**SVEUČILIŠTE U RIJECI**

**POMORSKI FAKULTET U RIJECI**

**RIJEKA**

IVAN BABIĆ

TEO ČIKEŠ

**ALTERNATIVNE TEHNOLOGIJE PROPULZIJE ZA ŽELJEZNICU**

**SEMINARSKI RAD**

**RIJEKA, 2011.**

**SVEUČILIŠTE U RIJECI**

**POMORSKI FAKULTET U RIJECI**

**RIJEKA**

**ALTERNATIVNE TEHNOLOGIJE PROPULZIJE ZA ŽELJEZNICU**

**SEMINARSKI RAD**

Kolegij: Upravljanje dobavnim lancem

Mentor: prof.dr.sc. Dragan Čišić

Studenti: Ivan Babić, 0112025097

Teo Čikeš, 0112026260

Logistika i menadžment u pomorstvu i prometu

**Rijeka, siječanj 2011.**

**SADRŽAJ**

1. UVOD 2

**1.1. Predmet istraživanja..............................................................................................2**

**1.2. Svrha i ciljevi istraživanja.....................................................................................2**

**1.3. Znanstvene metode.................................................................................................2**

**1.4. Struktura rada........................................................................................................2**

2. VLAK I ŽELJEZNIČKI PROMET 3

2.1. Povijesni razvitak željeznice 3

2.2. Sredstva željezničkog prometa 4

2.2.1. Vučna sredstva 4

2.2.2. Prijevozna sredstva 5

2.2.3. Vlakovi velikih brzina 6

2.3. Željeznički promet 7

3. ALTERNATIVNI POGONI 8

3.1. Alternativna goriva 8

3.1.1. Vodik 8

3.1.2. Biogoriva 9

3.1.2.1. Biodizel 9

3.1.2.2. Bioetanol 9

3.1.3. Plin 10

3.1.4. Blue tec 10

4. MAGNETNO LEVITACIJSKI VLAK – MAGLEV 11

4.1. Dijamagneti 11

4.2. Maglev 11

4.3. Japanski Maglev program 13

4.3.1. Supravodljivi magneti 13

4.4. Njemački Maglev program 14

5. ZAKLJUČAK 15

LITERATURA 17

# UVOD

U današnje vrijeme sve brojnijih tehnoloških inovacija, ali i korištenja fosilnih goriva kao primarnog pogonskog sredstva, kao nuspojava javljaju se sve veća zagađenja okoliša. Ljudska svjesnost tih ekoloških problema dovodi do pokušaja uvođenja nekih novih vrsta pogona, koja su ekološki puno prihvatljivija. To su tzv. alternativne tehnologije propulzije. Slijedom navedenog, predlažu se nove vrste pogonskih goriva, koja će u bliskoj budućnosti postati ekonomski i ekološki prihvatljivije opcije.

## Predmet istraživanja

Objekti ovog istraživanja su vlak, kao funkcionalno sredstvo prijevoza putnika i tereta, te novi načini pogona i njihova adaptacija u svakodnevnu upotrebu.

## Svrha i ciljevi istraživanja

Sukladno tome postavljena je i slijedeća radna hipoteza: uslijed sve većih onečišćenja okoliša, kao posljedica korištenja postojećih pogonskih goriva javlja se potreba uvođenja ekološki prihvatljivijih tehnologija propulzije, te je moguće prognozirati njihovu zamjenu sa postojećim gorivima, i to u vrlo bliskoj budućnosti, a također se i navodi primjer upotrebe jedne takve alternativne tehnologije propulzije za vlakove, već danas. Najbolji primjer za to su, dakako, Maglev magnetski vlakovi, koji su u fazi razvoja već nekoliko godina i to u nekima od najrazvijenih zemalja svijeta: Njemačkoj i Japanu.

## Znanstvene metode

Pri istraživanju postavljenog problema i izradi rada koristile su se različite metode istraživanja. Neke od njih su metoda promatranja, metoda komparacije (usporedba prikupljenih podataka), metoda analize i sinteze (sakupljeni podaci i informacije analizirani su, te su na toj osnovi doneseni zaključci o razmatranom problemu istraživanja), metode kompilacije (korišteni su već poznati podaci pojedinih autora iz njihovih prijašnjih istraživanja). Primjenom navedenih metoda postignuta je relevantnost dobivenih rezultata istraživanja i njihova primjenjivost u praksi.

## Struktura rada

Rezultati istraživanja prezentirani su u seminarskom radu u pet međusobno povezanih dijelova. U prvom dijelu, UVOD, definiran je predmet istraživanja, navedene su korištene znanstvene metode, svrha i ciljevi koji su istraživanjem ostvareni, te je obrazložena struktura seminarskog rada. U drugom dijelu rada, s naslovom VLAK I ŽELJEZNIČKI PROMET, sustavno i sažeto je obrađena tematika željezničkog prometa i sredstava željezničkog prometa. Treći dio rada nosi naslov ALTERNATIVNI POGONI, gdje su detaljno prezentirana neka od alternativnih goriva, koja se danas mogu naći, u široj ili užoj uporabi diljem svijeta. Četvrti dio rada s naslovom MAGNETNO LEVITACIJSKI VLAK – MAGLEV, govori o vlakovima velikih brzina, koji se svojim načinom propulzije predstavljaju kao najbolja alternativa za vozila pokretana fosilnim gorivima. Završni dio rada, ZAKLJUČAK, donosi rezime cjelokupnog rada, odnosno sustavno su formulirani i prezentirani rezultati ovog istraživanja.

# VLAK I ŽELJEZNIČKI PROMET

Željeznica se smatra temeljnim prometnim podsustavom masovnog prijevoza tereta i putnika na kopnu. Najpovoljniji je oblik prometa sa stajališta zaštite okoliša jer najmanje onečišćuje zrak i troši najmanja pogonske energije, iako su i ta onečišćenja znatna i svima je u interesu njihovo smanjenje. Željeznica u prosjeku zauzima tri puta manje zemljišnog prostora u odnosu na cestovni promet, a istovremeno ostvaruje približno jednak transportni učinak.

## 2.1. Povijesni razvitak željeznice

Začetkom željezničkog prijevoza smatra se puštanje u promet prve željezničke pruge na svijetu, i to na relaciji Stockton – Darlington, u Engleskoj, daleke 1825. godine, koja je bila dugačka 41 kilometar i na kojoj je teretni vlak razvijao brzinu od 15 km/h[[1]](#footnote-1). Slijedeći događaj koji je imao povijesni značaj bilo je senzacionalno konstrukcijsko rješenje lokomotive *Rocket*, koju je dizajnirao inženjer George Stephenson i koja se kretala brzinom od 23 km/h[[2]](#footnote-2). Druga izgrađena pruga u povijesti na relaciji između gradova Manchester i Liverpool bila je dugačka 50 kilometara, na kojoj je također prometovala lokomotiva tipa *Rocket*, ali sa potpunim mehaničkim pogonom. Veliki uspjeh željeznice svih je iznenadio, odnosno premašio je sva očekivanja kad je došlo do njene velike i ubrzane ekspanzije u sve industrijske razvijene zemlje svijeta. Tako se prve pruge puštaju u promet u SAD-u 1830., u Francuskoj 1832., u Njemačkoj i Belgiji 1835., te u Rusiji i Austro – Ugarskoj 1838. godine[[3]](#footnote-3). Gradnja željezničkih pruga poprimila je obilježja društvenog fenomena kojemu do dana današnjeg u povijesti tehnologije transporta nema premca. Već spomenuti inženjer Stephenson, svojom lokomotivom *Rocket*, postavio je temelje na osnovi kojih se razvijala i usavršavala željeznica, što je omogućilo da se već krajem 19. stoljeća u Velikoj Britaniji i Njemačkoj vlakovi u redovitom prometu voze brzinom od 90 do 100 km/h[[4]](#footnote-4).

