



## CSÁRÁDI JÁNOS

Okleveles közlekedésmérnök  
Okleveles gazdasági mérnök, Európa mérnök  
Nyugalmazott MÁV Vezérigazgató  
Hungarail Kft  
Ügyvezető igazgató

## A villamos vasutak fejlődése Magyarországon (2. rész)

### Összefoglaló

A Kandó-féle 50 periódusú fázisváltós rendszerű villamos mozdonyok, az I-D-1 tengely elrendezésű V40 és az F tengely elrendezésű V60 sorozatúak tervezés utáni gyártási munka 1931. február hónapban 85 évvel ezelőtt megkezdődött. A mozdonyok és az energiaellátó vasúti alállomások fővállalkozója a Ganz Villamossági Rt, az egyes főalkatrészek szállítója, mint alvállalkozó, az angol Metropolitan Vickers El. Co. Ltd cég volt.

A vonali hálózatot a MÁV terveinek alapján magáncégek gyártották és szerelték.

Cikkében a szerző felidézti a Kandó mozdonyok fejlesztésének előzményeit, Kandó Kálmán zseniális úttörő szerepét, amelyet az egyfázisú 50 Hz-es nagyvasúti villamos vontatásban elért és, amelynek eredményeképpen Magyarország évtizedekkel megelőzte vasút villamosításban a világot.

CSÁRÁDI, JÁNOS  
Dipl.-Ing. für Verkehr  
Dipl.-Ing. für Wirtschaft, Euroingenieur  
MÁV Generaldirektor i.R.  
Hungarail Kft, Geschäftsführer

### Die Entwicklung der elektrischen Traktion in Ungarn (Teil 2.)

#### Zusammenfassung

Vor 85 Jahren, im Februar 1931 hat man nach Abschluss der Konstruktionsarbeiten den Bau der elektrischen Lokomotiven – mit Achsanordnung I-D-1, BR.-Nr. V40 und mit Achsanordnung F, BR.-Nr. V60 - mit Phasenwandler System Kandó für 50Hz gestartet. Der Hauptunternehmer für die Lokomotiven und der Bahnunterwerke für Energieversorgung waren die Ganz Elektrotechnischen AG, die Lieferung von einzelnen Hauptkomponenten erfolgte durch die englische Firma Metropolitan Vickers El. Co. Ltd. als Subunternehmer.

Privatunternehmer haben den Bau und die Montage des Fahrleitungsnetzes sowie dessen Elemente erfolgte nach Plänen der MÁV durchgeführt.

Im Beitrag werden die Vorgeschichte der Entwicklung von Kandó-Lokomotiven, und die Pionierrolle von Kandó, Kálmán, des genialen Konstrukteurs, im Hinblick auf die elektrische Traktion für Vollbahnen mit 50 Hz behandelt, wodurch Ungarn für Jahrzehnte Spitzenreiter in der Welt am Gebiet der Bahnelektrifizierung war.

JÁNOS CSÁRÁDI  
Traffic engineer  
Economic engineer,  
EUR ENG  
Retired MÁV general director  
Executive director of Hungarail Ltd.

### Development of the Electric Railways in Hungary (Part 2.)

#### Summary

Having finished the design works, the production of the Kandó type 50 Hz cycle phase converter electric locomotives Class V40 of 2-8-2, and Class V60 of 0-12-0 wheel arrangements started 85 years ago, in February 1931. The Ganz Electric Company was the prime contractor for manufacturing the locomotives and the substations, and the English Metropolitan Vickers Co. supplied a part of the main equipment for the locomotives as the subcontractor.

The overhead contact line system was designed by MÁV experts and was built and installed by private companies.

The author recalls the events of the preliminaries in his article, which preceded and led up to the development of Kandó locomotives. He describes the role of Kálmán Kandó, the brilliant pioneer inventor of the 50 Hz cycle main line electric traction, and his activity by which Hungary preceded the World in the field of railway electrification by decades.

