

Analiza tehničko-eksploatacijskih značajki vozila javnog gradskog prijevoza

Vidak, Mario

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:928907>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-06**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Mario Vidak

**ANALIZA TEHNIČKO – EKSPLOATACIJSKIH
ZNAČAJKI VOZILA JAVNOG GRADSKOG
PRIJEVOZA**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2015.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

ANALIZA TEHNIČKO – EKSPLOATACIJSKIH ZNAČAJKI VOZILA JAVNOG GRADSKOG PRIJEVOZA

ANALYSIS OF TECHNICAL AND EXPLOATATION CHARACTERISTICS OF PUBLIC TRANSPORT VEHICLES

Mentor: dr. sc. Željko Šarić

Student: Mario Vidak 0135213226

Zagreb, 2015.

SAŽETAK

Vozila javnog gradskog prijevoza su sredstva namijenjena sigurnom, pouzdanom, udobnom i efikasnom prijevozu putnika u javnom gradskom prometu s odredišta "A" na odredište "B". Podijeljena su na motorna, električna i žičana vozila. Sustav javnog gradskog prijevoza donosi velike prednosti svakom gradu. U ovom radu opisani su autobus, trolejbus, tramvaj, metro, uspinjača i taksi koji predstavljaju osnovu javnog gradskog prijevoza razrađene u tri cjeline koje se odnose na analizu vozila javnog gradskog prijevoza, tehničko eksploatacijske značajke vozila javnog gradskog prijevoza i analizu iskoristivosti vozila javnog gradskog prijevoza.

Ključne riječi: javni gradski prijevoz, autobus, trolejbus, tramvaj, metro, uspinjača, taksi

SUMMARY

The vehicles of public transportation are used for a safe, reliable, comfortable and effective passenger transportation in public city traffic from destination "A" to destination "B". They are divided into motor, electric and funicular vehicles. The system of public city transportation brings great advantages to every city. In this paper bus, trolleybus, tram, underground, funicular and taxi have been described, since they represent the basis of public city transport and have been analyzed in three parts related to the analysis of the vehicles of public city transport, technical exploitative characteristics of the vehicles of public city transport and the analysis usability of vehicles in public city transport.

Keywords: Public city transport, Bus, Trolleybus, Tramway, Underground, Funicular, Taxi

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. ANALIZA VOZILA JAVNOG GRADSKOG PRIJEVOZA.....	2
2.1. AUTOBUS.....	4
2.2. TROLEJBUS.....	6
2.3. TRAMVAJ.....	7
2.4. METRO.....	8
2.5. USPINJAČA.....	13
2.6. TAKSI.....	15
3. TEHNIČKO EKSPLOATACIJSKE ZNAČAJKE VOZILA JAVNOG GRADSKOG PRIJEVOZA.....	16
3.1. TEHNIČKO EKSPLOATACIJSKE ZNAČAJKE VOZILA SA DIESELOVIM MOTORIMA	17
3.1.1. Četverotaktni motori	18
3.1.2. Princip rada četverotaktnih motora	19
3.2. TEHNIČKO EKSPLOATACIJSKE ZNAČAJKE VOZILA SA ELEKTRIČNIM MOTORIMA.....	21
3.3. AUTOBUS.....	23
3.3.1. Minibus	25
3.3.2. Zglobni autobus	26
3.3.3. Prigradski autobus.....	27
3.3.4. Ostale vrste autobusa	28
3.4. TROLEJBUS.....	30
3.5. TRAMVAJ.....	32
3.6. METRO.....	35
3.7. USPINJAČA.....	37
3.8. TAKSI.....	37
4. ANALIZA ISKORISTIVOSTI VOZILA JAVNOG GRADSKOG PRIJEVOZA.....	39
5. ZAKLJUČAK	41
6. LITERATURA.....	42

1. UVOD

Kao osnova za kvalitetno i nesmetano odvijanje gradskog života na gradskim i prigradskim područjima smatra se održiv sustav javnog prijevoza. Gradski prometni sustav sastoji se od prometne suprastrukture, odnosno vozila namijenjena prijevozu putnika, i prateće infrastrukture pod koju spadaju prometnice (pruge, ceste, raskrižja), mjesta za zaustavljanje vozila (stajališta, postaje, kolodvori, terminali) mjesta za smještaj vozila (garaže, parkirališta, remize), mjesta za popravak i održavanje vozila, uređaje i postrojenja za opskrbu vozila gorivom ili električnom energijom te sustavi za regulaciju prometa.

Tema ovog završnog rada je analiza tehničko eksploatacijskih značajki vozila javnog gradskog prijevoza, koja se temelji na analizi vozila i njihovog stupnja iskoristivosti u javnom gradskom prijevozu putnika. Rad je obrađen u šest cjelina sa uvodnim i zaključnim razmatranjima, izlaganjem tematike te literaturom:

- Uvod
- Analiza vozila javnog gradskog prijevoza
- Tehničko eksploatacijske značajke vozila javnog gradskog prijevoza
- Analiza iskoristivosti vozila javnog gradskog prijevoza
- Zaključak
- Literatura

U drugoj cjelini kroz analizu vozila za javni gradski prijevoz definirano je značenje javnog gradskog prijevoza, njegova osnovna obilježja za svaki sustav općenito te njihove osnovne karakteristike.

U trećoj cjelini prikazane su tehničko eksploatacijske značajke vozila javnog gradskog prijevoza po svakom sustavu posebno i autobusnim podsustavima. Dodatno se razrađuju prednosti i mane Diesellovih i električnih motora te njihove primjene u vozilima javnog gradskog prijevoza.

U četvrtoj cjelini opisana je analiza iskoristivosti vozila javnog gradskog prijevoza te iznesena opravdanost primjene pojedinih vrsta vozila. Razmatraju se ekonomski čimbenici kao što su putnički troškovi, pogonski troškovi i troškovi investicijskih ulaganja.

2. ANALIZA VOZILA JAVNOG GRADSKOG PRIJEVOZA

Prijevozna sredstva koja vrše uslugu prijevoza putnika u javnom gradskom prometu nazivaju se vozilima javnog gradskog prijevoza. U pravilu se koriste na unaprijed određenim rutama prema unaprijed određenim voznim redovima i trebala bi biti dostupna svima onima koji su spremni platiti uslugu prijevoza u javnom gradskom prometu prema određenoj tarifi.

Vozila javnog gradskog prijevoza razlikuju se, općenito, prema sljedećim tehničkim značajkama: [1]

- Načinu oslanjanja

Vozila javnog gradskog prijevoza oslanjaju se na površinu po kojoj se kreću i na koju prenose svoju težinu te druge sile koje se pojavljuju na dodiru s podlogom. Oslanjanje se može ostvariti:

- Gumenim kotačima na beton, asfalt ili drugu vrstu podloge (autobusi, trolejbusi i specijalna izvedba metroa)
- Čeličnim kotačima na čelične tračnice (tramvaji, metro, regionalna željeznica)
- Zračnim jastukom ili magnetskim poljem (lebdeća vozila)

Osim vozila koja se oslanjaju na podlogu i zbog toga se nazivaju i oslanjajuća vozila, postoje i rješenja oslanjanja iznad vozila pa se ona nazivaju i viseća vozila. Viseća vozila se rijetko primjenjuju zbog svojih nedostataka u odnosu na oslanjajuća vozila.

- Načinu vođenja

Prema načinu vođenja razlikuju se vozila kojima se upravlja po pravcu zakretanjem upravljačkih kotača (autobusi i trolejbusi) i vozila čije se vođenje osigurava specifičnom konstrukcijom tračnica i kotača (tramvaji, metro, regionalna željeznica). Vozila sa zakretanjem upravljačkih kotača imaju gumene kotače, a sila vođenja ostvaruje se između kotača i podloge u obliku sile adhezije. Vozila koja se kreću po tračnicama imaju kotače s grebenima koji ih zadržavaju na pruzi. Većina tračničkih vozila ima kotače s konusnim

obodom što dovodi do automatskog navođenja vozila prema središtu pruge za vrijeme vožnje.

- Vrsti pogona

Prema vrsti pogona razlikuju se vozila prema vrsti pogonske jedinice i načinu realizacije vučne sile. Pogonske jedinice vozila za javni gradski prijevoz mogu biti:

- Klipni motori s unutarnjim izgaranjem (uglavnom Diesellov motor), koji se koriste za pogon autobusa i regionalne željeznice gdje nije izvedena elektrifikacija pruga
- Elektromotori (istosmjerni, jednofazni izmjenični i trofazni asinkroni), koji se koriste za pogon trolejbusa, tramvaja, metroa i regionalne željeznice.

Druge vrste pogonskih jedinica kao što su npr. Ottovi motori i linearni elektromotori, vrlo rijetko se koriste. Ottovi motori uglavnom se koriste kada je pogonsko gorivo zemni plin.

Vučna sila najčešće se ostvaruje adhezijom (prianjanjem) između kotača i podloge, a vrlo rijetko zupčanicima u zahvatu sa zupčastom letvom, čeličnim užetom i magnetskim poljem.

Vozila javnog gradskog prijevoza mogu se podijeliti na sljedećih pet prijevoznih sustava:

- Autobusi
- Trolejbusi
- Tramvaji
- Metro ili brza gradska željeznica
- Specijalna vozila za javni gradski prijevoz

2.1. AUTOBUS

Autobus je cestovno putničko vozilo koje služi masovnom javnom gradskom prijevozu putnika sa minimalno 9 sjedećih mjesta. Najčešće je prijevozno sredstvo u sustavu javnog gradskog prijevoza. Pogon ostvaruje preko, u pravilu, Diesellovog motora koji je ugrađen u njega. Kreće se po određenim rutama unutar postojeće gradske cestovne mreže uz mogućnost izmjena ruta uslijed promjene prometne regulacije uzrokovane raznim okolnostima, primjerice prometne nezgode, radova na cesti, političkih, sportskih ili kulturnih događanja.

Iako teoretski postoji više kriterija podjele autobusa na određene tipove, ovdje će biti predstavljene samo one vrste autobusa koje se koriste prvenstveno za prijevoz putnika u gradskom i prigradskom području, u kojima se očituje razlika u veličini i izvedbi njihove karoserije, odnosno prema raspoloživim prijevoznim kapacitetima izraženih mogućim brojem putničkih sjedećih i stajaćih mjesta.



Slika 1. Gradski autobus [13]

Autobus je vozilo javnog gradskog prometa namijenjeno prijevozu većeg broja putnika. S obzirom na to da im namjena može biti različita, autobusi se dijele na:

- Gradski

Gradski autobus služi za prijevoz putnika u gradskom prometu na kraćim relacijama. Karakterizira ga veći broj mjesta za stajanje, dvoja, ili više dvokrilna vrata namijenjena za brzu izmjenu putnika. U pravilu se izvodi s niskim podom što olakšava ulazak i izlazak putnika iz vozila. Ne razvija velike brzine vožnje, ali ima karakteristike koje pogoduju većem ubrzanju i usporenju kako bi se povećala prosječna brzina vožnje. Najčešće se kreće gradskom uličnom mrežom na kojoj se isprepliće s ostalim vidovima prometa.

