



KARAKTERISTIKE ŠINSKOG SISTEMA JAVNOG GRADSKOG PREVOZA PUTNIKA
CHARACTERISTICS OF RAIL SYSTEMS PUBLIC TOWN TRANSPORT OF
PASSENGERS

Siniša Kežić, Milan Simeunović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – SAOBRAĆAJ

Kratak sadržaj – U radu su predloženi svi konvencionalni načini linijskog prevoza putnika u gradu, sa posebnom analizom lakog šinskog sistema u TelAviv-u i date su određene preporuke za gradove u okruženju.

Ključne reči: javni prevoz putnika, šinski saobraćaj, laki šinski sistem prevoza putnika

Abstract – The paper presents all the conventional modes of regular passenger transportation in the city, with a special analysis of the light rail system in TelAviv, and sets out a recommendation for cities in the surrounding area.

Keywords: Public passenger transport, rail transport, light rail passenger transport system.

1. UVOD

Javni gradski prevoz putnika (JGPP) se sastoji od prevoznih sistema sa ustaljenim trasama koji saobraćaju prema unaprijed utvrđenom redu vožnje. Cilj javnog gradskog prevoza putnika jeste da zadovolji potrebe za putničkim prevozom, a korišćenje je dostupno svakome ko plati cijenu prevoza prema utvrđenoj tarifi. Postoje razne klasifikacije transportnih sistema, a jedna od njih se vrši prema vrsti kolovoznih elemenata po kojima se kreću vozila JGPP-a na:

- Vidove drumskog javnog gradskog prevoza (autobusi, trolejbusi),
- Vidovi šinskog prevoza (tramvaj, LRT, metro i prigradska željeznica)

Koji će se vid prevoza primjenjivati zavisi od veličine grada, broja stanovnika, prevoznih zahtjeva, standarda društva i slično. Šinski prevoz se razlikuje od drumskog prevoza po sledećim odlikama: spoljašnjem vođenju, šinskog tehnologiji, električnoj vuči i izdvojenosti trase. Koliko su u šinskom sistemu zastupljene navedene odlike zavisiće i razlika između vidova šinskog sistema. Kod metroa su zastupljene sve odlike, dok tramvaj ima obično djelimično izdvojenu trasu, a neke prigradske i regionalne željeznice koriste dizel vuču umjesto električne.

U poslednje vrijeme najbrže se razvija tzv. laki šinski prevoz koji postaje tehnička inovacija za postojeći tramvajski sistem.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Milan Simeunović.

Prije uvođenja bilo kog sistema prevoza u gradu potrebno je dimenzionisati potreban kapacitet. Veličina putničkih tokova definiše kapacitete koja određena vrsta prevoznog sredstva mora da zadovolji, tako da su utvrđene fizičke i ekonomske granice do kojih ima opravdanosti koristiti neko sredstvo.

Predmet ovog rada je sistematično predstavljane karakteristika svih vidova šinskog prevoza putnika u gradu, počev od najstarijih začetaka, pa do najsavremenijih sistema, sa posebnim osvrtom na LRT sistem prevoza. Naime, u TelAvivu je započeo proces instalacije LRT sistema kao nosećeg vida prevoza, a u radu je analiziran projekat i prognozirano opterećenje linija.

2. ISTORIJSKI RAZVOJ ŠINSKOG SISTEMA

Istorijske činjenice i pronalasci jasno ukazuju da je čovjek odavno koristio različita transportna sredstva. Ozbiljan razvoj gradskog putničkog prevoza nastaje tokom i nakon industrijske revolucije. Do tada su se potrebe za prevozom zadovoljavale: nosiljkama, fijakerima, posebno prilagođenim kočijama, a nešto kasnije započela je proizvodnja i prvih automobila. Sredinom XIX i početkom XX vijeka na postojeću uličnu mrežu počinju se postavljati šine kojima su saobraćala vozila vučena konjima. Ta vozila su se nazvala tramvaj. Nakon što je pogon konjima zastario, počeo se pokretati čeličnim užadima, akumulatorski, parno, dizel mašinama i na kraju na osnovu električnog pogona.

