – Črnomerec.



*Slika 23. Predložene dodatne tramvajske trase
Izvor: autor uz korištenje programa Google Earth Pro [26]*

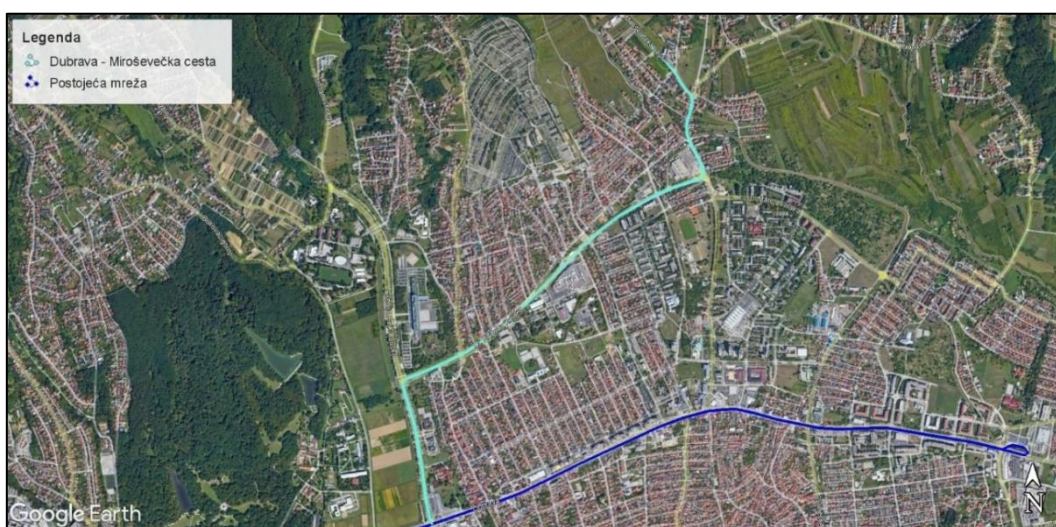
Tramvajska pruga Borongaj – Kampus Borongaj (Slika 24) bi prolazila Branimirovom ulicom do raskrižja Branimirove ulice i Ulice Dragutina Mandla gdje bi se povezala sa planiranom prugom Ulica Grada Vukovara – Spremište Dubrava. Izgradnja pruge bi osigurala bolju

prometnu povezanost Kampusa Borongaj i olakšala bi pristup tramvaju svim stanovnicima područja kojim prolazi trasa.



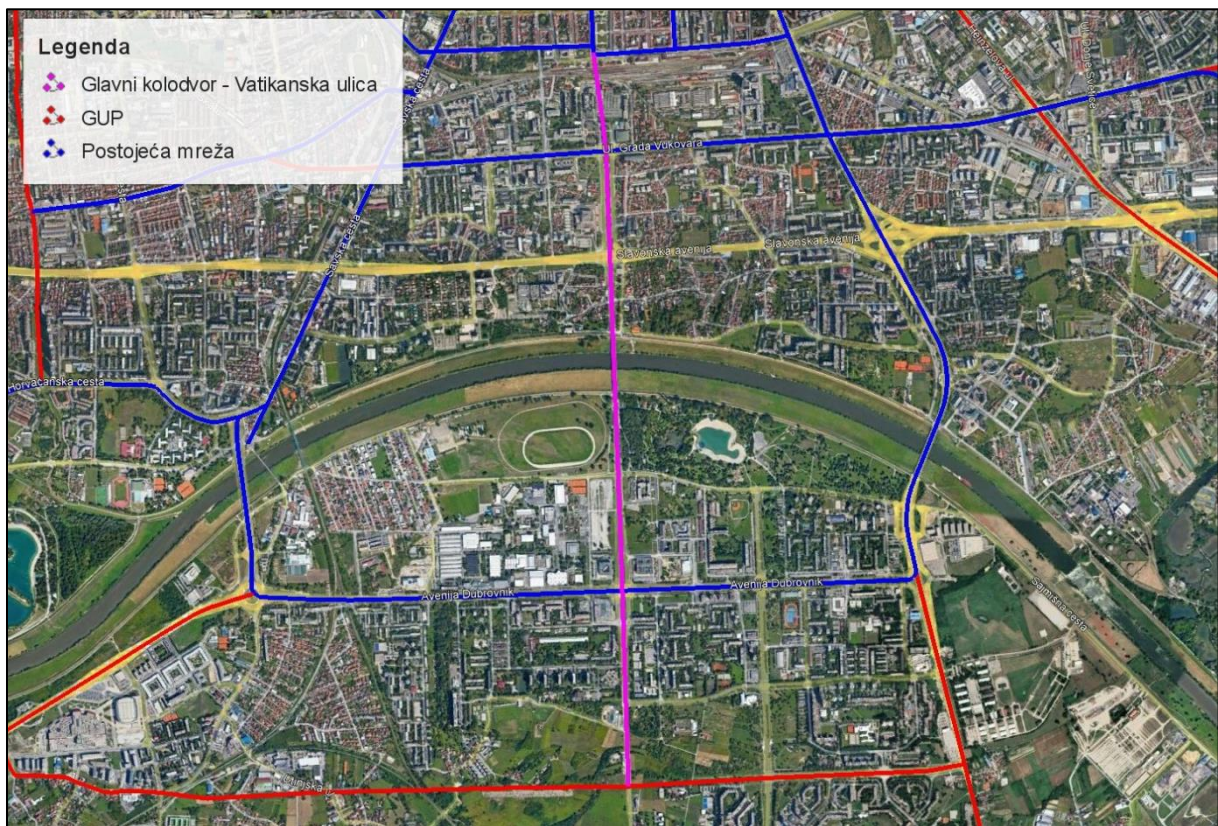
*Slika 24. Predložena trasa Borongaj - Kampus Borongaj
Izvor: autor uz korištenje programa Google Earth Pro [26]*

