

Optimizacija tramvajske linije broj 6 u javnom gradskom prijevozu putnika Grada Zagreba

Čukelj, Dubravka

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:321062>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-20**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište
Sjever**

Diplomski rad br. 114/OMIL/2022

**Optimizacija tramvajske linije broj 6 u javnom gradskom prijevozu putnika
Grada Zagreba**

Dubravka Čukelj, 0135245977

Koprivnica, lipanj 2022. godine



Sveučilište Sjever

**Odjel za logistiku i održivu mobilnost
Upravljanje prometnim sustavima u urbanim sredinama**

Diplomski rad br. 114/OMIL/2022

**Optimizacija tramvajske linije broj 6 u javnom gradskom prijevozu putnika
Grada Zagreba**

Student:

Dubravka Čukelj, 0135245977

Mentor:

doc.dr.sc. Predrag Brlek

Koprivnica, lipanj 2022. godine

Prijava diplomskog rada

Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za logistiku i održivu mobilnost

STUDIJSKI diplomski sveučilišni studij Održiva mobilnost i logistika

PRISTUPNIK Dubravka Čukelj

MATIČNI BROJ 0135245977

DATUM

KOLEGIJ Upravljanje prometnim sustavima u urbanim sredinama

NASLOV RADA Optimizacija tramvajske linije broj 6 u javnom gradskom prijevozu putnika Grada Zagreba

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Optimization of tram line number 6 in public urban passenger transport City of Zagreb

MENTOR dr.sc. Predrag Brlek

ZVANJE docent

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. prof.dr.sc. Ljudevit Krpan, predsjednik povjerenstva
2. doc.dr.sc. Predrag Brlek, mentor
3. doc.dr.sc. Saša Petar, član
4. prof. dr. sc. Krešimir Buntak, zamjena
- 5.

Zadatak diplomskog rada

BROJ 114/OMIL/2022

OPIS

U ovom diplomskom radu razmatraju se problemi javnog gradskog prijevoza Grada Zagreba, u tramvajskom podsustavu, na tramvajskoj liniji broj 6 koja prometuje na relaciji rnomerec Sopot. Analizom izloženih činjenica doći će se do informacija na koji način bi se mogla provesti mogućnost optimizacije na svakom od analiziranih sustava.

Svrha istraživanja je da se ukaže na tehničke, tehnološke, organizacijske, ekonomske i ekološke elemente optimizacije tramvajske linije broj šest u sustavu putničkog prijevoza u javnom gradskom prijevozu putnika Grada Zagreba. Optimizacija tramvajske linije ima za cilj poboljšanje bitnih elemenata kvalitete prijevoza putnika i poboljšanje funkcioniranja sustava javnog gradskog prijevoza u Gradu Zagrebu.

ZADATAK URUČEN

47.2.22

POTPIS MENTORA

SVEUČILIŠTE
SIEVER



Predgovor

Izradi diplomskog rada pristupila sam nakon stečenog znanja i iskustava prikupljenih tijekom studiranja na diplomskom sveučilišnom studiju Održive mobilnosti i logističkog menadžmenta u Koprivnici.

Zahvaljujem mentoru doc. dr. sc. Predragu Brleku koji me je svojim korisnim savjetima i stručnim znanjem profesionalno usmjeravao tijekom izrade ovog diplomskog rada, te na njegovom ukazanom povjerenju, strpljenju i utrošenom vremenu da bi ovaj rad bio uspješno izrađen.

Posebno zahvaljujem svojoj mentorici na završnom radu, prof. dr. sc. Gordani Štefančić, koja mi je ukazala na moje mogućnosti i motivirala da nastavim studirati bez obzira na moje godine, na čemu sam joj neizmjerljivo zahvalna.

Ujedno zahvaljujem svim profesorima i predavačima na Sveučilištu Sjever koji su nesebično prenosili svoje znanje, stručne i korisne informacije, te razne korisne savjete tijekom studiranja.

Veliko hvala i mojoj obitelji na strpljenju i podršci koju su mi pružili tijekom mog studiranja.

Sažetak

Obradom glavnog problema ovog diplomskog rada prikazano je trenutno stanje u javnom gradskom prijevozu putnika u Gradu Zagrebu, u tramvajskom podsustavu, na tramvajskoj liniji broj 6.

Samim postupkom istraživanja i dobivenim rezultatima htjelo se ukazati na tehničke, tehnološke, organizacijske, ekonomske i ekološke elemente optimizacije tramvajske linije broj 6 u sustavu putničkog prijevoza u javnom gradskom prijevozu putnika Grada Zagreba. Optimizacija tramvajske linije ima za cilj poboljšanje bitnih elemenata kvalitete prijevoza putnika i put ka boljem radu sustava javnog gradskog prijevoza u Gradu Zagrebu.

Da bi došlo do povećanja ekskluzivnosti javnog prijevoza i prihvaćanje istog od strane putnika potrebno je raditi na kvaliteti: pouzdanosti i raspoloživosti istog postizanjem maksimalne točnosti i redovitosti, poboljšanjem sigurnosti veza kod presjedanja, bolja informiranost putnika na stajalištima i u vozilima kroz točne i stvarne podatke, kao i davanje informacija u vizualnom i akustičnom obliku.

Ključne riječi: *optimizacija, javni gradski prijevoz putnika, ZET, Tramvajska linija broj 6*

Summary

Working on the main problem of this diploma thesis shows the current situation in public urban passenger transport in the City of Zagreb, in the tram subsystem, on tram line number 6.

By the research process and the results obtained, this work wanted to point out the technical, technological, organizational, economic, and environmental elements of the optimization of tram line number 6 in the passenger transport system in the public urban passenger transport of the City of Zagreb. The optimization of the tram line aims to improve the important elements of the quality of passenger transport and the path to better operation of the public transport system in the City of Zagreb.

In order to increase the exclusivity of public transport and its acceptance by passengers based on quality characteristics, such as reliability and availability, maximum accuracy and regularity have to be achieved, as well as improving the safety of connections during transfers, better information of passengers at stops and in vehicles through accurate and real information and providing information in visual and acoustic form.

Key words: *optimization, public urban passenger transport, ZET, Tram line number 6*

Popis korištenih kratica

JGPP	javni gradski prijevoz putnika
ATRON	računalno podržani sustav nadzora i upravljanja prijevozom
AVG	ATRON Vehicle Gateway – upravljački pristupnik kao jedinica na vozilu
AVT	ATRON Vehicle Terminal – terminal za vozača
ATRIES RBL	Automatski sustav lociranja vozila
TETRA	digitalno radio-komunikacijski sustav
PGDP	prosječni godišnji dnevni promet
GSM	Global System for Mobiles – globalni sustav za mobilne komunikacije
GPRS	General Packet Radio Service - Opća paketna radio usluga
DFI	pokazna jedinica za dinamičko informiranje putnika na stajalištima
TMK	tramvajska motorna kola
NT	niskopodni tramvaj
ČKD	češka tvornica tramvaja – TIP 401
TOPLOMJER	odnosi se na određeni vozni red sa upisanim stanicama i okretištima i minutama dolaska na istu

SADRŽAJ:

1. Uvod.....	1
1.1. Problem, predmet i objekt istraživanja.....	2
1.2. Radna hipoteza i pomoćne hipoteze.....	2
1.3. Svrha i ciljevi istraživanja.....	2
1.4. Znanstvene metode.....	3
1.5. Struktura diplomskog rada.....	3
2. POVIJESNI RAZVOJ PROMETA.....	4
2.1. Razvoj javnog gradskog prijevoza putnika u Zagrebu.....	6
2.2. Razvoj tramvajske linije broj 6 kroz povijest.....	9
3. ZAGREBAČKI ELEKTRIČNI TRAMVAJ.....	12
3.1. Osnovni pojmovi javnoga gradskog prijevoza putnika.....	14
4. TEHNIČKE KARAKTERISTIKE TRAMVAJSKE LINIJE BROJ 6.....	17
4.1. Osnovno o sustavu "ATRIS RBL - Automatski sustav lociranja vozila".....	18
4.2. Računalni program Interplan.....	22
4.3. Način izrade voznog reda u programu Interplan za tramvajsku liniju broj 6.....	23
4.4. Sustav za nadzor i upravljanje prijevozom – ATRON RBL.....	42
4.4.1. Funkcije sustava Atron RBL.....	43
4.4.2. Sustav informiranje putnika o voznom redu.....	47
4.5. Opis postojećeg stanja tramvajske linije broj 6.....	48
5. POJAM OPTIMIZACIJE	51
5.1. Podsustavi optimizacije.....	52
5.1.1. Optimizacija tehničkog sustava.....	54
5.1.2. Optimizacija tehnološkog sustava.....	56
5.1.3. Optimizacija organizacijskog sustava.....	63
5.1.4. Optimizacija ekonomskog sustava.....	66
5.1.5. Optimizacija ekološkog sustava.....	69
6. ZAKLJUČAK.....	72

LITERATURA

POPIS SLIKA

POPIS TABLICA

1. UVOD

Mobilnost stanovnika u neprekidnom je porastu sukladno veličini grada i stupnjem ekonomske moći i sa sigurnošću se može reći da putnički promet predstavlja najsloženiji, i po dinamici najzahtjevniji, oblik prometa, koji se osim individualnog prometa vlastitih automobila, odnosi i na javni gradski prijevoz. Cilj svakog postojanja i odvijanja prometnog sustava, kao i tehnologije prometa i transporta u svojoj znanstvenoj i primijenjenoj stručnoj dimenziji, je sustavno podmirenje transportne potražnje odgovarajućom prometnom ponudom i to na određenoj optimalnoj razini. Jedna od važnijih zadaća u biti je optimiziranje organizacije prometnog procesa i upravljanje njime, kao i promatranje trenutnog stanja iskorištenja prijevoznih kapaciteta kao bitnog čimbenika iskorištenja prijevoznih kapaciteta i pokazatelja uspješnosti poslovanja transportnoga poduzeća.

Prometne usluge javnog prijevoza putnika karakteristične su za veće urbane sredine s visokom gustoćom stanovanja. Mreža linija javnog prijevoza formira se na način da je u skladu s prostornom distribucijom stanovništva i u funkciji ukupne prijevozne potražnje. U središnjem dijelu Zagreba, unutar prostora najintenzivnijeg kretanja putnika, utvrđena je mreža tramvajskih i autobusnih linija, a na rubnom dijelu prijevoz putnika se odvija autobusima. Glavne postavke i prednosti javnog prijevoza putnika su brzina, raspoloživost, komoditet i vjerodostojnost, kao i točnost, te se upravo zbog tih prednosti javni prijevoz smatra kao ekonomičniji i najpraktičniji način putovanja u urbanim područjima.

U urbanim sredinama korištenje javnog gradskog prijevoza za osnovni mod putovanja predstavlja način održivosti gradova. Stručno i sustavno upravljanje tvrtkama javnog gradskog prijevoza važno je za razvoj i funkcioniranje lokalne zajednice, te je osnovni cilj održivosti transportnog sustava urbane sredine što više poticati stanovništvo na korištenje javnog gradskog prijevoza, autobusa, tramvaja ili drugih prijevoznih sredstava.

Svaka optimizacija, pa tako i transportnog i prometnog procesa, izravno je povezana sa željenom ili uvjetovanom dozom kvalitete transportne usluge i njenim sustavnim elementima: sigurnost transportnog procesa, redovitost pružanja transportnih usluga, udobnost korisnika usluga sukladno duljini relacije transporta, točnost, frekvencija polazaka, interval pružanja transportnih usluga, brzina putovanja (prometna ili komercijalna brzina transporta) i pripadajuće cijene transportne usluge.

1.1. Problem, predmet i objekt istraživanja

U ovom diplomskom radu razmatrat će se problemi javnog gradskog prijevoza Grada Zagreba u tramvajskom podsustavu na tramvajskoj liniji broj 6 koja prometuje na relaciji Črnomerec – Sopot. Analizom izloženih činjenica doći će se do zaključaka na koji način bi se mogla provesti optimizacija na svakom od analiziranih sustava.

Nakon prikupljanja kvalitativnih i kvantitativnih podataka o navedenom problemu, te analiziranja istih, istražiti će se je li moguće postići optimizaciju na navedenoj liniji i na koji način.

1.2. Radna hipoteza i pomoćne hipoteze

Glavna hipoteza ovog diplomskog rada glasi:

„Optimizacija tramvajske linije broj 6 u

javnom gradskom prijevozu putnika u Gradu Zagrebu je provediva.“

Pomoćna hipoteza I:

„Optimizacija će doprinijeti povećanju kvalitete prijevozne

usluge.“

1.3. Svrha i ciljevi istraživanja

Svrha istraživanja je ukazivanje na tehničke, tehnološke, organizacijske, ekonomske i ekološke elemente optimizacije tramvajske linije broj šest u sustavu putničkog prijevoza u javnom gradskom prijevozu putnika Grada Zagreba. Optimizacija tramvajske linije ima za cilj poboljšanje bitnih elemenata kvalitete prijevoza putnika i poboljšanje funkcioniranja sustava javnog gradskog prijevoza u Gradu Zagrebu.

1.4. Znanstvene metode

Za izradu diplomskog rada koristile su se razne istraživačke i znanstvene metode. U svrhu istraživanja upotrebljavaju se razni dostupni statistički podaci kojim će se dobiti informacija o bitnim podacima iz prometnog putničkog sektora. Od znanstvenih metoda najviše se koriste metode dedukcije, indukcije, metode kauzalnog zaključivanja, kao i metode analize i sinteze.

1.5. Struktura diplomskog rada

Diplomski rad pod nazivom „Optimizacija tramvajske linije broj 6 u javnom gradskom prijevozu putnika Grada Zagreba“ sastoji se od šest cjelina. U uvodnom dijelu definirani su problemi istraživanja i same metode istraživanja, te kompozicija diplomskog rada.

U drugom poglavlju opisana je povijest prometa kao i prijevoza, te počeci javnog gradskog prijevoza u povijesti Grada Zagreba.

Treće poglavlje sadrži sve bitne i relevantne podatke o Zagrebačkom električnom tramvaju kao poduzeću za obavljanje javnog gradskog prijevoza putnika u Gradu Zagrebu.

U četvrtom poglavlju opisana je tramvajska linija broj 6, njezini počeci kroz povijest, način nastajanja linije i voznih redova, te upravljanje javnim gradskim prijevozom putnika.

Peto poglavlje opisuje pojam optimizacije i vrste i načine optimizacije, te sve to primijenjeno na tramvajski prijevoz putnika u Gradu Zagrebu.

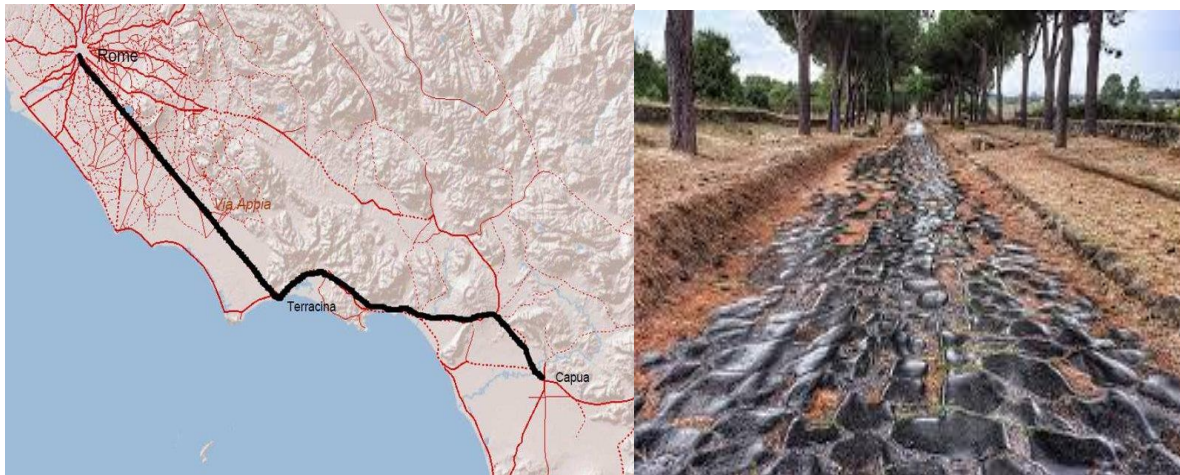
U šestom poglavlju zaključen je diplomski rad i opisano je što bi se pod pojmom optimizacije smatralo u javnom gradskom prijevozu putnika i primjena iste.

2. POVIJESNI RAZVOJ PROMETA

Od najranijih početaka čovjekovog razvitka i njegovog nagona za preživljavanjem, tj. kretanjem i lovom, dolazak do rijeke po svježju vodu i lov ribe, te prijenosom lovina iz šuma do njihovih nastambi, stvarali su utabane puteve i staze koji će kasnije postati ceste. Najvažniji izum u povijesti prijevoza bio je kotač. Kotač je izumljen oko 3500. g. pr. kr. Do pojave žbica – oko 2000. g. pr. kr., kotači su bili od punog drveta. Dugi niz godina i stoljeća jedini način kretanja bilo je hodanje ili korištenje životinja za vuču i nošenje tereta. Ceste su u početku bile pješačke staze koje su često vijugale kroz usjeke, ravnice i neravnine nekog geografskog područja, da bi prije 2000. g. pr. kr. stari Rimljani izgradili prvu cestu koja je omogućavala brzo kretanje ljudi, roba i trupa carstvom.

Rimljani su već tada imali izvrstan sustav cesta, te su neke, čak uz određene rekonstrukcije, izdržale i do danas. Rimske ceste izgrađene su tako da izdrže u svim vremenskim uvjetima i prilikama, a koristili su se razni građevni materijali koji su se mogli naći u blizini. Izgradili su i spojili sa cestama čitavo svoje carstvo, te mjesta unutar njega sa što ravnijom linijom, ne bazirajući se na troškove, vrijeme trajanje izgradnje, kao i koliko ljudi radi na njoj. Rimski građevinski inženjeri projektirali su tunele, mostove i ceste i tako stvorili mogućnost za brže kretanje vojske i ljudi, a sama cestovna povezanost ostvarivala je snažan rast trgovine.

Via Appia (ili Apijski put) je prva i najpoznatija velika rimska cesta, građena od 312. g. pr. kr. dužine 196 km ili 132 rimske milje, koja je Rim je povezivala s Kapuom u što ravnijoj liniji, među Rimljanima poznata kao Regina viarum ili "Kraljica puteva". Slično modernoj autocesti, nije zaobišla manje važne gradove i uglavnom je savladala geografske prepreke, na način da je impresivnih 90 km od Rima do Terracine izgrađeno u jednoj ravnoj liniji, da bi se put kasnije proširio do Brundisija i na taj način dosegao 569 km duljine odnosno 385 rimskih milja.[1]



Slika 1.: Via Appia,

https://www.researchgate.net/figure/Via-Appia-from-Rome-to-Capua-in-312-BCE_fig1_326016520/ (1.2.2022.)

Prvu cestovnu mrežu na prostoru današnje Hrvatske stvorili su Rimljani. U provincijama, Dalmaciji i Panoniji, birali su doline rijeka i niska pobrđa za izgradnju cesta. Kroz Panoniju je vodio prometni pravac koji je započinjao u gradu Akvileji u sjevernoj Italiji. Preko Emone (latinski naziv za Ljubljano, glavni grad Slovenije), ceste su pratile tokove rijeka Save, Drave i Dunava. Glavne ceste su prolazile kroz Sisciju (Sisak), Cibalae (Vinkovci) i Mursu (Osijek). U rimskoj provinciji Dalmaciji najvažnije čvorište je bila Salona (Solin). Kroz nju je prolazila cesta od Akvileje, preko Senie (Senj) pa sve do Epidaurusa (Cavtat) i Skadra u današnjoj Albaniji. Druga cesta povezala je Salonu sa Siscijom i Andautonom (Zagreb) sve do Neviodanuma (Čatež u Sloveniji).[2]

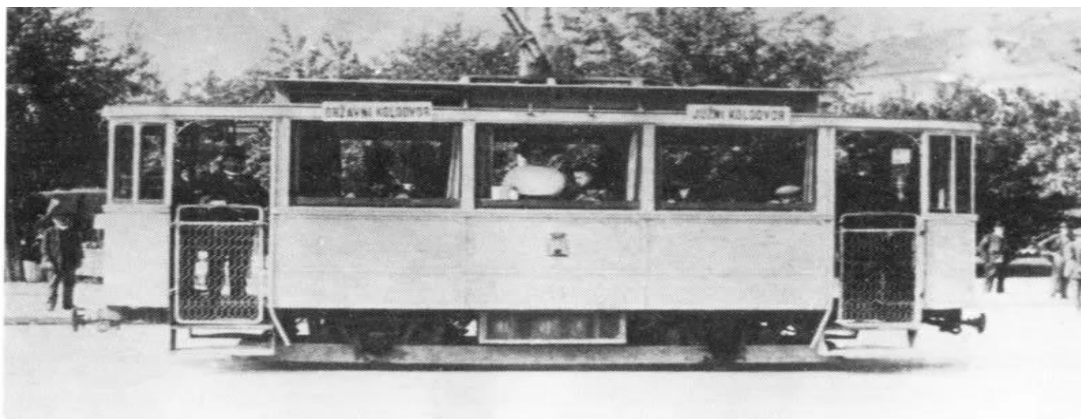
Hrvatska ima razmjerno povoljan prometno-geografski položaj, čije se značenje očituje u potrebama povezivanja srednjoeuropskog sa sredozemnim i bliskoistočnim prostorom upravo preko njezina teritorija, a sve više i istočnoeuropskog prostora sa sredozemnim. Duga jadranska obala i položaj na jugozapadu panonskog prostora, Hrvatskoj su osigurali prolazak dva ključna europska prometna smjera, koja su kroz povijest određivala osnovne europske silnice kretanja ljudi i roba. To je geoprometni smjer koji povezuje zapadnu, sjevernu i srednju Europu s europskim jugoistokom i prednjom Azijom, te geoprometni smjer od Baltika i sjevera Europe preko Podunavlja do obala Jadranskog mora.[3]

2.1. Razvoj javnog gradskog prijevoza putnika u Zagrebu

Velikom urbanizacijom Zagreba potkraj 19. stoljeća javila se potreba za uvođenjem organiziranog javnog gradskog prijevoza. Još 1844. uvedene su prve konjske omnibusne linije. One su bili sezonske naravi i služile za prijevoz putnika do gradskih kupališta ili za potrebe prijevoza gostiju od željezničke stanice do tadašnjih zagrebačkih hotela. O potrebi uvođenja konjskog tramvaja, gradski su oci počeli raspravljati 1885. godine, a ideja je postala aktualna 1887., kad je francuski inženjer Raoul Pierre Alexandre Gautier predložio gradskom poglavarstvu uvođenje konjskog tramvaja od Zagreba do Samobora. Zbog nedostatka sredstava Gautier je promijenio plan i predložio gradnju pruge u Zagrebu. Koncesiju za gradnju pruge konačno je dobio 7. ožujka 1891. Gradnja jedno kolosiječne tramvajske pruge počela je 11. svibnja 1891. godine.[4]

Konjski tramvaj pušten je u promet 5. rujna 1891. godine. Širina kolosijeka iznosila je 760 mm, a ukupna prometna duljina pruga oko 8 km. Pruga je bila izgrađena od mitnice u Vlaškoj ulici (današnji Kvaternikov trg), kroz Vlašku, Draškovićevu i Jurišićevu ulicu preko Jelačićeva trga, pa Ilicom do Vodovodne ulice (odnosno do Pivovare) uz odvojak Kolodvorskom cestom (današnjom Ulicom Republike Austrije) do tzv. Južnog (današnjeg Zapadnog) kolodvora te uz odvojak Frankopanskom ulicom i Savskom do Savskog mosta.[5]

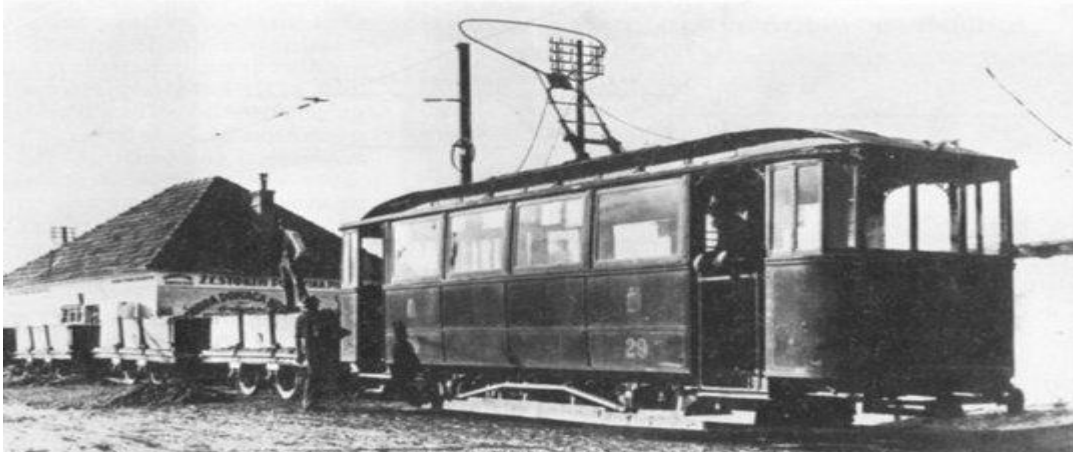
Već sljedeće godine, izgradnjom novog kolodvora Državnih željeznica (današnjeg Glavnog kolodvora), sagrađen je odvojak tramvajske pruge od Jelačićeva trga do novog kolodvora. Pruga je imala mimoilaznice na važnijim stajalištima.



Slika 2: Prvi električni tramvaj u Zagrebu;

<https://blichr.wordpress.com/2016/08/18/zagreb-dobio-prvi-elektricni-tramvaj-na-danasnji-dan-1910-godine/> 1.2.2022.

Tramvajski se vozni park sastojao od 10 zatvorenih i 6 otvorenih (ljetnih) kola 1891., a do 1910. godine porastao je na 38. Kola su bila izgrađena u tvornici Weitzer u Grazu, a bila su duga 5 m, široka 1,80 m i visoka 2,50 m. Prosječna brzina tramvajskih kola koje je vukao konj bila je 7,5 km/h. Spremište tramvajskih kola, s konjskom stajom i upravnom zgradom, bilo je na mjestu današnjeg Tehničkog muzeja.[6]



*Slika 3: Ganzova motorna kola iz 1911. godine s teretnim prikolicama
na Savskoj cesti u blizini mosta;*

izvor: Vrdoljak, M. : Monografija ZET-a – 130 godina, 2021. godine, 21 str.

