

TRANSRAPID



Seminární práce k projektu Železniční síť ČR a Evropy

Robert Plocek
2008/2009

Obsah

1. Úvod	3
2. Historie systému TRANSRAPID	3
3. Jak funguje TRANSRAPID	3
4. Výhody TRANSRAPIDU oproti ostatním dopravním systémům	5
5. Srovnání systému TRANSRAPID s ostatními dopravními systémy	6
6. Projekty v Německu	7
7. Některé zahraniční projekty	8

1. Úvod

Systém TRANSRAPID je německý patent magnetické rychlodráhy pro rychlosti vyšší než 400 km/h. Představuje, zvláště na delší vzdálenosti, alternativu k dopravě železniční, silniční i letecké. Následující práce je zaměřena na srovnání výhod a nevýhod oproti ostatním dopravním systémům a na německé realizované či uvažované projekty. Krátce je zde vysvětlena i fyzikální podstata jízdy na magnetickém polštáři a konstrukce jízdní dráhy.

2. Historie systému TRANSRAPID

Již na konci šedesátých let minulého století se v tehdejší západní Německu začalo uvažovat o zcela novém dopravním nekonvenčním systému. Železnice v té době v Německu dosahovala rychlosti 125 km/h, dopravní letadla létala rychlostí kolem 860 km/h. Právě tento rychlostní rozdíl dal vzniknout myšlence nového systému s rychlostí kolem 500 km/h, který by ulehčil jak dopravě letecké, tak železniční.

Požadavky na tento systém byly v roce 1969 následující:

1. Jízdní rychlost kolem 500 km/h
2. Bezpečnost
3. Šetrnost k životnímu prostředí (tento aspekt však v té době ještě nehrál významnou roli)
4. Náklady na stavbu jízdní dráhy by měly být nižší než u železnice nebo dálnice srovnatelné kapacity
5. Provozní náklady by měly být nižší než u klasických dopravních prostředků, aby byl systém cenově atraktivní
6. Spotřeba energie nižší než u automobilu, železnice a letadla
7. Nový systém by měl ulehčit železniční, automobilové a letecké dopravě – musí být zaručena kompatibilita s klasickými dopravními prostředky (např. společné přestupní uzly)
8. Nový systém musí být přijat veřejností (což u významných změn ne vždy platí)

Tyto požadavky byly na začátku roku 1970 schváleny ministerstvem dopravy i ministerstvem výzkumu a měly platit jako směrnice pro všechny organizace a podniky podílející se na výzkumu a vývoji nového systému.

Výzkum započal již v roce 1969. Začaly se vyvíjet systémy založené na pohybu po vzduchovém polštáři a systémy využívající magnetickou levitaci. Po mezinárodním srovnání obou variant bylo rozhodnuto ve prospěch elektromagnetického systému společnosti Krauss-Maffei AG sídlící v Mnichově. Spolkové ministerstvo pro výzkum a technologie od tohoto momentu podporovalo jen výzkum tohoto systému.

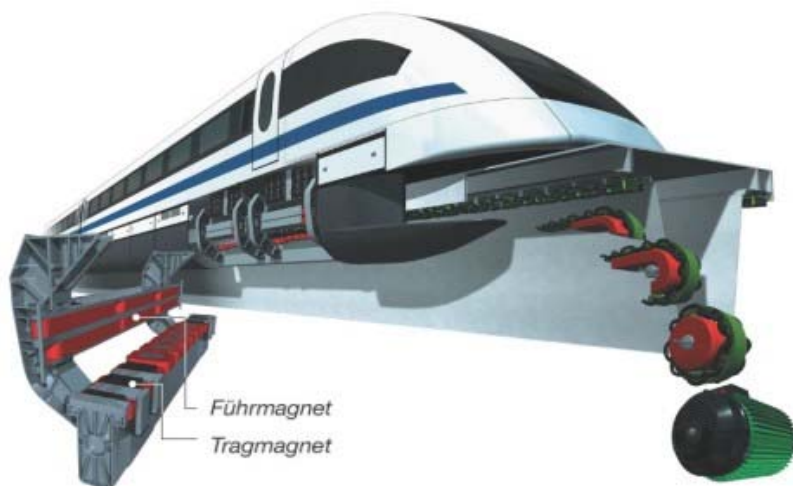
Již v květnu 1970 byl veřejnosti představen první model, označovaný jako TRANSRAPID 01. Po dalším výzkumu se v roce 1984 podařilo otevřít první zkušební trať v Emslandu. Prototyp zkoušený na nové trati, označovaný jako TRANSRAPID 06, vážil 125 tun, měřil 54,2 m a měl 60 míst k sezení. V roce 1987 bylo na této zkušební trati dosaženo rychlosti 412 km/h. V roce 1988 následoval prototyp TRANSRAPID 07, v roce 1999 TRANSRAPID 08 a v roce 2007 byl představen nejnovější TRANSRAPID 09.

