

# A XXIV. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAK ELŐADÁSAI

PROCEEDINGS OF THE XXIV<sup>TH</sup>  
INTERNATIONAL SCIENTIFIC  
CONFERENCE OF YOUNG  
ENGINEERS

11.

MŰSZAKI  
TUDOMÁNYOS  
KÖZLEMÉNYEK



2019

**A XXIV. FIATAL MŰSZAKIAK  
TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAK ELŐADÁSAI**

**PROCEEDINGS OF THE XXIV<sup>TH</sup> INTERNATIONAL  
SCIENTIFIC CONFERENCE OF YOUNG ENGINEERS**

**MŰSZAKI TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK**

---

**PAPERS ON TECHNICAL SCIENCE**

**11.**

**ISSN 2393 – 1280**

Erdélyi Múzeum-Egyesület Műszaki Tudományok Szakosztálya  
Transylvanian Museum Society – Department of Technical Sciences

**MŰSZAKI TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK**

---

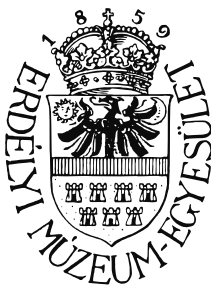
**PAPERS ON TECHNICAL SCIENCE**

**11.**

**A XXIV. FIATAL MŰSZAKIAK  
TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAK ELŐADÁSAI**

**PROCEEDINGS OF THE XXIV<sup>TH</sup>  
INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE  
OF YOUNG ENGINEERS**

**Szerkesztette / Edited by  
BITAY ENIKŐ**



**ERDÉLYI MÚZEUM-EGYESÜLET  
Kolozsvár  
2019**



A kötet megjelenését támogatta Kolozsvár Polgármesteri Hivatala és Városi Tanácsa,  
a Magyar Tudományos Akadémia, a Bethlen Gábor Alapkezelő Zrt. és  
az EME Műszaki Tudományok Szakosztálya

The publication of this volume was supported by the Cluj Town Hall and Local Council,  
the Hungarian Academy of Sciences, the Bethlen Gábor Fund and  
the TMS – Department of Engineering Sciences



Copyright © a szerzők / the authors, EME/ TMS 2019

*Minden jog a kiadvány kivonatos utánnyomására, kivonatos vagy teljes másolására  
(foto-kópia, mikrokópia) és fordítására fenntartva.*

*All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in  
any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the  
prior written permission of the publisher.*

Kiadó / Publisher: Erdélyi Múzeum-Egyesület  
Felelős kiadó / Responsible Publisher: Biró Annamária  
Szerkesztette / Edited by: Bitay Enikő  
Műszaki szerkesztő / DTP: Szilágyi Júlia  
Borítóterv / Cover: Könczey Elemér

Társkiadó / Co-Publisher: Óbudai Egyetem, Budapest  
ISBN 978-963-449-134-7

Nyomdai munkálatok / Printing-work  
F&F International Kft. Kiadó és Nyomda, Gyergyószentmiklós  
Ügyvezető igazgató / Manager: Ambrus Enikő  
Tel./Fax: +40-266-364171

online elérhető / online available at: [http://  
eda.eme.ro/handle/10598/31168](http://eda.eme.ro/handle/10598/31168)  
DOI: 10.33895/mtk-2019.11

**A XXIV. FIATAL MŰSZAKIAK  
TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAK  
ELŐADÁSAI  
(KOLOZSVÁR, 2019. MÁRCIUS 28.)**

**PROCEEDINGS  
OF THE XXIVTH INTERNATIONAL  
SCIENTIFIC CONFERENCE  
OF YOUNG ENGINEERS  
(CLUJ, MARCH 28. 2019)**

**FŐVÉDNÖK / PATRON:**

Lovász László, a Magyar Tudományos Akadémia elnöke

**VÉDNÖK / PROTECTOR:**

Gyulai József, a Novofer Alapítvány kuratóriumának elnöke

**SZERVEZŐ / ORGANIZED BY:**

Az Erdélyi Múzeum-Egyesület Műszaki Tudományok Szakosztálya  
Transylvanian Museum Society - Department of Technical Sciences

**TÁRSSZERVEZŐ / CO-ORGANIZER:**

Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Marosvásárhelyi Kar  
Sapientia Hungarian University of Transylvania,  
Faculty of Technical and Human Sciences, Țirgu Mureș

