

Europske podzemne željeznice iz perspektive održivog razvoja

Vuk, Vedran

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Polytechnic of Međimurje in Čakovec / Međimursko veleučilište u Čakovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:110:089377>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-15**



Repository / Repozitorij:

[Polytechnic of Međimurje in Čakovec Repository - Polytechnic of Međimurje Undergraduate and Graduate Theses Repository](#)



MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU
STRUČNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ ODRŽIVI RAZVOJ

VEDRAN VUK

EUROPSKE PODZEMNE ŽELJEZNICE IZ PERSPEKTIVE
ODRŽIVOG RAZVOJA

ZAVRŠNI RAD

ČAKOVEC, 2023.

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU
STRUČNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ ODRŽIVI RAZVOJ

VEDRAN VUK

EUROPSKE PODZEMNE ŽELJEZNICE IZ PERSPEKTIVE
ODRŽIVOG RAZVOJA

EUROPEAN UNDERGROUND RAILWAYS FROM THE
PERSPECTIVE OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Jasmina Ovčar, v. pred.

ČAKOVEC, 2023.

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Čakovec, 5. siječnja 2023.

država: **Republika Hrvatska**
Predmet: **Urbanističko planiranje i projektiranje**
Grana: **2.01.02 urbanizam i prostorno planiranje**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 2022-OR-R-56

Pristupnik: **Vedran Vuk (0313024518)**
Studij: **Redoviti preddiplomski stručni studij Održivi razvoj**
Smjer: **Održiva gradnja**

Zadatak: **Europske podzemne željeznice iz perspektive održivog razvoja**

Opis zadatka:

Suvremeni, posebno razvijeni i veliki gradovi, opterećeni su raznim infrastrukturnim sustavima, a jedan od najraprostranjenijih problema današnjice je prometni sustav gradova, koji opterećuje prostor na fizičkoj razini, vremenskoj, ekološkoj i dr. Gradovi koji se oslanjaju na cestovni promet, posebno na korištenje osobnih automobila, imaju dodatni problem s prometom u mirovanju tj. s potrebnim prostorima za parkiranje i garažiranje vozila. Autobusni promet, nadzemni promet - gradske željeznice i tramvaji i sl. nude brža, ekonomski i ekološki prihvatljivija rješenja, ali još uvijek su veliko opterećenje gradova koji moraju mnogo prostora planirati za organizaciju prometa u kretanju, a pri tom često nisu ekološki i energetski učinkoviti, te su za posebno velike gradove i prespori sustavi. Stoga se razvoj podzemne željeznice nameće kao moguće održivo rješenje prometnih potreba velikih gradova, a posebno iz razloga što postojeći sustavi podzemnih željeznica (metroa) u evropskim gradovima pokazuju vrlo visoku kvalitetu prometne efikasnosti.

SADRŽAJ: 1.Uvod ; 2.Prometna infrastruktura gradova ; 3.Evropske podzemne željeznice ; 4.Prednosti i nedostaci podzemnih željeznica ; 5.Analiza potrebe i mogućnosti planiranja podzemnih željeznica u gradovima RH ; 6.Zaključak

Zadatak uručen pristupniku: 5. siječnja 2023.

Rok za predaju rada: 20. rujna 2023.

Mentor:



Jasmina Ovčar, v. pred.

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

ZAHVALA

Veliko hvala mentorici Jasmini Ovčar, mag.ing.arh.i urb., v. pred., na nesebičnom pomaganju, trudu, učenju kako stručnih, pa tako i životnih lekcija tijekom mog studentskog obrazovanja.

Isto tako zahvaljujem roditeljima, obitelji, djevojci, prijateljima te kolegama koji su bili tu za mene u ovom životnom razdoblju.

Iako je nekad bilo teško, uspjeli smo svi zajedničkim snagama privesti kraju, te je stoga ovo studentsko doba, gledano iz sadašnje perspektive, zapravo bilo lijepo i korisno iskustvo.

HVALA!

SAŽETAK

Podzemne željeznice su ključni dio javnog prijevoza u mnogim europskim gradovima i igraju važnu ulogu u smanjenju prometnih gužvi i emisija stakleničkih plinova. Ekološke prednosti podzemnih željeznica su smanjivanje potrebe za individualnim automobilima i doprinos smanjenju emisija štetnih plinova. Električna energija koja pogoni većinu podzemnih željeznica također može biti dobivena iz obnovljivih izvora, što dodatno smanjuje njihov ugljični otisak. Razmatrajući socijalne i ekonomske aspekte održivosti podzemnih željeznica, one pružaju pristupačan i učinkovit način prijevoza za građane i olakšavaju povezanost između različitih dijelova grada. Podzemne željeznice također potiču gospodarski razvoj, stvarajući radna mjesta i pridonoseći revitalizaciji urbanih područja. Treće, istražujemo izazove održivog razvoja podzemnih željeznica. To uključuje izazove u vezi s infrastrukturom, financiranjem i upravljanjem. Održavanje i modernizacija postojećih sustava, kao i izgradnja novih linija, zahtijeva znatna ulaganja i planiranje. Također je važno osigurati pristupačnost podzemnih željeznica i sigurnost za sve korisnike, uključujući osobe s invaliditetom. U zaključku, Europske podzemne željeznice imaju ključnu ulogu u postizanju održivog razvoja gradova. Njihova ekološka korist, socijalna i ekonomska vrijednost čine ih vitalnim dijelom urbane infrastrukture. Međutim, suočavaju se s izazovima koji zahtijevaju odgovarajuće planiranje, ulaganja i upravljanje kako bi se osigurala njihova dugoročna održivost.

Činjenica da su podzemne brze željeznice, tzv. metroi, prisutni u većini europskih velegradova još u davnoj prošlosti, pokazuje koliko se već tada u planiranju gradova vodila briga o dobroj, brznoj i sigurnoj povezanosti svih dijelova velegrada, upravo kako bi stanovnici bili zadovoljni i komotni u pogledu putovanja koja podrazumijevaju veće udaljenosti. Danas je izazov takvog prometa još veći; uz mnoštvo automobila, nedostatak parkirnih mjesta u središtima gradova, teško prometno zagađenje gradova, promet velegradova bez brzih podzemnih željeznica je neodrživ i ekološki neprihvatljiv. I dok taj podatak za europske metropole znači širenje mreže te ulaganje u rekonstrukciju i održavanje postojećih sustava, u Republici Hrvatskoj takav vid prometne infrastrukture još nije svoje mjesto pronašao čak niti u prostornom planu, što znači da do realizacija neće skoro niti doći. Međutim, uz sve obveze koje je naša država kao članica Europske

unije preuzela, upravo ovaj projekt i realizacija značili bi približavanje održivim uvjetima prometne infrastrukture gradova (poglavito Zagreba). Istovremeno, grad Zagreb takvim bi potezom konačno riješio mnoštvo problema koji prometna zagušenost toga grada za sobom nosi. Ukoliko se želi ostati u korak s vremenom, krajnje je vrijeme da se na taj način razmišlja te pristupi prostornom i urbanističkom planiranju, na gradskoj, lokalnoj ali i državnoj razini. Europski fondovi vjerojatno bi pronašli izazov te dali svoj doprinos ovakvom razvoju grada, posebno u pogledu postizanja održivosti prometnog sustava te održivog razvoja gradova prema EU konvencijama.

Ključne riječi: *brze gradske prometnice, održivi razvoj, organizacija prometa, podzemne željeznice, urbanističko planiranje prometne infrastrukture*

Sadržaj:

SAŽETAK	
1.	UVOD 8
2.	PROMETNA INFRASTRUKTURA GRADOVA..... 9
2.1.	Učinkovitost u prometu..... 9
2.2.	Sigurnost u prometu 9
2.3.	Koristi dobre prometne infrastrukture 10
3.	EUROPSKE PODZEMNE ŽELJEZNICE 12
3.1.	Londonski metro 13
3.2.	Pariški metro 14
3.3.	Moskovski metro..... 15
3.4.	Bečki metro (U-Bahn)..... 18
3.5.	Berlinski metro (U-Bahn)..... 19
3.6.	Madridski metro 21
3.7.	Rimski metro 23
4.	PREDNOSTI I NEDOSTACI PODZEMNIH ŽELJEZNICA 27
4.1.	Prednosti podzemnih željeznica 27
4.2.	Nedostaci podzemnih željeznica 28
5.	ANALIZA POTREBE I MOGUĆNOSTI PLANIRANJA PODZEMNIH ŽELJEZNICA U GRADOVIMA RH 31
5.1.	Podzemne željeznice u ostalim gradovima RH..... 37
6.	ZAKLJUČAK 38
7.	LITERATURA 41
	Popis slika 43
	Popis tablica 43

1. UVOD

Europske podzemne željeznice imaju brojne prednosti iz perspektive održivog razvoja. Njihova najveća prednost je što su sigurnije i učinkovitije od cestovnog prometa. Vožnja podzemnom željeznicom ne samo da smanjuje rizik od prometnih nesreća, već i smanjuje emisije stakleničkih plinova koje dovode do klimatskih promjena. Osim toga, podzemne željeznice su vrlo energetske učinkovite, jer koriste elektromotore umjesto motora s unutarnjim izgaranjem. One također mogu prevoziti veliki broj ljudi u isto vrijeme, što smanjuje broj vozila na cestama i time smanjuje gužve. Međutim, gradnja i održavanje podzemnih željeznica može biti vrlo skupo, a neke zemlje možda nemaju dovoljno sredstava za izgradnju takvog sustava. Također, podzemne željeznice mogu biti osjetljive na prirodne katastrofe, kao što su poplave ili potresi, što može dovesti do poteškoća u radu. Stoga, iako su podzemne željeznice vrlo korisne za održivi razvoj, njihova izgradnja i održavanje treba biti pažljivo planirana i provjerena kako bi se osigurala njihova dugoročna održivost. Također, važno je razmotriti i druge alternative za promet, kao što su bicikli, javni prijevoz na površini i slično, kako bi se stvorio cjelovit i održiv prometni sustav. [1]



Slika 1. Moskovski metro

Izvor: <https://rusija.si/> [2]

Slika 1. prikazuje Moskovski metro, jedan od najkompleksnijih sustava podzemne prometne povezanosti, koji je osim svoje funkcije postigao i izuzetno visoku estetsku komponentu.

2. PROMETNA INFRASTRUKTURA GRADOVA

Prometna infrastruktura gradova ima presudnu ulogu u svakodnevnom životu ljudi. Kvalitetna prometna infrastruktura omogućuje učinkovito kretanje ljudi i robe, smanjuje gužve i vrijeme putovanja, poboljšava sigurnost te utječe na ukupnu kvalitetu života u gradovima. [3]

Ovaj završni rad bavi se analizom važnosti gradske prometne infrastrukture i njezinog utjecaja na različite aspekte urbanog života, kao i analizom učinkovitosti podzemnih željeznica kao modela održivog prometnog prostornog i urbanističkog planiranja.

2.1. Učinkovitost u prometu

Gradska prometna infrastruktura ima izravan utjecaj na učinkovitost prometa. Dobro planirane i dobro održavane ceste, autoceste, tramvajska i željeznička mreža omogućavaju nesmetan protok vozila. To rezultira smanjenjem zagušenja, kraćim vremenom putovanja i manjom potrošnjom goriva. Osim toga, dobra prometna infrastruktura olakšava javni prijevoz, potičući ljude na korištenje održivijih načina prijevoza kao što su autobusi, tramvaji ili vlakovi. [3]

Međutim, to funkcionira samo u situaciji izuzetno dobre organizacije, permanentnog održavanja i praćenja potreba stanovništva.

