

Razvoj željeznica velikih brzina

Filip, Jelena

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies, Rijeka / Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:306838>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-14**



Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET

JELENA FILIP

RAZVOJ ŽELJEZNICA VELIKIH BRZINA

ZAVRŠNI RAD

Rijeka, 2023.

SVEUČILIŠTE U RIJECI

POMORSKI FAKULTET

**RAZVOJ ŽELJEZNICA VELIKIH BRZINA
DEVELOPMENT OF HIGH-SPEED RAILWAYS**

ZAVRŠNI RAD

Kolegij: Osnovne tehnologije prometa

Mentor: izv. prof. dr. sc. Siniša Vilke

Studentica: Jelena Filip

Studijski program: Tehnologija i organizacija prometa

JMBAG: 01120854703

Rijeka, 2023.

Studentica: Jelena Filip

Studijski program: Tehnologija i organizacija prometa

JMBAG: 01120854703

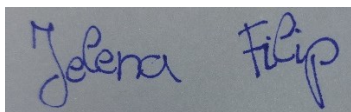
IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom
Razvoj željeznica velikih brzina

izradila samostalno pod mentorstvom
Izv. Prof. Dr. Sc. Siniša Vilke

U radu sam primijenila metodologiju izrade stručnog/znanstvenog rada i koristila literaturu koja je navedena na kraju završnog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući navela u završnom radu, na uobičajen, standardan način, citirala sam i povezala fusnotama i navedenim bibliografskim jedinicama. Nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Studentica: Jelena Filip

A rectangular box containing a handwritten signature in blue ink. The signature reads "Jelena Filip" in a cursive script.

Studentica: Jelena Filip

Studijski program: Tehnologija i organizacija prometa

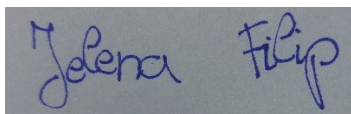
JMBAG: 01120854703

IZJAVA STUDENTA – AUTORA
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG ZAVRŠNOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor završnog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa završnim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog završnog rada kao autorskog djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Studentica/ autor: Jelena Filip

A rectangular box containing a handwritten signature in blue ink that reads "Jelena Filip".

SAŽETAK

Cilj je rada predočiti nastanak brzih željeznica, opisati značenje željezničke mreže te navesti pojedine infrastrukturne značajke. Brze željeznice pojavile su se 1964. godine u Japanu, zbog potražnje brzog i efikasnog načina transporta. Nakon velikoga uspjeha mreže vlakova velikih brzina u Japanu, svjetska se populacija više zainteresirala za razvoj brzih vlakova. Tijekom dvadesetoga stoljeća, sve uspješnije države imale su svoju mrežu brzih vlakova, a širenju je doprinijela i postojeća obična željeznica koja se uz nekoliko preinaka mogla pretvoriti u brzu željeznicu. Brze željeznice su pogonjene obnovljivim izvorima energije, stoga su i ekološki prihvatljive.

Ključne riječi: vlak velikih brzina, razvoj željeznica, infrastruktura.

SUMMARY

The aim of the paper is to determine the development of high-speed railways and to describe the development of the network and infrastructure features. High-speed railways appeared in 1964 in Japan due to the demand for fast and efficient means of transport. After the success of Japan's high-speed train network, the world turned its attention to the development of high-speed trains. During the twentieth century, all the more successful countries of the world had their own network of high-speed trains. Today, these networks are being upgraded and expanded all over the world. The possibility of expansion was also contributed by the existing ordinary railway, which can be converted into a high-speed railway with a few modifications. High-speed railways are powered by renewable energy sources, which further encourages their development and expansion.

Keywords: high-speed train, railway development, infrastructure.

SADRŽAJ

SAŽETAK	5
SUMMARY	5
1. UVOD	7
2. ŽELJEZNICE	8
2.1. POVIJEST ŽELJEZNICE	8
2.2. OPĆENITO O ŽELJEZNICAMA.....	9
2.3. INFRASTRUKTURA ŽELJEZNICE.....	9
3. ŽELJEZNIČKA VOZILA	13
3.1. VUČNA VOZILA.....	13
3.2. VUČENA VOZILA	14
3.2.2. Putnički vagon	14
4. ŽELJEZNICE VELIKIH BRZINA	16
4.1. POVIJEST BRZIH ŽELJEZNICA	16
4.2. ŽELJEZNICA VELIKIH BRZINA	17
5. PROMETNO-TEHNIČKE ZNAČAJKE ŽELJEZNICA VELIKIH BRZINA ..	18
5.1. RAZVOJ BRZIH ŽELJEZNICA U FRANCUSKOJ	19
5.2. LGV SUD-EST.....	21
5.3. RAZVOJ BRZIH ŽELJEZNICA U NJEMAČKOJ.....	22
5.4. RAZVOJ BRZIH ŽELJEZNICA U JAPANU	25
5.5. TOKAIDO SHINKANSEN.....	26
5.6. RAZVOJ BRZIH ŽELJEZNICA U KINI	27
6. USPOREDBA ŽELJEZNICE VELIKIH BRZINA I ZRAČNOG PROMETA ..	29
7. TENDENCIJE RAZVOJA ŽELJEZNICA VELIKIH BRZINA	31
8. ZAKLJUČAK	33
LITERATURA	40
INTERNETSKI IZVORI	40
POPIS SLIKA	41

1. UVOD

U ovom će se završnom radu predočiti sveobuhvatan uvid u infrastrukturu vlakova velikih brzina istražujući njihov utjecaj na mobilnost, društvo i ekonomiju. Cilj je završnoga rada, detaljno opisati i analizirati podatke povezane s vlakovima velikih brzina te predočiti tehničke komponente koje omogućuju da vlakovi postignu velike brzine. Suvremeno doba zahtijevalo je razvoj tehnologije kako bi se promet vlakova velikih brzina mogao odvijati na siguran, brz i udoban način. U posljednjih dvadesetak godina, sustav vlakova velikih brzina razvio se u vodeći način prevoženja putnika.

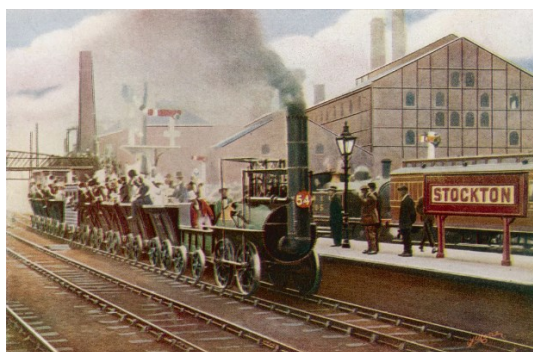
Uvođenje vlakova velikih brzina u prometnu infrastrukturu, predstavlja prekretnicu koja mijenja način putovanja i promjenu životnih uvjeta.