**PROGRAMBIZOTTSÁG / ORGANIZATION BOARD**  
Gyenge Csaba, Máté Márton, Réger Mihály, Talpas János

**TUDOMÁNYOS BIZOTTSÁG / LEKTOROK**  
**SCIENTIFIC ADVISORY BOARD / PEER REVIEWERS**

Alvarez Gil Rafael Pedro (Kecskemét)	Köllő Gábor (Kolozsvar/Cluj)
Bagyinszki Gyula (Budapest)	Liska János (Kecskemét)
Barányi István (Budapest)	Lovics Riku Attila (Budapest)
Berek Lajos (Budapest)	Lukács Judit (Budapest)
Bitay Enikő (Kolozsvar/Cluj)	M. Csizmadia Béla (Gödöllő)
Bodó Zalán (Kolozsvar/Cluj)	Márton László (Gyergyószentmiklós/Gheorgheni)
Boza Pál (Kecskemét)	Máté Márton (Marosvásárhely/Tîrgu Mureş)
Czigány Tibor (Budapest)	Mikó Balázs (Budapest)
Dávid László (Marosvásárhely/Tîrgu Mureş)	Molnár Ildikó (Budapest)
Dezső Gergely (Nyíregyháza)	Nagy Zsolt (Kolozsvar/Cluj)
Dobránszky János (Budapest)	Oldal István (Gödöllő)
Domokos József (Marosvásárhely/Tîrgu Mureş)	Orbulov Imre Norbert (Budapest)
Dudás Illés (Miskolc)	Pamper Miklós (Debrecen)
Farkas Tibor (Budapest)	Papp Sándor (Marosvásárhely/Tîrgu Mureş)
Fodor Lóránt (Budapest)	Pinke Péter (Nagyszombat/Trnava)
Forgó Zoltán (Marosvásárhely/Tîrgu Mureş)	Pokorádi László (Budapest)
Gobesz F-Zsongor (Kolozsvar/Cluj)	Rácz Pál (Budapest)
Gonda Viktor (Budapest)	Rajnai Zoltán (Budapest)
Gyenge Csaba (Kolozsvar/Cluj)	Ráthy Istvánné (Budapest)
György Katalin (Kolozsvar/Cluj)	Réger Mihály (Budapest)
Heidecker Adél (Pécs)	Réti Tamás (Budapest)
Hollanda Dénes (Marosvásárhely/Tîrgu Mureş)	Roósz András (Miskolc)
Kakucs András (Marosvásárhely/Tîrgu Mureş)	Szabó Péter János (Budapest)
Kántor József (Marosvásárhely/Tîrgu Mureş)	Szántó Attila (Debrecen)
Károly Dóra (Budapest)	Szigeti Ferenc (Nyíregyháza)
Kelemen András (Marosvásárhely/Tîrgu Mureş)	Tolvaly-Roşca Ferenc (Marosvásárhely/Tîrgu Mureş)
Kerekes László (Kolozsvar/Cluj)	Tóth László (Debrecen/Miskolc)
Kósa Balázs (Pécs)	Varga Tamás Zoltán (Debrecen)
Kovács Tünde (Budapest)	Zagorács Márk Balázs (Pécs)

## TARTALOM

<b>ELŐSZÓ</b> .....	15
<b>Apagyi Antal, Szmolka Tamás, Husi Géza</b> <i>A Debreceni Egyetem elektromos meghajtású virág-kocsijának tervezése és megvalósítása</i> .....	19
<b>Bagyinszki Gyula, Bitay Enikő</b> <i>Tananyag- és oktatásszervezés a műszaki képzésekben</i> .....	23
<b>Balassa Gábor Péter</b> <i>Térdprotézis geometria fejlesztése és vizsgálata</i> .....	27
<b>Bálint Krisztián</b> <i>Lehetséges Cisco alapú tűzfalvédelmi megoldások az oktatási intézményekben</i> .....	31
<b>Bekő Balázs, Szigeti Ferenc</b> <i>Ragasztófelhordó berendezés tervezése</i> .....	35
<b>Darabos Anita, Szalai Judit</b> <i>Alternatív anyagok és tervezési metodikák használata a kortárs designban</i> .....	39
<b>Darvay Zsolt, Füstös Ágnes</b> <i>Numerikus eredmények az általános lineáris komplementaritási feladatra vonatkozóan</i> .....	43
<b>Darvay Zsolt, Orbán Attila-Szabolcs</b> <i>Lineáris komplementaritási feladatra vonatkozó széles környezetben működő belső pontos algoritmus implementálása</i> .....	47
<b>Dombi Kristóf Barnabás</b> <i>Automata autópálya köridő mérő eszköz fejlesztése NI eszközök felhasználásával</i> .....	51
<b>Fregan Beatrix, Rajnai Zoltán</b> <i>Védelmi fejlesztés nyugat-európai példája</i> .....	55
<b>Fülöp Márton Károly</b> <i>Frekvenciaváltós hajtás különböző felhasználási lehetőségeinek modellezése</i> .....	59

**Gáti József, Nagy László, Kuti János**

*Weiss Manfréd – egy magyar vállalkozó eredményei*..... 63

**Gáti József, Osváth Rebeka, Kuti János**

*Kármán Tódor – egy magyar feltaláló munkássága*..... 67

**Gyárfás Attila, Gergely Attila**

*Laboratóriumi műanyag extruder gép tervezése* ..... 73

**Haraszti Ferenc**

*Hőkamera alkalmazása kontaktkorrózió vizsgálatára*..... 77

**Heteyi Csaba, Szlivka Ferenc**

*Szélturbina telepítéséhez tető dőlésszögének vizsgálata*..... 81

**Hodgyai Norbert, Gergely Attila**

*Ágaprító berendezés készítése és kivitelezése* ..... 85

**Hronyecz Erika**

*Az EBESZ és a V4-ek szerepe és jelentősége a kiberbiztonság területén* ..... 89

**Juhász Csaba, Muhi Kristóf, Johanyák Zsolt Csaba**

*Eddie - 3D szkennelés és kiterjesztett valóság oktatási célra* ..... 93

**Juhász Hajnalka, Kósa Balázs, Molnár Tamás**

*A multikulturalizmus hatása az építészetre*..... 97

**Kardos Tamás, Kutasi Dénes Nimród**

*HVAC rendszer modell alapú prediktív szabályozása*..... 101

**Kedves Botond, Gergely Attila**

*Laboratóriumi műanyag granulátum készítő gép tervezése* ..... 105

**Kenéz Attila Zsolt, Bagyinszki Gyula**

*Csőszerű alkatrészek és csőszegmensek sajtoló hegesztési eljárásai*..... 109

**Kondor Máté, Dezső Gergely**

*Pilóta nélküli repülőgép szárny-törzs átmenetének optimalizálása végeelem módszerrel*..... 113

**Kopenetz Lajos György, Máthé Alíz Éva, Gobesz Ferdinánd-Zsongor**

*Földrengésszámítási kérdések*..... 117

**Korsoveczki Gyula, Husi Géza, Erdei Timotei István**

*FANUC Spider robot pneumatikus és kimeneti rendszerének kiépítése, valamint tesztelése*..... 121