Predložena tramvajska pruga Dubrava – Miroševička cesta (Slika 25) bi prolazila sljedećom trasom: Avenija Gojka Šuška – Ulica Rudolfa Kolaka – Dankovečka ulica – Miroševička cesta. Izgradnjom navedene pruge bi se tramvajska pruga približila Kliničkoj bolnici Dubrava pa bi se skratilo pješaćenje do nje te bi se mnogim stanovnicima gradske četvrti Gornja Dubrava omogućio pristup tramvaju na razumnoj udaljenosti od lokacije stanovanja. Također bi se omogućio pristup tramvajem do gradskog groblja Granešina što je od velike važnosti za blagdanе kada se posjećuju groblja zato što bi se smanjila zagušenja nastala korištenjem osobnih automobila.



*Slika 25. Predložena trasa Dubrava – Miroševička cesta
Izvor: autor uz korištenje programa Google Earth Pro [26]*

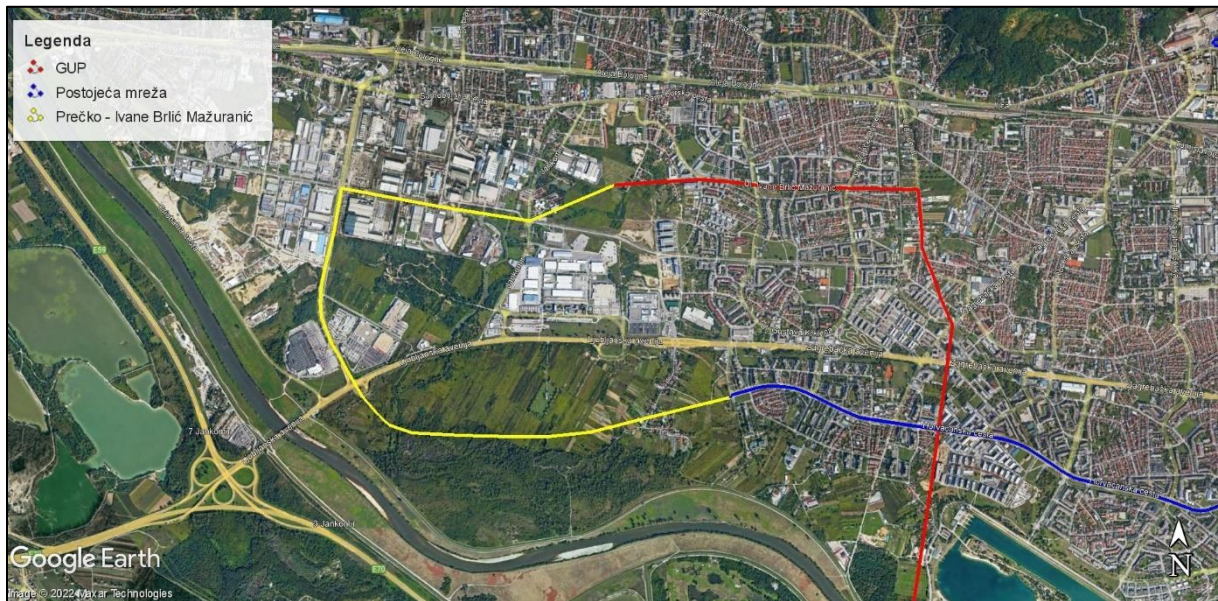
Tramvajska pruga Glavni kolodvor – Vatikanska ulica (Slika 26) bi prolazila sljedećom trasom: Glavni Kolodvor – Trg Stjepana Radića – Ulica Hrvatske bratske zajednice – Avenija Većeslava Holjevca – Most slobode – nastavak Avenije Većeslava Holjevca – produžena Vatikanska ulica. Izgradnjom navedene trase bi se skratilo putovanje do središta grada stanovnicima