Isto tako, vlakovi velikih brzina doprinose smanjenju stakleničkih plinova, zbog toga što koriste obnovljive izvore energije za pokretanje istih. Isto tako, putovanje na velike udaljenosti u brzim vlakovima je udobnije i sigurnije od primjerice putovanja zrakoplovom. No, najveći nedostatak vlakova velikih brzina su visoki troškovi izgradnje i održavanja infrastrukture te potreba za visokim standardima sigurnosti.

2. ŽELJEZNICE

2.1. POVIJEST ŽELJEZNICA

Prvi željezni vagoni na tračnicama, koje su vukli konji, počeli su se upotrebljavati u 16. stoljeću u Njemačkoj i Engleskoj za prijevoz iskopane rude. Teretni i putnički razvoj željeznica, počeo je gradnjom udobnijih vagona. Prva javna željeznička prometna veza engleskih gradova Stocktona i Darlingtona uspostavljena je 1825. godine, a najstarija pruga u Hrvatskoj izgrađena je 1860. godine između Kotoribe i Čakovca. Prvu parnu lokomotivu, koja se smatrala prvom upotrebljivom lokomotivom na svijetu, izumio je engleski inženjer George Stephenson 1814. godine.¹ Stephensonov projekt, lokomotiva *Locomotion* iz 1825. godine, bila je prva lokomotiva koja je vukla prvi putnički vlak na svijetu na pruzi Stockton–Darlington.² Vlak je imao 36 vagona, od kojih 12 s ugljenom ili brašnom, 14 sa željezničarima i šest s putnicima.³ Četiri godine kasnije, na natjecanju lokomotiva na pruzi Liverpool–Manchester pobijedila je lokomotiva *Rocket*, s najvećom postignutom brzinom od 47 km/sat.⁴ Lokomotiva *Rocket*, smatra se pretečom lokomotiva koje su počele prometovati novoizgrađenom mrežom željezničkih pruga diljem svijeta. Željeznice velikih brzina koriste se za putnički promet na dugim relacijama te za prijevoz velike količine robe. Prve su željeznice koristile parne lokomotive kao pogonsko sredstvo, no razvojem tehnologije došlo je do proizvodnje električnih i dizelskih lokomotiva.



Slika 1 Ilustracija pruge Stockton

Izvor: <https://www.britannica.com/topic/Stockton-and-Darlington-Railway> (pristupljeno srpanj 2023.)

¹ <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=58020>

² <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=58020>

³ <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=58020>

⁴ <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=58020>

2.2. OPĆENITO O ŽELJEZNICAMA

Željeznica je grana kopnenoga sustava koja se oslanja na specijalno dizajnirane tračnice koje vlakovima omogućuju kretanje. Željeznica se smatra temeljnim podsustavom masovnoga prijevoza tereta i putnika na kopnu. Sa stajališta zaštite okoliša, željeznica najmanje onečišćuje zrak te upotrebljava minimalnu količinu pogonske energije. U odnosu na cestovni promet zauzima tri puta manje zemljišnoga prostora. Pojavom cestovnoga prometa došlo je do manje zainteresiranosti putnika za željeznički promet, dok je popularizaciji zračnoga prometa uvelike doprinjeo interkontinentalni željeznički promet.

Željeznica je ekološki prihvatljivija od cestovnoga i zračnoga prometa, zbog smanjenih emisija stakleničkih plinova. Isto tako, vlakovi omogućuju povezivanje udaljenijih gradova i regija, što je pogodno za ekonomski razvoj.

Unatoč mnogim prednostima, željeznički promet ima i nedostatke. Izgradnja i održavanje željezničke infrastrukture može biti skupa investicija za državu te privatne tvrtke. Željeznička mreža često nije gusto razvijena kao cestovna mreža. Isto tako, loši vremenski uvjeti ne pogoduju prometovanju vlakova, stoga je željeznički promet za vrijeme poplava, snijega te oluja obustavljen, što može dovesti do kašnjenja u voznom redu .

2.3. INFRASTRUKTURA ŽELJEZNICE

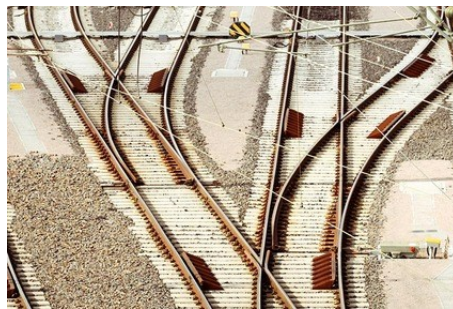
Infrastruktura željeznice sastoji se od fizičkih elemenata koji omogućuju funkcioniranje željezničkog prometa poput tračnica, željezničkih stanica, mostova, tunela, kolosijeka te ostalih građevnih elemenata povezanih sa željeznicom. Glavni element željezničke infrastrukture su tračnice. Tračnice su čelične šine koje su postavljene u parovima paralelnih traka koje omogućuju vožnju željezničkih vozila.



Slika 2 Željezničke tračnice

Izvor: <https://www.vecernji.hr/vijesti/krali-zeljezne-konstrukcije-i-zeljeznicke-tracnice-585836> (pristupljeno, srpanj 2023.)

Kolosijeci su mjesta na kojima se razdvajaju ili spajaju željezničke pruge. Kolosijeci omogućuju promjenu smjera vožnje vlakova te prebacivanje s jednog kolosijeka na drugi ili promjenu putova na željezničkoj stanici.



Slika 3 Kolosijek

Izvor: <https://www.railcargo.com/bs/usluge/zeljeznicki-transport-logistika/prikljucak-na->
(pristupljeno, srpanj 2023.)

Željezničke stanice su mjesta gdje se putnici ukrcavaju ili iskrcavaju iz vlaka. Stanice su mjesta na kojima se putnici mogu informirati o voznom redu, kupiti voznu kartu, popiti piće i slično.



Slika 4 Željeznička stanica

Izvor: <https://shorturl.at/dlnP3> (pristupljeno, srpanj 2023.)

Isto tako, važan dio željezničke infrastrukture je i signalizacija koja omogućuje kontrolu i upravljanje vlakovima kako bi se željeznički promet odvijao na siguran način. Signalizacija uključuje semafore, signale na tračnicama, komunikacijske sustave te elektronske sustave.