Godine 1907. dolazi do izgradnje prve električne centrale u Zagrebu, te je Gradsko poglavarstvo donijelo odluku o izgradnji električnog tramvaja tadašnjeg „Tramvajskog društva“ koje je likvidirano 31. svibnja 1909. godine i postaje novoutemeljeno poduzeće „Zagrebački električni tramvaj“ d.d. s pravom upravljanja na 10 godina, a nakon toga Grad stječe pravo na otkup poduzeća, te je tako ostalo i do današnjeg dana.[7]

Konjski se pogon održao do 1910. godine kada je promet na prvoj pruzi električnog tramvaja svečano otvoren 18. kolovoza. Kroz cijelo to vrijeme gradski promet konjskim tramvajem nije bio prekinut još godinu dana, tj. do potpunog dovršenja mreže električnog tramvaja. Nove tramvajске pruge izgrađene su na istim trasama kojima je vozio i konjski tramvaj, s tim da je pruga od Južnog kolodvora kroz Ilicu preko Jelačićeva trga i kroz Jurišićevu ulicu do Draškovićeve izvedena dvostrukim kolosijekom, a pruga u gornjoj Ilici produžena do Črnomerca. Uz to je sagrađena kružna pruga od Kolodvorske ulice, Tvorničkom i Jelisavinom ulicom, Kukovićevo, Boškovićevo i Draškovićevo prema Jurišićevoj.

Mreža tramvajskih pruga, nakon uvođenja električnog tramvaja na već spomenutim osnovnim prugama, prvi put se proširuje 1911., kad je uvedena pruga Kaptol – Nova Ves – Mirogoj (napuštena 1930.), a godine 1916. je izgrađena okretnica u Maksimiru. Godine 1924. napuštena je kružna pruga kroz Kukovićevo (Zeleni val) zbog nerentabilnosti (pruga je odstranjena tek 1928.). Godine 1926. uređene su okretnice kod Savskog mosta i na Kvaternikovu trgu (tramvaj je tada okretao iza zgrade gradskog kupališta). Godine 1937. izgrađen je sjeverni kolosijek u Maksimirskoj ulici i u Ilici od Vinogradske do Črnomerca, gdje je uređeno i okretište, zatim je izgrađen i drugi kolosijek na Savskoj, od Kazališta do današnjega Studentskog centra, pruga Kvaternikov trg – Heinzellovom - Sajmište (napuštena 1945.g.).[8]

Godine 1928. sagrađen je drugi kolosijek između Jelačićeva trga i Glavnog kolodvora, zatim pruge u Draškovićevoj i Branimirovoj. Godine 1929. Savska cesta je do kraja dobila dvostruki kolosijek, a godinu dana poslije sagrađen je i nadvožnjak na Savskoj, zatim drugi kolosijek Zvijezda – Mirogoj, a godine 1931. i nova pruga Draškovićevo – Medveščak, 1932. pruga Zvijezda – Ksaver, 1935. pruga u Zvonimirovoj, 1942. pruga Maksimir – Dubrava, 1945. pruga u Mihanovićevoj, godinu dana kasnije u Jagićevoj i Jukićevoj. Godine 1948. puštena je u promet linija do Mihaljevca, a 1950. godine pruga Mihaljevac – Dolje. 1953. godine na Selskoj cesti gradi se stambena zgrada za ZET-ove radnike i natkriva se ulazna skretnička lira tramvajskog spremišta čime su znatno poboljšani radni uvjeti servisiranja vozila i proširen je spremišni prostor.

31. 10. 1954. godine dogodila se potresna nesreća na mirogojskoj pruzi, Mirogoj – Gupčeva zvijezda u kojoj je 19 putnika izgubilo život a 37 ih je teško ozlijeđeno. Tada se ta dionica pruge zatvara za promet tramvajem. U promet dolazi nova ispravljачka stanica u današnjoj Žajinoj ulici 1957.godine, a 1958. kod Harambašićeve ulice i u Držićevoj ulici.

1960. godine počinje izgradnja nove pruge Kvaternikov trg – Šubićeva ulica, te je ista puštena u promet 29.11. i tada je prvi puta u Zagrebu primijenjena tzv. produžena skretnica i produženo križište Šubićevom ulicom (Krešimirovim trgom do Branimirove ulice). 01.09.1962. završena je dionica tramvajске pruge u Držićevoj ulici od Ulice grada Vukovara do novog privremenoj okretišta blizu Slavonske avenije, a pušten je u promet i novi kolosiječni spoj Draškovićevo – Branimirova.

1963. godine predaje se u promet nova pruga prema Borongaju, a sljedeće godine pušta se ponovno u promet mirogojska dionica.

Sedamdesete su godine razdoblje kada se mnogo govori i radi na budućnosti tramvaja. Semaforški uređaji omogućuju tramvajima, autobusima i pješacima istodobni sigurni prijelaz preko kolnika, pokreće se akcija za ograničavanje individualnog prometa u korist javnog prometa na području gradskog središta. 1974. godine razmiču se kolosiječni zavoji Frankopanska – Ilica, te Jurišićeva – Draškovićeve i Draškovićeve – Vlaška kako bi bilo omogućeno mimoilaženje novih 4-osovniških tramvajskih motornih kola naručenih u tvornici „Đuro Đaković“. Iz istog razloga 1975. godine razmaknut je i kolosiječni zavoj pred Glavnim kolodvorom.

1979. godine počinje se graditi produžetak tramvajske pruge Držićevom avenijom preko Mosta mladosti do Sopota u Novom Zagrebu, a iste godine kreću i radovi na tramvajskom spremištu u Dubravi.

1985. godine gradi se tramvajska pruga od Savske ceste, preko novog Jadranskog mosta i novog rotora do Savskog Gaja prema Velesajmu i do Sopota da bi se priključila na već izgrađenu prugu i tako se zatvorio prsten Novi Zagreb. 1987. godine puštena je u promet pruga Horvaćanskom cestom do Hrgovića na Jarunu. Posljednji kilometri tramvajske pruga izgrađeni su 2000. godine, kada je puštena u promet dionica pruga od Dubrave do Dubca, te od Jaruna do Prečkog.[9]

2.2. Razvoj tramvajske linije broj 6 kroz povijest

Od 1946. godine linija 6 vozi na trasi:

- Ulica Rade Končara (Ljubljanska) – Mihanovićeve – Kvaternikov trg

Od 1958. godine linija 6 vozi kao pomoćna linija na trasi:

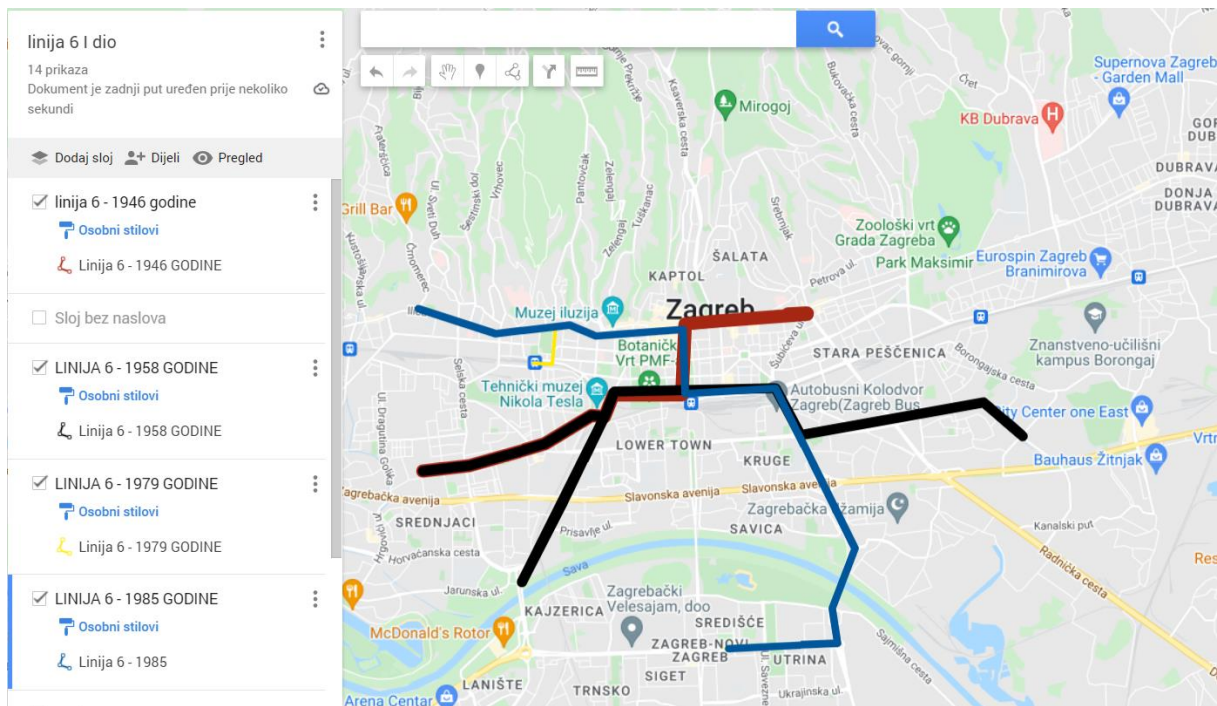
- Končareva/Savski most/Žitnjak – Glavni kolodvor – Kvaternikov trg

Od 1979. godine linija 6 vozi na trasi:

- Zapadni kolodvor – Trg Republike (Trg bana J. Jelačića) – Sopot

Od 1985. godine pa sve do danas linija 6 vozi na trasi:

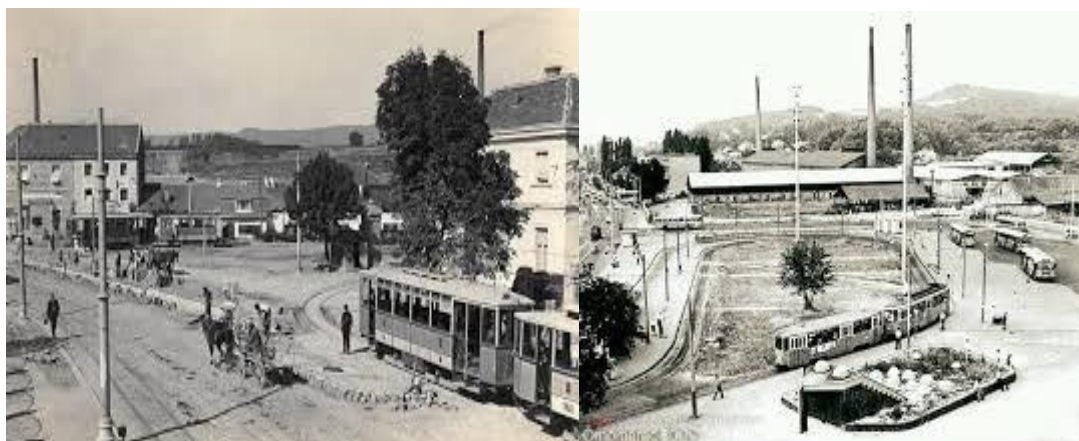
- Črnomerec – Trg bana J. Jelačića – Glavni kolodvor – Autobusni kolodvor – Sopot [10]



*Slika 4: Trasa tramvajske linije broj 6 – kako je nastajala kroz povijest;
izradila autorica prema podacima iz: Monografija - 105 godina ZET-a, str. 31*

U svibnju 1975. godine razmaknut je kolosiječni zavoј tramvajske pruge pred Glavnim kolodvorom. 8.5.1975. godine počinje se graditi produžetak tramvajske pruge Držićevom avenijom preko Mosta mladosti do Sopota u Novom Zagrebu, gdje se tramvajsko okretište u Sopotu, kao prvo u mreži, izvodi unutar proširenog pružnog tijela, bez presijecanja kolnika, te je ista puštena u promet 25.11.1975. godine.

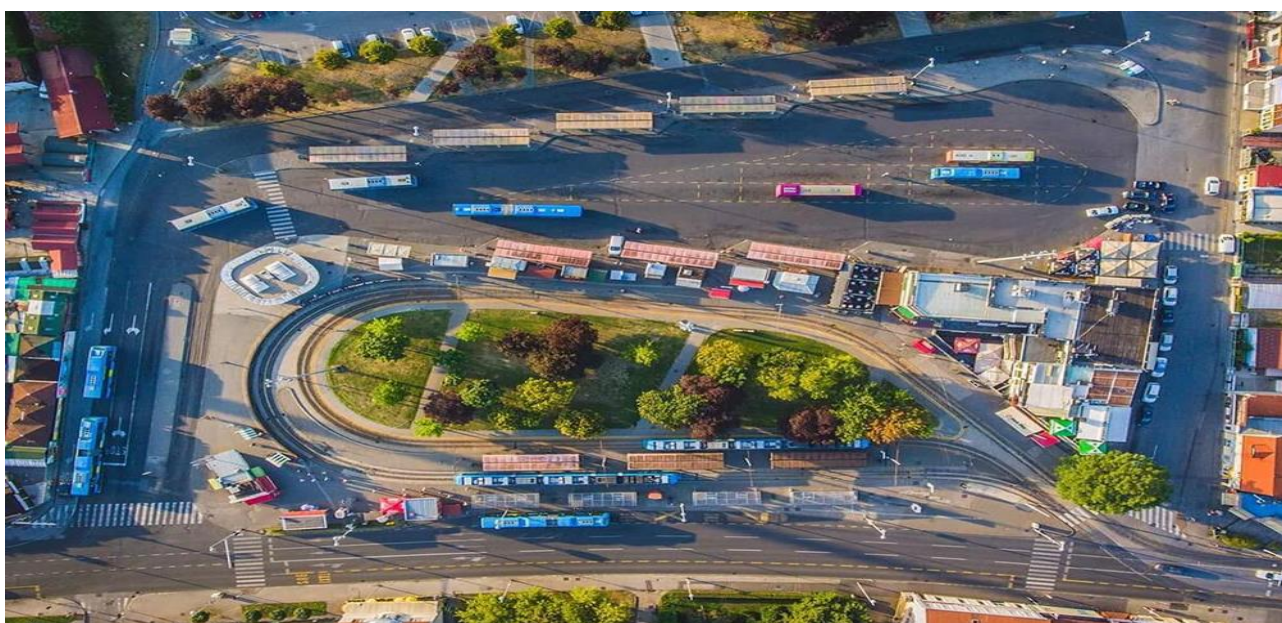
Dolazak prvih tramvajā dočekali su stanovnici Novog Zagreba vrlo svečano. Veliko usputno tramvajsko okretišta izgrađeno je unutar rotor-raskrižja kod Zapruda s već ugrađenim priključnim kolosijecima za produžetak tramvajske pruge Sarajevskom ulicom prema jugu. U blizini tog okretišta izgrađena je nova ispravljačka postaja „ZAPRUĐE“, a u istoj zgradi danas se nalazi i Centar za upravljanje prometom ZET-a. Iste godine počinje i gradnja Jadranskog mosta preko Save, po kojem će se isto odvijati tramvajski promet od smjera Savske ulice preko Jadranskog mosta do Zapruda.[11]



Slika 5: Okretište Črnomerec;

https://www.google.com/search?q=okreti%C5%A1te+%C4%8Drnomerec&sxsrf=APq-WBsQE4mIz-JQ19XRKxIR08Zcbw0wrw:1643744182162&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiY29CgoN_IAhXDNuwKHawoAj0Q_AUoAnoECAIQBA&biw=1536&bih=696&dpr=1.25/
dostupno 1.2.2022.

U sklopu rekonstruiranja Ilice, koja je obnovljena od Krajiške do Zagrebačke ceste, te je u sklopu tih radova izgrađen novi veliki tramvajsko - autobusni terminal u Črnomercu na bivšem zemljištu Ciglane. Terminal je izveden po idejnom i glavnom projektu izrađenom u ZET-u. Ostvareno rješenje kojim su uspješno regulirani i pješачki tokovi putnika, omogućuje udoban i siguran prijelaz putnika s autobusa na tramvaj i obrnuto. Tramvajsko okretište ima dva iskrcajna i tri ukrcajna stajališna mjesta s pretjecanim kolosijekom.[12]



Slika 6: Okretište Črnomerec;

izvor: <https://vizkultura.hr/pogled-na-zagreb-odozgo/okretiste-crnomerec/> dostupno 1.2.2022.

3. ZAGREBAČKI ELEKTRIČNI TRAMVAJ

Zagrebački električni tramvaj d.o.o. je tvrtka u 100% vlasništvu grada Zagreba koja osigurava i omogućuje javni gradski prijevoz putnika na području Zagreba i Zagrebačke županije. Prijevoz putnika se obavlja pomoću tramvaja, autobusa i uspinjače. ZET organizira i svakodnevni prijevoz školske djece, poseban prijevoz osoba s invaliditetom i djece s teškoćama u razvoju, te turistički razgled grada.[13]

U Zagrebačkoj županiji prijevoz se organizira autobusima u gradovima V. Gorica i Zaprešić, te u općinama Bistra, Luka, Klinča Sela i Stupnik. Jedan od simbola Zagreba je tramvaj koji godišnje preveze oko 200 milijuna putnika što ga čini najmasovnijim prijevozom putnika. Tramvajski promet odvija se na 116 km kontaktne mreže, a vozni park ZET-a sastoji se od 277 tramvajskih vozila od čega 142 niskopodna tramvaja. Radnim je danom u prometu 187 tramvajskih motornih kola i 84 prikolice. Ukupna dužina pruge na 15 linija dnevnog prometa je 148 km, dok na četiri noćne linije iznosi 57 km. U gradu se nalaze 174 skretnice i 255 tramvajskih stajališta. Napon kontaktne mreže iznosi 600 volti.[14]

Tramvaji su smješteni u dva pogona. Trešnjevački pogon, koji pokriva 9213,11 m kolosijeka, od kojih je 28 za parkiranje i 87 skretnica, i pogona u Dubravi koji ima 8130,98 m tračnica s 27 kolosijeka i 61 skretnicom. Širina kolosijeka je 1000 mm. Napajanje kontaktne mreže tramvajskog prometa u Zagrebu osigurava 15 ispravljačkih stanica, te preko mreže 89 pojnih i 72 povratna podzemna energetska kabela. Kontaktna mreža podijeljena je u 89 energetskih dionica, dok strujna opterećenja kontroliraju brze linijske sklopke u ispravljačkim stanicama.[15]



Slika 7: Spremište tramvaja u Dubravi,

izvor:Vrdoljak, M.; Monografija - 130 godina ZET-a, str. 49

Javni gradski prijevoz putnika je oblik prijevoza koji služi prevoženju velikog broja stanovnika po ustaljenim trasama i voznim redovima, a njegova opća karakteristika je da ga pod određenim propisanim uvjetima može koristiti svaki građanin. Zbog velike koncentracije ljudi i vozila u gradovima nastaju problemi u odvijanju gradskog prometa čime se smanjuje i kvaliteta javnog gradskog prijevoza uvjetovana zagušenjem prometa i smanjenjem pokretljivosti vozila. Optimalno funkcioniranje gradskog prometnog sustava u kojem prednost imaju, osim biciklista i pješaka, vozila javnog gradskog prijevoza u odnosu na individualni prijevoz, je vrlo važno jer se time podiže i kvaliteta urbanog prostora i življenja.

Glavni suparnik javnom prijevozu putnika za sve tehnologije putovanja (gradska, međugradska i ruralna tehnologija) je osobni automobil, i ako se želi povećati korištenje vozila javnog prijevoza, on mora imati operativne karakteristike koje mu daju prednost u odnosu na automobil, kao što su: praktičnost, imidž, informacija i sigurnost.[16]

Pružanje usluge mora se odvijati do odredišta do kojeg putnik želi putovati, bez presjedanja. Dobro organizirani prijevoz putnika je kada se do bilo kojeg dijela grada iz bilo kojeg dijela grada dođe s jednim presjedanjem, u Hrvatskoj se toleriraju najviše dva presjedanja. Vrijeme čekanja mora biti prihvatljivo i kratko, u intervalu 5-7 minuta radnim danom i 15 minuta ostale dane, a vrijeme dolaska predviđeno voznim redom i trajanje vožnje dosljedno poštovana. Vrijeme putovanja „od vrata do vrata“ mora biti usporedivo, tako da pješaćenje do najbližeg stajališta ne prelazi pet minuta u središtu grada i do 10 minuta izvan središta.

Vozilo javnog prijevoza mora biti i udobno, s odgovarajućim sjedalima za one kojima je potrebno, te s prihvatljivom gustoćom putnika koji stoje u vrijeme „špice“. Također, mora postojati kvaliteta vožnje postizana ujednačenom vožnjom pri ubrzanju ili usporavanju vozila, a prometno osoblje treba imati susretljiv stav prema korisnicima prijevoznih usluga.

Sustav za javni prijevoz putnika mora biti prilagođen korisnicima, te je važno da učestalost usluge, vrijeme dolaska i polaska, pa tako i cijena vožnje za određene pravce budu lako dostupni. Informacija u stvarnom vremenu mora biti dostupna putnicima na stajalištu i u prijevoznom sredstvu, a putnici bi se trebali osjećati sigurnima prilikom korištenja vozila javnog prijevoza.[17]

3.1. Osnovni pojmovi javnog gradskog prijevoza putnika

Trasa linije javnog gradskog prijevoza je unaprijed utvrđen pravac po kojem prometuju prijevozna sredstva. Trase su podijeljene na tračničke i autobusne podsustave. Pri planiranju trasa tračničkih podsustava određuju se pravci na kojima se može omogućiti prvenstvo prolaza u odnosu na prometnu mrežu pri čemu se linije trasiraju što je moguće više u pravcu.

Tramvajske linije su označene brojkom na ploči ili displeju na prednjem i stražnjem dijelu tramvaja, te s desne bočne strane tramvaja. Na jednoj tramvajskoj liniji prometuje više tramvaja, a svaki tramvaj ima svoj vozni red (broj voznog reda tramvaja označen je na displeju ili metalnoj pločici s vozačeve lijeve strane).

Stajalište javnog gradskog prijevoza je posebno izgrađena i označena prometna površina, određena za zaustavljanje prijevoznog sredstva, koja omogućava sigurni ulazak, odnosno izlazak putnika. Stajališta trebaju biti smještena u područjima gustih koncentracija aktivnosti.

Terminali u javnom gradskom prijevozu su početne i završne točke u kojima vozila mijenjaju smjer kretanja. Ukoliko sklop ulica ne omogućuje okretanje vozila, tada vozila, pomoću izgrađenih okretnica na terminalima, mijenjaju smjer. Terminali služe i za izravnavanje vremenskih neravnomjernosti do kojih dolazi prilikom zastoja u prometu.

Izravnavanje vremenskih neravnomjernosti postiže se kraćim ili dužim čekanjem vozila na terminalu. Zbog toga terminali služe i kao točke za kontrolu točnosti voznog reda.

Gradske linije su one linije čije se trase pružaju na užem (izgrađenom) području grada, s malim među stajališnim udaljenostima, velikom izmjenom putnika i kratkim vremenom putovanja po jednoj vožnji.

Prigradske linije su one koje povezuju uže područje grada sa naseljima veće među stajališne udaljenosti, većom dužinom linije i duljim vremenom putovanja.[18]

Linijski prijevoz po načinu rada i organizaciji predstavlja specifičnu vrstu prijevoza gdje se vozila kreću između dvije krajnje stanice A i B, po unaprijed utvrđenoj trasi, prema utvrđenom voznome redu i uz zaustavljanje na svim označenim stajalištima na kojima putnici ulaze ili izlaze iz vozila. Svaka linija javnog gradskoga putničkog prijevoza je podsustav u sustavu JGPP-a kojoj je osnovni cilj prijevoz putnika između pojedinih stajališta na liniji.

Osnovne vrste linije su: [19]

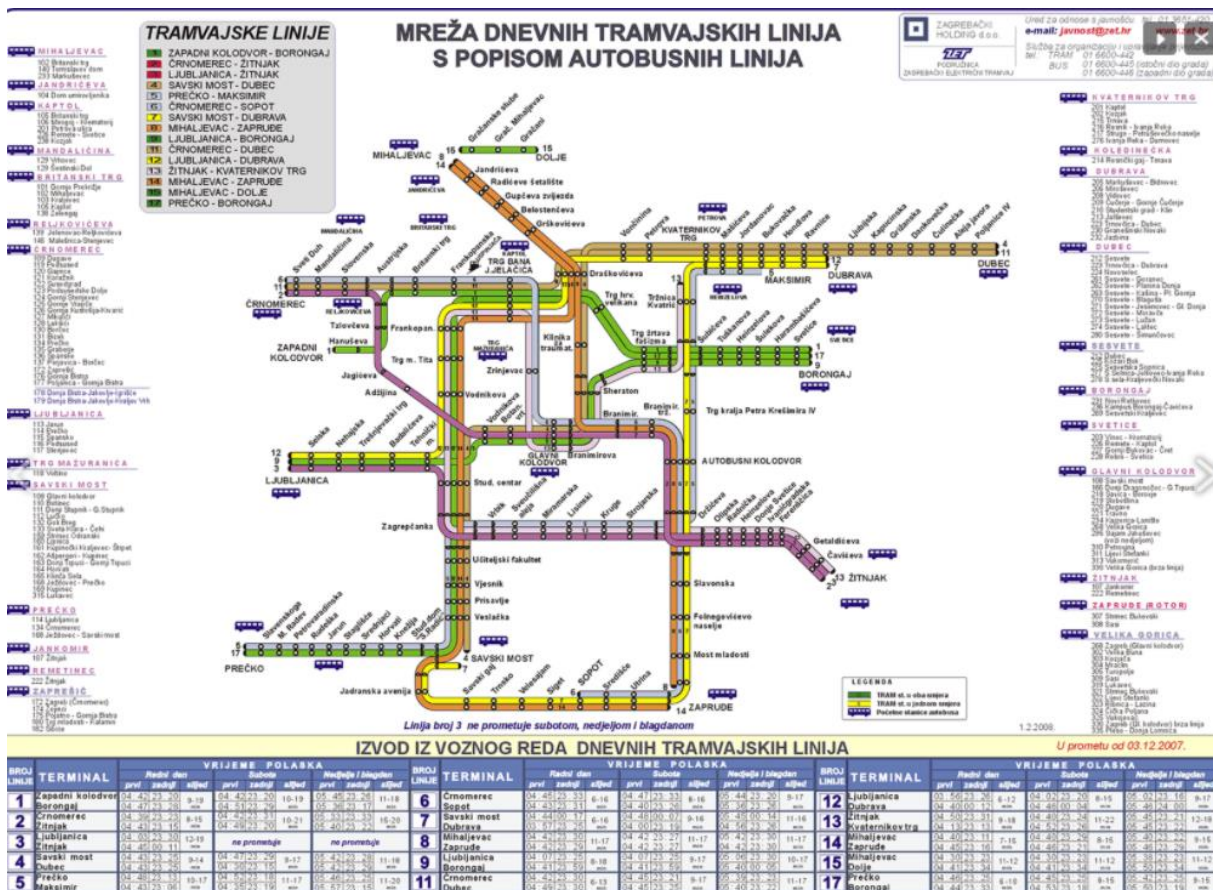
- *radijalne* – povezuju centar sa perifernim dijelovima grada,
- *tangencijalne* – povezuju dva periferna dijela grada ali ne idu kroz centar grada,
- *dijametralne* – povezuju dva periferna dijela i idu kroz centar grada,
- *periferne* – povezuju dvije točke na periferiji i sa slabijom izmjenom putnika
- *polukružne* – dio kružnih linija
- *kružne* – njihova trasa pravi zatvorenu kružnu liniju

Tablica br. 1: Dnevne tramvajske linije

Broj linije	Trasa linije	Duljina linije
1	Zapadni kolodvor – Trg bana Josipa Jelačića – Borongaj	6011 m
2	Črnomerec – Jukićeva – Glavni kolodvor – Autobusni kolodvor – Žitnjak – Savišće	10892 m
3	Ljubljana – Vukovarska – Savišće	8898 m
4	Savski most – Glavni kolodvor – Dubec	12593 m
5	Prečko – Vukovarska – Autobusni kolodvor – Dubrava	10733 m
6	Črnomerec – Trg bana J. Jelačića – Glavni kolodvor – Autobusni kolodvor – Sopot	10410 m
7	Savski most – Velesajam – Autobusni kolodvor – Dubec	16340 m
8	Mihaljevac – Draškovićeva – Autobusni kolodvor – Zaprude	8348 m
9	Ljubljana – Glavni kolodvor – Borongaj	7377 m
11	Črnomerec – Trg bana Josipa Jelačića – Dubec	11989 m
12	Ljubljana – Trg bana J. Jelačića – Dubrava	9341 m
13	Žitnjak – Vukovarska – Savska – Trg bana Josipa Jelačića – Glavni kolodvor – Trg žrtava fašizma – Kvaternikov trg	11368 m
14	Mihaljevac – Trg bana Josipa Jelačića – Savska – Velesajam – Zaprude	12825 m
15	Mihaljevac – Dolje	2711 m
17	Prečko – Trg bana Josipa Jelačića – Borongaj	12678 m

Izvor: <https://zet.hr/>

dostupno 1.2.2022.