2.2. Sigurnost u prometu

Prometna infrastruktura također igra ključnu ulogu u osiguravanju sigurnosti prometa. Dobro osvijetljene ceste, pješačke i biciklističke staze, uz pravilno postavljene prometne znakove i signalizaciju, doprinose smanjenju broja prometnih nesreća. Gradovi s neodgovarajućom prometnom infrastrukturom često su izloženi većem riziku od nesreća i ozljeda. Stoga je izgradnja sigurne prometne infrastrukture ključna za zaštitu života i osiguranje sigurnosti svih sudionika u prometu. [3]

U suvremenom planiranju gradova, koja teži održivosti u svakom pogledu, u znatnom su porastu planirane i izvedene mnogobrojne biciklističke staze, čime se znatno uspijeva

utjecati na stav i izbor stanovnika – sve veći broj ljudi odlučuje se za ovaj oblik kretanja gradom, budući da pruža veliku fleksibilnost, samostalnost, neovisnost, maksimalno je održiv i bez većih ulaganja. Osnovni preduvjet je dobro razrađena mreža biciklističkih staza te osiguravanja sigurnosti na tim stazama.

2.3. Koristi dobre prometne infrastrukture

Prometna infrastruktura ima značajan utjecaj na kvalitetu života u gradovima. Dobra povezanost i lako dostupni sustavi prijevoza omogućuju ljudima da brzo i povoljno dođu do svojih odredišta. To olakšava pristup zapošljavanju, obrazovanju, zdravstvenim ustanovama, trgovačkim centrima i drugim bitnim uslugama. Nadalje, kvalitetna prometna infrastruktura smanjuje onečišćenje zraka i buku, poboljšava ukupnu kvalitetu okoliša i pridonosi dobrobiti stanovnika. Štoviše, prometna infrastruktura također može imati značajan utjecaj na gospodarski razvoj. Učinkovite prometne mreže olakšavaju kretanje roba i usluga, podržavajući trgovinu unutar i izvan grada. Dobro povezani gradovi privlače ulaganja, poduzeća i turizam, potičući gospodarski rast i stvarajući prilike za zapošljavanje. S druge strane, neadekvatna prometna infrastruktura može spriječiti gospodarski razvoj, dovesti do neučinkovitosti i povećanja troškova za poduzeća.

Uz opipljive koristi, urbana prometna infrastruktura ima i nematerijalne koristi za društvo. Promiče društvenu uključenost pružanjem pristupačnih mogućnosti prijevoza za osobe s invaliditetom i starije osobe. Potiče osjećaj zajedništva omogućujući ljudima povezivanje i komunikaciju u različitim četvrtima i područjima. Nadalje, dobro osmišljena i estetski ugodna infrastruktura može unaprijediti cjelokupni urbani krajolik i stvoriti ugodno životno okruženje.

Međutim, bitno je uzeti u obzir aspekt održivosti gradske prometne infrastrukture. Kako gradovi rastu i suočavaju se sa sve većim zahtjevima mobilnosti, ključno je dati prioritet održivim rješenjima. To uključuje ulaganje u javni prijevoz, promicanje aktivnih načina prijevoza kao što su hodanje i vožnja biciklom te integraciju pametnih tehnologija za optimizaciju protoka prometa i smanjenje utjecaja na okoliš.

Zaključno, urbana prometna infrastruktura je od iznimne važnosti za gradove. Značajno utječe na učinkovitost prometa, sigurnost, kvalitetu života i gospodarski razvoj. Ulaganjem u dobro planiranu, održivu i pristupačnu prometnu infrastrukturu, gradovi

mogu stvoriti okruženja koja su ne samo učinkovita, već i pogodna za život i otporna. Od ključne je važnosti za kreatore politike, urbaniste i zajednice suradnja i prioritet razvoja sveobuhvatne prometne infrastrukture kako bi se zadovoljile rastuće potrebe urbanih područja i osigurala bolja budućnost za sve stanovnike. [4]

Troškovi	Troškovi održavanja	+	+	○	○		○	○				○	○
	Investicijski troškovi	+	+	○			○	○	○			+	+
Opće karakteristike	Sigurnost (stvari i osoba)	+	+/-		○	○	○	+	+	+	+	○	○
	Strukturni učinci (potrebne površine, prilagodba)	+	+	○			○	○	○	+		+	+
	Potrošnja energije (po broju mjesta)	+	+				+	+	+	+	+	+	○
	Ekološko opterećenje (buka, ispušni plinovi)	+	+			+	○	○	○	○	+	○	○
Operateri	Operativni troškovi (prema broju mjesta)	+	+				+	+	+	+	+	+	○
	Mogućnost koordinacije s postojećim sistemima	+	+	+	+	○	+	+	+	+	+	+	+
	Pouzdanost (kvarovi)	+	+	○	○	○		+	+	+	○	○	○
	Potrebno osoblje (prema broju mjesta)	+	+				+	+	+	+	+	+	○
	Fleksibilnost (u gradnji i operativno)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Korisnici	Komfor korištenja (presjedanje, točnost)	+	+	+	+	○							○
	Komfor prijevoza	+/○	○/—		+	+	○	+	+	+	+		
	Dostupnost, tok, klimatski uvjeti	+/-	+/-	○	+	+	○	○	○	○	○	○	+
	Brzina – vrijeme vožnje		○/—	+	+	+	○/—	+	+	+	+	+	○
3 Oznaka kopnenog prometnog sustava	Pješачki promet												
	Biclistički promet												
	Motorikolač												
	Osobno vozilo												
	Putička žičara ("gondola")												
	Trolejbus												
	Tramvaj												
	Gradska željeznica (vozilo gradske regije)												
	Podzemna željeznica München (vozilo gradske regije)												
	Gradski vlak München (prigradska željeznica)												
	Standardni linijski autobus												
	Mali autobus za posebne potrebe												

Slika 2. Usporedno vrednovanje prometa

Izvor: Urbanizam svezak 1. - Urbanističko planiranje, Prinz, D. (2006.)[27]

3. EUROPSKE PODZEMNE ŽELJEZNICE

Europske podzemne željeznice predstavljaju iznimno važan dio urbanih prometnih sustava diljem Europe. Mreže podzemne željeznice igraju ključnu ulogu u povezivanju unutar gradova, olakšavanju prometa i promicanju održivog razvoja. Postali su simbol moderne urbane mobilnosti i napretka europskih gradova. Razvoj prve podzemne željeznice u Europi započeo je u 19. stoljeću. Godine 1863. London je otvorio prvu podzemnu željeznicu u svijetu, poznatu kao "Metropolitan Railway", prikazanu slikom 3. Ova inovativna tehnologija brzo je privukla pozornost drugih europskih gradova, a sustavi podzemne željeznice počeli su se graditi u mnogim drugim metropolama poput Pariza, Berlina i Beča. [5]



Slika 3. Londonski metro

Izvor: <https://punkufer.dnevnik.hr/clanak/putovanja/tajne-podzernog-londona-najpopularniji-europski-metro-u-kojem-su-se-skrivala-poznata-lica---722792.html>[6]

Jedna od ključnih prednosti europskih podzemnih željeznica je njihova učinkovitost i brzina prijevoza. Putovanje podzemnom željeznicom često je najbrži način kretanja kroz gusto naseljene gradove s prometnom gužvom na površini. Osim toga, podzemne željeznice nude pouzdane i redovite rasporede, što putnicima omogućuje točno planiranje putovanja. Održivost je također važan aspekt europskih podzemnih željeznica. Oni pružaju ekološki prihvatljivu alternativu osobnom automobilskom prijevozu, pomažu u

smanjenju štetnih emisija i promiču zelenije gradove. Poticanjem korištenja javnog prijevoza, sustavi podzemne željeznice doprinose smanjenju prometnih gužvi i poboljšanju kvalitete zraka. Štoviše, mnoge podzemne željeznice koriste obnovljive izvore energije i tehnologije za uštedu energije, čime se smanjuje potrošnja resursa i štiti okoliš. Europske podzemne željeznice također nude društvene i gospodarske koristi. Povezuju različite dijelove grada, omogućujući ljudima da se brzo kreću između različitih radnih mjesta, škola, sveučilišta i drugih bitnih lokacija. To potiče društvenu integraciju i povećava dostupnost za pojedince iz različitih socio-ekonomskih sredina. Štoviše, mreže podzemne željeznice potiču gospodarski rast poboljšavajući povezanost, privlačeći poduzeća i potičući turizam. [1]

3.1. Londonski metro

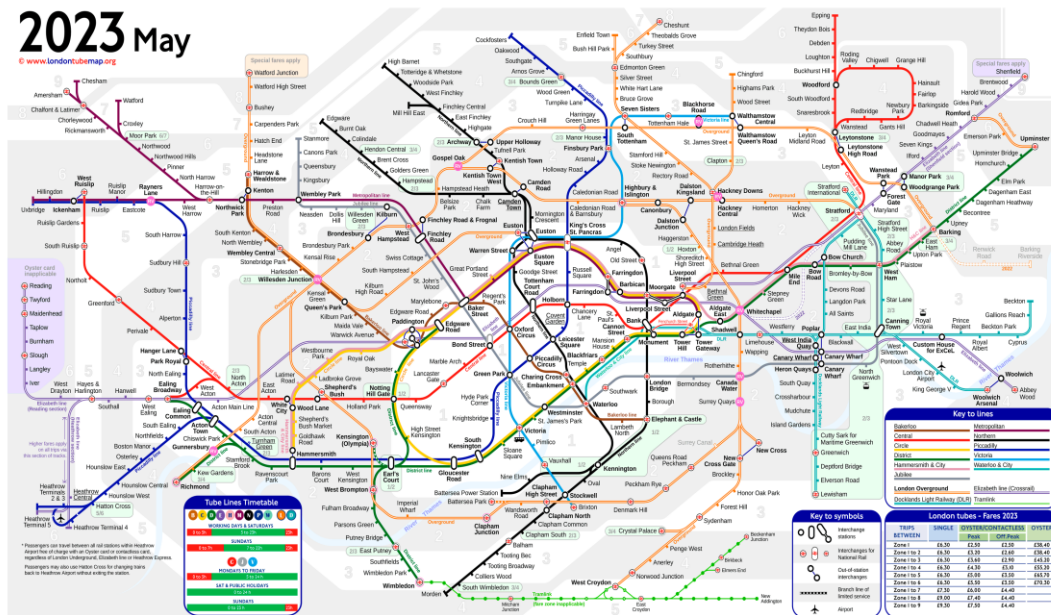
Londonski sustav metroa poznat je kao London Underground ili jednostavno Tube. To je jedna od najstarijih i najvećih podzemnih željezničkih mreža na svijetu, otvorena 1863. godine, koja služi Londonu i dijelovima susjednih okruga. Londonska podzemna željeznica vitalan je prometni sustav koji prevozi milijune putnika svaki dan.

