Podzemne željeznice u prometnim sustavima gradova

Lesi, Dalibor

Master's thesis / Diplomski rad

2017

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:119:523020

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

DALIBOR LESI

PODZEMNE ŽELJEZNICE U PROMETNIM SUSTAVIMA GRADOVA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 21. travnja 2017.

Zavod: **Zavod za željeznički promet**
Predmet: **Tračnički urbani sustavi**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 3865

Pristupnik: **Dalibor Lesi (0135221919)**
Studij: Promet
Smjer: Željeznički promet

Zadatak: **Podzemne željeznice u prometnim sustavima gradova**

Opis zadatka:

U diplomskom radu potrebno je obraditi sustave podzemnih željeznica koji se primjenjuju u srednjim i velikim gradovima u Europi. Poseban naglasak potrebno je staviti na različitost izvedbi i primjeni kako s motrišta infrastrukturnih tako i s gledišta konstrukcije vozila metroa. Na temelju analize sustava koji se primjenjuju u svijetu, potrebno je istražiti mogućnost primjene sustava podzemne željeznice u Republici Hrvatskoj, prvenstveno u gradu Zagrebu.

Zadatak uručen pristupniku: 28. travnja 2017.

Mentor:

doc. dr. sc. Mladen Nikšić

Predsjednik povjerenstva za diplomski ispit:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

PODZEMNE ŽELJEZNICE U PROMETNIM SUSTAVIMA GRADOVA
SUBWAYS IN THE TRANSPORT SYSTEMS OF CITIES

Mentor: doc.dr.sc.Mladen Nikšić

Student: Dalibor Lesi
JMBAG: 0135221919

Zagreb, 2017.

Sažetak

Gradovi Hamburg, Rennes, Lausanne i Liverpool su europski gradovi sa različitim sustavom podzemne željeznice čiji razvoj odgovara ekonomskoj situaciji gradskih središta. Trenutno stanje pojedinih podzemno željezničkih sustava i njihova primjenjena tehnologija uvelike odražava stanje razvoja javnog gradskog prijevoza i mreže javnog gradskog prometa. Svaki od prijevoznika u podzemnim željeznicama u tim gradovima ima različiti tehnički pristup obavljanja javnog gradskog prijevoza te korištenjem optimalnim brojem motornih prijevoznih jedinica osigurava zadovoljenje potreba javnog gradskog i metropolitanskog područja grada. Kroz usporedbu tehničkih podataka pojedinih podzemnih željeznica može se uvidjeti i zaključiti koji od sustava podzemnih željeznica je veći i koje oblike tehničkih rješenja koristi.

Ključne riječi: Hamburg, Rennes, Lausanne, Liverpool, podzemna željeznica, javni gradski prijevoz, linija, tip vlaka, tvrtka, prihod, cijena.

Summary

Cities Hamburg, Rennes, Lausanne and Liverpool are european cities with different metro system by wich development reflects economic situation of city areas. Momentary situation each and individual subway system and their technology implementation reflects by fair public transportation situation and public transport network. Every individual public transport operator in those cities has different technical approach of performing city public transportation and by using optimal number of transportation motor units ensures requirements satisfaction in city and metropolitan areas. Trought individual subway technical dana comparison can be realised and concluded wich of metro system is greater and wich of technical solution he uses.

Keywords: Hamburg, Rennes, Lausanne, Liverpool, Metro, City public transportation, line, train type, company, revenue, price.

Sadržaj:

1. Uvod 1
2. Općenito o podzemnoj željeznici 2
   2.1. Sustavi upravljanja željezničkim vozilima 2
   2.2. Povijest nastanka podzemne željeznice u svijetu 4
   2.3. Arhiktetura podzemne željeznice 6
   2.4. Osnovni podaci o vlakovima podzemne željeznice 13
   2.5. Općenito o signalnoj tehnici u podzemnoj željeznici 15
      2.5.1. Automatizacija u podzemnoj podzemnoj željeznici 15
      2.5.2. Vrste upravljanja vlakovima 18
3. Podzemna željeznica u gradu Hamburg 24
   3.1. Općenito o gradu Hamburg 24
   3.2. Karakteristike podzemne željeznice u gradu Hamburg 26
4. Podzemna željeznica u gradu Rennes 33
   4.1. Općenito o gradu Rennes 33
   4.2. Karakteristike podzemne željeznice u gradu Rennes 35
5. Podzemna željeznica u gradu Lausanne 45
   5.1. Općenito o gradu Lausanne 45
   5.2. Karakteristike podzemne željeznice u gradu Lausanne 48
6. Podzemna željeznica u gradu Liverpool 59
   6.1. Općenito o gradu Liverpool 59
   6.2. Karakteristike podzemne željeznice u gradu Liverpool 61
7. Usporedba tehničkih karakterisitka podzemnih željeznica 70
8. Podzemna željeznica u Zagrebu 75
9. Zaključak 77
10. Popis Literature 79
11. Popis Slika i Tablica 91

1. Uvod

U ovome diplomskom radu obradit će se tema pod nazivom: „Podzemne željeznice u prometnim sustavima gradova”. Odabrana su četiri europska grada: grad Hamburg, grad Rennes, grad Lausanne i grad Liverpool. Ukratko će se prikazati pojedinosti tih gradova i njihovih podzemnih željeznica, načinu gradnje odnosno ahikteturi i prijevoznu cijenu usluga podzemne željeznice. Napredak tehnologije te ubrzan način života u stalno rastućim europskim gradovima uvelike se odražava na razvoj i napredak tehnike i tehnologije podzemnih željezničkih sustava u većim urbanim sredinama. Kod izgradnje odnosno uvođenja podzemnog željezničkog sustava u europskim gradovima značajno utječu parametri uštede energije i očuvanja ekologije kao glavna smjernica vodilja pri izboru i gradnji same infrastrukture i suprastrukture podzemne željeznice. Kao glavna inicijativa uvođenja podzemnog željezničkog sustava u gradove je sama potreba stanovništva za prijevozom i opterećenost odnosno zagušenje cestovih prometnica u samim gradovima što dovodi do povećanja vremena putovanja i povećane koncentracije ispušnih plinova u samom urbanom području grada. Sa sve većim porastom korištenja usluge podzemne željeznice razvijaju se sve više i nove ponude cijena prijevoznih usluga, različiti paketi usluga, popusti i akcije koje imaju svrhu omogućiti da sve više novih korisnika svake dobi ima mogućnost i izbor korištenja usluge prijevoza podzemnom željeznicom.

2. Općenito o podzemnoj željeznici

2.1. Sustavi upravljanja željezničkim vozilima

AGT (Automated guided transit) je upotpunosti automatsko upravljani (navođeni) podzemno željeznički sustav koji vozi po takozvanom „guideway“ unaprijed predviđenom putu koji „navodi“ kompoziciju vlaka i to za svaki vlak u oba smjera vožnje. Najčešća primjena je kod vozila sa ugrađenim gumenim kotačima umjesto čeličnih ali je bila primjena ovakvog načina upravljanja i na ostalim sustavima na gumenim jastučićima, kod maglev vlaka i vlakovima sa okretnim postoljem sa čeličnim kotačima. [1][2]

Najčešće postoje dvije prednosti potpune automatizacije upravljanja vožnjom vlaka a to su :

a) Kod vožnje vlaka bez vlakopratnog osoblja omogućena je vožnja mnogo više kraćih vlakova na kraćim razmacima vožnje (engl. headways) i to pod istom cijenom vožnje dugačkih vlakova na dužim razmacima vožnje (engl. headways). Npr: vožnja vlaka od 6 garnitura i sa vremenskim razmakom između vlakova od 12 minuta kod uvođenja automatske vožnje omogućilo bi da se koriste samo dvije motorne jedinice (graniture) i vremenski razmak od 4 minute [1]

b) Potpuna automatizacija vlakova omogućava lagano zakvačivanje i otkvačivanje motornih jedinica (garnitura) a to se obavlja daljinski u upravljačkim centrima koji nadziru vožnje vlakova. To omogućava bolju uslugu vožnje i značajno smanjenje vožnje praznih garnitura u odnosu na kilometre vožnje vlakova. [1]

Većina AGT sustava su napravljena za kapacitet putnika za oko 80 ili više mjesta kao jedno motorno vozilo a to su takozvani kratki vlakovi. [1]

AGT (Automated guided transit) vozila sa gumenim kotačima

Najpoznatiji proizvođači ovakvih vozila su: Bombardier (nekadašnji Westinghouse), Siemens (nekadašnji MATRA) VAL i Airtrans, još je nedavno Mitsubishi pokrenuo proizvodnju ovakvih tipova vlakova [1]. Velika mogućnost vlakova opremljeni sa gumenim kotačima je

njihova mogućnost svladavanja oštrih zavoja i niskih odnosno visokih uspona sa jako malo buke. [1]

LRT (Light Rail Transit) je sustav motornih jedinica koji u osnosu na AGT sustav se koristi na znatno većim i dužim mrežama pruga. [1]

RPT (Rail Rapid Transit) ili (Metro) predstavlja vlakove sa velikim kapacitetom za prijevoz putnika i sa visokim stupnjem (postotkom) ubrzanja i kočenja. Ovaj sustav predstavlja sustav sa najvećoim performansama moda prijevoza sa najmanjim troškovima vožnje po kilometar prostoru (engl. cost per space km). [1]

Najveći uzrok uvođenja ovakvog sustava je rast gradova, ,stalno povećavajuća potražnja za prijevozom i sve veća potražnja za visoko performasnim oblikom prijevoza u zagušeno prometnim gradovima. [1]

Podatak iz 1950. godine pokazuje da je samo 17 gradova u svijetu imalo metro sustav, dok 2005. godine je taj broj značajno porastao na preko 100 gradova u svijetu. [1]

Usporedba značajki RTRT (Rubber tired railroad transit) sustava (Sustav željezničkih vozila sa gumenim kotačima) sa standardnim RRT (Railroad Rapid Transit/Metro) sustavom:

a) „Veća adhezijska svojstva, pod normalnim (suhim) uvjetima omogućava svladavanje strmijih nagiba pruge
b) Manja proizvodnja buke u oštrim pružnim zavojima
c) Stupanj maksimalnog ubrzanja vozila je značajno usporediv
d) Veća je podložnost mokrim uvjetima na pruzi, snijegu na pruzi i ledenim uvijetima, smanjujući njezinu upotrebu samo u gradovima sa toplom klimom ili samo u tunelima
e) Ograničenja veličina motornih garnitura zbog toga što gumeni kotači imaju ograničeni kapacitet tereta koji mogu prevesti što čini RTRT (Rubber tired railroad transit) sustav podložan sustavu RRT (Railroad Rapid Transit) u većim gradovima
f) Značajno veća potrošnja energije, uglavnom radi većeg otpora trenja kotrljanja kotača
g) Maksimalno ograničenje brzine od 70 do 80 (km/h)

h) Ova vrsta vlaka proizvodi veću količinu topline u tunelima zbog čega je potrebna ventilacija
i) Kod ovakvog sustava vozila je veća mogućnost uzroka požara
j) Veći financijski ulog, veći troškovi vožnje, veće tehničke izvedivosti (kompleksnosti) samih garnitura te veće potrošnje energije rezultiraju gore navedenim činjenicama“ [1]

2.2. Povijest nastanka podzemne željeznice u svijetu

Tablica 1: Kronološki prikaz povijesti otvorenja podzemnih željeznica u svijetu

1863.godine	U Londonu je otvorena Metropolitanska željeznica (engl. Metropolitan Railway) dio sadašnje londonške podzemne željeznice
1870.godine.	Podzemna željeznica u New york City-u (West side and Yonkers Patent Railway)
1875.godine.	Otvorena podzemna željeznica u Istanbulu pod nazivom Tunel (podzemna uspinjača)
1890.godine	Londonška gradska i južna željeznica (engl. City and south London railway)
1893.godine.	U Liverpoolu otvorena jedina nadzemna električna željeznica u Engleskoj
1857.godine.	Liverpool opslužuje polu podzemna urbana željeznička mreža „Merseyrail”
1896.godine.	Otvorenje prve elektrificirane podzemne željeznice na europskom kontinentu u Budimpešti na željezničkoj podzemnoj liniji M1 (3.7 km)
1896.godine.	Otvorena podzemna željeznica u Glasgow-u u Škotskoj (10.4 km)
1897.godine.	Južnostranačka nadzemna željeznica (engl. South side Elevated Railroad) dio sadašnjeg Chicago „L”. (Franc J. Sprague testirao svoj izum sustava MUTC (Multiple unit train control)
1897.godine.	Otvorena podzemna željeznica u Bostonu u Americi, dio MBTA-ove zelene linije
1898.godine.	Dvije starije linije su otvorene kao dio Metropolitanske željeznice u Vienni. (podzemna željeznica na parni pogon) (modernizirana 1978.)
1900.godine.	Otvorena prva linija Pariške podzemne željeznice (metro)
1902.godine.	Otvorena podzemna željeznica u Berlinu u Njemačkoj. (veći dio mreže je bio građen nadzemno)
1904.godine.	Otvorena podzemna željeznica u gradu Hamburg
1904.godine.	Otvorena podzemna željeznica u Ateni (engl. Athens-Piareus Electric Railway), (u 2011. Postaje Atenški metro)
1904.godine.	Otvorena dionica podzemne željeznice u New Yorku (14.5 km)
1908.godine.	Otvorena dionica podzemne željeznice u New York-škom dijelu četvrti Manhattan koji je povezivao tu četvrt sa gradom New Jersey pod vodstvom tvrtke Hudson and Manhattan Railroad
1907.godine.	Otvorena podzemna željeznica u Philadelphiji dio sadašnje Market-Frankford linije (podzemna i nadzemna infrastruktura podzemne željeznice)
1913.godine.	Otvorena podzemna željeznica najstarija u južnoj hemisferi: „Subterräneos de Buenos Aires” (orginalno kao podzemni tramvaj) u Buenos Airesu u Argentini

1919.godine.	Otvorena je podzemna željeznica u Madridu u Španjolskoj (najduža podzemna željeznica u svijetu)
1924.godine.	Otvorena je podzemna željeznica u Barceloni u Španjolskoj
1935.godine.	Otvorena prva podzemna željeznica u Rusiji (USSR) u Moskvi.Prva linija koja je išla između Sokolniki i Park Kultury, bila je dugačka 11.2 km (u 2015.godini ruski metro ima 235 km linije podzemne željeznice i 194 stajališta.)
1955.godine.	Otvorena podzemna željeznica u Saint Petersburgu u Rusiji
1959.godine.	Otvorena podzemna željeznica u Lisbonu,Portugal.Naziv podzemne željeznice je: „Metropolitano de Lisboa".Prva podzemna željeznica u portugalskom govornom području
1960.godine.	Otvorena podzemna željeznica u Kijevu u Ukraini
1966.godine.	Otvorena podzemna željeznica u Tbilisiju u Gruziji.
1967.godine.	Otvorena podzemna željeznica u Baku u Azerbeđanu
1975.godine.	Otvorena podzemna željeznica u Khrakovu u Ukraini
1977.godine.	Otvorena podzemna željeznica u Tashkentu u Uzbekistanu
1980.godine.	Otvorena podzemnno-tramvajska željeznica (engl. metrotram) u Volgogradu (Rusija) i Kryvyi Rih (Ukrajina)
1980.godine.	Otvorena druga po redu podzemna željeznica u Engleskoj,naziv linije je: „Tyne and Wear Metro" i otvorena je radiopsluživanja gradskog područja engleskog grada Newcastle-upon-Tyne
1981.godine.	Otvorena podzemna željeznica u Yerevanu u Armeniji
1984.godine.	Otvorena podzemna željeznica u Minsku u Bjelorusiji
1985.godine.	Otvorena podzemna željeznica u Nizhiniy Novgorodu u Rusiji
1986.godine.	Otvorena podzemna željeznica u Novosibirsku u Rusiji
1987.godine.	Otvorena podzemna željeznica u Samari u Rusiji
1991.godine.	Otvorena podzemna željeznica u Yekaterinburgu u Rusiji
1995.godine.	Otvorena podzemna željeznica u Dnipreopetovsk u Ukraini
2005.godine.	Otvorena podzemna željeznica u Kazanu u Tartastanu u Rusiji

Izvor:[3]

Prve podzemne željeznice su koristile vakumski pogon što je bilo vrlo nepraktično jer je zrak doticao i kroz najmanje rupe u tunelima ili su bile čak vučene kabelima što je bilo također nepraktično jer u slučaju da se neki željeznički motorni vlak zaglavi na vučnom kabelu te se nemože odspojiti zbog zaustavljanja mora cijeli željeznički podzemni sustav stati do otklanjanja kvara. [4]

Zatim su masovno podzemne željeznice koristile parni pogon što se također pokazalo nepogodnim. Para iz željezničkih vučnih vozila se zadržavala u tunelima što je dovodilo do zagađenje zraka u tunelima. Najpraktičnijim se pokazao električni pogon koji se napajao preko treće tračnice ili preko zračnog voda. [4]

Prvi počeci električnih vlakova u podzemnim željeznicama su bili klasični vlakovi sa lokomotivama onda su se počeli kasnije koristiti motorni vlakovi zbog lakšeg okretanja na terminalima. Kod željezničkih motornih vlakova je mogućnost spajanja u 2 do 3 motorne garniture gdje u slučaju kvara jedne od motornih garniture. [4]

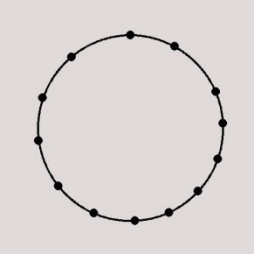
2.3. Arhiktetura podzemne željeznice

Podzemna željeznica koja je još poznata u cijelom svjetu te kao u njemačkom govornom području pod nazivom U-Bahn ili Undergrundbahn te u francuskom govornom području pod nazivom Metro čiji je naziv sveopće prihvaćen u svijetu kao univerzalan naziv za podzemnu željeznicu koja u engleskom govornom području ima naziv „Subway“. [5]

Ono po čemu se ističe ovakav željeznički sustav je u tome što su vlakovi „djelomično” ili “pretežno” obavljaju vožnju odnosno prijevoz putnika pod zemljom. [5]

Uglavnom je karakterizirano nekoliko osnovnih tipova izvedbi podzemnih željeznica u gradovima koje predstavljaju obilježje prepoznatljivosti izvedbe nekog podzemno željezničkog sustava u gradovima svijeta, a to su:

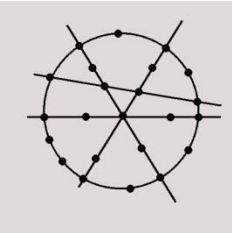
a) Kružna izvedba podzemne željeznice



Slika 1:Kružni sustav podzemne željeznice.
Izvor:[6][5].Autor:AutorJcornelius(talk)-Vlastitodjelopostavljača,Javnovlasništvo,
https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=79973

Ovakav tip izvedbe je u gradu Glasgow u Škotskoj. [5]

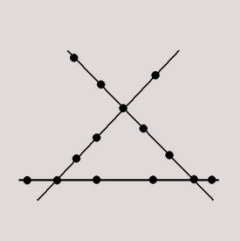
b) Kružno-radijalna izvedba podzemne željeznice



Slika 2: Kružno radijalni sustav podzemne željeznic e.
Izvor:[7][5].Autor:AutorJcornelius(talk)-Vlastitodjelopostavljača,Javnovlasništvo,
https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=79969

Slika 2. predstavlja kružno radijalnu izvedbu sustava podzemne željeznice koja ima kao primjer izvedbe u gradovima: Moskva u Rusiji i Beč u Austriji. [5]

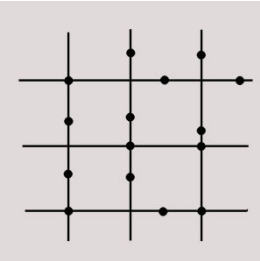
c) Sekatna izvedba podzemne željeznice



Slika 3: Sekantni sustav podzemne željeznic e.
Izvor:[8][5].Autor:AutorJcornelius(talk)-Vlastitodjelopostavljača,Javnovlasništvo,
https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=79980

Na slici 3. je prikazan sustav podzemne željeznice izveden na sekantni način u kojemu u mreži linije se dodiruju (sijeku) u 3 točke. Ovakav tip izvedbe mreže linija je prepoznatljiv u gradovima: Minsk (Bjelorusija), Prag (Češka), Sao Paulo (Brazil), Munchen (Njemačka). [5]

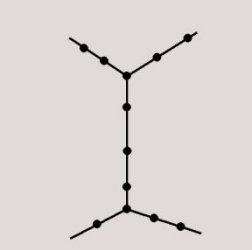
d) „Meshed“ izvedba podzemne željeznice



Slika 4: Meshed izvedba sustava podzemne željeznic e.
Izvor:[10][5].Autor:AutorJcornelius(talk)-Vlastitodjelopostavljača,Javnovlasništvo,
https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=79977

Slika 4. prikazuje meshed (engl. mesh (mreža)[9]) oblik mreže podzemne željeznic e. Ovakav tip izvedbe mreže linija podzemne željeznice se koristi u Londonu (Engleska), Parizu (Francuska), Berlinu (Njemačka), Osaka (Japan). [5]

e) Izvedba mreže oblika X



Slika 5:Izvedba sustava podzemne željeznice oblika x
Izvor:[11][5].Autor:AutorJcornelius(talk)-Vlastitodjelopostavljača,Javnovlasništvo,
https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=79982

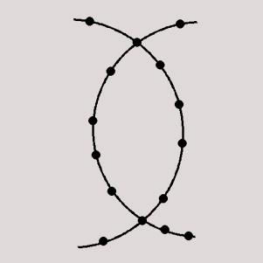
Na slici 5. je prikazan podzemno željeznički sustav čija mreža je u izvedbi oblika x. Ovakav tip izvedbe se koristi u gradovima: Oslo (Norveška), San Francisko (Sjedinjene Američke Države). [5]

f) Izvedba mreže Linija promjera

Slika 6:Izvedba sustava podzemne željeznice linija promjera.
Izvor:[12][5].Autor:AutorJcornelius(talk)-Vlastitodjelopostavljača,Javnovlasništvo,
https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=79975

Slika 6. prikazuje izvedbu sustava podzemne željeznice linijskog oblika pod nazivom: „Linija promjera". Ovakav oblik gradnje podzemne željeznice se koristi u gradovima: Lima (Peru), Varšava (Poljska), Helsinki (Finska) i Serfaus (Austrija). [5]

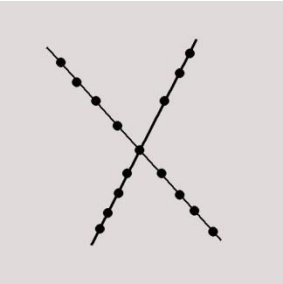
g) Izvedba mreže u obliku „Ribljeg mjehura"



Slika 7:Izvedba sustava podzemne željeznice u obliku ribljeg mjehura.
Izvor:[13][5].Autor:AutorJcornelius(talk)-Vlastitodjelopostavljača,Javnovlasništvo,
https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=79962

Slika 7. prikazuje izvedbu sustava podzemne željeznice u obliku ribljeg mjehura, ovakav sustav gradnje linija podzemne željeznice se koristi u gradovima: Lill (Francuska), Rotterdam (Nizozemska) i Kairo (Egipat). [5]

h) Izvedba mreže u obliku križa



Slika 8:Križna izvedba mrežnog sustava podzemne željeznice
Izvor:[14][5].Autor:AutorJcornelius(talk)-Vlastitodjelopostavljača,Javnovlasništvo,
https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=79994

Slika 8. prikazuje izvedbu podzemnog sustava u obliku križa, ovakav sustav je primjenjen u gradovima: Rimu (Italija), Kyoto (Japan), Sapporo (Japan). [5]

Josip Zavada u svojoj knjizi Vozila za javni gradski prijevoz definirao je metro (franc. metropolitain) (što u prijevodu znači onaj koji pripada glavnom gradu) kao naziv za podzemnu željeznicu koja služi javnom gradskom prijevozu putnika ali u velikim gradovima. [4]

U toj knjizi je definirao da što se tiče infrastrukturnog dijela da se promet vlakova u podzemnoj željeznici odvija na potpuno izdvojenim kolosiječnim trasama vlakova koje se ne „ukrštavaju" u razini niti se neposredno dodiruju s drugim vozilima ili prometnicama. [4]

Što se tiče organizacije prijevoza podzemne željeznice ono predstavlja povezivanje sa drugim vrstama prijevoza te usmjeravanje putnika odgovarajućim prilaznim trasama, pokretnim stepenicama, dizalima. [4]

Prema tome po osnovnim tehničko-eksploatacijskim značajkama razlikuju se obični i regionalni metro. [4]

Obični Metro sustav (podzemna željeznica (engl. Subway)) ima mogućnost prijevoza 35 000 do 60 000 putnika na sat, dok regionalni metro sustav ima mogućnost prijevoza od 65 000 do 100 000 putnika na sat vremena. [4]

Donja granica za uvođenje metro sustava u grad je barem milijun stanovnika, ali danas svaki grad ima svoj pristup izračunavanju potrebnog broja stanovnika za uvođenje metro sustava. Primjerice postoje u svijetu gradovi sa 500 000 stanovnika sa metro sustavom dok imat također i gradova sa 2 000 000 stanovnika bez metro sustava. [4] Nekakva granica je postavljena za uvođenje metro sustava od 750 000 do 2 000 000 stanovnika. [4]

Sastav kompozicije jednog metro vlaka najviše se može sastaviti do 6 motornih garnitura po jednom vlaku što čini sveukupno kapacitet od 900 do 1100 mjesta po vlaku. [4]

Neke od osnovnih tehničkih karakteristika ili obilježja metro sustava ili sustava podzemne željeznice su: [4]

a) Najveća brzina vožnje- od 60 do 80 kilometara na sat.
b) Napajanje vlakova- istosmjerna struja i to preko treće tračnice kada se koristi napon od 750 Volti, te preko kontaktnog voda u slučaju kada je napon 1500 Volti.
c) Visina treće kontaktne tračnice mjereno od gornjeg ruba tračnice je 120 mm do 180 mm, dok je osni razmak bliže tračnice od 330 do 350 mm.
d) Širina kolosijeka je 1435 mm.
e) Širina vozila je od 2400 mm do 2500 mm.
f) Najveći dozvoljeni uspon pruge je od 40 ‰ a za metro vozila sa gumenim kotačima i do 65 ‰.
g) Minimalni polumjer zavoja je od 75 metara, a maksimalni 120 metara.
h) Širina dvokolosiječnih tunela između stajališta je od 6.75 metara do 7.60 metara, a u stajalištima od 13.5 metara do 14.5 metara.
i) Visina tunela kod tunela četvrtastog oblika je mjereno od GRT (gornjeg ruba tračnice) je 3 500 mm dok kod tunela elipsastog oblika iznosi 4 500 mm.
j) Visina perona mjerena od GRT (gornjeg ruba tračnice) iznosi od 850 mm do 1100 mm.
k) Duljina perona u stajalištima iznosi od 120 metara do 150 metara.