A szerző a Vasútgépészet 2016. 1. számában ismertette a Kandó mozdonyok fejlesztésének előzményeit, Kandó Kálmán zseniális úttörő szerepét, amelyet az egyfázisú 50 Hz-es nagyvasúti villamos vontatásban elért és, amelynek eredményeképpen Magyarország évtizedekkel megelőzte vasút villamosításban a világot. Az írás bemutatja az Alagi próbamozdonyt a V50-es fázisváltós mozdony fejlesztésének különlegességét az ún. Kandó háromszögnek nevezett szabadalom mozdonyba építését.

Felidézte az üzemi próbák sikerét, amely eredményeképpen 1928. augusztus 3-án az átalakított próbamozdony megkezdte sikeres pályafutását a Budapest – Alag vonalon.

A V50-es mozdony sikere nyomán 1928. november 30-án Hermann Miksa kereskedelemügyi miniszter meghozta a döntést, hogy a Budapest – Hegyeshalmi fővonalat 50 Hz 16 kV-ra kell kiépíteni és azon a Kandó-féle 50 Hz-es fázisváltós mozdonyokat üzemeltetni.

Ezt a villamosítási határozatot decemberében a kormány megerősítette.

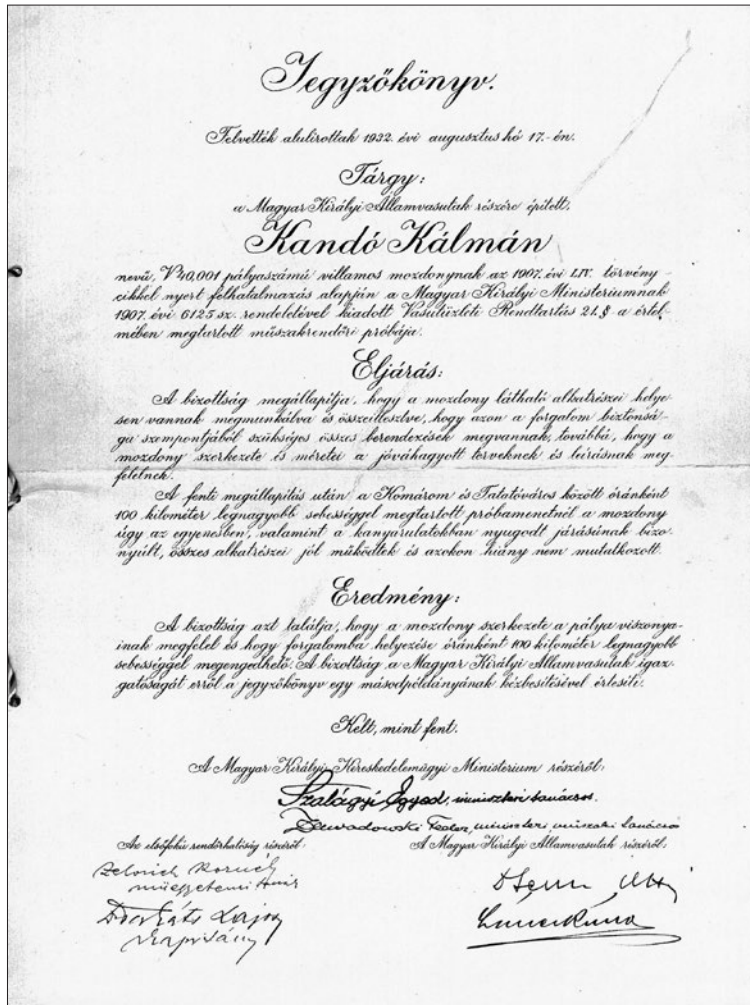
A kormányhatározat megvalósítása a magyar vasúti

járműipar két óriása a Ganz Villamossági, mind a MÁVAG szerkesztői összefogásával eredményre vezettek.