- Prigradski

Prigradski autobus služi za putnički prijevoz u prigradskom prometu što podrazumijeva nešto dulje relacije vožnje nego u gradskom prometu. Glavna su mu obilježja da su sva mjesta sjedeća, a vrata dovoljno široka kako bi omogućila brzu izmjenu putnika.

- Međugradski

Međugradski autobus služi za prijevoz putnika na duljim relacijama, odnosno između gradova. Udobnost putnika mora biti na znatno većem nivou nego što je to slučaj kod gradskih i prigradskih autobusa. Sjedeće mjesto mora biti osigurano svakom putniku, a vrata za ulaz i izlaz su manjih dimenzija. U svrhu što veće udobnosti putnika ugrađuju se klima-uređaji, audio-uređaji i video-uređaji. Ima veliki prostor za smještaj prtljage te u većini slučajeva sanitarni čvor i ostale pogodnosti za dulja putovanja.

- Minibus

Minibus je autobus manjeg prijevoznog kapaciteta, najčešće namijenjen gradskom prijevozu putnika na relacijama s manjim brojem putnika u jedinici vremena. Obično ima do 17 mjesta za sjedenje i do 40 mjesta za stajanje.

- Kombibus

Kombibus je putničko vozilo koje služi za organizirani prijevoz manjeg broja putnika. Ima do deset sjedećih mjesta u koje se ne ubraja sjedalo za vozača te veći prtljažni prostor. Najčešće se koristi u aerodromskom i hotelijerskom prijevozu putnika.

2.2. TROLEJBUS

Trolejbus je električno javno putničko vozilo koje služi za prijevoz u gradskom prometu s upravljačem i pneumatski obloženim kotačima koje se kreće po gradskoj cestovnoj mreži. Kretanje mu je ograničeno linijama na kojima su sprovedeni električni vodovi preko kojih je u stalnoj električnoj vezi s dvožičanom kontaktnom mrežom putem krovnih oduzimača struje, odnosno pantografa.

Krovni oduzimači struje čine dvije trole, odnosno kontaktne motke učvršćene preko izolatora i sklopa opruga za krov vozila. Duljina im je oko 6m, a međusobno su razmaknute oko 550 do 600mm.

Kontaktna mreža ima dva električna voda (+ i -) napajana istosmjernom strujom napona 600V, a rjeđe 750V. [1]

Prednosti trolejbusa:

- Suvremena konstrukcija vozila
- Veća pouzdanost i sigurnost prijevoza
- Automatizacija brojnih funkcija rada vozila
- Poboljšanje performansi vozila
- Smanjenje trošenja obloga kočnica
- Ušteda pogonske energije
- Jednostavnije održavanje vozila



Slika 2. Trolejbus [5]

2.3. TRAMVAJ

Tramvaj je javno električno vozilo koje služi putničkom prijevozu u gradskom prometu. Kretanje mu je vezano uz tračnice, napaja se putem kontaktne mreže preko krovnog oduzimača struje te preko tračnica, koje služe kao povratni vod, zatvara strujni krug.



Slika 3. Niskopodni tramvaj [6]

Krovni oduzimač struje naziva se pantograf, sa svojom zglobnom izvedbom i djelovanjem opruga omogućuje stalnu kliznu vezu s kontaktnom mrežom u svim njezinim dopuštenim pozicijama. Struja u kontaktnoj mreži je istosmjerna, napona 600V, a postoje i izvedbe s naponom od 750V. [1]

Tramvajske pruge se uglavnom izvode s dvije širine kolosijeka:

- 1000mm – metarski kolosijek
- 1435mm – normalni kolosijek

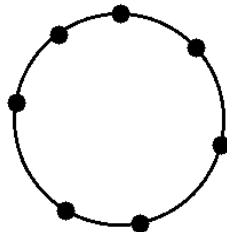
Širina kolosijeka utječe na konstrukciju i dimenzije voznog stroja (osovina i okretnih postolja) te dimenzije sanduka karoserije i broj mjesta za putnike po jedinici duljine. Ona također utječe na stabilnost i mirnoću kretanja tramvaja. U novije vrijeme izvode se univerzalna vozila za željeznički i gradski promet, odnosno vozila koja mogu prelaziti sa željezničke na tramvajsku prugu. U tom slučaju potrebno je da širine kolosijeka željezničke tramvajske pruge budu jednake. [1]

2.4. METRO

Metro je električna podzemna željeznica namijenjena za prijevoz putnika u gradskom i prigradskom prometu u većim i napučenijim gradovima. Optimalan je oblik za prijevoz velikog broja stanovnika. Odvija se na posebno odvojenim kolosiječnim trasama koje se ne sijeku u razini niti se međusobno dodiruju s drugim vidovima prometa, odnosno prometnicama. Zahvaljujući takvoj prometnoj odvojenosti u vođenju metroa moguće je ostvariti velike prosječne brzine vožnje te sve preduvjete za siguran, točan i pouzdan prijevoz putnika.

Na sljedećim slikama opisani su osnovni tipovi izvedbe metroa:

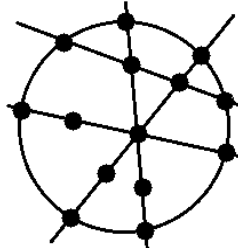
- Kružna mreža sastoji se od jedne kružne linije. Najpoznatiji grad u Europi koji koristi kružnu izvedbu metro mreže je Glasgow. Sustav ima samo jednu liniju sa 15 postaja koja se proteže na 10,4 km tračnica, što ga čini jednim od najmanjih sustava podzemne željeznice u svijetu. Prvi radni dan započinje 14. prosinca 1896. godine. Širina pruge iznosi 1219mm, a napajanje se vrši preko treće tračnice sa 600V. [15]



Slika 4. Kružna mreža

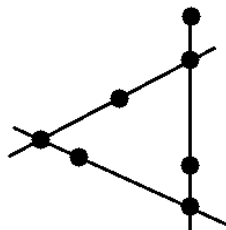
- Kružno radijalna mreža sastoji se od više linija, najčešće jednog kružnog i više radijalnih, najpoznatije su one u Beču i Moskvi
 - Moskovski metro je metro s najvećim brojem prevezenih putnika na svijetu. Poznat je po iznimno ukrašenim stanicama. Duljina mu je 327,7 km pruge koje se raspoređuju na 12 linija sa ukupno 196 stajališta, otvoren je 15. svibnja 1935. godine, dnevno preveze 6.55 milijuna, širina tračnica je 1520mm i napaja se preko treće tračnice s 825V. [17]

- Metro u glavnom gradu Austrije otvoren je 25. veljače 1978. godine, dnevno prevozi oko 1.460.000 putnika na 5 linija koje su raspoređene na 79 km pruge i broji 104 postaja. Širina kolosijeka je 1435mm, a napaja se uz pomoć treće tračnice sa 750V. [16]



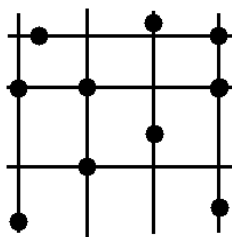
Slika 5. Kružno radijalna mreža

- Sekantna mreža je oblik mreže u kojem se sijeku dvije ili više trasa na način da svaka trasa ima najmanje jednu zajedničku stanicu s ostalim trasama. Najpoznatiji metro sustavi sa sekantnom mrežom su Munchenski U-Bahn i praški metro
 - U-Bahn u Munchenu sa svojih 94,2 km tračnica na kojima prometuje 6 linija na 102 postaja preveze oko 986.000 putnika dnevno. Svaka linija označena je drugom bojom radi lakšeg snalaženja pri putovanju. Službeno otvorenje bilo je 19. listopada 1971. godine. Napaja se sa 750V preko treće tračnice, a širina pruge je 1435mm. [18]
 - Praški metro je sedmi najkorišteniji metro sustav u Europi. Otvoren je 9. svibnja 1974. godine. Sastoji se od tri linije i 57 stanica koji se protežu kroz 59,1 km tračnica, dnevno prevozi i do 1.450.000 putnika. Širina pruge je 1435mm, a napajanje se vrši preko treće tračnice sa 750V. [19]



Slika 6. Sekantna mreža

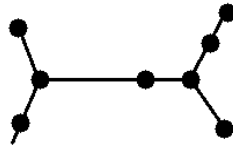
- Meshed mreža je naziv za umreženi sustav metroa. Najpoznatiji gradovi koji koriste takav sustav su London, Pariz i Berlin.
 - Londonski metro (brit. Underground) je najstariji sustav podzemne željeznice na svijetu. Prva linija otvorena je 10. siječnja 1863. godine. Na 402 km pruge prometuje 11 aktivnih linija i postoje 274 stanice preko kojih se prevozi i do 3,21 milijuna putnika dnevno. Širina kolosijeka je standardnih 1435mm i napaja se preko treće tračnice sa 600V [20]
 - Pariški metro jedan je od simbola grada, poznat po umjetničkom uređenju postaja. Preko svojih 16 linija, koje su uglavnom podzemne, prevozi 4,18 milijuna putnika dnevno i to ga čini drugim najkorištenijim metro sustavom u Europi (poslije onoga u Moskvi), te jednim od najkorištenijih metro sustava u svijetu. Proteže se po 219 km tračnica sa ukupno 383 postaja. Otvoren je 19. srpnja 1900. godine. Širina kolosijeka je 1435mm a napaja se preko treće tračnice sa 750V [21]
 - Berlinski U-Bahn osnovan je 18. veljače 1902. godine i danas ima 10 linija, ukupno ima 195 stajališta, a ukupna duljina pruga iznosi 147,4 km. Širina pruge iznosi 1435mm, a za napajanje koristi napon od 750V koje ostvaruje preko treće tračnice [22]



Slika 7. Meshed mreža

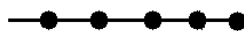
- Mreža x oblika je vrsta metro mreže u kojem središnji dio ima ulogu kičme prometnog sustava i preko tog dijela prolaze sve linije, dok se na rubnim dijelovima mreže razilaze. Najpoznatija takva mreža u Europi nalazi se u glavnom gradu Norveške, Oslu.