Razvitak željeznice bitno je povezan s kapitalističkim načinom proizvodnje. Ona je omogućila, a industrijalizacija i dovela do naglog širenja željezničke mreže. Željeznica je ubrzo postala glavni oblik transporta, promet je rastao nevjerojatnom brzinom, građene su jače lokomotive i veći vagoni, te su se u željeznička vozila počele ugrađivati zračne kočnice, a pruge i prometna signalizacija su se usavršile. Sredinom 20. stoljeća, kada je evolucija kapitalističkog društva bila na visokom stupnju, željeznica se našla na jakom udaru konkurencije, i to od strane cestovnog prijevoza. To se posebno osjetilo nakon Drugog svjetskog rata, a rezultiralo je stagnacijom željeznica u praktički svim zemljama svijeta.

U posljednja tri desetljeća u svijetu je došlo do značajnih promjena na području željezničkog prometa. Uvode se transportna sredstva novih konstrukcija, prelazi se na vagone sa vrlo velikim nosivostima, provodi se specijalizacija vozila, uvode se teške tračnice umjesto klasičnih željezničkih pragova, nagibne tehnike voznih sredstava, kombinirane i multimodalne transportne tehnologije, centralizirano upravljanje u sustavu daljinske kontrole prometa i dr[[5]](#footnote-5).

Današnje, suvremene željeznice imaju osobitu ulogu u povezivanju industrijskih i potrošačkih zona, urbanih centara, regija, država itd. Izniman je njihov značaj za svladavanje velikih kontinentalnih udaljenosti. Tako su u svijetu poznate transkontinentalne pruge: Sjeverna i Južna transkanadska pruga, Sjeverna, Centralna i Južna pacifička pruga (SAD), Australska transkontinentalna pruga, Transibirska željeznica itd.

Gustoća željezničke mreže jedna je od najboljih općih pokazatelja stupnja razvijenosti željeznica i vrlo je različita svuda u svijetu. Najveću gustoću željeznica ima Europa, gdje npr. Belgija ima u prosjeku oko 13,9 km željezničke pruge na svaki km2, najveću ukupnu duljinu imaju SAD i Rusija, najelektrificiraniju željeznicu ima Švicarska, najveći promet putnika ostvaruje se u Japanu, a najveći robni promet, ponovno imaju SAD i Rusija.[[6]](#footnote-6)

U odnosu na cestovni promet, željeznički promet ima mnoge prednosti, a kao jedna od najvažnijih ističe se to da je željeznicom omogućeno obavljanje prijevoza velikog broja putnika i tereta na velike udaljenosti.

## 2.2. Sredstva željezničkog prometa

Vlak je željezničko vozilo namijenjeno kretanju po željezničkoj pruzi, a sastoji se od vučnih vozila, putničkih i teretnih vagona, te željezničkih vozila za posebne namjene; te može biti:

* vučno vozilo ili vozilo s vlastitim pogonom (lokomotiva, motorni vlak i dr.),
* vučeno vozilo ili vozilo bez vlastitog pogona koje služi za prijevoz putnika (putnički vagon), za prijevoz stvari (teretni vagon) i za posebne namjene,
* vozilo za posebne namjene ili vozilo s vlastitim pogonom ili vozilo vučeno drugim vozilom, kao što su npr. vagoni za mjerenje, provjeru, održavanje i izgradnju pruga, pružnih postrojenja i ostalog, vagoni pomoćnog vlaka, te drugi vagoni za željezničke potrebe.[[7]](#footnote-7)

Vlak u smislu prometnih propisa, čini vučno vozilo ili vozilo za posebne željezničke namjene koje vozi samo ili s vozilima u propisanom sastavu i propisano signalizirano, a prema namjeni može biti: za prijevoz putnika, za prijevoz stvari, za željezničke potrebe i za posebne namjene.[[8]](#footnote-8)

### 2.2.1. Vučna sredstva

Prema namjeni, lokomotive se dijele na[[9]](#footnote-9):

* lokomotive za brze putničke vlakove, manji broj pogonskih kotača velikog promjera,
* lokomotive za teretne vlakove, veći broj pogonskih kotača malog promjera,
* ranžirne lokomotive, vrlo pokretljive, služe za postavljanje i za razvrstavanje vagona unutar postaja,
* rudničke lokomotive,
* tvorničke lokomotive, slične su ranžirnim, ali često se konstruiraju za službu u područjima gdje prijeti opasnost od požara ili eksplozija,
* lokomotive za specijalne namjene, kao što su brdske, zupčane (za svladavanje velikih nagiba pruge),
* lokomotive gradskih podzemnih i nadzemnih željeznica.

Prema načinu pogona lokomotive mogu biti[[10]](#footnote-10):

* s motorom s unutarnjim izgaranjem,
* električne,
* na komprimirani zrak,
* s parnom ili plinskom turbinom.

Osim toga, sve se lokomotive prema svojim konstrukcijskim, tehničkim i eksploatacijskim značajkama dijele po serijama. U masovnoj uporabi najviše se koriste dizelske motorne i električne lokomotive.

* *Motorna lokomotiva* ima uglavnom dizelski motor kao pogonsko sredstvo. To su najčešće četverotaktni motori od 700 do 1500 okretaja u minuti, snage do 2000 kW[[11]](#footnote-11). Snaga motora može se prenositi na kotače na tri načina:
* mehanički,
* hidraulički i
* električni.

Svaki od tih prijenosa drugačije djeluje na vučnu silu lokomotive. Mehanički prijenos pretežito se upotrebljava za male lokomotive do 300 kW snage. Hidraulički prijenos primjenjuje se na lokomotivama do 800 kW, a na snažnijima se ugrađuje električni prijenos[[12]](#footnote-12).

* *Električna lokomotiva* napaja se električnom energijom iz kontaktnog voda obješenog iznad tračnica ili, kao kod gradskih podzemnih željeznica, iz voda položenog na tlo između tračnica. Različitim električnim spajanjem elektrovučnih motora dobiva se različita snaga koja se preko zupčanika prenosi na pogonske osovine. Električne lokomotive su u uporabi ekonomičnije i od parnih i od motornih, ako je u tom trenutku električna struja jeftinija, što uglavnom jest. Prednost elektrolokomotiva je velika pričuva snage pogonskih elektromotora (moguće ih je na kraće vrijeme opteretiti snagom više nego dvostruko većom od njihove nominalne snage)[[13]](#footnote-13), pa imaju veliko ubrzanje i vrlo dobro svladavaju uspone. Osim toga, one rade tiho, a vijek im je trajanja duži nego kod dizelskih lokomotiva i to uz niske troškove održavanja. Nedostatak električne vuče vlakova su veliki investicijski troškovi postavljanja i održavanja električnih vodova i pripadajućih instalacija.

### 2.2.2. Prijevozna sredstva

Sredstva željezničkog prijevoza predstavljaju kola za prijevoz putnika (putnička kola) i kola za prijevoz tereta. U uporabi su podijeljena i klasificirana po serijama.

Teretnim se vagonima smatraju oni čije su osnovne karakteristike slijedeće: osovinsko opterećenje u međunarodnom prometu do 200 ili 225 kN, sposobnost vožnje prema građi voznog postolja, brzine od 90, 100 ili 120 km/h, mirnoća vožnje (manja nego u putničkim) i dr[[14]](#footnote-14). To su najbrojnija željeznička vozila, a zbog intenzivnog međunarodnog prometa i najunificiranija među svim prometnim sredstvima.