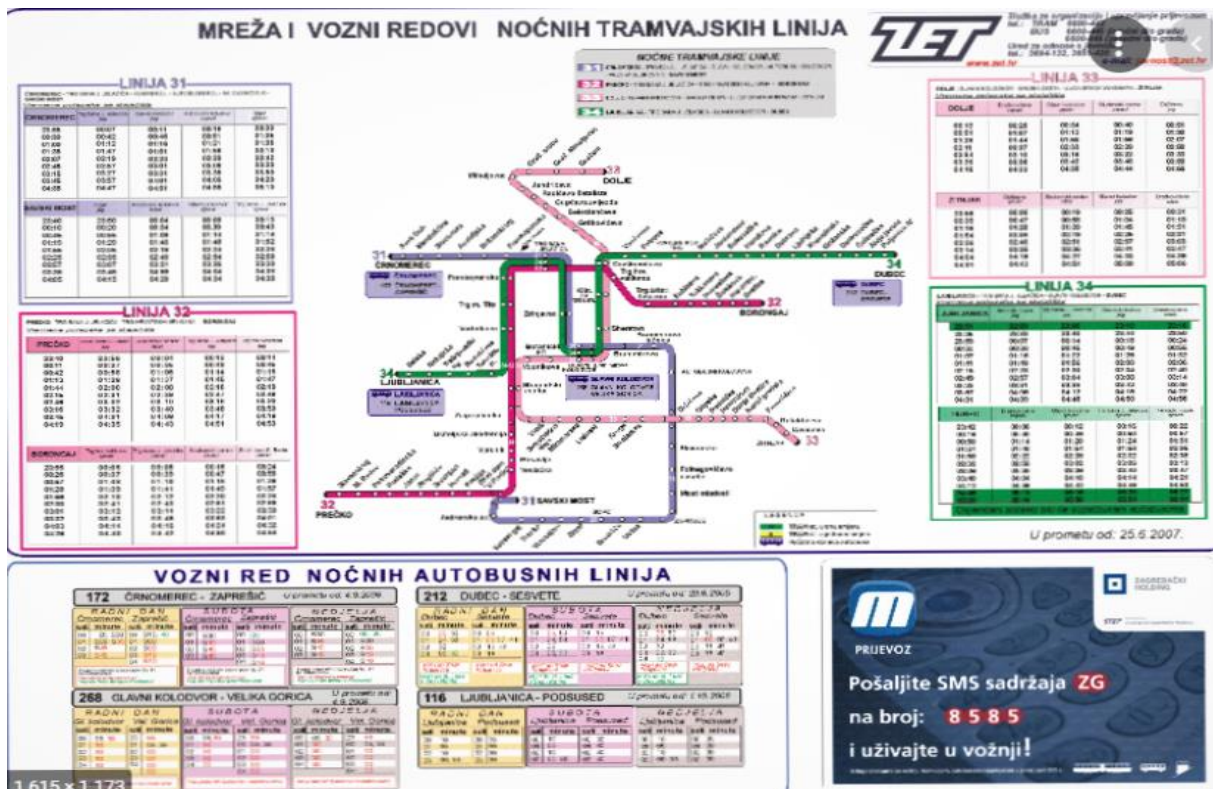
Slika 8: Mreža dnevnih tramvajskih linija s popisom autobusnih linija,

izvor: <https://zet.hr/> dostupno 1.2.2022.

Tablica br. 2: Noćne linije

Linija	Trasa linije	Duljina linije
31	Črnomerac – Trg bana J. Jelačića – Glavni kolodvor – Autobusni kolodvor – Savski most	16340 m
32	Prečko – Trg bana J. Jelačića – Borongaj	12678 m
33	Dolje – Draškovićeve – Glavni kolodvor – Savska – Vukovarska – Savišće	17473 m
34	Ljubljanka – Trg bana J. Jelačića – Glavni kolodvor – Dubec	12452 m

Izvor: <https://zet.hr/> dostupno 1.2.2022.



Slika 9: Mreža noćnih linija;

izvor: <https://zet.hr/> dostupno 1.2.2022.

4. TEHNIČKE KARAKTERISTIKE TRAMVAJSKE LINIJE BROJ 6

Da bi se pristupilo izradi voznog reda potrebno je poznavati faktore koji utječu na isti. Prije svega potrebno je poznavati vremenske karakteristike gradskog prometa, odnosno karakteristike putnika koji prometuju javnim gradskim prijevozom. Karakteristike putničkog prometa očituju se u svrsi putovanja putnika, distribuciji duljine putovanja, vremenu putovanja te u načinu prijevoza. Modeliranje voznog reda javnog gradskog prijevoza je postupak računanja učestalosti usluge (frekvencije usluge), broja potrebnih vozila, vremena putovanja i vremena obrta.

ZET – jedna od vodećih tvrtki za prijevoz putnika u javnom gradskom prometu u Republici Hrvatskoj, unazad nekoliko godina puno ulaže u modernizaciju i automatizaciju kao i informatizaciju u cijelom procesu prijevoza. ZET uvodi potpuno novi, automatizirani sustav organizacije, praćenja i vođenja prometa, kao i sustav informiranja putnika u prometu. Sam sustav je instaliran u Službi za organizaciju i upravljanje prijevozom u Balokovićevoj ulici, u Zapruđu.



Slika 10: Centar za nadzor i upravljanje prometom u ZET-u;

izvor: <https://mapsus.net/HR/zet-centar-za-nadzor-i-upravljanje-prometom-41133/>

dostupno 1.2.2022.

4.1. Osnovno o sustavu "ATRIES RBL - Automatski sustav lociranja vozila"

Sustav za nadzor i upravljanje prometom u Gradu Zagrebu jedan je od pet kapitalnih projekata ZET-a usvojenih na skupštini društva potkraj 2001. godine. Za ostvarenje projekta izabrana je njemačka tvrtka ATRON Electronic GmbH. Svijet ATRON-a se u potpunosti vrti oko javnog gradskog prijevoza, to je jedna od vodećih pružatelja usluga u javnom gradskom prijevozu.

Početkom 2006. započeli su radovi u Centru za nadzor i upravljanje prometom, tijekom kojih su uređene prostorije prometnika, soba za logističku službu te systemska soba za elektroničku opremu s klimatizacijskim uređajima. Postavljena je digitalna telefonska centrala MD 100-ERICSSON, a do jeseni 2006. ugrađena je i cjelokupna sklopovska oprema novog sustava (računala i serveri) te programska podrška.[20]

Novi sustav za izradu voznog reda, nadzor i upravljanje prijevozom, te informiranje putnika se sastoji od dva međuovisna podsustava:

1. INTERPLAN – proizvođač „PTV AG“ je njemačka tvrtka specijalizirana za softver i savjetodavne usluge za promet i prijevoz, mobilnost i logistiku. "Vision Traffic Suite", njihov softver za planiranje prijevoza i "PTV Map & Guide - interplan", njihov program za planiranje ruta, čine portfelj proizvoda tvrtke PTV AG.

U Interplanu tehnolozi ZET-a izrađuju tramvajski i autobusni vozni red. Nakon izrade voznog reda, podaci o linijama, trasama, stajalištima, polascima, tipovima vozila, službama i pogonima se generiraju i transferiraju u sustav ATRIES – središnji softver. U ATRIESU se ti podaci iz Interplana spajaju s vlastitom bazom podataka (datum važenja voznog reda, garažni brojevi vozila, popis svih vozača i servisnih radnika ZET-a, popis svih radio stanica, nazivi za display-je vozila i stajališta, zvučne najave stajališta i dr.) u jednu cjelinu, te se nakon obrade šalju bežičnim putem istovremeno (ili pomoću USB-sticka) u putna računala u vozilima, u ATRIES RBL softver za radno mjesto prometnika, te na display na stajalištima. Nakon što su podaci transferirani, sustav po datumu važenja automatski prelazi na novi vozni red, te počinje njegova primjena, nadzor i upravljanje.



Slika 11: Interplan;

izvor: <https://dokument.tips/documents/tehnologija-gradskog-prometa-2-561d77c4a2056.html/> dostupno 2.2.2022.

2. ATRON RBL - računalno podržani sustav nadzora i upravljanja prijevozom njemačke tvrtke ATRON Electronic GmbH iz Münchena.



Slika 12: Atron RBL;

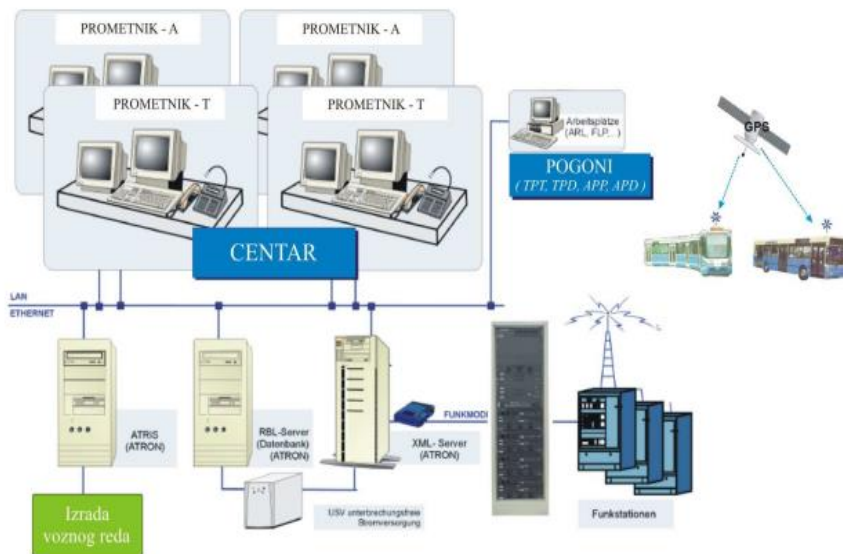
izvor: <https://www.atron.com/dom.html/> dostupno 2.2.2022.

Računalno podržani sustav nadzora i upravljanja prijevozom ATRON RBL instaliran u ZET-u radi s vošnjama (turama). Komunikacija u sustavu ATRON RBL temelji se na takozvanoj spontanoj radio-komunikaciji. Dok drugi sustavi ciklički pozivaju podatke iz vozila, u sustavu ATRON RBL prenose se samo odstupanja od zadanih parametara (odstupanja od voznog reda).

Spontana radio-komunikacija temelji se na potpuno nezavisnom radu vozila (ATRON RBL putno računalo) te je uslijed toga u mogućnosti prepoznati odstupanja od zadanih parametara i dojavljivanja centrali. Prikladni mehanizmi osiguravaju da vozila prosljeđuju sve nužne informacije (npr. početak smjene, kraj smjene itd.).

Podatkovna i govorna komunikacija provodi se putem digitalnog radio-komunikacijskog sustava TETRA (Terrestrial Trunked Radio). Svi nužni podaci administrirani su u centralnoj programskoj opremi za upravljanje i nadzor prometa ATRON RBL. Podaci o voznom redu preuzimaju se u ATRON RBL iz računalnog programa za izradu voznog reda PTV Interplan.

TETRA se koristi za točno vrijeme polaska tramvaja sa terminala, zamjenu tramvajskih vozila, u slučaju kvara vozila gdje servisni mehaničari mogu izaći i obaviti popravak tramvaja na mjestu kvara te u slučajevima nesreće, nezgode ili zastoja u gradu gdje se tramvaji mogu preusmjeriti na druge optimalne rute.



Slika 13: Načelna struktura Atron sustava ATRIES RBL;

izvor: »Sustav za nadzor i upravljanje u ZET-u,« Zagrebački električni tramvaj, Zagreb, 2011., dostupno 2.2.2022.

Korištenje ATRIES RBL sustava omogućuje slijedeće: [21]

1. Povećanje atraktivnosti javnog prijevoza kao i prihvaćanje istog od strane putnika na osnovu obilježja kvalitete, kao što su pouzdanost i raspoloživost putem:

- postizanje maksimalne točnosti i redovitosti
- poboljšanje sigurnosti veza kod presjedanja
- bolja informiranost putnika na stajalištima i u vozilima putem stvarnih podataka, kao i davanje informacija u vizualnom i akustičnom obliku

2. Pojednostavljenje radnih procesa, kao i povećanje ekonomičnosti za korisnika sustava putem:

- optimizacije korištenja vozila i osoblja
- optimizacije vremena prometovanja vozila
- ranog dijagnosticiranja radnih i tehničkih nepravilnosti i smetnji
- učinkovitog rada prometnika u Centru
- povećane fleksibilnosti na temelju mogućnosti da se vozilo koristi prema potrebi

4.2. Računalni program Interplan

Sastoji se od više potprograma (modula): [21]

1. *Baza podataka s podacima neophodnim za izradu voznog reda* (dani rada, vrste vožnji - redovna, izvanredna, škola, službena (interna) i dr., tipovi vozila, popis stajališta s udaljenošću (m) i vremenima vožnje (min) u različitim vremenskim periodima tijekom dana, prazne odnosno nulte vožnje)
2. *Modul za izradu voznog reda* (polazaka) s pripadajućom statistikom (kilometri, sati rada, brzine)
3. *Modul za raspoređivanje vozila na linije*
4. *Modul za određivanje službi* (još nije u funkciji)
5. *Modul za disponiranje vozača na službe* (nije instaliran u ZET-u)
6. *Modul za izradu izlaznih i povratnih listi vozila iz/u spremište (garažu)*
7. *Modul za izradu koncepta linije* (polasci na liniji po voznom redu, sljedovi vozila na terminalima po vremenima i po voznom redu)
8. *Modul za izradu voznog reda za vozače* ("toplomjer")
9. *Modul za izradu izvotka iz voznog reda za putnike na stajalištima*
10. *Modul za izradu knjižice s kompletnim voznim redom* (još nije u funkciji)
11. *Modul za provjeru logičnosti* (provjera eventualnih pogrešaka nastalih pri izradi voznog reda)
12. *Modul za pridruživanje voznog reda kalendarskim danima*
13. *Modul za transfer podataka u ATRIES*

4.3. Način izrade voznog reda u programu Interplan za tramvajsku liniju broj 6

Elementi prometne usluge na liniji koji se utvrđuju voznim redom a koji se mijenja prema zahtjevima samog prijevoza na liniji spadaju u dinamičke elemente.[16]

To su:

Broj vozila na liniji (N) - sav prijevoz putnika na liniji obavlja se određenim vozilima koji prometuju duž te linije. Ako se polazi od činjenice da je tok vozila kontinuiran duž linije, računa se s prosječnim vrijednostima osnovnih parametara, a to su brzina, gustoća i protok.

Obrt vozila na liniji - podrazumijeva polazak vozila s jedne točke na liniji, kretanje po liniji te ponovni dolazak vozila u početnu točku linije. Svaka linija ima samo dva kranja stajališta, pa se na svakom od njih vozilo zadržava samo jedanput u okviru jednog obrta.

Vrijeme obrta (T_0) - sadrži vrijeme potrebno da vozilo napravi cijeli obrt.

vrijeme vožnje (t_v),

vrijeme čekanja na ulazak i izlazak putnika ($t_{\check{c}ui}$),

vrijeme provedeno na terminalima (t_t).

$$T_0 = \sum t_v + \sum t_{\check{c}ui} + \sum t_t \text{ [min]}$$

$$\sum t_v = t_{v1} + t_{v2} + \dots + t_{vn} \text{ [min]}$$

$$\sum t_{\check{c}ui} = t_{\check{c}ui1} + t_{\check{c}ui2} + \dots + t_{\check{c}uin} \text{ [min]}$$

$$\sum t_t = t_1 + t_2 \text{ [min]}$$

Vrijeme putovanja (T_p) sadrži vrijeme vožnje i vrijeme čekanja na ulazak i izlazak putnika te se može matematički izraziti:

$$T_0 = T_{p1} + T_{p2} + \sum t_t \text{ [min] ili}$$

$$T_0 = \sum T_p + \sum t_t \text{ [min]}$$

Vrijeme vožnje i vrijeme čekanja na ulazak i izlazak putnika na stajalištima se određuje snimanjem, a vrijeme čekanja prijevoznog sredstva na terminalima pomoću empirijske metode.

$$\sum t_t = (\text{do}) \sum T_p \text{ [min]} \sum t_t = \text{[min]}$$

Vrijeme obrta se može izračunati i pomoću brzine.

$$V_o = [\text{km/h}] \rightarrow T_0 = T_{0P} = \cdot 60 [\text{min}]$$

Izvedeni dinamički elementi su:

Interval je vremenski razmak između dvaju uzastopnih vozila na liniji. Izračunava se iz odnosa između vremena obrta vozila na liniji i ukupnog broja vozila koja rade na liniji, ima svoj minimum i maksimum. Minimalni interval predstavlja najmanje moguće vrijeme između dvaju uzastopnih vozila na liniji. $i = [\text{min}] = 1,0 [\text{min}] = [\text{min}]$

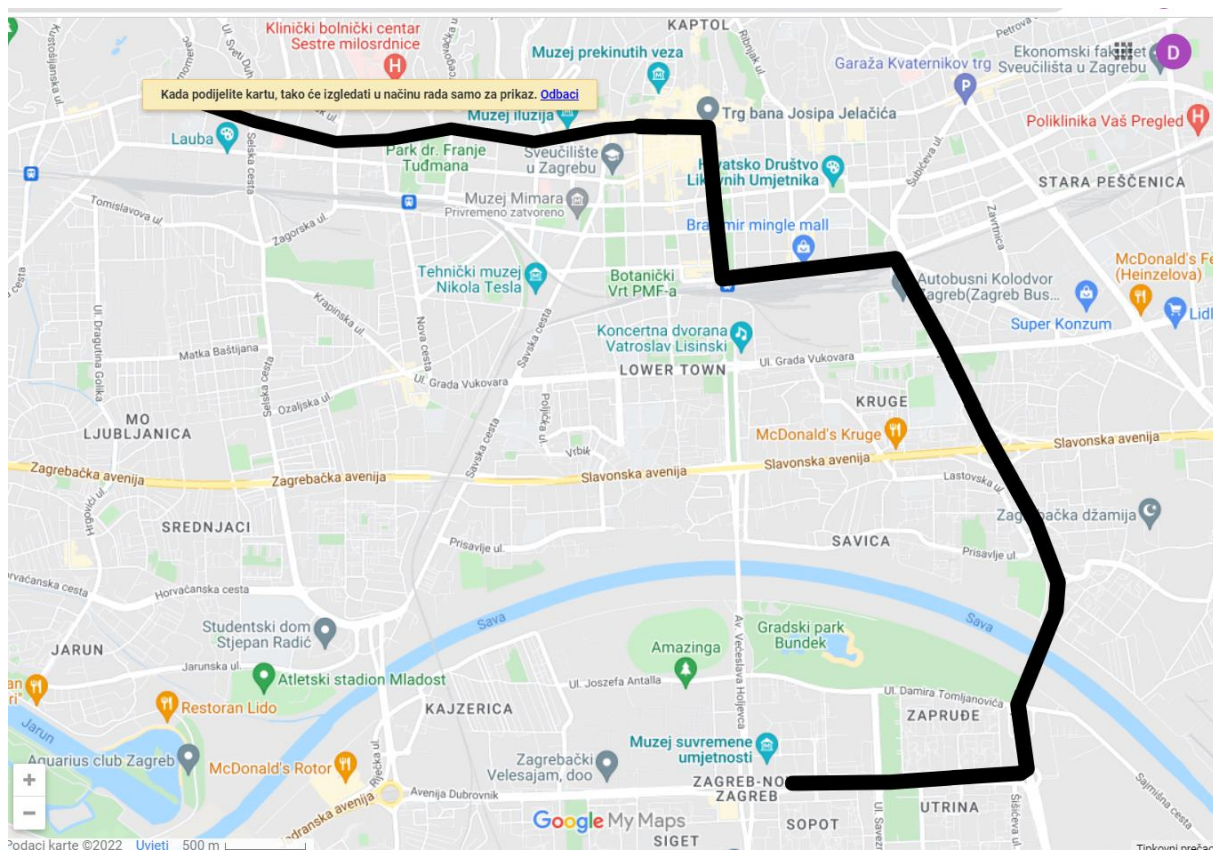
Frekvencija vozila ili učestalost vožnje može se definirati kao broj vozila koja u jedinici vremena prođu kroz neku točku linije u jednom smjeru vožnje. Pokazuje odnos između ukupnog broja vozila koji rade na liniji i vremena trajanja jednog obrta vozila na liniji. Važna je karakteristika sustava javnog prijevoza.[16]

$$f = \frac{N}{t_0} \cdot 60 [\text{vozila/h}] \quad f = \frac{60}{t} [\text{vozila/h}]$$

Prije nego što se počne izrađivati vozni red potrebno je bazu podataka upotpuniti s neophodnim podacima:

- dani rada - radni dan, subota, nedjelja, izvanredni dan (blagdan)
- vrste vožnji - redovna, izvanredna, škola, službena (interna) i dr.
- vozila - tip vozila, kapacitet, cijena koštanja prijeđenog kilometra
- popis stajališta s udaljenošću između njih (m)
- prazne, odnosno nulte vožnje – koje se javljaju prilikom izlaska i povratka tramvaja u spremište u kilometrima i vremenima vožnje

Trasa linije broj 6 Črnomerec – Sopot: početni terminal je Črnomerec i Ilicom do Trga bana Josipa Jelačića, te Zrinjevcem do Glavnog kolodvora, pa Branimirovom do Autobusnog kolodvor, Držićevom preko Mosta mladosti do Sopota. Duljina trase je 10410 m, ima 22 stajališta i ukupno vrijeme trajanja putovanja ove rute je 39 minuta.



Slika 14: Trasa tramvajske linije broj 6; izradila autorica

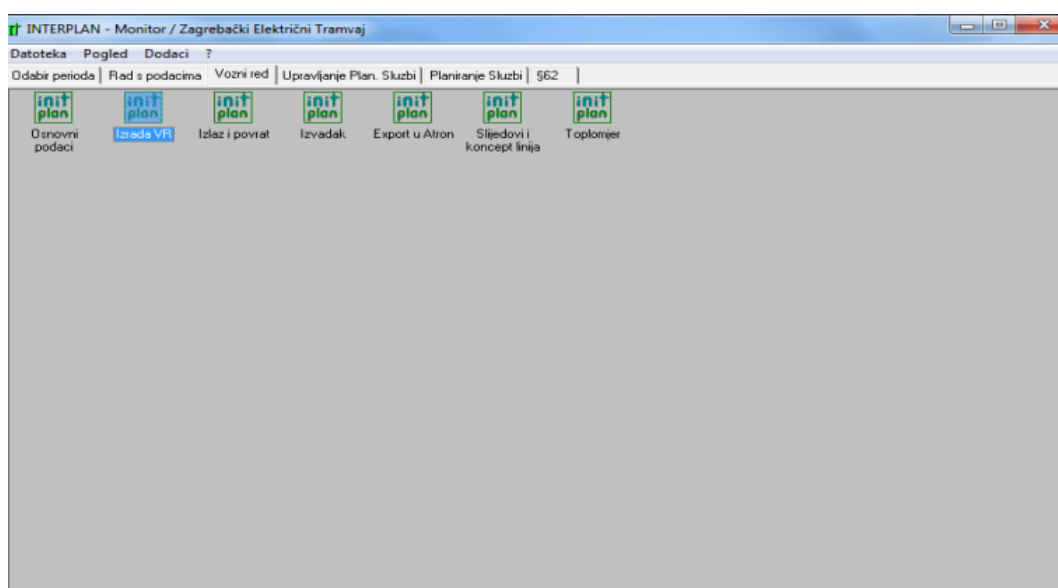
Tablica br. 3: Popis stajališta i udaljenosti

STAJALIŠTA	UDALJENOSTI IZMEĐU STAJALIŠTA (m)
Črnomerec	0
Sveti Duh	700
Mandaličina	451
Slovenska	293
Trg Dr. F. Tuđmana	498
Britanski Trg	1093
Frankopanska	553
Trg bana Josipa Jelačića	698
Zrinjevac	553
Glavni Kolodvor	658
Branimirova	423

Branimirova tržnica	1023
Autobusni kolodvor	354
Držićeva	411
Slavonska	613
Folnegovićevo	649
Borovje	518
Most Mladosti	1098
Zaprude	318
Utrina	409
Središće	511
Sopot	749

Izvor: <https://zet.hr/> dostupno 1.2.2022.

U potprogramu INIT PLAN koji se koristi u ZET-u, a koji je osnova za izradu voznoga reda kao u tramvajskom tako i u autobusnom podsustavu, izrada voznog reda je u grafičkom prikazu. Prilikom početka kreiranja voznoga reda određene linije potrebno je unijeti određene parametre kao što su trasa tramvajske ili autobusne linije, vrijeme vožnje u vršnom ili izvan vršnog vremena, smjer A ili smjer B linije te ciljni broj odredišta koji određuje naslove na prednjim i bočnim displejima voznih jedinica kao što su u ZET-u na autobusima i tramvajima.