Slika 5 Signalizacija

Izvor: <https://shorturl.at/uvCHW> (pristupljeno, srpanj 2023.)

Kako bi vlakovi mogli nesmetano putovati preko prirodnih prepreka, kao što su rijeke ili brda, grade se mostovi i tuneli.



Slika 6 Most

Izvor: <https://shorturl.at/nN579> (pristupljeno, srpanj 2023.)

Infrastruktura željeznice prilagođava se ovisno o razini razvoja željezničkoga sustava. Kvalitetna infrastruktura omogućuje stabilne i sigurne baze koje znače siguran prijevoz putnika i robe. Nadalje, infrastruktura omogućuje prelazak državnih granica, povezivanje regija unutar jedne zemlje te doprinosi smanjenju gužva na cestama. Infrastruktura željeznice ima važan utjecaj na gospodarski razvoj, zbog toga što potiče trgovinu i turizam.

3. ŽELJEZNIČKA VOZILA

Željeznička vozila su vozila koja se kreću po tračnicama te su predviđena da vuku ili budu vučena od strane vučnih vozila. Namijenjena su za prijevoz putnika ili tereta. Povezuju jedno ili više vučnih vozila. Skupinu vozila nazivamo vlak.⁵

Prema osnovnoj podjeli, željeznička vozila dijele se na: vučna vozila, vučena vozila i vozila za posebne namjene.

3. 1. VUČNA VOZILA

Vučna vozila su vozila s vlastitim pogonom koja su namijenjena za vuču ili guranje drugih vozila. Dije se prema vrsti pogona na parna, dizelska, turbinska i električna vozila. Isto tako, dijele se prema vrsti konstrukcije: lokomotiva, motorni vlak te motorni vagon. Lokomotiva služi za vuču ili guranje drugih vozila i nema mjesto predviđeno za prijevoz robe ili putnika.



Slika 7 Lokomotiva

Izvor: <https://science.howstuffworks.com/transport/engines-equipment/diesel-locomotive.htm> (pristupljeno, rujan 2023.)

Motorni je vlak namijenjen za prigradski prijevoz putnika. Vučna se vozila dijele i prema eksploatacijskoj namjeni a to su: putnička vozila, teretna vozila, univerzalna vozila te manevarska vozila.

⁵ Nastavni materijal iz e- kolegija „Osnove tehnologije prometa“, objavljen na platformi za e- učenje Merlin, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, ak. god. 2022/2023.



Slika 8 Motorni vlak

Izvor: <https://tehnika.lzmk.hr/motorni-vlak/> (pristupljeno, srpanj 2023.)

3. 2. VUČENA VOZILA

Vučena vozila željeznička su vozila bez vlastitoga pogona te su namijenjena za prijevoz putnika ili robe. Vučena vozila dijele se na: putnički vagon koji služi za prijevoz putnika i teretni vagon koji služi za prijevoz raznovrsne robe.

3. 2. 1. Putnički vagon

Putnički vagon je vozilo koje se koristi za prijevoz putnika. Vagoni su dizajnirani da pruže udobnost i sigurnost putnicima tijekom putovanja. Postoje različiti tipovi vagona, ovisno o potrebi i zahtjevima željezničkoga prijevoza. Neki od tipova putničkih vagona su: kupe vagoni, vagoni sa sjedištima i spavaći vagoni. Kupe vagoni opremljeni su privatnim kabinama koje obično imaju dva do četiri kreveta. Svaka kabina ima svoja vrata za privatnost. Koriste se često za duža putovanja. Vagoni sa sjedištima opremljeni su sjedištima duž cijeloga vagona. Koriste se na kraćim relacijama. Mogu biti konfigurirani u različitim klasama, kao što su ekonomska, poslovna ili prva klasa. Spavaći vagoni dizajnirani su da pruže udobnost putnicima koji putuju noću. Kreveti se preklapaju te mogu biti opremljeni kupeima sa privatnim kabinama.



Slika 9 Vagon sa sjedištima

Izvor: <https://www.vecernji.hr/vijesti/jedna-karta-za-vlak-autobus-tramvaj-povecava-mobilnost-1286214/galerija-336187?page=1> (pristupljeno, rujan 2023.)

4. ŽELJEZNICE VELIKIH BRZINA

4. 1. POVIJEST BRZIH ŽELJEZNICA

Željeznice velikih brzina prvi su se puta pojavile u Japanu 1964. godine, prilikom otvorenja prve linije Shinkansen. Od puštanja u promet 1964. godine, željeznička se mreža proširila na oko 2459 km te povezala većinu velikih gradova na otocima Honshu i Kyushu.⁶ Željeznice velikih brzina danas postoje u mnogim zemljama poput Francuske, Kine, Španjolske i Njemačke. Tehnologija magnetskoga lebdenja omogućuje vlakovima da lebde iznad kolosijeka umjesto da se kotrljaju po tračnicama, te tako vlakovima omogućuje da postižu brzine veće od 400 km/h. Željeznice velikih brzina zahtijevaju posebnu infrastrukturu uključujući posebne kolosijeke, tunele, postaje te mostove. Utjecaj željezničkoga prometa velikih brzina na okoliš i životinje još uvijek nije utvrđen, no može se pretpostaviti da će željeznički promet velikih brzina u bližoj budućnosti postati primarni način prijevoza u velikim gradovima.



Slika 10 Povijesna željeznica

Izvor: <https://www.telegram.hr/zivot/prije-157-godina-u-zagreb-je-stigla-prva-lokomotiva-evo-kratke-povijesti/> (pristupljeno, srpanj 2023.)

⁶ <https://bs.wikipedia.org/wiki/Shinkansen>

4. 2. ŽELJEZNICA VELIKIH BRZINA

Željeznica velikih brzina odnosi se na sistem brze željeznice koja omogućuje vožnju vlakova relativno velikom brzinom na specijalno projektiranim prugama. Olakšava prijevoz putnika i tereta, čime se smanjuje zagađenje okoliša. Željeznice velikih brzina zahtijevaju posebno projektirane pruge kako bi mogle omogućiti brzi prijevoz. Pruge su izgrađene od posebnoga materijala kako bi se smanjila buka i vibracija. Pruge su najčešće ravne s velikim radijusom krivine kako bi se tijekom vožnje velikom brzinom smanjila centrifugalna sila⁷. Vlakovi velikih brzina koriste električnu vuču koja omogućava brže kretanje te zaustavljanje vlaka. Velike brzine omogućavaju putnicima udobno putovanje te skraćuje vrijeme putovanja. Brzina vlaka obično varira između 250 i 350 km/h.