**Kovács Márk, Johanyák Zsolt Csaba**

*Modern vezeték nélküli hálózatok fejlesztésének akadályai, megoldásai és alkalmazásai* ..... 125

**Kovács Péter, Molnár Tamás, Kósa Balázs**

*Oktatási intézmények különleges építészeti igényei* ..... 129

**Major Róbert, Kósa Balázs**

*Török Hódoltság korabeli szakrális építészet Pécssett* ..... 133

**Molnár Eszter, Borsos Ágnes**

*A jövő kihívásai hogyan fogják átalakítani lakótereinket?* ..... 137

**Nagy András István, Fábián Enikő Réka, Horváth Richárd, Terek Pál**

*Erősen ötvöztött duplex korrózióálló acélok bemutatása és azok forgácsolási körülményei* ..... 141

**Neurohr Zsolt Barnabás, Tóthné Laufer Edit**

*Közlekedési táblák felismerése neurális hálózat alkalmazásával* ..... 145

**Nyikes Zoltán, Szűcs Endre**

*A zsarolóvírus-támadással szembeni védekezés a biztonságtudatosság növelésével* ..... 149

**Padrah István, Pásztor Judit, Farnos Rudolf**

*Hővezetés jelenségét tanulmányozó berendezés tervezése és kivitelezése* ..... 153

**Rácz Viktor, Huszák Csenge, Sipos Sándor**

*Nagy előtölású sztergálás: nagyolás és simítás ugyanazon lapkával?* ..... 157

**Réger Mihály**

*140 év az ipar és a tudomány szolgálatában* ..... 161

**Salánki Dániel, Sarvajcz Kornél**

*Járásfelismerő kamerarendszer kidolgozása NI LabVIEW programozási környezetben* ..... 167

**Sánduly Annabella, Tóth Anett, Lőrincz Barnabás-Attila**

*Értelmezési hézagok az Eurocode 3 szabvány előírásainak alkalmazása során* ..... 171

**ifj. Szigeti Ferenc**

*Mesterséges tudatosság elméleti modellje* ..... 175

**Szilágyi Dorottya, Bakai Nándor**

*Korszerű építészeti módszertanok hatása a tervezési folyamatra* ..... 179

**Vona Gábor, Apagyi Antal, Erdei Timotei István, Husi Géza**

*Nokia Puma 560 robot megfogójának rekonstrukciója, adapter tervezése és alkalmazása KUKA KR5 ipari robotkar számára tervezett cellában ..... 183*

**Zakariás Attila, László Tamás, Krizbai Csaba, Szabó Tamás, Demeter Norbert**

*Számítógép vezérelt hőgradiens rendszer tervezése ..... 187*

**SZERZŐK JEGYZÉKE ..... 191**

## CONTENT

<b>FOREWORD .....</b>	<b>17</b>
<b>Antal Apagyi, Tamás Szmolka, Géza Husi</b> <i>Planning and Building the Electric Flower Carnival Car of the University of Debrecen .....</i>	<b>19</b>
<b>Gyula Bagyinszki, Enikő Bitay</b> <i>Organization of Curriculum and Education in Technical Training.....</i>	<b>23</b>
<b>Gábor Péter Balassa</b> <i>Development and Examination of a Knee Prosthesis Geometry .....</i>	<b>27</b>
<b>Krisztián Bálint</b> <i>Possible Cisco Based Fire Protection Solutions in Education Institutions.....</i>	<b>31</b>
<b>Balázs Bekő, Ferenc Szigeti</b> <i>Design of a Glue Applying Machine.....</i>	<b>35</b>
<b>Anita Darabos, Judit Szalai</b> <i>Alternative Materials and Methodology in Contemporary Design.....</i>	<b>39</b>
<b>Zsolt Darvay, Ágnes Füstös</b> <i>Numerical Results for the General Linear Complementarity Problem.....</i>	<b>43</b>
<b>Zsolt Darvay, Attila-Szabolcs Orbán</b> <i>Implementation of an Interior-Point Algorithm for Linear Complementarity Problem Working in a Wide Neighborhood.....</i>	<b>47</b>
<b>Kristóf Barnabás Dombi</b> <i>Developing an Automated Lap Time Measurement Solution Using NI Equipment.....</i>	<b>51</b>
<b>Beatrix Fregan, Zoltán Rajnai</b> <i>Western European Example of Defense Development .....</i>	<b>55</b>
<b>Márton Károly Fülöp</b> <i>Modelling Different Using Possibilities of Frequency Inverter Drive .....</i>	<b>59</b>