3. Jak funguje TRANSRAPID

Funkci vedení i nesení přejímá u TRANSRAPIDU princip magnetické levitace. Vlastní tíha vozidla (kolem 100 tun) je kompenzována stejně velkou elektromagnetickou odpudivou silou, která udržuje vozidlo ve stavu levitace. Správnou vzdálenost vzduchové vrstvy (zpravidla 10 mm) kontrolují kontinuálně k tomu určené senzory, které při změně správné vzdálenosti okamžitě přizpůsobí velikost magnetického pole. Tyto senzory jsou schopné reagovat na setiny milimetru. Stejně je realizováno i stranové vedení vozidla - vozidlo obepíná rozšíření horní části nosníku, na jejíž

spodní straně je umístěno trojfázové vinutí tvořící stator elektromagnetického pohonu. Na podvozku vozidla se v úrovni statoru nachází magnety fungující jako rotor. Vpuštěním trojfázového proudu do vinutí jsou tyto magnety jednak přitahovány elektromagnetickou silou, takže se vozidlo nadzvedne, jednak taženy ve směru vln elektromagnetického pole, čímž se vozidlo pohybuje ve zvoleném směru. Pohon je uskutečňován lineárním elektromotorem.

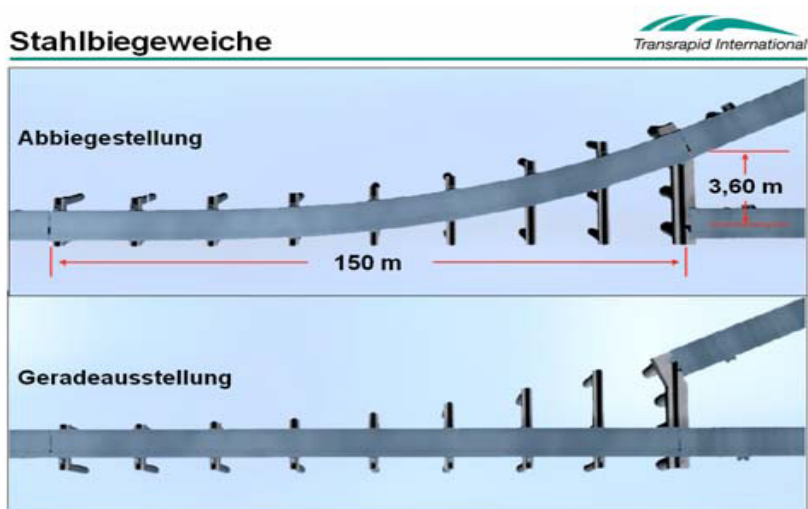
Obr.1 Schéma umístění magnetů pro vedení (Führmagnet) a nesení (Tragmagnet) vozidla



Jízdní dráha

Dvojstopá jízdní dráha Transrapidu může být vedena buď při zemi nebo být upevněna na podpěrách. Skládá se ze samostatných nosníků dlouhých až 61 m. Protože Transrapid překonává větší podélné sklony (až 10%) a oblouky mohou být menších poloměrů než u klasické železnice (1590 m při rychlosti 300 km/h), je jízdní dráha daleko více přizpůsobena okolní krajině a terénu. Provedení na podpěrách navíc zabraňuje bariérovému efektu v krajině. Jízdní dráha Transrapidu zabírá nejméně plochy ze všech dopravních systémů.

Změna stopy je realizována pomocí ohybatelných ocelových výhybek. Ty sestávají z 78 až 148 dlouhého ocelového nosníku, který je při změně směru elasticky ohnut pomocí elektromechanického přestavníku. Při jízdě do odbočného směru je nutná redukce rychlosti na 200 km/h.