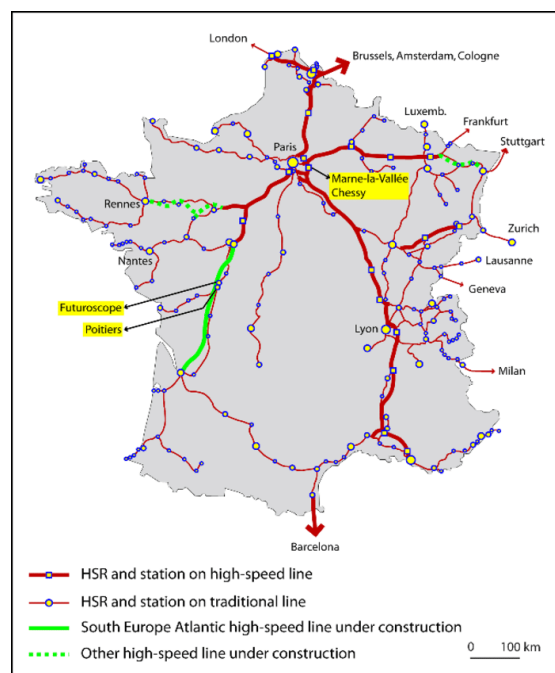
⁷ Sila kojom se u rotirajućim sustavima objašnjava spontano ubrzano gibanje tijela u smjeru od središta vrtnje.

5. PROMETNO-TEHNIČKE ZNAČAJKE ŽELJEZNICA VELIKIH BRZINA

Razvoj željeznica velikih brzina započeo je u 19. stoljeću. Prije 1850. godine, najveća postignuta brzina vlakova bila je 100 km/h da bi samo četiri godine kasnije, točnije 1854. godine, najveća postignuta brzina bila 130 km/h. Početkom 20. stoljeća postignuta je brzina od 200 km/h. Maksimalna brzina u prometu je bila 180 km/h, a prosječna je brzina bila 135 km/h. Glavna prometno-tehnička značajka je velika brzina. Ovisno o sustavu, brzine mogu prelaziti 300 km/h te omogućuju brže putovanje na dužim relacijama. Željeznice koriste posebno dizajnirane kolosijeke i pruge kako bi omogućile stabilnu vožnju pri relativno visokim brzinama. Nagibni su vlakovi dizajnirani tako da se mogu nagnuti u zavojima te time smanjuju centrifugalnu silu i omogućavaju veće brzine u krivinama bez opasnosti od iskakanja s tračnica. Većina željeznica koristi električnu vuču kako bi se postigle što veće brzine vlakova. Sustavi željeznica velikih brzina opremljeni su naprednim sustavima za sigurnost poput sustava za praćenje vlakova, automatskoga zaustavljanja te tehnologije za sprječavanje sudara. Željeznice velikih brzina pružaju visok standard udobnosti putovanja, uključujući sjedalice, mjesto za prtljagu te često i ugostiteljske usluge. Infrastruktura željeznica uključuje posebne stanice i perone koji su prilagođeni visokim brzinama. Iako zahtijevaju velika ulaganja, željeznice imaju povoljniji utjecaj na okoliš u usporedbi s letovima, te cestovnim prijevozom. Željeznice velikih brzina imaju obično manju potrošnju energije po putniku na jedinici udaljenosti u usporedbi sa zračnim i cestovnim prijevozom. Sustavi željeznica kontinuirano se razvijaju kako bi zadovoljili sve veću potražnju za sigurnim, brzim i ekološki prihvatljivim načinom prijevoza.

5. 1. RAZVOJ BRZIH ŽELJEZNICA U FRANCUSKOJ

Razvoj brzih željeznica u Francuskoj predstavlja jedan od najuspješnijih projekata željezničkoga prometa u svijetu. Prvi komercijalni brzi vlak TGV⁸, Francuskom prometuje od 1981. godine. Prva je linija povezivala Pariz i Lyon, postižući brzine vlakova veće od 260 km/h. TGV je tako postavio temelje za budući razvoj brzih željeznica u Francuskoj. Nakon što je prvu liniju predstavila javnosti, Francuska je kontinuirano proširivala mrežu željeznica velikih brzina. Nove linije povezivale su glavne gradove i regije te su omogućavale brza putovanja cijelom zemljom. Razvoj brzih željeznica potaknuo je turizam i ekonomski rast u regijama povezanim s visokobrzinskom mrežom. Gradovi koji su bili povezani s brzim vlakovima, postali su popularna odredišta za putovanje i poslovanje. Francuska kontinuirano unapređuje svoju brzu željezničku mrežu kroz modernizaciju infrastrukture i poboljšanje tehnoloških rješenja.⁹ Francuska se željeznička mreža redovito modernizira i nadograđuje kako bi se poboljšala mobilnost putnika i prijevoza robe.



Slika 11 Mreža željeznice u Francuskoj

Izvor: https://www.researchgate.net/figure/The-French-high-speed-rail-network_fig1_309711059 (pristupljeno, srpanj 2023.)

⁸ Train à Grande Vitesse

⁹ "TGV: The Complete Story of the World's Fastest Train" - Autor: Michael E. Haskins

Vlakovi koji svakodnevno prometuju Francuskom su: TGV (vlakovi velikih brzina), teretni vlakovi, Ile-de-France (Transilien vlakovi), TER (regionalni ekspres vlakovi) te Intercities vlakovi.

Francuska TGV mreža omogućuje vlakovima postizanje iznimno visoke brzine. U početku su brzine bile oko 260 km/h, no određeni su TGV modeli postizali brzinu veću od 320 km/h. TGV mreža danas povezuje veće i manje gradove te regije širom Francuske, čime se omogućava lakši i brži pristup raznim dijelovima zemlje. Kvalitetna usluga, velike i prostrane sjedalice i restorani čine putovanje ugodnijim.

Tablica 1 Vrsta i specifikacije brzih vlakova Francuske

Izvor: <http://www.railfaneurope.net/tgv/duplex.html> (pristupljeno, kolovoz 2023.)