Sustav se sastoji od 11 linija, od kojih je svaka označena jedinstvenom bojom. Ove linije su: 1. Bakerloo Line (smeđa); 2. Central Line (crvena); 3. Circle Line (žuta); 4. District Line (zeleno); 5. Hammersmith & City Line (ružičasta); 6. Jubilee Line (srebrna); 7. Metropolitan Line (bordo); 8. Northern Line (crna); 9. Piccadilly Line (tamnoplava); 10. Victoria Line (svijetlo plava); 11. Waterloo & City Line (tirkizna). [7]

Londonska podzemna željeznica pokriva veliko područje s više od 270 postaja diljem grada. Postaje su obično označene crvenim krugom koji sadrži plavu traku i naziv postaje. Mnoge postaje također imaju jedinstvene arhitektonske značajke i dizajn. Londonska podzemna željeznica radi od ranog jutra do kasno u noć, a vlakovi voze u redovitim intervalima. Tijekom vršnih sati, koji su obično ujutro i navečer, vlakovi su češći kako bi se zadovoljila veća potražnja. Podzemna željeznica također nudi uslugu noćne podzemne željeznice na određenim linijama tijekom vikenda, pružajući 24-satnu uslugu na tim linijama. [7]

Osim podzemne željeznice, London ima dobro organiziranu i razgranatu široku mrežu autobusa, tramvaja i nadzemnih vlakova, pružajući sveobuhvatne mogućnosti prijevoza

za stanovnike i posjetitelje. Londonska podzemna željeznica iskonski je simbol grada i često je popularan način prijevoza za putnike i turiste koji istražuju London.



Slika 4. Shematski prikaz linija londonske podzemne željeznice

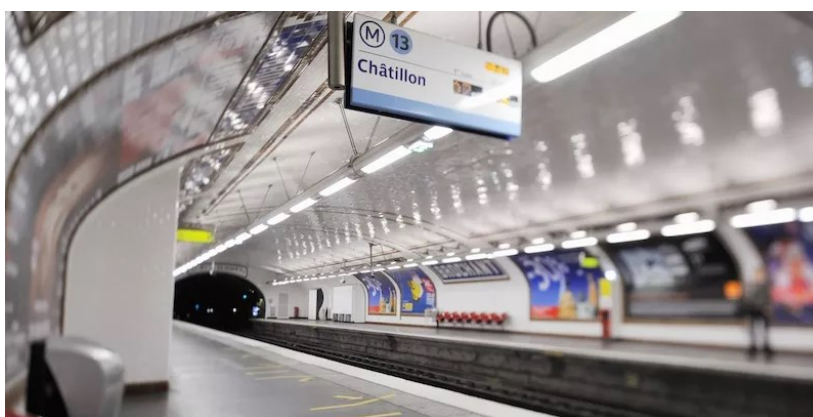
Izvor: [https://www.londontubemap.org/index.php\[7\]](https://www.londontubemap.org/index.php[7])

3.2. Pariški metro

Pariški metro, poznat i kao Métropolitain ili jednostavno Metro, sustav je brzog prijevoza koji služi glavnom i najvećem gradu Parizu u Francuskoj. To je jedan od najstarijih i najvećih metro sustava na svijetu. Pariški metro igra ključnu ulogu u svakodnevnom prijevozu Parižana i služi kao primarni način prijevoza za turiste koji posjećuju grad. Povijest pariškog metroa seže u 19. stoljeće. Prva linija podzemne željeznice, poznata kao "Linija 1" ili "Porte Maillot - Porte de Vincennes", otvorena je 19. srpnja 1900. godine, zajedno sa Svjetskom izložbom u Parizu. Od tada se sustav proširio i sada se sastoji od 16 linija koje pokrivaju gotovo sve dijelove grada. Pariški metro je poznat po svom prepoznatljivom dizajnu i arhitekturi. Mnoge metro stanice ukrašene su umjetničkim djelima, uključujući skulpture, freske i mozaike, što ih čini umjetničkim i kulturnim atrakcijama same po sebi. Metro je također poznat po svom učinkovitom i točnom rasporedu, koji putnicima pruža pouzdan prijevoz. Metro stanice su dobro povezane, što putnicima omogućuje jednostavno kretanje kroz grad. Linije podzemne željeznice označene su brojevima i bojama, što olakšava praćenje i lociranje prave linije. Stanice su

smještene na prosječnoj udaljenosti od oko 500 metara jedna od druge, što olakšava pristup metrou. Osim metroa, Pariz ima i druge oblike nadzemnog javnog prijevoza, uključujući tramvaje, autobuse i RER (regionalne ekspresne vlakove). Svi ovi prometni sustavi su integrirani, a putnici mogu koristiti istu putnu karticu za svoja putovanja. Kada koristite pariški metro, važno je imati važeću kartu ili putnu kartu. Ulaznice se mogu kupiti na automatima za prodaju karata koji se nalaze na stanicama metroa. Alternativno, možete koristiti karticu "Navigo" koja omogućuje neograničeno putovanje unutar određenih zona i na određeno vrijeme. Pariški metro ne služi samo kao prijevozno sredstvo, već i povezuje putnike s raznim atrakcijama i znamenitostima diljem grada. Omogućuje jednostavan pristup popularnim odredištima kao što su Eiffelov toranj, muzej Louvre, katedrala Notre-Dame i Montmartre. Sustav podzemne željeznice dizajniran je tako da učinkovito zadovolji potrebe stanovnika i posjetitelja uz čestu uslugu i opsežnu pokrivenost. Općenito, pariški metro sastavni je dio javnog prijevoza u Parizu. Sa svojom razgranatom mrežom i učinkovitim rasporedom, metro je popularan način prijevoza za lokalno stanovništvo i posjetitelje, nudeći prikladan i pouzdan način za istraživanje gradskih atrakcija, četvrti i kulturnih znamenitosti. [8]

Slika 5. prikazuje tipičnu metro stanicu pariškog metroa.



Slika 5. Pariški metro

Izvor: <https://www.parisinsidersguide.com/paris-metro.html>[8]

3.3. Moskovski metro

Moskovski metro, nije samo osnovni način prijevoza, već i ikonski simbol ruskog glavnog grada Moskve. Poznat je po svojoj širokoj mreži, zadivljujućoj arhitekturi i impresivnom broju putnika. Povijest moskovskog metroa seže u rano 20. stoljeće kada je

prvi put predložena ideja o podzemnom željezničkom sustavu. Izgradnja metroa započela je 1930-ih, a prva linija, poznata kao Sokolničeskaja linija, otvorena je za javnost 15. svibnja 1935. Povezivala je 13 stanica duž rute duge 11,4 kilometra (7,1 milja). Od tada je moskovski metro značajno porastao. Danas se sastoji od dvanaest linija koje se protežu kroz grad i periferiju. Svaka je linija označena različitom bojom i brojem, što putnicima olakšava navigaciju sustavom. Linije su se tijekom godina proširile na ukupnu duljinu od preko 400 kilometara (250 milja).

Moskovski metro je poznat po svojoj arhitektonskoj raskoši. Mnoge postaje dizajnirane su kao izlozi sovjetskih postignuća s razrađenim ukrasima i umjetničkim elementima. Stanice često odražavaju prevladavajuće arhitektonske stilove svog vremena. Na primjer, rani kolodvori, izgrađeni 1930-ih, imaju mješavinu art deco i konstruktivističkog dizajna, dok su oni izgrađeni tijekom staljinističke ere velebni i ukrašeni, karakteriziraju ih mramorni stupovi, lusteri i zamršeni mozaici. [9]



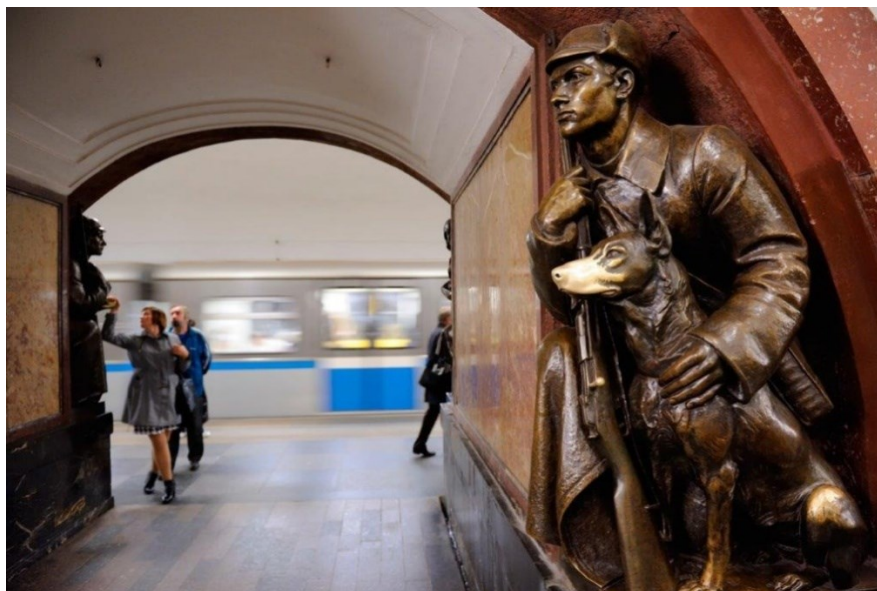
Slika 6. Postaja Mayakovskaya u moskovskom metrou

Izvor: <https://www.riopricesaputovanja.com/v1/sveobuhvatni-vodic-za-moskovski-metro/>[9]

Neke od značajnih postaja su Mayakovskaya (prikazana slikom 6.), Komsomolskaya i Arbatskaya. Osim po svojoj arhitektonskoj ljepoti, moskovski metro poznat je po svojoj učinkovitosti i pouzdanosti. Vlakovi voze po redovnom rasporedu, a u vršnim satima intervali su samo dvije do tri minute. Podzemna željeznica ima ključnu ulogu u smanjenju prometnih gužvi u gradu i pružanju brzog prijevoznog sredstva za milijune stanovnika i

posjetitelja dnevno. Za korištenje moskovskog metroa putnici mogu kupiti karte ili koristiti karticu "Trojka", beskontaktni sustav pametnih kartica koji omogućuje jednostavno plaćanje i transfere između različitih linija i načina prijevoza. Cijena se temelji na broju prijeđenih zona, a dostupne su različite opcije karata za pojedinačne vožnje, više vožnji i neograničeno putovanje u određenom trajanju. Posljednjih godina moskovski metro doživio je opsežno proširenje i modernizaciju. Dodane su nove postaje, proširujući domet sustava do predgrađa Moskve i povezujući ga sa susjednim regijama. Metro je također prihvatio tehnološki napredak, uključujući implementaciju Wi-Fi-ja na stanicama i vlakovima, što ga čini suvremenim te praktičnijim i prihvatljivijim za putnike. [9]

Slika 7. prikazuje pasaž na području Trga revolucije, s tipičnim kiparskim doprinosom estetskom izričaju koji prati cijeli sustav podzemne željeznice – svojevrsnog muzejskog prostora „u prolazu“.



Slika 7. Trg revolucije na ljubičastoj liniji

Izvor: <https://www.riopricesaputovanja.com/v1/sveobuhvatni-vodic-za-moskovski-metro/> [9]

Općenito, moskovski metro predstavlja dokaz bogate povijesti grada, arhitektonske sposobnosti i predanosti pružanju učinkovitog i pristupačnog prijevoza. Ostaje sastavni dio svakodnevnog života u Moskvi i nastavlja se razvijati i rasti kako bi zadovoljio potrebe sve većeg stanovništva.

Grad veličine i stila života koji se živi u Moskvi bez ovakvog sustava bio bi kaotičan, neorganiziran i neprihvatljiv za život. Dakle velegradovi su već odavno prepoznali potrebu i prednosti podzemnog prometnog povezivanja u korist kvalitetnijem nadzemnom životu i aktivnostima te na taj način postigli svoju dugogodišnju održivost, i to još u vrijeme kad „biti održiv“ nije bio niti trend niti imperativ.

3.4. Bečki metro (U-Bahn)

Bečka podzemna željeznica, također poznata kao bečka podzemna željeznica, sustav je brzog prijevoza koji služi gradu Beču u Austriji. To je jedno od najvažnijih sredstava javnog prijevoza u gradu i naširoko ga koriste stanovnici i turisti.

