

Hyperloop

A Hyperloop technológia napjainkban az egyik legdinamikusabban fejlődő közlekedéstechnikai koncepció. „Csővasút, persze” – legyintettem rá eleinte, aztán vettem a fáradságot, hogy utánanézzek, és a technikai fejlesztések, egészen ötletes megoldások hosszú sora tárult elém.

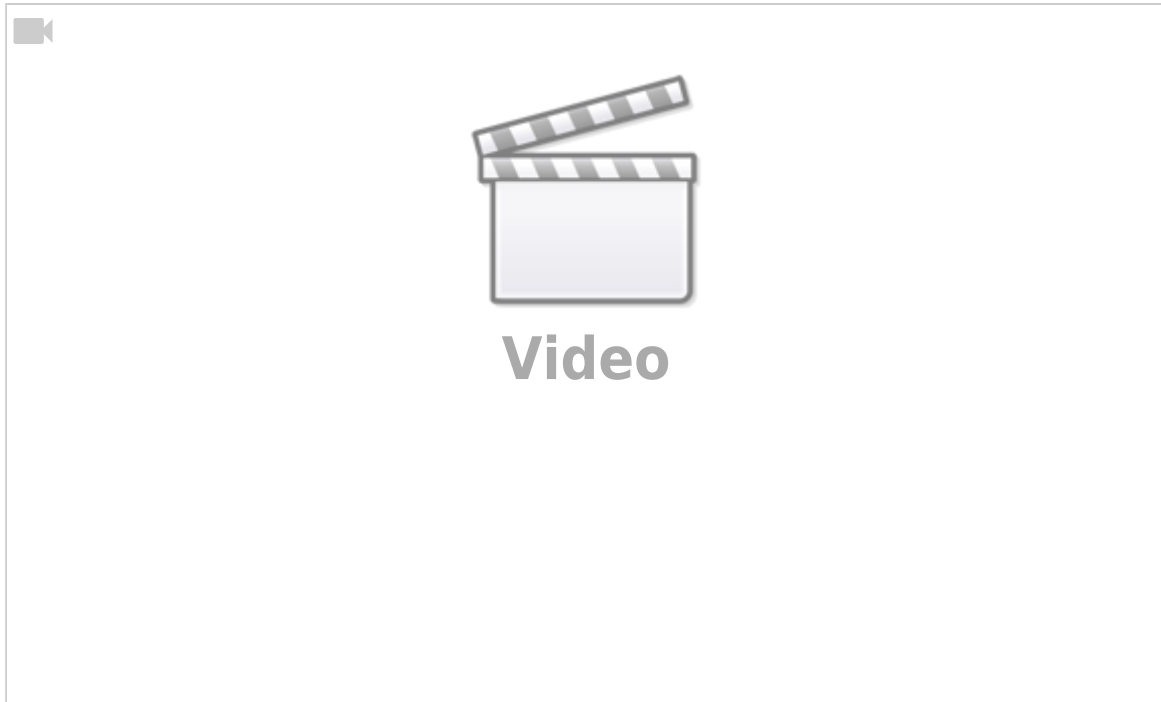
Ezt, amit megtapasztaltam, próbálom itt egy blogbejegyzésbe összegezni, de ez – a téma szerteágazó voltának, és naponta változó tartalmának köszönhetően – szinte lehetetlen. Sebaj, írok majd még több bejegyzést – mert érdemes figyelemmel kísérni ezt a szemünk előtt zajló nagyszabású kísérletet.



Az előd, a Transrapid

A Hyperloop technológia előképe a **Siemens** által fejlesztett **Transrapid** volt. Ebből a mágneses lebegtetésű, lineáris motor hajtotta vonatból mindössze egy épült meg, ami Sanghaj városközpontját és repülőtérét köti össze.

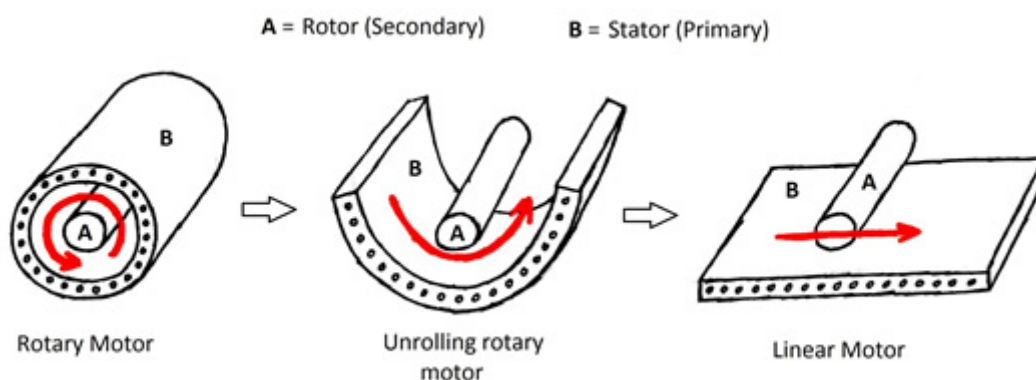
A technológia a Siemens számára rendkívül ráfizetéses volt, ugyanis a vasút nagyon speciális és ezáltal költséges pályát igényel, a légellenállás okán a nagy sebességű vonat villamosenergia-felvétele is hatalmas és ráadásul a vonat meglehetősen zajos.



