

MŰSZAKI SZEMLE
25. 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. Kása Zoltán – RO,
Dr. Kászonyi Gábor – HU,
Dr. Majdik Kornélia – RO,
Dr. Maros Dezső – RO,
Dr. Péics Hajnalka – YU,
Dr. Pungor Ernő – HU,
Dr. Puskás Ferenc – RO,
Dr. Pusztai 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 Kolozsvár, Cluj
B-dul 21. Decembrie 1989., nr. 116.
Tel/fax: 40-264-590825, 594042
Levélcím: 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 – Kolozsvár

Tartalomjegyzék – Cuprins – Content

- Gönczy Sándor, Molnár József** **9**
A Tiszai vízjárás változások valószínű okai
Fluctuațiile debitelor și cauze probabile ale acestora pe râul Tisza
Possible causes of fluctuations in the water level of the Tisza river
- Dr. Horváth Ferenc, Dr. Kubinszky Mihály** **16**
Magyar vasúti építkezések Erdélyben
Construcțiile de cai ferate în Transilvania
Railway Construction in Transilvania
- Dr. Kormos Fiammetta, Ábrahám Béla,
Doina Prodan, Pávai Mária, Incze Annamária** **25**
Nyomelemek vizsgálata a hazai élelmiszersóban
Determinarea metalelor grele din sarea gemă indigenă
The investigation methods of trace metal from indigenous rock salt
- Dr. Mihalik András, Csek Károly** **30**
Szabad homogén rézsűk állékonyságának vizsgálata
statikai módszerek segítségével
Verificarea la stabilitate a taluzelor omogene cu metode statice
Statical methods on the calculation of stability of free uniform slopes
- Petru Moga, Köllő Gábor,
Ștefan Guțiu, Cătălin Moga** **36**
A centrikusan nyomott nyitott és zárt keresztmetszetű
egyenes rúd stabilitása
Bare comprimate cu secțiune deschisă și casetată
Compression members with open and monocell cross section
- Szabó Loránd** **44**
Új tendenciák a környezetbarát gépjárművek meghajtásában
Tendințe noi în propulsia automobilelor curate
New tendencies in propulsions for clean cars

www.emt.ro

emt@emt.ro

A Műszaki Szemle szerkesztőbizottsága



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: 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 articles
– több tudomány népszerűsítő 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

Tudományos intézeti tagság / Scientific board membership:

– FEANI Magyar Nemzeti Bizottság,
– Magyar Mérnökök és Építészek Világszövetsége (MMÉV) főtktára, 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 TRANSYLVANICA” 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-szerkezetek, 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 / Zalău, 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, fogaskerekes 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: 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

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

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:

– Nyiregyházi 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 (JURA.J) 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-ek elmélet és gyakorlat
- európai agrár-környezeti politikák

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
- UIDD 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 Tiszai vízjárás változások valószínű okai

Gönczy Sándor, Molnár József

Kárpátaljai Magyar Tanárképző Főiskola,
Beregszász

Abstract

The control of the Tisza from the 18th century significantly changed the flood plains along the river, its ecology, hydrology, load transport and the bed development. The unexpected huge floods of the river in recent years underlined the searching the reasons in the area of the Upper-Tisza and especially Subcarpathia. The research carried out by the authors involved the examination of the effects of afforestation, the analysis of the runoff and the characteristics of the drainage basin and the modelling of the infill and sedimentation along the river in Subcarpathia. The results prove that the effects of a forestation are less than it was suggested. The infill of the flood plain of the dammed section between Nagyszőlős (Vinogradov) and Tiszaújlak (Vilok) is found to be 29,1 cm for 38-km² total areas. The authors also found that the intensively infilling parts significantly impound the river without dredging and bed alignment.

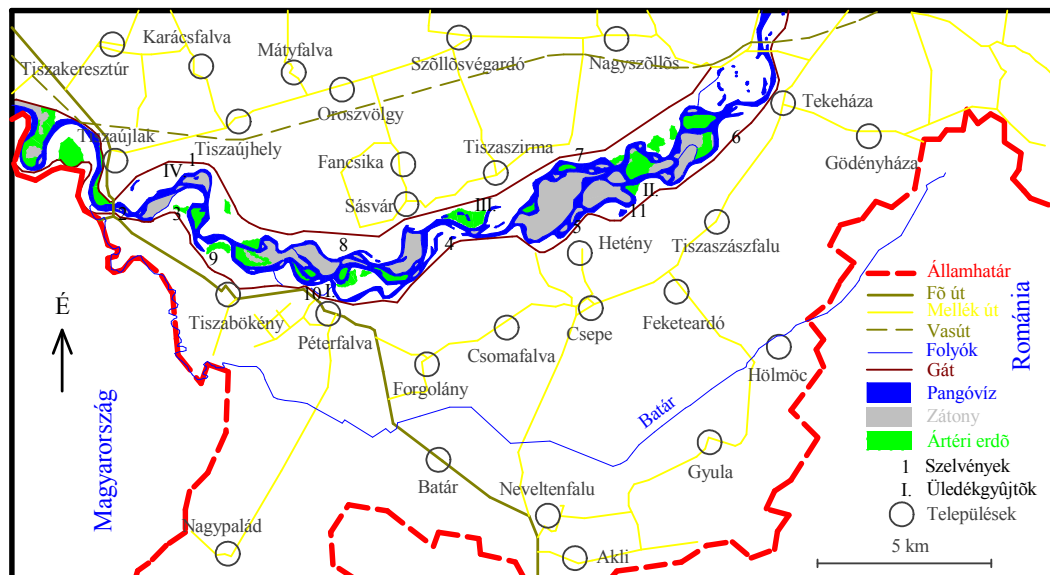
Bevezetés

Kárpátalján az utóbbi években két alkalommal, 1998 novemberében és 2001 márciusában katasztrofális méretű árhullámok pusztítottak. A Felső-Tiszán levonuló árhullámok gyakoriság-változásainak, illetve ezek okainak feltárására kezdtünk kutatásokat az *Arany János Közalapítvány* támogatásával.

Az árvizek, illetve a folyók mederváltozásaival szembeni védekezés történhet passzívan és aktívan (MIKE, 1991). A fejletlen társadalmak települései passzív védekezésként kitérnek a meanderező folyó útjából. Az aktív védekezés a folyók szabályozása, gátak közé szorítása. Magyarországon a korán jelentkező szabályozások okai:

- A folyó menti települések között a kereskedelem legegyszerűbben és legolcsóbban a folyami hajózással volt megoldható, ami igényelte a mederkarbantartást.
- Aszályos időszakokban nélkülözhetetlen az öntözés, melyhez csatornákat kellett építeni, ami csak stabil medrű folyók esetében lehetséges. Ilyenekre az Alföldön a XIV. századtól vannak bizonyítékok (Somogyi, 2000).
- A folyamatosan terjeszkedő, folyó menti településeken meginduló iparosodás következtében szinte lehetlenné vált a passzív védekezés. Szükségessé vált az aktív, a folyót „kordában tartó” védekezés.
- A XVIII. században a hazai mezőgazdasági termékeket jó áron és növekvő kereslet mellett lehetett Európában értékesíteni. („1790-ben egy pozsonyi mérő búza ára Bécsben 30–40 garas volt, ami 1806-ban 4-Ft-ra, 1817-ben 5-Ft fölé emelkedett” – Somogyi, 2000). Az ármentesítéssel egyre több szántót lehetett mezőgazdasági művelés alá vonni.
- A meanderező, kis esésű Tiszán egy-egy árhullám hónapokig vonult le, mocsárrá változtatva az Alföld területéből mintegy 2 000 000 hektárt (Mike, 1991). Folyószabályozásokkal, az esés növelésével és a meder kiegyenesítésével ez az állapot kikerülhető lett.

Az első jelentős folyószabályozási beruházást 1754-ben a Mirhó-fok gátjának megépítése jelentette, aminek következtében a Nagykunság 500 km²-nyi területe vált árvízvédeletté. Az igazi, nagyszabású munkálatok 1846-ban kezdődtek VÁSÁRHELYI Pál tervei alapján, SZÉCHENYI István támogatásával, s a munkálatok lényegi része az 1870-es évekig befejeződött, kis részben 1905-ig elhúzódott (SOMLYÓDI, 2002).



A Nagyszőlős–Tiszaújlak közötti szakasz a vizsgálati pontokkal (Kárpátalja, Ukrajna)

Munkacsoportunk kutatásának irányai és módszerei

A kárpátaljai kutatásokat alapvetően három irányban indítottuk el:

- Az 1990 óta ugrásszerűen megnőtt tarvágások felmérése a Tisza vízgyűjtőjének hegyvidéki területein
- Lefolyási tényező-számítás a Tisza és mellékfolyói vízgyűjtőinek területén
- A hullámtér feltöltődésének vizsgálata

Az erdőirtások felmérésénél az 1994-re aktualizált alaptérképeink segítségével az erdősültségben azóta bekövetkezett változások új terepbejárások alapján ábrázolhatóvá váltak. Feltérképeztük a friss tarvágásokat, kiszámítottuk ezek területét, majd meghatároztuk az általunk vizsgált (belátott) terület nagyságát, megszorozva a megtett út hosszát a belátható hegyoldal átlagos szélességével (ez 600 méternek adódott). Az átlagos oldalirányú látástávolságot egyenlő útszakaszonként (5 km) végzett becslések átlagaként kaptuk.

A Tisza vízgyűjtő területe a tiszaujlaki szelvény felett 9311 km² (STELCZER, 2000). Ebből 5873 km² (63,1 %) Ukrajnába esik, a fennmaradó 3438 (36,9 %) pedig Romániába (ZASZTAVECKA et al., 1996). Vizsgálataink csak kárpátaljai részekre korlátozódtak, figyelembe véve azonban a két részterület domborzati, magassági, geológiai, éghajlati, növényzeti és ezeken keresztül hidrológiai viszonyainak a hasonlóságát. Az ukrajnai részvízgyűjtőre vonatkozó eredményeinket extrapolálhatónak ítéltük a románaira is.

Meghatároztuk a Felső-Tisza vízgyűjtőjének átlagos lefolyási tényezőjét Kenessey-módszerével (ALMÁSSY, 1977; KOZÁKNÉ et KOZÁK, 1985; KONTUR et al., 2001), aki a lefolyási tényezőt három részre bontotta: $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3$. Ebben az α_1 a felszín lejtési viszonyait, α_2 a talaj beszivárgási feltételeit, α_3 pedig a felszint borító növénytakaró hatását fejezi ki). A forrásmunkák a Felső-Tisza vízgyűjtőhöz hasonló nedves területekre a következő összefüggéseket ajánlották:

- igen erős lejtő (> 35 %-os esés): $\alpha^1 = 0,30$
- közepes lejtő (11–35 %-os esés): $\alpha^1 = 0,20$
- szelíd lejtő (3,5–11 %-os esés): $\alpha^1 = 0,11$
- síkvidék (< 3,5 %-os esés): $\alpha^1 = 0,05$.

A Felső-Tisza kárpátaljai vízgyűjtőjét 10 x 10 kilométeres négyzetráccsal fedtük. A vizsgált területre 58 rácspontra esett. A rendelkezésünkre álló 1:100 000 méretarányú térkép segítségével meghatároztuk a rácspontra lejtésértékeket százalékban, amelyeket a továbbiakban átalakítottunk α_1 értékké. Ez alapján:

- igen vízzáró talaj: $\alpha^2 = 0,30$
- közepesen átteresztő talaj: $\alpha^2 = 0,20$
- átteresztő talaj: $\alpha^2 = 0,10$
- igen átteresztő talaj: $\alpha^2 = 0,05$.

A felszint általánosan *közepesen átteresztőnek* minősítettük, melynek a teljes területre való kiterjesztését az egyveretű kőzetösszetétel (homokkő, flis) indokolta, így α_2 -t 0,20-nak választottuk. A növénytakaró alapján:

- kopár szilárd kőzet: $\alpha^3 = 0,30$
- rét, legelő: $\alpha^3 = 0,25$
- feltört művelt terület, erdő: $\alpha^3 = 0,15$
- zárt erdő, durva hordalék: $\alpha^3 = 0,05$.

Meghatároztuk a mederbe gyülekezés átlagos idejét az egész Felső-Tisza vízgyűjtőre vonatkozóan.

Terepi és térképi vizsgálataink, a szakirodalommal egybehangzóan, a Felső-Tisza vízgyűjtőjén a 20–30° közötti lejtőket találták uralkodónak. Ebből kiindulva, a *KORBÉLY–KENESSEY-képlet* 0,21–0,27 m/s-os lefolyási sebességet szolgáltatott a völgyoldalakon. A csapadékmagasságot is figyelembe vevő formula (STELCZER, 2000) 5 mm csapadék esetén 0,12–0,20, 10 mm-nél 0,33–0,57 m/s-ot. További számításainkhoz a terepi megfigyelések által is leginkább igazolt 0,2 m/s-ot használtuk, ami 0,72 km/h-nak felel meg.

A mederbe kerülési idő meghatározásához a terepfelszíni vízmozgás sebességén kívül szükségünk volt az úthosszra is. Tekintettel arra, hogy az Északkeleti-Kárpátokban, így a kutatási területen is, a folyóhálózat átlagos sűrűsége 2 km/km², joggal feltételezhetjük, hogy a terepre hullott csapadékvíz mederbe jutásig megtett útja többnyire nem haladja meg az egy kilométert. Vagyis a völgyoldalon mozgó víz többnyire szűk másfél óra alatt mederbe ér.

Nem hagyhattuk figyelmen kívül a lefolyás megindulásának késleltetését sem. Ez a növényzet átázására, a talajfelszín vízzel való telítődésére, a mikromélyedések feltöltődésére fordított idő. Intenzív, árvízveszélyt okozó csapadék esetén ez nem több fél óránál. Ezt is számításba véve azt a következtetést vontuk le, hogy a Felső-Tisza vízgyűjtőjére hulló intenzív eső megindulása után két órával a felszíni lefolyó vizek gyakorlatilag az egész felszínről a mederbe jutnak.

A lefolyás mederben végbemenő szakaszának idejét szintén a sebesség és az úthossz alapján számítottuk. A keresztmetszvényben az áramlás sebessége pontról pontra változik, ám számunkra elegendő a középsebesség ismerete. A mederben kialakuló középsebesség számítását a *CHEZY-képlet* alábbi változata alapján végeztük:

$$v_k = C\sqrt{mI},$$

ahol m – az átlagos vízmélység (m), I – a vízfelszín esése, C – sebességi tényező, melynek értéke függ a meder érdességétől, alakjától és a vízszint esésétől is. A sebességi tényező *GANGUILLET–KUTTER* szerint:

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{I}}{1 + (23 + \frac{0,00155}{I}) \frac{n}{m}},$$

ahol n – az érdességi tényező, értékeit változó medreknél SZRIBNIJ adta meg (ALMÁSSY, 1977).

A *hullámtér feltöltődésére* vonatkozó vizsgálatainkat Nagyszőlős (Vinogradovo) – Tiszaújlak (Vilok) közé koncentráltuk (1. ábra), ahol 1940–1950 körül történt ármentesítés (LÁSZLÓFFY, 1982).

A Tisza, forrásától számítva a Huszti-kapun kilépve épít szélesebb ártéri síkságot. Árvízi szempontból ez azért fontos, mert folyása innen kezdve lassul, és a rövid idő alatt ideérő árhullám levonulása megtorpan. A folyó igazi szétterülése csak a Királyháza (Korolevo)–Nagyszőlős közötti szakaszon kezdődik, illetve a Nagyszőlős–Tiszaújlak közötti részen teljesebben ki, ahol a hordalék- és vízhozamot mellékfolyók nem befolyásolják. A folyót itt két híd (Tekeháza–Nagyszőlős és Tiszaújlak–Tiszabecs) határolja, s ezáltal jól számítható az általa érintett terület kiterjedése.

A hullámtéri feltöltődést két módszerrel kezdtük el vizsgálni. Egyrészt méréseket végeztünk arra nézve, hogy a töltéseken kívüli terület szintje mennyiben tér el a töltések közötti terület, pontosabban a hullámtér szintjétől, másrészt üledékfogó csapdákat helyeztünk ki a nagyvizek által egységnyi területre lerakott hordalék mennyiségének és minőségének mérése céljából. Tizenegy szelvényben végeztünk szintezést, a szelvények nyomvonala az ártér különböző típusú területeit jellemzi. Terepakadályok miatt (ártéri erdők, bokrosok, oldalazó erózió) lecsökkent hullámterekben a szelvénykijelölés nem mindig sikerült szándékaink szerint. Az egyes szelvényeknél átlagos felszínmagasságot számítottunk. A „0” magassági szintnek a műszer szintjét vettük, az első műszerállásban. Az átlagszámításoknál súlyozott átlagokkal dolgoztunk a következő képlet alapján:

$$\bar{h}_s = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{h_i + h_{i+1}}{2} (L_i - L_{i+1})}{L_1 - L_n}$$

ahol: \bar{h}_s a szelvény átlagos magassága, h_i az i pont relatív magassága, L_i az i pont távolsága az első műszerállástól, $i = 1, 2, \dots, n$ a mérési pontok sorszámja.

Ezt követően helyeztük ki négy területen az üledékfogókat [I. Tivadarfalva, II. Feketeadó, III. Tiszaszirma és Sásvár között, IV. Tiszaujhely (1. ábra)]. Az üledékmérés különböző technikáit figyelembe véve (BOGÁRDI, 1955), olyan egyszerű csapda típust kerestünk (PVC fólia), ami 1 m²-es valódi felszínt reprezentál és sarkain rögzíthető. A pontok kiválasztásánál figyelembe vettük a hullámtéri szelvényeinket, valamint a magassági viszonyokat (magasabban fekvő az I., IV.; alacsonyabb a II., III.) a Tisza bal illetve jobb partján. A mintavételi területek révén reprezentálni igyekeztük a felszíni formákat is (2. táblázat).

A begyűjtött hordalékok szemcseösszetételét, és kumulatív görbéit aerométeres eljárás alapján nyertük a Debreceni Egyetem Ásvány-, és Földtani Tanszékének laboratóriumában.

A vizsgálati eredmények bemutatása

Az erdősültség változásának feltárására szervezett terepbejárások során 137 km² területet vizsgáltunk meg. Ez a Felső-Tisza kárpátaljai vízgyűjtőjének 2,1 %-a. A terepbejárások során a nagyobb mellékfolyók mentén feltárt erdőirtások adatait az alábbi táblázatban foglaltuk össze.

Folyóvölgy neve	Bejárt terület [ha]	Ebből erdő borította rész, [ha]	Feltárt friss irtások, [ha]	Friss irtás aránya az átvizsgált területen, [%]	Friss irtás aránya az erdőterületből [%]
Fehér-Tisza	1380	550	12	0,9	2,2
Kaszó	1120	650	1	0,1	0,2
Sopurka	780	500	0	0	0
Tarac	4140	2000	64	1,5	3,2
Talabor	2460	1100	44	1,8	4,0
Nagy-ág	3840	2200	135	3,5	6,1
Összesen	13 720	7000	256	1,9	3,7

Össességében az utóbbi nyolc év folyamán kiirtott erdőterület aránya a vízgyűjtőn a minta alapján 3,7 %-nak adódott. Ez a vizsgált terület erdővel való fedettségét átlagosan alig több mint 2 %-kal csökkentette. Ez önmagában a lefolyási tényezőnek csupán 0,005 értéknövekedését eredményezi.

Nem hagyhatjuk figyelmen kívül az erdők megújulását sem. A Kárpátok bőséges (a legtöbb helyen évi 1000 mm-t meghaladó) csapadékú lejtői a természetes megújuláshoz igen kedvező feltételeket kínálnak. Gyorsítja a folyamatot az erdőgazdaságok által több-kevesebb rendszerességgel végzett újratelepítés is. Az egy-két évtizeddel ezelőtti irtások jelentős részén megfigyeltük a lefolyási tényezőt nagymértékben mérséklő cserjés-bokros növénytársulások térhódítását. Össességében, vizsgálataink nem igazolták az erdőborítás jelentős csökkenését, sem a lefolyási tényező lényeges módosulását. Így a katasztrófális tiszai árvizek nem magyarázhatók a vízgyűjtőn az utóbbi évtizedekben bekövetkezett erdőirtásokkal.

A szakirodalom a vizsgált Tisza-szakasz maximális árvízi vízhozamát 4000 m³/s-ban adja meg (Lászlóffy, 1982; Szilávik, 2001), mely a Királyháza–Tiszaujlak szakaszon katasztrófákat eredményezett. Re-vízióként kiszámítottuk a kritikus vízhozam kialakulásához szükséges átlagos fajlagos lefolyás értékét:

$$q = \frac{4000 \text{ m}^3/\text{s}}{9311 \text{ km}^2} = 0,43 [\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2].$$

A könnyebbség kedvéért a kapott értéket átalakítottuk vízréteg-magasságra és növeltük az időléptéket:

$$0,43 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2 = 0,43 \cdot 10^{-3} \text{ mm/s} = 1,55 \text{ mm/h} = 37,2 [\text{mm/d}].$$

Tehát, a Tiszának az Alföldre való kilépési pontján az árvízveszélyes hozam kialakulásához a vízgyűjtő átlagában napi 37,2 mm vastag vízrétegnek kell lefolynia, ehhez a napi csapadéértékéhez szükséges egy megfelelő lefolyási tényező. Ennek értékét rácspontonként határoztuk meg a helyi lejtő- és növényborítottság viszonyok alapján, a Kenessey-féle képletet alkalmazva.

A lefolyási tényező teljes területi átlaga a Felső-Tisza kárpátaljai vízgyűjtőjére 58 számított érték átlagolása alapján 0,62-nak adódott, melyet a romániai részvízgyűjtőre is jellemzőnek tekintünk. Ez az érték az árvíz okozó nagyobb csapadékoknál érvényes, az évi átlag ennél kisebb, JAKUCS és KASZAB (1995) szerint

ennek 40–50 %-a. A fenti értékek alapján meghatároztuk a veszélyes mértékű fajlagos lefolyás kialakulásához az adott lefolyási tényező mellett szükséges csapadékintenzitás területi átlagát, amely:

$$P_1 = q/\dot{a} = 37,2/0,62 = 60 \text{ [mm/d]}$$

A Felső-Tisza vízgyűjtőjén területi átlagban számítható csapadéértékek közül tehát a napi 60 mm fenyeget katasztrofális árvízzel a folyó Királyháza és Tiszaújlak közötti szakaszán. Ez az érték az elmúlt száz évben Homokiné Újváry (2001) szerint három alkalommal fordult elő (1947. dec. 29., 1956. jan. 18.; 2001. márc. 3–4).