Vrsta opreme	Najveća brzina km/h)	Kapacitet sjedećih mjesta	Ukupna duljina (m)	Širina (m)	Težina, prazan (t)	Težina, puna (t)
TGV Atlantique *	300	485	238	2.9	444	484
TGV Réseau	320	377	200	2.9	383	415
TGV duplex	320	508	200	2.9	380	424
TGV POS	320	361	200	2.9	383	415
Eurodupleks	320	509	200	2.9	380	424
	Snaga, pri 25 kV (kW)	Omjer snage i težine, prazan (kW/t)	Prvo izgrađena			
TGV Atlantique *	8800	19.82	1988			
TGV Réseau	8800	22.98	1992			
TGV duplex	8800	23.16	1994			
TGV POS	9.280	24.23	2005			
Eurodupleks	9.400	24.74	2011			

5. 2. LGV SUD-EST

Linija LGV Sud-Est željeznička je linija koja povezuje Pariz i Lyon te je ujedno i prva željeznička linija u Francuskoj. Početak ponovnoga oživljavanja francuskoga putničkoga željezničkoga prometa, označilo je otvaranje prve dionice od Saint-Florentina do Sathonay-Campa 22. rujna 1981. godine.

Linije LGV Rhone-Alpes, LGV Mediterranee i LGV Interconnexion Est na sjeveru, skratile su vrijeme putovanja između Pariza i jugoistoka Francuske, Švicarske i Italije te između jugoistoka, sjevera i zapada Francuske, Ujedinjenoga Kraljevstva te Belgije.

Udaljenost od Pariza do Lyona je 425 km. LGV ruta duga je 409 km, izbjegavanjem naseljenih područja između Pariza i Lyona to omogućuje rutu 87 km kraću od redovne linije duge 512 km. Linija uključuje različite priključke na redovitu željezničku mrežu.

LGV Sud-Est staje na stanicima *Le Creusot*, *Macon-Loche* te *Lyon Part-Dieu*.

Le-Creusot i Macon-Loche osnovne su stanice koje su smještene daleko od naseljenih područja. Sastoje se od četiri kolosijeka, od čega su dva središnja kolosijeka rezervirana za prolazne vlakove, a bočni kolosijeci služe za zaustavljanje vlakova na dva bočna perona.



Slika 12 Ruta vlaka Pariz-Lyon

Izvor: <https://www.google.com/maps/> (pristupljeno, kolovoz 2023.)

5. 3. RAZVOJ BRZIH ŽELJEZNICA U NJEMAČKOJ

Potkraj 1960-te godine, projekt brze željeznice zamišljen je od strane Deutsche Bahna, a predstavljen je 28. kolovoza 1970. godine. Planom je utvrđeno da će 3250 km novih ili poboljšanih pruga povećati nacionalnu mrežu. Plan je započeo u kolovozu 1973. godine svečanim obilježavanjem izgradnje prve dionice duge 12,8 km. Ministar prometa je odobrio izgradnju rute od 99 km na relaciji Mannheim-Stuttgart, a vlada je potvrdila da će se ostatak rute Hannover-Wurzburg slijediti u fazama, a odluka o ruti Koln-Frankfurt se odgodila. Ruta Koln-Frankfurt bila je uključena u nacionalni plan prometne infrastrukture tek 1985. godine.



Slika 13 Mreža pruga velikih brzina u Njemačkoj

Izvor: <https://www.hsrail.org/blog/ice-4-and-german-network/> (pristupljeno, kolovoz 2023.)

Njemačka je 1991. godine uvela prvi sustav vlakova velikih brzina pod nazivom ICE¹⁰. Prvi ICE vlakovi postizali su brzine do 280 km/h te su povezivali veće njemačke gradove poput Frankfurta, Kölna i Hamburga. ICE je postao simbol brze povezanosti i modernizacije. Tijekom godina, mreža vlakova velikih brzina širila se, a vlakovi su postajali sve napredniji. ICE vlakovi danas postižu brzine iznad 300 km/h na određenim dijelovima. Njemačka je tako razvila međunarodne visokobrzinske linije koje povezuju glavne gradove kao što su Pariz, Bruxelles i Beč. Isto tako, visokobrzinske pruge često povezuju glavne aerodrome s gradovima te omogućuju brzi prijelaz između zračnoga i željezničkoga prometa.

Razvoj brzih željeznica u Njemačkoj reflektira njezinu težnju prema brzom i održivom prijevozu. Nastavak razvoja brzih željeznica u Njemačkoj obuhvaća niz planova koji se

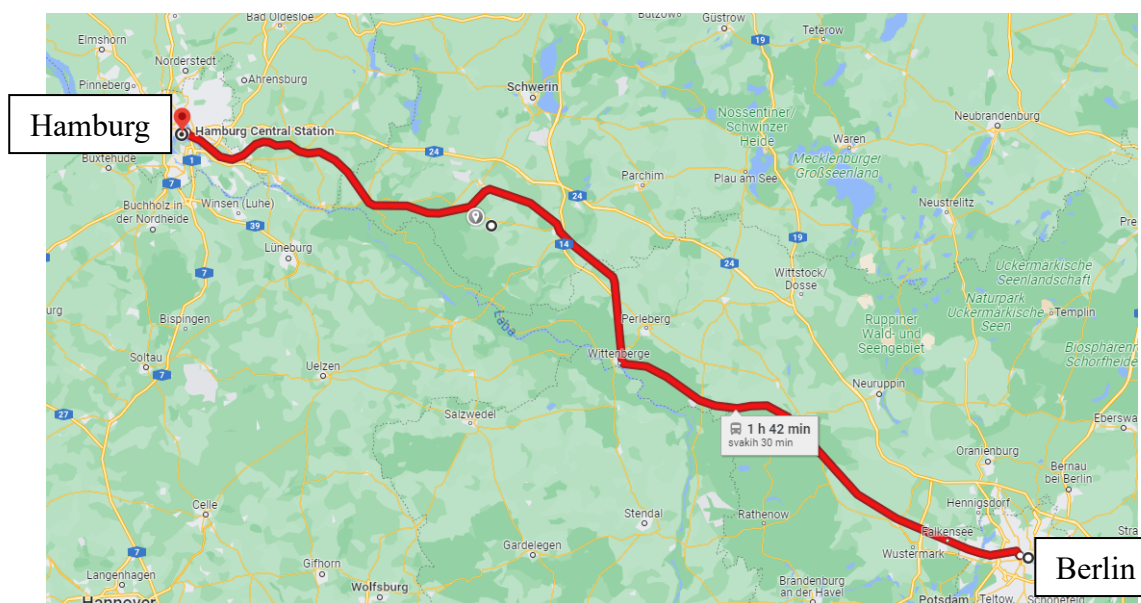
¹⁰ *InterCity-Express* (staro ime *InterCityExpress*) ili skraćeno ICE, vlak je velikih brzina.

usmjeravaju prema daljnjem unapređenju željezničke infrastrukture. Kontinuirano se radi na unapređenju putničkoga iskustva ugradnjom udobnijih sjedala te mogućnosti radnoga prostora tijekom putovanja.