Dnevno preveze oko 208.000 putnika, 62 km pruge podijeljeno je na 5 linija na kojima ukupno ima 77 postaja, u prometovanju je od 22. svibnja 1966. godine. Širina kolosijeka je standardnih 1435mm i koristi napajanje od 750V preko treće tračnice. [23]



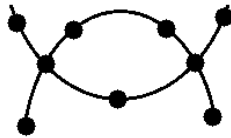
Slika 8. Mreža x oblika

- Linija promjera je vrsta metroa koja ima jednu liniju koja se u pravilu proteže s jedne strane grada na drugu, u pravilu se koristi u izduženim gradovima, najpoznatiji primjeri u Europi su Helsinki i Varšava
 - Helsinki ima metro sustav linije promjera koji sa jednom linijom prevozi oko 170.000 putnika dnevno na 21 km tračnica sa 17 postaja. Otvoren je 3. kolovoza 1982. godine, širina pruge je 1524mm, a napaja se preko treće tračnice sa 750V [24]
 - Varšavski metro je jedan od najnovije nastalih sustava podzemnih željeznica na svijetu sa prvom postajom, od ukupno 21, otvorenom 7. travnja 1995. godine, zadnja otvorena je 25. listopada 2008. godine. Vrijeme potrebno za prolazak cijele linije od 22.6 km iznosi oko 38 minuta i dnevno prevozi 384.000 putnika. Napaja se preko treće tračnice sa 825V, a širina pruge iznosi 1435mm. Varšavski metro je još u izgradnji [25]



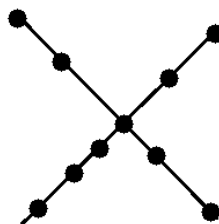
Slika 9. Linija promjera

- Mreža ribljeg mjehura prepoznatljiva je u Francuskom gradu Lille koja preveze oko 263.000 putnika dnevno, otvorena je 25. travnja 1983. godine. Sustav tračnica je dug 45,5 km i ima 62 postaje i ukupno ima dvije linije. Širina kolosijeka je 2060mm i napajanje ostvaruje preko treće tračnice. [26]



Slika 10. Mreža ribljeg mjehura

- Križna mreža je model izvedbe metro mreže na način da su dvije linije ukrštene u jednoj točki odnosno zajedničkoj stanici i tako stvaraju oblik križa, takav oblik može se vidjeti u glavnom gradu Italije, Rimu. Rimski metro "*Metropolitana di Roma*" je sustav podzemnog javnog prijevoza koji dnevno prevozi oko 907.000 putnika, na tri linije sa 54,1 km tračnica, nalazi se 67 stajališta, otvoren je 10. veljače 1955. godine. Širina kolosijeka je standardnih 1435mm a napajanje se postiže preko zračnog kontaktnog voda, naponom od 1500V. [27]



Slika 11. Križna mreža

2.5. USPINJAČA

Uspinjača je vrsta žičare kod koje se vozila vuku pomoću jednog ili više užeta po uzbrdici na posebno uređenoj trasi, a vozila se kreću na kotačima različitih izvedbi koji se oslanjaju na površinu po kojoj se kreću i koja su prilagođena trasi. To su posebno prilagođena šinska vozila. [2]

Gradska uspinjača je jedan od najpoznatijih simbola grada Zagreba, koja je s vremenom postala i nezaobilazna turistička atrakcija. Puštena je u promet u tadašnjoj Bregovitoj ulici (današnja Tomičeva), a kao začetnik izgradnje navodi se D. W. Klein, osječki poduzetnik. Prebrojavanjem prolaznika koji su se penjali i spuštali stubama koje su spajale Gornji i Donji grad dobio je ideju za izgradnju uspinjače te je smatrao kako bi to bila isplativa investicija. Ideju je iznio Gradu, postignut je dogovor o četrdesetogodišnjoj koncesiji i 12. prosinca 1888. isti je potpisan. Radovi na izgradnji počeli su 6. svibnja 1889. [32]



Slika 12. Uspinjača u Zagrebu [30]

Zagrebačka uspinjača je oblik javnog prijevoza koja spaja Gornji i Donji grad. Gornja stanica nalazi se na Strossmayerovom šetalištu, podno kule Lotrščak, a donja stanica nalazi se u Tomičevoj ulici koja izlazi na Ilicu. Poznata je i kao najkraća žičana željeznica u svijetu, namijenjena javnom prijevozu, s prugom dugom 66 metara. Službeno je puštena u pogon 8. listopada 1890. godine, a s radom je započela tek 23. travnja 1893. godine. U početku je bila na parni pogon koji je 1934. godine zamijenjen električnim. Budući da je do danas u cijelosti zadržala prvobitni vanjski izgled i građevnu konstrukciju, a i većinu tehničkih svojstava koja su joj dali graditelji, zagrebačka je uspinjača zakonski zaštićena kao spomenik kulture. Danas o zagrebačkoj uspinjači brine Zagrebački električni tramvaj. [29]

Najstariji vid javnog putničkog prijevoza u Zagrebu je uspinjača za Gornji grad. U prometu je svakim danom od 06 i 30 do 22 sata. Cijena vožnje u jednom smjeru za jednu osobu iznosi četiri kune, a prema potrebi putnici mogu naručiti izvanrednu vožnju koja košta 20 kuna. Pojedinačne, mjesečne i godišnje karte koje putnici koriste u tramvajskom ili autobusnom prometu vrijede i za vožnju uspinjačom.

2.6. TAKSI

Taksi je vozilo prilagođeno prijevozu jednog ili manje grupe putnika u gradskom i međugradskom a ponekad i međunarodnom prijevozu. Riječ taksi također označava službu u kojoj su vozači taksi vozila udruženi u jednu organizaciju na određenom području. Početkom 17. stoljeća na ulicama Pariza i Londona prometovale su kočije koje su vukli konji a koje su se mogle iznajmiti za prijevoz ulicama ovih gradova. U 19. stoljeću u ovim gradovima su kraljevskim ukazima određena i prva pravila taksi službe koja su zahtijevala unaprjeđenje dizajna radi povećanja sigurnosti i brzine prijevoza. Vremenom su kočije sa konjima zamijenili automobili koji su kroz prošlost postajali udobniji, sigurniji i brži način prijevoza putnika. Današnji automobili namijenjeni taksi službi su klimatizirani i opremljeni najsuvremenijom opremom za što udobniji prijevoz. U nekim dijelovima svijeta taksi usluga se i danas obavlja na stari i tradicionalan način sa vozilima poput rikši (dvokolica koju vuku ljudi) ili trokolica na motorni pogon. [33]



Slika 13. Taksi vozilo u Zagrebu [34]

3. TEHNIČKO EKSPLOATACIJSKE ZNAČAJKE VOZILA JAVNOG GRADSKOG PRIJEVOZA

Javni gradski prijevoz je racionalniji oblik prijevoza putnika u odnosu na onaj osobni, zato što ima veću prijevoznu sposobnost i zauzima manje prostore te je sigurniji i jeftiniji od osobnog, a ujedno i manje zagađuje okoliš. Sastoji se od vozila cestovnih sustava (taksi, minibus, autobus, trolejbus) i vozila tračničkih sustava (tramvaj, laka gradska željeznica, podzemna, brza gradska ili prigradska željeznica) javnoga gradskog prijevoza.

Taksi prijevoz sadrži kvalitete prijevoza osobnim automobilom, ali usporedno s tim raste i cijena prijevoza i ima malu prijevoznu sposobnost. Slično taksiju prijevoz minibusom pogodan je za prijevoz manjih skupina djece i starijih osoba. Autobusni promet u pravilu ima manju prijevoznu sposobnost od tračničkih sustava, ali znatno više onečišćuje okoliš. U autobusnom prijevozu znatno su manja početna ulaganja u odnosu na ostale prijevozne sustave. Iznimno je fleksibilan prometni sustav što se tiče prilagodbe na postojeću gradsku prometnu mrežu. Prijevoz trolejbusima je ekološki prihvatljiviji od motornih prijevoznih sredstava u javnom gradskom prijevozu zbog napajanja električnom energijom iz zračnog voda. Iz istog razloga ima i manje manevarske sposobnosti od autobusa. Tramvaj može biti efikasno rješenje javnog gradskog prijevoza putnika, ukoliko se prostorno odvoji od ostalih vidova prometa, u protivnom može doći do zagušenja prometnog toka prilikom spajanja dvaju ili više prometnih sustava na jednoj prometnici. Pogodan je kako za uža tako i za šira gradska područja. Prijelazni oblik sa tramvajskog na željeznički prometni sustav predstavlja laka gradska željeznica. Pruga joj je širinom jednaka kao i željeznička, uglavnom odvojena od ostalog prometa, što za rezultat daje veću brzinu i prijevoznu moć od tramvaja. Početna ulaganja su manja jer se ta vozila mogu kretati u mješovitom prometu, što kod željeznice nije slučaj. Željeznički promet u gradu u pravilu je izdvojen od ostalih oblika prometa što pogoduje poboljšanju njegove prijevozne moći koju je moguće ostvariti i uz veliki kapacitet vlakova i relativno udaljenim stajalištima. Zbog velikih početnih ulaganja ti su sustavi isplativi u gradovima s više od milijun stanovnika.

3.1. TEHNIČKO EKSPLOATACIJSKE ZNAČAJKE VOZILA SA DIESELOVIM MOTORIMA

Za pogon gradskih autobusa uglavnom se koriste Dieselovi motori. Dieselov motor je zbog svoje ekonomičnosti, pouzdanosti i trajnosti najprihvatljiviji pogonski stroj. Njegova je ukupna korisnost 30-42%, dok je ona za Ottove motore 22-30%, a plinskih turbina 14-22%. [1]

Umjesto Dieselovog motora, zbog smanjenja emisije štetnih plinova koje ispušta u atmosferu, u novije vrijeme za pogon gradskih autobusa koriste se Otto motori kada se tekući naftni plin (LPG – Liquefied Petrol Gas) ili stlačeni prirodni plin (CNG – Compressed Natural Gas) koristi za pogonsko gorivo.

Električna energija može biti uvedena u gradske autobuse kao pogonsko gorivo. Za spremnike električne energije koriste se akumulatori. Zbog njihovog volumena u pravilu se smještaju u posebnu prikolicu priključenu autobusu. Takav pogon za gradske autobuse nije prihvatljiv jer povećava masu i dimenziju autobusa.

Kako bi se što više pridonijelo očuvanju okoliša istražuje se pogon gorivim ćelijama, koji bi pokretao gradske autobuse, kao jedna od ekološki i energetski prihvatljivijih opcija.