1930 áprilisában elkészült mind az „I-D-1”, mind az „F” tengelyelrendezésű mozdonyok összeállítási terve. (lásd a Vasútgépészet 2016. 1. számát 5. ábra, 6 ábra)

A mozdonygyártáshoz szükséges pénzügyi források angol hitelfolyósítás nehézségei, majd a fázisátalakító gyártását elvállaló English Electr Co Ltd. (E.E.C.) meghátrálása és kihátrálása miatt a magyar a villamos mozdonygyártás 1930-ban kritikus korszakot élt át. Szerencsére az E.E.C.E. kihátrálása után egy másik angol cég a Metropolitan Vickers Co. Ltd. a elvállalta mozdonygyártásban való részvételt. A szerződés kötésre, amelyre Kandó Kálmán súlyos léguti betegsége miatt nem utazott el, Londonban 1931. január 14-án került sor. A feltaláló zseni, Kandó Kálmán ezt már nem érthette meg, január 13-án elhunyt.

A pénzügyi nehézségek és a fázisátalakító gyártásának Metropolitan Vickers Co. Ltd általi elvállalása után a Kandó villamos mozdonyok gyártása 1931. I. negyedévében megkezdődött, a magyar Ganz Villamossági Gyár ipar fővállalkozásában a Metropolitan Vickers Co. alvállalkozásával.



10. ábra: A V40 001 hatósági vizsgajegyzőkönyv  
 Abb. 10: Lokomotive V40 001 – Behördliches Prüfprotokoll  
 Fig 10: The official protocol recorded at the authority test run of the electric locomotive No. V40,001

Az első V40, 001 pályaszámú villamos mozdony a sikeres vonali próbák után 1932. augusztus 17-én megtartott bizottság előtti műszaki rendezési próbán kitűnően vizsgázott. A bizottság a Magyar Királyi Kereskedelemügyi Minisztérium, Magyar Királyi Államvasutak Elsőfokú Rendőrhatóság felelős vezetőiből állt.

A Kándó féle V40 főbb műszaki paraméterei: A MÁV V40 sorozatú 1 D 1 tengelyelrendezésű fázisváltós univerzális villamos mozdony legnagyobb sebessége 100km/h volt. A mozdony 2500 LE (1839kW) állandó teljesítmény leadására volt képes. A mozdony hajtott kerekeinek átmérője 1660 mm volt. Tengelyterhelése 18,4 tonna/tengely. Menetkész tömege: 97,7 tonna.

Hossza ütközők között: 13830 mm. A vontatómotor típusa, többfázisú indukciós motor, primer tekercseléssel a forgórészen. A hajtásrendszere: forgattyús + vakforgattyús, rudazatos hajtás, Kándó féle izosztatikuss konstrukció.

A mozdonytípus jellegzetessége: A mozdony sorozatot a hegyeshalmi fővonal személy és gyorsvonatnak továbbítására rendelte meg a MÁV. A Kándó rendszer a világon először tette lehetővé a vontatás országos villamos energia hálózatból való táplálását. A mozdonytípus a Ganz és a MÁVAG közös terméke volt. A 16 kV 50 Hz-es felsővezeték áramot a fázisváltó 1000 V, háromfázisú váltakozó árammá alakította. A mozdonyba szerelt egyetlen csúszógyűrűs vontatómotor pólusszámának átkapcsolásával a mozdony szinkronsebessége (utazósebessége) 25, 50, 75 és 100 km/h volt. A vontatómotor a négy hajtott kerékpárt ún. Kándó-féle rudazattal hajtotta. A mozdony szinkron sebességei kedvező, sebességtartó vontatást eredményeztek, ezért – adott menetrendben közlekedve – más mozdonytípusokhoz viszonyítva rövidebb menetidőt teljesítettek. A mozdonytípus tehervonatok továbbítására is bevált.

