Izvedbe i sustavi vlakova velikih brzina

Ivanović, Ilija

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:679246

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Ilija Ivanović

IZVEDBE I SUSTAVI VLAKOVA VELIKIH BRZINA

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2015.

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

IZVEDBE I SUSTAVI VLAKOVA VELIKIH BRZINA

HIGH SPEED TRAINS SYSTEMS AND PERFORMANCES

Mentor: dr.sc. Mladen Nikšić

Student: Ilija Ivanović, 0135224487

Zagreb, 2015.

IZVEDBE I SUSTAVI VLAKOVA VELIKIH BRZINA

SAŽETAK:

Vlakovi velikih brzina sve su više zastupljeni u Europi ali i cijelome svijetu. Zbog velikih brzina i infrastruktura je zahtjevnija i koriste se različite izvedbe pragova s ciljem mogućnosti razvijanja još većih brzina, udobnosti te što manjeg zagađenja okoliša. Predstavljeni su neki od najpoznatijih vlakova velikih brzina u svijetu, pa tako i nove izvedbe vlakova kao što su levitacijski vlakovi (maglev vlak) te njihove prednosti i mane. Cilj ovog rada je prikaz prednosti željezničkog prometa nad ostalim prometnim granama.

KLJUČNE RIJEČI: vlakovi velikih brzina; kolosijeci; pragovi; levitirajući vlakovi;

HIGH SPEED TRAINS SYSTEMS AND PERFORMANCES

SUMMARY :

High-speed trains are increasingly represented in Europe but also all over the world. Due to the high speed, infrastructure is more demanding and using different versions of railway thresholds with the aim of developing the possibilities of even greater speed, comfort and minimizing enviroment pollution. This paper presents some of the most high-speed trains in the world, including new versions of trains such as levitation trains (maglev vlak) and their advantages and disadvantages. The aim of this study was to review the advantages of rail transport over other transport sectors.

KEYWORDS: high-speed trains; tracks; thresholds; levitating trains;

Sadržaj

1. Uvod 1
2. Pruge velikih brzina u Europi i svijetu 2
2.1. Prednosti kolosijeka na čvrstoj podlozi 5
2.2. Nedostaci kolosijeka na čvrstoj podlozi 6
2.3. Tipovi kolosijeka na čvrstoj podlozi 7
2.3.1. Kolosijeci izvedeni postupkom ugrađivanja pragova 8
2.3.1.1. Sustav "Rheda" 8
2.3.1.2. Sustav "Rheda-Berlin" 9
2.3.1.3. Sustav "Heitkamp" 10
2.3.1.4. Sustav "Züblin" 10
2.3.2. Kolosijeci izvedeni postupkom polaganja pragova 11
2.3.3. Monolitni sustav kolosijeka 12
2.3.4. Montažni sustavi kolosijeka – pločasti kolosijeci 13
2.4. Stanje u Republici Hrvatskoj 14
3. Podjela vlakova velikih brzina 15
3.1. Francuska (sustav TGV) 15
3.2. Japan (sustav Shinkansen) 17
3.3. Njemačka (ekspresni vlakovi ICE) 19
3.4. Španjolska (sustav AVE) 21
3.5. Italija (Pendolino) 22
3.6. Velika Britanija (HST i Eurostar) 22
3.7. SAD (Acela) 24
4. Magnetski lebdeći vlakovi 26
5. Prednosti i nedostatci vlakova velikih brzina s ekološkog motrišta 28
6. Zaključak 30
7. Popis literature 31

1. UVOD

Svi vlakovi koji mogu razviti brzine preko 200 km/h dobivaju status vlaka velikih brzina. Suvremeni vlakovi današnjice u komercijalnom prometu dostižu brzine i do 350 km/h, ali je njihova infrastruktura drugačija. Često su to vrlo sofisticirani i računalno nadzirani sustavi, upravo zbog brzina koje postižu nisu pogodni za kratke relacije, nego naprotiv na dugim relacijama znatno smanjuju vrijeme putovanja. Vlakovi koji u komercijalne svrhe razvijaju veće brzine od 350 km/h su magnetni tzv. lebdeći vlakovi koji prometuju na posebno izgrađenoj infrastrukturi.

Pruge izgrađene za vlakove velikih brzina prate i vrlo strogi sigurnosni standardi. Upravo zbog toga infrastruktura je obično opremljena sa signalima koji direktno strojovođi javljaju kakvo je stanje na pruzi. U izradi rada korišteni su podaci o analiziranju pragova na čvrstoj podlozi, njihove prednosti i mane u odnosu na tucanički kolosiječni zastor, ali i prednosti i nedostatci vlakova velikih brzina s ekološkog motrišta.

2. PRUGE VELIKIH BRZINA U EUROPI I SVIJETU

Zbog pojačanih zahtjeva za sigurnošću, umjesto klasične zastorne konstrukcije, javlja se potreba za novim stabilnijim materijalom za izradu čvrste podloge kolosijeka (betonom ili asfaltom). Zbog velikih brzina pruge moraju biti standardizirane i imati maksimalnu točnost uzdužnog i poprečnog niveliranja trase, stalno i točno definirati elastičnosti kolosiječne konstrukcije pod djelovanjem osovinskog opterećenja, te sprječavati ili eventualno smanjivati mogućnost slijeganja tla. Tip kolosijeka sa čvrstom podlogom smanjuje potrebu za održavanjem uz manje troškove održavanja, za usporedbu od klasičnog kolosijeka, te osigurava i veću poprečnu i uzdužnu stabilnost sa dužim vijekom trajanja. Uz sve prednosti kolosijeka na čvrstoj podlozi, jedan od glavnih nedostataka je povećanje emisije buke.

Razvoj kolosijeka na čvrstoj podlozi počinje u Njemačkoj sa ciljem proizvodnje kolosiječnog sustava prikladnog za budućnost, uz minimalno održavanje i visoku pouzdanost.



Slika 2.1. Pruga za velike brzine u Njemačkoj

Izvor: http://www.gfmo.ba/e-zbornik/e_zbornik_02_03.pdf

U slučaju kolosijeka sa zastorom, ovi zahtjevi iziskuju veliki broj rekonstrukcijskih intervencija, i to je osnovni razlog za prihvaćanje tehnološki naprednijih sustava. Kolosijeci bez tucaničkog zastora omogućuju visoku razinu stabilnosti kolosijeka, što pruža mogućnost tihog kretanja vozila i visokog komfora tijekom putovanja. Potreba za održavanje je značajno umanjena, što uvelike doprinosi smanjenju troškova unutar životnog ciklusa, te većoj iskoristivosti. Eliminacijom najslabije karike gornjeg ustroja, tucaničkog zastora, pružena je izvjesna budućnost transportu pri velikim brzinama uz pomoć željeznice. [1]

[1] http://www.gfmo.ba/e-zbornik/e_zbornik_02_03.pdf

Tablica 2.1. Svjetska mreža pruga velikih brzina [2]

	Ukupan broj kilometara u svijetu
Trenutno se koristi	9919 km
U izgradnji	8295 km
Planirano za izgradnju	18753 km

Tablica 2.2. Europska mreža pruga velikih brzina

	Ukupan broj kilometara u Europi
Trenutno se koristi	5598 km
U izgradnji	3474 km
Planirano za izgradnju	8501 km