Gradnja i eksploatacija pruge na uličnoj mreži uskoro postaje nebezbedna, zbog sve većeg broja vozila i stanovnika. Započelo se razmišljati o gradnji pruge ispod zemlje. Na našem govornom prostoru takav vid prevoza se nazvao metro, a karakteriše ga djelimično ili pretežno podzemno vođenje. U nedostatku adekvatne mehanizacije ovakva gradnja je zahtjevala ogromnu investiciju.

Kako bi se pronašao kompromis između zastarjelog tramvaja i skupog metro prevoza, krajem XX vijeka se definiše pojam LRT (Light Rail Transit) koji koristi uglavnom rezervisanu mrežu šina, ali ne i nužno izdvojenu od drumskih saobraćajnica. Glavna prednost u odnosu na tramvaj su veći kapacitet, može se više jedinica spojiti zajedno, brži i tiši u radu.

3. KARAKTERISTIKE TRAMVAJA

Tramvaj je električno prevozno sredstvo namijenjeno za masovni gradski prevoz putnika, koji se kreće po šinama uskog ili normalnog kolosijeka (širina 1000 mm ili 1435 mm). Najčešće funkcioniše kao samostalna jedinica u mješovitom saobraćaju i uglavnom na gradskim ulicama. Kao glavne prednosti tramvaja navode se:

1. Ekološke prednosti. Tramvaj ne emituje izduvne gasove, pošto za svoje kretanje koristi električnu energiju.
2. Prednosti u infrastrukturi. Izgrađena infrastruktura ima veću trajnost, održavanje je jednostavnije i brži je remont.
3. Pristupačnost. Stanice su na površini, te su pristupačnije za razliku od onih pod zemljom.
4. Ekonomska prednost. Pošto su vozila izdržljiva, a infrastruktura traje i do 50 godina, mala su ulaganja u remont.

Kao glavni nedostatak tramvaja navodi se visoka cijena postavljanja infrastrukture.

3.1. Tehničko-tehnološke karakteristike tramvaja

Klasični današnji tramvaj se izrađuje kao 2, 4, 6, 8 – osovinsko prevozno sredstvo namijenjeno za masovni prevoz tereta koji ima sledeće tehničko-eksploatacione karakteristike:

- Dužina 12-21 m
- Širina 2,2-2.7 m
- Visina 3,0-3,6 m
- Kapacitet 100-265 putničkih mjesta
- Minimalni radijus okretanja 12-25 m
- Maksimalna brzina 65-100 km/h
- Broj motora 2-8 komada

Izbor tramvaja sa odgovarajućim karakteristikama zavisi od potrebnog kapaciteta, konfiguracije terena i mogućnosti investicijskih ulaganja.

3.2. Saobraćajna infrastruktura tramvajskog sistema

Odvijanje tramvajskog saobraćaja je nemoguće ako predhodno nisu obezbeđeni sledeći infrastrukturni elementi:

1. Drumska saobraćajnica
2. Tramvajska pruga
3. Elektroenergetska postrojenja
4. Terminali (terminusi)
5. Stajališta
6. Tramvajski depo
7. Tramvajska signalizacija

Navedeni infrastrukturni elementi zahtevaju određena investicivna ulaganja, a prilikom ulaganja u tramvaj najvažniji su sledeći troškovi:

- Troškovi nabavke vozila
- Troškovi izgradnje infrastrukture
- Troškovi eksploatacije i održavanja

Troškovi nabavke vozila i izgradnje infrastrukture su prikazani u Tabeli 1, dok troškovi eksploatacije zavise od obima poslovanja, a najbitniji su troškovi saobraćajnog osoblja, troškovi održavanja trase, troškovi održavanja vozila, troškovi električne energije i ostali administrativni troškovi.