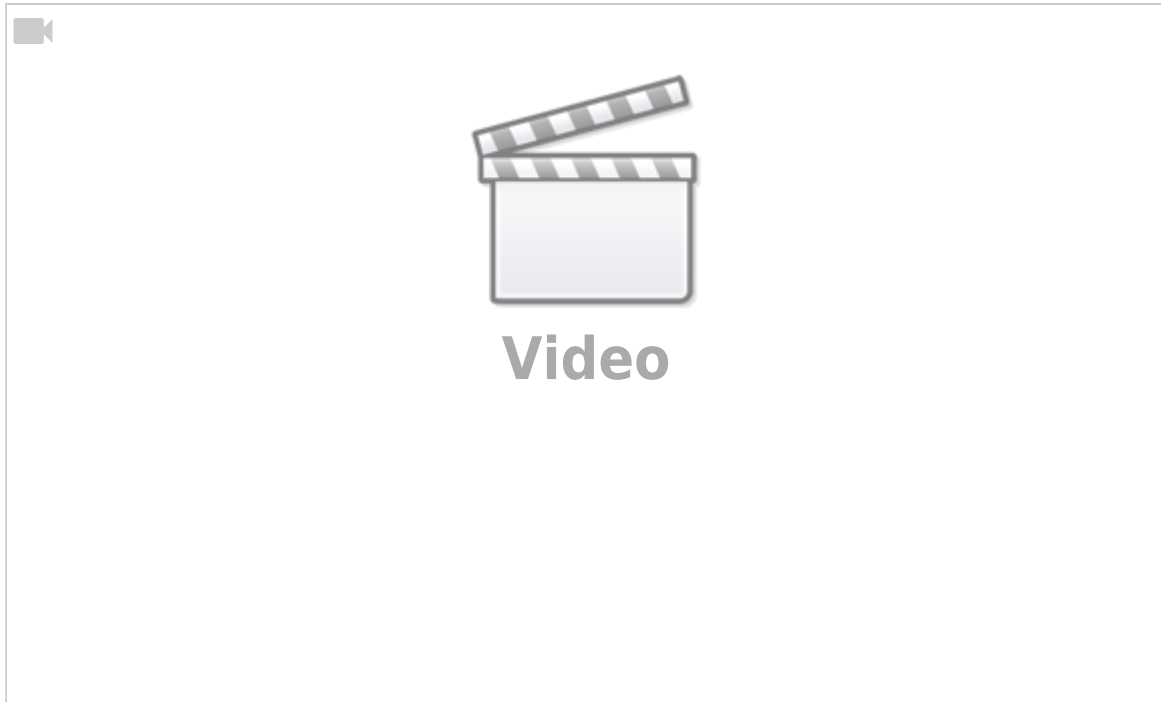
Ráadásul a projekt nem folytatódott, bár eleinte hallani lehetett még egy müncheni megrendelésről, azt lemondták a csillagászati költségek okán. A projekt a német multi számára így bukással végződött.

Akkor kezdjük is itt, az elején, mielőtt továbblépnénk; hogyan működik a Transrapid. A megoldás kulcsa gyakorlatilag a pályában van; ami egyfelől gondoskodik a jármű lebegtetéséről, másrészt ez biztosítja a meghajtását is, lévén ez egy lineáris motor. Maga a kabin a technológia szempontjából gyakorlatilag passzív elem, nincs benne se motor, se vezetőállás.

Lineáris motor A villanymotor forgását a benne található tekercsek mágneses tere biztosítja, a lineáris motor ugyanennek egy „kiterített” változata, ami a pálya hosszán a kabint mozgatja. Az ehhez felhasznált mágnesek persze elektromágnesek, ezek (gondoljunk bele, az egész pálya ezekből épül fel) eszméletlen sok áramot fogyasztanak és nagyon drága a kiépítésük és fenntartásuk.

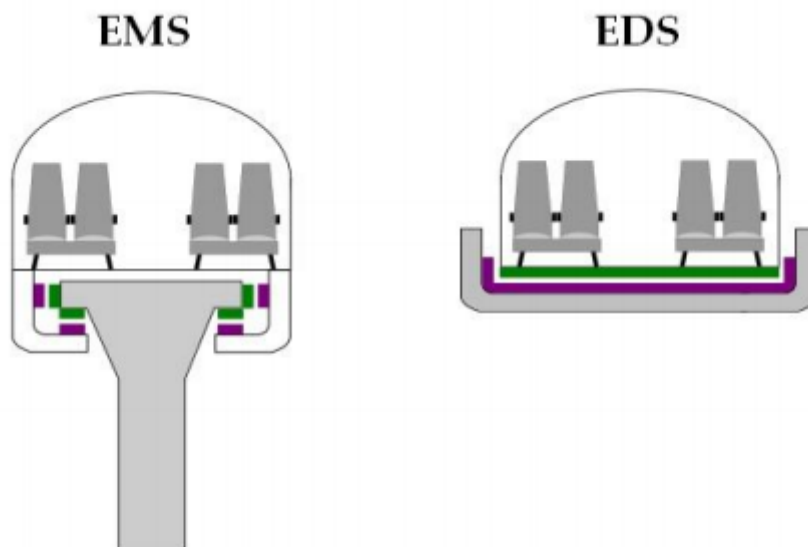


SCMaglev



Japánban is kifejlesztésre került egy maglev technológia, az ún. **SCMaglev**. Itt a Transrapid koncepciójától eltérően, az ott alkalmazott **EMS** (Electromagnetic Suspension) eljárást **EDS**-re (Electrodinamic Suspension) cserélték.