Globalno stanje u željezničkom prometu zahtijeva da se, uz sniženje troškova održavanja, kvaliteta održavanja vučnih i voznih sredstava mora stalno povećavati. Da bi se to postiglo, nužno je osiguravanje suvremene opreme, pričuvnih dijelova i kvalificiranih kadrova, te uvođenje sofisticirane tehnologije održavanja.

### 2.2.3. Vlakovi velikih brzina

Povećanje brzine vožnje, s jedne strane, donosi prednost vlaku pred ostalim vrstama prijevoznih sredstava u ostvarivanju bržeg prijevoza, dok, s druge strane, bitno povećava pogonske troškove. Osnovni troškovi obuhvaćaju gradnju novih pruga za velike brzine sa signalno – sigurnosnim uređajima, nabavku vlakova velike brzine, pogonsku energiju i održavanje svih uređaja.

Željeznice velikih brzina počele su se primjenjivati u Japanu i koriste se od 1964. godine[[15]](#footnote-15), a u Europi su uvedene tek osamdesetih godina prošlog stoljeća. Taj oblik željezničkog prometa neprekidno povećava tehničku i komercijanu brzinu usavršavajući tradicionalne željezničke prednosti i kvalitetu uz primjenu najsuvremenijih tehnologija i znanstvenih postignuća. Sustav vlakova velikih brzina u svom je začetku predviđao zadovoljenje samo uskih nacionalnih prometnih zahtjeva, no s vremenom se pretvorio u opću potrebu suvremenog svijeta. Uvođenjem vlakova velikih brzina, razvijene željeznice svijeta uspjele su trend pada pretvoriti u trend porasta broja putnika koji za prijevoz koriste željeznicu. Kratko vrijeme putovanja, sigurnost i udobnost učinili su vlakove velikih brzina privlačnima na relacijama od 200 do 500 kilometara[[16]](#footnote-16). Željezničke uprave, koje su uvele vlakove velikih brzina i dalje rade na njihovom usavršavanju, glede otklanjanja uočenih nedostataka i povećanju njihove atraktivnosti i konkurentnosti. Mreža pruga za velike brzine sve više se širi, a samim time dolazi i do povećanja broja putnika i broja vlakova koji se uvode u promet velikih brzina. Zbog uočenih prednosti prometa vlakova velikih brzina ukazala se potreba za stvaranjem odgovarajuće internacionalne mreže pruga, jer vlakovi velikih brzina na međunarodnim relacijama moraju biti sposobni prevladati tehničke granice, npr. prijelaz između pojedinih područja željezničkih uprava.

Vlakovi za velike brzine posebno su projektirani i građeni[[17]](#footnote-17). Vlakovi koji su već u uporabi, te su postigli značajan uspjeh širom svijeta poznati su pod slijedećim imenima: ICE (Inter City Express) njemačkih željeznica, TGV (Trains a grande vitesse) francuskih željeznica, Shinkansen japanskih željeznica i dr. Da bi se što više smanjio otpor zraka, posebna pozornost posvećuje se aerodinamičnom obliku vlaka, te predstavlja kontinuiranu cjelinu sastavljenu od aerodinamički oblikovanih pogonskih jedinica na svakom kraju vlaka i određenog broja putničkih kola. Pogon je električni jer su potrebne iznimno velike snage uz relativno male osovinske pritiske. Specifične prednosti načela lebdenja vozila na elektromagnetskom jastuku rezultirala su razvitkom serija vozila Transrapid u Njemačkoj. Transrapid je [njemački](http://hr.wikipedia.org/wiki/Njema%C4%8Dka) vlak velikih brzina koji koristi tehnologiju magnetske levitacije uz uporabu linearnog motora. Jedina komercijalna uporaba je u Kini, gdje povezuje šangajsku zračnu luku sa centrom grada, ali postoje projektni planovi koji bi u budućnosti trebali povezivati centar njemačkog grada Munchena sa zračnom lukom, pružne trase kroz pustinje Ujedinjenih Arapskih Emirata koji bi povezivali gradove te zemlje i dr. Drugi primjer vlaka velike brzine koji se pokreće korištenjem magnetske levitacije je vlak japanskih željeznica, JR Maglev. Japan Rail Maglev je eksperimentalni magnetno levitacijski vlak kojeg razvija Institut za željezničko tehnička istraživanja, pridružen Japanskim željeznicama, koji su 2. prosinca 2003. sa kompozicijom od tri vagona postigli maksimalnu brzinu od 581 [km/h](http://hr.wikipedia.org/wiki/Kilometar_na_sat)[[18]](#footnote-18).

Generalno gledajući, područja na kojima je moguća primjena vlakova velikih brzina je vrlo široka, što se u praksi očitava vođenjem trasa željeznice kroz visokourbanizirane sredine, i preko teško prohodnih područja, dakle preko ekološki najosjetljivijih područja. Ta opcija pogotovo dolazi u obzir zbog prihvatljivih razina emisije buke, vibracija, magnetizma, ali i onog najvažnijeg - zagađenja okoliša.

## 2.3. Željeznički promet

Željeznički promet mora se obavljati sukladno pravilniku[[19]](#footnote-19), općim aktima, odnosno uputama kojima se detaljnije razrađuje provedba, te prema drugim propisima koji se odnose na obavljanje željezničkog prometa. U vlak smiju biti uvrštena samo željeznička vozila koja u pogledu sigurnosti prometa udovoljavaju propisanim tehničkim uvjetima i propisima o održavanju tih vozila.

Ulazak i izlazak vlaka iz kolodvora smije se dopustiti samo kad se utvrdi da je za taj vlak osiguran slobodan vozni put za sigurnu vožnju. U istom prostornom odsjeku i na istom kolosijeku smije se istodobno nalaziti samo jedan vlak[[20]](#footnote-20).

# ALTERNATIVNI POGONI

Vodik, biogorivo, alkohol i plin samo su neka od najpoznatijih alternativnih goriva koja vrlo uspješno već sada pokreću vozila. Zašto? Nafte i naftnih prerađevina, kao glavnih pogonskih sredstava današnjice, nestaje, odnosno u sve je manjim količinama i samo je pitanje vremena kada će u potpunosti biti iscrpljene njihove zalihe.

## 3.1. Alternativna goriva

**Alternativna su goriva ona koja trebaju biti zamjena za konvencionalna goriva, naftu i ugljen, i zapravo su, ekološki gledano, prijelazno rješenje u potrazi za učinkovitom i obnovljivom energijom.** Svjetska prometna industrija užurbano usavršava pogonske grupe na alternativna goriva jer promet mora funkcionirati i kada jednog dana naftni izvori u potpunosti presuše. Vrlo uskoro doći će doba kada ćemo na crpkama umjesto benzina i dizela „točiti“ neka druga, alternativna goriva. Na energetskom portalu Europske unije navodi se točan datum kada bi naftni izvori mogli, odnosno trebali presušiti[[21]](#footnote-21). Iako se doima kao daleka budućnost, svjetska auto industrija postnaftno doba mora dočekati spremna, ponajviše vodeći računa o očuvanju okoliša. Za sada kao alternativna goriva prednjače vodik, biogorivo, alkohol i plin.

### 3.1.1. Vodik

Godine 1997. na auto salonu u Detroitu, Chrysler je predstavio prvi elektromobil koji je struju za pokretanje vozila crpio iz gorivih vodikovih ćelija. Samo desetak godina kasnije već postoji nekoliko serijskih automobila koji koriste vodik kao gorivo[[22]](#footnote-22).

Osnova svakog automobila na vodik su gorive ćelije, koje se nalaze u podnici automobila, spremnik vodika, te elektromotor. U spremniku se nalazi stlačeni vodik u tekućem stanju, koji ovisno o količini i potrebama mora biti stlačen barem na 350 bara, te iz razloga zapaljivosti ohlađen na -253 C[[23]](#footnote-23).