Tabela 1. Troškovi izgradnje dva kolosijeka za tramvaj (u milionima eura)

TROŠKOVI	CIJENA
Tramvajsko vozilo	1,0-2,0
Kolosijek (km)	1,0-2,0
Napojna mreža	1,0-2,0
Površinska stanica	<0,05
Manevarska stanica	5-20
Radionica	10-30

4. KARAKTERISTIKE LRT-a

Laki šinski sistem ili laka gradska željeznica (LRT) je oblik gradskog željezničkog prevoza koji generalno ima manje brzine od prave željeznice i sistema podzemnih željeznica, a veći kapacitet od tramvaja. Vrlo je teško napraviti razliku između lakog šinskog prevoza i tramvajskog sistema. Postoje značajna preklapanja ove dvije tehnologije, tako da je možda pravilnije tramvaj klasifikovati kao podvrstu lakog šinskog saobraćaja, umjesto izdvajati ga kao potpuno različiti vid prevoza.

Laki šinski prevoz se pokreće električnom energijom, uglavnom nadzemnim vodovima, ali ponekad i direktno preko šine, što je takođe poznato i kao "treća šina". Napajanje preko šine zahtjeva dodatne mjere opreza i neophodna su posebna upozorenja pješacima i putnicima da ne dolaze u kontakt sa njom.

Karakteristike sistema LRT se mogu posmatrati sa dva aspekta. Prvi aspekt je kapacitet sistema, a drugi aspekt čine elementi podužnog profila i detalji vezani za vozilo i sistem infrastrukture. Osnovna prednost lakog šinskog prevoza je ekonomske prirode. Generalno je jeftiniji za izgradnju od teške željeznice, manje je zahtjevan po pitanju infrastrukture, a obično nisu potrebni ni tuneli, kao što je slučaj sa većinom metro sistema. Dok učestvujući u mješovitom saobraćaju, često su saobraćajne nezgode LRT vozila sa ostalim vozilima te je to jedan od glavnih nedostataka koji se pripisuju ovom sistemu.

4.1. Ograničenja u eksploataciji LRT sistema

Eksploatacione karakteristike sistema javnog gradskog prevoza jednostavno je analizirati preko njegovog kapaciteta. Na parameter eksploatacije utiču razna ograničenja, a najčešća su:

- Kapacitetna ograničenja
- Prostorna ograničenja
- Ograničenja na raskrsnicama

Kapacitet sistema LRT je izražen kroz frekvenciju broja vozila i kapacitet prevozne jedinice ili složenog sistema od nekoliko jedinica. Kapacitet prevozne jedinice zavisi od dužine i širine vozila, procenta putnika koji sjede i planiranog standarda kvaliteta prevoza za putnike koji stoje. Analizom je konstatovano da je sistem LRT sposoban da pruži kapacitet od:

- 8.000 mjesta/h sa vozilima dužine 30 metara, frekvencijom od 40 vozila/h, pri standardu od 4 put/m².
- 16.000 mjesta/h sa modularnim vozilima dužine 60 metara i standardnom od 4 put/m².
- 32.000 mjesta/h sa vozilima dužine 120 metara, frekvencijom od 40 vozila/h i standardom od 4 put/m².

Kod površinskog vođenja LRT sistema najveće ograničenje je u mogućnosti savlađivanja nagiba većeg od 10% i radiusa krivine manjeg od 20-25m. Ovaj nedostatak se može nadomjestiti kroz izgradnju kraće podzemne dionice. Širina kolosjeka takođe predstavlja prostorno ograničenje. Minimalna širina profila dvokolosječne pruge je 7 do 7,5 metara ukoliko je smještena u centralnom dijelu saobraćajnice.

U situaciji kada se LRT vozila međusobno ukrštaju ili se ukrštaju sa drugim učesnicima u površinskom saobraćaju, brzina LRT vozila se smanjuje i javljaju se različiti poremećaji. Poboljšanje prolaska kroz raskrsnicu se postiže uvođenjem prioriteta za LRT vozila.