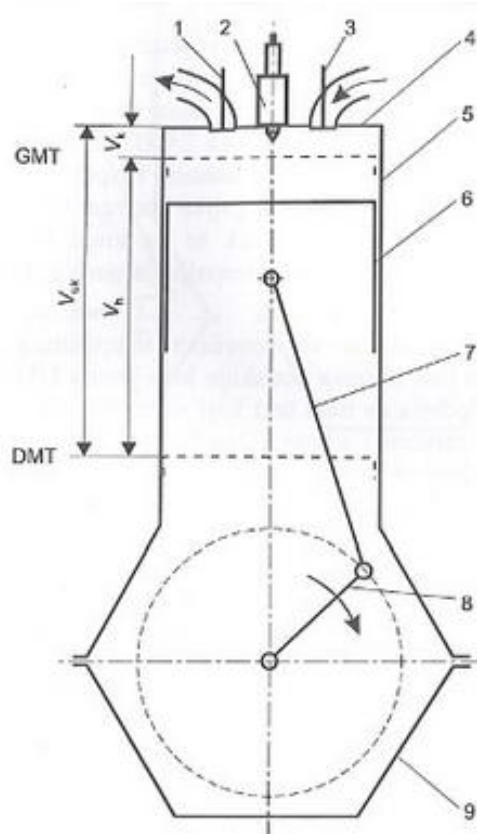
Na Dieselove motore namijenjene ugradbi u gradske autobuse postavljaju se sljedeći zahtjevi: [1]

- Mala masa po jedinici snage
- Male dimenzije
- Velika pouzdanost u radu
- Dugi vijek trajanja i dugo vrijeme rada između dvaju popravaka motora
- Visoka ekonomičnost rada u svim režimima
- Jednostavnost konstrukcije za rukovanje i održavanje
- Miran rad i niska razina buke

Prethodno navedeni zahtjevi su u većini slučajeva oprečni te im je stoga jako teško udovoljiti u isto vrijeme, odnosno ako želimo poboljšati kvalitetu povećati će se i cijena. Zato se u proizvodnji pronalazi "zlatna sredina" kako bi se zadovoljilo što više zahtjeva.

3.1.1. Četverotaktni motori

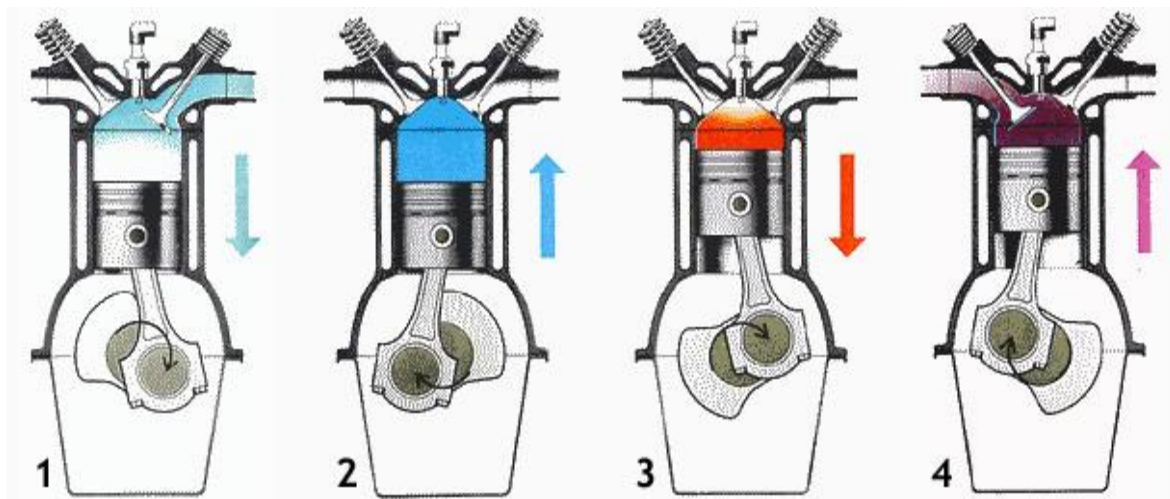
Četverotaktni Dieslov motor prikazan je na slici 14. Njegov osnovni sklop sastoji se od ispušnog ventila(1), brizgaljke(2), usisnog ventila(3), glave cilindra(4), cilindra(5), klipa(6), klipnjače(7), koljenastog vratila(8), i poklopca motora(9) koji se nalazi s donje strane i često se naziva karter ili korito motora. U poklopcu motora najčešće se nalazi ulje za podmazivanje. Klip se kreće uzduž cilindra između krajnjih točaka koje se nazivaju gornja mrtva točka (GMT) i donja mrtva točka (DMT). Što se podrazumijeva samo u slučaju kada su cilindri postavljeni vertikalno. Primjerice kod bokser izvedbe motora, cilindri su postavljeni horizontalno pa GMT i DMT gube na značenju, pa su tako univerzalni nazivi za sve vrste motora vanjska mrtva točka (VMT) umjesto gornje mrtve točke i unutarnja mrtva točka (UMT) umjesto donje mrtve točke. Brzina klipa u GMT i DMT iznosi nula, odnosno u tim točkama klip mijenja smjer kretanja.



Slika 14. Principijelna shema četverotaktnog Dieslovog motora [1]

3.1.2. Princip rada četverotaktnih motora

Radni ciklus četverotaktnog motora odvija se u četiri takta, zato ga i zovemo četverotaktni motor. Četiri takta rada motora su usis, kompresija, ekspanzija i ispuh. Prvi takt je usis. Klip se u tom taktu iz gornje mrtve točke (GMT) giba prema donjoj mrtvoj točki (DMT), za to vrijeme usisni ventil je otvoren i dopušta usis zraka u cilindar, usisni ventil se zatvara netom prije dolaska klipa u DMT. Slijedi ga drugi takt ili kompresija. Usisni ventil je zatvoren, klip se iz DMT kreće prema GMT i tako tlači usisani zrak, odnosno komprimira ga, trenutak prije nego klip dosegne GMT u cilindar se ubrizgava gorivo u kojem je stlačeni zrak visoke temperature. Treći takt ili ekspanzija, često zvan i radni takt sastoji se iz dva dijela. U prvom dijelu takta dok je klip pred dolazak u GMT ubrizgano gorivo u cilindar u kojem je stlačeni zrak visoke temperature se samozapaljuje, a u drugom dijelu takta uslijed eksplozije goriva dolazi do širenja plinova koji djeluju na klip i potiskuju ga iz GMT u DMT. U četvrtom, ujedno i zadnjem taktu odnosno ispuhu nešto prije nego što klip dosegne DMT otvara se ispušni ventil i klip svojim kretanjem prema GMT istiskuje plinove iz cilindra. Netom prije nego klip dosegne GMT otvara se usisni ventil koji dodatno pospješuje prozračivanje cilindra. Dolaskom klipa u GMT zatvara se ispušni ventil i završava se ispušni takt.



Slika 15. Princip rada četverotaktnog Dieselova motora [14]

Prednosti četverotaktnih motora u odnosu na dvotaktne ogledaju se u sljedećem:[1]

- Toplinski i mehanički su manje opterećeni
- Dulji vijek trajanja
- Manja potrošnja goriva

Dok se u nedostatke četverotaktnih motora ubrajaju:

- Složenija konstrukcija
- Veća masa po jedinici snage
- Viša cijena

Zbog navedenih prednosti četverotaktnih Diesellovih motora u odnosu na dvotaktne motore u gradske autobuse gotovo redovito se ugrađuju četverotaktni Diesellovi motori.

Vozila pogonjena Diesellovim motorom razlikuju se od električnih vozila po sljedećim konstrukcijskim i tehničko-eksploatacijskim značajkama: [1]

- Snaga je određena snagom ugrađenog Diesellovog motora
- Neophodna je ugradnja transmisije, odnosno prijenosnika snage zbog nepovoljne brzinske značajke Diesellovog motora za izravan pogon
- Veća masa po putničkom mjestu, viša cijena i složenija konstrukcija zbog ugradnje Diesellova motora i prijenosnika snage
- Veća autonomija kretanja jer nema ovisnosti o elektrifikaciji trase
- Radijus kretanja određen je veličinom spremnika za gorivo i potrošnjom goriva Diesellova motora
- Manji su početni investicijski troškovi jer nije potrebna elektrifikacija trase
- Veća buka i emisija štetnih komponenata
- Manja energetska korisnost

3.2. TEHNIČKO EKSPLOATACIJSKE ZNAČAJKE VOZILA SA ELEKTRIČNIM MOTORIMA

Elektromotori, koji se koriste za pogon u električnom tramvaju, su uređaji koji električnu energiju pretvaraju u mehanički rad za vrijeme vuče, a pri električnom kočenju prelaze na generatorski rad i pritom mehanički rad pretvaraju u električnu energiju. Tijekom eksploatacije su vrlo opterećeni, mehanički i električni. Iznimno su važne promjene opterećenja stoga njihova konstrukcija mora osigurati siguran i pouzdan rad u svim uvjetima eksploatacije. Na električnim vozilima za javni gradski prijevoz najčešće se primjenjuju sljedeće vrste vučnih elektromotora:

- Vučni elektromotori za istosmjernu struju
- Trofazni asinkroni vučni motori

Elektromotor za istosmjernu struju predstavlja kolektorski stroj, koji u svrhu ostvarivanja najpovoljnije vučne značajke ima serijski spojen uzbudni i armaturni namot. Na istosmjernim električnim strojevima uzbudni namot je statorski, a armaturni namot je rotorski. Priključivanjem motora na istosmjernu struju određenog napona okretat će se rotor motora brzinom n_m i ostvarivat okretni moment M_m . [1]

Trofazni asinkroni motori nemaju kolektora niti električnu vezu između rotora i statora, što je dobro za održavanja. Po jedinici snage znatno su lakši i manjih dimenzija od istosmjernih motora, a to ih čini pogodnim za vuču. Osnovni problem za njihovu primjenu u vuči predstavlja regulacija brzine vrtnje, odnosno brzina vožnje. [1]

Vozila javnog gradskog prijevoza koja se napajaju preko električne gradske mreže su najčešća prijevozna sredstva za brzi i učinkoviti prijevoz putnika u gradskim sredinama. To se očituje iz prednosti koje ta vozila imaju u odnosu na druga vozila koja koriste motore s unutarnjim izgaranjem, a mogu se prikazati njihovim osnovnim tehničko-eksploatacijskim karakteristikama: [1]

- Pogodna vučna značajka elektromotornog pogona, što znači da pri malim brzinama elektromotor ostvaruje velike okretno momente, a s povećanjem brzine smanjuje se okretni moment. S obzirom na to, električna vozila ne zahtijevaju poseban prijenosnik snage koji bi služio za transformaciju okretnog