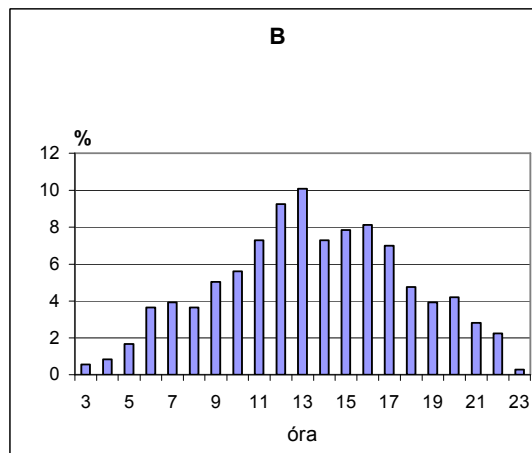
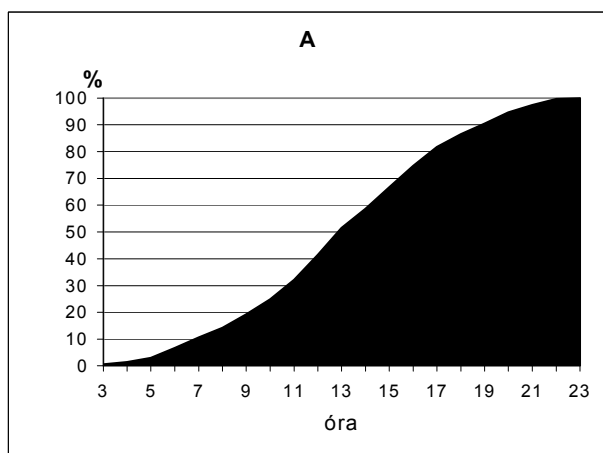
Az árvízszintek emelkedéséhez Csubatij (1972) szerint jelentősen hozzájárulhat az esőzéssel egyidejű hóolvadás, melynek intenzitása a Kárpátokban elérheti a napi 10–15 mm-t is. Különösen veszélyes az intenzív esőzésekkel együtt járó adveksiós eredetű hóolvadás, mivel az izolációs hóolvadással szemben, ez éjszaka sem szünetel. Így, a hólé mennyisége a veszélyes vízhozamoknak akár 20 %-át is kiteheti.

Tekintsük át az összegyülekezési idő számítását a teljes vízgyűjtőre, beleértve a romániai részt is.

A *CHÉZY-képlet* alkalmazása révén meghatároztuk a Tisza és a nagyobb mellékfolyók átlagos csúcsárvi folyássebességét kisebb, néhány kilométeres, viszonylag homogén szakaszokon. A kapott eredmények szórása viszonylag nem nagy, az értékek többnyire 3–4 m/s körülnek adódtak. Az átlagos folyássebességek és a szakaszhosszok alapján kiszámítottuk a szakaszok megtételéhez szükséges időt. Ezeket összeadva kaptuk meg a lefolyási időt a folyóhálózat egy–egy pontjából a nulla kilométernek választott nagyszőlősi Tisza-hídig, ami a folyó torkolatától számított 780 folyamkilométernek felel meg. Egy-egy adott folyószakaszhoz tartozó részvízgyűjtő lefolyási ideje, a módszereknél részletezett megfontolások alapján, ennél a mederbe gyülekezéshez szükséges időnél két órával több.

A nagyszőlősi Tisza-híd szelvényére vonatkozó *csúcsárvíz összegyülekezési ideje 23 óra*. Ennyi idő alatt ér ide a Borsai-hágó környékén (vagyis a maximális lefolyási idejű területen) lehullott kiadós eső aláömlő vize. Alacsony vízállásoknál a lefolyási idő közel háromszorosa az árvízinek.

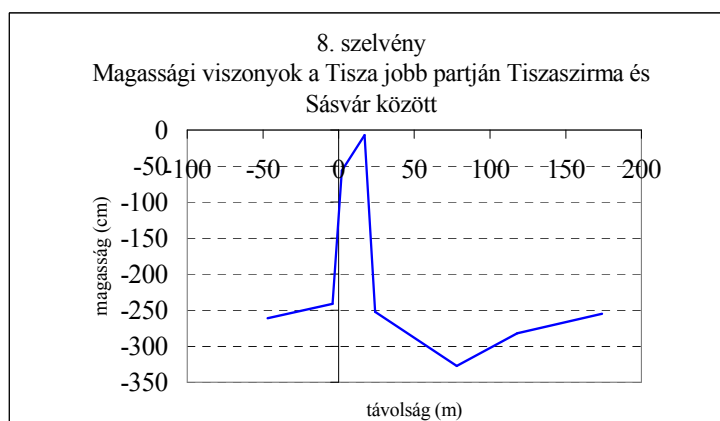
A területre jellemző vízgyűjtő karakterisztika (A ábra) a vízzállításba bekapcsolódott területek nagyságát, ezek teljes vízgyűjtőhöz viszonyított arányát adja meg a csapadék megindulásától eltelt idő függvényében. A jobboldali B ábra szemlélteti az intenzív eső megindulásától számított egyórás időszakok folyamán a vízzállításba újonnan bekapcsolódó területek arányát. A maximum 13 óránál mutatkozik.



Ennyi a Nagy-ág részvízgyűjtőjének összegyülekezési ideje. 17 óra alatt szinte teljesen bekapcsolódik a vízzállításba a Talabor és a Tarac megfelelője is, ezzel függ össze az ezt követő visszaesés az újonnan bekapcsolódó részek nagyságában. A Tisza két forráságának, a Fekete- és a Fehér-Tiszanak ehhez 20 órára van szükség. Legkésőbb a Visó-völgy felső részeiből érnek le a lefolyó vizek.

A mederfeltöltődés és ártéri üledékképződés elemzéséhez szükséges vizsgálatokat két ütemben hajtottuk végre. A kijelölt 11 mederszelvényben magasságméréseket végeztünk, majd a kihelyezett hordalékfogó csapdák mintái alapján jellemeztük a választott mintaterületek üledékének mennyiségét és szemcse-összetételi jellemzőit.

A 11 szelvény közül ötnél tapasztaltunk hullámtéri feltöltődést. Közülük az alábbiakban két jellegzetes profilt mutatunk be:



A hullámtéri feltöltődés az 1. (25,2 cm), a 3. (39,1 cm), a 7. (102,1 cm), a 9. (135 cm) és a 10. (19,2 cm) számú szelvényekben volt tapasztalható. Az itt kapott eredmények alapján a hullámtér átlagos, az összterületre számított feltöltődése 29,1 cm.

2001. novemberében négy helyszínen, I. Tivadarfalva, II. Feketeardó, III. Tizzaszirma és Sásvár között, IV. Tiszaújhely összesen 36 db üledékfogót helyeztünk ki, minden területre kilencet. 2002 márciusának végén, a tavaszi árhullám levonulása után begyűjtöttük az üledékfogókat és összegeztük az eredményeket.

A két magasabban fekvő területet (I., IV.) a tavaszi magasvíz nem érte el. A két alacsonyabban fekvő pontot (II., III.) viszont elborította. Az ide kirakott üledékgyűjtők mintamennyiségét és a lerakódási környezetet az alábbi táblázatba foglaltuk össze.

II. Feketeardó			III. Tizzaszirma–Sásvár		
Nº	Mintavételi pont	Üledék mennyisége (kg)	Nº	Mintavételi pont	Üledék mennyisége (kg)
2.1	Ártéri erdő, a part mentén	5,81	3.1	A töltés aljában, bokros területen	0,17
2.2	Ártéri erdő, a part mentén, kb. 20 m-re a 2.1-től	Nem találtuk meg	3.2	Kb. 70 m-re a 3.1-től a Tisza felé, emelkedő ártér	0,16
2.3	Sík hullámtér (középen a folyó és a töltés között)	1,36	3.3	Kb. 70 m-re a 3.2-től a Tisza felé, emelkedő ártér	Nincs rajta üledék
2.4	Ártéri lapos	1,53	3.4	Közel a parthoz	Nincs rajta üledék
2.5	Ártéri lapos kb. 20 m-re a 2.4-től	0,29	3.5	Közel a parthoz	0,68
2.6	Kubik	Nem találtuk meg	3.6	A töltés aljában	Nincs rajta üledék
2.7	Ártéri lapos	0,56	3.7	Sík ártér	0,34
2.8	Kisebb domb	Nem találtuk meg	3.8	Folyóhát	6,81
2.9	Mélyedés	0,63	3.9	Töltés és folyóhát közötti átmeneti részen	4,35

A II. mintaterületről összesen 10,18 kg üledéket gyűjtöttünk be, a III. mintaterületről pedig 12,51 kg-ot.

Az üledékgyűjtőkről összeszedett mintáknak szitálással és hidrometrálással határoztuk meg a szemcseméret eloszlását, majd kumulálva ábráztuk a görbéket. Mint az alábbi ábrákból jól kitűnik, mindkét mintavételi helyen a kőzetliszt-frakció dominál, míg a finomhomok mennyisége 10 % alatt marad.

Az eredmények arra utalnak, hogy kritikus szelvényszakaszokon kiugróan nagy lehet a feltöltődés mértéke a hullámtérben finomtörmelékű frakciókból, miközben a meder nagyobb áramlási potenciálú szelvényrészein a homokos, kavicsos üledék szaporodhat fel kritikus mennyiségben. A *relatív reliefnek* és a hasznos áramlási keresztmetszetnek ezek a változásai néhány évtized alatt kialakíthatnak olyan meder és szelvényszakaszokat, ahol jelentősen megnő a visszaduzzasztás okozta többletnyomás és árvízveszély.

A kárpátaljai Tisza szakasz II. és III. számú hullámtéri mintaterületének hordalékfogóiban kiülepedett árvízi üledékek szemcse-összetételének vizsgálati eredményei:



Szakirodalom

- [1] ALMÁSSY E. (1977): *Hidrológia–hidrográfia* – Tankönyvkiadó, Budapest.
- [2] BOGÁRDI J. (1955): *A hordalékmozgás elmélete* – Akadémiai Kiadó, Budapest.
- [3] CSUBATIJ, O. V.: Чубатий, О. В. (1972): *Водоохоронні гірські ліси* – Карпати, Ужгород.
- [4] HOMOKINÉ ÚJVÁRY K. (2001): *Márciusi árvíz Kárpátalján* – Légkör, XLVI/2.
- [5] JAKUCS L., KASZAB I. (1995): *Hidogeográfia, hidogeológia. Oktatási segédanyag* – JATE, JGYTF földrajz tanszék, kézirat. Szeged.
- [6] KONTUR I., KORIS K., WINTER J. (2001): *Hidrológiai számítások* – Linograf kft.
- [7] KOZÁKNÉ TORMA J., KOZÁK M. (1985): *A telkibányai Csenkő patak vízgyűjtőjének hidrológiai vázlata és vízbeszerzési lehetőségei* – Acta Geogr. et Meteor. Debreciana, 22. p. 75–104, Debrecen.
- [8] LÁSZLÓFFY W. (1982): *A Tisza. Vízmunkálatok és vízgazdálkodás a tiszai vízrendszerben* – Akad. Kiad. 610 p., Budapest.
- [9] MIKE K. (1991): *Magyarország ősvízrajza és felszíni vizeinek története* – Aqva, p. 1–698, Budapest.
- [10] SOMOGYI S. [ed.] (2000): *A XIX. századi folyószabályozások és ármentesítések földrajzi és ökológiai hatásai Magyarországon* – MTA FKI, Budapest.
- [11] SOMLYÓDI L. [ed.] (2002): *A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései* – MTA, Budapest.
- [12] STELCZER K. (2000): *A vízkészlet-gazdálkodás hidrológiai alapjai* – ELTE Eötvös Kiadó, Budapest.
- [13] SZLÁVIK L. (2001): *A 2001. márciusi árvíz a Felső-Tiszán* – Hidr. Közl., 4. melléklet, Budapest.
- [14] ZASZTAVECKA et al.: Заставецька, О. В., Заставецький, Б. І., Дітчук, І. Л., Ткач, Д. В. (1996): *Географія Закарпатської області* – Підручники & посібники, Тернопіль.

Vasúttársaságok építkezései a Bánságban

Dr. Horváth Ferenc¹, Dr. Kubinszky Mihály²

¹ny. MÁV mérnök, főtanácsos, ²ny. 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. A Magyar Királyi Államvasutak építkezései Erdély területen

A MÁV Erdély területen kevés vasútvonalat épített. Az építkezések első évtizedeiben az erdélyi vasúthálózat nagyobb részét vasúttársaságok hozták létre és a MÁV csak ezen társaságok államosítása után kezdett építkezni olyan területeken, ahova a társaságok nem jutottak el.

Ilyen építkezése volt a MÁV-nak a Magyar Keleti Vasút államosítása után, a Nagyvárad – Brassó vonal folytatását képező és a Romániába átvezető, 1879-ben üzembe helyezett Brassó – Tömösi szoros országhatár (Predeal) vonal építése (25 km). Szintén a volt Keleti Vasút vonalához csatlakozott az 1883-ban megnyitott, és az eredetileg engedélyezett nyomvonal módosítása miatt szükségessé vált Gyéres – Torda vonal (9 km). 1884-ben vette át a MÁV és helyezte közforgalomba az előző évben államosított Első Erdélyi Vasút Arad – Gyulafehérvár vonalából Piskinéél kiágazó és Vajdahunyadig vezető, mindössze 15 km-es vasutat. Ezután kezdte építeni és 1888-ban helyezte üzembe a Bánságban az akkor még önálló Osztrák – Magyar Államvasúttársaság vasúthálózatához kapcsolódó szinten rövid Perjámos – Varjas vonalat (8 km). Majd ezt követően fogott hozzá a MÁV az egyetlen nagyobb hosszúságú vasúti építkezéséhez, a székely vasút létrehozásához. Ennek a vonalnak egyes szakaszait időben egymástól eléggé távol eső években helyezte üzembe: 1897-ben a Sepsiszentgyörgy – Madéfalva és Madéfalva – Csikgyimes, 1905-ben, 1907-ben és 1909-ben Madéfalva – Szászrégen vonal egyes szakaszait. Közben még egyetlen rövid vasútvonal létrehozása fűződött a MÁV nevéhez, az 1905-ben megnyitott és szintén a volt Keleti Vasúthoz csatlakozó Székelykocsárd – Marosújvár vonala (4,0 km) (86. ábra).

6.1. A MÁV kisebb vasút építkezései

Brassó – Torda országhatár közötti vasútvonal

A Magyar Keleti Vasúttársaság Erdélyt átszelő vasútvonala Nagyvárad és Brassó között épült meg. A társaság csődje, majd államosítása miatt az építkezés nem folytatódott az országhatár felé. Brassó és Tömösi országhatár közötti vasútvonalat később a MÁV építette meg, a Román Fejedelemséggel 1874-ben kötött szerződés alapján. Az egyezményben a magyar állam vállalta, hogy négy év alatt megépíti és 1878 novemberig üzembe helyezi az országhatárig vezető 25 km-es vasutat. Az építési nehézségek miatt ez azonban csak hét hónapos késéssel, 1879. június 10-én történt meg.

A munkát pályázat útján 3,3 millió Ft-os árajánlatával a Gregersen és Bandeson cég nyerte el. Az építkezést Stromszky Sándor mérnök vezette, a MÁV részéről az építésvezető ifj. Perczel Mór volt. A vállalat a kivitelezést 1876 őszen kezdte el, a földmunkát 2300 fős létszámmal végeztette, a szállításhoz munkapályát épített, mozdonyokat és lovas kocsikat is használt, de a munka nagy tömege és a menet közben adódott nehézségek miatt a befejezés mégis késett.

A vasútvonal pályája Brassóból, 565 m tengerszint feletti magasságból indult. Első szakasza Hétfaluig széles völgyben, attól kezdve a Tömösi szoros egyre szűkülő völgyében haladt.

A vasútvonal felépítményét az építéskor 6,5 m hosszú, 35,5 kg-os „a” jelű vassínekből, vágánymezőnként 8 db talpfával alátámasztva, 90 cm aljtávolsággal, szilárd illesztéssel alakították ki. 1895-től 6,5–8,0 m-es, 33,25 kg-os, majd 34,5 kg-os „c” jelű sínekkel végezték a síncseréket, 1910. után pedig 12 m-es 42,8 kg-os „I” sínekkel. A vasútvonalnak két állomása Derestyé – Hétfalu és Tömös, valamint egy megállója Alsótömös, határállomása Predeal volt (88. ábra). A vasút építése kilométerenként 132 ezer Ft-ba került.



88. ábra

A Brassó–Tömös vonal országhatárhoz közel eső, a Bucsecs és Brassói havasok között vezető szakasza. Háttérben a Keresztény havas 1804 m magas csúcsa

Gyéres – Torda szárnyvonal

Gyéres – Torda közötti 9,0 km hosszú szárnyvonalat a Keleti Vasút államosítása után a MÁV építette az 1870. XLVII. tc. alapján. A vasutat 1883. július 19-én helyezték üzembe. A vasútvonal építése a fővonal eredeti tervének módosítása miatt vált szükségessé. Eredetileg ugyanis a fővonalat Tordán keresztül tervezték vezetni és csak később változtatták meg a vonal irányát Gyéres felé. Ugyanakkor döntöttek a Gyéres – Torda szárnyvonal építéséről is. Ezt azonban a Keleti Vasút az államosítás miatt már nem készítette el. A vasút kedvező terepen, az Aranyos folyó völgyében haladt. Az alépítmény kialakításához kevés földmunkát végeztek, a pálya nagyobb részt alacsony töltésen vezetett, mindössze Torda állomás területének feltöltése jelentett nagyobb földmunkát. Hosszabb műtárgya is csak egy volt, Torda állomás előtt az Aranyos folyón 80 m-es faszervezetű híd, amelyet később átépítettek acélszerkezetűvé. A pályatest itt az Aranyos folyó árterében vezetett, emiatt részsűjét kőburkolattal kellett védeni.

A vasútvonalat mellékvonalként építették, legkisebb ívsugara 600 m, legnagyobb emelkedője 5 ‰ volt. Felépítményét 35,5 kg-os „a” jelű vassínekből fektették. A századforduló után a felépítményt 33,25-es 34,5 kg-os „c” rendszerű sínekkel cseréltek ki. 1912-ben Torda állomáshoz csatlakozott a Topánfalván át Abrudbányáig épített 94 km hosszú keskeny – nyomtávolságú vasútvonal, amely szállítmányaival növelte a szárnyvonal forgalmát.

Varjas – Perjámos vasútvonal

A MÁV 1888-ban a Bánátban, Perjámos és Varjas között épített egy rövid 8 km-es mellékvonalat, amit október 24-én helyezett üzembe. A vasútvonal Perjámoson az Osztrák Államvasúttársaság Valkány – Perjámos vonalához csatlakozott. Az OAVT eredetileg folytatni kívánta a vasútépítést Varjasig, ehhez a tervet is elkészítette, de végül az akkori közlekedéspolitikának megfelelően egyre erősödő MÁV építette meg ezt a vonalszakaszt. A vasútvonalat Varjas állomástól később – 1908-ban – a Temes és Somogy vármegyei HÉV hosszabbította meg és kapcsolta be Szentandrásra az Arad – Temesvár vasútvonalba.

A vasútépítés a MÁV egyik próbálkozása volt a mellékvonali pálya kialakításához, műtárgyai fából épültek, a vágányt II. rangú felépítménnyel, 21,75 kg-os, „m” jelű sínekkel fektették, amit később az 1910-es évek elején 33,0 kg-os „r” jelű sínekre cseréltek ki.

Székelykocsárd – Marosújvár vonal

A MÁV üzembe helyezett még egy rövid, mindössze 3,4 km-es csonkán végződő vonalat, amely a volt Keleti Vasút Kolozsvár – Tövis szakaszának Székelykocsárd állomásától Marosújvárig vezetett. A vasút építési költségeit a pénzügyi tárca vállalta, mert a vonal a marosújvári kincstári sóbányák vágányaihoz csatlakozott. Az építési munkát 1904 júniusában kezdték el és 1905. március 17-én adták át a forgalomnak az elkészült vonalat.

A vasútvonal síkvidéki, legnagyobb emelkedője 4 ‰, legkisebb ívsugara 260 m. A rövid pálya kialakításához jelentékeny földmunkát végeztek és öt nagyobb műtárgyat építettek. Közöttük a leghosszabb (90 m) a Maros felett ívelt át.

A felépítményt nagyobb részben 8 és 9 m hosszú, 23,6 kg-os „i” jelű sínekből fektették, egy részük 33,25 kg-os „c” rendszerű sín volt.

A vasútvonalon közbenső állomást vagy megállóhelyet nem létesítettek. Személy- és tehervonatok közlekedtek, a forgalom nagy részét a sószállítmányok tették ki.

6.2. A székely vasút építése

A székely vasút építését nemcsak az érintett terület, de az egész ország közvéleménye is sürgette.