A Kándó féle V60 főbb műszaki paraméterei: A MÁV V60 sorozatú F tengelyelrendezésű fázisváltós tehervonati villamos mozdony legnagyobb sebessége 68 km/h volt. A mozdony 2500 LE (1839 kW) állandó teljesítmény leadására volt képes. A mozdony hajtott kerekeinek átmérője 1150 mm, tengelyterhelése 17,7 tonna/tengely. menetkész tömege: 97,7 tonna.

Hossza ütközők között: 13570 mm. A vontatómotor típusa, sokfázisú indukciós motor, primer tekercseléssel a forgórészen.



11. ábra: A Kándó V40 006 muzeális célú megőrzött mozdony a magyar vasúttörténeti parkban kiállítva ma is megtekinthető  
 Abb. 11: Elektrische Lokomotive „Kándó V40 006” für Museumszwecke – ausgestellt und zugänglich im Park für Eisenbahngeschichte in Ungarn  
 Fig 11: Kándó system electric locomotive No. V40,006 preserved as museums piece and exhibited in the Hungarian Railway Museum



12. ábra: Kandó V60 villamos mozdony látképe  
 Abb. 12: Elektrische Lokomotive „Kandó V60” - Ansicht  
 Fig 12: Kandó system electric locomotive class V60

A hajtásrendszere: forgattyús + vakforgattyús rudazatos hajtás, Kandó féle izosztatikus konstrukció.

A V60-as jellegzetessége, a V40-estől való eltérése, a MÁVAG-ban gyártott alváz, futómű és hajtóműkonstrukció. Valamennyi kerékpárja kapcsolt szerkezetű volt, ez megnövelte a karbantartási igényt, és mivel a V40-es tehervonati szolgálatra is bevált, a V60-sból csak 3 készült el.

A MÁV V 55-ös sorozatú villamos mozdonyok prototípusait a MÁVAG és a Ganz villamossági Művek gyártotta 1950, és 1952. évben. A Bo' Co' tengelyelrendezésű fázis és periódusváltós univerzális villamos mozdonyok két prototípusa készült. A pólusok számának növelését a vontatómotorok kialakítása nem tette lehetővé, ezért a periódusváltót növelték meg. A tervező Rathovszky György a frekvenciaváltás mellett döntött. Az áramátalakító gépcsoport a felsővezeték 16 kV 50 Hz egy fázisú feszültséget először a fázisváltó 3 fázisú 50 Hz feszültséggé, majd a periódusváltó a frekvenciáját a kívánt üzemállapotnak megfelelően alakította át. A V 55-ös fázisváltó szerkezete



14. ábra: V40-es géptér részlet  
 Abb. 14.: Elektrische Lokomotive V40 – Maschinenraum – Detail  
 Fig 14: Part of the engine room locomotives class V40



13. ábra: A V40-s vezetőpult részlete  
 Abb. 13: Elektrische Lokomotive V40 – Fahrerpult-Detail  
 Fig 13: Driver's desk of the locomotives class V40

lényegében megegyezett a V40 sorozatú mozdonyok fázisváltójával, de a nagyobb teljesítmény miatt hosszabb lett.

A mozdony 3200 LE (2354 kW) órás teljesítmény leadására volt képes. Legnagyobb sebessége 125 km/h volt. A mozdony hajtott kerekeinek átmérője 1040 mm volt. Tengelyterhelése 17,0 tonna/tengely, menetkész tömege: 85 tonna.

Hossza ütközők között: 14600 mm. A vontatómotor típusa, Ganz HA 490/420/6A hajtásrendszere: egyfokozatú homlokfogaskerékpár.

A prototípusok eredményeinek felhasználásával építettek meg a sorozat járműveit 1954-1957 között. A mozdony tömegét 91,6 tonnára emelték fel. A tengelyterhelés így 19 tonna/tengely lett. A sorozat a prototípustól eltérő külső megjelenést, formát, színezést és ablakokat kapott.



