

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ



Semestrální práce z předmětu Y2VT

Vysokorychlostní tratě

System Maglev v Japonsku

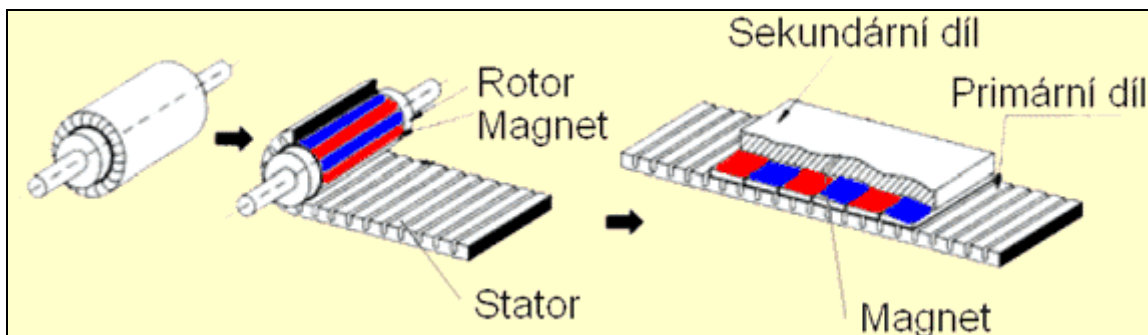
**2009/2010
Jiří Kadleček**

Princip Maglev

Slovo Maglev vzniklo zkrácením slov magnetická levitace. Je to nejmodernější, nejrychlejší a nejdražší druh kolejové dopravy. Systém bezkontaktní levitace a vedení vlaků Maglev pracuje na principu elektromagnetické levitace. Levitační magnety zvedají vozidlo z dolní polohy na vodící dráhu, zatímco vodící magnety je udržují na vodící dráze, vyrovnávají stranové odchylky. Levitační magnety a vodící magnety jsou uspořádány na obou stranách vozidla, po celé jeho délce.

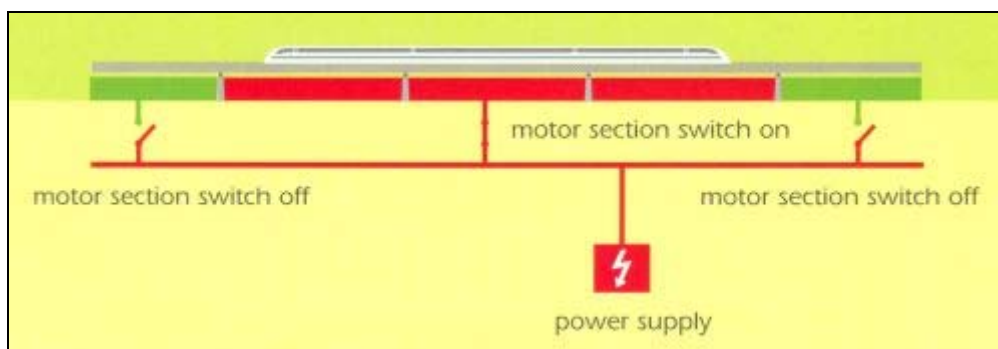
Tratě pro Maglev jsou poměrně nákladné a musejí být z bezpečnostních důvodů stavěny na mostech, nebo v tunelech, což rozvoj této technologie také prodražuje. Rychlost vlaků není teoreticky téměř nijak omezená, je limitovaná pouze spotřebou energie a aerodynamickým odporem. Tento problém se snaží vyřešit projekt Swissmetro tím, že navrhuje provozovat dráhu v tunelech zbavených vzduchu až ke hranici vakua.