l) Najčešća udaljenost između dvaju susjednih stajališta je od 800 metara do 900 metara. [4]

Dva načina izgradnje tunela za podzemnu željeznicu su:

a) CUT AND COVER metoda

Kod ove metode izgradnja tunela za podzemnu željeznicu se obavlja na način da se prvo iskopa rupa na samoj površini zemlje gdje se želi započeti gradnja tunela. Kod same gradnje ovom metodom moraju se prilikom gradnje postaviti betonski stupovi, bočni čelični profili ili potporni zidovi odnosno betonski temelji ojačani čelikom radi sprečavanja urušavanja tunela. Kopa se do određene dubine te se na samo dno kanala postavlja infrastruktura (tračnice i pragovi). Nedostatak ovakve metode gradnje tunela je u tome što za vrijeme gradnje tunela cestovne prometnice moraju biti zatvorene na mjestu gradnje tunela što ometa odvijanje cestovnog gradskog prometa na površini u ulicama gdje se gradi tunel. Kod gradnje tunela ovom metodom gradnja tunela mora pratiti pravac položaja ulica što dovodi do povećanog broja oštrih zavoja u tunelima i smanjenja brzine vožnji vlakova. Prednost gradnje ovom metodom je u tome što u slučaju nesreće u tunelu je vrlo jednostavno doći do mjesta nesreće jer se nalazi ispod gradskih prometnica. Na nekim mjestima se obavlja samo CUT odnosno iskopavanje tunela u obliku kanala ali se ne obavlja COVER (prekrivanje) što dovodi do jeftinije izgradnje tunela, poboljšani vizulani izgled trase i ostvaruje se mogućnost ugradnje križanja vlakova (ne u nivou) na određenim mjestima u tunelu. Osim što se koristi kod novoprojektiranih pravaca još se koristi i za spuštanje postojećih pravaca pod zemlju gdje se na površini dobiva prostor za širenje grada. [4]

b) DEEP TUNNEL metoda

Kod ove metode gradnje tunela gradnja se obavlja posebnim strojevima za bušenje tunela takozvanim TBM strojevima (engl. Tunnel Boring Machine) koji buše (boraju) ili režu zemlju ispred sebe koja se dalje prenosi specijalnim za to napravljenim trakama na površinu zemlje i dalje se prevozi na drugo mjesto. Prednost ove metode kopanja tunela je u tome što postiže kopanje tunela s ravnijom trasom zbog toga što ne postoji ovisnost sa površinom zemlj e.Prije gradnje tunela kod ove metode je potrebno obaviti istraživanje vrste tla. Tlo gdje se obavlja

kopanje tunela može biti mekše (pjesak, glina, crljenica) ili tvrđe (stijena), stoga napredovanje gradnje tunela može biti sporije ili brže ovisno o vrsti tla. Površinski prodor vode u tunel je još jedan od uzroka ometanja gradnje tunela ovom metodom gradnje.jedno od rješenja za ovaj problem je zatrpavanje rupa industrijskim betonom koje se suši i u vodi. [4]

Može se procjeniti da se podzemnom željeznicom u jednom satu u jenom smjeru može prevesti od 35 000 do 40 000 putnika. Na dionicama pruge gdje nema križanja vlakova u sustavu podzemne željeznice vlakovi mogu postići od 100 do 120 km/h. [5]

Radi sigurnosti odvijanja prometa vlakova u podzemnoj željeznici ugrađeni su sustavi za detekciju vlaka radi blokiranja vrata na platformama za zaustavljanje vlakova. [5]

Manji broj skretnica i signala kod podzemne željeznice (metro) osigurava manji broj prometnih nesreća što dovodi do veće sigurnosti a i tome fleksibilnosti odvijanja samog prometa vlakova u podzemnoj željeznici. [5]

2.4. Osnovni podaci o vlakovima podzemne željeznice

Kompozicija željezničkog motornog vlaka za podzemnu željeznicu se sastoji najčešće od 6 do najviše 9 vozila i mogu biti sastavljene od motornih garniture ali čak i motornih granitura i prikolica u jednoj kompoziciji vlaka. [4]

Kapacitet jedne motorne garniture ili prikolice željezničkog vozila podzemne željeznice iznosi 160 putničkih mjesta, dok masa pojedinačnih garniture iznosi 25 do 27 tona. Brzina pojedinačnih motornih garniture iznosi maksimalno 80 km/h, a napajanje željezničkih metro vozila je preko treće tračnice. [4]

Značajke željezničkih vozila podzemne željeznice na gumenim kotačima:

a) Kotači proizvode manju buku, vibracije i omogućavaju „mekši hod željezničkih vozila”.
b) Gumeni kotači imaju veći koeficijent adhezije koji omogućava veća ubranja i usporenja željezničkih vozila.

c) Glavni nosivi sklopovi željezničkih vozila mogu biti lakši. [4]

Tehnički podatci željezničkih vozila podzemne željeznice na gumenim kotačima:

a) „Masa praznog motornog vagona iznosi 23.6 tona
b) Masa prazne prikolice željezničkog vozila podzemne željeznice iznosi 16 tona
c) Ukupna duljina pojedinačnog željezničkog motornog vagona iznosi 15.5 metara, dok širina željezničkog motornog vagona iznosi 2.4 metara
d) Željeznički motorni vagon ima ugrađena četiri vučna motora a svaki motor ima trajnu snagu od 103 kW
e) Brzina kretanja motorne garniture podzemne željeznice se obavlja na tri načina: promjenom vanjskog otpora, slabljenjem ubudnog polja i prespajanjem vučnih motora iz serijske u serijsko-paralelnu vezu
f) Željeznička vozila na gumenimkotačima imaju najveća ubrzanja do 1.3 m/s^2 a usporenja do 2.1 m/s^2
g) Glavna i osnovna kočnica za kočenje ovakvog vlaka je elektropneumatska sa regulacijom sile kočenja u deset stupnjeva
h) Ukupan broj putničkih mjesta željezničkih garnitura na gumenim kotačima od 6 kompozicija je 980 putničkih mjesta“ [4]

Okretna postolja željezničkih vozila podzemne željeznice na gumenim kotačima

Željezničke motorne garniture su konstrtuirane sa dva okretna postolja, a svako okretno postolje se sastoji od po dva gumena i dva čelična kotača koja su standardnog oblika ali nešto lakše konstrukcije. [4]

Što se tiče pneumatskih kotača na željezničkim vozilima oni su pogonski i nosivi te se kotrljaju na posebno izrađenoj betonskoj stazi ili čeličnom proflu čija je širina oko 24 cm, kolosiječna širina staze za željeznička vozila iznosi 1980 mm a unutar te konstrukcije su tračnice normalne širine od 1435 mm. [4]

Čelični kotači se ne kotrljaju po tračnicama nego služe u slučaju sigurnosti kod oštećenja pneumatskih kotača, čelični kotači se koriste za kočenje željezničkog motornog vlaka tako što kočne čeljusti djeluju na obod čeličnih kotača željezničkih motornih garnitura. [4]

Navođenje cijeloukupnog željezničkog motornog vlaka se obavlja pomoću vodećih pneumatskih kotača koji se nalaze sa prednje i stražnje strane okretnog postolja svake željezničke motorne garniture. Promjer tih kotača iznosi 275 mm, vodeći kotači se oslanjaju na tračnicu koja se nalazi bočno sa svake strane duž trase. Preko tračnice koja se nalazi sa svake strane se ujedno obavlja i napajanje cjelog željezničkog motornog vlaka i to tako što se plus pol nalazi na unutarnjoj strani tračnice dok misus pol se nalazi sa vanjske strane oboda tračnice. Mora se spomenuti da postoji i rješenje sa tračnicom koja napaja cijeli motorni vlak i po sredini vodeće staze. [4]

2.5. Općenito o signalnoj tehnici u podzemnoj željeznici

2.5.1. Automatizacija u podzemnoj podzemnoj željeznici

U sustavima podzemnih željeznica automatizacija se odnosi na process koji se odvija prilikom vožnje vlaka u podzemnoj željeznici gdje odgovornost i nadzor vožnje vlakova je prenesena od strane strojovođe prema upravljačkom centru vlaka. [15]

„Postoje 4 stupnja automatizacije u sustavu podzemne željeznice. Sustav automatizacije se kreće od 0 do 4, u 0 (nultom) stupnju automatizacije vlakovi se kreću vožnjom na pogled isto kao tramvaj, dok u stupnju automatizacije vožnje vlaka sva odgovornost upravljanja vožnje vlaka kao i nadzor nad procesom odvijanja željezničkog prometa u podzemnoj željeznici preuzima automatski upravljački sustav instaliran u upravljačnici vlaka, na infrastrukturi i u upravljačko kontrolnom centru, što omogućava vožnju vlaka bez vlakopratnog osoblja u vlakovima.“ [15]

Stupnjevi automatizacije vožnje vlaka u podzemnoj željeznici su :

a) „ Stupanj automatizacije 0 (on sight)- vožnja vlaka sa vlakopratnim osobljem gdje strojovođa vozi vlak na pogled isto kao i tramvaj“ [16]

b) „ Stupanj automatizacije 1- vožnja vlaka kod koje strojovođa u upravljačnici obavlja radnje kao što su pokretanje i zaustavljanje vlaka te otvaranje i zatvaranje vratiju, te se nalazi u upravljačnici u slučaju nesreće na vlaku i izvanrednog događaja“ [16]

c) „ Stupanj automatizacije 2- Polu-automatska vožnja vlaka (engl.semi automatic train operation) (STO). Kod ove vrste automatske vožnje vlaka, strojovođa je u upravljačnici vlaka te obavlja radnje otvaranja i zatvaranja vrata na stajalištima te je u vlaku u slučaju izvanrednog događaja, dok vlak automatski obavlja radnje pokretanja i zaustavljanja vlaka na stajalištima“ [16]

d) „ Stupanj automatizacije 3- je vožnja vlaka bez strojovođe u upravljačnici vlaka (DTO) (Driverless train operation). Kod ovog stupnja automatske vožnje vlaka strojovođa se ne nalazi u upravljačnici vlaka nego u vlaku postoji vlakopratno osoblje koje služi za otvaranje i zatvaranje vratiju na stajalištima i u slučaju potrebe preuzima kontrolu nad vlakom te vozi vlak do prvog stajališta.“ [16]

e) „ Stupanj automatizacije 4-je stupanj automatizacije u kojemu upotpunosti automatski vlak obavlja pokretanje i zaustavljanje te otvara i zatvara vrata na stajalištima, te što se tiče izvanrednih događaja automatski je regulirano od strane vlaka. U vlaku se ne nalazi niti jedno vlakopratno osoblje.“ [16]

Da bi se automatska vožnja vlaka odvijala sigurno potrebno je definirati elemente koji čine automatsku vožnju vlaka sigurnom i efikasnom. [15]

Elementi automatizacije vožnje vlaka su tehničko i tehnološko izvedeni tako da osiguravaju da automatska vožnja vlaka se odvija suglasno tehničkoj opremljenosti i pravilima sigurnog odvijanja prometa vlakova u podzemnim željeznicama a to su sljedeći elementi:

a) „ Automatic Train Protection (ATP)- je sustav zaštite vlaka koji je odgovoran za osnovnu sigurnost odvijanja vožnji vlakova. Sva oprema koja je ugrađena u infrastrukturu i oprema ugrađena na vlaku služi da vlakovi izbjegnu sudare, da ne „pretče“ preko crvenog signala i da ne pređu ograničenje brzine na pruzi. Automatski sustav zaštite vlaka će u

slučaju da vlak nepoštuje sigurnosne aspekte vožnje automatski primijeniti brzo kočenje vlaka. Ovaj sustav zaštite vlaka odgovara sustavu automatske vožnje vlaka razine 1 (GoA1).“ [15]

b) „ Automatic Train Operation (ATO)- je sustav zaštite vlaka u kojem sustav obavlja polu automatsku ili upotpunosti automatsku vožnju vlaka. Sustav ATO (Automatic Train Operation) obavlja sve poslove upravljanja koje obavlja strojovođa u vlaku osim radnji otvaranja i zatvaranja vratiju na stajalištima.strojovođa u vlaku obavlja radnje zatvaranja i otvaranja vratiju na stajalištima i kada se oslobodi put vožnje ispred vlaka, vlak automatski polazi i zasutavlja se na stajalištima, ovakav sustav automatskog upravljanja vlakom odgovara sustavu automatske vožnje vlaka GoA2. Većina novijih sustava vožnji vlakova kod ATO sustava automatske vožnje vlaka je upotpunosti automatski upravljana, dok većina sustava još uvijek ima zaposjednuto strojovođu ili bilo koje vlakopratno osoblje u vlaku, radi smanjenja rizika koji mogu dovesti do ugrožavanja sigurnosti odvijanja prometa vlakova, uzrokovano kvarovima ili u slučaju izvanrednih događaja i ovaj sustav zaštite odgovara sutavu automatske vožnje vlaka GoA3.“ [15]

c) „ Automatic Train Control (ATC)- automatski obavlja posao signalera (detekcija vlaka i funkcije signalizacije kolodvorskog područja vlaka) te postavlja put vožnje vlaku (postavke rute vlaka, (engl. (routes)) i provodi sve potrebne propise vlaka i željeznička prometna pravila. ATO (Automatic train operation) i ATC (Automatic train control) sustav zaštite vožnje vlaka rade zajedno održavajući vlak unutar dozvoljenih granica odstupanja voznog reda predviđenog za taj vlak. Takav zajedničko kombinirani sustav će okvirno podesiti parametre vožnje kao što su : odnos vučne sile u odnosu na vožnju vlaka sa zaletom dok se vlak kreće te provedeno vrijeme u kolodvoru, da bi vratili vlak nazad u odgovarajuće mjesto u voznom redu već unaprijed definirano za taj vlak. U vlaku nema strojovođe niti vlakopratnog osoblja da je zaposjelo vlak što odgovara sustavu automatske vožnje vlaka razine 4 (GoA4.).“ [15]

Kod ovih sustava zaštite i kontrole vožnji vlakova postoji niz opreme koja se nalazi na vlaku ali i pored pruge, od različitih ATO (Automatic train operation) i ATP (Automatic train

protection) uređaja, do uređaja za komunikaciju između strojovođe i upravljačkog kontrolnog centra (OCC) (The operation control centre) koji nadzire cjeloukupni sustav vožnje vlaka. [16]

Prednosti uporabe i ugradnje automatskog sustava zaštite i upravljanja u podzemni sustav željeznice su: [16]

a) Veća fleksibilnost tijekom vožnje vlaka.
b) Velika garancija sigurnosti vožnje vlakova.
c) Povećana kvaliteta usluge vožnje vlakova u podzemnoj željeznici.
d) Jeftin sustav ugradnje automatske vožnje vlakova u podzemnoj željeznici. [16]

Definiranje željezničke signalizacije je da je to sustav korišten da usmjeri željeznički promet vlakova i održava pravovaljani razmak između dvaju vlaka na pruzi. [17]

2.5.2. Vrste upravljanja vlakovima

U signalizaciji željezničkog prometa razlikuju se slijedeće vrste upravljanja vlakovima u željezničkom prometu:

a) Prvi način upravljanja je tkzv. engl. „Movement Authority" („Prvenstvo kretanja") ili upravljanje prometom vlakova između dvaju susjednih kolodvora tj. u kolodvorskom razmaku na otvorenoj pruzi. [17]

b) „ Vožnja vlakova sukladno voznom redu. Svaki vlak ima svoj raspored ili red vožnje po kojemu obavlja vožnju. Na otvorenoj dionici pruge kod ovakvog načina upravljanja može se naći samo jedan vlak odnosno zauzeće kolosijeka je moguće samo jednim vlakom, u slučaju vožnje vlaka iz suprotnog smjera obavlja se takozvano mimoilaženje vlakova u kolodvorima koji podržavaju svojom infrastrukturom odnosno kolosijecima u kolodvorskom području mimiolažnjenje vlakova. Nedostatak ovakvog načina upravljanja je u tome što je voznim redom nepredvidivo da li je dio pruge ispred vlaka zauzet ili nije nego samo daje pretpostavku da bi trebao po voznom redu biti slobodan.drugi nedostatak je taj što je vozni red unaprijed definiran odnosno određen pa

nije robustan na promjene u voznom redu npr. prilikom izvanrednog događaja. Treći nedostatak je taj što prilikom dodanog vremena za kašnjenja kolosijeci nisu zauzeti niti jednim vlakom što ga čini nefleksibilnim i čistim gubitkom kapaciteta pruge.“ [17]

c) „ Blokovni odsjeci čine vožnju vlakova znatno bržom te ujedno povećavaju kapacitet pruge. Pruga odnosno dionica pruge između dvaju kolodvora je podjeljena na „blokovne razmake” te se u svakom bloku može nalaziti samo jedan vlak.“ [17]

d) „ Automatski blok je blok koji čini sastavni dio blokovnog odsjeka (ima sve elemente blokovnog odsjeka) koji je automatiziran. Naziv „automatski” je po tome što oprema za detekciju vlaka se nalazi pored pruge a služi za to da automatski dozvoljava vlaku ulazak u blokovni odsjek samo kada je on prazan, upravljanje signalima je moguće od strane prometnog osoblja koji upravlja signalima a on daje signalni znak „slobodno” jedino kada je automatski blok ispred vlaka prazan.“ [17]

e) „ Fiksni blok je blok koji je sastavni dio blokovnog odsjeka (ima sve elemente kao i blokovni odsjek) jedino što ovaj blok je fiksno postavljen na određenim početno-završnim točkama koje kod pruga sa međukolodvorskom ovisnosću otaj blok počinje na kraju granice kolodvorskog područja pa sve do početka kolodvorskog područja sljedećeg susjednog kolodvora, dok kod međukolodvorskog područja omeđenog signalima je granica fiksnog bloka između dvaju signala. Vlak smije ući u fiksni blok jedino kada je on prazan a i prostor iza bloka na daljini zaustavnog puta. Granice ovog bloka se određuju ovisno o brzini vlaka,dozvoljenoj maksimalnoj brzini na pruzi,nagibu pruge,tipu vlaka (putnički, teretni) itd…“ [17]

f) „ Pokretni blok (engl. ”Moving Block”) je blok koji se automatski kreće “ prati vlak” odnosno ocrtava dozvoljenu zonu okolo kretajućeg vlaka i u toj zoni se smije nalaziti samo jedan vlak. Nedostatak fiksnih blokova je to što je manji kapacitet i prilikom povećanja brzine vlaka automatski se povećava i duljina fiksnog bloka što smanjuje kapacitet (propusnu moć pruge). kod pokretnog bloka postoji oprema za detekciju vlaka ugrađena pored pruge i oprema ugrađena na vlaku. Vlak tijekom vožnje ne prati signale pored pruge nego oprema pored pruge i na vlaku automatski detektira poziciju, brzinu i

smjer kretanja vlaka te na temelju tih parametara ocrtava dozvoljenu zonu pokretnog bloka okolo vlaka, prednost je povećani kapacitet vlakova na pruzi.“ [17]

g) „Daljinsko upravljanje vlakom (engl. CTC (Centralized traffic control)) je oblik željezničke signlaizacije koji za upravljanje željezničkim vlakovima ima postavljen centralni željeznički prometni ured koji zamjenjuje poslove obavljanja koji su prethodno obavljali prometnici vlakova na zadanim kolodvorima i to na određenom dijelu dionice pruge ili poslove postavljanja putova vožnji vlaku (engl. routes) koje je vlak automatski sam sebi postavljao tijekom obavljanja vožnje. Željeznički centralni ured koji vrši funkciju daljinskog upravljanja vlakovima „spaja” postavljene putove vožnji vlakova u jednu cjelinu te kotrolira odnosno upravlja sa izoliranim odsjecima na toj dionici te time obavlja regulaciju prometa vlakova na toj dionici pruge.“ [17]

h) „Izolirani odsjeci- jedan od načina za detekciju vlaka na određenom dijelu pruge je korištenjem izoliranih odsjeka. To su dvije paralelno postavljene tračnice koje su na krajevima određenih duljina izolirane od ostatka kolosijeka sa plastičnim umetcima. Na drugom kraju tih tračnica se nalazi relej koji je povezan sa tim tračnicama te čini zatvoreni strujni krug. U izolirani dio tračnica se upušta istosmjerna struja koja kada vlak se ne nalazi unutar izoliranog odsjeka čini zajedno sa relejom zatvoreni strujni krug te su te dvije tračnice pod naponom.kada vlak nagazi odnosno uđe unutar dijela pruge gdje su tračnice pod naponom, tj. kada zauzme izolirani odsjek onda vlak prekine taj strujni krug te relej prestane biti pod naponom što rezultira kratkim spojem tog strujon kruga te na komadnom upravljačkom stolu u prometnom uredu pokaže svjetlosni signal da je taj dio pruge zauzet vlakom. U slučaju otkopčavanja (raskida) garniture vlaka dio koji je ostao u izoliranom odsjeu pokazuje da je zauzet dio pruge te stavlja ulazne signale u položaj za zabranjenu vožnju.“ [17]

i) „Brojači osovina- Brojači osovina su uređaji koji služe za detekciju vlaka na određenoj dionici pruge a u svrhu upravljanja prometom vlakova odnsono regulaciju prometa vlakova dozvoljavanjem ili zabranjivanjem vlaku ulazak u kolodvorsko područje ili blokovni razmak. Brojači osovina se sastoje od dva uređaja koja broje osovine vlaka. Jedan uređaj se nalazi na početku dijela dionice pruge koja se kontrolira te taj uređaj

broji osovine koje su ušle u izolirani dio kolosijeka dok na kraju tog kontroliranog dijela se nalazi drugi uređaj koji broji osovine koje su izašle iz tog dijela pruge. Broj osovina koji je ušao u taj dio izolirane pruge mora odgovarati broju osovina koji je izašao iz tog dijela pruge. Prednost ovakvog načina detekcije je što se brojači osovina mogu postaviti na većoj udaljenosti tj. mogu kontrolirati veći (duži) dio kolosijeka odnosno dionice pruge u odnosu na detekciju vlaka pomoću izoliranih odsjeka,jerk od izoliranih odsjeka napon pada povećanjem udaljenosti zbog otpora zastora pruge.“ [17]

j) „Mehanički signali-mehanički signali su uređaji koji pokazuju signalne znakove za dozvoljenu, zabranjenju ili vožnju s oprezom (dozvoljenu vožnju vlaka sa ograničenom brzinom). Neke vrste signala pokazuju prednju i zadnju stranu ploče dok kod većine mehaničkih signala postoji mehanička ručica koja sve tri vrste signala pokazuje položajem ručice, dnevne i noćne signale, kod noćnih signala je dodano crveno, zeleno i žuto svjetlo koje označava dozvoljenu odnosno zabranjenu vožnju vlaka. Upravljanje ovim signalima je mehanički pomoću čeličnog užeta iz jednog upravljačkog mjesta dok kod kod prostornih signala upravljanje je pomoću električnog ili hidrauličnog uređaja.“ [17]

k) „ Električni svjetlosni signali-ova vrsta signalizacije je najraširenije upotrebljena u svijetu između država ali i postoji više načina označavanja signala i unutar pojedinih željezničkih uprava u jednoj državi.Prednost električne svjetlosne signalizacije je u tome što pokazuju iste signalne svjetlosne znakove po danu kao i po noći. Prednost ove vrste signalizacije je u tome što je manja potreba za za održavanjem signala nego kod mehaničkih signala.signalne znakove koje pokazuje su većinom univerzalni a označavaju slobodnu vožnju (zeleno svjetlo),zabranjenu vožnju (crveno svjetlo) i vožnju ograničenom brzinom (žuto svjetlo). Postoje različite kombinacije ovih svjetala ovisno od svake željezničke uprave a mogu označavati vožnju vlaka u skretanje ili vožnju smanjenom brzinom. Kod manevarskih signala se dodaje još i jedno bjelo svjetlo koje ima funkciju signaliziranja dozvoljene vožnje. Poredak svjetala na signalizaciji je da iza zelenog svjetla može biti žuto ili zeleno a iza žutog svjetla dolazi crveno svjetlo.“ [17]

l) ,, Kabinska signalizcija- je vrsta signalizacije koja se nalazi u upravljačnici lokomotive ili željezničkog motornog vlaka. Ova signalizacija obavlja komunikaciju sa opremom pored pruge (pružnim signalima i balizama), najčešće kabinska prikazuje lokaciju (poziciju) vlaka na pruzi. Neki stariji uređaji jednostavnije izvedbe pokazuju samo osnovne podatke o pruzi kao što su lokacija vlaka i vrsta signala koji se nalazi pored pruge, neki sustavi kabinske signalizacije pokazuju signale na koji vlak nailazi tijekom vožnje vlaka dok neki samo ,,ponavaljaju" signale pored kojih vlak prolazi. Noviji suvremeniji uređaji pokazuju karakteristike pruge na koju vlak nailazi (maksimalna dozvoljena brzina vožnje dionice pruge na koju vlak nailazi,dinamičke informacije o ruti ovisno o duljini dionice (rute) i nagibu te kočnim karakteristikama vlaka). Ukoliko vlak prijeđe ograničenje brzine koja je postavljena na toj dionici uređaj će zajedno sa opremom na pruzi detektirati prekoračenje brzine i automatski zavesti brzo kočenje vlaka. Kabinska signalizacija je instalirana na prugama od pruge sa izoliranim do pruge sa instaliranim CBTC (Communication based train control) sustavom upravljanja vlakovima." [17]

m) ,,Upravljanje vlakovima komunikacijskim putem (CBTC) (Communication based train control)-je vrsta komunikcije između vlakova i opreme istalirane pored pruge koja se sve više primjenjuje željezničkom prometu za upravljanje i kontrolu željezničkog prometa i vlakova. Ova vrsta upravljanja vlakova omogućuje kontinuiranu komunikaciju između vlakova i opreme pored pruge bežičnim putem (2.4 GHz). Prednost ove tehnologije upravljanja željezničkim prometom je ta što se u svakom trenutku zna točna lokacija vlaka (puno preciznija lokacija vlaka nego ostali sustavi koji su instalirani na dosadašnjim prugama). Sustav zaprima podatke o lokaciji vlaka, trenutnoj brzini, smjeru vožnje i duljini kočenja vlaka. Nakon toga na temelju tih podataka sustav (kompjuter) izačunava brzinu kojom vlak treba voziti i krivulju kočenja kojom vlak treba kočiti da bi održavao siguran razmak između vlaka ispred na kojeg nailazi na pruzi. Ugradnjom ovog sustava povećava se broj vlakova koji mogu voziti na kraćem razmaku u satu vremena (engl. headway) što znači da je povećan kapacitet dionice. Ovakav sustav komunikacijskog upravljanja odgovara ERTMS (European rail management system) 3 razini osiguranja na prugama. Nedostatak je u tome što u slučaju kvara svi vlakovi moraju obustaviti vožnju na toj dionici pruge gdje je nastao kvar. Ovakav sustav

upravljanja se vrlo često ugrađuje kao sustav upravljanja željezničkim prometom u podzemnim željeznicama. Ovaj sustav omogućuje koleraciju sa sustavom ATO (Automatic train operation) sa svim 4 stupnjevima automatske vožnje vlakova, te sa ATP (Automatic train protection) i ATS (Automatic train supervision) sustavima zaštite i upravljanja vlakovima.“ [18]