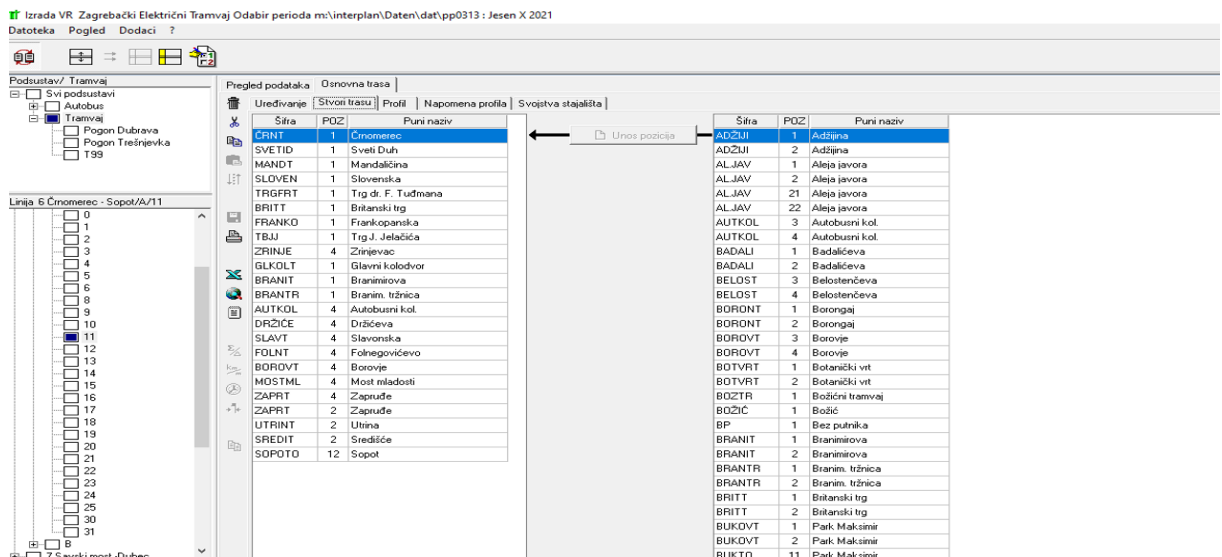


Slika 15: Početni izbornik programa INTERPLAN;

izvor: Zet, Centar za nadzor i upravljanje prometom, Zagreb, dostupno 2.2.2022.

Nakon što se svi podaci unesu u bazu, pristupa se modeliranju linije iz popisa stajališta kao što je vidljivo u gornjem dijelu slike 16, te se nakon toga određuju vremena vožnje između stajališta što je u ovom slučaju za radni dan, kao i za periode tijekom dana koji mogu biti ranojutarnji period, jutarnji vršni period, van vršni period, podnevni vršni period, predvečernji period i noćni period što je vidljivo na slici 17.

Kada je to sve uneseno u jednom od programa Initplan izračunava se i unosi slijed vozila koji postaje vrlo važan faktor. Kreiranje smjera linije kao i slijeđenja vozila obavlja se u dijelu programa koji se naziva slijed. U prozoru se odabere linija, smjer vožnje, trasa vožnje, vrsta prijevoznog sredstva, dan kada se započinje sa radom te slijed koji se želi kao i vrijeme zadnjeg slijeda.



Slika 16: Stvaranje trase linije broj 6;

izvor: Zet, Centar za nadzor i upravljanje prometom, Zagreb, dostupno 2.2.2022.

Stacija	PKOZ	Pure naziv	km	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	VS1	VS2	VS3	VS4	VS5	VS6	VS7	VS8	VS9	VS10
ČRNIT	1	Črnomerec	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000										
SVETID	1	Sveti Duh	0.886	0.0230	0.0222	0.0243	0.0249	0.0249	0.0222	0.0212	0.0218	0.0212	0.0212										
MANDIT	1	Mandalina	1.133	0.0410	0.0357	0.0432	0.0439	0.0439	0.0410	0.0357	0.0347	0.0353	0.0347										
SLOVEN	1	Slovenska	1.413	0.0514	0.0458	0.0542	0.0549	0.0549	0.0514	0.0458	0.0449	0.0458	0.0449										
TRGFRT	1	Trg s. F. Tuđmana	1.808	0.0734	0.0711	0.0814	0.0818	0.0818	0.0734	0.0711	0.0649	0.0718	0.0649										
BRITIT	1	Britanski trg	2.302	0.0901	0.0833	0.0948	0.1027	0.1027	0.0901	0.0833	0.0811	0.0840	0.0811										
FRANKO	1	Frankopanska	2.810	0.1052	0.1018	0.1148	0.1241	0.1241	0.1052	0.1018	0.0956	0.1035	0.0956										
TBUJ	1	Trg J. Jelačića	3.499	0.1421	0.1345	0.1547	0.1634	0.1634	0.1421	0.1345	0.1320	0.1405	0.1320										
ZRINJE	4	Zrinjevac	3.919	0.1703	0.1609	0.1832	0.1932	0.1932	0.1703	0.1609	0.1542	0.1628	0.1542										
GLUKOL	1	Glavni kolodvor	4.415	0.1858	0.1758	0.2037	0.2219	0.2219	0.1858	0.1758	0.1731	0.1824	0.1731										
BRANIT	1	Branimirova	4.765	0.2042	0.1937	0.2231	0.2428	0.2428	0.2042	0.1937	0.1907	0.2004	0.1907										
BRANTR	1	Branimirova	5.414	0.2414	0.2257	0.2621	0.2728	0.2728	0.2414	0.2257	0.2217	0.2334	0.2217										
AUTIKOL	4	Autokolodvor	5.753	0.2600	0.2438	0.2817	0.2928	0.2928	0.2600	0.2438	0.2330	0.2509	0.2330										
DRŽICE	4	Držićeva	6.149	0.2751	0.2623	0.3018	0.3112	0.3112	0.2751	0.2623	0.2500	0.2649	0.2500										
SLAVT	4	Slavonska	6.594	0.2904	0.2732	0.3137	0.3240	0.3240	0.2904	0.2732	0.2609	0.2759	0.2609										
FOLNT	4	Folnegovićevo	7.182	0.3038	0.2906	0.3311	0.3414	0.3414	0.3038	0.2906	0.2743	0.2932	0.2743										
BOROVIT	4	Borovje	7.627	0.3138	0.3006	0.3411	0.3514	0.3514	0.3138	0.3006	0.2843	0.3032	0.2843										
MOSTMAL	4	Most mladosti	8.402	0.3317	0.3145	0.3550	0.3653	0.3653	0.3317	0.3145	0.3022	0.3211	0.3022										
ZAPRT	4	Zapadne	8.739	0.3418	0.3246	0.3651	0.3754	0.3754	0.3418	0.3246	0.3123	0.3312	0.3123										
ZAPRT	2	Zapadne	8.948	0.3518	0.3346	0.3751	0.3854	0.3854	0.3518	0.3346	0.3223	0.3412	0.3223										
UTRINT	2	Utrina	9.290	0.3638	0.3506	0.3911	0.4014	0.4014	0.3638	0.3506	0.3343	0.3532	0.3343										
SPREDIT	2	Središće	9.792	0.3818	0.3646	0.4051	0.4154	0.4154	0.3818	0.3646	0.3521	0.3710	0.3521										
SOPOTD	12	Sopot	10.165	0.3948	0.3816	0.4221	0.4324	0.4324	0.3948	0.3816	0.3651	0.3840	0.3651										

Slika 17. Profil linije broj 6,

izvor: Zet, Centar za nadzor i upravljanje prometom, Zagreb, dostupno 2.2.2022.

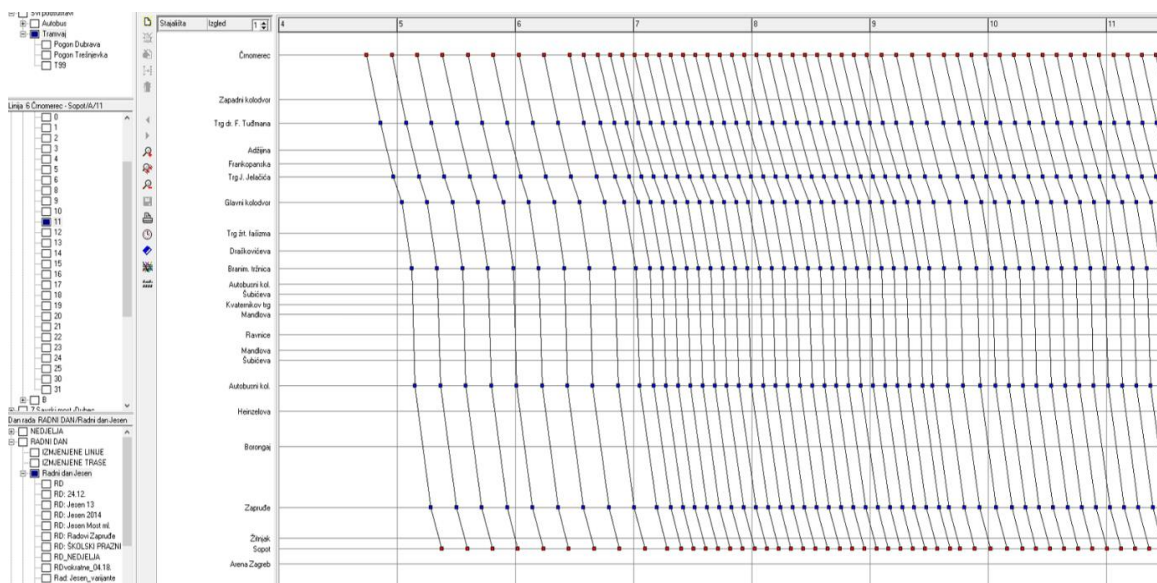
Udaljenost između stajališta vrlo je važna prilikom stvaranja trase linije iz razloga što se iz udaljenosti izračunava obrt i polu obrt linije, te sama udaljenost definira broj voznih jedinica koje su potrebne na trasi linije.

Sad kada je trasa linije kreirana i određeni su periodi vožnje može se pristupiti izradi voznog reda sa stvaranjem polazaka po smjeru na liniji, kao što je na slici 18 prikazan smjer A (A smjer od Črnomerca prema Sopotu, B smjer od Sopota prema Črnomercu).

Stacija	Tablični prikaz	Redovni stajališta	Udaljenost (km)	Smjer A	Smjer B	Statistika
Trasa čvrt	11	11	11	11	11	11
Polu čvrt	2	2	2	2	2	2
Vozna jedinica	N	N	N	N	N	N
Tip vozne jedinice	401/1	2200	2200	401/1	2200	2200
Današnji čvrt	R	R	R	R	R	R
Vozna jedinica	5,1	6,3	6,8	6,3	6,1	6,3
Pogon čvrt	TPO	TPO	TPO	TPO	TPO	TPO
Broj vožnje	10081	10089	10123	10147	10171	10201
Broj odeljaka	601	601	601	601	601	601
Črnomerec	04:44	04:57	05:09	05:22	05:25	05:49
Sveti Duh	04:48	04:59	05:12	05:25	05:28	05:53
Mandalina	04:48	05:01	05:13	05:26	05:29	05:54
Slovenska	04:49	05:02	05:14	05:27	05:30	05:55
Trg s. F. Tuđmana	04:51	05:04	05:17	05:30	05:33	05:58
Britanski trg	04:52	05:05	05:18	05:31	05:34	06:00
Frankopanska	04:54	05:07	05:20	05:33	05:36	06:02
Trg J. Jelačića	04:57	05:10	05:23	05:36	05:39	06:05
Zrinjevac	05:00	05:13	05:26	05:39	05:42	06:08
Glavni kolodvor	05:03	05:16	05:29	05:42	05:45	06:11
Branimirova	05:07	05:20	05:33	05:46	05:49	06:15
Branimirova	05:07	05:20	05:33	05:46	05:49	06:15

Slika 18: Tablični prikaz linije 6, dio trase (smjer A);

izvor: Zet, Centar za nadzor i upravljanje prometom, Zagreb, dostupno 2.2.2022.

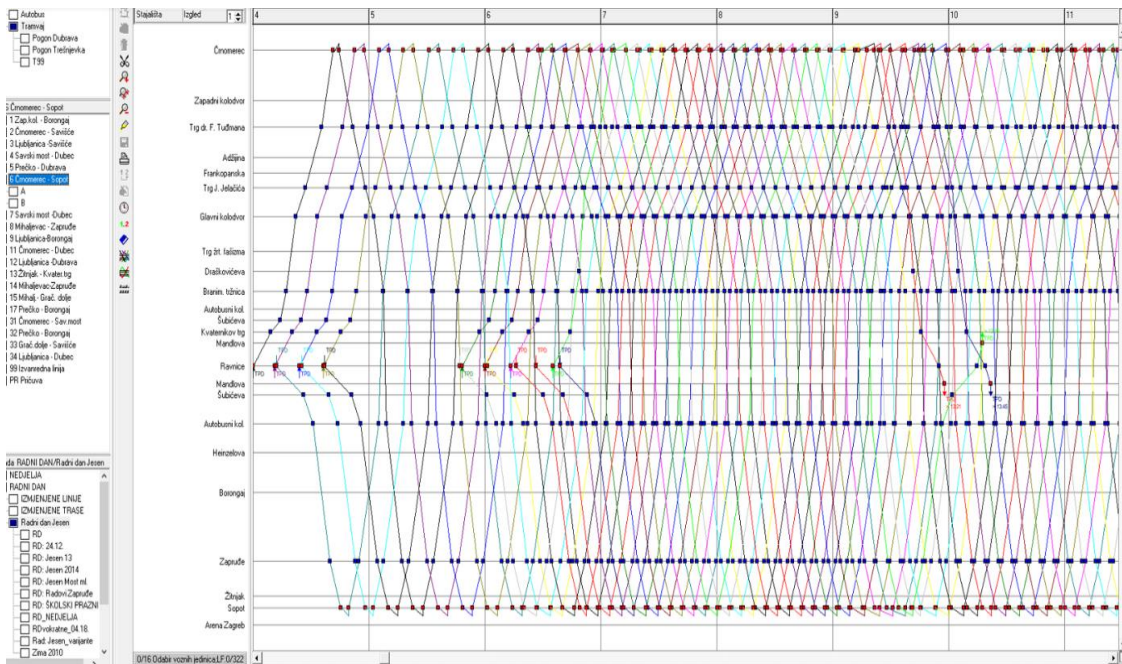


Slika 19: Slijed linije 6 (smjer A);

izvor: Zet, Centar za nadzor i upravljanje prometom, Zagreb, dostupno 2.2.2022.

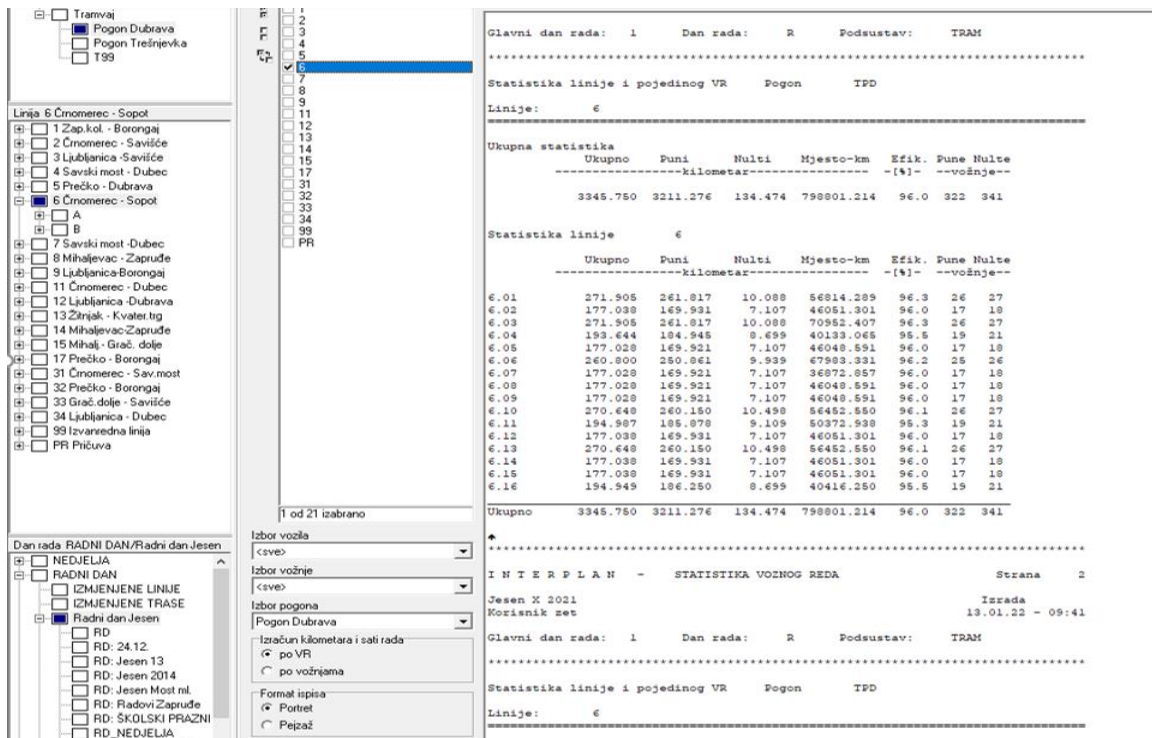
Polasci se ručno ili automatski spajaju u vozne redove, gdje se mora biti vrlo pažljiv da se osigura zakonom propisan minimalan odmor od 5 minuta za vozača na okretištima. Postupak se ponavlja za svaki zadani period tijekom dana. Na voznim redovima iz baze nulte vožnje – prazne vožnje (izlazak iz spremišta) – automatski pridružuju već unaprijed određene trase izlaza i povrata što je vidljivo na slici 20. Također iz tabličnog se prikaza mogu iščitati numerički i grafički vozni redovi kojima se služe tehnolozi prometa u izradi voznoga reda, a koji prikazuju podatke o imenima i redosljedu stajališta linije javnog prijevoza, vremenu dolazaka i polazaka prijevoznih sredstava na i sa stajališta, brzini kojom putuju prijevozna sredstva, broj i vrsta vožnje te prikaz dana u tjednu.

Grafički prikazi omogućuju jednostavniji uvid u redovitost intervala, promjene u voznim redovima i detalje na liniji kojom se prometuje. Linije u dijagramu bojama označavaju vozne jedinice koje se uključuju u promet u unaprijed dogovorenim i određenim sljedovima kao i vremena dolaska na određeno stajalište te njihove obrte i vrijeme isključivanja iz prometa.



Slika 20: Grafički prikaz A i B smjera linije 6;

izvor: Zet, Centar za nadzor i upravljanje prometom, Zagreb, dostupno 2.2.2022.



Slika 21: Statistika linije 6;

izvor: Zet, Centar za nadzor i upravljanje prometom, Zagreb, dostupno 2.2.2022.

Na slici 21. je prikazana statistika linije broj 6 koja prikazuje informacije kao planirani kilometri (ukupni, na liniji, prazni), broj polazaka na liniji, broj praznih polazaka, sati rada (ukupni, na liniji, prazni), broj i tip vozila, raspored vozila tijekom dana, prometna i komercijalna brzina i slično. Slika 22. prikazuje narudžbu kola po voznom redu linije, za primjer linije broj 6 – iz tablice možemo iščitati da ima 16 vlakova, od kojih je devet tip kola NT 2200 a njih sedam tip ČKD sa prikolicom.

NARUDŽBA KOLA PO VOZKOM REDU LINIJE																					
VR	DNEVNE LINIJE																	NOĆNE LINIJE			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	31	32	33	34
1				2200		2200	2200	2300					301	2200	401			PONEDELJAK, UTORAK, SRIJEDA I ČETVRTAK			
2				401/1		401/1	2200	2200					301	2200	401			1	301		301
3				2200		2200	401/1	2200					301	2200				2	301		301
4				401/1		2200	2200	2200					301	2200							
5				401/1		401/1	2200	2200					301	2200							
6				2200		2200	401/1						301	2200							
7				401/1		2200	2200						301	2200							
8				401/1		401/1	2200						301	2200							
9				2200		2200	401/1						301	2200							
10				401/1		401/1	2200						301	2200							
11				401/1		2200	2200			2200											
12				2200		401/1	2200							2200							
13				401/1		2200	2200				2200										
14				2200		401/1	401/1							2200				PETAK I NOĆ UOČI BLAGDANA			
15						2200	2200				2200							1	2200		301
16						401/1	2200				2200							2	2200		301
17							2200														
18							401/1														
19																					
20																					

Pogon:
DUBRAVA

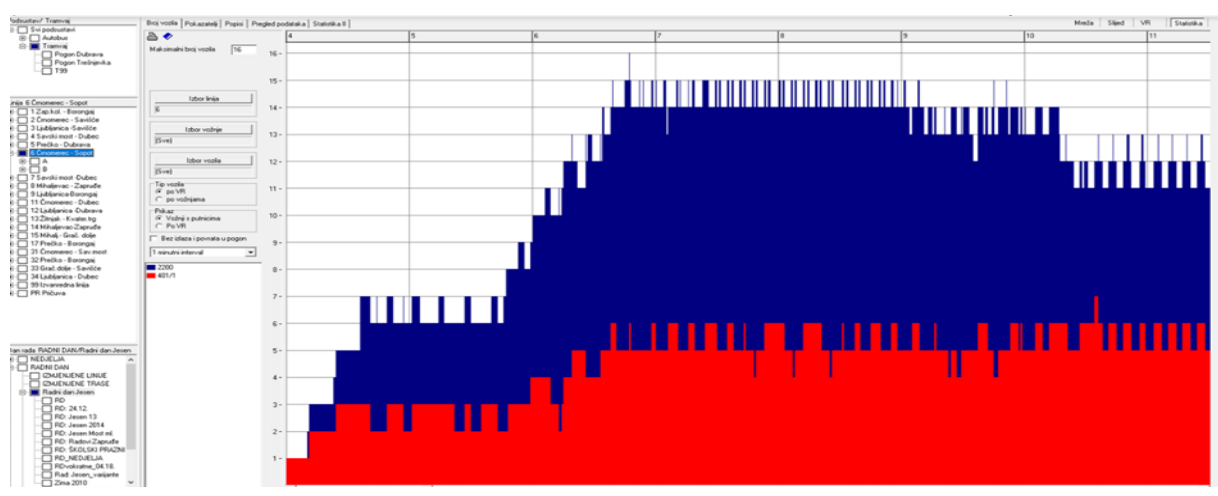
Dan:
RADNI DAN

U prometu od:
6.9.2021.

Slika 22: Narudžba kola po voznom redu linije;

izvor: Zet, Centar za nadzor i upravljanje prometom, Zagreb, dostupno 2.2.2022.

Na slici 23. je grafički prikaz vozila na liniji po tipu i satima tijekom dana, gdje plava boja označava tip vlakova NT 2200 kojih ima devet, a crvena boja tip vlakova ČKD s prikolicom kojih je sedam. Npr. prva šestica je ČKD a treća je NT 2200 – tip vlakova.



Slika 23: Grafički prikaz vozila na liniji po tipu NT 2200 i ČKD;

izvor: Zet, Centar za nadzor i upravljanje prometom, Zagreb, dostupno 2.2.2022.

Tijekom izrade voznog reda, kako je ranije napomenuto, uzima se u obzir i kapacitet voznih jedinica jer o njemu ovisi i broj vozila na trasi. Vozila većih kapaciteta će se disponirati na linije koje su više opterećene tj. na linije gdje je veća prometna potražnja.

Na tramvajskoj liniji broj 6 prometuju dva tipa tramvajskih kola, pod šifrom 401 su tramvajska motorna kola ČKD (TMK 401) sa 20 sjedećih i 83 stajaća mjesta na koja su priključena prikolica tipa 801 sa 21 sjedećim i 83 stajaća mjesta što čini ukupan kapacitet vozne jedinice od 217 mjesta namijenjenih putnicima, te NT 2200 što predstavlja tramvajska niskopodna motorna kola koja imaju 48 sjedećih mjesta i 154 stajaća mjesta što čini ukupan kapacitet od 202 putnička mjesta.

Za svaki radni dan u jesenskom rasporedu, koji je u primjeni od početka kalendarske školske godine, postoji toplomjer izlaza i ulaza vlakova, odnosno tramvaja. Toplomjer je ispisana tablica po vremenima za određenu liniju, svaki vozni red te linije, a isti se nalazi kod linijskog kontrolora koji regulira izlazak tramvaja ujutro, te u slučaju kvarova tramvaja dodjeljuje drugi ispravan tramvaj umjesto neispravnog. Iz priloženog toplomjera se može iščitati da u 03,51 sati izlazi vozni red 0601, a u 04,02 vozni red 0603. Ti toplomjeri prikazani su na slici 24. i 25.

SAT	LINIJA	V. RED	SAT	LINIJA	V. RED	SAT	LINIJA	V. RED	SAT	LINIJA	V. RED	SAT	LINIJA	V. RED
			04:12	4	3	04:43	11	15	06:12	13	5	13:22	4	2
03:42	7	1	04:15	6	6	04:44	7	12	06:15	7	3	13:23	11	13
03:45	15	1	04:16	13	2	04:49	4	11	06:16	13	3	13:24	4	12
03:51	6	1	04:16	8	5	05:00	4	12	06:18	6	2	13:27	7	10
03:55	7	2	04:17	4	6	05:00	7	15	06:20	14	14	13:32	14	10
03:55	14	1	04:17	6	13	05:00	13	9	06:23	7	8	13:32	13	3
03:56	8	1	04:19	7	9	05:10	4	14	06:24	14	8	13:36	13	10
03:57	15	2	04:19	14	5	05:15	7	17	06:26	6	11	13:40	6	11
03:58	14	9	04:21	7	6	05:22	7	14	06:28	11	16	13:41	11	16
03:59	13	1	04:22	11	11	05:37	7	16	06:30	6	4	13:41	4	14
04:00	8	3	04:23	14	13	05:38	6	12	06:31	7	5	13:45	6	4
04:01	4	1	04:23	4	4	05:40	6	5	06:32	14	16	13:46	14	6
04:02	6	3	04:24	13	6	05:41	13	10	06:34	7	10	13:50	7	13
04:04	6	10	04:27	4	8	05:44	8	4	06:39	4	7	14:00	14	14
04:06	14	4	04:28	6	8	05:44	14	3	06:41	13	8			
04:06	13	4	04:28	6	15	05:51	6	7	06:41	14	10			
04:08	7	4	04:32	7	11	05:52	7	18	06:45	14	2			
04:11	14	12	04:32	14	7	05:53	6	14	06:53	4	13			
04:11	8	2	04:34	7	7	05:54	14	11	06:59	7	13			
			04:34	4	5	06:05	6	9	07:04	4	10			
			04:37	14	15	06:06	11	13	07:18	4	2			
			04:38	4	9	06:08	6	16	13:18	7	8			
			04:42	13	7	06:11	14	6	13:21	6	16			

Slika 24: Toplomjer izlaza vlakova iz spremišta Dubrava;

izvor: Zet, Centar za nadzor i upravljanje prometom, Zagreb, dostupno 2.2.2022.