15. ábra: V55-ös muzeális célú megőrzött mozdony a magyar vasúttörténelmi parkban kiállítva ma is megtekinthető (a sorozat jármű jellegzetességét mutatja)  
 Abb. 15: Elektrische Lokomotive V55 für Museumszwecke – ausgestellt und zugänglich im Park für Eisenbahngeschichte in Ungarn (dieses Fahrzeug zeigt die Eigenartigkeit der Baureihe)  
 Fig 15: Electric locomotive class V55, preserved as museums piece and exhibited in the Hungarian Railway Museum as the last existing piece of the series.

A mozdonyozó forgóváz konstrukciója miatt a vontatómotorokat a fogóvázban helyezték el. A típus jellegzetessége az aszimmetrikus futómű konstrukció, egy kéttengelyes és egy háromtengelyes forgóváz együttes alkalmazása, a másik újdonsága az önhordó, két vezetőfülkés mozdonyszekrény volt.

### A Kandó mozdonyokkal történő vontatás gazdaságossága:

Miért is törekedett Kandó Kálmán az egyfázisú ipari frekvenciás vontatás hazai meghonosítására. A kérdésre keressük Kandó választát, ezért vizsgáljuk meg a bemutatott Kandó V40-est energetikai szempontból.

Hátrány: a fázis- és periódusváltós mozdony hatásfoka a kétszeres energiaátalakítás miatt vontatásnál a szakirodalom szerint kedvezőtlenebb mintegy 8-10%-kal alacsonyabb volt, mint a korabeli egyenáramú vagy 16 2/3 Hz váltakozó áramú vontatásé.

### Előnyök:

1. A Kandó mozdonyok emelkedőkkel tarkított vonalakon történő üzemeltetése az energia visszatáplálás képessége miatt csökkentette az energiaveszteség ablakot és energetikailag kedvezőbbé tette a Kandó mozdonyokat vetélytársainál.
2. A Kandó által alkalmazott és korát megelőző üzem körülmények között kipróbált váltakozó áramú vontatómotorok az akkori szabályozástechnika korlátai között is sikeresnek bizonyultak.
3. A villamos vontatás telepített berendezéseinek kiépítési költsége, az állomások telepítésének szükséges gyakorisága, továbbá a felsővezeték rendszer üzemeltetés költségeit összehasonlítva, a számítások szerint és a gyakorlat által visszaigazoltan az egy fázisú 50 Hz-es villamos vontatás markáns előnyeit mutatják.
4. Kandónak köszönhetően a MÁV nem tévedt tévútra, vagyis nem az egyenáramú és nem is a 16 2/3 Hz-es rendszert választotta.

### Következtetés:

A vasút fejlesztők, beruházók, a Kandó által feltalált 50 Hz-es egy fázisú vontatási rendszerben rejlő gazdasági előnyöket több évtizeddel Kandó-rendszer magyarországi bevezetése után fokozatosan elismerték és ma már senki nem vitatja.

Az aszinkron és szinkron motorok vasútüzemi alkalmazása kiszorította az egyenáramú soros motorokat, az IGBT-s szabályozástechnika további előnyöket biztosít a váltakozó áramú, egyfázisú ipari periódusú villamos vontatásnak.

### A Kandó mozdonyok közforgalomból kivonása

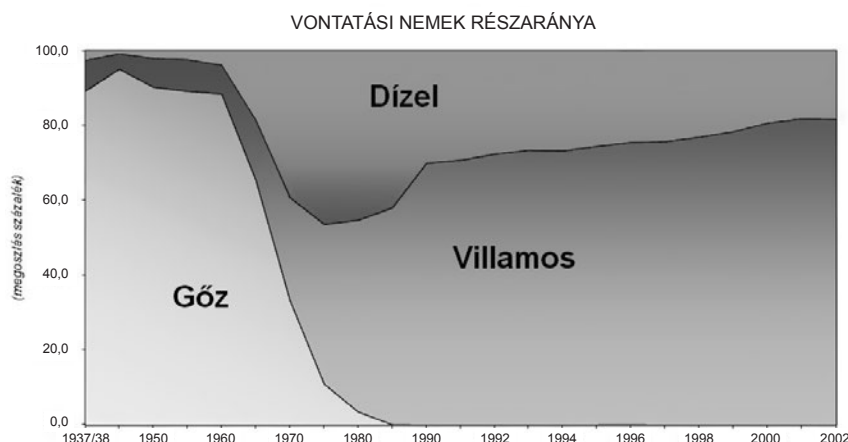
Sorozat	Gyártva (év)	Mennyiség (db)	Közforgalomból kivonva
V40	1932-1941	29	1967.
V60	1932-1938	3	1967.
V55	1950-1957	12	1967