Vodikove gorive ćelije rade na slijedećem principu: u gorive ćelije dovodi se gorivo (u ovome slučaju stlačeni vodik) i kisik (ili mješavina kisika i helija), te na principu elektrolita proizvode struju. Prilikom prolaska kroz separatorsku ploču ćelije, molekule vodika se spajaju na anodu, a molekule kisika na katodu. Na anodi platinasti katalizator razdvaja vodik na protone i elektrone, pri čemu polimer elektrolitska membrana propušta samo protone prema katodi, dok elektroni putuju vanjskim strujnim krugom stvarajući struju koja pokreće elektromotor i puni baterije. Na katodi potom elektroni i protoni, u reakciji s kisikom, stvaraju vodu, odnosno paru koja izlazi iz ćelija i iz ispuha.

Prednost vodika kao pogonskog goriva je posve čisti ispuh, te mogućnost dobivanja vodika elektrolizom iz vode, a nedostatak slaba infrastruktura. Međutim, vodik kao pogonsko gorivo namijenjen je isključivo automobilima, iako će se i tamo mnogi teško odlučivati na korištenje takvih, odnosno ugradnju motora na vodik, zbog toga jer su potrebne velike preinake motora (zato jer je vodik izrazito zapaljiv).

### 3.1.2. Biogoriva

Biogoriva su goriva koja se dobivaju preradom biomase[[24]](#footnote-24). U posljednjih nekoliko godina [proizvodnja](http://hr.wikipedia.org/wiki/Proizvodnja) i [potrošnja](http://hr.wikipedia.org/w/index.php?title=Potro%C5%A1nja&action=edit&redlink=1) biogoriva raste i sve više zamjenjuje fosilna goriva. Najintenzivnija im je proizvodnja u Brazilu, iz šećerne trske, te u SAD-u, iz kukuruza. Glavna biogoriva su bioetanol i biodizel. Globalno, biogoriva se najčešće koriste za prijevoz i u kućanstvu.

#### 3.1.2.1. Biodizel

Fosilno dizelsko gorivo dobiva se preradom sirove nafte. Biodizel se pak može proizvoditi iz prirodnih ulja (alge, životinjska mast, suncokret, repica, soja, suncokret), zbog čega predstavlja mnogo čišće gorivo. Iako se termin biodizel čini posve nov, u biti se radi o patentu zaštićenom još 1937. godine kada je belgijski znanstvenik Chavanne patentirao postupak zvan transesterifikacija biljnih ulja koristeći alkohol (metilni i etilni) i natrijev hidroksid za izdvajanje masnih kiselina iz glicerina[[25]](#footnote-25).

Biodizel nije toksičan, biorazgradiv je i u atmosferu ispušta 10 do 50% manje ugljičnog monoksida (CO), ali i 2 do 10 % više dušikovog oksida (NO2) nego fosilna dizel goriva[[26]](#footnote-26). Emisije ugljičnog monoksida variraju ovisno o ulju iz kojega je biodizel dobiven, a CO2 koji se oslobađa, biljke koriste u procesu fotosinteze. Biodizel ima viši cetanski broj nego fosilni dizel i nema sumpora. Bez preinaka svaki dizel motor može koristiti dizelsko gorivo s 5% udjela biodizela[[27]](#footnote-27). No biodizel je izrazito masno gorivo i može začepiti brizgaljke motora, što je jedan od glavnih nedostataka. Prednost mu je čišći ispuh i mogućnost kućne proizvodnje. Nedostatak je i niska točka smrzavanja, higroskopan je pa može uzrokovati zatajenje rada i prijevremenu koroziju. Za svaku tonu biodizela proizvede se i 100 kg glicerina[[28]](#footnote-28). Kao i vodik, ima slabu infrastrukturu, te zagađuje okoliš pesticidima biljaka, te je zbog svih navedenih nedostataka teško primjenjiv kao pogonsko sredstvo za vlakove.

#### 3.1.2.2. Bioetanol

Još od 1970-ih godina, u Brazilu se etilni alkohol u određenim omjerima s benzinom koristio za pokretanje vozila. Bioetilni alkohol koji se koristi kao gorivo, dobiva se iz suncokreta, šećerne trske, šećerene repe i ostalih biljnih vrsta. Ima nižu ogrijevnu vrijednost od bezolovnog benzina pa je za isti učinak potrebna oko 34 % veća količina etilnog alkohola[[29]](#footnote-29).

Bioetanol se dobiva uzajamnim procesima fermentiranja, destilacije, dehidratacije, hidrolize i saharifikacije. Pri tome se iz jednog hektra obradive površine može dobiti oko 2500 litara etilnog alkohola[[30]](#footnote-30). Zbog većeg oktanskog broja od 111, etanol može uzrokovati povećanje stupnja kompresije i iskorištenja motora. Najčešće se koristi gorivo oznake E85[[31]](#footnote-31). Prednost mu je čišći ispuh, te veće iskorištenje motora. Nedostaci bioetanola su veća potrošnja, a također su potrebne i preinake motora da bi se mogao koristiti.

### 3.1.3. Plin

Prirodni plin može se podijeliti na CNG (eng. compressed natural gas - zemni plin) i LNG (eng. liquified natural gas - tekući naftni plin). CNG ili zemni plin ima udio metana od 70 do 98 %, a skladišti se u spremnicima pod tlakom od 200 do 275 bara.*[[32]](#footnote-32)* Može se koristiti u dizel motorima, dakle primjenjiv je u željezničkom prometu. Prednost njegove upotrebe jest upola čistiji ispuh nego kod upotrebe samog dizela. Nažalost, potrebni su veliki spremnici jer je omjer stlačenog i efektivnog goriva u omjeru 1:4*[[33]](#footnote-33)*. Prilikom punjena spremnika pod tlakom troše se velike količine električne energije, što dakako, nije ekonomično.

LPG - auto plin je u upotrebi kao pogonsko gorivo već duži niz godina. Tu se zapravo radi o mješavini ugljikovodikovih plinova, najčešće propana i butana, i to u omjeru 60:40 posto.[[34]](#footnote-34) Proizvodi se rafinacijom sirove nafte, te ekstrakcijom nafte i plina. Na normalnoj temperaturi i tlaku isparava, zbog čega se pohranjuje u bocama pod pritiskom do najviše 85 % kapaciteta boce, kako bi se ostavilo mjesta toplinskom širenju. Ima 20% manju emisiju CO2 nego benzin.[[35]](#footnote-35) Ugradnja je moguća u gotovo sve tipove automobila[[36]](#footnote-36), ima čist ispuh, a i cijena plina relativno je niska u odnosu na naftne prerađevine (dizel i benzin). Međutim, nedostatak je cijena ugradnje, koja je vrlo visoka (do 15-ak tisuća kuna za automobile)[[37]](#footnote-37).

### 3.1.4. Blue tec

Blue tec je prvi put predstavljen 2005.godine. Radi se osustavu reduciranja dušikovog oksida (NO2) koji se ugrađuje u skuplja vozila Daimler AG koncerna.[[38]](#footnote-38) Sustav katalizatora selektivne redukcije u prvom stupnju izdvaja NO2. Potom se ubrizgava tekućina, koja je po svom kemijskom sastavu vrlo slična urinu, čijim isparavanjem dolazi do oslobađanja amonijaka, te se u reakciji s dušikovim oksidima stvara čisti dušik i vodena para. Prednost ovog sustava je čišći ispuh, a nedostatak taj što je sada ugradnja ograničena samo na automobile, i to one skuplje izvedbe.[[39]](#footnote-39)

# MAGNETNO LEVITACIJSKI VLAK – MAGLEV

Još u 19. stoljeću matematičar Earnshow[[40]](#footnote-40) postavio je teorem, koji vrijedi za klasičnu fiziku, a glasio je da se pomoću statičkih magnetskih polja i električnih naboja ne može postići statičko lebdenje (levitacija). Međutim, to ne znači da uopće nije moguće stvoriti magnetsku levitaciju, za što postoje i brojni primjeri, jer Earnshow u svojem teoremu nije obuhvatio sve moguće fizikalne situacije.