V systému je využíván rozvinutý synchronní lineární motor s dlouhým státorem, který se používá jak pro urychlování, tak i brždění vozidla. Statorové svazky s třífázovým vinutím motoru nejsou osazeny na vozidle, nýbrž po obou stranách vodící dráhy. Místo točivého magnetického pole vytváří motor přímočaře se pohybující elektromagnetické pole. Levitační magnety ve vozidle fungují stejně jako rotor elektromotoru. Průchodem střídavého proudu třífázovým vinutím motoru se generuje přímočaře se posouvající elektromagnetické pole, které posouvá celým vozidlem, zvedaným jeho levitačními magnety. Rychlost lze plynule regulovat od stavu klidu vozidla až po plnou provozní rychlost změnou kmitočtu střídavého proudu. Při brždění dochází k reverzaci posouvajícího se pole, z motoru se stane generátor, který pak bezkontaktně brzdí vozidlo.



Obr. 1.: Princip rozvinutí lineárního motoru

Lineární motor s dlouhým státorem ve vodící dráze se dělí na několik motorických úseků. Jen tyto úseky jsou napájeny, mívá-li je vozidlo. Jakmile vozidlo z pracovní oblasti příslušného úseku lineárního motoru vyjede, jeho napájení se automaticky vypne a současně zapne v následujícím úseku.



Obr. 2.: Princip napájení lineárního motoru

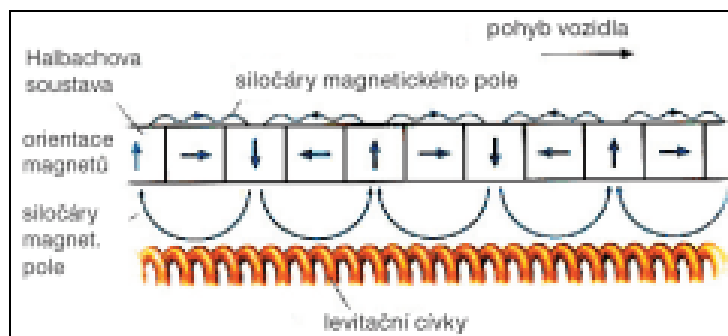
Systémy Maglev

V současné době se při návrhu magnetického systému uplatňují dva rozdílné způsoby: systém s elektromagnetickou levitací (EMS) a systém s elektrodynamickou levitací (EDS). Systémy se odlišují technologií i tvarem profilu jízdní dráhy.

Systém EDS funguje na principu přitažlivých sil magnetů, vozidla levitují ve výšce do 10 mm, řez jízdní dráhy má tvar písmene T. Představitelem tohoto systému je německý Transrapid. V provozu je dokonce komerční linka, která zajišťuje spojení Shanghaiského letiště se samotným městem, v provozu je již od prosince 2002.

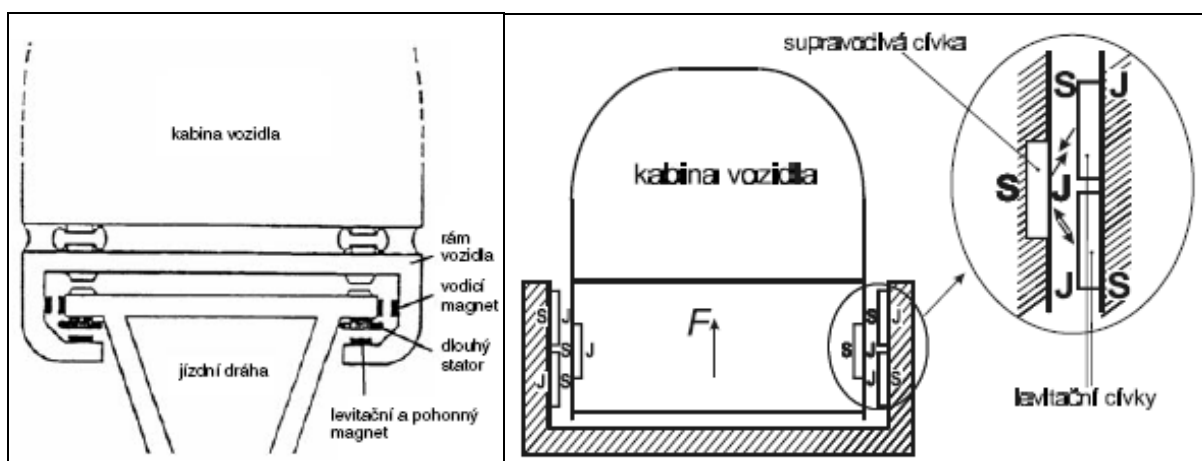
Oproti tomu systém EDS pracuje s odpuzivými silami magnetů, navíc se levitace děje ve větší výšce, a to 100 až 150 mm. Profil jízdní dráhy je ve tvaru písmene U. Vlak navíc nelevituje, pokud není v pohybu. Proto musí být opatřen koly, na kterých je veden, dokud nedosáhne rychlosti přibližně 80km/h, kdy dochází k levitaci. Tento fakt by se mohl jevit jako nevýhoda, japoňští inženýři však argumentují tím, že v případě výpadku elektřiny může vlak dojet bezpečně na kolech. Systém EMS musí být naopak vybaven záložními bateriemi, právě pro případ výpadku energie.