Obr.2 Schéma výhybky na magnetické dráze

5. Výhody TRANSRAPIDU oproti ostatním dopravním systémům

1. Jízdní rychlost

S rychlostí je spojená i cestovní doba. Jestliže budeme uvažovat rychlost osobního automobilu 75 km/h, klasické železnice 120 km/h, TRANSRAPIDU 500 km/h a dopravního letadla 900 km/h, potom je systém TRANSRAPID nejrychlejším dopravním prostředkem pro vzdálenosti od 150 km do 1100 km. Až od této vzdálenosti se časově vyplatí použít letadlo (do cestovní doby je zahrnuta i doprava na letiště a z letiště a doba potřebná k odbavení). Magnetická rychlodráha by tedy mohla ulehčit letecké dopravě na těchto středních vzdálenostech.

2. Bezpečnost

TRANSRAPID jezdí na vlastním tělese bez úrovnových křížení s jinými dopravními cestami. Jízdní dráha umístěná na podpěrách nad zemí navíc zabraňuje střet se zvěří nebo lidmi. TRANSRAPID nemůže díky obepnutí jízdní dráhy vykolejit a je naprosto nenáchylný vůči změně klimatických podmínek (mlha, déšť, vítr). Přes všechny tyto výhody se 22. září 2006 udála nehoda na zkušební trati v Emslandu, při které zahynulo 23 lidí a 10 bylo zraněno. Při této nehodě narazil vůz Transrapidu rychlostí 162 km/h do vozu údržby. Při vyšetřování nehody bylo zjištěno, že se jednalo o selhání lidského faktoru.

3. Ekologické aspekty

TRANSRAPID je poháněn elektrickým pohonem, nevypouští tedy žádné škodliviny do vzduchu. Jeho spotřeba energie je oproti ostatním dopravním prostředkům minimální (dvakrát méně než železnice a dokonce dvacetkrát méně než dopravní letadlo). Pro zajímavost stačí k udržení TRANSRAPIDU při rychlosti 400 km/h energie ze tří průměrných větrníků pro výrobu elektřiny. Další výhodou magnetické rychlodráhy je nízká hlučnost. Při rychlosti 400 km/h způsobuje TRANSRAPID hladinu hluku asi 80 dB (v logaritmické stupnici). Tato hodnota odpovídá přibližně hlasitosti horského potoku, přičemž u rychlodráhy se jedná zhruba o třisekundovou dobu. Železnice oproti tomu vykazuje hodnoty 85-95 dB (při 120 km/h).

Nejlépe ze všech dopravních systémů vychází TRANSRAPID také při porovnání záboru území. Zatímco na jeden metr dálnice je potřeba průměrná plocha 44 m² a železnice 14 m², TRANSRAPID si vystačí pouze se 2 m². Jízdní dráha na podpěrách navíc zabraňuje rozčlenění krajiny (tzv. bariérový efekt).

4. Ekonomické aspekty

Už od začátku plánování projektu TRANSRAPID se dbalo na rentabilitu výstavby a provozu. Tento požadavek byl těžko splnitelný u jízdní dráhy – náklady na výstavbu jízdní dráhy na podpěrách v podstatě odpovídaly nákladům na výstavbu mostu. K tomu ještě musely být dodrženy přísné vzdálenostní tolerance kvůli bezpečnosti provozu při vysokých rychlostech. Přesto se podařilo při sériové výrobě nosníků a podpěr stlačit náklady na minimum. Při stavbě zkušební trati v Emslandu náklady na stavbu jízdní dráhy odpovídaly nákladům na stavbu dvoukolejné železniční trati. Navíc u magnetické dráhy díky bezdotykové technologii nedochází k opotřebování jízdní dráhy, čímž jsou menší náklady na údržbu.

Při pokusech na zkušební trati v Emslandu se ukázalo, že i provozní náklady jsou velmi nízké. TRANSRAPID má díky bezdotykové technologii nízkou spotřebu energie (nevzniká zde valivý odpor, skoro všechna energie je použita pro překonání odporu vzduchu). Nevzniká zde opotřebení, a to ani u brzdové techniky. Díky velké automatizaci jsou nízké i náklady na personál.

8. Srovnání systému TRANSRAPID s ostatními dopravními systémy

System TRANSRAPID byl už od začátku koncipován jako ulehčení konvenčním dopravním systémům, ne jako jejich nahrazení.

