

Kolej magnetyczna

Maglev – transport XXI wieku

dr hab. inż. Kazimierz Kłosek, prof. nadzw.

Katedra Dróg i Mostów, Politechnika Śląska w Gliwicach

Wprowadzenie

Rozmieszczenie infrastruktury transportu w skali globalnej jest ściśle powiązane z wieloma czynnikami natury ekonomicznej, politycznej i demograficznej. W szczególności ostatni z tych czynników posiada duży wpływ na generowane zapotrzebowanie na usługi transportowe zarówno w przewozach pasażerskich, jak i towarowych. Koncentracja gęstości sieci pokrywa się zatem w znacznej mierze z układami osiedleńczymi, przedstawionymi w skali globu na rysunku 1. Nietrudno zauważyć, że oprócz Europy i wybranych rejonów Ameryki Północnej, szczególnie wysokie zaludnienie cechuje Azję Południowo-Wschodnią, w tym zwłaszcza Indie, Japonię i Chiny. Już dziś ten obszar zamieszkuje ok. 60% ludności świata. Tam też potrzeby transportowe są szczególnie mocno odczuwane w przypadku braku odpowiedniej infrastruktury. Oprócz rozwiązań konwencjonalnych, rejon ten jest szczególnie podatny na aplikacje najnowszych trendów i niekonwencjonalnych rozwiązań innowacyjnych, do których bez wątpienia należy zaliczyć kolej magnetyczną. Badania nad tym nowoczesnym systemem są od kilkudziesięciu lat prowadzone w Europie (głównie w Niemczech), USA oraz w Azji (Japonia, Korea Płd.), lecz pierwszą aplikacją tego systemu w skali komercyjnej pozostaje Shanghai Maglev w Chinach, uruchomiona 31 grudnia 2002 r.



Rys. 1. Gęstość zaludnienia ziemi (2006)

Ceną za osiągnięcie przez kraje azjatyckie wysokiego wskaźnika PKB jest dewastacja środowiska naturalnego. Według ostatnich danych („Forbes” 2006) sześć spośród 10 najbardziej zanieczyszczonych miejsc świata znajduje się w Chinach, Indiach i Rosji.

Nieco historii

Pierwsze badania eksperymentalne związane z lewitacją magnetyczną przeprowadził w 1922 r. niemiecki inżynier Hermann Kemper. W 1934 r. opatentował on swój wynalazek, a rok później przedstawił model funkcjonującego urządzenia transportowego. Dalsze badania, sponsorowane przez niemiecki rząd, doprowadziły do powstania (1969) pełnowymiarowego pojazdu Transrapid 1, który rozwijał prędkość do 50 km/h. Kolejne jego wersje o kryptonimach TR (od TR2 skonstruowanego w 1971 r. po TR4 w 1973 r.) pozwoliły zwiększyć prędkość pojazdu do 157 km/h. Kolejnym ważnym etapem badań było wybudowanie dla wersji TR6 w latach 1979–1987 pierwszego, 19-milowego odcinka testowego w kształcie pętli „8”, gdzie po krótkim okresie prób na 13-milowym odcinku prostym osiągnięto prędkość

256 km/h. Kolejna generacja pojazdu Transrapid 07, zbudowana przez firmę Thyssen Co. z Kassel, pozwoliła osiągnąć w 1989 r. prędkość 280 km/h. Po osiągnięciu przebiegu 250 tys. mil w 1997 r., rozwiązanie uzyskało certyfikat dopuszczenia do przewozu pasażerów z prędkością 261 km/h. W 1992 r. podjęto prace projektowe, negocjacje polityczne oraz przeprowadzono analizy kosztów, związane z pierwszym niemieckim projektem komercyjnym dla linii Hamburg – Berlin. Projekt nie wszedł jednak dotąd w fazę realizacyjną.

Podobne prace podjęto w latach 80. XX w. w USA dla linii Las Vegas – Los Angeles, lecz ich zakończenia nie należy się spodziewać przed 2012 r.