<b>József Gáti, László Nagy, János Kuti</b>	
<i>Weiss Manfréd. Results of a Hungarian Entrepreneur.....</i>	<i>63</i>
<b>József Gáti, Rebeka Osváth, János Kuti</b>	
<i>Tódor Kármán – Work of a Hungarian Inventor .....</i>	<i>67</i>
<b>Attila Gyárfás, Attila Gergely</b>	
<i>The Design of a Small-scale Plastic Extruder Machine.....</i>	<i>73</i>
<b>Ferenc Haraszti</b>	
<i>Thermographic Camera Application for Galvanic Corrosion Detection .....</i>	<i>77</i>
<b>Csaba Heteyi, Ferenc Szlivka</b>	
<i>Roof Pitch Angle Examination for Wind Turbine Installation.....</i>	<i>81</i>
<b>Norbert Hodgyai, Attila Gergely</b>	
<i>Design of a Wood Cutting Machine .....</i>	<i>85</i>
<b>Erika Hronyecz</b>	
<i>The Role and Importance of the OSCE and the V4 in Cybersecurity.....</i>	<i>89</i>
<b>Csaba Juhász, Kristóf Muhi, Zsolt Csaba Johanyák</b>	
<i>Eddie – 3D Scanning and Augmented Reality in Education.....</i>	<i>93</i>
<b>Hajnalka Juhász, Balázs Kósa, Tamás Molnár</b>	
<i>Multicultural Effects in the Architecture .....</i>	<i>97</i>
<b>Tamás Kardos, Dénes Nimród Kutasi</b>	
<i>Model-based Predictive Control of an HVAC System.....</i>	<i>101</i>
<b>Botond Kedves, Attila Gergely</b>	
<i>The Design of a Small-Scale Granulate Producing Machine .....</i>	<i>105</i>
<b>Attila Zsolt Kenéz, Gyula Bagyinszki</b>	
<i>Pressure Welding Processes of Tubular Parts and Pipe Segments .....</i>	<i>109</i>
<b>Máté Kondor, Gergely Dezső</b>	
<i>Unmanned Aerial Vehicle Wing Fuselage Junction Optimisation With Finite Element Method.....</i>	<i>113</i>
<b>Lajos György Kopenetz, Alíz Éva Máthé, Ferdinánd-Zsongor Gobesz</b>	
<i>Seismic Design Issues .....</i>	<i>117</i>
<b>Gyula Korsoveczki, Géza Husi, Timotei István Erdei</b>	
<i>Development and Testing of the Pneumatic and Output System of the FANUC Spider Robot.....</i>	<i>121</i>

**Márk Kovács, Zsolt Csaba Johanyák**

*Obstacles, Solutions and Applications for the Development of Modern  
Wireless Networks.....* 125

**Péter Kovács, Tamás Molnár, Balázs Kósa**

*Special Architectural Requirements of Educational Buildings.....* 129

**Róbert Major, Balázs Kósa**

*Religious Architecture in Pécs During the Period of Ottoman Hungary.....* 133

**Eszter Molnár, Ágnes Borsos**

*How Will the Future Challenges Change Our Life at Home?.....* 137

**András István Nagy, Enikő Réka Fábián, Richárd Horváth, Pál Terek**

*Difficulties in the Machinability of Super Duplex Stainless Steels.....* 141

**Zsolt Barnabás Neurohr, Edit Tóthné Laufer**

*Applying Neural Networks for the Recognition of Traffic Signs.....* 145

**Zoltán Nyikes, Endre Szűcs**

*Prevention of Ransomware Attack by Increasing Security Awareness.....* 149

**István Padrah, Judit Pásztor, Rudolf Farnos**

*Design and Implementation of a Laboratory Stand for Studying  
Heat Transfer by Conduction.....* 153

**Viktor Rácz, Csenge Huszák, Sándor Sipos**

*High Feed Turning: Roughing and Finishing With the Same Insert?.....* 157

**Mihály Réger**

*140 Years of Service to Science and Industry.....* 161

**Dániel Salánki, Kornél Sarvajcz**

*Development of a Gait Recognition System in NI LabVIEW  
Programming Language.....* 167

**Annabella Sánduly, Anett Tóth, Barnabás-Attila Lőrincz**

*The Missing Holistic Approach in Design Application of Eurocode 3.....* 171

**Ferenc Szigeti jr.**

*Theoretical Framework of Artificial Consciousness.....* 175

**Dorottya Szilágyi, Nándor Bakai**

*Use of State-of-the-art Methods in the Architectural Design Process.....* 179

**Gábor Vona, Antal Apagyi, Timotei István Erdei, Géza Husi**

*Reconstruction, Adapter Design, and Application of a Nokia Puma 560*

*Robot's Gripper on a Robot Cell Integrated KUKA KR5 Industrial Robot..... 183*

**Attila Zakariás, Tamás László, Csaba Krizbai, Tamás Szabó, Norbert Demeter**

*Design and Development of Computer-Controlled Temperature*

*Gradient System..... 187*

**LIST OF AUTHORS..... 191**

## ELŐSZÓ

Az informatizált, technológizált, új ismeretanyagokkal és eredményekkel folyamatosan gazdagodó (műszaki) világunk arra készíti bennünket, hogy kövessük ezeket a változásokat, lépést tartsunk az állandó fejlődéssel, s ne csak arra törekedjünk, hogy az új információkat magunk számára sajátítsuk el, hanem arra is, hogy továbbadjuk, mi több, ösztönözzük és serkentsük az erre kíváncsi fiatalok érdeklődését, lehetőségeinkhez mérten hozzájáruljunk szakmai fejlődésükhöz.

Ezzel a céllal szervezzük immáron több mint két évtizede a *Fiatal műszakiak tudományos ülészekét*. A rendezvény fórumot teremt a szakmai tapasztalatcserére, az új kutatási eredmények bemutatására. Külön eredmény, hogy a műszaki tudományok művelői magyar nyelven tárhatják a nagyközönség elé eredményeiket, hiszen a fórum célja a fentebb megfogalmazottak mellett az is, hogy a műszaki tudományos szaknyelvet ápolja.

Amellett azonban, hogy hazai körökben, anyanyelven népszerűsítjük kutatásaink eredményeit, azt is nagyon fontosnak tartjuk, hogy mindezek a tágabb értelemben vett tudósközösség számára is elérhetőek legyenek, nemzetközi körökben is ismertté váljanak. Éppen ezért a konferenciánkon elhangzó tanulmányokat mind magyar, mind angol nyelven közzétesszük, ez utóbbiak online felületen válnak elérhetővé, az előbbieket nyomtatott változatban és online is. A magyar és angol változatok külön ISSN-számot kapnak, de egy publikációnak minősülnek. Az angol nyelvű tanulmányokat a De Gruyter Open, Sciendo népszerűsíti. Ezek indexelve lesznek a nemzetközi szakmai adatbázisokban és a szakmai online könyvkereskedésben is.