3. Podzemna željeznica u gradu Hamburg

3.1. Općenito o gradu Hamburg

Njemački grad Hamburg



Slika 12: Grb grada Hamburg

Izvor:[28].Autor: By Greentubing - drawn by me (red colour #DA121A from official version of the flag on www.hamburg.de/wappen), Public Domain, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=566662

Hamburg (prikaz grba je na slici 12.) je drugi po veličini najveći grad u njemačkoj, u području grada ima 1 787 408 stanovnika a sa okolicom (metro područje grada) 5 046 182 stanovnika (podatak iz 31.prosinca 2015). [27]

Grad Hamburg je naseljen na dijelovima rijeke Elbe te je ujedno i najvažnija luka na toj rijeci. [27] U 2008. godini Hamburg je bio druga najveća po veličini luka na rijeci u Europi. [30]

Hamburg se sastoji od 7 većih dijelova (mjesta) sa općinskim središtem, te 104 kvartova unutar grada. [27]



Slika 13: Kartografski prikaz grada Hamburg

Izvor: [29].Autor: By TUBS - Own workBased on:File:Hamburg location map.svg by NordNordWestNeuwerk mini map based roughly on geometries provided by NiedersachsenNAVIGATOR operated by Landesvermessung + Geobasisinformation NiedersachsenInformation for labels comes from Bezirke in Hamburg of German Wikipedia, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10440486

Na slici 13. je kartografski prikaz grada Hamburga sa 7 pokrajinskih dijelova sa općinskim središtima. [27]

Što se tiče javnog prijevoza u gradu Hamburgu je to da se sastoji od mreže linija gradskog transporta sa oblicima prijevoza kao što su autobusi, podzemna i laka željeznica, putnički vlakovi, taxi službe, itd.. [30]

Od svih prijevoznika koji obavljaju usluge javnog gradskog prometa HVV (Hamburger Verkehrsverbund) obavlja veći udio usluge u tom području gdje nudi prijevoz sa autobusnim linijama, trajektnim linijama (engl. ferries) i to opslužuje ukupno tri državice ili županije unutar Njemačke, a to su: Hamburg, Lower Saxony i Shlesswig-Holstein, [30] te 8 manjih dijelova područnih mjesta okolo grada Hamburga (Herzogtum, Lauenburg, Pinneberg, Segeberg, Stormarn, Harburg, Lüneburg i Stade). [31]

Sveukupno postoje 35 kooperanata (poslužitelja usluge) koji obavljaju prijevozne usuge unutar „HVV-a (Hamburger Verkehrsverbund)“ (javne organizacije za transport u Njemačkoj). [30]

HVV (Hamburger Verkehrsverbund) ima sveukupno (podatci iz 2015. godine): 701 vozila autobusa i trajekata (engl. ferries), 32 linije brze željeznice, duljinu prometne mreže od 20 779 km, sveukupno prometnih vozila (4 289), prevezenih kilometara (338.23 mijijuna), (751 milijuna putnika godišnje), ukupni prihodi 2015.-te godine 788.6 milijuna €. i 29 javnih prijevoznika putnika (gradskog područja). [30]

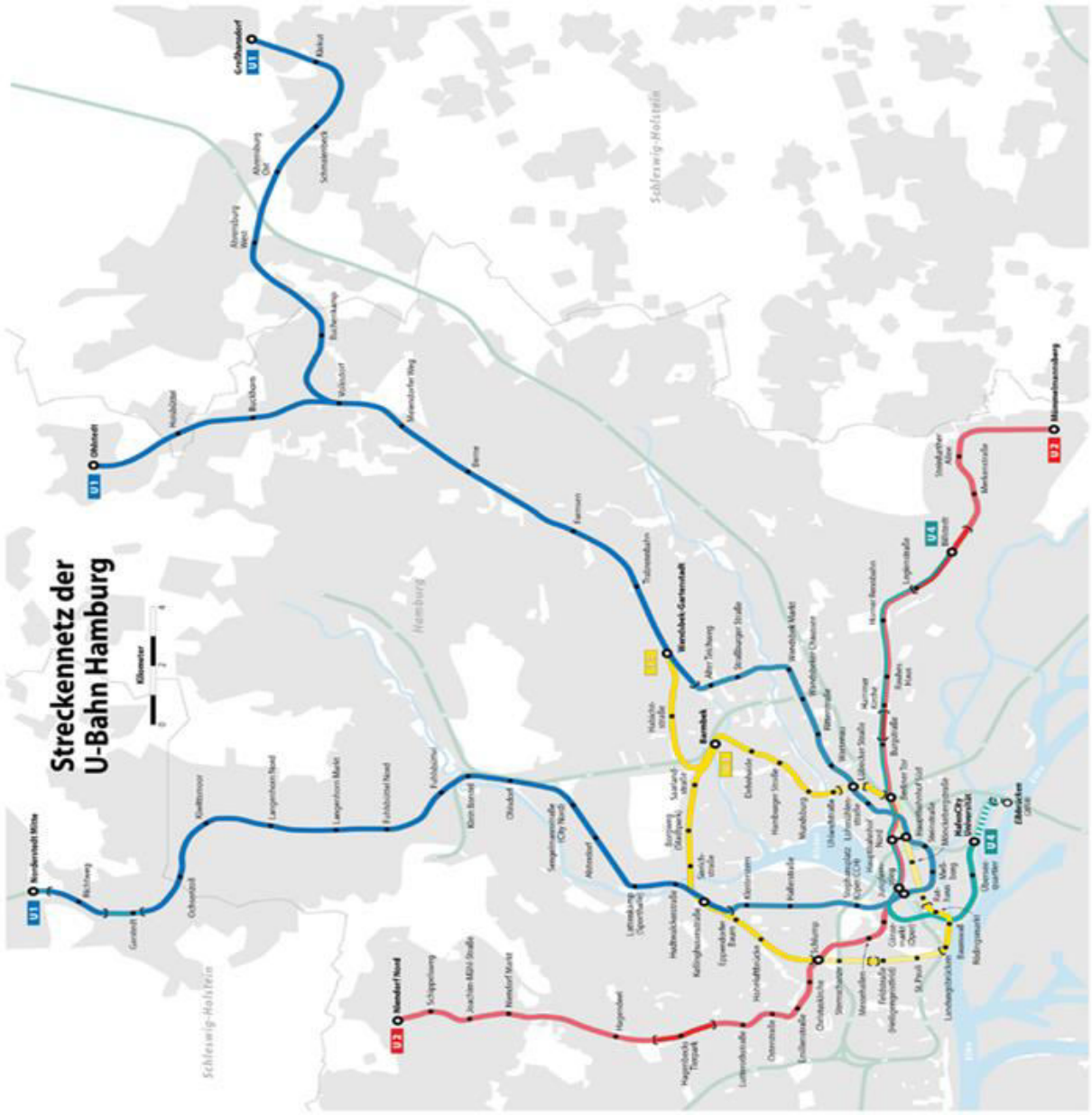
3.2. Karakteristike podzemne željeznice u gradu Hamburg



Slika 14: Logo oznaka podzemne željeznice (U-Bahn) u Hamburgu
Izvor: [34].Autor:By3247 - Own work, Public Domain, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=338634

Podzemna željeznica u gradu Hamburgu u Njemačkoj (slika 14. logo podzemne željeznice) je sustav brze željeznice (engl. Rapid Transit) koji opslužuje gradove (pokrajine ili županije) njemačke državice Hamburg a to su gradovi: grad Hamburg, grad Noredrstedt i grad Ahrensburg u Njemačkoj. [32]

Prijevoznik vlakova u podzemnoj željeznici u gradu Hamburgu „Hamburger Hochbahn AG” je javno-gradska prometno-prijevoznička tvrtka koja organizira i nudi javni gradski prijevoz na području grada Hamburga i „metro” urbanog područja unutar gradske četvrti grada sa bližim gradskim četvrtima koji čine dio gradske okolice grada hamburga. [35] Hamburger Hochban AG je prijevoznička tvrtka unutar javno prijevozničke prometne organizacije u Njemačkoj HVV (Hamburger Verkehrsbund)-a, te VGN (Verkehrsgeselschaft Norederstedt koji operaira na relaciji Garstedt-Nordstedt Mitte. [32]



Slika 16: Prikaz linija podzemne željeznice u gradu Hamburg

Izvor:[37].Autor: By Maximilian Dörrbecker (Chumwa) - Self made, using the information fromde:Hamburger Hochbahnde:U-Bahn Hamburg (from this version)Hamburger Hochbahn...and many very useful hints and informations from Sewaand using the following graphic:de:Bild:U-Bahn Hamburg.svgCreated with Adobe Illustrator 13.0If you ask for, I will give you the .ai-file or I'll correct it or create other language versions., CC BY-SA 2.5, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6909925

Na slici 16. je kartografski prikaz položaja linija podzemne željeznice u gradu Hamburg. Podzemna željeznica se sastoji od trenutno 4 linije koje su označene različitim bojama.

Linija U1

Linija U1 je plave boje te se proteže preko stajališta Nordestedt Mitte-Jungersferstig-Hauptbanhof sud-Ohlstedt/Grosshansdorf. Prvi puta je puštena u pogon 1914.-te godine ukupne je duljine od 55.8 km, a tipovi vlakova koji voze na ovoj liniji su DT3, DT4 i DT5. [203] Ova linija se ukupno sastoji od 46 stajališta [32]. ,,Prosječno vrijeme putovanja na ovoj liniji je od stajališta Norderstedt Mitte do stajališta Ohlstedt je sveukupno 76 minuta, te od stajališta Norderstedt Mitte do stajališta Grosshansdorf-a je vrjeme putovanja sveukupno 84 minute.“ [203]

Linija U2

Linija U2 je crvene boje te se proteže preko stajališta Niendorf Nord-Jungfernstieg-Hauptbahnhof Nord-Mummelmannsberg. Prvi puta je puštena u pogon 1913.-te godine i ukupne je duljine 24.3 km te sadrži ukupno 25 stajališta. Na ovoj liniji voze vlakovi tipa DT4. [32] ,,Prosječno ukupno vrijeme putovanja na U2 liniji je sveukupno 43 minute.“ [204]

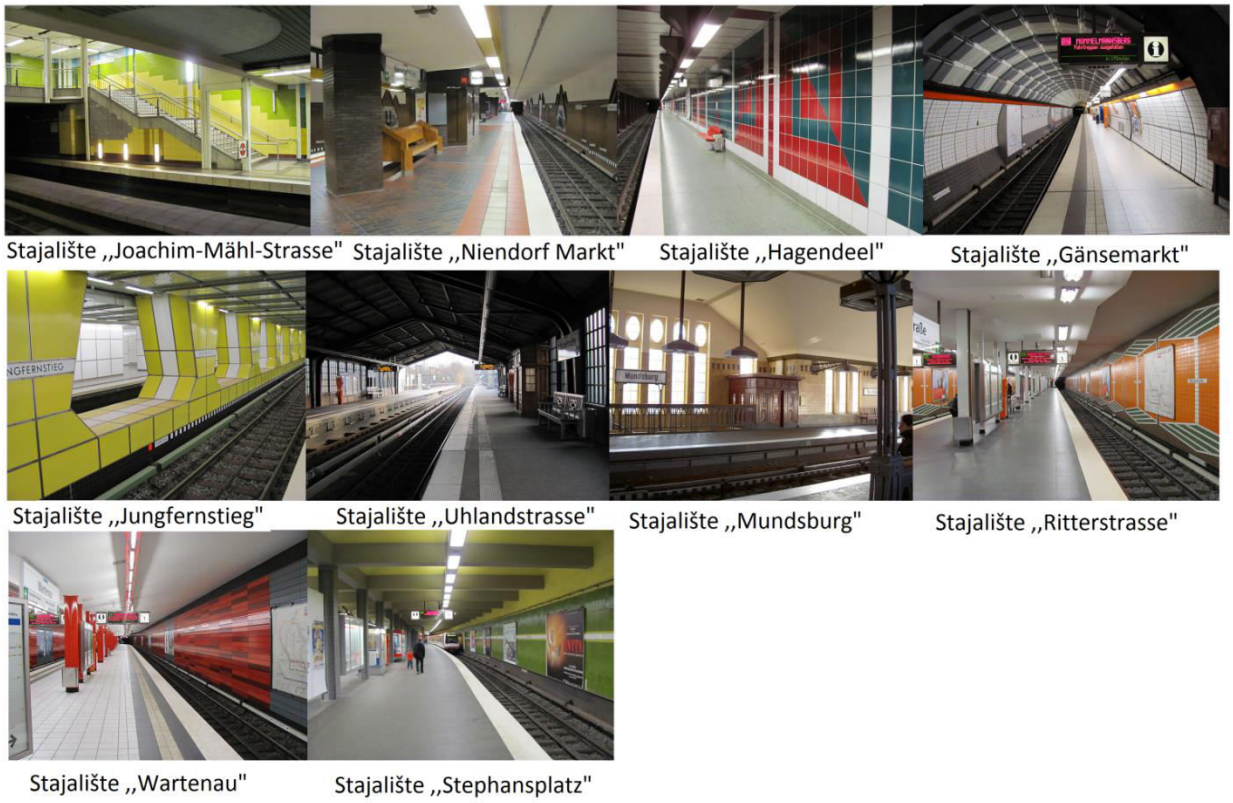
Linija U3

Linija U3 je žute boje i proteže se preko stajališta Barmbek-Circle-Barmbek-Wandsbek-Gartenstadt. Puštena je u pogon 1912.-te godine te ukupne duljine 20.6 km i sadrži ukupno 25 stajališta.na ovoj liniji voze vlakovi tipa DT3 i DT5 [32].,, Sveukupno vrijeme putovanja na ovoj liniji je 43 do 44 minute.“ [205]

Linija U4

Linija U4 je zelene boje te se proteže preko stajališta HafenCity Universitat-Jungfernstieg-Hauptbahnhof Nord-Billstedt. Linija je puštena u pogon 2012.-te godine te je ukupne duljine od 12.2 km sadrži ukupno 11 stajališta a na njoj voze vlakovi tipa DT4 i DT5. [32]. Sveukupno vrijeme putovanja na ovoj liniji je 19 minuta [206].

Postoje i budući planovi za izgradnju linije U5 koja bi se protezala preko područja Osdorfer Born koji se nalazi na zapadnom dijelu grada Hamburga, a bila bi nastavak linije U4. Prvi dio linije bi bio izgrađen između Sengelmanstrasse i Bramfeld-a između 2022. i 2028. godine. [32]



Slika 17: Prikaz stajališta u podzemnoj željeznici u gradu Hamburg

Izvori slika: (redom s ljeva prema desno): (Stajalište,,Joachim-Mahl-Strasse[38].Autor: By NordNordWest - Own work,CCBYSA3.0,https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15822071,Stajalište,,NiendorfMarkt"[39].Autor:ByNord NorWest-Ownwork,CCBYSA3.0,https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15822324,Stajalište,,Hagendeel"[40].Autor:ByNord NordWestOwnwork,CCBYSA3.0,https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15822491,Stajalište,,Gansemarkt"[42].Autor:ByNordNordWestOwnwork,CCBYSA3.0,https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15749858,Stajalište,,Jungfernstieg"[43]Autor:ByNordNordWest-Ownwork,CCBY-SA3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=16555782,Stajalište,,Uhlandstrasse"[44].Autor:ByNordNordWest-Ownwork,CCBY-SA3.0de,https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17457497,Stajalište ,,Mundsburg" [45].Autor: By HeidasWikipedia accountAll picturesPlease use this discussion page - Own work, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=34945, Stajalište ,,Ritterstrasse" [46].Autor: By NordNordWest-Ownwork,CCBY-SA3.0,https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15488535, Stajalište,,Wartenau"[47].Autor:ByNordNordWest-Ownwork,CCBY-SA3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15488503,Stajalište,,Stepanhsplatz"[48].Autor:By NordNordWest - Own work, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15749554.).



Slika 18:Prikaz željezničkih motornih jedinica koji voze u podzemnoj željeznici u gradu Hamburg

Izvori slika: (redom s ljeva prema desno): (Tip vlaka „DT3-LZB“ [49].Autor: By Pedelecs by Wikivoyage and Wikipedia,CCBY-SA3.0,https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=26224491,Tipvlaka,,DT3-LZB(obojani)”[53].Autor:BySpoorjan-Ownwork,CCBY-SA3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=21917390, Tipvlaka,,DT4”[54].Autor:ByNordNordWest-Ownwork,CCBY-SA3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=15625735, Tip vlaka,,DT5” [55].Autor:BySpoorjan-Ownwork,CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=21912833.).

Vlakovi u podzemnoj željeznici u Hamburgu voze svakim radnim danom (od Nedjelje do četvrtka od 4 AM do 1AM (frekvencija nailaska vlakova je od 5 do 10 minuta) a petkom i subotom vlakovi voze dužim vremenskim intervalom od 20 minuta između svakog nadolazećeg vlaka.). [32]

Radno vrijeme Linija U1, U2, U3 i U4 je od ,, ponedjeljka do petka od 4 h AM do 1 h AM.” [195]

Tipični vlakovi koji voze u podzemnoj željeznici u Hamburgu su sastavljani od 6 željezničkih motornih granitura na U3 liniji dok na ostalim linijama vlakovi su sastavljeni najčešće od 9 željezničkih motornih garniture. [32]

Željeznički motorni vlak tipa DT3

Prvi puta je pušten u promet 1968. godine na U1 liniji, sveukupno je te godine napravljeno 127 željezničkih motornih vlakova tipa DT3 (slika 18.). Nekoliko željezničkih motornih garniture tipa DT3 je još uvijek zadržalo svoju standardnu cvenu boju. [32]

Vlakovi ovog tipa su opremljeni poluautomatskom zaštitom vožnje vlakova LZB [32] (Linienzugbeeinflussung). [52] Od 1994.-te godine do 2001 svi vlakovi ovog tipa su

modernizirani. Ovi tipovi vlakova su najstariji u svojoj kategoriji te su zamijenjeni novim DT5 tipovima vlakova. [32]

LZB (Linienzugbeeinflussung) je automatski zaštitni sustav upravljanja željezničkim prometom na Njemačkim željeznicama te se koristi i kao sustav komunikacije upravljačkog nadzornog centra sa vlakovima u podzemnoj željeznici u Hamburgu,njemačka. Sustav se sastoji od opreme pored pruge u obliku kratkih (100 metara) kružnih (engl. Loop) strujnih krugova koji djele dionicu pruge na manje dijelove radi lakše kontrole i upravljanja vlakovima. Oprema na vlaku prikazuje signale pored pruge (kabinska signalizacija) te daje preko upravljačkih frekvencija upravljačkom centru svoju poziciju i brzinu te nazad od upravljačkog centra dobiva podatke o ciljoj brzini i ograničenju brzine te unaprijed izračunatu krivulju kočenja kojom vlakovi koče. Komunikacija pored pruge se obavlja pomoću kablova instaliranih pored pruge a radi sigurnosti vlak i upravljački centar komuniciraju putem telegrama te u pisanom elektroničkom obliku daje sve potrebne informacije vlakovima i vlak vraća nazad sve potrebne informacije također putem telegram. Prednost ovog sustava je manji razmak vlakova (engl. Headway), veći kapacitet pruge i kontinuirani (stalni) nadzor i komunikacija sa svim vlakovima na toj dionici pruge. [52]

Željeznički motorni vlak tipa DT4

1998. godine u pogon su puštene željezničke motorne garniture tipa DT4, većinom da zamijene vlakove tipa DT1 (nekadašnji vlakovi izvan upotrebe) veliku većinu DT2 (nekadašnji vlakovi izvan upotrebe) željezničkih vlakova, i neke DT3 vlakove. Noviji DT4 vlakovi su bili modernije izvedbe, sigurnije vožnje, stvarali su manju buku te su bili udobniji za putovanje. Od 1988. do 2005. je proizvedeno 126 vlakova tipa DT4. [32]

Željeznički motorni vlak tipa DT5

DT5 željeznički motorni vlakovi su najnoviji vlakovi izvedbe ovog tipa motornih vlakova DT5.U 2012. godini su pušteni u promet, te u 2016. godini je u prometu 51 ovakvih vlakova iako je bilo planirano 108 vlakova tipa DT5. Ovi tipovi vlakova imaju ugrađeni klima uređaj te lakši prelazak između vagona u vlaku. [32]

Tablica 2: Tablični prikaz tehničkih podataka podzemne željeznice u Hamburgu

	Podzemna željeznica u Hamburgu
Tehnički podatci podzemne željeznice:	
Broj željezničkih linija :	4 [32]
Broj željezničkih motornih garnitura :	245 vlakova [32]
Duljina željezničkih motornih garnitura:	60.28 metra [33]
Širina željezničkih motornih garnitura:	2.58 metra [33]
Broj i snaga vučnih motora:	DT3 (8 po 80 kW [153]), DT4 (8 po 125 kW) [154], DT5 (6 po 135 kW) [150]
Kapacitet željezničke motorne garniture:	233 putnika (vlak od 4 vagona ima 550 stajaćih i 382 sjedeća mjesta) [33]
Duljina mreže željezničkih pruga:	104.7 km [32]
Visina željezničkih motornih garnitura:	3.32 metra [33]
Napon napajanja:	750 V (DC) [32]
Vrsta napajanja vlakova:	preko treće tračnice [32]
Maksimalna brzina vlakova:	80 km/h [32]
Prosječna brzina putovanja vlakova:	32 km/h [33]
Vrsta kotača:	Standardni (čelični) [50]
Razmak između tračnica:	1435 mm [32]
Datum puštanja u pogon:	15.2.1912. [32]
Vremenski razmak između vlakova:	5 minuta (u najopterećenijem satu 3 minute) [32]
Broj prevezenih putnika u godini dana:	218 milijuna putnika [32]
Dnevni broj prevezenih putnika:	597 260 putnika [32]
Ukupan broj željezničkih stajališta:	91 [32]
Broj željezničkih stajališta nad zemljom:	46 [195]
Broj željezničkih stajališta pod zemljom:	45 [195]
Broj vlakova dnevno:	641 vlak na sve 4 linije. [32] (oko 160 vlakova dnevno po liniji) [32]
Ostvareni prihodi u godini dana:	HH (Hamburger Hochbahn AG) 424.3 milijuna € [35]
Cijena jedne prijevozne karte:	3.20 € do 8.70 € [51]

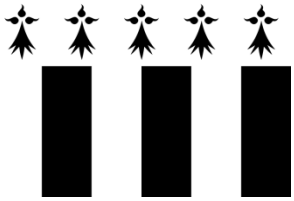
Izvori: [30] [32] [33] [50] [51]

Tablica 2. prikazuje detaljnije tehničke podatke o vlakovima podzemne željeznice u Hamburgu.

4. Podzemna željeznica u gradu Rennes

4.1. Općenito o gradu Rennes

Francuski grad Rennes



Slika 23: Grb grada Rennes

Izvor:[63].Autor: By This image has been made by GwenofGwened and released under the licenses stated below. You are free to use it for any purpose as long as you credit me as author, Wikimedia Commons as site and follow the terms of the licenses. Could you be kind enough to leave me a message on this page to inform me about your use of this pictur e. - Own workThis vector image was created with Inkscap e.by Glesker, CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10284801

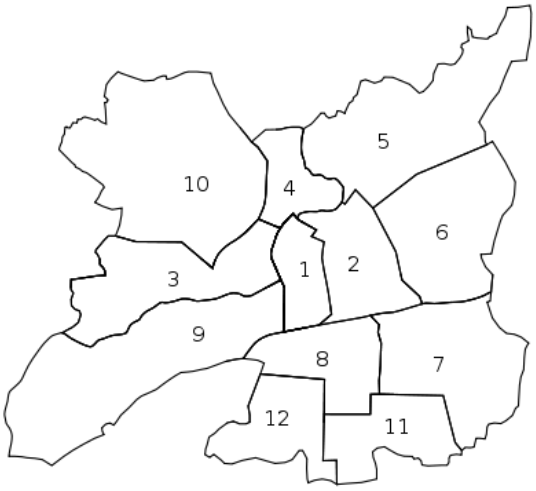
Francuski grad Rennes (engl. i franc. „Rennes“) je grad koji je smješten u istočnoj pokrajini (regiji ili županiji) Bretanja (tablica 4.), (engl. Brittany), (franc. Bretagne), (slika 21.) u sjevero zapadnom dijelu Francuske republike na samom sjecištu rijeka [64] [65] Ille i Vilanie. Rennes je ujedno i glavni grad županije ili pokrajine Brittany u Francuskoj. [66]

Grad Rennes je dio francuskog odjela „ Ille et Vilaine” (slika 21), (jedan od 101 područnih odjela unutar Francuske republike [57]) koji se nalazi unutar županije bretanije. [66]

Grad Rennes broji populaciju od 211 373 stanovnika u gradu (2013.-te godine), zajedno sa kvartnom okolicom (kvartovima okolo grada), (engl. (suburbs)) 426 512 tisuća stanovnika te sa okolicom odnosno metropolitanskim područjem okolo grada 700 000 stanovnika (700 675 tisuća stanovnika), (2013.-te godine).[66] . Podatci o broju stanovnika unutar grada je 213 454 stanovnika (2014.-te godine) i 710 481 tisuća stanovnika u metroplolitanskom području grada Rennes (podatci iz 2014.-te godine). [181]

Što se tiče javnog gradskog prijevoza u gradu Rennes, on se sastoji od uglavnom autobusnih linija koje opslužuju urbano područje grada Rennes, od toga sveukupno 65 autobusnih i metro linija (linija podzemne željeznice) čija je izgradnja financijski iznosila 500

milijuna €, (linija je imala svečano otvorenje u Ožujku 2012.-te godine). Podzemna željeznica na liniji A u gradu Rennes koristi takozvanu automatsku vožnju vlaka (ATO), (engl. driverless train operation), tehnologije VAL ((franc. vehicule automatique leger), (engl. light automatic vehicle) [69]), te je sveukupno 9.4 km dugačka i ima 15 stajališta duž linije. Izgradnja druge linije (linija B), podzemne željeznice je započela 2014.-te godine te je planirano da bude završena 2019.-te godine. [66]



Slika 24: Shematsko kartografski prikaz grada Rennes

Izvor: [67].Autor: By Pymouss - travail personnel - own work (d'après/from Mairie de Rennes.), GFDL, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5009529

Na slici 24. je shematski prikaz grada Rennes sa sveukupno 12 kvartova u gradu (engl. quarters), popis kvartova koji dijele grad Rennes je u tablici 3. [66]

Tablica 3: Popis kvartova u gradu Rennes

Popis kvartova u gradu Rennes:
1. Le Centre
2. Thabor/Saint Hélier
3. Bourg l'Évêque- Moulin du Comte
4. Saint-Martin
5. Maurepas-Patton-Bellangerais
6. Jeanned'Arc- Longs- Champs- Beaulieu