Kolej magnetyczna, znana również pod nazwą maglev (ang. *magnetic levitation* – lewitacja magnetyczna), to kolej niekonwencjonalna, w której tradycyjną nawierzchnię zastąpiono układem elektromagnesów. Wytwarzane przez ten układ pole magnetyczne sprawia, że pojazd nie posiada kontaktu z nawierzchnią, unosząc się nad jej górną powierzchnią. Układ ten zapewnia również stabilizację poziomą pojazdu, nadając kierunek zgodny z rozmieszczeniem elektromagnesów. Eliminacja sił adhezji (w układzie elektromagnesów), występujących we wszystkich typach kolei konwencjonalnych na styku koła – szyna, sprawia, że koleje magnetyczne mają duże przyspieszenia i mogą rozwijać znaczne prędkości. Przekraczają one maksymalne parametry tzw. kolei dużych prędkości (np. TGV – ostatni rekord ok. 574,8 km/h w 2007 r.), osiągając na odcinkach doświadczalnych (TR 08) prędkości rzędu 550 km/h. W warunkach rozwiązań komercyjnych, do których należy głównie kolej magnetyczna w Szanghaju, prędkości te są ograniczane obecnie do ok. 430 km/h.

W kolei typu maglev są wykorzystywane dwa typy elektromagnesów – tzw. magnesy nadprzewodzące (Japonia) lub konwencjonalne elektromagnesy (Niemcy).



Rys. 2. Główne aglomeracje subkontynentu euroazjatyckiego

W regionach gęsto zaludnionych istotnego znaczenia nabierają połączenia pomiędzy głównymi aglomeracjami i ważnymi generatorami ruchu, zlokalizowanymi w ich obrębie, do których w pierwszym rzędzie są zaliczane międzynarodowe lotniska i centralne stacje kolejowe, rzadziej porty. Dobrym przykładem może tu być Szanghaj, najludniejsze miasto Chin, zamieszkiwane przez ok. 25–30 mln osób. Główne korytarze transportowe tego obszaru ilustrują rysunki 3 i 16.

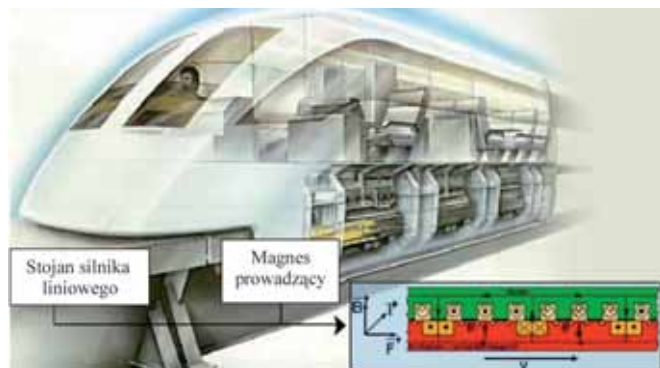
Przedstawiono na nich najważniejsze komponenty naziemnych korytarzy transportu (rys. 16), w tym zwłaszcza: istniejące i projektowane konwencjonalne linie dużych prędkości HST – ok. 250 km/h (ang. *High Speed ground Transportation systems*), linie transkontynentalne oraz nowo oddaną do eksploatacji linię do Tybetu (odcinki tej linii są najwyżej zlokalizowane na świecie – 5100 m n.p.m.), istniejące i projektowane odcinki kolei magnetycznej (rys. 3).



Rys. 3. Istniejąca i projektowana kolej magnetyczna maglev w Szanghaju

Kolej magnetyczna nie stanowi w tym systemie układu wydzielonego, lecz jest jego istotnym uzupełnieniem na niezwykle gęsto zurbanizowanych obszarach aglomeracyjnych. W przypadku Szanghaju łączy ona centralny międzynarodowy port lotniczy w nadmorskim Shanghai Pudong ze stacją kolejową i metrem Longyoung Lu. Jest to odcinek o długości 30 km, który jest pokonywany bez przystanków pośrednich w 7–8 min. Ograniczona długość odcinka sprawia, że jedynie w środkowej jego części istnieje możliwość osiągnięcia maksymalnej prędkości 430 km/h (rys. 15). Droga hamowania wynosi ok. 5–7 km.