A jelen kiadvány a Műszaki Tudományos Közlemények sorozat tizenegyedik száma (MTK, 2019. 11. szám). A 2019. március 28-i XXIV. *Fiatal műszakiak tudományos ülészekén* elhangzott hatvan négy előadás válogatott, negyvenkét írását tartalmazza.

A kötet társkiadóval jelenik meg, hiszen már hosszú évek óta eredményesen működünk együtt az Óbudai Egyetemmel, ez az együttműködés a közös kiadványban is testet ölt.

A jelen kiadvány összesen 94 szerző, az első szerzők nevének sorrendjében közlésre javasolt 42 írását tartalmazza, s lefedi a műszaki tudományok valamennyi területét (anyagtudományok, biztonságstudomány, informatikai alkalmazások, gépészet és gyártástudomány, építészet, mechatronika és robotika, alkalmazott fizika), valamint a műszaki oktatást is, de mindezek az interdiszciplináris kutatások eredményeivel is kiegészülnek. A publikáló szerzők között egyetemeken, kutatóintézetekben működő szakembereket találunk, ugyanakkor a versenyszférából is megtalálni az ipar(ágak) képviselőit.

A kötet és a tanulmányok külön-külön is elérhetőek online módon az Erdélyi digitális adattárban: <https://eda.eme.ro/handle/10598/31168>, illetve a *Műszaki Tudományos Közlemények* sorozat honlapján: <http://www.eme.ro/publication-hu/mtk/mtk-main.htm>.

Itt fejezzük ki köszönetünket mindazoknak, akik jelenlétükkel és írásaikkal hozzájárultak a rendezvény színvonalának emeléséhez. A résztvevők mellett köszönetet kell mondanunk szakmai lektorainknak is, akik munkájukkal, véleményeikkel hozzájárultak a kiadvány szakmai színvonalához.

Reméljük, hogy kötetünkkel felkeltjük azok érdeklődését is, akik nem vehettek részt konferenciánkon, és esetleg ösztönözhetjük őket arra, hogy a jövőben bekapcsolódjanak rendezvényünkbe, de addig is jelen kötet számukra is értékes szakmai információkat, hasznos adatokat nyújthat.

*Kolozsvárt, 2019 márciusában*

*Bitay Enikő*  
akadémikus, az MTA külső tagja,  
az Erdélyi Múzeum-Egyesület  
Műszaki Tudományok Szakosztályának elnöke

## FOREWORD

This informatized, technologized (technical) world of ours that is being continuously enriched with new knowledge and results pushes us to follow these changes, keep up with its ongoing evolution and strive not only to learn about the new informations for ourselves but also to spread them and to encourage and support the curiosity of those young people who show interest towards this field, to contribute as much as we can to their professional development.

With this in mind we are organizing for more than two decades the *Scientific Conference for Young Engineers*. The event creates an opportunity for the exchange of scientific ideas and the presentations of new results of research. One of the great results of this is the fact that these specialists in engineering are able to present their results to the audience in Hungarian since one of the aims of the forum is to preserve and enrich the technical language.

Besides disseminating and popularizing our scientific results in our native tongue we think that it's important that these are also available to the larger scientific community, that they are presented to the global scientific world. That is why we publish the studies presented during the conference both in Hungarian and in English, the latter online, while the former both in print and online. The Hungarian and English versions have their own separate ISSN numbers but they count as one publication. The English language versions are popularized by DeGruyterOpen and Sciendo. They will be indexed in the international scientific databases and the professional online bookshops too.

This present volume is the eleventh number of the *Műszaki Tudományos Közlemények* (Technical Scientific Papers – MTK, 2019. vol. 11). It contains forty-two selected studies of the sixty-four that were presented during the 24<sup>th</sup> *Scientific Conference for Young Engineers* on the 28<sup>th</sup> of March 2019.

The volume has a co-editor since we have been successfully collaborating for many years with the University of Óbuda, this publication is one of the results of this cooperation.

The present volume contains 42 papers by a total of 94 authors arranged in the alphabetical order of the names of the first authors and it covers every specialty field within the larger domain of technical sciences (Material Science, Security Science and Technology, Applied Informatics, Mechanics and Science of Production, Constructions, Mechatronics and Robotics, Applied Physics) and also technical education as well as results of inter-disciplinary research. Among the authors there are many professionals from universities and research institutes but also representatives of the world of industry.

The volume and the studies are also available separately online in the Transylvanian Digital Database: <https://eda.eme.ro/handle/10598/31168> and in the *Műszaki Tudományos Közlemények* webpage: <https://www.eme.ro/publication-hu/mtk/mtk-main.htm>.

We'd like to express our gratitude to all those who by their presence and their papers contributed to the scientific level of the event. Besides the participants we are grateful for the great work of our reviewers, for their valuable remarks and suggestions that raised the quality and professional level of this publication.

We hope that our volume will also stir the curiosity of those who couldn't participate at the conference and maybe it'll motivate them to be a part of our future events, until then our volume can hopefully provide them with important and useful information from their field of specialty.

Cluj-Napoca, March 2019

*Bitay Enikő*  
academician, external member  
of the Hungarian Academy of Sciences,  
president of the Transylvanian Museum-Society's  
Department of Technical Sciences

# A DEBRECENI EGYETEM ELEKTROMOS MEGHAJTÁSÚ VIRÁGKOCSIJÁNAK TERVEZÉSE ÉS MEGVALÓSÍTÁSA

## PLANNING AND BUILDING THE ELECTRIC FLOWER CARNIVAL CAR OF THE UNIVERSITY OF DEBRECEN

Apagyi Antal<sup>1</sup>, Szmolka Tamás<sup>2</sup>, Husi Géza<sup>3</sup>

Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Debrecen, Magyarország

<sup>1</sup> [apagyi.toni@gmail.com](mailto:apagyi.toni@gmail.com)

<sup>2</sup> [szmolka.tomi012@gmail.com](mailto:szmolka.tomi012@gmail.com)

<sup>3</sup> [husigeza@eng.unideb.hu](mailto:husigeza@eng.unideb.hu)

### Abstract

In this research we will discuss the creation of the flower cart. It will be viewed from an economical and environmental perspective also it is safe to say that the planning process of the carrying capacity and the battery runtime is well explained in the article. The cart is moved by three-phase electric motors and the motors are controlled by Variable Frequency Drives (VFD). The power to the electric parts comes from the large battery pack. Overall the purpose of this vehicle is to be able to participate in the march increasing the quality of the event.