5. 4. BERLIN-HAMBURG BAHN

Željeznička pruga Berlin-Hamburg, duga oko 286 km, bila je bila prva pruga za velike brzine nadograđena u Njemačkoj koja je mogla podnijeti brzine vlakova veće od 200km/h.

Prugu je izgradilo Željezničko društvo Berlin-Hamburg. Radovi su započeli 6. svibnja 1844. godine, a željeznica je otvorena za promet 15. prosinca 1846. godine. Pruga je bila najduža magistralna ruta u Njemačkoj.



Slika 14 Ruta vlaka Berlin-Hamburg

Izvor: <https://www.google.com/maps/> (pristupljeno, kolovoz 2023.)

Pruga povezuje sjeveroistočnu Njemačku s glavnim gradom te služi kao ključni željeznički put za međunarodna putovanja i trgovinu. Isto tako, predstavlja ključni dio njemačke željezničke mreže te ima značajnu ulogu u promicanju brzoga i održivoga prijevoza.

5. 5. RAZVOJ BRZIH ŽELJEZNICA U JAPANU

Shinkansen je prvi sustav željeznice velikih brzina na svijetu, a u promet je pušten 1964. godine te je od tada prevezao više od 5.6 milijardi putnika. Promet se odvija na željezničkoj mreži koja povezuje Nagoyu, Tokio i Osaku. Svaki dan 342 vlaka preveze oko 424 tisuće putnika. Vlakovi prometuju brzinom od 285 km/h.¹¹ U Japanu prometuju četiri tipa vlakova – Serija 300, serija 700, serija N700 te najnovija serija N700A.



Serija 300



Serija 700



Serija N700



Serija N700A

Slika 15 Japanski vlakovi velikih brzina

Izvor: <https://shorturl.at/abXY1> (pristupljeno, srpanj 2023.)

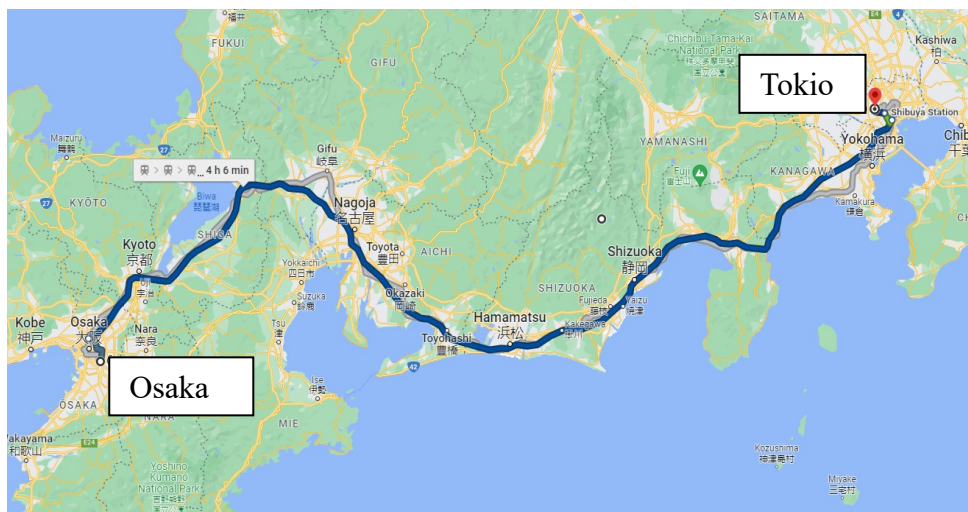
Razvoj brzih željeznica u Japanu predstavlja najnapredniji sustav brzih željeznica na svijetu. Japan je poznat po naprednoj tehnologiji, pouzdanosti i efikasnosti brzih željeznica. Mreža brzih željeznica u Japanu je vrlo gusta te je proširena na međunarodne linije koje povezuju

¹¹ "Shinkansen: From Bullet Train to Symbol of Modern Japan" - Autor: Christopher Hood

Japan sa susjednim zemljama. Inspekcija vlakova i pruga provodi se redovito, a strogi protokoli osiguravaju da nesreća bude što manje.

5. 6. TOKAIDO SHINKANSEN

Tokaido Shinkansen brza je japanska linija koja je dio mreže Shinkansen. Otvorena je 1964. godine, a spaja Tokio i Shin-O sake, prva je japanska željeznička linija velike brzine. Do 1955. izvorna je linija Tokaido između Tokija i Osake bila vrlo prometna. Pruga je i dalje bila najprometnija u japanskoj željezničkoj mreži. Dužina linije iznosi 515.4 km, dok je širina kolosijeka 1435 mm s maksimalnim nagibom od 2 %.



Slika 16 Ruta vlaka Osaka-Tokio

Izvor: <https://www.google.com/maps/> (pristupljeno, kolovoz 2023.)

5. 7. RAZVOJ BRZIH ŽELJEZNICA U KINI

Kina je postala sinonim za brze i učinkovite željezničke sustave. Veći napredak u modernizaciji i ubrzanju prometa dogodio se tijekom 1980-ih i 1990-ih godina, kada su se u Kini počele razvijati prve željezničke pruge koje su omogućile brže vlakove. Pruga između Pekinga i Šangaja izgrađena je 2011. godine, a vlakovi su se prugom kretali brzinom od 300 km/h ili više. Nakon otvaranja Peking-Shanghai pruge, Kina je ubrzala izgradnju velike mreže brze željeznice koja povezuje gotovo sve veće gradove u zemlji. Bolja povezanost gradova, potaknula je gospodarski rast te je povećala mobilnost stanovništva.

Kina ima razvijenu mrežu brze željeznice koja povezuje glavne gradove i regije širom zemlje. Neke od ključnih ruta brzih vlakova u Kini su:

- a) Peking-Šangaj (Peking-Shanghai High-Speed Railway) ruta spaja dvije najveće kineske metropole. Jedna je od najprometnijih brzih željeznica na svijetu te nudi brze vlakove koji dosežu brzinu veću od 350 km/h.
- b) Peking-Guangzhou (Peking- Guangzhou High-Speed Railway) ruta povezuje sjever i jug Kine. Putovanje ovom rutom pruža putnicima priliku da iskuse raznolikost kineskih kultura.
- c) Šangaj-Hangzhou (Shanghai-Hangzhou High-Speed Railway) ruta povezuje Shanghai i Hangzhou.
- d) Šangaj-Suzhou-Nanjing (Shangai-Nanjig Intercity High-Speed Railway) ruta povezuje Shanghai, Suzhou i Nanjing, što su sve važni centri na istočnoj obali Kine.
- e) Harbin-Dalian (Harbin-Dalian High-Speed Railway) ruta povezuje Harbin koji je poznat po svom zimskom festivalu.
- f) Changsha-Guangzhou (Changsha-Guangzhou High-Speed Railway) ova ruta povezuje Changshu, glavni grad Hunana, i Guangzhou, glavni grad provincije Guangdong.