Ključne činjenice o bečkoj podzemnoj željeznici: [10]:

Linije: Bečki U-Bahn sastoji se od pet linija, označenih s U1, U2, U3, U4 i U6. Svaka linija je identificirana svojom bojom i brojem. U1 je crvena, U2 je ljubičasta, U3 je narančasta, U4 je zelena, a U6 je smeđa. Linija U5 trenutno je u izgradnji, a otvaranje se očekuje u budućnosti.

Postaje: Mreža U-Bahna ima ukupno oko 100 postaja, a svaka linija služi različitim dijelovima grada. Neke od glavnih stanica uključuju Stephansplatz, Karlsplatz, Westbahnhof, Praterstern i Schönbrunn.

Radno vrijeme: Bečka podzemna željeznica radi svakodnevno od otprilike 5:00 ujutro do ponoći. U vršnim satima vlakovi voze u intervalima od oko 2 do 7 minuta, dok izvan vršnih sati imaju duže intervale.

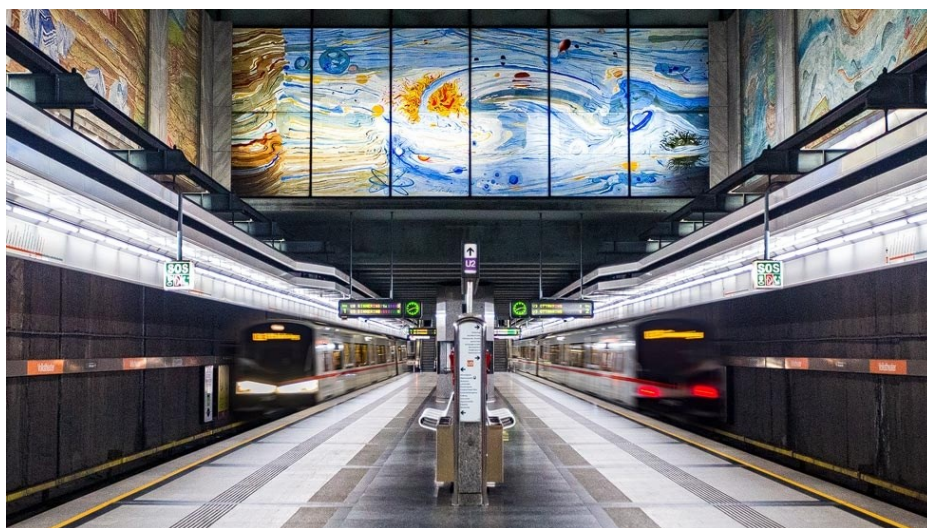
Ulaznice i cijene: U-Bahn sustav u Beču koristi zonski sustav cijena karata. Grad je podijeljen na više zona, a cijena karte ovisi o broju zona kroz koje prolazite. Možete kupiti pojedinačne karte, dnevne karte ili višednevne karte, ovisno o vašim potrebama. Karte se mogu kupiti na automatima koji se nalaze na svakoj stanici.

Pristupačnost: Bečka podzemna željeznica dizajnirana je tako da bude pristupačna osobama s invaliditetom. Mnoge postaje imaju dizala, pokretne stepenice i sustave taktilnog navođenja za putnike oštećena vida.

Integracija s javnim prijevozom: U-Bahn je dobro integriran s drugim sredstvima javnog prijevoza u Beču, poput tramvaja i autobusa. Istu kartu možete koristiti za presjedanje između linija U-Bahna, tramvaja i autobusa unutar određenog vremenskog ograničenja.

Sigurnost: Bečka podzemna željeznica smatra se sigurnom, a sigurnosno osoblje prisutno je na glavnim postajama. Međutim, uvijek je preporučljivo poduzeti opće mjere opreza i paziti na svoje okruženje, osobito tijekom vremena gužve.

Općenito, bečka podzemna željeznica nudi praktičan i učinkovit način kretanja gradom, što olakšava putovanje do raznih atrakcija i odredišta u Beču.



Slika 8. Bečki metro

Izvor: [https://coeser.de/blog/index.php/2020/04/21/wien-die-aesthetik-der-u-bahn/\[11\]](https://coeser.de/blog/index.php/2020/04/21/wien-die-aesthetik-der-u-bahn/)

3.5. Berlinski metro (U-Bahn)

Berlinski metro je podzemni brzi tranzitni sustav u Berlinu u Njemačkoj. To je jedna od najstarijih i najopsežnijih mreža metroa na svijetu. U-Bahnom upravlja Berliner Verkehrsbetriebe (BVG), glavna tvrtka za javni prijevoz u Berlinu. [12]

Ključne činjenice o berlinskoj podzemnoj željeznici:

1. Povijest: Berlinska podzemna željeznica započela je s radom 1902. godine, što je čini jednim od prvih sustava podzemne željeznice u svijetu. S godinama se mreža proširila i sada se sastoji od deset linija. [12]

2. Mreža: U-Bahn mreža pokriva grad Berlin i proteže se na okolna područja. Linije su označene slovima (U1 do U9) i opslužuju istočni i zapadni dio grada. [12]

3. Stanice: U Berlinu postoji preko 170 stanica U-Bahna, od kojih mnoge imaju jedinstvene arhitektonske dizajne. Neke postaje, kao što su Zoologischer Garten i

Alexanderplatz, glavna su prometna čvorišta s vezama s drugim linijama U-Bahna, S-Bahnom (gradskom željeznicom) i uslugama regionalnih vlakova. [12]

4. Vlakovi: U-Bahn vlakovi poznati su po svojoj karakterističnoj žutoj boji, a pokreće ih električna energija. Voze na tračnicama standardnog kolosijeka i njima uglavnom upravlja strojovođa, iako neki noviji vlakovi imaju automatske sustave upravljanja vlakom. [13]

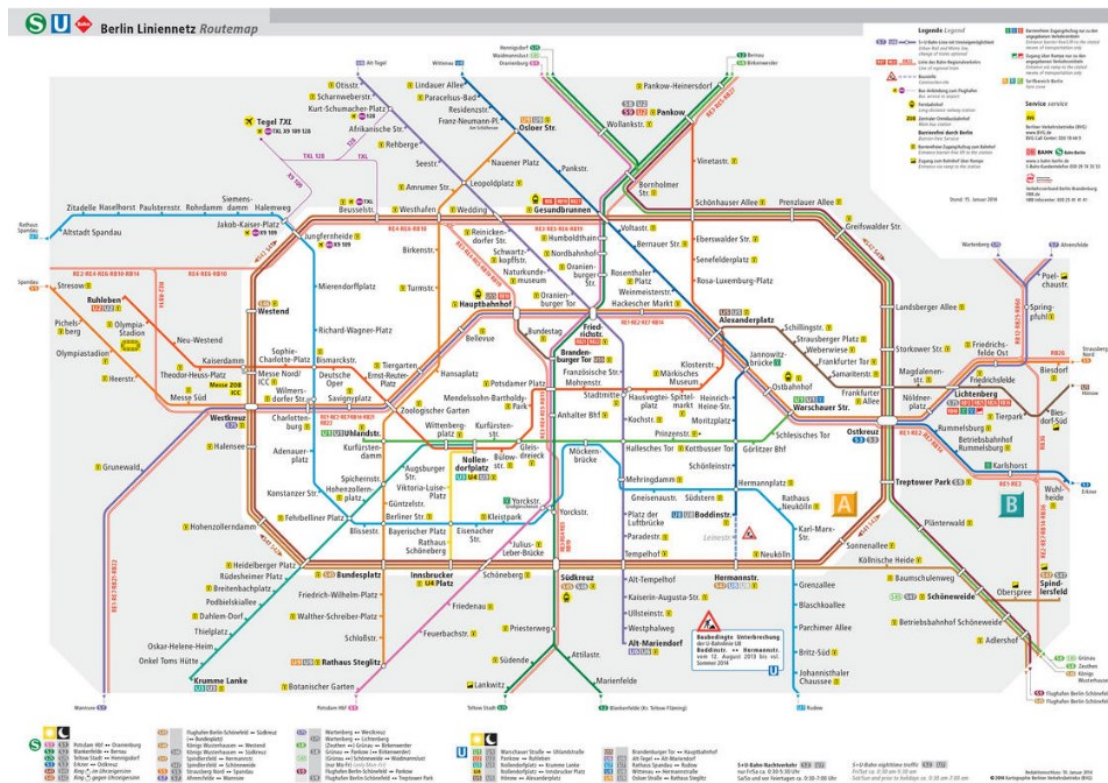
5. Frekvencija i radno vrijeme: U-Bahn radi od ranog jutra do oko ponoći. Tijekom radnih dana vlakovi obično voze svakih nekoliko minuta, a učestalost se može smanjiti tijekom večeri, vikenda i praznika. [13]

6. Ulaznice: Za korištenje U-Bahna potrebna vam je važeća karta. BVG nudi razne opcije ulaznica, uključujući pojedinačne karte, dnevne karte te tjedne ili mjesečne karte. Karte se mogu kupiti na kolodvorskim automatima ili putem BVG mobilne aplikacije. [13]

7. Pristupačnost: BVG se zalaže da U-Bahn učini pristupačnim osobama s invaliditetom. Mnoge postaje imaju dizala, rampe i sustave taktilnog navođenja za putnike oštećena vida. [14]

8. U-Bahn muzej: Berlin ima U-Bahn muzej koji se nalazi na stanici Olympia-Stadion. Prikazuje povijest sustava U-Bahna, uključujući starinske vlakove, automate za prodaju karata i druge artefakte. [14]

Berlinska podzemna željeznica sastavni je dio gradskog sustava javnog prijevoza i pruža praktičan način putovanja po Berlinu i njegovim predgrađima. Naširoko ga koriste stanovnici i posjetitelji, a nudi pouzdano i učinkovito prijevozno sredstvo.



Slika 9. Shematski prikaz berlinske podzemne željeznice

Izvor: <https://berlinmap360.com/berlin-metro-map> [12]

3.6. Madridski metro

Madridski metro sustav je brzog prijevoza koji služi gradu Madridu u Španjolskoj i njegovim okolnim područjima. To je jedna od najvećih i najprometnijih metro mreža u Europi, s ukupnom duljinom od približno 294 kilometra (183 milje) i 13 linija.

Madridski metro prvi put je otvoren 1919. godine, a od tada je prošao kroz nekoliko proširenja i poboljšanja kako bi zadovoljio rastuće potrebe grada za prijevozom. Metro sustavom upravlja državno poduzeće, Metro de Madrid. [15]

Evo nekoliko ključnih značajki i činjenica o madridskom metrou:

1. Linije: Mreža metra sastoji se od 13 linija, označenih brojevima i bojama. Svaka linija ima svoju određenu rutu i povezuje različite dijelove grada. Neke od važnih linija su Linija 1 (svijetloplava), Linija 2 (crvena), Linija 6 (siva) i Linija 10 (tamnoplava).

2. Postaje: Postoji više od 300 stanica u sustavu madridskog metroa. Stanice su obično označene velikim crvenim znakom "M", a mnoge od njih imaju jedinstvene arhitektonske dizajne.

3. Naplata karata: Madridski metro koristi sustav beskontaktnih pametnih kartica pod nazivom "Metrobús". Putnici mogu kupiti karte za jedno putovanje, karte za 10 putovanja ili kartice koje se mogu puniti za više putovanja. Ista se kartica može koristiti i za druge oblike javnog prijevoza u Madridu, poput autobusa i prigradskih vlakova.

4. Radno vrijeme: Madridski metro radi od otprilike 6:00 ujutro do 1:30 ujutro radnim danom i nedjeljom. Petkom, subotom i noćima prije državnih praznika podzemna željeznica prometuje neprekidno cijelu noć.

