

Közlekedéstechnikai Napok Vasúti történések

Vasútvillamosítás gazdaságosan

Előadó: Csárádi János ny. MÁV vezérigazgató,
2019. május 8.

Tartalom

1.	Mikor és miért érdemes egy vasútvonalat villamosítani?
2.	A magyar ipar a vasútvillamosítás szolgálatában. Magyar tudósok
3.	A magyar vasút villamosítása Kandó munkássága nyomán
4.	Oszlopok: acél vagy pörgetett vasbeton?
5.	Korszerű felsővezetéki szerelvények
	Sodronyfékes zuhanásgátló
	Felső áramvezető sín
	Japán és kínai felsővezetéki tartószerkezet
	Vákuum megszakító szakaszoló

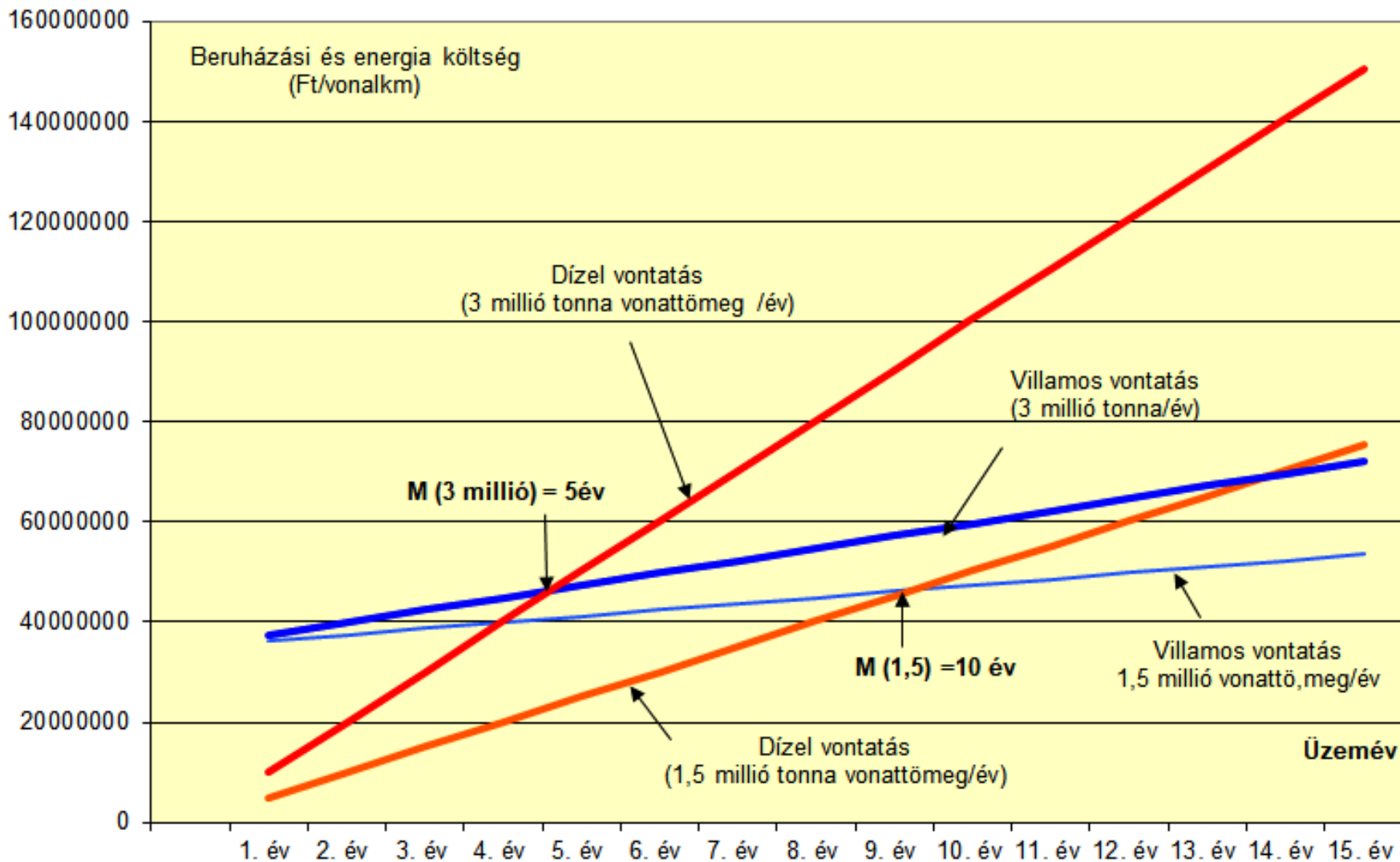
1.

**Mikor és miért érdemes
egy vasútvonalat
villamosítani?**

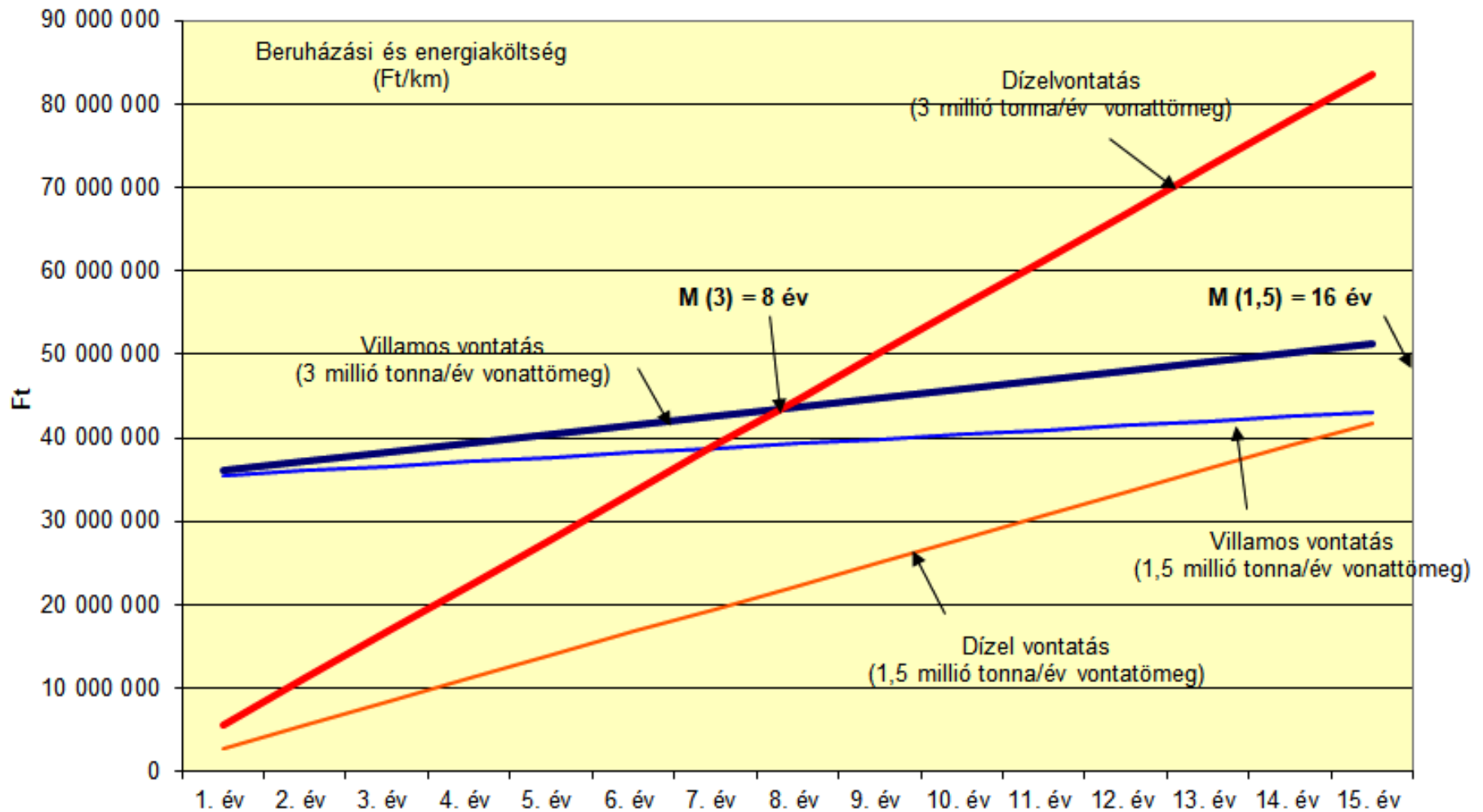
1.

A villamos vontatás olcsóbb, mint az alternatívaként számításba vehető dízel vontatás, emiatt kijelenthető, hogy az adott vonal forgalmától függően előbb vagy utóbb megtérül a beruházás.

Ökölszabály, hogy ha egy vasútvonalon irányonként és naponta a forgalom nagysága eléri a 2000 elegytonna kilométert, a vonal villamosításra érett.



**A megtérülési idő változása a forgalom nagyságától függően, személyvonati közlekedés esetén.
(Azonos dízel és villamos vontatójármű üzemeltetési és karbantartási költség feltételezésével)**



**A megtérülési idő változása a forgalom nagyságától függően, tehervonati közlekedés esetén.
(Azonos dízel és villamos vontatójármű üzemeltetési és karbantartási költség feltételezésével)**

2.

Ha a környezet védelme feltétlen prioritást élvez, a (még) nem elégséges gazdaságossági indokok mellett is célszerű a villamosítás mellett dönteni.

Ismert tény, hogy a villamos vontatás a leginkább környezetbarát vasúti vontatási mód.