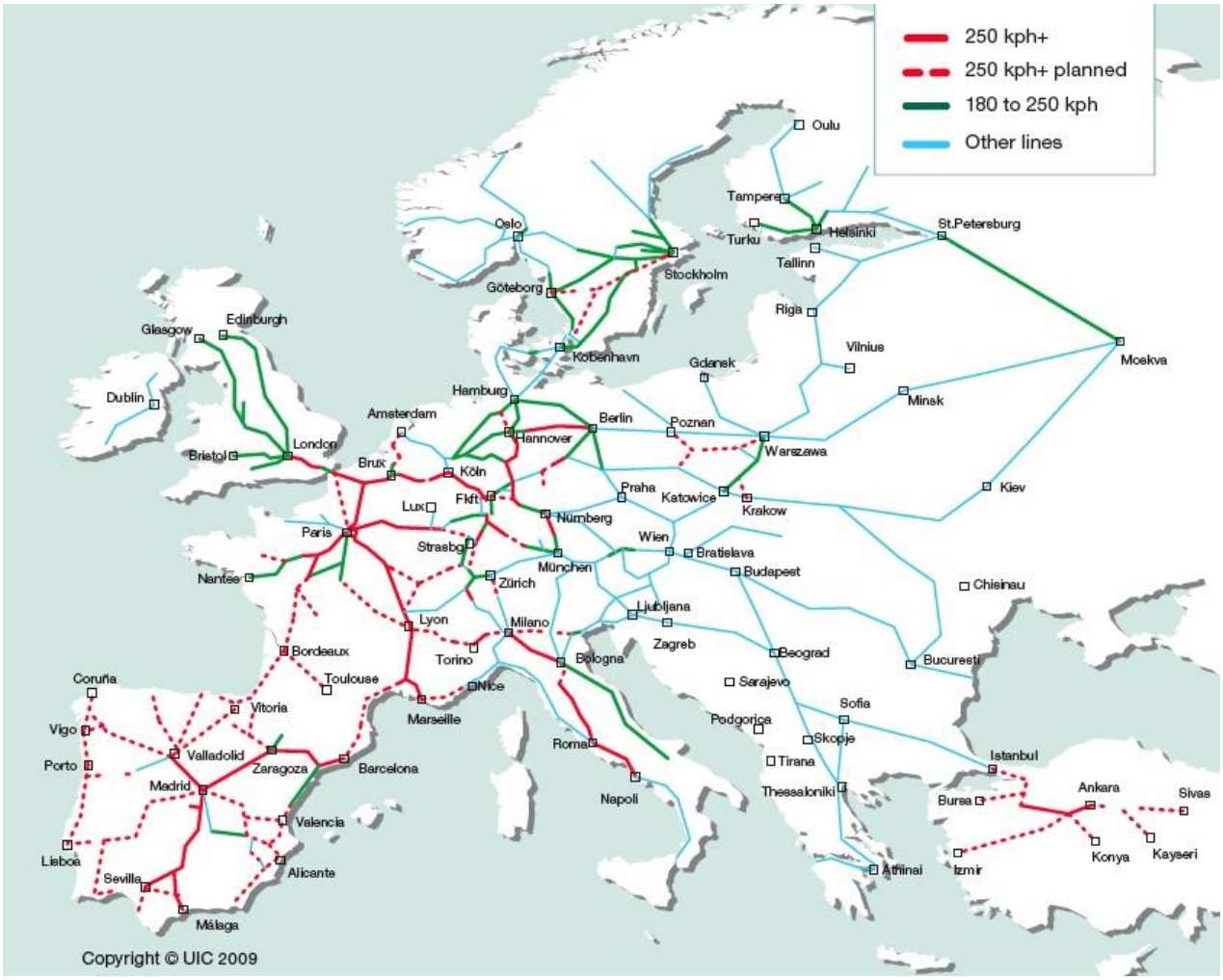
Tablica 2.3.Azijska mreža pruga velikih brzina

	Ukupan broj kilometara u Aziji
Trenutno se koristi	3959 km
U izgradnji	4821 km
Planirano za izgradnju	7857 km

Tablica 2.4. Mreža pruga velikih brzina ostalih država svijeta

	Ukupan broj kilometara u ostalim zemljama svijeta
Trenutno se koristi	362 km
Planirano za izgradnju	2395 km

[2] Dr. Srđan Rusov, Sistemi vozova velikih brzina, Beograd, 2010



Slika 2.2. Europska mreža pruga velikih brzina
Izvor: http://www.projectmapping.co.uk/Europe%20World/europeinternatio.html

2.1. Prednosti kolosijeka na čvrstoj podlozi

Jedna od najznačajnijih prednosti kolosijeka na čvrstoj podlozi u odnosu na klasične kolosiječne konstrukcije očituje se kroz smanjenje troškova održavanja trase i sukladno tome, smanjenju troškova koji nastaju kao posljedica zatvora pruge u periodu održavanja. Pri tome je i dalje neophodno stalno održavanje u vidu brušenja tračnica, zamjene tračnica, te uklanjanja vegetacije sa rubova posteljice. Očekivani životni vijek kolosijeka na čvrstoj podlozi (50 do 60 godina) puno je dulji od životnog vijeka klasičnih zastornih kolosiječnih konstrukcija (30 do 40 godina). Prilikom projektiranja nove trase kolosijeci bez tucaničkog zastora pružaju mogućnost rentabilnijeg trasiranja. [3]

Tablica 2.2. Usporedba kolosijeka na čvrstoj podlozi i klasične zastorne konstrukcije

Kriterij:	KLASIČNA ZASTORNA KOLOSIJEČNA KONSTRUKCIJA	KOLOSIJECI NA ČVRSTOJ PODLOZI
Materijal zastora-podloge	Šljunak, tucanik...	beton ili asfalt
Debljina i visina konstrukcije	cca. 90cm	cca. 50cm
životni vijek	30-40 godina	50-60 godina
Troškovi	troškovi održavanja veliki	troškovi izgradnje su znatno veći, a troškovi održavanja znatno umanjeni
Buka	emisija buke u povećanoj vrijednosti	emisija buke povećana +5dB, u odnosu na klasične konstrukcije
stabilnost	pragovi poduprti na razmaku od 60-80cm i svaki prag može uzrokovat odstupanje geometrije kolosijeka	dobro temeljenje ploča osigurava veću poprečnu i uzdužnu stabilnost

Izvor: http://www.gfmo.ba/e-zbornik/e_zbornik_02_03.pdf

[3] http://www.grad.unizg.hr/_download/repository/Kolosijek_Cvrsta_Podloga_GUZ.pdf

Pri brzinama većim od 275 km/h (ponekad i pri brzini od 160 km/h) kod klasičnih zastornih kolosijeka dolazi do vrtložnog uzdizanja krutih čestica zastora uzrokovanih pojavom zračnih turbulencija između podvozja vlaka i zastorne površine, pri čemu može doći do oštećenja pojedinih dijelova vlaka, poput pogonskog sustava ili sustava za kočenje, a isto tako može doći i do oštećenja glave tračnice ukoliko se takva čestica nađe između kotača i tračnice. Kod kolosijeka na čvrstoj podlozi ovi problemi su isključeni. Primjenom kolosiječnih konstrukcija bez tucaničkog zastora možemo uvelike smanjiti poprečni profil pruge u tunelima. [4]

2.2. Nedostaci kolosijeka na čvrstoj podlozi

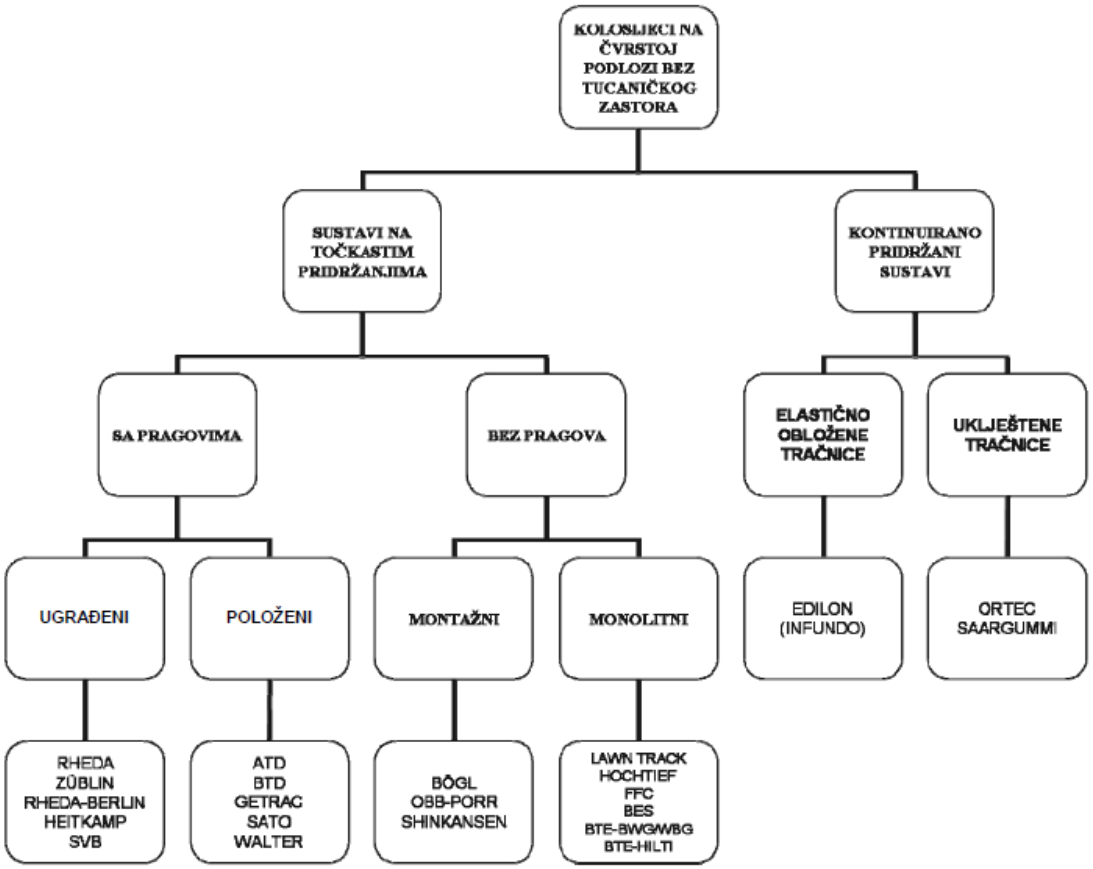
Kolosijeci na betonskoj podlozi sadrže krute nosive elemente (betonske ploče), koji mogu puknuti nakon što je dosegnuta njihova trajna čvrstoća (to se može usporediti sa puknućem tračnice). Propadanje geometrije kolosijeka u ovom slučaju događa se neočekivano i odjednom. Pretpostavljeni životni vijek kolosijeka na čvrstoj podlozi je 50 do 60 godina. Međutim, dugoročne procjene stvarnog životnog ciklusa takvih kolosijeka još ne postoje u odgovarajućoj mjeri. Kolosijeci bez tucaničkog zastora zahtijevaju podlogu kod koje ne dolazi do slijeganja.