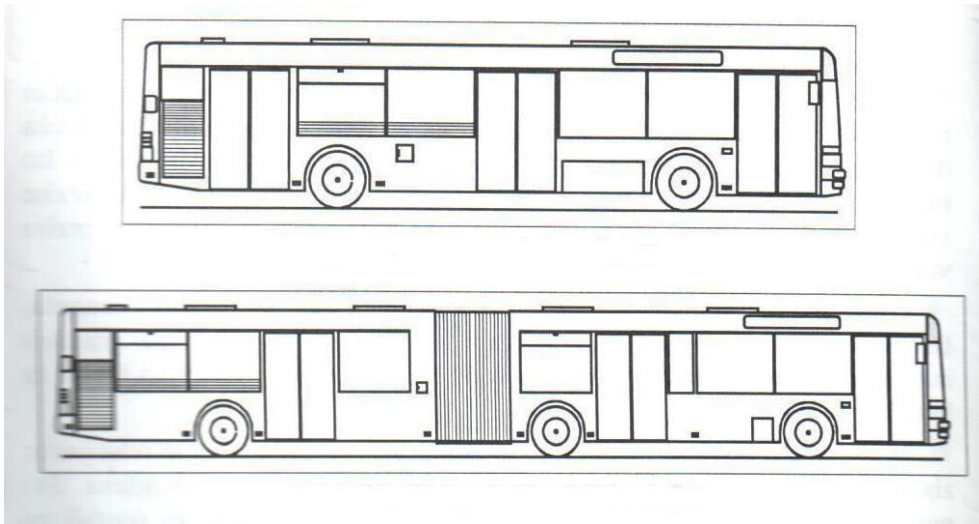
momenta. Električna vozila imaju širok opseg reguliranja brzine vožnje i okretnog momenta

- Mogućnost preopterećenja u kratkotrajnim režimima vuče, što omogućuje veća ubrzanja i lakše svladavanje uspona
- Mogućnost spajanja više vučnih vozila i njihovo zajedničko upravljanje s jednog mjesta
- Primjena električnog kočenja, što smanjuje opterećenje i trošenje tarnih elemenata zračne kočnice, što smanjuje zahtjeve i troškove u održavanju vozila
- Mogućnost primjene automatike u svim segmentima rada vozila
- Upravljanje vozilom je jednostavno i lako
- Ekološki prikladan oblik prijevoza jer ne emitira štetne plinove izgaranja i stvara vrlo malu buku
- Veća energetska korisnost. Promatrajući ekvivalentnu energiju, odnosno energiju svedenu na jednog prevezenog putnika i jedan prijeđeni kilometar, tramvaj koristi do 2,5 puta manje energije nego autobus, a čak do 25 puta manje od osobnog automobila
- Manji zahtjevi za prometnom površinom. Tako osnovni automobil koristi oko $40\text{m}^2/\text{osobi}$, autobus i trolejbus oko $6\text{m}^2/\text{osobi}$, tramvaj oko $2\text{m}^2/\text{osobi}$ i metro $1\text{m}^2/\text{osobi}$

3.3. AUTOBUS

Prema broju osovina, izvedbi karoserije, duljini i broju putničkih mjesta, gradski autobusi najčešće mogu biti izvedeni u dva osnovna oblika: [1]

- Dvoosovinski ili troosovinski s jednodijelnom karoserijom duljine 11-15m, koji ima 85 – 120 putničkih mjesta i neto masu 9 – 11 tona te troja dvokrilna vrata
- Zglobni troosovinski s dvodijelnom karoserijom duljine 15 – 18m, koji ima 150 – 180 putničkih mjesta i neto masu 15 – 17 tona te četvora dvokrilna vrata



Slika 16. Dvoosovinski i zglobni troosovinski autobusi [1]

Autobusi se mogu izrađivati i izvan tih osnovnih kategorija, kao što su: [1]

- Dvoosovinski s jednodijelnom karoserijom manjih dimenzija (duljine 7,5 – 10m) i kapaciteta (40-70 putničkih mjesta), neto mase 7-8,5 tona te dvoja vrata
- Zglobni četveroosovinski s trodijelnom karoserijom duljine 22 – 27m, koji ima 230 – 300 putničkih mjesta, i neto masu 18 – 25 tona te četvora dvokrilna vrata

Visina autobusa do gornjeg ruba krova može biti u rasponu 2900 – 3300mm, a najveća širina može iznositi 2450 – 2550mm.

Od ukupnog broja putničkih mjesta, oko 20-35% su sjedeća, a stajaća mjesta se računaju s 5 – 6 putnika/m².

Karoserija autobusa može bit izvedena s glavnim nosivim okvirom ili kao samonosiva konstrukcija.

Maksimalna snaga Dieselovih motora za pogon autobusa u rasponu je od 160 – 280 kW, a najveća brzina vrtnje iznosi do 2500 °/min. Maksimalna brzina vožnje gradskih autobusa najčešće je 90 – 95 km/h. [1]

Transmisija, odnosno prijenosnici snage mogu biti izvedeni kao mehanički, hidromehanički i električni. Mehanički prijenosnici najčešće se izvode s ručnim mjenjačem, a hidromehanički i elektromehanički kao automatski. Gradski autobusi se sve više izrađuju s automatskim prijenosnikom snage zbog čestog zaustavljanja i pokretanja što zahtijeva učestalu promjenu brzine vožnje. Time se oslobađa vozača čestog mijenjanja stupnjeva prijenosa, a zbog izostanka tarne spojke nema njezinog trošenja i povećanih zahtjeva za održavanjem. [1]

Na autobusima se primjenjuju zračne i tarne kočnice. Tarne kočnice mogu biti izvedene kao motorne kočnice i usporivači. Oni štite tarne elemente zračnih kočnica od trošenja zbog učestalih zaustavljanja i tako im produljuju vijek trajanja, odnosno smanjuju potrebu za održavanjem. [1]

Autobus je sastavljen od velikog broja dijelova koji se općenito mogu svrstat u tri skupine: šasija, karoserija i oprema. [1]

- Šasija u širem smislu riječi obuhvaća motor, prijenosnik snage, hodni dio, uređaj za upravljanjem uređaj za kočenje i elektrooprema
- Karoserija predstavlja nadgradnju šasije za koju se učvršćuje, a služi za smještaj putnika i njihove prtljage. Ona povećava čvrstoću i krutost cijelog vozila. Izvodi se kao prostorna rešetka s oplatom i ostakljenim površinama.
- Oprema podrazumijeva pokazivače smjera, uređaj zvučne signalizacije, brisače vjetrobranskog stakla, uređaj za pranje vjetrobranskog stakla, retrovizore, branike, rezervni kotač, mjerni i pokazni instrumenti pribor i alat

3.3.1. Minibus

Minibus je s obzirom na svoje dimenzije, odnosno duljine 5,4 – 7,7m, širine 2,1 – 2,4m, i kapacitet od 15 – 30 putničkih mjesta, najmanje javno cestovno prijevozno sredstvo čija je visina od 2,7 – 2,8m, a unutrašnja visina koja dozvoljava stajanje putnika za vrijeme vožnje je 1,85 – 1,9m, dok mu je visina poda 0,5 – 0,7m. Ova vrsta autobusa najčešće se izrađuje sa dvije osovine s međuosovinskim razmakom od 2,7 – 4,3m i koristi se na kratkim linijama, minimalni radijus okretanja iznosi 7,8 – 13,5m što mu omogućuje kretanje u centralnom gradskom prostoru relativno velike gustoće gdje je frekvencija putnika učestala a intenzitet putničkih tokova slabiji ili na prigradskom području male gustoće naseljenosti kao fleksibilna nadopuna prigradskoj željeznici. Proizvodi se u nekoliko varijanti, a maksimalna brzina je 40 – 95 km/h. [3]



Slika 17. Minibus ZETovog voznog parka [7]

3.3.2. Zglobni autobus

Zglobni autobus je najdulje cestovno putničko prijevozno sredstvo kojeg čini vučno vozilo i poluprikolica međusobno povezani nosećim fleksibilnim mehaničkim zglobovima i harmonika oplatom čineći tako funkcionalnu cjelinu kontinuirane unutrašnjosti vozila koje ima mogućnost otklona $\pm 40^\circ$ u horizontalnoj i $\pm 10^\circ$ u vertikalnoj ravnini. [3]

Nedostatak zglobnih autobusa je neudobnija vožnja zato što se sve sile prednjeg dijela autobusa tijekom gibanja prenose na stražnji dio. To se posebice osjeti za vrijeme nagle promjene smjera ili vožnje po oštećenom kolniku.

Njegova duljina iznosi 16,7 – 18m dok mu je širina 2,5 – 2,7m, a visina 2,7 – 3,15m, unutrašnja visina mu iznosi 2,5m dok je u takvim izvedbama visina poda podignuta na 0,75 – 0,9m. Kapacitet izražen u putničkim mjestima iznosi od 96 – 160, dok mu je minimalni radijus okretanja 12 – 14,5m te postiže maksimalnu brzinu u iznosu od 72 – 100km/h, dolazi u troosovinskoj ili četveroosovinskoj izvedbi sa međuosovinskim razmakom od 5,25 – 7,3m. [3]



Slika 18. Zglobni autobus [8]

3.3.3. Prigradski autobus

Prigradski autobus je vrsta cestovnog vozila koje se za prijevoz prigradskih putnika u svijetu najčešće koristi zbog svojih zadovoljavajućih tehničko eksploatacijskih i ekonomsko organizacijskih karakteristika koje su sljedeće:

Duljina mu iznosi 10,7 – 12,2m dok mu je širina 2,4 -2,5m i visina 2,9 – 3,1m, unutrašnja visina od poda do krova je u okvirima između 2,05 – 2,23m dok mu visina poda iznosi 0,5 – 0,9m. Raspoložuje sa putničkim kapacitetom od 70 – 82 putnička mjesta, dolazi u dvoosovinskoj izvedbi s razmakom između osovina od 5,6 do 7,6 metara. Postiže maksimalnu brzinu od 72 – 110 km/h dok mu je radijus okretanja 10,5 – 12m. [3]



Slika 19. Prigradski autobus [9]

3.3.4. Ostale vrste autobusa

Osim prigradskog, zglobnog i minibusa postoje i ostale vrste autobusa pod koje spadaju autobusi na polukat te autobusi za posebne namjene. Takve vrste autobusa najčešće se primjenjuju u turističke ili specifične svrhe te se stoga u pravilu odlikuju komforom i luksuzom. Prostor i vrijeme rada su im nedefinirani, ali često ograničeni.