Železnice

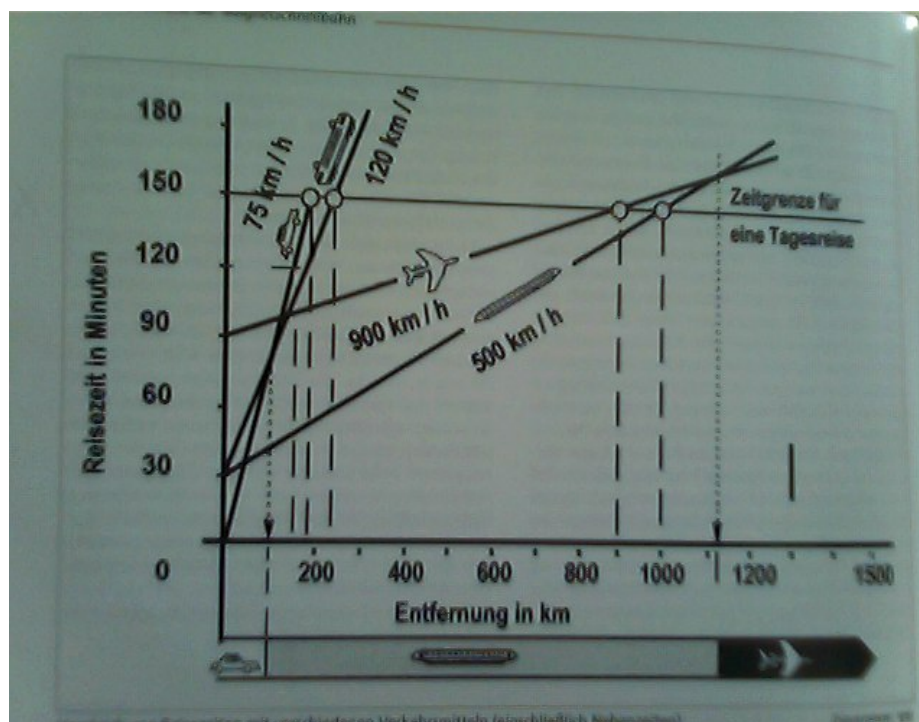
Železnice v Německu, provozovaná skoro výhradně společností Deutsche Bahn AG, přijala už od začátku k TRANSRAPIDU nedůvěřivý postoj, ačkoliv by mohla DB být jedním z provozovatelů magnetické dráhy. Při výstavbě sítě magnetické rychlodráhy v Německu se počítá v dlouhodobém horizontu asi s 2800 km trati, přičemž železniční síť má asi 40000 km tratí. Je jasné, že výhody TRANSRAPIDU oproti železnici jsou v dálkové osobní dopravě. Při určitém úbytku dálkových vlaků způsobených zavedením nového systému by se železnice mohla více koncentrovat na regionální dopravu a nákladní dopravu. Při plánování se samozřejmě počítá se společnými nádražími jako přestupnými uzly mezi vlaky a magnetickou dráhou.

Silniční doprava

TRANSRAPID si neklade za cíl úbytek automobilů, spíše jejich méně častější použití na delších vzdálenostech. Výhody magnetické dráhy jsou zřejmé – rychlost, bezpečnost, ekologičnost. Je jasné, že v Německu s hustou dálniční sítí, kde se osobní automobil stal jistou součástí životního stylu, bude nový systém silniční dopravě těžko konkurovat.

Letecká doprava

TRANSRAPID je vhodný pro dopravu do 1200 km. Do této vzdálenosti je cestovní rychlost nižší než u letecké dopravy. Magnetická dráha tedy na dlouhé vzdálenosti, pro které je letecká doprava určena, nemůže konkurovat. Mohl by však na středních vzdálenostech odlehčit vytiženým letištím, jejichž kapacita někdy již dosáhla maxima. O ekologických aspektech již byla řeč.