Kolosijeci bez tucaničkog zastora ne mogu biti izvedeni u pojedinim geološkim okolnostima, kao što su duboki iskopi u glinenim zemljištima, nasipi u mekim slojevima reseta ili u trusnim područjima. Obavezna ugradnja mehanički zbijenog sloja (tampona) koji služi kao sloj za zaštitu od smrzavanja, čija minimalna debljina iznosi 70 cm, također se smatra nedostatkom.[5]

[4] Marušić,D., Pruge za velike brzine, broj 2, prosinac 2011
[5] Lichtberger, Bernhard: Track Compendium, Eurailpress, Hamburg, 2005., str. 309.-332.

2.3. Tipovi kolosijeka na čvrstoj podlozi

Prije nekoliko godina na kolosijeke bez tucaničkog zastora se gledalo u Europi kao na rizično i vjerojatno vrlo skupo rješenje za iznimno teške okolnosti u željezničkoj infrastrukturi. Razlog tome djelomično je ležao u ograničenom iskustvu vezanom za izvođenje takvih kolosijeka, ali isto tako i u manjku optimalizacije procesa izgradnje istih, budući da se gotovo svaki projekt činio kao eksperimentalni zadatak. Međutim od tada je razvijen cijeli niz tipova bezzastornih kolosijeka, koji su dokazivali svoju vrijednost u svakodnevnom željezničkom djelovanju. Detaljan pregled kolosijeka na čvrstoj podlozi dan je na slici 2.2.[6]



Slika 2.3. Pregled različitih tipova kolosijeka na čvrstoj podlozi bez tucaničkog zastora
Izvor: http://www.grad.unizg.hr/_download/repository/Kolosijek_Cvrsta_Podloga_GUZ.pdf

[6] Lichtberger, Bernhard: Track Compendium, Eurailpress, Hamburg, 2005.

2.3.1. Kolosijeci izvedeni postupkom ugrađivanja pragova

Izvedbe :

- Sustav "Rheda"
- Sustav "Rheda-Berlin"
- Sustav "Heitkamp"
- Sustav "Züblin"

2.3.1.1. Sustav ''Rheda''

Ime "Rheda" potječe od prvog bezzastornog kolosijeka koji je izveden 1972. godine na Rheda-Wiedenbrück željezničkoj stanici. Prilikom izvođenja eksperimentalne dionice, korištena je kontinuirano armirana ploča (lijevana – bez razdjelnica) debljine svega 14 cm. Pragovi su se prethodno precizno namjestili horizontalno i visinski (uz pomoć klinastih podmetača uzdignuti za 4 cm), nakon čega su zabetonirani. Unatoč posteljici u lošem stanju, koja danas sigurno ne bi zadovoljila potrebne tehničke uvijete, ugrađeni "Rheda" sustav i danas nakon 35 godina besprijekorno funkcionira. Osim brušenja tračnica, ostali radovi na održavanju nisu bili potrebni. Rheda sustav je iz tih razloga danas prototip za sve današnje kolosijeke bez tucaničkog zastora.[7] Kako je sustav "Rheda" oslobođen od bilo kakvog patentnog prava, tijekom proteklih godina razvijeno je mnoštvo konstrukcijskih varijanti navedenog sustava od strane različitih proizvođača.



Slika 2.4. Rheda-Wiedenbruck željeznička stanica sa "Rheda" kolosiječnom konstrukcijom [8]

[7] RTR Special - Slab track, Eurailpress, Hamburg, 2006.
[8] Siegmann, Jürgen: Feste Fahrbahn:Weg zu einer wirtschaftlicheren Bahn?, Braunschweig, 2005

2.3.1.2. Sustav ''Rheda-Berlin''

Osnovni elementi ovog oblikovnog rješenja modelirani su prema prvobitnom "Rheda" sustavu. Razlike u usporedbi sa prvobitnim "Rheda" sustavom su sljedeće:

- Primjenjuju se dvodjelni pragovi duljine samo 2,25m sa upuštenom armaturom
- Širina betonske nosive ploče koritastog oblika smanjena na 2,87 m.
- Uzdužna armatura postavlja se sa strane na armaturu koja izlazi iz betonskih pragova
- Ciljana pozicija kolosijeka namješta se pomoću okvira koji bočno podupiru beton

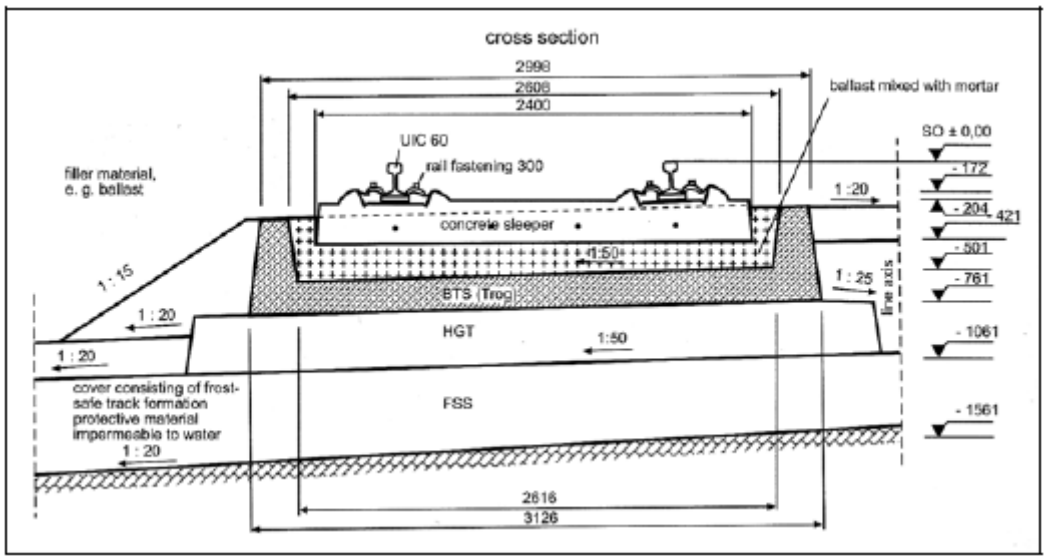


Slika 2.5. Kronološki prikaz izvođenja sustava "Rheda-Berlin" [9]

[9] www.railone.com

2.3.1.3. Sustav ''Heitkamp''

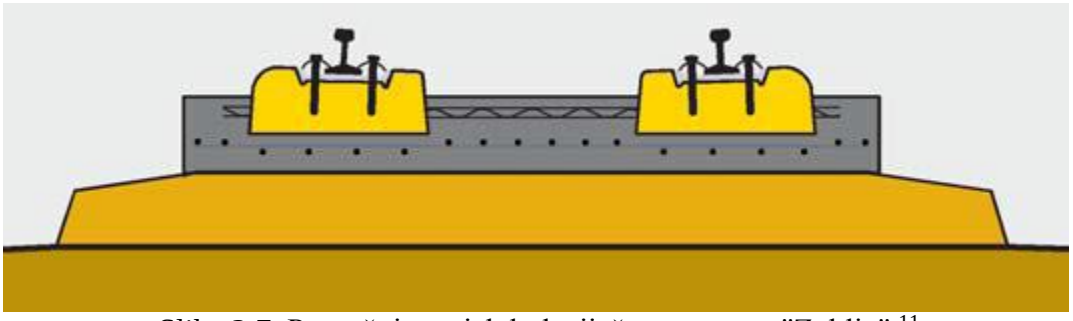
Kolosiječni sustav "Heitkamp" u velikoj mjeri nalikuje na osnovni "Rheda" sustav sa betonskom nosivom pločom u obliku korita. Ovaj sustav, za razliku od "Rheda" sustava, koristi šljunak kao materijal za ispunu umjesto betona. To pruža određenu prednost s obzirom na mogućnost primujene postojeće uobičajene mehanizacije prilikom održavanja kolosijeka, poput stroja za zbuijanje zastora koji se koristi prilikom obnavljanja geometrije kolosijeka.



Slika 2.6. Poprečni presjek pločastog kolosijeka tipa "Heitkamp"[10]

2.3.1.4. Sustav ''Züblin''

Züblin kompanija započela je sa razvojem kolosijeka na čvrstoj podlozi sedamdesetih godina prošlog stoljeća. Züblin je bila prva kompanija koja je početkom 1990. unaprijedila postojeći "Rheda" sustav u monolitni sustav bez spojeva primijenivši dvodijelne pragove. Sa tom inovacijom Züblin je postavio temelje za standardizaciju današnje tehnologije kolosijeka na čvrstoj podlozi bez tucaničkog zastora.