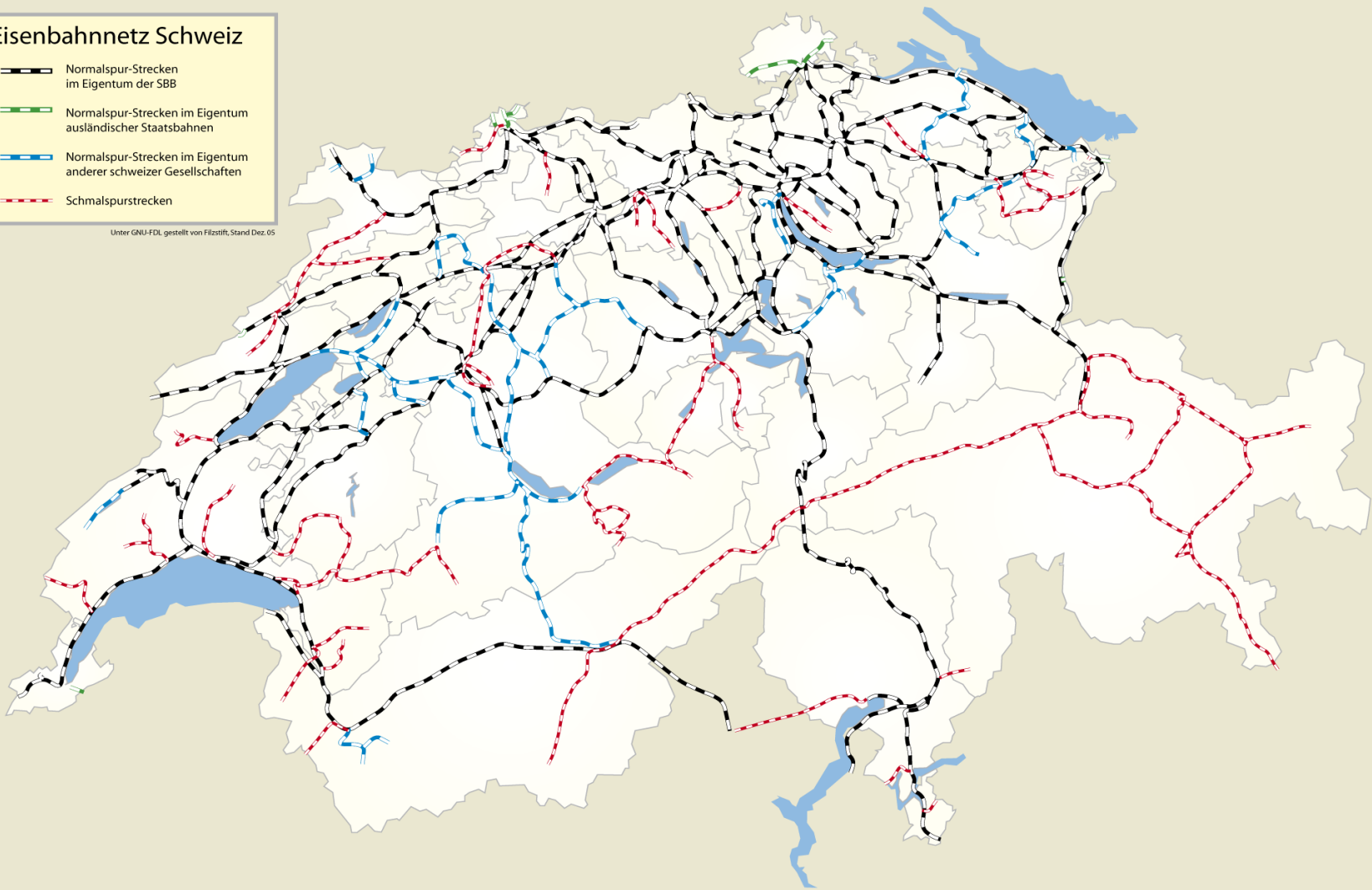
A legkedvezőbbnek tekinthető az alábbi paraméterek tekintetében:

- zajterhelés,**
- rezgésterhelés,**
- légszennyezés és**
- talajszennyezés**

Eisenbahnnetz Schweiz

- Normalspur-Strecken im Eigentum der SBB
- Normalspur-Strecken im Eigentum ausländischer Staatsbahnen
- Normalspur-Strecken im Eigentum anderer schweizer Gesellschaften
- - - - - Schmalspurstrecken

Unter GNU-FDL gestellt von Filzstift, Stand Dez. 05



A svájci vasút gyakorlatilag teljes egészében villamosított. Valószínű, hogy nem minden vonaluk forgalma felel meg a villamosítás gazdaságossági feltételének, de ez az az ország, ahol a környezet védelme abszolút elsőbbséget élvez

3.

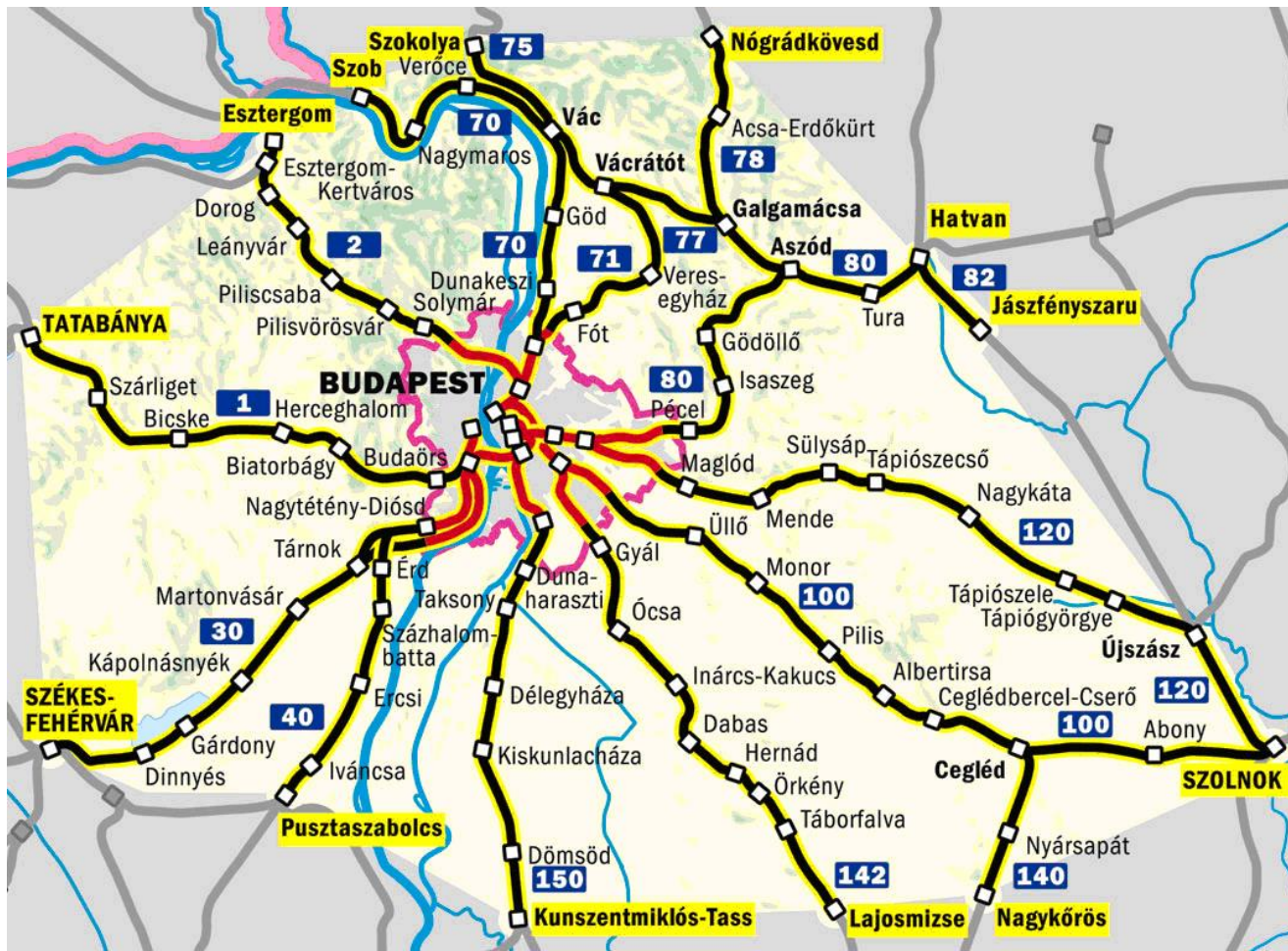
A vasúti közlekedés gazdaságosságát javító tényező, ha minél nagyobb mértékben lehetőség van az eszközpark egységesítésére.

Ennek színtere lehet:

- egy adott közlekedési társaság,**
- egy földrajzi régió,**
- de akár egy egész ország is, mint pl. Svájc.**



Erre a legjobb hazai példa a GySEV. Néhány év alatt átvették a MÁV-tól számos Nyugat-magyarországi vasútvonalat, az első dolguk volt a korszerűsítés, beleértve a villamosítást is. Ezzel ők is közelítenek a teljes villamosítottsághoz



**Budapestre
11 elővárosi
vasútvonal
fut be
a HÉV-ek
nélkül,
ezekből 10
villamosított.**

A gyér forgalmú 142-es lajosmizsei vonalról nem sok szó esik, de nyilvánvaló, hogy hosszabb távon érdemes villamosítani, mert akkor Budapest térségéből teljes egészében kiküszöbölhetők a dízel járművek, beleértve a környezetszennyező hatásukat is, és a javításukkal, karbantartásukkal összefüggő tevékenységet és infrastruktúrát is

4.

Ha emelt sebességű vagy nagysebességű vonatot kívánunk közlekedtetni bármely viszonylatban, gyakorlatilag csak a villamos vontatás jöhet szóba, függetlenül az elegytonna kilométerek számától.

Fogalommeghatározás:

- Emelt sebességű vasút: 120 - 160 km/óra**
- Nagysebességű vasút: > 160 km/óra**



Siemens Desiro motorvonat



M63: 130, ill. 160 km/óra sebességű volt, de 1990-ig selejtezték az összeset



ÖBB és GySEV 5407 sor motorvonat

A dízelvontatás sebességhatára 160 km/óra, hazánkban 120 km/óra sebességű dízel járművek vannak

5.

Ha a pályasebesség növelésére nincs mód, a menetidő csökkentése akkor is lehetséges, mert a menetidő nemcsak a nagyobb sebességgel, hanem magas energiadotációjú járművek jól kontrollálható, a tapadási határt közelítő gyorsulásával is elérhető.

Erre gyakorlatilag csak a villamos vontatás jöhet szóba, függetlenül az elegytonna kilométerek számától, és elsősorban elővárosi, gyakran megálló vonatok esetén.