5. Pristupačnost: Većina metro stanica u Madridu je pristupačna osobama s invaliditetom. Ove stanice imaju dizala, pokretne stepenice i taktilno popločavanje za pomoć osobama oštećena vida.

6. Veza sa zračnom lukom: Madridski metro pruža izravnu vezu sa zračnom lukom Madrid-Barajas, jednom od najprometnijih zračnih luka u Europi. Linija 8 (ružičasta) povezuje terminale zračne luke sa središtem grada, što je čini pogodnom za putnike.

7. Planovi proširenja: Madridski metro nastavlja se širiti novim linijama i proširenjima koja se grade kako bi se poboljšala povezanost. Najnoviji dodatak je linija 11 (svijetlo zelena), koja je otvorena početkom 2023.

8. Prijevoz i važnost: Madridski metro neophodan je način prijevoza za stanovnike i posjetitelje. Prevozi milijune putnika svaki dan i igra značajnu ulogu u smanjenju prometnih gužvi i promicanju održivog prijevoza u gradu.



Slika 10. Shematski prikaz madridske podzemne željeznice

Izvor: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Madrid_metro_map.svg [16]

3.7. Rimski metro

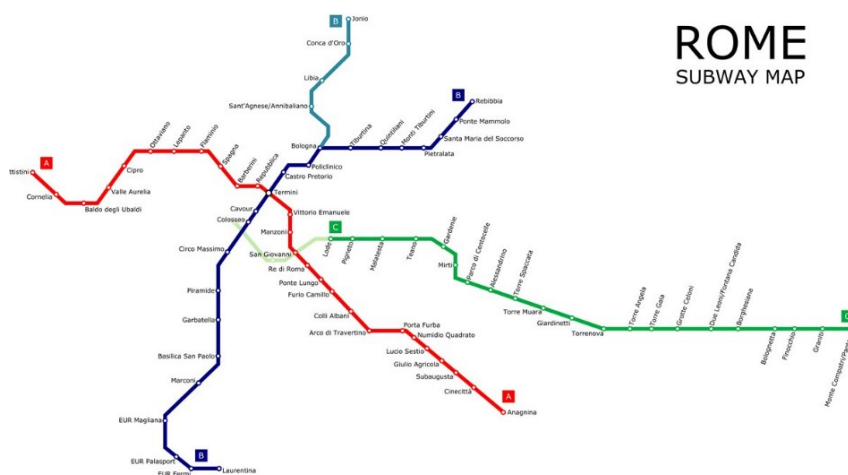
Rimski metro, poznat i kao Metropolitana di Roma, sustav je brzog prijevoza koji služi gradu Rimu u Italiji. To je jedan od najmanjih metro sustava u Europi, koji se sastoji od samo tri linije: linija A (narančasta), linija B (plava) i linija C (zelena). Rimskim metroom upravlja ATAC (Azienda per i Trasporti Autoferrotranviari del Comune di Roma), gradsko poduzeće za javni prijevoz. [17]

Nekoliko informacija o svakoj liniji:

1. Linija A (narančasta linija): Linija A je najstarija i najprometnija linija Rimskog metroa. Proteže se od sjeveroistočnog predgrađa Battistini do jugoistočnog predgrađa Anagnina. Opslužuje nekoliko važnih stanica u središtu grada, uključujući Termini (glavni željeznički kolodvor u Rimu), Spagnu (Španjolske stepenice) i Ottaviano (Vatikanski muzeji). Linija A se križa s linijom B na stanici Termini.

2. Linija B (plava linija): Linija B vozi od sjeverozapadnog predgrađa Rebibbia do jugozapadnog predgrađa Laurentina. Križa se s linijom A na kolodvoru Termini. Linija B također služi važnim stanicama kao što su Colosseo (Koloseum), Circo Massimo (Circus Maximus) i EUR Fermi (EUR poslovna četvrt).

3. Linija C (Zelena linija): Linija C je najnovija linija rimskog metroa, trenutno u izgradnji. Na kraju će ići od sjeveroistočnog predgrađa Monte Compatri-Pantano do istočnog predgrađa Lodija. Prema mojim saznanjima, samo dio linije C radi od Monte Compatri-Pantano do San Giovannija. Očekuje se da će linija biti dovršena u budućnosti, s dodatnim stanicama i proširenjima. Rimska podzemna željeznica radi otprilike od 5:30 do 23:30, s vlakovima koji voze u intervalima od 7-10 minuta tijekom vršnih sati i 10-15 minuta izvan vršnih sati. Metro sustav je zgodan način za kretanje gradom i dolazak do glavnih turističkih atrakcija, iako je određena područja Rima bolje istražiti pješice zbog njihovog povijesnog značaja i uskih ulica. [17]



Slika 11. Shematski prikaz rimske podzemne željeznice

Izvor: <https://www.romesightseeing.net/metro-rome/>[17]

Ovo su samo neki od primjera podzemnih željeznica u Europi. Mnogi drugi gradovi imaju svoje sustave podzemne željeznice.

Jedan od primjera je podzemna željeznica u Budimpešti. To je jedan od najstarijih sustava metroa na svijetu, a ujedno i najstariji u kontinentalnom dijelu Europe. S prvom linijom koja je otvorena 1896. godine, Budimpeštanski metro trenutno se sastoji od četiri linije, označene kao M1, M2, M3 i M4. Poznat je i po svojoj arhitektonskoj ljepoti, s nekoliko stanica jedinstvenog dizajna i ukrasa, što možemo vidjeti na slici 12. [18]



Slika 12. Linija M4 budimpeštanskog metroa

Izvor: <https://bookinbudapest.com/budapest-metro-4-green-line>[18]

Grad koji također ima svoju podzemnu željeznicu je Lausanne u Švicarskoj. To je najmanji grad na svijetu sa sustavom podzemne željeznice. Sastoji od dvije željezničke linije M1 i M2. 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 (planirano otvorenje linije M3 je 2025. godine). [1]

Od većih, značajnijih gradova koji imaju sustav podzemne željeznice su još: Milano, München, Lisabon, Prag, Varšava, Atena, Istanbul, Stockholm.

Tablica 1. Europski gradovi s podzemnom željeznicom

GRAD	POVRŠINA GRADA	BROJ STANOVNIKA	LINIJE PODZEMNE ŽELJEZNICE (KM)
London	1,572 km ²	8,98 milijuna	402 km
Pariz	105,4 km ²	2,16 milijuna	219 km
Moskva	2,511 km ²	11,98 milijuna	397 km
Beč	414,6 km ²	1,89 milijuna	83,1 km
Berlin	891,8 km ²	3,65 milijuna	155,4 km
Madrid	604,3 km ²	3,22 milijuna	293 km
Rim	1,285 km ²	2,87 milijuna	59,4 km
Budimpešta	525,2 km ²	1,56 milijuna	39,7 km
Lausanne	41,37 km ²	137,810	13,7 km
Milano	181,8 km ²	1,35 milijuna	96,6 km
München	310,7 km ²	1,47 milijuna	103,1 km
Lisabon	100 km ²	504,718	44,5 km
Prag	496,2 km ²	1,31 milijuna	65,2 km
Varšava	517,2 km ²	1,77 milijuna	41,3 km
Atena	38,96 km ²	≈ 3 milijuna	91,7 km
Istanbul	5,461 km ²	15,46 milijuna	214,65 km
Stockholm	188 km ²	975,551	108 km

Izvori: <https://www.railway-technology.com>[19]

<https://www.enciklopedija.hr>/[5] – obrada autora

Usporedimo li gradove navedene u tablici s hrvatskom metropolom Zagrebom, dolazimo do zaključka da je itekako isplativa podzemna željeznica u glavnom gradu Hrvatske. Zagreb prema zadnjem popisu stanovništva iz 2021. godine broji 790,017 stanovnika, dok sa širim područjem grada brojka prelazi i više od milijun. Površina grada Zagreba iznosi 641 km², što je više od većine gradova prikazanih u tablici. S obzirom na gustoću prometa u vršnim satima, smatram da bi podzemna željeznica u Zagrebu bila korisna. [5]

4. PREDNOSTI I NEDOSTACI PODZEMNIH ŽELJEZNICA

Podzemne željeznice imaju niz prednosti, ali i nedostataka. Sustavi podzemnih željeznica sve više usmjeravaju prema održivosti i smanjenju negativnog utjecaja na okoliš. Kako bi se osigurao doprinos podzemnih željeznica održivom razvoju, postavljene su smjernice koje se odnose na različita područja. Važno je napomenuti da prednosti i nedostaci mogu varirati ovisno o specifičnom kontekstu i implementaciji podzemnih metro sustava u različitim gradovima.

4.1. Prednosti podzemnih željeznica

1. Brzina i učinkovitost: Podzemne željeznice poznate su po svojoj velikoj brzini i učinkovitosti. Budući da se nalaze pod zemljom, nisu podložni prometnim gužvama na cestama. To omogućuje brži i pouzdaniji prijevoz putnika do njihovih odredišta. Vlakovi podzemne željeznice često prometuju u redovitim intervalima, smanjujući vrijeme čekanja za putnike.
2. Veliki kapacitet: Podzemne željeznice imaju prednost u prijevozu velikog broja putnika. Vagoni metroa obično su duži i mogu primiti više putnika u usporedbi s autobusima ili tramvajima. Ovo je osobito važno u gusto naseljenim urbanim područjima s velikim brojem putnika.
3. Smanjena prometna gužva i zagađenje: Poticanjem korištenja javnog prijevoza, podzemne željeznice značajno smanjuju broj vozila na cestama, smanjujući prometne gužve i smanjujući zagađenje zraka. Umjesto da svaki putnik koristi vlastiti automobil, metro može prevoziti veliki broj ljudi istovremeno, čime se smanjuje ukupni promet.
4. Pouzdanost: Podzemne željeznice općenito rade prema fiksnim rasporedima i imaju visoku razinu pouzdanosti. Putnici mogu očekivati dolazak i odlazak vlakova prema redu

vožnje, što im olakšava planiranje putovanja. Ova predvidljivost posebno je vrijedna za putnike koji se oslanjaju na javni prijevoz za svoje svakodnevno putovanje na posao.

5. Sigurnost: Podzemne željeznice često imaju visoke sigurnosne standarde. Sigurnosne mjere kao što su videonadzor, prisutnost osoblja i sustavi za hitne slučajeve doprinose sigurnosti i dobrobiti putnika. Osim toga, namjenske platforme i barijere osiguravaju odvajanje putnika od tračnica, smanjujući rizik od nesreća.

6. Povezanost i pristupačnost: podzemne željeznice obično povezuju različite dijelove grada, poboljšavajući dostupnost različitim područjima. Služe kao okosnica mreža javnog prijevoza, povezujući stambena područja, poslovne četvrti, obrazovne ustanove i druga ključna odredišta. Često je osigurana integracija s drugim načinima javnog prijevoza, kao što su autobusi i tramvaji, što putnicima omogućuje besprijekoran prelazak između različitih sustava prijevoza.

7. Smanjena buka i vibracije: podzemne željeznice proizvode manje buke i vibracija u usporedbi s površinskim vlakovima, što pridonosi ugodnijem i udobnijem iskustvu putovanja na posao. Mjere zaštite od buke i zvučne izolacije koje se primjenjuju u tunelima podzemne željeznice pomažu smanjiti utjecaj rada vlakova na okolni okoliš.