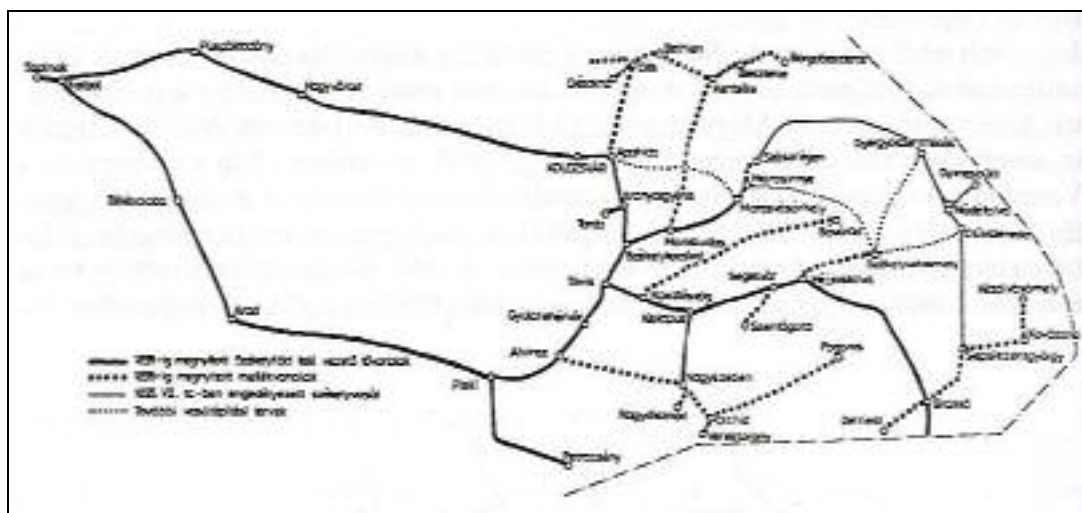
A múlt század kilencvenes éveinek elején, a székely vasút építésének megkezdése előtt Magyarország vasutakkal leggyéribben ellátott területe a Székelyföld volt. 1890-ben Magyarországon 100 km² területre átlag 3,5 km vasút jutott. A vasútvonalakkal sűrűbben behálózott dunántúli megyékben ez a mutatószám elérte a 4-6 km-t, ugyanakkor a négy székely megyében – Maros – Torda, Csík, Udvarhely és Háromszék 16 ezer km² nagyságú területen, ahol egy tömbben több, mint 1 1/2 millió magyar élt – ez a szám alig haladta meg az 1,0 km-t. A négy vármegyében mindössze 164 km vasút volt üzemben. A Kolozsvár – Brassó vonalból 20 km, a Székelykocsárd – Marosvásárhely szárnyvonalból 16 km esett a székelyek lakta vidékre, míg a Marosvásárhely – Szászrégeni HÉV (32 km), és a Héjjasfalva – Székelyudvarhelyi HÉV (35 km) vonala szinte teljes egészében. A Brassó – Háromszéki HÉV kézdivásárhelyi vonalának egy részét (55 km) és ennek Kovászna – Térrét közötti keskeny-nyomtávolságú vonalát (6 km) csak 1891-92-ben helyezték forgalomba (89. ábra).



89. ábra

1890-ig Erdély és ehhez közel eső területén épített vasúthálózat

Jogos volt tehát a székelység óhaja, hogy a gazdasági fellendülés érdekében területükön vasútvonalak épüljenek. A vasutak építését azonban nemcsak a székely megyék sürgették, hanem erre kötelezte Magyarország a Romániával 1891-ben megkötött szerződés is, amelyben a magyar kormány vállalta, hogy 1897. november 17-ig a Gyimesi és a Verestoronyi szorosokon átvezető vasútvonalakat helyez üzembe. A magyar országgyűlés a szerződést az 1891. évi XL. törvénycikkben jóváhagyta, és ennek teljesítése érdekében terjesztette elő a kereskedelemügyi miniszter 1894. október 27-én a székely vasút építésére vonatkozó javaslatát. Ezt a képviselőház 1895-ben a VII. törvénycikkben fogadta el. A törvény 330 km hosszú vasút építésére 24,7 millió Ft-ot irányzott elő. Szászrégen és Sepsiszentgyörgy (223 km), Madéfalva és Gyimesbükk (44 km), valamint Székelyudvarhely és Marosirnye (Marosvásárhely mellett, attól 12 km-re fekvő állomás) közötti vasutat (63 km) kellett megépíteni (90. ábra).



90. ábra

A székely vasút tervezett vonalai

A törvény azonban tartalmazta azt a kitétel is, hogy a teljes megvalósítás időpontja az ország gazdasági erejétől függ. Így először csak a romániai nemzetközi forgalmat szolgáló, a már üzemben levő Kolozsvár – Brassó – Sepsiszentgyörgy vonalon keresztül elérhető Sepsiszentgyörgy – Csíkszereda – Madéfalva – Gyimesbükk vonalrész épült meg 1897-ig. A Madéfalva – Gyergyószentmiklós – Szászrégen szakasz (91. ábra) létesítése az 1900-as évek elejére tolódtott át, a törvényben foglalt Székelyudvarhely – Marosirnye vonal építése pedig az első világháború kitörése, majd az azt követő események miatt teljesen elmaradt. A székely vasút egyes szakaszainak üzembe helyezési időpontjai:

- 1897. április 5-én Sepsiszentgyörgy – Madéfalva (87 km),
- 1897. október 18-án Madéfalva – Gyimesbükk határszél (42 km),
- 1905. november 15-én Szászrégen – Déda (26 km),
- 1907. november 15-én Madéfalva – Gyergyószentmiklós (47 km),
- 1909. október 28-án Déda – Gyergyószentmiklós (73 km).

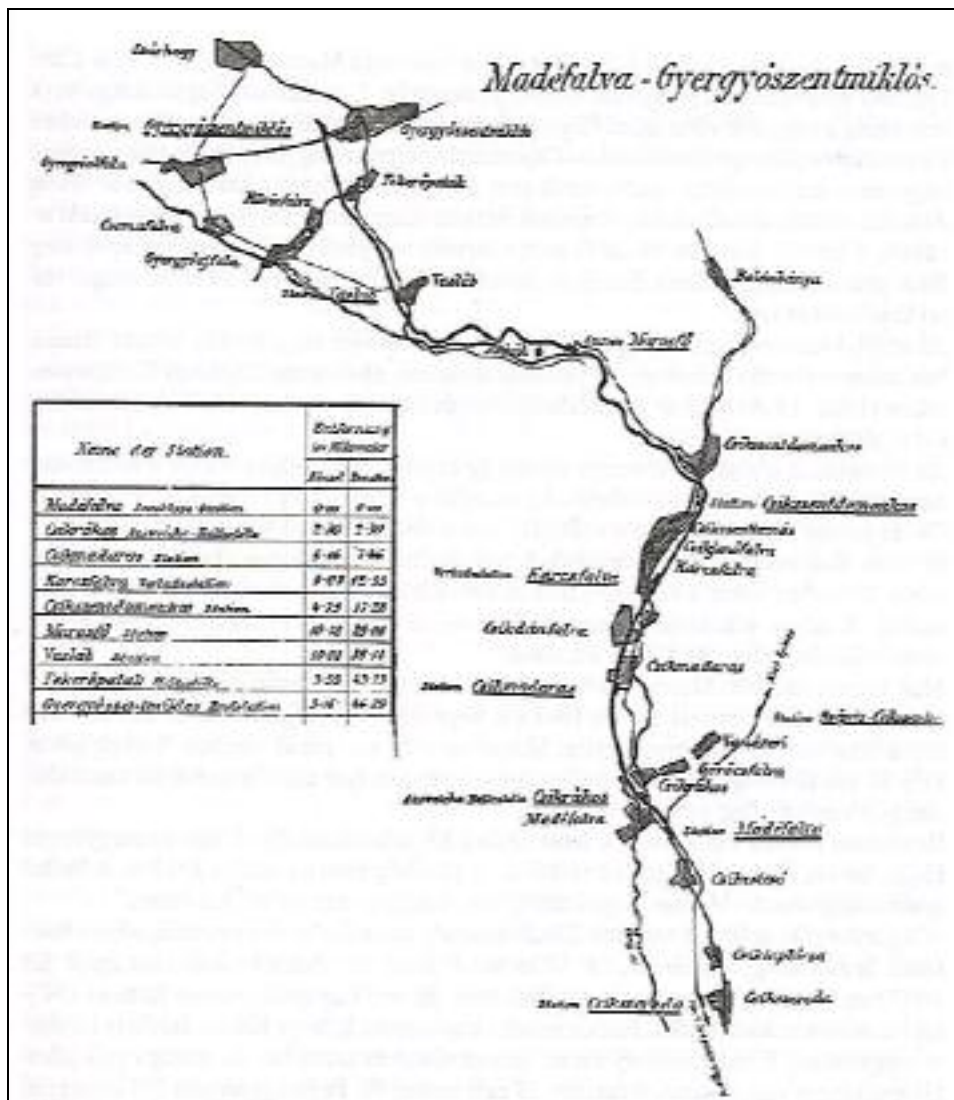
Az 1897-ben Madéfalvánál félbehagyott székely vasút Marosvásárhely irányába való továbbvitele érdekében a századfordulót követő években egyre gyakrabban szólaltak fel a parlamentben és írtak róla az újságokban, mert a Székelyföld vasúttal való ellátásának közforgalmi, közgazdasági és hadászati szempontból korábban előterjesztett indokai továbbra is fennálltak, továbbra is ez maradt az országnak vasútvonalakban a legszegényebb területe. Ezen kívül vasút-politikai szempontok is indokolták az építkezést. A Gyimesi vonal nemzetközi forgalma ugyanis az ország belseje felé jelentéktelen volt a Brassón, Tövisen, Kolozsváron át vezető kedvezőtlen kerülő útirány miatt, mely 70 km-rel volt hosszabb, mint a tervezett székely vasúton, Marosvásárhelyen keresztül. Ezeknek a nehézségeknek a megszüntetésére hagyta jóvá az országgyűlés az 1904. évi XIV. törvényt, mely elrendelte a székely vasút még hiányzó, Madéfalvától – Szászrégenig vezető 146,5 km-es szakaszának megépítését. A munkára a forgalmi eszközökkel együtt 27,7 millió korona költséget irányoztak elő, ami forintra átszámítva 13,8 millió Ft-nak felelt meg.

A terület lakossága azonban nemcsak a vasútépítés folytatását sürgette, hanem felemelte szavát a székelyföldi városok jobb megközelítése, és Romániával, valamint a feketetengeri kikötőkkel való jobb nemzetközi vasúti összeköttetés érdekében is.

Az erdélyi fővonalak, de főleg Kolozsvártól keleti irányba vezető vasutak nyomvonal kijelölését ugyan is sok bírálat érte. Kifogásolták, hogy Erdély fővárosát, Kolozsvárt nem köti össze közvetlen, rövid vonalvezetésű vasút sem Marosvásárhellyel, sem a Székelyföld székeinek központjaival (Székelyudvarhely, Csíkszereda, Sepsiszentgyörgy), sem pedig a nagyobb városokkal (Gyergyószentmiklós, Kézdivásárhely), és egy kivételtől eltekintve (Gyergyószentmiklós – Csíkszereda – Sepsiszentgyörgy) nem épültek meg e nagyvárosokat összekötő vasútvonalak sem. Kifogásolták, hogy a kormányzat az ország délkeleti vasúthálózatának kialakításánál Brassót részesítette előnyben a Székelyföld rovására, a székely körvasút későn és nem a törvényben jóváhagyott hosszban épült meg. Nem tartották megfelelőnek Erdély és Románia, és főleg Erdély és a Fekete-tenger vasúti kapcsolatait sem.

Az erdélyi vasútvonalakkal kapcsolatban a századfordulót megelőző és követő évtizedben számos vitacikk jelent meg, nyilvános üléseken, elsősorban a Székely Kongresszusokon (1902, 1905) bírálták az intézkedéseket és a kifogásokat érvekkel és számadatokkal is alátámasztották.

Az általánosan kialakult vélemény szerint az erdélyi vasút helyes iránya a Kolozsvár – Marosvásárhely – Székelyudvarhely – Ágostonfalva – Sepsiszentgyörgy – Kézdivásárhely – Ojtozi szoros vonal, erre kellett volna felfűzni a további mellékvonalakat. Ehelyett Kolozsvár és Marosvásárhely között Székelykocsárdon át 119 km hosszú vasút vezet, közvetlen vonat a vita időszakában nem közlekedett, Székelykocsárdon át kellett szállni. A helyes útirányon Kolozsvár – Szováta – Mezőmehes – Mezőgerébenes – Marosvásárhely között a távolság 83 km lett volna.



91. ábra

A székely vasút Csíkszereda – Mádéfalva – Gyergyószentmiklós közötti szakasz

Meg kedvezőtlenebb Marosvásárhelyről Székelyudvarhely vasúti megközelítése. A két város között a vasútvonal hossza Tövisen, Segesváron és Héjjasfalván át 243 km. Marosvásárhelytől Erdőszentgyörgyön, Mártonoson át vezetendő vasúton Székelyudvarhely 81 km távolságra lenne. Emellett Székelyudvarhelyre csak helyi érdekű vasút visz, amely a város mellett csonkán végződik.

Hasonlóan hosszú vasútvonalon lehet eljutni Székelyudvarhelyről Sepsiszentgyörgyre Héjjasfalván, Ágostonfalván és Brassón át. A távolság ezen a vonalon 191 km. A Székelyudvarhely – Barót – Málnás – Sepsiszentgyörgy vonal hossza 92 km lett volna. A legkedvezőtlenebbnek azonban Kézdivásárhely vasúti helyzetét tartották, ahova Brassóból Sepsiszentgyörgyön át csak 1890-ben és csak helyi érdekű vasútvonal épült. Ezt 1907-ben Bereckig ugyan meghosszabbították, de nem folytatták a vonal építését az Ojtozi szoroson át Romániába. Jórészt ennek tulajdonították, hogy Kézdivásárhely fejlődése megszakadt. Kézdivásárhely a múlt század utolsó évtizedeiben az ország egyik jelentős iparvárosa volt, vonzáskörzetében 35 ezer ember élt. Fejlett gyáripára (10 szeszgyár, 2 sörgyár, 2 hengermalom, kocsigyár, bútorgyár, textilgyár, petróleum finomító) mellett a kézműipar szinte minden ága virágzott (a városban 150 csizmadia, nagyszámú szövőiparos dolgozott stb.). Kézdivásárhely látta el Moldvát és a Havasalföldet ipari termékekkel, cipővel, szövettel, szesszel. Ugyanakkor nagyon sok nyersanyagot (bort, gyapjút, fát) hoztak be Romániából, amit feldolgozva szállítottak vissza. Mindezt a forgalmat a vasúti kapcsolat növelte volna.

A vasút hiányának és a megszigorított vámelőírásoknak tulajdonították, hogy a város fejlődése megállt és megindult a kivándorlás. A század végén tíz év alatt 500 székely iparos vándorolt ki Romániába és teremtette meg a román kisipart. Magas volt az Amerikába kivándorolt székelyek száma is.

Később helyezték üzembe (1897) a székely körvasút első, Sepsiszentgyörgy – Csíkszereda, még később (1905–1909) a második, Csíkszereda – Marosvásárhely közötti szakaszát, nem épült meg a törvényben engedélyezett Marosirnye (Marosvásárhely) – Székelyudvarhely vonal, és nem vezetett vasút Csíkszereda – Székelyudvarhely és Gyergyószentmiklós – Székelyudvarhely között sem.

Erdély politikusai, gazdasági szakemberei a terület földrajzi helyzete, lakosságának összetétele, ipárának és kereskedelmének fejlettsége miatt mindig fontosnak tartották a Romániába és a Fekete-tengerhez vezető jó közlekedés megteremtését. Megmutatkozott ez a szándék a közúti összeköttetés fejlesztése érdekében és még inkább a vasúti közlekedés megjelenése utáni időszakban. Erdélyből Romániába irányuló kereskedelmet időszakonként megkönnyítették a két ország között, kereskedelmi szerződések, esetenként azonban vámháborúk és szigorító intézkedések akadályozták.

Az erdélyi közvélemény mindig igyekezett ellensúlyozni a magyar kormányzatnak a tengeri kereskedelemben kizárólag az Adriai-tengert és Fiumét túlzottan előtérbe helyező pártfogását és az Erdélyhez közelebb eső fekete-tengeri kereskedelmet szándékozott volna fejleszteni és ehhez a vasútépítés adta előnyöket felhasználni. Sőt, volt olyan terv is, hogy az Adriai- és a Fekete-tengert, Fiumét és Konstancát éppen az Erdélyen át vezető vasútvonal kösse össze. Ez az elgondolás egyébként Széchenyi István írásaiban és javaslataiban is megtalálható volt.

A Romániába vezető erdélyi vasútvonalak irányai nem voltak kedvezőek. Erdély nyugati felén üzembe helyezett Temesvár – Bázias vasút (megnyílt 1856-58) csak az Al-Dunáig, a Temesvár – orsovai (1879) pedig Bukarest irányába vezetett. Ugyanígy nem a Fekete-tenger, hanem a román főváros megközelítése szempontjából volt előnyös a Brassó – tömösi (1879) és Nagyszeben – verestoronyi átmenet (1897). Az 1897-ben megnyitott Csíkszereda – Gyimesbükk vonal iránya már valamivel kedvezőbb volt, mert Galacon át a Fekete-tenger Sulina kikötőjéhez vezetett, de a kiágazó pont, Csíkszereda megközelítése a székely körvasúton Marosvásárhely felől nagy kerülővel járt. Nem épült meg Erdély nemzetközi forgalma szempontjából a kedvező Kézdivásárhely – Ojtoz, Brassó – Bodza, Maroshévíz – Tölgyes vasútvonal sem, amely a magassági vonalvezetés szempontjából is kedvezőbb hegyszorosokon, hosszabban magyar területen és rövidebb útvonalon át vezetett volna a Fekete-tengerhez.

Erdély közlekedési szakemberei javasolták Erdély északi részén még egy vasútvonal kiépítését, amely a Fekete- és a Balti-tengert kötötte volna össze. Az összekötő vonal a Kassa – Oderbergi Vasúthoz csatlakozott volna Kassán, a volt Magyar Északkeleti Vasút időközben államosított Kassa – Királyháza – Máramarossziget vonalán keresztül. A tervezett vonallal Máramarossziget – Nagybánya – Búdöspatak szakasza lett volna új építésű. Innen a meglévő Zsibó – Dés – Bethlen – Nagyilva vonalon vezetett volna tovább és Nagyilva – Dorna Vatra közötti vonal megépítésével csatlakozott volna a moldvai vasúthálózatához. A tervezett vasútvonalak a Jasszásár Fekete-tengeri vasúti kapcsolat hatását kívánták ellensúlyozni. Ugyanakkor vetődött fel Erdély északi és déli részének jobb vasúti kapcsolata érdekében a Beszterce és Szászrégen közötti vonal létrehozása. Több javaslat a századunk első évtizedében a már csaknem teljesen kialakult erdélyi fővonal vasúthálózatot rövidebb összekötő vonalak építésével akarta a Székelyföld számára kedvezőbbé tenni. Így jöttek szóba a Sepsiszentgyörgy – Földvár, Ágostonfalva – Málnás – Kézdivásárhely – Sósmező (Ojtoz), Székelyudvarhely – Parajd – Csíkszereda,

Maroshévíz – Tölgyes, Gyergyószentmiklós – Békás szoros, Sepsiszentgyörgy – Magyarbodza – Bodza-szoros vasútvonalak.

A székelyföldi vasúthálózat kiegészítésére sok biztató ígélet is elhangzott, aminek teljesítését hol az anyagiak hiánya, hol egyéb váratlan események híúsítottak meg. A magyar közlekedés két kiemelkedő szellemiségű és alkotó készségű miniszterének, Baross Gábornak és báró Dániel Ernőnek a székelyföldi vasutak fejlesztésére komoly ígéretei voltak, az építési terveket is elkészítették. Baross Gábort korai halála, Dániel Ernőt lemondatása akadályozta meg, hogy szándékát teljesítse.

Az erdélyi közlekedéspolitikusok és a székely kongresszusok fellépésének mindössze annyi eredménye lett, hogy a század első évtizedének második felében megépült a székely körvasút Madéfalva – Szászrégen közötti szakasza. A székely kongresszus által hozott határozatokban megjelölt Székelyudvarhely – Csíkszereda és Székelyudvarhely – Gyergyószentmiklós vonal azonban nem valósult meg.

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

Nyomelemek vizsgálata a hazai élelmiszersóban

**Dr. Kormos Fiammetta², Ábrahám Béla¹, Doina Prodan²,
Pávai Mária², Incze Annamária¹**

¹Kolozsvári Analitikai Műszergyártó Intézet (ICIA)

²Kolozsvári Kémiai Kutató Intézet (ICRR)

Abstract

This article presents the verification methods of rock salt (halite) quality. We studied the presence of some trace metals: Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn. The investigation procedure is in accordance with the latest Romanian standards. If the rock salt is utilized as foodsalt, the values of investigated trace metals do not affect the consumer health.

Kivonat

A dolgozat beutatja a kősó (halit) minőségét meghatározó laboratóriumi módszereket. A következő fémnyomelemeket vizsgáltuk: Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn. A meghatározási módszerek megfelelnek az érvényben levő román szabványoknak. Abban az esetben, ha a vizsgált kősót asztali sóként használjuk, a nyomelemek mennyisége nincs káros hatással az egészségre.

Bevezetés

Az élelmiszersót, vagy más elnevezéssel konyhasót, asztalisót (NaCl) természetes forrásokból nyerjük: sós vizekből és legtöbbször kősóból (halit). A konyhasó minőségének szigorú ellenőrzése szükséges, mivel a konyhasó minősége függ a kitermelés és a feldolgozás körülményeitől, s ezekben a folyamatokban szennyező, egészséget veszélyeztető elemek is megjelenhetnek.

A NaCl az emberi szervezetbe legfőbbképpen az élelmiszersóval jut be. Az ember napi NaCl szükséglete ~ 5g. Ennél nagyobb mennyiség a vérnyomás növekedését, kalciumhiányt, gyomorfekélyt okozhat. Túl kevés mennyiség szívritmus csökkenéshez, néha halálhoz is vezethet.

1985-ben elfogadták a **CODEX ALIMENTARIUS**-t, amely tartalmazza az Európában forgalmazott só minőségi sajátosságait. Ezeket az **ESPA** (Európai Sókitermelők Szövetsége) által kidolgozott ISO szabványok alapján ellenőrzik [1].