Darab	123
Gyártásban	2006 - 2015
Tömeg	124 t
Teljesítmény	2600 kW
Sebesség	160 km/ó
Gyorsítás / fékezés	1,3 / 1,3 m/s²
Ülőhely	200 + 11
Állóhely	164 (3 fő/m²)

Erre jó hazai példa, hogy a korszerű villamos motorvonatok változatlan pályasebesség mellett is lehetővé tették a menetidő csökkentését.



A Stadler által gyártott négyrészes Flirt motorvonat

6.

Ha előfordul olyan vonat, ami részben villamosított, részben dízel üzemű pályán halad, az időigényes gépcserék kiküszöbölése érdekében a forgalom nagyságától függetlenül a villamosítás nyújthat megoldást.

7.

Tram-train rendszer

Elsőként Németországban ismerték fel, hogy törekedni kell arra, hogy az utasokat átszállás nélkül, háztól-házig szállítsák. Karlsruhe térségében 1991-re kialakították azt a közlekedési formát, ami szabad átjárhatóságot tett lehetővé a DB vonalai (15 kV 16,7 Hz) és a városi villamos hálózatok (750 V=) között.

Ezzel a lehetőséggel hazánkban komolyan 2016-tól kezdtek el foglalkozni, már folyik a Szeged – Hódmezővásárhely közötti tram-train rendszer kialakítása. Itt sajnos furcsa megoldás született: hibrid járművel a vasúti pályán dízelmotoros hajtás lesz.

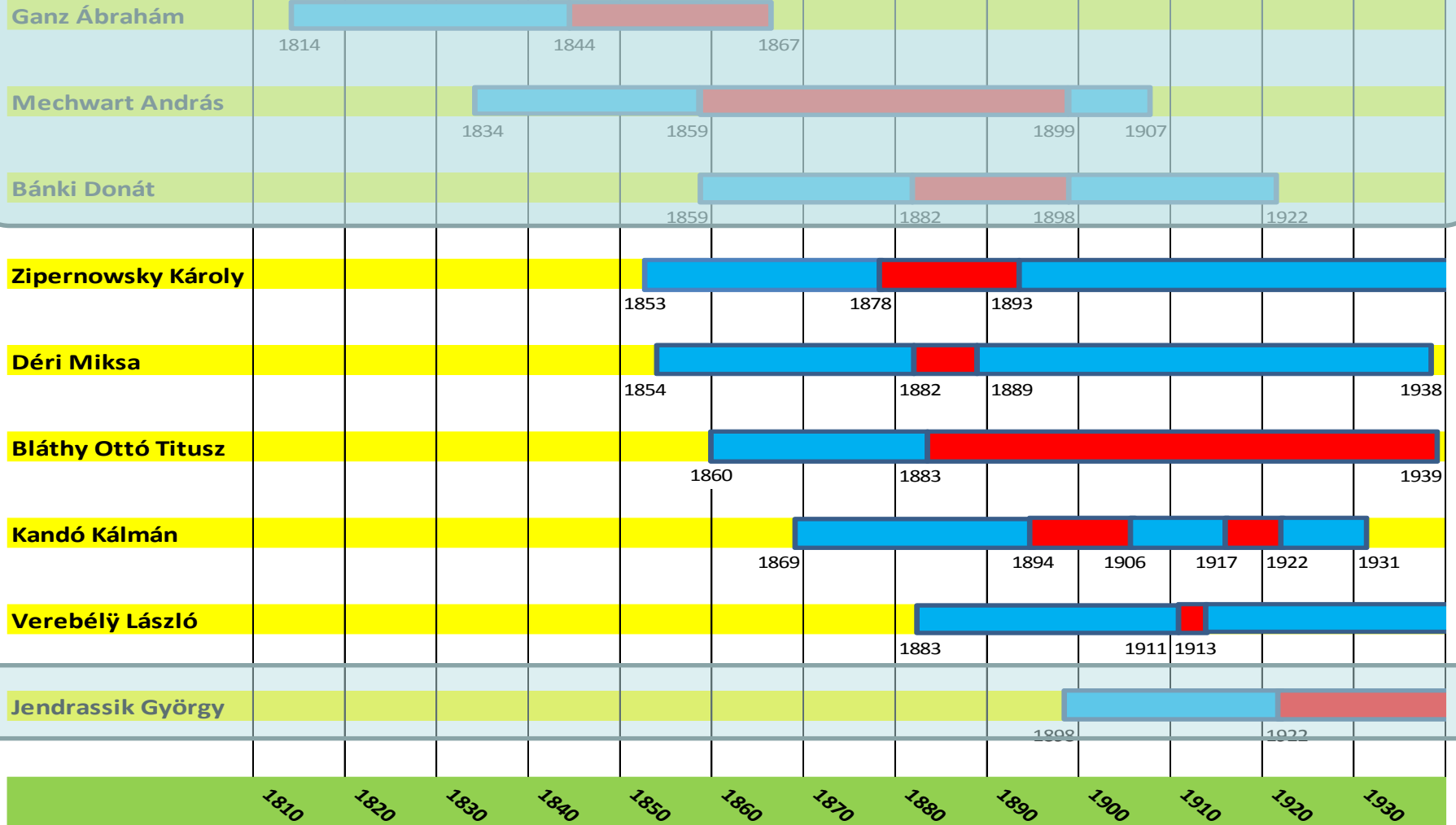
A tram-traint azért vettük fel a vasútvonalak feltétlen villamosítási indokai közé, hogy ez úton is rávilágítsunk, hogy rossz megoldást választottak.

2.

**A magyar ipar a
vasútvillamosítás
szolgálatában.**

A magyar tudósok szerepe

A Ganz-gyárak nagy egyéniségeinek "élevonala", pirossal jelölve Ganz-gyári aktív munkásságuk időtartamát



A kitarart menedzserek és tudósok szerepe elévülhetetlen, de munkásságuk nem kapcsolódik közvetlenül a villamosításhoz

A transzformátor feltalálói

Déri Miksa	Bláthy Ottó Titusz	Zipernowsky Károly
		
Született: Bács, 1854. okt. 24.	Tata, 1860. augusztus 11.	Bécs, 1853. április 4.
Meghalt: Merano, 1938. márc. 3.	Budapest, 1939. szeptember 26.	Budapest, 1942. november 29.
Műegyetem, vízépítő mérnök	Bécsi Egyetem, gépészmérnök	Műegyetem, gépészmérnök, fizikus

Verebélly László



Született Budapesten 1883. aug. 23-án,
mehalt Budapesten 1959. nov. 22-én.

Tanulmányai: 1906-ban gépészmérnöki oklevelet szerzett a Magyar királyi József Műegyetemen Nyelvtanulás Németországban és Angliában, majd két éves szakmai gyakorlat Pittsburghban a Westinghouse Electric and Manufacturing Co. gyárában.

1909-ben vizsgát tett és villamosmérnöki oklevelet szerzett, majd két évig tanársegéd a Karlsruhei Műszaki Egyetemen.

1911-től két évig a Ganz Villamossági Rt-ben tevékenykedik, majd követte Kandó Kálmánt Olaszországba a Westinghouse gyárba.

A háború után a MÁV Vonatvillamosítási Osztály vezetőjeként megkezdte a hazai vasút-villamosítás szervezését. Verebélly és Kandó nagyszerűen kiegészítették egymást: Verebélly megépítette a Budapest-Hegyeshalom villamos vasútvonalat, Kandó a mozdonyt, így a magyarországi vasút-villamosítás során egyenrangú társak voltak. 1929-ben kinevezték egyetemi tanárnak. Volt tanszékvezető, dékán, rektor, a Magyar Elektrotechnikai Egyesület elnöke, akadémikus. 1957-ben megalázó módon nyugdíjazták.

Egerfarmosi és sztregovai doktor Kandó Kálmán



Született: Pest, 1869. július 8.

Meghalt: Budapest, 1931. január 13.

Tanulmányai, életének fontosabb állomásai:

Budapesti József Műegyetem, gépészmérnök

Párizs, villamossági gyár,

25 évesen Budapest, Ganz gyár villamos o.

**1894-től háromfázisú indukciós motorok
hazai gyártása**

Olaszország, Valtellina vasút villamosítása

Világháború, visszatérés a Ganz gyárba

Budapest - Alag: kísérleti vonalvillamosítás

Budapest - Hegyeshalom vonal villamosítása

**A fázisváltó és a Kandó-mozdony
megtervezése**

Ganz, Kandó és mérnök társaik munkásságának máig ható tanulságai

Oly korban éltek és dolgoztak, amikor mérnöki szaktudást és alkotó fantáziát ki tudták bontakoztatni, mert egyértelmű volt a kormányzati akarat, a döntéshozók is vagy szakemberek voltak, vagy hozzáértők véleménye alapján hozták meg döntéseiket.

Sajnos ezen a téren a hazai viszonyok sokat változtak. Akkoriban a világ legjobb, legfejlettebb mozdonyát és vontatási rendszerét nálunk fejlesztették ki és vezették be a gyakorlatban, és tőlünk terjedt el világszerte. Ennek mai megfelelője talán a mágneses lebegtetésű vasút lehet, aminek fejlesztésére ma a németek, japánok és kínaiak vállalkoznak.

Ma már ha nem is a legfejlettebb, de jónak minősíthető, a világon több helyen tömegesen gyártott villamos vontatójárművek hazai gyártásának a lehetősége is megszűnt, előállott a külföldről történő vásárlás kényszere.

Legyen ezen rövid prezentáció és tájékoztatás célja az, hogy felhívja a figyelmet múltunk még fellelhető kiemelkedő szellemi és tárgyi emlékeire, azok megbecsülésének fontosságára, és eljövendő vasúti fejlesztéseinket remélhetően kedvezően befolyásoló hatására.

3.