8. Urbani razvoj i korištenje zemljišta: Sustavi podzemne željeznice mogu potaknuti urbani razvoj i utjecati na obrasce korištenja zemljišta. Prisutnost stanice podzemne željeznice često dovodi do povećane ekonomske aktivnosti i vrijednosti imovine u okolnim područjima. Graditelji i tvrtke vjerojatnije će ulagati u lokacije s praktičnim pristupom javnom prijevozu, stvarajući živahna i održiva urbana središta.

Ukratko, podzemne željeznice nude brojne prednosti uključujući brzinu, učinkovitost, kapacitet, smanjenu prometnu gužvu i zagađenje, pouzdanost, sigurnost, povezanost i poboljšani urbani razvoj. Ovi čimbenici čine sustave podzemne željeznice vitalnom komponentom modernih gradskih prometnih mreža, pružajući održiv i učinkovit način javnog prijevoza za milijune ljudi širom svijeta. [1]

4.2. Nedostaci podzemnih željeznica

1. Visoki troškovi izgradnje: Podzemne željeznice poznate su po visokim troškovima izgradnje. Proces uključuje opsežno probijanje tunela, postavljanje tračnica, izgradnju stanica i nabavu specijalizirane opreme. Ovi troškovi mogu predstavljati financijski teret

za mnoge gradove, osobito one s ograničenim proračunima. Troškovi otkupa zemljišta i suočavanja s potencijalnim arheološkim ili geološkim izazovima mogu dodatno povećati troškove.

2. Duga razdoblja izgradnje: Izgradnja sustava podzemne željeznice je dugotrajan pothvat. Faza izgradnje može trajati nekoliko godina ili čak desetljeća, ovisno o veličini i složenosti projekta. Tijekom tog vremena, građevinski radovi koji su u tijeku mogu uzrokovati značajne poremećaje u odvijanju prometa, pješачkom pristupu i ukupnoj urbanoj infrastrukturi. Osim toga, duga razdoblja izgradnje mogu dovesti do prekoračenja troškova zbog inflacije ili nepredviđenih promjena u uvjetima na gradilištu.

3. Održavanje i popravci: Podzemne željeznice zahtijevaju redovito održavanje kako bi se osigurala sigurnost i učinkovitost rada. Zadaci održavanja uključuju preglede pruge, provjere sustava signalizacije, održavanje ventilacijskog sustava i održavanje pokretnih stepenica/dizala. Izvođenje ovih aktivnosti često zahtijeva specijaliziranu stručnost i može biti skupo. Radovi na popravcima, posebno oni koji uključuju glavne komponente ili infrastrukturu, mogu zahtijevati privremena zatvaranja ili prekide usluga, stvarajući neugodnosti putnicima.

4. Ograničena pokrivenost: Podzemne željeznice su najkorisnije u gusto naseljenim urbanim područjima, gdje mogu učinkovito prevesti velike količine ljudi. Međutim, njihova pokrivenost često je ograničena na ove urbane jezgre, a proširenje mreže na prigradska ili ruralna područja može biti izazovno zbog povezanih troškova i logističkih složenosti. Kao rezultat toga, stanovnici udaljenih regija možda nemaju pristup uslugama podzemne željeznice, što zahtijeva alternativne načine prijevoza.

5. Ovisnost o električnoj energiji: Podzemne željeznice uvelike se oslanjaju na kontinuiranu opskrbu električnom energijom za rad vlakova, rasvjete, ventilacijskih sustava i drugih kritičnih komponenti. Bilo kakav prekid struje ili kvar u električnim sustavima može poremetiti usluge i neugodnosti za putnike. Sustavi pričuvnog napajanja, kao što su generatori, obično su postavljeni za ublažavanje takvih situacija, ali oni ne moraju uvijek biti potpuno pouzdani ili sposobni za održavanje operacija tijekom duljeg razdoblja.

6. Zagušenja u satima špice: Tijekom špica, podzemne željeznice često doživljavaju prenatrpanost. Putnici su nagurani u kratim vagonima, što dovodi do nelagode i

potencijalnih sigurnosnih problema. Fenomen zagušenja u vršnim satima također može rezultirati kašnjenjima jer je putnicima potrebno više vremena za ukrcaj i iskrcaj, što dovodi do sporijeg vremena okretanja na postajama.

7. Nefleksibilnost u promjenama rute: Jednom kada se izgradi sustav podzemne željeznice, uvođenje značajnih promjena u rute ili dodavanje novih linija postaje izuzetno izazovno i skupo. Ovaj nedostatak fleksibilnosti može biti problematičan kako se obrasci urbanog razvoja razvijaju, pojavljuju se novi populacijski centri ili se mijenjaju zahtjevi za prijevozom. Naknadno opremanje postojeće infrastrukture ili proširenje vodova često zahtijeva složena inženjerska rješenja i može poremetiti rad tijekom faze izgradnje. [20]

Unatoč ovim nedostacima, važno je napomenuti da su podzemne željeznice i dalje vitalna komponenta sustava gradskog prijevoza, pružajući učinkovite i pouzdane mogućnosti masovnog prijevoza u mnogim gradovima diljem svijeta. Ulažu se naporu u rješavanje ovih izazova kroz pažljivo planiranje, tehnološki napredak i stalna poboljšanja u praksi projektiranja, izgradnje i održavanja.

Tablica 2. Prednosti i nedostaci podzemnih željeznica

PREDNOSTI PODZEMNIH ŽELJEZNICA	NEDOSTACI PODZEMNIH ŽELJEZNICA
Brzina i učinkovitost	Visoki troškovi izgradnje
Veliki kapacitet	Duga razdoblja izgradnje
Smanjena prometna gužva i zagađenje	Održavanje i popravci
Pouzdanost	Ograničena pokrivenost
Sigurnost	Ovisnost o električnoj energiji
Povezanost i pristupačnost	Zagušenja u satima špice
Smanjena buka i vibracije	Nefleksibilnost u promjenama rute
Urbani razvoj i korištenje zemljišta	*

Izvor: obrada autora

5. ANALIZA POTREBE I MOGUĆNOSTI PLANIRANJA PODZEMNIH ŽELJEZNICA U GRADOVIMA RH

U Republici Hrvatskoj ni u jednom gradu ne postoji sustav podzemne željeznice. Iako razmišljanja i planovi postoje već nekoliko desetljeća, do odluke o razradi u smislu prostornog planiranja te urbanističkog planiranja, pa tako niti do pripremnice faze za realizaciju, do sada nije došlo. Republika Hrvatska, sa svoja četiri velika gradska centra – Zagreb, Osijek, Split i Rijeka, predstavlja tek manje gradove u odnosu na prethodno analizirane sustave velikih europskih gradova. Grad Osijek svojom površinom i brojem stanovnika ne pokazuje posebnu potrebu za uvođenjem podzemne željeznice budući da je prometno vrlo dobro organiziran, kako u prometu u kretanju tako i u mirovanju. Rijeka i Split već pokazuju izvjesnu zagušenost prometom u svim dijelovima grada, kako središtu tako i u stambenim četvrtima, međutim zbog konfiguracije terena podzemna željeznica se ne čini najmudrijim i najpotrebnijim rješenjem ili pak opcijom koja bi nudila ekonomski opravdano ulaganje, niti bi time pomogla u rješavanju „nadzemne prometne krize“. Međutim, grad Zagreb, svojom konfiguracijom tla i reljefom pruža adekvatnu mogućnost za mrežu podzemnih linija, a svojom veličinom i naseljenošću, kao i prostornom rasprostranjenosti, predstavlja potencijal za dobru analizu i viziju što bi podzemna željeznica značila. Posebno danas kad je grad opterećen prometom u kretanju, sve je veći problem i promet u mirovanju (parkinzi i garaže), zagađenost, nefunkcioniranje u vršnom opterećenju u „rush-hour“ razdobljima. Danas građani grada Zagreba sve češće posežu za taxi prijevozom jer je vlastiti automobil postao više opterećenje nego korist prilikom odlaska u grad, na posao, u kazalište i dr. Dakle, potrebno je nešto poduzeti.

O zagrebačkom metrou govori se već više od 50 godina, bile su rađene i studije u suradnji sa stručnjacima iz Moskve, radio se tzv. Generalni prometni plan, Englezi su radili prometnu studiju, no nijedna od tih studija nije se verificirala pa ni realizirala. Obzirom da se veći dio grada Zagreba nalazi u nizinskom području, moguće je sustav podzemne željeznice izgraditi jednostavnom metodom plitkog iskopa.



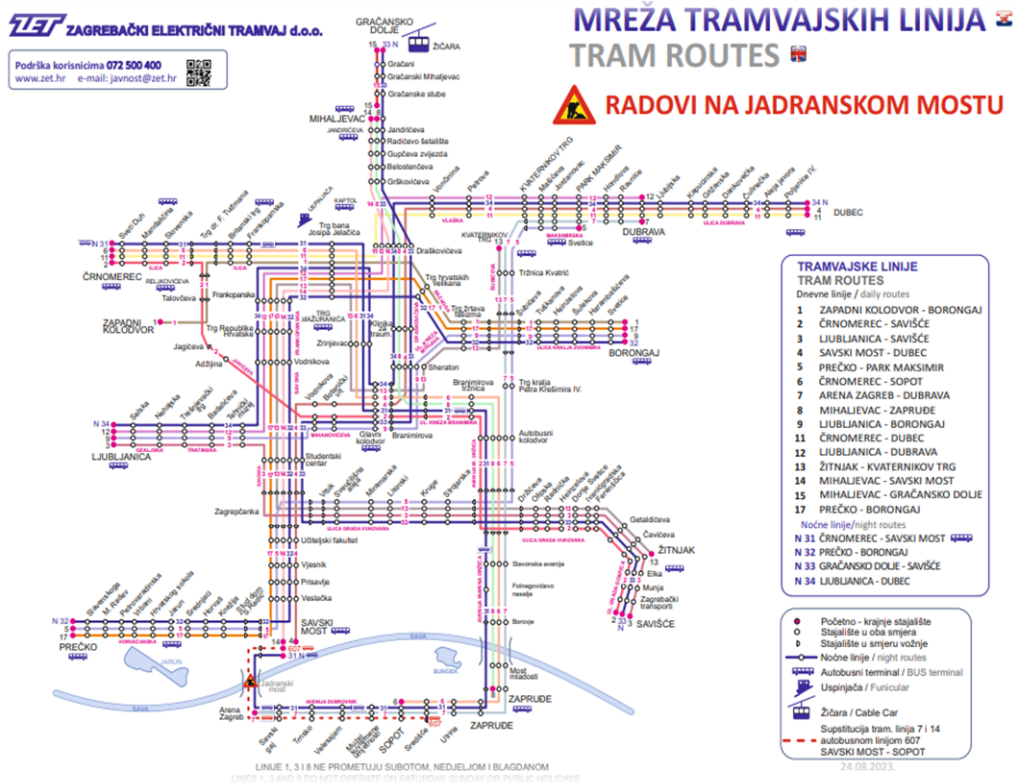
Slika 13. Satelitska karta grada Zagreba

Izvor: <https://www.google.com/maps> [22]

