

Izazovi željezničkih mreža različite širine kolosijeka

Jin, Yu You

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:530366>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-24**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,
University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

YU YOU JIN

**IZAZOVI ŽELJEZNIČKIH MREŽA RAZLIČITE
ŠIRINE KOLOSIJEKA**

ZAVRŠNI ISPIT IZ KOLEGIJA ŽELJEZNICE

Zagreb, 2024



Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

YU YOU JIN

IZAZOVI ŽELJEZNIČKIH MREŽA RAZLIČITE ŠIRINE KOLOSIJEKA

ZAVRŠNI ISPIT IZ KOLEGIJA ŽELJEZNICE

Mentor: izv. prof. dr. sc. Ivo Haladin

Komentor: Dr. sc. Katarina Vranešić

Zagreb, 2024



University of Zagreb

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

YU YOU JIN

CHALLENGES OF DIFFERENT GAUGE RAIL NETWORK CONNECTIONS

FINAL EXAM FROM COLLEGE RAILWAY

Supervisors: Assoc. Prof. Ivo Haladin

Dr. Katarina Vranešić

Zagreb, 202

SAŽETAK

Ovaj rad analizira različite širine kolosijeka koje su danas zastupljene na željezničkoj infrastrukturi te opisuje kako različite širine utječu na osiguravanje interoperabilnosti prometa. Također opisuju se načini izvođenja prijelaza između kolosijeka različitih širina.

Razlike u širinama kolosijeka uzrokuju prekid u kontinuitetu željezničkog prijevoza, smanjuju učinkovitost i povećavaju troškove, čime se dodatno komplicira funkcioniranje željezničkog sustava. Da bi se postigla interoperabilnost između željezničkih sustava različitih širina kolosijeka, postoje nekoliko uobičajenih metoda koje pomažu u rješavanju tehničkih problema uzrokovanih razlikama u širini kolosijeka. To su zamjena okretnih postolja, presjedanje ili pretovar, primjena više tračnica kako bi se osigurala različita širina kolosijeka i vozila dizajnirana za različite širine kolosijeka.

Željeznička pruga između Kine i Uzbekistana važan je slučaj koji prikazuje stvarne izazove i rješenja za postizanje interoperabilnosti između sustava s različitim širinama kolosijeka. Kina koristi standardnu širinu kolosijeka, dok Uzbekistan koristi široki kolosijek. Ova razlika znači da se vlakovi ne mogu izravno prilagoditi drugom sustavu pruge kada prelaze između dviju zemalja. Stoga je potrebno primijeniti posebne tehnologije kako bi se omogućio nesmetan promet.

Ključne riječi: *Željeznička infrastruktura, širina kolosijeka, kolosijeci različitih širina, interoperabilnost željezničkog prometa, pruga Kina-Uzbekistan*

SUMMARY

This thesis analyses the different track gauges currently present in railway infrastructure and describes how these different gauges affect the assurance of traffic interoperability. It also describes methods for transitioning between tracks of different gauges.

Differences in track gauges cause interruptions in the continuity of rail transport, reduce efficiency, and increase costs, further complicating the operation of the railway system. To achieve interoperability between railway systems with different track gauges, there are several common methods used to address the technical problems caused by gauge differences. These methods include replacing bogies, changing trains or transloading, implementing multi-gauge tracks to accommodate different track widths, and designing vehicles for different gauges.

The railway line between China and Uzbekistan is an important case that illustrates the real challenges and solutions for achieving interoperability between systems with different track gauges. China uses a standard gauge, while Uzbekistan uses a broad gauge. This difference means that trains cannot directly adapt to the other gauge system when crossing between the two countries. Therefore, special technologies are needed to enable seamless transit.

Key words: *Railway infrastructure, track gauge, different track gauges, railway traffic Interoperability; China Uzbekistan railway*



OBRAZAC 3

POTVRDA O POZITIVNOJ OCJENI PISANOG DIJELA ZAVRŠNOG ISPITA

Student/ica :

(Ime i prezime)

(JMBAG)

zadovoljio/la je na pisanom dijelu završnog ispita pod naslovom:

(Naslov teme završnog ispita na hrvatskom jeziku)

(Naslov teme završnog ispita na engleskom jeziku)

i predlaže se provođenje daljnjeg postupka u skladu s Pravilnikom o završnom ispitu i diplomskom radu Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta.

Pisani dio završnog ispita izrađen je u sklopu znanstvenog projekta: (upisati ako je primjenjivo)

(Naziv projekta, šifra projekta, voditelj projekta)

Pisani dio završnog ispita izrađen je u sklopu stručne prakse na Fakultetu: (upisati ako je primjenjivo)

(Ime poslodavca, datum početka i kraja stručne prakse)

Datum:

Mentor:

Potpis mentora:

Komentor:



OBRAZAC 5

IZJAVA O IZVORNOSTI RADA

Ja :

(Ime i prezime, JMBAG)

student/ica Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta ovim putem izjavljujem da je moj pisani dio završnog ispita pod naslovom:

(Naslov teme završnog ispita na hrvatskom jeziku)

izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam koristio/la drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.

Datum:

Potpis:



OBRAZAC 6

IZJAVA O ODOBRENJU ZA POHRANU I OBJAVU PISANOG DIJELA ZAVRŠNOG ISPITA

Ja :

(Ime i prezime, OIB)

ovom izjavom potvrđujem da sam autor/ica predanog pisanog dijela završnog ispita i da sadržaj predane elektroničke datoteke u potpunosti odgovara sadržaju dovršenog i obranjenog pisanog dijela završnog ispita pod naslovom:

(Naslov teme završnog ispita na hrvatskom jeziku)

koji je izrađen na sveučilišnom prijediplomskom studiju Građevinarstvo Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta pod mentorstvom:

(Ime i prezime mentora)

i obranjen dana:

(Datum obrane)

Suglasan/suglasna sam da pisani dio završnog ispita bude javno dostupan, te da se trajno pohrani u digitalnom repozitoriju Građevinskog fakulteta, repozitoriju Sveučilišta u Zagrebu te nacionalnom repozitoriju.

Datum:

Potpis:

SADRŽAJ

SAŽETAK	i
SUMMARY	ii
SADRŽAJ.....	iii
1. UVOD	1
2. željeznička infrastruktura.....	1
2.1.1. Načini prometovanja vozila na pruzi.....	2
2.1.2. Vrste kolosiječnih konstrukcija	5
2.1.2.1. Klasična kolosiječna konstrukcija sa zastornom prizmom.....	5
2.1.2.2. Kolosijeci na čvrstoj podlozi.....	7
2.2. Podjela kolosijeka prema širini.....	9
2.2.1. Uskotračna željeznica.....	9
2.2.2. Normalna širina kolosijeka.....	10
2.2.3. Širokotračne željeznice.....	11
3. Interoperabilnost željezničkog infrastrukturnog sustava	11
4. ANALIZA NAČINA IZVOĐENJA PRIJELAZA S KOLOSIJEKA RAZLIČITIH ŠIRINA.....	14
4.1. Zamjena okretnih postolja.....	15
4.1.1. Okretna postolja.....	15
4.1.2. Proces demontaže i montaže okretnih postolja.....	16
4.2. Presjedanje ili pretovar.....	18
4.2.1. Presjedanje.....	18
4.2.2. Pretovar.....	18
4.3. Primjena više tračnica kako bi se osigurala različita širina kolosijeka.....	18
4.3.1. Tri tračnice	18
4.3.2. Četiri tračnice	19
4.4. Vozila dizajnirana za različite širine kolosijeka.....	20
4.4.1. Vlakovi s promjenjivom širinom kolosijeka u Španjolskoj.....	22
5. CASE STUDY: ŽELJEZNIČKA PRUGA Kina-Kirgistan-Uzbekistan (KKU)	24
5.1. Trasa željeznice.....	24
5.2. Tehničke značajke.....	25
5.2.1. Projektirana brzina.....	26

5.2.2.	<i>Minimalni radijus krivine</i>	26
5.2.3.	<i>Nagibi</i>	27
5.2.4.	<i>Vrste vuče</i>	27
5.2.5.	<i>Širina kolosijeka</i>	27
3.3	<i>Razvojne perspektive</i>	30
4	ZAKLJUČAK	31
	POPIS LITERATURE	32
	POPIS SLIKA	34
	POPIS tablica	35

1. UVOD

Željeznička infrastruktura ima široke pozitivne učinke na gospodarstvo, okoliš i međunarodne odnose. Razvoj željezničke infrastrukture značajno je doprinio razvoju i globalnoj suradnji. Međutim, osnovna problematika povezivanja država željezničkom infrastrukturom uključuje nekoliko ključnih izazova. Različite širine kolosijeka među zemljama otežavaju prekogranični promet jer zahtijevaju tehničke prilagodbe poput promjene vagona što povećava troškove i usporava logističke procese. Tehničke razlike kao što su različiti električni sustavi, signalizacija i komunikacijski standardi dodatno kompliciraju integraciju željezničkih mreža. Političke i regulativne prepreke mogu otežati postizanje međunarodnih sporazuma zbog različitih prioriteta i interesa zemalja. Financijska pitanja vezana uz velika ulaganja u izgradnju i održavanje međunarodnih koridora često predstavljaju izazov, osobito za zemlje u razvoju [2].

Ovaj rad analizira različite širine kolosijeka koje su danas zastupljene na željezničkoj infrastrukturi i opisuju načine izvođenja prijelaza između kolosijeka različitih širina. Jedna od metoda je zamjena okretnih postolja, koja omogućuje prilagodbu kotača vozila za različite širine kolosijeka na prijelaznim točkama. Koristi se i presjedanje ili pretovar, gdje putnici prelaze iz jednog vlaka u drugi ili se teret premješta na druga vozila. Druga metoda je primjena više tračnica u prijelaznim čvorovima, što omogućuje istovremeni prolaz vozila s različitim širinama kolosijeka bez dodatnih prilagodbi. Također, razvijaju se vozila koja su dizajnirana za rad na različitim širinama kolosijeka, omogućujući fleksibilniji i učinkovitiji prijelaz između različitih željezničkih mreža. Ove metode pomažu u poboljšanju interoperabilnosti i smanjenju troškova i vremena putovanja u međunarodnom prijevozu.