Slika 2.7. Poprečni presjek kolosiječnog sastava "Züblin" [11]

[10] Lichtberger, Bernhard: Track Compendium, Eurailpress, Hamburg, 2005.
[11] Lakušič, S.,Pregled suvremenih kolosiječnih konstrukcija na čvrstim podlogama,2010

2.3.2. Kolosijeci izvedeni postupkom polaganja pragova

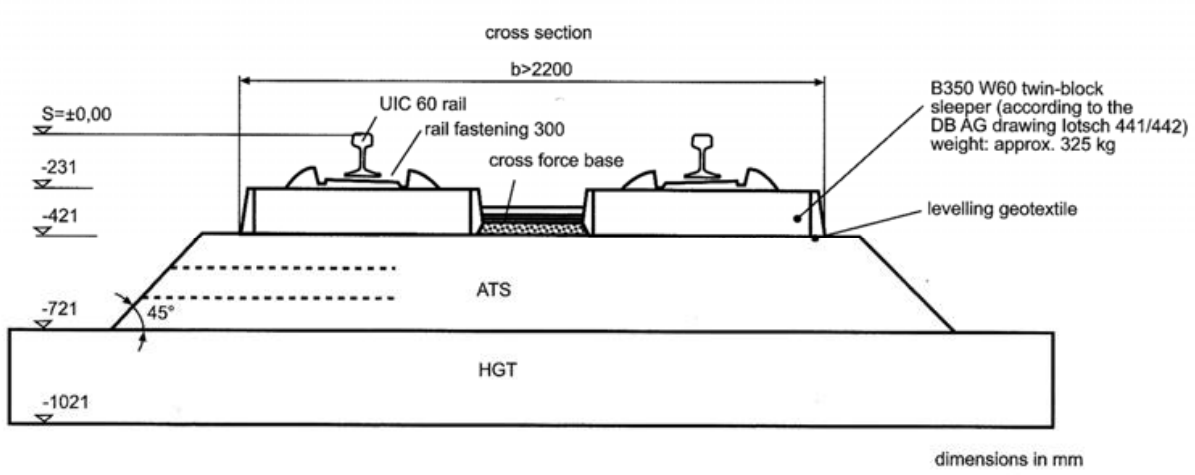
Kod pričvršćenih sustava kolosijeka kolosiječna rešetka nije vezana za nosivi sloj. Individualne točke pridržanja, zbog pitanja čvrstoće, nije moguće usidriti u asfaltnom nosivom sloju. Iz tog razloga kod kolosijeka na čvrstoj podlozi sa asfaltnim nosivim slojem mogu se koristiti jedino pričvršćeni kolosiječni sustavi. Moguće odstupanje visine asfaltnog ili betonskog nosivog sloja ne smije prekoračiti ±2 mm. Na izvedeni nosivi sloj pričvršćuje se kolosiječna rešetka. Donju površinu betonskog sloja potrebno je obložiti sa geotekstilom radi zaštite nosivog sloja od mogućih oštećenja.

Od svih sila koje djeluju na kolosiječnu rešetku, samo se poprečne sile prenose na nosivi sloj. Osobitu pažnju potrebno je posvetiti dugotrajnoj stabilnosti sustava zbog plastičnog ponašanja građevnih materijala na bazi bitumena koji je podložan promjeni svojih osobina zbog temperaturnih utjecaja. Budući da je nosivi sloj izveden vrlo precizno, nema potrebe za dodatnim vertikalnim namještanjima. Tolerancija, koja postoji zahvaljujući proizvodnom procesu, može se kompenzirati jedino namještanjem pričvrsnog pribora. Prednost pričvršćenih sustava leži u činjenici da se horizontalno namještanje trase može postići uz pomoć klasičnog stroja za nabijanje. Radna željeznička vozila mogu koristiti prugu odmah nakon pričvršćenja tračnica. U većini slučajeva primjenjuje se asfaltni nosivi sloj. Jedan od razloga je što asfalt omogućuje lakše postizanje točne visine, tj. moguće je njegovo 'frezanje'. Posteljica za pragove ispunjava se šljunkom.[12]

Izvedbe:

- Sustav "SATO"
- Sustav "FFYS"
- Sustav "ATD"
- Sustav "BTD"
- Sustav "GETRAC"

[12] Lichtberger, Bernhard: Track Compendium, Eurailpress, Hamburg, 2005.



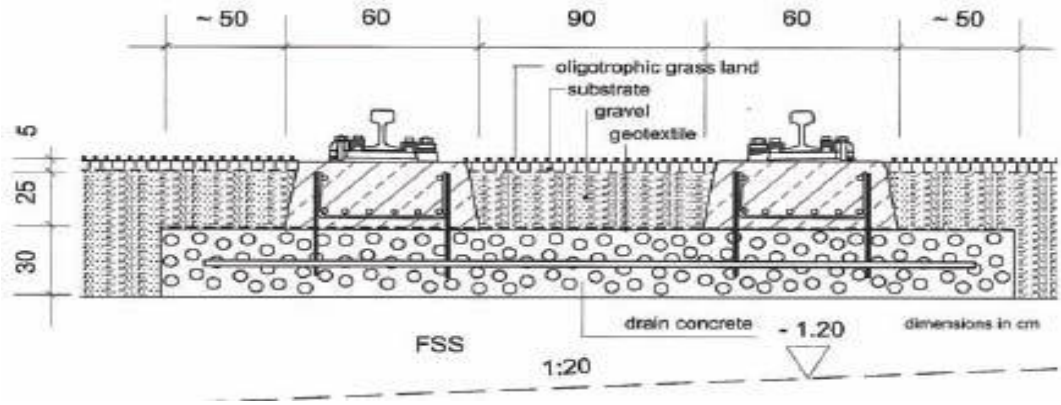
Slika 2.8. Poprečni presjek kolosiječnog sustava ″ATD″
Izvor: Marušić, D., Pruge za velike brzina, broj 2, prosinac 2011

2.3.3. Monolitni sustav kolosijeka

Kod sustava bez pragova točke pridržanja tračnice integrirane su u betonski nosivi sloj. U ovakvim sustavima primjenjuju se isključivo betonski nosivi slojevi. Betonski nosivi sloj izvodi se ili kao monolitni sloj izveden „in situ“ ili od predgotovljenih montažnih elemenata. Kod ovakvih sustava pozornost se naročito mora usmjeriti na stvaranje pukotina u betonskom nosivom sloju. Sukladno tome potrebno je poduzeti prikladne mjere kako bi se spriječilo nastajanje pukotina uzrokovano pričvršćenjem tračnica. Monolitni nosivi betonski sloj najčešće se izvodi uz pomoć finišera sa kliznom oplatom. Moguće visinsko odstupanje izvedenog nosivog betonskog sloja mora biti u granicama od ± 2 mm.[13]

Izvedbe:

- Sustav "Lawn"
- Sustav "FFC"



Slika 2.9. Poprečni presjek sustava ″Lawn″

Izvor: http://www.grad.unizg.hr/_download/repository/Kolosijek_Cvrsta_Podloga_GUZ.pdf

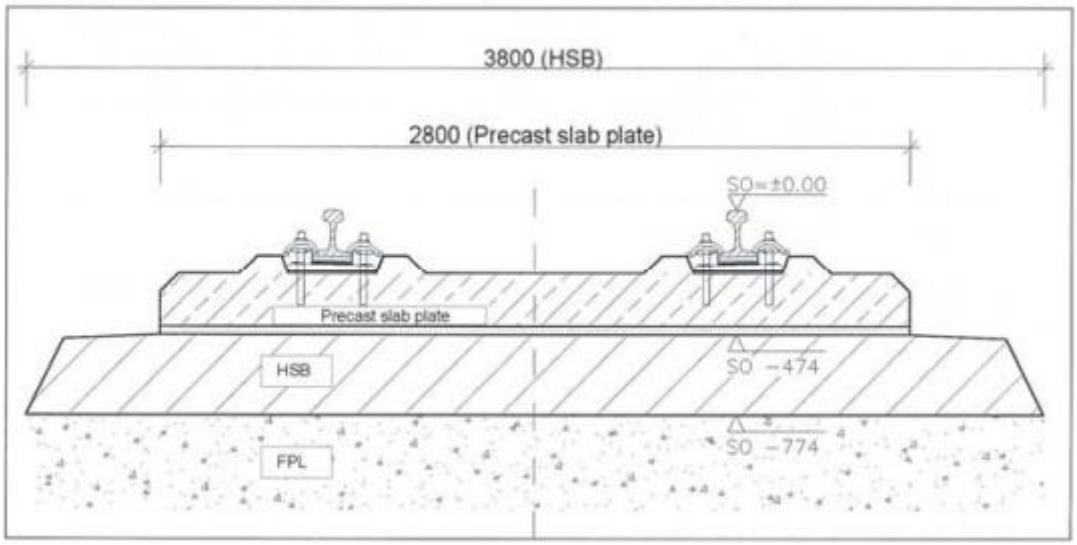
[13] Lichtberger, Bernhard: Track Compendium, Eurailpress, Hamburg, 2005.

2.3.4. Montažni sustavi kolosijeka – pločasti kolosijeci

Predgotovljene betonske jedinice mogu biti ugrađene na betonsku ili asfaltnu podlogu uz pomoć lijevanog morta. S obzirom na tvorničke uvjete proizvodnje, položaj pragova, širina kolosijeka i nagib tračnica precizno su namješteni. Primjenom predgotovljenih elemenata smanjuje se potrebno vrijeme izvođenja (npr. smanjen je utjecaj nepovoljnih vremenskih prilika koji negativno mogu djelovati na vrijeme izvođenja.[14]

Izvedbe:

- Sustav "Bögl"
- Sustav "OBB-Porr
- Sustav "Shinkansen"



Slika 2.10. Poprečni presjek pločastog kolosijeka tipa "Bögl" [15]

[14] RTR Special - Slab track, Eurailpress, Hamburg, 2006.
[15] Bachmann, Hans: Modern Track Technologies State-of-the-Art, The European Railway Review Conference, Manchester, 2003.