A konyhasóban lehetséges, egészségre káros nyomelemek a következők: Cd, Pb, As, Cu, Hg (magában a kősóban), Al, Zn, Cr, Fe (a feldolgozásból származnak). Ezeknek a hatása az emberi szervezetre a következő [2]:

- A Hg, Cd és Pb a legjobban környezetszennyező nehézfémek. A talajban vagy vizekben előforduló Hg a mikroorganizmusok hatására metil higannyá CH_3Hg^+ alakul, amely bekerül az élő szervezetbe, ebből a megengedett érték 0,0033 mg/kg testsúly, Hg-ra átszámítva 0,005 mg (ennek lebontását elősegíti a szelénvegyületek jelenléte). Mérgező hatásának következményei a szövetek elhalása, a foghús gyulladás (majd végső esetben halál).
- A Cd nagyobb mennyiségben vérnyomásnövekedést okoz, rákkeltő, hiánya azonban oszteoporózishoz vezet.
- Az Pb főleg a kipufogógáz, rovarirtószerek és cigarettafüst segítségével kerül a környezetbe. Hetenkénti elfogadható értéke 0,005 mg/kg.
- A Cr hiánya cukorbetegséget okozhat, ebből az elemből a napi szükséglet naponta 200–500 µg
- A Cu-ból a napi szükséglet 24 mg. Ezt az elemet a halhús, máj, agyvelő, dió és kakaó tartalmazza. Veszélyt csak 80 µg felett okozhat (Wilson-kór, reumatikus arthritisz, cirózis).
- Az Al a környezetbe az alumínium edényekből kerül. Ez az elem rahitizmust, és az Alzheimerkórt okozza.
- Az As-ból a normális szervezet ~ 0,2–0,3 ppm-ét tartalmaz. A 0,1–0,3 g már halálos adagnak számít.
- A Zn az állati és növényi eredetű élelmiszerekkel kerül a szervezetbe (tej, disznó- és bárányhús, liszt). A megengedett érték 5–22 mg/nap, s csak 200 mg felett okozhat rendellenességeket (vérszegénység, oszteoporózis, növekedési zavar).
- A Fe hiánya vérszegénységet és szívrohamot okoz. A szervezet normális vasigénye 1–2,5 mg/nap.

A román szabványok [1,3,4,5] kötelezik a Cd, Pb, Cu, As, Hg meghatározását és tartalmazzák ezen elemek megengedett értékeit a konyhasóban.

Dolgozatunk célja bemutatni a fémnyomelemek (Cd, Pb, Cu, Al, Fe, Cr, Zn) meghatározási módjait a hazai konyhasóban a legújabb európai normákkal egybehangolt szabványok szerint, és egyes esetekben saját mérési módszerek alapján. Ugyanakkor bizonyítani szándékszunk azt a tényt, hogy a hazai konyhasó minősége megfelel a *Codex Alimentarius* előírásainak és nincs egészségre káros hatása.

Kísérleti rész

Készülékek

- analitikai mérleg $\pm 0,0001$ g
- Varian Techtron láng-atomabszorpciós spektrofotométer (AAS), levegő-acetilén láng, vajtkatódos spektrállámpák
- induktív csatolású emissziós plazma spektrométer (ICP-OES)

Mérési módszerek

A mintákat a SR ISO 2479-1995 [6] alapján készítettük elő.

A Cr, Cu, Fe, Zn, Al nyomelemeket a következőképpen határoztuk meg [5]: 100g sót feloldottunk 350 ml vízben, 30 percet főztük, leszűrtük, majd klórmentességig vízzel mostuk (AgNO_3 -al kimutatva). Az AAS és IPC-OES méréseket a szűrletből végeztük el. A kalibrációs görbék felállításához Merck etalonokat használtunk fel. A Cr meghatározásánál az Al és Fe interferencia elkerülése végett LaCl_3 -t adtunk a mintához [7].

A Cd, Pb [3,4] meghatározásánál a nyomelemeket először kivonásos módszerrel dúsítottuk [8]. Első lépésként ammónium-pirolidin-ditiokarbamát (APDC) segítségével komplexáltuk ($\text{pH} = 4,5 - 5$), majd a komplex vegyületet széntetrakloridban vontuk ki. Ezt egy második salétromsavba való kivonás követett. A meghatározások standard addíciós módszerrel történtek. A vakpróba 10 ml (1,4 g/ml sűrűségű) HNO_3 oldatból áll.

A vakpróba kalibrációs görbéjéhez szükséges etalonokat (*I-es sorozat*) a következőképpen nyertük:

- Cd esetében négyszer 0,50 ml salétromsavba 0,00; 0,50; 1,00; 2,00 ml-t adtunk az 5 mg/l Cd tartalmú oldatból;
- Pb esetében a négyszer 0,50 ml salétromsavba 0,00; 2,50; 5,00; 10,00 ml-t adtunk a 10 mg/l Pb tartalmú oldatból.

A minta analíziséhez szükséges etalonokat (*II-es sorozat*) a következőképpen állítottuk elő:

- A négyszer 200 ml mintaoldathoz hozzáadagoltuk az előbb említett Cd vagy Pb oldatokat.

Ezután a vakpróba és a *II-es sorozat* oldataihoz egyenként 20 ml pufferoldatot, 5 ml APDC-t adunk és elválasztótölcsérben 30 sec-t ráztuk, majd 10 ml kloroformmal folytattuk a kivonást, melyet még kétszer 5 ml kloroformmal ismételtünk meg és az extraktumokat egy újabb 1ml HNO_3 -t tartalmazó elválasztótölcsérbe gyűjtöttük. Ehhez még 9,00 ml vizet adagoltunk és erős rázás után a felső vizes oldatot egy Berzélius pohárba fogtuk fel.

Az atomabszorpciós méréseket 228,8 nm (Cd), illetve 283,3 nm (Pb) hullámhosszon a következő sorrendben végeztük el: *I sorozat* oldatai, vakpróba és végül a *II-es sorozat* oldatai. Két külön kalibrációs görbét állítottunk fel.

Eredmények

A nyomelemek meghatározását párhuzamosan a két készüléken végeztük el, figyelembe véve ezek mérési határait (I. táblázat). Kivételt csak az Al és az Pb képez. Az elsőt, annak ellenére, hogy a Varian Techtron készülék kisebb mennyiségek meghatározását teszi lehetővé, csak az ICP-OES-el mértük, mivel nem rendelkezünk a Varian Techtron spektrofotométerhez szükséges hordozógázzal (nitrogénprotoxid). Az másodikat csak a Varian Techtron spektrofotométerrel mértük, mivel csak ezzel lehet 0,001ppm-t kimutatni.

Laboratóriumi közti méréseket végeztünk ugyanazon mintákon.

A használt mérőeszközöket és a mérések eredményeit az I-es táblázat mutatja be.

A kősó fémnyomelemei mennyiségének kimutatására használt mérőeszközök és mérések eredményei

Nyomelem	Plazma ICP-OES spektrométer		Varian Techtron AAS spektrofotométer		Eltérés a két módszer mért értékei között [mg/l]
	Mérési határ [mg/l]	Mért érték [mg/l]	Mérési határ [mg/l]	Mért érték [mg/l]	
Al	0,0230	0,12	-	-	
Cd	0,0017	0,12	0,007	0,14	± 0,02
Cr	0,0080	0,04	0,02	0,05	± 0,01
Cu	0,0024	0,02	0,004	0,03	± 0,01
Fe	0,0009	-	0,007	-	-
Pb	0,0800	-	0,001	0,05	
Zn	0,0010	-	0,001	-	-

A Plazma ICP-OES spektrométer és a Varian Techtron AAS spektrofotométerek által nyert mérési határok majdnem azonosak. A plazmán végzett meghatározás előnye az, hogy nem szükségesek a spektrállandók, ellenben az argon drágább hordozógáz, mint az acetilén. A laboratóriumközi mérések közti különbségek nem haladják meg a $\pm 0,02\%$ -t, tehát mindkét módszer kielégítő eredményekhez vezet.

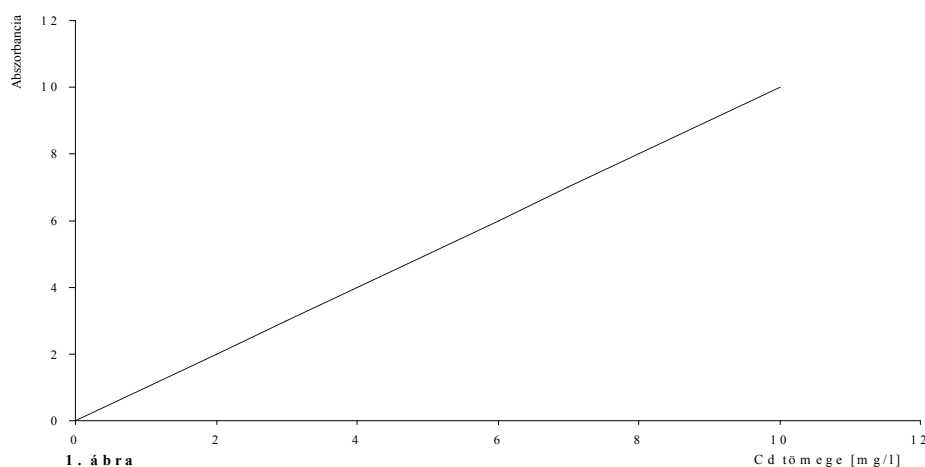
A Cd és Pb meghatározására alkalmazott dúsítási- és kivonási módszer nagyon pontos eredményeket garantál: 0,05 ppm-t is lehet mérni. Ugyanakkor ez egy igényes módszer, mivel a következő feltételek szigorú betartása szükséges:

- csak erre a meghatározásra fenntartott üvegedényeket szabad használni;
- analitikai tisztaságú vegyszereket szabad felhasználni;
- metrológiai tanúsítvánnyal rendelkező készülékek és erre a módszerre speciálisan betanított vegyészek alkalmazása szükséges;

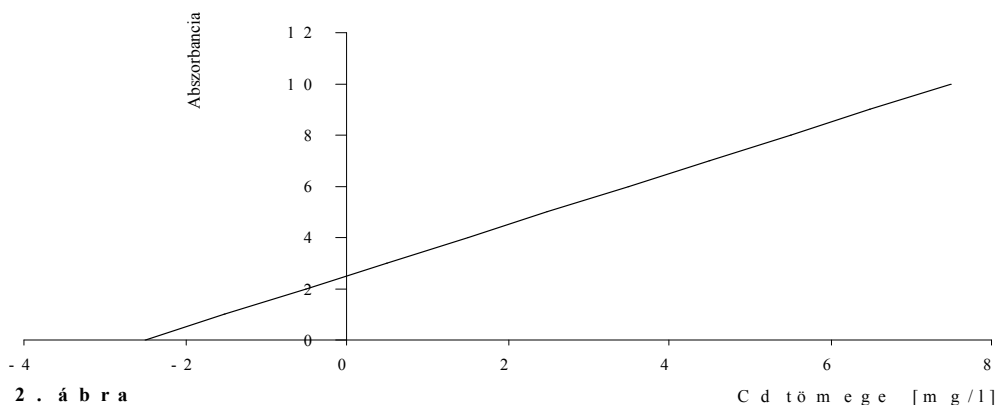
A Cd mennyiségét a két kalibrációs görbe alapján határoztuk meg:

- az A görbét a következőképpen nyerjük (1-es ábra): az *I-es sorozat* nulla-etalonálási oldat abszorbanciáját kivonjuk a másik három oldat abszorbanciájából és grafikusán ábrázoljuk az abszorbanciákat a fém mikrogrammok függvényében
- a B görbét a következőképpen nyerjük (2-es ábra): a *II-es sorozat* abszorbanciáiból kivonjuk a nulla-etalonálási oldat abszorbanciáját, és a fémmikrogrammok függvényében ábrázoljuk.

Egy példát mutatunk be a Cd meghatározását:



1. ábra
A kalibrációs görbe



2. ábra
B kalibrációs görbe

A fémtartalom kiszámítása:

$$\omega_{(\text{fém})} = 5(m_1 - m_0)/m$$

ahol:

$\omega_{(\text{fém})}$ = a fémtartalom mennyiség e [mg/kg só]

m = a minta mennyisége [g]

m_0 = az etalonálási görbéről leolvasott fém mennyisége, mely az extrahált vakminta abszorbanciájának felel meg [μg]

m_1 = az etalonálási görbéről leolvasott fém mennyiségle, mely az extrahált 1-es oldat abszorbanciájának felel meg [μg]

A Cd esetében

m = 250 g

m_1 = 10 μg

m_0 = 2,5 μg

$\omega_{(\text{Cd})}$ = 0,14 mg/kg só

A kősó minőségének bizonyítására felhasználtuk az élelmiszerekben megengedett fémnyomelemek román szabványok alapján elfogadott értékét.

A II. táblázatban összehasonlítottuk a kősóban meghatározott fémnyomelemek mennyiségét egyes élelmiszerekben és az ivóvízben maximálisan megengedett értékeivel.

II. táblázat

A különböző élelmiszerekben elfogadott nyomelemek mennyisége a román szabványok alapján [9, 10]

Nyomelem	Elfogadott érték [mg/l]					Mért érték [mg/l]
	Ívóvíz	Tej	Hús	Kenyér	Só	
Al	0,050	*	*	*	*	0,12
Cd	0,005	0,01	0,10	0,05	0,50	0,15
Cr	0,050	-	*	*	*	0,04
Cu	0,050	0,50	3,00	5,00	2,00	0,02
Fe	0,100	*	*	*	*	-
Pb	0,050	0,10	0,50	0,50	2,00	0,05
Zn	5,000	5,00	50,00	15,00	5,00	-

* nincs megemlítve

Az összehasonlítás eredményeként kijelenthetjük, hogy a vizsgált kősó nem tartalmaz az egészségre káros nyomelemekből többet, mint az élelmiszerekben általában engedélyezett értékek.

Következtetés

A kősó minőségének meghatározására felhasznált laboratóriumi módszerek igényesek; a vizsgálatok elvégzésére modern készülékek és import anyagok szükségesek. Az alkalmazott módszerek megfelelnek a nemzetközi előírásoknak és igen kis fém mennyiség (0,1 ppm alatt is) mérését is biztosítják.

A nyert laboratóriumi eredmények alapján megállapíthatjuk, hogy a vizsgált kősó megfelel a *Codex Alimentarius* előírásainak és nincs egészségre káros hatása.

Irodalom

- [1] SR 13360 – 1996
- [2] I. Grecu, M. Neamțu, L. Enescu: ”Implicații biologice și medicale ale chimiei anorganice”, Ed. Junimea, Iași, 1982
- [3] SR 13367 – 1996
- [4] SR 13368 – 1996
- [5] SR 8934/27 – 1997
- [6] SR ISO 2479 – 1995
- [7] SR ISO 11047 – 1999
- [8] Standard methods for the examination of water and wastewater, American Public Health Association, Washington, 19th Edition, 1995
- [9] Ordinul nr. 552/29 iulie 2002
- [10] Monitorul Oficial nr. 268/VI. 1999

Szabad homogén rézsűk állékonyságának vizsgálata, statikai módszerek segítségével

Dr. Mihalik András¹, Csek Károly²

¹Egyetemi tanár, Nagyváradi Egyetem,

²MÁV Rt Pályavasúti Üzletág Budapest

Abstract

The paper describes a statistically correct method on the calculation of the stability of free uniform slopes, applied to stability analysis in slipping slopes between the stations Bodajk and Balinka, Hungary. The analytical calculation methods for the stability of uniform slopes fulfill the equilibrium requirements according to the hypothesis of cylindrical surface slipping. The analyzed problem is plane. All the forces, including the pressures and equivalent cohesion, are reduced to a single vector. The results are presented as graphs and tables and compared to the classical ones obtained by Terzaghi and Taylor.

Bevezetés

A szerzőknek e közleménye a Bodajk-Balinka állomás közötti MÁV vonalszakaszon történt rézsűkarosodás helyreállításának a tanulmányozásával hozható kapcsolatba.

A rézsű vizsgálata, tervezése során kétféle talajmechanikai jellegű kérdés merült fel. Az egyik: milyen biztonsággal rendelkezik töréssel szemben egy adott magasságú, hajlásszögű és ismert nyíró szilárdságú talajból álló rézsű? A másik pedig: milyen hajlással alakítsuk ki az adott magasságú rézsűt az ismert nyíró szilárdságú talajban, ha a biztonsági tényező előírt értékű?

E feladatok megoldására többféle módszer ismeretes a gyakorlatban. A mai napig széleskörűen elterjedt a rézsű állékonyságának számítása Terzaghi módszerével, amely szerint a veszélyes csúszófelület egy körhenger. Terzaghi módszerének van azonban egy alapos hiányossága is, ugyanis az egyensúlyi állapotnak csak az egyik feltételét egyenlíti ki.

Ennek a hiányosságnak a kiküszöbölésére Taylor – aki szintén a körhenger alakú veszélyes csúszófelületet alkalmazva – kidolgozott egy olyan számítási vizsgálatot, amely az egyensúlynak három feltételét elégíti ki a feszültségek eloszlásának az ajánlatával az egész csúszófelületen.

Egy másik számítási módszer (Sztroganov) a rézsű állékonyságára vonatkozóan a Taylor által használt feltételezést egy másik ajánlással helyettesíti az alapozásoknál használt számításokból, és abból az elgondolásból kiindulva, amikor is a reaktív erő vektor formájában van ábrázolva. Ezen az alapon dolgoztak ki egy analitikus vizsgálat számítását függőleges terhelések esetében, homok anyagú alapozásokra vonatkoztatva.

A következőkben ezzel az analitikus vizsgálati számítással foglalkozunk, amely gyakorlatilag is hozzájárult a már korábban említett MÁV vonalszakaszon utólag kialakított rézsű rendezés komplex problémájának a megoldásához, mind a tervezés, mind a kivitelezés folyamán.

A szabad rézsű állékonyságának számítás útján való vizsgálata

Az állékonysági vizsgálat a következő alapengedményeket veszi figyelembe:

- A talaj a rézsű tömegében és alapfelületén homogén és izotrop, rendelkezik súrlódással és kohézióval (a $\varphi=0$ esetében a módszer nem használható).
- A mozgó földtömeg mint egységes, monolit test jelentkezik.
- A rézsű egyszerű, véges és egyenes felülettel rendelkezik.
- A veszélyes csúszási felület körhenger alakú.

A számítási vizsgálat geometriája az 1. ábrán látszik, ahol a talaj kohéziója Q erővel van helyettesítve. Ez az erő a nyomófeszültségek egyenletes eloszlásából adódik a veszélyes csúszólap felületén (mint hidrosztatikus nyomás), amely ekvivalens a kohézióval, azaz:

$$Q = \frac{c}{\operatorname{tg}\varphi} * \frac{h}{\sin\psi} \quad (1)$$

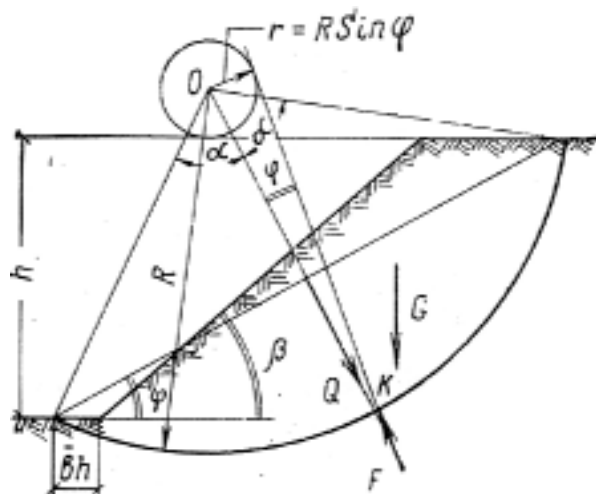
Ezáltal a mozgó földtömegre hatást fejt ki, az önsúly G , Q , a rezultánsa a hidrosztatikai nyomásnak – amely ekvivalens a kohézióval – valamint F rezultánsa a reaktív erőknek, a veszélyes csúszófelület hosszának az irányában.

A G és Q erőknek a rezultánsai a K pontban metszik egymást a veszélyes csúszófelületen.

Az egyensúlyi feltételek betartása szempontjából szükséges és elégséges, ha a G , Q és F erők vektorösszege egyenlő zéróval – mint erőhatás – és egy pontban metszik egymást a hatásvonalon.

Ez azt jelenti, hogy az F erőnek egyenlőnek kell lennie a G és Q erők rezultánsaival, valamint a veszélyes csúszófelületek K pontjában kell metszeniük egymást.

A G és az F erők értékei:



1. ábra
A számítás geometriája

$$G = \frac{\gamma * h^2}{4} * \left\{ \left[\alpha (1 + \text{ctg}^2 \alpha) - \text{ctg} \alpha \right] (1 + \text{ctg}^2 \psi) + 2 \left(\text{ctg} \psi - \text{ctg} \beta - 2 \bar{b} \right) \right\} \quad (2)$$

$$F = \sqrt{G^2 + 2GQ * \cos \psi + Q^2} = \frac{h}{4} * \sqrt{16c^2 \text{ctg}^2 \varphi (1 + \text{ctg}^2 \psi) + 8c * y * h * \text{ctg} \varphi * \text{ctg} \psi \left\{ \left[\alpha (1 + \text{ctg}^2 \alpha) - \text{ctg} \alpha \right] * \right.}$$

$$\left. \sqrt{(1 + \text{ctg}^2 \psi) + 2 \left(\text{ctg} \psi - \text{ctg} \beta - 2 \bar{b} \right) + \gamma^2 * h^2 * \sqrt{\left\{ \left[\alpha (1 + \text{ctg}^2 \alpha) - \text{ctg} \alpha \right] * (1 + \text{ctg}^2 \psi) + 2 \left(\text{ctg} \psi - \text{ctg} \beta - 2 \bar{b} \right) \right\}^2} \right\} \quad (3)$$

ahol: $\bar{b} = \frac{b}{h}$

A határ egyensúly feltételeinek a biztosítására szükséges, hogy az F erőhatása érintse a K pontban azt a kört, amely a csúszási ív központjából van kialakítva és amelynek a sugara $r = R \sin \varphi$, azaz a súrlódásnak a köre.

A feltétele annak, hogy az összes erő nyomatékának az összege zéróval legyen egyenlő, a következő:

$$G * a - F * R * \sin \varphi = 0 \quad (4)$$

A Q erő nyomatéka egyenlő zéróval, ugyanis a hatása a súrlódási kör közepén (O) halad keresztül.