5. KARAKTERISTIKE METRO SISTEMA

Metro sistem je ograničen na određen broj utvrđenih trasa, pa mora biti dopunjen sa fleksibilnim sistemima javnog prevoza. Upravljanje ovakvim sistemom obično vrši država ili državna korporacija. Imajući u vidu da su neophodne veoma velike investicije, metro sistem je rijetko u rukama privatnog sektora.

Izgradnji metro sistema prethode mnoge studije i razmatranja koja se temelje na različitim ciljevima. Često jedan cilj dominira među ostalima. Ovdje su ciljevi klasifikovani u tri kategorije:

- Neposredni ciljevi
- Specifični ciljevi
- Ciljevi najvišeg reda

Neki do neposrednih ciljeva su: povećanje brzine putovanja, obezbjeđenje adekvatnih prevoznih kapaciteta, rasterećenje uličnog zagađenja, veća pouzdanost, bezbednost i udobnost. Pojedini neposredni ciljevi se mogu kvantitativno mjeriti (brzina, kapacitet), dok se neki drugi moraju vrednovati na drugi način. Osim neposrednih, postoje i neki specifični ciljevi kao npr.: jačanje centralnog urbanog područja, povezivanje područja između kojih postoji geografska prepreka, stimulacija razvoja perifernih područja. Specifični ciljevi se ne mogu precizno kvantifikovati, pa je njihovo vrednovanje najčešće u drugom planu. Naposljetku, u ciljeve najvećeg reda se ubrajaju: povećanje broja korisnika JGPP-a čime se povećava mobilnost, ponuda prevozne usluge visokog kvaliteta, privlačenje vlasnika automobila u sistem javnog prevoza, stvaranje bolje ravnoteže između javnog i privatnog sistema prevoza. Kako su ciljevi najvišeg reda uglavnom kvalitativne prirode, postoji tendencija da se njihov značaj podcijeni.

5.1. Tehničko-eksploatacione karakteristike metroa

Po osnovnim tehničko-tehnološkim karakteristikama razlikuju se metro i regionalni metro, koji predstavljaju zasebne sisteme. Metro ima mogućnost prevoza 35.000-60.000 put./h, a regionalni metro 65.000-100.000 put./h. Danas se smatra da je donja granica za uvođenje metroa u nekim gradovima između 750.000 i 2.000.000 stanovnika. Pojedine kompozicije metroa mogu biti sastavljene od najviše 6 vozila sa ukupno 900 do 1100 mjesta.

Karakteristike metroa zavise od specifičnih uslova svakog grada, odabranih tehničkih rješenja za građevinske objekte, izbor vozila i stabilnih postrojenja električne vuče, te same organizacije prevoza. Ipak, kao značajne zajedničke karakteristike mogu se navesti sledeće:

- Visina treće šine iznad gornjeg ruba šine kolosjeka 120-180 mm,
- Širina kolosjeka je standardna, tj. 1435 mm,
- Najveći usponi pruge su do 20%, a za vozila sa gumenim točkovima do 40%,
- Najmanji poluprečnik zavoja je od 75-120 metara,
- Udaljenost između stanica je od 800-900 metara.

Ispitivanja su pokazala da je eksploataciona brzina većine metro sistema u opsegu od 30 do 40 km/h i da je ta vrednost brzine uglavnom funkcija međustaničnog rastojanja, a može se povećati izdvajanjem trase, kontrolom polazaka vozila i tehničkom pouzdanosti vozila i uređaja.

5.2. Troškovi metro sistema

Investiranje u gradnju pruge na izdvojenim trasama, koje daju metro sistemu visoke performace i kvalitet usluge, zahtjeva znatne troškove. Procjena obima investicija jednog sistema prevoza vrši se kroz troškove njegovih komponenti koji su prikazani u tabeli 2.