**Keywords:** *VFD, electric, inverter, flower-carnival-car.*

### Összefoglalás

Ezen kutatásunk során a Debreceni Egyetem elektromos működésű virágkocsijának a megépülését, annak a gazdaságosságát, környezetre gyakorolt hatását vizsgáljuk. A munka során foglalkoztunk méretezési kérdésekkel, melyek a teherbírást és a hatótávot helyezték a figyelem középpontjába. Az autó mozgását háromfázisú aszinkronmotorokkal biztosítjuk, melyeket frekvenciaváltók segítségével vezérlünk. Az energiellátást akkumulátorok szolgáltatják a villanymotoroknak. A kocsi feladata a virágkarneválon történő felvonulás és a karnevál színvonalának emelése.

**Kulcsszavak:** *frekvenciaváltó, elektromos, akkumulátor, virágkocsi, virágkarnevál.*

### 1. Bevezető

A debreceni virágkarnevált 1966 óta rendezik meg, minden év augusztus 20-án Debrecenben [1]. Magyarország egyik legismertebb rendezvénye, amely államalapító Szent István király szentté avatásához, államalapítás és az új kenyér ünnepehez kötődik. Évtizedek óta meghatározó ünnepély a város életében, kezdetben csak egy napos rendezvény volt, napjainkban már egy karneváli hét előzi meg a 20-i ünnepséget. Minden évben cél a közönség elkápráztatása szebbnél szebb virágkocsikkal, a felvonulók lenyűgöző táncos, zenés

műsoraival. Fontos, hogy évről évre mutasson a város valami új dolgot, amivel még több látogatót vonzhat a városba. Egy ilyen újdonság volt a Debreceni Egyetem elektromos meghajtású virágkocsija is, ami egyedülálló a többi kocsival szemben. Korszerű és modern. Néhány esetben a felvonulás élményét maguk a virágkocsik csökkentik ugyanis belsőégésű motorral rendelkeznek. Ezek a járművek nem korszerű konstrukciók, több mint 30 évesek, zajosak, kellemetlen szagú a kipufogógázuk. A kocsik mögött például táncos, olasz zászlóforgató csoportok vonulnak. Annak érdekében,



hogyan a felvonulók egyik legszebb és legfontosabb napját ne árnyékolja be a bűdös kipufogógáz így innovációra volt szükség. A Debreceni Egyetem már több mint 10 éve indít saját kompozícióval virágkocsit, azonban 2016 augusztusára az egyetem elkészítette a saját, egyedi virágkocsiját [2]. Ennek a különlegessége a teljesen elektromos hajtásban rejlik. A megvalósított új kocsit nagy örömmel fogadta Debrecen város, a fellépők és a közönség is. Mivel a kocsit teljes mértékben az egyetem tulajdona, így a felmerülő karbantartási munkálatokat továbbra is teljes mértékben az egyetem hallgatói és oktatói közösen végzik. A Műszaki karon néhány főből álló csapat végzi ezeket a munkálatokat. Alsóbb éves hallgatóknak adjuk át a tudást, tapasztalatot, ők szakmai ismeretek szerzése mellett, felejtethetetlen élményekkel gazdagodnak valamint öregbítik egyetemünk hírnevét. Egy ilyen csapatban dolgozni megtisztelő érzés.

## 2. Előzmények

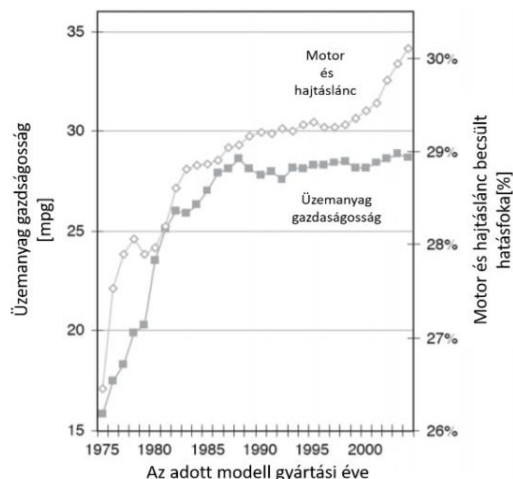
### 2.1. A hagyományos és az elektromos meghajtás összehasonlítása

Az elektromos meghajtású járművek egyre nagyobb térhódításának egyik fő oka a belsőégésű motorok kedvezőtlen hatásfokából és környezet-szennyező hatásából ered. A légszennyezés napjainkban elég súlyos problémának számít, ennek okozói legnagyobb részt az erőművek, gyárak és járművek. Az általuk kibocsátott gázok súlyos légszennyező és ózonréteg károsító hatása évtizedek óta ösztönzi az emberiséget újabbnál újabb technológiai megoldások kifejlesztésére az ipar minden területén.

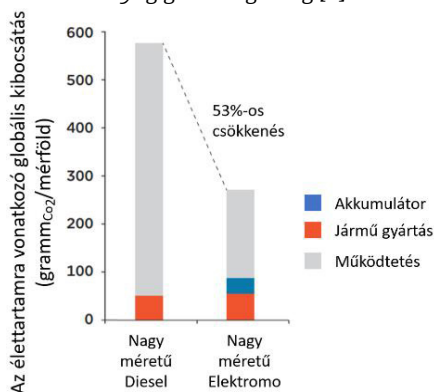
A 1. ábrán a diagram jól szemlélteti évek szerinti lebontásban a dízelmotorok hatásfokának, valamint az üzemanyag gazdaságosság fejlődését.

