

## MŰSZAKI SZEMLE

28. szám, 2004.

### Szerkesztőbizottság elnöke / President of Editing Committee

Dr. Köllő Gábor

### Szerkesztőbizottság tagjai / Editing Committee

Dr. Balázs L. György – HU,  
Dr. Biró Károly Ágoston – RO,  
Dr. Csibi Vencel-József – RO,  
Dr. Fedák László – UA,  
Dr. Kása Zoltán – RO,  
Dr. Kászonyi Gábor – HU,  
Dr. Majdik Kornélia – RO,  
Dr. Maros Dezső – RO,  
Dr. Nagy László – RO,  
Dr. Péics Hajnalka – YU,  
Dr. Pungor Ernő – HU,  
Dr. Puskás Ferenc – RO,  
Dr. Puztai Kálmán – RO,  
Dr. Ribár Béla – YU,  
Dr. Szalay György – SK,  
Dr. Turchany Guy – CH

### Kiadja / Editor

Erdélyi Magyar Műszaki  
Tudományos Társaság – EMT  
Societatea Maghiară Tehnico-Științifică  
din Transilvania  
Ungarische Technisch-Wissenschaftliche  
Gesellschaft in Siebenbürgen  
Hungarian Technical Scientific Society  
of Transylvania

### Felelős kiadó / Managing Editor

Dr. Köllő Gábor

### A szerkesztőség címe / Address

Romania  
400604 Cluj, Kolozsvar  
B-dul 21. Decembrie 1989., nr. 116.  
Tel/fax: 40-264-590825, 594042  
Levél cím: RO – 400750 Cluj, C.P. 1-140.

### Nyomda / Printing

Incitato Kft.

**ISSN 1454-0746**

A kiadvány megjelenését támogatta



Illyés Közalapítvány – Budapest

Oktatási és Kutatási Minisztérium – Bukarest



COMMUNITAS  
ALAPÍTVÁNY

Communitas Alapítvány – Kolozsvár

## Tartalomjegyzék – Cuprins – Content

- Horváth Ferenc, Kubinszky Mihály** 11  
A Magyar Királyi Államvasutak építkezései Erdély területén  
Construcțiile de cai ferate în Transilvania  
Railway Construction in Transilvania
- Kontra Jenő** 17  
A városi távfűtés korszerűsítése kapcsolt energiatermeléssel  
Consumul de energie în modernizarea sistemului de încălzire urbană  
Modernization of District Heating of Cities  
by Conjugated Energy Production
- Petru Moga, Köllő Gábor, Ștefan Guțiu** 22  
Az acélgerendák övlemezének aktív szélessége  
az EUROCODE 3-2 szabványnak megfelelően  
Lățimea activă a tălpilor grinzilor metalice  
în conformitate cu normativul EUROCODE 3-2  
Steel Girders with Wide Flanges.  
Effective width According to EUROCODE 3-2
- Nemes Gábor** 25  
Sűrűrealizmus a magyar építészeti grafikában  
Suprerealism in arhitectura maghiară  
Surrealism in the Hungarian Architectural Graphic
- Szász Csaba** 31  
Az állandómágnesez hibrid léptetőmotor vezérlése  
csúszómodban működő szabályozóval  
Comanda motorului pas cu pas hibrid  
cu regulatoare în regim de alunecare  
Sliding-mode Control of PM-hybrid Stepper Motor
- Üveges Gábor** 38  
Kép architektúrája és az architektura képe  
Derékszög és hullámvonal, ráció és érzelem  
Arhitectura imaginii și imaginea arhitecturii  
The Architecture of Picture and the Picture of Architecture  
Right Angle and Waving Line, Rationality and Emotion
- Váradiné Szarka Angéla** 42  
Frekvenciaváltós aszinkron motorok elektromágnesez eredetű  
rezgéseinek vizsgálata  
Analiza vibrațiilor electromecanice ale motoarelor de inducție  
alimentate prin convertoare statice de frecvență  
Vibration Analysis of Inverter Fed Induction Motor Drives

[www.emt.ro](http://www.emt.ro)

[emt@emt.ro](mailto:emt@emt.ro)

## A Műszaki Szemle szerkesztőbizottsága

### Editing Committee



*Név / Name:* **BALÁZS L. GYÖRGY** **HU**

*Születési dátum és hely / Date and place of birth:*

– 1958.04.27., Budapest, HU

*Jelenlegi munkahely / Current main job:*

– Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék  
Budapest University of Technology and Economics, Dept. of Construction Materials and Engineering Geology

*Beosztás / Position:*

– egyetemi tanár, tanszékvezető / professor, head of department

*Tudományos fokozat / Scientific degree:*

– Műszaki Tudományok Doktora / PhD, 1988

*Szakterület / Professional and research interests:*

– Építőanyagok, vasbeton, feszítettbeton, betonszerkezetek

Experimental and theoretical studies; material properties including fatigue, creep, damage accumulation and durability aspects; high performance concrete (HPC); fiber reinforced concrete (FRC), non-metallic (FRP) reinforcements, prestressing or strengthening with FRP; bond of reinforcing bars and prestressing tendons, cracking and deformation of concrete members, quality control and quality assurance, repair and strengthening methods, new materials and construction technologies.

*Tudományos intézeti tagság / Scientific board membership:*

– Fédération International de la Précontraint, FIP

– Comité Euro-International du Béton, CEB

– Fédération International du Béton,

– fib – magyar tagozatának elnöke

– American Concrete Institute, ACI

– Építéstudományi Egyesület

– Közlekedéstudományi Egyesület

*Tudományos tevékenység, publikációk / Publications:*

– több mint 170 tudományos cikk / more than 170 scientific articles

– több mint 123 előadás nemzetközi konferenciákon / more than 123 scientific presentations on international conferences



*Név / Name:* **BIRÓ KÁROLY ÁGOSTON** **RO**

*Születési dátum és hely / Date and place of birth:*

– 1941.05.29., Szentegyháza/Vlăhîța, RO

*Jelenlegi munkahely / Current main job:*

– Kolozsvári Műszaki Egyetem, Villamos Gépek, Marketing és Management Tanszék  
Technical University of Cluj-Napoca, Electrical Machines,  
Management & Marketing Department

*Beosztás / Position:*

– egyetemi tanár, tanszékvezető / professor, head of department

*Tudományos fokozat / Scientific degree:*

– Műszaki Tudományok Doktora / PhD, 1978.

*Doktori felkészítést vezető / PhD Supervisor*

*Szakterület / Professional and research interests:*

– elektrotechnika, villamos gépek / electrical machines

*Tudományos intézeti tagság / Scientific board membership:*

– Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság

*Szakmai elismerések (díjak) / Prizes and honors:*

– 1990 Ordinul pt. Merit Cavalier

*Tudományos tevékenység, publikációk / Publications:*

– 12 egyetemi jegyzet, könyv, tanulmány / 12 books and university manuals

– 96 tudományos dolgozat / 96 scientific articles

– 40 tanulmány / 40 technical reports

– 1 bejegyzett találmány / 1 invention patent.



**Név / Name: CSIBI VENCEL-JÓZSEF RO**

*Születési dátum és hely / Date and place of birth:*

– 1945.03.07., Kolozsvár / Cluj-Napoca, RO

*Jelenlegi munkahely / Current main job:*

– Kolozsvári Műszaki Egyetem, Mechanizmusok,  
Finommechanika és Mechatronika Tanszék  
Technical University of Cluj-Napoca,  
Department of Mechanisms, Precision Mechanics and Mechatronics

*Beosztás / Position:*

– egyetemi tanár / professor

*Tudományos fokozat / Scientific degree:*

– Műszaki Tudományok Doktora / PhD, 1990.

*Doktori felkészítést vezető / PhD Supervisor*

*Szakterület / Professional and research interests:*

– mechanizmusok, fogaskerék-hajtások, csavarkompresszorok, finommechanika /  
precision engineering machines and apparatus, cogwheels, precision - engineering

*Tudományos intézeti tagság / Scientific board membership:*

– Magyar Tudományos Akadémia (MTA), köztestületi tag,  
– Magyar Mérnökök és Építészek Világszövetsége Magyarországi Egyesülete (MMÉV-ME),  
– Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT) alelnöke,  
a Gépészeti Szakosztály országos elnöke,  
– International Federation for Theory of Machines and Mechanisms (IFTToMM),  
a kolozsvári fiók elnöke,  
– Asociația Generală a Inginerilor din România (AGIR)

*Szakmai elismerések (díjak) / Prizes and honors:*

– Miskolci Egyetem Gépészmérnöki Karának EMLÉKÉRME, 1998

*Tudományos tevékenység, publikációk / Publications:*

– 6 egyetemi jegyzet, könyv / 6 books and university manuals  
– 79 tudományos dolgozat / 79 scientific articles in the country and abroad  
– 4 bejegyzett találmány / 4 invention patents.



**Név / Name: FEDÁK LÁSZLÓ UA**

*Születési dátum és hely / Date and place of birth:*

– 1944, Szelence, UC

*Jelenlegi munkahely / Current main job:*

– Ungvári Állami Tudományegyetem, Mérnöki Kar  
National University of Uzhgorod, Department of Engineering

*Beosztás / Position:*

– egyetemi docens / associate professor

*Tudományos fokozat / Scientific degree:*

– PhD, 1986.

*Szakterület / Professional and research interests:*

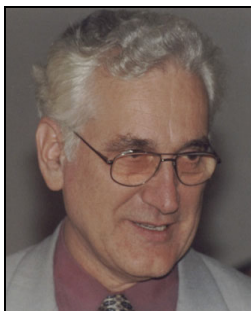
– műszeripari technológiák, analitikai műszerek  
alkalmazása és metrológiai biztosítása, valamint anyagtechnológia

*Tudományos intézeti tagság / Scientific board membership:*

– MTA Szabolcs-Szatmár-Bereg Megyei Tudományos Testület  
– Magyar Mérnökök és Építészek Világszövetsége  
– Ukrán Fizikai Társaság  
– Kárpátaljai Magyar Tudományos Társaság

*Tudományos tevékenység, publikációk / Publications:*

– 74 egyetemi jegyzet, kiadvány, tudományos dolgozat, tanulmány / 74 books and university  
manuals, scientific articles in the country and abroad  
– 8 találmány / 8 inventions  
– 2 szabadalom / 2 invention patent



**Név / Name: KÁSA ZOLTÁN RO**

*Születési dátum és hely / Date and place of birth:*

– 1948.05.12., Szilágyborzás / Bozies, RO

*Jelenlegi munkahely / Current main job:*

– Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Matematika és Informatika Kar,  
Informatika Tanszékcsoport, Informatikai Rendszerek Tanszéke  
Babeş-Bolyai University, Faculty of Mathematics and Computer Science

*Beosztás / Position:*

– egyetemi tanár, dékánhelyettes / professor, vice dean

*Tudományos fokozat / Scientific degree:*

– Matematika Tudományok Doktora / PhD, 1985

*Doktori felkészítést vezető / PhD Supervisor*

*Szakterület / Professional and research interests:*

– kombinatorika, diszkrét matematika / combinatorics, discrete mathematics

*Tudományos intézeti tagság / Scientific board membership:*

– Romanian Mathematical Society  
– Romanian Society of Computer Scientists  
– Neumann János Számítógép-tudományi Társaság (NJSzT), Budapest  
– Bolyai János Matematika Társulat, Budapest  
– Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT), Kolozsvár  
– Erdélyi Múzeum Egyesület

*Tudományos tevékenység, publikációk / Publications:*

– 10 könyv (ebből 7 társszerzőkkel) / 10 books (including 7 with co-authors)  
– 9 egyetemi jegyzet, feladatgyűjtemény / 9 course books  
– 31 tudományos cikk / 31 scientific articles  
– több tudománynpszerűsítő és módszertani dolgozat



**Név / Name: KÁSZONYI GÁBOR HU**

*Születési dátum és hely / Date and place of birth:*

– 1945.09.04., Pécs, HU

*Jelenlegi munkahely / Current main job:*

– Szent István Egyetem, Ybl Miklós Műszaki Főiskolai Kar  
Szent István University, Department of Technical Sciences – Ybl Miklós

*Beosztás / Position:*

– főiskolai tanár / professor

*Tudományos fokozat / Scientific degree:*

– Műszaki Tudományok Doktora / PhD, 1980

*Szakterület / Professional and research interests:*

– szerkezettervezés, statika, építőanyagok és szerkezetek vizsgálata,  
gipszbeton szerkezetek tervezése és vizsgálata /  
statics, analysis of building materials and structures

*Tudományos intézeti tagság / Scientific board membership:*

– FEANI Magyar Nemzeti Bizottság,  
– Magyar Mérnökök és Építészek Világszövetsége (MMÉV) főtikára, MMÉV-ME elnöke  
– Építéstudományi Egyesület (ÉTE) Tartószerkezeti Szakosztály,  
– Közlekedéstudományi Egyesület (KTE),  
– Szilikáttudományi Egyesület (SZTE).

*Szakmai elismerések (díjak) / Prizes and honors:*

– MMÉV-oklevél, 1994, Cleveland  
– „Schulek Frigyes” ezüstérem és oklevél, 1998, MMÉV, Budapest  
– „Kiváló Oktató” cím elnyerése 3 alkalommal, BME Építőanyagok Tanszék  
– „PRO SCIENTIA TRANSSEYLVANICA” érem és oklevél, 2000, EMT, Kolozsvár

*Tudományos tevékenység, publikációk / Publications:*

– 2 szakkönyv részlet / 2 books  
– 62 lektorált tudományos cikk / 62 scientific articles  
– 5 oktatási segédlet, 2 tervezési segédlet / 7 booklets  
– 1 szabadalom / 1 invention patent



**Név / Name: KÖLLŐ GÁBOR RO**

*Születési dátum és hely / Date and place of birth:*

– 1950.03.27., Szamosújvár / Gherla, RO

*Jelenlegi munkahely / Current main job:*

– Kolozsvári Műszaki Egyetem, Vasút, Híd és Útépítési Tanszék  
Technical University of Cluj-Napoca, Department of Railways, Roads and Bridges

*Beosztás / Position:*

– egyetemi tanár / professor

*Tudományos fokozat / Scientific degree:*

– Műszaki Tudományok Doktora / PhD, 1995

*Doktori felkészítést vezető / PhD Supervisor*

*Szakterület / Professional and research interests:*

– híd- és vasútépítéstan, alagutak és metrók /  
composite steel, concrete structures, railways, tunneling and underground

*Tudományos intézeti tagság / Scientific board membership:*

– Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság, elnök  
– Magyar Tudományos Akadémia, köztestületi tag  
– Magyar Mérnökök és Építészek Világszövetsége  
– Sapientia Alapítvány, Kutatási Programok Intézete, Tudományos Tanács tagja  
– Közép-Kelet Európai Mérnök Szervezetek

*Szakmai elismerések (díjak) / Prizes and honors:*

– Európai Vasútakért, MÁV, 1999  
– PRO SCIENTIA TRANSYLVANICA, EMT, 2000  
– Palotás László díj, fib Hungarian Group, Budapest, 2000  
– MTESZ díj  
– Szentkirályi Zsigmond Emlékérem, Miskolc, 2004  
– KTE Emléklap,  
– Ukrán Mérnökszervezetek díja

*Tudományos tevékenység, publikációk / Publications:*

– 12 könyv (ebből 7 egyetemi tankönyv) / 12 books (including 7 coursebooks)  
– 75 tanulmány belföldi és külföldi szakfolyóiratokban, konferenciák kötetében / 75 scientific publications  
– 10 kutatási program vezetője / co-ordinator in 10 projects (23 program résztvevője)



**Név / Name: MAJDIK KORNÉLIA RO**

*Születési dátum és hely / Date and place of birth:*

– 1952.01.21., Zilah / Zaláu, RO

*Jelenlegi munkahely / Current main job:*

– Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Kémia Kar  
Babeş-Bolyai University, Faculty of Chemistry

*Beosztás / Position:*

– adjunktus, dékánhelyettes / assistant professor, vice dean

*Tudományos fokozat / Scientific degree:*

– Kémia Tudományok Doktora, 1988

*Szakterület / Professional and research interests:*

– szerves kémia, biokémia / organic chemistry, biochemistry

*Tudományos intézeti tagság / Scientific board membership:*

– Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság  
– Katalízis Társaság  
– Román Kémikusok Egyesülete

*Tudományos tevékenység, publikációk / Publications:*

– 1 könyv (társszerző) / 1 book (co-author)  
– 30 tudományos cikk / 30 scientific articles  
– 50 cikk konferenciakiadványokban / 50 articles in conference proceedings



**Név / Name: MAROS DEZSŐ RO**

*Születési dátum és hely / Date and place of birth:*

– 1920.09.30. Hátszeg / Hațeg, RO

*Jelenlegi munkahely / Current main job:*

– Kolozsvári Műszaki Egyetem / Technical University of Cluj Napoca

*Beosztás / Position:*

– konzulens professzor / consultant professor

*Tudományos fokozat / Scientific degree:*

– Műszaki Tudományok Doktora / PhD, 1970

*Doktori felkészítést vezető / PhD Supervisor*

*Szakterület / Professional and research interests:*

– gépek és mechanizmusok elmélete, a mechanizmusok kinematikája és dinamikája, mechanizmusok és gépek kiegyensúlyozása, fogaskerékes hajtások elmélete és gyakorlata / machines and mechanisms theory, kinematics and dynamics of mechanisms, equilibration of machines and mechanisms

*Tudományos intézeti tagság / Scientific board membership:*

– Magyar Tudományos Akadémia, külső tag  
– Román Műszaki Tudományok Akadémiája, rendes tag  
– Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság  
– Erdélyi Múzeum Egyesület  
– Román Robotikai Társaság, tiszteletbeli tag (ARR)  
– Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik (GAMM)  
– Société d'Études de l'Industrie de l'Engrenage (SEIE)  
– International Federation for the Theory of Machines and Mechanisms (IFTOMM)  
– Consiliul Științific al Inst. de Mecanica Solidelor din București

*Szakmai elismerések (díjak) / Prizes and honors:*

– Gyémánt Oklevél, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
– Kolozsvári Műszaki Egyetem, Doktor Honoris Cauza  
– Kolozsvári Műszaki Egyetem 50 éves évfordulója alkalmából adományozott Tiszteletbeli Oklevél

*Tudományos tevékenység, publikációk / Publications:*

– 6 könyv / 6 books,  
– 16 egyetemi jegyzet / 16 university manuals  
– 90 publikáció / 90 publications  
– 10 kutatási téma vezetése / coordinator in 10 projects  
– 10 bejegyzett találmány / 10 invention patents



**Név / Name: NAGY LÁSZLÓ RO**

*Születési dátum és hely / Date and place of birth:*

– 1961. jún. 10., Kolozsvár, Ro

*Jelenlegi munkahely / Current main job:*

– Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Fizika Kar,  
Babeş-Bolyai University, Faculty of Physics

*Beosztás / Position:*

– egyetemi tanár, rektorhelyettes / professor, vice-rector

*Tudományos fokozat / Scientific degree:*

– Fizika Tudományok Doktora / PhD, 1992

*Szakterület / Professional and research interests:*

– atomfizika / nuclear physics

*Tudományos intézeti tagság / Scientific board membership:*

– A Román Fizikai Társaság és az Európai Fizikai Társaság tagja.  
– Az MTA Köztestületének tagja.  
– A Bergen Computational Physics Laboratory szelektáló bizottságának tagja (2000-2001).  
– Bíráló a Physics Letters A, Nucl. Instr. Meth.B, Fizica A & B (Horvátország) folyóiratoknál.  
– Doktori bizottságok referense.  
– A SAPIENTIA Alapítvány KPI Tudományos Tanácsának tagja.

*Szakmai elismerések (díjak) / Prizes and honors:*

– Országos I díj a "Traian Lalescu" versenyen, Bukarest (1982).  
– Országos I díj a diákkörök Országos Konferenciáján, Iași (1984).  
– Az MTA "Schlenk Bálint" díja a doktori értekezésért (1992).  
– A BBTE díja intézményi újításért.

*Tudományos tevékenység, publikációk / Publications:*

– 2 szakkönyv / 2 books  
– 2 egyetemi jegyzet / 2 university manuals  
– 71 publikáció / 71 scientific articles





**Név / Name: PÉICS (PEIĆ) HAJNALKA YU**

*Születési dátum és hely / Date and place of birth:*

– 1964.07.30., Szabadka/Subotica, YU

*Jelenlegi munkahely / Current main job:*

– Újvidéki Egyetem, Építőmérnöki Kar, Szabadka  
University of Novi Sad, Faculty of Civil Engineering in Subotica

*Beosztás / Position:*

– egyetemi docens, dékánhelyettes / associate professor, vice dean

*Tudományos fokozat / Scientific degree:*

– Matematika Tudományok Doktora / PhD, 2000.