2.4. Stanje u Republici Hrvatskoj

Hrvatska trenutno nema niti jednu prugu koja može podnijeti brzinu od 200 km/h u redovitom prometu. Planirana je izgradnja brze ravničarske pruge Zagreb-Rijeka, koja će djelomično ili u potpunosti u budućnosti zadovoljavati ovaj kriterij. Planirana je moguća maksimalna brzina od 250 km/h u budućnosti. Ovo bi vjerojatno uključivalo i osuvremenjivanje postojeće trase. Međutim, prva faza predviđa maksimalnu brzinu od samo 160 km/h, pa se to ne može smatrati prugom velike brzine. Poteže se pitanje, da li bi investicija u pruge velikih brzina bila isplativa. Relativno kratke relacije vlakovima velikih brzina ne dopuštaju da njihova produktivnost dosegne maksimum.

Pruga od Zagreba kroz Vinkovce do Tovarnika (Hrvatska granica sa Srbijom) mogući je budući kandidat, jer je ona prvotno bila građena za 160 km/h (dvokolosiječno u skoro cijeloj duljini), i vrlo je lako malo je nadograditi za veće brzine. Budući da je ona dio vrlo važnog paneuropskog koridora X, ovo ulaganje bilo bi isplativo i za Hrvatsku i za Europu (tranzitni promet). Ovoj pruzi nedostaje i drugi paralelni kolosijek na dijelu dionice, koji se planira izgraditi, kada se poveća kapacitet prometa.

Najveća brzina u Hrvatskoj (brzinski rekord Jugoslavije) postignuta u povijesti je brzina od malo preko 180 km/h na dionici Novska-Nova Gradiška, tijekom pokusne vožnje prototipa električne lokomotive (1 142 001). Iz sigurnosnih razloga, trenutačno je najveća moguća brzina u RH ograničena na 160 km/h.[16]

[16] http://www.vlakovi.com

3. PODJELA VLAKOVA VELIKIH BRZINA

U svijetu razlikujemo nekoliko sustava vlakova velikih brzina. Prilikom izgradnje istih cilj je bio proširiti područje u kojemu željeznički promet ima prednost na ostalim granama prometa.

3.1. Francuska (sustav TGV)

TGV je definitivno uzdanica Francuskih željeznica i spada u skupinu najpopularnijih vlakova velikih brzina. TGV vlakovi prometuju komercijalnom brzinom od 320 km/h (200 milja/h). Ovaj vlak drži brzinski rekord za šinska vozila. Posebno modificirani vlak je dostigao eksperimentalnu najveću brzinu od 574,8 km/h.Izvršene su određene modifikacije, kako bi se izvršili testovi:

- Povećan je napon napajanja sa 25 kV na 31 kV.
- Šine su pojačane.
- Pojačani su vučni motori (do 68% veći od normalnog).
- Montirani su veći kotači
- Modificirana je konstrukcija pantografa

Da bi dokazali svoju superiornost, na svojim internetskim stranicama objavljen je popis iz kojega se može pročitati kako udaljenost od 776 km (Paris-Marseille) prođe za nevjerojatnih 3 sata i 5 minuta. Francuske željeznice svakih sat vremena imaju oko 14 TGV vlakova koji mogu primiti do 700 putnika po vlaku, odnosno 10,000 putnika po satu u svakom smjeru. Dnevno TGV sustav preveze oko 260,000 putnika što na godišnjoj razini iznosi nešto više od 100 milijuna putnika. Dugoročno gledano, u zadnjih 10 godina, Francuske željeznice imaju oko 2 milijarde prevezenih putnika, 1.4 milijarde prevezenih putnika pripada TGV sustavu.[17]

[17] http://www.sncf.com/en/trains/tgv



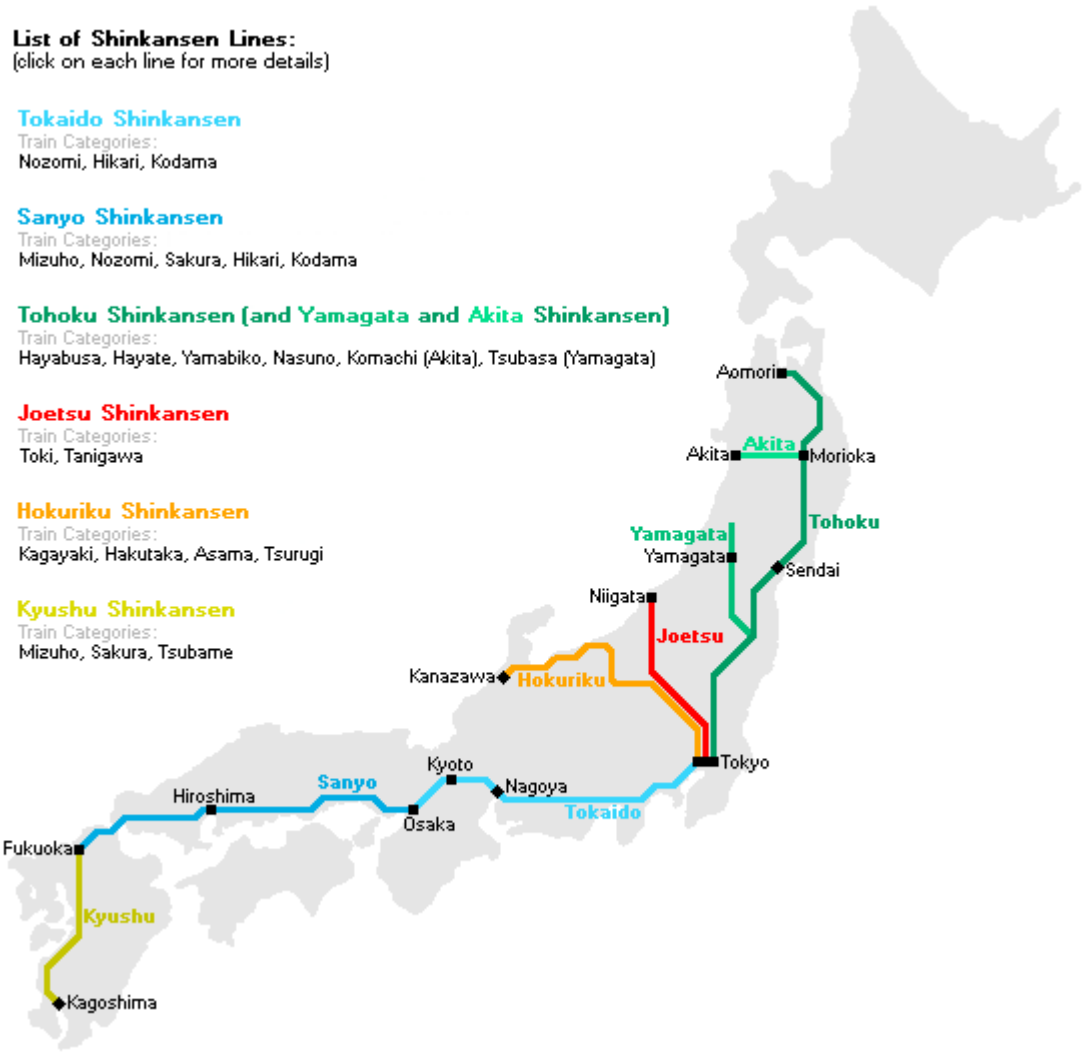
Slika 3.1. TGV u Parizu
Izvor https://hr.wikipedia.org/wiki/TGV#/media/File:TGV-Duplex_Paris.jpg