Kutatásaink alapján a dízelmotorok hatásfoka napjainkban 30–38 % [3] körülire tehető, amely összehasonlítva a villanymotorok 80–90 % hatásfokával, igencsak kedvezőtlen. Előbbi esetben hő és számos további veszteség formájában távozik a rendszerből teljesítmény, amely ezt a kedvezőtlen hatásfokot adja.

Környezetvédelmi szempontból a lokális károsanyag kibocsátó hatása egy elektromos hajtású járműnek gyakorlatilag nullának tekinthető. A légszennyezés nem a városban jelenik meg, hanem a peremterületeken az erőművekben, ahol az alkatrészek, akkumulátorok gyártása, elektromos áram előállítása történik. Összességében véve a gyártás során felszabaduló CO<sub>2</sub> gáz meny-



1. ábra. Üzemanyag gazdaságosság [3]



2. ábra. Az élettartamra vonatkozó globális

nyisége nagyobb, mint hagyományos hajtású járművek esetében, viszont élettartamra vetítve jóval kedvezőbb értéket kapunk egy elektromos autó esetében.

A széndioxid lábnyom kibocsátás tovább csökkenthető, ha például nap vagy szélenergiából állítjuk elő a szükséges "üzemanyagot". Nagy előnye az elektromos meghajtású járműveknek az is, hogy fékezőskor a motor generátor üzembe kapcsol és visszatáplál az akkumulátorra kibocsátás. [4]

### 2.2. A tervezés

Az egyetem számára az innováció mindig is meghatározó érték volt, amelyet tökéletesen reflektál egy ilyen jellegű fejlesztés kivitelezése. A Debreceni Egyetem Műszaki Kar Mechatronika mérnöki Tanszék oktatói és hallgatói által közösen készített tervek 2016-ra érték el megvalósítható formájukat. Ennek a során a fő szempontok, a lokális károsanyag kibocsátás nullára történő csökkentése, a hagyományos kormányzás újszerű

megoldása volt. A tervezés során figyelembe kellett venni, a virágkarneváli vonulás útvonalának adottságait, mint például a villamos megállók közötti távolságot a szélesség megtervezésekor, csak úgy, mint a maximális magasság tervezését, amelyet a nagyfeszültségű felsővezetékek határoznak meg. Utóbbira azért volt szükség, mert a kocsik az indulási helyszínre egy raktárból kezdik meg útjukat, ami trolibusz útvonalakat keresztez.

### 3. Az elektromos virágkocsi felépítése

A hajtás egésze egy kiválasztott alváz köré épül fel. Így a felhasznált alváz méreteinek helyes megválasztása az új hajtás tervezéséhez elengedhetetlen. Az elérhető alvázak főleg belső égésű teherautókból származnak. A virágkocsinál tehát, ahhoz, hogy teljesen elektromos működésűvé váljon számos módosítás elvégzésére volt szükség.

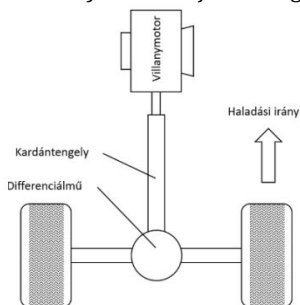
#### 3.1. Az alváz

Először is egy alváz kiválasztása volt szükséges. A tervezők választása egy teherautó alvázra esett, amely kellő teherbírással és mérettel rendelkezik ahhoz, hogy a 4x8 m méretű felépítményt ráhelyezzenek. A keretnél figyelembe kell venni továbbá a hungarocell szobrok vas vázának, a több ezer élővirágnak, gyeptéglának a tömegét is. Ahhoz, hogy stabilan állhassanak a szobrok, a keret felülről egy erősített deszkázat kerül.

Esetünkben a hagyományos tehergépjármű elemekre, mint például dízelmotor, kompresszor, hidraulika szivattyú, üzemanyagtartály, kormánykerék nem volt szükség a továbbiakban, így eltávolításra kerültek.

#### 3.2. Hajtás és kormányzás

Ahhoz, hogy a jármű újra működőképes legyen, az eltávolított elemek pótlására új eszközök kerültek beszerelésre. A kormányzásért, kormánykerék helyett aszinkronmotor és a dízelmotor helyett szintén villanymotor teljesít szolgálatot.



3. ábra. A virágkocsi meghajtása

A hajtásért felelős 18 kW teljesítményű aszinkronmotor az eredeti sebességváltón és kardántengelyen keresztül hajtja meg a differenciálművet, ezáltal biztosítva a kocsi haladását. A kormányzásért a kisebbik, 5 kW teljesítményű elektromotor a felelős. A működési elv a 4. ábrán [5] látható.

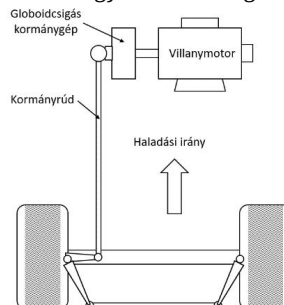
A villanymotor a globoidcsigás kormánygépen található pittman kar segítségével tolóerőt fejt ki a kormányrúdra, amely a tengelycsonkon elhelyezkedő kerekek elfordulását eredményezi. A pittman kar véghelyzeteinél egy-egy végállskapcsoló helyezkedik el, amik megszüntetik a villanymotor hajtását, így elkerülve a kormányzás mechanizmusának károsodását.