*Szakterület / Professional and research interests:*

– differenciál- és differenciaegyenletek / differential and difference equations

*Tudományos tevékenység, publikációk / Publications:*

– 11 tudományos publikáció / 11 scientific publications

– 1 matematikai példatár / 1 book of mathematical problems



**Név / Name: PUNGOR ERNŐ HU**

*Születési dátum és hely / Date and place of birth:*

– 1923.10.30., Vasszécsény, HU

*Jelenlegi munkahely / Current main job:*

– Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Alapítvány

*Beosztás / Position:*

– tudományos tanácsadó

*Tudományos fokozat / Scientific degree:*

– Kémia Tudományok Doktora / PhD 1949

– akadémikus / academician, 1956

*Szakterület / Professional and research interests:*

– analitikai kémia, ionszelektív elektródok, elektroanalitika, oszcillometria, lángfotometria és atomabszorpció, adszorpciós indikátorok, voltametria / analytic chemistry, electroanalitics, oscilometrics

*Tudományos intézeti tagság / Scientific board membership:*

– a IUPAC Magyar Nemzeti Bizottságának elnöke (1985-től)

– a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Alapítvány főigazgatója (1994-2001)

– a Magyar Kormány Tudományos Bizottságának tagja (1999-2002)

– az Európai Kémikus Egyesületek Szövetsége Analitikai Kémia Bizottságának örökös tagja

– az ENSZ Vegyifegyver-ellenes Bizottsága Tudományos Tanácsának tagja

– a Magyar Tudományos Akadémia rendes tagja

*Szakmai elismerések (díjak) / Prizes and honors:*

– több mint 35 magyarországi kitüntetés / more than 35 hungarian honors

– 39 külföldi kitüntetés / 39 international honors

– több külföldi egyetem díszdoktora, tiszteletbeli professzora

*Tudományos tevékenység, publikációk / Publications:*

– 20 könyv / 20 books

– 15 egyetemi jegyzet / 15 course books

– 700 tanulmány / 700 scientific articles

– 72 szabadalom / 72 invention patents



**Név / Name: PUSKÁS FERENC RO**

*Születési dátum és hely / Date and place of birth:*

– 1929.09.21., Kolozsvár, Cluj, RO

*Jelenlegi munkahely / Current main job:*

– nyugdíjas / pensioner

*Tudományos fokozat / Scientific degree:*

– Fizika Tudományok Doktora / PhD, 1968

*Szakterület / Professional and research interests:*

– szilárdtest fizika, félvezetők és dielektrikumok fizikája / solidstate physics, physics of semiconductors and dielectrics

*Tudományos intézeti tagság / Scientific board membership:*

– Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság

– Eötvös Loránd Fizikai Társulat

– Román Fizika Társaság

– Erdélyi Múzeum-Egyesület

*Szakmai elismerések (díjak) / Prizes and honors:*

– Nyíregyházi Tanárképző Főiskola Bessenyei György Emlékérme, 1998

– Eötvös Loránd Fizikai Társulat Fényes Imre díja, 2001

*Tudományos tevékenység, publikációk / Publications:*

– 6 szakkönyv és lexikon társszerzője, szerkesztője / co-author and editor of 6 books and lexics

– 35 tudományos cikk / 35 scientific articles

– 42 tudományos ismeretterjesztő cikk

– a Firka c. folyóirat főszerkesztője / chief editor of Firka



**Név / Name: PUSZTAI KÁLMÁN RO**

*Születési dátum és hely / Date and place of birth:*

– 1944.06.07, Kolozsvár / Cluj, RO

*Jelenlegi munkahely / Current main job:*

– Kolozsvári Műszaki Egyetem, Automatika és Számítástechnika Kar /  
Technical University of Cluj-Napoca, Department of Automation Computer Science

*Beosztás / Position:*

– egyetemi tanár, tanszékvezető / professor, head of department

*Tudományos fokozat / Scientific degree:*

– Műszaki Tudományok Doktora / PhD, 1981.

*Doktori felkészítést vezető / PhD Supervisor*

*Szakterület / Professional and research interests:*

– számítógépek; számítógép-hálózatok / computers, networks

*Tudományos intézeti tagság / Scientific board membership:*

– ACM

– IEEE

– Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság

– Magyar Mérnökök és Építészek Világszövetsége

*Szakmai elismerések (díjak) / Prizes and honors:*

– AGIR-2000

– Neumann János díj, Budapest, 2004

– Ordinul Național “Pentru Merit” în grad de ofițer; pentru merite științifice

– Ordinul Național “Serviciul Credincios” în grad de cavalier pentru merite în educație

*Tudományos tevékenység, publikációk / Publications:*

– 6 egyetemi jegyzet, kiadvány / 6 books and university manuals

– 137 tudományos dolgozat / 137 scientific articles

– 23 belföldi + 9 külföldi szerződés / 23 internal + 9 international technical contracts

– 3 bejegyzett találmány / 3 invention patents



**Név / Name: RIBÁR BÉLA YU**

*Születési dátum és hely / Date and place of birth:*

– Torontálvásárhely / Debeljaca, SCG, YU

*Jelenlegi munkahely / Current main job:*

– nyugdíjas / pensioner

*Tudományos fokozat / Scientific degree:*

– Fizika Tudományok Doktora / PhD,

– akadémikus / academician

*Szakterület / Professional and research interests:*

– kristályszerkezet-kutatás / crystal structure analyses

*Tudományos intézeti tagság / Scientific board membership:*

– Szerb Tudományos és Művészeti Akadémia rendes tagja

*Tudományos tevékenység, publikációk / Publications:*

– 135 publikáció nemzetközi tudományos folyóiratokban /  
135 papers published in international scientific journals



**Név / Name: SZALAY GYÖRGY (JURAJ) SK**

*Születési dátum és hely / Date and place of birth:*

– 1950.09.15., Pozsony / Bratislava, SK

*Jelenlegi munkahely / Current main job:*

– Fakulta Architektury – Slovenska, Technicka Univerzita v Bratislave,  
Ustav Konstrukcii v Architekture

*Tudományos fokozat / Scientific degree:*

– Műszaki Tudományok Doktora / PhD, 1978

*Tudományos intézeti tagság / Scientific board membership:*

– Szlovákiai Magyar Tudományos Társaság

– Magyar Mérnökök és Építészek Világszövetsége, szlovákiai elnök

*Szakmai elismerések (díjak) / Prizes and honors:*

– ÉTE Budapest Örökös Tiszteletbeli Tag, 1997

– MMÉV Oklevél, 1997

*Szakterület / Professional and research interests:*

– épületszerkezetek / building structure

– épületfizika / building physics

*Tudományos tevékenység, publikációk / Publications:*

– két épületszerkezeti rendszer /DUO,MSPhS/ bevezetése / introduction of DUO and MSPhS systems

– 5 műszaki kiadvány / 5 technical books

– 56 szakmai tanulmány / 56 scientific articles





**Név / Name: TURCHANY GUY CH**

*Születési dátum és hely / Date and place of birth:*

– 1938.02.25., Budapest, HU

*Jelenlegi munkahely / Current main job:*

– Université Internationale du Développement Durable, UCBL Lyon

*Beosztás / Position:*

– professzor, a végrehajtó bizottság tagja / professor, member of the Executive Committee

*Tudományos fokozat / Scientific degree:*

– Műszaki Tudományok Doktora / PhD

*Szakterület / Professional and research interests:*

– ipari- és kereskedelmi épület tervezés, épített környezet, környezeti és fenntartható fejlődés alapelméletek és politika, európai fenntartható fejlődés, Agenda 21 elmélet és gyakorlat, európai agrár-környezeti politikák / design of industrial and commercial buildings, sustainable development in Europe, Agenda 21- theory and practices

*Tudományos intézeti tagság / Scientific board membership:*

– ORL Institut de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Zürich professzora

– EPFL Institut de Génie de l'Environnement professzora,

– Académie Internationale de l'Environnement (Nemzetközi Környezetvédelmi Akadémia) alapítója és professzora

– EU-EMAS és ISO 14 000 Technikai Bizottság, Szakértője részben a svájci delegáció vezetője

– International Standing Committee for the Implimentation of the Decade of Human Rights Education, member of the Steering Committee

– ECDH CENTRE POUR L'EUROPE DES CITOYENS ET DES DROIT DE L'HOMME tagja majd alelnöke.

– Meghívott egyetemi tanár a Nizzai, Lyon-i, Atlantai, Budapesti, stb egyetemeken.

– *Magyarország 2000* rendezvények az 1996-os műszaki fejlesztés és technológiai transzfer szekció elnöke.

– Alapító tagja és al-elnöke a Magyar Professzorok Világtanácsának

– UIIDD Université Internationale du Développement Durable UCBL Lyon, Professor, Member of the Executive Committee

*Szakmai elismerések (díjak) / Prizes and honors:*

– Prix Jean Monnet pour l'Europe,

– több Dr Honoris Causa,

– Pro Universitat et Scientia kitüntetés

– American Bibliographical Institut az év kutatója – 2001.

*Tudományos tevékenység, publikációk / Publications:*

– 7 könyv / 7 books

– 80 tanulmány / 80 scientific publications

– 20 kutatási téma / 20 research materials

## A Magyar Királyi Államvasutak építkezései Erdély területén

**Dr. Horváth Ferenc<sup>1</sup>, Dr. Kubinszky Mihály<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ny. MÁV mérnök, főtanácsos, <sup>2</sup>ny. egyetemi tanár

### Abstract

*Ferenc Horváth and Mihály Kubinszky's book presents the evolution of the Transylvanian railway network and the related developments. We publish fragments of this book on the pages of the Technical Review. This paper presents the railway companies' constructions in the Banat region.*

### 6.3. A székely vasút pályája

#### Sepsiszentgyörgy-Madéfalva-Gyergyószentmiklós-Déda-Szászrégen vonal

A székely vasútnak 1895. és 1897. évek között először a déli végén lévő Sepsiszentgyörgy-Madéfalva, illetve ebből a vonalból Románia felé vezető Madéfalva-Gyimesbükk szakasza épült meg.

A vasútépítést engedélyező törvény megszavazása után az építési terveket a MÁV Igazgatóság saját mérnökeivel készítette el és ezeket 1895. év elején hagyták jóvá. Az építkezést ezt követően rövid időn belül, 1895 májusában elkezdték. A kivitelező Schiffer Ármin építési vállalkozó volt. A munka irányításához a MÁV Igazgatósága két építésfelügyelőt szervezett Sepsiszentgyörgyön és Csíkszeredán. A vasútépítés megfelelő ütemben folyt, és a fővonalnak Madéfalvaig terjedő része, valamint az innen elágazó és a Gyimesi szoroson át Romániába vezető szakasz 1897-ben el is készült. A fővonal építését pénzügyi nehézségek miatt azonban csak 1904-ben lehetett folytatni, és csak több részletben üzembehelyezve, 1909-ben sikerült befejezni a Madéfalva-Szászrégen vonal építését.

A székely vasút Sepsiszentgyörgyről, a HÉV állomásból indult ki észak felé, és a Brassó-Háromszéki HÉV korábban, 1891-ben üzembe helyezett Brassó-Sepsiszentgyörgy szakaszán keresztül kapcsolódott Brassóhoz.

Az új vasút alsó része az Olt völgyében, a folyót többször keresztezve haladt, kezdeti szakasza a tágas háromszéki medencében, a következő Málnásfürdő és Tusnádfürdő közötti rész az összeszűkülő völgyben, majd ismét a tágasabb alsíki és felsíki medencében folytatódott (92. és 93. ábra). A vasútvonal pályája teljes hosszában emelkedett. Sepsiszentgyörgy állomás tengerszint feletti magassága ugyanis 530 m, Csíkszeredáé 666 m volt. A vasútvonalnak ezen a szakaszán tehát 130 m magasságkülönbséget kellett legyőznie. Az emelkedők a síkvidéki részen 2-6 ‰-esek, a szűk völgyben 8-10,5 ‰-es-ek voltak, a legkisebb ívsugar 275 m.



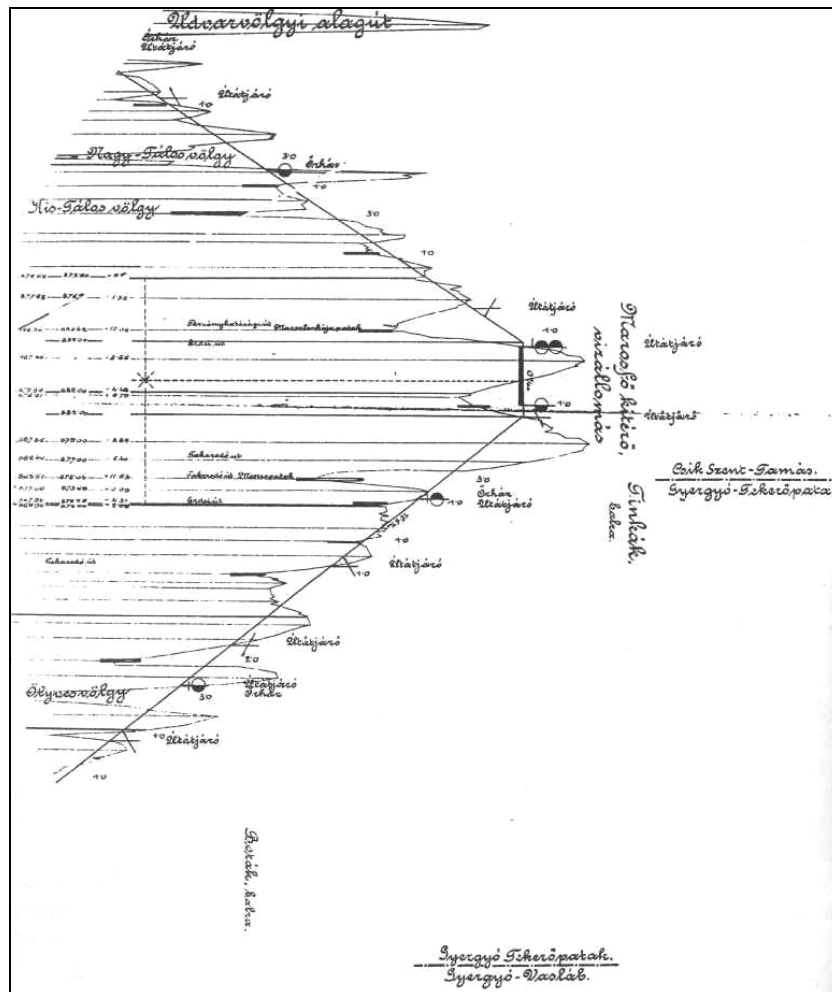
92. ábra

Sepsiszentgyörgy-Csíkszereda vonal – Málnás fürdő melletti vonalszakasz



93. ábra  
A Sepsiszentgyörgy-Csíkszereda vonal – Tusnád fürdő melletti szakasza

A vasútvonal Madéfalva-Szászrégen közötti felső szakaszon vonalvezetés szempontjából három részre osztható. Az első, Madéfalva-Gyergyószentmiklós közötti szakaszon alagúton lépte át a vasút az Olt és a Maros folyók közötti vízválasztót (94. ábra), és ezt követően már a Maros völgyében haladt tovább. Ennek a szakasznak egyik fele hegyi, a másik közepes nehézségű völgy pályaként épült.



94. ábra  
A marosfői vízválasztó előtti és utáni szakasz hossz-szelvénye

Legnagyobb emelkedője 15 ‰, legkisebb ívsugara 275 m volt. Ezen a részen is épült egy alagút, három Olt-híd és több patak híd. A Gyergyószentmiklós-Déda közötti második szakasz Várhegyig tartó része hegyi, a további része völgypálya jellegű. A vonal itt is a Maros völgyében vezetett, ahol a pálya kialakításához jelentékeny földmunkát, folyószabályozást, partbiztosítást végeztek, két alagutat, négy Maros-hidat és több patak hidat készítettek. Ezen a szakaszon a legnagyobb emelkedő 10 ‰, a legkisebb ívsugár 250 m.

A harmadik a Déda-Szászrégen közötti szakasz, a Maros völgyében nagyobb részt a folyó bal partján haladt, pályája síkvidéki volt. Az építkezésnél a Maros árterében jelentékeny mennyiségű földmunkát és több helyen partbiztosítási munkát végeztek. Egy nagyobb hidat is kellett készíteni Déda előtt, ahol a vonal a Maros jobb partjára tért át. A vonal legnagyobb emelkedője 10 ‰, legkisebb ívsugara 300 m volt. A Madéfalva-Szászrégen vonalrész pályáját jelentékeny földmunkával alakították ki 4,9 m koronaszélességre. A pálya átlag 2–4 m magas töltésen vezetett, de helyenként szükség volt 8-14 m magas töltések és ugyanilyen mélységű bevágások létesítésére is. Az Olt és a Maros völgyében a vasút vonalvezetése érdekében a folyót több helyen szabályozták, partvédműveket építettek.

A vasútvonal három alagútjának hossza: 400, 170 és 230 m. A vasútvonal 148 útátjárója közül 116-ot zárt el sorompó.

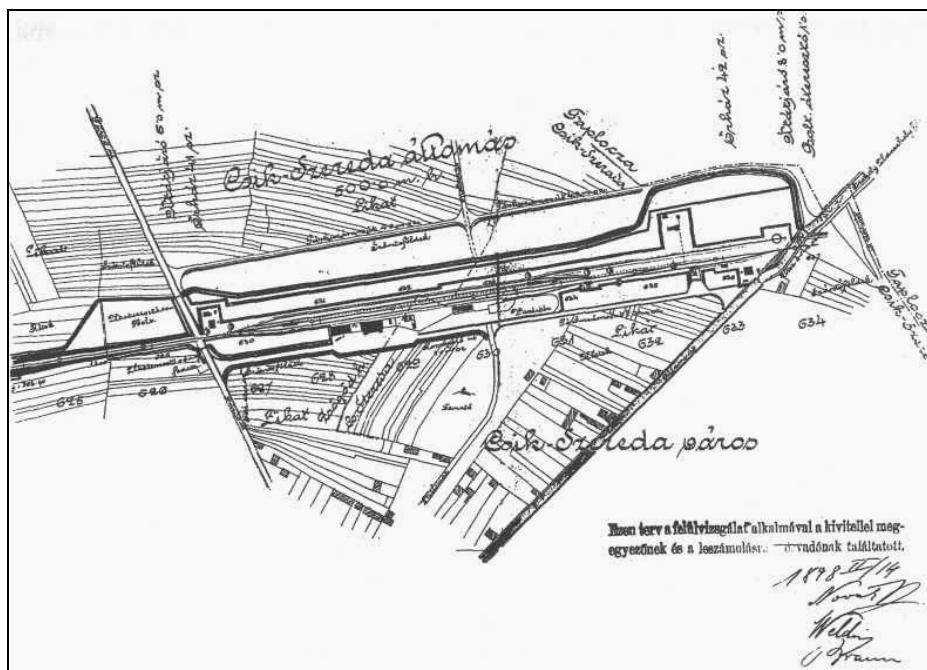
A Szászrégen-Sepsiszentgyörgy vonalon több, mint 300 műtárgyat építettek, közülük a Maroson négy vasszerkezetű híd (három 30 m-es és egy 60 m-es), az Olton három vasszerkezetű híd (30, 34, 40 m) vezetett át, ezenkívül 13 db 10-20 m fesztávolságú híd és több kisebb műtárgy készült, közülük több fából.

A felépítmény legnagyobb részét a II. rangú fővonal szabványának megfelelően 12,0 m hosszú, 34,5 kg-os „c” jelű sínekből fektették, lengő illesztéssel, sínmezőnként 14 db talpfával, 90,8 cm-es legnagyobb aljköz-zel. Kisebb részben felhasználtak 9,0 m hosszú „c” rendszerű síneket is, sínmezőnként 10 db talpfával, 97 cm-es aljköz-zel. A síncserét 1914-től kezdve továbbra is „c” sínekkel végezték, de már kisebb, 84 cm-es aljköz-zel és 15 db talpfával alátámasztva a sínmezőket.