7. Francisco Ferrer- Landry- Poterie
8. Sud Gare
9. Cleunay- Arsenal- Redon
10. Villejean- Beauregard
11. Le Blosne
12. Bréquigny

Izvor: [66]

Od 2015.-te godine grad Rennes je podijeljen na 6 kantona (općina), (koji imaju svrhu provedbe i izvršenja pravila glasanja i izbora te je ujedno pododjel glavnih odjela na koje je podjeljena francuska republika [68]), koji se sastoji od određenog broja populacije (stanovništva) (podatci o stanovništvu katonskih područja su iz 2014.-te godine). [66]

Prvi kanton (engl. canton of Rennes 1) ima 38 672 tisuća stanovnika, drugi kanton (engl. canton of Rennes 2) ima 40 124 tisuća stanovnika, treći kanton (engl. canton of Rennes 3) je dio Chantepie zajednice te broj stanovnika koji živi u tom kantonu je 43 829 stanovnika, četvrti kanton (engl. Canton of Rennes 4) 37 036 stanovnika, peti kanton (engl. Canton of Rennes 5) je dio zajednice Saint Jacques de la Lande te ima sveukupno 43 072 stanvonika, šesti kanton (engl. Canton of Rennes 6) je dio Pace zajednice te u njemu živi sveukupno 44 888 stanovnika. [66]

4.2. Karakteristike podzemne željeznice u gradu Rennes



Slika 25: Logo oznaka podzemne željeznice (metro) u Rennes

Izvor:[71].Autor: By Service des transports en commun de l'agglomération rennaise - Extrait de [1], Public Domain, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=48465844

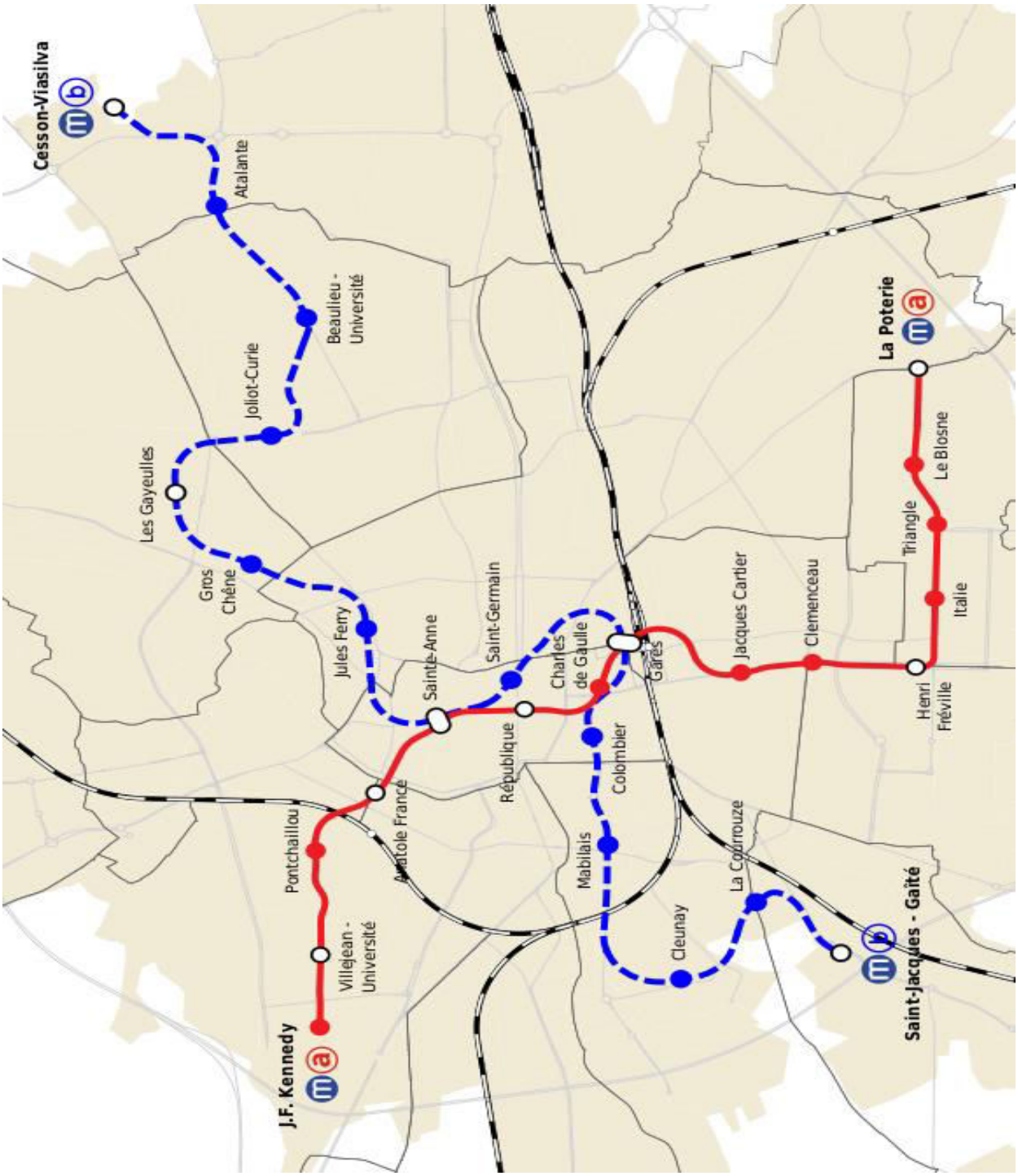
Podzemna željeznica u gradu Rennes u francuskoj je sustav brze podzemne željeznice (engl. rapid transit) koji opslužuje metropolitansko područje grada Rennesa. Točniju lokaciju opsluživanja linije podzemne željeznice se može definirati da se nalazi u području odnosno kantonu ili županiji bretaniji (engl. Brittany). [69]

Ova podzemna željeznica je kolektivna (engl. collective) vrsta automatskog sustava prijevoza putnika odnosno znači da ne dijeli infrastrukturni dio sa drugim oblikom odnosno modom prijevoza. Ova podzemna željeznica se nalazi u francuskom odjelu Ille et Villane. [70]

Ova podzemna željeznica koristi automatski sustav upravljanja vozilima (engl. ATO) (Automatic train operation) koja je implementirana u takozvanoj VAL tehnologiji (franc. Vehicule automatique leger), (engl. light automatic vehicle) upravljanja vožnjom vlakova. [69]

Sustav obavljanja prijevoza obavljaju dvije prijevozne tvrtke koje dijeluju na području grada Rennesa u francuskoj. Prva tvrtka je „Keolis Rennes" [70] , (koja dijeluje na ovom području od 5.siječnja.1987.godine [74]), te je 1999.te godine započela prijevoznu sulugu „bus+metro STAR" 1999.-te godine, te uslugu prijevoza gradskim bicilom 2009-te godine (engl. LE STAR bike) [74] i 2015.-te godine ostvarila neto profit od 915 200 € .[74] Druga prijevoznička tvrtka je „STAR" (franc. service des transports en commun de l"agormeration rennaise), (engl. public transport service of rennes conurbation) je tvrtka koja vrši usluge javnog gradskog prijevoza u gradu rennesu pomoću autobusnih i podzemnih željezničkih linija, a usluge prijevoza obavlja tvrtka „Keolis Rennes", [75] te je 2014.-te godine ostvarila prihod od 77 milijuna €. [75]

Grad Rennes u francuskoj opslužuje linija A dok linija B je trenutno u izgradnji te se predviđa završetak gradnje između 2019.-te i 2020.-te godine. [69][70]



Slika 26: Prikaz linija podzemne željeznice u Rennes

Izvor:[77].Autor: Par Flappiefh — Travail personnel from :OpenStreetMapRennes Métropole en accès libre, CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=53539754

Linija A

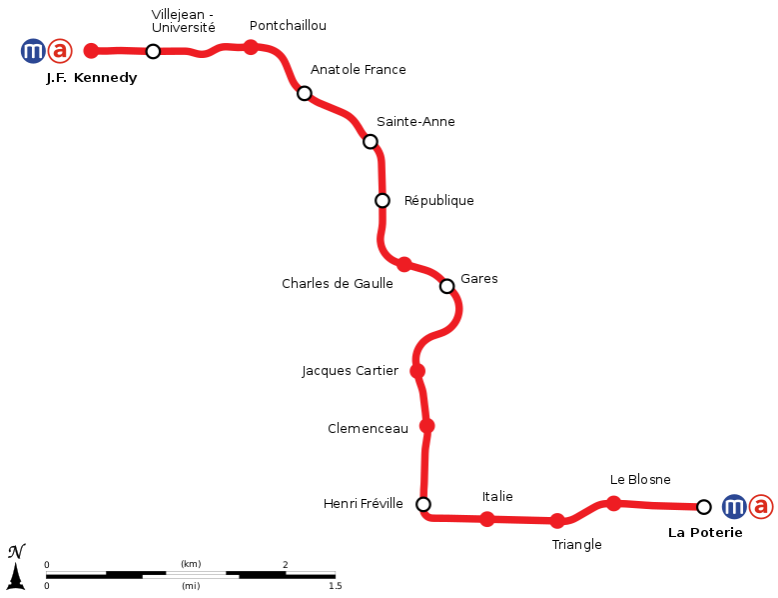
Ova linija podzemne željeznice je prva sagrađena te puštena u pogon 15.ožujka.2002.-te godine i sastoji se od ukupno 15 stajališta, od kojih je 13 građeno pod zemljom a dva stajališta se nalaze nad zemljom. [69]

Popis stajališta je sljedeći: a) J.F.Kennedy, b) Villejean-Universite, c) Pontchaillou (građena nad zemljom), d) Anatole France, e) Sainte-Anne, f) Republique, g) Charles de Gaulle, h) Gares, i) Jacques Cartier, j) Clemenceau, k) Henri Freville, l) Italie, lj) Triangle, m) Blosne, n) La Poterie (stajalište nad zemljom). [69] Cijena izgradnje linije A je koštala 2.942 bilijuna franaka (franak iz 1995. godine) ili oko 449 milijuna € [70]

Nekoliko stajališta pored svojih ulaza u terminal imaju sagrađeno i autobusno stajalište koje ujedno omogućava putnicima da sa jednom kartom putuju integriranim načinom prijevoza. [70]

Dubina iskopa tunela je 20 metara pod zemljom. Sveukupna duljina linije je 9.4 km. (3.770 km prekriveni dio, 3.765 u dubokom tunelu i 1.025 km infrastrukture izvan tunela.[72] Na svim stajalištima na peronima su ugrađena automatska vrata (engl. platform doors) te je razmak između vratiju i platformi odnosno perona 3 cm. Na liniji voze vlakovi tipa VAL 208 (sveukupno 16 vlakova ovog tipa). [70]

Radno vrijeme linije A je svaki radni dan od 05:20 do 00:40 naredni dan. Iznimka je četvrtkom, petkom i subotom kada je radno vrijeme od 05:20 do 01:35. [69]



Slika 27:Shematsko kartografski prikaz položaja linije A sa stajalištima prikazanim duž linije A u gradu Rennes
Izvor:[78].Autor:ByFlappiefh-OwnworkfromOpenStreetMap.org,CCBY-SA4.0,
https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=52205619

Linija B

Linija B je označena plavom bojom na slici 26. Gradnja ove linije je započela 2014.-te godine i očekivani kraj gradnje i otvorenje je 2019.-te godine te najkasnije 2020.-te godine (odgođena za 2020-tu godinu.). Još 2006.-te godine u dogovor sa tvrkom ,,SEMTCAR" započela je tehnička podloga za liniju B. Cijena izgradnje ove linije je procjenjena na oko 1.194 milijuna €. (cijena procjenjena 2010.-te godine). [70]



Slika 27: Izgradnja linije B (na slici prikaz uređaja za tuneliranje (engl. boring maschine) u gradu Rennes
Izvor:[79].Autor:ParPanierAvide—Travailpersonnel,CCBY-SA4.0,
https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=37568240

Linija B biti će sveukupno dugačka 13.4 km i imati će 15 stajališta. [70] Viaduktna (mosna) konstrukcija biti će ukupno dugačka 2.4 km i imati će 3 stajališta na mosnoj konstrukciji. Dubina iskopa tunela je od 20 do 33 metara.promjer tunelske boring mađine je 9.44 metara, i obavlja bušenje i do 300 metara tunela na dan. [70] Na liniji će biti izgrađena 4 takozvana bunara (engl. Wells) koji će služiti radi ventilacije u tunelu i vatrogasnog odjela radi sigurnosnih razloga u slučaju požara u tunelu. [70] Nazivi bunarskih konstrukcija su: Voltaire, Duhamel, Vincennes i Lafond. [70]



Slika 28: Shematsko kartografski prikaz položaja linije B sa stajalištima prikazanim duž linije B u gradu Rennes Izvor:[80].Autor:Par Flappiefh—Travail personnel from Métro Rennes Métropole, CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=52205620

Popis stajališta na liniji B je slijedeći: a) Cesson-Viasilva, b) Atalante, c) Beauelu-Universite, d) Joliot-Curie, e) Les Gayeulies, f) Gros Chene, g) Jules Ferry, h) Sainte-Anne, i) Saint-germain, j) Gares, k) Colombier, l) Mabialis, lj) Cleunay, m) La Courrouse, n) Saint-Jacques-Gaite.

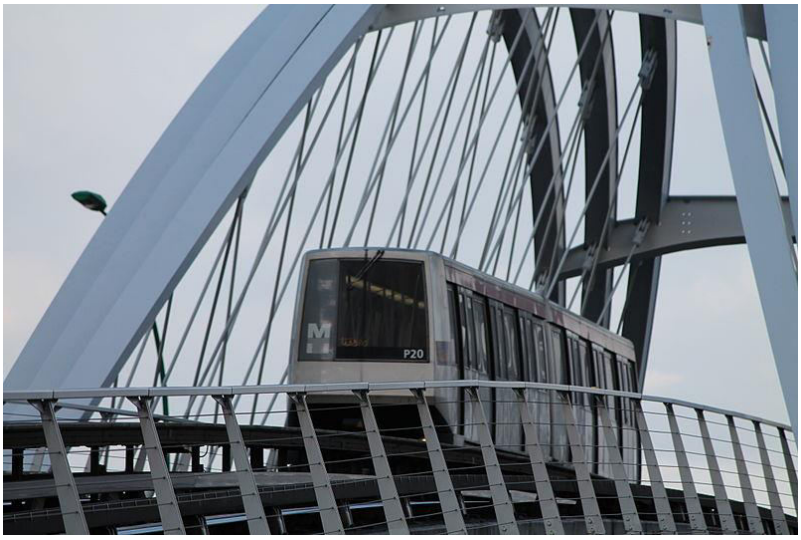
Vlakovi Tipa VAL

Podzemna željeznica broji 4 različita tipa vlakova koji su usko povezani ovisno o godini proizvodnje. Tri tipa vlakova su: VAL 206, VAL 208, VAL 208 NG, VAL 208 NG2. [70]

Vlak tipa VAL 206

Vlak tipa VAL 206 (slika 29.) je vlak prve generacije ovoga tipa vlaka. Karakteristično za ovaj vlak je to da je na gumenim kotačima i širina vlaka odgovara nazivu 206 odnosno 206 cm. Vlak se sastoji od dvije prikolice te ne postoji mogućnost prelaska iz jedne željezničke motorne garniture u drugu. Ovaj tip vlaka je proizvela željeznička tvrtka „MANTRA" današnji

„SIEMENS”. Upravljanje vlakom je upotpunosti automatski ali za slučaj sigurnosti postoji upravljačke komande na svakom od krajeva vlaka. Vlak je dugačak 26 metara i snaga vučnih motora je 480 kW. Kapacitet koji može prevesti je između 120 i 208 putnika. [81]



Slika 29: Vlak tipa VAL 206, Rennes
Izvor:[82].Autor: Par Maxime Lafage — Travail personnel, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=18631699

Vlak tipa VAL 208

Vlak tipa VAL 208 (slika 30.) je nastao kao prototip vlaku VAL 206 prethodne generacije, kod VAL 208 je povećan kapacitet prijevoza putnika tako što umjesto sjedećih mjesta postoje sjedalice paralelno sa prozorima (engl. window level buttocks) (slika 31.), prelazak između motornih garniture je omogućen,poboljšani su vučni motori (tihi rad pri 30 km/h). Sveukupno na mreži postoje 16 vlakova ovoga tipa. Ime VAL 208 predstavlja širinu vlaka od 208 cm. Na svim peronima postoje automatska vrata za zaštitu putnika od kontakta sa prugom. Širina perona na stajalištima se kreće od minimalno 26 metara do maksimalno 52 metara. Visina vlaka je 3.27 metara a masa 28 tona. Svi vlakovi ovog tipa su automatski navođeni bez vlakopratnog osoblja au upravljanje vlakovima se obavlja iz upravljačko-kontrolnog centra (engl. PCC). Uvođenje i vađenje vlakova iz prometa se obavlja iz ovog kontrolnog centra. Ovi vlakovi su proizvedeni od tvrtke „SIEMENS” bivša tvrtka „MANTRA” u Austriji. [73]



Slika 30: Vlak tipa VAL 208, Rennes

Izvor:[83].Autor: Par Pline — Travail personnel, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4176940

Vlak tipa VAL 208 NG

Postoje dvije novije vrste ovoga tipa vlaka a to su : VAL 208 NG (slika 32.) i VAL 208 NG2 (slika 34.). VAL 208 NG ("NG" je na engleskom "New Generation") postoji od 2006.-te godine, te se razlikuje u tome što novija vrsta vlakova tipa VAL 208 NG u odnosu na vlak tipa VAL 208 imaju ugrađeni moderniju opremu u vlaku kao što je: noviji tiši električni vučni motor i bolja ulazna vrata u vlak koja detektiraju veću buku, te ima ugrađene drugačije rukohvate. Širina ulaznih vratiju je 1.3 metara te ovakvi tipovi vlakova omogućuju vožnju kompozicije do najviše 4 željezničke motorne garniture u vlaku. Trenutno postoje 14 vlakova tipa VAL 208 NG, te 6 vlakova tipa VAL 208 NG2. [73] Vlakovi tipa VAL 208 nove generacije (VAL 208 NG i VAL 208 NG2) će biti primjenjeni na novoj liniji B u gradu Rennes. [88]



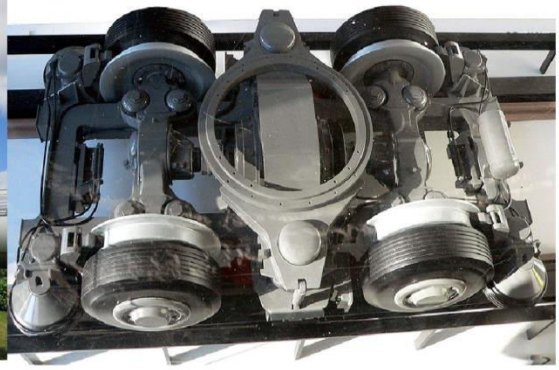
Slika 31: Unutrašnjost vlaka „VAL 208 NG".
Izvor:[84.].Autor:Par Olivier92 — Travail personnel, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5501433



Slika 32: Prikaz sustava vlaka na gumenim kotačima kod vlaka „VAL 208".
Izvor:[85.].Autor:By Leotard - Own work, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=20516217



Slika 34: Vlak tipa „VAL 208 NG".
Izvor:[87.].Autor:Di Kcpwiki - Opera propria, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=33520501



Slika 33:Prikaz modela okretnog postolja zvanog „Bogie" na vlaku „VAL 208".
Izvor:[86.].Autor: Di Rama - Opera propria, CC BY-SA 2.0 fr, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=384517

Na slikama 32. i 33. se može vidjeti okretno postolje tehnologije „VAL " koja je primjenjena na vlakovima za prijevoz putnika na gumenim kotačima. Tablica 4. prikazuje detaljnije tehničke podatke o vlakovima podzemne željeznice u gradu Rennes.

Tablica 4: Tablični prikaz tehničkih podataka podzemne željeznice u gradu Rennes

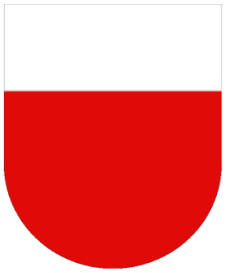
	Podzemna željeznica u gradu Rennes
Tehnički podatci podzemne željeznice:	
Broj željezničkih linija:	1 (otvorenje 2. linije krajem 2019.) [70]
Broj motornih garnitura:	30 (linija A) [70]
Duljina motornih garnitura:	26 (m) [72]
Širina motornih garnitura:	208 (cm) [72]
Broj i snaga vučnih motora:	8 po 65 kW snage (520 kW) [73]
Kapacitet garniture:	(78 putnika po garnituri) [73] (158-170 putnika) [72]
Duljina mreže pruga:	9.4 km (linija A) [70] 14.1 km (linija B) [114]
Visina motornih garnitura:	3.27 metara [72]
Napon napajanja:	750 (V) [73]
Vrsta napajanja vlakova:	Vodeća tračnica (engl. guidebar) [76]
Maksimalna brzina vlakova:	80 (km/h) [70]
Prosječna brzina putovanja vlakova:	32 (km/h) [70]
Vrsta kotača:	Gumeni kotači [70]
Razmak između tračnica:	1435 (mm) [69]
Datum puštanja u pogon:	15.3.2002. [70]
Vremenski razmak između vlakova:	2-3 minute [70] (u najopterećenijem satu 60-90 sekundi [72])
Broj prevezenih putnika godišnje:	32.82 milijuna putnika [72]
Dnevni broj prevezenih putnika:	140 000 putnika dnevno (2014. godine) [70]
Ukupni broj stajališta:	15 (linija A) [70]
Stajališta nad zemljom:	2 stajališta [70]
Stajališta pod zemljom:	13 stajališta [70]
Broj vlakova dnevno:	824 vlaka dnevno (41 vlak u sat vremena) (140 000ppd/170p) [70]
Ostvareni godišnji prihod:	(Keolis Rennes) 110 743 400 €. (2015.) [74] (STAR) 77 milijuna dolara (2014.) [75] (linija B 120 milijuna dolara) [75]
Cijena prijevozne karte:	1.50 € (1 h) (4-17 €.) (1-7 dana) (city pass) [75]

Izvor: [69] [70] [72] [73] [74] [75] [76]

5. Podzemna željeznica u gradu Lausanne

5.1. Općenito o gradu Lausanne

Švicarski grad Lausanne



Slika 36: Grb grada Lausanne

Izvor:[97].Autor: By Sa-se - Own work, CC BY 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7189047

Popis općinskih područja se nalazi u tablici 5:

Tablica 5: popis općina koji čine dio metropolitanskog urbanog područja u gradu Lausanne.

Općina (upravno središte):	Broj stanovnika (podatci od 31.12.2015.-te g.):	Površina općinskog dijela:
Cheseaux-sur-Lausanne	4 318 tisuća stanovnika	4.59 km^2
Epalinges	9 202 tisuća stanovnika	4.57km^2
Jouxtens-Mézery	1 414 tisuća stanovnika	1.93 km^2
Lausanne	135 629 tisuća stanovnika	41.38 km^2
Le Mont-sur-Lausanne	7 282 tisuća stanovnika	9.82 km^2
Romanel-sur-Lausanne	3 357 tisuća stanovnika	2.88 km^2
Sveukupno:	161 202 tisuća stanovnika	65.17 km^2

Izvor:[99]

Grad Lausanne (slika 38) ima sveukupno 17 kvartova unutar svog gradskog urbanog područja (slika 38). [102]

Grad Lausanne je od 1994.-te godine glavni centar Olimpijskih igara na internacionalnoj razini. Nalazi se na obalnom dijelu jezera Geneve (engl. Lake Geneva), te sa svojim metro sustavom spada u najmanji grad u svijetu koji posjeduje podzemnu željeznicu. [98]

Što se tiče javnog gradskog prijevoza odvijanje prometa obavljaju tri javno gradske prijevozničke tvrtke, a to su: TL (franc. Transports publics de la region Lausannoise) koji obavlja prijevoz putnika putem sustava podzemne željeznice, autobusnih gradskih linija i trolejbusa, LEB (engl. Lausanne-Echallens-Bercher Railway) koji obavlja prijevoz putnika prigradskim putničkim vlakovima i CGN (Compagnie Generale de Navigation sur le lac Leman) koji obavlja prijevoz putnika brodovima po jezeru Geneva. [98]

Od sustava podzemne željeznice Lausanne ima na liniji M2 na vlakovima tehnologiju vlakova na gumenim kotačima. (engl. metro system „rubber –tyred"). [98]



Slika 37: Kartografski prikaz grada Lausanne

Izvor:[101]. Autor:ParTschubby—Travailpersonnel,CCBY-SA3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7685869

5.2. Karakteristike podzemne željeznice u gradu Lausanne



Slika 38: Logo oznaka podzemne željeznice (franc. metro) u Lausanne
Izvor:[103].Autor:ByUnknown-PDF;SVGerzeugtmitInkscapevonSa-se,PublicDomain,
https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=36441177

Podzemna željeznica u gradu Lausanne je željeznički prometni sustav gradskog prijevoza putnika koji se sastoji od dvije željezničke linije M1 i M2 (slika 39). Treća linija je u planu za izgradnju a bila bi nastavak linije M1 (stajalište „Lausanne-Flon") i M2 (stajalište „Lausanne-Gare") cijena projekta iznosi 425 milijuna CHF te je projekat započeo 2015.-te godine ova linija bi povezivala stajalište „Lausanne-Flon" i „područje „Bossons" a mjesto „Blecherette". Očekivani broj prevezenih putnika je 13.2 milijuna u godini dana [121] (planirano otvorenje linije M3 je 2025.-te godine). [104] [121]