V současné době je testován zdokonalený systém EDS, který byl patentován v USA pod názvem Inductrack. Ten pracuje na principu Halbachovy soustavy permanentních magnetů.



Obr. 3.: Halbachova soustava permanentních magnetů

V porovnání s dosavadními dopravními systémy Maglev je systém Inductrack velmi jednoduchý a vykazuje až překvapivě výhodné levitační vlastnosti. V současné době se konají zkoušky na malých modelech magneticky levitovaných vozidel. Tento vývoj podporuje též NASA, přičemž cílem je využít Inductrack jako katapult pro start kosmických raket a raketoplánů.



Obr. 4.: Systém EMS ("T")

Obr. 5.: Systém EDS („U“)

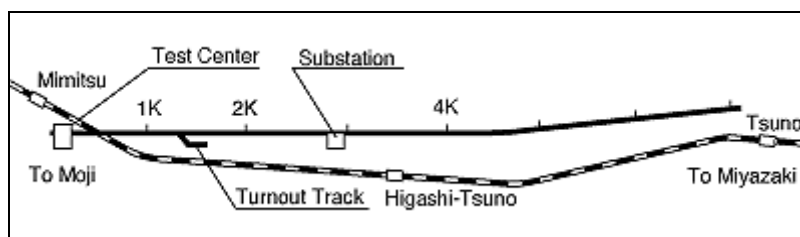
Japonský Maglev

V Japonsku je systém Maglev testován již od 70. let 20. století. Do současné doby však nezačal být využíván ke komerčním účelům, nicméně již byly rozpracovány určité plány. Testování probíhá na dvou zkušebních tratích a to na testovací trati Miyazaki a Yamanashi. K důležitému posunu došlo v roce 1990, kdy výzkum Maglevu získal status státem podporovaného projektu, navíc se do budoucna počítá s výstavbou trati pro komerční využití.

Japonský Maglev pracuje se systémem EDS. Hlavní výzkum je zaměřen na spolehlivost a životnost supravodivých magnetů. Ty totiž trpí okolním magnetickým rušením zemních cívek a vibracemi generovanými pohybem vlaku. Ty způsobují problémy s chlazením, nebo náhlé mizení magnetomotorické síly supravodivých magnetů. Kromě hlavního výzkumu probíhají některé další, zaměřené například na aerodynamické či diskové brzdy.

Trať Miyazaki

Poté co byly v laboratorních podmínkách ověřeny možnosti dosažení rychlosti 500 km/h, započala výstavba testovací trati Miyazaki. Trať je dlouhá 7,4 km a první testovací jízda na ní byla uskutečněna v roce 1977. Z počátku měla trať „T“ profil, během výzkumu však došlo k přestavbě na nynější „U“ profil.