A felépítményre 60 km/h sebességet és 14 tonna tengelyterhelést engedélyeztek. A vonalépítéssel együtt felújították a Székelykocsárd-Marosvásárhely vonal felépítményét és a MÁV elsőrangúsította a Marosvásárhely-Szászrégen vonalat. A vasútvonal Sepsiszentgyörgy-Madéfalva szakaszának megnyitása előtt a szükséges mértékben bővítették Sepsiszentgyörgy állomást, a Madéfalva-Szászrégen rész építésekor pedig Madéfalva és Szászrégen állomást. Csikcsicsón rendező pályaudvart, Csíkrákoson pedig hadikitérőt létesítettek.

A vasútvonal jelentősebb állomásai a már említettekén kívül Déda, Ratosnya, Maroshévíz, Gyergyószentmiklós, Csíkszentdomokos, Csíkszentsimon, Csíkszereda (95. ábra), Csikmadaras, Tusnád, Málnás és Sepsibodok.

A századforduló után a Sepsiszentgyörgynél és Szászrégennél csatlakozó HÉV-vonalak felépítményét is „c” rendszerűre cserélte ki a MÁV. Mindkét HÉV vonal üzemét már korábban, a székely vasút építése előtt is a MÁV saját számlára kezelte.

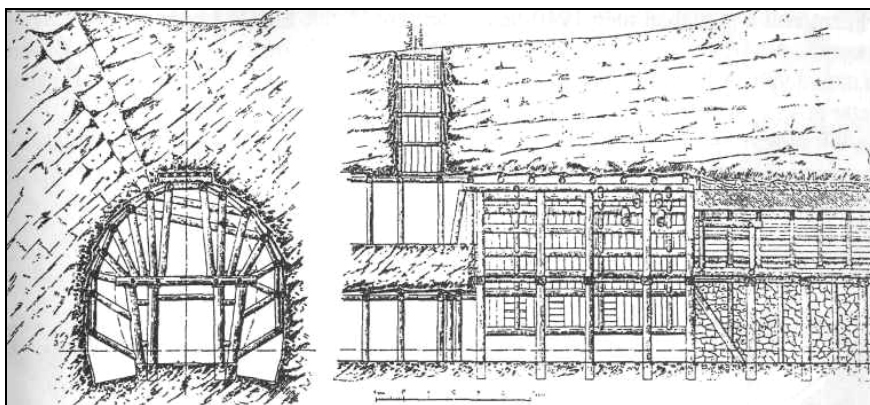


95. ábra

Csíkszereda állomás építési költség leszámolóhoz készített helyszínrajza, 1898. II. 14.

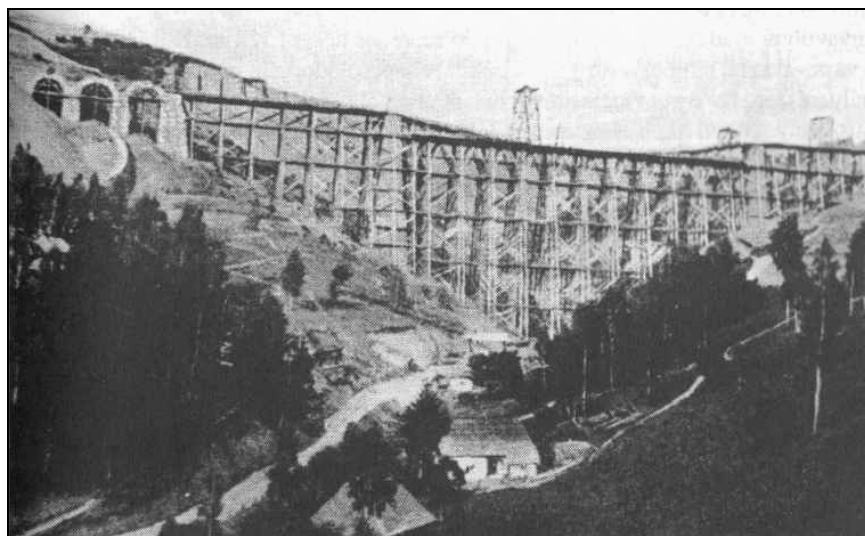
## Madéfalva-Gyimesbükk vasútvonal

Madéfalva állomáson csatlakozott a székely vasút Madéfalva-Gyimesbükk szárnyvonala, amely az országhatáron át Romániába, Galat felé haladt tovább. A vasút a történelmi Magyarország egyik legszebb vonalvezetésű pályája volt. A Madéfalvánál kiágazó vonal északkeleti irányban Csíkszentmihályig a Szépvíz folyócska völgyében vezetett, majd a Pogány havas oldalán 14,25%-os emelkedővel futott fel és az 1012 m magasán fekvő lóvési alagútban metszette át a vízválasztót. Innen keleti irányban a Görbe patak és a Tatros völgyében a Gyimesi-szoroson, a történelmi emlékekkel terhes Rákóczi vár romjainak tövében vitt át Romániába, ahol ugyanezen folyócska völgyében folytatta útját Comanesti-Aknavásár felé. A vasútvonal háromnegyed része emelkedőben, illetve a vízválasztón túl lejtőben feküdt. Az emelkedő értéke elérte a 25%-ot, az ívsugarak 250 és 4000 m között változtak. A hegyvidéki terep miatt nagy földmunkát kellett végezni, egy alagutat és sok nagyobb műtárgyat építeni. Az 1000 m-nél magasabban fekvő lóvési alagút hossza 1223 m, nagyrésze egyenesben és emelkedőben haladt (96. ábra). Szelvényét gneisz talajrétegben, angol építési módszer szerint alakították ki, és végig kifalazták. A burkolat vastagsága a vállban 0,47-0,80 m, a zárkónél 0,47-0,65 m között változott. A vasútvonalon 140 hidat és áterezst létesítettek.



96. ábra  
*Lóvési alagút építése*

A vasút legszebb műtárgyai a völgyhidak voltak. Az öt nevezetes viaduktja közül a karakói volt a MÁV leghosszabb hídja, amely 63 m magasán hidalta át a völgyet. A középső 102 m hosszú vasszerkezetéhez két oldalt két további 50 m-es vasszerkezet és négy 8m-es boltozat csatlakozott, teljes hossza 266 m volt (97. ábra). A viadukton a pálya egyenesben és 10%-os emelkedőben vezetett. A völgyhidat nagy károk érték az első és második világháborúban. 1916-ban vasszerkezetét felrobbantották, majd magyar katonai vasútépítő alakulat Kohn-féle szerkezettel ideiglenesen helyreállította.

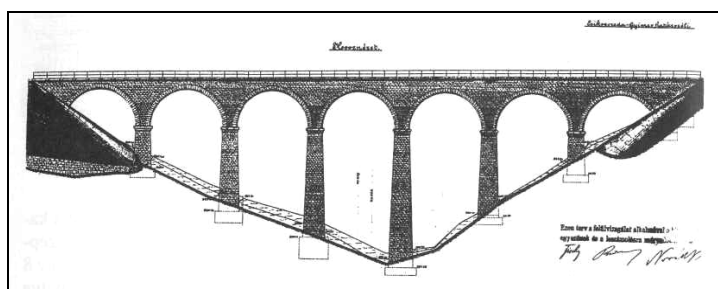


97. ábra  
*A Karakó-völgyi viadukt építkezés közben*



Ugyanez a szerkezet volt a pályában még 1940-ben is, amikor Észak-Erdély ismét Magyarországhoz került. A MÁV a vasszerkezetet véglegesre cserélte át, de 1944-ben ismét a háború áldozatává vált. A háború befejezte után a román vasút a viaduktot vasbetonszerkezetre építette át.

A Ladok-völgyi, 84 m hosszú viadukt 7x12 m nyílású boltozattól állt, 31 m magasan a völgy felett. Mindkét vége átmeneti ívben fekszik, 10‰-es emelkedőben. Teljes hossza 112 m (98. ábra).



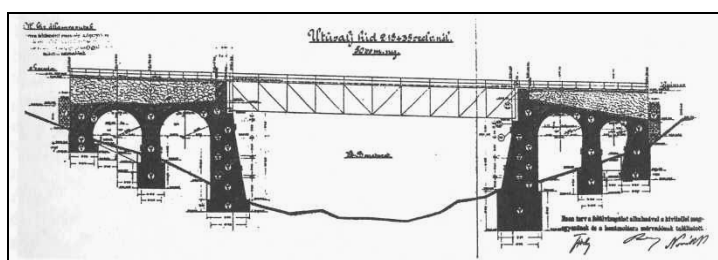
98. ábra

*A Ladok-völgyi híd eredeti terve*

Az utusalji völgyhíd nyíláshossza 81,0 m, 24 m magasan vezeti át a pályát, 25‰-es emelkedőben a völgy felett. Középső nyílása 50 m-es vasszerkezet, amihez két oldalt négy db 5-9 m-es kőboltozat csatlakozott (99. ábra).

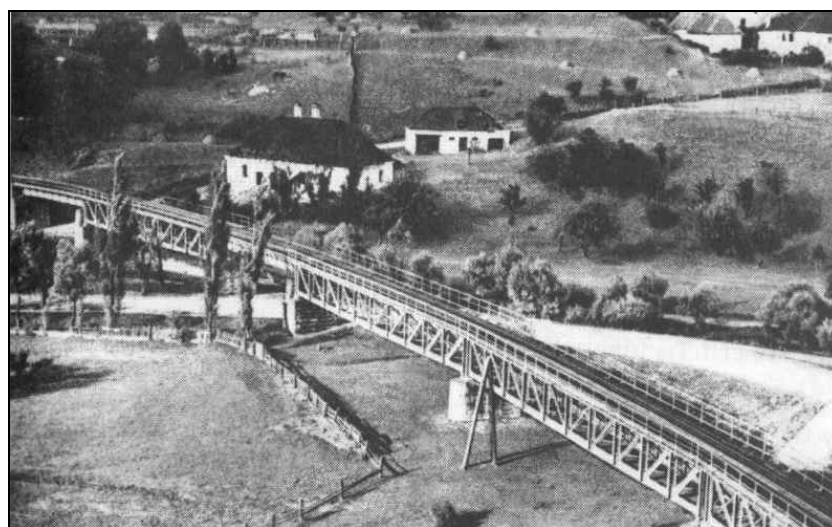
A bányavölgyi viadukt nyílásának hossza 95 m, teljes hossza 124 m. Középső része 50 m-es vasszerkezet, amihez 5 db 9 m-es boltozat kapcsolódott, 28 m magasságban, egyenes pályarészen, 25‰-es emelkedővel haladt át a völgy felett.

A Tatros folyó feletti híd nyíláshossza 126 m, teljes hossza 154 m, 3x30, 2x10 és 2x8 m nyílású vasszerkezetből, illetve boltozatokból állt. 300 m sugarú ívben, 20‰-es emelkedőben, 22 m magasan vezetett át a völgy felett (100. ábra).



99. ábra

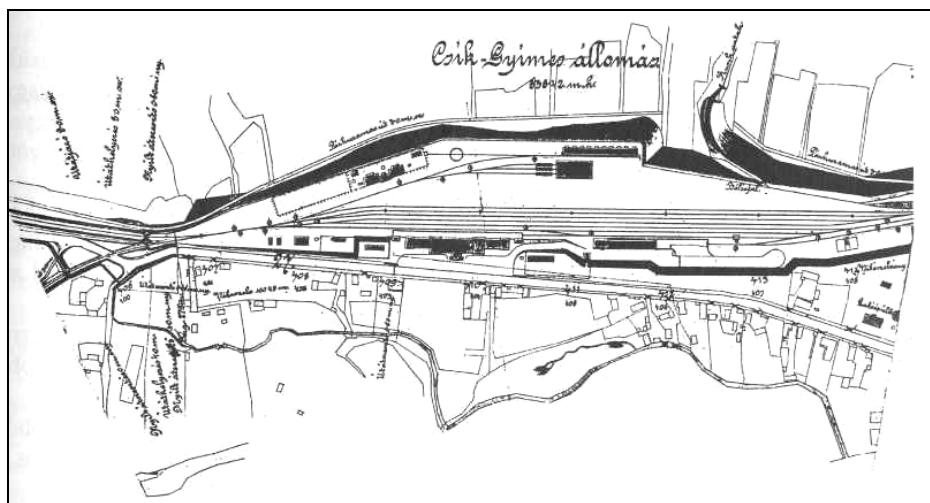
*Utusalji völgyhíd*



100. ábra

*A Tatros folyó hídjának egy részlete*

A kisebb műtárgyak téglá vagy kő átereszek, fa vagy gerinclemezes vashidak voltak. A szárnyvonal állomásai Szépvíz-Csíkszentmihály, Lóvész, Gyimesfelsőlok, Gyimesközéplak és a határállomás, Gyimesbükk (Csíkgyimes) volt (101. ábra).



101. ábra  
*Csíkgyimes (Gyimesbükk) határállomás vágányai*

A vasút építéskor a legtöbb nehézséget a gőzmozdonyok vízellátása okozta. Ennek érdekében Lóvésznél a Kisbükk patak vizét a vasútól mintegy 1200 m távolságban lévő medencében gyűjtötték össze, Felsőloktól 300 m-re pedig egy falazott tartályt készítettek. Ezekből vezetéken vitték a vizet a vízvételző állomásra.

A vasút építése a nagy földmunka és sok műtárgy ellenére is a tervezettnél mintegy 200 ezer Ft-tal kevesebbe, összesen 8,5 millió Ft-ba került. Ebből a legtöbbet, 2,16 millió Ft-ot a hidakra, 0,93 millió Ft-ot az alagútra, 1,63 millió Ft-ot a földmunkákra, 0,33 millió Ft-ot a támfalakra és a víztelenítésre, 0,92 millió Ft-ot a felépítményre, 0,66 millió Ft-ot az épületek létesítésére fordítottak. A munka 66%-át vállalatok, 34%-át önkezelésben a MÁV végezte.

Dr. Horváth Ferenc–Dr. Kubinszky Mihály  
MAGYAR VASÚTI ÉPÍTKEZÉSEK ERDÉLYBEN című könyv alapján

# A városi távfűtés korszerűsítése kapcsolt energiatermeléssel

**Dr. Kontra Jenő**

egyetemi docens PhD.

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék  
Budapest

## Abstract

*Distant heating systems are not competitive any more in economic terms and have become also physically overaged. Their further operation can be economical through setting up supplementary heat and electricity generation units and consuming just there the electricity generated; heat production of a gas engine can be utilized in a distant heating system even in summer. Heat generation extended by a heat pump becomes economical if the heat pump is driven by a gas motor block instead of electricity from the supply network.*

*A távfűtési rendszerek gazdaságilag versenyképtelenné váltak és sok helyen fizikailag is elavult állapotúak. További működésük úgy lesz gazdaságos, hogy kapcsolt hő- és villamosáram-termelő egységet létesítenek, és a megtermelt áramot a város helyben felhasználja, a gázmotor hőtermelése a távfűtő hálózatban nyáron is elhelyezhető. A hőszivattyúval bővített hőtermelés akkor gazdaságos, ha a hőszivattyút nem hálózati villamos árammal hajtják meg, hanem gázmotoros blokk működteti.*

A több évtizeddel ezelőtt létesített távhőellátó rendszerek versenyképessége az egyedi és központi fűtési, gázkazános rendszerekhez képest fokozatosan romlott nemcsak Magyarországon, de a környező, volt szocialista országokban is. A távfűtés versenyképességét hátrányosan befolyásolják a következők:

- a lakók számára nagy költséget jelent,
- a szolgáltatás minősége nem tökéletes,
- a jogi szabályozások hiányosak,
- a fogyasztói függetlenség nem érvényesülhet.

Legfőbb probléma Magyarországon a más fűtési rendszerekhez képest drága távhőellátás, ahol nyáron is jelen van az alaplíj fizetés.

A távhőellátásnak előnyei is vannak:

- magasfokú szakmai hozzáértés a távhőszolgáltatónál,
- a kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés lehetősége,
- alternatív tüzelőanyagok, megújuló energiák felhasználásának elvi lehetősége,
- környezetvédelmileg tökéletes tüzelés lehetősége.

A távhőellátás versenyképessége jelentősen javítható, ha minden ebben érdekelt fél megteszi a maga lépését, amelyek az államigazgatás és a helyi önkormányzatok területén a következők:

- a kapcsolt energiatermelés bátorítása a kis erőművek esetében a termelt villamos áram átvételi árának kedvező értéken tartásával,
- a földgáz- és olajár szerkezetének átalakítása,
- a települési önkormányzatok távhő támogató szemléletének javítása,
- az önkormányzati tulajdonú épületek távhőellátásának elősegítése,
- a lakossági távhőköltségek mérséklése.

Ma Magyarországon a távhő versenyképességének fokozására a legjobb megoldás a kapcsolt hő- és villamosáram-termelés, főleg gázmotorok alkalmazásával. A jelenlegi villamos energia átvételi feltételek mellett a gázmotoros blokkok telepítése gazdaságos vállalkozás, amelynek legfőbb közgazdasági mutatója az, hogy megtérüléssel bíró beruházás. Egy kazános rendszer telepítésénél megtérülésről nem beszélhetünk, de a gázmotoros blokk általában öt éven belül a kedvező, és ösztönző villamos energia átvételi árak miatt megtérülést mutat.

Ez a fűtés költségeit jelentősen csökkenteni tudja, ezáltal csökkenhet annak fogyasztói ára is.

Az Európai Unióhoz hasonlóan a kapcsoltan termelt villamosenergia hatósági áron való kötelező átvételi intézménye a jövőben várhatóan fennmarad.

A kapcsolt energiatermelést megfelelően jó hatásfoka miatt és a környezetvédelmi előnyei miatt is, valamint a primer energiahordozó megtakarítása miatt a Nemzetközi Energia Ügynökség (UOECID IEA) állásfoglalása támogatja. Ezek szerint definíciószerűen kapcsolt energiatermelés az, amikor hő- és villamos energiát állít elő egy egység. A  $Q_{\dot{u}}$  tüzelőanyagból  $Q$  hasznos hőt és  $E$  villamosenergiát állítanak elő csekély veszteséggel.

Ha az egységben termelt hő egy részét nem hasznosítják, azaz vészhűtőn át bocsátják a szabadba, az ezzel a hővel előállított villamos energiát nem lehet kapcsolt villamos energiának tekinteni. Érthetően ilyen helyzetben nem kap dotációt a villamosenergia átvétele.

Az éves átlagos hatásfok:

$$\eta_{\text{évi}} = \frac{\Sigma_{\text{netto}}E + \Sigma Q}{Q_{\dot{u}}}$$

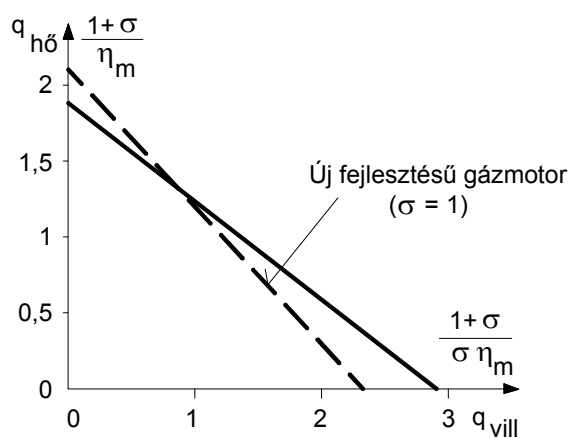
Az éves hatásfok összesen 85-87% körül alakul. A nettó  $E$  az önfogyasztással csökkentett villamosenergia termelés értéke.

Az éves hatásfok 75 % felett azt jelenti, hogy a kapcsolt hő- és villamos energia termelés primer energiahordozót takarít meg a legjobb hő és erőművi villamosenergia-termeléssel összevetve. A legfontosabb szempont az egység minősítésénél az, hogy a termelt hőt – nyári időnyben is – hasznosítani kell. Fontos jellemző a  $\delta = \frac{E}{Q}$  viszonyszám, a termelt villamos- és hőenergia aránya. Ez korábban  $Q > E$  adottságú volt, de a

korszerű gázmotoroknál ma már elérik a  $Q = E$  viszonyt.

A kogenerációs egységek létesítésének fő lehetősége, hogy a vezetékcsatlakozás a távhőellátással rendelkező településeken rendelkezésre áll, hiszen a távhőellátásnak is földgáz a primer energiahordozója.

A gázmotoros egység, amely párhuzamosan termel villamos energiát és hőenergiát, az alábbi energetikai jelleggörbe szerint működik:



1. ábra  
Gázmotor jelleggörbék

Az energetikai hatékonyságra a fajlagos tüzelőanyag-felhasználás alakulása a jellemző.