2. ŽELJEZNIČKA INFRASTRUKTURA

Željeznički promet kao važan dio globalnog prometnog sustava ima značajne prednosti u nekoliko ključnih područja u usporedbi s ostalim oblicima prometa. Neke od njegovih ključnih prednosti su [4]:

- **Veliki kapacitet:** *Željeznički prijevoz može prevoziti velike količine putnika i tereta. Trenutni svjetski rekord brzine za vlakove na tračnicama drži francuski TGV Euroduplex, koji je postigao brzinu od 574,8 km/h, što je ostvareno u posebnim uvjetima testiranja. S druge strane, najbrži maglev vlak je japanski LO serije, koji je dosegao maksimalnu brzinu od 603 km/h. Brzina na cestama varira ovisno o vrsti cesta i uvjetima prometa. Brzi automobili na autocestama mogu dostići brzine oko 130-150 km/h, dok kamioni obično*

- voze sporije zbog ograničenja brzine i težine tereta. U urbanim područjima i na manjim cestama, brzine su često znatno niže zbog gužvi i prometnih znakova [36].
- **Visoka sigurnost:** Željeznički prijevoz ima visoku razinu sigurnosti, s mnogo manjom stopom nesreća u usporedbi s drugim oblicima prijevoza, što ga čini sigurnim izborom za dugolinijski prijevoz.
- **Niska potrošnja energije:** Željeznički sustav troši manje energije po jedinici prijevoza u usporedbi s drugim oblicima prijevoza, što doprinosi smanjenju troškova i manjem utjecaju na okoliš.
- **Relativno niski troškovi:** Troškovi željezničkog prijevoza obično su niži od troškova zračnog prijevoza, a u dugolinijskom prijevozu često je povoljniji od cestovnog prijevoza.
- **Točnost i pouzdanost:** Željeznički promet može funkcionirati tijekom cijele godine. U razvijenim zemljama, željeznički sustavi koriste precizno planiranje i upravljanje kako bi vlakovi gotovo uvijek stizali točno na vrijeme.
- **Ekološka učinkovitost:** Npr. elektrificirana željeznica nema negativan utjecaj na okoliš u usporedbi s drugim oblicima prijevoza. Budući da koristi električnu energiju, značajno smanjuje emisije štetnih plinova poput ugljičnog dioksida i dušikovih oksida. Ako se električna energija proizvodi iz obnovljivih izvora poput solarne energije, vjetroelektrana ili hidroelektrana, elektrificirana željeznica može postati potpuno ekološki prihvatljiva.

2.1.1. Načini prometovanja vozila na pruzi

Pruge, osim neelektrificirane, mogu biti i elektrificirane. Od 31. svibnja 1879. godine, kada su Siemens i Halske na Svjetskoj izložbi u Berlinu predstavili prvu elektrificiranu željeznicu na svijetu, prošlo je više od 140 godina. Pojava elektrificirane željeznice označila je početak nove ere u željezničkom prometu, postepeno zamjenjujući parne lokomotive i donoseći učinkovitiji i ekološki prihvatljiviji način prijevoza [1].

Od 1950-ih godina, neke industrijski razvijene zemlje počele su provoditi modernizaciju željezničkog prometa u velikom opsegu kako bi zadovoljile naglo rastuće potrebe za prijevozom i povećale konkurentnost u odnosu na druge oblike prijevoza. Glavni fokus bio je na modernizaciji vučne snage. Zbog toga je ubrzana izgradnja elektrificiranih željeznica, a broj zemalja koje ih grade postupno se povećavao [1].

Najbrže razdoblje razvoja elektrificiranih željeznica bilo je tijekom 60-ih i 70-ih godina 20. stoljeća, s prosječnom godišnjom izgradnjom od više od 5000 kilometara pruga. U tom razdoblju, Sovjetski Savez izgradio je 2003 km, Njemačka 486 km, Francuska 368 km, Italija 341 km, Poljska 335 km, Japan 332 km, a Švedska 293 km. Prema statističkim podacima iz 2000. godine, u svijetu je 68 zemalja imalo izgrađene elektrificirane željeznice, s ukupnom duljinom od 262179.2 km, što

čini oko 22,5% ukupne operativne duljine svjetskih željeznica (1,2 milijuna kilometara). Elektrificirane željeznice preuzele su više od polovice ukupnog svjetskog željezničkog prometa [37].

U tablici 1 prikazano je 10 zemalja s najvećim željezničkim mrežama u svijetu rangirano je prema ukupnoj duljini pruga

Tablica 1.: Udio elektrificirane pruge[38]

Redni broj	Država	Operativna duljina željezničkih pruga[km]	Elektrificirana pruga[km]	Udio elektrificirane pruge[%]	Dnevni broj putnika
1	SAD	250000	1847	0.74	54794
2	Kina	159000	119000	74.2	14000000
3	Rusija	86000	53800	62.6	-
4	Indija	68525	58812	85.8	24000000
5	Canada	48000	129	0.27	4100000
6	Njemačka	43468	22500	51.8	4300000
7	Australija	40000	3393	8.5	109589
8	Brazil	37743	9025	23.9	6500000
9	Argentina	36966	190	0.5	2000000
10	Južna Afrika	31000	24800	80	2000000

Elektrifikacija može zahtijevati značajna ulaganja u početku, međutim dugoročne prednosti uključuju značajno povećanje kapaciteta prometa, smanjenje operativnih troškova i dugoročnu uštedu zbog nižih troškova održavanja i goriva. Iako su početna ulaganja u elektrificirane željeznice velika, zbog većeg prometa, viših prihoda od prijevoza i nižih troškova održavanja, potrebna investicija obično se može vratiti u kratkom roku (ovisno o prometu, obično u razdoblju od 5 do 10 godina, a u nekim slučajevima čak i za 2 do 3 godine) [15].

Elektrificirana željeznica se odnosi na željeznički sustav koji omogućuje rad električnih vlakova. Ovaj naziv dolazi od činjenice da duž takvih željezničkih pruga mora postojati odgovarajuća elektrifikacijska oprema koja osigurava napajanje vlakova električnom energijom.

Za razliku od željeznica koje koriste dizelske lokomotive za vuču vlakova, elektrificirana željeznica se napaja električnom energijom iz vanjskog izvora i sustava za napajanje vuče. To uključuje električne lokomotive, održavanje pogonskih postrojenja, sustave za napajanje vuče, razne elektroenergetske uređaje.

Električna vuča štedi energiju i smanjuje troškove prijevoza. Željeznički transport je veliki potrošač energije pa je izbor tipa vuče ključan za racionalno korištenje energije. Elektromotori su mnogo učinkovitiji od motora s unutarnjim izgaranjem pa električne lokomotive mogu obaviti isti transportni zadatak s manjom potrošnjom energije [15].

Osim toga, električne lokomotive imaju ekološke prednosti. Tradicionalne dizelske lokomotive tijekom rada ispuštaju ispušne plinove. U usporedbi s tradicionalnim željeznicama, elektrificirane željeznice tijekom rada proizvode samo male količine ispušnih plinova i gotovo ne ispuštaju zagađujuće tvari. Prema istraživanjima, količina ispušnih plinova i zagađivača iz elektrificiranih željeznica značajno se smanjuje, što pozitivno utječe na poboljšanje kvalitete zraka u gradovima i smanjenje zagađenja okoliša [14].

Dizelske lokomotive tijekom rada proizvode buku, dok elektrificirane željeznice koriste električnu energiju za pogon lokomotiva i zbog boljeg zvučnog izoliranja smanjuju buku. Elektrificirane željeznice značajno smanjuju buku u urbanim područjima i oko njih, što doprinosi poboljšanju kvalitete života u tim područjima [14].

Radni princip elektrificiranih željeznica uglavnom se oslanja na sustav električne vuče, koji se sastoji od dvije glavne komponente: vučna transformatorska stanica i sustav kontaktne mreže. Električna energija iz visokonaponske mreže nacionalnog elektroenergetskog sustava prvo se smanjuje u vučnoj transformatorskoj stanici, a zatim se šalje u kontaktnu mrežu iznad željezničke pruge. Lokomotiva preuzima struju iz kontaktne mreže, zatim unutar lokomotive dolazi do drugog smanjenja napona i ispravljanja u istosmjernu struju koja pokreće istosmjerne elektromotore. Elektromotor pokreće osovine kotača lokomotive, čime lokomotiva vuče vagona prema naprijed [15].

Radni princip dizelskih lokomotiva temelji se na izgaranju dizelskog goriva unutar cilindra, čime se stvara kinetička energija. Dizelski motori mogu biti četverotaktni ili dvotaktni. Četverotaktni dizelski motor sastoji se od četiri faze: usis, kompresija, radni takt i ispušni takt. Gorivo sagorijeva unutar cilindra, pretvarajući toplinsku energiju u mehaničku energiju, ali ta energija se ne koristi izravno za pogon pogonskih kotača, već se putem prijenosnog sustava pretvara u mehaničku energiju koja odgovara vučnim zahtjevima lokomotive. Zatim, putem hodnog mehanizma, pokreće pogonske kotače lokomotive na tračnicama [39].

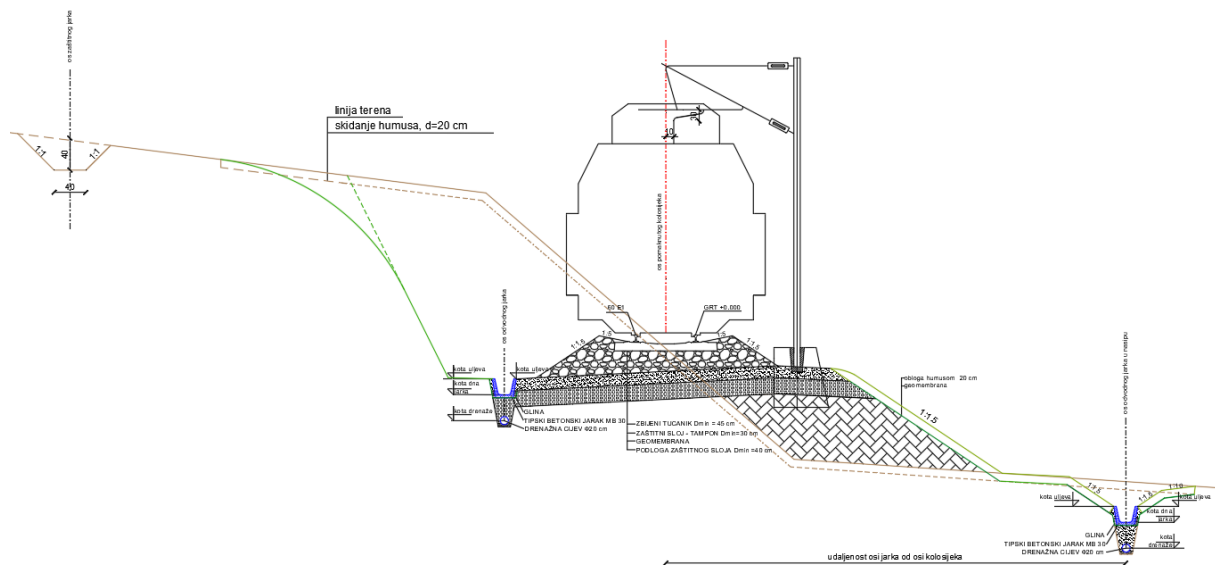
Glavne razlike između dizelskih i električnih lokomotiva odnose se na izvor energije, zahtjeve za održavanje, težinu, i tipove pruga na kojima se koriste.

2.1.2. Vrste kolosiječnih konstrukcija

Kada je riječ o vrsti kolosijeka s obzirom na kolosiječnu konstrukciju, najčešće ih dijelimo na klasične kolosijeke sa zastornom prizmom te kolosijeke na čvrstoj podlozi. Klasična kolosiječna konstrukcija najzastupljenija je u svijetu, dok se kolosijeci na čvrstoj podlozi uglavnom koriste na prugama za velike brzine.

2.1.2.1. Klasična kolosiječna konstrukcija sa zastornom prizmom

Kod klasične kolosiječne konstrukcije sa zastornom prizmom tračnice su oslonjene na drvene ili betonske pragove koji se postavljaju na međusobnoj udaljenosti od 60 do 70 cm. Tračnice su za pragove pričvršćene koristeći različite sustave pričvršćenja. Pragovi se postavljaju na zastornu prizmu od kamenog materijala čija minimalna debljina mora biti osigurana u osi tračnice (kada je riječ o kolosijeku u krivini s nadvišenjem, onda u osi niže tračnice), a iznosi 30 cm. Poprečni presjek kolosijeka sa zastornom prizmom prikazan je na slici 1.