- Autobusi na polukat

Autobus na polukat u svojoj zadnjoj polovici karoserije ima nadogradnju namijenjenu putnicima koji žele za vrijeme putovanja uživati u panoramskom razgledavanju okoline, kojom autobus prolazi. Duljina ovakvih autobusa iznosi oko 12m na kojima je raspoređena jedna solo i jedna dupla osovina, kapacitet prijevoza autobusa na polukat iznosi ukupno 120 putničkih mjesta od čega je njih 55 (oko 45%) sjedećih i raspoređenih u dvije razine po dva reda. [3]



Slika 20. Autobus na polukat [12]

- Autobusi za posebne namjene

Autobus za posebne namjene je cestovno vozilo čija upotreba u normalnom prometu na javnim gradskim ili prigradskim cestama nije dozvoljena, već se isti koriste samo za interne potrebe prijevoza putnika na aerodromima (na relacijama avion – putnička zgrada), na velesajmovima i sličnim masovnim izložbenim manifestacijama. Specifična konstrukcija karoserije ovih autobusa (koja se ogledava u njenom "kvadratičnom" obliku, niskom podu, većim brojem širokih bočnih vrata, velikim staklenim površinama i malim brojem sjedala) omogućava relativno udoban prijevoz velikog broja putnika na kratkim udaljenostima vožnje. [3]

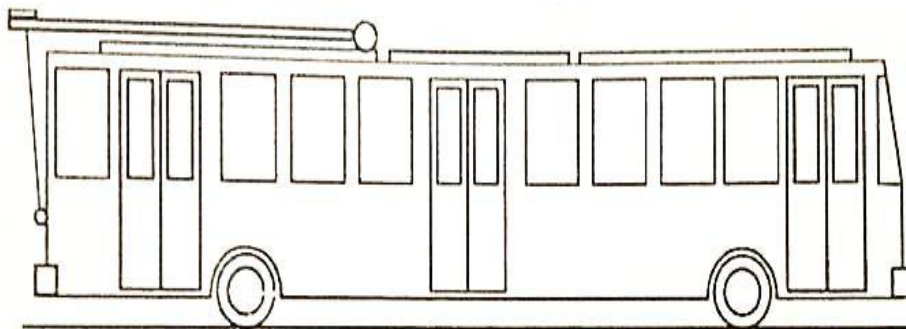


Slika 21. Autobus za posebne namjene u zračnoj luci [10]

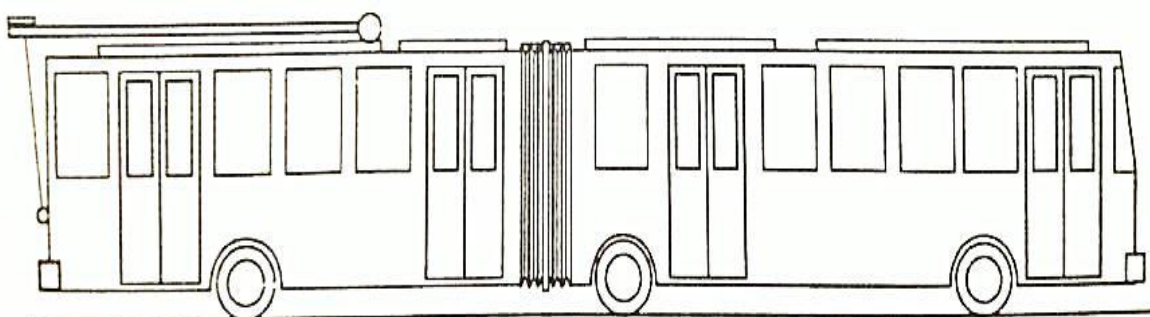
3.4. TROLEJBUS

Prema broju osovina, izvedbi karoserije, duljini i broju putničkih mjesta trolejbusi mogu bit izvedeni u dva osnovna oblika: [1]

- Dvoosovinski s jednodijelnom karoserijom duljine 11 – 12m, koji ima 85 – 115 putničkih mjesta i neto masu 9,5 – 11 tona te troja dvokrilna vrata
- Zglobni troosovinski s dvodijelnom karoserijom duljine 15 – 18m koji ima 145 – 180 putničkih mjesta i neto masu 15 – 17,5 tona te četvora dvokrilna vrata



Slika 22. Dvoosovinski trolejbus [1]



Slika 23. Troosovinski trolejbus [1]

Trolejbusi se mogu graditi i izvan tih osnovnih kategorija, kao što su: [1]

- Dvoosovinski s jednodijelnom karoserijom manjih dimenzija i kapaciteta (duljine 8,5 – 10m, sa 60 – 80 putničkih mjesta i neto mase 7 – 8,5 tona)
- Dvoosovinski i troosovinski trolejbusi na kat s jednodijelnom karoserijom
- Trolejbusi s prikolicom

Visina trolejbusa do gornjeg ruba krova u rasponu je 2850 – 3100mm, a najveća širina iznosi 2450 – 2550mm.

Od ukupnog broja putničkih mjesta, oko 20 – 35% su sjedeća, a stajaća mjesta računaju se s 5 – 6 putnika/ m².

Karoserija trolejbusa može biti izvedena s glavnim nosivim okvirom ili kao samonosiva konstrukcija. Jedinična masa pojedinih konstrukcija u sljedećim je rasponima: [1]

- 95 – 115 kg/mjestu, odnosno 350 – 380 kg/m² – za trolejbuse s glavnim nosivim okvirom
- 85 – 90 kg/mjestu, odnosno 270 – 300 kg/m² – za trolejbuse sa samonosivom karoserijom

Pogon trolejbusa izvodi se najčešće s jednim vučnim motorom, a rjeđe, u nekim izvedbama zglobnih trolejbusa, s dva vučna motora. Vučni motori su istosmjerni serijski elektromotori ili u novije vrijeme trofazni asinkroni elektromotori, a instalirana snaga po trolejbusu iznosi 110 do 180 kW. Vučna sila pri pokretanju za jednodijelne trolejbuse iznosi 22-30 kN, a za zglobne 44-52 kN. Najveća brzina trolejbusa najčešće iznosi 60 km/h, a rjeđe i do 80km/h. Vučna sila treba omogućiti ubrzanje trolejbusa u polasku i na usponu od 8% veće od 0,65 m/s² te svladavanje uspona od 15%. [1]

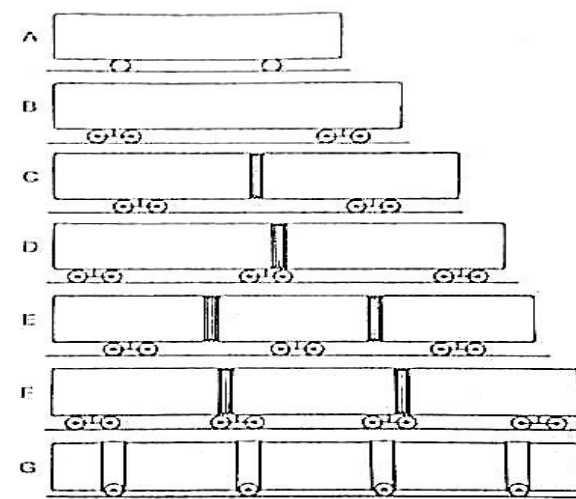
3.5. TRAMVAJ

Tramvaj se, kao i većina tračničkih vozila, mogu klasificirati prema različitim kriterijima podjele od kojih su najznačajniji; samostalnost pogona, broj osovina, konstrukcija karoserije, sastav kompozicije te područje djelovanja. Tako, u osnovi razlikujemo: [4]

- S obzirom na samostalnost pogona:
 - Motorni samohodni tramvaj
 - Vučena tramvajska prikolica (bez vlastitog pogona)
- S obzirom na broj osovina pojedinačnog vozila:
 - Dvoosovinski tramvaj
 - Četveroosovinski tramvaj
 - Šesteroosovinski tramvaj
 - Osmoosovinski tramvaj
- S obzirom na konstrukciju karoserije:
 - Standardni klasični tramvaj
 - Jednozglobni, dvozglobni i višezglobni tramvaj
 - Tramvaj na kat (katni tramvaj)
- S obzirom na sastav kompozicije
 - Samostalni tramvaj
 - Udvojeni tramvaj (par sastavljen od motornog vozila i prikolice)
 - Multiplicirani tramvaj (kompozicija od dva ili tri motorna vozila)
- S obzirom na područje djelovanja
 - Tramvaj na razini zemlje (površinski)
 - Tramvaj djelomično u tunelima (podzemni), odnosno LTT (lakotračnički tramvaj)
 - Tramvaj iznad razine zemlje (nadzemni)

Tehničko eksploatacijske značajke tramvaja ovise o njegovoj izvedbi. Prema karoserijskoj izvedbi, duljini, broju putničkih mjesta i broju osovina tramvaji mogu biti izvedeni na sljedeće načine: [1]

- Dvoosovinski tramvajski motorni vagon duljine 9 do 11 m i sa 65 do 80 putničkih mjesta (slika 17. oznaka A)
- Četveroosovinski tramvajski motorni vagon (dva okretna postolja) s jednodijelnom karoserijom duljine 12 do 14 m i sa 110 do 120 putničkih mjesta (slika 17. oznaka B)
- Četveroosovinski tramvajski motorni vagon (dva okretna postolja) s dvodijelnom karoserijom, odnosno zglobnom izvedbom, duljine 16 do 18 m i sa 150 do 165 putničkih mjesta (slika 17. oznaka C)
- Šesteroosovinski tramvajski motorni vagon (tri okretna postolja) s dvodijelnom karoserijom, odnosno zglobnom izvedbom, duljine 19 do 23 m i sa 170 do 195 putničkih mjesta (slika 17. oznaka D)
- Šesteroosovinski tramvajski motorni vagon (tri okretna postolja) s trodijelnom karoserijom, odnosno sa dvije zglobne izvedbe, duljine 24 do 27 m i s 200 do 245 putničkih mjesta (slika 17. oznaka E)
- Osmoosovinski tramvajski motorni vagon (četiri okretna postolja) s trodijelnom karoserijom, odnosno sa dvije zglobne izvedbe, duljine 27 do 35 m i s 250 do 300 putničkih mjesta (slika 17. oznaka F)
- Druga specijalna rješenja koja se osobito izvode u novije vrijeme (slika 17. oznaka G).