**A magyar vasútvillamosítás
folytatása Kandó munkássága
nyomán**

A magyar vasútvillamosítás folytatása Kandó munkássága nyomán

Év	Vonal-szám	Vonalszakasz		Feszültség, áramnem	Megjegyzés
1932	1	Budapest-Keleti–Komárom	1970-72-ig	16 kV 50 Hz	
1934	1	Komárom–Hegyeshalom	1970-72-ig	16 kV 50 Hz	
1956	80a	Keleti pályaudvar–Hatvan	1963-ig	16 kV 50 Hz	Már eleve 25 kV-os szerelvényekkel épült
1959	80	Hatvan–Vámosgyörk	1964-ig	16 kV 50 Hz	
1961	80	Vámosgyörk–Füzesabony	1965-ig	16 kV 50 Hz	
1962	80	Füzesabony–Miskolc-Tiszai		25 kV 50 Hz	
1965	12	Tatabánya–Oroszlány		25 kV 50 Hz	
1966	80	Miskolc-Tiszai–Mezőzombor		25 kV 50 Hz	
1967	100	Szerencs–Nyíregyháza		25 kV 50 Hz	
1967	100	Nyíregyháza–Záhony		25 kV 50 Hz	
1968	100a	Budapest–Cegléd		25 kV 50 Hz	
1969	100a	Cegléd–Szajol		25 kV 50 Hz	
1970	100	Szajol–Nyíregyháza		25 kV 50 Hz	
1971	70	Budapest–Szob államhatár		25 kV 50 Hz	
1971	92	Miskolc-Tiszai–Sajóecseg		25 kV 50 Hz	
1972	1T	Komárom-Déli–Komárom-Északi		25 kV 50 Hz	Érsekújvártól már 1969. szept. 27-én átadták
1973	120a	Budapest–Szolnok		25 kV 50 Hz	
1974	120	Szajol–Lőkösháza		25 kV 50 Hz	
1975	82	Hatvan–Újszász		25 kV 50 Hz	
1975	87a	Füzesabony–Eger		25 kV 50 Hz	
1976	1	Hegyeshalom–Hegyeshalom államhatár		15 kV 16 2/3 Hz	
1978	150	Budapest–Kunszentmiklós-Tass		25 kV 50 Hz	
1978	1d	Hegyeshalom–Rajka		25 kV 50 Hz	1976-tól Rajka közös szolgálatú üzemmódváltó állomás. Az államhatárig 1991-ben villamosítják

A 25 kV 50 Hz-es vasútvillamosítás folytatása

Év	Vonal-szám	Vonalszakasz	Feszültség, áramnem	Megjegyzés
1978	16	Hegyeshalom–Mosonszolnok	25 kV 50 Hz	
1979	150	Kunszentmiklós-Tass–Kelebia	25 kV 50 Hz	
1980	150	Kelebia–államhatár	25 kV 50 Hz	
1980	155	Kiskunhalas–Kiskunfélegyháza	25 kV 50 Hz	Szovjetunió és Jugoszlávia közötti áruforgalom számára villamosított vasútvonal
1980	140	Cegléd–Kiskunfélegyháza	25 kV 50 Hz	
1981	41, 60	Gyékényes–Gyékényes államhatár	25 kV 50 Hz	Szigetüzem, JŽ-vel közös üzemváltó állomásként
1982	140	Kiskunfélegyháza–Szeged	25 kV 50 Hz	
1983	40	Budapest–Sárbogárd	25 kV 50 Hz	
1983	30a	Budapest, Déli pályaudvar–Kelenföld	25 kV 50 Hz	
1983	92	Sajóecseg–Kazincbarcika	25 kV 50 Hz	
1984	40	Sárbogárd–Dombóvár	25 kV 50 Hz	
1984	85	Vámosgyörk–Gyöngyös	25 kV 50 Hz	
1985	40	Godisa–Pécs	25 kV 50 Hz	
1985	87	Eger–Eger-Felnémet	25 kV 50 Hz	
1987	8	Győr–Sopron	25 kV 50 Hz	
1988	8	Sopron–Sopron államhatár-Ebenfurt	25 kV 50 Hz	
1988	40	Dombóvár–Godisa	25 kV 50 Hz	
1990	26	Balatonszentgyörgy–Keszthely	25 kV 50 Hz	
1991	1d	Rajka–Rajka államhatár-Oroszvár	25 kV 50 Hz	
1997	90	Felsőzsolca–Hidasnémeti–államhatár	25 kV 50 Hz	
1999	71	Rákospalota–Újpest–Vácrátót–Vác	25 kV 50 Hz	1911-ben ez volt az ország első villamosított vasútvonala
1999	20	Székesfehérvár–Várpalota	25 kV 50 Hz	
2000	20	Várpalota–Szombathely	25 kV 50 Hz	
2001		Sopron–Sopronkeresztúr	25 kV 50 Hz	ÖBB vasút
2002	15	Sopron–Szombathely	25 kV 50 Hz	
2004	9	Nezsider–Fertőszentmiklós	25 kV 50 Hz	
2010	25	Bajánsenye–Boba	25 kV 50 Hz	
2010	21	Szombathely–Szentgotthárd	25 kV 50 Hz	
2015	16	Csorna–Porpác	25 kV 50 Hz	
2015	16	Mosonszolnok–Csorna	25 kV 50 Hz	

2 x 25 kV 50 Hz-es vasútvillamosítás Magyarországon

Év	Vonal-szám	Vonalszakasz	Feszültség, áramnem	Megjegyzés
1987	30a, 30	Kelenföld pályaudvar–Siófok	2×25 kV	Szabadbattyántól
1988	41	Dombóvár–Kaposvár	2×25 kV	Kospulától
1989	30	Siófok–Fonyód	2×25 kV	
1990	30	Fonyód–Balatonszentgyörgy	2×25 kV	
1992	41	Kaposvár–Somogyszob	2×25 kV	
1994	41	Somogyszob–Gyékényes	2×25 kV	
1995	60	Gyékényes–Murakeresztúr	2×25 kV	
1998	30	Balatonszentgyörgy–Nagykanizsa	2×25 kV	
1998	60	Nagykanizsa–Murakeresztúr	2×25 kV	

2 x 25 kV-tal villamosított vasútvonalak



- Keskeny nyomtávú vonal
- Mellékvonal
- Törzshálózati vonal
- Transz-európai fővonal
- Kétvágányú vonal
- Villamosított vonal
- MÁV vonal
- GYSEV vonal
- BHÉV vonal
- Egyéb vonal
- Felhagyott vonal
- Állomás*

* A térképen nincs feltüntetve az összes állomás!

Folyamatban levő és napjainban egyre gyakrabban emlegetett további vasútvillamosítási munkák

2017				
2016	17	Szombathely—Zalaszentiván	25 kV 50 Hz	elkészült
2017	2	Rákosrendező—Esztergom	25 kV 50 Hz	elkészült
2018	80c	Mezőzombor—Sátoraljaújhely—oh.	25 kV 50 Hz	várható befejezés 2019-06
????	135	Szeged - Hódmezővásárhely	25 kV 50 Hz	tram-train, a villamosítás elmaradt, hibrid villamosok
????	135	Hódmezővásárhely—Békéscsaba—Gyula	25 kV 50 Hz	
????	29	Székesfehérvár—Tapolca	25 kV 50 Hz	
????	26	Tapolca - Ukk	26 kV 50 Hz	
????	101	Püspökladány—Biharkeresztes	25 kV 50 Hz	
????	10	Győr—Celldömölk	25 kV 50 Hz	

Magyarország még villamosítandó vasútvonalai



4.

Oszlopok:
acél vagy pörgetett
vasbeton?

A pörgetett vasbeton oszlopok előnyei és hátrányai

Előnyök:

**az előállításuk olcsó,
a teherbírásuk, rugalmasságuk nagy,
nem rozsdásodnak, felületvédelemre nincs szükség,
karbantartást nem igényelnek,
szikraköz nem szükséges a biztosítóberendezés zavartalan működéséhez,
élettartamuk hosszú, mintegy 50 – 90 év,
környezeti károkra (villámcsapás) nem érzékenyek**

Hátrányok:

**nehezek, a tömegük a velük azonos teherbírású acéloszlopokénak 3 – 4-szerese is lehet,
szállításuk nehezkesebb, de emelőgép használata mindkét anyagú oszlopnál elkerülhetetlen,
ütésre, elejtésre sérülékenyebb**

A pörgetett vasbeton oszlopok és a horganyzott acéloszlopok alkalmazásának gazdasági hatása

Oszloptípusok		Pörgetett vasbeton oszlop (adatok E Ft-ban)		Horganyzott acéloszlop (adatok E Ft-ban)	
		Db	Egységár	Teljes ár	Egységár
Szavatolt élettartam		50 év külföldi adatok szerint 90 év		25 - 30 év ?	
Közbenső vonali oszlopok átlagos száma	12	127,0	1 524,0	237,0	2 844,0
Szakaszolás oszlopai					
Utánfeszítőket tartó oszlop	4	250,0	1 000,0	387,0	1548,0
Szakaszolás közbenső oszlop	4	200,0	800,0	363,0	1 452,0
A fix pont három oszlopa	1	609,0	609,0	789,0	789,0
Szikraköz	23	0,0	0,0	18,0	414,0
Összesen			3 933,0		7 047,0
Különbség (1 hosszlánc, 1 vágányú pálya)		3 114,0			
Különbség (1 hosszlánc, 2 vágányú pálya)		6 228,0			
Különbség (100 km 2 vágányú pálya)		415 200,0			

A „BM” típusú oszlopok felhasználási területe.

Oszlop típus	Alsó átmérő (mm)	Felső átmérő (mm)	Tömege (t)	Kúposág (%)	Beépítési terület tájékoztató jelleggel
BM 4/12	370	190	1,4	1,5	tartószerkezet
BM 6/12	415	225	1,65	1,5	tartószerkezet +tápvezeték
BM 10/12	460	280	2,0	1,5	fixpont kihorgonyzás + tápvezeték kettős tartószerkezet + tápvezeték
BM 20/12	500	320	2,45	1,5	feszítőmű + tápvezeték

A pörgetett vasbeton oszlopok alapozása

Az oszlopok gyártási hossza: 12,0 m

A pörgetett betonoszlopok alapozása is a MÁV-nál *rendszeresített hasáb típusú*

Az alapok a tervezés szerinti tömörített szerelő betonra elkészített, munkagödörbe elhelyezett 0,7x0,7x0,1 m méretű nyomólagra kerülnek felállításra az oszlop friss beton süllyedésének elkerülésére.

Az oszlopalap vasalása:

A beton alapban 2 db. radiál vasalás van, amely 900 mm átmérőjű, periodikus

Ø 16 mm acélból készül.