Slika 1.: Kolosijek sa zastornom prizmom [12]

Tračnica je element gornjeg ustroja pruge koji podržava i vodi kotače željezničkih vozila te prenosi njihovo opterećenje na pragove ili drugu podlogu. Danas se sve tračnice proizvode od valjanog čelika. Prema obliku, tračnice se dijele na različite vrste koje zadovoljavaju specifične potrebe željezničke infrastrukture. To su kranske tračnice, žljebaste tračnice, Vignolove tračnice i konstruktivni profili tračnica. Tip tračnice definiran je normiranim oblikom i veličinom poprečnog presjeka, a prema tipu se dijeli prema linijskoj masi tračnice na metar. U svijetu postoji veliki broj različitih tipova tračnica, ovisno o željezničkim sustavima. Na prugama Hrvatskih željeznica (HŽ)

standardni tipovi tračnica su S 49 (49 E1) i UIC 60 (60 E1). Kada se planira nova pruga, izbor tračnice najčešće se vrši među već standardiziranim tipovima, a rijetko se zahtijeva potpuno novi profil tračnice. Ovaj pristup osigurava usklađenost sa standardima i lakše održavanje željezničke infrastrukture [40].

Kolosiječni pričvrtni pribor uključuje sve komponente koje se koriste za pričvršćivanje tračnica na pragove i održavanje njihove stabilnosti i ispravnog položaja. Tračnice se mogu pričvrstiti na pragove na dva osnovna načina: kruto i elastično pričvršćenje te direktno i indirektno pričvršćenje. Kod kruto pričvršćenja, tračnice su čvrsto fiksirane na pragove, što pruža stabilnost, ali može uzrokovati veće naprezanje zbog nedostatka fleksibilnosti. S druge strane, elastično pričvršćenje koristi materijale ili dizajn koji omogućuju pomicanje tračnica zbog temperaturnih promjena i dinamičkih opterećenja [40].

Pragovi su potpornji za tračnice i koriste se za održavanje položaja, smjera i razmaka tračnica. Prema materijalu od kojeg su izrađeni, pragovi mogu biti drveni, čelični, armirano betonski i kombinirani. Drveni pragovi pružaju fleksibilnost i povoljnu cijenu, ali su manje otporni na teška opterećenja i vremenske uvjete. Čelični pragovi nude veliku čvrstoću i dugovječnost, idealni su za pruge s velikim prometom i teškim teretima, ali zahtijevaju dodatnu zaštitu protiv korozije. Armirano betonski pragovi su robusni i otporni na velika opterećenja te ekstremne uvjete, zahvaljujući čeličnoj armaturi unutar betona, te su često korišteni na modernim željezničkim prugama. Kombinirani pragovi koriste kombinaciju materijala kao što su drvo, čelik i beton kako bi se iskoristile prednosti svakog od njih, pružajući optimalnu ravnotežu između troškova, dugovječnosti i performansi. Bez obzira na vrstu pragova, za električne krugove pruge je važno da pragovi osiguravaju dobru električnu izolaciju tračnica [40].

Kolosiječni zastor ima nekoliko ključnih funkcija u održavanju i stabilnosti željezničkog kolosijeka. On osigurava elastično i ravnomjerno prenošenje opterećenja na planum donjeg ustroja, čime se smanjuje koncentracija opterećenja i štiti donji ustroj od prekomjernog trošenja. Također, sprečava uzdužno i poprečno pomicanje kolosijeka, što je ključno za sigurnost i pravilno funkcioniranje željezničkog sustava. Zastor pomaže u osiguravanju pravilnog položaja kolosijeka po smjeru i visini, održavajući precizno poravnanje tračnica za udobnost i sigurnost vožnje. Uz to, omogućava brzo i jednostavno dotjerivanje kolosijeka u pravilan položaj, smanjujući potrebu za složenim radovima održavanja. Također, osigurava brzo otjecanje vode iz kolosijeka, sprječavajući nakupljanje vode i smanjujući rizik od oštećenja kolosijeka. Ove funkcije zajedno doprinose dugotrajnoj stabilnosti i pouzdanosti željezničke infrastrukture [40].

2.1.2.2. Kolosijeci na čvrstoj podlozi

Kod kolosijeka na čvrstoj podlozi, zastor kao nosivi konstrukcijski element zamijenjen je stabilnijim materijalima poput betona ili asfalta. Ovim pristupom uklonjen je najslabiji element iz kolosiječne konstrukcije gornjeg ustroja, čime je omogućena duža geometrijska postojanost i stabilnost konstrukcije tijekom vremena [10].

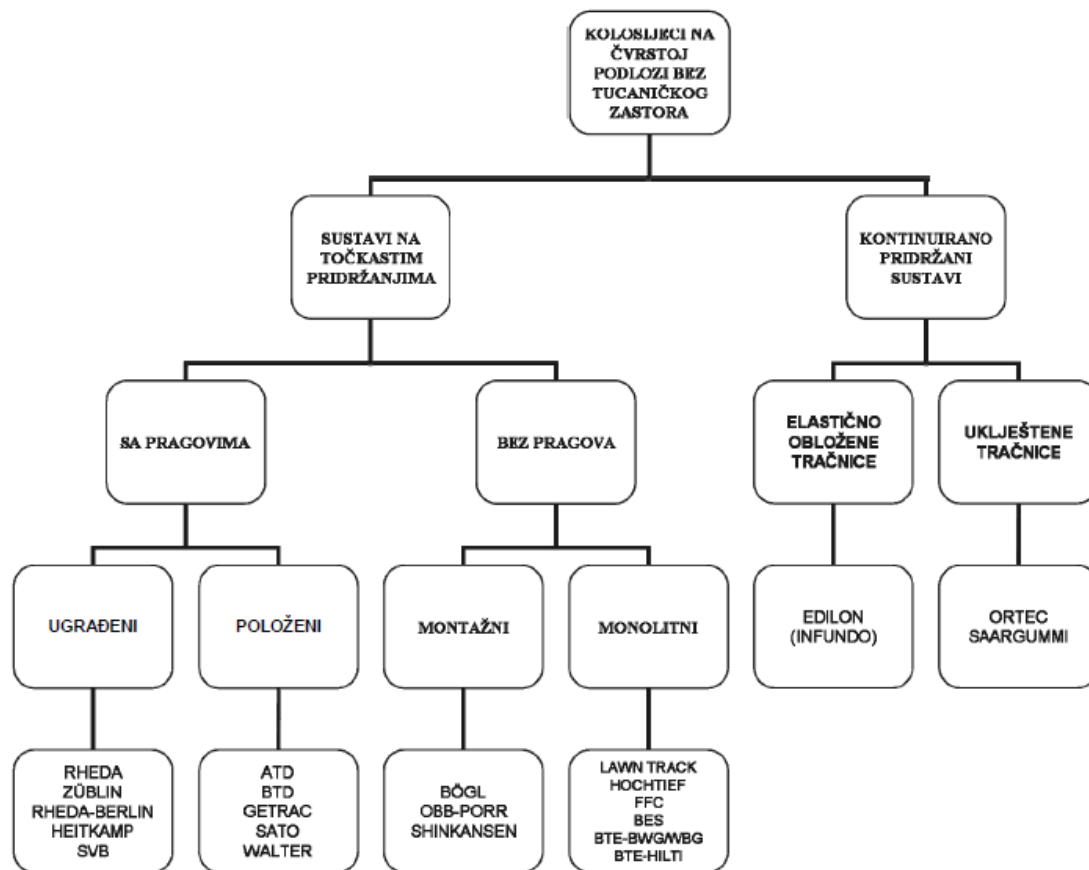
Osnovne prednosti i glavne karakteristike kolosijeka na čvrstoj podlozi su [11]:

- **Produženi životni vijek:** kolosijek na čvrstoj podlozi, poput onog na betonskim pragovima ili sličnim stabilnim materijalima, ima duži životni vijek zbog svoje robusne i otpornije strukture.
- **Smanjeni troškovi održavanja:** ovaj tip kolosijeka zahtijeva manje čestih popravaka i održavanja jer je manje podložan oštećenjima i deformacijama.
- **Mali zahtjevi za održavanjem:** kolosijek na čvrstoj podlozi zahtijeva minimalno održavanje zbog svoje čvrste konstrukcije koja ne zahtijeva česte prilagodbe ili zamjene dijelova. To olakšava upravljanje infrastrukturom i smanjuje operativne troškove.
- **Visoka iskoristivost:** zbog svoje stabilnosti i otpornosti, kolosijek na čvrstoj podlozi omogućuje visoku iskoristivost, što znači da se može koristiti za velike količine prometa bez značajnih problema ili potrebe za čestim prilagodbama.
- **Niža konstruktivna visina:** ovaj kolosijek omogućuje manju visinu infrastrukture, što može biti korisno u područjima gdje je potrebno smanjiti visinske prepreke ili prilagoditi se specifičnim terenskim uvjetima.
- **Visoka horizontalna i vertikalna stabilnost kolosijeka:** ovaj tip kolosijeka pruža izvrsnu stabilnost u oba smjera, horizontalno i vertikalno. Čvrsta podloga osigurava da se tračnice ne pomiču ili deformiraju, što povećava sigurnost i udobnost vožnje te smanjuje rizik od nesreća.
- **Nema problema sa uzdizanjem zastornih čestica kod velikih brzina:** ovo omogućuje sigurno i stabilno kretanje vlakova, čak i pri velikim brzinama, čime se poboljšava ukupna sigurnost i učinkovitost željezničkog prometa.

Gornji ustroj kolosijeka sastoji se od različitih slojeva koji pružaju potporu tračnicama, uključujući betonski nosivi sloj, asfaltni nosivi sloj te nosivi sloj stabiliziran hidrauličnim vezivom. Ispod ovih slojeva, donji ustroj kolosijeka obuhvaća mehanički zbijeni nosivi sloj, koji osigurava čvrstu osnovu, te temelje, odnosno planum, koji čini prirodno tlo ili pripremljenu površinu na kojoj se postavlja cijeli sustav kolosijeka. [11].

Postoje različiti tipovi kolosijeka na čvrstoj podlozi, pragove ili blokove umetnute u beton, pragove postavljene na asfaltnom donjem ustroju, predgotovljene betonske ploče, monolitne ploče izrađene na licu mjesta, ubetonirane tračnice te uklještene i kontinuirano oslonjene tračnice. Svaki od ovih pristupa nudi različite prednosti u pogledu stabilnosti, čvrstoće i dugovječnosti kolosijeka.

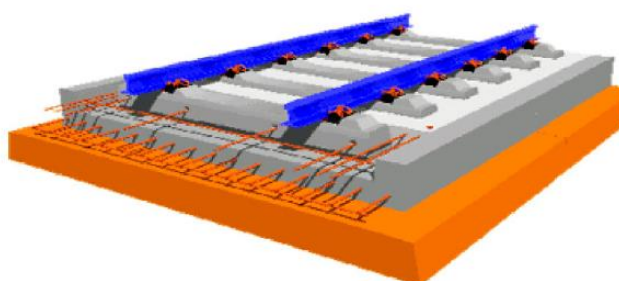
[10]. Podjela kolosijeka na čvrstoj podlozi prikazana je na slici 2, a slika 3 prikazuje kolosijek na čvrstoj podlozi sa tzv. „Rheda“ kolosiječnom konstrukcijom.