A G erő nyomaték karjára a , valamint a súrlódási csúszási ív sugarára R a következő kifejezések adódnak:

$$a = \frac{h \left[1 + 6 \bar{b} \left(\text{ctg} \psi - \text{ctg} \beta - \bar{b} \right) + 3 \text{ctg} \alpha \left(\text{ctg} \psi - \text{ctg} \beta - 2 \bar{b} \right) + \text{ctg} \beta \left(3 \text{ctg} \psi - 2 \text{ctg} \beta \right) \right]}{3 \left\{ \left[\alpha (1 + \text{ctg}^2 \alpha) - \text{ctg} \alpha \right] * (1 + \text{ctg}^2 \psi) + 2 \left(\text{ctg} \psi - \text{ctg} \beta - 2 \bar{b} \right) \right\}} \quad (5)$$

$$R = \frac{h}{2} * \sqrt{(1 + \text{ctg}^2 \alpha) * (1 + \text{ctg}^2 \psi)} \quad (6)$$

Behelyettesítve a G , F , a és R értékeit a (2), a (3), az (5) és a (6)-ból a (4)-be a megfelelő átalakítások után egy négyzetes egyenletet kapunk, azaz:

$$\xi^2 + \frac{\operatorname{tg}\varphi * \operatorname{ctg}\psi}{2(1 + \operatorname{ctg}^2\psi)} * \left\{ [\alpha(1 + \operatorname{ctg}^2\alpha) - \operatorname{ctg}\alpha] * (1 + \operatorname{ctg}^2\psi) + 2(\operatorname{ctg}\psi - \operatorname{ctg}\beta) - 2\bar{b} \right\} \xi +$$

$$+ \frac{\operatorname{tg}^2\varphi}{16(\operatorname{ctg}^2\psi)} * \left\{ [\alpha(1 + \operatorname{ctg}^2\alpha) - \operatorname{ctg}\alpha] * (1 + \operatorname{ctg}^2\psi) + 2(\operatorname{ctg}\psi - \operatorname{ctg}\beta - 2\bar{b}) \right\}^2 -$$

$$- \frac{1 + \operatorname{tg}^2\varphi}{36 * (1 + \operatorname{ctg}^2\alpha) * (1 + \operatorname{ctg}^2\psi)} * \left[1 + 6\bar{b}(\operatorname{ctg}\psi - \operatorname{ctg}\beta - \bar{b}) + 3 * \operatorname{ctg}\alpha * (\operatorname{ctg}\psi - \operatorname{ctg}\beta - 2\bar{b}) + \operatorname{ctg}\beta * \right]$$

$$[* (3\operatorname{ctg}\psi - 2\operatorname{ctg}\beta)]^2 = 0 \quad (7)$$

A megoldás eredményeképpen megkapjuk a „Relatív kohézió” kiszámításának a képletét, Taylor szerint az „állékonysági számot”.

$$\xi = A * (B - \operatorname{ctg}\psi * c) \quad (8)$$

ahol: $\xi = \frac{c}{\gamma * h}$

$$A = [12 * (1 + \operatorname{ctg}^2\alpha) * (1 + \operatorname{ctg}^2\psi)]^{-1}$$

$$B = \sqrt{(1 + \operatorname{tg}^2\varphi) * (1 + \operatorname{ctg}^2\alpha) * D^2 - c^2}$$

$$C = 3\operatorname{tg}\varphi * (1 + \operatorname{ctg}^2\alpha) * \left\{ [\alpha(1 + \operatorname{ctg}^2\alpha) - \operatorname{ctg}\alpha] * (1 + \operatorname{ctg}^2\psi) + 2(\operatorname{ctg}\psi - \operatorname{ctg}\beta - 2\bar{b}) \right\}$$

$$D = 2 \left[1 + 6\bar{b}(\operatorname{ctg}\psi - \operatorname{ctg}\beta - \bar{b}) + 3\operatorname{ctg}\alpha(\operatorname{ctg}\psi - \operatorname{ctg}\beta - 2\bar{b}) + \operatorname{ctg}\beta(3\operatorname{ctg}\psi - 2\operatorname{ctg}\beta) \right]$$

A (8)-dik képlet az osztott β és φ értékekre a relatív kohézió nagyságát fejezi ki három független változó függvényében:

$$\xi = f_1 * (\psi, a, \bar{b}) \quad (9)$$

Egy általános esetre van levezetve, amikor a csúszási felület egy bizonyos távolságon jelentkezik a rézsú talppontja előtt.

Ha a csúszási felület a rézsú talppontjában jelentkezik, a (8)-dik képlet a következő képpen alakul:

$$\xi = A * (E - \operatorname{ctg}\psi * K) \quad (10)$$

ahol:

$$E = \sqrt{(1 + \operatorname{tg}^2\varphi) * (1 + \operatorname{ctg}^2\alpha) M^2 - K^2}$$

$$K = 3\operatorname{tg}\varphi(1 + \operatorname{ctg}^2\alpha) * \left\{ [\alpha(1 + \operatorname{ctg}^2\alpha) - \operatorname{ctg}\alpha] * (1 + \operatorname{ctg}^2\psi) + 2(\operatorname{ctg}\psi - \operatorname{ctg}\beta) \right\}$$

$$M = 2[1 + 3\operatorname{ctg}\alpha(\operatorname{ctg}\psi - \operatorname{ctg}\beta + \operatorname{ctg}\beta(3\operatorname{ctg}\psi - 2\operatorname{ctg}\beta))]$$

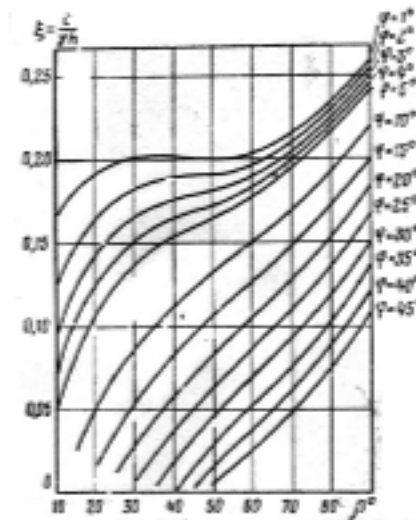
A (10)-dik képlet a relatív kohézió értékét fejezi ki két független változó függvényében.

$$\xi = f_2(\psi, a) \quad (11)$$

A feladat most csak a (9) és (11)-es függvények maximumainak a meghatározására korlátozódik.

β°	φ°	η°	α°	\bar{b}	ξ
15	1	8	77,8	1,02	0,183
	5	11,5	86,2	0,50	0,086
	10	14	88,8	0,06	0,026
30	1	16,5	74,4	0,82	0,201
	5	19,5	66,3	0,45	0,127
	10	24,5	63	0,10	0,088
	15	27	47	0,09	0,054
	20	28	33	0,09	0,026
45	1	23	60,8	0,65	0,202
	5	25	64,5	0,45	0,159
	10	26	50	0,08	0,125
	15	27,5	45,5	0,08	0,095
	20	29	40	0,08	0,071
	25	41	35	0,08	0,049
60	1	38,5	49,5	0,00	0,200
	5	41	47	0,00	0,178
	10	44	44	0,00	0,151
	15	46,5	41,5	0,00	0,127
	20	48,5	38,5	0,00	0,106
	25	50,5	35,5	0,00	0,086
	30	52	32	0,00	0,069
75	1	45,5	36,5	0,00	0,204
	5	47	34,5	0,00	0,204
	10	50	33	0,00	0,183
	15	52,5	31,5	0,00	0,166
	20	55	29,5	0,00	0,149
	25	57,5	28,5	0,00	0,135
90	1	49	29,6	0,00	0,200
	5	51,5	29	0,00	0,202
	10	54,5	19	0,00	0,222
	15	57	18	0,00	0,242
	20	59,5	17	0,00	0,264
	25	62	16	0,00	0,288
90	30	64,5	15	0,00	0,312
	35	67	14	0,00	0,337
	40	69,5	13,5	0,00	0,372
	45	71,5	12	0,00	0,409

1. táblázat

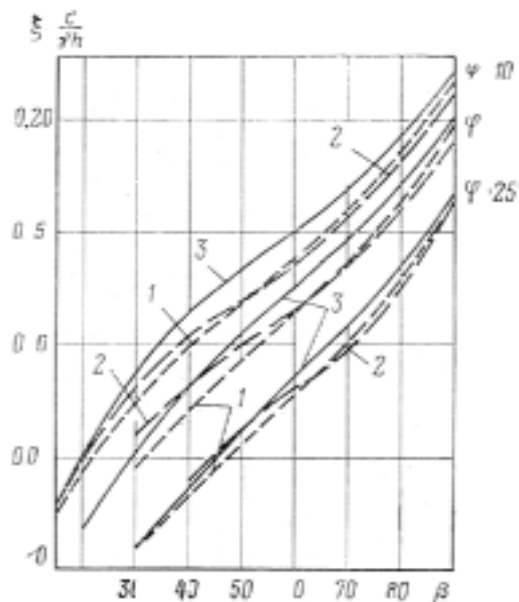


2. ábra

A relatív kohézió $\xi = \frac{c}{\gamma * h}$ a rézsű hajlásának függvényében

A megoldáshoz a ξ maximális értéke a meghatározó, amikor is a veszélyes csúszási felület a rézsű talpontjánál egy bizonyos távolsággal kívül esik ($\bar{b} > 0$), vagy egybeesik a rézsű talpontjával ($\bar{b} = 0$)

Az így kapott egyedüli megoldás hozzásegít a megfelelő ψ , α és b értékek meghatározásához, vagyis a veszélyes csúszófelület központjának, sugarának megállapításához.



3. ábra

A statikai módszerek összehasonlítása a $\xi=f(\beta)$ és $b = 0$

Jelmagyarázat: 1 - Taylor számítás, 2 - Terzaghi számítás 3 - Analitikus számítás.

A (9) és (11)-es függvények maximális értékeit számítógépes programmal határoztuk meg. A számítási eredményeket (leszűkítve) az 1. sz. táblázat tartalmazza, amelynek felhasználásával készült el a 2. ábra a gyakorlati számítások és vizsgálatok elvégzésére.

Az ajánlott analitikus módszer csak akkor használatos, ha a kemény talaj (keményebb talaj) a rézsű talppontjához viszonyítva egy t távolságra, rétegre helyezkedik el, amelynek az értéke:

$$t = \frac{h}{2} * \frac{1 - \cos(\alpha - \psi)}{\sin\alpha * \sin\psi} \quad (12)$$

A bemutatott analitikus módszer, valamint a Terzaghi és Taylor módszerek összehasonlítását a 3. ábra szemlélteti.

Amikor $b=0$ a Taylor módszer a ξ -nak csak a csökkenését, míg a Terzaghi módszer a növekedését és csökkenését is szemlélteti.

A β és a φ növekedésével a ξ -k közötti különbség az analitikus módszerhez viszonyítva csökken fokozatosan. A 3. ábrából látható és levonható az a következtetés, hogy a Terzaghi módszer hiányosságának ellenére kielégítő eredményeket ad a gyakorlati problémák megoldására.

Következtetés

A bemutatott analitikus módszer lehetőséget ad a rézsűk állékonysági számításánál a normatívák által előírt biztonsági tényezők elkerülésére, valamint az első osztályú határállapot alapján a számítások elvégzésére, figyelembe véve a használatos együtthatók jelentőségét. Ezek az értékek meg kell jelenjenek a belső súrlódásnál és a fajlagos kohézióknál, az idő függvényében elvégzett nyírószilárdsági kísérletek eredményeinek a felhasználásával.

A Bodajk – Balinka állomás közötti MÁV vonalszakaszon a károsodott rézsű elemzését, elrendezését, végleges kialakítását komplex talajmechanikai vizsgálat „in situ” alapján oldották meg.

A helyi hidrogeológiai sajátosságok figyelembe vételével egy előre gyártott vasbeton elemekből kialakított szivárgó földtámrendszert építettek.

A MIHAND rendszerű szivárgó alapozású és felépítményű szerkezet szivárgó támbordákkal is rendelkezik. A kutatások kimutatták ezeknek a rendszereknek a hatékonyságát kohéziós talajokban, a földfelületek állandó szellőzése következtében.





4. ábra

Szivárgó földtámrendszer, szivárgó alapozással és felépítménnyel, előregyártott vasbeton elemekből kivitelezve, a rézsű állékonyságának biztosítására (Bodajk – Balinka állomásköz)

Ennek a jelenségnek a hatására növekednek a belső ellenállás paraméterei, a rézsű, a földtömegek statikai biztonsága.

Az áramlási és stabilitásvizsgálatot üzemszerűen használható PLAXIS véges elemes programmal ellenőrizték és véglegesítették.

Szakirodalom

- [1] Terzaghi K.: Teoria Mechaniki gruntov Moszkva 1961.
- [2] Taylor D.N.: Stability of Earth slopes. „Journal of the Boston Society of Civie Engineers” No.3 July 1937.
- [3] Ter-Sztepanian D.E.: O dlityelnoj usztojcsivoszty szkolov A.N. Arm. SSR, 1961.
- [4] Citovics N.A.: Mechanika gruntov Moszkva 1979.
- [5] Kézdi A.: Handbuch der Bodenmechanik A.K. Budapest 1976.
- [6] Mihalik A.: Structuri de sprijiniri din elemente prefabricate de beton armat. Gloria Cluj 2002.
- [7] Mihalik A. + col.: Mecanica pământurilor în practica consolidării terasamentelor. Gloria Cluj 2003.

A centrikusan nyomott nyitott és zárt keresztmetszetű egyenes rúd stabilitása

Petru Moga¹, Köllő Gábor¹, Ștefan Guțiu², Cătălin Moga³

¹professzor, ²adjunktus, ³tanársegéd
Kolozsvári Műszaki Egyetem

Abstract

This paper presents the basis of the analysis regarding the compression members, combined flexural and torsional buckling and the checking methodology according to technical references and Romanian norms as well as to the EUROCODE 3 norm.

Összefoglalás

Ebben a tanulmányban bemutatjuk egy központosan nyomott rúd stabilitásvesztését hajlítás és csavarás együttes fellépése mellett.

A román és az EC3 szabvány előírásait használjuk.

1. Bevezető

A centrikusan nyomott egyenes rúd kihajlása bekövetkezhet hajlítással vagy hajlítással és csavarással, amely főleg vékony falú nyitott keresztmetszetekre (BPS) jellemző.

A maximális nyomóerő:

$$N_{cap} = \varphi_{min} A_{br} \sigma_a \quad (1)$$

φ_{min} – kihajlási együttható, amelyet a karcsúsági tényező függvényében határozzunk meg

$$\lambda_{max} = \max \left[\lambda_x = \frac{l_{fx}}{i_x}; \lambda_y = \frac{l_{fy}}{i_y} \right]$$

2. Kivetődési számítások alapjai – figyelembe véve a hajlítást és a csavarást

2.1. Vékony falú nyitott keresztmetszetek (BPS)

Egyszerűsítő feltételezések:

- a keresztmetszet nem változtatja az alakját
- a BPS keresztmetszet állandó a tartó teljes hosszában
- a nyomóerő központosan hat és statikus jellegű
- elhanyagolhatóak a rúd hosszanti alakváltozásai
- a rúd anyaga izotróp, homogén és érvényes a Hooke törvénye
- a keresztmetszet alakváltozásai elhanyagolhatóak
- a rúdnek nincsenek fekvéshibái

A kritikus kivetődési erőt (P_{cr}) hajlítás és csavarás esetén a következő differenciálegyenletek segítségével lehet meghatározni:

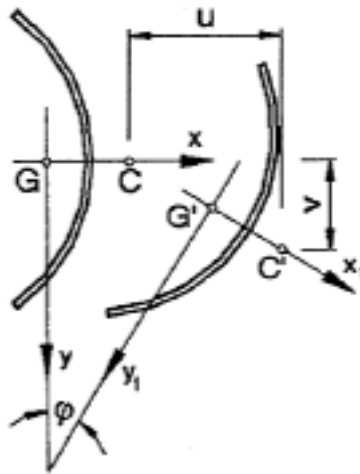
$$\begin{cases} EI_y \frac{d^2 u}{dz^2} + P \cdot u + P \cdot y_c \cdot \varphi = 0 & (2.a) \\ EI_x \frac{d^2 v}{dz^2} + P \cdot v - P \cdot x_c \cdot \varphi = 0 & (2.b) \\ EI_\omega \frac{d^4 \varphi}{dz^4} - \left(GI_t - \frac{I_c}{A} P \right) \frac{d^2 \varphi}{dz^2} - P \left(x_c \frac{d^2 v}{dz^2} - y_c \frac{d^2 u}{dz^2} \right) = 0 & (2.c) \end{cases}$$

ahol:

u, v – a hajlítási központ elmozdulásai az 1. ábra szerint.

φ – elfordulási szög

I_c – poláris tehetetlenségi nyomaték a C csavarási központhoz viszonyítva



1. ábra

Kivetődés hajlítás és csavarással

A két szimmetriatengellyel rendelkező keresztmetszet esetén ($G=C, x_c = y_c=0$) a 2(a, b, c) egyenletek egyszerűbb alakban írhatók:

$$\begin{cases} EI_y \frac{d^2 u}{dz^2} + P \cdot u = 0 & (3.a) \end{cases}$$

$$\begin{cases} EI_x \frac{d^2 v}{dz^2} + P \cdot v = 0 & (3.b) \end{cases}$$

$$\begin{cases} EI_\omega \frac{d^4 \varphi}{dz^4} - \left(GI_t - \frac{I_c}{A} P \right) \frac{d^2 \varphi}{dz^2} = 0 & (3.c) \end{cases}$$

A 3a és 3b-ből meghatározható az Euler-féle kritikus erő:

$$P_{x.cr} = \frac{\pi^2 EI_x}{l_{fx}^2}; P_{y.cr} = \frac{\pi^2 EI_y}{l_{fy}^2} \quad (4.a, b)$$

A következő helyettesítéssel $I_C = i_c^2 A$ a 3c egyenlet a következőképpen alakul:

$$\frac{d^4 \varphi}{dz^4} - \frac{1}{EI_\omega} (GI_t - P \cdot i_c^2) \frac{d^2 \varphi}{dz^2} = 0 \quad (5)$$

Ennek az egyenletnek a megoldása:

$$\varphi = C \cdot \sin \frac{\pi \cdot z}{l_{f\omega}} \quad (6)$$

ahol $l_{f\omega}$ – csavarási kivetődési hossz.

A (6). megoldást az (5). egyenletbe helyettesítve megkapjuk a P_ω -t.

$$P_\omega = \frac{1}{i_c^2} \left(\frac{\pi^2 EI_\omega}{l_{f\omega}^2} + GI_t \right) \quad (7)$$

A kihajlási hossz:

$$l_{f\omega} = \mu_\omega \cdot l \quad (8)$$

μ_ω - együttható, amely a rúd kapcsolatától függ.

1. táblázat

Ssz.	Végponti kapcsolatok	μ_ω
1	csuklós kapcsolat	1
2	befogott rúd	0,5

A rúd kivetődik csavarással.

$$P_\omega < P_{xcr} \text{ és } P_\omega < P_{y cr}$$

A (7)-es összefüggésben:

$\frac{\pi^2 EI_\omega}{l_{f\omega}^2}$ – a BPS keresztmetszet merevsége gátolt csavarásra

GI_t – merevség szabad csavarásra

Visszatérve az általános egyenletekhez, ha $l_{fx} = l_{fy} = l_{f\omega} = l$ és ha $z = 0$ és $z = l$, fennállnak a következő feltételek:

$$u = v = \varphi = 0$$

$$\frac{d^2 u}{dz^2} = \frac{d^2 v}{dz^2} = \frac{d^2 \varphi}{dz^2} = 0$$

A 2(a, b, c) egyenletek megoldásai:

$$u = C_1 \cdot \sin \frac{\pi \cdot z}{l}; v = C_2 \cdot \sin \frac{\pi \cdot z}{l}; \varphi = C_3 \cdot \sin \frac{\pi \cdot z}{l}; \quad (9)$$

Behelyettesítve a (2) egyenletrendszerbe, az egyenletek így alakulnak:

$$\begin{cases} (P - P_{y.cr}) \cdot C_1 & + & P \cdot y_c \cdot C_3 = 0 \\ (P - P_{x.cr}) C_2 & - & P \cdot x_c \cdot C_3 = 0 \\ P \cdot y_c \cdot C_1 & - & P \cdot x_c \cdot C_2 + i_c^2 (P - P_\omega) \cdot C_3 = 0 \end{cases} \quad (10)$$

Azért, hogy ennek az egyenletrendszernek C_1, C_2, C_3 zérótól különböző megoldása legyen, szükséges:

$$\begin{vmatrix} (P - P_{y.cr}) & 0 & P \cdot y_c \\ 0 & (P - P_{x.cr}) & -P \cdot x_c \\ P \cdot y_c & -P \cdot x_c & i_c^2 (P - P_\omega) \end{vmatrix} = 0 \quad (11)$$

Kifejtve kapjuk:

$$f(P) = i_c^2 (P - P_{x.cr})(P - P_{y.cr})(P - P_\omega) - P^2 \cdot y_c^2 (P - P_{x.cr}) - P^2 \cdot x_c^2 (P - P_{y.cr}) = 0 \quad (12)$$

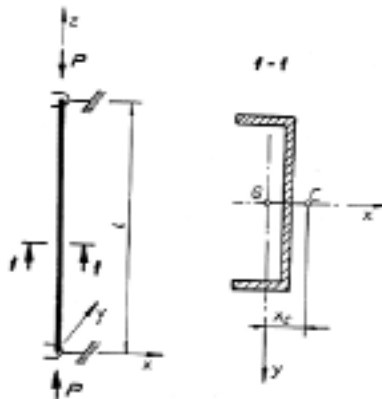
Az $f(P) = 0$ függvény előjele, elfogadva $P_{x.cr} < P_{y.cr}$, a 2. táblázatban van megadva.

2. táblázat

P	0	$P_{x.cr}$	$P_{y.cr}$	$P > P_{y.cr}$
$f(P)$	-	+	-	+

Az $f(P) = 0$ egyenletnek három valós pozitív gyöke van és be lehet bizonyítani, hogy az egyik kisebb, mint $\min(P_{x.cr}, P_{y.cr}, P_\omega)$ és a másik nagyobb, mint $\max(P_{x.cr}, P_{y.cr}, P_\omega)$.