5. 8. GUIYANG-NANNING

Brza željeznica Guiyang-Nanning predstavlja ključni infrastrukturni projekt u Kini. Ova željeznička pruga povezuje grad Guiyang te grad Nanning. Željeznička pruga Guiyang-Nanning duga je 560 kilometara. Vlakovi na ovoj pruzi mogu postići brzinu veću od 300 km/h, što omogućuje brza i učinkovita putovanja između ova dva grada. Linija povezuje dvije važne regije u Kini, provinciju Guizhou i provinciju Guangxi. Brza željeznica olakšava promet robe te mobilnost stanovništva između Guiyanga i Nanninga te susjednih područja. Izgradnja brze željeznice Guiyang-Nanning ima značajan ekonomski utjecaj. Potiče gospodarski razvoj u regijama kojima prolazi. Osim toga, olakšava transport robe te doprinosi napretku trgovine. Željeznička pruga ima ekološke prednosti jer potiče putnike da koriste željeznički prijevoz umjesto automobila ili zrakoplova. Željeznica Guiyang-Nanning predstavlja ključni infrastrukturni projekt, koji potiče gospodarski razvoj te povećava povezanost između regija i olakšava putovanje u Kini.

Unatoč ekonomskim prednostima, izgradnja brze željeznice može biti štetna za okoliš prilikom krčenja terena za izgradnju pruge.¹²

¹² "High-Speed Empire: Chinese Expansion and the Future of Southeast Asia" - Autor: Will

6. USPOREDBA ŽELJEZNICE VELIKIH BRZINA I ZRAČNOG PROMETA

Brza željeznica postiže visoke brzine, često iznad 300 km/h te omogućuje brza putovanja između regija i gradova, dok su zrakoplovi najbrži oblik masovnog prijevoza. Mogu brzo prelaziti velike udaljenosti, što je idealno za interkontinentalna putovanja. Cijene karata za brzu željeznicu obično su konkurentne s cijenama avionskih karata na kratkim i srednjim relacijama. Avionske karte mogu biti pristupačne, ali nakon što se izračuna trošak parkiranja vozila i dodatnih naknada, ukupni troškovi putovanja mogu se znatno povećati. Vlakovi velikih brzina nude široka sjedala, prostor za noge te opciju za hranu i piće. Putnici se mogu kretati unutar vlaka tijekom vožnje, dok se dobnost u zrakoplovima mijenja ovisno o klasi putovanja te o zračnoj kompaniji. Uzimajući u obzir sigurnosne postupke i ograničenja na pokretljivost, udobnost u zrakoplovima može biti ograničena. Željeznički prijevoz emitira manje štetnih plinova po putniku, za razliku od zračnoga prometa, koji ima značajan utjecaj na okoliš zbog velike emisije stakleničkih plinova. Brza željeznica može biti praktičnija za putovanje između gradova u istoj državi, dok je zračni promet praktičniji za međunarodna putovanja ili putovanja između kontinenata.¹³

¹³ Competition in Air Transport: The Case of the High Speed Train, Mar González-Savignat

Tablica 2 Usporedba zračnog i željezničkog prometa

1.) Izvor: Journal of Transport Economics and Policy, Volume 38, Part 1, January 2004.
Mar González-Savignat

ASPEKT	ZRAČNI PROMET	ŽELJEZNIČKI PROMET
Brzina putovanja	Visoka brzina leta	Visoka brzina, ali je ograničena na HSR prugama.
Troškovi putovanja	Skuplji, pogotovo na veće udaljenosti	Često konkurentniji cijenama.
Udobnost putovanja	Prostrana sjedala	Prostrana sjedala te ima više prostora za noge
Frekvencija letova	Česti letovi, fleksibilnost	Redoviti raspored, manja fleksibilnost
Ekološki utjecaj	Visoke emisije CO ₂	Niže emisije CO ₂
Vrijeme potrebno za ukrcavanje i iskrcavanje	Duže vrijeme boravka na aerodromima	Brži proces ukrcaja i iskrcaja
Teret	Velike količine tereta	Mogućnost prijevoza tereta
Sigurnost	Visoka razina sigurnosti	Visoka razina sigurnosti
Regionalna povezanost	Aerodromi obično izvan gradova	Povezanost gradova i ruralnih područja
Prometna gužva	Mogućnost gužve na aerodromu	Manje gužve
Povezanost sa zračnim lukama	Povezanost sa zračnim lukama, ali prijevoz do luke može biti ograničen	Povezanost sa željezničkim stanicama

Izbor između željezničkog i zračnog prometa ovisi o brojnim čimbenicima, uključujući udaljenost putovanja, vlastite potrebe te dostupnost prijevoza. Kombinacija oba načina prijevoza može biti najpametnija opcija u nekim slučajevima, ovisno o okolnostima putovanja.¹⁴

¹⁴ Competition in Air Transport: The Case of the High Speed Train, Mar González-Savignat

7. TENDENCIJE RAZVOJA ŽELJEZNICA VELIKIH BRZINA

Neke od glavnih težnji u razvoju željeznica velikih brzina su povećanje mreže, povećanje brzine vlakova, elektrifikacija, visoka udobnost i kvaliteta usluge, sigurnost, ekološka održivost, ekonomska isplativost, međunarodna povezanost, tehnološki napredak te povećanje konkurencije.

Električni vlakovi postaju standard u sustavima vlakova velikih zato što su energetske učinkovitiji te manje onečišćuju od vlakova koji koriste fosilna goriva, a putnicima se pruža visoka udobnost te kvalitetna usluga kako bi što više koristili vlakove velikih brzina.