Obr. 3 Srovnání cestovních rychlostí dopravních systémů

6. Projekty v Německu

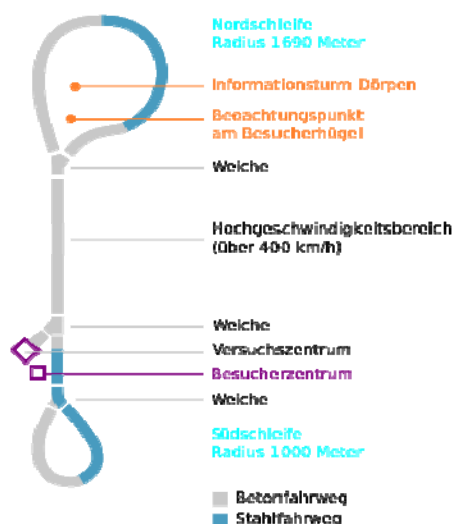
V roce 1993 byl schválen zákon o magnetické dráze, čímž byl položen právní základ pro plánování, stavbu a provoz rychlodráhy.

1. Zkušební trať Emsland

Zkušební trať Emsland se nachází mezi městy Papenburg na severu a Meppen na jihu v Dolním Sasku u holandsko-německých hranic. Byla postavena v letech 1980 – 1987. Trať měla splňovat všechny technické parametry provozuschopné dráhy (sklony, poloměry oblouků, výhybky atd.). V první fázi, která skončila v roce 1983, byla vystavěna přímá trať a severní smyčka. 30. června 1983 začalo testování nového Transrapidu 06, který 17. října 1984 dosáhl rychlosti 302 km/h. V roce 1987 byla dokončena jižní smyčka a téhož roku bylo dosaženo nového rychlostního rekordu 406 km/h. V roce 1988 bylo pak dosaženo rychlosti 450 km/h, což je maximální rychlost trati (zvýšení rychlosti by bylo možné jen po stavebních úpravách). Od roku 2005 je provoz na zkušební trati řízen zcela automaticky. V normálním provozu není tedy potřeba personál.

Trať je dlouhá 31,5 km, sestává z úseku v přímé (12 km) a dvou smyček o poloměrech oblouků 1690 m a 1000 m. Na trati se nacházejí tři výhybky. Převážná část trati je vedena na podpěrách ve výšce 1,5 m až 12 m. Na křiženicích se silnicemi je výška podpěr 4,7 m. Průměrná délka nosníků je 24,8 m. Maximální příčný sklon činí 12°.

Transrapid Versuchsanlage Emsland
Gesamtlänge der Teststrecke: 31,5 km



Obr. 4 Schéma zkušební trati Emsland

2. Hamburg-Berlín

V roce 1992 byl přijat plán na výstavbu dráhy Hamburg-Berlín do dopravní koncepce Německa.. Tato trať měla sloužit jako pilotní projekt nového systému TRANSRAPID. Počítalo se s jízdní dobou pod 60 minut a s rychlostí 450 km/h, trať měla být dlouhá 264 km. Náklady na výstavbu byly odhadovány na 9,8 miliard DM. Projekt měl být financován systémem „Public Privat Partnership“, stát měl hradit výstavbu dráhy a soukromý sektor měl dodat vozy a potřebné vybavení. Začátek stavby byl plánován na rok 1999 a dráha měla být uvedena do provozu v roce 2005. Plány na výstavbu však byly zastaveny v roce 2000 z finančních a politických důvodů, když se ukázalo, že původní dopravní prognózy počítají ze zhruba dvojnásobnými počty cestujících mezi Berlínem a Hamburgem po roce 2010 (nová studie Deutsche Bahn AG počítala s 6,3 miliony zákazníků ročně namísto původních 12-14 milionů). Nakonec bylo rozhodnuto pro stavbu vysokorychlostní tratě mezi těmito městy.

3. Metrorapid

Metrorapid je název rychlodráhy plánované v oblasti Porúří, která měla být uvedena do provozu v roce 2006. Na konci června 2003 byl však plán zrušen. Dráha měla vézt z Dortmundu přes Bochum, Essen, Mülheim a Duisburg do Düsseldorfu. Měla měřit 78,9 kilometrů a plánovaná rychlost byla 300 km/h. Tato trať měla být náhradou za zrušený pilotní projekt trati Hamburg-Berlín, po jehož neúspěchu měl být systém TRANSRAPID uveden do provozu na kratších vzdálenostech (tzv. „Super S-Bahn“). Počítalo se s taktovým desetiminutovým provozem (ve špičkách) a s přepravní kapacitou 34,5 milionů cestujících ročně. Původní plány počítaly s náklady na výstavbu kolem 3,2 miliard eur, které se později o 1,5 miliardy navýšily.