Azoknál a keresztmetszeteknél, ahol egy szimmetriatengely létezik (2. ábra):



2. ábra

BPS vékonyfalú nyitott keresztmetszet egy szimmetriatengellyel

a (11) egyenletrendszer a következőképpen módosul:

$$\begin{vmatrix} P - P_{x.cr} & -P \cdot x_c \\ -P \cdot x_c & i_c^2 (P - P_\omega) \end{vmatrix} = 0 \quad (13)$$

Kifejtve:

$$i_c^2 (P - P_{x.cr})(P - P_\omega) - P^2 \cdot x_c^2 = 0 \quad (14)$$

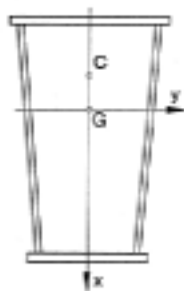
Elosztva az egyenletet A^2 -el:

$$\sigma^2 \left(1 - \frac{x_c^2}{i_c^2} \right) - \sigma (\sigma_{x.cr} + \sigma_\omega) + \sigma_{x.cr} \cdot \sigma_\omega = 0 \quad (15)$$

ahol

$$i_c^2 = \frac{I_c}{A} = (i_x^2 + i_y^2) + (x_c^2 + y_c^2) = i_0^2 + (x_c^2 + y_c^2) = i_0^2 + x_c^2$$

2.2. Zárt profilú keresztmetszet (BPS)



3. ábra
BPS vékonyfalú zárt keresztmetszet
egy szimmetriatengellyel

A 3. ábrán látható egy szimmetria tengelyű keresztmetszet. Ebben az esetben a kritikus erő a következő egyenletrendszerből határozható meg:

$$\begin{cases} (P - P_{x.cr})C_1 + P \cdot x_c \cdot C_2 = 0 \\ P \cdot x_c \cdot C_1 + i_d^2 (P - P_\omega) C_2 = 0 \end{cases} \quad (16)$$

ahol P_ω – a kritikus kihajlási erő csavarásra (zárt keresztmetszet)

$$P_\omega = \frac{\frac{\pi^2 EI_\omega^-}{l^2} + G I_r \cdot \nu}{i_d^2 \left(\nu + \frac{E I_\omega^- \cdot \pi^2}{G I_d \cdot l^2} \right)} \quad (17)$$

ν – a rúd tengelyének görbületi együtthatója

$$\nu = 1 - \frac{I_r}{I_d}; \quad i_d^2 = \frac{I_d}{A}$$

A C_1 és C_2 zérótól különböző kell legyen

$$\begin{vmatrix} P - P_{x.cr} & P \cdot x_c \\ P \cdot x_c & i_d^2 (P - P_\omega) \end{vmatrix} = 0 \quad (18)$$

vagy

$$i_d^2 (P - P_{x.cr})(P - P_\omega) - P^2 \cdot x_c^2 = 0 \quad (19)$$

Ebből az egyenletből határozzuk meg a P_1 és P_2 -t.

3. A romániai szabványok szerinti ellenőrzés kihajlásra hajlítás és csavarás esetén

Ismerve P_{cr} értékét, a (12) vagy (14) egyenlet megoldása nyitott keresztmetszet és (19) zárt keresztmetszet esetén:

$$\sigma_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} \quad (20)$$

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda_{tr}^2}, \quad (21)$$

$$\lambda_{tr} = \pi \sqrt{\frac{E}{\sigma_{cr}}}$$

A λ_{tr} függvényében határozzuk meg a kihajlási együtthatót.

$$\varphi_{tr} = \varphi_{tr}(\lambda_{tr}) \text{ - az SR 1911-98 -ből a „b” görbe.}$$

A rúd teherbíró képessége meghatározható:

$$N_{cap} = \varphi_{tr} \cdot A \cdot \sigma_a \quad (22)$$

A rugalmas – képlékeny tartományban ($\sigma_p < \sigma \leq \sigma_c$) elfogadva $\sigma_p \cong 0,5 \cdot \sigma_c$, kapjuk:

$$\sigma_{cr}^* = \sigma_c \left(1 - 0,25 \frac{\sigma_c}{\sigma_{cr}} \right) \quad (23)$$

4. A nyomott rudak teherbírása az EC3 szabvány szerint

4.1. Kivetődési ellenállás

A rúd teherbíró képessége:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot \beta_A \cdot A \cdot f_y \cdot \frac{1}{\gamma_{M1}} \quad (24)$$

$$\beta_A = \begin{cases} 1 & \text{1,2,3 osztályú keresztmetszetek} \\ A_{eff} / A & \text{4 osztályú keresztmetszet} \end{cases}$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}}; \chi \leq 1 \quad (25)$$

redukáló tényezők, melyeket a karcsúsági tényező függvényében ($\bar{\lambda}$) határozhatunk meg.

$$\phi = 0,5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

α – hiba tényező (3. táblázat)

Kivetődési görbe	a	b	c	d
Hiba tényező α	0,21	0,34	0,49	0,76

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{\beta_A \cdot A \cdot f_y}{N_{cr}}} \text{ - karcsúsági tényező.}$$

4.2. Kivetődés hajlítással

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{\beta_A \cdot A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} \cdot \sqrt{\beta_A}$$

ahol

$$N_{cr} = \min \left[P_{x.cr} = P_{Ex} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{l_{fx}^2}; P_{y.cr} = P_{Ey} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{l_{fy}^2} \right]$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{\beta_A \cdot A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_k}} \cdot \sqrt{\beta_A}$$

ahol

$$\sigma_k = \sigma_{cr} = \min \left[\sigma_{Ex} = \frac{P_{Ex}}{A}; \sigma_{Ey} = \frac{P_{Ey}}{A} \right]$$

redukált karcsúsági tényező.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{\beta_A \cdot A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \frac{\lambda}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A}$$

λ – karcsúsági tényező

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,9 \varepsilon; \varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

4.3. Kivetődés hajlítással és csavarással

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{\beta_A \cdot A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_k}} \cdot \sqrt{\beta_A}$$

ahol

$$\sigma_k = \sigma_{cr} = \frac{P_{cr}}{A}$$

A P_{cr} –et a 2. pont szerint kell meghatározni.

Következtetések

A nyomott tartók kivetődése hajlítással és csavarással egy komplex folyamat, amelynek az ellenőrzése nagy volumenű számításokat igényel.

A számítások igénylik a keresztmetszet jellemzőinek, valamint a hajlítási és csavarási központok meghatározását.

A BPS nyitott keresztmetszetű tartók kivetődése hajlítással és csavarással történik. Ebben az esetben a kritikus nyomóerők kisebbek, mint az Euler-féle kritikus erők. Még akkor is, amikor a hajlítási és csavarási kivetődési nyomóerő kisebb, mint az Euler-féle kritikus nyomóerő, a kivetődés megtörténhet hajlítás-csavarással abban az esetben, ha a karcsúsági tényező (λ_{cr}) nagyobb, mint a λ_x és λ_y .

Az aszimmetrikus keresztmetszetek esetén a kritikus nyomóerő kisebb, mint P_{xcr} , P_{ycr} , P_{ω} ($P_{cr} < \min [P_{xcr}, P_{ycr}, P_{\omega}]$) így a kivetődés mindig hajlítással és csavarással együtt történik.

A BPS zárt keresztmetszetek esetében, mivel a kritikus nyomóerő P_{ω} nagy, a kivetődés kihajlítással történik, de ebben az esetben is ajánlatos a kivetődés ellenőrzése kihajlásra és csavarásra.

Irodalom

- [1] DALBAN, C., JUNCAN, N., ...: *Construcții metalice*. E.D.P.București, 1983.
- [2] MATEESCU, D., APPELTAUER, I., CUTEANU, E.: *Stabilitatea la compresiune a structurilor din bare de oțel*. Ed. Academiei, București, 1980.
- [3] MOGA, P.: Poduri metalice. Alcătuirea și calculul elementelor. U.T.C.-N., 2000.
- [4] MOGA, P., GUȚIU, Șt.: Poduri metalice. Probleme de stabilitate. U.T.C.-N. 2003.
- [5] *** SR 1911-98. Poduri metalice de cale ferată. Prescripții de proiectare.
- [6] *** STAS 10108 / 0 – 78 Calculul elementelor din oțel.
- [7] *** EUROCODE 1. Part. III. Basis of Design and Actions on Structures. 1993.
- [8] *** EUROCODE 3. Part 1. *Design of Steel Structures*. CNCMET, Doc. No. 91/03.
- [9] *** Seminar on EUROCODE 3. *Design of Steel Structures*. Tempus 4502-92, Timișoara, 1993.
- [10] *** Seminar on EUROCODE 3. Part 1.3. *Cold formed gauge members and sheeting*. Tempus 4502-94, Timișoara, 1995.
- [11] *** EUROCODE 3. *Exemple de calcul*. Tempus Phare Project 01198. 1997.
- [12] *** Normativ privind prescripțiile generale de proiectare. Verificarea prin calcul a elementelor de construcții metalice și a îmbinărilor acestora. Indicativ NP 042-2000. Buletinul construcțiilor vol. 19-20. 2001.

Új tendenciák a környezetbarát gépjárművek meghajtásában

Szabó Loránd

Kolozsvári Műszaki Egyetem

Abstract

In the near future new automobile emissions regulations, more volatile global energy markets and increased economic competition in the international automobile market are expected. Therefore there is an increased interest for clean automotive technologies. Both government and industry are making great strides in developing new technologies for fuel-efficient and low-emission advanced vehicles. In this paper the major competitors of the classical internal combustion engine vehicles (the electric, the hybrid and the fuel cell vehicles) are presented.

Bevezetés

Sok szakértő szemében a jelenlegi energiarendszer szilárdnak és változtathatatatlannak tűnik. A belsőégésű motor az uralkodó a szállításban az ipari országokban közel egy évszázada. A villanyáramot pedig jelenleg olyannyira természetesnek vesszük, hogy a szolgáltatás bármiféle megszakadását vészhelyzetnek tekintjük. A 2003. augusztusi észak-amerikai villamos energia rendszer összeomlása pedig megmutatta mekkora káoszhoz vezethet egy huzamosabb áramszünet. Az új, a fosszilis tüzelőanyagoknál alkalmasabb, megbízhatóbb és olcsóbb energiaforrások keresése sok szakértő képzeletében fel sem merül.

Ha a fejlődő világ növekvő szükségleteit a fejlett ipari országok igényeinek mai szintjén akarnák kielégíteni, akkor a világ olajtermelését meg kellene háromszorozni, még ha a fejlett ipari országok fogyasztásában nem is tételeznénk fel semmiféle növekedést. Viszont jóval a fosszilis tüzelőanyagok teljes kifogyása előtt a használatukkal járó környezeti és egészségügyi terhek egy tisztább energiarendszer felé kényszeríthetnek bennünket [1].

A fosszilis tüzelőanyagok égetése és a robbanómotorok gázkibocsátása a légszennyezés fő forrásai, valamint a víz és a talaj minőségromlásának egyik vezető okai. A szennyezés-szabályozás az utóbbi évtizedekben a legtöbb ipari országban javította a levegő minőségét, viszont a fejlődő világ országaiban a növekvő szénfogyasztás miatt a levegő minősége igencsak romlott. Így összesítve a Föld levegőminősége erőteljesen tovább romlik.

Mindezek miatt az ún. alternatív energiaforrások (szél-, napenergia, stb.) felhasználása, az elektromos vagy hibrid gépkocsik elterjedése kiemelkedő szerepet játszhat századunk új energiarendszerének kialakulásában, életminőségünk javulásában.

A gépkocsi-közlekedés félelmetes dimenziókat ért el: 2030-ra előreláthatólag 2,3 milliárd autó fog Földünk útjain közlekedni [2]. Jelenleg az Egyesült Államokban, a világ „legmotorizáltabb” országában közel 900 gépkocsi jut ezer lakosra [3]! Az ország autóparkja három állam (Ohio, Indiana és Pennsylvania) szántóföldjeit be tudná fedni. E hatalmas gépkocsipark előállításához és kiszolgálásához kapcsolódik az ország ipari tevékenységének 14 százaléka. Az Egyesült Államok iparának egyik vezető ágazata az autóipar, több millió embernek ad munkát és minden két másodpercben eladják valamelyik termékét. Az ország hét legnagyobb vállalata közül öt gépkocsit gyárt, vagy az ehhez szükséges üzemanyagot állítja elő [4]. Az Egyesült Államokban egyetlen év alatt 42.000 ezren halnak meg autóbalesetek következtében, a sebesültek száma pedig meghaladja a 4 milliót. A gépkocsik további, felbecsülhetetlen számú közvetett áldozatai azok, akik a károsanyagok kibocsátása miatt betegedtek meg. Emiatt a gépkocsik bármilyen minőségi javítása nagyon nagy horderejű az egész emberiségre nézve [5].

A következő évtizedekben az egyik legjelentősebb változást a közlekedésben valószínűsíthetően a robbanómotorok területvesztése és az elektromos meghajtású gépjárművek térhódítása fogja okozni [6]. Gyakorlatilag négy autótípus járhatja majd századunkban az utakat: a klasszikus belsőégésű motorral rendelkező (ICEV – Internal Combustion Engine Vehicle), az elektromos gépkocsi (EV – Electric Vehicle), a hibrid meghajtású autó (HEV – Hybrid Electric Vehicle) és az üzemanyagcellás gépkocsi (FCV – Fuel Cell Vehicles) [7].

Mivel ez a tudományterület nagyon átfogó, csak a legkülönbözőbb szakmákban járatos kutatók összefogásával lehet számottevő eredményt elérni.

Az ez irányú kutatásokat valamennyi fejlett ország kormánya támogatja. Egyedül az Egyesült Államok energiaügyi minisztériuma (a *Department of Energy*) az elkövetkező években 100 millió dollárt biztosít az ezen a téren folyó kutatások finanszírozására [8]. Az Egyesült Államok kormányzata kiemelten támogatja a gépkocsikban is használatos üzemanyagcellák területén végzett általános kutatásokat [9]: Bush elnök 2003 elején jelentette be, hogy pótlólagosan 1,2 milliárd dollárt különítettek el erre a célra [19]. A japán kormány az idei pénzügyi évben 32 milliárd jent (több mint 25 millió dollárt) áldoz az üzemanyagcellákkal és a hidrogén üzemanyaggal kapcsolatos kutatások támogatására [10]. Az ipar óriásai, az autógyártók ezeknek többszörösét fektetik be annak reményében, hogy komoly piaci részesedéshez jutnak majd a távolabbi jövő autópiacán. Mindemellett számos más ágazatban folyó kutatást is katalizálnak az ezen a téren futó projektek.

Azonban az autóipar fő mozgatórugója a fogyasztói kereslet marad: amennyiben a felhasználók hajlandók lesznek többet áldozni olyan gépkocsira, amelyik kevesebbet fogyaszt és kisebb a káros anyag kibocsátása, akkor egészen biztosan felgyorsulnak az autógyárak ez irányú fejlesztései.

A belsőégésű motorok továbbfejlesztése

A belsőégésű motorokat még túl korai lenne leírni. Még nem érték el hatásfokuknak a maximumát, annak ellenére, hogy a Carnot-ciklusra alapulván a hatásfokukat csak akkor lehet növelni, ha belsejükben növeljük a hőmérsékletet. Ám ennek természetesen fizikai korlátjai vannak [11]. Katalizátor beépítése, a számítógép vezérelte befecskendezés, valamint a „tisztább” üzemanyagok kifejlesztése számottevően csökkentette levegőszennyező hatásukat. Mindaddig versenyképesek maradhatnak, amíg törvény elő nem írja, hogy az autók nem szennyezhetik a környezetet (teljes károsanyag-kibocsátás mentesség) [2]. Ennek politikai okokból kevés a valószínűsége, mivel a kőolaj-lobby az egyik legmeghatározóbb politikai erő szerte a világon.

A közvetlen benzinbefecskendezés (*GDI – Gasoline Direct Injection*) napjainkban bizonyítja, hogy úgy valószínűsíthető meg további teljesítménynövekedés (kb. +20%), hogy emellett csökkenthető a károsanyag-kibocsátás (körülbelül 10 százalékkal) és az energiafelhasználás, vagyis a fogyasztás (ugyancsak körülbelül 10 százalékkal) [6].

Sok más apró újítás, javítás magán a motoron, az áttételeken és az autó többi alkatrészén kis mértékben (pár százalékkal) mind hozzájárulhat a fogyasztás, és ez által a légszennyezés csökkentéséhez [12].

A belsőégésű motorok terén is próbálkoznak alternatív üzemanyagok használatával, mint például a kénmentes szintetikus üzemanyag. A Volkswagen csoport komoly erőfeszítéseket tesz a környezetbarát szintetikus üzemanyag kidolgozására. A *SunFuel* kísérlet keretében olyan, biomasszából nyert üzemanyaggal kísérleteznek, amelynek a károsanyag kibocsátása igen alacsony [13].

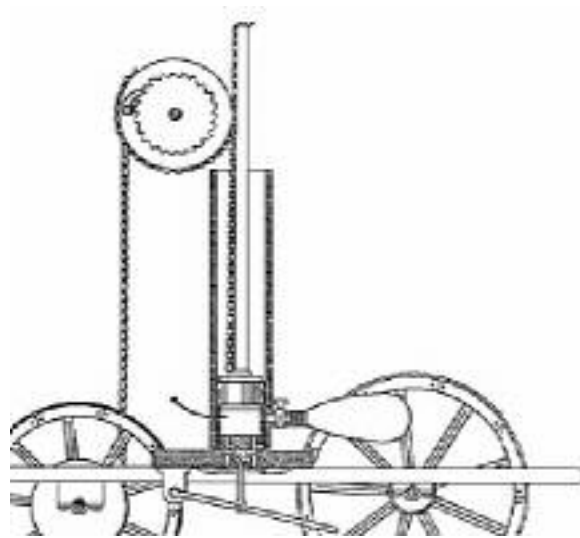
Ugyancsak próbálkoznak a földgáz hajtotta gépkocsikkal is. Ez utóbbiak fő előnye, hogy közel 20%-al kevesebb mérgező anyagot bocsátanak ki, mint a hagyományos belsőégésű motorok.

Több kutatóközpontban foglalkoznak hidrogéntüzelésű motorok hajtotta gépkocsikkal [14]. Az ötlet nem új. Már közel kétszáz éve, 1809-ben szabadalmaztattak hidrogén hajtotta járművet. A feltaláló megálmodta jármű rajza az 1. ábrán látható [15].

A hidrogén meghajtású járművek fő előnye, hogy csak vízgőzt bocsátanak ki. Az összes üzemanyag közül a hidrogénnek a legnagyobb a fajlagos energiatartalma (120,7 kJ/g). Sok szakember a hidrogénben látja az emberiség megszabadulását a kőolajfüggőségtől és a légszennyezéstől [16].

A szükséges hidrogént leggyakrabban a víz elektrolízisével állítják elő, ehhez pedig villamos energiára van szükség. Bár a korszerű berendezésekben a befektetett energia 80 százaléka a víz szétbontására fordítódik, a teljes – az elektromos áram termeléséhez szükséges, a primer energiából kiinduló – folyamatnak a hatásfoka csupán 25 százalékot tesz ki.

Hidrogén ma legolcsóbban földgázból nyerhető, mivel e folyamatnak az összhatófoka nagyobb lehet, mint a vízbontásé [17]. A hidrogénüzemű belsőégésű motor energetikailag és a globális éghajlatváltozás szempontjából akkor a legelőnyösebb, ha a hidrogént megújuló energiaforrásból állítjuk elő: vízből, napenergiából származó villamos energiával, vagy biológiai reaktorokban baktériumok és algák közreműködésével termelve.



1. ábra

Az első hidrogén hajtotta jármű [15]

Ahhoz, hogy a gépkocsi hidrogént vihessen magával, különféle tartályokat fejlesztettek ki. A hidrogént nagy nyomású gázként való szállításához viszonylag nagy térfogatú tárolóra van szükség. Egy 50 literes tartályba 1 kg 220 bar nyomású hidrogéngáz tölthető, ezzel egy középosztályú gépkocsi csak körülbelül 100 kilométert tehet meg. A folyékony és mélyhűtésű hidrogént ún. kriogén tárolóban hordozó autó jóval megszabtebbre juthat. Ám a hidrogén cseppfolyósítására kell fordítani a hidrogénben tárolt energiának a 30 százalékát, s ehhez még a napi 2 százaléknyi párolgási veszteség is hozzászámítandó. Másik megoldás alapja, hogy a fém–hidrid tárolóban a hidrogén fémmel alkotott vegyületében tárolódik. Maga a tároló – más rendszerekkel összehasonlítva – kicsi térfogatú, de nehéz. A hidrogén tankolása hosszan tartó és nem tetszés szerinti gyakorisággal végezhető folyamat [17].

Mindezek ellenére a gépkocsigyártók egy része folyamatosan kísérletezik a hidrogénüzemű motorok hajtotta gépkocsikkal. Élénjáró a BMW gyár [18], ahol a szakemberek bebizonyították, hogy a hidrogén akár a nagy, V12-es motorú luxuslimuzinok hajtására is alkalmas lehet, megépítve a közkedvelt 7-es BMW limuzin hidrogénüzemű változatát. A hidrogént folyékony állapotban (mínusz 250 Celsius-fokra lehűtve) egy 140 literes hőszigetelt tartályban helyezték el a gépkocsi hátsó ülése mögött. Ezzel a gépkocsival mintegy 350 kilométert lehet megtenni újabb tankolás nélkül [7]. Valamivel hétköznapibb újdonságnak számít a Mini hidrogéntüzelésű variánsa, amelynél a tartályokat az első ülések alá építették be.

Azonban olcsó és nagy mennyiségű hidrogén egyelőre nem áll rendelkezésünkre. Továbbá hiányzik a hidrogén elosztási hálózata is. Mindezeket figyelembe véve megállapíthatjuk, hogy a hidrogénüzemű autó sikere elsősorban a hidrogén gyártásának és tárolásának módjától és az elosztási rendszer infrastruktúrája kiépítésének ütemétől függ [2]. A szakértők becslése szerint a hidrogén töltőállomások kiépítésének költsége meghaladhatja a 40 milliárd dollárt [19]!

Biztosra vehető, hogy a belsőégésű motor hajtotta gépkocsik nem fognak eltűnni a közeljövőben az utakról, számottevő térvésztesük csak a távoli jövőben valósulhat meg. Mindezek ellenére hatalmas erővel folynak a kutatások másféle meghajtás biztosítására. A belsőégésű motorok lecserélését egyébként a politika is igyekszik ösztönözni, hiszen az olajtól való függés megszüntetése alapvető nemzetbiztonsági érdek is egyben [6].

Az elektromos autó

Az elektromos autókat villanymotor hajtja, amelynek hatásfoka jóval magasabb, mint a belsőégésű motoroké. Fő előnyük emellett, hogy semmilyen károsanyagot nem bocsátanak ki működésükkor.

Ezeknek az autóknak is hosszú történelme van. Az 1800-as évek végén a szakemberek úgy vélték, hogy ez lesz a jövő gépkocsija. Egyik korabeli példánya a 2. ábrán látható.