Novog Zagreba. Problem pri izgradnji navedene trase je potreba za deniveliranjem pruge ispod Glavnog kolodvora i prolazak trase preko Mosta slobode koji trenutno ima samo dva prometna traka u svakom smjeru bez središnjeg pojasa, pa bi se tramvajski kolosijeci morali nalaziti u uličnoj mreži s velikim protokom vozila u vršnim periodima.



*Slika 26. Predložena trasa Glavni kolodvor – Vatikanska ulica
Izvor: autor uz korištenje programa Google Earth Pro [26]*

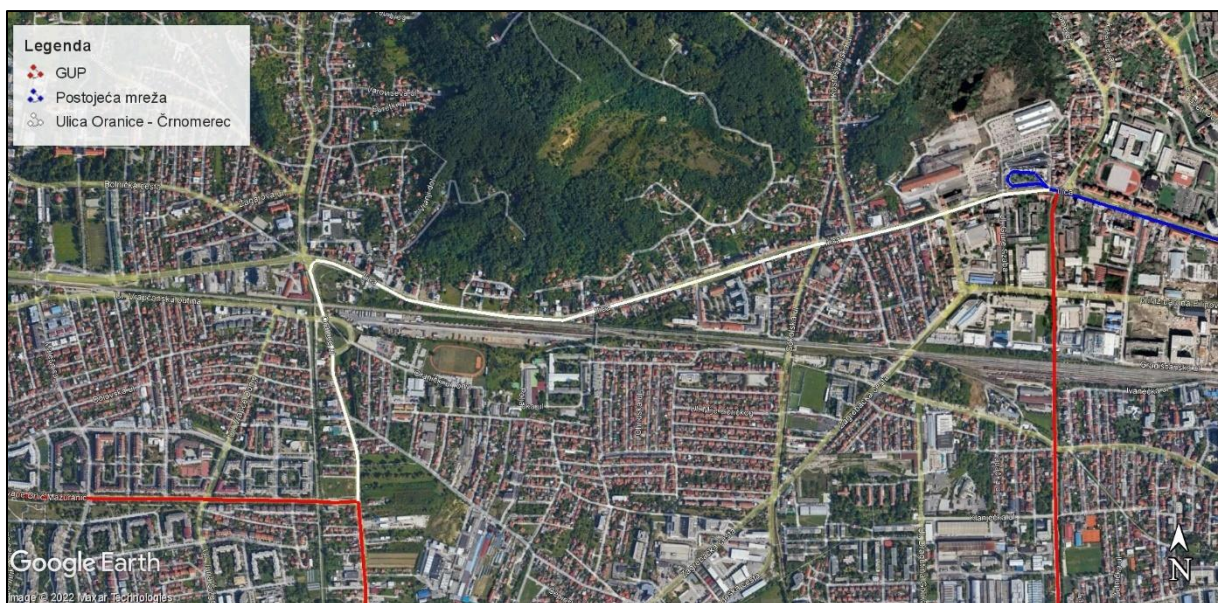
Predložena tramvajska pruga Prečko – Ulica Ivane Brlić Mažuranić (Slika 27) bi se trebala graditi u dvije etape. Prva bi obuhvatila trasu od Ulice Ivane Brlić Mažuranić do Ljubljanske avenije blizu koje bi se nalazio terminal. Druga etapa bi obuhvatila povezivanje sa terminalom Prečko kroz trenutno nenaseljeno područje te bi se ona gradila kada bi se područje izgradilo. Prijelaz trase preko Ljubljanske avenije bi trebalo denivelirati. Trasa bi bila: Ulica Ivane Brlić Mažuranić – Ulica Josipa Lončara – Ulica Kreše Golika – Ulica Velimira Škorpika – Nova avenija u trenutno nenaseljenom području – Prečko. Izgradnjom navedene trase bi se mnogim