Linia przebiega równoległe do czteropasmowej autostrady (rys. 10, 12), łączącej lotnisko z dzielnicami centralnymi Szanghaju i jest usytuowana na niezależnej, rektyfikowanej okresowo estakadzie (rys. 5, 10, 11).



Rys. 4. Schemat działania kolei magnetycznej

Docelowo, tj. do czerwca 2010 r., kiedy Szanghaj będzie gospodarzem światowej wystawy EXPO, linia ta będzie przedłużona, biegnąc przez tereny wystawowe zlokalizowane na południowych obrzeżach aglomeracji w kierunku drugiego międzynarodowego portu lotniczego Hongquao Int. Airport oraz w kierunku Hangzhou. Istniejący odcinek stanowi zatem początek sieci połączeń ponadlokalnych, co w warunkach ogromnego wzrostu ruchliwości lokalnej społeczności stanowi istotną alternatywę dla transportu samochodowego. Za bardzo przystępną należy

przy tym uznać obecną taryfę (50 RMB = ok. 15 zł) za przejazd już istniejącym, 30-kilometrowym odcinkiem z lotniska Pudong do stacji metra Longyoung Lu. Dla przeciętnego Chińczyka jest to jednak wciąż kwota dość znaczna. Przedłużenie linii znacznie zwiększy dostępność komunikacyjną nowych obszarów tego największego chińskiego miasta i jego bezpośrednich okolic (w skali Szanghaju oznacza to obszar w promieniu do ok. 100 km).



Rys. 5. Początkowy odcinek linii maglev w rejonie stacji serwisowej



Rys. 6. Stacja serwisowa Shanghai Maglev



Rys. 7. Niekonwencjonalne rozjazdy na głowicy wjazdowej stacji serwisowej



Rys. 8. Widok konstrukcji rozjazdu z napędem



Rys. 9. Dojazd do stacji serwisowej



Rys. 10. Pojazd maglev na odcinku szlakowym, równoległym do drogi szybkiego ruchu



Rys. 11. Widok odcinka linii maglev w Szanghaju



Rys. 12. Widok linii maglev na odcinku dojazdowym do lotniska Pudong w Szanghaju

Obecnie jest to najszybszy system transportu na dystansach do ok. 600 mil. Do innych, korzystnych parametrów systemu Transrapid – maglev w przeliczeniu na 1 pasażera/1 milę należy zaliczyć: 30-procentową redukcję zużycia energii w porównaniu do konwencjonalnych linii dużych prędkości, trzykrotnie mniejsze zużycie energii w stosunku do samochodu i pięciokrotnie mniejsze w stosunku do samolotu, znaczną redukcję hałasu (max 91 dB) i wibracji – pojazd porusza się praktycznie bezszelestnie, nie przekraczając poziomu tzw. tła akustycznego pory dziennej, a komfort jazdy i obsługi pasażerów jest wysoki.

Z uwagi na niewielkie opory ruchu niweleta trasy może posiadać pochylenia podłużne, dochodzące do 10%. Promienie łuków poziomych są również znacznie mniejsze aniżeli w rozwiązaniach kolei konwencjonalnych. Pozostałe podstawowe parametry fizyczne oraz geometryczne, charakteryzujące kolej konwencjonalną i magnetyczną, zestawiono w tabeli 1.