Obr. 6.: Testovací trať Miyazaki

V březnu 1990 byla na trati ve vzdálenosti 1,3 km od počátku zbudována výhybka. Je dlouhá více jak 80 m a je obsluhována hydraulicky na šesti nosnících. K přestavení dochází tak, že se nosníky vykloní o malé, přesně nastavené úhly.



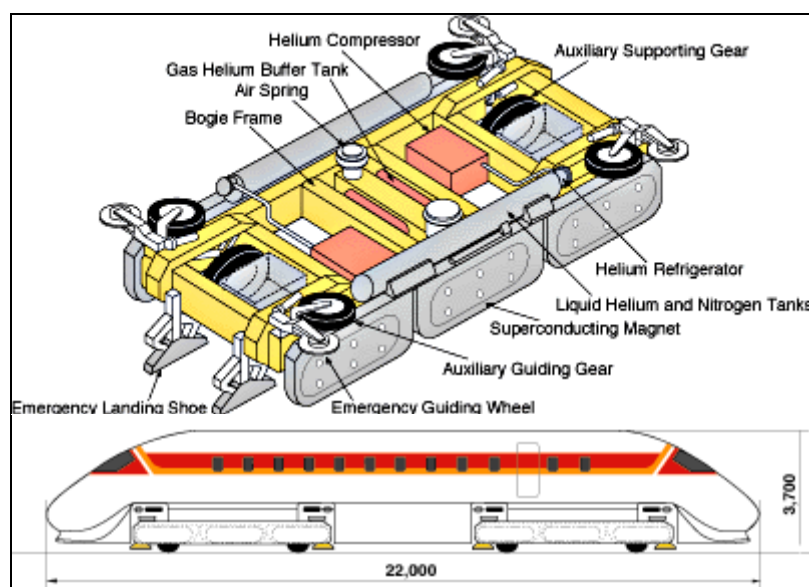
Obr. 7.: Výhybka v km 1,3 trati Miyazaki

Na základě testů prováděných na výhybce vozidlem MLU002, které se zaměřily na správnou funkčnost zařízení a výdrž materiálu a byly ve výsledku úspěšné, byla postavena také výhybka na testovací trati Yamanashi.

Na testovací trati bylo v průběhu let v provozu několik testovacích vozidel. Prvním z nich byla jednotka ML-500, která neměla místo pro cestující. Vzhledem k tomu, že v době jejího vzniku nebyly k dispozici dostatečně velké supravodivé magnety, byla jednotka vybavena dvěma magnety, jedním pro samotnou levitaci a druhým pro pohon a vedení po trati. Označení 500 mělo symbolizovat dosažení rychlosti 500 km/h. Tuto rychlost se jí také podařilo překročit, když v prosinci 1979 dosáhla rychlosti 517 km/h, což byla nejvyšší rychlost na světě vůbec.

Dalším vozidlem na trati Miyazaki byla jednotka MLU001, tvořena třemi vozy, která již měla místo pro pasažéry. To však muselo být umístěno výše, kvůli „T“ profilu trati. Z toho důvodu byla trať i jednotka přestavěna na „U“ profil, navíc se tak u jednotky docílilo zmenšení. Písmeno U v názvu značí právě zmiňovaný „U“ profil.

Další vývojovou etapou byla jednotka MLU002 se 44 místy pro cestující, která se účastnila již zmiňovaných testů výhybky. V roce 1991 jednotka bohužel shořela během testovací jízdy. MLU002 ne nepodobným nástupcem je jednotka MLU002N, vybavená navíc diskovými i aerodynamickou brzdou a pružně upevněným dvouvrstvým podvozkem.