stanovnicima koji rade i kupuju na području Jankomira, koje je poznato po velikom broju trgovačkih centara i raznih tvrtki, omogućio dolazak tramvajem.



*Slika 27. Predložena trasa Prečko – Ivane Brlić Mažuranić
Izvor: autor uz korištenje programa Google Earth Pro [26]*

Tramvajska pruga Ulica Oranice – Črnomerec (Slika 28) bi prolazila sljedećom trasom: Ulica Oranice – Ilica – Črnomerec. Spajanjem trase sa planiranom trasom u Ulici Ivane Brlić Mažuranić bi se dijelu stanovnika gradske četvrti Stenjevec omogućilo putovanje tramvajem do središta grada. Problem trase bi bilo miješanje tramvajskog i cestovnog prometa na Ilici i potreba za proširenjem podvožnjaka u Ulici Oranice.



*Slika 28. Predložena trasa Ulica Oranice – Črnomerec
Izvor: autor uz korištenje programa Google Earth Pro [26]*

Izgradnjom svih prethodno navedenih proširenja bi se duljina tramvajske mreže povećala za 102 km (51 km po smjeru) pa bi duljina cijele tramvajske mreže iznosila 218 km.

6.3 Integrirani javni prijevoz putnika

Integrirani javni prijevoz putnika je sustav u kojem su različiti oblici prijevoza spojeni u zajednički sustav prijevoza putnika pa imaju: usklađene vozne redove, zajedničku upravu, tarifu i zajednički prihod. U integriranom sustavu, putnici plaćanjem jedne karte mogu koristiti različite oblike prijevoza na određenom području. U Zagrebu bi obuhvaćao tramvajski, autobusni i željeznički prijevoz, a mogao bi obuhvatiti i sustav javnih bicikala i romobila kojima bi putnici mogli dolaziti do stajališta. Prijevoz bi trebao biti koncipiran na način da osobe koje žive izvan Zagreba prigradskom željeznicom dođu do određenog terminala na kojemu presjedaju na autobus ili tramvaj te se voze do svoga odredišta putovanja. Kako bi se putnici potaknuli na korištenje integriranog prijevoza, potrebno je uskladiti vozne redove različitih oblika javnog prijevoza kako bi putnici minimalno čekali na terminalima uz pridavanje pažnje tome da se putnicima ostavi dovoljno vremena za obavljanje presjedanja.

Koristi integriranog prijevoza putnika su [4] [30] [31]:

- veća mobilnost korisnika
- manja potrošnja energije po prevezenom putniku
- manje zagađenje okoliša po prevezenom putniku
- socijalna uključenost svih građana
- skraćeno vrijeme čekanja prijevoznog sredstva
- smanjenje troškova poslovanja
- poboljšanje povezanosti gradova, prigradskih sredina i ruralnih područja
- omogućava ljudima život izvan grada dok svoje potrebe obavljaju u gradu
- omogućava kvalitetno prostorno planiranje regije.

Uvođenjem integriranog prijevoza putnika u Zagrebu bi se smanjio broj osobnih vozila koja svakodnevno prometuju ulicama grada te bi se povećalo korištenje tramvajskog i ostalih oblika javnog prijevoza. Kako bi se uvođenje integriranog prijevoza moglo ostvariti potrebno je uskladiti sve oblike javnog prijevoza te uložiti u infrastrukturu koja je godinama zanemarivana.