Tabela 2. Investicijski troškovi za metro sistem (u milionima eura)

Troškovi	Nadzemni (vijadukti)	U tunelu
Struktura/tunel (km)	20-40	60-90
Kolosjek (km)	1,0-1,5	1,0-1,5
Semafori (km)	1,0-5,0	1,2-5,0
Energija (km)	1,0-3,0	1,0-1,5
Stanice (svaka)	2,5	5-20
Depoi (svaki)	10-40	
Radionice (svaka)	15-50	

Ukupni investicijski troškovi za 25 km podzemnog brzog metroa, sa 25 stanica, 400 vagona i 2 depoa i radionicama iznosi oko 3 milijarde eura ili 120 miliona po kilometru. Eksploatacioni troškovi metro sistema, uključujući amortizaciju, a isključujući fiksne troškove, kreće se u rasponu od 0,10 do 0,15 eura po putničkom kilometru.

6. PRIMJER LRT SISTEMA U TEL AVIVU

Već od 1960 godine Tel Aviv razmatra uvođenje željezničkog sistema prevoza, ali sve do 2007. godine je slabo šta rađeno. Tad je LRT prepoznat kao moderni sistem gradskog prevoza, te je kompaniji MTS povjeren posao projektovanja i gradnje i upravljanje u narednih 32 godine.

Izplaniranje sui projektovane tri linije LRT-a: crvena, ljubičasta i zelena, a kasnije će biti uvedene žuta i braon linija. U radu je analizirana crvena linije koja je trenutno većim dijelom izrađena i funkcioniše, a prikazana je na slici 1.

Trasa crvene linije je projektovana u dužini od 22,5 km, pri čemu će centralni dio linije biti izrađen kao podzemni u dužini od 11,5 km. Od ukupno 32 stajališta, podzemnim dijelom biće obuhvaćeno 10 stajališta. LRT trasa crvene linije će u potpunosti biti odvojena od drumskog saobraćaja, osim u zonama raskrsnica.

Prognozirano je da će u 2021. godini najveći broj putnika biti u jutarnjem periodu od 7-8h, što će ujedno predstavljati i jutarnje vršno opterećenje. U tabeli 3. su prikazani planirana frekvencija i interval vozila na podzemnom sektoru trase.



Slika 1. Trasa crvene linije sa posebno izdvojenim nadzemnim i podzemnim dijelom trase

Tabela 3. Projektovane vrijednosti frekvencije i intervala slijeđenja u periodu rada na crvenoj liniji

Vrijeme		Podzemni sektor	
		Frekvencija (voz./h)	Interval (min)
05:30	06:00	6	10
06:00	07:00	12	5
07:00	09:00	24	2,5
09:00	15:00	16	3,8
15:00	19:00	20	3,0
19:00	22:00	10	6,0
22:00	01:00	6	10,0

U podzemnom dijelu brzina kretanja je ograničena na 80 km/h, dok je na mjestima iznad zemlje gdje su LRT vozila fizički odvojena od ostalog saobraćaja brzina limitirana na 65 km/h.

Za vozila na crvenoj liniji, projektovan je kapacitet vozila od 240 putnika, odnosno kapacitet kompozicije od 480 putnika. Projektovani kapacitet omogućava da u vršnim periodima, zauzetost u vozilima za putnike koji stoje ne prelazi 4 put./m². Da bi se zadovoljile prognoziranje prevozne potrebe, planirana je flota od 90 vozila, pri čemu će se 72 vozila koristiti za rad, a preostalih 18 će služiti kao rezervna vozila.

Planira se na cijeloj trasi koristiti vozila sa niskim podovima, dužine 37,5 m i širine 2,65 m, što omogućava pravljenje kompozicije u dužini od 75 m. Visina poda je između 305 i 350 mm iznad nivoa šine.