„Prve tehnički argumentirane razloge za izgradnju podzemne željeznice grada Zagreba nalazimo u stručnim izvorima starima ponegdje čak i pola stoljeća. Prometni zahtjevi sredine i njihov budući razvoj već su onda bili dovoljno jasni i predvidljivi, pa se tako ondašnja predviđanja ostvaruju danas u stvarnosti, i to kao prometna zagušljivost, nepostojanje parkirališnih mjesta, velika zagađenost i buka u središtu grada, mase ljudi pri svakodnevnom kretanju unutar gradske sredine u smjerovima sjever–jug i istok–zapad. Ondašnji autor tih studija je bio upoznat s uvjetima razvoja, tehnologijom izgradnje i konačnim rezultatima izgradnje podzemne željeznice u gradovima bivšeg SSSR-a, no ondašnja se argumentacija bez iznimaka može i danas upotrijebiti. Financiranje izgradnje zasnivalo se na načinu, koji je tada bio uobičajen (zajmom koji preuzima grad ili država). Taj model financiranja mogao bi se i danas primijeniti. Međutim, u posljednje se vrijeme u svijetu umjesto izravnog financiranja od strane lokalne ili državne uprave sve više primjenjuje financiranje od strane privatnih investitora. Takav model olakšava pronalaženje financijskih izvora i ubrzava izgradnju gradskih podzemnih željeznica.“ (Kolić i Kolić, 2001). [21]

Prema novijim informacijama, studija također predviđa spuštanje željezničke pruge pod zemlju u središnjem dijelu Zagreba, čime bi se oslobodio prostor za nove javne sadržaje, trgove i parkove, dakle za razvoj grada i gradskog prometa te za povezivanje gradskih cjelina koje ta pruga desetljećima razdvaja. Prema zamisli prometnog stručnjaka, željeznička pruga bila bi spuštena pod zemlju kraj Vrapča na zapadu, a završila bi u dužini od sedam kilometara blizu Zavrtnice na istoku, dok bi se na jugu spuštala u dužini od dva i pol kilometra sve do Vukovarske ulice. Dakle, pruga bi se na -2 etaži prostirala na nešto manje od deset kilometara, a na etaži -1 predviđena je komunikacija putnika. Također bi se mogla spajati na prigradske željeznice za Samobor, Zaprešić, Veliku Goricu, Sisak i Sesvete. Preseljenjem pruge pod zemlju pojavili bi se u centru grada golemi slobodni prostori koji bi se mogli iskoristiti na kreativniji način. Konkretno, sa spuštanjem željeznice pod zemlju dobilo bi se oko 65 hektara nove slobodne površine. Također, željeznički sustav potpuno bi se odvojio od cestovnog, odnosno funkcionirali bi na dva odvojena nivoa te više ne bi bilo kolizije između željeznice i cestovnog prometa. Osim toga, drastično bi se promijenila slika zagrebačkog središta. Primjerice, Branimirova ulica pretvorila bi se u civiliziranu urbanu aleju sa zelenilom i zgradama i s južne i sa sjeverne strane, jer više ne bi bilo potrebe sa zidom s grafitima koji je skrivao pogled na kolosijeke. Autori studije smatraju da se uklanjanjem pruge može povezati povijesno središte u Donjem gradu s novim središtem u Trnju, a dosad nepovezani grad integrirati u homogen organizam koji funkcionira kao kompleksna cjelina. [23]

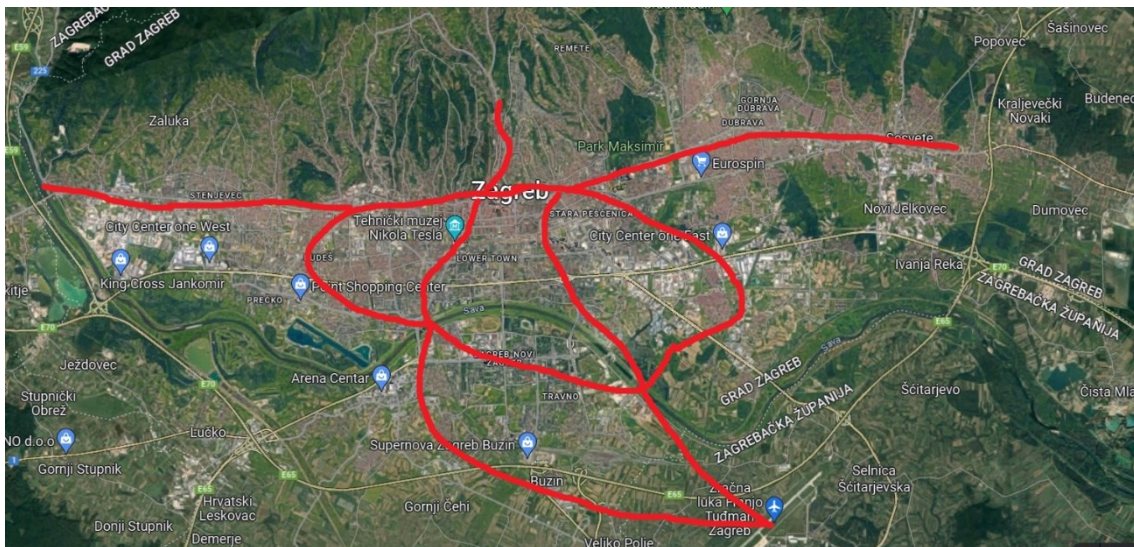
Prijevoz putnika u Zagrebu danas je nezamisliv bez javnog prijevoza (ZET-a). Autobusni i tramvajski promet ZET-a organizirani su integrirani sustav, tako da se trase nigdje ne preklapaju i nisu konkurencija. Tramvajska mreža najrazvijenija je u centru grada te se potom radijalno širi prema rubnim dijelovima grada. Svi autobusni terminali nalaze se uz okretišta tramvaja ili tramvajske stanice, od kojih se potom radijalno šire kroz ostale dijelove grada. Ukupna površina područja prometovanja linija ZET-a je 883 km², a ukupna dužina linija javnog prometa je 1742 kilometara. [24]



Slika 14. Mreža tramvajskih linija u Zagrebu

Izvor: zet.hr [25]

Što se tiče autobusnih linija, njih 147 povezuje područje Grada Zagreba, Velike Gorice i Zaprešića, a prijevoz putnika organiziran je u općinama Bistra, Luka i Stupnik. [25]



Slika 15. Prikaz linija podzemne željeznice u Zagrebu

Izvor: <https://www.google.com/maps> - obrada autora

Prometni problemi u Zagrebu su dobro poznati i predstavljaju izazov za stanovnike i gradske vlasti. Neki od glavnih problema u prometu u Zagrebu uključuju sljedeće:

1. Prometne gužve: Zagreb se suočava s čestim prometnim gužvama, osobito u središtu grada i na glavnim prometnicama tijekom jutarnjeg i popodnevnog špica. Gužve povećavaju vrijeme putovanja, stvaraju stres za vozače i negativno utječu na ukupnu protočnost prometa.

2. Nedostatak adekvatne infrastrukture: Postojeće prometne infrastrukture u Zagrebu često su nedovoljne za zadovoljavanje rastućih potreba prometa. Nedostatak dodatnih prometnih traka, nedostatak parkirališnih mjesta i nedostatak pješačkih i biciklističkih staza otežavaju promet i smanjuju sigurnost u gradu.

3. Nedovoljan javni prijevoz: Javni prijevoz u Zagrebu, iako postoje tramvajske i autobusne linije, može biti preopterećen i neadekvatan za broj putnika. Ovo može rezultirati pretrpanim vozilima, kašnjenjima i nelagodnom za putnike. Nedostatak dovoljnog kapaciteta javnog prijevoza prisiljava mnoge ljude da se oslanjaju na osobne automobile.

4. Nedostatak parkirnih mjesta: Nedostatak parkirnih mjesta u središtu grada Zagreba predstavlja veliki problem. Stanovnici i posjetitelji često se suočavaju s teškoćama u pronalaženju parkirnih mjesta, a visoke cijene parkiranja mogu biti dodatno opterećenje.

5. Nedovoljna podrška alternativnim oblicima prijevoza: Nedostatak podrške alternativnim oblicima prijevoza kao što su biciklističke staze i pješačke zone otežava održavanje održivog prometa u gradu. Nedovoljna infrastruktura i sigurnost za bicikliste i pješake mogu demotivirati ljude da se odluče za ove alternative.

Uvođenje metroa, poboljšanje javnog prijevoza, izgradnja dodatnih prometnih traka, ulaganje u biciklističku infrastrukturu itd., uveliko bi promijenilo stanje u prometu u glavnom gradu.

Izgradnjom metroa u Zagrebu dobili bismo značajne prednosti za stanovnike, turiste i promet u gradu, kao i za održivost i smanjenje onečišćenja. Neki od primjera su:

1. Ubrzanje putovanja: Metro je poznat po svojoj visokoj brzini i redovitosti. Uvođenje metroa u Zagrebu omogućilo bi brže putovanje u usporedbi s drugim oblicima javnog prijevoza, što bi bilo posebno korisno za stanovnike koji svakodnevno putuju na posao ili

školu. Brži prijevoz također bi potaknuo veću mobilnost i olakšao svakodnevne aktivnosti.

2. Smanjenje prometnih gužvi: Zagreb se suočava s problemom prometnih gužvi, posebno u središtu grada. Metro bi mogao smanjiti broj osobnih automobila na cestama, jer bi ljudi radije koristili brz, učinkovit i pouzdan javni prijevoz. Smanjenje prometnih gužvi poboljšalo bi protočnost prometa, smanjilo vrijeme putovanja i olakšalo svakodnevno kretanje građana.

3. Povezanost i dostupnost: Metro sustav bi omogućio bolju povezanost između različitih dijelova grada. To bi olakšalo putovanje stanovnicima koji žive ili rade na udaljenim područjima, kao i turistima koji žele istražiti znamenitosti grada. Bolja povezanost također bi potaknula gospodarski razvoj u područjima koja bi bila integrirana u metro mrežu.

4. Ekološka održivost: Metro je ekološki prihvatljiviji oblik prijevoza u usporedbi s vozilima na fosilna goriva. Kao električni sustav, metro ne proizvodi izravne emisije štetnih plinova. Uvođenje metroa u Zagrebu smanjilo bi emisije stakleničkih plinova i poboljšalo kvalitetu zraka u gradu, što bi imalo pozitivan utjecaj na okoliš i zdravlje stanovnika.

5. Smanjenje ovisnosti o automobilima: Metro bi pomogao smanjiti ovisnost građana o osobnim automobilima. Uz dobru povezanost i pouzdanost metroa, ljudi bi radije koristili javni prijevoz umjesto vožnje vlastitim vozilom.



Slika 16. Plan podzemne željeznice u Zagrebu iz 2001. godine

Izvor: Prihvatljivost podzemne željeznice u Zagrebu (Kolić i Kolić, 2001.) [21]

Primjerice, mogla bi se napokon ostvariti Sveučilišna aleja, također i Središnja zelena os, koja je dijelom ostvarena u Trnju, a planirana je do Novog Zagreba. Također, studija promišlja i povezivanje zračne luke željeznicom normalnog kolosijeka, kao i teretnu zaobilaznu prugu. Premještanje pruge pod zemlju mogla bi biti i prva stepenica za zagrebački metro. [21]

5.1. Podzemne željeznice u ostalim gradovima RH

Split je jedini hrvatski grad koji ima objekt kojeg bi se u nekom općenitom smislu mogao klasificirati terminom „podzemna željeznica“. Realno, radi se tek o 1,893 metra dugom željezničkom tunelu koji je 1979. na južnom dijelu nastao natkrivanjem usjeka, a na sjevernom dijelu ukopavanjem pruge. Kako bi je se osposobilo potrebno je samo osigurati pješački prilaz prema površini. No iskorištenje punog potencijala ovog objekta, te njegovo stavljanje u funkciju, ipak zahtjeva mnogo više ulaganja. Tunel nema nikakav sustav ventilacije, te predstavlja smrtonosnu zamku za svakoga tko se u njemu nađe skupa sa dizelskom lokomotivom. Stoga, prije svega, potrebno je eliminirati prometovanje dizelskih vlakova, što se jedino može postići skupim projektom elektrifikacije i nabavke novih električnih vozila. [26]



Slika 17. Splitska „podzemna željeznica“

Izvor: <https://www.split.com.hr/galerija/split/u-mraku-splitskog-metroa/6#7>

U ljeto 2019. godine pokušala se pokrenuti inicijativa oživljavanja „splitskog metroa“. Uvedena je linija s dva moderna vlaka koja je prevozila putnike svakih 20 minuta na 4 minute dugačkoj relaciji. Cijena karte iznosila je 11 kuna, a vlak je prometovao od 05:00 do 22:00. Projekt splitskog metroa bio je prva faza projekta povezivanja trajektne luke sa zračnom lukom Split i početak ulaganja u prigradsku željeznicu. Međutim, linija je nakon nekoliko mjeseci ukinuta zbog neisplativosti. Građani grada Splita jednostavno nemaju naviku vožnje željeznicom. [26]

U ostalim gradovima Republike Hrvatske, kao što je prethodno već proanalizirano, nema nikakvih naznaka za izgradnju podzemnih željeznica, što logično proizlazi iz nedostatke stvarne potrebe, ali i izuzetno visoke cijene izvođenja i održavanja takve vrste prometnice, čime se već i u teoriji takva ideja i zahvat može proglasiti neodrživim.