## 4.1. Dijamagneti

Najpoznatiji primjer levitacije je levitiranje dijamagneta[[41]](#footnote-41) u vanjskom magnetskom polju. Supravodiči[[42]](#footnote-42) su idealni dijamagneti, koji u potpunosti izbacuju magnetsko polje iz svoje unutrašnjosti, te stavljeni u magnetsko polje lebde iznad magneta.

Dijamagneti se magnetiziraju u smjeru koji je suprotan od smjera magnetskog polja u kojem se nalaze. U osnovi se Earnshaw-ov teorem na njih ne može  primjeniti, jer se on odnosi na paramagnete (tj. magnete koji su orijentirani paralelno s magnetskim poljem). U dijamagnetima se putanje elektrona modificiraju tako da kompenziraju utjecaj vanjskog magnetskog polja, što izaziva magnetsko polje koje je usmjereno u suprotnom smjeru. Kod supravodiča su te promjene makroskopske, te se na površini supravodiča javljaju struje koje zasjenjuju vanjsko polje, ali primjenom vrlo jakih magnetskih polja uspješni eksperimenti ostvareni su, ne samo s lebdenjem supravodiča, već i [žaba,](http://eskola.hfd.hr/fiz_sva_stva/maglev/1020_frog.html) vodenih kapljica, biljaka, itd.  (kod žaba se npr. mijenjaju elektronske orbite u svakoj molekuli njenog tijela) [[43]](#footnote-43).

Mijenjanjem jačine magnetskog polja u funkciji njegove udaljenosti od nekog predmeta (jače polje ako se predmet udalji, slabije polje ako se predmet suviše približi) može se postići da predmet lebdi. Taj se princip primjenjuje kod maglev vlakova. Levitacija se može postići i s izmjeničnim magnetskim poljem. Izmjenična magnetska polja izazvati će izmjenične struje u vodiču i tako dovesti do njegovog lebdenja. Zbog konačnog otpora materijala, inducirani naboji isčezavaju nakon kratkog vremena, ali se na površini tijela stvaraju stalne struje koje zasjenjuju primjenjeno izmjenično magnetsko polje i tijelo se opet ponaša kao dijamagnet  (tj. supravodič). I ovaj se princip koristi za [maglev](http://eskola.hfd.hr/fiz_sva_stva/maglev/3010_eds.html).

## 4.2. Maglev

U današnje vrijeme,  razvijene zemlje suočene su s velikim prometnim poteškoćama. Kilometarske automobilske kolone na autoputevima, gužve u zračnim lukama, sve veća i češća kašnjenja aviona, povećanje štetnog utjecaja današnjih načina prijevoza na okoliš - razlozi su zbog kojih se posljednjih tridesetak godina intenzivno razmatraju moguće promjene i poboljšanja postojećih transportnih sustava.

Pri planiranju svojih putovanja ljudi nastoje s raspoloživim vremenom i financijskim sredstvima postići najveću moguću udaljenost. Zbog toga gotovo uvijek izabiru brži način prijevoza, koji je pritom i skuplji, ali to je uvijek u ravnoteži s povećanjem osobnih prihoda stanovništva.  Stoga se povijest tehnologije prijevoza može promatrati kao stalno nastojanje da se poveća njena brzina zbog progresivnog povećanja osobnih prihoda.

Porast brzine prijevoza imao je važnu ulogu u razvoju ljudskog društva. Naftne krize, ekološki problemi, ali i porast osobnih primanja utječu da automobilska industrija intenzivno i stalno unapređuje karakteristike novih vozila, a tržište automobila je još daleko od zasićenja. No, usprskos svih poboljšanja vozila i prometnica, automobil ostajei dalje relativno sporo sredstvo za putovanje, s prosječnim brzinama između 40 i 50 km/h[[44]](#footnote-44).

Od otvaranja prve pruge 1825. godine[[45]](#footnote-45), razvoj klasične željezničke tehnologije rezultirao je sve bržim, čiščim i rentabilnijim pogonskim načinima, a maksimum je postignut ostvarenjem tzv. TGV[[46]](#footnote-46) ideje. Iako je značajno unaprijedio željeznički prijevoz, TGV sustav još uvijek predstavlja njegov manji dio. Zbog toga se može i dalje smatrati da su vlakovi zapravo relativno spori: uzimajući u obzir stajanja na stanicama, promjene vlakova, putovanje od i do željezničkih stanica, međugradski vlakovi imaju danas u prosjeku brzinu 60 km/h, a što je zapravo usporedivo s brzinom automobila. Ovaj novi tip vlakova postoji danas u većem broju zemalja, a s komercijalnim brzinama do 300 km/h postali su velika konkurencija zračnom prijevozu na udaljenostima do 500 km. Prosječna brzina aviona iznosi oko 600 km/h što  je 10 puta više od prosječne brzine automobila ili većine vlakova[[47]](#footnote-47). Usprkos konkurencije TGV vlakova, avionski će promet i dalje rasti. Međutim, sastavni dijelovi današnjih avionskih putovanja postala su zakašnjenja, a vrijeme čekanja i kašnjenja često je jednako trajanju samog leta. IATA[[48]](#footnote-48) procjenjuje da zakašnjenja zbog zagušenja zračnog prostora ili zračnih luka već sada iznose preko 15 milijardi $ godišnje[[49]](#footnote-49).

Razvoj novih tehnologija u posljednjih tridesetak godina pokazuju da najviše izgleda da zamijeni neke od današnjih oblika prijevoza ima sustav koji koristi princip magnetske levitacije ili tzv. maglev.

Razvoj maglev tehnologije, započet krajem šezdesetih godina prošloga stoljeća, najdalje je stigao u Japanu i Njemačkoj[,](http://eskola.hfd.hr/fiz_sva_stva/WINNT/Profiles/Administrator/Desktop/pervan/2-maglev-intro/402) dok su u ostalim razvijenim zemljama takvi programi (npr. u SAD) tek na svojim počecima. Zbog potrebe za brzim i efikasnim povezivanjima velikih gradova i industrijskih centara na udaljenostima do 500 km, uz nedovoljnu protočnost i kapacitete postojećih transportnih sustava i zasićenost zračnog prostora, u Japanu i Njemačkoj su odluke o uvođenju maglev sustava prijevoza donesene na nacionalnoj razini. Sustavi koji se ispituju imaju različite tehničke karakteristike, ali se očekuje da će komercijalni putnički promet svakog od njih biti ekonomski isplativ.

## 4.3. Japanski Maglev program

Od početka istraživanja 1972. godine[[50]](#footnote-50), japanski Institut za željezničko tehnička istraživanja izgradio je dva maglev poligona. Prva ispitivanja vršena su u Miyazaki centru, a od 1990. godine, ona se odvijaju u novom Yamanashi centru, smještenom južno od Tokija, i zamišljenom za razvoj i promociju maglev sustava za praktičnu potrebe. Početna trasa od 18,4 kilometara danas je proširena na dvostruku liniju dužine 43 kilometara, sa zavojima, usponima, mostom i tunelom[[51]](#footnote-51). Japanski maglev program razvija EDS[[52]](#footnote-52) sustav, u kojem vozilo lebdi iznad vodilice[[53]](#footnote-53) (koja odgovara tračnicama kod klasične željeznice) zbog elektromagnetskih sila koje se javljaju između supravodljivih magneta u vozilu i zavojnica u vodilici.