7 ZAKLJUČAK

Glavni problemi javnog prijevoza u Zagrebu su: nerazvijeni pravci sjever – jug, nepostojanje tramvajske pruge na većem dijelu područja sjeverno od Horvaćanske ceste i zapadno od Savske ceste, južno od Avenije Dubrovnik te na dijelu istočnog dijela grada, niska operativna brzina, nepostojanje učinkovitog sustava davanja prioriteta vozilima javnog prijevoza (nepostojanje sustava adaptivnog upravljanja prometom i centra za nadzor prometa), nepoštivanje žutih trakova od strane vozača osobnih vozila, nepostojanje sustava integriranog prijevoza putnika. Zbog svega navedenog je došlo do smanjenja broja korisnika i komercijalne brzine tramvajskih vozila.

Tramvajski promet u Gradu Zagrebu, a time i život stanovnika Zagreba se može poboljšati. Neki od načina poboljšanja tramvajskog sustava su: osiguravanje prioriteta vozilima javnog gradskog prijevoza, proširenje tramvajske mreže, uvođenje integriranog prijevoza putnika.

Ulaganjem u osiguravanje prioriteta bi javni gradski prijevoz postao atraktivniji jer bi se smanjilo vrijeme putovanja i sustav bi postao pouzdaniji. Zbog kraćeg vremena putovanja bi se smanjili troškovi prijevoznika jer bi se smanjio broj potrebnih vozila, a time i vozača na mreži javnog prijevoza. Također bi se smanjio utjecaj zagušenja ostalog prometa na javni prijevoz.

Od 2000. kada je završeno posljednje proširenje tramvajske mreže u Zagrebu došlo je do razvoja grada koji tramvajska infrastruktura nije pratila. Prema postojećem Generalnom urbanističkom planu planirano je osam novih tramvajskih trasa: Ilica – Horvaćanska cesta (preko terminala Ljubljanica), Jadranska avenija (Rotor Remetinec – Blato), Ulica Ivane Brlić Mažuranić – Jadranska avenija, Vatikanska ulica (Jadranska avenija – Sarajevska cesta), Sarajevska cesta (Zapruđe – Ranžirni kolodvor), Trg Eugena Kvaternika – Domovinski most, Ulica grada Vukovara – Spremište Dubrava (preko kampusa Borongaj), Ulica grada Vukovara – Trešnjevački trg. Izgradnjom planiranih trasa iz Generalnog urbanističkog plana bi tramvajski prijevoz postao atraktivniji te bi mnogi stanovnici Zagreba dobili lakši pristup tramvajskom prometnom sustavu. Unatoč tome, dijelovi Zagreba bi ostali nepokriveni tramvajskom mrežom, te bi trebalo planirati izgradnju tramvajskih pruga i na takvim područjima. Neke od trasa koje bi se mogle izgraditi su: Borongaj – Kampus Borongaj, Dubrava – Miroševička cesta, Glavni kolodvor – Vatikanska ulica, Prečko – Ulica Ivane Brlić Mažuranić (preko Ulice Velimira Škorpika), Ulica Oranice – Črnomerec.

Uvođenjem integriranog prijevoza putnika u Zagrebu bi se smanjio broj osobnih vozila koja svakodnevno prometuju ulicama grada te bi se povećalo korištenje tramvajskog i ostalih oblika javnog prijevoza. Kako bi se uvođenje integriranog prijevoza moglo ostvariti potrebno je uskladiti sve oblike javnog prijevoza te uložiti u infrastrukturu koja je godinama zanemarivana.