SAT	LINJA	V. RED	SAT	LINJA	V. RED	SAT	LINJA	V. RED	SAT	LINJA	V. RED	SAT	LINJA	V. RED
			18:13	6	8	20:15	7	3	00:27	4	4	00:51	6	3
			18:17	6	15	20:26	14	16	00:27	6	16	00:52	14	1
			18:18	7	9	20:31	7	5	00:29	13	4	00:52	4	11
			18:22	13	6	20:39	4	7	00:29	8	5	00:55	6	13
			18:28	14	15	20:40	13	8	00:31	4	8	00:56	14	13
09:25	7	8	18:34	4	2	20:41	14	2	00:32	11	16	00:56	7	8
09:35	7	10	18:41	7	12	21:04	4	10	00:32	6	10	00:57	14	9
09:37	13	10	18:52	13	9	23:44	4	12	00:33	11	11	00:58	13	1
09:39	4	12	19:22	7	14	23:54	4	14	00:34	8	2	01:01	7	6
09:41	14	6	19:34	14	3	00:02	7	15	00:35	14	5	01:02	7	13
09:51	4	14	19:34	6	12	00:06	4	1	00:37	4	5	01:06	14	10
09:58	7	13	19:36	6	5	00:09	15	1	00:38	7	2	01:08	7	10
10:00	11	13	19:37	7	16	00:11	13	3	00:38	13	10	01:16	13	2
10:02	6	16	19:44	8	4	00:12	11	13	00:40	14	14	01:17	7	11
10:05	4	2	19:46	6	14	00:13	8	3	00:40	6	1			
10:06	14	10	19:47	6	7	00:14	7	17	00:42	4	9			
10:13	13	3	19:52	14	11	00:16	4	3	00:42	6	11			
10:17	11	16	19:52	6	9	00:17	8	1	00:44	14	12			
10:22	6	11	19:52	7	18	00:20	4	6	00:44	7	7			
10:26	6	4	20:09	14	8	00:21	6	6	00:46	14	6			
10:37	14	14	20:10	6	2	00:21	15	2	00:47	13	7			
18:08	11	15	20:12	13	5	00:23	14	4	00:49	7	4			
18:13	14	7	20:13	4	13	00:26	7	1	00:49	6	4			

Slika 25: Toplomjer povrata vlakova u spremište Dubrava;

izvor: Zet, Centar za nadzor i upravljanje prometom, Zagreb, dostupno 2.2.2022.

Prilikom izlaska u svakom vozilu mora biti toplomjer - raspored rada za pripadajuću liniju i vozni red, kao i kolna lista za garažni broj kola, što je vidljivo na slici 26.

RADNI DAN 6.06		U prometu : JESEN 2021.												
Izlaz = Počon Dubrava 04:15 - Ravnice 04:23														
Linija 6														
Ravnice	4:23													
Kvaternikov trg	4:32													
Šubičeva	4:37													
Sopot		5:53	7:29	9:08	10:43	12:17	13:55	15:36	17:17	19:02	20:37	22:10	23:40	
Središće		5:55	7:30	9:09	10:45	12:18	13:56	15:38	17:19	19:03	20:38	22:11	23:41	
Utrina		5:56	7:32	9:11	10:46	12:20	13:58	15:40	17:21	19:05	20:40	22:13	23:43	
Zaprude		5:57	7:33	9:12	10:47	12:21	13:59	15:40	17:22	19:06	20:41	22:14	23:44	
Zaprude		5:58	7:34	9:13	10:48	12:22	14:00	15:42	17:23	19:07	20:42	22:15	23:45	
Most mladosti		5:59	7:35	9:14	10:50	12:23	14:01	15:43	17:24	19:08	20:43	22:16	23:46	
Borovje		6:01	7:37	9:16	10:52	12:25	14:03	15:45	17:26	19:10	20:45	22:18	23:48	
Foinegovićevo		6:03	7:39	9:18	10:53	12:26	14:04	15:46	17:27	19:11	20:46	22:19	23:50	
Slavonska		6:04	7:40	9:19	10:54	12:28	14:06	15:48	17:29	19:13	20:48	22:21	23:51	
Držićeva		6:07	7:43	9:22	10:58	12:31	14:09	15:51	17:32	19:16	20:51	22:24	23:54	
Autobusni kol.		6:08	7:45	9:24	10:59	12:32	14:11	15:52	17:33	19:17	20:52	22:25	23:55	
Branim. tržnica	4:40	6:11	7:47	9:26	11:01	12:35	14:13	15:55	17:36	19:20	20:55	22:27		
Branimirova	4:42	6:12	7:49	9:28	11:03	12:36	14:15	15:57	17:38	19:21	20:56	22:29		
Glavni kolodvor	4:45	6:15	7:53	9:31	11:06	12:40	14:18	15:59	17:41	19:25	21:00	22:32		
Zrinjevac	4:48	6:18	7:55	9:33	11:09	12:42	14:20	16:02	17:43	19:27	21:02	22:34		
Trg J. Jelaića	4:50	6:20	7:59	9:36	11:12	12:45	14:23	16:05	17:46	19:30	21:05	22:37		
Frankopanska	4:53	6:23	8:01	9:39	11:14	12:47	14:27	16:09	17:50	19:32	21:07	22:39		
Britanski trg	4:54	6:24	8:03	9:40	11:15	12:49	14:30	16:11	17:52	19:34	21:09	22:41		
Trg dr. F. Tuđmana	4:58	6:29	8:08	9:45	11:20	12:54	14:32	16:14	17:55	19:39	21:14	22:45		
Slovenska	5:00	6:30	8:09	9:46	11:21	12:55	14:34	16:15	17:56	19:40	21:15	22:47		
Mandaljčina	5:01	6:31	8:11	9:47	11:23	12:56	14:35	16:17	17:58	19:41	21:16	22:48		
Sveti Duh	5:03	6:33	8:13	9:49	11:24	12:58	14:38	16:19	18:00	19:43	21:18	22:49		
Črnomerec	5:05	6:35	8:15	9:51	11:27	13:00	14:40	16:22	18:03	19:45	21:20	22:51		
Šubičeva														0:00
Ravnice														0:13
Mandlova														0:15
Povrat = Mandlova (4) 24:15 - Počon Dubrava 24:21														

Slika 26: Toplomjer za vozni red 0606;

izvor: Zet, Centar za nadzor i upravljanje prometom, Zagreb, dostupno 2.2.2022.

Koncept rada na linija broj 6 koji je prikazan na slici 27. na kojem je vidljiv vremenski polazak iz jednog okretišta i dolazak na drugo okretište za cijelo radno vrijeme određenog voznog reda. Ti dokumenti nalaze se kod dispečera, u Centru za nadzor prometom i kod otpremnika tramvaja na okretištu Črnomerec.

Iz eksploatacijskih pokazatelja koji su prikazani u tablici br. 4, moguće je iščitati slijed na liniji, frekvenciju, vrijeme obrta, brzinu obrta. Tu tehnolozi vode brigu da eksploatacijski pokazatelji odgovaraju podacima koji su navedeni u dokumentu koji se naziva narudžba kola, tj. stupac koji se označava sa broj vlakova na liniji mora odgovarati broju vlakova koji se disponiraju tijekom dana na pojedinoj liniji. Na primjer: Črnomerec – ima tri linije – 2,6 i 11, gdje je za svaku liniju ponuđen određeni broj putničkih mjesta u jednom satu, za liniju broj 6 to je 9,8 vlakova u satu ili 10 i gdje svaki vlak ima slijed od 6,13 minuta, tj. svakih šest minuta jedna šestica će otići s okretišta Črnomerec.

Tablica br. 4: *Eksploatacijski pokazatelji u jesenskom rasporedu za radni dan*

šifra	karakteristični presjek tramvajske mreže	linije	ponuda PMJ/h	broj vlakova/h	slijed (min)
1001 isti su pokazatelji za bilo koje stajalište od Črnomerca do Trga dr.F. Tuđmana	ČRNOMEREC	2	1.942	7,71	7,79
		6	2.478	9,80	6,13
		11	2.744	9,73	6,17
		ukupno:3	7.164	27,23	2,20
1011	BRITANSKI TRG	1	738	4,92	12,20
		6	2.478	9,80	6,13
		11	2.744	9,73	6,17
		ukupno:3	5.960	24,44	2,45
1015	TRG BANA J. JELAČIĆA	1	738	4,92	12,20
		6	2.478	9,80	6,13
		11	2.744	9,73	6,17
		12	2.467	8,84	6,79
		13	763	5,08	11,80
		14	2.334	8,28	7,25
		17	2.256	8,29	7,24
		ukupno:7	13.779	54,94	1,09
1017	DRAŠKOVIĆEVA	4	1.640	6,72	8,93
		8	1.042	4,05	14,80
		11	2.744	9,73	6,17
		12	2.467	8,84	6,79
		14	2.334	8,28	7,25
		ukupno:5	10.226	37,62	1,59
1019	PETROVA	4	1.640	6,72	8,93
		11	2.744	9,73	6,17
		12	2.467	8,84	6,79
		ukupno:3	6.850	25,29	2,37

1033	DUBRAVA (iz-ul)	4	1.640	6,72	8,93
		5	1.378	5,14	11,67
		7	2.089	7,94	7,56
		11	2.744	9,73	6,17
		12	2.467	8,84	6,79
		ukupno:5	10.317	38,38	1,56
1035	ZAPADNI KOLODVOR	1	738	4,92	12,20
		ukupno:1	738	4,92	12,20
1040	JUKIĆEVA / ADŽIJINA	2	1.942	7,71	7,79
		ukupno:1	1.942	7,71	7,79
1086	BOTANIČKI VRT	2	1.942	7,71	7,79
		4	1.640	6,72	8,93
		9	1.105	7,32	8,20
		ukupno:3	4.687	21,74	2,76
1088	GLAVNI KOLODVOR	2	1.942	7,71	7,79
		4	1.640	6,72	8,93
		6	2.478	9,80	6,13
		9	1.105	7,32	8,20
		13	763	5,08	11,80
		ukupno:5	7.928	36,62	1,64
1091	BRANIMIROVA TRŽNICA	2	1.942	7,71	7,79
		6	2.478	9,80	6,13
		8	1.042	4,05	14,80
		ukupno:3	5.462	21,56	2,78
1037	AUSTRIJSKA / TALOVČEVA	1	738	4,92	12,20
		2	1.942	7,71	7,79
		ukupno:2	2.680	12,62	4,75
1173	BORONGAJ od Šubićeve do Borongaja	1	738	4,92	12,20
		9	1.105	7,32	8,20
		17	2.256	8,29	7,24
		ukupno:3	4.098	20,53	2,92
1176	TRG HRVATSKIH VELIKANA	1	738	4,92	12,20
		17	2.256	8,29	7,24
		ukupno:2	2.993	13,21	4,54
1158	DRAŠKOVIĆEVA/ ULICA KNEZA MISLAVA	4	1.640	6,72	8,93
		8	1.042	4,05	14,80
		9	1.105	7,32	8,20
		13	763	5,08	11,80
		ukupno:4	4.549	23,18	2,59
1155	ZRINJEVAC	6	2.478	9,80	6,13
		13	763	5,08	11,80
		ukupno:2	3.241	14,88	4,03
1151	TRG MARŠALA TITA	12	2.467	8,84	6,79
		13	763	5,08	11,80
		14	2.334	8,28	7,25
		17	2.256	8,29	7,24
		ukupno:4	7.819	30,50	1,97
1198	LJUBLJANICA	3	727	4,85	12,38
		9	1.105	7,32	8,20

		12	2.467	8,84	6,79
		ukupno:3	4.299	21,01	2,86
1052	LISINSKI	3	727	4,85	12,38
		5	1.378	5,14	11,67
		13	763	5,08	11,80
		ukupno:3	2.868	15,08	3,98
1063	HEINZELOVA	2	1.942	7,71	7,79
		3	727	4,85	12,38
		13	763	5,08	11,80
		ukupno:3	3.432	17,64	3,40
1075	ŽITNJAK	2	1.942	7,71	7,79
		3	727	4,85	12,38
		13	763	5,08	11,80
		ukupno:3	3.432	17,64	3,40
1045	STUDENSKI CENTAR	3	727	4,85	12,38
		4	1.640	6,72	8,93
		13	763	5,08	11,80
		14	2.334	8,28	7,25
		17	2.256	8,29	7,24
		ukupno:5	7.719	33,22	1,81
1138	SAVSKI MOST	4	1.640	6,72	8,93
		7	2.089	7,94	7,56
		ukupno:2	3.728	14,66	4,09
1145	UČITELJSKA AKADEMIJA	4	1.640	6,72	8,93
		5	1.378	5,14	11,67
		14	2.334	8,28	7,25
		17	2.256	8,29	7,24
		ukupno:4	7.607	28,43	2,11
1188	MIHALJEVAC	8	1.042	4,05	14,80
		14	2.334	8,28	7,25
		ukupno:2	3.376	12,33	4,87
1111	SREDIŠĆE	6	2.478	9,80	6,13
		7	2.089	7,94	7,56
		14	2.334	8,28	7,25
		ukupno:3	6.901	26,01	2,31
1105	ZAPRUDE - linija 8	8	1.042	4,05	14,80
		ukupno:1	1.042	4,05	14,80
1093	AUTOBUSNI KOLODVOR	2	1.942	7,71	7,79
		5	1.378	5,14	11,67
		6	2.478	9,80	6,13
		7	2.089	7,94	7,56
		8	1.042	4,05	14,80
		ukupno:5	8.929	34,64	1,73
1210	KREŠIMIROV TRG	5	1.378	5,14	11,67
		7	2.089	7,94	7,56
		ukupno:2	3.467	13,08	4,59
1099	SLAVONSKA AVENIJA	6	2.478	9,80	6,13
		7	2.089	7,94	7,56
		8	1.042	4,05	14,80
		ukupno:3	5.609	21,79	2,75

1115	SIGET	7	2.089	7,94	7,56
		14	2.334	8,28	7,25
		ukupno:2	4.422	16,22	3,70
1135	JARUN	5	1.378	5,14	11,67
		17	2.256	8,29	7,24
		ukupno:2	3.634	13,44	4,47
1107	ZAPRUĐE	6	2.478	9,80	6,13
		7	2.089	7,94	7,56
		14	2.334	8,28	7,25
		ukupno:3	6.901	26,01	2,31
1083	SAVIŠĆE	2	1.942	7,71	7,79
		3	727	4,85	12,38
		ukupno:2	2.669	12,55	4,78
5005	SAVSKA / CRNATKOVA	4	1.640	6,72	8,93
		9	1.105	7,32	8,20
		12	2.467	8,84	6,79
		13	763	5,08	11,80
		14	2.334	8,28	7,25
		17	2.256	8,29	7,24
		ukupno:6	10.564	44,53	1,35
5037	JURIŠIĆEVA	1	738	4,92	12,20
		11	2.744	9,73	6,17
		12	2.467	8,84	6,79
		14	2.334	8,28	7,25
		17	2.256	8,29	7,24
		ukupno:5	10.538	40,06	1,50
5510	KVATERNIKOV TRG izlaz-ulaz (linija 13)	5	1.378	5,14	11,67
		13	763	5,08	11,80
		ukupno:2	2.141	10,23	5,87
1159	TRG ŽRTAVA FAŠIZMA	1	738	4,92	12,20
		9	1.105	7,32	8,20
		13	763	5,08	11,80
		17	2.256	8,29	7,24
		ukupno:4	4.861	25,61	2,34
	DUBEC	4	1.640	6,72	8,93
		7	2.089	7,94	7,56
		11	2.744	9,73	6,17
		ukupno:3	6.472	24,39	2,46
	PREČKO	17	2.256	8,29	7,24
		5	1.378	5,14	11,67
		ukupno:2	3.634	13,44	4,47
	JORDANOVAC	4	1.640	6,72	8,93
		5	1.378	5,14	11,67

Izvor: Zet, Centar za nadzor i upravljanje prometom, Zagreb, dostupno 2.2.2022.

PROMET TRAMVAJATP DUBRAVA										LINIJA 6										Jesen 2021. - U prometu od: 6.9.2021.				
BR.SL.	V.R.	PRIM.SL.	OD	DO	SATI	noćna	2.smj.	BR.SL.	V.R.	PRIM.SL.	OD	DO	SATI	2.smj.	BR.SL.	V.R.	PRIM.SL.	OD	DO	SATI	noćna	2.smj.		
69	06.01	PTD	03:51	10:51	8,17	2,15		369	06.01	Tig dr.F.Tudmana smjer	10:51	17:51	8,17	3,85	669	06.01	TBJJ smjer Sopot	17:51	00:40	7,98	2,67	4,15		
70	06.02	PTD	06:18	13:10	8,03			370	06.02	Autobusni kol. smjer Sopot	13:10	20:10	8,17	6,17	670									
71	06.03	PTD	04:02	10:59	8,12	1,97		371	06.03	Frankopanska smjer	10:59	17:56	8,12	3,93	671	06.03	Tig dr.F.Tudmana	17:56	00:51	8,08	2,85	4,07		
72	06.04	PTD PTD	06:30 13:45	10:26 17:49	9,17		3,82	372							672	06.04	ČRNOMEREC	17:49	00:49	8,17	2,82	4,18		
73	06.05	PTD	05:40	12:38	8,13	0,33		373	06.05	TBJJ smjer	12:38	19:36	8,13	5,60	673									
74	06.06	PTD	04:15	10:59	7,90	1,75		374	06.06	Autobusni kol. smjer	10:59	17:33	7,73	3,55	674	06.06	Autobusni kol. smjer	17:33	00:21	7,97	2,35	4,45		
75	06.07	PTD	05:51	12:47	8,10	0,15		375	06.07	Glavni kolodvor smjer	12:47	19:47	8,17	5,78	675									
76	06.08	PTD	04:28	11:21	8,05	1,53		376	06.08	Glavni kolodvor smjer	11:21	18:13	8,03	4,22	676									
77	06.09	PTD	06:05	13:01	8,10			377	06.09	Glavni kolodvor smjer	13:01	19:52	8,02	5,87	677									
78	06.10	PTD	04:04	10:53	7,98	1,93		378	06.10	Autobusni kol. smjer Sopot	10:53	17:35	7,87	3,58	678	06.10	SOPOT- TERMINAL	17:35	00:32	8,12	2,53	4,42		
79	06.11	PTD PTD	06:26 13:40	10:22 17:42	9,13		3,70	379							679	06.11	SOPOT- TERMINAL	17:42	00:42	8,17	2,70	4,30		
80	06.12	PTD	05:38	12:34	8,10	0,37		380	06.12	Autobusni kol. smjer Sopot	12:34	19:34	8,17	5,57	680									
81	06.13	PTD	04:17	11:07	8,00	1,72		381	06.13	Autobusni kol. smjer Sopot	11:07	18:00	8,05	4,00	681	06.13	SOPOT- TERMINAL	18:00	00:55	8,08	2,92	4,00		
82	06.14	PTD	05:53	12:48	8,08	0,12		382	06.14	Autobusni kol. smjer Sopot	12:48	19:46	8,13	5,77	682									
83	06.15	PTD	04:28	11:22	8,07	1,53		383	06.15	Autobusni kol. smjer Sopot	11:22	18:17	8,08	4,28	683									
84	06.16	PTD PTD	06:08 13:21	10:02 17:27	9,17		3,45	384							684	06.16	ČRNOMEREC	17:27	00:27	8,17	2,45	4,55		
85	06.01	PTD	03:51	07:28	4,78	2,15		385	06.01	TBJJ smjer	07:28	10:51	4,55		685									

Slika 28: Raspored rada za radni dan;

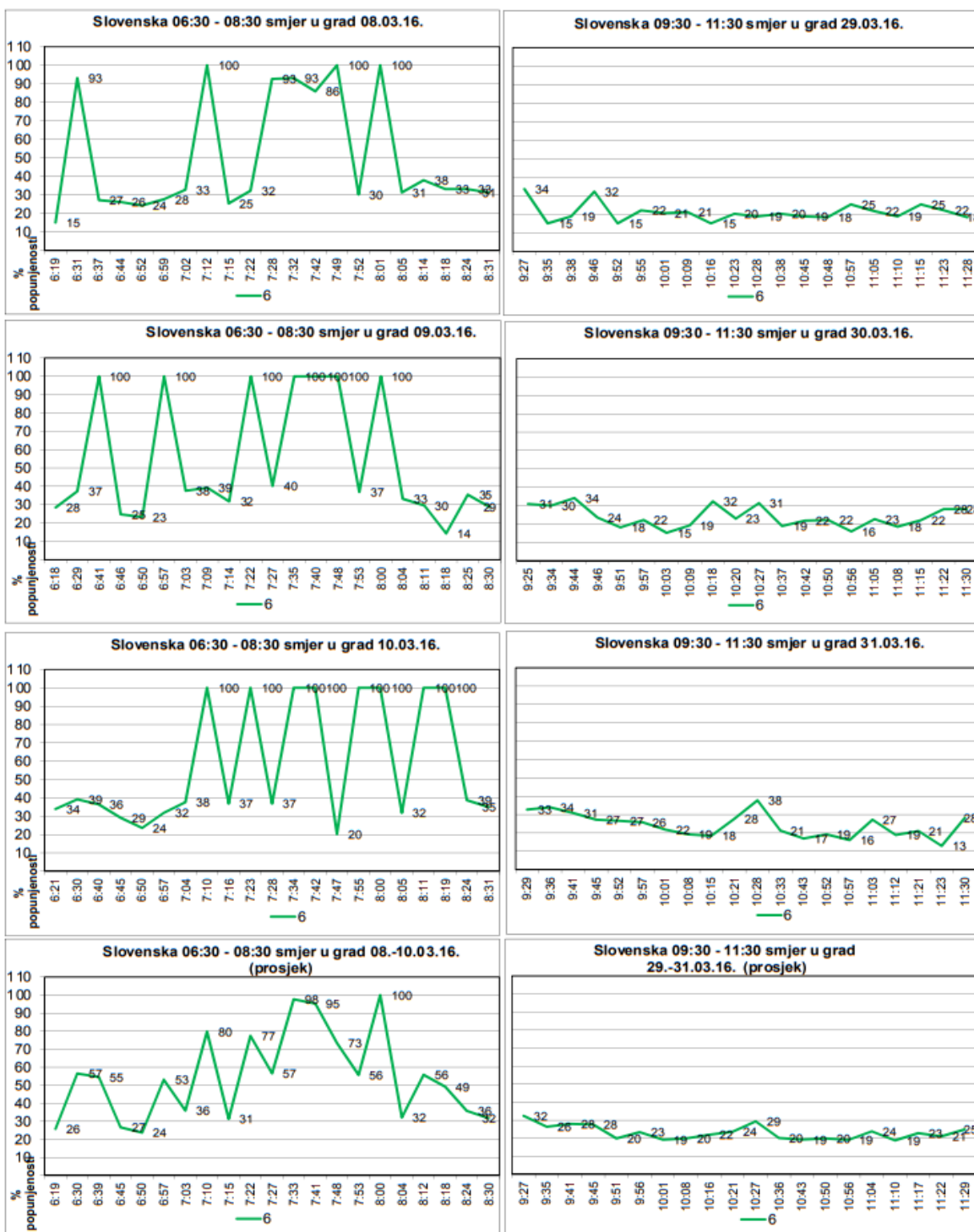
izvor: Zet, Centar za nadzor i upravljanje prometom, Zagreb, dostupno 2.2.2022.

Kada je linija izrađena, određuju se službe, tj. raspored rada za vozače, za svaki dan posebno, te subota i nedjelja također. Privremeno se taj raspored radi ručno u svakom pogonu za svoje vozače. Svaki rad treba provjeriti pa tako i izradu voznog reda. Pomoću modula logičnosti provjeravaju se eventualne pogreške i obavlja se ispravljanje istih, ispravljani podaci se generiraju i transferiraju u Atries, dok se određeni dio dokumenata ispisuje i šalje pogonima kako bi mogli obaviti potrebne predradnje kao što je priprema vozila i raspoređivanje vozača na ista da bi izlaz ujutro bio ostvaren.

U radne pogone se šalju i dokumenti proizašli iz Interplana i to: izlazne i povratne liste vozila iz i u spremišta, sljedovi vozila na terminalima, koncept linije, vozni red u vozilu – toplomjer, statistika, izvadak iz voznog reda za putnike. Ujedno se šalju i narudžbe kola-raspored vozila po linijama, rasporedi rada vozača, oglasne ploče i eksploatacijski pokazatelji linija.

Na slici 29. i 30. prikazana je popunjenost tramvaja u određenom vremenskom periodu i to na liniji smjer u grad i smjer iz grada - na stajalištu Slovenska, gdje je vidljivo da je najveća popunjenost između 7 i 8 sati u smjeru grada i to 100 %, dok je u isto vrijeme iz smjera grada taj postotak svega 20 %. Da bi u popodnevnim satima taj interval bio obrnut, tj. od 15,30 – 17,30 sati taj postotak iznosio u prosjeku 65% u smjeru iz grada, a u smjeru grada.

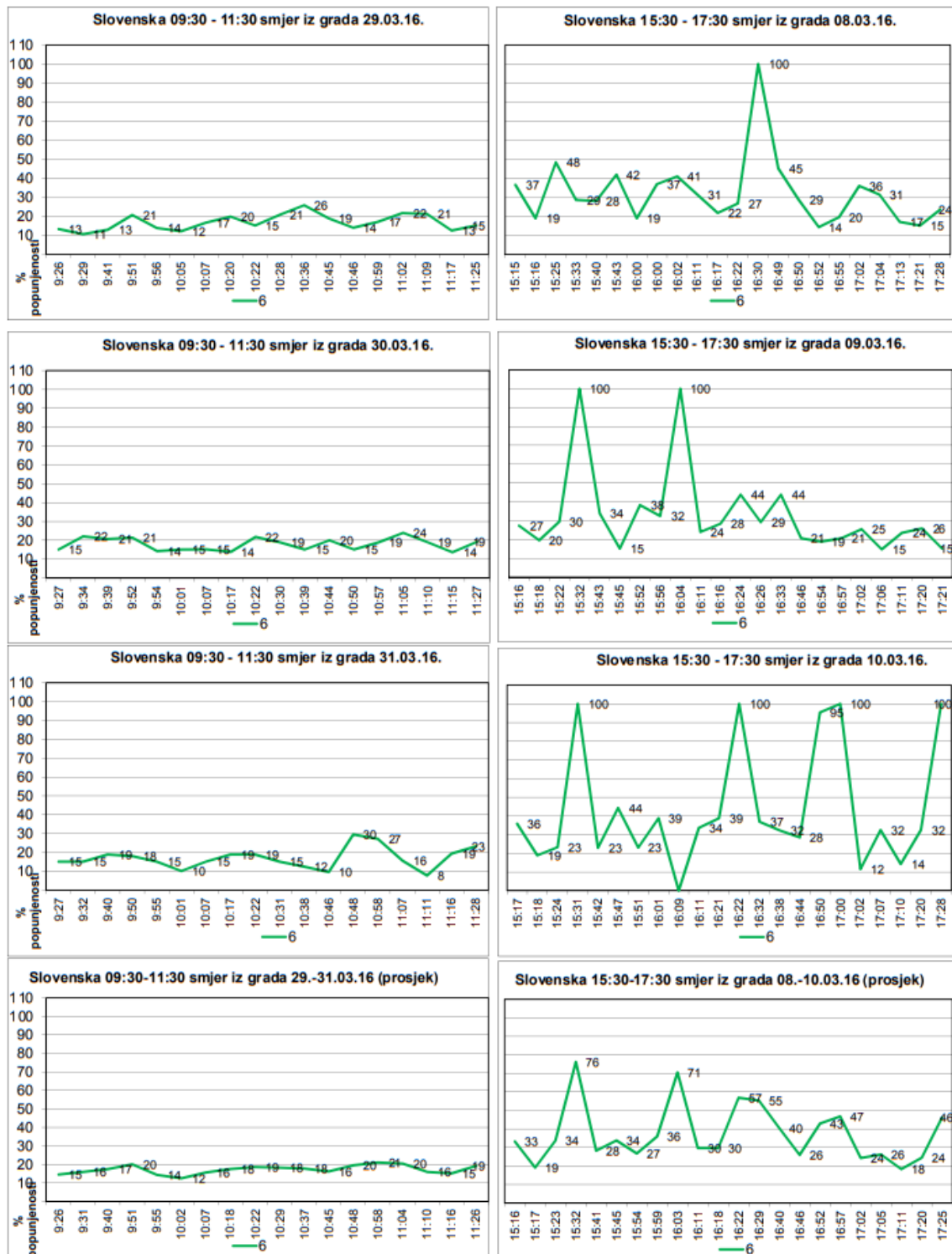
**Linija 6 presjeci Slovenska i Slavonska
16 VR (8 tramvaja tipa 2200 i 8 tramvaja tipa 401/801)**



Slika 29: Analiza popunjenosti tramvajske linije broj 6 – presjek Slovenska – Slavonska u smjeru grada, 2016 godine;

izvor: ZET, Služba za nadzor, upravljanje i razvoj prometa. Odjel za organizaciju prometa, dostupno 4.2.2022.