A hőtermelés fajlagos tüzelőanyag-felhasználása:

$$q_{\text{hő}} = \frac{Q_{\dot{u}} - E \cdot q_{\text{vill}}}{Q} = \frac{1 + \delta}{\eta_m} - \delta q_{\text{vill}}$$

ahol a mennyiségi hatásfok:

$$\eta_m = \frac{Q + E}{Q_{\dot{u}}}$$

$Q$  = a termelt hőenergia,  
 $E$  = a termelt villamos energia  
 $Q_{\ddot{u}}$  = a felhasznált tüzelőanyag energiája

A gázmotoros blokk energiamérlege:

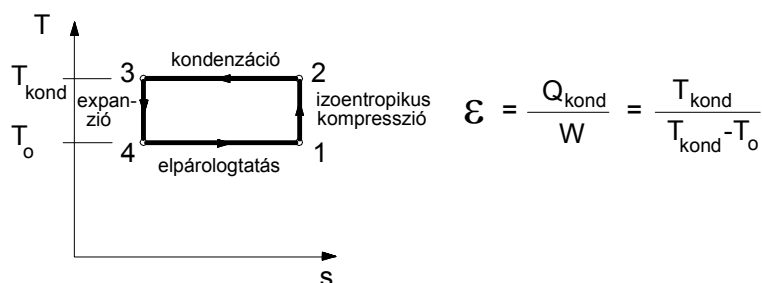
$$Q_{\ddot{u}} = Q \cdot q_{h\ddot{o}} + E \cdot q_{vill}$$

ahol

$q_{h\ddot{o}}$  = a hőtermelés fajlagos tüzelőhő felhasználása,  
 $q_{vill}$  = a villamosenergia-termelés fajlagos tüzelőhő felhasználása

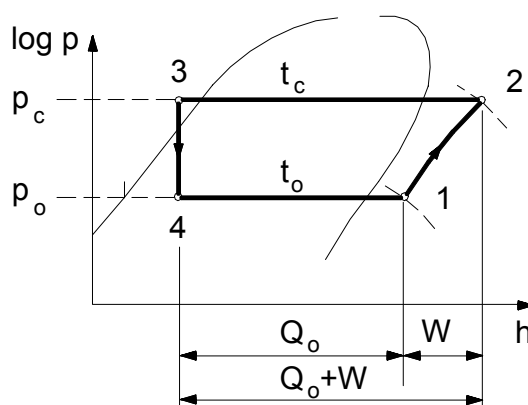
### Hőszivattyúk működtetése gázmotorral

A hőszivattyú ismert működési elve leginkább a Carnot körfolyamathoz (2. ábra) hasonlítható, vagyis az 1-2 izoentropikus kompresszióból, a 2-3 izobár kondenzációból, a 3-4 expanzióból, és a 4-1 izotermikus elpárologtatásból tevődik össze.



2. ábra  
Carnot-körfolyamat

A valódi hűtőkörfolyamatot a 3. ábra mutatja.



3. ábra  
Gyakorlati hűtőkörfolyamat (hőszivattyú) log p-h diagramja

Számunkra itt a lényeges a fűtési célú hőfelhasználás, vagyis a kondenzátor teljesítmény:

$$Q_K = m \cdot (h_2 - h_3) = Q_o + W$$

Az ún. jósági fok:

$$\epsilon = \frac{Q_o}{W}$$



ahol

$Q_K$  = a kondenzátor teljesítmény

$m$  = a hűtőközeg tömegárama

$Q_o$  = az elpárolgatóon kapott teljesítmény

$W$  = a kompresszor motorteljesítménye.

Azokban az országokban, ahol a villamos áramot főleg hőerőművekben termelik ( $\eta = 36\text{--}38\%$  hatásfokkal), és földgázt tüzelnek el az erőművekben, nemzetgazdasági szempontból nem gazdaságos a hőszivattyú  $\varepsilon = 3\text{--}4$  jósági fokával átalakítani a villamos áram felhasználásával a környezeti hőt magasabb szintű hőenergiává.

Célszerű ez esetben saját, gázmotoros kapcsolt hő- és villamosáram-termelést folytatni, amikor a gázmotor tengelyteljesítményével meghajtott generátor dotáltan átvett áramot ad a hálózatra. A gázmotoros fűtőegység mennyiségi hatásfoka  $80\text{--}85\%$ , villamos termelésének hatásfoka  $36\text{--}40\%$ . Így a gázmotoros blokk kapcsolt összhatásfoka igen kedvezően alakul. Az így megtermelt áram gazdaságos, ezzel meghajtva a hőszivattyú kompresszorát (vagy egyenesen a gázmotor tengelyéről), mindenképpen gazdaságossá válik a hőtermelés. A hőszivattyú kondenzátor hőmérséklete  $50\text{--}55^\circ\text{C}$  körül alakul maximálisan, amivel növelt felületű radiátoros fűtést és padlófűtést tudunk működtetni.

Ha ennél nagyobb hőfokszinten szükséges a hő, akkor a gázmotorról levehető  $90/70^\circ\text{C}$ -os, illetve a kipufogó gáz lehűtésével kapható  $100^\circ\text{C}$  feletti hőmérséklettartomány is rendelkezésre áll, így akár nagyobb légtechnikai berendezések kalorifereit is elláthatjuk hőenergiával.

A hőszivattyú fajlagos villamosenergia-felhasználása:

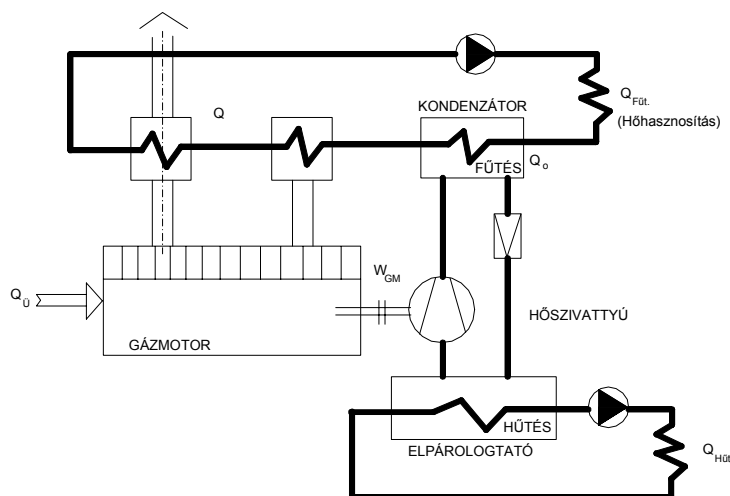
$$y = \frac{1}{\varepsilon} = \frac{W}{Q_o}$$

ahol

$W$  = villamos motorteljesítmény

$Q_o$  = fűtési hőteljesítmény

A gázmotoros hőszivattyú elvi sémáját mutatja a következő ábra



4. ábra

Gázmotorral hajtott hőszivattyú vázlata

A gázmotoros hőszivattyú energiafolyam ábrája megmutatja, milyen csekély veszteséggel üzemel a rendszer, és milyen arányú a környezeti (pl. talajhő) hasznosítás.

### Gyakorlati tapasztalatok a gázmotoros blokk üzemeltetésével

Távfűtési rendszereknél a gázmotoros blokk teljesítményét soha nem a villamos energiaigények, hanem mindig a fűtési rendszerben nyáron felhasználható hő határozza meg. Ezzel a méretezési alaptétellel a motorok – nyári karbantartási napokat kivéve – egész évben üzemelhetnek. A teljes éves üzemelés adja a rendszer gazdaságosságát, mert az átvett villamos áramból származó jövedelem akkor a legnagyobb, ha a motor folyamatosan működik. A hazai rendelet jelenleg havi  $75\%$ -os energetikai hatásfokot ír elő.

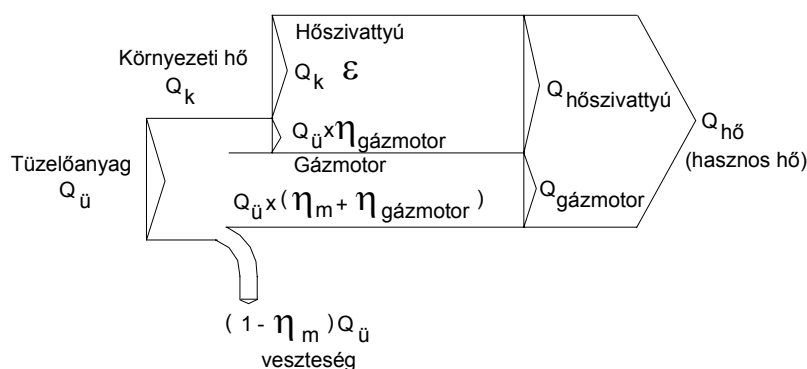
A gázmotoros erőtelepek üzemszerű működésében mindig előfordulnak rövid motorleállások. Ilyenek pl. a távhőrendszerben fellépő hidraulikai problémák, a villamos hálózati zavarok, kisebb motoralkatrész meghibásodások. A motorkarbantartás igen fontos tevékenység, és a megfelelő, előírt karbantartási munkák elvégzése mellett is előfordulhat gyertyahiba, vagy egyéb alkatrészhiba. A füstgáz hőcserélők tisztítását periodikusan el kell végezni, mert ez a leállás összehangolható a gázmotor időszakos karbantartásával. A motor karbantartási költségei átlagosan 1,80-2,00 Ft/kWh érték körül alakulnak jelenleg, a megtermelt villamos energiára vetítve.

A termelt hőenergia legnagyobb hányadát a füstgáz hőcserélő adja (kb. 60 %), míg az olajhűtő 10 % körüli, a turbólevegő és a hűtővíz hő 15-15%-ot ad át hasznosításra.

A távfűtési rendszerek korszerűsítése jelenleg gázmotoros erőművek létesítésével jól bevált, és a kogeneráció energetikai haszna egyúttal a lakosság részére is gazdasági haszonnal jár, tehát a városok távhődíját ilyen módon lehet mérsékelni akkor, amikor a földgáz alapenergiához tartozó költségei folyamatosan növekednek. Ugyanez a folyamat és gazdasági haszon mutatkozik meg a kórházak, ipari üzemek esetében is, ahol az optimális méretű gázmotorok működnek.

## GÁZMOTOR

MISKOLCI KÓRHÁZ 2003.	
Villamos teljesítmény	0,529 MW
Hőtjeljesítmény	0,72 MW
Gázfelhasználás	32 981 316 MJ
Hőtermelés	17 253 388 MJ
Hasznosított energia	17 253 388 MJ
Hőenergia	4 792 MWh
Villamos energia	3 354 MWh
Hatásfok	$\eta = 88,9 \%$
Villamos- és hőenergia aránya	$\sigma = 0,699 \text{ MWh/MWh}$
Villamosenergia-előállítás	9,70 Ft/kWh
Fenntartási költség	1,83 Ft/kWh
Villamosenergia-vásárlás	14,0 Ft/kWh
Átvételi ár	17,50 Ft/kWh
Élettartam	7 500 – 7600 h/a



5. ábra

Gázmotorral hajtott hőszivattyú energiafolyam ábrája

### Irodalom, hivatkozások

- [1] Büki Gergely: Erőművek, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2004.
- [2] Kontra Jenő: Hévízhasznosítás. Egyetemi jegyzet, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2004.
- [3] Böszörményi László: „Egy speciális hőszivattyú legkisebb költség elve szerinti tervezésének szempontjai.”, Klímaváltozás-Energiatudatosság-Energiahatékonyság Konferencia, Győr, 2003. (CIB-Meeting)

# Az acélgerendák övlemezének aktív szélessége az EUROCODE 3-2 szabványnak megfelelően

Petru Moga<sup>1</sup>, Köllő Gábor<sup>1</sup>, Ștefan Guțiu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>professzor, <sup>2</sup>adjunktus  
Kolozsvári Műszaki Egyetem

## Abstract

*In case of girders with wide flanges the bending stresses are not uniformly distributed on the flange width, being maximum above the girder webs.*

*For assumption of the stiffness in the static analysis, serviceability limit state verification and also for the fatigue assessments, the real width of the flanges is replaced with an "effective width" uniform loaded by the bending stresses.*

*In this paper is presented the evaluation methodology of the effective width according to Eurocode 3 – Part 2.*

## Összefoglalás

A széles övlemezű gerendák esetében a hajlítófeszültségek nem oszlanak meg egyenletesen az övek teljes szélességében, ezek a gerendatartó gerinclemez mentén maximálisak.

Az üzemelési és kifáradási határértékek kiszámítására a nem egyenletes hatásnak kitett lemez valós szélességét behelyettesítjük egy kisebb, egyenletes hatásnak kitett szélességgel, amelyet hajlítási aktív szélességnek nevezünk.

Jelen tanulmányban bemutatjuk az aktív szélesség EUROCODE 3-Part 2 szabvány szerinti kiértékelő eljárását.

## 1. Bevezetés

Nyílt szelvényű hidak esetében a közútihíd-gerendákat egy széles felső öv jelenléte jellemzi, míg a zárt keresztmetszetű gerendák mindkét talpa széles.

Az orthotróp pályalemez acélgerendák esetében a merevített lemez együtt dolgozik a főtartók gerinclemezével, valamint a hosszanti és haránt irányú merevítő lemezekkel.

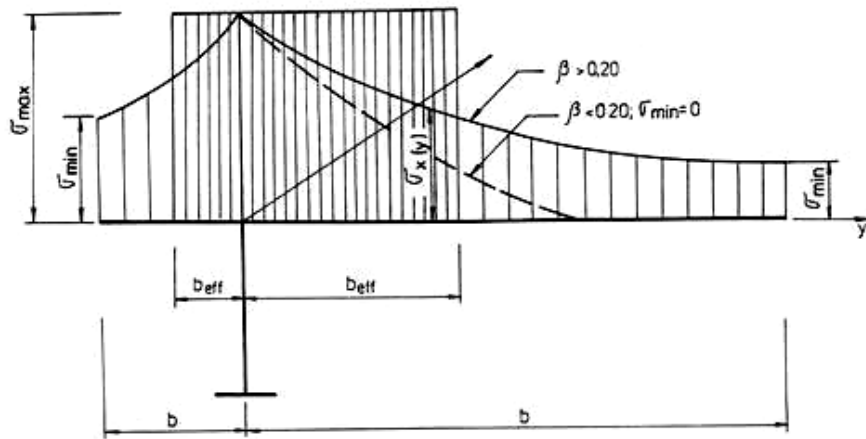
A széles talpak esetén a hajlítófeszültségek nem oszlanak meg egyenletesen a talpak teljes szélességében, ezek a gerendatartó gerinclemez mentén maximálisak és minimálisak a gerendatartó gerinclemezek közötti távolság felénél.

A szilárdsági és stabilitási (üzemelési és kifáradási határérték) számításoknak az egyszerűsítése végett a (nem egyenletes hatásnak kitett) pályalemez valós szélességének értékét behelyettesítjük egy kisebb (egyenletes hatásnak kitett) hajlítási aktív szélességnek nevezett értékkel, úgy, hogy teljesüljenek a következő feltételek:

$$\int_0^b \sigma_x(y) dy = b_{\text{eff}} \cdot \sigma_{\text{max}} \quad (1a)$$

$$b_{\text{eff}} = \beta \cdot b, \quad (1b)$$

$\beta$  az övlemez együttműködéstől függő együttható



1. ábra  
Az öblemez aktív szélessége

A műszaki szakirodalomban nagyszámban találunk a tartó öblemezei aktív szélességének kiszámítására vonatkozó eljárást és javaslatot [4], a jelen tanulmányban bemutatjuk az EC 3-2 szabvány által javasolt módszert.

## 2. Az üzemelési és kifáradási határértéknek megfelelő aktív szélesség az EUROCODE 3-2 szabványnak megfelelően

Az EC 3-2 szabvány szerint a pályalemez aktív szélessége, valamint a  $\beta$  együttható, az 1. táblázatban bemutatott összefüggések segítségével határozható meg.

1.táblázat: a valós szélesség meghatározására használható  $\beta$  állandó

Ellenőrzési helyek	A $\beta$ állandó képletei	$k$
Nyomatéki diagram csúcspont nélkül	$\beta = 1,0$	$\leq 0,02$
	$\beta = \beta_1 = \frac{1}{1 + 6,4 \cdot k^2}$	0,02-0,70
	$\beta = \beta_1 = \frac{1}{5,9 \cdot k}$	$> 0,70$
Nyomatéki diagram csúcsponttal	$\beta = \beta_2 = \frac{1}{1 + 6,0 \cdot \left( k - \frac{1}{2500 \cdot k} \right) + 1,6 \cdot k^2}$	0,02-0,70
	$\beta = \beta_2 = \frac{1}{8,6 \cdot k}$	$> 0,70$
Nyomaték a szélső támaszokon	$\beta_0 = \left( 0,55 + \frac{0,25}{k} \right) \cdot \beta_1; \quad de \quad b_0 < \beta_1$	Minden $k$ értékre

ahol:

$$k = \frac{\alpha_0 \cdot b}{L_e} \quad (2)$$

$$\alpha_0 = \sqrt{1 + \frac{A_{sl}}{b \cdot t}} \quad (3)$$

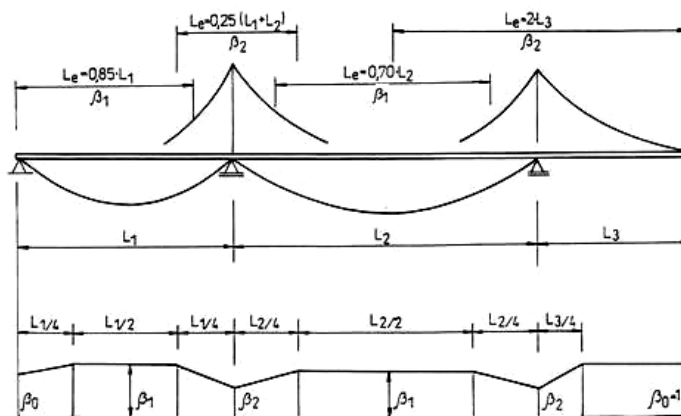
ahol:

$A_{sl}$  – a hosszanti merevítők területe

$t$  – a lemez (az övlemez) vastagsága

$L_e$  – tényleges hossz, két pont közötti távolság ahol a nyomaték nulla

Abban az esetben, ha egyik nyílás sem nagyobb mint 1,5-ször a szomszédos nyílás és egy konzol sem nagyobb mint a szomszédos nyílás fele, a reális szélességeket ( $L_e$ ) a 2. ábra segítségével határozzuk meg.



2. ábra

A tényleges hossz ( $L_e$ ) meghatározása

Az egységnyi feszültség eloszlását a talp szélességén a „shear lag” hatás következtében, az 1. ábra szerint határozhatjuk meg:

– ha  $\beta > 0,2$  :

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= (\sigma_{\max} - \sigma_{\min}) \cdot \left(1 - \frac{y}{b}\right)^4 + \sigma_{\min} \\ \sigma_{\min} &= 1,25 \cdot (\beta - 0,20) \cdot \sigma_{\max} \end{aligned} \right\} \quad (4a)$$

– ha  $\beta < 0,2$  :

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= \sigma_{\max} \left(1 - \frac{y}{b^*}\right)^4 \\ \sigma_{\min} &= 0; \quad b^* = 5 \cdot b_{\text{eff}} \end{aligned} \right\} \quad (4b)$$

## Felhasznált irodalom

- [1] \*\*\*Eurocode 3, Part 2: CEN/TC 250/SC 3, 1994
- [2] \*\*\*SR 1911-98. Poduri metalice de cale ferată. Prescripții de proiectare.
- [3] \*\*\*Proiectarea structurilor metalice de poduri la stări limită. Proiect de standard. U.T.C.B. 1998
- [4] Mazilu P., Țopa V., Ieremia M. *Teoria și calculul plăcilor ortotrope*. Editura Tehnică, București, 1983



# Szürrealizmus a magyar építészeti grafikában

**Nemes Gábor**

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,  
Rajzi és Formaismereti Tanszék

## Abstract

*Relation between the architectural graphic and the stylistic of fine arts. The conceptual background of the surrealism. The appearance of the surrealist vision and expression in the architectural graphic. Surrealistic masterpieces of the Hungarian architectural graphic and their stylistic qualities.*

A kvalitásos, értékes építészeti grafika hármass célkitűzésnek felel meg egyszerre és egyformán magas színvonalon. Elsőként s alapvetően az elképzelt, „megálmodott” épület vizuális megjelenítése, mások számára is érzékelhetővé és értékelhetővé tétele a cél; a tervgrafikát e szükség hívta létre az építészeti története során.