Krajem 1997. godine kompozicija MLX01 (sastavljena od 3 vozila) je postignula brzinu od 550 km/h, te 531 km/h s putnicima. U travnju 1999. godine je taj rekord poboljšan na 548 km/h s putnicima!  2. prosinca 2003. ta ista kompozicija od tri vagona, ali bez putnika postigla je maksimalnu brzinu od 581 km/h, što je još i danas neoboreni brzinski rekord u željezničkom prometu[[54]](#footnote-54). Tijekom testova supravodljivi magneti i kriogena postrojenja za hlađenje bili su vrlo stabilni i testovi su u cjelosti bili vrlo uspješni. Očekuje se da će na osnovu ovih rezultata  test "pruga" biti proširena na komercijalnu maglev liniju između Tokija i Osake (550 km) umjesto izgradnje nove Shinkansen linije[[55]](#footnote-55).

### 4.3.1. Supravodljivi magneti

Japanski maglev koristi NbTi[[56]](#footnote-56) supravodljive magnete smještene u aerodinamički oblikovanom vozilu. Supravodljivi namotaji su promjera 1 m i debljine 0.5 m, magnetomotorne sile oko 700 kA i s poljima do 1 T, koji naizmjenično generiraju N i S polove magneta. Svako vozilo opremljeno je s 2 kompleta s po 4 supravodljiva magneta veličine 1 x 0.5 m, koji su oko 0.5 m iznad osnovice vodilice[[57]](#footnote-57). Niske temperature potrebne za rad supravodljivih magneta postižu se korištenjem tekućeg helija i dušika, smještenim u posebnim spremnicima, a ispareni helij se ponovno ukapljuje s ugrađenim ukapljivačem. Magneti rade u režimu zatvorene strujne petlje i u tijeku vožnje su u potpunosti neovisni o vanjskim postrojenjima. Korištenje jakih supravodljivih magneta zahtjeva i zaštitu putničkog dijela vozila od utjecaja statičkog magnetskog polja. U tijeku su također istraživanja mogućnosti zamjene klasičnih NbTi supravodiča s visokotemperaturnim supravodičima, čime bi se omogućilo dobivanje jačih magnetskih polja uz značajne uštede (korištenjem samo tekućeg dušika).

## 4.4. Njemački Maglev program

Njemački *Transrapid* maglev sustav koristi EMS[[58]](#footnote-58) s klasičnim magnetima i željeznom vodilicom. Cijena tog sustava je niža od EDS sustava, jer zahtijeva relativno jednostavniju tehnologiju s manje nepoznatih parametara. Međutim, mala visina levitacije zahtijeva veliku točnost u izvedbi vodilice (što povećava troškove), a i vremenske nepogode mogu izazvati poteškoće u kretanju magleva. Njemačka test pruga otvorena je početkom 1985. godine u Lathenu. Njena ukupna duljina je 31.5 kilometar, od čega je 12 kilometara ravnog dijela[[59]](#footnote-59). Vodilica je djelomično izrađena iz čelika, a većim dijelom iz betona.

Uzimajući u obzir ograničenja klasičnih željeznica i sve veće poteškoće u avionskom povezivanju današnjih gustih urbanih sredina, za očekivati je da će ubrzo započeti komercijalno korištenje maglev vlakova s brzinama od 500 km/h, koji će za udaljenosti od 500 do 800 kilometara biti kompetitivni s avionskim prometom[[60]](#footnote-60). To će označiti početak novog razdoblja modernog prijevoza, čiji će utjecaj vjerojatno biti jednak onom što su ga imali automobil ili parni stroj: efektivne granice pojedinih gradova će se širiti i stvarati će se veće urbane sredine, jer će se skraćivanjem trajanja putovanja, sadašnji međugradski promet svesti na gradski. Maglev vlakovi će također biti korišteni za povezivanje dvaju ili više zračnih luka.

Svojim kretanjem bez trenja, smanjenom bukom, udobnijom vožnjom, povećanom sigurnošću, neovisnošću o vremenskim nepogodama, mogućnošću savladavanja većih uspona, užim „prugama“ postavljenim iznad zemlje koje ne prekidaju teren, maglev vozila će predstavljati ostvarenje onog što se danas naziva „zelena pokretljivost“, tj. biti će ostvarene težnje ljudske civilizacije o smanjenju zagađenja okoliša uzrokovano ponajprije izgaranjem fosilnih goriva.

Korištenje supravodljivih magneta za levitaciju i pogon omogućiti će, ne samo veće, nego i jeftinije brzine prijevoza (što nije imala nijedna nova tehnologija prijevoza do sada), jer su energetske potrebe magleva samo 25% potreba avionskog prijevoza sličnih karakteristika[[61]](#footnote-61). Smanjenje energetskih zahtjeva smanjiti će zagađivanje okoline i ovisnost o uvozu goriva. Daljnje smanjenje troškova ostvariti će se korištenjem novih visokotemperaturnih supervodljivih materijala, za koje će udio troškova hlađenja biti još manji.

# ZAKLJUČAK

Obzirom na to da se svjetske zalihe i svjetska proizvodnja, kao i monopol konvencionalnih, fosilnih goriva smanjuje, alternativni načini pogona vozila postaju jedino rješenje. Razvoj novih tehnologija traje godinama i zahtijevaju se velika ulaganja, ali je zato vijek njihovog trajanja i vrijeme potrebno da postanu dio svakodnevnog života u svim dijelovima svijeta još mnogo duži. Ako se želi da maglev prijevoz postane realnost u budućnosti, potrebno je već sada ozbiljno razmišljati o njemu i ulagati u njegov razvoj.

Maglev će vozila predstavljati ostvarenje onog što se danas naziva „zelena pokretljivost“, tj. biti će ostvarene težnje ljudske civilizacije o smanjenju zagađenja okoliša uzrokovano ponajprije izgaranjem fosilnih goriva.

Doba jeftinog, ili barem ne skupog goriva, nepovratno je za nama. Iako se stručnjaci ne slažu u procjenama ima li nafte za sljedećih 30, 50 ili 100 godina, jedno je sigurno: rezerve glavnog izvora za pogonsko gorivo motornih vozila sve su manje i u doglednoj budućnosti potpuno će se iscrpiti. To će neminovno ubrzati rast cijena u posljednjoj fazi naftne povijesti, koja je već počela. Na cijenu goriva za motorna vozila utječu i sve stroži ekološki propisi, jer je nesmiljeno izgaranje benzina i dizela dovelo do efekta staklenika i kidanja ozonskog omotača. Kisele kiše zbog sumpora u gorivu, neželjenog pratitelja sirove nafte, desetkovale su šume u mnogim dijelovima svijeta. To je dodatan generator cijene goriva, jer su uvedene ekološke takse, a tehnologija za proizvodnju goriva postala je znatno zahtjevnija. Trend će se nastaviti, te će skupo gorivo ubrzo postati još skuplje.

Zbog toga se već nekoliko desetljeća, posebice nakon velike energetske krize početkom 70-ih, intenzivno traži zamjena fosilnim gorivima. U električnoj energiji mnogi vide najbolje i najčišće rješenje, no i to je upitno, jer se i proizvodnjom struje na konvencionalne načine (elektrane) zagađuje okoliš, iako trenutno izvedbe za masovno korištenje nema na vidiku.

Alternativna goriva uskoro će moći potpuno zamijeniti naftu. Naime, na tržištu su već deseci modela koji se pokreću bio-gorivom, zemnim plinom i vodikom.