**Linija 6 presjeci Slovenska i Slavonska
16 VR (8 tramvaja tipa 2200 i 8 tramvaja tipa 401/801)**



Slika 30: Analiza popunjenosti tramvajske linije broj 6 – presjek Slovenska – Slavonska iz grada, 2016 godine;

izvor: ZET, Služba za nadzor, upravljanje i razvoj prometa. Odjel za organizaciju prometa, dostupno 4.2.2022.

4.4. Sustav za nadzor i upravljanje prijevozom – ATRON RBL

Cjelokupni sustav ATRON RBL je automatski sustav lociranja vozila koji radi u ovisnosti o voznim redovima dobivenim iz PTV Interplana, te se temelji na spontanoj radiokomunikaciji. Vozila rade potpuno autonomno te prepoznaju odstupanja od zadanih vrijednosti koje onda šalju u centralu, kao i ostale relevantne podatke kao što su:

- početak smjene
- kraj smjene
- broj vozila
- ime raspoređenog vozača na određeni vozni red

Sustav se može povezati s različitim komunikacijskim sustavima (GSM, GPRS, TETRA, analogna operativna radio veza i sl.). ZET-ov sustav je povezan TETRA sustavom za glasovnu komunikaciju, a u budućnosti trebao bi biti povezan GPS-om. Nadalje su tu sučelja u središnjem pozadinskom programu ATRIES (npr. za korekcije voznog reda, planiranje službi, raspoređivanja osoblja i sl.) koji omogućuju učinkovito upravljanje podacima.[21]

Sustav ATRON RBL se kao i INITPLAN sastoji od različitih modula koji služe za nadzor i upravljanje prometom, putnim računalima koji su smješteni i instalirani u tramvajskim vozilima i koja služe za bilježenje svih podataka u vožnji koji se šalju u softver koji je smješten u centrali na analizu, komunikacijskim serverom odnosno sustavom TETRA koji se koristi u ZET-u, DFI displeju za informiranje putnika na stajalištima i terminalima o polasku ili dolasku tramvaja, softverom kojeg koriste tehnolozi prometa i dr.[21]

Sustav se sastoji od slijedećih komponenti / modula:

1. ATRIES kao središnji softver za upravljanje i nadzor prometa sa sučeljima prema sustavima planiranja (planiranje voznog reda, službi, osoblja i slično) i centralnom funkcijom za statistiku
2. ATRON putno računalo s RBL funkcijama kao autonomna RBL komponenta (instalirano u vozilima)
3. ATRIES RBL komunikacijski server za upravljanje podatkovnom, odnosno govornom radio-komunikacijom u različitim vrstama komunikacije, ovisno kojim je opremljen (u ZET-ovom slučaju TETRA, u budućnosti GPS)

4. ATRON DFI prikaz kao nezavisna pokazna jedinica za dinamičko informiranje putnika na stajalištima

5. ATRON FunkLAN server za brzi prijenos podataka iz i prema ATRON RBL putnim računalima

6. ATRIES RBL centrala za upravljanje aktualnim podacima, te serverski programi RBL centrale:

- ATRIES RBL glavno računalo za lociranje kao komponenta za komunikaciju, upravljanje stvarnim podacima i nadzor
- ATRIES RBL baza podataka kao središnja komponenta RBL podatkovnog menadžmenta
- ATRIES RBL updater za generiranje dnevnih aktualnih operativnih podataka
- ATRIES RBL GIS za upravljanje Geo referenciranim podacima (karte, objekti itd.)
- ATRIES RBL integracijsko sučelje (ISRBL) kao integracijsko sučelje automatskih sustava za lociranje vozila
- ATRIES RBL DFI kao upravljačka jedinica za opskrbu pokazivača s informacijama o stvarnom vremenu.

7. ATRIES RBL softver za radno mjesto prometnika za prikaz svih operativnih informacija, te mogućnosti disponiranja i komunikacije (dispečeri u pogonima također imaju isti softver ali s ograničenim funkcijama – moguć samo nadzor prijevoza)

8. ATRIES RBL statistički modul s analizom voznih podataka

4.4.1. Funkcije sustava Atron RBL

Funkcije koje su u primjeni u ZET-u su sljedeće:

- lociranje vozila (logičko i fizičko)
- automatska razmjena podataka preko podatkovne radio veze, pri čemu se podržavaju različiti sustavi radio komunikacije
- upravljanje govornom komunikacijom
- kontinuirano informiranje prometnika o aktualnom stanju radnog procesa

- prikaz statusa rada u grafičkom i tabličnom obliku
- usporedba zadanog i stvarnog stanja u vezi s nadzorom reda vožnje
- usporedba zadanog i stvarnog stanja u vezi s nadzorom službi
- alati za pomoć prometnicima kod organizacijskih mjera (upravljanje smetnjama)
- nadzor posebnih događaja
- protokoliranje svih bitnih informacija i zahvata
- nadzor i osiguranje veza
- informacije za putnike u stvarnom vremenu (DFI)



Slika 31: DFI display za informaciju putnicima o polascima vozila sa stajališta;

izvor: <https://www.bug.hr/promo/atron-ov-kontrolni-centar-24236/> 4.2.2022.

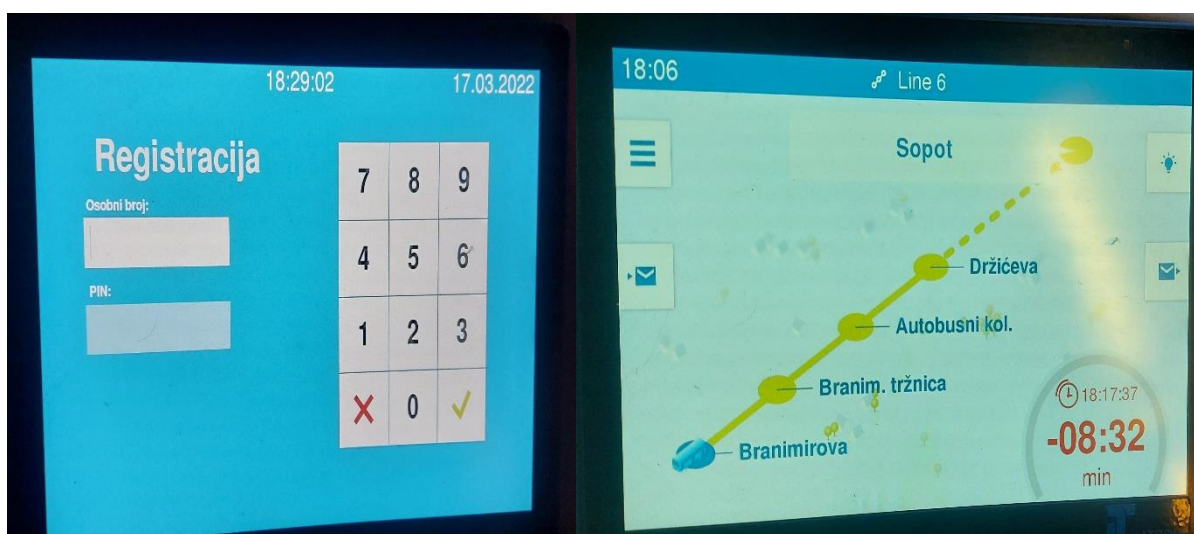
Trenutačno su ZET-ova vozila opremljena vanjskim displejom temeljenim na tehnologijama LED i FLIP-LED te unutarnjim displejima u LED tehnologiji. Vanjski displeji prikazuju krajnje odredište (prednji displej), liniju i vozni red (bočni displej) i broj linije (stražnji displej), dok unutarnji displeji prikazuju početno, sljedeće i krajnje stajalište, te eventualno neke izvanredne poruke, sve u tekstualnom formatu.



Slika 32: Displej u unutrašnjosti vozila;

izvor: slikala autorica, 11.03.2022.

Ugradnjom novih, 29-inčnih TFT LCD grafičkih displeja, postojeći displeji nastavili bi prikazivati tekstualne informacije, dok bi novi displeji unutar vozila prikazivali cijelu liniju, nadolazeća stajališta, uz prikaz eventualnih dodatnih informacija pored svake postaje (presjedanje, prekid prometa, točka interesa, itd.). Prednost takvog grafičkog displeja jest omogućavanje dinamičkog prikazivanja informacija, koje se može prilagođavati novonastalim situacijama. Displej omogućuje i dvodijelni prikaz, kod kojeg se na jednom dijelu displeja prikazuju prometne informacije, a na drugom posebne poruke ili multimedijalni sadržaji.



Slika 33: Putno računalo FR City,

izvor: slikala autorica, 17. 03. 2022.

Dijagonala displeja je 29 inča, temelji se na LCD TFT tehnologiji, a razlučivost je 1920x540 točaka (odnos stranica 32:9) te ima lagano metalno kućište. Svi sklopovi koji čine displej prilagođeni su višegodišnjem radu u prometu, bez pokretnih dijelova, te imaju sve certifikate za rad u vozilima (otpornost na vibracije, ubrzanje, itd.). Sustav komunikacije s displejima temelji se na tehnologijama IBIS i IBIS-IP.

Sam način rada sustava odvija se na način da nakon što korisnik (vozač) identificira se svojim službenim brojem i sa svojom lozinkom u putno računalo te se na taj način prijavljuje na rad, unosi broj linije i vozni red i GPS točka tada sama pronalazi stajalište na kojem se trenutno nalazi. Pretežno se to obavlja na stajalištu linije gdje se je tramvaj preuzeo od kolege.

Komunikacija između prometnika u centru i vozača najbitnija je stavka u samom vođenju prometa gdje se brzom i pravovremenom reakcijom u prometu može osigurati točnost polazaka, pravovremena zamjena vozila ili potrebna intervencija od strane servisnih mehaničara na liniji. Dobra komunikacija omogućuje brzo i jednostavno preusmjeravanje linije u slučaju nezgode ili nekog drugog razloga za zastoj, na način da se spriječi nastanak velike štete ili pak zbrinjavanje povrijeđenih osoba uslijed prometne nesreće.

Postoji mogućnost govorne komunikacije sa jednim vozilom, sa vozilima jedne linije ili sa svim vozilima. Uz to moguće je komunicirati sa grupom vozila koju u programu može prometnik sam dinamički definirati. Kod statičkih grupa se radi o komunikacijskim grupama koje prometnik ne može obrađivati. Te grupe su unaprijed uređene i nalaze se u odgovarajućem prozoru koji se otvara kad se želi uspostaviti vezu sa određenim vozilom. Dakle u statičkim grupama mogu na primjer biti izvršene podjele na:

- pozivi za sve autobuse
- pozivi za sve tramvaje
- pozivi za servis autobusa
- pozivi za servis tramvaja
- pozivi za održavanje gornjeg voda tramvaja i sl.[22]

Da bi veza između prometnika u centru i vozača mogla funkcionirati, ali i da bi računalo u centru dobivalo sve potrebne podatke, svako vozilo mora biti opremljeno putnim računalom. U ovom slučaju to je ATRON-ov FR CITY putno računalo koje sve relevantne podatke iz vozila

šalje u centar gdje se oni obrađuju i uspoređuju sa zadanim podacima, i tada se projiciraju na računalo prometnika koji vodi brigu o dotičnom vozilu.

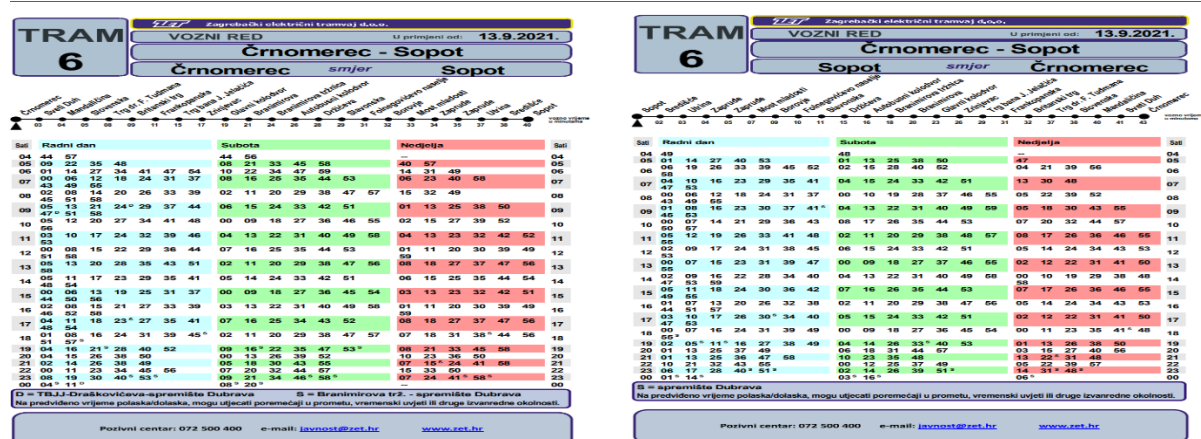
Vozač se pomoću njega na početku svoje smjene prijavljuje na posao kao i odjavljuje na kraju čime daje do znanja da je njegova smjena završila. Samim tim moguća je kasnije i obrada podataka kao i kontrola izvršenja radnih obveza radnika. Nadalje, vozač na početku smjene učitava liniju i smjer kretanja kao i na svakom krajnjem stajalištu radi potvrdu da je vozilo dostiglo zadano stajalište i da vozač na zaslonu može u svakom trenutku pročitati trenutnu poziciju vozila, udaljenost do idućeg stajališta te ostalih podataka koji su mu važni.

4.4.2. Sustav informiranja putnika o voznom redu

Primjenom novog sustava, odnosno boljom informiranosti putnika na stajalištima i u vozilima putem stvarnih podataka, kao i davanjem informacija u vizualnom i akustičnom obliku povećat će se prepoznatljivost javnog gradskog prijevoza.

Informacije o planiranom voznom redu putnici će imati uvid na više mjesta, čitanjem izvadaka iz voznog reda na stajalištu ili iz mobilne aplikacije „ZET-info“ gdje je vidljivo trenutno stanje u prometu, izmjene u prometu i druge korisne informacije.

2014. godine studenti FER-a su izradili besplatnu mobilnu aplikaciju „ZETcheck android“ koja je prikazivala stvarno i točno vrijeme dolazaka ZET-ovih tramvaja i autobusa na više od 1600 stanica, a u mjesec dana preuzelo ju je 19193 korisnika. Tvrtka koja održava ZET-ov sustav onemogućila je pristup podacima, tvrdeći da su autori aplikacije neovlašteno koristili izvor informacija i tako narušavali njihov rad. Ubrzo nakon što je aplikacija postala dostupna široj javnosti, zabilježeno je opterećenje poslužitelja koji sustav koristi, a u postojećoj konfiguraciji sustav nije predviđen za takvu namjenu.[38]



Slika 34: Raspored vožnje linije 6; izvor: <https://www.zet.hr/> 4.2.2022.



Slika 35: Info stup na početnom stajalištu;

izvor: <https://www.zet.hr/> 4.2.2022.

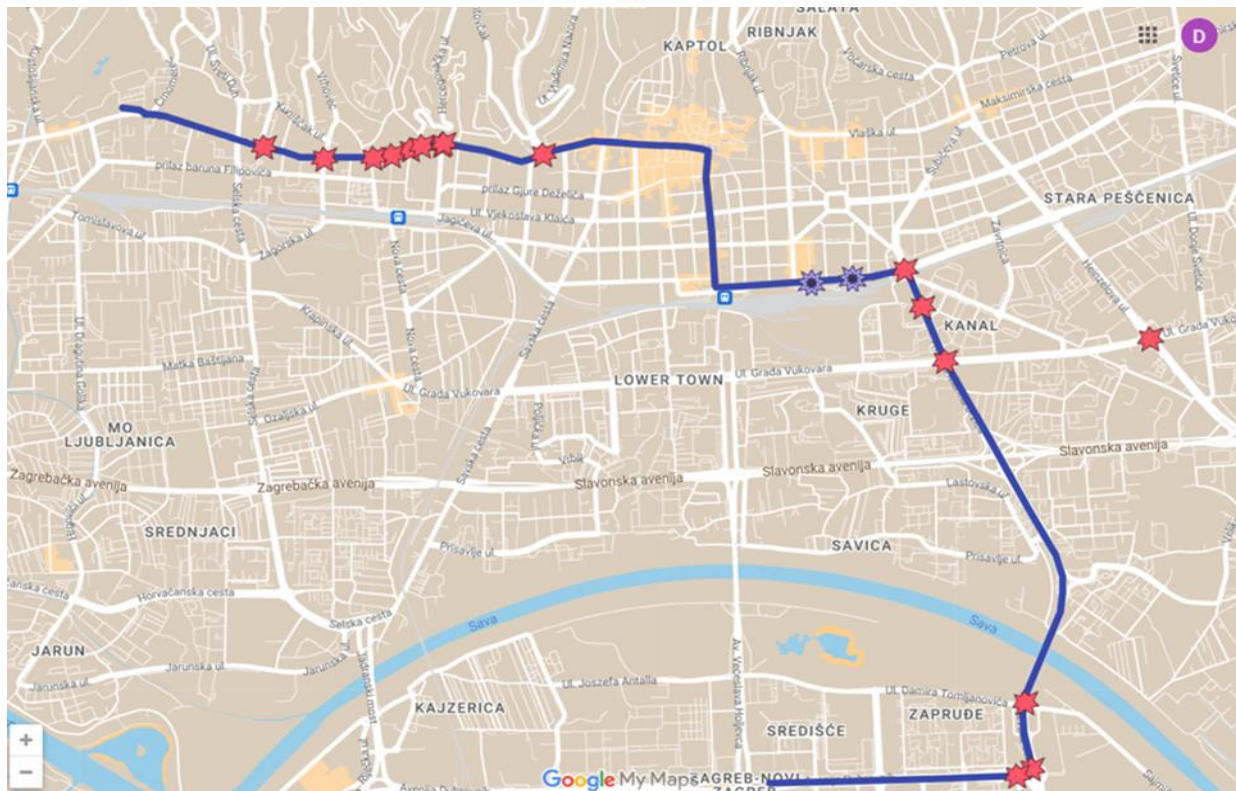
Info stup spada u dio opreme stajališta i nositelji osnovnih i neophodnih obavještenja za putnike kao što su mreža linija, brojevi i odredišta linija, vozni red, naziv stajališta i vrsta prijevoza. Praksa je takva da, između ostalih kriterija, brzina vozila određuje koliko će biti stajališta na liniji i koja će biti udaljenost između svakoga od njih.

Tramvaj i gradski autobus prometuju na linijama s manjom među stajališnom udaljenosti. Cilj određivanja razmaka među stajalištima je smanjiti vrijeme putovanja putnika. Ako su stajališta postavljena bliže, duljina pješaćenja će biti manja i vrijeme vožnje duže. Uključivanje novčanih troškova daje različit optimum tako da planer javnog prijevoza odabere manji broj stajališta jer će na taj način prosječna brzina biti veća, a operativni troškovi manji.[23]

4.5. Opis postojećeg stanja tramvajske linije broj 6

Na slici 36. prikazane su prometne nesreće na liniji broj 6 koje su se dogodile u prošloj 2021. godini. Kako je u vidljivo na karti sve prometne nesreće na Ilici dogodile su se uslijed nepropisnog oduzimanja prednosti tramvaju, tj. izlijetanje iz sporednih ulica na Ilicu. Na potezu od Glavnog kolodvora do Branimirove tržnice to je mjesto učestalih sudara i okrznuća sa tramvajem jer tramvajska pruga presijeca prometni trak, a vozači često zaborave da šinsko

vozilo ima prednost. Prema dostupnim podacima iz Centara za sigurnost prometa ZET-a vidljivo je da se dogodilo 20 prometnih nesreća bez smrtnog ishoda.



Slika 36: Prikaz prometnih nesreća na liniji 6;

izvor: Zet, Centar za nadzor i upravljanje prometom, Zagreb, dostupno 2.3.2022.

izradila autorica

Tablica br. 5: Nesreće po satu u danu

Nesreće prema satima u danu	Broj nesreća
06,00 – 08,00	3
08,00 – 10,00	3
10,00 – 14,00	4
14,00 – 18,00	6
18,00 – 24,00	4

Izradila autorica prema podacima ZET-a, Centar za nadzor i upravljanje prometom Zagreb

Tablica br. 6: Vrsta nesreća

VRSTA NESREĆE	
Okrznuća tramvaja s ostalim vozilima	3
Okrznuće tramvaja i tramvaja	1
Bočni sudari s ostalim sudionicima u prometu	9
Nalet tramvaja na pješaka	2
Pad putnika u tramvaju	4
Iskliznuće tramvaja	1

Izradila autorica prema podacima ZET-a, Centar za nadzor i upravljanje prometom Zagreb

Prema podacima iz tablice broj 5., možemo uočiti da se najviše nesreća dogodilo u vremenu od 14,00 – 18,00, odnosno u vrijeme kada su najveće gužve u prometu gdje se ljudi vraćaju s posla, iz škole, umorni, uslijed velike gužve vidno nervozni i uglavnom je to često bitan faktor za nepažnju u prometu pa je dovoljna sekunda nepažnje da se dogodi nesreća. Uglavnom se tu radi o nesrećama s materijalnom štetom kao i blažim okrznućima kako je navedeno u tablici br. 6.

Tablica br. 7: Podaci dnevnih tramvajskih linija na području Grada Zagreba za radne dane

Broj tramvajske linije	Broj stanica	Broj polazaka po danu	Kapacitet po satu po smjeru (ljudi)	Duljina putovanja (min)	Prosječna brzina (km/h)	Prosječna udaljenost između stanica (m)
1	15	85	670	22	15,2	376
2	27	128	1.390	44	14,2	385
3	27	85	670	42	14,2	371
4	30	117	1.290	50	14,8	413
5	33	89	1.050	57	14,7	427
6	22	161	1.770	40	15	458
7	35	131	1.450	56	17,4	463
8	18	77	820	28	17,7	452
9	19	122	950	32	13,5	384
11	26	165	1.750	45	15,7	463
12	20	148	1.570	40	13,7	455
13	30	84	660	48	14	380
14	27	133	1.410	50	15,1	469
15	5	95	520	6	22,8	488
17	30	137	1.460	51	14,4	406
Ukupno	362	1.756	17.430	611	15	423

Izvor: I. faza Master plana prometnog sustava Grada Zagreba, Zagrebačke županije i Krapinsko zagorske županije

Prema podacima iz tablice br. 7 vidljivi su brožani podaci za sve dnevne tramvajske linije, iz čega možemo iščitati da tramvajska linija broj 6 ima 22 stanice gdje je prosječna udaljenost između stanica 458 metara, sa ostvarenih 161 polazak u danu, kapacitet po satu po smjeru prevezeno je 1770 putnika, duljina putovanja traje 40 minuta, te je prosječna brzina 15 km/h.

Iz polugodišnjeg poslovnog izvješća ZET-a vidljivo je da se tramvajski prijevoz odvija sa 15 dnevnih linija i 4 noćne ukupne dužine 214,5 km. Za to je potrebno radnim danom rasporediti u promet 179 motornih kola i 31 prikolica, subotom 123 motorna kola i 7 prikolica, a nedjeljom i blagdanom 106 motornih kola i 6 prikolica. Ostvareni kolni kilometri u prvom polugodištu 2021. su 6.316.956 km što je 10,4% manje od planiranog što je posljedica produljenja COVID-19 mjera, on-line nastave i radova koji su se odvijali na trasama tramvajskih linija.[35]

5. POJAM OPTIMIZACIJE

Optimiranje (prema lat. optimus: najbolji), matematički postupak kojim se pri projektiranju ili vođenju promatranoga sustava ostvaruje (određuje) najbolji mogući izbor ekonomskih i (ili) tehničkih veličina na temelju odabranih kriterija. Ti kriteriji iskazuju korisnost ili valjanost ponašanja sustava. Mogu to biti ekonomska ili tehnička mjerila, npr. vrijeme prijelaza sustava iz jednoga stanja u drugo, proizvodnost, neki pokazatelji utroška sirovine ili energije; njihov izbor nije u sklopu optimiranja. Neke od tradicionalnih metoda optimiranja usavršene su uporabom računala (npr. račun varijacija), a razvijene su i neke nove (npr. dinamičko programiranje). Njihov izbor pri optimiranju ovisi uglavnom o postavljenome cilju i obilježju promatranoga sustava.[24]

Optimizacija znači traženje boljih rezultata, veće učinkovitosti ili veće učinkovitosti u izvršavanju nekog zadatka. Dakle, sinonimni pojmovi se poboljšavaju, optimiziraju ili poboljšavaju, dok bi se antonimi trebali pokvariti ili pogoršati.