Míg az EMS a járművet „felhúzza”, azaz a mágnes (eltérő polaritású) vonzó-hatását aknázza ki, addig az EDS a mágnes (azonos polaritású) taszító hatására alapoz, azaz a felszínén lebegteti a járművet, mint azt a lenti kép is szemlélteti:



A Japán rendszer habár már kevesebb energiát emészt fel a lebegtetésre, a technológia mélyhűtött **szupravezetőket alkalmaz** a járművek lebegtetéséhez, melyeknek a hűtését a pálya teljes hosszában biztosítani kell.

De térjünk vissza a **Hyperloop**-ra. Az elődök bár működőképes, sőt akár kereskedelmi koncepciókat tudtak felmutatni, a költségek (és ezáltal a megtérülésük) terén nem voltak vonzóak.

Olyan koncepcióval kellett előállni, ami megoldást kínált a Transrapid és az SCMaglev problémáira, a légellenállásra, az energiafallo lebegtetésre és a megbízható és gazdaságos hajtásra:

Csökkentett légnyomás

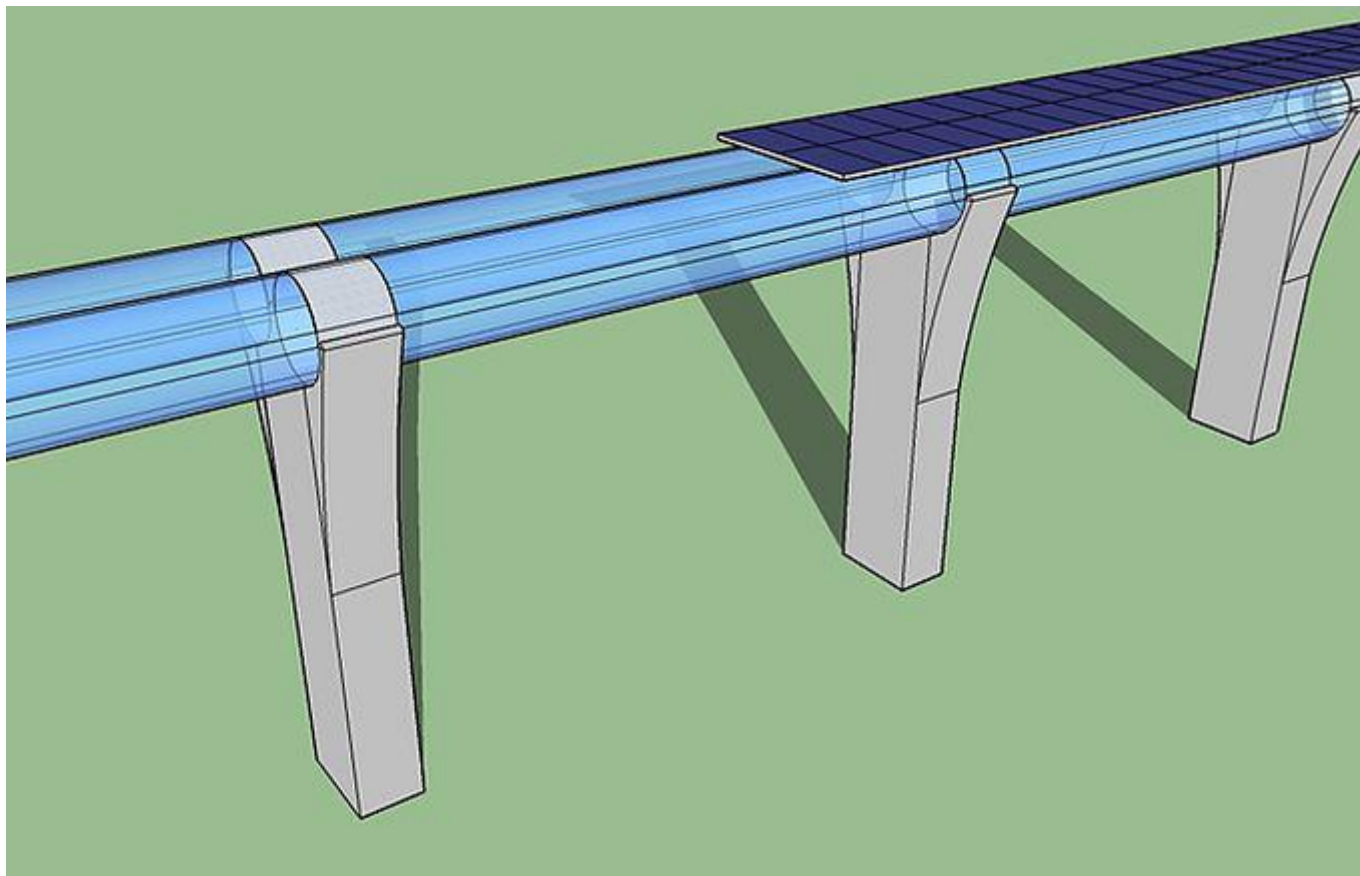
Első körben a légellenállást csökkentették le; a repülőgépek is azért üzemeltethetők nagy magasságban (nagyjából 10 km-en) gazdaságosan, mert a külső légnyomás ott már lényegesen alacsonyabb, mint a földfelszínen.