Bár a plasztikus megjelenítést mára a számítógépes programrendszerek szinte emberfeletti-embertelen tökélyre fejlesztették, ez önmagában mégis kevés, mert a jó építészeti rajznak egyben tartalmas vizuális kommunikációnak is kell lennie: közvetíteni a tervező sokrétű gondolatait, megszólítani, megérinteni – akár érzelmi síkon is – a befogadót.

És mindezekén túl az építészeti grafikának harmadik szempontként a terv jól eladhatóságának marketing érdekeit is figyelembe kell vennie.

A rajzoló építész grafikájának minőségi vizuális kommunikációvá nemesítésében segíti a képzőművészet – elleshető stílusis elemeivel, bevált ábrázolástechnikai és mentális – kommunikatív kliséivel. Így szűrődnek át a képzőművészeti stílusok – hasonlóan más alkalmazott grafikai műnemekhez – az építészeti grafikába is.

A magyar kortárs építész rajzot, építészeti grafikát feldolgozó kutatásom hangsúlyozottan rajzokra, mint önálló grafikai alkotásokra irányul, az elemzések és e mostani tanulmány során a rajzokban található „plasztikai jelek” és nem az ábrázolt építészeti érdekelt elsősorban. Az épület építészeti ábrázolásának grafikai stílusa különválasztható – és különválasztandó –, különösen igaz ez a miénkhez hasonló – töredezett építészeti – művészeti tudatú korokban. E gondolat illusztrálására idézem a Rajzi Tanszék egykori jeles tanára – Boross Géza festőművész – képvariációt, az építészeti grafika változtatható stílusáról (1. kép)



1. kép  
*Boross Géza, Épületrajz*

Miután az előadás címének második eleméről – az építészeti grafikáról esett szó, itt az ideje, hogy a szürrealizmusról is beszéljünk.

Az 1924-ben megjelent „La Revolution Surrealiste”– a „Szürrealista Forradalom” című programfolyóirat bevezetőjéből idézve: Mi valamennyien az álom kegyelméből valók vagyunk... Hatalmas uralkodó ő, tükörképekben és látszatokban jártas. Mi a papír és a toll, mi az írás és a költészet ez óriás előtt, kinek izmai felhőből vannak... A szürrealizmus megnyitja az álom kapuit mindazok előtt, kiknek éjszakai fukarok... a ti élményeitek a kegyelemből jönnek a mieink az álomból”.<sup>1</sup>

Kassák Lajos így ír a szürrealizmusról: „a szürrealisták hittek abban, hogy az emberek és tárgyak, dolgok között föl nem fedett kapcsolatok léteznek és ezek kutatása az irodalom és művészet feladata”.<sup>2</sup> E gondolat Major Máté szavaival: „A szürrealizmus olyan alkotó módszer, mely a „reális” részjelenségei közt a „nem-reális” kapcsolatok létrehozása révén a valóság rejtett összefüggéseit, a felületek mögötti teljesebb igazságot képes feltárni”.<sup>3</sup>

Körner Éva eképp összegzi a szürrealizmus lényegét: „A jelenlévő tárggyal szemben a megfoghatatlan messzeség, a valósággal szemben az álombeli, a realitással és rációval szemben a varázslat, költészet a kép tárgya, illetve alkotásának módszere”.<sup>4</sup>

Az idézett gondolatok pontosan megfogalmazzák a szürrealizmus lényegét, mely kezdeti óta napjainkig egyik legmeghatározóbb vonulata a XX. század művészetének, sőt a modern világ látásmódjának.

Marc Chagall: A Bercy rakpart (2. kép) című képének főszereplője maga az **álom**, melynek építészeti vonatkozásairól Gerle János publikált érdekes gondolatsort.<sup>5</sup> Pablo Picasso: Fürdőzők játéksónakokkal (3. kép) című képe is hordoz számomra építészeti párhuzamokat: Talán nem véletlenül tűnnek az alakok Le Corbusier betonkolteményei távoli rokonainak.



2. kép  
*Marc Chagall, Le Quai de Bercy*



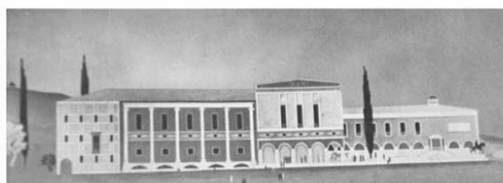
3. kép  
*Pablo Picasso, Fürdőzők játéksónakokkal*

A szürrealizmus a XX. század széles körben is egyik legsikeresebb művészeti irányzatává vált – mely közönségsiker nem közömbös a belőle merítkező építészeti grafika számára sem. Népszerűségének titka ott található Kassák szavaiban: „a költészet, maga a szabad képzelet, olyan birodalom, amelybe csak az álmodók vezetésével juthatnak be azok, akiknek maguknak nincsenek álmaik”.<sup>6</sup>

A szürrealizmussal a költészet **spirituális** mágiája gazdagíthatja tehát az építészeti grafikát, miként az expresszionizmus drámával telítheti, a konstruktivizmus pedig a racionalitás egzakt harmóniájával ruházhatja fel.

Az építészeti grafika szürrealizmusból átszűrte legfőbb tanulsága a művek atmoszférájának átvétele: a valószerű és a képzeletbeli között lebegtetett vizuális környezet megteremtése.

A kutatási korszakom – a kortárs magyar építészeti grafika – egyik első, de mindmáig érvényes erejű és gyönyörködtető remekén, Ivánka András Salgótarjáni Művelődési Ház homlokzati tempera festményén visszaköszön a Molnár C. Pál-i neoklasszicista, római iskolás ihletettséggű szürrealista vízió. (4. kép)



5. kép  
*Ivánka András, Salgótarján, Művelődési ház*



4. kép  
*Molnár C. Pál, Piazza Albanoban*

Hasonló atmoszférateremtő képzőművészeti párhuzam figyelhető meg dr. Balogh István 60-as években készült akvarelljén, melynek sejtető-sejtelmes formái vizuális rokonai Szász Endre látomásainak. (6.kép)

Makovecz Imre a csengeri görögkatolikus templomot hullámokon diadalmaskodó, mont-saint michele-i vízióként ábrázoló grafikája és Max Ernst hasonló kompozíciójú „képzeletbeli” városa mindketten a szürrealista fantázia szülöttei. (7., 8. kép)



6. kép  
*Dr. Balogh István, Építészeti táj*



7. kép  
*Makovecz Imre, Csenger, Görögkat. templom*



8. kép  
*Max Ernst, The Entire City*

E rokonság megfigyelhető Makovecz „Atlantisának” és Ernst „Európa az eső után” katasztrófa tájképének látomásában egyaránt. (9., 10. kép)

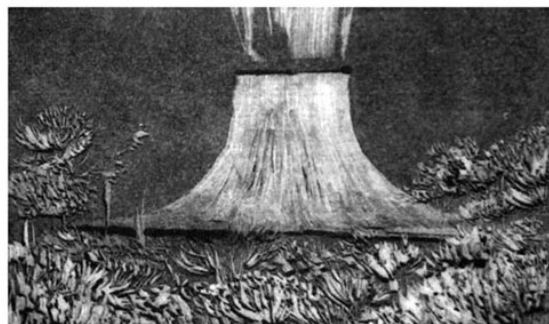


9. kép  
*Makovecz Imre, Atlantisz*



10. kép  
*Max Ernst, Europe after the rain*

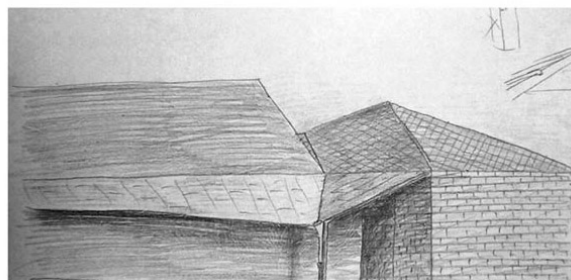
Jánossy György Színháztervében érezni Paul Klee, Erdély Miklós által találóan megfogalmazott „mélytengeri misztikáját”. (11. kép) Janáky István a Schaar Erzsébet Múzeumhoz készített homlokzati rajza a szürrealis építészeti grafika különösen szép, érzelemmel és intellektussal telített alkotása, szellemi társa Vajda Lajos csendes lírai, metafizikus művészetének (12., 13. kép)



11. kép  
*Jánossy György, Színházterv*



12. kép  
Vajda Lajos, *Északi táj*



13. kép  
Janáky István, *Schaár Erzsébet Múzeum*

Vadász György a hannoveri magyar pavilont ábrázoló grafikáján az épület – szürrealista gondolattársítás révén – mint kapocs jelenik meg Föld és Ég, Ember és Kozmosz – valóság és képzelet között. (14. kép)

Finta József Nemzeti Színház tervének alakjai mintha egy különös álomvilág, építészeti Nakonxypan lakói lennének. (15. kép)



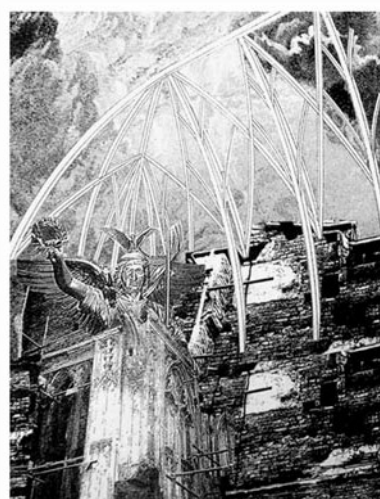
14. kép  
Vadász György, *Hannoveri Pavilon*



15. kép  
Finta József, *Nemzeti Színház pályázat*

A szürrealista képző- és alkalmazott művészet gyakran használja a montázst, mint képkalkulató módszert. (A fotómontázs műfaja is erősen e stílushoz köthető, melynek lehetőségeit a korszerű digitális, számítógépes technikák tovább szélesítik.)

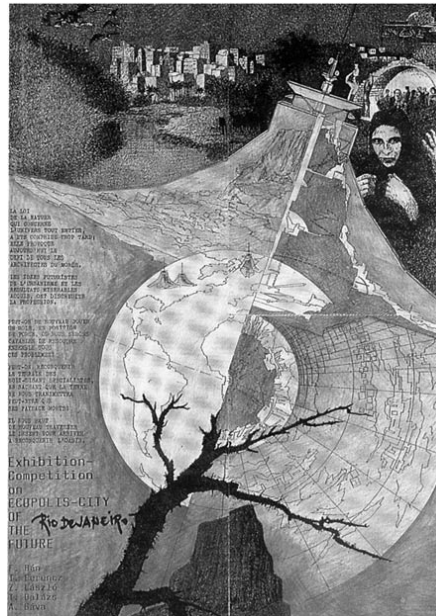
Természetesen az építészeti grafikában is jól használható és szívesen alkalmazott eljárás, illusztrálásul Makovecz Imre Windsor-i kastély montázsa (16. kép) Vajda Lajos Liliom és párduc című művével párhuzamba állítva. (17. kép) Bán Ferenc Ecopolis a jövő városa c. műve (18. kép) a hagyományos grafikai eljárással készített szürrealista montázs érdekes, szép példája.



16. kép  
Makovecz Imre, *Windsori kastély*



17. kép  
Vajda Lajos, *Liliom és párduc*

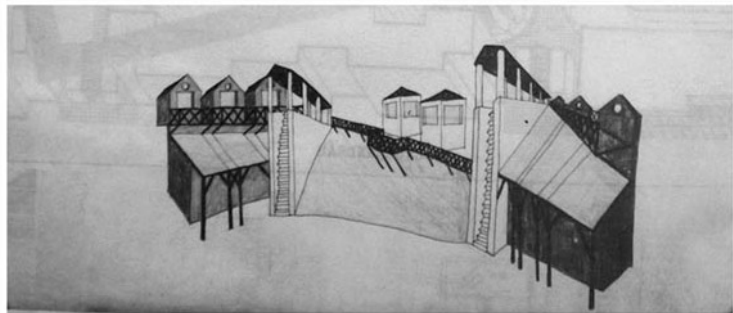


18. kép  
Bán Ferenc, Ferencz István, *Ecopolis*

A szürrealizmus egyben lehetőség a megszokottól eltérő nézetű ábrázoláshoz, torzított optikájú, vízionisztikusan láttató rajzok készítéséhez, mint például Birkás Ákos, a hagyományos ábrázolást dadaisztikusan tagadó alapállású *Piac* című grafikája (19. kép)



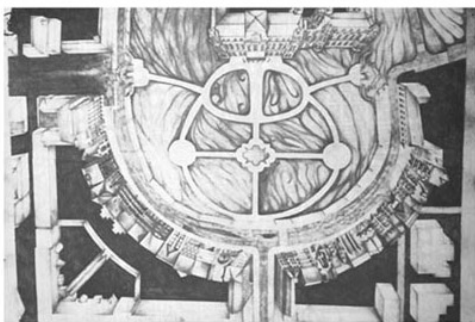
20. kép  
Jánossy György,  
*Egri Könyvtár lépcsője*



19. kép  
Birkás Ákos, *Piac*

A képzőművészet legelemibb eszközével, pusztán a vonallal is alkotható szürrealisztikusan erőteljes képgrafika, mint Jánossy György „Egri könyvtárlépcső” perspektívája, (20. kép), ahol a vonalak játéka szinte eksztatikus örvénylássé válik.

A puha, elmosódott, sejtelmesen áttűnő tónushasználat szintén szürreális látomássá lényegítheti az építészeti rajzot, mint azt a keszthelyi kastélypark beépítési perspektíváján láthatjuk (21. kép) vizuális megfelelése a már idézett Szász Endre-i tónusvilággal egyértelmű (22. kép)



21. kép  
Keszthely, kastélypark



22. kép  
Szász Endre, Lángoló kulcs

És végezetül, az építész rajzoló a valóságtól elemelkedő, a naturalizmust meghaladni látszó hatást a grafika staffázs-alakjaival is elérhet. Makovecz Imre balatonszepezdi vendéglő perspektívájának furcsa teremtményei mintha Chirico, Ernst és kortársaik vásznáról érkeztek volna, átívelve teret és korszakot, az építészeti grafika és képzőművészet kapcsolatairól mesélve.(23. kép)



23. kép  
Makovecz Imre, Balatonszepezd, vendéglő

## Jegyzetek

<sup>1</sup>A „szürrealizmus” kifejezést G. Apollinaire használta először „Teiresziász emlői” című drámája műfaji meghatározásánál. A szürrealizmus mint irodalmi, képzőművészeti irányzat az 1920-as években, Párizsban alakult A. Breton ideológiai vezetésével. Az irányzat művészei „ősüknek” tartották Goya vizionisztikus korszakát és H. Bosch művészetét, de a szürrealizmus előfutáraként értékelhető Piranesi több grafikai sorozata is, melyek egyben az építészeti grafika történetének fontos dokumentumai.

A szürrealisták első folyóiratának a „La Revolution Surrealiste” munkatársai, a mozgalom első nemzedékének tagjai többek között az író L. Aragon, a festő Chirico, M. Ernst, A. Masson, Picasso voltak. Első képzőművészeti kiállításukat 1925-ben Párizsban rendezték, melyen a már említetteken kívül H. Arp, P. Klee, J. Miro és M. Ray is részt vett. A harmincas évek végétől a szürrealisták számos nemzetközi kiállítást rendeztek és művészetük erős befolyást gyakorolt a század második felének vizuális kultúrájára.

<sup>2</sup>in Kassák Lajos: *Az izmusok művészete*, Magvető Könyvkiadó. Budapest, 1972. 155. old.

<sup>3</sup>Major Máté: *Illés Árpád új képei*, in *Magyar Művészet*, 1967/5. 53. old.

<sup>4</sup>Körner Éva: *A korszak egyetemes képzőművészetének főbb tendenciái.*, in *Magyar Művészet 1919-1945. I. kötet*, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1985, 32. old.

<sup>5</sup>Gerle János: *Makovecz Imre rajzaihoz*, Ernst Múzeum kiállítási katalógus, 2004.

<sup>6</sup>in Kassák Lajos: *Az izmusok művészete*, 149. old.

# Az állandómágneses hibrid léptetőmotor vezérlése csúszómódban működő szabályozóval

**Dr. Szász Csaba**

Kolozsvári Műszaki Egyetem, Villamosmérnöki Kar

## Abstract

*This paper presents a robust control strategy for the two-phase PM-hybrid stepper motor. In order to eliminate the parameter and load variation influence, a position controller based on the sliding mode structure is investigated for high performance positioning applications. The field-oriented control is also applied to the hybrid stepper motor, with the purpose to improve the dynamic performance of the system drive. Detailed simulation and experimental results are presented to illustrate the good dynamic response of the motor.*

A dolgozat az állandómágneses hibrid léptetőmotor robusztus vezérlési stratégiáját mutatja be. Annak érdekében, hogy a motor paramétereinek, valamint a terhelőnyomaték változásának a hatása kiküszöbölhető legyen a zárt hurokban történő igényes meghajtások esetében, egy csúszómódban működő vezérlési struktúrát fejlesztettünk ki és mutattunk be. A léptetőmotor dinamikai jellemzőinek javítására az előbb említett stratégia mellett, a vektoriális vezérlési módszert is alkalmaztuk. A dolgozatban bemutatjuk a megépített digitális vezérlőrendszer laboratóriumi prototípusát, valamint számos mérési és számítógépes szimulálás során kapott eredményt.

## 1. Bevezetés

A kétfázisú állandómágneses hibrid léptetőmotor egy igen gyakran használt vezérlőeszköz a nagyponosságú villamos meghajtások esetében. Leggyakrabban a robotikában, a számvezerlések gépeknél, valamint a számítógépes rendszerekben alkalmazzák. A hagyományos léptetőmotoros meghajtások esetében nyílt hurokban impulzusokkal tápláljuk a motor fázisait. Ezek a szervóhajtások viszonylag olcsóak, és kielégítő teljesítményt nyújtanak kis forgási sebességek esetében, vagy ha a terhelőnyomaték értéke kevésbé változik a motor tengelyén. A vektoriális vezérlési módszert alkalmazva, nagymértékben lehet javítani a léptetőmotor dinamikai jellemzőin. Ebben az esetben a léptetőmotor úgy viselkedik, mint egy kiváló dinamikai jellemzőkkel bíró váltakozó áramú vezérlőeszköz [1].

A váltakozó-struktúrákon alapuló vezérlési stratégiák biztosítani tudják a motor dinamikai jellemzőinek további javítását, valamint kiküszöbölhetik a terhelőnyomaték erős változásainak a nemkívánt hatását. A dolgozat egy csúszómódban működő szabályzó alkalmazásának a lehetőségét tanulmányozza a vektoriálisan vezérelt léptetőmotor esetében. Részletes számítógépes szimulációs eredmények mutatják a motor jó dinamikai jellemzőit az említett robusztus szabályzó használata esetében. A digitális vezérlőrendszer laboratóriumi változatát, valamint a mérési eredményeket is részletesen bemutatom a dolgozatban.

## 2. Az állandómágneses hibrid léptetőmotor matematikai modellje

Ha a kétfázisú állandómágneses hibrid léptetőmotor tekercseit nem impulzusokkal, hanem szinuszos áramokkal tápláljuk, akkor a motor tulajdonképpen úgy viselkedik, mint egy állandó légréssel rendelkező szinkronmotor [2]. Ebben az esetben, a motor állapotegyenletei forgórész-orientált dq rendszerben a következően írhatóak le [3]:



$$\begin{aligned}
\frac{d\theta_m}{dt} &= \omega_m \\
\frac{d\omega_m}{dt} &= \frac{1}{J_m} (k_m (\Psi_m i_{sq\theta} + (L_{sd} - L_{sq}) i_{sd\theta} i_{sq\theta}) - B_m \omega_m - m_r) \\
\frac{di_{sd\theta}}{dt} &= \frac{1}{L_{sd}} (u_{sd\theta} - R i_{sd\theta} + \omega L_{sq} i_{sq\theta}) \\
\frac{di_{sq\theta}}{dt} &= \frac{1}{L_{sq}} (u_{sq\theta} - R i_{sq\theta} - \omega L_{sd} i_{sd\theta} + \omega \Psi_M);
\end{aligned} \tag{1}$$

ahol  $\omega = z_r \omega_m$ . Ez a modell a két feszültség-egyenletből (mindegyik tekercsnek egy egyenlet), valamint a dinamikai egyenletből áll. A tanulmányozott léptetőmotor esetében  $L_{sd} = L_{sq} = L$  az állórész tekercseinek az induktivitásai,  $i_{sd\theta}$  és  $i_{sq\theta}$  az állórész áramai a dθ-qθ koordinátarendszerben,  $\Psi_M$  az állandómágnes fluxusa,  $\theta_m$  a forgórész helyzete,  $\omega_m$  a forgórész sebessége,  $z_r$  a forgórész fogainak a száma,  $R$  a tekercs ohmikus ellenállása,  $J_m$  a forgórész tehetetlenségi nyomatéka,  $B_m$  a súrlódási állandó,  $m_r$  pedig a terhelőnyomaték.