Kaže se da je nešto (aktivnost, metoda, postupak, sustav itd.) optimizirano kada su učinjene promjene uobičajene formule za postupanje i dobiveni rezultati iznad ili očekivani. U tom smislu, optimiziranje je bolje upravljanje našim resursima na temelju cilja kojemu težimo.[25]

Optimizacija se odnosi na djelovanje i učinak optimizacije. Općenito se odnosi na sposobnost da se nešto riješi ili riješi na najučinkovitiji mogući način i, u najboljem slučaju, koristeći se najmanjom količinom resursa.[25]

Cilj postojanja i funkcioniranja prometnog sustava, pa tako i tehnologije prometa i transporta, u svojoj znanstvenoj i stručnoj dimenziji jeste podmirenje transportne potražnje odgovarajućom prometnom ponudom i to na određenoj optimalnoj razini. Jedna od bitnih zadaća prometnog inženjera je optimiranje organizacije prometnog procesa i upravljanje njime te je potrebno razmotriti trenutačno stanje iskorištenja prijevoznih kapaciteta kao bitnog čimbenika iskorištenja prijevoznih kapaciteta i pokazatelja uspješnosti poslovanja transportnoga poduzeća. [26]

Optimizacija transportnog i prometnog procesa izravno je povezana sa željenom ili zahtijevanom razinom kvalitete transportne usluge i njenim elementima, kao što su primjerice: sigurnost transportnog procesa, redovitost pružanja transportnih usluga, udobnost korisnika usluga sukladno duljini relacije transporta, točnost, frekvencija polazaka, interval pružanja transportnih usluga, brzina putovanja (prometna ili komercijalna brzina transporta) i pripadajuće cijene transportne usluge.[26]

Optimizacija s gledišta tehnologije prijevoza putnika kao sustava odnosi se na istraživanje optimuma tehnologije proizvodnje transportne usluge na relacijama u linijskom gradskom, prigradskom i međugradskom putničkom prometu kao i turističkom prometu. Optimum se stalno mijenja ovisno o napretku odnosno razvitku znanosti (koji ima stalni eksponencijalni rast) a definiran je u vremenu i prostoru na kojem se transportne usluge pružaju [26].

Uloga sustava javnog putničkog prijevoza svakim danom je sve značajnija u osiguranju mobilnosti, posebice kroz: inovacije (posebice tehničke, tehnološke i organizacijske), te kreativnost u poslovanju (odnos prema korisnicima, primjeni novih ili modifikaciji postojećih tehnologija putničkog prijevoza).[26]

U pogledu optimizacije prometnog procesa i upravljanja sustavom primjerice javnoga gradskoga putničkog prijevoza temeljni cilj sadržan je u postizanju takve razine kvalitete prijevozne usluge koja je primjerena zahtjevima odnosno potrebama suvremenoga građanina, posebice u pogledu privlačnosti, i za one koji posjeduju automobil i još uvijek prednost daju individualnom prijevozu.[26]

Putnička potražnja se može definirati kao prijevozna potreba koja se može prikazati kao broj prevezenih ljudi po jedinici vremena ili prostora. Potražnja je potreba putnika da poduzme

putovanje od mjesta na kojemu se nalazi do mjesta ili odredišta na koje treba stići, to je mjera zahtjeva za prijevozom. Dinamika potražnje ovisi o složenoj funkciji koju definiraju cijena prijevoza i veličina prijevozne ponude. Visoka cijena može ograničiti potražnju, ali odluka o plaćanju visoke cijene prijevoza ovisi i o svrsi putovanja naprimjer putovanje na posao ili putovanje sa svrhom rekreacije drugačije će utjecati na odluku korisnika na odabir određene vrste prijevoza s obzirom na cijenu prijevoza. Potražnja također ovisi o mogućnosti zamjene ili supstitucije prijevoza drugim podsustavima prijevoza.[27]

Prijevozna potražnja je faktor koji utječe na dimenzioniranje ponude transportnih kapaciteta prijevozničkog poduzeća. Kada je potražnja zadovoljavajuća i sukladna prijevoznj ponudi, za posljedicu će stvoriti prihod i profit. Potreba za putovanjima je socijalna kategorija koja se često subvencionira od strane društvene zajednice. Zato se stalno postavlja pitanje organizacije efikasnog javnog prijevoza uz što moguće manju razinu subvencija.[27]

U pristupu upravljanja prijevoznom potražnjom smisao je upravljati ukupnom prijevoznom potražnjom koja je generirana od zahtijevane dnevne mobilnosti stanovnika urbanih cjelina. Zbog trenda sve veće urbanizacije svjetske populacije, gradovi intenzivnije razvijaju svoje prometne strategije. Prometna politika kojoj je cilj povećanje kapaciteta gradske prometne mreže nije održiva, već treba voditi računa o iskorištavanju ponude postojeće infrastrukture kako bi se postigla prostorna, ekonomska, energetska i ekološka racionalnost.[28]

5.1. Podsustavi optimizacije

Temeljni podsustavi optimizacije sustava tehnologije prijevoza putnika u cestovnom prometu jesu:

- tehnički sustav – određen dostignutom razinom znanstvenog razvitka i primjenom odgovarajućih putničkih prijevoznih sredstava, stupnja razvijenosti cestovne prometne infrastrukture te informacijskog sustava u funkciji upravljanja prometnim procesom;

- tehnološki sustav – određen dostignutom razinom znanstvenog i stručnog razvitka u pogledu primjene različitih tehnoloških rješenja u procesu proizvodnje transportne usluge;

- organizacijski sustav – na određenoj razini tehničko-tehnološkog razvitka utvrđuje se primjerena organizacijska struktura, raspodjela poslova i zadataka, vrste stručnih profila, znanja i vještina ljudskih potencijala prijevoznika;

- ekonomski sustav – na određenoj razini tehničko-tehnološkog razvitka uz primjerenu organizacijsku strukturu poslovnog sustava, transportna usluga ima odgovarajuću cijenu transportne usluge. [26]

Svaki poslovni sustav postoji u određenom vremenu i prostoru radi proizvodnje materijalnih dobara ili usluga za kojima postoje zahtjevi (ili potrebe) okruženja u kojem taj sustav djeluje, neovisno o tome je li profitno orijentiran ili djeluje kao javni neprofitni sustav. Kako bi sustav mogao isporučiti dobra i/ili pružiti usluge na nekom tržištu, postoje pravila poslovanja koja se primjenjuju unutar samog sustava i u odnosu spram okruženja. Istodobno, taj isti sustav crpi iz okruženja u kojem djeluje, raspoložive materijalne i nematerijalne resurse bez kojih ne bi mogao poslovati niti ispuniti svoju svrhu ni ostvariti svoje poslovne ciljeve.[26]

5.1.1. Optimizacija tehničkog sustava

Strukturu, odnosno bitne elemente tehničkog sustava čine [26]:

- cestovna prijevozna sredstva
- cestovna prometna infrastruktura
- informacijski sustav.

Za ZET bi se moglo reći da je njegov tehnički sustav odgovarajuće dobar, ali postoje još i dodatne mogućnosti za optimizaciju, odnosno poboljšanje sustava. Prijevozna sredstva, u ovom slučaju tramvaji, unazad 15 godina se vozni park obnovio sa 140 niskopodna tramvaja TMK 2200 i dva TMK 2301, hrvatske tvrtke „Končar“ u suradnji sa tvornicom „Gredelj“ i drugim tvrtkama objedinjenim u konzorciju „Crotram“.

Niskopodni tramvaj TMK 2200 pruža moderan i funkcionalan pristup javnom prijevozu uz prepoznatljiv dizajn i vrhunske tehničke karakteristike. Tramvaji su opremljeni sa modernom IGBT regulacijskom opremom uz mogućnost vraćanja električne energije kočenja u električnu kontaktnu mrežu.

Motorna kola opremljena su suvremenim zvučnim, vizualnim i informacijskim sustavom za obavještanje putnika, te uređajima za ostvarivanje veze sa centrom za organizaciju i kontrolu prometa, ima šest poništavala karata, s time da na prvim i zadnjim vratima su jedino poništavala za papirnate karte, dok su ova ostala četiri za elektronsko očitavanje pretplatne mjesečne karte, kao i vrijednosne e-karte, rukohvatima te uređajima za klimatizaciju, zagrijavanje i provjetravanje. Tramvajem se upravlja ručno sa ručicom za vožnju – budnik - i kočenje je glavni upravljački sklop tramvaja s kojim se obavlja pokretanje, vožnja i kočenje tramvajskog vozila.

Kao moguća mjere poboljšanja kvalitete sustava javnog gradskog prijevoza ubraja se uređenje tramvajskih stajališta, koja su prva uslužna točka kontakta između putnika i pružatelja prijevozne usluge javnog linijskog prijevoza putnika u gradskom prometu. Prostor, lokacija, dizajn i rad tramvajskih stajališta značajno utječu na učinkovitost prometnog sustava, zadovoljstvo putnika i njihovu sigurnost. Način na koji je moguće povećati sigurnost su poboljšana pristupačnost i dobro organizirani nogostupi koji vode prema stajalištu i obilježeni pješački prijelazi u neposrednoj blizini stajališta.

Kako se prometni sustav neprestano mijenja samim time je i proces optimizacije stalan te je potrebno analizirati podatke o prometnim nesrećama koje su se dogodile u nedavnoj prošlosti, u blizini kojih stajališta, pa ta kritična mjesta osigurati na siguran način pa ako je potrebno i zatvoriti stajalište.

Udaljenost manja od 300 m između dva stajališta je dovoljan razlog za uklanjanje jednog od stajališta, uzimajući u obzir gustoću naseljenosti i potrebno pješačenje do drugog stajališta koje u tom slučaju ne bi predstavljalo preveliki vremenski gubitak za pješaka. To se najbolje vidi kroz analizu izlazaka i ulazaka putnika na određenim stajalištima odnosno ona koja dnevno imaju vrlo mali transfer putnika (manje od 20 putnika koji dnevno koriste stajalište). Velika prednost stajališta je da su u blizini obrazovnih ustanova, bolnica, staračkih domova, vrtića, škola, radnih pogona, tržnica gdje cirkulira veliki broj ljudi. Trasa linije broj 6 prolazi kroz tri trga, te željeznički i autobusni kolodvor te je samim time vrlo frekventna i zahtjevna linija.



Slika 37: Stajalište na Črnomercu;

izvor: www.zet.hr/ dostupno 18.03.2022.

Bolja osvijetljenost na tramvajskim stajalištima je također poželjna opcija jer je cestovna rasvjeta često nedovoljno vidljiva. Izgradnja nadstrešnica na stajalištima sa svim pripadajućim elementima odnosno stajališnom oznakom, košem za smeće i info stupom na kojem je izvješten vozni red i po mogućnosti DFI display za informaciju putnicima o polascima vozila sa stajališta. Naravno ta ista stajališta treba izraditi od materijala otpornog na vremenske uvjete i vandale, po mogućnosti uvesti i video nadzor kako bi se mogli staviti aparati za kupovinu karata na iste.

Najpoznatija mjera za smirivanje prometa je izmještanje traka za automobile od tračnica, na način da se ogradi zaštitnom ogradom ili zelenim površinama kako je u slučaju za liniju broj 6 od Avenije Marina Držića pa sve do Sopota. Duljina linije broj 6 iznosi 10410 metara, od čega je 5720 metara izmješteno od ostalog prometa, dok je ostatak od 4690 metara zajedno sa ostalim prometom i iz priložene karte sa nesrećama vidimo da su tu najčešće dodirne točke sudara tramvaja i ostalih sudionika u prometu, od automobila, biciklista i pješaka.

5.1.2. Optimizacija tehnološkog sustava

Najznačajniji tehnološki elementi optimizacije u sustavu javnog cestovnog putničkoga transporta sastoje se od :

- optimalna struktura mreže linija,
- linije,
- polasci na linijama prema režimu njihova održavanja, posebno radnim danom, posebno subotom te posebno nedjeljom i praznikom,

- vrijeme obrta na liniji (u gradskom, prigradskom i međugradskom prometu),
- vrijeme izmjene putnika na stajalištima (posebno značajno na gradskim i prigradskim linijama),
- osciliranje broja putnika na liniji,
- zahtjevi putnika na liniji tijekom dana,
- metode prikupljanja i obrade podataka,
- promjena putničke prijevozne potražnje tijekom godine,
- utvrđivanje potrebnih prijevoznih kapaciteta u linijskom prijevozu,
- izrada voznoga reda za polaske u gradskom, prigradskom i međugradskom prometu,
- poremećaji voznog reda i mjere za njihovo otklanjanje,
- proizvodnost rada i mjere njezina povećanja,
- tarifa i sustav naplate. [26]

Kod sustava naplate i tarifa u javnom prijevozu Grada Zagreba postoje:

- *pojedinačna karta za jednu zonu* – koja od trenutka poništavanja u I tarifnoj zoni ZET-a vrijedi za izravno putovanje tramvajem, autobusom i uspinjačom ili za putovanje s prijelazom u trajanju od 30 min – 4,00 kn, 60min – 7,00 kn i 90 minuta – 10,00 kn kupljene u ZET-voj prodavaonici karata ili na kiosku „TISKA“ i „I NOVINA“, dok vozač prodaje karte za 30 min – 6,00 kn i 60 min – 10,00 kn.



Slika 38: *Pojedinačna karta za jednu zonu u trajanju od 30, 60 i 90 minuta ;
izvor: www.zet.hr/ dostupno 18.03.2022.*

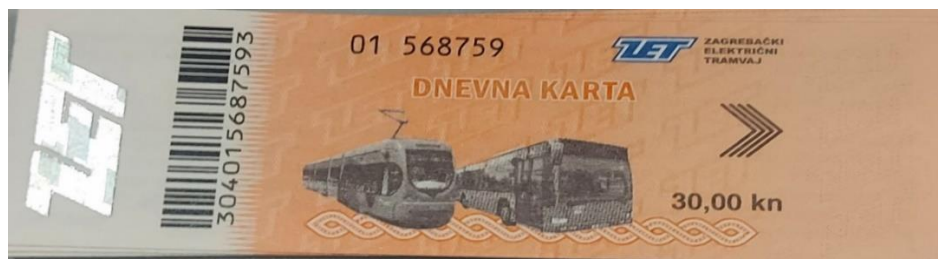
Putnik s voznom kartom može prelaziti unutar I tarifne zone ZET-a jednom ili više puta na tramvaju ili autobusu odnosno s tramvaja na autobus i obratno, uključujući i uspinjaču. Prelaziti se može na svakom usputnom stajalištu u smjeru odredišta putovanja uz uvjet da se ne prekorači vrijeme korištenja vozne karte. Putnik do svog cilja mora koristiti najkraći put.[37]



Slika 39: Karta za noćnu vožnju;
izvor: www.zet.hr/ dostupno 18.03.2022.

Pojedinačna karta za noćnu vožnju vrijedi za noćnu vožnju u autobusu i tramvaju u noćnom prometu od 00,00 do 04,00 sata i cijena joj je 15,00 kn kako je vidljivo na slici 38.

Dnevna karta za jedan dan vrijedi za neograničeni broj putovanja tramvajem, autobusom i uspinjačom unutar I tarifne zone ZET-a. Dnevna karta vrijedi za putovanje u dnevnom i noćnom prometu od trenutka poništenja ili kupnje vrijednosnom kartom u dnevnom prometu, za cijeli tekući dan i do kraja noćnog prometa do 4.00 sata u jutro. Dnevne karte kupljene vrijednosnom kartom ili pretplatnom kartom ako se karta koristi kao vrijednosna karta za 3, 7, 15 i 30 dana vrijede za neograničeni broj putovanja tramvajem, autobusom i uspinjačom unutar I tarifne zone ZET-a, u dnevnom i noćnom prometu za odabrano razdoblje navedeno u zapisu beskontaktno vrijednosne ili pretplatne karte [37].



Slika 40: Dnevna karta;
izvor: www.zet.hr/ dostupno 18.03.2022.

Vrijednosna karta je beskontaktna vozna karta kojom je omogućeno plaćanje prijevoza za sve zone i linije prijevoznika koje putnik odabere, sukladno odredbama važećeg cjenika. Vrijednosnom kartom može se platiti prijevoz za više osoba i dnevna karta u prvoj tarifnoj zoni za jedan dan te višednevne karte za 3, 7, 15 i 30 dana. Vrijednosna karta kupuje se na prodajnim mjestima prijevoznika i prodajnim mjestima ugovornih partnera. Nadopuna vrijednosnih karata novčanim iznosom koji korisnik sam odabere, moguća je na svim prodajnim mjestima prijevoznika i na prodajnim mjestima TISKA. Vrijednosna karta se izdaje bez roka valjanosti i vrijedi neograničeno [37].



Slika 41: Vrijednosna karta;

izvor: www.zet.hr/, dostupno 23.03.2022.

Pretplatna karta zamjenjuje nekadašnji mjesečni ili godišnji pokaz, a namijenjena je ponajprije putnicima koji svakodnevno koriste javni prijevoz. Kartom se može služiti isključivo osoba na čije ime je izdana, a postaje valjana tek kada joj se pridruži takozvani "pretplatni kupon" (koji, pak, zamjenjuje nekadašnju "markicu"). Uz pretplatni kupon, koji se kartici dodjeljuje informatičkim putem, a čime se plaća usluga prijevoza, karta postaje valjana na određeno razdoblje i za određeno prometno područje, ovisno o vrsti dodijeljenog pretplatnog kupona. Sama kartica vrijedi 3,5 godine od dana izdavanje, bez obzira na promjene u statusu, odnosno profilu korisnika pa je nije potrebno zamjenjivati ukoliko putnik promjeni status obrazovanja, zaposlenja i slično. U tom se roku može nadopunjavati mjesečnim, odnosno godišnjim pretplatnim kuponima. Za izradu pretplatne karte korisnik treba priložiti ispunjen Zahtjev za izdavanje, jednu fotografiju dimenzija 3x3,5 cm te ostalo prema uputi na poleđini zahtjeva, ovisno o vrsti karte koju želi izraditi. Cijena izrade je 30 kuna i plaća se pri podnošenju Zahtjeva za izdavanje. [37].



Slika 42: Pretplatna karta;

izvor: www.zet.hr/ dostupno 18.03.2022.

Pri ulasku u vozilo ZET-a putnik je dužan registrirati se prislanjanjem pretplatne karte na uređaj za registraciju karata. Registracijom pretplatne karte putnik potvrđuje ispravnost karte odnosno uredno plaćenu prijevoznu uslugu kojom ostvaruje pravo na odabranu vožnju. Pretplatna karta koja nije uredno registrirana smatra se neispravnom vožnom kartom.

Tablica br. 8: *Izvod iz cjenika za prijevoz putnika i prtljage u javnome prijevozu putnika u Gradu Zagrebu, koji se primjenjuje od 20.08.2020.*

IZVOD IZ CJENIKA za prijevoz putnika i prtljage u javnome prijevozu putnika u Gradu Zagrebu, koji se primjenjuje od 20.08.2020.			
Pojedinačne papirnatne i E-vrijednosne karte u dnevnom/noćnom prometu			
Vrsta karte	Cijena karte u dnevnom prometu (kn)		Cijena karte u noćnom prometu (kn)
Jedna zona	4,00	30 min	15,00
	7,00	60 min	
	10,00	90 min	
Karte na liniji Mihaljevac-Sljeme	Jednosmjerna		Povratna
	11,00		20,00
Karte za uspinjaču	Jednosmjerna		Hitna

	4,00	20,00
Za putnike koji koriste pojedinačne i dnevne karte primjenjuje se jedinstveni tarifni sustav prema kojemu je cjelokupno područje Grada Zagreba jedna tarifna zona		
MJESEČNE PRETPLATNE KARTE		
Vrsta karte	Za korištenje samo ZET prijevoza(kn)	Za korištenje ZET + HŽ prijevoza (kn)
Opća	360,00	400,00
Učenička - osnovnoškolska	90,00	200,00
Učenička - srednjoškolska	100,00	200,00
Studentska	100,00	200,00
Umirovljenička	100,00	200,00
Socijalna	100,00	200,00
Opće, osnovnoškolske, srednjoškolske i studentske karte vrijede od prvog do zadnjeg dana u mjesecu, umirovljeničke od 20. dana u tekućem mjesecu do 19. dana u slijedećem mjesecu, a socijalna od 10. dana u tekućem do 9. dana u slijedećem mjesecu		

Izvor: www.zet.hr/ dostupno 18.03.2022.

Tablica br. 9: Godišnje pretplatne karte

GODIŠNJE PRETPLATNE KARTE		
Vrsta karte	Za korištenje samo ZET prijevoz (kn)	Za korištenje ZET + HŽ prijevoz (kn)
Opća – jednokratno pl.	3132,00	4320,00
Opća – obročno pl.	3480,00	4800,00
Osnovnoškolska	870,00	2160,00
Srednjoškolska	960,00	2160,00
Studentska	960,00	2160,00
Umirovljenička	960,00	2160,00

Izvor: www.zet.hr/ dostupno 18.03.2022.

Mjesečne i godišnje pretplatne karte vrijede za neograničen broj vožnji tramvaje, autobusom i uspinjačom u dnevnom i noćnom prometu na području Grada Zagreba. Učeničke i studentske godišnje karte vrijede 12 uzastopnih kalendarskih mjeseci. [37]

Valjanost karte potvrđuje se kratkim zvučnim signalom te zelenim svjetlom i porukom na zaslonu uređaja. Ako je karta neispravna oglasiti će se zvučni alarm te upaliti crveno svjetlo i poruka na zaslonu uređaja. Pretplatne karte izdaju se temeljem podnesenog zahtjeva za izdavanje pojedinih vrsta pretplatnih karata, utvrđenih cjenikom i odredbama (propisani obrazac Prijevoznika) te priloženih dokumenata koji služe kao dokaz o ispunjavanju uvjeta za izdavanje pretplatne karte te stjecanje profila korisnika (učenik, student, umirovljenik i drugi). Profil korisnika se elektroničkim putem upisuje u čip pretplatne karte.

Korisnik pretplatne karte istu može koristiti s osnova najviše dva profila korisnika, na koje ostvaruje pravo temeljem uvjeta utvrđenih cjenikom, odredbama, drugim važećim aktima prijevoznika ili važećim odlukama nadležnih tijela lokalne samouprave. Temeljem profila korisnika putnik ostvaruje pravo na kupnju ili izdavanje odgovarajućeg mjesečnog ili godišnjeg kupona za prometno područje na kojem koristi uslugu prijevoza koji se elektroničkim putem upisuje u čip pretplatne karte.

Korisnicima pretplatne karte koji istu koriste kao zajedničku kartu za ZET i HŽ prijevoz na području Grada Zagreba, osim elektronskog mjesečnog ili godišnjeg kupona ZETHŽ, upisanog u čip karte, uz pretplatnu kartu izdaje se i odgovarajuća mjesečna ili godišnja ZET-HŽ markica. Pretplatna karta vrijedi za osobu na koju glasi i nije prenosiva na druge osobe. [37]

Tablica br. 10: Pregled cijena voznih karata ZET-a

DNEVNE I VIŠEDNEVNE KARTE	
Vrsta karte	Cijena (kn)
Dnevna	30,00
3 dana	70,00
7 dana	150,00
15 dana	200,00
30 dana	400,00
Napomena: Vrijede samo u I. zoni	

Izvor: www.zet.hr/ dostupno 18.03.2022.

Sigurna internetska kupnja voznih karata je sve više prisutna u sustavima javnog prijevoza, na taj način se promiče zadovoljstvo kupaca ali i administrativni troškovi prodaje karata prijevoznika se mogu smanjiti. Nameće se ideja o ponovnom uvođenju i boljem implementiranju mobilnog sustava naplate karata preko mobilnih aplikacija. To bi bio jedan od novijih načina organizacije naplate voznih karata i za samu sigurnost vozača vrlo prihvatljiv, kao i instalacija uređaja za prodaju voznih karata unutar samog vozila što bi olakšalo i ubrzalo proces rukovanja i naplate karata.



Slika 43: Aparat za kupnju karata u tramvaju u Beču i poništivač karata u ZET-u, slikala autorica

Najznačajniji tehnološki elementi optimizacije u sustavu javnog gradskog prijevoza su:

- da je struktura mreža linije broj 6 optimalna – a to se temelji na putničkoj transportnoj potražnji koja je glavni čimbenik za dimenzioniranje sustava javnog prijevoza putnika
- da se polasci na linijama odvijaju prema režimu njihova održavanja, posebno za radni dan, posebno za subotu, posebno za nedjelju ili blagdane
- treba češće provoditi analizu oscilacije broja putnika na liniji tijekom raznih perioda u danu

- pristupiti što bržem otklanjanju poremećaja u voznom redu
- uvesti pravedniji sustav naplate i tarife karata, te kontrolu istih
- povećati broj poništavača karata, budući da je vrlo mali broj vrijednosnih karata i pokaza, a veća je prodaja papirnatih karata

Kod modela prednosti tramvaja, poboljšanja upravljanja prometom koja bi koristila tramvajskom prometu obuhvaćala bi sljedeće mjere:

- promjene u fazama semafora i vremenskoj podešenosti da se smanje zastoji tramvaja
- na odabranim raskrižjima dati automatsku prednost vozilima JGP
- premještanje tramvajskih stajališta na odabrane točke na položaj iza raskrižja da se smanje zastoji
- mogućnost dodavanja prometnih trakova za razvrstavanje zbog dodatnoga kapaciteta za prometni tok u raskrižju
- izgradnja pretjecanog traka za tramvaje na okretištu Črnomerec
- podizanje svijesti putnika i raditi na prometnoj kulturi istih
- postaviti video kamere na prednji dio tramvaja da snimi nepropisno ponašanje drugih sudionika u prometu ispred tramvaja, pritiskom na gumb automatski se šalje slika prekršitelja MUP-u, te da na osnovu registracijske oznake pronađu počinitelja prekršaja i sankcioniraju istog
- ograničiti TAXI prijevoznicima korištenje žute trake – izlazak putnika vozači taxi vozila često obavljaju van propisanih mjesta
- od strane policije provoditi mjere kontrole prometa na žutoj traci
- za problem sa pješačkim prijelazom neposredno prije Britanskog trga u smjeru Črnomerca, trebalo bi postaviti semafor za pješake kojim upravlja najava tramvajskog vozila, da je crveno za pješake tako dugo dok osobna vozila za desno skretanje ne skrenu i oslobode prolaz tramvaja da uđe u tramvajsko stajalište i iza njega da se upali zeleno svjetlo za pješake da slobodno prođu
- problem na Zrinjevcu u oba smjera je taj što žutu traku koriste i osobni automobili i taxi vozila koji si uzimaju za pravo da stanu ispred tramvaja i kod skretanja u desno, dok propuste pješake na pješačkom prijelazu, često iscure faza i tramvaj ne može prijeći križanje, te samim time gubi dodatne dvije minute



*Slika 44: Trg Nikole Šubića Zrinskog;
fotografirala autorica*

U svim prometnim modelima za promjene u sustavu veće prometne protočnosti, povećane sigurnosti prometa i manjeg zagađenja okoliša uključene su sljedeće vrste mjera:

- davanje prednosti vozilima JGP
- revizije faza i vremenske podešenosti semafora
- promjene faza za pješake i bicikliste na semaforima
- izgradnja dodatnih trakova na ključnim raskrižjima kroz lokalna proširenja
- uvođenje zabranjenih skretanja na raskrižjima uglavnom lijevih skretanja vezanih uz susjedne objekte za polukružno okretanje
- da se preuzmu specifična kretanja za nove priključne ceste
- proširenje ceste da se osiguraju autobusni trakovi, trakovi za tramvajski promet
- proširenje pločnika da se osigura dovoljna širina za kretanje pješaka, biciklista i ostalih nemotoriziranih vidova prometa
- određivanje lokacija novih stajališta i terminala za javni gradski promet
- izgradnja terminala sustava „Park and ride“.[32]

5.1.3. Optimizacija organizacijskog sustava

Optimizacija organizacijskog sustava sastoji se u izradi organizacijske sheme kojom se definira potrebno prometno osoblje (prije svega vozači kao izvršno osoblje o kojima izravno ovisi transportni proces) te potreban broj voznih jedinica kojima se planira izvršenje transportnih aktivnosti definiranih voznim redom u linijskom putničkom prometu te svim ugovornim obvezama. Optimizacija pretpostavlja angažiranje najmanjeg broja voznih jedinica i operativnog osoblja (u pravilu vozača) za izvršenje svih polazaka utvrđenih voznim redom prijevoznika (što je zakonska obveza prijevoznika). [26]

Organizacijska shema omogućuje spoznaju o:

- ukupnom prijevoznom putu (radnim danom, subotom te nedjeljom i praznikom),
- ukupnom broju potrebnih vozila,
- ukupnom broju operativnog osoblja (vozača),
- prosječnom prijevoznom putu po voznoj jedinici,
- prosječnom prijevoznom putu po vozaču,
- vremenu efektivne vožnje po vozaču,
- ukupnom vremenu provedenom na radu po vozaču itd.