- az alsó vasalást – az oszlop alsó síkjától felfelé 100 mm – rel,**
- a felső vasalást – a beton alap felső síkjával párhuzamosan és alatta 100 mm – rel kell beépíteni, illetve olyan hosszban lehet gyártani, amit a pálya keresztmetszelve szükségessé tesz.**

Pörgetett vasbeton oszlopok





**Állomási szakaszolás
(DB)**

**pörgetett vasbeton
oszlopok
felhasználásával**



**Vonali szakaszolás
pörgetett vasbeton oszlopok felhasználásával**

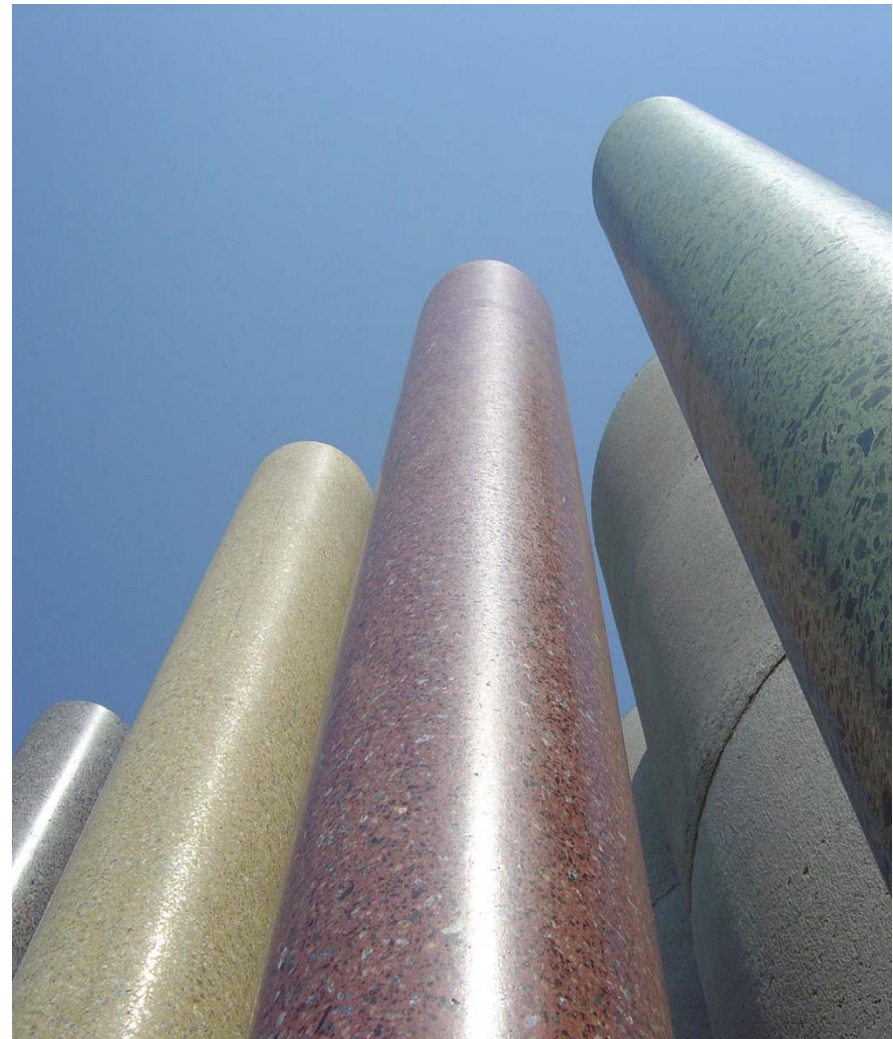
**Pörgetett vasbeton
oszlopok sodronyfékes
zuhanásgátlóval ellátott
utánfeszítő berendezéssel
és kihorgonyzással**



**Mi a hazai irányvonal
a nagy szilárdságú
betonoszlopok
használatával?**



**Tőcsavaros
leerősítésű vasbeton
oszlopok**



A környezethez igazodó színű vasbeton oszlopok választhatók: a jelenlegi színminták



ZEUS



DAPHNE



ODYSSEUS



ORPHEUS



HERA



APHRODITE



ADONIS



DIONYSOS

A környezethez igazodó színű vasbeton oszlopok választhatók: a jelenlegi színminták



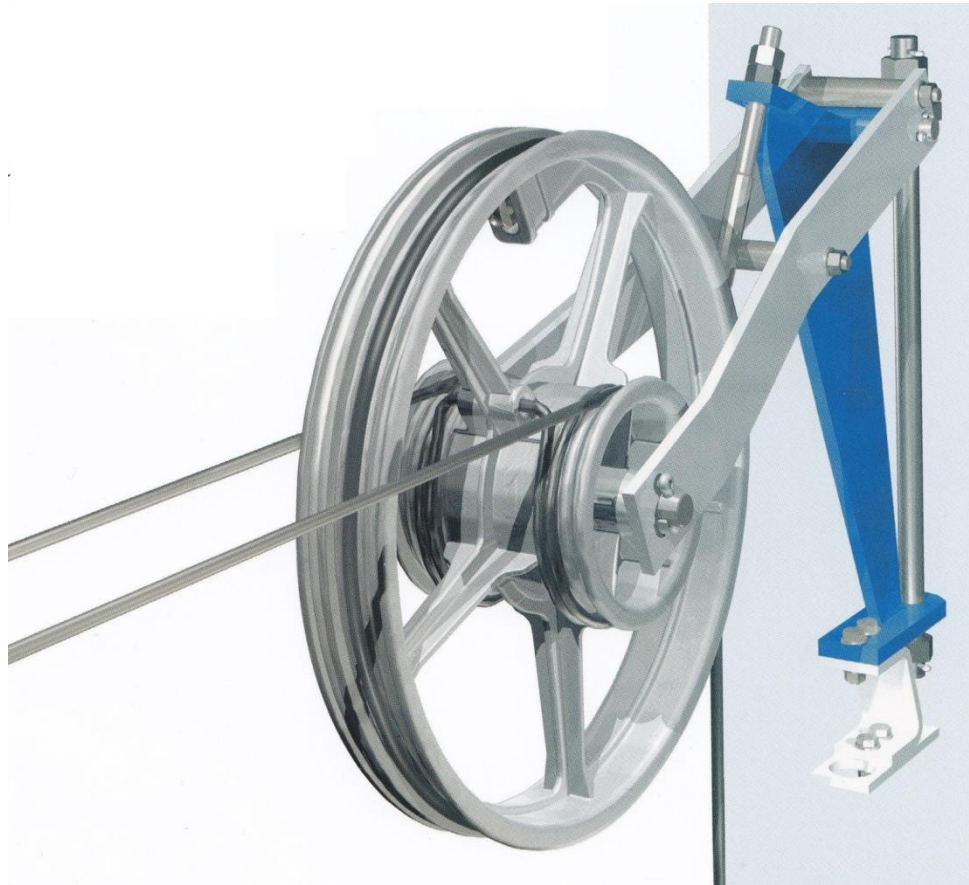
5.

Korszerű felsővezetési szerelvények

RIBE sodronyfészes zuhanásgátló
Furrer + Frey felső áramvezető sín
Japán és kínai felsővezetési tartószerkezet
Vákuum megszakító szakaszoló

RIBE sodronyfékes zuhanásgátlóval ellátott utánfeszítő

RIBE = **R**ichard **B**erger **E**lektroarmaturen GmbH & Co. KG
Központ: a Nürnberg melletti Schwabach városában



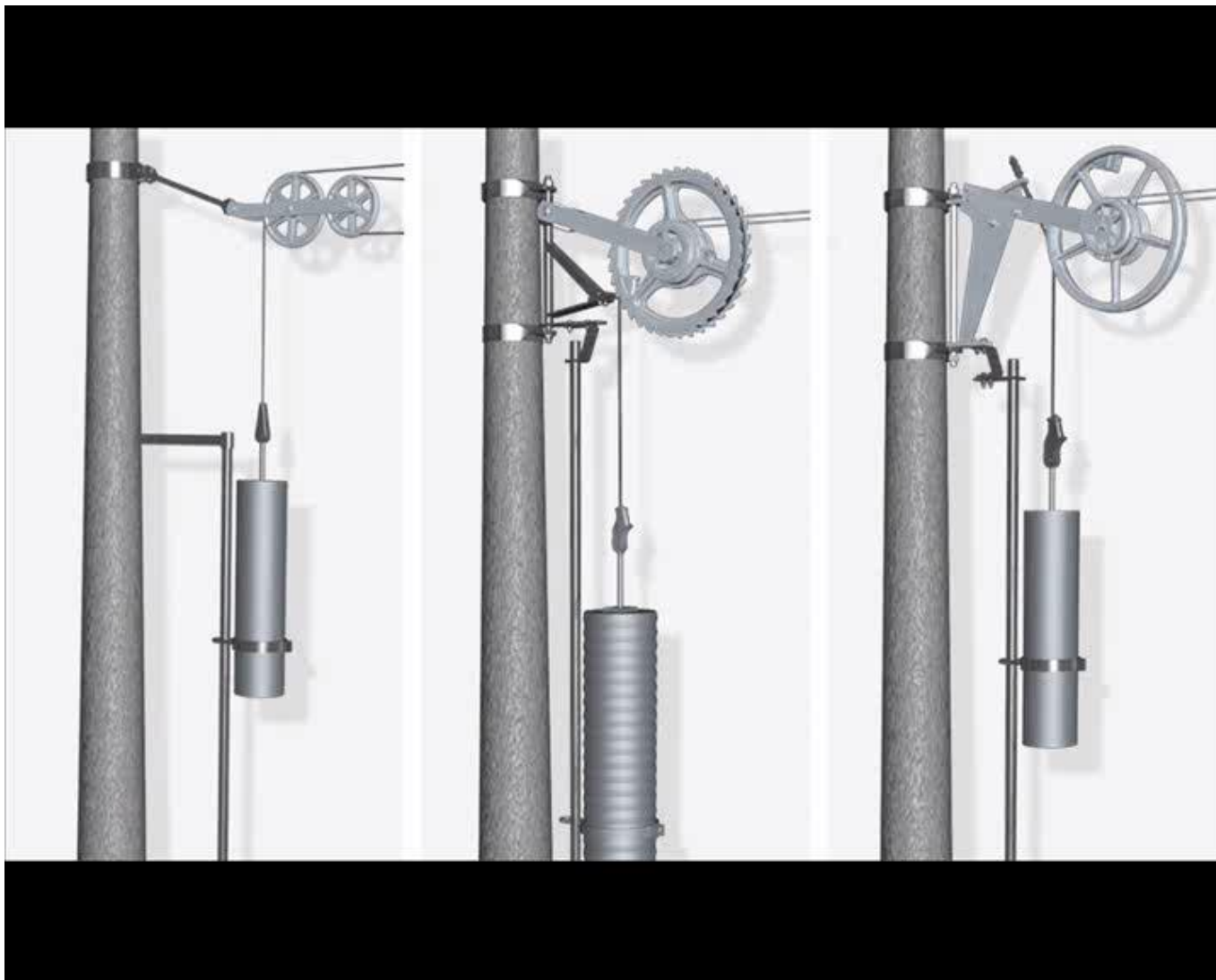
A sodronyfékes zuhanásgátlóval ellátott utánfeszítő berendezés lényeges tulajdonságai, jellemzői.