Trať byla už od začátku kritizována jako neefektivní, protože TRANSRAPID na tak krátké vzdálenosti dostatečně nevyužije svoje výhody (hlavně rychlost) – v roce 2003 trvala jízda na této trase vysokorychlostnímu vlaku ICE jen o 10 minut déle.

4. TRANSRAPID Mnichov

Projekt spojení mnichovského letiště s hlavním nádražím rychlodráhou TRANSRAPID se začal plánovat na konci roku 2000. Trať měla být dlouhá 37 km, rychlost 350 km/h, čímž by jízdní doba z centra až na letiště byla jen deset minut. Počítalo se s desetiminutovým taktem ve špičkách dne. Po skoro zdvojnásobených finančních prognózách na stavbu (z 1,85 na více než 3 miliardy eur) bylo 27. března 2008 od projektu odstoupeno.

7. Některé zahraniční projekty

1. USA

Již v roce 1971, když byl vývoj TRANSRAPIDU v počátcích, žádal tehdejší ministr dopravy bezplatnou licenci. Později navrhoval výměnou spolupráci ve vesmírném výzkumu, byl však německou vládou odmítnut. V osmdesátých letech potom navštívil starosta Las Vegas zkušební trať v Emslandu a byl novým systémem nadšen. Výstavbě v USA ovšem zabránily nedostatečné testy (chyběla pilotní trať). Pozdější projekty v USA počítaly se spojením Sacramenta, San Francisca, Los Angeles a San Diega s odbočkou do Las Vegas na západním pobřeží a trati Boston-New York-Philadelphia-Washington na východním pobřeží. Magnetickou dráhu obhájovali prezidenti George Bush st. i Bill Clinton. V současné době se však upřednostňuje vysokorychlostní železnice.

2. Čína

Shanghai Maglev Train vedoucí z centra Shanghaie na letiště je první komerční trať systému TRANSRAPID. Zkušební provoz byl zahájen 31. prosince 2002, ke komerčnímu využití byla trať předána v prosinci 2003. Jízdní doba na 30 km dlouhé trati je 7 minut 18 sekund, přičemž maximální rychlost dosahuje 430 km/h. Průměrná rychlost činí 247 km/h. Vozy na této trati jezdí 14 hodin denně a přepraví denně průměrně 7500 cestujících. Přesto je trať ztrátová a její maximální kapacita je využita pouze na 20 procent.

Přesto je v Číně plánováno několik dalších projektů. Jedním z nich je propojení obou shanghaiských letišť vzdálených od sebe 53 km. Dalším je prodloužení současné trati až do sousedního města Hangzhou, vzdáleného přibližně 170 km. Všechny projekty jsou však z finančních důvodů pozastaveny.



Obr.5 Transrapid v Šangaji, výjezd ze stanice Pudong

3. Blízký východ

V květnu 2007 byla započata práce na studii proveditelnosti pro 800 km dlouhou trať v Íránu. Tato trať by měla spojovat hlavní město Teherán s posvátným poutním místem Mašhad na severovýchodě země. Pro Německo by tato zakázka byla problém z politického hlediska – německá kancléřka Angela Merkel se vyslovila proti exportu Transrapidu do Íránu.

Další plánované projekty na Blízkém východě jsou 180 km dlouhé spojení mezi městy Abu Dhabi a Dubai ve Spojených arabských emirátech. Dalším možným realizováním systému Transrapid by mohlo být spojení mezi Katarom a Bahrajnem, v úvahu však přicházejí i konkurenční dopravní systémy z Francie nebo Japonska (vysokorychlostní železnice).

8. Závěr

Ačkoliv se německý systém TRASRAPID dočkal zatím jenom jednoho realizovaného komerčního projektu, představuje svojí rychlostí, ekologičností i bezpečností velký příslib ve vývoji dopravy do budoucna. Současná finanční krize sice plánům neprospívá, přesto věřím, že právě magnetická rychlodráha je dopravní prostředek budoucnosti a jeho čas v Evropě i ve světě jistě přijde.

Reference:

- 1) Hendrich, S.: Transrapid oder die Magnetschnellbahn in der politischen „Warteschleife“. EK-Verlag, 2003.
- 2) www.transrapid.de, oficiální stránky systému Transrapid
- 3) www.iabg.de/transrapid/, stránky zkušební trati v Emslandu