### Kandó vasút villamosítás statisztikája

A cikkben ismertetett 1923-ban üzembe helyezett prototípus V50-es fázisváltós mozdonyon 1928-ra Kandó által megtervezett és végrehajtott módosítások után megkezdődött Budapest – Alag között a kísérleti üzem, amely 1928-1931 között teljesített több mint 61 ezer km futásteljesítménnyel sikeresen befejeződött.

Ez után 1932 szeptemberében kezdődött meg Budapest – Komárom között a 16kV 50 Hz-es villamos vontatás a V40 sorozatú mozdonyal. A hegyeshalmi vonal villamosítása 1934 októberében fejeződött be. A V40 és V60-as sorozatú mozdonyok 1937-1955-ig az egyeduralkodóként produkálták a MÁV villamos szállítási teljesítményét.

A Hegyeshalmi vonal villamosításának és a Kandó féle V40, V60, mozdonyok üzembe helyezésének hatását a vontatási nemek részarányára a MÁV hálózaton az 1. és a 2. táblázat mutatja.



16. ábra: A vontatási nemek részarányának alakulása a MÁV-nál 1937-től

Év	Gőz %	Villamos %	Dízel %	Összes*
1937	89,1	8,3	2,6	100
1946	95	4,1	0,9	100
1950	90,2	7,7	2,1	100
1955	89,1	8,5	2,4	100
1960	88,4	7,7	3,9	100
1965	65,4	16	18,6	100
1970	33,3	27,4	39,3	100
1975	11	42,6	46,4	100

\*Megjegyzés: A vontatási nemek részaránya a teljesített 100 elegendő kilométerből %-ban

1. táblázat: A vontatási nemek részarányának alakulása a MÁV hálózaton 1937-1970

Az 1950-1957 között üzembeállított 12 db V55-ös nem bizonyult sikeres sorozatnak, kedvezőtlen üzemkészsgű járművek voltak. A V41 sorozat 1959-től a V42 sorozat pedig 1964-től állt a MÁV szolgálatába. A MÁV hálózatán dinamikusan növekvő szállítási igényeket a hatvanas években nagy darabszámban beszerzett dízel és villamos mozdonyok elégítették ki.

Befejezésül bemutatjuk, hogy naturálisban mekkora volt az elszállított eleytonnában és ezen belül a villamos vontatásban az első táblázat %-os értékei:

Év	összes (millió)	villamos (millió)*
1937.	11995	995,6
1946.	6752	276,8
1950.	18709	1440,6
1955.	28593	2430,4
1965.	49324	7891,8
1975.	65919	28081,5

\*Megjegyzés: millió eleytonna kilométer

2. táblázat: A MÁV összes eleytonna kilométer teljesítménye és a villamos vontatás szállítási teljesítményének alakulása 1937-1975-ig.

Kandó Kálmán vasút villamosítási eszmeiségét, az 50 Hz-es vasút villamosítás jelentőségét a kőolaj árak 1970-es évek elejétől megtapasztalt folyamatos emelkedése felértékelte. 1975 után a MÁV-nál a villamosításnak köszönhetően megkezdődött a dízelvontatás térvesztése, a dízelek vontatási feladatainak csökkenése. Magyarországon a villamos vontatás térhódítása 1937 óta kisebb döccenők ellenére megállíthatatlan.