(idézet a MÁV rendszer megfelelőségi engedélyéből)

A felsővezetéki hosszláncok kb. 1500 méterenként feszítési hosszakra tagolódnak, ami biztosítja a hőmérsékletváltozásból adódó hőtágulás kezelését az utánfeszítő berendezések által.

A zuhanásgátlóval ellátott feszítőmű szerkezetnek biztosítani kell a villamos felsővezeték hosszlánc (tartósodronyon és munkavezetéken) meghatározott mechanikai feszítőerejét, valamint vezetékszakadás esetén a súlyok leesés elleni védelmét. A zuhanásgátló szerkezetnek maradandó alakváltozás nélkül kell elviselnie a megengedett üzemi igénybevételének 1,33-szorosát. A beépített zuhanásgátló berendezés karbantartást nem igényel.

A MÁV-nál sodronyfékes utánfeszítőmű került felszerelésre Püspökladány (kiz.) – Debrecen (kiz.) vonali felsővezetéki hálózatába.



Zuhanásgátlóval ellátott utánfeszítő berendezések működés közben

(a képre kattintva videobejátszás indul)

A sodronyfékes utánfeszítő előnyei

1.	Az üzemzavarkor fellépő dinamikus erők jóval kisebbek (fele-harmada), mint a fogaskerekes kivitelnél, ezért a meglévő oszlopokat kíméli, ill. az új oszlopok esetén a méretezéskor jelentős megtakarításokat lehet realizálni.
2.	Üzemzavar esetén nem károsodik a szerelvény, csupán a csillapítóhüvelyt kell kicserélni, míg a fogaskerekes kivitel esetében a fogak károsodása miatt az egész kerék cseréje szükséges lehet.
3.	A súlyok zuhanási hossza 8-10 cm.
4.	Az előző pontokban foglaltak következtében gyors helyreállítás gyors újbóli üzembe helyezés végezhető el.
5.	A csapágyat nem szükséges karbantartani.
6.	A vezeték szakadásához súlyos mechanikus sérülések nem társulnak a feszítőműnél.
7.	A feszítőmű 1:3 áttételével kevesebb betonsúly felszerelésével a feszítőerő változatlan marad.

A sodronyfékes utánfeszítő előnyei

A hosszláncok feszítőművei, amelyek egyben a zuhanásgátló feladatot is ellátják

A feszítő áttétele 1:3, míg a jelenleg használt feszítőműnél 1:2. Itt kevesebb a feszítő súlyok mennyisége.

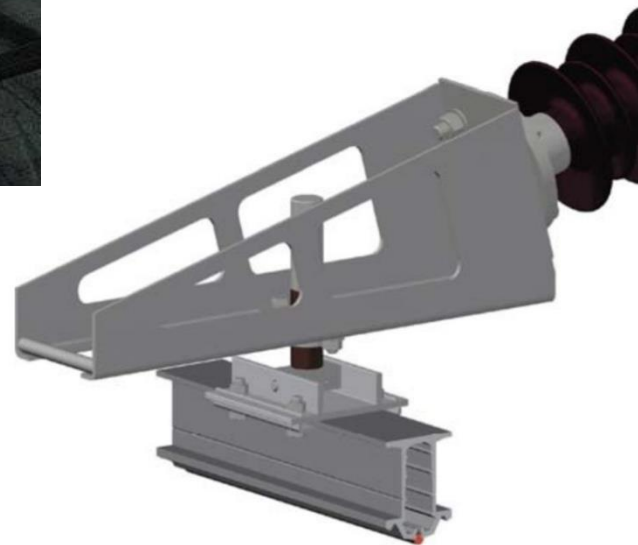
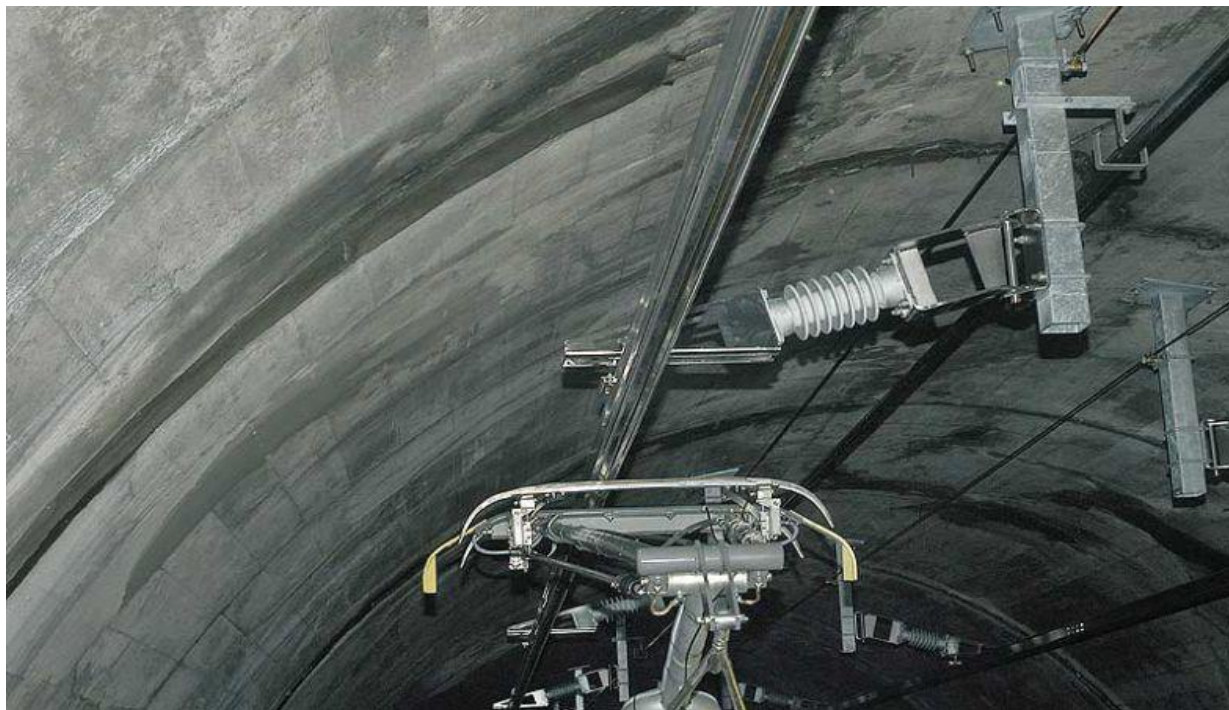
Az 1:2 feszítési áttétel 1:3 arányra módosulásával, fél hosszláncba az 1:2 áttételnél 32 db.,

az 1:3 áttételnél csak 22 db betonsúlyra van szükség.

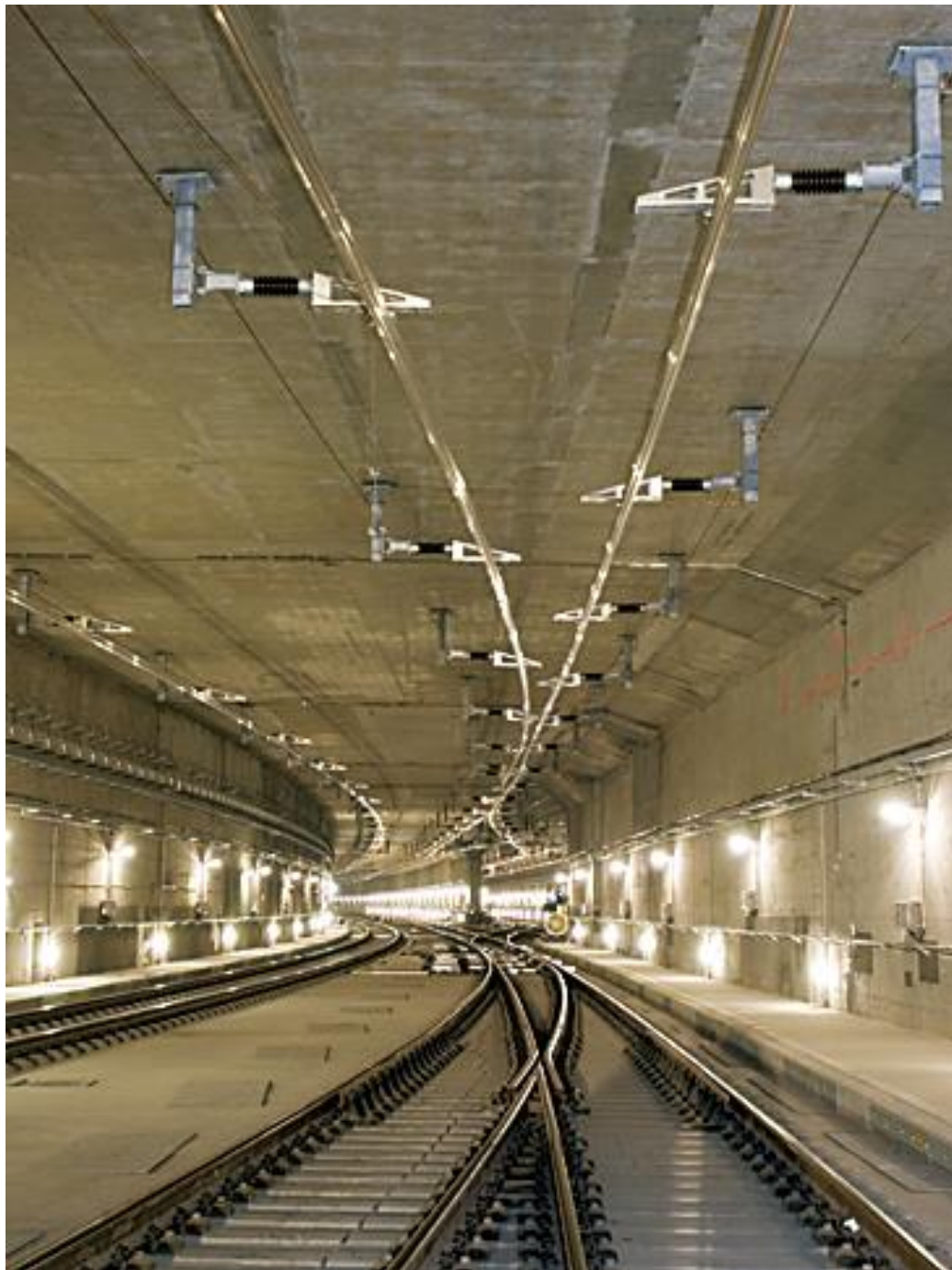
Erőtani szempontból szükséges volt az oszlop lehorgonyzást kétsodronyos kivitelben készíteni.