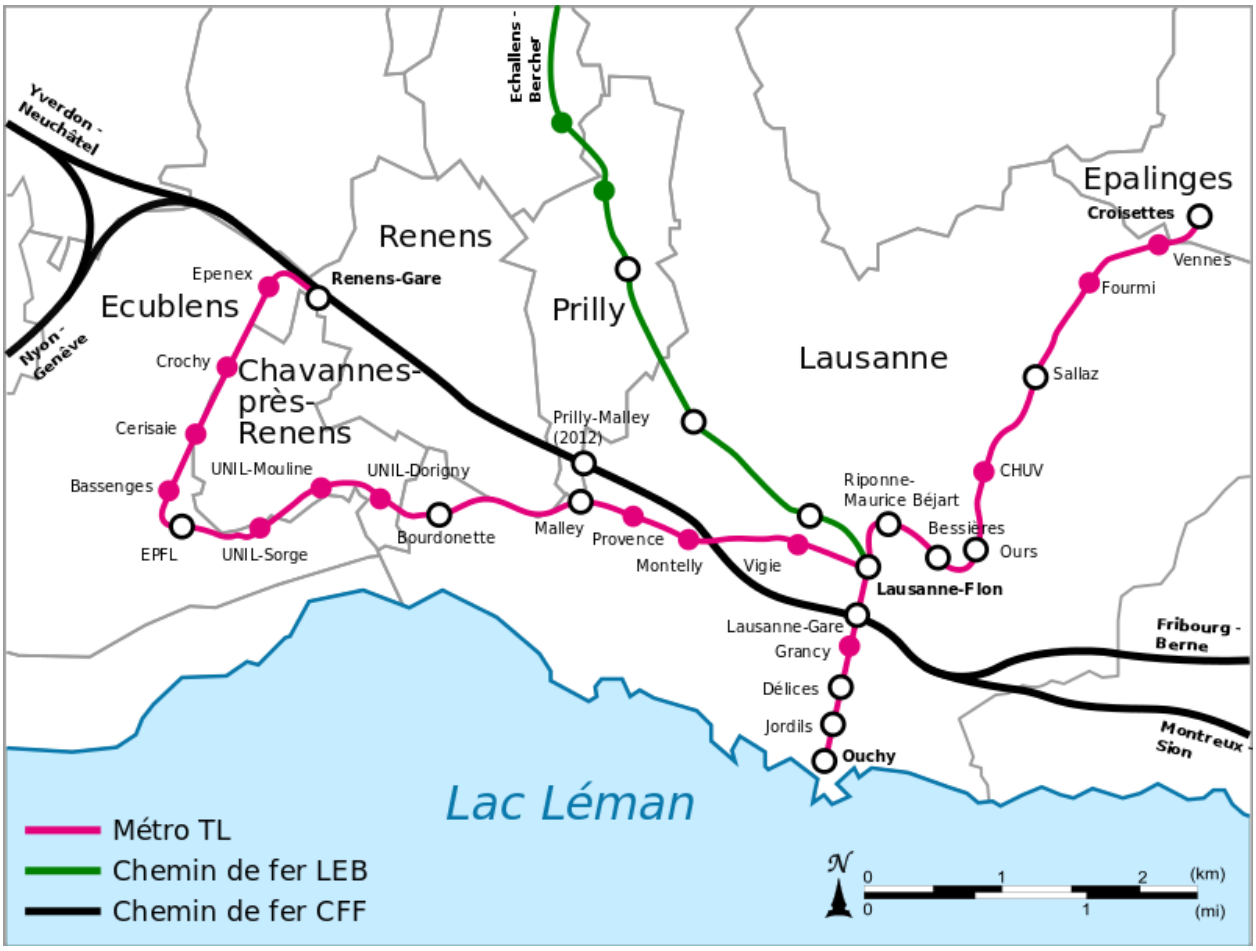
Glavna prijevoznička tvrtka u urbanom području grada je švicarska javno prijevoznička tvtka pod nazivom: „ TL "(franc. Transports publics de la region lausannoise) (engl. Public transport in Lausanne region) [118] [104] [117]

Tvrtka posjeduje preko 10 trolebujskih, 25 autobusnih, 11 taksi i 2 metro linije koje opslužuju gradsko i metropolitansko područje grada Lausanne-a u švicarskoj. [118] [109]

Što se tiče podzemne željeznice prijevoznička tvrtka TL (Transports publics de la region lausannoise) je ostvarila u 2016.-toj godini sveukupno 78 590 962.38 € [120] (85.3 milijuna CHF) [112] te prevezla sveukupno 42.049 milijuna putnika u godini dana. [117]

Radno vrijeme željezničkih podzemnih linija M1 i M2 je svaki radni dan od 5 i 15 posljepodne do 0 i 45 ujutro. [106]

Tvrtke za javni gradski prijevoz u gradu Lausanneu „TSOL (Tramway of South-West Lausanne)“ [106] (tvrtka za prijevoz putnika tramvajem u gradu Lausanne-u) i „Lausanne-Ouchy SA” drže u vlasništvu tvrtku TL (Transports public de la region lausannoise) koja obavlja prijevoz putnika u podzemnoj željeznici na liniji M1 i na liniji M2 ,dok je vlasnik linije M2 tvrtka za javni prijevoz u gradu Lausanneu „Lausanne-Ouchy SA”. Lausanne-Ouchy je linija koja je nastala od sustava prijevoza koja je imala ugrađenu tehnologiju uspinjače te je kasnije modernizirana i pretvorena u podzemnu željenicu sa tehnologijom VAL („Vehicule Automatique Leger”) na gumenim kotačima i trećom vodečom tračnicom (engl. guidebar). Linija M1 je puštena u promet 1991. godine te je bila velika odluka o tome dali graditi tramvasjku ili laku željeznicu (engl. Light Railway) te je napravljena laka željenica na liniji M1 koja je kasnije preuzela ulogu podzemne željenice ali sa tehnologijom lake željenice na čeličnim kotačima i kontaktnom mrežom. [117] [104] [106] [107]



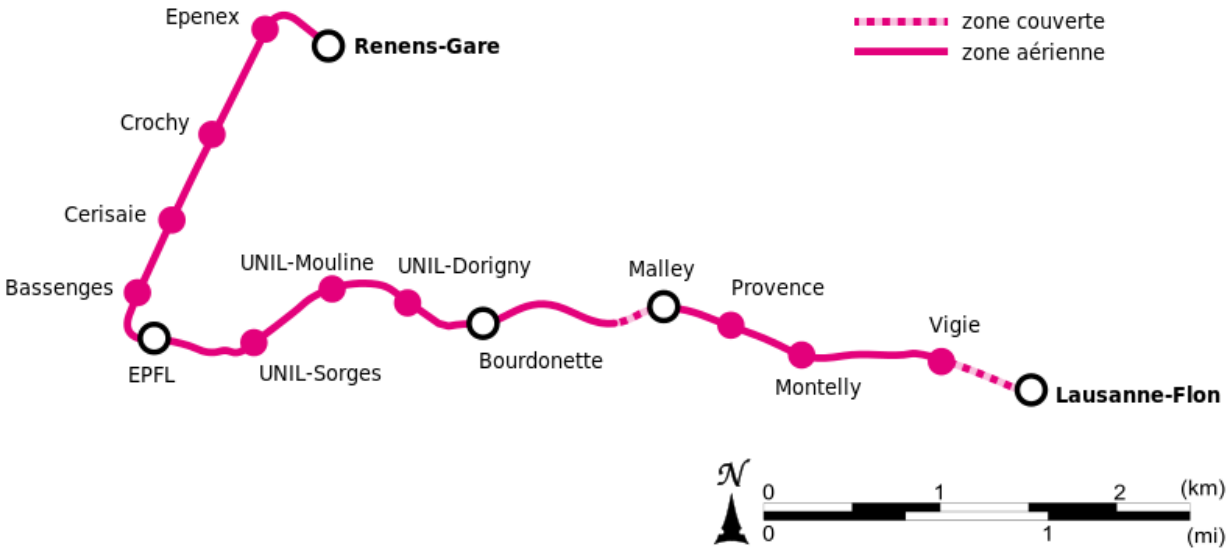
Slika 39 :Kartografski prikaz položaja željezničkih podzemnih linija M1 i linije M2 u gradu Lausanne

Izvor:[122].Autor:ParOcmey—Travailpersonnel,Domainepublic, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7878671

Linija M1

Linija M1 (slika 40) se proteže od stajališta „Lausanne-Flon” na istočnom dijelu grad ate stajališta „Rennes-Gare” na zapadnom dijelu grada. Ova linija je puštena u pogon 2.6.1991. godine te u 2016.-toj godini sveukupno prevezla 3.138 milijuna putnika godišnje pod vodstvom prijevozničke tvrtke TL (franc.Transport public de la region lausainnoise) te je izgradnja linije kođtala 192 milijuna franaka a duljina linije je 7.79 km. Maksimalni radijus na liniji je 80 metara a razmak između stajališta je 550 metara. Na ovoj liniji voze vlakovi tipa Bem 4/6 i Be 4/6. Radno vrijeme linije M1 je od ponedjeljka do subote od 5 i 15 do 0 i 45 (2016.-te godine je bio prijhedlog da linija radi do 1 sat ujutro) te nedjeljom i praznicima od 5 i 50 do 0 i 45 sati, ukupno vrijeme putovanja na liniji M1 iznosi 19 minuta. [106]

Signalizacija koja se koristi na liniji M1 je takozvana engl. „Automatic Block Line” „Linija sa automatskim blokom”. [106]



Slika 40: Shematski prikaz položaja linije M1 i popis stajališta duž linije u podzemnoj željeznici u gradu Lausanne
Izvor:[123].Autor:ParOcmey—Travailpersonnel,CCBY-SA3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7716215

Na slici 40 se jasno vidi položaj i popis stajališta uduž linije M1.Na slikama 41 a), 42 b), 43 c), 44 d) su prikazana stajališta na liniji M1 (prikazana su 4 stajališta, ukupan popis stajališta je na slici 40).



a) b)

Slika 41 označena s a): Stajalište ,,Lausanne-Flon"

Izvor:[124] .Autor:ByRama-Ownwork,CCBY-SA2.0 fr, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=574017

Slika 42 označena s b): Stajalište ,,Vigie"

Izvor:[125]. Autor:By Rama - Own work, CC BY-SA 2.0 fr, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=544836



c) d)

Slika 43 označena s c): Stajalište ,,Provence"

Izvor:[126]. Autor: By Sissssou - Own work, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6413478

Slika 44 označena s d): Stajalište ,,Malley“

Izvor:[127]. Autor: ByAbaddon1337-Ownwork,CCBY-SA3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=21162516

Linija M2

Linija M2 je nastala kao postojeća linija uspinjače na relaciji „Lausanne-Ouchy" te dio dionice prema mjestu Epalinges u gradu Lausanne u Švicarskoj. Linija se proteže od sjevernog dijela grada gdje se nalazi mjesto Epalinges do južnog dijela na obalnom području grada kod jezera Geneva gdje je smješteno područje Ouchy, te se linija M2 presjeca sa linijom M1 u mjestu Lausanne koje se nalazi sjevernije od mjesta Ouchy. [104]

Glavni operator koji obavlja prijevoz putnika na ovoj liniji je tvrtka za javni prijevoz putnika TL (franc.„Transport public de la region lausanoisse"). Ova linija je u vlasništvu tramvajske tvrtke za javni prijevoz TSOL (franc.„Tramvay du Sud-Ouest lausannois"[118]). Tvrtka u javnom prijevozu gradskog područja je u 2016.-toj godini na liniji M2 ostvarila promet od 28.9 milijuna putnika u godini dana. [117]

Linija M2 je do 2006.-te godine služila kao uspinjača te je obavljen kompletni remont i linija M2 je pretvorena u potpuno automatsku liniju 2008. godine (točniji datum otvorenja linije M2 je „7.listopada.2008.godine"). Linija M2 je sveukupno dugačka 5.95 km te je prosječno ukupno vrijeme putovanja na cijeloj liniji 19 minuta. Cijena izgradnje linije je iznosila 590 milijuna CHF (CHF vrijednost iz 2000.-te godine). Sveukupno od cjeloukupnog dijela linije 90 % se nalazi u tunelu a 10 % je otkriveno na otvorenoj površini (vijadukti i površinski dio dionice). Vlakovi koji voze na ovoj dionici su automatski upravljani te nadzirani iz kontrolnog centralnog upravljačkog mjesta. Razmak između stajališta je od 300 do 750 metara. Duljina perona je 30 metara te se na peronima nalaze automatska zaštitna vrata koja se automatski zatvaraju prilikom nailaska vlaka na peron u stajalištu (engl. „Automatic Landing Doors"). [107]

Radno vrijeme linije je od ponedjeljka do četvrtka od 5 i 15 pm do 0 i 45 am a petkom i subotom od 5 i 15 pm do 1 am, nedjeljom i praznicima od 5 i 15 pm do 0 i 45 am. Cijena prijevozne karte iznosi od 3 CHF za jednu zonu do 3.70 CHF za dvije zone putovanja vlakovima u podzemnoj željeznici. [107]

Na liniji M2 voze vlakovi tipa Be 8/8 TL, glavni proizvođač i održavatelj opreme ugrađene na liniji (automatski sustav vožnje vlakova, nadzorna oprema i vlakovi) je francuska

tvrtka „Alstom”. Svi vlakovi se sastoje od 2 prikolice kapaciteta od 222 putničkih mjesta. [116] Sveukupno na liniji M2 se nalazi 18 garnitura vlaka tipa „Be 8/8 TL”. [107]



Slika 45: Kartografski prikaz položaja trase linije M2 u gradu Lausanne

Izvor:[128]. Autor:ParOcmey—Travailpersonnel,CCBY-SA3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7716247

Na slici 45 je kartografski prikaz položaja linije M2 u trasi , na slici je prikazan popis stajališta duž linije.



a) b)

Slika 46 označena s a): Stajalište „Ouchy-Olympique” na liniji M2 u gradu Lausanne

Izvor:[129].Autor:ParSpsmiler—Travailpersonnel,Domainepublic, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7450409

Slika 47 označena s b): Stajalište („Terminal”) „Croisettes”, linija M2 u gradu Lausanne

Izvor:[130]. Autor:ParFalk2—Travailpersonnel,CCBY3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9890594



c) d)

Slika 48 označena s c): Stajalište „Grancy” na liniji M2 u gradu Lausanne

Izvor:[131]. Autor:ParZil—Travailpersonnel,CCBY-SA3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4591453

Slika 49 označena s d): Stajalište „Lausanne-Gare” na liniji M2 u gradu Lausanne

Izvor:[132].Autor:Partompagenet—http://www.flickr.com/photos/tompagenet/5501588893/,CCBY-SA2.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=14948702

Na slikama 46 a), 47 b), 48 c), 49 d) su prikazana neka od stajališta na liniji M2. Na slici 49 d) su prikazana automatska vrata na peronima koja su u slučaju na slici 49 d) pod nagibom (5.7 % do 12 % nagib [104]).

TL Bem 4/6

Naziv „TL Bem 4/6” (Slika 50 označena s a) je vrsta vlakova koja prevozi putnike na liniji M1 u podzemnoj željeznici u gradu Lausanne-u. Oznaka „TL” je naziv operatora koji obavlja javni gradski prijevoz u gradu Lausanne-u i metropolitanskom području grada a znači: „ Transport public de la region lausanoisse”. Oznaka „B” znači: „samohodni („engl. self propelled”) motorni vlak drugog razreda”, slovna oznaka „m” označava „električno i termalno trenje”, a odnosi se na vrstu kočenja, oznaka „4/6” znači da vlak ima 4 pogonske osovine od sveukupno 6 pogonskih osovina u jednoj željezničkoj motornoj garnituri. Pod vlaka je na visini od 95 cm u skladu sa stajalištima duž linije M1. Na liniji M1 vozi sveukupno 16 garnitura ovoga tipa a označeni su brojevima od 201 do 2017. [117] Ova vrsta vlakova ima motore snage 376 kW, ukupna duljina vlaka je 31 metara, ima sveukupno 6 vratiju i kapacitet od 312 putnika od toga 66 sjedećih mjesta, ovi vlakovi postižu maksimalnu brzinu od 80 km/h. Vlakovi su napajani putem pantografa naponom od 750 V i njihova ukupna masa je 41 tonu. Ovi vlakovi nisu automatski upravljani nego zahtjevaju vlakopratno osoblje i strojovođu u vlaku [106].[133]

TL Be 4/6

Ova vrsta vlakova pod nazivom „TL Be 4/6” (Slika 51 označena s b) ima sve karakteristike kao i vlak tipa „TL Bem 4/6”, jedino kod ovoga vlaka oznaka nema termalnog tipa kočenja kao i kod vlaka „TL Bem 4/6”. Ovi tipovi željezničkih motornih garniture su označeni brojčanim oznakama od 218 do 222. Na liniji postoji sveukupno 5 ovakvih tipova vlakova. Ovaj tip željezničke motorne garniture se kao i vlak tipa „TL Bem 4/6” koristi samo na liniji M1. [137]

Be 8/8 TL

Vlakovi tipa „Be 8/8 TL” (Slika 52 označena s c) su željezničke električne motorne garniture koje su automatski upravljane i nadzirane iz središnjeg centralnog mjesta bez vlakopratnog osoblja u vlaku te se umjesto standardnih čeličnih kotača kreću se na gumenim (engl. „rubber tyred) kotačima. Ova vrsta vlaka se isključivo koristi samo na liniji M2 u podzemnoj željeznici u gradu Lausanne i metropolitanskom području grada, gumeni kotači doprinose trenju vlaka zbog toga što je dionica pod oštrim usponom i padom čak od 57 do 120

‰. Vlakovi su pušteni u promet 2008. godine na liniji M2 te su označeni brojčanom oznakom od 241 do 255. Ukupna masa ovih vlakova je 57.3 tona te se napajaju pomoću treće tračnice naponom od 750 V. Vlak se sastoji od 4 okretna postolja (engl. „Bogie") po jedan električni motor snage 314 kW, maksimalna brzina željezničke motorne garniture je 60 km/h a sveukupno može prevesti 222 putnika od čega je 60 sjedećih mjesta. Duljina vlakova je 30.68 metara i posjeduje 6 vratiju. Ovim vlakovima obavlja prijevoz tvrtka TL („ Transport public de la region lausanoisse"). Proizvođač ovih vlakova je francuska tvrtka „Alstom". [138]



a) b) c)

Slika 50 označena s a): Prikaz željezničke motorne garniture tipa „TL Bem 4/6". Izvor:[134].Autor:ParVitalyVolkov,ВолковВиталийСергеевич(userkneiphof)—self-takenpicture/zelfgenomenfoto/собственнаяфотография,CCBY2.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2607659

Slika 51 označena s b): Prikaz željezničke motorne garniture tipa „TL Be 4/6" Izvor:[135].Autor:ParAbaddon1337—Travailpersonnel,CCBY-SA3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=31965413

Slika 52 označena s c): Prikaz željezničke motorne garniture tipa "Be 8/8 TL". Izvor:[136].Autor:Parl,Joam,CCBY-SA3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2323940

„U gradu Lausanne postoji linija na dionici: „ Lausanne Flon-Echallens-Bercher" koja ima razmak tračnica od 1 metar (slika 67 označena s b)). Na toj liniji nalaze se 21 stajališta (12 stajališta i 9 kolodvora [208]): „ Lausanne-Flon, Lausanne-Chauderon, Montetan, Union-Prilly, Prilly-Chasseur, Cery-Fleur-de-Lys, Jouxtens-Mezery, Le Lussex, Romanel-sur-Lausanne, Vernand-Camares, Bel-Air LEB, Cheseaux, Les Ripes, Etagnieres, Assens, Échallens Depot and workshop, Sur Roche, Gresaley, Sugnens, Fey, Bercher. Linija je puštena u pogon: „4.11.1873. godine." Napon koji koriste vlakovi je 1500 V DC. Linija jedugačka sveukupno 23.67 km." [207]

„Još davne 1913.-te godine tvrtka za javni prjevoz pod nazivom LEB („Lausanne - Échallens–Bercher") obavlja prijevoz na toj dionici povezujući grad Lausanne sa gradom

Bercher.[208] Na toj dionici vlakovi voze maksimalnom brzinom od 90 km/h. Na liniji je instalirano „INTEGRA“ osiguranje.“ [208]

„Tvrtka LEB je u 2015-toj ostvarila godišnji prihod od: „ 25 868 673.79 CHF“ i prevezla 3 705 067 putnika u 2015.-toj godini. [209] Na dionici voze vlakovi tipa („LEB RBe 4/8“ [209] (slika 66 označena sa a)). To je elektromotorni vlak koji je proizvela tvrtka: „Stadler Rail“, sveukupno postoji 10 vlakova ovog tipa a uvedeni su u promet 2010.-te godine na „liniji 101“. Napon napajanja vlakova je 1500 V DC te koriste 4 motora po snage 350 kW, maksimalni kapacitet je 322 putnika od toga 118 sjedećih mjesta te mogu postići maksimalnu brzinu od 120 km/h. Napajanje je putem pantografa a dužina vlaka je 43.1 metar, visina 3.96 metara, širina 2.65 metara i masa 63 tone.“ [210]



Slika 66 označena sa a): Vlak tipa „LEB RBe 4/8“
Izvor: [211] Autor: Par Abaddon1337 — Travail personnel, CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=14408179
Slika 67 označena sa b): Kartografski prikaz cjeloukupne mreže linija podzemne željeznice u gradu Lausanne
Izvor: [212]. Autor: Par Maximilian Dörrbecker (Chumwa) — Travail personnel, using OpenStreetMap data for the background, CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17415981

Tablica 6: Tablični prikaz tehničkih podataka podzemne željeznice u gradu Lausanne, Švicarska.

	Podzemna željeznica u gradu Laussane
Tehnički podatci podzemne željeznice:	
Broj linija:	2 [104]

Broj motornih garnitura:	37 [117]
Duljina motornih garnitura:	31 (m) [104]
Širina motornih garnitura:	2.450 (mm) [104]
Broj i snaga vučnih motora:	4 vučna motora po 94 kW (376 kW) (linija M1) [106] 4 vučna motora po 78.5 kW (314 KW) (linija M2) [116]
Kapacitet željezničke motorne garniture:	312 putničkih mjesta (linija M1) [106], 406 putničkih mjesta (linija M2) [104]
Duljina mreže pruga:	13.7 km (M1 duljine 7.8 km i M2 duljine 5.9 km) [104]
Visina motornih garnitura:	3.470 (mm) [104]
Napon napajanja:	750 (V) [104] [115]
Vrsta napajanja vlakova:	Kontaktna mreža (linija M1), [104] Vodeća tračnica (engl. guidebar) (linija M2) [115]
Maksimalna brzina vlakova:	70 km/h (linja M1), [106] 60 km/h (linija M2) [107]
Prosječna brzina putovanja vlakova:	25 km/h (linija M1), [106] 18 km/h (linija M2) [107]
Vrsta kotača:	Standardni (čelični) (linija M1), Gumeni kotači (linija M2) [115]
Razmak između tračnica:	1435 mm [104] [115]
Datum puštanja u pogon:	24.6.1991. linija M1 i 27.10.2008. linija M2 [104]
Vremenski razmak između vlakova:	5-10 minuta (linija M1), [106] 3-6 minuta linija M2 [104]
Broj prevezenih putnika u godini dana:	42.049 milijuna putnika (podatci iz 2016.-te godine) (linija M1 i M2) [117]
Dnevni broj prevezenih putnika:	120.115 tisuća putnika (podatci iz 2013.-te godine) (linija M1 i M2) [104]
Ukupni broj stajališta:	28 [104]
Broj stajališta nad zemljom:	12 (linija M1), [104] 5 (linija M2) [104]
Broj stajališta pod zemljom:	3 (linija M2), [104] 9 (linija M2) [104]
Broj vlakova dnevno:	168 vlakova dnevno (linija M1 i M2), (120 115ppd/718p)
Ostvareni prihodi u godini dana:	TL (TSOL) (L-O SA) (78 048 231.75 €. [112] [189]), (72 574 067.00 € (M1 i M2) [188]) [104]
Cijena jedne prijevozne karte:	3-3.70 CHF (2.8-3.4 €) (linija M1) [106] (chf/eur [111])

Izvor: [104] [106] [107] [111] [112] [115] [117] [188] [189]

Tablica broj 6 prikazuje detaljni prikaz tehničkih podataka podzemne željeznice u gradu Lausanne.

6. Podzemna željeznica u gradu Liverpool

6.1. Općenito o gradu Liverpool

Engleski grad Liverpool

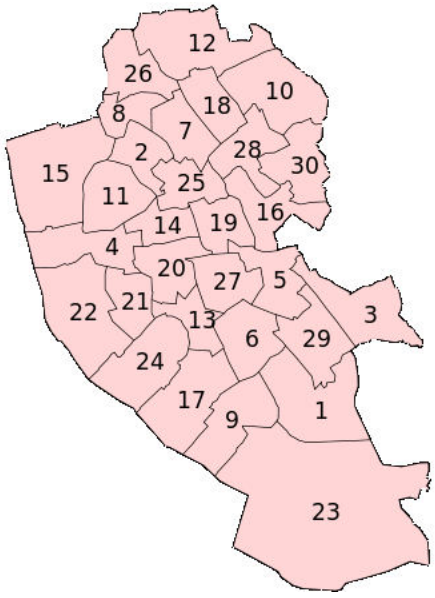


Slika 53: Logo oznaka grada Liverpool

Izvor:[144].Autor:Byderivativework:Jza84(talk)Wildman_Supporter_(Heraldry).svg:SodacanHercules_Supporter_(Heraldry).svg:*Royal_Coat_of_Arms_of_Greece.svg:SodacanThisvectorimagewascreatedwithInkscape. - Wildman_Supporter_(Heraldry).svgHercules_Supporter_(Heraldry).svgCoat_of_arms_of_Merseyside_County_Council.pngCoa_Falkland.svgCormorant_(PSF).pngEastern_Crown.svg,CCBY-SA3.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=12448944

Engleski grad Liverpool (logo oznaka slika 53) se nalazi u engleskom kantonu ili državici „Merseyside (2010. broji ukupno 1 381 200 stanovnika te se sastoji od 5 gradova od kojih je jedan i Liverpool) [140]", te je ujedno njezin najveći i glavni grad na krajnjem obalnom dijelu sjeverozapadne Engleske države. [141]

Broj stanovnika u gradu Liverpool-u prema podatcima iz 2015.-te godine iznosi 478 600 tisuća stanovnika, sa metropolitanskim područjem sveukupno 2 241 000 stanovnika (2015. godina). Podaci o BDP-u (Bruto domaći proizvod) (engl. GDP-u „Gross domestic product") pokazuju da je na dan 18.11.2014.-te godine Liverpool ostvario prihod od 65.8 bilijuna Američkih dolara. [141] Kroz gradsko područje prolazi Rijeka Mersey. [142]



Slika 54: Kartografski prikaz popisa gradskih črtvrti („kvartova") u gradu Liverpool

Izvor:[142]. Autor:ByMirrorme22-Ownwork,PublicDomain, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=11851464

Na slici 54 je shematski prikaz gradskih četvrti ili kvartova u gradu Liverpoolu. Gradske četvrti su označene numerički od 1 do 30 a detaljniji popis se nalazi u tablici 7.