Rendben, akkor tegyük a járművünket csőbe, és szívjuk ki onnan a levegőt. Ez a technológia (igaz kicsiben) már az 1800-as évekből is közismert „csőposta” néven, ami ráadásul napjainkban ismét reneszánszát éli. Sokszor szokás ezeket a csövekre, és a Hyperloop csöveire is „vákuumcső”-ként hivatkozni, de ez azért messze áll a valóságtól.



A csövekben jelentősen csökkentik a légnyomást (1 millibarra) a földfelszíni nyomáshoz képest, de nem hoznak létre vákuumot. Ez egyrészt túl sok pénzt és energiát emésztene fel, másrészt a nagy sebességgel közlekedő járművek alatt egy légpárna keletkezik (mint a léghokinájl), ami stabilizálja azok futását, és értelemszerűen vákuumban erre nem nyílna lehetőség.

Ráadásul a csövek külső oldalára naptáblákat terveznek telepíteni. Ezek kettős célt szolgálnának: egyrészt leárnyékolnák a csövet, annak a hűtéséről így nem kell majd külön gondoskodni, és a megtermelt energiával részben kiváltható lesz a vákuumszivattyúk és lineáris motorok működtetéséhez szükséges villanyáram.



Érdekes felvetés volt Musk-tól – akinek azért van egyfajta Mars fixációja – hogy a vörös bolygón kialakítandó közlekedési rendszereket érdemes volna eleve Hyperloop-ra alapozni, mivel ott nem lenne szükség a légnyomást csökkentő csőre, ugyanis a bolygó felszíni légnyomása elég alacsony.

Az energiafelhasználás redukálása már egy keményebb dió, de ez ügyben is komoly áttöréseket érték el a fejlesztők.

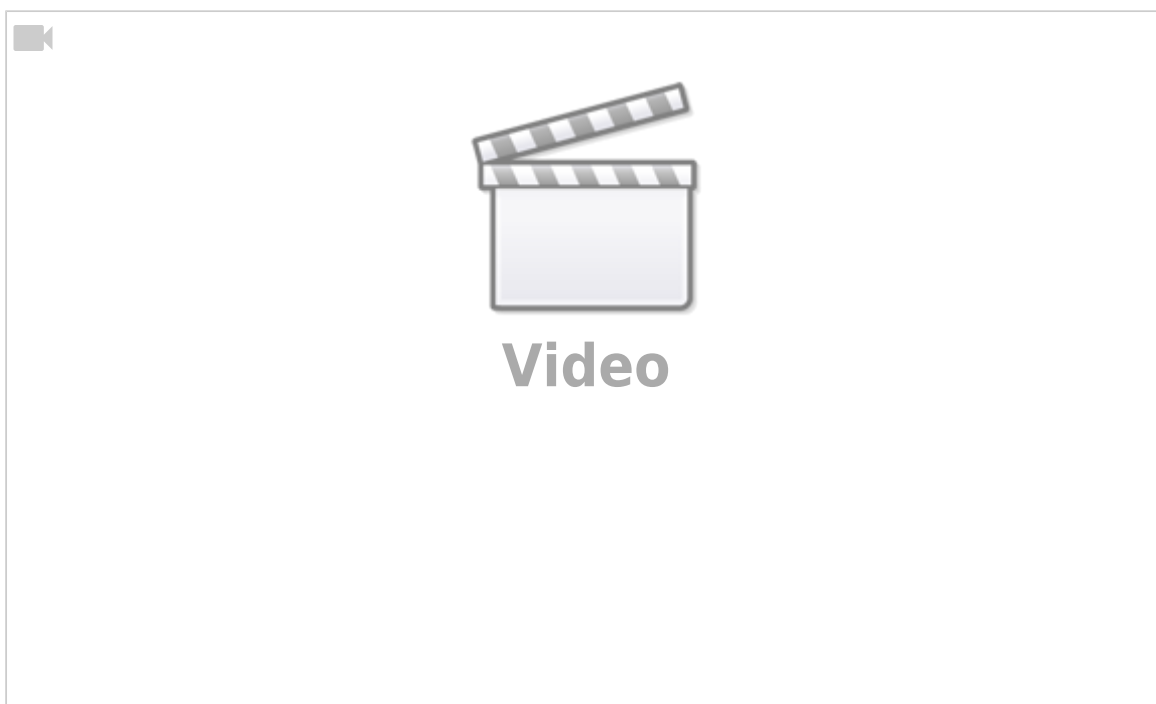
Inductrack

1998 májusában a **Lawrence Livermore National Laboratory** egyik fejlesztői csapata – **Richard Post** vezetésével – egy új ötlettel álltak elő, melyet „Inductrack” néven mutattak be. A fejlesztés egyébként egy másik lendkerekes energiatároló-rendszer projekt „mellékterméke” volt. A technológia a járművek lebegtetéséhez egyszerű, szobahőmérsékleten is alkalmazható „hagyományos” mágneseket használ, azaz nem (energiafaló) szupravezetőket vagy elektromágneseket. A mágneseket egy speciális konfigurációba, a **Halbach-tömbbe** (Halbach-Array) kell elrendezni.



Halbach-tömb

A Halbach tömb a (permanens) mágnesek egy olyan konfigurációja, melyben az egyik oldalon a mágneses fluxus megszűnik, így a másik oldalon felerősödik. Az első ilyen speciális elrendezést **Klaus Halbach**, a **Lawrence Berkeley National Laboratory** kutatója találta meg 1980-ban (más vélemények szerint ezt már **John C. Mallinson** is leírta, még 1973-ban egyoldalú fluxus „one-sided flux” néven).