Furrer + Frey AG egyik jellemző terméke a felső áramvezető sín. Alagutak, aluljárók, raktárhelyiségek magassági méreteinek csökkentését teszi lehetővé

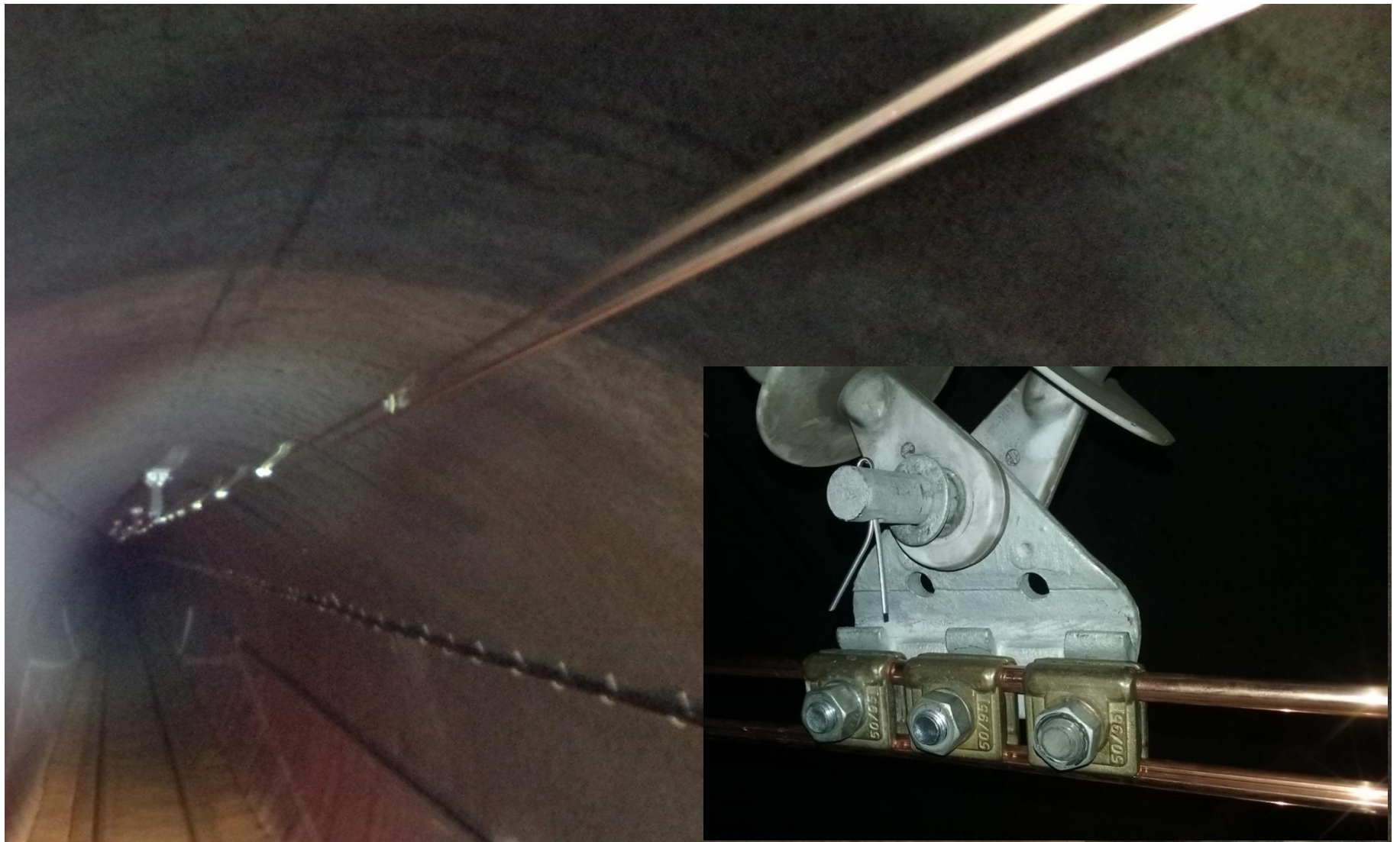




**Felső áramvezető sín: 1984-óta fejlesztik,
referencia világszerte sok száz felhasználási helyen, ezen
a képen alagútban**



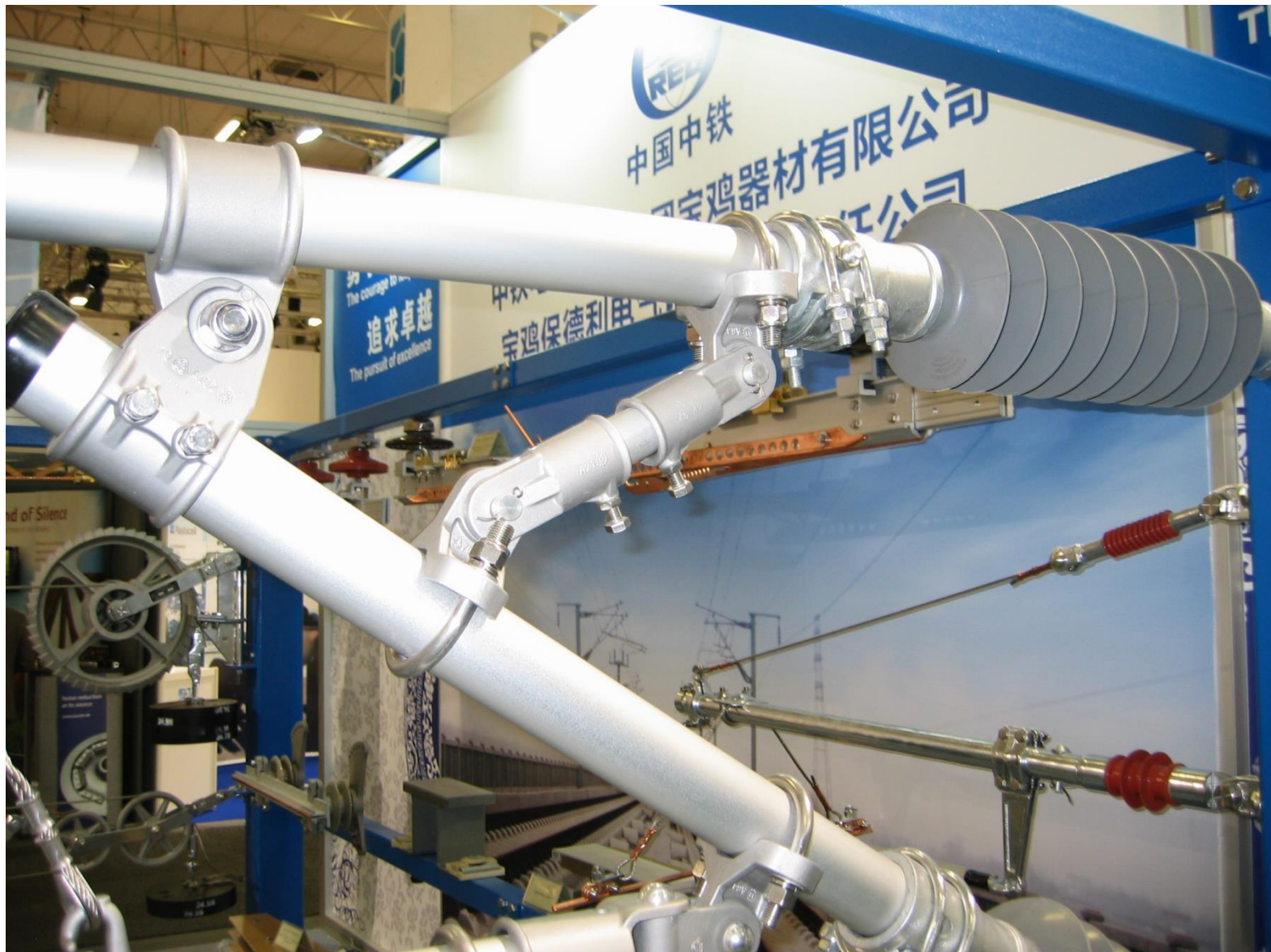
**Felső áramvezető
sínnel szerelt
létesítményben ma
már akár 250 km/óra
sebességgel is
haladhatnak a vonatok
(próbaüzemben 302
km/óra)**