United Kingdom
Lille
Bruxelles
Belgium
Germany
Frankfurt
Luxembourg
Rouen
Le Havre
Paris
CDG
Metz
Stuttgart
Munich
Brest
Quimper
Rennes
Le Mans
Massy TGV
Nancy
Strasbourg
Nantes
Tours
St-Pierre-des-Corps
Dijon
Besançon
Zurich
Switz.
Lausanne
Genève
Lyon Part-Dieu
Annecy
Bourg-St-Maurice
Chambéry
Grenoble
Milan
Italy
Bordeaux
Poitiers
La Rochelle
Angoulême
Toulouse
Montpellier
Marseille
Nice
Monaco
Cannes
Antibes
Spain
ANDORRA
Perpignan
Carcassonne
Narbonne
Tarbes
Lourdes
Pau
Bayonne
Biarritz
Hendaye
Dax
Agen
Montauban
Arles
Avignon Centre
Avignon-TGV
Aix-en-Provence-TGV
Toulon
Hyères
Sète
Béziers
Nîmes
Valence-TGV Rhône-Alpes Sud
Valence Ville
Montélimar
Briançon
Mulhouse
Colmar
Strasbourg
Reims
Champagne Ardenne TGV
Meuse TGV
Lorraine TGV
Sarrebourg
Bar-le-Duc
Vitry-le-François
Châlons-en-Champagne
Massy-Palaiseau
Versailles
Disney
Le Creusot-TGV
Mâcon-TGV
Bourg-en-Bresse
St-Etienne
Lyon Saint-Exupéry TGV
Lyon Perrache
Aix-les-Bains
Chambéry
Albertville
Modane
St-Jean-de-Maurienne
St-Avre-la-Chambre
St-Michel-Valloire
Turin
Briançon
Gap
Veynes
Embrun
Chorges
L'Argentière Montdauphin
Les Arcs-Draguignan
Hyères
Toulon
Miramas
St-Raphaël
Nice
Menton
Vintimille
Orange
Nîmes
Arles
Sète
Agde
Narbonne
Carcassonne
Béziers
Montauban
Agen
Facture
Arcachon
La Teste
Libourne
Cognac
Angoulême
Périgueux
Clermont-Ferrand
Le Puy-en-Velay
Limoges
Châtellerault
Futuroscope
St-Maixent
Niort
Ruffec
Surgères
Les Sables-d'Olonne
La Roche-sur-Yon
Le Croisic
Le Pouliguen
La Baule
Pornichet
Savenay
St-Nazaire
Ancenis
Saumur
Chinon
Angers
Sablé-sur-Sarthe
Laval
Vitré
Dol
St-Malo
St-Brieuc
Guingamp
Lamballe
Lannion
Plouaret-Trégor
Morlaix
Landerneau
Quimperlé
Lorient
Auray
Vannes
Redon
Quiberon
Rennes
Quimper
Brest
Caen
Cherbourg
Le Tréport
Amiens
Arras
Douai
Valenciennes
Lens
Béthune
Hazebrouck
St-Omer
Boulogne Ville
Calais Ville
Calais-Fréthun
Dunkerque
Croix Wasquehal
Roubaix
Tourcoing
TGV-Haute-Picardie
Charleville Mézières
Sedan
Rethel
Montbard
Laroche-Migennes
Melun
Sens
Vendôme
Orléans
Chartres
Dreux
Mantes-la-Jolie
Evreux
Avranches
Pontarlier
Frasne
Neuchâtel
Berne
Vallorbe
Mouchard
Dole
Beaune
Chalon-sur-Saône
Culoz
Bellegarde
Evian-les-Bains
Thonon-les-Bains
Annemasse
Cluses
Sallanches
St-Gervais
Landry
Aime-la-Plagne
Moûtiers-Salins
Albertville
Modane
St-Michel-Valloire
Briançon
Embrun
Gap
Veynes
Chorges
L'Argentière Montdauphin
Les Arcs-Draguignan
Hyères
Toulon
Miramas
St-Raphaël
Nice
Menton
Vintimille
Monaco
Antibes
Cannes

3.2. Japan (sustav Shinkansen)

Shinkansen (doslovno značenje je "nova magistrala") je mreža vlakova velikih brzina u Japanu čiji su operator četiri kompanije Grupe japanskih željeznica (Japan Railways, JR). Mreža se od puštanja u promet 1964. godine proširila na oko 2460 km i povezuje gotovo sve velike gradove na otocima Honshu i Kyushu, a vlakovi postižu brzine i do 300 km/h.

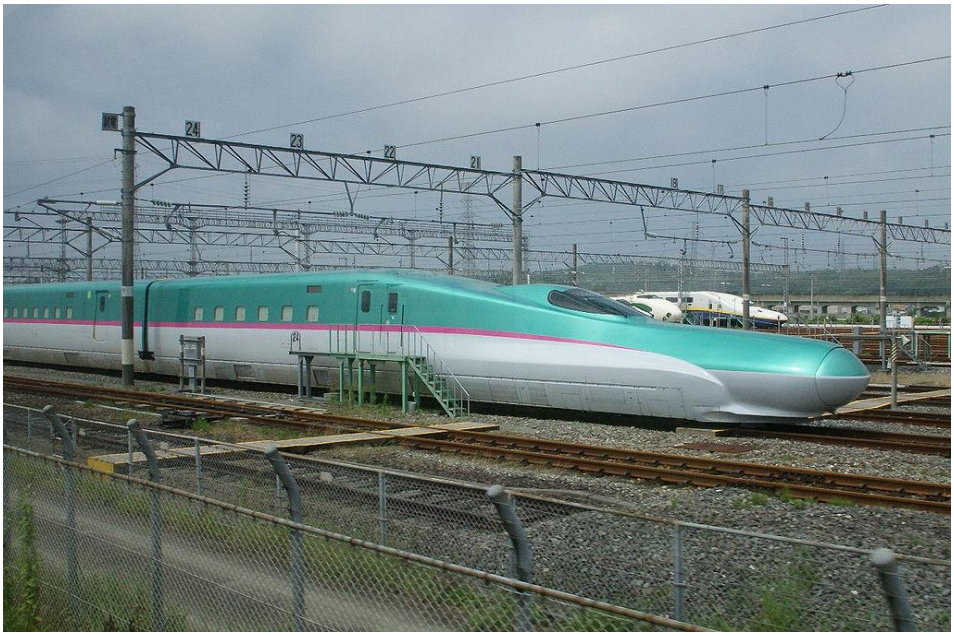
Sve željezničke linije (slika 3.2.) pravljene su isključivo za Skinkansen vlakove (osim Akita i Yamagata Shinkansen).[18]



Slika 3.3. Shinkansen, mreža pruga
Izvor: http://www.japan-guide.com/g2/2018_04.gif

[18] http://www.japan-guide.com/e/e2018.html

Shinkansen vlakovi od 1964. godine, točnije od puštanja u promet, nisu imali niti jednu nesreću u kojoj su stradali putnici. Ukupan broj putnika od početka prometovanja iznosi oko 9.2 milijardi putnika (statistički podatak iz 2009. godine). Pouzdanosti i sigurnosti putnika doprinosi i činjenica da od 362,000 vlakova godišnje niti jedan vlak, ne ovisno o vremenskim uvjetima, ne kasni više od jedne minute.



Slika 3.4. Shinkansen E5
Izvor: https://bs.wikipedia.org/wiki/Shinkansen#/media/File:E5_S11_Sendai_20090725.JPG



Slika 3.5. Shinkansen N700
Izvor: https://www.flickr.com/photos/degi-ichi/8357032992

3.3. Njemačka (ekspresni vlakovi ICE)

The Deutsche Bahn InterCity-Express (staro ime *InterCityExpress*) ili skraćeno ICE je vlak velikih brzina Njemačkih željeznica. Jedna od najvećih konkurencija Francuskom TGV-u. Kako bi pokazali da nije riječ samo o vlakovima velikih brzina, nego i o udobnosti i komforu u vožnji ali i povezanosti, ne samo Njemačkih gradova, nego i okolnih država. (Slika 3.4.)[19]



Slika 3.6. ICE , Hamburg Njemačka
Izvor: http://www.eurail.com/europe-by-train/high-speed-trains/ice

Njemačke željeznice dnevno puštaju u promet preko 32,000 vlakova na 33,400 km dugoj željezničkoj mreži, na kojoj se dnevno preveze preko 600,000 tona robe. 26,713 putničkih vlakova dnevno dovodi do brojke od 1.98 milijardi prevezenih putnika putnika na godinu.[20]

[19] http://www.eurail.com/europe-by-train/high-speed-trains/ice
[20] http://www.bahn.com/i/view/GBR/en/about/overview/company_profile.shtml



Slika 3.7. ICE poveznica sa velikim metropolama
Izvor: http://www.eurail.com/europe-by-train/high-speed-trains/ice

ICE konkretno povezuje 32 velika grada. Ovdje su neke linije unutarnjeg i međunarodnog željezničkog prometa: [21]

- Frankfurt - Hamburg
- Frankfurt - München
- Frankfurt - Köln
- Frankfurt - Stuttgart
- Hamburg - München
- Berlin - Hamburg
- Berlin - Frankfurt
- Berlin - München
- Köln - Berlin
- Frankfurt - Aachen
- Hamburg - Kopenhagen
- Köln - Bruxelles
- Frankfurt – Paris

[21] http://www.eurail.com/europe-by-train/high-speed-trains/ice

3.4. Španjolska (sustav AVE)

AVE u prijevodu znači Španjolska velikih brzina, to je vlak Nacionalne mreže španjolskih željeznica, koji postiže brzinu i do 310 km/h. U promet je pušten 21. travnja 1992. Euromed je verzija AVE vlaka za širinu kolosijeka od 1.668 mm. Uz nadprosječno široke kolosijeke ima i nadprosječno dugu (najdulju u Europi) željezničku mrežu namjenjenu isključivo vlakovima velikih brzina (preko 3100km).