Tablica 7: Popis (označeni su brojevima) (slika 53) kvartova u gradu Liverpool

1	Allerton and Hunts Cross	2	Anfield	3	Belle Vale	4	Central	5	Childwall
6	Church	7	Clubmoor	8	County	9	Cressington	10	Croxteth
11	Everton	12	Fazakerley	13	Greenbank	14	Kensington and Fairfield	15	Kirkdale
16	Knotty Ash	17	Mossley Hill	18	Norris Green	19	Old Swan	20	Picton
21	Princes Park	22	Riverside	23	Speke-Garston	24	St Michaels	25	Tuebrook and Stoneycroft
26	Warbreck	27	Wavertree	28	West Derby	29	Woolton	30	Yew Tree

Izvor: [141]

Glavna tvrtka koja vrši prijevoz putnika unutar gradskog ali i metropolitanskog područja grada Liverpoola je tvrtka „ Merseyside Passanger Transport Executive " (osnovana 1.12.1969. godine [143]), a prijevz obavlja putem autobusnih gradskih linija, putem putničkih gradskih i prigradskih vlakova i brodica (engl. „ferries"). [141]

Gradsko područje opslužuju dvije željezničke tvrtke za javni prijevoz a to su : „Network Rail" i „Merseyrail". [141] Network rail je željeznička tvrtkakoja prevozi putnike iz gradskog područja grada Liverpoola prema ostalim prigradskim područjima i služi kao prigradska željeznica (2013.-te godine je ostvarila prihod od 6.2 bilijuna britanskih funti [145]). Merseyrail je javnogradska željeznička tvrtka koja vrši uslugu prijevoza putnika u gradskom i metropolitanskom području grada Liverpoola putem podzemne željeznice (2010.-te godine je ostvarila prihod od 12.5 milijuna britanskih funti). [146]

6.2. Karakteristike podzemne željeznice u gradu Liverpool

Slika 55: Logo oznaka željezničkog prijevoznika na linijama „Northern" i „Wirral" u podzemnoj željeznici u Liverpool
Izvor:[172].Autor:ByMerseyrail-availableoncompanywebsite,PublicDomain,
https://en.wikipedia.org/w/index.php?curid=27396734

Podzemna željeznica u gradu Liverpoolu je podzemna željeznica koja se sastoji od 3 glavne linije (slika 56) koje se dalje međusobno granaju na manje linije koje čine cijelu jednu jedinstvenu liniju a zajedno sve tri linije čine mrežu linija podzemne željeznice u gradskom ali i metropolitanskom području grada Liverpoola. [173]

Tvrtka za javni prijevoz putnika u podzemnoj željeznici u Liverpoolu je „Merseyrail". To je tvrtka koja obavlja prijevoz putnika u gradskom ali i metropolitanskom području grada na dvijema linijama a to su „Northern" i „Wirral" linije na kojima je sveukupno prevezla 34 milijuna putnika u godini dana ili 110 000 putnika dnevno na sveukupno 120.7 km duljine linije pruge. Linije se sastoje od sveukupno 67 stajališta na kojima voze 59 željezničke motorne garniture koje se napajaju putem treće (engl. guidebar) tračnice naponom od 750 V DC. [175] U 2014.-toj godini ostvarila prihod od 51 milijun britanskih funti ili 57 864 677.09 € (2017. godine [174]). Tvrtka je započela prijevoz 2013.-te godine i ima koncesijski ugovor do 2028 god. [173]

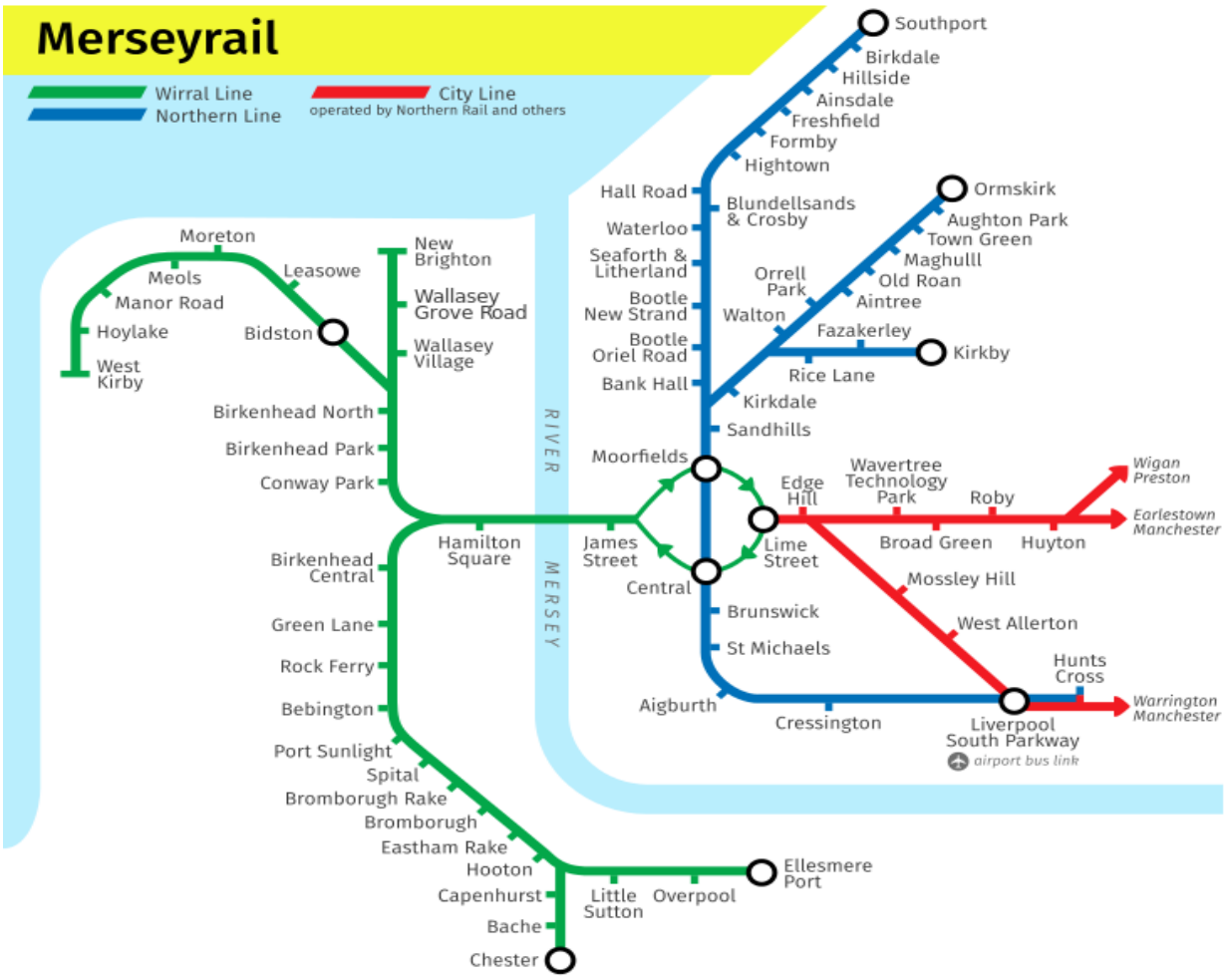
Tvrtka „Network Rail" je vlasnik željezničke infrastrukture podzemne željeznice i cijele željezničke mreže u Engleskoj, Škotskoj i Walesu, te je odgovorna za održavanje i upravljanje

svom opremom i postrojenjima na pruzi u gradu Liverpoolu. Tvrtka je osnovana 2002. godine te je u 2013.-toj godini ostvarila prihod od 6 bilijuna britanskih funti od cjeleukupne mreže infrastrukture. [176]

Tvrtka koja osigurava i obavlja financijsku skrb o linijama je tvrtka „Merseytravel" koja je započela radnju u području Liverpoola 1.12.1969.-te godine. [175]

Linija „City Line" je treća linija u gradu Liverpoolu i ova linija je napravljena na način da integrira vlakove željezničke mreže pruga (prigradskih i međugradskih) i poveže ih sa podzemnom željeznicom na linijama „Northern" i „Wirral". Ova linija je napravljena da vlakovi mogu voziti na dva izvora napajanja a to su putem pantografa sa 25 kV i 50 Hz i preko treće (engl. third rail ili guidebar) tračnice naponom od 750 V DC. [158]

Tvrtka koja obavlja prijevoz putnika na „City Line" gradskoj liniji je „Northern" ili „Arriva Rail North" koja je započela prijevoz 1.4.2016.-te godine je nasljedila dotadašnju tvrtku „Northern Rail" („ od 2004.-te do 2016.-te godine" [163]), („Northern Rail u 2014. je ostvario prihod od 229.5 milijuna britanskih funti" [191]), te osim električnih prijevoz obavlja i putem dizelskih motornih garnitura. [167]



Slika 56: Kartografski prikaz položaja linija podzemne željeznice u gradu Liverpool

Izvor:[176].Autor:ByDavidArthur-Own work, GFDL, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3080329

Linija „Wirral”

Linija „Wirral” je prikazana na slici 56 [146] i označena je zelenom bojom. Sveukupno se grana na 4 manje linije koje čine 4 relacije:

a) West Kirby-Bidston-Hamilton Square-James Street-(Moorfields,Central)-Liverpool Lime street (Ukupno trajanje vožnji vlakova je 34 minute ili 0.56 h [170]) (Prosječna brzina vožnji vlakova na ovoj relaciji je 25.15 km/h) [176]

b) New Brighton-Liverpool Central (Ukupno trajanje vožnji vlakova je 27 minuta ili 0.45 h [170]), (Prosječna brzina vožnji vlakova na ovoj relaciji je 33.52 km/h) [176]

c) Chester-Liverpool Central (Ukupno trajanje vožnji vlakova je 50 minuta ili 0.83 h [170]) (Prosječna brzina vožnji vlakova na ovoj relaciji je 18.10 km/h) [176]
d) Elsmere Port-Liverpool Central [176]

Vozni red na ovoj liniji vrijedi od 19.6.do 9.12.2017 i radno vrijeme je od (05:51-23:50), (od ponedjeljka do subote što iznosi sveukupno da je linija radnim danom u tjednu otvorena 17.59 sati [170], te od (08:01-23:50), (nedjeljom), (što iznosi da je linija nedjeljom otvorena sveukupno 15.49 sati) [170].

Na ovoj liniji voze vlakovi tipa „Class 507" i „Class 508" opslužuju sveukupno 34 stajališta na liniji, frekvencija vlakova je svakih 15 minuta. [157] Posebnost ove linije je petlja (engl. „Loop"), a predstavlja jednokolosiječni tunel duljine 3.2 kilometara i promjera 4.7 m. [157] u kojem se vlakovi kreću u smjeru kazaljke na satu (engl. „Clockwise") [173]

Maksimalna brzina vožnje vlakova u podzemnoj željeznici na liniji „Wirral" je 110 km/h, a sveukupna duljina željezničke linije je 54 km. [157]

Linija „Northern"

Željeznička podzemna linija „Northern" je na slici 56 označena plavom bojom.[146] Linija je sveukupno dugačka 66.7 km i na njoj obavlja prijevoz željeznička prijevoznička tvrtka „Merseyrail" i opslužuje 35 stajališta sa vlakovima tipa „Class 507" i „Class 508".

Linija „Northern" je podjeljena na 3 manje linje koje čine tri relacije kretanja vlakova u podzemnoj željeznici, a to su:

a) Southport-Liverpool South Parkway-Hunts Cross, (Ukupno trajanje vožnji vlakova je 1h i 9 minuta [171]), (Prosječna brzina vožnji vlakova na ovoj relaciji je 21 km/h) [156]
b) Ormskirk-Liverpool South Parkway-Hunts Cross, (Ukupno trajanje vožnji vlakova je 30 minuta [171]), (Prosječna brzina vožnji vlakova na ovoj relaciji je 45 km/h) [156]

c) Kirkby-Liverpool South Parkway-Hunts Cross. [156] Maksimalna brzina vožnje vlakova na ovoj liniji je 97 km/h a vlakovi se napajaju putem treće (engl. guidebar) tračnice sa naponom od 750 V DC (istosmjerna struja). [156]

Vlakovi voze radnim danom preko tijedna od ponedjeljka do subote frekvencijom vožnje od 15 minuta a frekvencijom od 30 minuta nedjeljom. [156]

Sveukupno radno vrijeme linije je prema voznom redu koji vrjedi od („21.5.2016 do 9.12.2017. godine" [171]) je:

a) (05:38-00:02), (Svakim radnim danom od ponedjeljka do subote). [171] (Sveukupno radno vrjeme željezničke linije je 18 h i 24 minute)
b) (07:58-00:02), (Nedjeljom) [171] (Sveukupno radno vrjeme željezničke linije je 16 h i 04 minuta)

Linija je započela sa elektrifikacijom 1904. te je završena elektrifikacija 1983. godine. [156]

Linija „City Line"

Željeznička gradska linija podzemne željeznice u Liverpoolu „City Line" je na slici 56 označena crvenom bojom [146] i predstavlja dio cjeloukupne mreže podzemno željezničkog sustava u gradu Liverpool.

Željeznička linija „City Line" je opremljena za dva sustva izvora napajanja vlakova a to su za sustav napajanja od 750 V DC putem treće (engl. guidebar) tračnice te putem pantografa sa naponom od 25 KV i 50 Hz. [158] [146]

Elektrifikacija linije sustavom od 25 KV 50 Hz je započela 2014.-te godine te je dovršena 2015.-te godine pod inicijativom tvrtke za javni gradski prijevoz „Merseytravel". [158]

Na ovoj liniji voze električni motorni vlakovi tipa „Class 319" koji su u vlasništvu tvrtke za prijevoz u gradskom ali i metropolitanskom području grada na liniji „City Line" tvtka

„Northern” [146] , te osim električnih obavlja se prijevoz putnika i putem diesel motornih garniture tipa „Class 142”, „Class 150” i „Class 156”, ali one ne spadaju u vlakove koji služe za svrhu prevoženja putnika podzemnom željeznicom nego kao vlakovi za laku međugradsku željeznicu. [158] Na liniji osim tvrtke „Northern” dio prijevoza putnika obavljaju i željezničke tvrtke „London Midland” i „Virgin West Coast” („Virgin Trains” [177.]). [146] [158]

Linija „City Line” se sastoji od dvije manje linije koje povezuju urbano područje grada Liverpoola sa ostalim metropolitanskim i prigradskim dijelovima i gradovima, stoga se linija dijeli na:

a) Liverpool Lime Street- Edge Hill - Liverpool South park, (frekvencija vožnji vlakova na ovoj dionici linije je svakih 14 minuta), [169] (Vlakovi voze na ovoj dionici prosječnom brzinom od 44.36 km/h)

b) Liverpool Lime Street- Edge Hill- Huyton, (frekvencija vožnji vlakova na ovoj dionici linije je svakih 15 minuta), [168] (Prosječna brzina vožnji vlakova na ovoj dionici je 41.4 km/h)

Linija „City line” se sastoji od sljedečih stajališta: Liverpool Lime street, Edge Hill, Wavertree Technology Park, Broad Green, Roby, Huyton. [168] Drugi dio dionice linije sastoji se od sljedećih stajališta: Liverpool Lime street, Edge Hill, Mossley Hill, West Allerton, West Allerton. [169]



a) b) c)

Slika 57 označena s a): Željeznička električna motorna garnitura tipa „Class 507”

Izvor:[178.]. Autor:ByPeterSkuce-Ownwork,CCBY-SA4.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=56442899

Slika 58 označena s b): Željeznička električna motorna garnitura tipa „Class 508”

Izvor:[179.].Autor:ByPhilRichardsfromLondon,UK-19.04.11HallRoad508.115,CCBY-SA2.0,
https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=26696865
Slika 59 označena s c): Željeznička električna motorna garnitura tipa ,,Class 319"
Izvor:[180]. Autor: By El Pollock, CC BY-SA 2.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=40784076

Vlak tipa ,,Class 507"

Željeznička motorna garnitura tipa ,,Class 507" (slika 57 označena s a) je električna motorna jedinica (engl. EMU ,,Electric multiple unit") koja se sastoji od sveukupno tri motorne prikolice sa sveukupno po 4 vučna motora ukupne snage od 82.125 kW po prikolici a napona 600 do 700 V DC (istosmjene struje). Željezničke motorne prikolice imaju dva vrata sa svake stane dok vučne motorne prikolice po triju vratiju za ulaz/izlaz sa svake strane. Sveukupno je u upotrebi 32 vlaka na linijama ,,Northern" i ,,Wirral", koje su proizvedene između 1978 i 1980.-te godine. Visina poda iznosi 1.146 m što odgovara visini platform ili perona na stajalištima. Ukupna masa vlaka je 104.5 tona, a maksimalna brzina kojom vozi vlak je 121 km/h.[147]

Vlak tipa ,,Class 508"

Vlak tipa ,,Class 508" je električna željeznička motorna garnitura koja se sastoji od 3 motorne prikolice kapaciteta 192 do 219 putničkih sjedala. Duljina vlaka se kreće od 60.83 metara do 80.72 metara Klasa 508 se dijeli na 3 vrste, ,,Klasa 508/1", ,,Klasa 508/2" i ,,Klasa 508/3". Na linijama ,,Northern" i ,,Wirral" su u uporabi 27 garnitura vlaka tipa ,,Class 508/1" i jedan vlak tipa ,,Class 508/2". Vlakovi se napajaju putem treće tračnice (engl. guidebar) naponom od 750 do 850 V DC (istosmjerne struje). Cjeloukupna željenička motorna garnitura ima konstantnu snagu od 656 kW koju omogućavaju 8 električna motora svaki po 82.125 kW. Ukupna masa vlaka iznosi 104.5 tona a vlak postiže brzinu od 121 km/h a dužina vlaka se kreće od 60.83 metara do 80.72 metara (,,19.8 metara duljine željeznička motorna prikolica "[151]). Vlak posjeduje kao i Klasa 507 tri vrata sa svake strane na vučnim motornim prikolicama a na srednjoj po dva vrata sa svake strane vlaka. [151]

Vlak tipa ,,Class 319"

Željezničke motorne garniture tipa ,,Class 319" su električne motorne garniture koje se sastoje od 4 prikolice i napravljene su za dvostruki izvor napajanja i to preko treće tračnice

naponom od 750 V DC i putem pantografa naponom od 25 kV 50 Hz . Na dan „17.5.2015. godine" je odlučeno da se ukloni oprema sa vlakova za izvor napajanja putem treće tračnice naponom od 750 V DC. Ova vrsta vlakova se koristi isključivo na „City Line" liniji u gradu Liverpoolu. Ukupna duljina jedne motorne prikolice iznosi 19.83 do 19.92 metara, te maksimalna brzina vlaka je 161 km/h. Ukupna masa vlaka iznosi 140.3 tona, a svaka motorna prikolica posjeduje po 4 vučna motora snage 247.5 kW. Ukupno postoje 4 tipa vlaka vrste Klase 319 redom od Klase 319/1 do Klase 319/4. Vlakovi su napravljeni u period od 1987 do 1990.-te godine a na liniji „City Line" u vlasništvu posjeduje i obavlja prijevoz željeznička tvrtka „Northern" sa sveukupno 20 vlakova ovog tipa („Sa 319/3 i 319/4 sveukupno 22 vlaka" [167]). [152]

Detaljan prikaz tehničkih podataka podzemne željeznice u Liverpoolu u Engleskoj se nalazi u tablici 8.

Tablica 8: Tablični prikaz tehničkih podataka podzemne željeznice u gradu Liverpool

	Podzemna željeznica u gradu Liverpool
Tehnički podatci podzemne željeznice:	
Broj željezničkih linija:	3 [146]
Broj motornih garnitura:	59 (Northern i Wirral linije [146]), 22 (City linija) [167]
Duljina motornih garnitura:	19.8 (m) [147]
Širina motornih garnitura:	2.82 (m) [147]
Broj i snaga vučnih motora:	Klasa 507 (4 po 82.5 kW) [147]), Klasa 508 (8 po 82.125 kW [151]), Klasa 319 (4 po 247.5 kW [152])
Kapacitet motorne garniture:	Klasa 507 i Klasa 508 (192 putnička mjesta [147] [151]), Klasa 319 (319 putničkih mjesta [152])
Duljina mreže pruga:	(Northern i Wirral (120.7 (km) [146]), (City linija (20.7 (km) [165])
Visina motornih garnitura:	3.582 (m) [147]
Napon napajanja:	Klasa 507 (600/750 V) [147]), Klasa 508 (750/800 V) [151], Klasa 319 (25 kV/50 Hz i750 V) [152]
Vrsta napajanja vlakova:	Klasa 507 i Klasa 508 (treća tračnica [147] [151]), Klasa 319 (pantograf i treća tračnica) [152]
Maksimalna brzina vlakova:	Klasa 507 i Klasa 508 (121 km/h [147] [151]), Klasa 319 (161 km/h [152])
Prosječna brzina putovanja vlakova:	(Northern linija (37 (km/h) [171]), (Wirral linija (34 (km/h) [170]), (City linija (45 (km/h) [169])
Vrsta kotača:	Klasični čelični
Razmak između tračnica:	1435 (mm)
Datum puštanja u pogon:	(1.2.1886. god. (Mersey Railway) [155]), (1.12.1969. god.) (Merseytravel) [143], (20.7.2003. god.) (Merseyrail) [146]
Vremenski razmak između vlakova:	5-15 minuta (Northern i Wirral linija), [146] (City linija) (30 minuta)) [146]

Broj prevezenih putnika u godini dana:	34 milijuna putnika godišnje [146]
Dnevni broj prevezenih putnika:	110 000 putnika dnevno [146] (Merseyrail 2017. godine [162]), (263 000 putnika dnevno (2013. g.), Northern rail [163])
Ukupni broj stajališta:	67 [146]
Broj stajališta nad zemljom:	63 [159]
Broj željezničkih stajališta pod zemljom:	4 [159]
Broj vlakova dnevno:	(800 vlakova dnevno), (Merseyrail), [159] (6 vlakova u sat vremena (Northern Rail) [165]), (114 vlakova dnevno [166])
Ostvareni prihodi u godini dana:	Merseyrail (57 590 778.3 € u 2014.-toj godini [164] [193]), Northern Rail (259 746 626.01 € (2014.) [191] [192])
Cijena jedne prijevozne karte:	Dnevna karta: (3.80 -5.10 funti) [160] (mjesečna karta: 62.80 funti, pametna kartica Walrus) [161]

Izvor: [146] [147] [151] [152] [159] [163] [165] [166] [167] [169] [191] [192] [193]

7. Usporedba tehničkih karakterisitka podzemnih željeznica

Tablica 9: Usporedba Tehničkih podataka podzemnih željeznica u Hamburg, Rennes, Lausanne i Liverpool

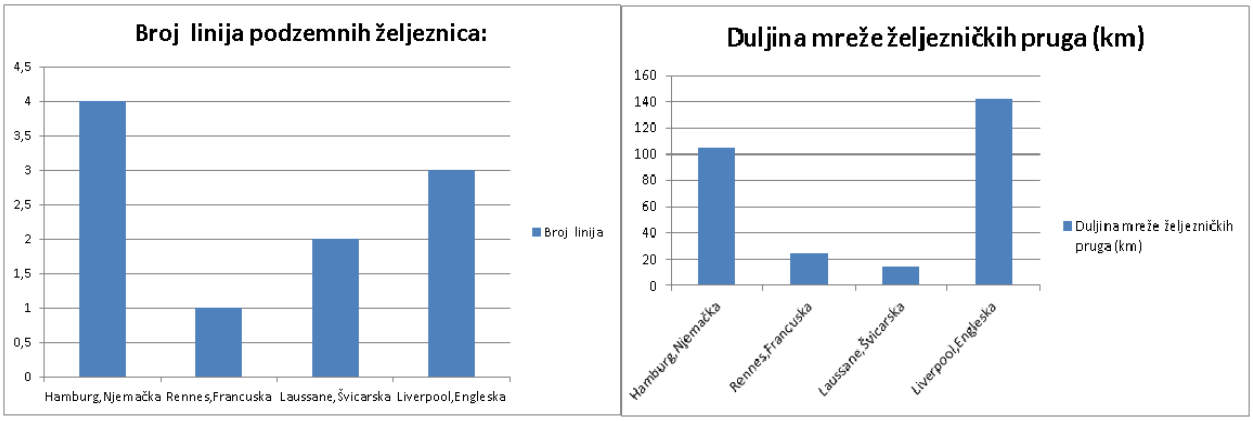
	Hamburg	Rennes	Laussane	Liverpool
Tehnički podatci podzemne željeznice:				
Broj linija:	4 [32]	1 (2 (2019.)) [70]	2 [104]	3 [146]
Broj motornih garnitura:	245 [32]	30 (A) [70]	37 [117]	59 [146], 22 [167]
Duljina motornih garnitura:	60.28 (m) [33]	26 (m.) [72]	31 (m) [104]	19.8 (m) [147]
Širina motornih garnitura:	2.58 (m) [33]	208 (cm) [72]	2.450 (mm) [104]	2.82 (m) [147]
Broj i snaga vučnih motora:	DT3 (8 x 80 kW [153]), DT4 (8 x125 kW) [154], DT5 (6 x 135 kW) [150]	8 x 65 kW (520 kW) [73]	4 x 94 kW (376 kW) (M1) [106],4 x 78.5 kW (314 KW) (M2) [116]	K..507 (4 x 82.5 kW) [147]), K.508 (8 x 82.125 kW [151]), K. 319 (4 x 247.5 kW [152])
Kapacitet motorne garniture:	233 (4x 550 st. i 382 sj.) [33]	(78x1.) [73] (158-170) [72]	312 (M1) [106], 406 (M2) [104]	K..507 i Klasa 508 (192 [147] [151]), K.319 (319 [152])
Duljina mreže pruga:	104.7 (km) [32]	9.4 km (linija A) [70] 14.1 km (linija B) [114]	13.7 km (M1 duljine 7.8 km i M2 duljine 5.9 km) [104]	(N.i W (120.7 km) [146] i C. (20.7 (km)) [165])
Visina motornih garnitura:	3.32 (m) [33]	3.27 (m) [72]	3.470 (mm) [104]	3.582 (m) [147]
Napon napajanja:	750 (V) [32]	750 (V) [73]	750 (V) [104] [115]	K. 507 (600/750 V) [147]), K. 508 (750/800 V) [151], K. 319 (25 kV/50 Hz i750 V) [152]
Vrsta napajanja vlakova:	treća tračnica [32]	Vodeća tračnica (engl. guidebar) [76]	Pantograf (M1) [104], treća tračnica (M2) [115]	K. 507 i K. 508 (treća tračnica [147] [151]), K.319 (Pantograf i treća tračnica) [152]
Maks. brzina vlakova:	80 (km/h) [32]	80 (km/h) [70]	70 (km/h) (M1), [106] 60 (km/h) (M2) [107]	K.507 i K. 508 (121 km/h [147] [151]), K. 319 (161 km/h [152])
Prosječna brzina putovanja vlakova:	32 km/h [33]	32 km/h [70]	25 km/h (M1) [106] 18 km/h (M2) [107]	(N. linija (37 km/h) [171] (W. linija (34 km/h)) [170] (C. linija (45 km/h) [169])
Vrsta kotača:	Standardni [50]	Gumeni kotači [70]	Standardni (M1), gumeni (M2) [115]	Klasični čelični
Razmak između tračnica:	1435 (mm) [32]	1435 (mm) [69]	1435 (mm) [104] [115]	1435 (mm)
Datum otvorenja:	15.2.1912. [32]	15.3.2002. [70]	24.6.1991 (M1) i 27.10.2008. (M2) [104]	(1.2.1886. MR [155]) (1.12.1969. MT [143]),