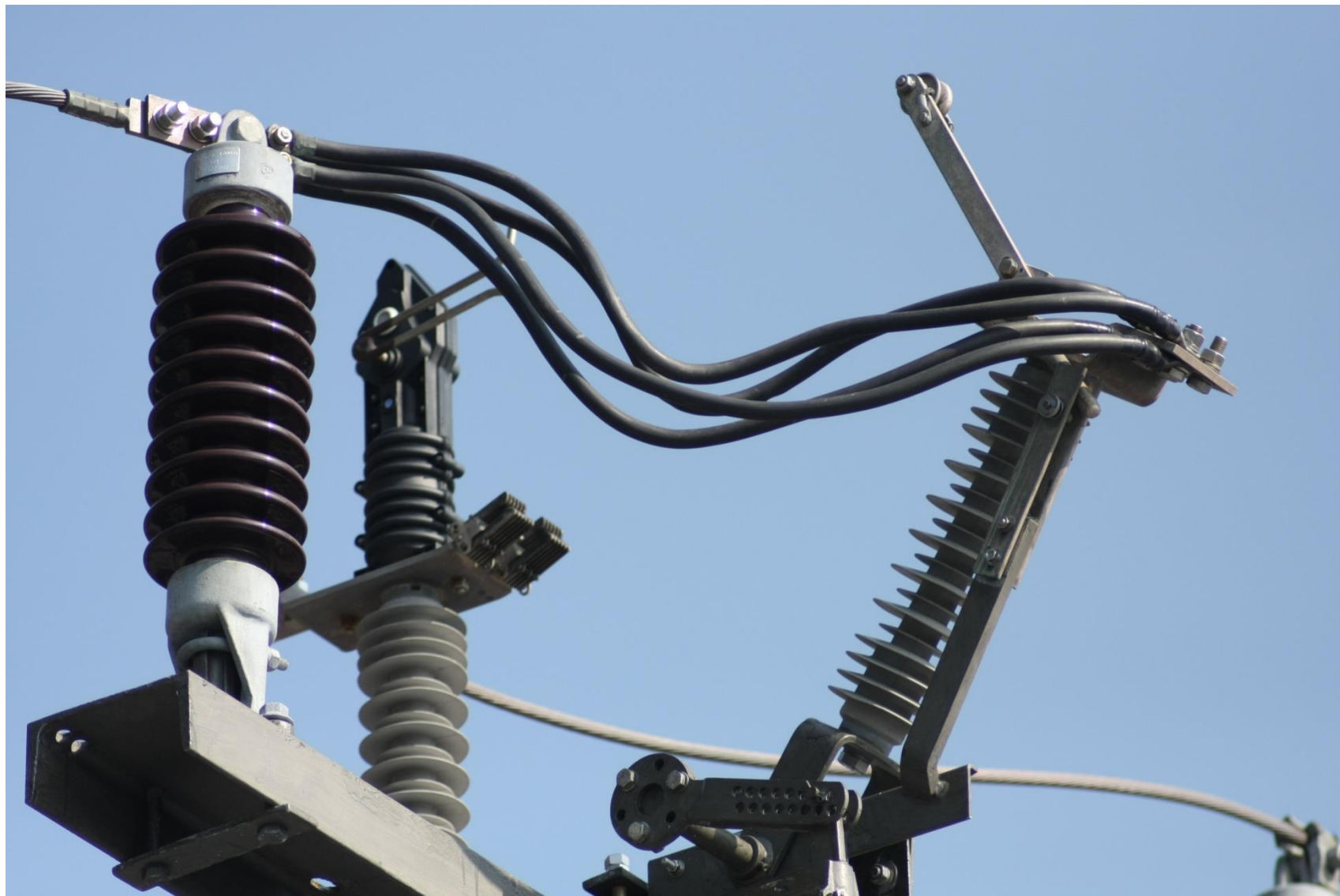
A hazai költségtakarékos, de az adott helyszínen és a szükséges sebességen tökéletes megoldás a munkavezeték megduplázása (piliscsabai alagút)



Japánban és Kínában használatos felsővezetéki tartószerkezet 200 km/óra feletti sebességű pályákon

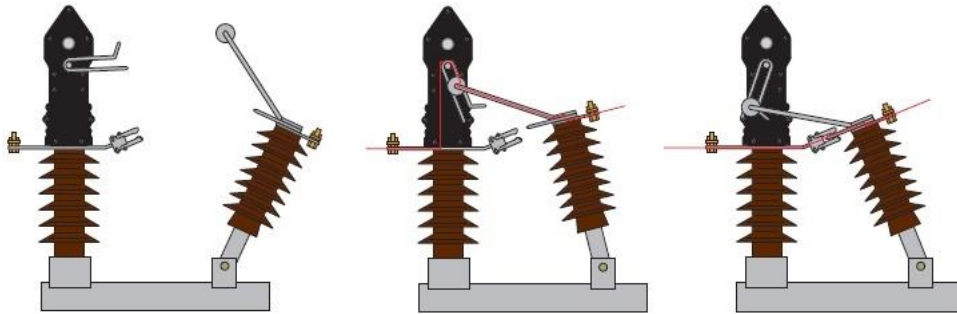


Japanban és Kínában használatos felsővezetési tartószerkezet 200 km/óra feletti sebességű pályákon

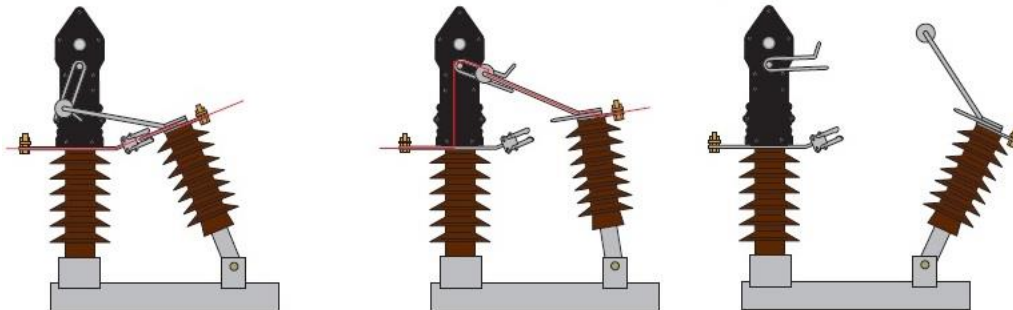


Vákuum megszakító szakaszoló

Bekapcsolási folyamat



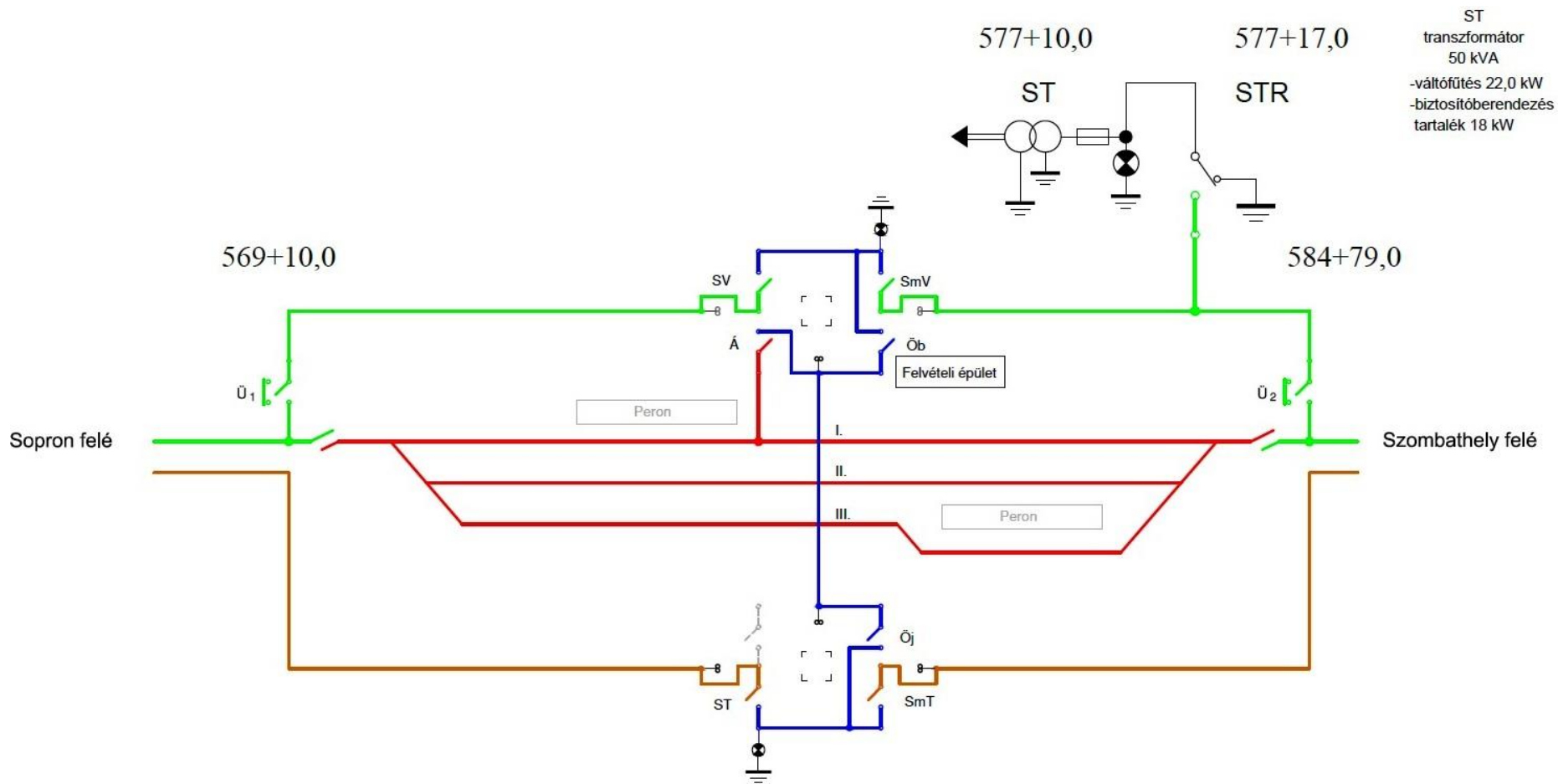
Kikapcsolási folyamat



Vákuum megszakító szakaszoló



A korszerű felsővezetéki szerelvények alkalmazása esetén lehetőség van a kapcsolóterek elhagyására



**Hazai példa a kapcsolókert elhagyására:
GYSEV Lövő állomás**