7. TRENUTNO STANJE ŠINSKOG SISTEMA U NAŠIM GRADOVIMA

Sa rastom gradova raste i ukupan obim putovanja. Koliki će udio JGPP-a u tom porastu biti zavisi od stepena individualne motorizacije, nivoa prevoznih usluga JGPP-a i saobraćajne politike grada prema individualnom i javnom prevozu. U prošlosti se kod većine naših gradova koji su se povećavali davala prednost individualnom prevozu, pa su se na nekim mjestima trase javnog prevoza oduzimale za proširenje ulica. To se uskoro pokazalo kao veoma skupa greška, jer individualni prevoz ne može zadovoljiti prevozne potrebe gradova ni u fizičkom, ni u društveno-ekonomskom, ni u ekološkom pogledu, ali to je shvaćeno tek kada su gradovi iskusili hronična saobraćajna zagušenja.

JGPP u gradovima, u našoj zemlji, bazira se na isključivo autobuskom vidu prevoza, izuzev Beograda, u kome su, pored autobusa, prisutni i tramvajski i trolejbuski vid prevoza. Svi veći gradovi su vremenom rasli, a u javnom prevozu nije dolazilo do značajnijih promjena što je uslovalo nesklad između zahtjeva i mogućnosti za prevoz. Na području Srbije, izuzev Beograda, postoji samo nekoliko gradova koji imaju iznad 100000 stanovnika i za koje bi kombinacija autobuskih sa tramvajskim sistemima dala zadovoljavajuće rezultate.

Studije koje su rađene na području Novog Sada i Niša su pokazale da postoji potreba uvođenja tramvaja koji bi se integrisao sa postojećim autobuskim podsistemom. Na području Beograda se već decenijama planira uvođenje visokokapacitivnih i nezavisnih šinskih sistema. Na početku se razmatrala ideja o metro sistemu, a početkom 90-ih godina zaživjela je ideja o uvođenju lakog šinskog sistema. Međutim, zbog velikih finansijskih ulaganja ni jedna ideja nije realizovana.

8. ZAKLJUČAK

U okviru rada dat je pregled šinskih vidova prevoza, pri čemu su posebno izdvojene i opisane njihove osnovne karakteristike sa svim prednostima i nedostacima, koji prate ove sisteme. Pri tome su izdvojeni i opisani oni vidovi prevoza koji se bave javnim gradskim i prigradskim prevozom putnika.

U odnosu na drumski javni prevoz, šinske sisteme odlikuje generalno visoka kapacitivnost, smanjena buka, mogućnost vođenja posebnim trasama, odnosno izdvajanjem iz saobraćajnog toka, čime se smanjuje vrijeme putovanja, ne emitovanje izduvnih gasova, mogućnost usvajanja jedinstvenih kolosjeka za različite vidove šinskog prevoza.

Na globalnom nivou, svjetska politika zagovara uvođenje čistih tehnologija u transportne sisteme, odnosno veoma je aktuelan razvoj održive mobilnosti, tako da šinski sistemi i zbog toga dobijaju na važnosti u odnosu na autobuski vid podsistema. U Srbiji, ipak, nije takva situacija. Šinski vidovi prevoza u gradovima nisu uopšte zastupljeni, izuzev Beograda u kome saobraćaju tramvajski vid prevoza i Bg voz. Sistemi javnog gradskog i prigradskog prevoza zasnovani su isključivo na autobuskom podsistemu.

9. LITERATURA

- [1] I. Jusufrić, "Javni gradski prevoz putnika", Fakultet za saobraćaj i komunikacije, Sarajevo, 2003.
- [2] R. Banković, "Organizacija i tehnologija javnog gradskog putničkog prevoza", Saobraćajni fakultet, Beograd, 1994.
- [3] M. Rajsman, "Osnove tehnologije prometa", Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2012.
- [4] M. Simeunović, "Istorijski razvoj tramvaja u našem okruženju, plan i razvoj u budućnosti", Novi Sad, 2010.

Kratka biografija:



Siniša Kežić je rođen u Mrkonjić Gradu 1986. godine. Bečelor studije na FTN završio 2010. godine i odbranio rad iz Planiranja saobraćaja.

Milan Simeunović, vanredni prof. na FTN-u, rođen je 1971. god. u Valjevu. Na istom fakultetu diplomirao 1997. god. Doktorirao je 2012.god.