Slika 2. Podjela kolosijeka na čvrstoj podlozi [12]



a)



b)

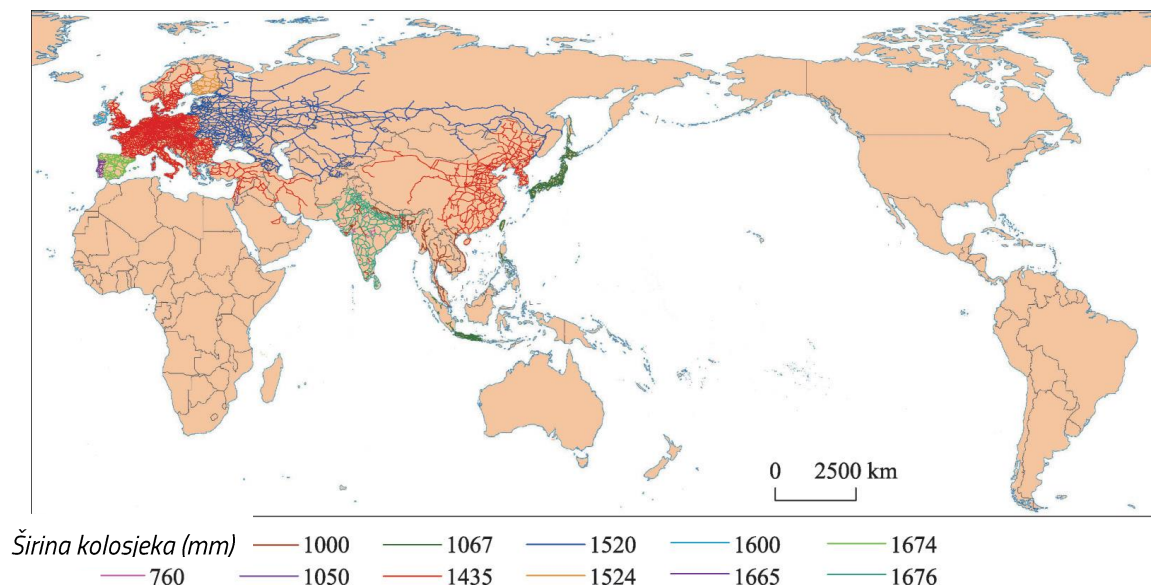
Slika 3. Kolosijek na čvrstoj podlozi sa „Rheda“ kolosiječnom konstrukcijom, a) dionica kolosijeka Rheda-Wiedenbruck željeznička stanica, b) model kolosijeka[11]

Kolosijek bez zastorne prizme u tunelima ima relativno bolje ekonomske učinke u usporedbi s kolosijekom sa zastornom prizmom. Međutim, na mostovima i na temeljnim površinama, kolosijek na čvrstoj podlozi često ima lošije ekonomske učinke. Ovakvi kolosijeci zahtijevaju dodatno

održavanje kako bi se ograničilo dugotrajno slijeganje temelja, a troškovi održavanja mogu biti dvostruko veći u odnosu na kolosijek sa zastorom [16].

2.2. Podjela kolosijeka prema širini

Širina kolosijeka označava udaljenost između unutrašnjih rubova tračnica, mjerena na specifičnoj visini ispod vozne površine tračnica. S obzirom na širinu kolosijeka, pruge možemo podijeliti na pruge normalne širine, široke kolosijeka i uske kolosijeka. Kod pruga normalne širine kolosijeka (1435 mm), ova udaljenost se mjeri 14 mm ispod vozne površine. Kod uskotračnih pruga, širina kolosijeka se mjeri na 12 mm ili 10 mm ispod vozne površine. U svijetu postoji oko 30 različitih vrsta širina kolosijeka [17]. Različite širine kolosijeka rezultat su povijesnih, geografskih i ekonomskih čimbenika. Pri odlučivanju o širini kolosijeka, svaka zemlja je uzimala u obzir svoje specifične potrebe, uključujući ekonomiju, vojnu sigurnost i tehničke zahtjeve što je dovelo do današnje raznolikosti širina kolosijeka diljem svijeta. Podjela željezničkih pruga u Europi i Aziji prema širini kolosijeka prikazana je na slici 1.



Slika 4.: Distribucija željezničkih pruga s različitim kolosijecima na euroazijskom kontinentu[2]

2.2.1. Uskotračna željeznica

Uskotračna željeznica je vrsta željeznice čija je širina kolosijeka manja od normalne širine (1435mm). Postoji barem 13 različitih širina kolosijeka, od kojih su najčešće 1067 mm i 762mm.

U mnogim zemljama istočne Azije prevladavaju uskotračne željeznice. U jugoistočnoj Aziji, uključujući Vijetnam, Kambodžu, Laos, Tajland, Mianmar i Maleziju, prevladava metrička širina kolosijeka (1000 mm) [2].

U Japanu, većina željezničkih pruga koristi kolosijek širine 1067 mm. Pri izgradnji brze željeznice (Shinkansen), Japan je odabrao standardni kolosijek od 1435 mm kako bi se poboljšala stabilnost vožnje. Zbog toga vlakovi brze željeznice ne mogu koristiti postojeće pruge, pa se razvijaju vozila s promjenjivom širinom kolosijeka [2].

Mnoge afričke zemlje također koriste uskotračne pruge. U Južnoj Africi - Angoli, Bocvani, Kongu, Gani i drugim zemljama većinom se koristi kolosijek širine 1067 mm [2].

Glavne prednosti uskotračnih pruga su:

- *Niži troškovi izgradnje*
- *Manji polumjeri krivina*
- *Lakša vozila*
- *Manji profili vozila*

Glavni nedostaci uskotračnih pruga:

- *Manji vagoni*
- *Otežana konstrukcija lokomotiva*
- *Nemirnija vožnja*
- *Manje brzine*

2.2.2. Normalna širina kolosijeka

Normalni kolosijek, poznat i kao standardni kolosijek, Stephensonov kolosijek (Stephenson gauge) ili međunarodni kolosijek (international gauge), označava željeznički kolosijek s razmakom od 1435 mm između tračnica. Oko 70 % svjetskih željeznica koristi ovu širinu kolosijeka [2].

Normalnu širinu kolosijeka predložila je Velika Britanija, prva zemlja koja je koristila željeznicu. Britanski inženjer George Stephenson, koji je projektirao i izgradio željeznicu Stockton-Darlington, predložio je širinu kolosijeka od 1435 mm i uspješno uvjerio proizvođače vlakova da proizvode lokomotive i vagoni te širine kolosijeka. Zbog uspjeha Stephensonovog dizajna, mnogi su slijedili njegov primjer, pa je ovaj kolosijek postao popularan.

Većina zemalja širom svijeta koristi normalnu širinu kolosijeka, koji je najzastupljeniji u zapadnoj Europi, Sjevernoj Americi, Sjevernoj Africi i Kini [2]

2.2.3. Širokotračne željeznice

Širokotračna željeznica je vrsta željeznice čija je širina kolosijeka veća od normalne širine (1435mm). Različite države i regije koriste različite širine kolosijeka na željeznicama, što utječe na kompatibilnost i praktičnost međunarodnog željezničkog prometa. Evo nekoliko primjera različitih širina kolosijeka koje se koriste u svijetu [2]:

- 1524mm - ova širina kolosijeka je najčešće korištena u Rusiji i susjednim zemljama.
- 1600mm – ovu širinu koriste Irska i Sjeverna Irska. Ova širina je usvojena tijekom 19. stoljeća kako bi se spriječilo širenje britanskih željezničkih kompanija na irsko tržište.
- 1665 mm - ova širina kolosijeka se koristi u Portugalu.
- 1674mm - u Španjolskoj se koristi ova širina kolosijeka. Ovaj široki kolosijek je usvojen kako bi se spriječilo širenje francuskih željeznica u Španjolsku.
- 1676 milimetara - Ovaj kolosijek koriste Indija, Argentina, Čile i neke druge zemlje. Većina željezničkog sustava na indijskom poluotoku koristi ovu širinu, koja se često naziva 'indijski široki kolosijek

Široki kolosijek ima nekoliko značajnih prednosti u željezničkom prometu koje pozitivno utječu na putnički i teretni promet, prvenstveno zbog veće stabilnosti i fleksibilnosti koje široki kolosijek pruža. Širokotračne željeznice označavaju da vlakovi imaju veću bazu, što im omogućuje stabilnije kretanje, osobito u područjima s teškim terenom i nepovoljnim klimatskim uvjetima. S obzirom na to da Rusija ima velika područja s permafrostom, širi kolosijek može bolje raspodijeliti težinu vlaka i pomoći u sigurnom prometovanju.

3. INTEROPERABILNOST ŽELJEZNIČKOG INFRASTRUKTURNOG SUSTAVA

Interoperabilnost u kontekstu željezničkog sustava odnosi se na sposobnost tog sustava da omogući sigurno i neometano kretanje vlakova čime se postiže tražena razina učinkovitosti. To znači da različiti dijelovi željezničkog sustava, uključujući infrastrukturu, vozila i operativne procese, mogu raditi zajedno bez prepreka, osiguravajući učinkovit i pouzdan prijevoz.

Podsustavi su strukturni ili funkcionalni dijelovi željezničkog sustava.

Strukturni podsustavi su fizičke i tehničke komponente željezničkog sustava, uključujući:

- građevinski infrastrukturni podsustav
- elektroenergetski infrastrukturni podsustav
- prometni upravljački i signalno-sigurnosni infrastrukturni podsustav

- *ostali funkcionalni dijelovi i oprema željezničke infrastrukture*

Željezničke infrastrukturne podsustave čine skupovi građevina, konstrukcija, postrojenja, uređaja, sklopova i elemenata te njihovih dijelova i opreme, koji kao tehničko-tehnološke cjeline ili pojedinačno služe za sigurno, uredno i nesmetano odvijanje željezničkog prometa, te za ostale vidove uporabe željezničke infrastrukture [5].

Funkcionalni podsustavi odnose se na operativne i upravljačke procese željezničkog sustava, uključujući:

- *Rad i upravljanje prometom: Organizacija i kontrola svakodnevnog rada vlakova i željezničke mreže.*
- *Održavanje: Aktivnosti održavanja infrastrukture i vozila kako bi sustav bio siguran i funkcionalan.*
- *Telematske aplikacije za prijevoz putnika i tereta: Korištenje informacijske tehnologije za poboljšanje usluga prijevoza, poput sustava za prodaju karata, praćenje tereta i informiranje putnika.*

Osnovni parametri uključuju sve ključne uvjete koji su potrebni za osiguranje interoperabilnosti unutar željezničkog sustava. To obuhvaća: regulatorne uvjete, tehničke uvjete i operativne uvjete.

Ovi uvjeti su definirani u tehničkim specifikacijama za interoperabilnost (TSI), koje osiguravaju da različiti dijelovi željezničkog sustava mogu raditi zajedno bez problema, omogućujući siguran i učinkovit promet kroz različite zemlje i regije [8].