Slika 24. Moguće izvedbe tramvaja prema obliku karoserije i broju osovina [1]

Zglobna izvedba tramvaja predstavlja suvremeno rješenje zato što pridonosi povećanju broja putničkih mjesta po jedinici duljine i pri tom čini kompaktnu cjelinu. Prikladniji su za linije na kojima se pojavljuje potražnja većeg broja putnika u jedinici vremena. Izvedbe su moguće kako s jednim zglobom, tako i sa više njih, a duljina samog vozila sa zglobnom izvedbom može biti i do 35 metara. [1]

Putnički prostor u tramvaju po broju, rasporedu i izboru sjedala ovisi o vrsti linije na kojoj tramvaj vozi, eksploatacijskim uvjetima, tarifi, broju i rasporedu vrata, predviđenim smjerovima kretanja putnika itd. Da bi se putnički prostor što bolje iskoristio, a s obzirom na to da su relacije putovanja putnika kratke, tramvaji se izvode s većim brojem stajaćih mjesta. Tako je udio sjedala prema ukupnom broju putničkih mjesta najčešće 20 – 30%. [1]

Širina tramvajskih vozila najčešće je 2100mm ili 2350 do 2650mm, a visina krova, mjereno od gornjeg ruba tračnice, iznosi 3050 do 3365mm. Vrata su najčešće dvokrilna, obično prijeklopna, slobodne širine 1150 do 1300mm, s uređajem za automatsko otvaranje i zatvaranje. Broj vrata ovisi o duljini tramvaja i njegovoj izvedbi, a kreće se od 3 do 5. [1]

Masa tramvaja najčešće se svodi na jedinicu korisne površine putničkog prostora, što omogućuje vrednovanje konstrukcije u smislu zahtijeva za lakom gradnjom i međusobno uspoređivanje različitih izvedbi. Tako je masa tramvajskih vozila u sljedećim rasponima: [1]

- 600 – 750 kg/m² – za starije konstrukcije
- 480 – 550 kg/m² - za četveroosovinska vozila
- 400 – 470 kg/m² – za zglobne i suvremene konstrukcije tramvaja

Neto masa se često svodi na jedno putničko mjesto, pa tako u suvremenih tramvaja ona iznosi oko 110 do 230 kg/putničkom mjestu.

Na motorni tramvajski vagon ugrađuje se dva do osam vučnih motora, što ovisi o izvedbi tramvaja i broju osovina, tako da se ukupno instalirana snaga kreće od 120 do 300, pa čak i do 500kW. Veličina snage je određena zahtjevima za većim brzinama vožnje i ubrzanja. [1]

3.6. METRO

Metro i regionalni metro međusobno se razlikuju po osnovnim tehničko eksploatacijskim značajkama, svaki za sebe predstavlja poseban sustav. Kada je u pitanju prijevozni kapacitet, metro zadovoljava mogućnost prijevoza od 35.000 do 60.000 putnika po satu, dok regionalni metro služi masovnijem prijevozu putnika i ima kapacitet prijevoza od 65.000 do 100.000 putnika po satu. U početku minimalan broj stanovnika u nekom gradu potreban za uvođenje metroa je iznosio milijun, ali danas nema striktnih pravila, te svaki grad ima svoj jedinstveni pristup u rješavanju problema oko prijevoza putnika javnim gradskim prometom. Primjerice neke urbane sredine već sa 500.000 stanovnika planiraju i uvode metro sustave kao oblik javnog gradskog prijevoza putnika, dok s druge strane gradovi sa 2 milijuna stanovnika ili više su bez metro sustava. Metro se smatra optimalnim i kvalitetnim načinom prijevoza velikog broja putnika čime se pojednostavljuje masovno kretanje ljudi gradskim prometom. U novije vrijeme potrebe za planiranjem i uvođenjem metro sustava su gradovi sa oko 750.000 i 2 milijuna stanovnika.



Slika 25. Metro stajalište u Glasgowu [11]

Pojedina kompozicija metroa može bit sastavljena od najviše šest vozila s ukupno 900 – 1.100 mjesta. Najveća brzina vožnje je 60 – 80 km/h. Napajanje je istosmjernom strujom, a može bit preko treće tračnice kada je napon 750V, ili preko zračnog kontaktnog voda kada je napon najčešće 1500V (regionalni metro). [1]

Značajke metroa ovise o specifičnim uvjetima svakog grada, odabranim tehničkim rješenjima za građevinske objekte, izboru vozila i stabilnih postrojenja električne vuče te organizaciji prijevoza. No mogle bi se kao i zajedničke značajke navesti sljedeće: [1]

- Visina treće (kontaktne) tračnice iznad gornjeg ruba tračnice (GRT) kolosijeka 120 – 180mm, a osni razmak od bliže tračnice 330 – 350mm
- Širina kolosijeka je normalna i iznosi 1435mm
- Širina vozila iznosi 2400 – 2500mm
- Najmanji polumjeri zavoja su 75 – 120m
- Širina dvokolosiječnih tunela na ravnim dijelovima iznosi 6,75 – 7,6m, a u postajama 13,5 – 14,5m
- Najmanja visina četvrtastih tunela od GRT iznosi 3500mm, a elipsastih 4500mm
- Visina perona iznad GRT je 850 – 1100mm
- Duljina perona u postajama je 120 – 150m
- Udaljenost između susjednih postaja najčešće je 800 – 900m

3.7. USPINJAČA

Zagrebačka uspinjača je sagrađena kao kosi vijadukt s osam polukružnih otvora duljine 2,5 m, od opeke i vapnenim malterom. Usprkos stalnom mehaničkom opterećenju, ta prastara konstrukcija do današnjih dana nije pokazala znakove bilo kakvih tehničkih deformacija, a u nekima od polukružnih otvora danas su umjetničke galerije i prodavaonice suvenira. Na betonskoj površini vijadukta nalaze se dva kolosijeka (na svakom se nalazi jedan vagon) s tračnicama duljine 66 metara i širine kolosijeka 1200 mm. Vučno uže je promjera 22 mm. Ima dva vagona-kabine (gornji i donji), svaki kapaciteta 28 putnika (16 sjedećih i 12 stajaćih mjesta). Dužina vagona preko odbojnika je 5640 mm, težina praznog vagona je 5,05 tona, a nosivost im je 2240 kg. Električni se pogonski motor nalazi na gornjoj postaji, ima snagu 28,5 kW, napaja se istosmjernim naponom od 400 V, a radi sa 720 okretaja u minuti. Najveća je dopuštena brzina uspinjače 1,5 m/s. Vožnja traje 64 sekundi i za to vrijeme svladava visinsku razliku od 30,5 metara na usponu od 52%. Gornja je stanica na nadmorskoj visini od 156,5 m, a donja na 126 m. [31]

3.8. TAKSI

Taksi vozilo se u današnje vrijeme smatra modernom inačicom javnog prijevoza koje jamči udobnost putnika prilikom prijevoza uz pomoć dodatne opreme koja služi za obavljanje dužnosti taksi prijevoznika, a to su taksimetar, klima uređaj, radio prijemnik, udobna sjedišta, prostran prtljažni prostor, u nekim zemljama čak i tv prijemnik. Svako taksi vozilo mora imati "Taxi" oznaku s jedinstvenim brojem vozila koja je osvijetljena te se ističe u odnosu na ostatak vozila. Vozač taksi vozila mora ispunjavati određene uvjete od kojih su najvažniji osposobljavanje prema važećim zakonima i propisima države u kojoj vrši prijevoz. Podrazumijeva se da svaki vozač mora imati položenu kategoriju za upravljanje vozilom kojim upravlja i vrši prijevoz taksi službe te položen tečaj na kojem se uči ili usavršava kulturno povijesne znamenitosti grada, raspored ulica, hotela i drugih važnih institucija i lokacija grada u kojem će obavljati i naplaćivati taksi usluge. Sukladno propisima koje nalaže pojedini grad ili općina, taksi vozila moraju biti posebno označena, što podrazumijeva

određene boje i raspored istih na prijevoznom sredstvu. Najpoznatiji taksiji u svijetu smatraju se oni koji uslugu obavljaju u New Yorku obojeni u žuto. Tijekom pružanja taksi usluge vozač je dužan uključiti taksimetar, nakon što putnik uđe u vozilo i zatraži vožnju na ciljano odredište, te ga jednako tako mora isključiti prilikom dolaska na cilj kada mu je dužnost izdati ovjeren račun usluge putniku kojeg je prevezio.

Taksi prijevoznik određuje cjenik taksi usluga ovisno o sredini u kojoj se nalazi te je tako usluga negdje skuplja, a negdje povoljnija sukladno standardu života u određenom mjestu. Može se naići i na primjere gradova sa više taksi prijevoznika pa cijene u istom gradu variraju od prijevoznika do prijevoznika. Cijena taksi usluge uključuje početnu cijenu vožnje, odnosno ulazak u taksi vozilo, cijenu po prijeđenom kilometru, cijenu po komadu prtljage te cijenu koju putnik plaća ako želi da ga taksi pričeka. Ako je riječ o međugradskom prometu, najčešće se cijena vožnje može unaprijed dogovoriti, pa u tom slučaju taksi vozač nije dužan uključivati taksimetar.

Taksi stajališta su unaprijed određena mjesta za prihvat taksi vozila, a također se određuju na lokalnom nivou. Taksi stanice se grade na autobusnim i drugim stanicama, pomorskim i zračnim lukama, najfrekventnijim dijelovima grada, pored hotela, bolnica i ostalih značajnih i posjećenih institucija. Ona su opremljena telefonom za poziv i naručivanje taksi vozila na određenu lokaciju. U pojedinim zemljama postoji i obaveza korištenja određenog tipa automobila za taksi vozilo, dok u engleskoj postoji posebna tvornica koja proizvodi posebna taksi vozila. Podnica u tim vozilima je povišena, a vozač je od putnika odvojen neprobojnim staklom, što bitno utječe na sigurnost vozača. Danas se sve više razmišlja o upotrebi električnih taksija kako bi se smanjilo zagađenje gradova. [35]



Slika 26. Taksi parking [28]

4. ANALIZA ISKORISTIVOSTI VOZILA JAVNOG GRADSKOG PRIJEVOZA

Vozila za javni gradski prijevoz su vrlo učinkovita sredstva za prijevoz putnika u urbanim sredinama. Njihova uloga znatno se povećava u novije vrijeme zbog naglog rasta prometa u većim gradovima. To uvelike otežava i usporava prijevoz putnika osobnim automobilima. Preraspodjela prijevoza putnika osobnim automobilima na javni gradski prijevoz predstavlja vrlo učinkovitu mjeru za povećanje broja prevezenih putnika u jedinici vremena.