Vlakovi velikih brzina nastavljaju se razvijati kao učinkovit način prijevoza, koji ima potencijal za transformaciju načina putovanja između gradova.¹⁵

Tablica 3 SWOT analiza tendencija razvoja željeznica velikih brzina

Izvor: autor

<p style="text-align: center;">SNAGE (Strengths)</p> <ol style="list-style-type: none">1. Visoka brzina putovanja2. Energetska učinkovitost3. Smanjenje gužvi na cestama i u zračnom prometu4. Povezanost gradova i regija	<p style="text-align: center;">SLABOSTI (Weaknesses)</p> <ol style="list-style-type: none">1. Visoki troškovi izgradnje2. Ovisnost o financiranju3. Socijalni i ekološki utjecaj
<p style="text-align: center;">PRILIKE (Opportunities)</p> <ol style="list-style-type: none">1. Povećana potražnja za brzim prijevozom2. Održiva mobilnost3. Povezanost s drugim prometnim sustavima	<p style="text-align: center;">PRIJETNJE (Threats)</p> <ol style="list-style-type: none">1. Konkurencija s drugim prijevoznim opcijama2. Financijski izazovi3. Tehnički problemi i nesreće

¹⁵ IMPROVING INFRASTRUCTURE, Russell Jones and John Llewellyn, studeni 2019.

SWOT analiza služi za identifikaciju čimbenika koji utječu na razvoj vlakova velikih brzina te pruža temelj za razmišljanje o strategijama za njegovo unapređenje i održivost. To je alat koji se koristi za procjenu snaga, slabosti, prijjetnji i prilika u vezi s određenom temom.

Snaga željeznica velikih brzina putovanje je velikom brzinom od grada do grada s mogućnošću povezivanja i određenih ruralnih područja. Za izgradnju željeznica potrebno je pronaći najučinkovitiju rutu vlaka koja će povezati veće gradove između kojih je potreban prijevoz. Cijena izgradnje može se bitno smanjiti zbog postojanja starih željeznica, koje mogu biti temelj za izgradnju brzih željeznica jer u tom slučaju nije potrebno iskopavati nove tunele i mostove jer oni već postoje.

Prijetnja željeznicama velikih brzina su zrakoplovne kompanije koje nude veliku fleksibilnost letova. Brze željeznice imaju problem strogo strukturiranoga vremena polaska vlaka od stanice do stanice. Par minuta kašnjenja može dovesti do katastrofalnih neplaniranih troškova i teških nesreća ako se problem ne uoči na vrijeme. Ukoliko dođe do tehničkih problema željeznice ili nesreće, popravak zahtjeva veliki financijski izdatak. Sve željeznice velikih brzina moraju biti zaštićene od naleta životinja na tračnice te osigurati mjesto za siguran prolazak automobila preko tračnica.

Prednost je vlakova što se kolodvori često nalaze u samom centru grada, a to omogućuje da se do željenoga mjesta u gradu stigne pješke, što doprinosi smanjenju gužvi automobila u centru grada. Međutim, ako odredište nije u centru ili blizu kolodvora dolazi do masovnog automobilskeg prometa u blizini kolodvora.

Može zaključiti da je potencijalna popularizacija vlakova u budućnosti, kao najpogodnijega prijevoznoga sredstva, sve više izgledna.

8. ZAKLJUČAK

Na kraju ovoga završnoga rada može se zaključiti da je razvoj vlakova velikih brzina bitan element suvremenoga života. Vlakovi velikih brzina omogućili su brzo i udobno kretanje od grada do grada. Ovi vlakovi nisu samo simbol brzine, već predstavljaju ključan pojam za promicanje održive mobilnosti, povezivanje udaljenih destinacija i oblikovanje budućnosti prijevoza.

Početak razvoja vlakova velikih brzina, brzine vlakova su dostizale 150km/h, dok danas vlakovi dosežu brzine veće od 400 km/h. Zrakoplovi su jedina prava konkurencija vlakovima velikih brzina, ali zbog velike emisije stakleničkih plinova teži se da vlakovi postanu alternativa zrakoplovima.

Vlakovi velikih brzina otvaraju nove mogućnosti u prometnom sektoru. Njihova je sposobnost postizanja brzina koje premašuju tradicionalne željezničke vlakove. Vlakovi velikih brzina potiču ekonomski rast kroz povećanje turizma i poslovne suradnje među gradovima. Željeznice velikih brzina imaju puno potencijala da bi se usavršile po cijelom svijetu. Postizanje koristi od vlakova velikih brzina zahtijeva pažljivo planiranje i koordinaciju među različitim sektorima. Pažljivom koordinacijom moguće je sjediniti javni prijevoz s vlakovima velikih brzina kako bi se smanjile gužve na cestama unutar grada.

S obzirom na sve navedeno može se zaključiti da vlakovi velikih brzina predstavljaju simbol promjene u prometnom sektoru, stoga je ključno da vlasti pažljivo planiraju strategije vezane uz razvoj vlakova velikih brzina.

POPIS TABLICA

Tablica 1 Vrsta i specifikacije brzih vlakova Francuske	20
Tablica 2 Usporedba zračnog i željezničkog prometa	30
Tablica 3 SWOT analiza tendencija razvoja željeznica velikih brzina.....	31

LITERATURA

Doig, W. 2018, *High-Speed Empire: Chinese Expansion and the Future of Southeast Asia*, Columbia Global Reports, New York.

González-Savignat, M. 2004), *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 38, no. 1. University of Bath.

Hood, C. 2007, *Shinkansen: From Bullet Train to Symbol of Modern Japan*, Routledge, New York.

INTERNETSKI IZVORI

Stephenson, G. *Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje*.

<https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=58020> (13. 9. 2023.)

<https://www.jreast.co.jp/e/press/20071101/index.html> (pristupljeno, srpanj 2023.)

<https://www.railway-technology.com/projects/frenchtgv/> (pristupljeno, kolovoz 2023.)

<https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=63634> (pristupljeno, kolovoz 2023.)

<https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/high-speed-rail-19-2018/hr/> (pristupljeno, kolovoz 2023.)

<https://tehnika.lzmk.hr/zeljeznica/?fbclid=IwAR1hX2K4s6N33Cal5vMJZD0EIJvZa8KFe1DYRbGfwXs7kkVZIPW2HJrby80> (pristupljeno, kolovoz 2023.)

POPIS SLIKA

Slika 1 Ilustracija pruge Stockton	8
Slika 2 Željezničke tračnice	10
Slika 3 Kolosijek	10
Slika 4 Željeznička stanica	11
Slika 5 Signalizacija	11
Slika 6 Most.....	12
Slika 7 Lokomotiva	13
Slika 8 Motorni vlak Izvor:	14
Slika 10 Vagon sa sjedištima	15
Slika 11 Povijesna željeznica.....	16
Slika 12 Mreža željeznice u Francuskoj	19
Slika 13 Ruta vlaka Paris-Lyon	22
Slika 14 Mreža pruga velikih brzina u Njemačkoj	23
Slika 15 Ruta vlaka Berlin-Hamburg	24
Slika 16 Japanski vlakovi velikih brzina	25
Slika 17 Ruta vlaka Osaka-Tokio	26