Tehničke specifikacije interoperabilnosti (TSI) su propisi koji definiraju precizne tehničke i operativne standarde za različite dijelove željezničkog sustava. Cilj ovih specifikacija je osigurati da svi dijelovi željezničkog sustava, bez obzira na to u kojoj se zemlji nalaze ili tko ih proizvodi, mogu raditi zajedno na siguran i učinkovit način. To uključuje standarde za infrastrukturu, vozila, signalizaciju i kontrolu, energiju i održavanje [8].

Podsustavi željezničkog sustava mogu biti strukturni i funkcionalni.

Za svaki podsustav moraju biti utvrđeni i ispunjeni osnovni zahtjevi te tehničke specifikacije, posebno u pogledu njihovih sastavnih dijelova i sučelja. Osnovni zahtjevi su sigurnost, pouzdanost, zdravlje, zaštita okoliša, tehnička kompatibilnost i pristupačnost.

Ovi zahtjevi osiguravaju da željeznički sustav unutar EU bude siguran, pouzdan, ekološki prihvatljiv i dostupan svima, dok istovremeno omogućava interoperabilnost između različitih nacionalnih sustava [8].

Nacionalna pravila se koriste umjesto TSI-ja u slučajevima kada:

- *Postoji naslijeđena infrastruktura koja nije usklađena s TSI-ima.*

- *Specifični dijelovi sustava zahtijevaju posebne tehničke odredbe.*
- *Postoje tehnička ili operativna pitanja koja nisu riješena TSI-jima.*

U slučaju za vozila koja dolaze ili odlaze u treće zemlje, gdje je širina kolosijeka drugačija od one na glavnoj željezničkoj mreži Europske unije, Ministarstvo mora Europskoj komisiji dostaviti odluku da neće primjenjivati jedan ili više TSI-a ili njihovih dijelova [8].

Različite širine kolosijeka značajno utječu na osiguranje interoperabilnosti prometa. Različita širina kolosijeka može ograničiti sposobnost vlakova da slobodno prolaze između željezničkih mreža, budući da širina kolosijeka mora odgovarati širinama osovina vlakova. Ovo može uzrokovati potrebu za specijaliziranim uređajima poput skretnica ili prilagodbi kolosijeka, što povećava složenost i troškove infrastrukture. Također, prisutnost različitih širina kolosijeka može dovesti do tehničkih i operativnih izazova, smanjiti učinkovitost i sigurnost vožnje te povećati troškove i investicije za prilagodbu. Problemi s različitim kolosijecima mogu utjecati na udobnost putnika jer na ponekim mjestima postoji potreba za presjedanjem između različitih željezničkih sustava. Stoga je rješavanje pitanja različitih širina kolosijeka ključno za postizanje učinkovite i povezane željezničke mreže.

4. ANALIZA NAČINA IZVOĐENJA PRIJELAZA S KOLOSIJEKA RAZLIČITIH ŠIRINA

Željeznički promet između zemalja s istom širinom kolosijekom relativno je jednostavan; putnički i teretni vlakovi mogu izravno prolaziti bez ikakvih prilagodbi. Međutim, željeznički promet između zemalja s različitim širinama kolosijeka je mnogo složeniji. Na određenim graničnim stanicama potrebno je zamijeniti podvozje ili kotače vlakova ili obaviti prekrcaj tereta.

Povezivanje država s različitim kolosijecima može biti tehnički složeno, ali je izvedivo kroz pažljivo planiranje i korištenje specijalizirane opreme i postupaka. Time se omogućuje nesmetan međunarodni željeznički prijevoz, što je ključno za trgovinu i ekonomsku suradnju između država.

Primjena kolosijeka iste širine uglavnom se očituje u sljedećim aspektima[18]:

- **Poticanje međunarodne trgovine:** omogućavanjem nesmetanog prijelaza vlakova između zemalja s različitim kolosijecima, promjena kolosijeka olakšava protok robe i usluga preko granica, što značajno potiče međunarodnu trgovinu.
- **Povećanje učinkovitosti transporta:** smanjivanjem vremena potrebnog za prekrcaj tereta ili prilagodbu vlakova na granici, promjena kolosijeka povećava ukupnu učinkovitost željezničkog prijevoza, omogućujući brže i pouzdanije usluge.
- **Smanjenje troškova logistike:** efikasnijim prijelazom između različitih kolosijeka, smanjuju se troškovi povezani s prekrcajem tereta i čekanjem na granicama, što ukupno smanjuje logističke troškove za tvrtke i krajnje korisnike.
- **Poticanje regionalne suradnje:** unapređenjem željezničke povezanosti između susjednih zemalja s različitim kolosijecima, promjena kolosijeka potiče regionalnu suradnju, olakšavajući zajedničke infrastrukturne projekte i ekonomske inicijative.

Promjena širina kolosijeka zahtijeva određeno vrijeme i troškove, kao i odgovarajuću infrastrukturnu podršku. Da bi se izvršila promjena širina kolosijeka, potrebno je izgraditi odgovarajuću opremu i objekte na prijelaznim točkama ili završnim stanicama.

U nastavku su opisane neke od najčešćih mjera koje se primjenjuju kod prelaska vlaka s kolosijeka jedne širine na kolosijek druge širine.

4.1. Zamjena okretnih postolja

4.1.1. Okretna postolja

Okretno postolje je jedan od najvažnijih dijelova strukture željezničkog vozila, a njegove glavne funkcije su sljedeće [19]:

- *Korištenje okretnih postolja na vozilima omogućuje povećanje nosivosti, duljine i kapaciteta vozila te povećanje brzine vožnje, što zadovoljava potrebe razvoja željezničkog prijevoza.*
- *Osigurava da se karoserija vozila sigurno nalazi na okretnom postolju tijekom normalnog rada, pretvarajući kotrljanje kotača po tračnicama u linearno kretanje vozila pomoću ležajnog sustava.*
- *Podupire karoseriju vozila, prihvaća i prenosi različita opterećenja i sile između karoserije i kotača te osigurava ravnomjernu raspodjelu težine po osovinama.*
- *Osigurava sigurnu vožnju vozila, omogućujući glatku vožnju po ravnim prugama i uspješno savladavanje zavoja.*
- *Struktura okretnih postolja treba omogućiti jednostavnu ugradnju opružnih sustava za prigušivanje, pružajući dobre karakteristike prigušivanja kako bi se smanjila međusobna djelovanja između vozila i tračnica, smanjile vibracije i udarci, smanjili dinamički stresovi te povećala stabilnost i sigurnost vožnje.*
- *Maksimalno koristi prianjanje između kotača i tračnica, prenosi vučnu i kočnu silu, pojačava kočnu silu koju generira kočni cilindar, omogućujući vozilu dobre kočne performanse za zaustavljanje unutar propisanih udaljenosti.*



Slika 5.: Okretno postolje Y25[27]

Okretna postolja mogu se s obzirom na vučni prijenos podijeliti na:

- *Pogonska okretna postolja*
- *Nepogonska okretna postolja*

S obzirom na strukturu, mogu se podijeliti na:

- *Okretna postolja s okvirom i zavarenom konstrukcijom*
- *Okretna postolja s tri glavna dijela*
- *Poluokvirna okretna postolja*

Parametri okretnih postolja izravno utječu na stabilnost vozila i udobnost putnika. Korištenje okretnih postolja na vozilima omogućuje povećanje nosivosti, dužine i volumena vozila te povećanje brzine vlaka, čime se zadovoljavaju potrebe za razvojem željezničkog prijevoza.

4.1.2. Proces demontaže i montaže okretnih postolja

Na graničnim kolodvorima, vlakovi moraju zamijeniti okretna postolja kako bi se prilagodili novoj širini kolosijeka. To obično uključuje korištenje specijalizirane opreme za demontažu starih okretnih postolja i instalaciju novih okretnih postolja koji odgovaraju novoj širini kolosijeka. Ova operacija je složena i dugotrajna, ali je prikladna za teretne vlakove s velikim nosivostima.

Zamjena okretnih postolja zahtijeva specijaliziranu opremu i tehniku. Prvo se obavlja pripremna provjera kako bi se osiguralo da su svi alati i oprema u dobrom stanju. Zatim se vagon odvaja i parkira na određeno mjesto, provodeći niz pripremnih radnji poput odvajanja komunikacijskih kabela i uzemljenja. Nakon toga, koristeći električne dizalice, vagon se podiže kako bi se odvojio od okretnih postolja. Tijekom ovog procesa, posebna pažnja posvećuje se stabilnom podizanju vagona i povezivanju svih dijelova. Kada je novo okretno postolje spremno, precizno se postavlja na tračnice i provode se završne provjere i podešavanja kako bi se osiguralo da je sve pravilno instalirano. Na kraju se provodi završna inspekcija kako bi se osiguralo da je zamjena okretnih postolja uspješna i da su svi uvjeti za sigurnu vožnju ispunjeni. Zamjena okretnih postolja prikazana je na slici 5 [28].

Demontaža i montaža okretnih postolja objašnjena je u sljedećim koracima [20]:

1. *Proces demontaže okretnih postolja*
 - *Pripremni radovi: Osigurati da su svi potrebni alati i oprema spremni, uključujući dizalice, alate za demontažu itd.*
 - *Odvajanje okretnih postolja od karoserije vozila: Prvo, potrebno je odvojiti okretna postolja od karoserije vozila. To obično uključuje demontažu zračnih opruga, bočnih amortizera, vučnih poluga i drugih povezujućih dijelova.*

- *Demontaža konstrukcije: Sljedeći korak je demontaža konstrukcije okretnih postolja, uključujući okvir, uređaje za pozicioniranje osovinskih kutija, sustav sekundarne zračne opruge i druge dijelove.*
 - *Zamjena osovinskih parova: Ako je potrebno zamijeniti osovinske parove, može se koristiti dizalica za izravnu zamjenu bez potpunog rastavljanja okretnih postolja.*
2. *Proces montaže okretnih postolja*
- *Pripremni radovi: Očistiti i pregledati sve dijelove, osiguravajući da nema oštećenja ili nedostajućih dijelova.*
 - *Montaža konstrukcije: Početi s montažom obrnutim redoslijedom od demontaže, prvo montirati okvir i uređaje za pozicioniranje osovinskih kutija, zatim sustav sekundarne zračne opruge.*
 - *Ugradnja osovinskih parova: Postaviti osovinske parove na osovinske kutije i provesti potrebna podešavanja kako bi se osigurala ravnoteža i stabilnost okretnih postolja.*
 - *Testiranje i podešavanje: Nakon završene montaže, provesti potrebna testiranja i podešavanja kako bi se osiguralo da svi dijelovi rade ispravno i da okretna postolja zadovoljavaju projektirane zahtjeve.*



Slika 6.: Zamjena okretnih postolja [28]

4.2. Presjedanje ili pretovar

4.2.1. Presjedanje

Kod putničkog prometa, u graničnim kolodvorima obavlja se presjedanje, pri čemu putnici izlaze iz vlakova koji se nalazi na jednom kolosijeku te presjedaju u vlakove na drugom kolosijeku čija širina odgovara širini kolosijeka u državi kroz koju vlak nastavlja prometovanje. Ova metoda se obično koristi na stanicama ili terminalima gdje se putnici mogu lako premjestiti iz jednog vlakova u drugi. Ovo je jednostavno rješenje, ali može uzrokovati dodatna kašnjenja.