PARAMETRY TRASOWANIA LINII KOLEI TRADYCYJNEJ I KOLEI MAGNETYCZNEJ

Parametr	TRANSRAPID	ICE, TGV
Największa prędkość	do 500 km/h	do 350 km/h
Dopuszczalne przyspieszenie	1,2 ÷ 2,0 m/s ²	1,0 ÷ 3,0 m/s ²
Prędkość przyrostu przyspieszenia	0,5 ÷ 2,0 m/s ²	≤ 0,5 m/s ²
Pochylenie niwelety	≤ 100‰	≤ 35‰
Poprzeczne nachylenie toru	do 16°	≤ 7,7°

Pojazdy typu Transrapid – maglev posiadają silnik liniowy, którego uzwojenie pierwotne rozłożone jest wzdłuż toru, a uzwojenie wtórne w pojeździe. Prowadzenie i utrzymanie pojazdu w pionie zapewniają elektromagnesy, umieszczone na wspornikach. Uzwojenie pierwotne, znajdujące się na krawężnikach konstrukcji toru, pokazano na rysunkach 7 i 9. Pojazd zawisa nad torem na wysokości ok. 10 mm. Nawet przy awaryjnym odcięciu energii pojazd jest utrzymywany w tej pozycji dzięki bateriom, co umożliwia mu bezpieczne dotarcie do najbliższej stacji. Podstawowe parametry porównawcze dotyczące taboru zestawiono w tablicy 2.

PARAMETRY TABORU

Parametr	TRANSRAPID	ICE
Długość pociągu	109 m	200 m
Liczba miejsc siedzących	446	415
Masa pociągu w stanie pustym	282 t	409 t
Pobór mocy	8000 kW	15 000 kW

Obecnie praktyczne zastosowanie znajdują trzy kategorie kolei magnetycznej: miejska (np. system Rotem, Linimo), przeznaczona dla niskich prędkości ruchu śródmiejskiego; logistyczna (maglev cargo) stosowana w systemach transportu wewnątrzzakładowego, lokalnego transportu przemysłowego, na rozległych obszarach lotnisk itp. oraz maglev dużych prędkości w połączeniach międzyaglomeracyjnych, np. niemiecki Transrapid lub japoński LMC (ang. *linear motor car*).

Funkcjonujące na świecie systemy kolei magnetycznej obejmują następujące główne realizacje:

1. Shanghai Maglev Train (SMT) – pierwszy i jak dotąd jedyny na świecie funkcjonujący komercyjnie 30-kilometrowy odcinek linii, na którym osiągnięto maksymalną prędkość 501 km/h. Łączy on technologiczno-komercyjne centrum Szanghaju (Longyang Rd. Stadion) z Pudong Int. Airport.

2. Transrapid – niemiecki odcinek doświadczalny stanowiący własność konsorcjum Siemens Co. i ThyssenKrupp Co. o długości 31,5 km, zlokalizowany w Emsland (TVE), który do dziś przewiózł bezawaryjnie 450 tys. pasażerów – turystów. Po tragicznym wypadku w 2006 r., w którym przy prędkości 200 km/h śmierć poniosło kilkunastu pasażerów, ruch został wznowiony, a próby są kontynuowane.

3. JR-Maglev – japoński odcinek testowy Yamanashi, będący, z uwagi na swą lokalizację, częścią planowanej linii CHŪO SHINKANSEN TOKYO, łączącej Tokio z Osaką. Zakończenie budowy przewiduje się na 2025 r.

4. Linimo – japoński „maglev miejski” jest pierwszym na świecie komercyjnym, w pełni zautomatyzowanym systemem transportu, który uruchomiono w marcu 2005 r. w związku z NAGOYA EXPO 2005. Po udostępnieniu jej gościom EXPO obecnie jest to system funkcjonujący głównie dla zaspokojenia potrzeb komunikacyjnych miasta.

Oprócz istniejących odcinków komercyjnych i badawczych w wielu krajach są prowadzone zaawansowane prace studialno-projektowe, tzw. *maglev projects*, związane z kolejnymi realizacjami. Do ważniejszych projektów należy zaliczyć:

- ❑ CHINY, SZANGHAJ: wydłużenie istniejącej linii maglev do Honquiao Airport, przecinające tereny wystawy EXPO 2010,
- ❑ CHINY, SHANGHAI-HANGZHOU MAGLEV: przedłużenie linii z Honquiao Airport do Hangzhou,
- ❑ NIEMCY, MUNICH MAGLEV: linia o długości 38 km z centrum Monachium do Międzynarodowego Portu Lotniczego, czas przejazdu 10 min, prędkość 350 km/h, nowy pojazd TR 09; redukcja kosztów budowy do 30% w stosunku do wersji chińskiej w Szanghaju,
- ❑ INDIE, DELHI – MUMBAI: linia Transrapid z centrum stolicy do Bombaju skróci podróż z obecnych 16 do 3 godz.; sumaryczny koszt wynosi 30 mld USD, realizacja potwierdzona decyzjami rządu z 2007 r.,
- ❑ IRAN, TEHRAN – MASHHAD: w maju 2007 r. podpisano kontrakt na budowę linii dla systemu Transrapid o długości 900 km, mającej obsługiwać to ważne centrum pielgrzymkowe islamu dla 9 mln pasażerów rocznie, którzy obecnie w liczbie 12–15 mln pokonują ten dystans przez dwa dni autobusami. Czas podróży ulegnie skróceniu do 3 godz.; koszt inwestycji to ok. 6,9 mld euro (2007),
- ❑ JAPONIA, CHŪO SHINKANSEN TOKYO – OSAKA: na torze Yamanashi, będącym fragmentem przyszłej linii JR JMT, uzyskano dwa niepobite dotąd rekordy prędkości pojazdów magnetycznych – 581 km/h i 1026 km/h. Koszt budowy linii wraz z wyposażeniem jest szacowany na 30–50 mln euro/km (2007),
- ❑ AMERYKA PÓŁNOCNA (KANADA, USA), CASCADIA MAGLEV: linia łącząca Portland w Oregonie z Vancouver w Kolumbii Brytyjskiej,
- ❑ PAN-EUROPEAN CORRIDOR No IV: Berlin – Dresden – Prague – Vienna – Bratislava – Budapest,
- ❑ SZWAJCARIA, SWISSMETRO: przyszłościowa koncepcja połączenia Berna z Zurichem, skracająca czas podróży z 1 godz. do 12 min przy prędkości ok. 1000 km/h,

- ❑ KOREA POŁUDNIOWA, DAEJEON MAGLEV: koncern Hyundai Group, produkujący pojazdy kolei magnetycznej dla obsługi ruchu miejskiego; planowana długość linii wynosi 3,5 km, maksymalna prędkość 110 km/h,
- ❑ WIELKA BRYTANIA, UK ULTRASPEED: linia z Londynu do Glasgow, z połączeniem Glasgow Airport i Edinburgh,
- ❑ USA, ATLANTA – CHATTANOOGA, CHATTANOOGA – NASHVILLE, BALTIMORE – WASHINGTON D.C. MAGLEV, CALIFORNIA – NEVADA INTERSTATE MAGLEV, HONOLULU, PITTSBURGH MAGLEV, SAN DIEGO AIRPORT MAGLEV: projekty linii,
- ❑ WENEZUELA, CARACAS – LA GUAIRA MAGLEV: projekt linii o długości 15 km, łączącej stolicę Caracas z portem La Guaira i lotniskiem Simon Bolivar Int. Airport; budowę rozpoczęto w 2007 r.



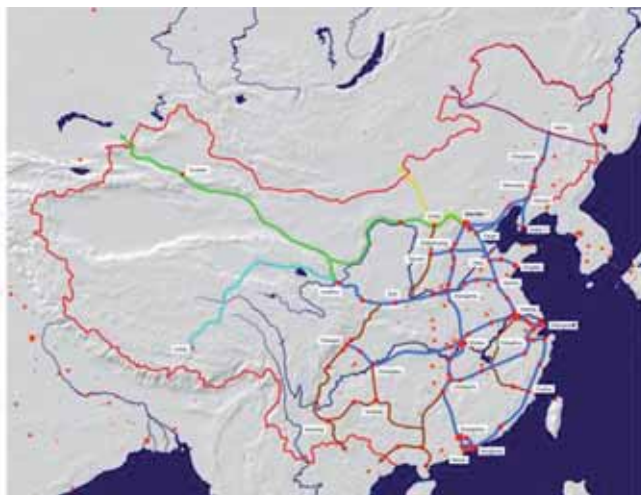
Rys. 13. Pojazd na stacji końcowej Longyoung Lu