LITERATURA

- [1] G. Štefančić, Tehnologija gradskog prometa I, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, 2008.
- [2] T. Starčević, »Estimacija prometnih zagušenja urbanih područja temeljena na pokretnim osjetilima (diplomski rad),« Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2020.
- [3] B. Galović, Ž. Marušić i J. Grgić, »Rukovođenje kriznim situacijama kod prometnih zagušenja,« u *Nezgode i nesreće u prometu i mjere za njihovo sprječavanje*, Zagreb, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, 2007, pp. 50-56.
- [4] D. Klarić, »Analiza javnog gradskog prometa u Zagrebu (završni rad),« Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2020.
- [5] M. Kamenjašević, »Analiza tramvajske mreže Grada Zagreba (diplomski rad),« Veleučilište u Zagrebu Prometni odjel, Zagreb, 2004.
- [6] M. Šobak, »Već 18 godina u Zagrebu nije izgrađen ni metar tramvajske pruge!,« Večernji list, 04 01 2019. [Mrežno]. Dostupno na: <https://www.vecernji.hr/zagreb/otkada-je-pruge-za-novi-metar-nije-trebalo-18-godina-1292519>. [Pokušaj pristupa 11 05 2022].
- [7] M. Rajsman, Osnove tehnologije prometa Gradski promet, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, 2012.
- [8] G. Štefančić, Tehnologija gradskog prometa II, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, 2010.
- [9] L. Milić, »Analiza autobusne linije 212 Dubec – Sesvete u Zagrebu (završni rad),« Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2019.
- [10] Š. Nekić, »Analiza autobusne linije 241 Glavni kolodvor - Veliko Polje u Zagrebu (završni rad),« Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2022.
- [11] L. Vidan, »Analiza javnog prijevoza putnika na području Grada Velike Gorice (završni rad),« Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2021.
- [12] D. Brčić i M. Ševrović, Logistika prijevoza putnika, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, 2012.

- [13] N. Lovrić, »Analiza unapređenja stajališta u javnom gradskom prijevozu putnika (završni rad),« Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2020.
- [14] D. Šojat, »Analiza prioriteta tramvajskog podsustava u Gradu Zagrebu (diplomski rad),« Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2012.
- [15] B. Bogović, »Analiza tramvajske linije 1 Zapadni kolodvor – Borongaj u Zagrebu (završni rad),« Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2019.
- [16] D. Šojat, »Prognostički model vremena putovanja u masovnom javnom gradskom prijevozu (doktorski rad),« Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2021.
- [17] Zagrebački električni tramvaj, »Mreža tramvajskih linija,« ZET, 10 06 2022. [Mrežno]. Dostupno na: <https://www.zet.hr/tramvajski-prijevoz/dnevne-linije/249>. [Pokušaj pristupa 13 06 2022].
- [18] Zagrebački električni tramvaj, »O nama,« ZET, 21 06 2022. [Mrežno]. Dostupno na: <https://www.zet.hr/o-nama/259>. [Pokušaj pristupa 28 06 2022].
- [19] Wikipedija, »Tatra B4,« Wikipedija, 22 12 2021. [Mrežno]. Dostupno na: https://hr.wikipedia.org/wiki/Tatra_B4. [Pokušaj pristupa 09 09 2022].
- [20] Tvornica željezničkih vozila Gredelj, »Dvozgladni niskopodni tramvaj TMK 2200,« TŽV Gredelj, 01 09 2022. [Mrežno]. Dostupno na: https://tzv-gredelj.hr/site/tzv_tmk_2200/. [Pokušaj pristupa 08 09 2022].
- [21] Zagrebački električni tramvaj, »Detaljnije o zonama i tarifnim područjima,« ZET, 06 09 2022. [Mrežno]. Dostupno na: <https://www.zet.hr/zone-i-tarifna-podrucja/detaljnije-o-zonama-i-tarifnim-podrucjima/66>. [Pokušaj pristupa 08 09 2022].
- [22] Zagrebački električni tramvaj, »Cijene karata - Grad Zagreb,« ZET, 29 06 2022. [Mrežno]. Dostupno na: <https://www.zet.hr/cijene-prodaja-i-placanje/cijene-karata-grad-zagreb/400>. [Pokušaj pristupa 30 06 2022].
- [23] M. Uravić, »Analiza prometno-prostornog planiranja u Gradu Zagrebu (diplomski rad),« Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017.
- [24] M. Vujić, *Dodjela prioriteta vozilima javnog gradskog prijevoza (autorizirano predavanje iz kolegija Cestovna telematika)*, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, 2022.