A hibrid léptetőmotor dinamikai jellemzőinek javítására a vektoriális vezérlési elméletet alkalmazzuk. Ez azt jelenti, hogy a dθ tengely  $i_{sd\theta}$  áramát mindig zéró értéken kell tartani, elkerülve a mágneses fluxusok kölcsönhatását a dq modellben. Ennek következtében a kifejtett elektromágneses nyomaték egyenlete a következőképpen írható:

$$m_e = k_m \cdot i_{sq\theta}, \tag{2}$$

ahol  $k_m = z_r \Psi_M$  a motor állandója.

A leírt modell egyenleteinek foka csökkenthető, ha a dq áramokat bemeneti referencia-áramoknak tekintjük a rendszerben. Így, a vektoriálisan vezérelt, és PWM áraminverter segítségével meghajtott állandómágneses hibrid léptetőmotor állapotegyenletei a következően alakulnak: [4]:

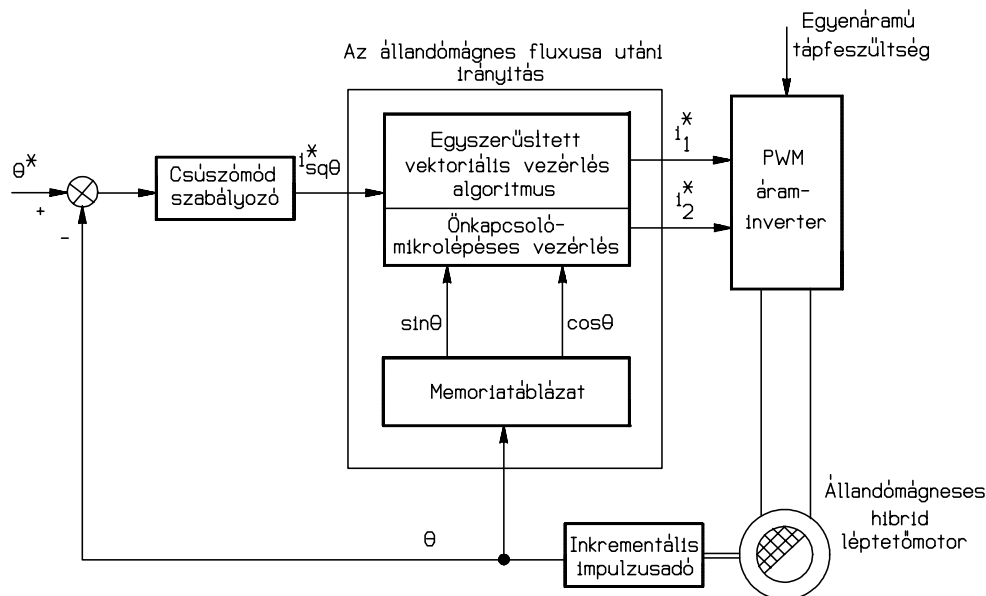
$$\begin{aligned}
i_{sd\theta}^* &= 0 \\
\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} -\frac{B_m}{J_m} & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{k_m}{J_m} \\ 0 \end{bmatrix} \cdot i_{sq\theta}^* + \begin{bmatrix} -\frac{1}{J_m} \\ 0 \end{bmatrix} \cdot m_r,
\end{aligned} \tag{3}$$

ahol  $i_{sd\theta}^*$  és  $i_{sq\theta}^*$  az előírt referenciaáramok, és az új állapotvektor  $x = [x_1(t) \ x_2(t)]^T = [\omega_m \ \theta_m]^T$ .

### 3. Az állandómágneses hibrid léptetőmotor egyszerűsített vektoriális vezérlési stratégiája csúszómódban működő szabályozóval

A vektoriális vezérlés lényege az, hogy az  $i_{sq\theta}^*$  úgynevezett „aktív áramot” a vezérelt folyamatnak megfelelően kell generálni, ugyanakkor pedig az úgynevezett  $i_{sd\theta}^*$  „reaktív áramot” zéró értéken kell tartani, elkerülve így a mágneses fluxus nemkívánt változását a légrésben. Ez a stratégia jó dinamikai jellemzőket eredményez a motor számára, de ugyanakkor néhány alapvető nehézség is felmerül. Mivel a vezérlő algoritmus viszonylag bonyolult, ezért elsősorban komoly hardware és software forrásokat igényel, ami kevésbé indokolt e kis telyesítményű léptetőmotornál. Ebből kifolyólag, elkerülve az előbb említett nehézségeket, egy új, „egyszerűsített vektoriális vezérlési módszer”, fejlesztettünk ki. [5]. E módszer lényege az 1-es ábrán látható. Az új vezérlési stratégia tulajdonképpen két jól ismert hagyományos módszer, a mikrolépéses és az elektronikusan önszabályzott vezérlési módszer ötvözése [4] [6]. Az egyszerűsített vektoriális vezérlés esetében az állórészben folyó áram vektorának irányítása a forgórész helyzetéhez nemcsak minden mechanikai lépés esetében történik, hanem minden mikrolépés után is, olyan pontossággal ami csak az inkrementális impulzusadó felbontásától függ. Nagyszámú mikrolépés esetében, az áram irányításában a mikrolépés alatt bekövetkezett hiba elhanyagolható.





1. ábra

*Az állandómágnese hibrid léptetőmotor egyszerűsített vektoriális vezérlési stratégiája csúszómódban működő szabályozóval.*

Az 1-es ábrán az  $i_{sq\theta}^*$  aktív áramot egy változó-struktúrájú csúszómódban működő szabályozó generálja, a vezérlési folyamatnak megfelelően. A robusztus szabályozó biztosíthatja azt, hogy a rendszer paramétereinek a változása, valamint a terhelőnyomaték ingadozása ne befolyásolja a motor dinamikai jellemzőit. A hagyományos csúszómódban történő vezérlés esetében a vezérlőjel az  $u = u_{eq} + \beta \text{sat}(s/\Phi)$  formában van kifejezve, ahol  $\Phi$  a vezérlési sáv vastagsága,  $s$  pedig az előírt csúszó felület. Ha a rendszer állapotváltozóinak értékei a vezérlési sávon kívülre kerülnek, akkor a vezérlőjelet az  $u = u_{eq} + \beta \text{sgn}(s)$ , formában adhatjuk meg, mely forma biztosítja a csúszási feltételeket a megadott felületen. A léptetőmotor dinamikáján javítani lehet, ha a vezérlőjel formáját az  $u = u_{eq} + \alpha s + \beta \text{sgn}(s)$  általánosabb formára módosítjuk, ahol  $\alpha$  egy pozitív állandót jelent [4], [7].

A szabályozás dinamikai jellemzőinek az értékelésére bevezethetjük a következő állapotvektorokat:

$$E = [\theta_{\text{ref}} - \theta_m \quad \omega_{\text{ref}} - \omega_m]^T = [e \quad \dot{e}]^T, \quad (4)$$

ahol  $\theta_{\text{ref}}$  az előírt referencia-pozíciót jelenti. A csúszófelületet a forgórész helyzetének és sebességének függvényében határozhatjuk meg:

$$S = \ddot{e} - \lambda_1 \dot{e} - \lambda_2 e, \text{ ahol } \lambda_1, \lambda_2 > 0. \quad (5)$$

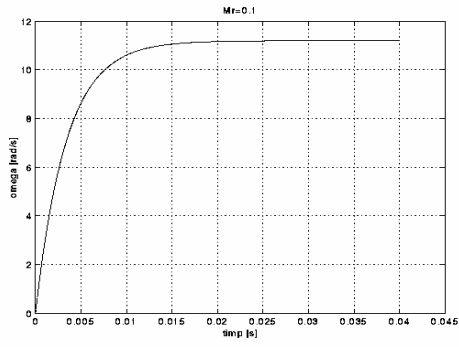
A csúszófelület előbbi meghatározásával, az előírt  $\theta_{\text{ref}}$  pozíciót akkor érhetjük el, ha a rendszer állapotváltozóit teljesítik az  $S(t)=0$  egyenletről következő feltételeket. A Wang and Lee [7] által javasolt stratégiára alapozva, a csúszómódban működő szabályozó vezérlőjelét a következő formában írhatjuk:

$$i_{sq\theta}^* = i_{sq\theta-eq} + k \cdot s(t), \quad (6)$$

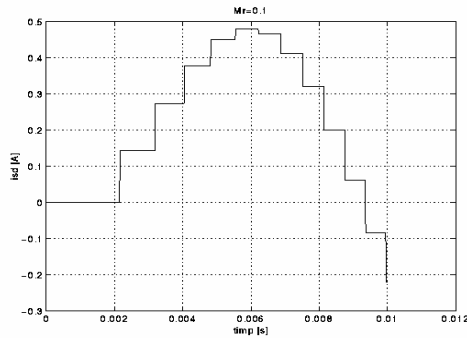
ahol  $i_{sq\theta-eq}$  egy ekvivalens vezérlőjel,  $s(t)$  az előírt csúszófelület, és  $k$  egy pozitív állandó. A javasolt vezérlési stratégia egy könnyű és folytonos csúszást biztosít az előírt felületen, a  $ks(t)$  kapcsolójelnek pedig mindig ugyanaz az előjele, mint a  $\text{sat}(s/\Phi)$  függvénynek [8].

#### 4. Számítógépes szimulációs és mérési eredmények

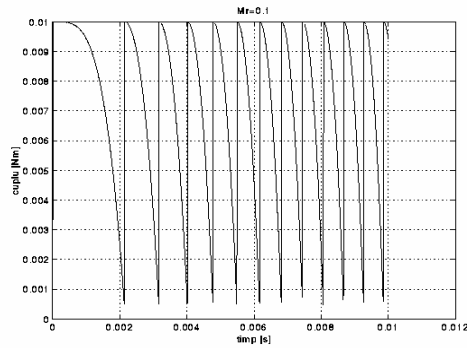
Az állandómágnese hibrid léptetőmotor dinamikai jellemzőinek tanulmányozása kezdetben számítógépes szimuláció segítségével történt, Matlab környezetben. A motor főbb paraméterei a következők: két fázis, 8 állórész pólus, 5 fog pólusonként, 50 fog a forgórészen, 200 lépés/fordulat, nominális forgatónyomaték  $M_n=0,2\text{Nm}$ , nominális áram  $I_n=1\text{A/fázis}$ , állandómágnese fluxus  $\Psi_M=0,0044\text{Wb}$ . A motor tengelyére 1000 impulzus/fordulat felbontású inkrementális impulzusadó van rögzítve, így a motor 5 mikrolépést végezhet egy mechanikai lépés alatt. A számítógépes szimuláció eredményei azt mutatják, hogy az egyszerűsített vektoriális vezérlés módszerével meghajtott léptetőmotorok az egyenáramú motorhoz hasonló dinamikai jellemzői vannak.



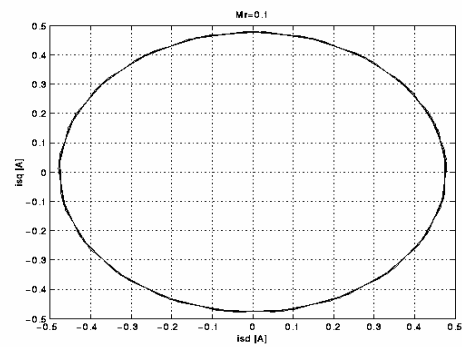
2. ábra  
A léptetőmotor szögsebessége



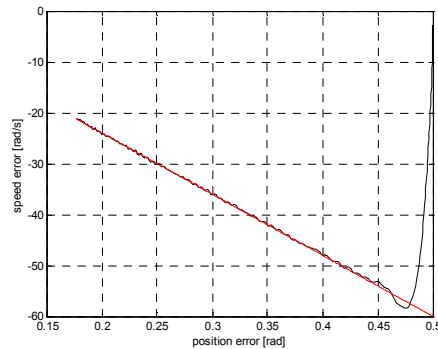
3. ábra  
Az  $i_{sq}$  fázisáram változása



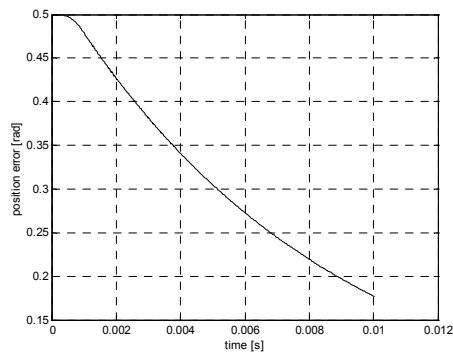
4. ábra  
Az elektromágneses nyomaték



5. ábra  
Az állórészben folyó áram fazora



6. ábra  
Az  $x_1$  és  $x_2$  állapotváltozók



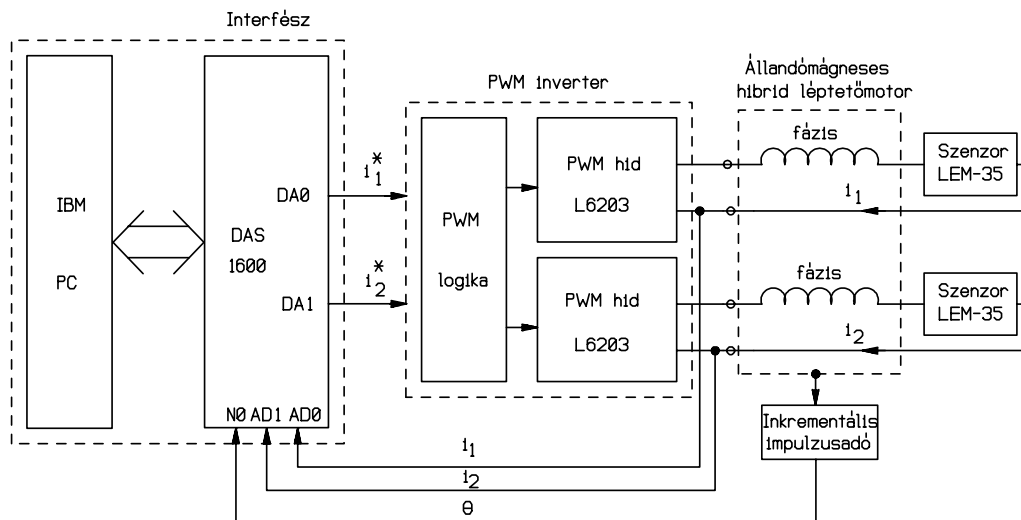
7. ábra  
Az  $x_1$  pozicionálási hiba

Ahogy a 2-es ábra is szemlélteti, a léptetőmotor szögsebességének nincsenek rezgései, és a motor dinamikája induláskor ugyanolyan jó, mint az egyenáramú motorok esetében. A 3-as ábrán a fázisáramok változása látható, együtt a motor mikrolépéseivel. Minden mikrolépés esetében az állórészben folyó áram  $i_s$  vektora irányítva van a forgórész helyzetéhez viszonyítva, és minden mikrolépés esetében ez a fázor merőleges az állandómágnes fluxusának fázorára. Így a két fázor vektoriális szorzata minden mikrolépés esetében maximális elektromágneses forgatónyomatékok eredményez.

Észrevehető, hogy a léptetőmotor által kifejtett elektromágneses nyomaték állandó, ugyanúgy mint az egyenáramú motorok esetében. Nagyon kis léptéken (4-es ábra) látható az elektromágneses nyomaték változása, és éppen ez mutatja azt ahogyan az állórészben folyó áram  $i_s$  vektora irányítva van minden mikrolépés esetében, úgy, hogy a kifejtett elektromágneses nyomaték maximális legyen, hasonlóan a kompenzáló tekercsel rendelkező egyenáramú motorok esetéhez. Az 5-ös ábra az állórészben folyó áram  $i_s$  fázora által leírt kört szemlélteti.

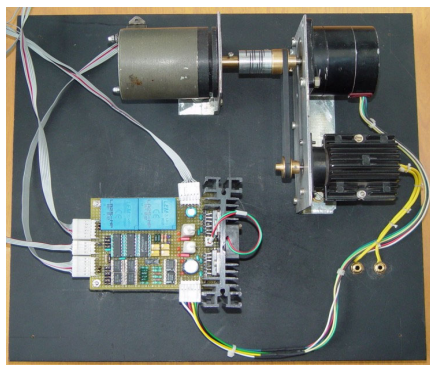
A 6-os ábrán az  $x_1$  pozicionálási hiba és az  $x_2$  sebesség hiba változásait követhetjük, az előírt csúszófelületen. Miután ezek a változók elérték a csúszófelületet, a motor forgórésze lassan és igen kis rezgésekkel közeledik az előírt 0,5 rad referencia helyzetéhez. A pozicionálási hiba a 7-es ábrán látható.

A 8-as ábra a laboratóriumban megépített kísérleti vezérlőrendszer elvi rajzát mutatja be. Az állandómágneses hibrid léptetőmotor vektoriális vezérlőrendszere alapján véve az IBM-PC személyiszámítógépbe beillesztett, Keithley Metrabyte DAS-1600-as típusú vezérlőkártyára épül [9]. A léptetőmotort egy aszinkron, áramforrás típusú PWM inverter táplálja, mely úgy van megtervezve, hogy a két L6203-as típusú híd segítségével lehetővé teszi bármely áramforma létrehozását a motor tekercseiben. Az inverter magas PWM frekvencián működik, a tápfeszültségét pedig 24–48V között lehet változtatni, a követelményeknek megfelelően. A teljesítmény elektronika rész magába foglal még két LEM-35 típusú áramszenzort, és a megfelelő interfész áramköröket is. A számítógép beolvassa a forgórész helyzetére vonatkozó információt, majd az önszabályozó-mikrolépéses algoritmus alapján, a két referencia áramot ( $i_1^*$ ,  $i_2^*$ ) fogja generálni az inverter bemeneteire.



8. ábra

*A kísérleti digitális vezérlőrendszer elvi rajza*



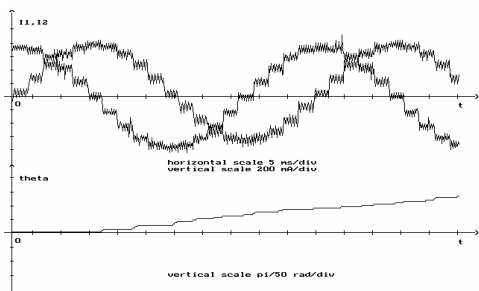
9. ábra

*A PWM inverter és a léptetőmotor, a terhelés szerepét betöltő egyenáramú motorral*



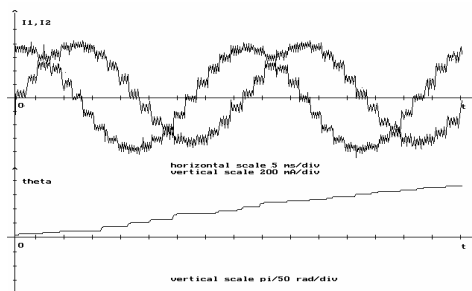
10. ábra

*A digitális vezérlőrendszer laboratóriumi prototípusa*



11. ábra

*A fázisáramok és a forgórész helyzetének a változása ( $M_n = 0.1Nm$ )*



12. ábra

*A fázisáramok és a forgórész helyzetének a változása, ( $M_n = 0.08Nm$ )*

A 11-es ábra az  $i_1^*$  és  $i_2^*$  fázisáramok, valamint a forgórész helyzetének a változását mutatja be. Az ábrán jól észrevehetőek a léptetőmotor mikrolépései (egy lépés megfelel 5 mikrolépésnek). Minden mikrolépés után az  $i_1^*$  és  $i_2^*$  fázisáramok úgy vannak generálva, hogy az állórészben levő aktív-áram vektora merőleges legyen az állandómágnes fluxusának vektorára. A 11-es ábrán látható diagramról leolvasható az, hogy abban az esetben ha a generált referenciáram amplitúdója 0,75A (a terhelőnyomaték értéke  $M_n=0,1Nm$ ), akkor a motor sebessége 75 lépés/s, ami pontosan 375 mikrolépés/s-nak felel meg.