4.2.2. Pretovar

Teret se istovara s vagona koji odgovaraju jednoj širini kolosijeka i prebacuje se na vagona koji odgovaraju drugoj širini kolosijeka. Teret se često prenosi u kontejnerima što omogućuje jednostavnije i brže prebacivanje tereta između različitih vagona. Iako je učinkovitost veća zbog korištenja kontejnera, cijeli postupak promjene kolosijeka i dalje traje nekoliko sati.

Na primjer, kada vlak ulazi u Rusiju iz Poljske, zbog razlike u širini kolosijeka, započinje operacija podizanja kontejnera, pri čemu se obično 64 standardna kontejnera premještaju u roku od otprilike 90 minuta[41].

4.3. Primjena više tračnica kako bi se osigurala različita širina kolosijeka

Dualna širina kolosijeka je vrsta željezničke pruge koja na istoj trasi ima postavljene tri ili više tračnica kako bi se omogućilo korištenje vlakova s različitim širinama kolosijeka. Ovaj dizajn omogućava lakšu promjenu između željezničkih sustava s različitim širinama kolosijeka, smanjujući vrijeme i složenost pretovara i okretanja vagona.

4.3.1. Tri tračnice

U ovakvoj pruzi postoje tri paralelne tračnice, od kojih jednu koriste oba kolosijeka, dok su preostale dvije namijenjene za svaku širinu kolosijeka zasebno. Tako vlak jedne širine koristi zajedničku tračnicu i svoju specifičnu, dok vlak druge širine koristi istu zajedničku tračnicu i svoju specifičnu. Ovakav dizajn se najčešće koristi u pograničnim područjima ili na spojevima željezničkih mreža, gdje postoji potreba za povezivanjem različitih sustava kolosijeka. Na primjer, između država kao što su Kina i Vijetnam, gdje se koristi različita širina kolosijeka, tri tračnice (slika

4) omogućavaju vlakovima prelazak granice bez potrebe za zamjenom vagona ili okretnih postolja [30].



Slika 7: Tri tračnice primijenjene na istom kolosijeku kako bi se osigurale različite širine [29]

Neke od najznačajnijih prednosti primjene tri tračnice su sljedeće [21]:

- *Smanjenje vremena prijelaza:* Korištenjem iste pruge za različite širine kolosijeka. Primjenom tri tračnice kako bi se osigurale različite širine kolosijeka smanjuje se vrijeme za promjenu kolosijeka ili vagona.
- *Ušteda troškova:* Nema potrebe za zamjenom vlakova ili ponovnim utovarom robe pri svakom prelasku kolosijeka, čime se smanjuju operativni troškovi.

Neki od nedostataka su sljedeći [21]:

- *Kompleksno održavanje:* Zbog potrebe za održavanjem tri tračnice i pripadajuće željezničke infrastrukture, izgradnja i održavanje tri-šinske pruge je znatno složenije nego kod običnih pruga.
- *Ograničenje brzine:* Zbog složenosti strukture, brzina kretanja vlakova može biti ograničena.

4.3.2. Četiri tračnice

Osim s tri tračnice, kolosijek može biti i s više tračnica. Na primjer, četverotračni kolosijek (Slika 5) ima četiri paralelne tračnice. Vlakovi s jednom širinom kolosijeka koriste prvu i treću tračnicu, dok vlakovi s drugom širinom kolosijeka koriste drugu i četvrtu tračnicu. Ovaj raspored omogućuje dva različita sustava kolosijeka na istoj trasi, bez međusobnog ometanja [21].



Slika 8.: Četrverotračni kolosijek [30]

4.4. Vozila dizajnirana za različite širine kolosijeka

U cilju lakšeg prilagođavanja kolosijecima različitih širina, neki tračnički operatori na svojoj infrastrukturi koriste vlakove koji se mogu prilagoditi različitim širinama kolosijeka. Ovaj vlak je dizajniran kao električni višedijelni vlak, koji može potpuno samostalno prelaziti s jedne širine kolosijeka na drugu. Korištenjem tehnologije podesivih osovina, vozila dizajnirana za različite širine kolosijeka (eng. Free Gauge Train - FGT) mogu automatski prilagoditi razmak između kotača prilikom prolaska kroz posebne uređaje za promjenu kolosijeka, čime omogućuju vožnju preko različitih širina kolosijeka bez potrebe za zamjenom vlaka ili podvozja [9].

Tehnologija ovih vlakova temelji se na sposobnosti automatskog prilagođavanja razmaka između kotača kako bi odgovarali različitim širinama kolosijeka. Glavna komponenta su rubovi kotača, koji su ključni za vođenje vlaka po tračnicama. Podešavanjem položaja rubova kotača, vlak se prilagođava različitim širinama kolosijeka.

Promjena kolosijeka se postiže kontroliranjem položaja skretnice. U modernim željezničkim sustavima, kretanje skretnica uglavnom se kontrolira računalima kako bi se osigurala točnost i sigurnost promjene kolosijeka.

Vlakovi namijenjeni za različite širine kolosijeka kombiniraju mehaničke prilagodbe i preciznu računalnu kontrolu, omogućujući sigurno i učinkovito premještanje vlakova između različitih željezničkih sustava. Ova tehnologija značajno povećava fleksibilnost i učinkovitost međunarodnog željezničkog prijevoza.

Prvi ovakav vlak (eng. Free Gauge Train - FGT) dovršen je u listopadu 1998. godine. Projektiran je da može postići maksimalnu brzinu od preko 300 km/h na Shinkansen prugama u Japanu, dok na konvencionalnim uskim prugama može postići brzinu od preko 130 km/h. Prvi vlak je bio u uporabi

od 1998. do 2006. godine, drugi vlak od 2006. do 2014. godine, a treća generacija vlaka započela je testiranje 2014. godine, iako su testiranja trenutno obustavljena zbog tehničkih problema s osovinama. Odlikuje ih prekomjerna težina okretnih postolja (zbog raspodijeljenog pogona s promjenjivim kolosijekom, gdje osim mehanizma za promjenu kolosijeka, postolja sadrže i motore i kočione uređaje), visoki troškovi, kao i složenost mehanizma za promjenu kolosijeka, što rezultira nedovoljnom pouzdanošću koja nije zadovoljavajuća za komercijalnu upotrebu. Drugim riječima, iako je tehnički moguće proizvesti ovakve vlakove, njihova izrada je vrlo skupa i nepraktična za stvarnu primjenu[22].



Slika 9.: Prva generacija japanskog vlaka s promjenjivim kolosijekom [31]

4.4.1. Vlakovi s promjenjivom širinom kolosijeka u Španjolskoj

Osim Japana, tehnologija promjenjivog kolosijeka najranije je razvijena i najzrelija u Europi, točnije u Španjolskoj. Ovu tehnologiju predvode dvije glavne tvrtke: Talgo-RD i CAF BRAVA. Ove dvije tvrtke imaju dugogodišnje iskustvo i razvijenu tehnologiju u području promjenjivog kolosijeka te posjeduju brojne patente [22].

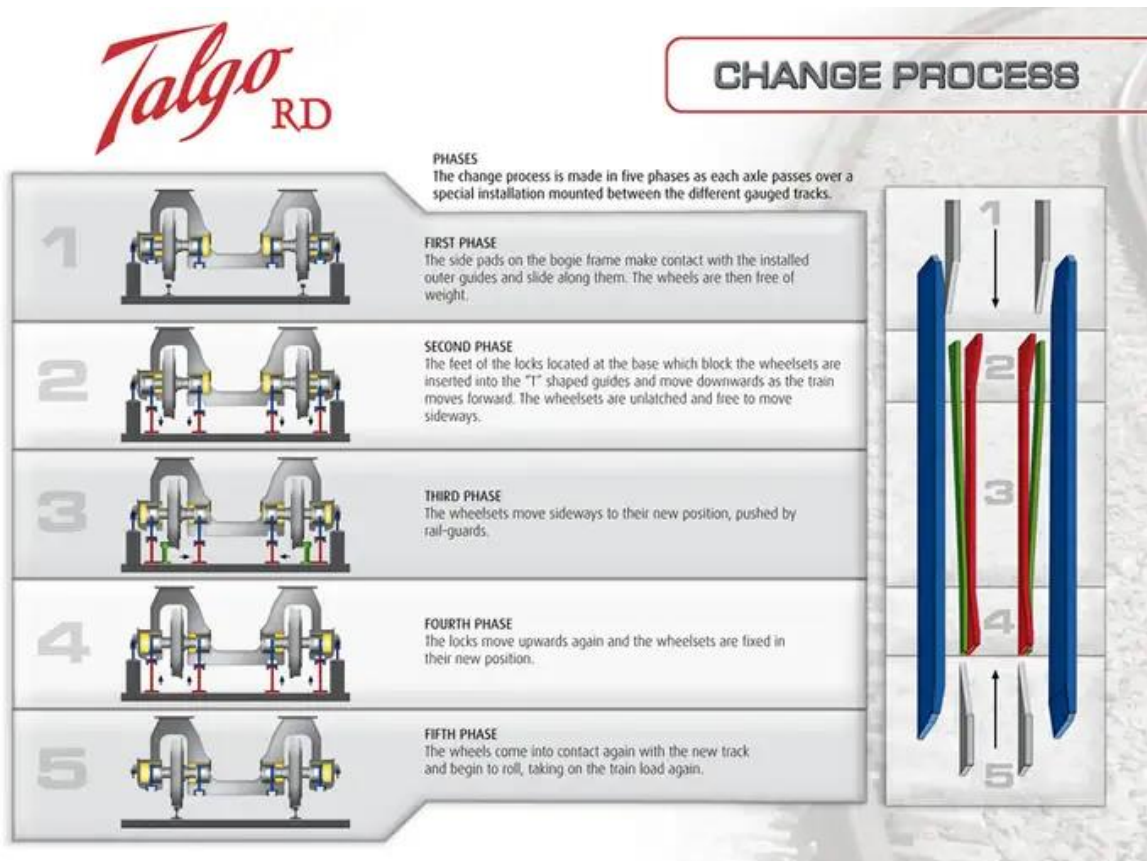
Od 2004. godine, španjolski nacionalni željeznički prijevoznik Renfe uveo je u promet svoje električne vlakove serije 120, koji mogu mijenjati širinu kolosijeka između 1.668 mm širokog kolosijeka i 1.435 mm standardnog kolosijeka. Također, iste godine Talgo je pustio u promet potpuno novi brzi vlak AVEs-106 koji je izgrađen za španjolskog nacionalnog prijevoznika Renfe. Po prvi put primjenjuju svoju automatsku tehnologiju promjene širine kolosijeka na vlakovima koji postižu brzinu od preko 300 km/h, dok je do sada bila dostupna samo za vozila brzine do 250 km/h. Ovaj vlak prometuje na linijama od Madrida do Barcelone, kao i od glavnog grada prema sjevernim regijama Španjolske, Asturiji i Galiciji. Od 30 vlakova serije 106, 15 ih je za standardni kolosijek i 15 za promjenjivi kolosijek, koji mogu raditi na kolosijeku od 1435 milimetara i iberskom kolosijeku od 1668 milimetara[23].