*Irodalomjegyzék:*

*Ganz és Társa, Nagyvasutak elektromos vontatása (Budapest 1901, Pátria)*

*Ganz Villamossági Közlemények*

*Villamos Vontatás II. Egyetemi tankönyv (Verebely László, Sztokay Pál)*

*Nagyvasúti vontatójárművek Magyarországon (Közlekedési Múzeum Budapest, 1984.)*

*MÁV Vontatójármű Album (MÁV Vezérigazgatóság Mezei István, Lovas József)*

*MÁV Statisztikai zsebkönyvek*

## VASÚTFEJLESZTÉS ÉS VONALVILLAMOSÍTÁS HÍREI

### A GYSEV villamosítja a

#### Szombathely – Zalaszentiván vasútvonalat.

Mint ismeretes 2015 novemberében eredményesen lezárt a Győr-Sopron-Ebenfurti Vasút Zrt. által üzemeltetett Szombathely és Zalaszentiván közötti vasútvonal villamosítására kiírt nyílt közbeszerzés. A tendert a Hegyhát Konzorcium nyerte nettó 13 milliárd 299 millió forinttal, jelent meg a közbeszerzési értesítőben.

A GYSEV Zrt. idén márciusban jelentette be, hogy megkezdődött a 48 km-es Szombathely–Zalaszentiván vonalszakasz villamosítása. A projekt keretében jelentős pályavasúti munkákat is el kell végezni: több helyen szükséges a vágányok teljes cseréje, illetve áthelyezése. A munkálatok során hét vasúti útátjáró átépítését is elvégzik a szakemberek. A vonal állomásain és megállóhelyein új, 55 cm magas utasperonok létesülnek, padokkal, esőbeállókkal, járdákkal és kerékpártárolókkal.

Az összetett munkálatok hatékony elvégzése érdekében a vasúttársaság három hónapos időszakra a teljes kizárásos vágányzár bevezetése mellett döntött. Ez azt jelenti, hogy 2016. május 17-e és augusztus 15-e között szünetel a vasúti közlekedés Szombathely és Zalaszentiván között. Az utasokat vonatpótló autóbuszok szállítják, a tehervonatok pedig kerülő úton közlekednek.

### A GYSEV Zrt. megvásárolta a Fertővidéki

#### Helyi Érdekű Vasút Zrt.-t

A GYSEV Zrt. megvásárolta a Fertővidéki Helyi Érdekű Vasút Zrt.-t (FHÉV) az NSB GmbH osztrák gazdasági társaságtól. Így az FHÉV Zrt. Fertőszentmiklós és Pamhagen (Pomogy) közötti, 11 kilométeres, magyarországi szakasza a soproni székhelyű vasúttársaság tulajdonába került. Az FHÉV magyarországi és ausztriai szakaszának üzemeltetését az eddigi gyakorlatnak megfelelően a továbbiakban is a GYSEV Zrt. végzi.

A Fertővidéki Helyi Érdekű Vasút Zrt. eredetileg Celldömölk (Kisczell) állomásról Eszterháza–Fertőszentmiklósra keresztül Parndorfing nyúló 111 km hosszú vasútvonalán 1897-ben indult meg a forgalom. A trianoni békeszerződés után a pálya 38 km-es szakasza Ausztriához került. A magyarországi vonal nagy részét 1979-ben megszüntették, azóta Fertőszentmiklóst és az ausztriai Neusiedl am See (Nezsider) települést köti össze a vasútvonal. A vonalat a kezdetektől fogva, azaz 118 éve mind a magyarországi, mind az ausztriai részen a GYSEV Zrt. üzemelteti.

A vonal villamosítása 2004-re készült el –jóllehet a magyar áramrendszerrel, a vonalon az ÖBB (Osztrák Vasúttársaság) kétáramnemű szerelvényei is közlekednek. A közszolgáltatási személyszállítást a GYSEV Zrt. biztosítja, az ÖBB-től bérelt villamos motorvonatokkal és ingavonatokkal.