Abban az esetben, ha a terhelőnyomaték értéke 0,1Nm-ről 0,08Nm-re csökken (12-es ábra), a motor sebessége 100 lépés/s, ami 500 mikrolépés/s-nak felel meg. Ahogyan az várható volt, a terhelőnyomaték csökkenésével a motor sebessége nőtt. A 11-es és 12-es ábrán bemutatott mérési eredményeket össze lehet hasonlítani a 3-as ábrán bemutatott, számítógépes szimuláció segítségével kapott eredményekkel. Mindkét esetben jól kivehetőek a léptetőmotor mikrolépései az egyszerűsített vektoriális vezérlési módszert alkalmazva.

## 5. Következtetések

Ismert, hogy a vektoriális vezérlési módszert alkalmazva, az állandómágneses hibrid léptetőmotor dinamikája jelentősen javul. Annak érdekében hogy a motor jellemzői érzéketlenek legyenek a különböző paraméterek változásaira, valamint a terhelőnyomaték ingadozása esetében, a motor meghajtására egy változó-struktúrájú, csúszómódban működő vezérlőrendszert javasolunk. Egy csúszómódban működő robusztus szabályozó segítségével a motor dinamikáját tovább lehetne javítani, elérve azt, hogy ugyanolyan jó jellemzői legyenek mint egy egyenáramú motor esetében.

A kísérletek első lépéseként, a léptetőmotor egyszerűsített vektoriális vezérlését tanulmányoztuk, számítógépes szimuláció segítségével. A kapott eredmények (2-5. ábra) azt bizonyítják, hogy ennek a típusú léptetőmotorok az egyenáramú motorokhoz hasonló jó dinamikai jellemzői lehetnek. A motor sebessége gyorsan nő, rezgések nélkül, a kifejtett elektromágneses nyomaték közel állandó értékű. A nagyon kis léptéken észrevehető elektromágneses nyomatékváltozás éppen azt mutatja, ahogyan az állórészben folyó áram vektorát irányítjuk, azért, hogy a kifejtett elektromágneses nyomaték minden mikrolépés esetében maximális legyen. A 6-os és 7-es ábrákon a pozicionáló rendszer dinamikai jellemzői láthatóak, csúszómódban működő szabályozó használata esetében.

A kísérleti eredményekből le lehet vonni azt a következtetést, hogy a bemutatott – nem költséges és viszonylag egyszerű – robusztus vektoriális vezérlési módszer jó stratégia lehet a jövőben a hibrid léptetőmotorok vezérlésére, és egy új alternatíva a hagyományos meghajtási módszerekre.

## 6. Szakirodalom

- [1] Szász Cs. - PhD dissertation, Technical University of Cluj, Romania, 1999.
- [2] [2] Kelemen A., Maria Imecs - Vector Control of AC Drives, Volume 2, Ecrisure Publisher, Budapest, Hungary, 1993.
- [3] Kellermann H. at all - Field oriented position control of a hybrid stepper motor, Proceedings of European Power Electronics-EPE'95, vol 3, Sevilla, 908-913 (1995).
- [4] Rusu C. - Sliding mode control for hybrid stepper motor drive, Proceedings of CNAE'2000 Conference, Iasi, 137-144 (2000).
- [5] Marschalko R., Szász Cs., Trifa V., Székely A. - Implementing of a vector controlled PM-hybrid stepping motor servodrives, PEMC'98 International Conference, Prague, 1998 (CD-ROM registration).
- [6] Szász Cs., Marschalko R., Trifa V., Székely A. - Experimenting of a simplified vector control system with PM-hybrid stepping motor, PCIM International Conference, Nuremberg, 1999.
- [7] Wang W.J., Lee J.L., - Hitting time reduction and chattering attenuation in multi-input VSS. Control Theory Adv. Tech., vol 9, 491-499 (1993).
- [8] Slotine J.J.E., Sliding controller design for non-linear systems. Int. J. Control, 40, 421-434 (1984).
- [9] \*\*\* - Data acquisition & control for IBM PC/XT/AT, PS2, Micro Channel & Apple MacIntosh computers. MetraByte Corp. vol. 18, 1989.

# Kép architektúrája és az architektúra képe

Derékszög és hullámvonal, ráció és érzelem

**Üveges Gábor**

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,  
Rajzi és Formaismereti Tanszék

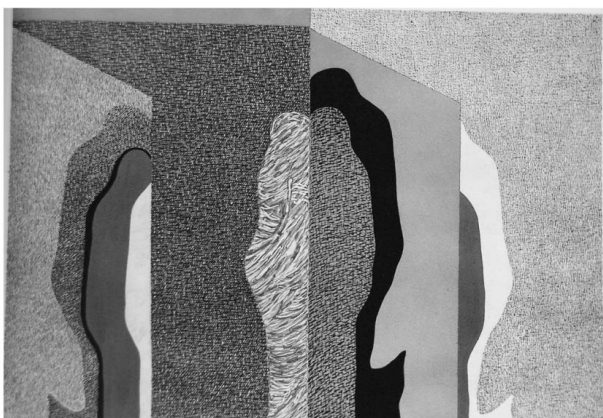
## Abstract

*Formulating questions in a similar vein often produces similar answers in architecture and fine art. Buildings, pictures and sculptures, which speak the same visual language and explore the same territories of how to develop forms and structures, often present us with similar visions about the world and about reality.*

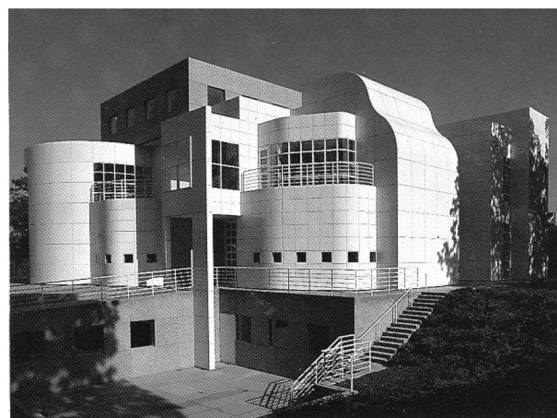
*The works of the Hungarian painter Pál Deim, the American architect Richard Meier and the Japanese architect Kazumasa Yamashita offer several analogies. The central idea behind the works of all these artists is the accommodation of the opposites in one composition, which is most vividly demonstrated by the “semantic clash” between the strictly geometrical structure and the organic guitar or the schematic representation of human form (the right angle and the waving line).*

*In architecture, the line of predecessors starts with Michael Graves, it continues with Corbusier and ends with Amédée Ozenfant and the Cubist movement of the beginning of the century. In painting we can retrace our steps back to the same source by starting from Jenő Barcsay's art and proceeding via the works of Pablo Picasso and Georges Braque.*

Térben, időben és műfajban is távoli műveket látunk egymás mellett. Többek közt, egy 1968-ban Szentendrén festett olajképet, egy 1985-ben Amerikában felépített épületet és egy japán építész 1979-ben Tokióban épített házát. A művek formai hasonlóságuk miatt kerültek egymás mellé, de kérdés, hogy ez a hasonlóság miből fakad, mi köze lehet a Szentendrén élő Deim Pálnak a vele nagyjából egyidős amerikai Richard Meierhez, vagy a japán Kazumasához, és egyáltalán mi köze lehet egy olajképnek épületekhez.



*Deim Pál  
Csend, 1968*



*Richard Meier  
Des Moines Art Center, 1982-85*

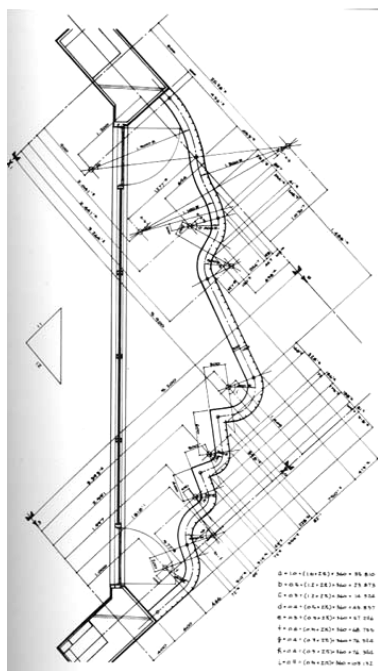
A művek nagymértékű formai hasonlósága egyáltalán nem véletlen, hanem egy hasonló szellemi pozíciónak, egy hasonló tér és forma szervezési koncepciónak a megnyilvánulását jelenti, egyrészt építészeti másrészt festészeti kontextusban. Ha Deim Pál és Richard Meier művét vetjük össze, nyilvánvaló, hogy egymástól teljesen függetlenül jutottak nagyon hasonló szellemi és formai konklúzióra. Az egymásra való hatás teljesen valószínűtlen. Deimről tudható, hogy az inspirációt számára egy másik szentendrei festő, Barcsay Jenő művészetete jelentette, hogy „a Barcsay féle szerkezetes képépítésből levonható tanulságok” mentén haladva „talált rá egyéni motívumára a térsíkok közé szorított bábura.”<sup>1</sup> A hatvanas évek magyarországi viszonyait ismerve,

egyébként is elképzelhetetlen, hogy ismert volna egy fiatal amerikai építész, de hiába is ismert volna, mert Meier első jelentős ilyen formajegyeket mutató épülete (Atheneum, New Harmony, Indiana) csak sokkal később, 1975-ben kezdett épülni.

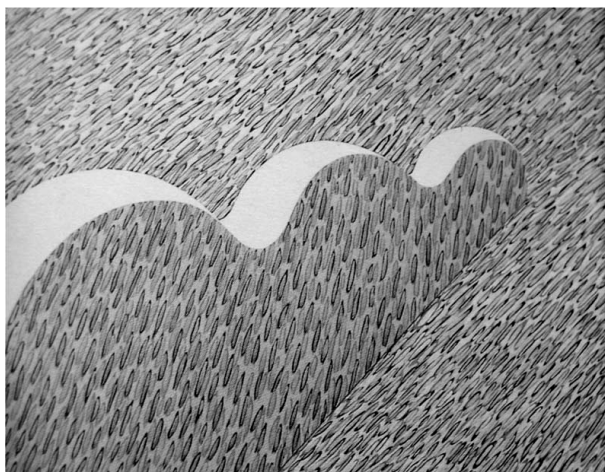
Meier-ről is elmondható, hogy valószínűtlen, hogy ismert volna egy fiatal szendendrei festőt a vasfüggöny mögül. Róla tudható, hogy a hatvanas évek második felében (mikor Deim Szentendrén megfestette a Csend c. sorozatát) a Five Architects New York-i építész csoport tagjaként „Le Corbusier purista korszakát fogadta el kiinduló pontnak”<sup>2</sup>, ennek megfelelően fehér épületeket tervezett és csak később kezdte az íves formák erőteljesebb használatát, miután Charles Jenks szerint a Graves által 1972-ben épített Synderman ház óriási hatást gyakorolt rá. Innen eredeztethető a fehér szín korábbi kizárólagossága után a nála is megjelenő polychromia és a későbbi művei fő témájaként állandósuló „dialektika a rendezett utópia és a rendkívüli realitás között”<sup>3</sup>, ami formailag leglátványosabban „az ideális négyzettrács és a szabálytalan gitárforma közötti szemantikai összeütközésben jelentkezett”<sup>4</sup>.

Pontosan ugyanez a formai és szemantikai összeütközés az, amit a Deim képek is tematizálnak, teljesen függetlenül Meiertől és Gravestől, de egyáltalán nem függetlenül Barcsay Jenőtől, akinek életművében ez a problematika másképpen ugyan, de számos esetben szintén felvetődött, természetesen ott sem előzmények nélkül. Az előzmények a kubizmus időszakához vezetnek vissza, ahol Picassonak és Braque-nak egyaránt gyakran használt motívuma volt az absztrahált hegedű vagy gitárforma beépítve a kubista csendélet kemény geometriájú struktúrájába. Más művészek mellett a purista kiáltványt Le Corbusier-vel együtt megfogalmazó Ozenfant is számos hasonló felépítésű művet alkotott és maga Le Corbusier is számos 1920-ban festett képén koncentrált erre a problémára. Le Corbusier építészetéből később sem szorultak ki a lágyabb, organikus formák (a Bauhaus és a De Stijl keményebb redukciós gyakorlatával szemben), amit egy japán kommentátor a modernizmus déli-latin szárnyának általában véve engedékenyebb, kevésbé szigorúan aszketikus attitűdjével magyaráz.

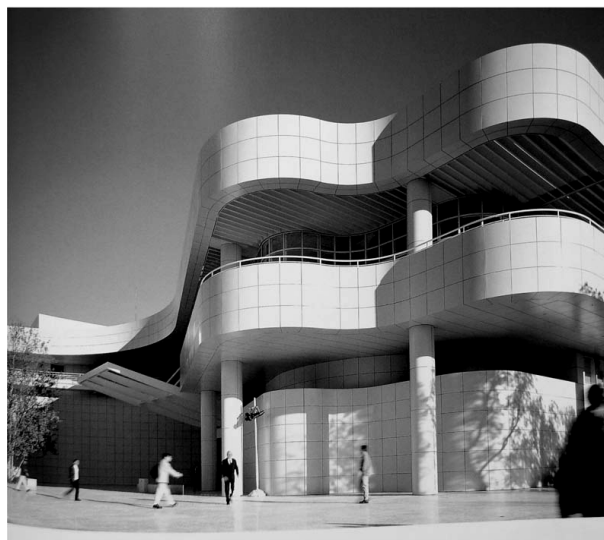
Ami Meiernek a gitárforma, az Deimnek a bábuforma, formailag mindketten ellentétezzék vele az általuk létrehozott struktúra szigorúan éles geometriáját, szellemi értelemben pedig az ellentétek egy műbe integrálásának problematikáját vetik fel. Ugyancsak ez a kérdés foglalkoztatja a posztmodern antropomorfizmus jegyében Kazumasa Yamasitát 1979-es Tokyo-i épültén. Az emberi arc profilja kevésbé felismerhető módon van jelen, mint korábbi Kyoto-i arc-házán, az ívek áttételesen utalnak az emberi testre, hogy humanizálják az absztrakt geometrikus formákat. Az ellentétek egy műbe integrálásának kérdésére keres választ Kishio Kurokava Simbiosis elmélete is a biológiából vett példával érvelve a pluralizmus mellett az ortodox modernizmus monizmusával szemben. Poétikusan szép az elgondolása egy szimbolikus szürke színről a „Rikuyu szürkéről”, amit egy XVII. századi Edo mesterről neveztek el. A Rikuyu szürke több más jelentése mellett „mint az összes szín keveréke jelképezi az ellentétek szintézisét, kelet és nyugat, a magas kultúra és a camp, vagy más ellenpólusok, de mindenek felett a technológia és a tradíció szimbiózisát.”<sup>5</sup>



*Kazumasa Yamashita  
Hivatali épület, Tokyo, /a balkon a tulajdonos profiljával/ 1979*



*Deim Pál*



*Richard Meier  
Getty Center, 1987*

A hullámvonal és a derékszögű forma ellentéte és harmóniája, ami mind Deim, mind Meier, mind Kazumasa számára alapmotívum; az organikus világ és a geometria egymásba írhatóságának, kibékíthetőségének és együttélésének lehetőségét veti fel, ami lényegében a természet és kultúra, a ráció és érzelem, „a szerkezetesség és szimbolizáció”<sup>6</sup> összeegyeztethetőségét tematizálja.

Érdekes, hogy ehhez a formavilághoz Deim saját korábbi formanyelvének szegényítésével, redukciójával jutott, míg Meier saját korábbi sokkal reduktívabb formanyelvének gazdagításával. Deim nyilvánvalóan szándékosan megállt a redukció egy bizonyos fokán és nem követte korának internacionalista képzőművészeti tendenciáit, a minimál és a koncept-artot önfelszámoló radikalizmusukban. Így történhet meg, hogy ami a Deim életművön belül a legredukáltabb és legaszketikusabb szélső érték, az a minimalizmus felől nézve még mindig maga az érzéki forma és szingzardagság. Richard Meier egy sokkal reduktívabban aszkétikus szellemi pozícióból (ha nem is minimalizmuséból) visszalépve a fehérség után szint használva, a simaság után a textúrákkal játszva, az egykarakterű formák struktúrái után egy dualista felfogást képviselve érkezett vissza ahhoz a ponthoz, ahol Deim Pál művészete már korábban elfoglalta szellemi pozícióját. Formai szempontból mind Deim, mind Meier mértéktartóan egyensúlyoz a két pólus között és finoman elutasítják mind a modernista redukciós stratégiák extremitásig vitelét, ingerszegénységét és esztétikai sterilitását, mind pedig a másik véglet „érzéki gusztustalanságait”. Sem a kép sem az épület nem egy karakterű formák egysége, hanem két ellentétes pólus, két ellentétes forma karakter szimbiózisára épül, úgy, hogy sem az egyik sem a másik nem válik kizárólagossá.

Míg Meier korábbi épületei a húszas évek modernizmusának semleges fehérjén keresztül a nyugati racionalizmus tiszta fényét idézik, addig a Des Moines Art Center épületén a szín, mint az érzelem, az érzéki princípium megjelenése kontrasztot jelent a fehér neutrális, logocentrikus természetével szemben. A meleg szürke gránit ráadásul durva felületű, így texturális hatásával is izgalmasan ellenpontoszza a hófehér porcelán felületek simaságát, bizonyos taktilis érzeteket keltve, testiséget sugallva kiemeli a sima fehér felületek éteri testetlenségét. A Deim kép esetében is az egyik legfontosabb élményforrás a finoman érzéki raszteres felületek közötti különbségtétel, az anyagot-anyagiságot asszociáló felületek puha testisége, személyes érzelmessége, amely ellensúlyozza a szerkezet szigorú geometriáját. Meiernél további raszter rendszert hoznak létre a különböző méretű fehér négyzetek elegáns variációi az épület burkolatán.

„A kontraszt az öt különböző méretű négyzet között – a legkisebb téglától a legnagyobb gránit panelig – újra Josef Hoffmann érdeme, aki 1979-ben kezdett hatni Meierre. Ez akkoriban volt, amikor a Szecesszionista Revival megjelent nemcsak Meier, de Graves, Gwathmey, Maki és mások építészetében, különösen Otto Wagner bécsi munkáitól inspirálva. Meier ráadásul fin – de siecle urakat kezdett rajzolni kamásnival és hölgyeket hosszú szoknyában. Ezért Kenneth Frampton levonta a konzekvenciát, hogy a műben „nosztalgikus szándék” van egy vágyakozás a visszatérésre „az udvarias polgári illemhez”... Amikor felhoztam előtte ezt a finom dorgálást – folytatja Jencks – Meier különös választ adott: „a századfordulós Bécs világa sokkal műveltebb, kreatívabb, esztétikailag egységesebb volt, mint a mi világunk, és ezért olyan modell, amit érdemes követni.”

Akármilyen meglepő is, de úgy látszik, hogy egy szentendrei festő inspirációs forrása mégsem esik olyan nagyon távol egy amerikai építészettől, amennyiben az a századfordulós Bécsben találja meg részben ezt az inspirációs forrást. Azon túl, hogy abban az időben Bécs és Szentendre ugyanannak a birodalomnak két, persze össze nem mérhető városa volt, mégis talán bizonyos közép-európai vonások New York-ból nézve



azonosíthatóak, talán azon túl is, hogy ugyanazt a császársömlét lehet kapni, és ugyanolyan a thonett hintaszék a lakásokban. Talán van egy közös attitűd, valami közös életszemlélet, valami közép-európaiság a kelet és nyugat közti határzónában, amelyik érzi a kihívásokat, reagál is rájuk, de egyensúlyt igyekszik teremteni, és távol igyekszik magát tartani minden fajta radikalizmustól.

Ezen a feltételezésen túl mind az épület mind a kép az ortodox modernizmushoz képest kevésbé szigorúan racionalista, megenged intuitív, csak vizuális relevanciától függő megoldásokat is. (Az épületnél a négyzetraszter intuitív kezelésében és másutt is, a képnél a raszterek manuális kivitelezéséből fakadó szabálytalanságban, az ipari jellegű perfekció kerülésében).