				(20.7.2003. MR [146])
Vremenski razmak između vlakova:	5 (m) (3 (m)) [32]	2-3 (min) [70] (60-90 (sek) [72])	(5-10) (M1) [106] (3-6) (M2) [104]	5-15 (m) (N. i W. linija) [146] (C. linija 30 (m)) [146]
Broj prevezenih putnika u godini dana:	218 (mil.) [32]	32.82 (mil.) [72]	42.049 (mil.) (2016.) (M1 i M2) [117]	34 (mil.) [146]
Dnevni broj prevezenih putnika:	597 260 [32]	140 000 (2014.) [70]	120.115 tis. (2013.) (M1 i M2) [104]	110 000 [146] (MR 2017 [162]), (263 000 (2013) NR [163])
Ukupni broj stajališta:	91 [32]	15 (A) [70]	28 [104]	67 [146]
Broj stajališta nad zemljom:	45 [195]	2 [70]	12 (M1) [104], 5 (M2) [104]	63 [159]
Broj stajališta pod zemljom:	46 [195]	13 [70]	3 (M2) [104], 9 (M2) [104]	4 [159]
Broj vlakova dnevno:	641 x 4 [32] (160 x 1) [32]	824 (41 vlak u 1 (h)) (140 000ppd/170p) [70]	168 (M1 i M2)	(800 (MR) [159]), (6 x1h.(NR) [165]), (114 [166])
Ostvareni prihodi u godini dana:	424.3 mil. € [30] (HH AG)	(K) 110 743 400 € (2015.) [74], (S) 77 mil.d. (2014.) [75] (B 120 mil. d) [75]	TL (TSOL) (L-O SA) (78 048 231.75 € [112] [189]), (72 574 067.00 € (M1 i M2) [188]) [104]	MR (57 590 778.3 € (2014.) [164] [193]), MT ("259 746 626.01 € (2014.) [191] [192])
Cijena prijevozne karte:	Od 3.20 € do 8.70 € [51]	1.50 € (1 h) (4-17 €.) (1-7 d.) (c.pss.) [75]	3-3.70 CHF (2.8-3.4 €) (M1) [106] (chf/ €. [111])	dnev. (3.80 -5.10 funti [160]), (mj. 62.80 funti (Walrus)) [161]

Izvor: [30] [32] [33] [50] [51] [69] [70] [72] [73] [74] [75] [76] [104] [106] [107] [111] [112] [115] [117] [146] [147] [151] [152] [159] [163] [165] [166] [167] [169] [188] [191] [192] [193]

Podzemne željeznice u gradovima Hamburgu i Liverpoolu spadaju u veća metropolitanska područja te posjeduju veću infrastrukturu i veći broj vlakova u podzemnoj željeznici nego gradovi Rennes i Lausanne (tablica 9). U gradovima Rennes i Lausanne podzemna željeznica ima značajnu ulogu pri doprinosu smanjenja buke i ekonomskoj učinkovitosti sa primjenom tehnologije vožnje vlakova na gumenim kotačima dok u većim gradovima koji predstavljaju centar šireg metropolitanskog područja opsluživanja putnika podzemna željeznica značajno predstavlja oblik željezničkog prometnog sustava koji u većem broju karakteristika omogućava povezanost sa prigradskim željezničkim sustavom, npr.širina kotača kod svih podzemnih željeznica u sva četiri navedena grada je 1435 mm, a vrsta kotača je standardni čelični osim u gradu Rennes gdje je su gumeni kotači. [50] [70] [115]

Na liniijama „M1” u gradu Lausanne-u i “City Line” u gradu Liverpool koriste sustav napajanja putem pantografa što uvelike daje sustavu podzemne željeznice veću mogućnost povezivanja sa prigradskom i međugradskom željeznicom unatoč njegovoj funkciji vozila podzemnog željezničkog metropolitanskog sustava. S tehničkog pogleda broj željezničkih motornih garnitura značajno odgovara broju prevezenih putnika u godini dana. Sa ekonomskog stajališta broj stanovnika značajno utječe na visinu dohotka željezničke prijevozničke tvrtke odnosno samog željezničkog podzemnog gradskog, ali i metropolitanskog sustava u gradovima.



a) b)

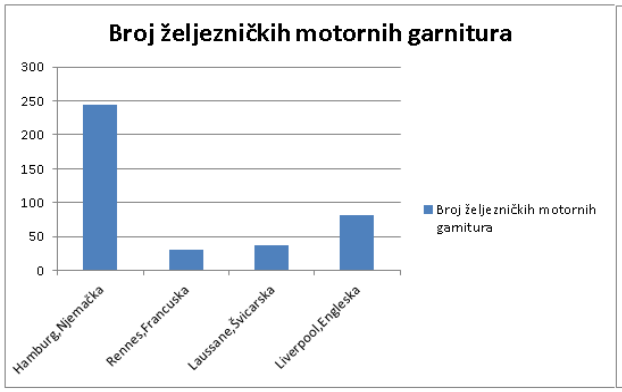
Slika 60 označena s a): Slikoviti prikaz tabličnih podataka broja linija u gradovima Hamburg, Rennes, Lausanne i Liverpool

Izvor: [32] [70] [104] [146]. Autor: Dalibor Lesi.

Slika 61 označena s b): Slikoviti prikaz tabličnih podataka o duljinama mreže pruga u gradovima Hamburg, Rennes, Lausanne i Liverpool

Izvor: [32] [70] [104] [114] [146] [165] Autor: Dalibor Lesi.

Na slici „60 označena s a)“ vidi se odnos broja željezničkih linija koje posjeduju pojedini gradovi i koje su u uporabi te desno na slici „61 označena s b)“ se vidi usporedba duljina mreže podzemnih željeznica u pojedinim gradovima. Ukratko se može vidjeti i usporediti odnos broja linija sa odnosom duljine kilometara željezničkih podzemnih linija.



c)



d)

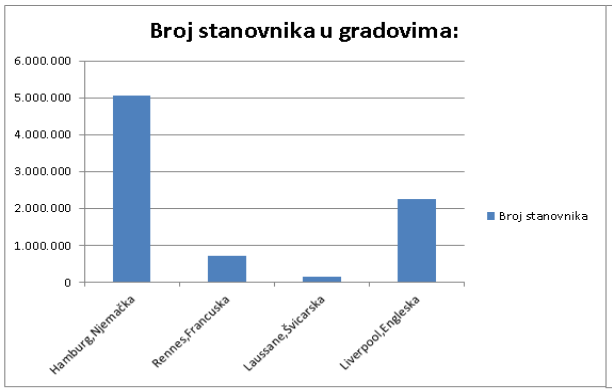
Slika 62 označena s c): Slikoviti prikaz tabličnih podataka o broju garnitura u gradovima Hamburgu,Rennes-u,Lausanne-u i Liverpoolu.

Izvor: [32][70][117][146][167]. Autor: Dalibor Lesi

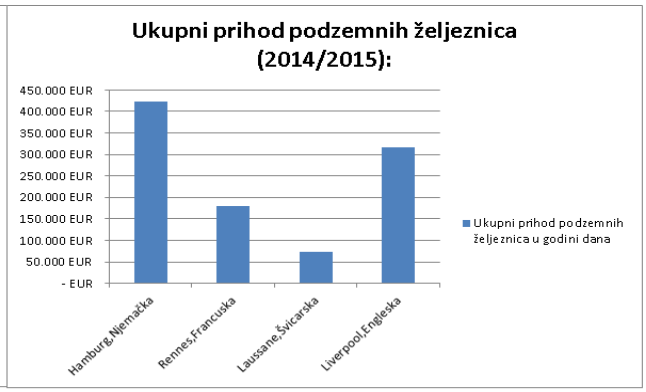
Slika 63 označena s d): Slikoviti prikaz tabličnih podataka o broju prevezenih putnika u gradovima Hamburgu,Rennes-u,Lausanne-u i Liverpoolu.

Izvor: [32][72][117][146] Autor: Dalibor Lesi

Na slici „62 označena s c)“ vidi se odnos broja željezničkih motornih garnitura (EMU-s) koje posjeduju pojedini željeznički operateri u pojedinim gradovima, desno na slici „63 označena s d)“ se vidi usporedba ukupnog godišnjeg broja prevezenih putnika koje su ostvarile pojedine podzemne željeznice u pojedinim gradovima. Ukratko se može vidjeti i usporediti odnos broja željezničkih motornih garnitura i broja prevezenih putnika.



e)



f)

Slika 64 označena s e): Slikoviti prikaz tabličnih podataka o broju stanovnika u gradovima Hamburg, Rennes, Lausanne i Liverpool

Izvor: [19] [181] [74] [142]. Autor: Dalibor Lesi

Slika 65 označena s f): Slikoviti prikaz tabličnih podataka o ukupnim prihodima podzemnih željeznica u gradovima Hamburg, Rennes, Lausanne i Liverpool

Izvor: [35] [74] [75] [104] [112] [164] [188] [191] [192] [193]. Autor: Dalibor Lesi

Na slici „64 označena s e)“ vidi se odnos broja stanovnika u pojedinim gradovima dok desno na slici „65 označena s f)“ se vidi usporedba ukupnih ostvarenih prihoda od ukupno preveženih putnika u godini dana u podzemnim željeznicama za svaki grad. Ukratko se može vidjeti i usporediti odnos broja stanovnika sa ukupnim ostvarenim prihodom u godini dana.

Tablica 10: Tablični prikaz usporedbe ekonomskih podataka podzemnih željeznica.

	Hamburg	Rennes	Laussane	Liverpool
Broj stanovnika u gradu:	5 046 172 (2015.) [19.]	710 481 (2014.)[181.]	135 629 (2015.) [74.]	2 241 000 (2015.) [142.]
Ukupni BDP:	109 bil. € (2015) [27.]	21 825 796.80 € (2012.) [183.][194.]	18 363 101.81 € (2016.)[186.]	58 176 296 956.80 € [141.][190.]
Ukupni Prihod (Metro):	424.3 mil. € [35.]	178 653 800.51 € (2014/15) [74.][75.]	72 574 067.00 € [188.]	317 337 404.31 € (2014.)[164.][191.]

Izvor:[19.][27.][35.][181.][183.][183.][194.][74.][75.][186.][188.][142.][141.][190.][164.][191.]

U tablici 10. se vidi popis točnijih iznosa podataka prihoda te broj stanovnika u pojedinim gradovima odnosno gradskih metropolitanskih područja gradova te njihova usporedba sa ukupnim BDP-om pojedinih gradova ostvarenim u godini dana.

8. Podzemna željeznica u Zagrebu

Podzemna željeznica u Zagrebu do danas se razmatra i traži rješenje za njezinu izgradnju i korištenje kao glavnog prometnog gradskog sustava. Još od 1973. godine postoje stručni radovi odnosno studija o podzemnoj željeznici u gradu Zagrebu. [197]

Godine 2001. kada je rađena zadnja studija o podzemnoj željeznici u gradu Zagrebu su izloženi prijedlozi odnosno rješenja i podatci o konstrukciji i kvaliteti odnosno vrsti tla i stanju prometne infrastrukture grada Zagreba. [197]

U 2001. godini Zagreb broji „ 930 000" stanovnika „bez metropolitanskog područja grada Zagreba" [197] i veći broj osobnih automobile sveukupno oko 200 tisuća automobila u gradu što čini („240 automobila na 1000 stanovnika." [197]), što predstavlja jedan od čimbenika stanja u gradu što se tiče načina prijevoza građana. [197]

U gradu je nedostatak to što unatoć povećanom broju automobila „ ima manjak parkirališnih mjesta a povećan protok gradskog prometa automobilima je upravo kroz sam centar grada. U 2001. godini nije bilo biciklističkih staza a i sam promet biciklima je nesiguran upravo zbog djeljenja infrastrukture sa ostalim granama gradskog prometa. Osim toga veliki utjecaj zagađenja zraka ispušnim plinovima, prometna buka u gradu i veliki broj prometnih nesreća." [197]

Prijedlog rješenja za izgradnju podzemne željeznice u gradu Zagrebu je rješenje koje uključuje podzemnu željeznicu u kombinaciji sa dijelom iznad zemlje. Prva linija tog prometnog rješenja prolazi od sjevera grada prema jugu odnosno Donjeg grada i Novog Zagreba te nastavak linije do zračne luke. Dio dionice preko mosta na savi je planiran kao dio iznad površine zemlje preko novoizgrađenog mosta i daljni podzemni nastavak linije. Jedan dio dionice bi išao od Draškoviće ulice do trga Hrvatskih velikana koje bi bilo ujdno i čvorište. [197]

Linija koja bi bila kružnog oblika bi išla od Trga žrtava fašizma preko glavnog trga prema Trešnjevci i Jarunu te se vraća reko Dubrovačke avenije u Novom Zagrebu do „TE-TO (Elektrana)" sve do čvorišta na Trgu hrvatskih velikana. Jedan dio linije bi povezivao istočni dio grada sa Zapadnim dijelom grada odnosno prigradskih naselja na tom pravcu. Četvrta dionica

linije bi predstavljala produžetak odnosno nastavak ogranaka linija prema gradskim naseljima. [197]

Pregled podzemne strukture tla pokazuje da je tlo ispod Medvednice sastavljeno od pijeska,šljunka i šljukovite gline, dok u donjem dijelu grada je područje korita rijeke Save i nizina grada Zagreba. U donjem dijelu grada: (,,Vodno lice nalazi se na oko 2-3 metara ispod površine a na dubini od 8-12 metara nalaze se slojevi gline" [197]). Prema tome rješenje bi bilo: „ spustiti uzdužnu os linije na 15-20 metara ispod površine u sloj gline" [197]). Ovakav način granje ima 4 prednosti a to su:

a) ,,Istovjetne naslage jedne geološke formacije"
b) ,,silazno-uzlazna linija"
c) ,,omogućena tkzv. top down metoda"
d) ,,manja propusnost vode kroz slojeve gline" [197]

Ukupni BDP u period od 2001. do 2003. godine u Zagrebu je iznosio ,,51 284 milijuna kn." [199] U 2011.-toj godini je obavljen popis stanovništva i u 2011.-toj godini grad Zagreb je brojio sveukupno,, 792 875 stanovnika " [198], a BDP u 2011.-toj godini je ,,108 791 milijuna kuna " [200]

U 2014.-toj godini ukupni BDP grada Zagreba je porastao te on iznosi: ,,109 098 milijuna kuna." [201] ,,U gradu Zagrebu javni gradski prijevoz obavlja tvrtka „ZET" (Zagrebački električni tramvaj) koji na infrastrukturi od 117 km (od toga 19 tramvajskih i 134 autobusnih linija) ima oko 255 stajališta prevozi oko 500 000 putnika dnevo te posjeduje u 2010.-toj godini 240 tramvaja (,,5.2010." [202]) i 300 autobusa)" [202]

9. Zaključak

Podzemne željeznice u europskim gradovima: Hamburg, Rennes, Lausanne i Liverpool predstavljaju značajan oblik prometnog dijela povezanosti gradskog središta sa metropolitanskim područjem okolo gradova.

Podzemna željeznica u gradu Hamburgu čini značajan oblik javnog prijevoza koji sa svojih 4 linije podzemne željeznice i preko 100 km mreže pruga zajedno sa ostalim granama javnog gradskog prometa značajno osigurava veliku prometnu povezanost i integraciju. Velika povezanost time osigurala je i veliki broj korisnika koji su pokazali zadovoljsto sa uslugom koje se uočava kroz iznos prihoda od 423.4 milijuna eura godišnje. Hamburg je višemilijunski grad te sama podzemna željeznica povezuje značajno velika urbana područja u cjelinu. Nedostatak ove podzemne željeznice je u tome što su vlakovi DT3 i DT4 zastarjele tehnologije, te bi se trebali svi zamijeniti sa vlakovima novije izvedbe DT5, osim toga bilo bi potrebno ugraditi noviji automatski sustav vožnje vlakova koji bi smanjio vremenski razmak odnosno frekvenciju između vlakova te bi garniture mogle biti puno kraće manje od 60 metara što bi povećalo sigurnost putnika i smanjilo opterećenje po osovinskom metru na pruzi. [27]. [30]. [32]. [33]

Podzemna željeznica u gradu Rennes je značajno napredni podzemni željeznički sustav koji u malom gradu od 700 000 stanovnika prevozi 140 000 putnika dnevno na samo jednoj liniji, te zbog ugrađenog VAL sustava na gumenim kotačima osigrava manju frekvenciju vlakova i sveukupno ostvaruje znatno veliki godišnji prihod i to preko 100 milijuna eura. Ova podzemna željeznica koja ima značajno novije motorne garniture kraćih kompozicija osigurava vožnju do 824 vlaka dnevno. Jedini nedostatak ove podzemne željeznice je što trenutno ima samo jednu liniju (druga je u procesu izgradnje), te što je samo 9.4 km duljine i posjeduje samo 15 stajališta (druga linija također ima u planu samo 15 stajališta ali duljina mreže je duža za 5 km). [66] [70] [72] [74] [114] [181]

Podzemna željeznica u gradu Lausanne je značajna po tome što u jako malome gradu od 161 tisuća stanovnika posjeduje dvije linije podzemne željeznice i u planu je za izgradnju i treća „M3“ linija. Dvije linije su kratke oko 8 km M1 i 6 km M2 ali zajedno posjeduju ukupno 28 stajališta te ostvaruju prihod preko 72 milijuna eura godišnje.Osim toga postoji i linija koja

povezuje grad Lausanne sa ostalim gradovima šireg metropolitanskog područja. Velika prednost ove podzemne željeznice je u tome što omogućuje vožnju oko 168 vlakova dnevno i prevozi preko 120 tisuća putnika. Nedostatak ove podzemne željeznice je u tome što na liniji M1 vlakovi voze sa standardnom tehnologijom na čeličnim kotačima i time stvaraju dodatne troškove energije, stvaraju veću buku te su nepogodni za održavanje, drugi nedostatak je u tome što su samo tri stajališta pod zemljom a 12 nad zemljom na liniji M1, osim toga potrebno je uvesti VAL tehnologiju na liniji M1 kao što je na liniji M2 time bi se frekvencija vlakova značajno smanjila i omogućio bi se veći prihod podzemne željeznice. [27] [104] [106] [117] [121] [188] [115] [207].

Podzemna željeznica u gradu Liverpool posjeduje značajno dugačku podzemnu željeznicu i to preko 140 km. sastoji se od tri linije od kojih dvije Northern i Wirral čine jedinstven sustav sa tehnologijom napajanja od 750 V DC dok treća linija City linija ima dvostruki sustav napajanja od 25 kv 50 Hz i time omogućuje veću povezanost centralne jezgre grada sa daljnjim metropolitanskim područjem i omogućava da svi prigradski i međugradski vlakovi budu dio gradske podzemne željeznice. Podzemna željeznica je ostvarila preko 259 milijuna eura u 2014.-toj godini u metropolitanskom gradu koji broji samo 2 milijuna stanovnika. Nedostatak ove podzemne željeznice je u tome što nema instaliran novi moderniji sustav upravljanja motornim garniturama i u tome što veliki broj stajališta u gradskom području je nad zemljom i to 63 od 67 stajališta. Cijene prijevoznih karata su značajno skupe i to od 3.8 do 5.10 britanskih funti po dnevnoj karti što potvrđuje pokazatelj to da je podzemna željeznica u godini dana prevezla samo 34 milijuna putnika. [141] [146] [147] [151] [152] [159] [160] [191][192]

Konačno se može dati zaključak da neovisno o veličini grada podzemno željeznički sustav može biti značajno razvijen ovisno o kvaliteti usluge i prijevoznoj cijeni. Podzemna željeznica kao sustav ne obuhvaća samo gradsko područje nego je to veći sustav koji povezuje veće metropolitansko područje grada. Noviji razvoj tehnologije poboljšava kvalitetu podzemne željeznice i time smanjuje troškve održavanja.

10.Popis Literature

Knjige:

[1] Vukan R. Vuchic: Urban Transit: Operations, Planing and economics, University of Pennsylvania, John Wiley and sons, inc., 2005

[4] Zavada, Josip: Vozila za javni gradski prijevoz, Fakultet prometnih znanosti, 2006.godine, Zagreb

[33] Walter J. Hinkel, Karl.T, Gerhard V., Helmut L.: U-bahnen gestern-heute-morgen von 1863 bis 2010, Shmid Verlag, Wien, 2004

Stručni Rad:

[197] Mr.sc.Davorin Kolić dipl.ing.građ.Vjekoslav Kolić ing.građ: Prihvatljivost podzemne željeznice u Zagrebu, 9.4.2001, Zagreb, (http://hrcak.srce.hr/file/18609 (pristupljeno srpanj 2017.))

Priopćenja:

[199] Republika Hrvatska, Grad Zagreb, Gradski Zavod za prostorno uređenje, odjel za statistiku, Priopćenje: Bruto domaći proizvod za grad Zagreb, Zagreb, 22.12.2006. (http://www.zagreb.hr/bruto-domaci-proizvod/1036 (pristupljeno srpanj 2017.))

[200] Republika Hrvatska, Grad Zagreb, Gradski Zavod za prostorno uređenje, odjel za statistiku, Priopćenje: Bruto domaći proizvod za grad Zagreb i Republiku Hrvatsku, Zagreb, 25.02.2014. (http://www.zagreb.hr/bruto-domaci-proizvod/1036 (pristupljeno srpanj 2017.))

[201] Republika Hrvatska, Grad Zagreb, Gradski Zavod za prostorno uređenje, odjel za statistiku, Priopćenje: Bruto domaći proizvod za grad Zagreb i republiku Hrvatsku, Zagreb, 22.02.2017. (http://www.zagreb.hr/bruto-domaci-proizvod/1036 (pristupljeno srpanj 2017.))

Slike:

[6] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6b/Circle-system.png

[7] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a4/Circle-radial-system.png

[8] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/76/Secant-system.png
[10] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8f/Intermeshed-system.png
[11] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6d/X-system.png
[12] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/73/Diameter-lin e.png
[13] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bb/Air-bladder-system.png
[14] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/de/Cross-system.png
[28]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/74/Flag_of_Hamburg.svg/600px-Flag_of_Hamburg.svg.png
[29]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/5f/Hamburg_Subdivisions.svg/800px-Hamburg_Subdivisions.svg.png
[34]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/a3/U-Bahn.svg/500px-U-Bahn.svg.png
[37]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e6/Hamburger_Hochbahn_-_Linienplan_%28mit_Tunnels%29.png/800px-Hamburger_Hochbahn_-_Linienplan_%28mit_Tunnels%29.png
[38]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e7/U-Bahnhof_Joachim-M%C3%A4hl-Stra%C3%9Fe_5.jpg/800px-U-Bahnhof_Joachim-M%C3%A4hl-Stra%C3%9Fe_5.jpg
[39]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/dd/UBahnhof_Niendorf_Markt_2.jpg/800px-U-Bahnhof_Niendorf_Markt_2.jpg
[40]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/04/UBahnhof_Hagendeel_4.jpg/800px-U-Bahnhof_Hagendeel_4.jpg
[41]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/04/UBahnhof_Hagendeel_4.jpg/800px-U-Bahnhof_Hagendeel_4.jpg
[42]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/be/UBahnhof_G%C3%A4nsemarkt_1.jpg/800px-U-Bahnhof_G%C3%A4nsemarkt_1.jpg
[43]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f8/UBahnhof_Jungfernstieg_1.jpg/800px-U-Bahnhof_Jungfernstieg_1.jpg
[44]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3d/U-Bahnhof_Uhlandstra%C3%9Fe_5.jpg/800px-U-Bahnhof_Uhlandstra%C3%9Fe_5.jpg
[45]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/70/Hamburg_-_U-Bahnhof_Mundsburg_Bahnsteig.jpg/800px-Hamburg_-_U-Bahnhof_Mundsburg_Bahnsteig.jpg

[46]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8f/U-Bahnhof_Ritterstra%C3%9Fe_1.jpg/800px-U-Bahnhof_Ritterstra%C3%9Fe_1.jpg
[47]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/ec/U-Bahnhof_Wartenau_1.jpg/800px-U-Bahnhof_Wartenau_1.jpg
[48]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/28/U-Bahnhof_Stephansplatz_2.jpg/800px-U-Bahnhof_Stephansplatz_2.jpg
[49]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/ca/DT3_U-Bahn_Hamburg_U3_Baumwall_-_3623-3f4.jpg/800px-DT3_U-Bahn_Hamburg_U3_Baumwall_-_3623-3f4.jpg
[53]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b4/HHA_DT3_-_804-III.JPG/800px-HHA_DT3_-_804-III.JPG
[54]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/45/U-Bahnhof_Burgstra%C3%9Fe_5.jpg/800px-U-Bahnhof_Burgstra%C3%9Fe_5.jpg
[55]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/2b/HHA_DT5_-_306-III.JPG/800px-HHA_DT5_-_306-III.JPG
[63]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/42/Drapeau_Rennes.svg/800px-Drapeau_Rennes.svg.png
[67]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/a6/Plan_quartiers_Rennes.svg/477px-Plan_quartiers_Rennes.svg.png
[71]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/df/Logo_Metro_Rennes.svg/200px-Logo_Metro_Rennes.svg.png
[77]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/90/Lignes_de_m%C3%A9tro_de_Rennes.svg/800px-Lignes_de_m%C3%A9tro_de_Rennes.svg.png
[78]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/ed/Ligne_A_du_m%C3%A9tro_de_Rennes.svg/800px-Ligne_A_du_m%C3%A9tro_de_Rennes.svg.png
[79]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/87/Tunnelier_2.jpg/800px-Tunnelier_2.jpg
[80]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/7c/Ligne_B_du_m%C3%A9tro_de_Rennes.svg/800px-Ligne_B_du_m%C3%A9tro_de_Rennes.svg.png
[82]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/0a/VAL206_Ligne_A_Toulouse.JPG/800px-VAL206_Ligne_A_Toulous e.JPG

[83]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/ce/Rame_VAL208_P1040082.JPG/800px-Rame_VAL208_P1040082.JPG
[84]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/9b/M%C3%A9tro_Rennes_208_NG.jpg/800px-M%C3%A9tro_Rennes_208_NG.jpg
[85]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8f/Bogie_VAL_208.jpg/800px-Bogie_VAL_208.jpg
[86]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/fd/Bogie-metro-Meteor-p1010692.jpg/800px-Bogie-metro-Meteor-p1010692.jpg
[87]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/75/Hochbahnabschnitt_Pontchaillou_-_Anatole_France_der_Metro_Rennes.jpg/800px-Hochbahnabschnitt_Pontchaillou_-_Anatole_France_der_Metro_Rennes.jpg
[97]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/0b/Wappen_Lausann e.svg/500px-Wappen_Lausann e.svg.png
[101] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9d/Karte_Quartiere_Lausann e.png
[103]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/de/Logo_M%C3%A9tro_Lausann e.svg/500px-Logo_M%C3%A9tro_Lausann e.svg.png
[122]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/96/Metro_Lausanne_plan_synoptiqu e.svg/800px-Metro_Lausanne_plan_synoptiqu e.svg.png
[123]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e4/Metro_Lausanne_M1_2009_Trac e.svg/langfr-800px-Metro_Lausanne_M1_2009_Trac e.svg.png
[124]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b7/Flon-p1030659.jpg/800px-Flon-p1030659.jpg
[125]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/5f/TSOL-p1030587.jpg/800px-TSOL-p1030587.jpg
[126]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/2b/TSOL-M1-Provenc e.JPG/800px-TSOL-M1-Provenc e.JPG
[127]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b9/M%C3%A9tro_M1_Station_Malley.jpg/800px-M%C3%A9tro_M1_Station_Malley.jpg
[128]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/df/Metro_Lausanne_M2_2009_Trac e.svg/langfr-800px-Metro_Lausanne_M2_2009_Trac e.svg.png
[129]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/98/M2-Ouchy-2-trains.jpg/800px-M2-Ouchy-2-trains.jpg

[130]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/ad/Bf_Croisettes%2C_ET_243.jpg/800px-Bf_Croisettes%2C_ET_243.jpg
[131]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/76/Metro_Lausanne_2.jpg/800px-Metro_Lausanne_2.jpg
[132]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b9/Lausanne_Gare_portes.jpg/800px-Lausanne_Gare_portes.jpg
[134]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/bd/Lausanne_Montelly_metro.jpg/800px-Lausanne_Montelly_metro.jpg
[135]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c4/EPFL_Be_4-6_558_219-2.jpg/800px-EPFL_Be_4-6_558_219-2.jpg
[136]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/42/Rame_m2_lausann e.JPG/800px-Rame_m2_lausann e.JPG
[142]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/85/Liverpool_City_Council_Wards_-_Numbered.svg/320px-Liverpool_City_Council_Wards_-_Numbered.svg.png
[144]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/6d/Coat_of_arms_of_Liverpool_City_Council.png/800px-Coat_of_arms_of_Liverpool_City_Council.png
[172]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/thumb/5/52/Merseyrail_logo.svg/270px-Merseyrail_logo.svg.png
[176]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d0/Merseyrail_Map.svg/740px-Merseyrail_Map.svg.png
[178]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/5d/507019_Liverpool_Central.jpg/800px-507019_Liverpool_Central.jpg
[179.]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/33/19.04.11_Hall_Road_508.115_%286030021440%29.jpg/800px-19.04.11_Hall_Road_508.115_%286030021440%29.jpg
[180]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/99/Northern_Electrics_Class_319%2C_319382%2C_platform_3%2C_Huyton_railway_station_%28geograph_4511991%29.jpg/800px-Northern_Electrics_Class_319%2C_319382%2C_platform_3%2C_Huyton_railway_station_%28geograph_4511991%29.jpg
[211]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/15/LEB-RBe4-8-42-depot-echallens-18.05.2010-complet.jpg/800px-LEB-RBe4-8-42-depot-echallens-18.05.2010-complet.jpg

[212]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/5d/Lausanne_-_Public_transport_map.png/1024px-Lausanne_-_Public_transport_map.png

Tablice:

[3] https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_rapid_transit
([30][32][33][50][51] Tablica 3: Tablični prikaz tehničkih podataka podzemne željeznice u Hamburg) *tablica je sastavljena od više izvora.
[66] Tablica 5: Popis kvartova grada Rennes
([69] [70] [72] [73] [74] [75] [76] Tablica 6: Tablični prikaz tehničkih podataka podzemne željeznice u Rennes) *tablica je sastavljena od više izvora.
[99]Tablica 9: popis općina koji čine dio metropolitanskog urbanog područja grada Lausanne,Švicarska.
([104][106][107][111][112][115][117] Tablica 10: Tablični prikaz tehničkih podataka podzemne željeznice u gradu Lausanne) *tablica je sastavljena od više izvora.
([146][147] [151][152][159] [163] [165] [166] [167] [169] Tablica 8: Tablični prikaz tehničkih podataka podzemne željeznice u gradu Liverpool) *tablica je sastavljena od više izvora.
([30][32][33][50][51][69][70][72][73][74][75][76][104][106][107][111][112][115]
[117][146][147] [151][152][159] [163] [165] [166] [167] [169] [188] [191] [192] [193]Tablica 9: Usporedba Tehničkih podataka podzemnih željeznica u Hamburg, Rennes, Lausanne i Liverpool) *tablica je sastavljena od više izvora.