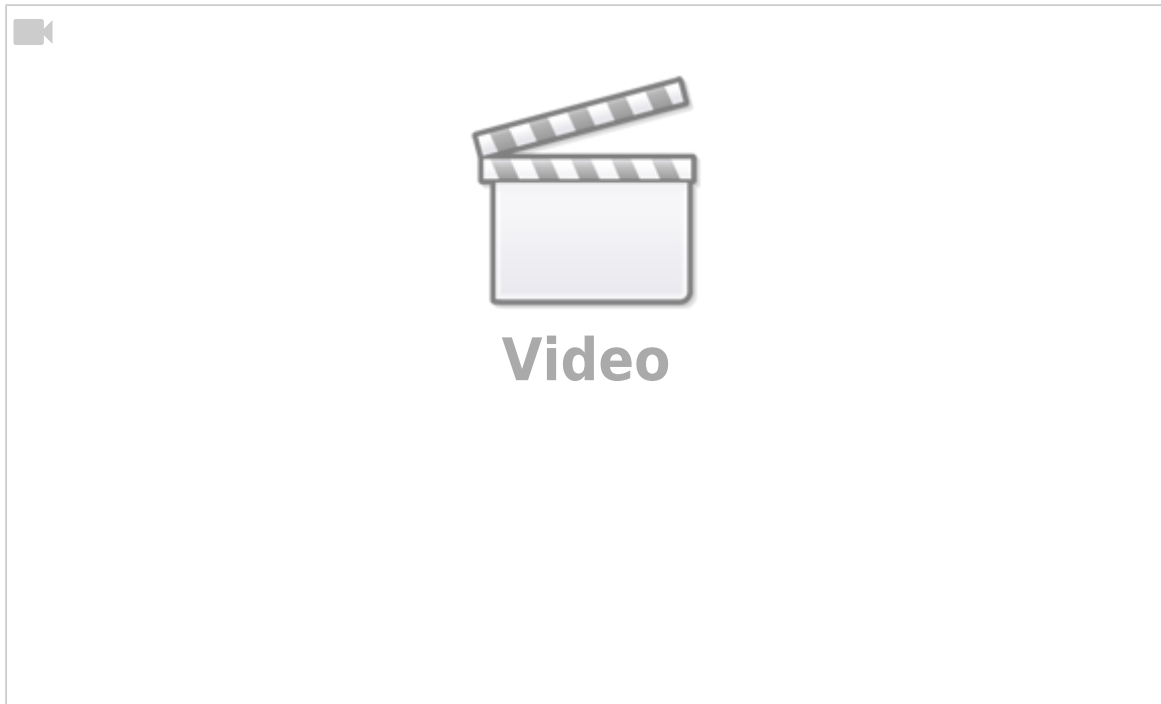


Gyakran az egyszerű hűtőmágneseknél is alkalmazzák a Halbach konfigurációt, mert így lényegesen kisebb mennyiségű mágneses anyag is ugyanazt a tartóerőt képes biztosítani. Generátorok és villanymotorok esetén is gyakran alkalmazzák az eljárást, de például részecskegyorsítókban vagy

NMR kísérleteknél is fel szokott bukkanni a neve.

A Hyperloop koncepciók esetén a speciális Halbach tömbök gyakorlatilag úgy biztosítanak kis távolságú mágneses lebegtetést a vonatoknak, hogy mágnesességük akár 50-szeresen is meghaladhatja az egyéb megoldásokat.

Visszatérve az Inductrack-hoz; a járművek aljára a technológia szerint Halbach-tömböt kell szerelni, míg a pályát zárt rézhuzalokból álló szegmensekből kell felépíteni. A Halbach-tömb mozgatása közben a mágneses mező a tekercsekben áramot indukál, ez a járművet felemeli pár centiméterrel (nagyjából egy hüvelykre, azaz 2,54cm-re) a pálya szintje fölé, és amíg a mozgás tart, stabilan ott is tartja.



A jármű nyugalmi helyzetében nem lebeg, stabilan (az ez esetre kiépített) kerekeken áll. Amint elkezd gyorsulni, eleinte még a kerekeken gördül, de nagyjából 1-2 km/h sebességet meghaladva kezd elemelkedni a kerekekről és lebegni.

Habár a jármű mozgatásához külső energiát igényel, a lebegés a mozgásból nyert energiával működik, nem igényel semmilyen aktív elektronikát vagy további betáplálást, ez a funkció a pálya teljes hosszán passzív. Ráadásul nagy sebesség esetén a jármű aerodinamikus kialakításának köszönhetően egy vékony légpárna is kialakul a vonat alatt, ezzel is „rásegítve” a Halbach-tömb munkájára. Az eljárást szokás passzív-EDS-nek is nevezni, megkülönböztetve az SCMaglev-nél alkalmazott (mélyhűtött pályát igénylő) aktív-EDS-től.

2004-ben egy nyolc tonnás járművel tesztelték a 120 méteres lineáris motor „Inductrack” pályájukat, sikeresen. A további fejlesztéseket akkor sajnos Richard Post 2015-ös halála ellehetetlenítette. A technológiát mindenesetre átvették a Hyperloop One fejlesztői, és ezzel a Transrapid egyik legkomolyabb „átkát”, az energiát zabáló pályát sikerült nekik megspórolniuk.