- [25] Sektor za strategijske informacije i istraživanja, »ZG geo portal,« Gradski ured za gospodarstvo, ekološku održivost i strategijsko planiranje, 02 03 2022. [Mrežno]. Dostupno na: <https://geoportal.zagreb.hr/Karta>. [Pokušaj pristupa 08 08 2022].
- [26] Google, »Google Earth,« Google, 24 08 2022. [Mrežno]. Dostupno na: google.com/earth/versions/. [Pokušaj pristupa 24 08 2022].
- [27] Državna geodetska uprava, »Katastar,« Republika Hrvatska, 2019. [Mrežno]. Dostupno na: <https://www.katastar.hr/#/>. [Pokušaj pristupa 08 08 2022].
- [28] P. Balija, »Sarajevska postaje avenija, a njome će voziti i tramvaj do ranžirnog kolodvora,« Večernji list, 08 09 2020. [Mrežno]. Dostupno na: <https://www.vecernji.hr/zagreb/sarajevska-postaje-avenija-a-njome-ce-voziti-i-tramvaj-do-ranzirnog-kolodvora-1429699>. [Pokušaj pristupa 11 08 2022].
- [29] Hina, »Tomašević najavio proširenje tramvajskih pruga, evo gdje bi trebala ići nova trasa,« Večernji list, 22 04 2022. [Mrežno]. Dostupno na: <https://www.vecernji.hr/zagreb/od-zvonimirove-do-vukovarske-tomasevic-najavio-prosirenje-tramvajskih-pruga-1580919>. [Pokušaj pristupa 16 08 2022].
- [30] D. Marić, »Analiza mjera javnog gradskog prijevoza unutar planova održive urbane mobilnosti (diplomski rad),« Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2021.
- [31] M. Lukec, »Integrirani prijevoz putnika u zagrebačkom gravitacijskom području (diplomski rad),« Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2018.

POPIS SLIKA I TABLICA

Slika 1. Tramvajske pruge izgrađene 1891. i 1892.	5
Slika 2. Tramvajska mreža Grada Zagreba iz 1911.	7
Slika 3. Tramvajska mreža Grada Zagreba iz 1928.	8
Slika 4. Tramvajska mreža Grada Zagreba iz 1942.	9
Slika 5. Tramvajska mreža Grada Zagreba iz 1949.	10
Slika 6. Tramvajska mreža Grada Zagreba iz 1963.	11
Slika 7. Tramvajska mreža Grada Zagreba iz 1971.	12
Slika 8. Tramvajska mreža Grada Zagreba iz 2000.	13
Slika 9. Podjela linija prema načinu pružanja u odnosu na granice grada	14
Slika 10. Mreža tramvajskih linija Grada Zagreba.....	20
Slika 11. Tramvaj tipa ČKD Tatra T4+B4.....	37
Slika 12. Tramvaj tipa TMK 2200	38
Slika 13. Tarifne zone i prometno - tarifna područja	39
Slika 14. Postojeća tramvajska mreža i trase planirane GUP-om	45
Slika 15. Planirana trasa Ilica - Horvaćanska cesta.....	46
Slika 16. Planirana trasa Jadranska avenija.....	46
Slika 17. Planirana trasa Ivane Brlić Mažuranić - Jadranska avenija	47
Slika 18. Planirana trasa Jadranska avenija – Sarajevska cesta	47
Slika 19. Planirana trasa Sarajevska cesta.....	48
Slika 20. Planirana trasa Kvaternikov trg – Domovinski most	49
Slika 21. Planirana trasa Ulica grada Vukovara – Spremište Dubrava	50
Slika 22. Planirana trasa Ulica grada Vukovara – Trešnjevački trg.....	50
Slika 23. Predložene dodatne tramvajske trase	51
Slika 24. Predložena trasa Borongaj - Kampus Borongaj	52

Slika 25. Predložena trasa Dubrava – Miroševička cesta	52
Slika 26. Predložena trasa Glavni kolodvor – Vatikanska ulica	53
Slika 27. Predložena trasa Prečko – Ivane Brlić Mažuranić	54
Slika 28. Predložena trasa Ulica Oranice – Črnomerec	54
Tablica 1. Međustajališna udaljenost u odnosu na brzinu prijevoznog sredstva.....	18
Tablica 2. Vrste i cijene pojedinačnih karata	40

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI


Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je _____ diplomski rad
(vrsta rada)

isključivo rezultat mojega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da 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 diplomskog rada pod naslovom Prijedlozi rješenja za tramvajski prometni sustav Grada Zagreba, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

U Zagrebu, 09.09.2022.

Luka Blažević, 
(ime i prezime, potpis)