Obr. 8.: Podvozek a rozměry jednotky MLU002

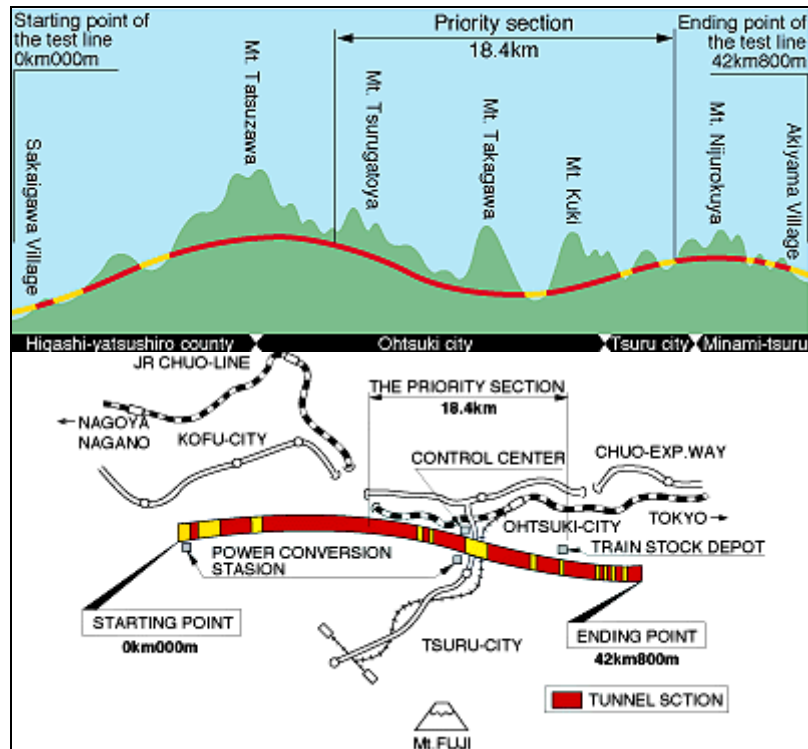
MLU002N dosáhla v roce 1995 na trati Miyazaki nejvyšší rychlosti 411 km/h při jízdě s pasažéry.



Obr. 9.: MLU002N s vysunutými aerodynamickými brzdami

Trať Yamanashi

Stavba trati Yamanashi započala v roce 1990 poté, co byl uznán význam projektu Maglev. První testovací jízda byla na trati provedena v dubnu 1997 vozidlem MLX01. Prioritní úsek je dlouhý 18,4 km a je veden na většině své délky tunely (16 km), stejně jako zbylé části trati. Celá trať má délku 42,8 km a jsou na ní prováděny různé ověřovací testy před uvedením systému Maglev do praktického provozu.

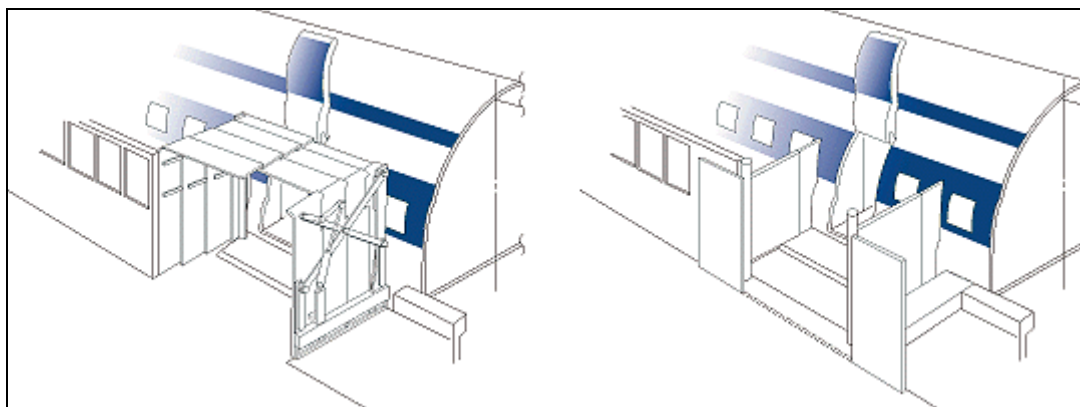


Obr. 10.: Trať Yamanashi

Na trati jsou prováděny tyto testy:

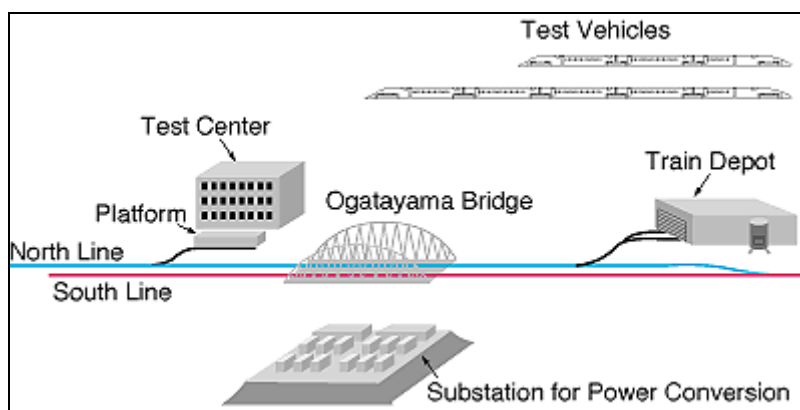
- možnost pohodlné, bezpečné a stabilní jízdy při rychlosti 500 km/h
- ověření bezporuchovosti a životnosti vozidel
- minimální poloměry a stoupání a klesání trati
- osové vzdálenosti kolejí
- výkonnost jednotek v tunelech v závislosti na průřezu tunelu a proudění vzduchu v tunelu
- technické parametry výhybek
- dopad na životní prostředí
- ekonomické studie

Součástí trati je 5ti patrové testovací centrum vybavené potřebnými přístroji, na jehož pravé straně je testovací nástupiště dlouhé 80 m. To je z důvodu ochrany cestujících před supravodivými magnety vybaveno speciálním zařízením podobným nástupním tunýlkům na letišti. Testovány jsou dva prototypy, výsuvný a otočný. S testovacím centrem ještě sousedí trakční napájecí stanice, ve které dochází ke konverzi elektrického napětí a jeho úpravě pomocí převodníků, čímž je měněna rychlost vlaku.



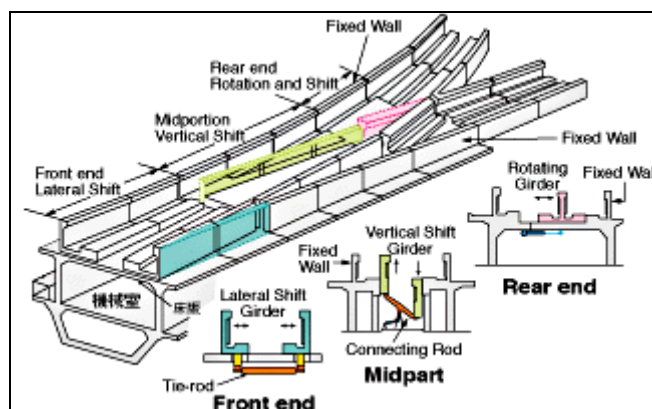
Obr. 11.: Typy nástupních zařízení

Dále je součástí trati most Ogatayama dlouhý 140 m, který hned za testovacím centrem překračuje dálnici. Most je navržen jako obloukový, navíc první svého druhu ve stylu Nielsen-Rose na železnici. U konce prioritní části trati blízko Tokia se ještě nachází depo, kde jsou prováděny opravy a údržba a zároveň je zde také kryogenní báze, která udržuje správnou teplotu supravodivých magnetů.