Španjolski sustav odlikuje se promjenama širine kolosijeka zato što španjolska ima više vrsta širina kolosijeka, postojala je nužnost pronaći način, kako jedan vlak može voziti na prugama, koje imaju različite širine kolosijeka. Upravo zbog toga razvijen je VGA (Variable Gauge Axles) sustav. Vlak ulazi u posebno postrojenje malom brzinom. Sustav zatim promjeni širinu osovina pri vožnji, i vlak izlazi sa druge strane sa drugom širinom kolosijeka, te može odmah nastaviti putovanje.[22]



Slika 3.8. Sustav AVE serija 130
Izvor: http://www.saforguia.com/imgNoticias/N026329/FOTOsPORTADA.jpg

[22] http://www.eurail.com/europe-by-train/high-speed-trains/ave

3.5. Italija (Pendolino)

Pendolino je naziv za više vrsta talijanskih nagibnih vlakova i vlakova velikih brzina. Iako je talijanskog podrijetla prometuje koristi se i u mnogim europskim državama kao : Španjolska, Portugal, Slovenija, Finska, Rusija, Ujedinjeno Kraljevstvo, pa čak i Kina.

Iako se snaga i izvedba Pendolina razlikuje od države do države, njegova maksimalna brzina kreće se oko 250 km/h. Jedna od izvedbi je za kolosijeke normalnih širina (1435mm) te dolazi sa karoserijom širine 2830mm, te je potpuno kompatibilna sa tehničkim specifikacijama interoperabilnosti (TSI) i u mogućnosti je voziti od -25°C to +45°C. Dok izvadba za široke kolosijeke (1520mm) podnosi niske temperature i do -40°C koje pogoduju prometovanju u Rusiji.[23]



Slika 3.9. Pendolino 390, nagibni vlak, UK
Izvor: http://www.railway-technology.com/projects/class390/class3903.html

3.6. Velika Britanija (HST i Eurostar)

Eurostar je vrlo poznat vlak velikih brzina kojega posjeduju i koriste Francuske Željeznice i Željeznice Velike Britanije. Vlak prometuje na kopnu (Francuska i Velika Britanija) i povezuje ih tunelom, koji je prokopan ispod kanala La Manche. Posebnost konstrukcije je ta, jer vlak posjeduje dvije identične polovice, koje se mogu u slučaju nezgode u tunelu ili bilo gdje drugdje razdvojiti i nastaviti samostalno prometovati. Upravo zbog putovanja kroz dvije različite države podržava tri različita sustava napajanja električnom

[23] http://www.alstom.com/products-services/product-catalogue/rail-systems/trains/products/pendolino/

energijom. U početku se koristio i sustav napajanja preko treće šine, koristeći kontakt sa gornje strane. Nakon modernizacije i izgradnje posebne željezničke mreže u Velikoj Britaniji, danas se za napajanje koristi isključivo zračni električni vod, na cijeloj dužini putovanja vlaka. Jednako kao Francuske željeznice, ističu posebnosti njihovih željezničkih linija, odnosno put od Londona do Pariza prevale za svega 2 sata i 15 minuta.

HST ili punim nazivom The British Rail Class 43 nekada se zvao i Intercity 125 High Speed Train, nesto sporiji od Eurostara, ističe se posebno po 1987.godini kada je dobio titulu najbržeg vlaka na dizelski pogon, postignuta je brzina od 238 km/h. [24]



Slika 3.10. Eurostar vlak u St. Pancrasu
Izvor: http://www.4rail.net/fast_serv_eurostar.php

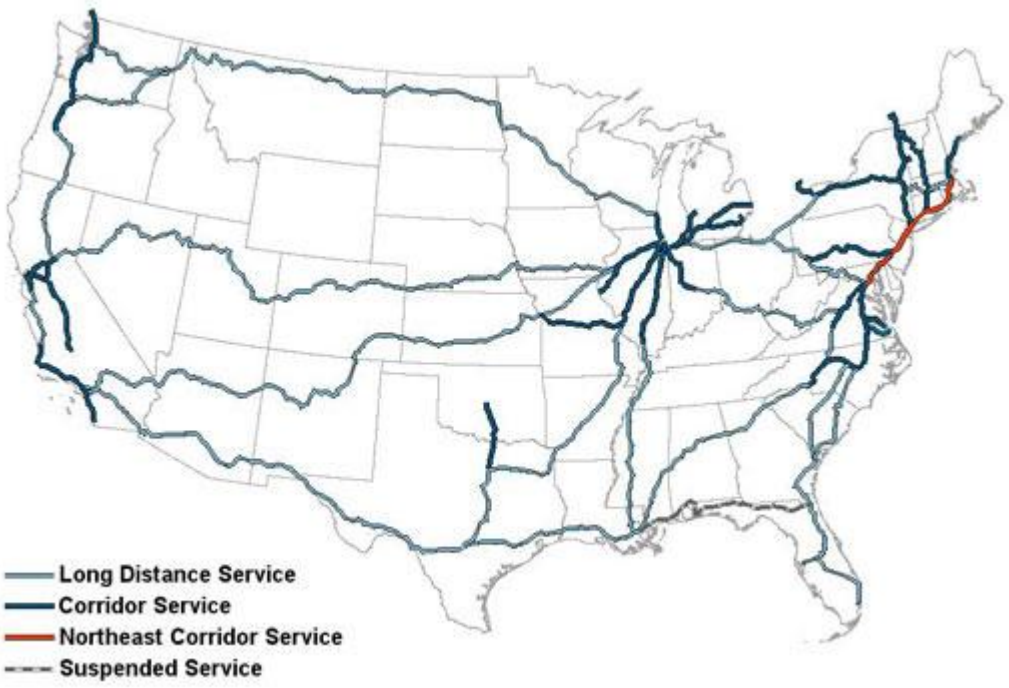
Eurostar se razvija polako i kontinuirano te iz godine u godinu bilježi rast u putničkom prometu. 2014 godine prevezli su 10.4 milijuna putnika što je 3% više nego 2013 godine kada je prevezeno svega 10.1 milijun putnika. Od 1994. godine pa do danas, Eurostarov ukupan broj putnika raste preko 150 milijuna.[25]

[24] http://www.eurostar.com/
[25] http://www.eurostar.com/uk-en/about-eurostar/press-office/press-releases/2015/eurostar-reports-continuing-growth-in-2014

3.7. SAD (Acela)

Acela Express (ili samo Acela) je vlak velikih brzina američke željezničke korporacije Amtrak. Vlakovi posjeduju nagibnu tehnologiju, koja teoretski omogućuje naginjanje. Nažalost, kod nabavke se nije vodilo računa, kako sami profil pruge ne dozvoljava naginjanje. Zbog toga je brzina na nekim dijelovima pruge ograničena, a vlakovima je zabranjeno korištenje nagibanja. Iako je najveća moguća brzina 240 km/h, ipak je prosiječna oko 130 km/h. Razlog tome je stanje električne mreže, koje ne dozvoljava veće brzine na većini dionice.

Kako je u SAD-u iznimno razvijen zračni promet,u prilogu je jedna zanimljiva tablica koja pokazuje novčanu uštedu prilikom korištenja Acele (Slika 3.12.).[26] Od kolovoza 2012. godine sve do rujna 2013. godine Amtrak-Acela Express označava to razdoblje kao najprofitabilnije razdoblje u povijesti poslovanja. Preko 300 vlakova i 86,000 putnika dnevno, dovodi do brojke od 31.6 milijuna putnika na godišnjoj razini.[27]



Slika 3.11. Amtrak-Acela, mreža pruga
Izvor: http://www.amtrak.com/servlet

[26] http://www.amtrak.com/acela-express-train
[27] http://www.amtrak.com/servlet/ContentServer?c=Page&pagename=am%2FLayout&cid=1246041980246

		Roundtrip Fare	Travel Time	Total Travel Time and Expense
Acela	Cab from DC location to downtown	$14	15 min	**$338** **3 hr 15 min**
	Train fare	$310	2 hr 45 min	
	Cab to Mid-town location	$14	15 min	
Airline	Cab from DC to Reagan National	$11	15 min	**$729** **2 hr 6 min**
	Non-stop plane fare (Reagan National to LaGuardia)	$678	1 hr 16 min	
	Cab from LaGuardia to Manhattan	$40	35 min	

Slika 3.12. Ušteda koristeći željeznicu (Acela)
Izvor: http://www.amtrak.com/acela-express-train



Slika 3.13. Acela u New Havenu
Izvor: https://hr.wikipedia.org/wiki/Acela_Express

4. MAGNETSKI LEBDEĆI VLAKOVI

Magnetska levitacija funkcionira na način da elektromagneti koji se reguliraju elektroničkim putem, a smješteni su uzduž donjih rubova svakog vagona, i magneti koji se nalaze s donje strane vodilice po kojoj se vlak kreće uzdignu vlak sve dok se donji i gornji magneti ne nađu na razmaku od preko jednog centimetra. Drugi magneti reguliraju bočni pomak vlaka. Zavojnice koje su ugrađene u vodilicu stvaraju magnetsko polje koje pokreće vlak.Zbog uštede energije, kontrolna stanica šalje struju na dio vodilice onoga trenutka kada njome prolazi vlak. Kad vlak ubrzava ili vozi uzbrdo, potrebno je povećati dotok energije. Usporavanje vlaka i vožnja unatrag postiže se promjenom smjera magnetskog polja pomoću zavojnica koje se nalaze u vodilici.