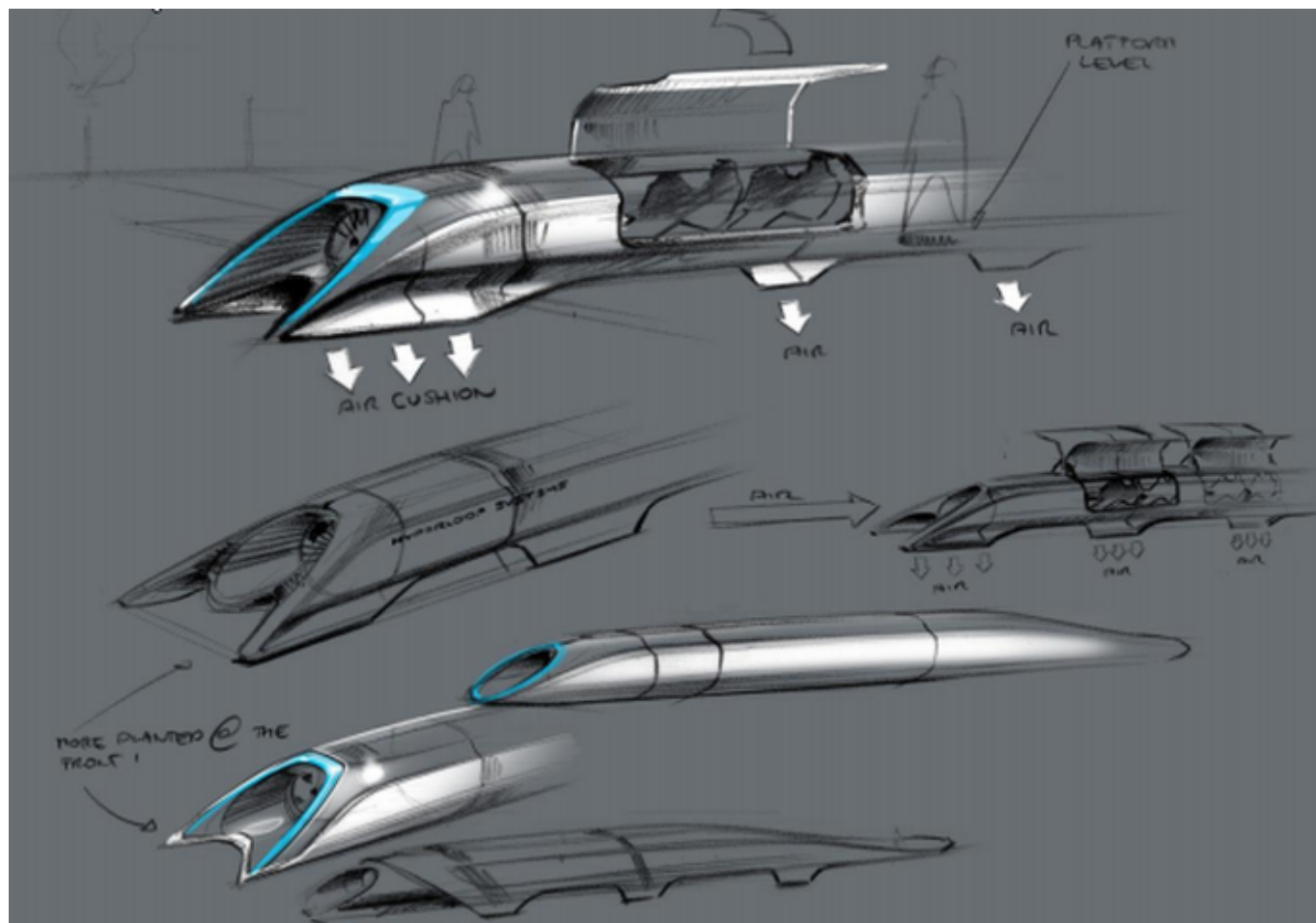
Meghajtás

Egy kérdés maradt még hátra, és ez a meghajtás volt. Az eredeti „Musk”-féle koncepció szerint egy

szívómotort helyeztek volna el a jármű elején, hátul pedig egy axiális légkompresszort. Az első, valóban „komolyan vehető”, tervasztalra került „Hyperloop One” viszont már lecserélte (visszacserélte) ezt a hajtást (a pálya teljes hosszán) lineáris motorra és Inductrack-ra.

Ez egyes tervek szerint ez a lebegtetéshez szükséges pályától függetlenül kerülne kiépítésre, és az örvényáram-fékek működését is biztosítaná, más tervek szerint viszont a passzív lebegtetési elemeket már összevonták a lineáris motorral és fékekkel.

Az eredeti koncepció: Hyperloop Alpha



Elon Musk, a némileg ellentmondásos, de szerintem egyértelműen zseniális milliárdos 2013-ban a SpaceX oldalán tette közzé a Hyperloop-ot bemutató 57 oldalas white paper-t. Ebben még a Hyperloop meglehetősen korai terveit tárta a nyilvánosság elé:

A jármű még légkompresszorral épült volna, a lebegtetéséről a légpárna gondoskodott volna. Az ötlet voltaképpen a szilikon-völgyi befektető **Shervin Pishevar** fejéből pattant ki, de **Elon Musk** alakította ki a kezdeti koncepciót.