A villamosság hajtotta autók tiszták és szagtalanok voltak és nagy volt a hatásfokuk. Emiatt gyorsan fejlődtek, sorra döntve meg a gépkocsik rekordjait. Az első autó, amelyik túllépte a 100 km/órás sebességi rekordot szintén villamos meghajtású volt. A belga Camille Janetzy vezette, *Jamais Contente* nevű áramvonalas, két villamosmotor hajtotta gépkocsi a franciaországi Achèresben 1899. április 24-én 105,882 km/h rekordsebességet ért el. Azonban 1905. után, párhuzamosan a hatalmas kőolajmezők felfedezésével a villamos autók tért vesztek a robbanómotoros gépkocsikkal szemben. Míg az Egyesült Államokban 1900-ban 1575 villamos autót gyártottak és csak 936 belsőégésűt, a villanymotor hajtotta autók aránya 1925-re 4 százalékra esett vissza [20].

Az 1970-es évek kőolajválsága hatására élénkültek fel a kísérletezések az elektromos autóval. A kutatók megpróbálták csökkenteni az elektromos autóknak azt a hátrányát, hogy a meghajtásukhoz szükséges akkumulátorok terjedelmesek és súlyosak, valamint csak hosszú idő alatt tölthetők újra. Egyszeri töltéssel kevesebb mint 200 km megtételére képesek csak, míg egy belsőégésű motorral meghajtott személyautó két tankolás között akár több mint 600 kilométert is tud haladni. Ahhoz, hogy az egyszeri feltöltéssel megtehető távolságot növelni lehessen, nagyobb és nehezebb akkumulátorokra van szükség, ami megnöveli a gépkocsi súlyát, csökkenti hatásfokát és az utasok kényelmi szintjét. Az akkumulátorok drágák és emiatt az elektromos gépkocsi ára is számottevő. Nyilvánvaló, hogy az elektromos gépkocsik elterjedésének a kulcsa az akkumulátorok fejlesztése. Az ideális tápforrás nagy kapacitású, gyorsan feltölthető, kicsi és könnyű kell legyen, és természetesen az ára is legyen alacsony. Az új, és ma még nagyon drága akkumulátorok (mint a nikkelfémhibrid, vagy



2. ábra
Villanyautó az 1890-es évekből

a lítium ionos) használata is csak 30-50 százalékkal növelné a hatósugarat. Elterjedésüket az is akadályozza, hogy nincs még kiépített infrastrukturális bázisuk (töltőállomások, akkumulátor cseretelepek, stb.). Annak ellenére, hogy a vezető autógyárak ezen a téren a kutatás-fejlesztésre százmillió dollárokat költöttek, csak a General Motors EV1 és a Toyota RAV4 típusa jutott el addig, hogy néhány száz darabot legyártottak és értékesítettek belőle [21]. Jelenleg csak kisméretű, kimondottan városi közlekedésre alkalmas példányai kecsegtetnek esetleges szélesebb körű alkalmazási lehetőséggel, különösképpen ott, ahol a légszennyezés mértéke nagyon magas (például Japánban).

A magas áron és a kis hatósugáron túl még egy környezetvédelmi megfontolás is az akkumulátoros gépkocsi abszolút jónak kikiáltása ellen szól. Károsanyag-kibocsátása valóban nulla, de a feltöltéséhez szükséges áram előállítására légszennyező azokban az országokban, ahol a széntüzeléses hőerőművek vannak túlsúlyban (például az Egyesült Államokban) [21].

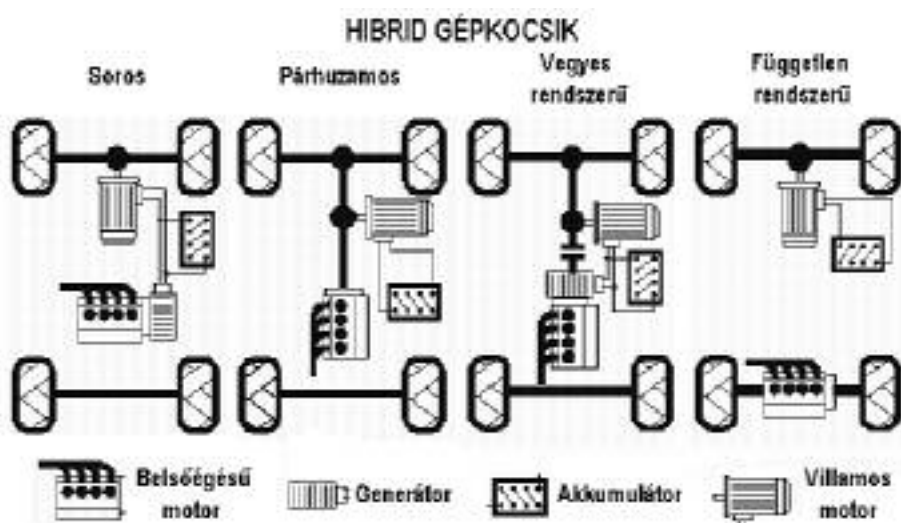
Ugyancsak itt kell szólnunk a napelemes autókról, amelyek sajnos nem tűnnek túlzottan kecsegtető alternatívának, még akkor sem, ha a napelemek hatásfoknövelésének forradalmát éljük napjainkban (már a 30%-os hatásfokkal működő napelemek kifejlesztésénél tartanak a szakemberek). Azon túlmenően, hogy a jövőben is izgalmas, Ausztráliában évről-évre megrendezésre kerülő versenyeken lehet őket megcsodálni, a napelemes autókból az utakon nem valószínű, hogy sokat láthatunk majd. Talán, ha sikerül használható és olcsó napkollektorokat építeni, de akkor is csak alternatív megoldásként (például akkumulátoros táplálással párhuzamosan), mivel árnyékban, illetve borult idő estén komoly gondban lehetnek a gépkocsivezetők.

A hibrid gépjárművek

Nagyobb reményekkel kecsegtetnek a hibrid gépjárművek, amelyek keverik a hagyományos és az elektromos meghajtást (van bennük egy-egy belsőégésű- és villanymotor). A nagy erő kifejtésre a benzines motort, hosszú forgalmi dugókban várakozáskor pedig az elektromos motort használják. Így a bennük lévő belsőégésű motor állandóan a kedvező hatásfokú fordulatszám-tartományban működik, és ezáltal, különösen a városi közlekedésben, jelentősen csökken az üzemanyag fogyasztás és a károsanyag-kibocsátás [21].

Érdekes összevetni a hagyományos és a hibrid gépjárművek fajlagos energiafogyasztását. Energetikai szempontból a teljes energialáncot kell tanulmányozni a kőolaj kitermeléstől a gépkocsiban elfogyasztott benzinig (*well to wheel*). Ebben az esetben a hagyományos belsőégésű motor hajtotta gépkocsi fajlagos fogyasztása 9,37 l/100 km benzin egyenérték. Ugyanez a hibrid gépkocsiknál csak 6,25 l/100 km, azaz egyharmaddal kisebb, mint az előző esetben [22].

Az erőátvitel módja szerint a hibrid autók négyféle változatával kísérleteznek (lásd a 3. ábrát). A soros hibrid gépkocsiban a benzínmotor csak az akkumulátort tölti a vele összekapcsolt generátor segítségével, a kocsit kizárólag az elektromos meghajtás mozgatja. A másik, a párhuzamos, megoldás szerint hol az egyik, hol a másik motor hajtja a járművet, mindig kiválasztva a legmegfelelőbb hajtásmódot az adott közlekedési viszonyoknak megfelelően. Továbbá kísérleteznek a két alapvető konfiguráció keverékével is (vegyes rendszerű hibrid), ahol a belsőégésű motor nyomatékát egy differenciálváltón keresztül vezetik a kerékre [2], valamint a két motor független rendszerével ahol mindegyik motor külön tengelyt hajt meg.



3. ábra
A hibrid gépkocsik típusai

A hibrid gépkocsik előnye leginkább a zsúfolt nagyvárosokban érezhető, ahol a közlekedési dugók eszméletlen pocskékolást eredményeznek, mind idő, energia és egészségünk tekintetében. Az álló (illetve igen lassan haladó) gépkocsik elektromos hajtását a szakemberek az egyik legbrilliansabb ötletnek tartják, amit valaha is kitaláltak a légszennyezettség visszaszorítása terén [3].

Emiatt nem véletlen, hogy a hibrid meghajtású gépkocsikat már sorozatban is gyártják (például forgalmazzák a Toyota Prius és Previa nevű modelljeit, vagy a Honda Insight-ot). Ezek a gépkocsik drágábbak, mint hasonló teljesítményű társaik, mivel a hajtóműrendszer kiegészítő elemeit szintén bele kell építeni a hagyományos kocsiába. Ez megnöveli a gyártás költségeit, és persze a kicsi eladási árát is. Ám kényelemben, felszereltségben meghaladják a hagyományos gépkocsik szintjét. Arról nem is beszélve, hogy kevesebbet fogyasztanak és környezetkímélőbbek [23].

Az egyik legelterjedtebb hibrid gépkocsinak, a Toyota Priusnak hat fő része van: egy 58 lóerős (≈ 43 kW), másfél literes benzinmotor, egy 41 lóerős ($\approx 31,5$ kW) villamosmotor, egy áramfejlesztő, egy számítógépes egység, egy nikkell-fémhidrides akkumulátor és egy mechanikus osztómű [6].

Különös élmény ezt a hibrid gépkocsit vezetni. Annak ellenére, hogy ez a párhuzamos felépítésű hibrid autó műszaki szempontból sok mindenben különbözik a hagyományos belsőégésű gépkocsitól, a tervezőknek sikerült olyanra tenni, hogy a vezetőnek ne kelljen különlegesen új dolgokat megtanulni, tehát egy hagyományos autóból átülve probléma nélkül tudjon vezetni. Amennyiben meleg a motor, a slusszkulcs elfordítására csak a menetkész állapotot kijelző felirat jelenik meg a műszerfalán. Az automata sebességváltóra hasonlító váltókart (előválasztókart) megfelelő állásba húzva kell indulni. Kisebb gázadásra csendben, kizárólag a villanymotor használatával indul meg az autó. Teljes gázt adva halkán, rángatás nélkül beindul a benzinmotor is. Hátramenetben csak a villanymotor működik. Lassításnál, illetve enyhe fékezésnél, az energia jelentős részét a generátor az akkumulátorok töltésére hasznosítja. Erős fékezéskor is működik ez a visszatáplálás, de ilyenkor a tárcsafékek is részt vállalnak a lassításból, az elektronikus blokkolásgátló (ABS) felügyelete mellett. Amennyiben hideg a benzinmotor, avagy az akkuk töltése kicsi, a szabályozó számítógép – emberi beavatkozás nélkül – addig nem állítja le a motort, amíg erre szükség van. És ami igazán figyelemre méltó: 50 literes tartályát telitöltve 95-ös ölmózzal benzinnel, normális használat mellett 900-1000 kilométert lehet vele megtenni [24].

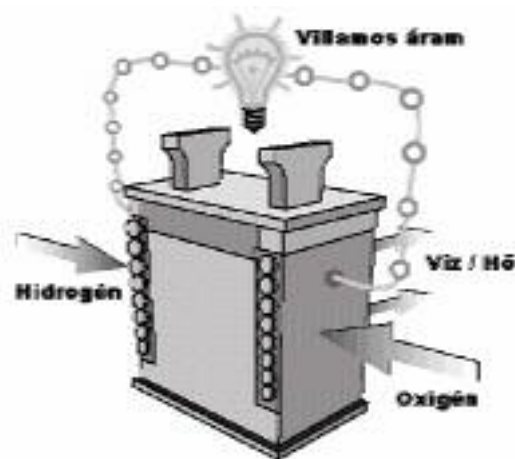
Az üzemanyagcellás gépkocsik

Másik ígéretes alternatív megoldásnak az üzemanyagcellás gépkocsik tűnnek [14]. Az üzemanyagcellákat (*fuel cells*) már több mint 160 éve ismerik [25]. Gyakorlati alkalmazásuk az 1970-es évek végéig magas árak miatt kizárólag katonai- és űrfelhasználásokra korlátozódott, jobbra űrhajók és tengeralattjárók energiaellátására [26]. De az akkori olajválság kirobbanása felvetette az üzemanyagcellák gépkocsiban való alkalmazását is.

Az üzemanyagcellák az elemekhez hasonlóan vegyi reakciókkal közvetlenül elektromosságot állítanak elő, azzal a különbséggel, hogy míg az elemeket kifogytak után el kell dobni, az üzemanyagcella mindaddig üzemel, amíg üzemanyagot (hidrogén, metanol, földgáz, stb.) töltünk bele.

Az üzemanyagcella legegyszerűbb változata (4. ábra) két elektródából áll, egy elektrolit köré szendvicsszerűen préselve. Az anódon hidrogén, míg a katódon oxigén halad át. A katalizátor segítségével a hidrogénmolekulák protonokra és elektronokra bomlanak. A protonok keresztüláramlanak az elektroliton. Az elektronok áramlása mielőtt elérné a katódot, felhasználható elektromos fogyasztók által. A katódra érkező elektronok a katalizátor segítségével egyesülnek a protonokkal és az oxigénmolekulákkal, vizet hozva létre. A folyamat során hő is termelődik [27].

Az utóbbi évek technikai fejlődése lehetővé tette, hogy sok más területre is sikerüljön az üzemanyagcellának betörniük, áramforrásként elemet, akkumulátort, vagy áramfejlesztőt helyettesítenek. Különböző teljesítményű változataik használatosak a mobil telefonok vagy a hordozható számítógépek (*laptop*) áramellátását biztosító üzemanyagcelláktól az épületek fűtését ellátó hatalmas berendezésekig.



4. ábra

Az üzemanyagcella felépítése

A hidrogénnel üzemeltetett üzemanyagcella a lehető legegyszerűbb ilyen rendszer (5. ábra). A nyomás alatt tárolt hidrogén és oxigén közvetlenül a tartályokból adagolható. A rendszerhez ezen kívül szükség van nyomásszabályozókra, s gondoskodnunk kell a gázok recirkulációjáról, illetőleg a végtermékek (vízgőznek) a kondenzálásáról és a víz hűtéséről.

Mivel az üzemanyagcella nem égésen alapul, hanem elektrokémiai reakción, az emissziója mindig jóval kisebb lesz, mint a legtisztább égési folyamatoknak. Mindemellett működése alacsony üzemi hőmérsékletű (60-80 °C) és viszonylag nagy hatásfokú (40-50%, de akár 60% is lehet, ami sokkal nagyobb a belsőégésű motorok 20% körüli hatásfokánál).

Az üzemanyagcellák többféle típusát különböztethetjük meg. Osztályozásuk gyakorlatilag a felhasznált elektrolit függvényében történik. A használatos típusok különböző működési hőmérsékleten dolgoznak, más-más üzemanyaggal táplálhatók és elektromos hatásfokuk is különbözik [25].

Az üzemanyagcellában nagy hatásfokkal „hídegen elégetett” hidrogén végterméke a villamos energia, ami a gépkocsi villanymotorjának meghajtására szolgál [28].

A vezető autókonszernek a PEM (Protone Exchange Membrane – protoncserélő membrán) alapú üzemanyagcellát alkalmazzák, mivel ennek a legnagyobb az energiasűrűsége alacsony hőmérsékleten [29]. Továbbá viszonylag egyszerű a felépítése, hamar beindul és könnyen szabályozható a leadott teljesítménye [30]. Másfelől az eddig kifejlesztett konstrukciók nagyon költségesek és élettartamuk rövid, alig 5000 óra [21].

Az ilyen típusú üzemanyagcella központi része egy olyan protont vezető, elektrolitikus membrán, amelynek a két oldalán, a platinával bevont felületeken (katalizátorokon) megy végbe a hidrogén és az oxigén kémiai reakciója [17]. A felhasznált elektrolit szilárd szerves polimer, aminek előnye, hogy csökkenti a korróziót és könnyen rögzíthető. A membrán a hidrogént protonokká és elektronokká választja szét, és a levegőből vett oxigénnel keveri, melynek terméke víz lesz. Az elektronok és protonok pozitív és negatív csatlakozóinak összekapcsolásával az elektromos áramot a jármű meghajtásához használják fel.

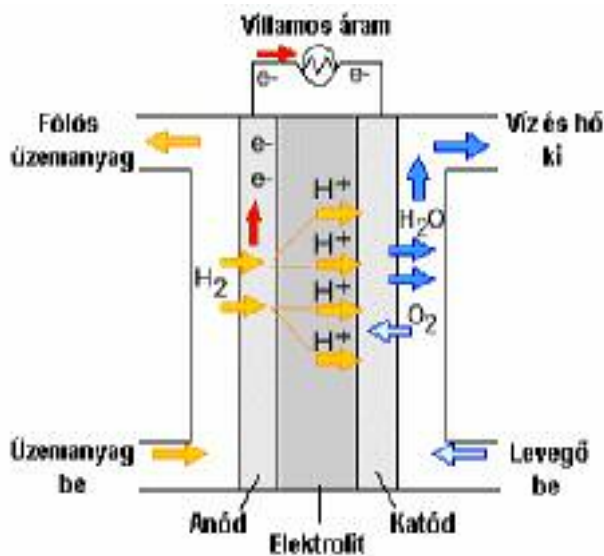
A gépkocsikban használatos üzemanyagcellás áramtermelő egyedi cellák összekapcsolt csoportjából áll. Ezek rendszerint tartalmazzák a tüzelőanyag-feldolgozó (reformáló) részt, amely hidrogént nyer olyan hagyományos tüzelőanyagokból, mint a földgáz, de arra is lehetőség van, hogy egy tartályból hidrogént vezessenek be. Mivel a cellák egyenáramot termelnek, feltétlenül szükség van áramátalakítóra (*inverterre*) is a váltakozó áram előállításához [26].

A klasszikus villamos autóval szemben tehát ebben az esetben a villanymotort nem akkumulátorból származó árammal táplálják, hanem az áramot magában a gépkocsiban állítják elő. E folyamatban, mivel alacsony hőmérsékleten zajlik le, csak kevés károsanyag keletkezik, a cella hangtalanul üzemel, s több cellából mindig az éppen szükséges teljesítményű „erőmű” rakható össze [17].

Az üzemanyagcellák táplálhatók közvetlenül hidrogénnel, vagy üzemanyag-feldolgozót (*reformer*) közbeiktatva bármely szénhidrogén tüzelőanyaggal, a földgáztól kezdve a metanolon át a gázolajig [31]. A hidrogén üzemanyagként való alkalmazásának nehézségeit az előzőekben ismertettük. A közvetlenül hidrogén táplálta üzemanyagcella előnyei a jóval egyszerűbb felépítés, nincs károsanyag kibocsátása, és gyorsan reagál a gépkocsi menetviszonyainak változására.

A metanol könnyen szállítható, a hagyományos benzinkutaknál – a kutak bizonyos módosítása után – tankolható, biológiailag leépül és minden fosszilis energiahordozóból (szénből, földgázból, kőolajból), illetőleg minden organikus nyersanyagból létrehozható. Metanol oxidációján alapuló cellát már ki is próbáltak többféle gépkocsiban, ám még nem teljesen felel meg a célnak, mivel egyelőre „túlsúlyos”.

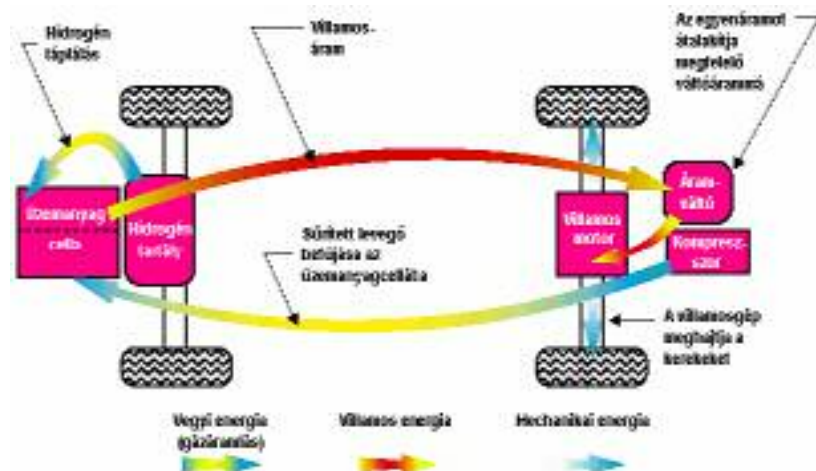
A benzinnel működő üzemanyagcella fejlesztése ugyancsak napirenden van. Addig azonban, amíg az ilyen cella mindennapi használatra is alkalmassá válik, még sok műszaki akadályt kell leküzdeni. Különösen a benzin átalakítása okoz problémát, mert ahhoz nagy hőmérsékletre és bonyolult rendszerekre van szükség. Ez pedig csökkenti a meghajtórendszer hatásfokát és növeli a káros anyagok kibocsátását. Egyelőre teljesen nyitott az a kérdés, hogy a benzinüzemű üzemanyagcella egyáltalán előnyösebb-e, mint a hagyományos belsőégésű motor. Az azonban bizonyos, hogy ezen az úton a kőolajtól való függetlenség nem érhető el [17].



5. ábra

Az üzemanyagcella működési elve [17]

Az üzemanyagcellás gépkocsi főbb alkatrészeit a 6. ábrán láthatjuk. A cella által termelt egyenáramot egy áramváltó alakítja megfelelő paraméterű váltóárammá. Az üzemanyagcellának szükséges levegőt egy turbokompresszor biztosítja [15].



6. ábra

Az üzemanyagcellás gépkocsi főbb alkotóelemeinek vázlatja [15]

Az üzemanyagcella meghajtású gépkocsik 1,2 és 1,7 MJ/km közötti fajlagos energiafogyasztása messze elmarad a belsőégésű gépkocsik 8,15 l/100 km átlagos üzemanyagfogyasztás mellett számított fajlagos energiafogyasztásához (1,8÷2,4 MJ/km) képest. Itt jegyezzük meg, hogy a hibrid meghajtású járművek fajlagos energiafogyasztása (1,6÷1,75 MJ/km) megközelíti a belsőégésű gépkocsiét [32].

Érdeemes összehasonlítani az üzemanyagcellás gépkocsik és a hagyományos belsőégésű motoros autók fajlagos üzemanyag fogyasztását, a teljes energialáncot véve figyelembe a kitermeléstől a gépkocsiban elfogyasztott benzinig (*well to wheel*). A benzinnel táplált üzemanyagcellás gépkocsik fajlagos üzemanyag fogyasztása 5,31 l/100 km benzin egyenérték, míg a közvetlen hidrogén táplálta üzemanyagcellásoké valamivel kisebb, 4,68 l/100 km, azaz közel a fele a hagyományos gépkocsikénál [9].