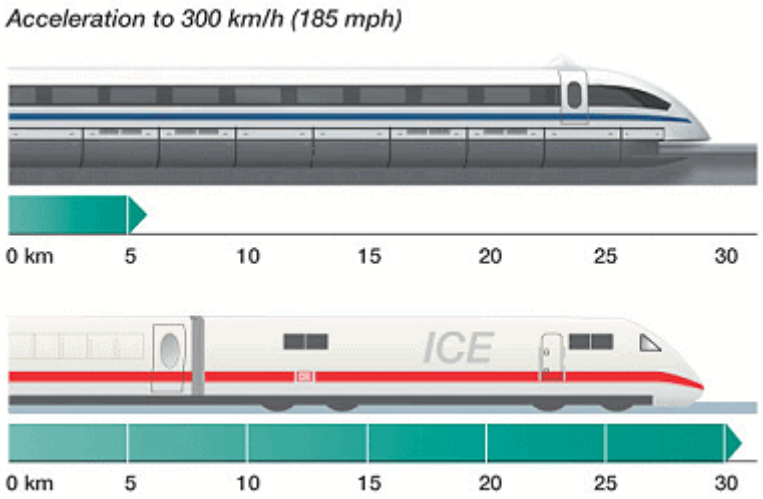
Iako magnetski vlak vozi vrlo velikom brzinom, takvog je oblika da njegov donji dio "grli" vodilicu zbog čega je šansa da se odvoji od nje ravna nuli. Toliko je siguran da, sigurnosni pojasevi nisu potrebni i putnici se mogu slobodno kretati čak i onda kada vlak vozi punom brzinom. U slučaju prekida strujnog kruga, nestalnka struje ili sličnih kvarova, posebne kočnice, koje se napajaju strujom iz baterija u samom vlaku, stvaraju suprotno magnetsko polje i tako usporavaju vlak do brzine od 10 kilometara na sat. Nakon toga, vlak je u mogućnosti spustiti se na vodilicu te kliziti dok se potpuno ne zaustavi.

Trenutno najbrži komercijalni lebdeći vlak je The Shanghai Maglev Train, također poznat pod imenom Transrapid, brzinu od 350 km/h postiže za 2 minute a njegova normalna brzina prometovanja iznosi oko 430 km/h.[28]Maksimalna brzina Maglev vlaka postignuta je 2003.godine, 501 km/h. Shanghai-Maglev vlak trenutno prometuje u 15 minutnim intervalima, 15 sati na dan, 7 dana u tjednu te oko 108 voznji dnevno. Maksimalan broj putnika u vlaku je 574, a od kolovoza 2007. godine dnevni broj putnika koji se prevoze Maglev vlakom prelazi 20,000. [29]

[28] http://science.howstuffworks.com/transport/engines-equipment/maglev-train.htm
[29] http://magnetbahnforum.de/index.php?en_faf_transrapid_sha



Slika 4.1 Maglev, lebdeći vlak
Izvor: http://www.petma.com.br/v4/maglev/



Slika 4.2. Ubrzanje od 0-300 (Maglev i ICE)
Izvor: http://www.eurotrib.com/story/2006/9/26/102110/164

U konačnici, ako uspoređujemo Maglev vlakove sa vlakovima velikih brzitna (HST), dolazimo do zaključka da su globalno brži i imaju znatno bolje ubrzanje. Naime kod rasprostranjenosti željezničke mreže tu su u prednosti vlakovi velikih brzina, iz razloga odlične povezanosti širokopojasne mreže na cijelom svijetu dok Maglev vlakovi imaju zasebne pruge stoga im je rasprostranjenost znatno smanjena. Udobnost putovanj, sa stajališta putnika su podjednake ali zato Maglev vlakovi imaju znatno nižu razinu buke i vibracija.

5. PREDNOSTI I NEDOSTATCI VLAKOVA VELIKIH BRZINA S EKOLOŠKOG MOTRIŠTA

Prolaskom vlakova velikih brzina kroz tunele sagrađene na gornjem ustroju od betonskih ploča, registriran je zvuk sličan eksploziji i snažno vibriranje prozora na okolnim objektima. Kod željezničkih pruga za velike brzine treba se razmotirti položaj trase u odnosu na teren tj. da li je pruga položena na umjetnim objektima (tuneli, vijadukti, mostovi) ili na prirodnom tlu (usjek ili nasip). Razmatrajući tehničke načine zaštite odgovarajuće rezultate možemo postići jednim od sljedećih zahvata: [30]

- Smanjenjem buke na izvoru
- Smanjenjem prijenosa buke (zidovi oblagani apsorpcijskim materijalima)
- Smanjenjem buke na mjestu prijema

Tablica 5.1. Način zaštite od buke vlakova velikih brzina u odnosu na položaj trase

položaj trase / način zaštite	Tuneli Mostovi Vijadukti Estakade	Nasipi	Usjeci	Stanice
smanjenje buke na izvoru	izolacijski materijali ugrađeni u gornji stroj pruge, oblagane zidova tunela materijalima za apsorpciju zvuka spajanje susjednih tunela zašt. građ.	izolacijski materijali ugrađeni u zatvoreni gornji stroj	gornji stroj od drobljenog kamenog agregata	gornji stroj isključivo od drobljenog kamenog agregata
sprečavanje prenosa buke	zaštitni zidovi, sporedni tuneli, potkopi, vertikalni šahtovi, zavjese od sitnih vodenih kapi, umjetno stvaranje suprot. strujanja zraka u tunelu	zaštitni zidovi obloženi apsorpcijskim materijalima vegetativni zasadi	oblikovanje prirodnih padina vegetativni zasadi	zaštitni zidovi duž cijelog staničnog platoa
smanjenje buke na mjestu prijema	izrada zvučnih barijera ispred stambenih naselja, poboljšanje zvučne izolacije	vegetativni zasadi	vegetativni zasadi	osobna zaštitna sredstva za zaposleno osoblje

Izvor: Golubić, J., Promet i okoliš, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1999

[30] Golubić, J., Promet i okoliš, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1999

Buku vlakova velikih brzina možemo klasificirati u četiri kategorije:

- Buka pantografa (najizraženiji izvor buke)
- Aerodinamična buka od "nosa" vlaka
- Aerodinamična buka godnjih dijelova vlaka
- Buka od donjih dijelova vlaka
- Buka od betonskih nosećih konstrukcija

Opće stanje željeznica velikih brzina u Japanu što se tiče pitanja buke je vrlo strogo, jer razina buke generirana od npr. Shinkansen vlakova pri brzinama od 220-230 km/h je obično ograničena na manje od 75dB na udaljenosti od 25m od pruge. [31]

[31] Golubić, J., Promet i okoliš, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1999

6. ZAKLJUČAK

Većina prometno razvijenih zemalja današnjice suočena je s prometnim poteškoćama. Jedna od njih su zakrčenosti cesta što pridonosi duljem putovanju i proporcionalno s duljinom putovanja šteti samom okolišu. S druge strane sve veća zadržavanja u zračnim lukama prije i poslije letova, te veliki troškovi za korisnike. U takvim okolnostima vlakovi velikih brzina izgledaju kao prilično razuman koncept uloženog i dobivenog. Udobnost, sigurnost, brzina i razumna cijena nad ostalim granama prometa definitivno vlakove velikih brzina stavljaju u povlašten položaj. Vlakovi velikih brzina najučinkovitiji su način prijevoza velikog broja putnika, zauzimaju puno manje površinskog prostora za razliku od cestovnih prometnica, te su u mogućnosti dovest putnike do središta grada u odnosu na zračne luke koje se obično nalaze na periferijama velikih gradova. Osim vlakova velikih brzina na standardnim tračnicama, sve više se razvijaju magnetno levitacijski vlakovi koji postižu još veće brzine, nemaju trenja između tračnice i vlaka i stvara se puno manja buka.

7. POPIS LITERATURE

Dr. Srđan Rusov, Sistemi vozova velikih brzina, Beograd, 2010

Marušić,D., Pruge za velike brzine, broj 2, prosinac 2011

Golubić, J., Promet i okoliš, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 1999

Lakušič, S.,Pregled suvremenih kolosiječnih konstrukcija na čvrstim podlogama,2010

RTR Special - Slab track, Eurailpress, Hamburg, 2006.

http://www.sncf.com/en/trains/tgv

http://www.japan-guide.com/e/e2018.html

http://www.eurail.com/europe-by-train/high-speed-trains/ice

http://www.eurail.com/europe-by-train/high-speed-trains/ave

http://www.alstom.com

http://www.eurostar.com

http://www.amtrak.com/acela-express-train

http://science.howstuffworks.com/transport/engines-equipment/maglev-train.htm

http://www.gfmo.ba/e-zbornik/e_zbornik_02_03.pdf

https://hr.wikipedia.org/wiki/Signalni_sustavi_vlakova_velike_brzine

https://hr.wikipedia.org/wiki/Povijest_%C5%BEeljeznice_velikih_brzina

https://hr.wikipedia.org/wiki/Vlak_velikih_brzina

http://www.grad.unizg.hr/_download/repository/Kolosijek_Cvrsta_Podloga_GUZ.pdf

http://www.petma.com.br/v4/maglev/

http://www.eurotrib.com/story/2006/9/26/102110/164

http://www.thyssenkruppgft.pl/RHEDA_2000,p123.html

www.railone.com

http://www.petma.com.br/v4/maglev/