A technológiával a tervek szerint a San Francisco – Los Angeles közötti 600 kilométeres távolságot fél óra alatt lehetett volna megtenni. A meghajtásáról a csőben 100 kilométerenként kiépített lineáris motor blokkok gondoskodtak volna, mintegy 1200 km/h-s sebességgel „továbbblökdösve” a járművet a pályán. A pályát 6-30 méter magas pilonok tartották volna, 30 méterenként. A pálya bizonyos szakaszain a szűk körívek miatt – főleg Los Angeles környékén – a járművek sebességét 480 km/h-re

kellett volna visszafogni.

Habár a koncepció ebben a formában nem valósult meg, a külön milliárdos a tervet inkább ötletadónak szánta. Meglepő módon a projektet mintegy „**open projekt**”-ként definiálta, azaz nem védte le.

Az ötleten kapott is a másik közismerten külön milliárdos, a virgines **Richard Branson** is, és belekezdett a saját Hyperloop fejlesztésébe. Saját bevallása szerint barátok Musk-kal, annak ellenére, hogy szinte minden új ötleteken alapuló technológiában egymás versenytársai.

A **Virgin Hyperloop One**-t 2014 júniusában alapította (vette át). Az Virgin oldalán a [gyakori kérdések](#) között található egy: „*Is Elon Musk an investor or affiliated with Virgin Hyperloop One?*”, (Elon Musk investor vagy támogató a Virgin Hyperloop One-ban?), amire a válasz: „*No, but we share the same goal of wanting to see hyperloop become a reality worldwide.* ” (Nem, de ugyanazt a célt tűztük ki magunknak, hogy látni akarjuk, hogy a Hyperloop világszerte valósággá válik.)

A Hyperloop fejlesztésébe Musk és Branson is egymással konkuráló egyetemi csapatokat vontak be. A SpaceX 2015-ben egy 1 mérföld hosszú tesztcsövet épített ki Hawthorne-ban.

2017-ben az MIT Hyperloop csapata bemutatta az első üzemképes járművet, ami már elektrodinamikus lebegtetést (EDS), és örvényáramú fékezést alkalmazott. A fejlesztések és a verseny ezen a területen az egyetemek és fejlesztőintézetek között napjainkban is zajlik. A technikai paraméterek mind a cső, mind a járművek tekintetében még viszonylag képlékenyek.

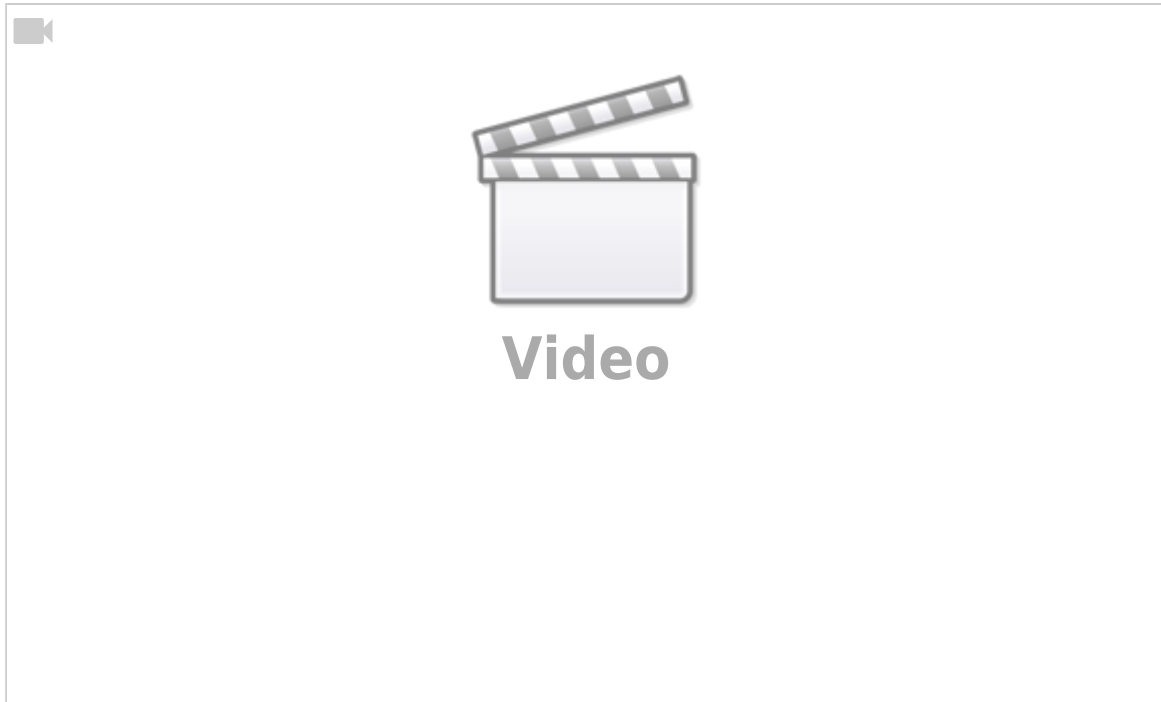
Virgin Hyperloop One

A **Richard Branson** féle Hyperloop One definíciója szerint a járművek így egy 2,23 méter átmérőjű csőben közlekedhetnének maximum 1220 km/h sebességgel, úgy, hogy utasaikat 0,5 g gyorsulással terhelnék, ami nagyjából 2-3-szor haladja meg a kereskedelmi repülőgépek okozta terhelést. Ez a hyperloop az utas szállítás mellett már nagyon hangsúlyosan a teherszállítást, konkrétan a konténerszállítást is céljául tűzte ki (vö. csőposta).