Pri odabiru vrste vozila za javni gradski prijevoz razmatra se vrlo širok spektar utjecajnih čimbenika. To su općenito prometni, tehnički, ekonomski i energetske čimbenici koji u svakoj konkretnoj situaciji imaju svoju ulogu. [1]

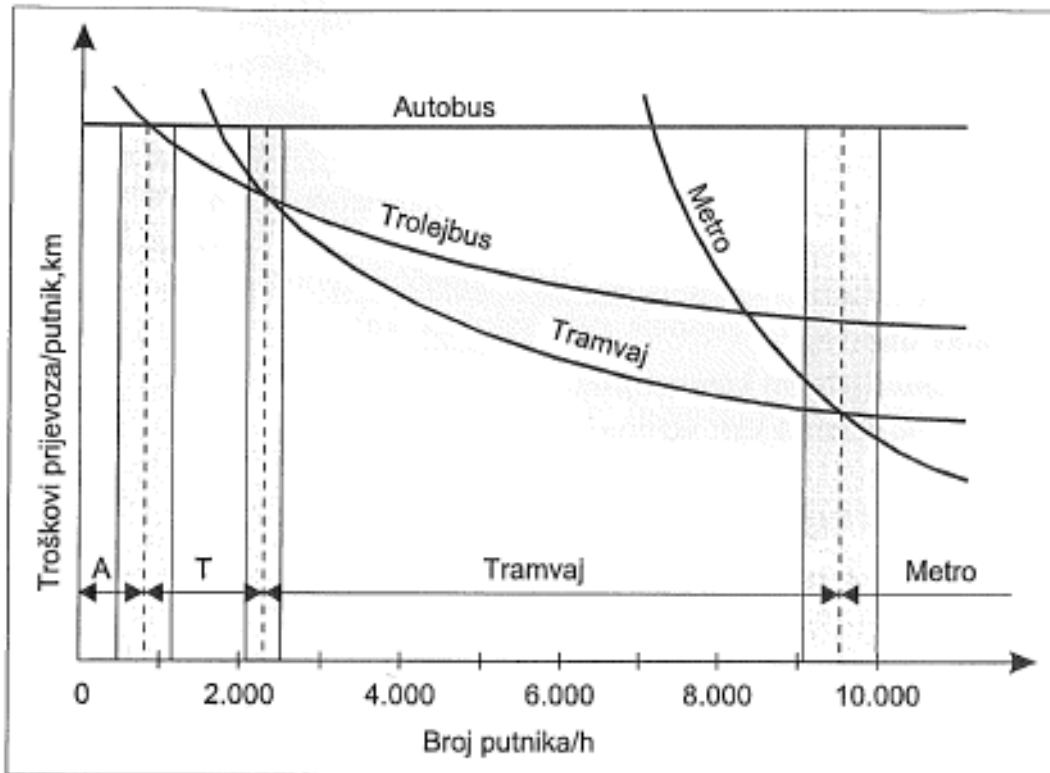
S ekonomskog motrišta primjene pojedinih vrsta vozila za javni gradski prijevoz potrebno je uzeti u obzir sve troškove koji utječu na ukupne godišnje troškove po prevezenom putniku i prijeđenom putu. To su: [1]

- Pogonski troškovi, koje čine troškovi energije, radnog osoblja i održavanja. Ti troškovi su promjenjivi, odnosno ovise o broju prevezenih putnika i prijeđenom putu.
- Troškovi investicijskih ulaganja, koji predstavljaju fiksne troškove. Oni obuhvaćaju troškove nabavke vozila, troškove elektrifikacije trasa, gradnju stabilnih postrojenja za napajanje kontaktne mreže električnom energijom, troškove gradnje trasa i pruga te troškove rashodovanja vozila.

Svedu li se svi ti troškovi na jednog prevezenog putnika i jedan prijeđeni kilometar, dobivaju se jedinični troškovi.

Ovisnost jediničnih troškova o broju prevezenih putnika po satu za pojedine vrste vozila u približnim granicama prikazana je na slici 27.

Granice ekonomske opravdanosti primjene pojedinih vrsta vozila dane su za prosječne uvjete eksploatacije u Središnjoj Europi, a na slici 28. su prikazane osjenčanim površinama. [1]



Slika 27. Opravdanost primjene pojedinih vrsta vozila [1]

Primjena autobusa (A) ekonomski je opravdana za prijevoz do približno 750 putnika po satu (500 – 1.200). Za veći broj putnika, do približno 2.200 po satu ekonomski je opravdana primjena trolejbusa (T). Za veći broj putnika postaje ekonomski opravdana primjena tramvaja. Za primjenu metroa granice mogu biti vrlo široke, a ovise o složenosti i cijeni trase na kojoj se metro uvodi. Prosječno to iznosi iznad 9.000 do 10.000 putnika po satu. [1]

5. ZAKLJUČAK

Pod pojmom javni gradski prijevoz podrazumijeva se prijevoz gradskim vozilima koji je pod istim uvjetima dostupan svim korisnicima. Odabir vrste i tipa prijevoznog sredstva ovisi o potrebama putnika, o dostupnosti prijevoznika, cijeni prijevoza, brzini ili vremenu prijevoza, sigurnosti i pouzdanosti usluge, regulativnih mjera, sigurnosti u prijevozu te cjelovitoj koncepciji ukupne logistike javnog gradskog prijevoza.

Sustav javnog gradskog prijevoza donosi velike prednosti svakom gradu. Korištenjem javnog gradskog prijevoza smanjuju se prometne gužve, smanjuje se onečišćenje zraka, manja prometna buka, pospješuje se zdraviji život.

Zbog sve veće populacije u gradovima, kako bi se spriječili prometni kaosi, trebalo bi poticati korištenje javnog gradskog prijevoza u svim njegovim oblicima.

Javni gradski prijevoz je neophodan sustav za ostvarenje estetski atraktivnih, ekonomski i energetski učinkovitih gradova. Kao takav, javni gradski putnički prijevoz dobiva sve veću podršku gradskih uprava u prometnoj politici i financiranju njegovog razvitka diljem svijeta.

U razvoju vozila za javni gradski prijevoz putnika mogu se očekivati sljedeća poboljšanja:

- Bolje tehničko-eksploatacijske karakteristike
- Primjena lakših materijala u konstrukciji za smanjenje težine vozila
- Povećanje atraktivnosti za putnike udovoljavanjem ergonomskim kriterijima u putničkom prostoru vozila, smanjenje buke, bolja toplinska izolacija, kvalitetnija ventilacija i grijanje te kvalitetniji informacijski sustav
- Veći udio elektronike u sustavu, viša razina primjene automatskog upravljanja

6. LITERATURA

- [1] Zavada, J.: Vozila za javni gradski prijevoz, Zagreb, 2006.
- [2] Štefančić, G.: Tehnologija gradskog prometa I., Zagreb, 2008.
- [3] <http://www.prometna-zona.com/gradski-tehnologija-014autobusi.php>, 13.04.2015
- [4] <http://www.prometna-zona.com/gradski-tehnologija-013tramvaj.php>, 13.04.2015
- [5] <http://www.prometna-zona.com/gradski/tehnologija/012trolejbus.jpg>, 13.04.2015
- [6] <http://www.sddh.hr/images/20061/gen13-1.jpg>, 22.05.2015.
- [7] http://s1350.photobucket.com/user/mihailo_mateljan1/media/Mobile%20Uploads/20150312_091302_zps4sujksxl.jpg.html, 17.04.2015.
- [8] <http://www.retkovec.net/wp-content/uploads/2012/06/ZET-Autobus.jpg>, 13.05.2015.
- [9] <http://www.prometna-zona.com/gradski/tehnologija/017autobus.jpg>, 13.04.2015.
- [10] http://www.prometna-zona.com/gradski/tehnologija/020autobus_na_zracnoj_luci.jpg, 13.04.2015.
- [11] <http://www.48houradventure.com/wp-content/uploads/2011/12/Glasgow-Subway.jpg>, 1.7.2015
- [12] http://www.prometna-zona.com/gradski/tehnologija/021panoramski_autobus.jpg, 17.05.2015
- [13] http://www.prometna-zona.com/gradski/tehnologija/018zglobni_autobus.jpg, 11.07.2015.
- [14] <http://www.autonet.hr/pic/900/8131/original.jpg> 11.07.2015.
- [15] <http://mic-ro.com/metro/metrocity.html?city=Glasgow> 11.07.2015.
- [16] <http://mic-ro.com/metro/metrocity.html?city=Vienna> 11.07.2015.
- [17] <http://mic-ro.com/metro/metrocity.html?city=Moscow> 11.07.2015.
- [18] <http://mic-ro.com/metro/metrocity.html?city=Munich> 11.07.2015.
- [19] <http://mic-ro.com/metro/metrocity.html?city=Prague> 11.07.2015.
- [20] <http://mic-ro.com/metro/metrocity.html?city=London> 11.07.2015.
- [21] <http://mic-ro.com/metro/metrocity.html?city=Paris> 11.07.2015.
- [22] <http://mic-ro.com/metro/metrocity.html?city=Berlin> 11.07.2015.
- [23] <http://mic-ro.com/metro/metrocity.html?city=Oslo> 11.07.2015.
- [24] <http://mic-ro.com/metro/metrocity.html?city=Helsinki> 11.07.2015.
- [25] <http://mic-ro.com/metro/metrocity.html?city=Warsaw> 11.07.2015.
- [26] <http://mic-ro.com/metro/metrocity.html?city=Lille> 11.07.2015.

- [27] <http://mic-ro.com/metro/metrocity.html?city=Rome> 11.07.2015.
- [28] http://www.komunalac-samobor.hr/grafika/slike/07-kolodvor_20.jpg 13.07.2015
- [29] <http://web.studenti.math.pmf.unizg.hr/~tbabic/> 11.07.2015.
- [30] <http://web.studenti.math.pmf.unizg.hr/~tbabic/uspinjaca1.jpg> , 13.07.2015
- [31] <http://www.eho.com.hr/news/o-dvije-uspinjace/6065.aspx> 13.07.2015
- [32] <http://www.zgportal.com/o-zagrebu/simboli-grada-zagreba/uspinjaca/>
- [33] http://www.poslovniforum.hr/about04/taxi_taksi.html 13.07.2015
- [34] http://www.zenskaposla.hr/media/image/fotogalerija/_eko_taxi_1350913822.jpg
13.07.2015
- [35] <http://www.ekapija.com/website/bih/page/300700/TAXI-Od-rik%C5%A1e-i-ko%C4%8Dije-do-elektri%C4%8Dnih-automobila> 13.07.2015

POPIS SLIKA

Slika 1. Gradski autobus

Slika 2. Trolejbus

Slika 3. Niskopodni tramvaj

Slika 4. Kružna mreža

Slika 5. Kružno radijalna mreža

Slika 6. Sekantna mreža

Slika 7. Meshed mreža

Slika 8. Mreža x oblika

Slika 9. Linija promjera

Slika 10. Mreža ribljeg mjehura

Slika 11. Križna mreža

Slika 12. Uspinjača u Zagrebu

Slika 13. Taksi vozilo u Zagrebu

Slika 14. Principijelna shema četverotaktnog Dieselovog motora

Slika 15. Princip rada četverotaktnog Dieselova motora

Slika 16. Dvoosovinski i zglobni troosovinski autobusi

Slika 17. Minibus ZETovog voznog parka

Slika 18. Zglobni autobus

Slika 19. Standardni autobus

Slika 20. Autobus na polukat

Slika 21. Autobus za posebne namjene u zračnoj luci

Slika 22. Dvoosovinski trolejbus

Slika 23. Troosovinski trolejbus

Slika 24. Moguće izvedbe tramvaja prema obliku karoserije i broju osovina

Slika 25. Metro stajalište u Glasgowu

Slika 26. Taksi parking

Slika 27. Opravdanost primjene pojedinih vrsta vozila