Optimizacija organizacijskog sustava najbolje se vidi sada u vrijeme Co-vid pandemije, koja je najočitiija kroz nedostatak dovoljnog broja vozača tramvaja, nedovoljan broj ljudi u servisu. Jedan od efekata nedovoljnog broja vozača je i sama neorganiziranost same organizacija jer je unazad 20 godina dozvolila da joj je prosječna starost vozača 55 godina, koji su već vrlo „izrabljeni“, te se samim time prijevoz ne može efikasno organizirati.

To se odnosi na planiranje radnih sati vozača i perioda odmora a svako neočekivano bolovanje može uzrokovati velike probleme u organizaciji što se odražava i na troškove. Prije nego što će se poduzeti konkretni koraci organizacija mora imati cilj i viziju kako ga postići. Taj cilj bi trebao biti zapošljavanje adekvatnog broja vozačkog kadra sa odgovarajućom stručnom spremom. Zato je potrebno kroz istraživanje tržišta rada pribavit ljudske potencijale i kroz njihovu stalnu edukaciju stvoriti bazu za uspješno poslovanje prijevozne tvrtke.

Kako bi se optimiziralo upravljanje resursima transportnog procesa potrebna je stalna racionalizacija poslovanja, smanjenje neproizvodne vožnje – to je u večernjim satima kada je manja potražnja za prijevoz, a na liniji je isti broj vozila, praćenje vrijednosti pokazatelja djelovanja, praćenje održavanja tehničkih pregleda, tehničke ispravnosti – vrlo je velika vjerojatnost da će se zbog kvara tramvaja promet obustaviti minimalno na 20 – 30 min, ako ne vremenski i više, te se samim time stvara veliko nezadovoljstvo kod putnika i pruža se vrlo loša slika pouzdanosti i sl.

Vozače bi se češće trebalo kontrolirati od strane Centra za upravljanje prometom u vezi ostvarivanja polazaka sa okretišta, jer ako vozač krene dvije minute prije vremena zadanog toplomjerom na svim displejima će se pokazivati krivo vrijeme dolaska tramvaja te samim time korisnici usluga javnog gradskog prijevoza su vrlo nezadovoljni i to je jedan od glavnih razloga smanjene kvalitete usluge prijevoza.

5.1.4. Optimizacija ekonomskog sustava

Optimizacija ekonomskog sustava usmjerena je na niz čimbenika koji imaju utjecaj na rezultate poslovanja prijevoznika, posebice na efikasnost (iskazanu proizvodnošću rada) i efektivnost (iskazanu ekonomičnošću i financijskim rezultatom kao odnosom ukupnih prihoda i troškova). Bitan preduvjet uspješnog poslovanja nalazi se u istraživanju i utvrđivanju putničke potražnje, njezine veličine, strukture i dinamike jer se ukupan proizvodni potencijal transportnog poduzeća praktično definira na temelju putničke potražnje, odnosno prema njoj. Prekomjerni proizvodni potencijal (prekomjerni kapaciteti, materijalni resursi i/ili ljudski potencijali) ili nedostatni kapaciteti (nedostatni materijalni resursi i/ili ljudski potencijali) u odnosu na putničku potražnju rezultirat će nižom profitabilnošću ili čak negativnim financijskim rezultatom prijevoznika. [26]

Poslovanje ZET-a u posljednjih nekoliko godina svodi se na smanjenje rashoda kroz racionalizaciju poslovanja. Kroz pažljivo praćenje i analizu putničkih kilometara i utrošenih sati na radu vozila i radnog osoblja, mogu se utvrditi parametri proizvodnog učinka rada i efikasnosti što bi trebalo predstavljati podlogu za daljnje aktivnosti smanjenja troškova javnog gradskog prijevoza.

Uspostavljanje jedinstvene tarifne unije na području Zagrebačke županije za više prijevoznika na istoj trasi, pravedna raspodjela koja ovisi o količini pružene usluge, jednostavniju prilagodbu drugim različitim tarifnim modelima, te u potpunosti ukidanje dosadašnjih papirnatih karata novim elektroničkim kartama koje nam omogućuju elektroničku naplatu.

Sigurna internetska kupnja voznih karata je sve više prisutna u sustavima javnog prijevoza, na taj način se promiče zadovoljstvo kupaca ali i administrativni troškovi prodaje karata prijevoznika se mogu smanjiti. Nameće se ideja o ponovnom uvođenju i boljem implementiranju mobilnog sustava naplate karata preko mobilnih aplikacija. To bi bio jedan od novijih načina organizacije naplate voznih karata i za samu sigurnost vozača vrlo prihvatljiv, jer je velika dekoncentracija prisutna kod vozača dok prodaje kartu u vozilu.

Još jedan način organizacije prodaje karata je instalacija uređaja za tiskanje voznih karata unutar samog vozila, gdje bi putnik ubacio kovanice ili prislonio bankovnu karticu i kupio si putnu kartu za vremenski period koji mu je potreban da bi ostvario svoje putovanje.

Potrebno je uvesti sustav naplate karata u elektronskom obliku i to iz više razloga. Elektronska naplata karata više nije samo sredstvo za prikupljanje novčanih sredstava od korisnika usluge, nego također prikuplja veliku količinu informacija koje nude širok spektar mogućnosti da javni prijevoz bude jednostavniji za korištenje, upravljanje i kontrolu. Isto tako nudi mogućnost uvođenja strukture integriranih cijena koje nije lako postići tradicionalnim metodama naplate. Uvođenje takvog sustava naplate rezultiralo bi se smanjenje gužvi na pultovima i uređajima za prodaju karata i smanjenje vremena ukrcaja putnika u prijevozno sredstvo. Pružateljima usluga JGP-a lakše je suzbiti ilegalne vožnje, vandalizam i povećati prihod.

Za putnika bi to predstavljalo udobnost i brzinu bez gotovine, jednostavan način uplate novca na e-card i obnovu kartica, laka mogućnost zamjene kod krađe i zamjene e-carda.

Za samog prijevoznika, odnosno za ZET, uvođenje nove naplate rezultira slijedećim:

- povećanjem prihoda
- smanjenjem mogućnosti krivotvorenja karata
- mogućnosti kontrole radnog učinka kontrolora karata
- statističkim podacima za optimalizaciju prometne ponude
- integracijom s postojećim poslovnim sustavima u ZET-u i izvan ZET-a

Javni gradski prijevoz nije komercijalan te se ne može financirati samo od prodaje karata. Veliki dio troškova nužno je financirati putem subvencija od Grada Zagreba kao vlasnika. Postoje neki prijedlozi u posljednje vrijeme, uslijed promjene na političkoj sceni i vlasti u gradu, da bi se javni prijevoz mogao dodatno subvencionirati i iz poreza na imovinu, naplatom zagušenja, većom cijenom parkiranja u središtu grada, kroz razne marketinške metode – reklame na vozilima, na stajalištima, rolo reklame na bočnim stranama stajališta, naplaćivanjem naknade kroz registraciju vozila, te putem razvojnih pristojbi.

5.1.5. Optimizacija ekološkog sustava

Da bi se stanovnici i njihov okoliš zaštitio od štetnog utjecaja prometa, potrebno je zbog sve većih prometnih zagušenja u Gradu Zagrebu, uvesti regulaciju prometnih tokova koji se slijevaju u sam grad te se time javlja potreba uvođenja sustava upravljanja prometom.

Zbog porasta broja vozila u vršnim opterećenjima, u jutarnjem dolasku na posao i popodnevnom odlasku s posla, odvijanje prometa na glavnim prometnim pravcima grada Zagreba postaje nemoguće. Sagledavajući sve činjenice, potrebno je problem zagušenja prometa i nepotrebnog zagađenja okoliša tim prometom riješiti na način da se uvede sustav praćenja prometnih tokova. Sam sustav bi na temelju prikupljenih i obrađenih statističkih podataka za određeno vršno opterećenje uveo neke od mogućih mjera koje će bitno utjecati na smanjenje prometnog zagušenja i zagađenja. [32]

Prednosti javnoga gradskog i prigradskog prijevoza sve se više aktualiziraju u nas i u svijetu. U prometu u gradovima naročitu pozornost treba obratiti odnosima među granama prometa i pri tome valja istaći ekološki aspekt u potrošnji energije, izravnoj emisiji štetnih tvari, štetnom djelovanju buke, zauzimanju prostora i sigurnosti prometa. S obzirom na to da je promet veličina stohastičkoga karaktera, koja ovisi o mnoštvu čimbenika, za očekivati je da će vrijednosti prometnih tokova uvelike oscilirati, kao i dosadašnji podaci i istraživanja, koja su za svoje potrebe izvodile različite institucije da bi dobile opravdanje za svoje projekte i ulaganja u povećanje propusna moći, novu izgradnju kao i sve većim dimenzioniranjem prometnica. [32]

Ekološki sustav također je jedan od važnih čimbenika razvoja javnog prijevoza jer treba voditi brigu o ekološkim standardima. Da bi se postigli ciljevi zaštite okoliša u tramvajskom prometu tu je u pitanju prvenstveno buka, te se provode mjere zaštite od emisije buke (gradnja zaštitnih zidova, sadnja odgovarajuće vegetacije). Rekonstrukcija postojećih starih tračnica

zamjenjuju se novim tračnicama te će se smanjiti razina buke, dok su sama okretišta javnog prijevoza općenito veliki izvor buke, te bi se morala iznaći neka nova građevinska rješenja za iste.

Sigurnost i izazovi u tramvajskom prometu ZET - ima visoko operativno opterećenje te se na većini linija dostižu maksimalni kapaciteti u vršnim dnevnim vremenima. Uočeno je kako su glavni problemi u prometovanju uzrokovani lutajućom strujom - predstavlja dio struje koji na mjestima slabije izolacije izlazi iz tramvajskih tračnica te na tim mjestima, kao posljedica istjecanja struje iz tračnica, dolazi do kemijske reakcije oksidacija što posljedično dovodi do korozije metala. U Zagrebu su primijećena oštećenja tramvajske pruge uzrokovana korozijom tračnica uslijed djelovanja lutajuće struje (Vranešić i Lakušić, 2017)., kao i slabom oborinskom odvodnjom, lošom kvalitetom tračničke podloge i prevelikim opterećenjem kolosijeka. [36]

Uočen je veliki zaostatak u pogledu modernizacije stajališta kao i njihove prilagođenosti svim skupinama putnika, a osobito osobama s invaliditetom i osobama sa smanjenom pokretljivošću. Primjećuje se također infrastrukturni zaostatak kod tramvajskih i autobusnih spremišta koja su zbog zastarjelosti i nedostatka investicija na granici svog radnog kapaciteta. Uz to, još nije provedena prilagodba spremišta za novija i dulja niskopodna tramvajska vozila s manjim razmakom od tla pa posljedično tome ni njihovo skladištenje nije adekvatno realizirano.

Sigurnosni su problemi prepoznati na tramvajskim stajalištima koja se nalaze na nogostupima jer nisu dovoljno odvojene od razine pločnika odgovarajućim visinskim elementima, te na dijelu tramvajskih stajališta nema izgrađene infrastrukture za osobe s invaliditetom, poput oznaka, vodilica za slabovidne osobe i rampe čime se ograničava dostupnost javnog prijevoza navedenim skupinama stanovništva te se ugrožava njihova sigurnost.

Posljednjih godina, novouređena stajališta imaju bolju pristupačnost i trake vođenja za slijepe i slabovidne osobe. U autobusima i tramvajima postoje audio-vizualne poruke s najavom stajališta na trasi putovanja. Niskopodna tramvajska vozila opremaju se rampama za ulaz/izlaz osoba s invaliditetom.[36]



Slika 45: Rampa u niskopodnom tramvaju;
izvor: www.vecernji.hr/ dostupno 18.03.2022.

6. ZAKLJUČAK

Grad Zagreb i Zagrebačka županija zbog sve većeg stupnja motorizacije za posljedicu ima sve učestalija prometna zagušenja. Zagušenja se na prometnoj mreži očituju u vremenskim i financijskim troškovima, kao i sve većim emisijama buke i štetnih plinova.

Osnovni cilj postojanja i odvijanja prometnog sustava, kao i same tehnologije prometa i transporta je obavljanje transportne potražnje odgovarajućom prometnom ponudom na određenom optimalnom nivou. Ovim radom nastojao se dati detaljan prikaz moguće optimizacije tramvajske linije broj 6 u javnom gradskom prijevozu u Gradu Zagrebu koja se odvija trasom od polaznog okretišta na Črnomercu, Ilicom do Trga bana Jelačića, te Zrinjcem do Glavnog kolodvora i dalje Branimirovom do Autobusnog kolodvora i dalje ulicom Marina Držića preko Save do Zapruđa i dalje do okretišta u Sopotu.

Optimizacija tehničkog sustava odnosi se na tramvaj kao prijevozno sredstvo i njegove tehničke karakteristike, kao i prometnu infrastrukturu – tračnice i terminale, te unaprijeđeni informacijski sustav bez kojeg bi bila nezamisliva koordinacija prometnog osoblja i pravovremeno informiranje putnika. Unazad 15 godina vozni park se obnovio novim vozilima. NT 2200 pruža moderan i funkcionalan pristup javnom prijevozu uz prepoznatljiv dizajn i vrhunske tehničke karakteristike. Motorna kola opremljena su suvremenim zvučnim, vizualnim i informacijskim sustavom za obavješćavanje putnika, te uređajima za ostvarivanje veze sa centrom za organizaciju i kontrolu prometa.

Optimizacije tehnološkog sustava na tramvajskoj liniji broj 6 može se sagledati kroz porast kvalitetnije transportne usluge i povećanja sigurnosti putnika. Djelovanje sustava temelji se na optimizaciji voznog reda kojeg možemo utvrditi prethodnom analizom vremena obrta na liniji, udaljenošću između stanica kao i sama duljina linije da bi se ostvarila zadovoljavajuća razina kvalitete prijevozne usluge njezinom točnošću, učestalošću, redovitošću i udobnošću.

Optimizacija organizacijskog sustava na način da se osigura dostatan broj tramvaja na liniji za radni dan, vikendom i praznikom. Koordinacija radnog osoblja i informiranje putnika, te način i mogućnost kupnje i prodaje karata.

Ekonomičnost poslovanja ZET-a u posljednjih nekoliko godina svodi se na smanjenje rashoda kroz racionalizaciju poslovanja. Kroz pažljivo praćenje i analizu putničkih kilometara i utrošenih sati na radu vozila i radnog osoblja mogu se utvrditi parametri proizvodnog učinka

rada i efikasnosti što bi trebalo predstavljati podlogu za daljnje aktivnosti smanjenja troškova javnog gradskog prijevoza.

Ekološki sustav također je jedan od važnih čimbenika razvoja javnog prijevoza jer treba voditi brigu o ekološkim standardima. Da bi se postigli bitni ciljevi zaštite okoliša u tramvajskom prometu tu je u pitanju prvenstveno buka, te se provode mjere zaštite od emisije buke (gradnja zaštitnih zidova, sadnja odgovarajuće vegetacije). Rekonstrukcija postojećih starih tračnica zamjenom novih tračnica smanjit će se razina buke, sama okretišta javnog prijevoza su općenito veliki izvor buke, te bi se ona trebala izmjestiti na nove lokacije.

Davanja prioriteta vozilima JGP-a bilo bi od velikog značaja jer ima izravan utjecaj na vrijeme vožnje i na vrijeme putovanja. Time bi se postigla stabilnost, točnost i pouzdanost voznih redova, stabilnija frekvencija vozila, te je moguće da bi se i mogao smanjiti broj potrebnih vozila u radu, ostvarile bi se bitne energetske uštede kao i uštede u radnom osoblju. Time bi se smanjili troškovi, negativni utjecaj na okoliš, došlo bi do povećanja sigurnosti u prometu, rasterećenja gradske mreže i ono što je danas najbitnije da se daje alternativa za smanjenje korištenja osobnih vozila.



IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student or govora za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, DUBRAVKA ČUKIĆ (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom _____ (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

OPTIMIZACIJA TRAMVAJSKE LINIJE BROJ 6
U JAVNOM GRADSKOM PRIJEVOZU Student/ica:
PUTNIKA GRADA ZAGREBA (upisati ime i prezime)

Dubravka Čukić
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, DUBRAVKA ČUKIĆ (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom OPTIMIZACIJA TRAMVAJSKE LINIJE (upisati naslov) čiji sam autor/ica. BROJ 6 U JAVNOM GRADSKOM PRIJEVOZU
PUTNIKA GRADA ZAGREBA

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Dubravka Čukić
(vlastoručni potpis)

LITERATURA

- [1] [https://Via Appia/](https://Via_Appia/) dostupno :1.2.2022.
- [2] <https://edutorij.e-skole.hr/> , dostupno: 1.2..2022.
- [3] Feletar P., *Hrvatske povijesne ceste, Karolina, Jozefina i Lujzijana*, Prometno-geografska studija o povezivanju kontinentalne i Jadranske Hrvatske, Zagreb, Samobor, 2015.
- [4] Šobota V., *105 godina Zagrebačkog električnog tramvaja*, Zagreb, 1996., str. 3.
- [5] <https://www.zet.hr/> dostupno: 1.2.2022.
- [6] Šobota V., *105 godina Zagrebačkog električnog tramvaja*, Zagreb, 1996., str. 3.
- [7] Šobota V., *105 godina Zagrebačkog električnog tramvaja*, Zagreb, 1996., str. 18.
- [8] Šobota V., *105 godina Zagrebačkog električnog tramvaja*, Zagreb, 1996., str. 23.
- [9] Šobota V., *105 godina Zagrebačkog električnog tramvaja*, Zagreb, 1996., str. 37.
- [10] <https://www.prometna-zona.com/povijest-zet-a/>,dostupno 1.2.2022.
- [11] Šobota V., *105 godina Zagrebačkog električnog tramvaja*, Zagreb, 1996., str. 38.
- [12] Šobota V., *105 godina Zagrebačkog električnog tramvaja*, Zagreb, 1996., str. 38.
- [13]<https://www.zet.hr/> dostupno 1.2.2022.
- [14] <https://www.zet.hr/> dostupno 1.2.2022.
- [15] <https://www.zet.hr/> dostupno 1.2.2022.
- [16] Štefančić, G.: *Tehnologija gradskog prometa 1.*, str. 97.
- [17] Štefančić G., *Tehnologija gradskog prometa I*, Zagreb 2008., str. 98.-99.
- [18] Jugović, Poletan. T.: *Prilog definiranju kvalitete transportno - logističke usluge na prometnom pravcu*, 2007., str. 17.
- [19] Štefančić G.; *Tehnologija gradskog prometa 2*, Zagreb, 2008., str. 14.
- [20] <https://www.atron.com/home.html/>dostupno 2.2.2022.
- [21] Zagrebački električni tramvaj, »Sustav za nadzor i upravljanje u ZET-u,« Zagrebački električni tramvaj, Zagreb, 2011.
- [22] Centar za nadzor i upravljanje prometa ZET-a
- [23] Jugović, Poletan T.: *Prilog definiranju kvalitete transportno - logističke usluge na prometnom pravcu*, 2007., str. 29.
- [24] *Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje*. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021.; <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=45345/> dostupno 4. 2. 2022.
- [25] <https://hr.encyclopedia-titanica.com/significado-de-optimizar/> dostupno 4.2.2022.

- [26] <http://files.fpz.hr/Djelatnici/mrajsman/Marijan-Rajsman-Tehnologija-prijevoza-putnika-u-cestovnom-prometu.pdf/> dostupno 4.2.2022.
- [27] Brčić D, Ševrović M. *Logistika prijevoza putnika*, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti; 2012-
- [28] Brčić D, Šimunović L, Slavulj M. *Upravljanje prijevoznom potražnjom u gradovima*; Zagreb: Fakultet prometnih znanosti; 2016
- [29] Malić, A., Badanjak, D., Rajsman, M.: *Employment Dynamics in the Croatian Traffic System*, ICTS 2005, Transportation Logistics in Science and Practice, Fakulteta za pomorstvo i promet, Portorož, 2005.
- [30] Rajsman, M.: *Tehnologija cestovnog prometa*, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti; 2012.
- [31] Mezghani, M. Study on electronic ticketing in public transport: EMTA; 2008, <http://www.emta.com/IMG/pdf/EMTA-Ticketing.pdf/> dostupno 7.2.2022.
- [32] https://www.bib.irb.hr/260259.golubic_paper.pdf/ dostupno 7.2.2022.
- [33] Bošnjak I.: *Inteligentni transportni sustavi 1*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Hrvatska, 2006.
- [34] Šojat. D: *Analiza prioriteta tramvajskog podsustava u gradu Zagrebu*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Hrvatska, 2012.
- [35] <https://www.zet.hr/UserDocsImages/Dokumenti%20i%20obraci%20za%20preuzimanje/Poslovna%20izvje%C5%A1%C4%87a%20ZET/Polugodi%C5%A1nje%20izvje%C5%A1%C4%87e%201-6%202021.pdf.pdf?vel=5247940/> dostupno 10.03.2022.
- [36] *Master plana prometnog sustava Grada Zagreba, Zagrebačke županije i Krapinsko-zagorske županije*, Dubrovnik, 2020.
- [37] <https://www.zet.hr/tabovi-dolje/vrste-karata/49/> dostupno 23.03.2022.
- [38] <https://www.vecernji.hr/zagreb/smetali-su-studenti-morali-ugasiti-zetcheck-aplikaciju-tocniju-od-zet-a-935804/> - www.vecernji.hr/ dostupno 23.03.2022.

POPIS SLIKA

Slika 1. Via Appia.....	9
Slika 2. Prvi električni tramvaj u Zagrebu.....	11
Slika 3. Ganzova motorna kola iz 1911. godine s teretnim prikolicama na Savskoj cesti u blizini mosta	11
Slika 4. Trasa tramvajske linije broj 6 – nastala kroz povijest.....	13
Slika 5. Okretište Črnomerec	14
Slika 6. Okretište Črnomerec.....	15
Slika 7. Spremište tramvaja u Dubravi.....	16
Slika 8. Mreža dnevnih tramvajskih linija s popisom autobusnih linija.....	19
Slika 9. Mreža noćnih linija.....	20
Slika 10. Centar za nadzor i upravljanje prometom u ZET-u.....	21
Slika 11. Interplan.....	23
Slika 12. Atron RBL.....	23
Slika 13. Načelna struktura Atron sustava ATRIES RBL.....	24
Slika 14. Trasa tramvajske linije broj 6.....	25
Slika 15. Početni izbornik programa INTERPLAN.....	27
Slika 16. Stvaranje trase linije broj 6.....	27
Slika 17. Profil linije broj 6.....	28
Slika 18. Tablični prikaz linije 6, dio trase (smjer A).....	28
Slika 19. Slijed linije 6 (smjer A).....	29
Slika 20. Grafički prikaz A i B smjera linije 6.....	29
Slika 21. Statistika linije 6.....	30
Slika 22. Narudžba kola po voznom redu linije.....	31
Slika 23. Grafički prikaz vozila na liniji po tipu NT 2200 i ČKD.....	31
Slika 24. Toplomjer izlaza vlakova iz spremišta Dubrava	32
Slika 25. Toplomjer povrata vlakova u spremište Dubrava	33
Slika 26. Toplomjer za vozni red 0606.....	33
Slika 27. Raspored rada za radni dan za liniju 6.....	36
Slika 28. Analiza popunjenosti tramvajske linije broj 6 – presjek Slovenska – Slavonska u	

<i>smjeru grada, 2016 godine</i>	39
Slika 29. <i>Analiza popunjenosti tramvajske linije broj 6 – presjek Slovenska – Slavonska iz grada, 2016 godine</i>	40
Slika 31. <i>DFI display za informaciju putnicima o polascima vozila sa stajališta</i>	41
Slika 32. <i>Displej u unutrašnjosti vozila</i>	44
Slika 33. <i>Putno računalo FR City</i>	45
Slika 34. <i>Raspored vožnje linije 6</i>	49
Slika 35. <i>Info stup na početnom stajalištu</i>	50
Slika 36. <i>Prikaz prometnih nesreća na liniji 6</i>	49
Slika 37. <i>Stajalište na Črnomercu</i>	55
Slika 38. <i>Pojedinačna karta za jednu zonu u trajanju od 30, 60 i 90 minuta</i>	57
Slika 39. <i>Karta za noćnu vožnju</i>	58
Slika 40. <i>Dnevna karta</i>	58
Slika 41. <i>Vrijednosna karta</i>	59
Slika 42. <i>Pretplatna karta</i>	60
Slika 43. <i>Aparat za kupnju karata u tramvaju u Beću i poništivač karata u ZET-u</i>	63
Slika 44. <i>Trg Nikole Šubića Zrinskog</i>	65
Slika 45. <i>Rampa u niskopodnom tramvaju</i>	72

POPIS TABLICA:

Tablica br. 1: <i>Dnevne tramvajske linije</i>	18
Tablica br. 2: <i>Noćne linije</i>	20
Tablica br. 3: <i>Popis stajališta i udaljenosti</i>	28
Tablica br. 4: <i>Eksploatacijski pokazatelji u jesenskom rasporedu za radni dan</i>	37
Tablica br. 5: <i>Nesreće po satu u danu</i>	52
Tablica br. 6: <i>Vrsta nesreća</i>	52
Tablica br. 7: Podaci dnevnih tramvajskih linija na području Grada Zagreba za radne dane.	53
Tablica br. 8: Izvod iz cjenika za prijevoz putnika i prtljage u javnome prijevozu putnika u Gradu Zagrebu, koji se primjenjuje od 20.08.2020.....	58
Tablica br. 9: Godišnje pretplatne karte.....	59
Tablica br. 10: Pregled cijena voznih karata ZET-a.....	60