Hrvatska posljednjih godina bilježi pad broja stanovništva, veći gradovi nisu dovoljno veliki da bi se ispod njih gradile podzemne željeznice, te isto tako naša zemlja i gradovi ne raspolažu dovoljnim financijskim sredstvima da bi se sami opuštili u takve projekte. Problem prometnih gužvi mogao bi se riješiti korekcijom, saniranjem i rekonstrukcijom trenutnog javnog prijevoza, za što je potrebno mnogo manje novaca i sredstava, ali i puno volje i motivacije da se problemi rješavaju.

S obzirom na činjenično stanje prema gradovima u Hrvatskoj, jedino je Zagreb „kritična točka“ u kojoj ne samo da bi trebalo razmatrati mogućnosti, već je potrebno što prije prionuti sveobuhvatnom planiranju - prostornom, urbanističkom, organizacijskom, financijskom, političkom i dr. te se svakako osloniti na pozitivna iskustva europskih gradova, ali i na pomoć europskih fondova za razvoj, fondova solidarnosti te posebno fondova orijentiranih na postizanje uvjeta iz područja održivog razvoja.

6. ZAKLJUČAK

Sustavi europske podzemne željeznice postali su ključne komponente strategija održivog gradskog prijevoza. Iz ekološke perspektive, podzemne željeznice nude nekoliko prednosti u odnosu na konvencionalne načine prijevoza. Rade prvenstveno na električnu energiju, koja se može proizvesti iz obnovljivih izvora, čime se smanjuje ovisnost o fosilnim gorivima te se smanjuju emisije stakleničkih plinova. U usporedbi s privatnim vozilima, podzemne željeznice emitiraju znatno manje onečišćujućih tvari po prijeđenom

putničkom kilometru, što pridonosi poboljšanoj kvaliteti zraka i javnom zdravlju u urbanim područjima. Promičući odmak od načina života koji ovisi o automobilu, mreže podzemne željeznice igraju ključnu ulogu u smanjenju prometnih gužvi i povezanih ekoloških problema kao što su zagađenje bukom i rasipanje energije. Održivi razvoj nerazdvojivo je povezan sa socijalnom jednakosti i uključenošću, a sustavi podzemne željeznice u Europi napravili su značajne korake u tom pogledu. Jedna od ključnih prednosti podzemne željeznice je njihova sposobnost pružanja pouzdanog i pristupačnog prijevoza za ljude svih sposobnosti. Kolodvori i vlakovi dizajnirani su za prilagodbu osobama s invaliditetom, što im olakšava samostalno putovanje. Štoviše, fiksni rasporedi i predvidljiva priroda usluga podzemne željeznice osiguravaju da se putnici mogu osloniti na njih za svoje dnevne prijevozne potrebe, smanjujući vrijeme putovanja i poboljšavajući ukupnu mobilnost. Mreže podzemne željeznice također doprinose društvenoj koheziji povezivanjem različitih četvrti i zajednica, poticanjem interakcije i kulturne razmjene. Ekonomski, sustavi podzemne željeznice nude brojne prednosti gradovima i regijama. Pružanjem učinkovitog i pouzdanog prijevoza olakšavaju kretanje radnika, kupaca i robe, podržavajući gospodarske aktivnosti i produktivnost. Podzemne željeznice mogu ublažiti prometne gužve, što pomaže smanjiti troškove prijevoza za pojedince i tvrtke. Oni također omogućuju urbanim područjima da postignu veću gustoću naseljenosti bez velikog oslanjanja na osobne automobile, promičući kompaktan i održiv urbani razvoj. To zauzvrat može dovesti do povećanja gospodarskih mogućnosti i privući ulaganja, pridonoseći urbanoj revitalizaciji i otvaranju radnih mjesta. Osim toga, izgradnja i rad infrastrukture podzemne željeznice stvara mogućnosti zapošljavanja u različitim sektorima, uključujući inženjering, izgradnju, održavanje i operacije. Međutim, važno je priznati izazove povezane s implementacijom i održavanjem sustava podzemne željeznice. Izgradnja infrastrukture podzemne željeznice uključuje značajne početne troškove i zahtijeva dugoročnu financijsku održivost. Izvorima financiranja, kao što su javna ulaganja, državne subvencije i prihodi od karata, mora se pažljivo upravljati kako bi se osigurala održivost mreža podzemne željeznice. Nadalje, širenje mreže podzemne željeznice u utvrđenim urbanim područjima može biti složeno i destruktivno, zahtijevajući pažljivo planiranje i koordinaciju kako bi se smanjili negativni utjecaji na lokalne zajednice. Građevinske aktivnosti mogu prouzročiti privremene neugodnosti za stanovnike i tvrtke, a može postojati zabrinutost zbog potencijalnog raseljavanja. Kako bi

se maksimalno povećala održivost europskih sustava podzemne željeznice, može se usvojiti nekoliko strategija. Kontinuirano ulaganje u održavanje i nadogradnju ključno je za osiguranje pouzdanosti i učinkovitosti postojeće infrastrukture. Širenje mreža podzemne željeznice na nedovoljno opslužena područja i njihova integracija s drugim načinima prijevoza, kao što su autobusi, tramvaji i bicikli, mogu stvoriti besprijekorne multimodalne mreže koje nude sveobuhvatna i održiva rješenja mobilnosti. Usvajanje pametnih tehnologija, poput informacijskih sustava u stvarnom vremenu i integracije cijena karata, može poboljšati iskustvo putnika i optimizirati operacije. Štoviše, angažman javnosti i procesi participativnog planiranja mogu pomoći u rješavanju problema zajednice i osigurati da projekti podzemne željeznice uzimaju u obzir lokalne potrebe i težnje. Zaključno, europski sustavi podzemne željeznice, sa svojim prednostima za okoliš, društvenom uključenošću i ekonomskim prednostima, igraju ključnu ulogu u poticanju održivog urbanog razvoja. Iako postoje izazovi, dugoročne koristi i potencijal za stalna poboljšanja čine podzemne željeznice bitnom komponentom strategija održivog prijevoza u Europi.

A gdje je tu Republika Hrvatska?

Na izvoru svih informacija, tehnički sposobna učiniti sve i izdržati težinu negativnog aspekta u svrhu dugoročne dobrobiti – ali potrebno je pokrenuti se, dobro isplanirati i organizirati, i ne odustajati. Kamoli sreće da je podzemna željeznica dobila svojedobno prioritet pred izgradnjom sljemenske uspinjače. U svakom slučaju, naš glavni grad ne samo da zaslužuje svoj „metro“, već je on od ključne važnosti za daljnji razvoj, vraćanje grada u sektor „zeleni grad“, za poboljšanje kvalitete zraka i života u gradu, te za opći održivi razvoj. To je apsolutno nužno i opravdano ulaganje koje će od prvog dana opravdati svoje postojanje.

7. LITERATURA

- [1] Lesi, D. (2017). Podzemne željeznice u prometnim sustavima gradova
- [2] <https://rusija.si/>
- [3] Stanković, I. (2023). Promet u gradovima
- [4] Maretić, D. (2018). Doprinos prometne infrastrukture regionalnom gospodarskom rastu zemalja Europske unije
- [5] <https://www.enciklopedija.hr/>
- [6] <https://punkufer.dnevnik.hr/clanak/putovanja/tajne-podzemnog-londona-najpopularniji-europski-metro-u-kojem-su-se-skrivala-poznata-lica---722792.html>
- [7] <https://www.londontubemap.org/index.php>
- [8] <https://www.parisinsidersguide.com/paris-metro.html>
- [9] <https://www.riopricesaputovanja.com/v1/sveobuhvatni-vodic-za-moskovski-metro/>
- [10] <https://www.stadt-wien.at/wien/oeffentl-verkehrsmittel/u-bahn-wien-u-bahn-plan-fuer-alle-linien.html>
- [11] <https://coeser.de/blog/index.php/2020/04/21/wien-die-aesthetik-der-u-bahn/>
- [12] <https://berlinmap360.com/berlin-metro-map>
- [13] <https://www.berlin.de/en/public-transportation/1742343-2913840-underground-subway.en.html>
- [14] <https://www.bvg.de/en/service-and-support/barrier-free-travel>
- [15] <https://www.metromadrid.es/en>
- [16] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Madrid_metro_map.svg
- [17] <https://www.romesightseeing.net/metro-rome/>
- [18] <https://bookinbudapest.com/budapest-metro-4-green-line>
- [19] <https://www.railway-technology.com>
- [20] <https://hr.rayhaber.com/>

[21] Kolić i Kolić, (2001.) Prihvatljivost podzemne željeznice u Zagrebu

[22] <https://www.google.com/maps>

[23] <https://express.24sata.hr/top-news/veliki-vizionarski-projekt-za-uredenje-zagreba-buducnosi-25675>

[24] Udovčić, K. (2019.) Analiza javnog gradskog prometa u Zagrebu

[25] zet.hr

[26] <http://www.casopis-gradjevinar.hr/>

[27] Prinz, D. (2006.) Urbanizam svezak 1. - Urbanističko planiranje

Popis slika

Slika 1. Moskovski metro	8
Slika 2. Usporedno vrednovanje prometa.....	11
Slika 3. Londonski metro.....	12
Slika 4. Shematski prikaz linija londonske podzemne željeznice.....	14
Slika 5. Pariški metro.....	15
Slika 6. Postaja Mayakovskaya u moskovskom metrou.....	16
Slika 7. Trg revolucije na ljubičastoj liniji.....	17
Slika 8. Bečki metro.....	19
Slika 9. Shematski prikaz berlinske podzemne željeznice.....	21
Slika 10. Shematski prikaz madridske podzemne željeznice.....	23
Slika 11. Shematski prikaz rimske podzemne željeznice	24
Slika 12. Linija M4 budimpeštanskog metra.....	25
Slika 13. Satelitska karta grada Zagreba.....	32
Slika 14. Mreža tramvajskih linija u Zagrebu.....	34
Slika 15. Prikaz linija podzemne željeznice u Zagrebu	34
Slika 16. Plan podzemne željeznice u Zagrebu iz 2001. godine.....	36
Slika 17. Splitska „podzemna željeznica“	37

Popis tablica

Tablica 1. Europski gradovi sa podzemnom željeznicom	26
Tablica 2. Prednosti i nedostaci podzemnih željeznica	30