Slika 10.: Talgo serija 102-112 vlak [32]

Postupak za promjenu širine kolosijeka kod Talgo sustava (Slika 10) [22]:

- 1.faza - bočne podloge na okviru postolja dolaze u kontakt s instaliranim vanjskim vodičima i klize duž njih. Kotači su tada oslobođeni težine.
- 2.faza - noge bravica smještene na dnu, koje blokiraju osovinske sklopove, umetnute su u vodiče u obliku slova 'T' i pomiču se prema dolje dok vlak ide naprijed. Osovinski sklopovi se otključavaju i mogu se slobodno kretati.
- 3.faza - osovinski sklopovi se pomiču bočno u svoj novi položaj, potisnuti od strane vodilica.
- 4.faza - brave se ponovno podižu i osovinski sklopovi se fiksiraju u novom položaju.
- 5.faza- kotači ponovno dolaze u kontakt s tračnicama i počinju se kretati, preuzimajući teret vlaka



Slika 11.: Postupak za promjenu širine kolosijeka kod Talgo sustava [33]

5. CASE STUDY: ŽELJEZNIČKA PRUGA KINA-KIRGISTAN-UZBEKISTAN (KKU)

Primjer pruge s različitim širinama kolosijeka je i željeznička pruga Kina-Kirgistan-Uzbekistan, čija je izgradnja u planu. Pruga Kina-Kirgistan-Uzbekistan započinje na stanici Kašgar na južnoj kineskoj željeznici, prolazi kroz Kirgistan i završava na stanici Andižan u Uzbekistanu.

Predviđena duljina ove željezničke pruge iznosi 523 km, od čega 213 kilometara prolazi kroz Kinu, 260 kilometara kroz Kirgistan, a približno 50 kilometara kroz Uzbekistan. Nakon što bude izgrađena, ova željeznica postat će najkraća teretna ruta iz Kine do Europe i Bliskog istoka, skraćujući teretni put za 900 kilometara i štedeći 7 do 8 dana putovanja[24].

Iako je projekt naišao na poteškoće zbog razlike u širini kolosijeka, financiranja projekta i složenog terena, što je usporilo napredak, no ipak će početi u listopadu 2024. Projekt je bio u planu dugi niz godina, konačno je dogovoren i njegovom realizacijom će se donijeti značajne promjene u regionalnom ekonomskom razvoju i međunarodnoj trgovini.

5.1. Trasa željeznice

Godine 1999., prema planu Ministarstva željeznica Republike Kine, Prvi istraživačko-projektni institut Ministarstva željeznica izradio je 'Izvjješće o studiji izvodljivosti kineskog dijela nove kinesko-kirgisko-uzbekistanske međunarodne željeznice' te predložio dvije opcije: sjevernu i južnu rutu (slika 11)[24].

Sjeverna ruta [24]:

- Ruta: Kašgar → Topa → Gekilik → prijevoj Turgat → izlazak iz zemlje kroz tunel dug 3,85 km koji prolazi kroz planinu Turpet → južna strana jezera Chatyr-Kul u Kirgistanu → Koš-Kjope → postaja Bagish (Kok-Yangak) → spajanje s postojećom željeznicom kroz Jalal-Abad → Kara-Su → Andižan, Uzbekistan.
- Ukupna duljina: oko 577 km.
- Duljina novoizgrađene pruge: oko 485 km (od toga 166 km unutar Kine).
- Duljina rekonstrukcije: 92 km.

Južna ruta[24]:

- Ruta: Kašgar → okrug Ucha → prelazak preko planine Karagush → Kurghan → izlazak iz zemlje kroz granični prijelaz Irkeshtam → Saritash u Kirgistanu → prelazak preko tri planinska prijevoja → spajanje s postojećom željeznicom u Kara-Suu → Andižan, Uzbekistan.

- Ukupna duljina: oko 523 km.
- Duljina novoizgrađene pruge: 473 km (od toga 213 km unutar Kine)
- Duljina rekonstrukcije: 50 km



Slika 12. : Trasa željeznice Kina-Kirgistan-Uzbekistan [34]

5.2. Tehničke značajke

Obje opcije imaju svoje prednosti i nedostatke, a njihova geografska lokacija je smještena u Tianshan graditeljskom pojasu. Željeznička linija prelazi kroz rasjed Talas-Ferganskiy gdje su građevinske aktivnosti vrlo intenzivne. Područje je karakterizirano visokom erozijom i erodiranim reljefom s brojnim dolinama i rijekama[3].

Željeznička pruga prelazi Fergansku planinu, gdje su visinske razlike velike, a godišnja količina snijega je golema. Česti su prirodni snježni pokrivač, vjetrom pomican snijeg i lavine, a osim toga, proljetne poplave uzrokovane otapanjem snijega su uobičajena prirodna nepogoda.

Na temelju analize geoloških struktura korištenjem tehnologije daljinske detekcije, identificirano je ukupno 28 različitih geoloških struktura, uključujući 8 regionalnih rasjeda, 6 aktivnih rasjeda i 14 općih rasjeda[3].



Slika 13.: Rasjed Talas-Ferganskiy [3]

I južni i sjeverni koridor trase željeznice Kina-Kirgistan-Uzbekistan prolaze kroz sjeverozapadno usmjeren rasjed Talas-Ferganski u planinskom području Fergana. Stabilnost temelja željeznice na dionici koja prelazi planine Fergana je upitna zbog utjecaja rasjeda. Usporedno gledano, u gornjem toku rijeke Naryn na južnom koridoru, geološka aktivnost je izraženija, dok je aktivnost rasjeda na sjevernom koridoru relativno manja[3].

S obzirom na geološku strukturu, nepovoljna geološka tijela, sklonost snježnim nesrećama i stabilnost tla na južnom i sjevernom koridoru trase željeznice Kina-Kirgistan-Uzbekistan te uzimajući u obzir razumnost i znanstvenost željezničkog projektiranja, preliminarno se smatra da je sjeverni koridor trase znanstveno, razumno, sigurnije i ekonomičnije rješenje[3].

Tehničke poteškoće predstavljaju značajan izazov. Studija izvodljivosti pokazala je da bi za prolazak kroz planinske lance na predloženoj sjevernoj ruti bilo potrebno više od 50 tunela i 90 mostova [3].

5.2.1. Projektirana brzina

Projektirana brzina vlaka temelji se na vrsti prometa i geografskim karakteristikama trase. Ova je pruga prvenstveno namijenjena teretnom prometu. Na ravničarskim dijelovima, gdje povećanje brzine ne utječe značajno na troškove, brzina će biti 120 km/h. U planinskim područjima, gdje bi povećanje brzine značajno povećalo troškove zbog strmih uspona i oštih zavoja, brzina će biti ograničena na 80 km/h [7].

5.2.2. Minimalni radijus krivine

Minimalni radijus krivine određuje se kako bi se osigurala sigurnost i stabilnost vožnje lokomotiva i vagona na krivinama, te kako bi se održao normalan kontakt između kotača i tračnica. Radijus

mora biti prilagođen terenskim uvjetima duž trase. S obzirom na složene geološke uvjete i strme padine na ovom projektu, manji radijus krivine može smanjiti potrebne građevinske radove i troškove. Preporučeni minimalni radijus krivine je 800 m u nizinskom dijelu i 400 m u planinskim područjima [7].

5.2.3. Nagibi

Terenska konfiguracija duž trase obuhvaća visinske razlike između 800 i 3.600 metara, s relativno velikim razlikama u nadmorskoj visini. Oko 95% trase prolazi kroz planinska područja, s prirodnim nagibima od 1:1,5 do 1:1. Doline su uske s uzdužnim nagibima većim od 2 % do 3 %. Pruga prolazi kroz planinski lanac Fergana, gdje strmi tereni i uske doline zahtijevaju primjenu većih nagiba, pri čemu bi ograničenje nagiba trebalo biti veće od 20 %. Prema iskustvu izgradnje željeznica u Kini, maksimalni nagib od 20 % smatra se optimalnim. Za nagibe veće od 20 % potrebno je provesti dodatna ispitivanja prije primjene [7].

5.2.4. Vrste vuče

Vrste vuče koje se trenutno koriste u željezničkom prometu uključuju električnu i dizelsku vuču. Električna vuča ima prednosti poput veće snage, održavanja konstantne brzine i ne smanjuje snagu na velikim nadmorskim visinama, što je ključno za linije s velikim nagibima. Iako bi električna vuča bila idealna za ovu prugu zbog zahtjevnih uvjeta, trenutna nedostatna infrastruktura i nepostojanje vanjskog napajanja sugeriraju da se u bliskoj budućnosti koristi dizelska vuča, s planom za prelazak na električnu vuču kada se izgradi potrebna infrastruktura [7].

5.2.5. Širina kolosijeka

Kina u okviru projekta željeznice KKKU inzistira na korištenju standardnog kolosijeka, dok Kirgistan zagovara uporabu širokog kolosijeka. Stav Kirgistana u ovom pitanju značajno je pod utjecajem Rusije. Budući da su Kirgistan i Uzbekistan bile bivše sovjetske republike, koriste širinu kolosijeka koja je standard u bivšem Sovjetskom Savezu – široki kolosijek od 1520 mm.

Kako bi očuvala svoj utjecaj u Srednjoj Aziji, Rusija je organizirala potpisivanje nekoliko sporazuma s državama regije, uključujući „Izjavu o načelima suradnje na 1520 mm kolosijeku“ i „Deklaraciju o razvoju logističkog potencijala i multifunkcionalnih transportnih tehnologija u prostoru 1520“. Ovi sporazumi imaju za cilj isključiti utjecaj drugih zemalja, kroz održavanje standarda širokog kolosijeka (1520 mm) u regiji [7].

Kina insistira na korištenju standardnog kolosijeka u izgradnji kinesko-kirgisko-uzbekistanske željeznice zbog dugoročnih strateških razmatranja. Ova željeznica ne samo da povezuje zapad

Kine s Centralnom Azijom, već nakon produžetka do Andižana može prolaziti kroz Fergansku dolinu, direktno dosežući Turkmenistan, a može se dalje povezati s Turskom i Europom ili prema jugu preko Bliskog istoka doći do Perzijskog zaljeva i Arapskog poluotoka. S obzirom da Turska i europske zemlje koriste kolosijek normalne širine, inzistiranje na ovom kolosijeku postaje kineski prioritet u promoviranju međusobne povezanosti željeznica. Kirgistan i Uzbekistan insistiraju na korištenju širokog kolosijeka uglavnom zato što ostale zemlje u Srednjoj Aziji također koriste ovaj sustav. Ova dosljednost ima veliku važnost za učinkovitost željezničkog transporta i logistike unutar regije.

Kako bi se riješio problem različitih širina kolosijeka, Kina je razvila tehnologiju automatske promjene kolosijeka za međunarodno povezivanje. Prema dostupnim informacijama, ova kineska tehnologija omogućava da vlak, bez zaustavljanja, u roku od 10 sekundi prijeđe s jednog kolosijeka na drugi kolosijek različite širine.

Korištenjem promjenjivih okretnih postolja, moguće je ostvariti dvosmjernu prilagodbu između kolosijeka širine 1435 mm i 1520 mm, omogućujući vlakovima nesmetan prolaz. Ova tehnologija omogućava uspješno kretanje pojedinačnih vagona, više vagona, s izuzetno dobrim rezultatima u primjeni [25].