Početkom 40-ih njemački su stručnjaci, zbog ratnih nevolja, počeli proizvoditi i koristiti sintetička i biološka goriva, te masovnije koristiti zemni plin. Tehnološka rješenja bila su razrađena, ali završio je rat i nafte je ponovno bilo u izobilju. Problemi su ponovno eskalirali početkom 70-ih, kad je počela prva velika energetska kriza. Mnogi su se tada sjetili alternativnih goriva te je počela grozničava potraga za tehnologijom njihovog korištenja u automobilu. No, brzo je postalo jasno kako zamjenska goriva neće dugo biti tržišno isplativa, te su paralelno temeljito usavršavani klasični motori. Rasplinjač je krajem 80-ih, nakon devet desetljeća počeo ustupati mjesto ubrizgavanju goriva. Početno središnje i kontinuirano ubrizgavanje u zajedničku usisnu cijev postupno je zamijenjeno pojedinačnim i isprekidanim, prema potrebama svakog cilindra. Velike napretke osigurali su sustavi izravnog ubrizgavanja, u kombinaciji s turbo nabijanjem, u dizelskim i benzinskim motorima.

LPG, tekući naftni plin za sada je jedino alternativno gorivo koje je prihvatljivo, kako cijenom, tako i ekološkim rezultatima, te razgranatom mrežom punionica.

Dugoročno velike mogućnosti nudi još jedan plin - vodik. Od salona u Detroitu 1997., kad je Chrysler predstavio električni pogon s napajanjem strujom iz vodikovih ćelija goriva (fuel-cell), taj je koncepcija u prvom planu svih promišljanja budućnosti automobila. Slijedili su deseci koncepata te se najavljivalo kako će 2001. početi ozbiljna serijska proizvodnja. No, isplivali su veliki problemi s cijenom i pouzdanošću te je sve odgađano na 2003., potom na 2005. godinu. Potom se najavljivala 2008., ali kako stvari sada stoje, ničega ozbiljnog s vodikovim ćelijama goriva neće biti prije 2012. Osnovni tehnološki problemi su riješeni, ali su početna ulaganja velika i za njih su potrebne državne odluke. U osnovi i nije bitno koja je zemlja prva komercijalno razvila maglev prijevoz, jer nove tehnologije polako, ali sigurno prelaze sve granice, i svatko ima vremena vidjeti rezultate drugih, prije nego što donese odluku hoće li razvijati vlastitu ili uvoziti tuđu tehnologiju. Povijest međutim, definitivno pokazuje da su u prošlosti stratešku prednost stvarali oni koji su predvodili u razvoju i uvođenju novih tehnologija.

# LITERATURA

Knjige:

1. Baričević, H.; *Tehnologija kopnenog prometa,* Pomorski fakultet u Rijeci, Glosa d.o.o., Rijeka, 2001.
2. Bogović, B.; *Prijevozi u željezničkom prometu*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb 2006.

Članci:

1. Brkić, A.; Badanjak, D.; Jurić, I. *Elementi tehnologije i razvoja Hrvatskih željeznica za 21. stoljeće;* Suvremeni promet, 17 (1997), 1/2, str. 102-107.
2. Dujmović, N.; Dujmović, L. *Primjena magnetnih lebdećih pružnih vozila (maglev) u velikim urbanim sredinama;* Suvremeni promet, 26 (2006), 6, str. 404-408.
3. Kožulj, T. *Super brzi vlakovi Maglev*,  Željeznice 21. 4 (2005), 3, str. 33-42.

Internet izvori:

1. Auto aspekt, [www.autoaspekt.com](http://www.autoaspekt.com), (17.01.2011.),
2. Autoholik, [www.autoholik.net](http://www.autoholik.net), (19.01.2011.),
3. E85 vehicles, [www.e85vehicles.com](http://www.e85vehicles.com), (17.01.2011.),
4. Energetski portal Europske unije, [www.energy.eu](http://www.energy.eu), (17.01.2011.),
5. E škola, [www.eskola.hfd.hr](http://www.eskola.hfd.hr), (18.01.2011.),
6. IATA, Međunarodna organizacija zračnog prometa, [www.iata.org](http://www.iata.org), (18.01.2011.),
7. Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture, [www.mmpi.hr](http://www.mmpi.hr), (17.01.2011.),
8. Portal željezničke tematike, [www.vlakovi.com](http://www.vlakovi.com), (17.01.2011.),
9. Svjetski predvodnik u izradi željezničke tehnologije, [www.bombardier.com](http://www.bombardier.com), (17.01.2011.),
10. Vidiauto, [www.vidiauto.com](http://www.vidiauto.com), (17.01.2011.).

1. Baričević, H.: *Tehnologija kopnenog prijevoza*. Pomorski fakultet u Rijeci, Glosa d.o.o., Rijeka, 2001., str.181. [↑](#footnote-ref-1)
2. Ibidem [↑](#footnote-ref-2)
3. Ibidem [↑](#footnote-ref-3)
4. Ibidem, str. 182. [↑](#footnote-ref-4)
5. Ibidem [↑](#footnote-ref-5)
6. Portal željezničke tematike Vlakovi.com, preuzeto sa: <http://www.vlakovi.com/index.php?subaction=showfull&id=1204455050&archive=&start_from=&ucat=6&> (17.01.2011.) [↑](#footnote-ref-6)
7. Baričević, H.: *Tehnologija kopnenog prijevoza*. Op.cit., str. 205. [↑](#footnote-ref-7)
8. *Pravilnik HŽ*, broj 2, članak 7.,Hrvatske željeznice d.o.o., Služba za propise, Zagreb, 1997. [↑](#footnote-ref-8)
9. Baričević, H.: *Tehnologija kopnenog prijevoza*. Op.cit., str. 206. [↑](#footnote-ref-9)
10. Ibidem [↑](#footnote-ref-10)
11. Ibidem [↑](#footnote-ref-11)
12. Ibidem [↑](#footnote-ref-12)
13. Ibidem [↑](#footnote-ref-13)
14. Ibidem, str. 207. [↑](#footnote-ref-14)
15. Ibidem, str. 212. [↑](#footnote-ref-15)
16. Ibidem [↑](#footnote-ref-16)
17. Bombardier – svjetski predvodnik u izradi željezičke tehnologije, preuzeto sa: <http://www.bombardier.com/en/transportation/products-services/propulsion-controls?docID=0901260d8000a54a> (17.01.2010.) [↑](#footnote-ref-17)
18. E škola, preuzeto sa: <http://eskola.hfd.hr/fiz_sva_stva/maglev/1000_uvod.html> (18.01.2011.) [↑](#footnote-ref-18)
19. Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture, *Pravilnik o načinu i uvjetima za obavljanje sigurnog tijeka željezničkog prometa*, "Narodne novine", broj 77/92 i 26/83, preuzeto sa: <http://www.mmpi.hr/UserDocsImages/nn-32-94-Pravilnik-uvjeti-sigurni-zeljezn.htm>, (17.01.2011.) [↑](#footnote-ref-19)
20. Baričević, H.: *Tehnologija kopnenog prijevoza*. Op.cit. str. 185. [↑](#footnote-ref-20)
21. Energetski portal Europske unije, preuzeto sa: <http://www.energy.eu/> (17.01.2011.) [↑](#footnote-ref-21)
22. Auto aspekt, preuzeto sa: [http://www.autoaspekt.com/Novosti/ Vijesti/ Honda \_ automobil \_ na \_ vodik/](http://www.autoaspekt.com/Novosti/%20Vijesti/%20Honda%20_%20automobil%20_%20na%20_%20vodik/%20%20) , (17.01.2011.) [↑](#footnote-ref-22)
23. Vidiauto, preuzeto sa: <http://www.vidiauto.com/autotech/goriva/> (17.01.2011.) [↑](#footnote-ref-23)
24. Biomasa (*eng. biomass, njem. biomasse*) odnosi se na živuću ili donedavno živuću materiju, biljnog ili životinjskog porijekla, koja se može koristiti kao gorivo ili za industrijsku proizvodnju. [↑](#footnote-ref-24)
25. Vidiauto, preuzeto sa: <http://www.vidiauto.com/search/index.php?q=bioetanol&I2.x=0&I2.y=0>, (17.01.2011.) [↑](#footnote-ref-25)
26. Ibidem [↑](#footnote-ref-26)
27. Ibidem [↑](#footnote-ref-27)
28. Ibidem [↑](#footnote-ref-28)
29. Ibidem [↑](#footnote-ref-29)
30. Vidiauto, preuzeto sa: <http://www.vidiauto.com/autotech/goriva/>, (17.01.2011.) [↑](#footnote-ref-30)
31. E85 – mješavina 85 % bioetanola i 15% benzina, preuzeto sa: <http://e85vehicles.com/>, (17.01.2011.) [↑](#footnote-ref-31)
32. Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, preuzeto sa: <http://www.fsb.hr/atlantis/upload/newsboard/19_12_2007__8081_Virkes_>, (17.01.2011.) [↑](#footnote-ref-32)
33. Ibidem [↑](#footnote-ref-33)
34. Ibidem [↑](#footnote-ref-34)
35. Ibidem [↑](#footnote-ref-35)
36. Ugradnja u vlakove, odnosne lokomotive još se nije dogodila iako je tehnički moguća. [↑](#footnote-ref-36)
37. Auto plin, preuzeto sa: <http://www.autogold.hr/autoplin.html>, (17.01.2011.) [↑](#footnote-ref-37)
38. Prvi Blue tec je ugrađen u automobil Mercedes – Benz S klase [↑](#footnote-ref-38)
39. Autoholik, preuzeto sa: <http://autoholik.net/noviteti/mercedesbenz-s350-bluetec> (19.01.2011.) [↑](#footnote-ref-39)
40. Samuel Earnshow (1805. – 1888.), engleski svećenik i matematičar, poznat po svojem teoremu, preuzeto sa:

    <http://www.chem.yale.edu/~chem125/levitron/Earnshaw.html> (18.01.2011.) [↑](#footnote-ref-40)
41. Dijamagnetizam - osobina materijala da stvori magnetsko polje suprotno vanjskom magnetskom polju čime se stvara efekt sile odbijanja. Najbolji prirodni materijal sa dijamagnetskim svojstvima je bizmut [↑](#footnote-ref-41)
42. Supravodiči - materijali koji vode električnu struju bez otpora [↑](#footnote-ref-42)
43. E škola, preuzeto sa: <http://eskola.hfd.hr/fiz_sva_stva/maglev/1000_uvod.html> (18.01.2011.) [↑](#footnote-ref-43)
44. E škola, preuzeto sa: <http://eskola.hfd.hr/fiz_sva_stva/maglev/2000_maglev_intro.html>, (18.01.2011.) [↑](#footnote-ref-44)
45. Baričević, H.: *Tehnologija kopnenog prijevoza*. Op.cit., str. 181. [↑](#footnote-ref-45)
46. TGV (Train a Grande Vitesse) je zapravo generičko ime za cijeli sustav transporta, koji uključuje vlak, tračnice i signalnu tehnologiju, a koji omogućuje postizanje komercijalnih brzina od prosječno 300 km/h. Njegov razvoj započeo je krajem šezdesetih godina u Francuskoj, uz početni zahtjev da bude kompatibilan s tadašnjom željezničkom infrastrukturom radi smanjenja troškova (npr. korištenje postojeće električne mreže ili stanica u gradovima). [↑](#footnote-ref-46)
47. E škola, preuzeto sa: <http://eskola.hfd.hr/fiz_sva_stva/maglev/2000_maglev_intro.html>, (18.01.2011.) [↑](#footnote-ref-47)
48. The International Air Transport Association, Međunarodna organizacija zračnog prometa [↑](#footnote-ref-48)
49. IATA, preuzeto sa: <http://www.iata.org/workgroups/Pages/finance.aspx>, (18.01.2011.) [↑](#footnote-ref-49)
50. E škola, preuzeto sa: <http://eskola.hfd.hr/fiz_sva_stva/maglev/4010_japan.html>, (18.01.2011.) [↑](#footnote-ref-50)
51. Ibidem [↑](#footnote-ref-51)
52. EDS - Elektrodinamička suspenzija. Zasniva se na odbojnoj sili koja se javlja između vodljive podloge i vozila (s magnetima) koje se giba iznad vodilice. Visina levitacije kod EDS sustava je između 20 i 30 cm. [↑](#footnote-ref-52)
53. Vodilica se sastoji od strukture koja odgovara klasičnim tračnicama, a zavojnice odgovaraju klasičnom motoru. Za sada se testiraju tri vrste izvedbe vodilice, od kojih će najpovoljnija biti izabrana za komercijalno korištenje. U bočnim betonskim zidovima vodilica ugrađuju se, u dva prekrivajuća sloja (zbog smanjivanja vanjskih elektromagnetskih smetnji koje utječu na supravodljive magnete), pogonske (propulzijske) zavojnice na koje su postavljene levitacijske zavojnice, te zavojnice za bočnu stabilizaciju vozila. Sve zavojnice su iz aluminija, a od predložena tri načina izrade vodilica sa ugrađenim zavojnicama izabrati će se najpovoljnija za komercijalnu upotrebu. (Izgradnja vodilica je inače i najskuplji dio maglev sustava). [↑](#footnote-ref-53)
54. E škola, preuzeto sa: <http://eskola.hfd.hr/fiz_sva_stva/maglev/4010_japan.html> (18.01.2011.) [↑](#footnote-ref-54)
55. Ibidem [↑](#footnote-ref-55)
56. NbTi (Negative bias temperature instability), Negativna sklonost temperaturne nestabilnosti [↑](#footnote-ref-56)
57. E škola, preuzeto sa: <http://eskola.hfd.hr/fiz_sva_stva/maglev/4030_magnet.html>, (18.01.2011.) [↑](#footnote-ref-57)
58. EMS - Elektromagnetska suspenzija . Ona se zasniva na privlačnoj sili koja se javlja između elektromagneta u vozilu i vodilice. Veći dio vozila je iznad vodilice, ali je vozilo takvog oblika da jedan njegov dio "obuhvaća" vodilicu. Na taj se način magneti zapravo nalaze ispod vodilice i „guraju“ vozilo prema gore pa ono levitira, a regulacijom struje magneta održava se stalni razmak od nekoliko centimetara između vodilice i vozila (i koji je manji od visine levitacije za [EDS](http://eskola.hfd.hr/fiz_sva_stva/maglev/3010_eds.html) sustav).  Bitni nedostatak EMS sustava je da za održavanje tako malog razmaka potrebna stalna i aktivna kontrola. S druge strane, kod ovog sustava nema potrebe za dodatnom zaštitom putnika u vozilu ili okolici od utjecaja magnetskog polja, jer ono konvergira između vodilice i levitacijskog magneta. Princip elektromagnetske suspenzije je predložio je 1922. godine Herman Kemper, a patentirao ga je 1934. godine. [↑](#footnote-ref-58)
59. E škola, preuzeto sa: <http://eskola.hfd.hr/fiz_sva_stva/maglev/5000_kraj.html> , (18.01.2011.) [↑](#footnote-ref-59)
60. Ibidem [↑](#footnote-ref-60)
61. Ibidem [↑](#footnote-ref-61)