Rys. 14. Monitoring aktualnej prędkości jazdy maglev w Szanghaju



Rys. 15. Uroczyste otwarcie linii maglev i stacji Longyoung Lu w Szanghaju (31 grudnia 2002)



Legend to the maps of PR of China:

- Existing Railroad with HSR-line in future
- Maglev-Route Shanghai – Hangzhou planned
- TRANS-MANDSCHURSKAJA Russia – PR of China – Russia
- TRANS-MONGOLSKAJA Russia – Mongolia – PR of China
- Northeastern-Railroad Beijing – Urumchi – Kazakstan
- TIBET-Railroad (Lanzhou) – Qinghai – Lhasa
- other important Railroads
- City with (Urban)-Maglev in operation / planned

Rys. 16. Główne korytarze transportu lądowego Chin



Rys. 17. Japoński pojazd magnetyczny MLX 02 na torze doświadczalnym Yamanashi

Próby i badania kolei magnetycznych w innych krajach

Badania nad zastosowaniem zjawisk magnetycznych w transporcie są prowadzone, jak wynika z powyższego zestawienia, w wielu krajach, w tym zwłaszcza w Japonii. Pierwsze próby podjęto w 1977 r. na torze próbnym Myazaki,



Legend to the maps of Japan:

Routes of the Railroad Companies (JR - JapanRail):

- JR Hokkaido
- JR East (Tohoku, Joetsu, Hokuriku)
- JR Central (Tokaido)
- JR West (Sanyo)
- JR Shikoku
- JR Kyushu (Tsubame)

Kinds of transport routes:

- Shinkansen Railroad (standard gauge)
- Other Railroad (narrow gauge)
- Railroad ($V_{max} = 200$ km/h) in operation / planned
- Maglev-Route in operation / planned
- City with Urban-Maglev-Route in operation / planned

Rys. 18. Przebieg linii Japan Maglev (Chuo Shinkansen) na tle linii konwencjonalnych JR oraz istniejącej linii kolei dużych prędkości Shinkansen

zlokalizowanym na wyspie Kyushu. Pojazd magnetyczny o nazwie ML500, poruszając się po tym w pełni krzywoliniowym torze o długości zaledwie 7 km, osiągnął prędkość 517 km/h. Obecnie próby te są kontynuowane na nowym torze próbnym Yamanashi położonym ok. 100 km na zachód od Tokio. Tor ten rozpoczęto budować w 1990 r., a zakończono w 1996 r. Po kilku latach prób, w 2003 r. pojazd MLX02 (rys. 17) z 18 osobami na pokładzie, ustanowił na tym torze niepokony dotąd rekord prędkości, wynoszący 581 km/h. Rekord prędkości względnej dwóch mijających się pojazdów (2004) wynosi 1003 km/h. Koszt budowy pierwszego odcinka próbnego wraz z testowanym pojazdem wyniósł 2,3 mld euro (1995). Dalsze próby pochłonęły do 2005 r. kwotę ok. 5 mld euro.

Osiągnięcie to dało podstawę do przyjęcia za realną prędkość rzędu 550 km/h dla nowo projektowanej linii Tokio – Osaka. Jej przebieg na tle konwencjonalnej linii dużych prędkości Shinkansen ilustruje rysunek 18.

Osiągnięcie tych sukcesów zawdzięczają Japończycy jasno postawionym celom, do których zaliczono: konieczność podwojenia obecnej tzw. dużej prędkości z 300 km/h do 600 km/h; skrócenie czasu jazdy pomiędzy dwiema największymi aglomeracjami, tj. Tokio i Osaką o połowę; obniżenie kosztów utrzymania infrastruktury i eksploatacji systemu; redukcję emisji do środowiska oddziaływań wibroakustycznych.