Ennek a megvalósítására (illetve támogatására) létrehozta a **DP World Cargospeed** nevű, kifejezetten a hyperloop rakományrendszerek kezelésére hivatott márkát.

A vállalat a rendszer tesztelésére egy speciális pályát (Development Loop; **DevLoop**) épített ki 2016-ban Las-Vegastól északra, itt zajlott az első sikeres járműteszt 2017-ben. A tesztpályán az XP-1 nevű (elsőgenerációs) jármű 309 km/h-s sebességet ért el a 300 méteres gyorsítási szakasz végén.

Jelenleg a Virgin Hyperloop One tervei közül a Dubai-projekt magasodik ki. Itt – ismereteim szerint – már elkezdték a pálya kialakítását, mely a 2020-ban megrendezésre kerülő „**Expo 2020**” világkiállítás egyik fő attrakciója lesz.



A fenti két cégen kívül még egy sor másik cég is komoly üzletet szimatolt a Hyperloop technológiában, ők felsorolásszerűen: Hyperloop Transportation Technologies (HTT), TransPod, DGWHyperloop, Arrivo, Hardt Global Mobility, Hyper Chariot, Zeleros.

Hyperloop Europ'

A Hyperloop – bár az európai cégek szemmel láthatóan távol tartják magukat tőle – nem kerüli el az öreg kontinenst sem. Az egyetemi szféra komolyan kiveszi a részét a fejlesztésekből, a müncheni technikai egyetem (Technical University of Munich - **TUM**) lelkes csapata (**WARR Hyperloop team**) nyeri már szinte évről-évre az egyetemek közötti versenyt a járművel (pod) elért sebességgel, a harmadik ilyen megmérettetés alkalmával ők állították be a jelenlegi csúcst 470 km/h-val.

Ráadásul a **Hyperloop Transportation Technologies** (HTT) is jórészt európai háttérrel bír, az első 320 méter hosszú tesztpályájukat a fejlesztési központjuk mellett, Toulouse-ban építik meg. Ők az első projektjüket, egy 10 km hosszú pályát Abu Dhabi-ban tervezik megvalósítani. Ez valószínű, hogy a Hyperloop One Expo 2020 projektje lesz, de ezt - mármint a két cég között milyen együttműködés van - még nem bogytam ki.

Feltűnő a Hyperloop elődjét, a Transrapid-ot kifejlesztő **Siemens** távolmaradása ettől a fejlesztési versenytől. A nagy német multi jelenleg választotta le magáról a vasúttechnikai ágazatát, a Mobility-t, így a nagy alapító szándékaival szemben – magánvéleményem - teljesen távol fog maradni minden hasonló fejlesztéstől.

Kedves olvasóm! Ha már idáig eljutottál az olvasásban, talán joggal feltételezhetem, hogy nem volt teljesen érdektelen számodra ez a bejegyzés. Jaj, le ne ixelj még; nem pénzt akarok tarhálni.

Pusztán annyit kérek, hogy ha van olyan ismerősöd, akivel jót tudnál vitatkozni az itt leírtakról, vagy csak simán megosztanád vele, kérlek, ne késlekedj!

Továbbra is keresek megjelenési lehetőséget az írásaim számára. Ha esetleg van ötleted, oszd meg velem! Elérhetőségeim az [Impresszumban](#) található.

A passport.blog jelenlegi egyetlen megjelenési lehetősége a Facebook. Ha értesülni szeretnél az új bejegyzésekről, kövesd a [Bolyongó Facebook oldal](#)t.

Ha szeretnéd a bejegyzést kinyomtatni, vagy önálló formában menteni, ennek a legegyszerűbb módja a PDF formába konvertálás. Ezt a jobb oldali, fentről negyedik (Adobe) ikonnal teheted meg.

Eddigi bejegyzések a bolyongó.hu-n

Az összes bejegyzés ABC-be rendezett [indexe itt található](#). A blog helyekhez köthető bejegyzései a google.maps térképen is megtalálhatók: [A világ valódi csodái](#). A mostanában a blogon megjelent írások a [főoldalon](#) jelennek meg.

2026/05/28 18:05

Források

The verge: [Hyperloop Transportation says it will use a 'cheaper, safer' form of magnetic levitation](#)

Wikipedia: [Inductrack](#)

Wikipedia: [Hyperloop](#)

Wikipedia: [Halbach-Array](#)

Magkraft: [What is a Halbach Array?](#)

Spiegel: [Elon Musks Hyperloop](#)

[Hyperloop](#)

ingenieur.de: [Hyperloop baut erste europäische Teststrecke in Frankreich](#)

tum.de: [TUM Hyperloop team remains world champion](#)

[tech](#), [vákuum](#), [2018](#), [Richard Branson](#), [EMS](#), [hyperloop](#), [Elon Musk](#), [EDS](#), [Richard](#), [Post](#), [Halbach tömb](#), [Inductrack](#), [SCMaglev](#), [Transrapid](#), [Siemens](#), [Hyperloop One](#), [Hyperloop Alpha](#), [lineáris motor](#), [szupravezető](#), [mágnes](#), [Inductrack](#), [Klaus Halbach](#), [MIT](#), [TUM](#)

Bejegyzésmegtekintések száma: 65

From:

<https://mail.bolyongo.hu/> - **bolyongó**

Permanent link:

<https://mail.bolyongo.hu/doku.php?id=passport:hyperloop>

Last update: **2026/04/21 12:28**