Obr. 12.: Schéma budov trati Yamanashi

Nezbytnou součástí pro tvorbu vlakové cesty jsou výhybky. V závislosti na rychlosti vlaku a také účelu přechodu jsou navrženy tři typy. Vysokorychlostní výhybka, která funguje na stejném principu jako výhybka trati Miyazaki, nízkorychlostní výhybka, která pracuje s posuvnou bočnicí, která připomíná jazyk klasické železniční výhybky. Ta je používána v místech začátku a konce trasy a také tam, kde se vlak pohybuje nízkou rychlostí a kde tedy není dostatečně silná magnetická síla. Přestavění se děje pouze posunem bočnic a to vertikálním i horizontálním. Posledním typem je výhybka do depa, kdy je však vlak tažen pomocným vozidlem.



Obr. 13.: Nízkorychlostní výhybka

Na trati je provozován jediný vlak s označením MLX, kde písmeno X značí experimentální a to ve třech modifikacích. MLX01 aero-wedge, MX01 double-cusp a nové MLX01-901. Celý vlak se skládá maximálně z 5ti vozů, některé z prostředních jsou vybaveny sedadly pro cestující. Vlak je vybaven aerodynamickými i diskovými brzdami, které byly odzkoušeny na předchozích prototypy na trati Miyazaki. Dne 2. prosince 2003 dosáhla jednotka světového rekordu rychlostí 581 km/h s cestujícími na palubě. V roce 2004 navíc dosáhla součtové rychlosti dvou protijedoucích vlaků 1 026 km/h.



Obr. 14.: MLX01 aero-wedge

Závěrem

Japonsko v současné době plánuje stavbu trati systému Maglev, projekt má název „The Linear Chuo Shinkansen“ a počítá s propojením měst Tokio a Nagoya a později i s Osakou. Součástí trati by měla být testovací trať Yamanashi. Navrženy jsou zatím tři možnosti a stavba by měla být dokončena v roce 2025. Předpokládané náklady jsou odhadovány na 44 miliard USD.



Obr. 14.: Předpokládaná trasa Chuo Shinkansen

Tab. 1.: Varianty Chuo Shinkansen

	Trasa mezi Kofu – Nakatsugawa	Délka	Náklady	Jízdní doba
Plan A	údolí Kiso	334 km	5,63 bilionu JPY	46 minut
Plan B	údolí Ina	346 km	5,74 bilionu JPY	47 minut
Plan C	pod Jap. Alpami	286 km	5,10 bilionu JPY	40 minut

Přes značnou finanční náročnost má systém Maglev oproti klasické železnici velké výhody:

- dosahuje mnohem vyšších rychlostí, běžně přes 400 km/h
- při stejné rychlosti je energeticky méně náročný než klasický rychlovlak
- má mnohem kratší dobu akcelerace na plnou rychlost. To umožňuje nasadit Maglev nejen jako spojení na dlouhé vzdálenosti, ale i rychlá spojení mezi relativně blízkými místy
- po trati se pohybuje bezdotykově, tudíž nevzniká hluk v důsledku tření kolo-kolejnice, vzniká pouze aerodynamický hluk
- je bez emisí spalin a jiných znečišťujících látek
- má nízké nároky na zábory území pro zvýšenou a povrchovou vodící dráhu

Systém Maglev je dopravním prostředkem budoucnosti.

Zdroje

Mayer, Daniel. Magnetická levitace a její využití

Mayer, Daniel. Pokroky ve stavbě magneticky levitovaných dopravních systémů (2 – dokončení)

Railway Technical Research Institute. <http://www.rtri.or.jp/index.html>

Chuo Shinkansen. http://en.wikipedia.org/wiki/Ch%C5%AB%C5%8D_Shinkansen

Maglev. <http://cs.wikipedia.org/wiki/Maglev>

How Maglev Trains Work. <http://science.howstuffworks.com/maglev-train.htm>

JR–Maglev. <http://en.wikipedia.org/wiki/JR%E2%80%93Maglev>