Slika 14.: Promjenjive okretne postolje [35]

Kada vlak prolazi, prvo se prebacuje na nosivu tračnicu osovinskog ležaja, što omogućuje da se kotači odvoje od tračnica i ostanu u lebdećem stanju. Zatim se aktiviraju vodilice za otključavanje s obje strane prizemnog uređaja za promjenu kolosijeka, otključavajući osovinske brave koje održavaju razmak među kotačima, dopuštajući im slobodno horizontalno kretanje[35].

Nakon toga, vodilice precizno usmjeravaju kotače na potrebnu poziciju, a čim se kotači nađu na mjestu, brave se ponovno zaključavaju, dovršavajući promjenu kolosijeka. Konačno, kotači se

vraćaju na tračnice, omogućujući vlaku da nastavi nesmetano putovanje na teritoriju susjedne zemlje. Cijeli proces promjene širine kolosijeka potpuno je automatiziran, putnici ne trebaju presjedati ili čekati, čime se značajno skraćuje vrijeme koje bi inače bilo potrebno za nekoliko sati čekanja [35].

Uređaj za promjenu kolosijeka zapravo je dizajnirana konstrukcija pruge koja je postavljena na spoju dvaju kolosijeka različitih širina. Na ovom specifičnom dijelu pruge, vlak ne drže tradicionalne željezničke tračnice, već se težina vlaka prenosi putem ležajnog sustava sastavljenog od nekoliko stotina valjaka. Ovaj sustav omogućuje glatku prilagodbu kotača vlaka na različite širine kolosijeka.

Ova široko kolosiječna naprava može nositi gotovo 70 tona težine jednog vagona, a istovremeno omogućuje kontrolu kretanja cijelog vlaka pomoću ujednačenog valjanja. Tijekom rada, cijeli proces dinamičke automatske promjene kolosijeka odvija se kontinuirano, 24 sata dnevno, bez potrebe za ljudskim nadzorom, čime se štedi velika količina ljudskih i materijalnih resursa. Omogućuje glatki dvosmjerni prolazak i izbjegava ponovnu gradnju. Mehanički i električni sustavi uređaja projektirani su za podnošenje niskih temperatura i do -50°C , imaju odličnu otpornost na vremenske uvjete, a pri nakupljanju snijega na tračnicama, uređaj automatski zagrijava i topi led i snijeg, što ga čini posebno pogodnim za hladne uvjete u srednjoj Aziji[35].



Slika 15.: Uređaj za promjenu kolosijeka na tlo [35]

3.3 Razvojne perspektive

Za Kirgistan, izgradnja željeznice Kina-Kirgistan-Uzbekistan ima duboko značenje. Od stjecanja neovisnosti nakon raspada Sovjetskog Saveza, Kirgistan nije izgradio novu željeznicu u posljednjih 30 godina. Trenutno, ukupna dužina širokotračnih željeznica u zemlji iznosi 423,9 km, a sve su izgrađene u sovjetskom periodu i sada su u lošem stanju. Željeznička mreža Kirgistana podijeljena je na sjeverni i južni dio, koji nisu povezani: sjeverni dio ide od Balykchy preko Bishkeka do granice s Kazahstanom, ukupne dužine 322,7 km; dok južni dio ide od Osha preko Jalal-Abada do granice s Uzbekistanom, ukupne dužine 101,2 km.

Izgradnja željeznice Kina-Kirgistan-Uzbekistan pomoći će u povezivanju ovih dvaju nepovezanih željezničkih mreža, unaprijediti infrastrukturu Kirgistana i modernizirati prometne uvjete u zemlji. Također će pružiti nove ekonomske prilike, poboljšati transportnu povezanost Kirgistana s Kinom i drugim srednjoazijskim zemljama te donijeti dodatne investicije i trgovinske mogućnosti za zemlju. Prema procjenama ekonomskih stručnjaka iz Kirgistana, nakon izgradnje željeznice Kina-Kirgistan-Uzbekistan, godišnji teretni promet u Kirgistanu mogao bi doseći 13 milijuna tona. Samo prihod od tranzitnih troškova mogao bi donijeti profit od 200 milijuna dolara godišnje [26].

Za Kinu, nakon završetka izgradnje željeznice Kina-Kirgistan-Uzbekistan, Xinjiang će dobiti novi izlazni koridor. Ova željeznička linija značajno će skratiti udaljenost između Xinjianga i Bliskog Istoka te Europe. Na primjer, udaljenost od Kashgara do glavnog grada Irana, Teherana, preko južnog koridora Novog euroazijskog mosta biće 2850 km, što je 340 km kraće nego udaljenost od Kashgara do Lanzhoua; udaljenost do glavnog grada Turske, Ankare, biće 5050 km, što je 330 km kraće nego udaljenost od Kashgara do Shanghaija. Ova željeznička linija dodatno će poboljšati strateški položaj Xinjianga i ojačati logističke i ekonomske veze u regiji. te bit će najkraća teretna ruta između Kine i Europe ili Bliskog Istoka. Putovanje će se skratiti za 900km, a vrijeme isporuke će se smanjiti za 7 do 8 dana [26].

4 ZAKLJUČAK

Prometna infrastruktura sastavni je dio nacionalnog infrastrukturnog sustava i ima važnu ulogu u nacionalnoj obrani i vojnoj funkciji. Dugo vremena, prometna infrastruktura i mreža igrali su ključnu ulogu u ekonomskim vezama među državama, društvenoj komunikaciji, političkoj vlasti i međunarodnoj geopolitičkoj konkurenciji.

Različite širine kolosijeka rezultat su povijesnih, geografskih i ekonomskih čimbenika. Pri odlučivanju o širini kolosijeka, svaka zemlja je uzimala u obzir svoje specifične potrebe, uključujući ekonomiju, vojnu sigurnost i tehničke zahtjeve, što je dovelo do današnje raznolikosti širina kolosijeka diljem svijeta.

Važnost promjene širine kolosijeka leži u osiguravanju sigurnosti i učinkovitosti željezničkog prijevoza, dok se istovremeno prilagođava specifičnim potrebama različitih zemalja i regija. Kroz tehničke inovacije i prilagodbe, moguće je dodatno poboljšati praktičnost i učinkovitost željezničkog prijevoza.

Povezivanje država s različitim kolosijecima može biti tehnički složeno, ali je izvedivo kroz pažljivo planiranje i korištenje specijalizirane opreme i postupaka. Poput zamjena okretnih postolja, presjedanje ili pretovar, dualna širina kolosijeka i vlakovi s promjenjivim kolosijekom.

Prijevoz željeznicom između zemalja s različitim širinama tračnica ima višestruke učinke. Omogućuje povezanost između željezničkih sustava različitih širina tračnica. Doprinosi trgovinskoj suradnji i gospodarskom razvoju. Također potiče razmjenu ljudi i kulturnu suradnju između različitih zemalja

POPIS LITERATURE

- [1] *Li Shibin, Razvoj i perspektive elektrificiranih željeznica u Kini, 1/2006*
- [2] *WANG Chengjin , LI Xumao , CHEN Peiran , XIE Yongshun , LIU Weidong (1. Key Laboratory of Regional Sustainable Development Modeling; Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 2. College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China) Spatial pattern of railway geo-system and development mechanism from the view of gauge: A case study of Eurasia)*
- [3] *Yu Shao hui, Chen Chu jiang, Zhang xiao, Analysis of the Geological Structure for China-Kyrgyzstan-Uzbekistan. Journal of Railway engineering society No.5 2015.*
- [4] *He Yulong, Yang Lizhong , Komparativne prednosti željeznice u okviru integriranog sustava prijevoza, 1003—1421(2007)12—0012-03*
- [5] *Pravilnik o željezničkoj infrastrukturi. Na temelju članka 15. stavka 4. Zakona o željeznici (»Narodne novine« br. 123/03 i 30/04)*
- [6] *ZHENG Xiao-kang, Selection of Main Technical Standards for China – Kyrgyzstan – Uzbekistan Railway within Kyrgyzstan, 1672 – 7479(2014) 06 – 0093 – 03*
- [7] *Zhang Hang, Yu Haowen, He Jinfan i dr., Istraživanje tehnologije neprekidnog prijevoza vlakova između različitih kolosijeka. Znanost i tehnologija i inovacije, 2021. 2095 – 6835 (2021) 15 – 0062 – 02*
- [8] *Zakon o sigurnosti i interoperabilnosti željezničkog sustava NN 63/20*
- [9] *ODA K, OHTSUYAMA S, KOBAYASHI H, et al. Developing a gauge-changing EMU[J]. Quarterly Report of RTRI, 2003, 44(3): 99-102.*
- [10] *Dr. sc. Dušan Marušić, dipl.ing.građ. Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Sveučilište u Splitu, Danijela Maslač, dipl.ing.građ. Građevinski fakultet Sveučilišta u Mostaru; Pruge za velike brzine-kolosijeci na čvrstoj podlozi*
- [11] *Doc.dr.sc. Stjepan Lakušić, Marko Vajdić, Kolosijeci na čvrstoj podlozi, Dani prometnica - Tehnički, ekonomski i ekološki aspekti, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2008.*
- [12] *Doc.dr.sc. Stjepan Lakušić, Marko Vajdić, Pregled suvremenih kolosiječnih konstrukcija na čvrstim podlogama UDK 625.84/85:625.731.001.3*

[40] *Doc.dr.sc. Stjepan Lakušić, Željeznice predavanja za studente III godine Građevinskog fakulteta*

POPIS SLIKA

<i>Slika 1.:Kolosijek sa zastornom prizmom [12].....</i>	<i>5</i>
<i>Slika 2. Podjela kolosijeka na čvrstoj podlozi [12].....</i>	<i>8</i>
<i>Slika 3. Kolosijek na čvrstoj podlozi sa "Rheda" kolosiječnom konstrukcijom, a) dionica kolosijeka Rheda-Wiedenbruck željeznička stanica, b) model kolosijeka[11].....</i>	<i>8</i>
Slika 4.: Distribucija željezničkih pruga s različitim kolosijecima na euroazijskom kontinentu[2].	9
<i>Slika 5.: Okretno postolje Y25[27].....</i>	<i>15</i>
Slika 6.: Zamjena okretnih postolja [28].....	17
Slika 7: Tri tračnice primijenjene na istom kolosijeku kako bi se osigurale različite širine [29]....	19
Slika 8.: Četverotračni kolosijek [30].....	20
<i>Slika 9.: Prva generacija japanskog vlaka s promjenjivim kolosijekom [31].....</i>	<i>21</i>
Slika 10.: Talgo serija 102-112 vlak [32].....	22
Slika 11.: Postupak za promjenu širine kolosijeka kod Talgo sustava [33].....	23
<i>Slika 12 .: Trasa željeznice Kina-Kirgistan-Uzbekistan [34].....</i>	<i>25</i>
Slika 13.: Rasjed Talas-Ferganskiy [3].....	26
Slika 14.: Promjenjive okretno postolje [35].....	28
Slika 15.: Uređaj za promjenu kolosijeka na tlo [35].....	29

POPIS TABLICA

Tablica 1.: Udio elektrificirane pruge[38]..... 3