Mindkét mű egy alapvető dualitást enged megjelenni és egyik princípiumot sem hagyja kizárólagossá válni. Egyensúlyra törekszik mindkét alkotó és nem a szélső pólusokat ostromolják. Az ellentéteket integrálják egy műbe, a racionalitást nem adják fel, de hagyják megjelenni „a természet atributeumait, a szabálytalanságot, az érzelmet, a mozgást, ugyanígy az emberi ész rendteremtő természetének szinonimáit, a geometriát”, a fehér színt, a négyzetrács rendszert is. A képen megjelennek a regionalizmus (a szentendreiség tradíciójának) jegyei, míg az épületen a századfordulós bécsi építészet hatása (ha implicit módon is), és mindezek a helyi kötődések nem veszélyeztetik a művek egyetemes értékét. A művekben a késő modern szemlélet jegyében egy humanizált rendet mutat fel, és egy nagyon hasonló szellemi pozícióhoz érkezik el Deim Pál festésze és Richard Meier építésze egyaránt.

## Jegyzetek

<sup>1</sup> *Andrási, Pataki, Szűcs, Zwickl: Magyar képzőművészet a XX. Században, Corvina, 1999. 156.o.*

<sup>2</sup> *Kenneth Frampton: A modern építészet kritikai története, Budapest, Terc, 2002. 408.o.*

<sup>3</sup> *Charles Jencks: Architecture Today, London, Academy Edition, 1988. 86.o.*

<sup>4</sup> *Uo.*

<sup>5</sup> *Uo., 243.o.*

<sup>6</sup> *Wehner Tibor: Mindig a bábu In: Új művészet 2002. dec., 22.o.*

<sup>7</sup> *Jencks: Architecture Today, 247.o.*

# Frekvenciaváltós aszinkron motorok elektromágneses eredetű rezgéseinek vizsgálata

Váradiné Szarka Angéla

Miskolci Egyetem  
Gépészmérnöki Kar, Elektrotechnikai-Elektronikai Tanszék

## Abstract

*The heating plant in the city of Miskolc, North Hungary, provides hot water for six thousands of homes and 120 community buildings. In the boiler house one pump is carrying a mixture of hot water and small solid particulars and the pump is driven by an induction motor with one pump and spare-motor fed by one inverter. This up-to-date drive was put into practice by a well-known manufacturer recently. At the beginning the drive was running in an excellent way. Some time later, however, unexpected noise was observed and it developed further like knocking noise and hammer beat. Fault finding verified that roller bearings and connecting mechanical components damaged, therefore the other drive (no. 2) had to be supplied by the inverter due to switch over. Some time later the same phenomenon came up again at the motor (2). Tests of vibration and eccentricity did not reflect to any manufacturing or assembly faults. The author leading a scientific team worked out a hypothesis for exact diagnosis. The hypothesis for the fault-finding was that the reason of roller bearing damage was stochastic, sudden and frequent appearances of parasite torque resulting in counter torque braking. Plugging can be carried out by the inverter and/or the supply network and can appear several times within one revolution. To make sure of the reality of the hypothesis a series of measurements and analysis have been performed. In this paper results of the diagnostics is discussed.*

## Bevezetés

Ebben a cikkben egy olyan kooperációs kutatómunkát bemutatunk be, amely kiváló példája a multidiszciplináris tudományoknak. A munkát egy miskolci vállalat gépészmérnök szakembereinek felkérésére a Miskolci Egyetem Elektrotechnikai - Elektronikai Tanszékén végeztük. A kutatást azok a váratlan csapás meghibásodások motiválták, amelyek az egyik hőközpontban működő szivattyúmotoroknál fordultak elő, miután a motorokat tápláló régi frekvenciaváltót új berendezésre cserélték.

A hőközpontban két nagyteljesítményű szivattyú motor üzemel váltott üzemben, egy közös, frekvenciaváltóról. A frekvenciaváltó berendezés átkapcsolható üzemben vagy az 1. számú vagy a 2. számú szivattyú motort működteti. Az új frekvenciaváltó üzembe helyezését követően a működtetett szivattyú motor mechanikája, egyre erősödő kopogó hangot adva, meghibásodott, majd a másik szivattyú motorra történő átkapcsolás után, hasonló (nem villamos jellegű) hibával ez a motor is meghibásodott. A második motor meghibásodása után felmerült a kérdés, hogy a frekvenciaváltó esetleges elégtelen működése, a változtatható tápfeszültség torzulása, egyéb nemkívánatos felharmonikus összetevők okozhatják-e a motorok csapásainak meghibásodását. A vállalat szakembereinek kérése alapján azt vizsgáltuk, hogy előfordulhat-e összefüggés a 0,4 kV-os városi hálózatról érkező villamos energia, illetve a frekvenciaváltó berendezés által szolgáltatott villamos energia minősége és a motorok meghibásodása között.

## Mérési és analízis módszer kidolgozása

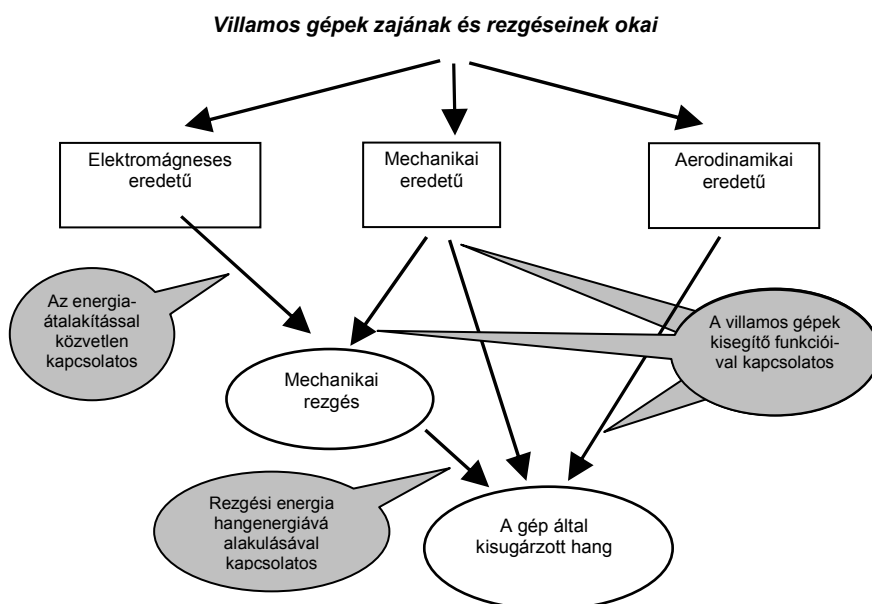
A felmerült probléma megoldására vizsgálati módszert és mérési eljárást dolgoztunk ki. Ennek a lényege röviden:

Tekintettel arra, hogy a szivattyú motorok meghibásodása mechanikai jellegű volt, tanulmányoztuk a forgó villamos gépek mechanikai rezgéseinek okait, eredetét, amelyet az [1]. számú irodalom alapján mutat be az 1. számú ábra.

A rezgéseltő hatások vizsgálata azt mutatja, hogy a hibák közvetlen okozója lehet a forgórész (esetleg állórész) fordulatszámfüggő rezgése, rezonanciája. Ilyet kiválthat több nem villamos eredetű ok is, pl. a hajtott

oldal (szivattyú, keringtető rendszer visszahatása, egytengelyűségi eltérés, stb.) hibája, de a forgórész rezgését okozhatják a villamos energiát szolgáltató berendezések hibás beállításából adódó parazita nyomatók is.

Ahhoz, hogy ezen parazitanyomatók hatását felderítsük, megvizsgáltuk és kiszámoltuk a csapágyak számos irodalomból jól ismert fordulatszámfüggő rezgési frekvenciáit (6-8) képletek, és a megfelelő rezgési frekvenciákat összehasonlítottuk a motor által felvett áram felharmonikus összetételével. A motor áramában fellépő, mechanikai rezgést keltő legfontosabb felharmonikus összetevők számításának módszereit az (1-5) képletek mutatják be, terjedelmi korlátok miatt a teljesség igénye nélkül.



1. ábra

*Forgó villamos gépek mechanikai rezgéseinek és zajkeltésének eredete és okai [1]*

3 fázisú aszinkron motorok elektromágneses eredetű rezgéseinek frekvenciái:  
 Állórész gerjesztés térbeli felharmonikusának frekvenciája:

$$f_{v_r} = f_1 \quad (1)$$

Forgórész gerjesztés térbeli felharmonikusának frekvenciája:

$$f_{\lambda_r} = f_1 \left[ 1 + \frac{g \cdot z_2}{p} \cdot (1-s) \right] \quad (2)$$

ahol  $p$  – póluspárok száma,  
 $z_2$  – forgórész-horonszám,  
 $s$  – szlip  
 $g = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

Mágneses vezetőképesség dinamikus excentricitási felharmonikusai:

$$f_e = \frac{f_1(1-s)}{p} \quad (3)$$

Forgórész excentricitási indukció-felharmonikusai:

$$f_{\lambda_e} = f_1 + f_e(g \cdot z_2 \pm 1) \quad (4)$$

Forgórész telítésből származó maradék tér felharmonikusai:

$$f_{\lambda_s} = f_1 \left[ 3 + \frac{g \cdot z_2}{p} \cdot (1 - s) \right] \quad (5)$$

Forgó gépek csapágyrezgéseinek frekvenciái:

Kosár, a gördülő elemek eltérései:

$$f_{bc} = \frac{r_i}{r_i + r_0} \cdot n \quad (6)$$

ahol  $r_i$  - belső futófelület sugara,  $r_0$  - külső futófelület sugara,  $n$  - fordulatszám [1/s]

Gördülő elemek hibája:

$$f_{re} = \frac{r_i \cdot r_0}{r_r \cdot (r_i + r_0)} \cdot n \quad (7)$$

ahol  $r_r$  - gördülő elemek sugara

Gyűrűk hibája:

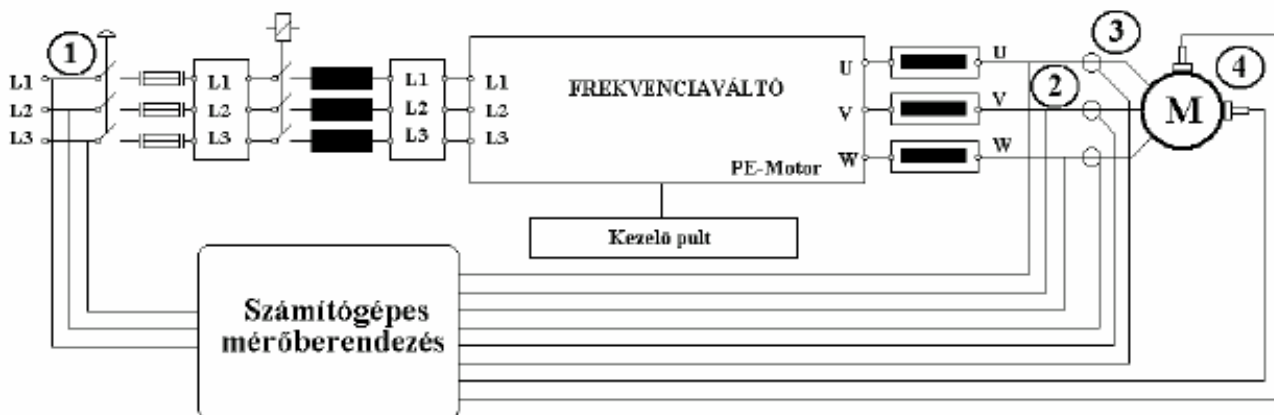
$$f_r = \frac{r_i}{r_i + r_0} \cdot Z_b \cdot n \quad (8)$$

ahol  $Z_b$  - golyók száma

A fenti elmélet alapján azt a feladatot tűztük ki, hogy olyan felharmonikusokat keressünk az áram spektrumokban, amelyek megegyeznek a szivattyú motor csapágyának rezgésfrekvenciáival.

A vizsgálatok során a 2. ábrán bemutatott pontokban az alábbi méréseket végeztük el:

1. Háromfázisú 0,4kV-os hálózati feszültség hullámalakjának mérése és frekvencia analízise
2. A frekvenciaváltó berendezés által szolgáltatott háromfázisú feszültség mérése és rögzítése
3. A motor vonali áramai hullámalakjának rögzítése és frekvencia analízise
4. A motor csapágyrezgéseinek rögzítése és frekvencia analízise



2. ábra

A mérési helyeket bemutató elvi rajz

A méréseket a szivattyú motor fordulatszámának lépcsőzetes növelésével, a tápfeszültség 20-40 Hz közötti tartományában, kb. 1 Hz-es lépésközönként végeztük el. A számítógépes mérőberendezés 12 csatornán, csatornánként 30 kHz-es frekvenciával gyűjtötte a nagyfelbontású frekvencia analízishez szükséges mintaszámot. Ez lehetővé tette az áram felharmonikusok és rezgésfrekvenciák 0-15 000 Hz közötti tartományban történő vizsgálatát.

## Mérési eredmények feldolgozása

### A 0,4 kV-os hálózatról vételezett villamos energia minőségének vizsgálata

A vonali feszültségek bármelyikének effektív értéke a vizsgálati idő alatt mindvégig jobb volt, mint a szabványelőírásokban megengedett eltérés maximuma, illetve minimuma ( $U_N +5,2\%$ ,  $-8,7\%$ ).

A mért értékek 392 és 411 V között változtak, amely

$$U_{\text{MÉRT}} = 400 \text{ V} \pm 2,75\%$$

értékhatár között mozog.

A frekvenciaváltó kikapcsolt üzeme esetén a vonali feszültségek hullámalak torzulása lényegesen alacsonyabb volt, mint a megengedett érték. A nemlinearitások mértékére bevezetett teljes harmonikus torzítás ( $THD_U$ ) értéke, valamint az egyedi harmonikus torzítás ( $D_U$ ) a mérés teljes időtartama alatt az alábbi maximumot mutatta:

$$THD_U = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} U_k^2}}{U_1} \cdot 100\% < 1,4\%$$
$$D_U = \frac{U_k}{U_1} \cdot 100\% < 1,1\%$$

ahol  $U_1$  az alapharmonikus feszültség,  $U_k$  a  $k$  rendszámú felharmonikus feszültség effektív értéke.

A mérések alapján megállapítható, hogy a hálózati villamosenergia minősége jobb, mint a szabványban előírt minőség, a mért paraméterek stabil energiaellátási feltételeket bizonyítanak, amely, semmiképpen nem okozhatják a szivattyú motorok meghibásodását, vagy a frekvenciaváltó hibás működését.

### A frekvenciaváltóról vételezett villamos energia és a csapágyrezgések vizsgálata

Az alkalmazott frekvenciaváltó berendezés korszerű teljesítmény-elektronikával, automatikus AVC (ún. Auto-Vector-Control) szabályozással és maximum 10 kHz (minimum 2,5 kHz) frekvenciájú feszültség-fluxus (FMC) modulációval üzemel. A moduláció üteme, frekvenciája, meghatározott terhelési állapotokban automatikusan változhat, ami a szivattyú motorok működésével együtt járó zajszint csökkenését eredményezheti.

A méréseket a frekvenciaváltó által szolgáltatott feszültség (a motorra kényszerített áram) frekvenciájának 20-40 Hz közötti változtatása mellett 0,5...1 Hz osztással 26 lépcsőben végeztük el.

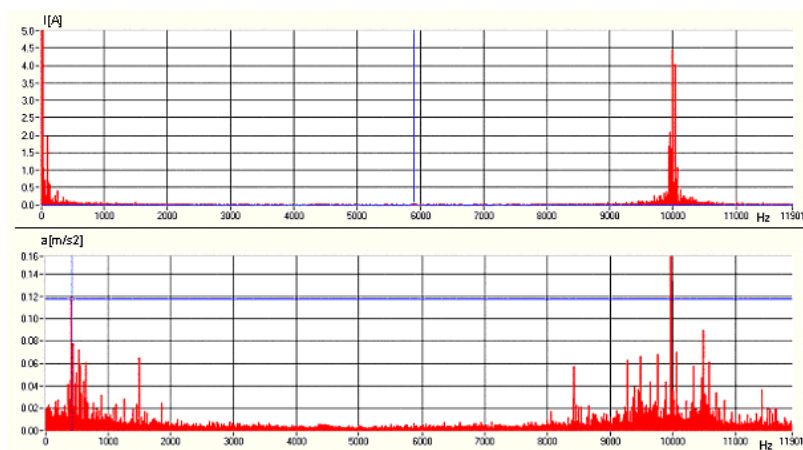
A mérési eredményekből megállapítható, hogy az FMC modulációval kialakított háromfázisú feszültség olyan – szimmetrikus háromfázisú – áramjel alakokat hoz létre, mely a nyomaték igényeknek megfelelő és szükséges forgó fluxus kialakítását biztosítja.

A vonali áramok felharmonikus tartalma meghatározó mértékben a 130 Hz alatti tartományban és jellemző módon a 10 kHz környezetében található, értéke kis mértékben fordulatszámfüggő (lásd 1-5. képletek).

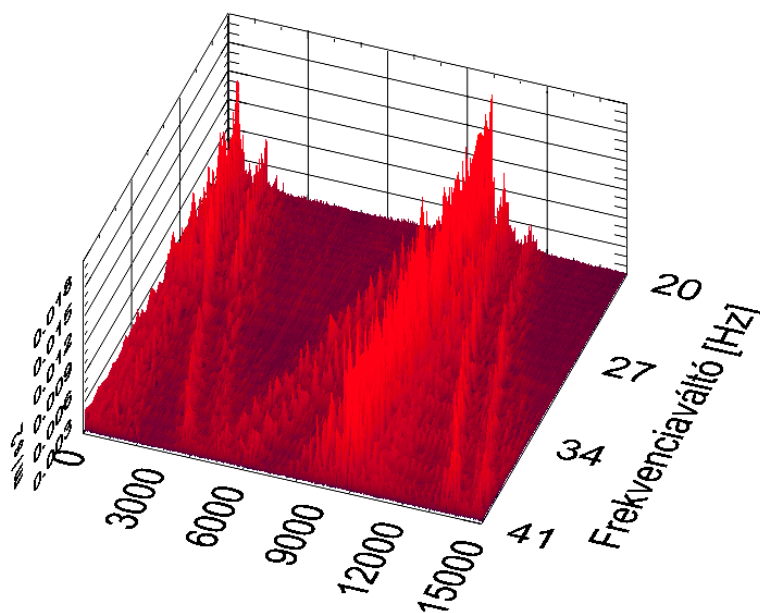
A teljes áram harmonikus torzítás:

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} I_k^2}}{I_1} \cdot 100\% < 3,51\%$$

A csapágyrezgések számítása és mérése az áramjelekkel összehasonlítva (3. ábra) azt mutatja, hogy a csapágyak rezgései a 100...1500 Hz közötti tartományban, valamint a 10 kHz környezetében jelentősek. Az alsó tartományban néhány mérés és frekvencia esetében, a felső tartományban egyértelműen minden mérésnél megállapítható, hogy a csapágyrezgések frekvenciája pontosan megegyezik a frekvenciaváltó által szolgáltatott áram felharmonikusával és azokkal teljes mértékben rezonál. A rezgés 3D-s ábráján (4. ábra) jól megfigyelhető, hogy a motor összetett rezgést végez, a rezgések amplitúdója alacsonyabb fordulatszámon és kis frekvenciákon, valamint bármely fordulatszámon a 10 kHz környezetében markánsan kiemelkedik, amely frekvenciafüggő változás bizonyos fordulatszámokon az áramjel felharmonikusával találkozik és azzal rezonálva, meghibásodást okozhat a motor csapágyaiban.



3. ábra  
*A motor vonali áramának és csapágyrezgésének frekvencia spektruma*



4. ábra  
*A motor rezgésének 3D-s ábrája*

### Felhasznált irodalom

- [1] Dr. Timár Peregrin L.: Villamos gépek zaja és rezgése. Műszaki Könyvkiadó, Bp, 1986.
- [2] T. Szarka, A. Varadine: Investigation of Electrical Network Disturbances Hazardous for Operation of Control Systems. WESIC 2003. 4th Workshop on European Scientific and Industrial Collaboration, Miskolc, 2003. pp. 221-227.
- [3] E. Kovacs, L. Radacs, T. Szarka, A. Varadine: Measurement Methods for Quality Assurance of Electrical Energy Supply in the North Hungarian Region. International Conference on Electrical Drives and Power Electronics, Slovakia, 2003. pp. 428-432.