Założenia te zgodnie przyjęte przez środowisko naukowców, użytkowników i korporacje finansowe są realizowane konsekwentnie i w duchu pełnego porozumienia, czego nie udało się dotąd uzyskać w warunkach niemieckich. Plany utworzenia europejskiej sieci maglev, przedstawione na rysunku 19, są przesuwane na kolejne lata. Polska jest na tych planach sytuowana obecnie na odcinku „peryferyjnym”, z Berlina na wschód. Sytuacja ta nie stanowi jednakże koncepcji przesądzającej o planach docelowych rozwoju sieci kolei magnetycznej w Europie.



Rys. 19. Koncepcja europejskiej sieci kolei magnetycznej

Podsumowanie

Po przeszło 70 latach, jakie upłynęły od chwili narodzenia się pomysłu, rozwój systemów informatycznych, sterowania i regulacji układów elektromagnetycznych umożliwił jego praktyczną realizację w postaci kolei magnetycznej. Stanowi ona istotną, w pełni realną obecnie alternatywę dla konwencjonalnego układu koło – szyna, który osiągnął granice rozwoju technicznego. Elektronicznie regulowane pola magnetyczne zastępować będą układy mechaniczne. Napęd i hamowanie zapewniają bezkontaktowo linearne silniki magnetyczne, co uniezależnia ruch pojazdu od tarcia mechanicznego i związanych z nim oporów ruchu.

Eliminacja tarcia typu adhezyjnego na styku koło – szyna zapewnia redukcję zużycia mechanicznego wszystkich elementów pojazdu i nawierzchni, zmniejszając tym samym zużycie energii. Ciężar pojazdu jest przekazywany bardzo równomiernie na konstrukcję nośną. W konstrukcjach konwencjonalnych powierzchnia styku koła z szyną nie przekracza 1–3 cm², co generuje znaczne naprężenia kontaktowe, rzędu 10 000 kg/cm². Sprawia to poważne problemy z uzyskaniem odpowiednich sił przyczepności i w konsekwencji limituje uzyskanie odpowiednich przyspieszeń i prędkości, a pokonywanie większych spadków i wzniesień jest ograniczone. Wraz ze wzrostem prędkości rosną oddziaływania wibroakustyczne emitowane do środowiska, spada bezpieczeństwo i komfort podróży, rosną koszty utrzymania. Zdecydowaną większość tych zagrożeń udało się ominąć, a stosowane systemy napędu i prowadzenia pojazdu praktycznie eliminują możliwość jego wykolejenia. Znaczny wzrost prędkości podróży, nieporównywalny z żadnym innym znanym systemem transportu naziemnego, sprawia, że społeczeństwa mogą się do siebie zbliżyć w efekcie swoistego „zakrzywienia przestrzeni”.

Jak każda innowacja, tak również system kolei magnetycznych posiada swoich entuzjastów i zagorzałych oponentów. Wyrafinowana jakość i innowacyjność systemu nie są przy tym podważane. Padają tu głównie argumenty o bardzo wysokich nakładach inwestycyjnych oraz negujące celowość kontynuowania „wyścigu prędkości” w transporcie. Obecna konfrontacja zdaje się potwierdzać fakt braku zwycięzców i pokonanych na tym polu. Podobne dylematy istniały jednak zawsze, a problem „dorożka czy samochód” już wielokrotnie w przeszłości rozwiązywało samo życie.

Literatura:

1. International Maglev News 2007.

Zdjęcia: Archiwum autora

**NOWY ROK
ROK
CZAS NA ZMIANY**



DCS Poland

Drilling Chemicals Service

ul. Zakopiańska 9, 30-418 Kraków

tel.: 012 269 80 90, fax: 012 269 80 91, tel. kom.: 0 606 207 711

e-mail: sprzedaz@dcspoland.com, www.dcspoland.com

Przedstawiciel



**DRILLTO
TRENCHLESS
CO., LTD.**



DRICONEQ AB

MASZyny I OSPrZĘT DO WIERCEN HORYZONTALNYCH I MIKROTUNELOWANIA