Internet (WEB):

[2] https://en.wikipedia.org/wiki/Automated_guideway_transit (preuzeto svibanj 2017.)
[3] https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_rapid_transit (preuzeto svibanj 2017.)
[5] https://hr.wikipedia.org/wiki/Podzemna_%C5%BEeljeznica (pristupljeno svibanj 2017.)
[9] https://hr.glosb e.com/en/hr/Meshed (pristupljeno svibanj 2017.)
[15] http://www.uitp.org/sites/default/files/Metro%20automation%20-%20facts%20and%20figures.pdf (pristupljeno svibanj 2017.)
[16] https://en.wikipedia.org/wiki/Automatic_train_operation#cite_ref-6 (pristupljeno svibanj 2017.)
[17] https://en.wikipedia.org/wiki/Railway_signalling (pristupljeno svibanj 2017.)

[18] https://en.wikipedia.org/wiki/Communications-based_train_control (pristupljeno svibanj 2017.)
[23] https://en.wikipedia.org/wiki/Berlin (pristupljeno svibanj 2017.)
[27] https://en.wikipedia.org/wiki/Hamburg (pristupljeno svibanj 2017.)
[30] https://en.wikipedia.org/wiki/Transport_in_Hamburg (pristupljeno svibanj 2017.)
[31] https://en.wikipedia.org/wiki/Hamburger_Verkehrsverbund (pristupljeno svibanj 2017.)
[32] https://en.wikipedia.org/wiki/Hamburg_U-Bahn (pristupljeno svibanj 2017.)
[35] https://de.wikipedia.org/wiki/Hamburger_Hochbahn (pristupljeno svibanj 2017.)
[50] https://en.wikipedia.org/wiki/Train_wheel (pristupljeno svibanj 2017.)
[51] http://www.hvv.de/pdf/service/downloads/hvv_public_transport_flyer.pdf (pristupljeno svibanj 2017.)
[52] https://en.wikipedia.org/wiki/Linienzugbeeinflussung (pristupljeno svibanj 2017.)
[58] https://en.wikipedia.org/wiki/Paris (pristupljeno svibanj 2017.)
[61] https://hr.wikipedia.org/wiki/Pokrajine_u_Francuskoj (pristupljeno svibanj 2017.)
[64] https://en.wikipedia.org/wiki/Ille (pristupljeno svibanj 2017.)
[65] https://en.wikipedia.org/wiki/Vilaine (pristupljeno svibanj 2017.)
[66] https://en.wikipedia.org/wiki/Rennes (pristupljeno svibanj 2017.)
[68] https://en.wikipedia.org/wiki/Cantons_of_France (pristupljeno svibanj 2017.)
[69] https://en.wikipedia.org/wiki/Rennes_Metro (pristupljeno svibanj 2017.)
[70] https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9tro_de_Rennes (pristupljeno svibanj 2017.)
[72] https://fr.wikipedia.org/wiki/LigneAdum%C3%A9trodeRennes(pristupljenosvibanj 2017.)
[73] https://fr.wikipedia.org/wiki/VAL_208 (pristupljeno svibanj 2017.)
[74] https://fr.wikipedia.org/wiki/Keolis_Rennes (pristupljeno svibanj 2017.)
[75]https://fr.wikipedia.org/wiki/Service_des_transports_en_commun_de_l%27agglom%C3%A9ration_rennaise (pristupljeno svibanj 2017.)
[76] https://en.wikipedia.org/wiki/V%C3%A9hicule_Automatique_L%C3%A9ger (pristupljeno svibanj 2017.)
[81] https://fr.wikipedia.org/wiki/VAL_206 (pristupljeno svibanj 2017.)
[88] https://it.wikipedia.org/wiki/VAL_(trasporti) (pristupljeno svibanj 2017.)
[94] https://en.wikipedia.org/wiki/Transport_in_Switzerland (pristupljeno lipanj 2017.)
[98] https://en.wikipedia.org/wiki/Lausanne (pristupljeno lipanj 2017.)
[99] https://en.wikipedia.org/wiki/Lausanne_District (pristupljeno lipanj 2017.)

[102] https://fr.wikipedia.org/wiki/Lausanne (pristupljeno lipanj 2017.)
[104] https://en.wikipedia.org/wiki/Lausanne_Metro (pristupljeno lipanj 2017.)
[105] https://de.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9tro_Lausanne (pristupljeno lipanj 2017.)
[106] https://fr.wikipedia.org/wiki/Ligne_M1_du_m%C3%A9tro_de_Lausanne (pristupljeno lipanj 2017.)
[107] https://fr.wikipedia.org/wiki/Ligne_M2_du_m%C3%A9tro_de_Lausanne (pristupljeno lipanj 2017.)
[108] https://fr.wikipedia.org/wiki/TL_Bem_4/6 (pristupljeno lipanj 2017.)
[109] https://de.wikipedia.org/wiki/Transports_publics_de_la_r%C3%A9gion_lausannoise (pristupljeno lipanj 2017.)
[110] http://www.xe.com/currencyconverter/convert/?From=CHF&To=EUR *(1 CHF =0.919931EUR Live mid-market rate 2017-06-08 09:46 UTC)* (pristupljeno lipanj 2017.)
[111] http://www.xe.com/currencyconverter/convert/?Amount=3&From=CHF&To=EUR *(3 CHF =2.76183EUR Live mid-market rate 2017-06-08 05:12 local time) (3.70 CHF =3.40626EUR Live mid-market rate 2017-06-08 05:15 local time)* (pristupljeno lipanj 2017.)
[112] http://www.t-l.ch/tout-sur-les-tl/presentation/chiffres-de-reference (pristupljeno lipanj 2017.)
[113] https://en.wikipedia.org/wiki/V%C3%A9hicule_Automatique_L%C3%A9ger#CityVal (pristupljeno lipanj 2017.)
[114] https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9tro_de_Rennes (pristupljeno lipanj 2017.)
[115] https://en.wikipedia.org/wiki/MP_89 (pristupljeno lipanj 2017.)
[116] https://fr.wikipedia.org/wiki/Be_8/8_TL (pristupljeno lipanj 2017.)
[117] https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9tro_de_Lausanne (pristupljeno lipanj 2017.)
[118] https://en.wikipedia.org/wiki/Public_transport_in_the_Lausanne_Region (pristupljeno lipanj 2017.)
[119] https://fr.wikipedia.org/wiki/Transports_publics_de_la_r%C3%A9gion_lausannoise (pristupljeno lipanj 2017.)
[120]http://www.xe.com/currencyconverter/convert/?Amount=85300000&From=CHF&To=EUR *(85,300,000 CHF=78,590,962.38 Live mid-market rate 2017-06-09 15:43 UTC)*
[121] https://fr.wikipedia.org/wiki/Ligne_M3_du_m%C3%A9tro_de_Lausanne (pristupljeno lipanj 2017.)
[133] https://fr.wikipedia.org/wiki/TL_Bem_4/6 (pristupljeno lipanj 2017.)

[137] https://fr.wikipedia.org/wiki/TL_Be_4/6 (pristupljeno lipanj 2017.)

[138] https://fr.wikipedia.org/wiki/Be_8/8_TL (pristupljeno lipanj 2017.)

[139] https://fr.wikipedia.org/wiki/Liverpool (pristupljeno lipanj 2017.)

[140] https://fr.wikipedia.org/wiki/Merseyside (pristupljeno lipanj 2017.)

[141] https://en.wikipedia.org/wiki/Liverpool (pristupljeno lipanj 2017.)

[142] https://d e.wikipedia.org/wiki/Liverpool (pristupljeno lipanj 2017.)

[143] https://en.wikipedia.org/wiki/Merseytravel (pristupljeno lipanj 2017.)

[145] https://en.wikipedia.org/wiki/Network_Rail (pristupljeno lipanj 2017.)

[146] https://en.wikipedia.org/wiki/Merseyrail (pristupljeno lipanj 2017.)

[147] https://en.wikipedia.org/wiki/British_Rail_Class_507 (pristupljeno lipanj 2017.)

[148] https://en.wikipedia.org/wiki/Hamburg_U-Bahn_Type_DT3 (pristupljeno lipanj 2017.)

[149] https://en.wikipedia.org/wiki/Hamburg_U-Bahn_Type_DT4 (pristupljeno lipanj 2017.)

[150] https://de.wikipedia.org/wiki/HHA_Typ_DT5 (pristupljeno lipanj 2017.)

[151] https://en.wikipedia.org/wiki/British_Rail_Class_508 (pristupljeno lipanj 2017.)

[152] https://en.wikipedia.org/wiki/British_Rail_Class_319 (pristupljeno lipanj 2017.)

[153] https://de.wikipedia.org/wiki/HHA_Typ_DT3 (pristupljeno lipanj 2017.)

[154] https://de.wikipedia.org/wiki/HHA_Typ_DT4 (pristupljeno lipanj 2017.)

[155] https://en.wikipedia.org/wiki/Mersey_Railway (pristupljeno lipanj 2017.)

[156] https://en.wikipedia.org/wiki/Northern_line_(Merseyrail) (pristupljeno lipanj 2017.)

[157] https://en.wikipedia.org/wiki/Wirral_line (pristupljeno lipanj 2017.)

[158] https://en.wikipedia.org/wiki/City_Line_(Merseyrail) (pristupljeno lipanj 2017.)

[159] https://www.merseyrail.org/about-merseyrail/corporate-information.aspx (© 2017 Merseyrail) (pristupljeno lipanj 2017.)

[160] https://www.merseyrail.org/tickets-passes/ticket-information/ticket-prices.aspx (© 2017 Merseyrail) (pristupljeno lipanj 2017.)

[161] https://www.merseytravel.gov.uk/Tickets/walrus-card/Pages/All-About-Walrus.aspx (pristupljeno lipanj 2017.)

[162] https://www.merseyrail.org/about-merseyrail/corporate-information.aspx (© 2017 Merseyrail) (pristupljeno lipanj 2017.)

[163] https://en.wikipedia.org/wiki/Northern_Rail_(Serco-Abellio) (pristupljeno lipanj 2017.)

[164] https://www.rmt.org.uk/news/merseyrail-profits-would-pay-for-keeping-guards/ (© Copyright RMT 2017) (pristupljeno lipanj 2017.)

[165] https://en.wikipedia.org/wiki/Liverpool%E2%80%93Wigan_line (pristupljeno lipanj 2017.)

[166]https://web.archive.org/web/20091229165146/http://www.merseytravel.gov.uk/pdf/City%20Line%20Booklet%204%20from%2013%20December%202009%20to%2015%20May%202010.pdf (pristupljeno lipanj 2017.)

[167] https://en.wikipedia.org/wiki/Northern_(train_operating_company) (pristupljeno lipanj 2017.)

[168] https://www.merseyrail.org/media/851067/city-line-book-1-from-11-december-2016-to-20-may-2017.pdf (pristupljeno lipanj 2017.) (© 2017 Merseyrail)

[169] https://www.merseyrail.org/media/851058/city-line-book-2-from-11-december-2016-to-20-may-2017.pdf pdf (pristupljeno lipanj 2017.) (© 2017 Merseyrail)

[170] https://www.merseyrail.org/media/869766/wirral-line-from-19-june-to-9-december-2017.pdf (pristupljeno lipanj 2017.) (© 2017 Merseyrail)

[171] https://www.merseyrail.org/media/872501/northern-line-from-21-may-2017-to-9-dec-2017.pdf (pristupljeno lipanj 2017.) (© 2017 Merseyrail)

[173] https://en.wikipedia.org/wiki/Merseyrail#cite_note-maund-48 (pristupljeno lipanj 2017.)

[174]http://www.xe.com/currencyconverter/convert/?Amount=51000000&From=GBP&To=EUR (pristupljeno lipanj 2017.) (51,000,000 GBP =57,864,677.09 Eur Live mid-market rate 2017-06-21 23:00 local time)

[175] https://en.wikipedia.org/wiki/Merseytravel (pristupljeno lipanj 2017.)

[176] https://en.wikipedia.org/wiki/Network_Rail (pristupljeno lipanj 2017.)

[177] https://en.wikipedia.org/wiki/Virgin_Trains (pristupljeno lipanj 2017.)

[181] https://fr.wikipedia.org/wiki/Rennes (pristupljeno lipanj 2017.)

[182] https://en.wikipedia.org/wiki/Brittany_(administrative_region) (pristupljeno lipanj 2017.)

[183] https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=CITIES#(Powered by .Stat technology | © OECD. All rights reserved.) (pristupljeno lipanj 2017.)

[184]http://www.xe.com/currencyconverter/convert/?Amount=77000000&From=USD&To=EUR(Live mid-market rate 2017-06-27 18:33 local time)(77,000,000 USD =67,910,400.51 EUR) (pristupljeno lipanj 2017.)

[185] http://www.lausann e.ch/en/lausanne-officielle/finances-publiques/mainArea/018/col1/0/links/0/linkBinary/Communiqu%C3%A9%20du%2006.10.2015.pdf (pristupljeno lipanj 2017.)

[186]http://www.xe.com/currencyconverter/convert/?Amount=20000000&From=CHF&To=EUR(Live mid-market rate 2017-06-27 19:31 local time)(20,000,000 CHF =18,363,101.81EUR) (pristupljeno lipanj 2017.)

[187]http://www.xe.com/currencyconverter/convert/?Amount=79045000&From=CHF&To=EUR(Live mid-market rate 2017-06-27 20:25 local time)(79,045,000 CHF =72,574,067.00EUR)((pristupljeno lipanj 2017.)

[188] http://www.t-l.ch/images/pdf/tl/ra_tl_2016_web.pdf (54 str.) (pristupljeno lipanj 2017.)

[189]http://www.xe.com/currencyconverter/convert/?Amount=85000000&From=CHF&To=EUR(Live mid-market rate 2017-06-27 20:33 local time)(85,000,000 CHF =78,048,231.75EUR)((pristupljeno lipanj 2017.)

[190]http://www.xe.com/currencyconverter/convert/?Amount=66000000000&From=USD&To=EUR(Live mid-market rate 2017-06-27 20:52 local time)(66,000,000,000 USD =58,176,296,956.80EUR) (pristupljeno lipanj 2017.)

[191] http://www.orr.gov.uk/__data/assets/pdf_file/0019/16903/northern-rail-limited-report-and-financial-statements-20140104.pdf (str. 2.) (pristupljeno lipanj 2017.)

[192]http://www.xe.com/currencyconverter/convert/?Amount=230000000&From=GBP&To=EUR(Live mid-market rate 2017-06-27 22:11 local time)(230,000,000 GBP =259,746,626.01 EUR) (pristupljeno lipanj 2017.)

[193]http://www.xe.com/currencyconverter/convert/?Amount=51000000&From=GBP&To=EUR(Live mid-market rate 2017-06-27 22:16 local time)(51,000,000 GBP =57,590,778.33 EUR)(pristupljeno lipanj 2017.)

[194]http://www.xe.com/currencyconverter/convert/?Amount=24769000&From=USD&To=EUR(Live mid-market rate 2017-06-27 22:45 local time)(24,769,000 USD =21,825,796.80 EUR) (pristupljeno lipanj 2017.)

[195] https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9tro_de_Hambourg) (pristupljeno srpanj 2017.)

[196] https://d e.wikipedia.org/wiki/U-Bahn_Hamburg (pristupljeno srpanj 2017.)

[198] https://en.wikipedia.org/wiki/Zagreb (pristupljeno srpanj 2017.)

[202] https://en.wikipedia.org/wiki/Zagreba%C4%8Dki_elektri%C4%8Dni_tramvaj (pristupljeno srpanj 2017.)

[203] https://de.wikipedia.org/wiki/U-Bahn-Linie_1_(Hamburg) (pristupljeno srpanj 2017.)

[204] https://de.wikipedia.org/wiki/U-Bahn-Linie_2_(Hamburg) (pristupljeno srpanj 2017.)

[205] https://de.wikipedia.org/wiki/U-Bahn-Linie_3_(Hamburg) (pristupljeno srpanj 2017.)

[206]http://geofox.hvv.de/jsf/showSearchResult.seam;jsessionid=CC035507F917139AA83A39AA57042BA4.geofox2 (pristupljeno srpanj 2017.)

[207] https://en.wikipedia.org/wiki/Lausanne–Echallens–Bercher_railway (pristupljeno srpanj. 2017.)

[208] https://fr.wikipedia.org/wiki/Ligne_Lausanne_%E2%80%93_Bercher (pristupljeno srpanj. 2017.)

[209] https://fr.wikipedia.org/wiki/Chemin_de_fer_Lausanne-%C3%89challens-Bercher (pristupljeno srpanj. 2017.)

[210] https://fr.wikipedia.org/wiki/LEB_RBe_4/8 (pristupljeno srpanj. 2017.)

11.Popis Slika i Tablica

Popis Slika:

1) Slika 1: Kružni sustav podzemne željeznice
2) Slika 2: Kružno radijalni sustav podzemne željeznice
3) Slika 3: Sekantni sustav podzemne željeznice
4) Slika 4: Meshed izvedba sustava podzemne željeznice
5) Slika 5: Izvedba sustava podzemne željeznice oblika x
6) Slika 6: Izvedba sustava podzemne željeznice linija promjera
7) Slika 7: Izvedba sustava podzemne željeznice u obliku ribljeg mjehura
8) Slika 8: Križna izvedba mrežnog sustava podzemne željeznice
12) Slika 12: Grb grada Hamburg
13) Slika 13: Kartografski prikaz grada Hamburga.
14) Slika 14: Logo oznaka podzemne željeznice (U-Bahn) u Hamburgu
16) Slika 16: Prikaz linija podzemne željeznice u Hamburgu
17) Slika 17: Prikaz stajališta u podzemnoj željeznici u gradu Hamburg
18)Slika18: Prikaz željezničkih motornih jedinica koji voze u podzemnoj željeznici u Hamburgu
23) Slika 23: Grb grada Rennes-a
24) Slika 24: Shematsko kartografski prikaz grada Rennes-a
25) Slika 25: Logo oznaka podzemne željeznice (metro) u Rennes
26) Slika 26: Prikaz linija podzemne željeznice u gradu Rennes
27) Slika 27: Izgradnja linije B (na slici prikaz uređaja za tuneliranje (engl. boring maschine) Rennes
28) Slika 28: Shematsko kartografski prikaz položaja linije B sa stajalištima prikazanim duž linije B u gradu Rennes
29) Slika 29: Vlak tipa VAL 206, Rennes
30) Slika 30: Vlak tipa VAL 208, Rennes
31) Slika 31: Unutrašnjost vlaka „VAL 208 NG"
32) Slika 32: Prikaz sustava vlaka na gumenim kotačima kod vlaka „VAL 208"
33) Slika 33: Prikaz modela okretnog postolja zvanog „Bogie" na vlaku „VAL 208"
34) Slika 34: Vlak tipa „VAL 208 NG“

36) Slika 36: Grb grada Lausanne
37) Slika 37: Kartografski prikaz grada Lausanne
38) Slika 38: Logo oznaka podzemne željeznice (franc. metro) u gradu Lausanne
39) Slika 39 :Kartografski prikaz položaja željezničkih podzemnih linija M1 i linije M2 u gradu Lausanne
40) Slika 40: Shematski prikaz položaja linije M1 i popis stajališta duž linije u podzemnoj željeznici u gradu Lausanne
41) Slika 41 označena s a): Stajalište „Lausanne-Flon"
42) Slika 42 označena s b): Stajalište „Vigie"
43) Slika 43 označena s c): Stajalište „Provence"
44) Slika 44 označena s d): Stajalište „Malley"
45) Slika 45: Kartografski prikaz položaja trase linije M2 u gradu Lausanne
46) Slika 46 označena s a): Stajalište „Ouchy-Olympique" na liniji M2, Lausanne
47) Slika 47 označena s b): Stajalište („Terminal") „Croisettes" ,linija M2, Lausanne
48) Slika 48 označena s c): Stajalište „Grancy" na liniji M2 u gradu Lausanne
49) Slika 49 označena s d): Stajalište „Lausanne-Gare" na liniji M2 u gradu Lausanne
50) Slika 50 označena s a): Prikaz željezničke motorne garniture tipa „TL Bem 4/6"
51) Slika 51 označena s b): Prikaz željezničke motorne garniture tipa „TL Be 4/6"
52) Slika 52 označena s c): Prikaz željezničke motorne garniture tipa "Be 8/8 TL"
53) Slika 53: Logo oznaka grada Liverpool
54) Slika54: Kartografski prikaz popisa gradskih črtvrti („kvartova") u gradu Liverpool
55) Slika 55: Logo oznaka željezničkog prijevoznika na linijama „Northern" i „Wirral" u podzemnoj željeznici u gradu Liverpool
56) Slika 56: Kartografski prikaz položaja linija podzemne željeznice u gradu Liverpool
57) Slika 57 označena s a): Željeznička električna motorna garnitura tipa „Class 507"
58) Slika 58 označena s b): Željeznička električna motorna garnitura tipa „Class 508"
59) Slika 59 označena s c): Željeznička električna motorna garnitura tipa „Class 319"
60) Slika 60 označena s a): Slikoviti prikaz tabličnih podataka broja linija u gradovima Hamburg, Rennes, Lausanne i Liverpool
61) Slika 61 označena s b): Slikoviti prikaz tabličnih podataka o duljinama mreže pruga u gradovima Hamburg, Rennes, Lausanne i Liverpool

62) Slika 62 označena s c): Slikoviti prikaz tabličnih podataka o broju garnitura u gradovima Hamburg, Rennes, Lausanne-u i Liverpool
63) Slika 63 označena s d): Slikoviti prikaz tabličnih podataka o broju prevezenih putnika u gradovima Hamburg, Rennes, Lausanne-u i Liverpool
64) Slika 64 označena s e): Slikoviti prikaz tabličnih podataka o broju stanovnika u gradovima Hamburg, Rennes, Lausanne i Liverpool
65) Slika 65 označena s f): Slikoviti prikaz tabličnih podataka o ukupnim prihodima podzemnih željeznica u gradovima Hamburg, Rennes, Lausanne i Liverpool
66) Slika 66 označena sa a): Vlak tipa „LEB RBe 4/8“
67) Slika 67 označena sa b): Kartografski prikaz cjeloukupne mreže linija podzemne željeznice u gradu Lausanne

Popis Tablica:

1) Tablica 1: Kronološki prikaz povijesti otvorenja podzemnih željeznica u svijetu.
2) Tablica 2:Tablični prikaz tehničkih podataka podzemne željeznice u Hamburgu
3) Tablica 3: Popis kvartova grada Rennes
4) Tablica 4: Tablični prikaz tehničkih podataka podzemne željeznice u Rennes
5) Tablica 5: popis općina koji čine dio metropolitanskog urbanog područja grada Lausanne
6) Tablica 6: Tablični prikaz tehničkih podataka podzemne željeznice u gradu Lausanne
7) Tablica 7: Popis (označeni su brojevima), (slika 53) kvartova u gradu Liverpool
8) Tablica 8: Tablični prikaz tehničkih podataka podzemne željeznice u gradu Liverpool
9) Tablica 9: Usporedba Tehničkih podataka podzemnih željeznica u Hamburg, Rennes, Lausanne i Liverpool
10) Tablica 10: Tablični prikaz usporedbe ekonomskih podataka podzemnih željeznica

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj diplomski rad isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu diplomskog rada pod naslovom **Podzemne željeznice u prometnim sustavima gradova**

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

Student/ica:

U Zagrebu, 7/3/2017 Dalibor Lesi

(potpis)