Mindezek miatt egyes piacelemzők szerint a 2025-ben az eladott üzemanyagcellás személygépkocsik piaci részesedése eléri a 50 százalékot, majd gyors növekedés nyomán 2040-re teljesen kiszorítják a hagyományos belsőégésű motor hajtotta autókat. Ekkora az üzemanyagcellás személygépkocsik részesedése a teljes autópark 80 százalékát teszi ki. Természetesen az ilyen hosszú távú előrejelzések mindig bizonytalanok és nagyban függenek a figyelembe vett mutatóktól. De mindenesetre figyelemreméltó ez a prognózis [3].

A világ szinte mindegyik nagy autógyártója kísérletezik üzemanyagcellás gépkocsikkal [33]. A sikeres kísérletek egyik legjobb példája az egyik legnagyobb gépkocsigyártónak, a DaimlerChryslernek a nevéhez fűződik. A kilencvenes évek elejétől dolgoznak ezen a megoldáson. A NECAR-1 (*New Electric Car – Új Elektromos Autó*) kísérleti gépkocsi, mint „guruló laboratórium” már 1994-ben bebizonyította, hogy az elképzelés megvalósítható [34]. A NECAR-2 1996-ban, a NECAR-3 1997-ben, a NECAR-4 1999-ben és a NECAR-5 2000-ben lépésről lépésre vezetett a sorozatgyártás felé [2]. A két legutolsó típus a Mercedes-Benz A-osztályos autóján alapul, és 90 mérföld/órás (145 km/óra) sebességre képes. Egy feltöltéssel 450 km-t tud megtenni. A mérnököknek sikerült a padlózatra beszűfolni az üzemanyagcellát, lehetővé téve így öt utas szállítást és tágas raktér kialakítását. Ezt a technikai bravúrt a szakemberek ahhoz hasonlítják, amikor a számítástechnikában a tranzistorokat mikrochipek váltották fel. Eddig az üzemanyagcellák nagy terjedelme miatt csak nagyobb méretű gépkocsikba (például buszokba) próbálkozhattak beépíteni őket. A NECAR 4-et folyékony hidrogénnel üzemeltetik, míg újabb változatát, a NECAR 5-öt metanollal. Mindkét esetben az üzemanyagot a gépkocsi hátuljában tárolják, és egy protoncsere membrános üzemanyagcellán (lásd részletesebben a következő fejezetben) vezetik át. Az üzemanyagcella a hagyományos járművek hatótávolságát és az elektromos járművek károsanyag-mentességét biztosítja. Utántöltése gyors, nem úgy, mint az elektromos autóké. Mivel csak néhány mozgó alkatrészt tartalmaz, olyan csendes, akár az elektromos autók. A DaimlerChrysler 2004-ig csak korlátozott sorozatban gyártja majd az autót. Addig is, amíg a piacon is megjelenik, a cég 1,4 milliárd dollárt

kíván befektetni a fejlesztésekbe, ami megegyezik egy teljes autósorozat átlagos piaci bevezetési költségével [6]. A technikai siker titka az, hogy a Mercedes cég már rég ráértett arra, hogy e területen csak az üzemanyagcellák nagyméretű fejlesztése által várható számottevő eredmény. Emiatt partnerségi kapcsolatot alakított ki és igen jelentős összegeket fektetett egy kis kanadai vállalatba, a Ballard Power Corporationba, amely az élen jár a hidrogénüzemű üzemanyagcella gyártásában és fejlesztésében. A méretbeli problémák megoldásával és a versenyképes teljesítmény elérése után már csak az ár csökkentésére kell koncentrálniuk a mérnököknek. Az előrejelzések szerint a gépkocsikban használható üzemanyagcellák fajlagos ára 2010-ben 45 \$/kW, amit 2015-re le fognak szorítani 30 \$/kW-ra [35].

Ugyancsak e két cég közreműködésével valósítják meg az európai üzemanyagcellás buszok programját (*European Fuel Cell Bus Project*), aminek keretében földrészünk 10 jelentős városában 2003 végéig működésbe helyeznek 30 darab 205 kW-os Mercedes-Benz Citaro típusú hidrogén táplálta üzemanyagcellás autóbust [36].

Külön említést érdemel a Hypercar Inc. úttörő tevékenysége ezen a területen. A céget a környezetkímélő energiagazdálkodás atyja, Amory Lovins [37], vezette Rocky Mountain Institute alapította azzal a szándékkal, hogy minél több energiatakarékos és környezetkímélő megoldást dolgozzon ki az autóipar számára, ez által lépésre kényszerítve a változtatásokra nehezen hajló autógyártó óriásokat [38]. Az általuk kifejlesztett modellértékű prototípus, a Revolution, egy 35 kW-os közvetlen hidrogéntáplálású üzemanyagcella meghajtotta luxus kategóriájú hibrid gépkocsi, amelyiknek nem csak a meghajtása újszerű. Az egész autót úgy tervezték meg, hogy maximálisan szolgálja az utasok kényelmét, de ugyanakkor alacsony legyen a fogyasztása és minimális a károsanyag kibocsátása. Kompozit alapanyagú váza nagyon könnyű, de ugyanakkor magas fokú biztonságot nyújt a szállítható öt felnőtt utas számára. A gépkocsi felfüggesztése is újszerű: a rugók mellett lineáris motor alapú aktív lengéscsillapítók is fokozzák az utasok kényelmét. Fogyasztása autópályán 2,38 liter/100 km. 3,4 kg sűrített hidrogén egyszeri tankolásával 560 kilométert képes megtenni és 100 km/órás sebességre 8,3 másodperc alatt tud felgyorsulni. Ára verseng a hasonló más, hasonló kategóriájú gépkocsi (Lexus RX300, Mercedes M320, vagy a BMW X5 3.0.) árával [39].

Az Egyesült Államok legnagyobb államában, Kaliforniában kiemelt figyelmet szentelnek az üzemanyagcellás gépkocsik fejlesztésére. Több éve fut a *California Fuel Cell Partnership* (CaFCP) nevű program, amiben vezető gépkocsi- és üzemanyagcella-gyártók, állami intézmények és egyetemi kutatóközpontok vesznek részt. A fő cél minél több üzemanyagcellás gépkocsit megalkotni és a mindennapos valós körülmények között tesztelni. 2003-ban 60 ilyen jármű járja minden nap az állam útjait.

Az üzemanyagcellás gépkocsik rekordjaitól hangos a sajtó. Egy NECAR típusú autó volt az első üzemanyagcellás gépkocsi, amely először szelte át az Egyesült Államokat San Franciscótól Washingtonig. 15 nap alatt sikerült megtennie az 5251 kilométeres távolságot [40].

Természetesen az üzemanyagcellás autók fejlesztésében a japánok sem maradnak le vetélytársaik mögött. A Honda, Mazda és a Toyota után a Nissan is bejelentette, hogy energiacellás szériamodellt dob a piacra [23].

A Honda FCX sorozatú hidrogén táplálta üzemanyagcellás gépkocsijait 1999 óta tesztelik. Ez a cég is a Ballarddal működik közre. A legfrissebb prototípusba 85 kW-os sűrített hidrogénnel táplált protoncserélő membránú üzemanyagcellát építettek bele. Maximális sebessége 150 km/h és két feltöltés között 355 kilométert tud megtenni. A kíváncsi felhasználók az idei év elejétől már bérelhetik is [41]. A Mazda a Premacy típusú autójával tört be erre a még csak kialakulófélben levő piacra. A 75 kW-os gépkocsi energiaellátását szintén a Ballard metanol-üzemű üzemanyagcellái biztosítják.

A Nissan is partnerségi kapcsolatot ápol a cél érdekében egy másik jelentős üzemanyagcellát gyártó vállalattal, az UTC Fuel Cells-el. Közös termékük, a Nissan X-TRAIL, szintén protoncsere membrános üzemanyagcellával működik.

A Toyota első üzemanyagcellás gépkocsijai is nagy érdeklődést váltott ki a szakemberek körében. Az FCHV sorozatjelű gépkocsik legújabbika (az ötödik ebben a sorozatban) 2002-ben készült el, és a Highlander SUV alapautóra épül. Akárcsak a többi prototípus esetében ebből a sorozatból, itt is egy hibrid megoldást választottak, azaz a meghajtó villanymotor táplálható egyaránt üzemanyagcelláról vagy akkuról. Jellemzői nagyban hasonlítanak a Honda FCX 2002-es kiadású prototípusához, csak az egy utántöltéssel megtehető távolság kisebb ennél a típusnál (290 km) [41].

Az európai autógyártók is kísérleteznek üzemanyagcellás gépkocsikkal. A Renault a Nissannal karöltve a Laguna alapkocsiba épített be egy 30 kW-os benzin táplálta protoncsere membrános üzemanyagcellát. A Volkswagen 1999 és 2003 között öt különböző kategóriájú és táplálású üzemanyagcellás gépkocsi prototípusát mutatta be. A BMW a müncheni repülőtér számára fejlesztett ki egy Sedan kategóriájú benzin táplálta üzemanyagcellás autót. A kisautók kategóriájában a Fiat jelentkezett a Saicento Elettra H2 Fuel Cell típusú gépkocsival. A 100 km/órás maximális sebességre képes autót egy 7 kW-os, sűrített hidrogénnel működő üzemanyagcellával látták el [41].

A nagyszámú kísérleti gépkocsi létezése ellenére (2003 végére valószínűleg 300 példányuk fog üzemelni [42]) egyes marketing szakértők úgy tartják, hogy elsőre csak egy-két gyártó üzemanyagcellás gépkocsi modellje lesz piacképes, a többi gyártó egy pár éves lemaradással fogja csak követni őket. Mindez azzal magyarázható, hogy az gépkocsik piaca nagyon jól meghatározható szegmensekre és árkategóriákra tagolódik, és ezek mindegyikében külön kell előtérbe hozni az üzemanyagcellás autókat [43].

Érdeemes megjegyezni, hogy több cég, mint például a BMW, foglalkozik a gépkocsik akkumulátorának felváltására üzemanyagcellákkal. Ebben az esetben az üzemanyagcella feladata csak a fedélzeti elektromos rendszerek árammal való ellátása. Az elgondolás egyik előnye például az, hogy független légkondicionálót lehet ekképp működtetni, amely meleg vagy hideg levegőt biztosít, nulla károsanyag kibocsátás mellett akkor is, ha a motor áll. Mint már említettük, a gépjármű hajtására a BMW továbbra is a belsőégésű motorokat tartja a legtöbb előnyt nyújtónak, akár hidrogénhajtással is [44].

Az üzemanyagcellák magas hatásfokának ismeretében az energetikusok érdekes alkalmazást találtak a parkoló üzemanyagcellás gépkocsiknak: villamos energiát termelhetnek az autón kívüli fogyasztók számára. A termelt villamos energiát használhatják helyi fogyasztók a parkoló gépkocsi közvetlen közelében, vagy a villamos hálózatba táplálhatják. Ezáltal tehermentesíteni lehetne a csúcsidőben az erőműveket, annál is inkább, hogy a villamos energiafogyasztás csúcsidői nem esnek egybe a közlekedési csúcsidőkkel. Talán nincs messze az idő, amikor munkába- vagy hazaérve a gépkocsi tulajdonosok a hálózatra kapcsolják üzemanyagcellás gépkocsijukat, és energiát adnak át a villamos hálózatnak, akár több ezer dolláros haszonra is téve szert. A termelhető energia hatalmas: amennyiben az Egyesült Államok teljes gépkocsiflottája üzemanyagcellás lenne, akkor az ezek által termelhető villamos energia 14-szer több lenne, mint amennyit most az összes erőmű termelni tud! [45].

Következtetések

Az előbbieken ismertetett különféle gépkocsi meghajtási rendszerek további műszaki fejlődése valószínűleg együttélésükre fog vezetni. A kikísérletezett változatok piaci részesedését egyrészt a primer energiaforrások kínálata, másrészt a piaci meg az ökológiai követelmények határozzák majd meg [46].

Sorozatgyártásuk egészen biztosan le fogja egyelőre magas árakat törni, mint ahogy annak idején a Ford T-modelljének ára is rohamosan csökkent az eladott példányok számával. Ugyancsak számítani lehet a kormányzati támogatásukra, főleg környezetvédelmi megfontolásokból. Azonban egy új technológia sikere egyértelműen a fogyasztók fogadtatásától függ, amit legnagyobb részben az árak határoznak meg.

A kormányzati szabályozások szerepe szintén nem elhanyagolható a jövő gépkocsi iparának kialakulásában, mivel a vásárlókat nem annyira érdekeli autójuk károsanyag kibocsátása, mint ára, teljesítménye és kényelme. A szabályozások megkövetelhetik az autók biztonságát, csökkentett légszennyeződésüket, üzemanyag takarékoságukat, stb. Biztató jelnek tekinthetjük, hogy az ez irányú kutatásokat egyelőre nem a piaci igények diktálják, hanem a kormányzati szabályozások [5].

Mindenesetre biztosan állíthatjuk, hogy az átmenet a hagyományos belsőégésű motor teljes uralmától a jövő hajtóműveinek elterjedéséig nem ugrásszerű, hanem még évtizedekig elhúzódó hosszú folyamat lesz [2].

Irodalomjegyzék

- [1] Lukács G.: *A napenergia a környezetvédelem szolgálatában*, <http://www.csoma.elte.hu/~qji/nap/nap.html>.
- [2] Anisits F.: *Az új évszázad hajtóművei – Az esélyesek*, Élet és tudomány 2001/38. <http://www.sulinet.hu/eletstudomany/archiv/2001/0138/04.html>.
- [3] ***: Hydrogen, Fuel Cells & Infrastructure Technologies Program. Multi-Year Research, Development and Demonstration Plan. Planned program activities for 2003-2010. US Department of Energy, June 2003. <http://www.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/mypp/index.html>.
- [4] Hawken, P. – Lovins, A.B. – Lovins, L.H.: *Natural Capitalism: Creating the Next Industrial Revolution*, Rocky Mountain Institute, 1999.
- [5] MacLean, H.L. – Lave, L.B.: *Evaluating automobile fuel/propulsion system technologies*. Progress in Energy and Combustion Science, vol. 29 (2003), pp. 1-69.
- [6] Farkas R.: *A közlekedés eddigi és a jövőben várható fejlődése*. <http://www.inco.hu/inco1/innova/cikk5.htm>.
- [7] Morita, K.: *Automotive Power Source in 21st Century*, JSAE Review, Society of Automotive Engineers of Japan, vol. 24 (2003), pp. 3-7.
- [8] Abraham, S.: *Healthy Future Requires a Cleaner Energy Policy*, Detroit Free Press, April 14, 2003. http://www.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/news_abraham.html.

- [9] Purdum, T.: Our fuel-cell future: after more than 50 years of mostly government-backed research, pioneering companies will bring fuel cells to the masses-once they hurdle a few obstacles. (Energy). Industry Week, April, 2003.
- [10] Meakin, I.: *Fuel Cell Development in Japan. An Outline of Public & Private Sector Activities*, April, 2003. <http://fuelcellnetwork.bham.ac.uk/articles/FCJapan04-2003.doc>.
- [11] Gács J.: *Az ember megalkotja magának a megoldásokat. Beszélgetés Oláh György Nobel-díjas professzorral*. Természet Világa, 133. évfolyam, 8. szám (2002. augusztus). <http://www.kfki.hu/chemonet/TermVil/tv2002/tv0208/olah.html>.
- [12] Ogando, J.: *Fuel economy can still grow—for a price*, Design News, October 1, 2001.
- [13] Mitchell, M.: *A versatile low-CO₂ fuel*, The International Herald Tribune, May 27, 2002.
- [14] ***: *Progress Report for Hydrogen, Fuel Cells, and Infrastructure Technologies Program – FY 2002*, U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy Office of Hydrogen, Fuel Cells, and Infrastructure Technologies, Washington D.C., November, 2002. http://www.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/fuelcells/pdfs/fuelcell_and_h2_report2002.pdf.
- [15] Thomas, S. – Zalowitz, M.: *Fuel Cells – Green Power*, Los Alamos National Laboratory, 2002. <http://education.lanl.gov/resources/fuelcells/fuelcells.pdf>.
- [16] ***: *A National Vision of America's Transition to a Hydrogen Economy – to 2030 and Beyond*, National Hydrogen Vision Meeting, Washington, 2001. http://www.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/pdfs/vision_doc.pdf.
- [17] Anisits F.: *Századunk hajtóművei – Új energiaforrások*, Élet és tudomány 2001/37. <http://www.sulinet.hu/eletstudomany/archiv/2001/0137/07.html>.
- [18] Frank, D.: *Visions Come True – BMW Hydrogen Vehicles Lead the Way*, The International Hydrogen Energy Forum. Policy – Business – Technology, München, 2000.
- [19] Benson, A. et al.: *Powering the Future – Fuel Cell Technology*. Harvard Business School Cyberposium. 2003.
- [20] Driesen, J.: *Electrical Vehicles*.
- [21] Wolfner A.: *Elektromos autók – Melyik lesz a nyerő?* Természet Világa, 132. évfolyam, 10. szám (2001. Október). <http://www.sulinet.hu/termeszettvilaga/archiv/2001/0110/16.html>.
- [22] ***: *Fuel Cell Report to Congress*, US Department of Energy, February 2003.
- [23] ***: *Környezetkímélő és alacsony fogyasztású*, Kelet-Magyarország, 2002. aug. 23. <http://www.haon.hu/auto/auto-motor-34272.shtm>.
- [24] ***: *Toyota Prius: jókor, jó helyen*. Heti Válasz, I. évf., 30.szám (2001. nov. 2), <http://www.hetivalasz.hu/cikk.php?id=1708>.
- [25] Szabó, L. – Szabó, G.S.: *Üzemanyagcellák gépjárművek számára*, ENELKO '2003, az Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság Energetikai és Elektrotechnikai Konferenciája, Kolozsvár, pp. 197-208.
- [26] Wolfner A.: *Tüzelőanyag-cellák lakások és kórházak áramellátására*, Természet Világa, 2000. szeptember. <http://www.kornyeztunk.hu/belso/mg14.html>.
- [27] Zielinski B. – Jároli J.: *Üzemanyagcella*. Független Ökológiai Központ, Környezetkímélőbb Építés Adatbázisa, 2002. <http://www.foek.hu/korkep/enhat/uzemanyagcella/uzemanyagcella.html>.
- [28] Fontes, E. – Nilsson, Eva: *Fuel Cells in the Automotive Industry. White Paper on Chemical Engineering*, COMSOL Inc., Burlington, MA, 2001.
- [29] Yamada, K. – Asazawa, K. – Yasuda, K. – Ioroi, T. – Tanaka, H. – Miyazaki, Y. – Kobayashi, T.: *Investigation of PEM type direct hydrazine fuel cell*, Journal of Power Sources, vol. 115 (2003), pp. 236-242.
- [30] Mehta, V. – Cooper, J.S.: *Review and analysis of PEM fuel cell design and manufacturing*, Journal of Power Sources, vol. 114 (2003), pp. 32-53.
- [31] Oláh Gy. - Ánizsfeld R.: *Új generációjú üzemanyagcellák*. Magyar Tudomány, 2002/12. <http://www.matud.iif.hu/02dec/olah.html>.
- [32] Choudhury, R.: *Well-to-Wheel Analysis of Energy Use and Greenhouse Gas Emissions of Advanced Fuel/Vehicle Systems – A European Study*, Hart World Conference, Brussels, 2002. http://www.lbst.de/gm-wtw/Hart_GM-WTW_Europe_21MAY2002.pdf.
- [33] Walsh, B. – Mooress, P.: *Auto Companies on Fuel Cells*. <http://www.fuelcells.org/AutoCompaniesonFuelCells.pdf>.
- [34] Panik, F. – Beck, D.: *Joining Forces to Sustain Mobility*, The International Hydrogen Energy Forum. Policy – Business – Technology, München, 2000. http://ftp.cordis.lu/pub/eesd/docs/fcc_paper_panik.doc.

- [35] Garland, N. et al.: *Cost Analyses of Fuel Cell Stacks/Systems*, Hydrogen and Fuel Cells Merit Review Meeting 2002, Berkeley, CA.
http://www.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/hydrogen/pdfs/103_tiax_eric_carlson.pdf.
- [36] ***: *European Fuel Cell Bus Project*, Ballard Power Systems Inc., 2003.
<http://www.ballard.com/tD.asp?pgid=30&dbid=0>.
- [37] ***: *Amory Lovins*, <http://www.meta-library.net/bio/lovins-body.html>.
- [38] Ray, M.: *Hypercar News*, Buckminster Fuller Institute, 2001.
<http://www.bfi.org/Trimtab/summer01/hypercar.htm>
- [39] ***: *Case Studies*, HyperCar Inc., 2000. <http://www.hypercar.com/pages/casestudies.php>.
- [40] ***: *Hydrogen, Fuel Cells & Infrastructure Technologies Program – Transportation. Potential Applications*, US Department of Energy, 2002.
http://www.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/fuelcells/transportation_inuse.html.
- [41] Walsh, B.: *Fuel Cell Vehicles (From Auto Manufacturers)*,
<http://www.fuelcells.org/fct/carchart.pdf>.
- [42] Cropper, M.: *Fuel Cell Market Survey: Light Duty Vehicles*, Fuel Cell Today, 15 January 2003.
- [43] ***: *Bringing Fuel Cell Vehicles to Market: Scenarios and Challenges with Fuel Alternatives*, Consultant Study Report, Bevilacqua-Knight Inc., Hayward, CA, October 2001.
http://www.opr.ca.gov/energy/PDFs/Fuel_Cell_ScenarioStudy.pdf.
- [44] ***: *A BMW készíti a világ első sorozatgyártású tüzelőanyagcellás autóját*, BMW Tudomány, 2002.
<http://www.gjt.bme.hu/sajtotaj/bmw/cella/cella.html>.
- [45] Lipman, T.E. – Edwards, J.L. – Kammen, D.M.: *Fuel cell system economics: comparing the costs of generating power with stationary and motor vehicle PEM fuel cell systems*, Energy Policy, vol. 32 (2004), pp. 101–125.
- [46] MacLean, H.L. – Lave, L.B.: *Evaluating automobile fuel/propulsion system technologies*, Progress in Energy and Combustion Science, vol. 29 (2003), pp. 1-69.