#### 3.3. Vezérlés

A motorok vezérlését inverterek, másnéven frekvenciaváltók alkalmazásával valósítjuk meg. Mivel háromfázisú aszinkron villanymotorokat használunk, így szükséges az akkumulátor egyenáramát váltakozóárammá átalakítani. A frekvenciaváltónak szolgáltatott megfelelő vezérlő jellel vezéreljük a villanymotorokat. Az analóg vezérlő jeleket "joystick"-ok, azaz potenciométerek mozgatásával kapjuk meg. A frekvenciaváltó eszerint a jel szerint, ami 0–10 V között változik a potenciométer állástól függően, megfelelően beállított frekvenciatarományt, ami jelenleg 0–50 Hz-ig terjed, tehát a 0V 0Hz-nek, míg 10V 50Hz-nek felel meg, ezáltal növeljük vagy csökkentjük a kocsi sebességét. A kormányzás is hasonló elven működik annyi különbséggel, hogy itt a különböző előjelű vezérlőjel minden esetben a beállított, maximális frekvenciával forgatja a kerekeket valamelyik irányba. A kormányzásért felelős joystick esetében tehát nem jelent semmit a kitérítés mértéke, csak az iránya.

#### 3.4. Energia visszatáplálás

A virágkocsi fékezéséről is gondoskodni kell, ez szintén a frekvenciaváltó nyújtotta lehetőségeknek köszönhetően egyszerűen megvalósítható. Az



4. ábra. Merevhidas futómű kormánymechanizmusa

indukciós motor esetében egyszerűen létrehozható a regenerálás. Ennek oka a motor működési elvéből következik. Ha megfelelő mechanikai nyomatékot hozunk létre a motor tengelyén, valamint a motor kapcsaira elektromos terhelést kötünk, akkor a Lorentz erő miatt a motor bordáiban áram indukálódik. Szerencsénkre a frekvenciaváltó rendelkezik beépített regeneratív fékezési funkcióval, így külső áramkör építése nélkül tudunk dolgozni. Ehhez a fékezési módhoz szükség van úgynevezett fékező ellenállásokra, ahol fékezés következtében létrejövő energia eldisszipálódik. A sok fékezés következtében probléma lépett fel a fékező ellenállás hűtésekor. Ennek a kiküszöböléseként az akkumulátort használjuk „fékező ellenállásként”, így fékezéskor közvetlenül töltődik az akkumulátor. A regenerálás hatásfoka viszonylag magas, a kerék és a motor közötti direkt kapcsolatnak köszönhetően ez 85–95%. A joystick karok rugóvisszatérítéssel rendelkeznek, így azok elengedése után középpállásba térnek vissza, ezáltal bekapcsol a fékező üzemmód így kocsik lelassul, majd megáll. Üzemen kívüli rögzítéshez, a teherautón eredetileg is megtalálható mechanikus fékek működtetésére van szükség.

### 3.5. Az áramforrás

A virágkocsiban a tápfeszültséget az egymással sorosan és párhuzamosan kapcsolt akkumulátor cellák biztosítják. A kocsik 2 eltérő feszültségű áramkört tartalmaz. A nagyfeszültségű kör 160 cellát foglal magába melyeknek a sorosan megvalósított összekapcsolása 640 V feszültséget szolgáltat. A kisfeszültségű kör 12 V feszültség értéket ad, itt 6 cella van sorosan és párhuzamosan kapcsolva úgy, hogy a feszültsége 12 V legyen. Ez szolgáltatja a tápfeszültséget a mágneskapcsolók számára, amelyek a nagyfeszültségű áramkört kapcsolják, hogy a kocsi áramtalanítása megtörténjen. A sofőr számára komfortérzet növelése érdekében egy mérőóra is került beszerelésre a vezetőfülkébe, így menet közben továbbá töltéskor is ellenőrizhető az akkumulátorok töltöttségi szintje. Mérőórás beszerelésére 2018 nyarának a folyamán került sor. Az említett órák töltöttségi feszültség szintet és töltési áramot képesek mérni. A feszültségmérő méréshatárának a kibővítésére előtét ellenállást alkalmaztunk. Ennek a fontossága miatt jelentkezett, mert az akkumulátorpakk összegzett maximális feszültsége 640 V míg a műszeré mindössze 300 V. A mérőóra méréshatára 10 A így annak a módosítására szükség nem volt. Mivel 640 V-ról van szó így kellő körületekintés és tervezés előzte meg a beépítést.

## 4. Fejlesztési lehetőségek

Az eddigi évek bizonyítják, hogy teljesen megbízható és biztonságos a kifejlesztett elektromos hajtású jármű. A fejlesztési tervek szerint a cellák töltöttségi szintjét akkumulátor felügyeleti rendszerrel kiegészítve lehetne szabályozni, amely egy teljesen automatizált rendszer. Ezzel kiküszöbölhető, a cellák jelenleg éves kötelező ellenőrzése. Jelenleg az autón vezetékek nélküli távirányíthatósága is a fejlesztés alatt van. Erre a feladatra való előkészítés komoly tervezést és szakértelmet igényel. Ezáltal a kocsin található kompozíciók élvezhetősége is tovább nő, mivel nincs szükség arra, hogy a jármű vezetője bent üljön a sofőrfülkében. Ahhoz, hogy a távirányítás augusztus 20-án élesben is bemutatkozzon a közönség előtt, a lehető legbiztonságosabbá kell tenni a járművet, például ultrahangos szenzorokkal szükséges felszerelni, többkörös fékrendszert kell alkalmazni. Előbbi megoldás fejlesztése jelenleg is zajlik, ugyanis komoly problémát jelent a kompozíciót alkotó növények leveleinek a belógása az érzékelési tartományba, emiatt nagyon sok hamis riasztást és vészfékezést produkál a virágkocsi. Továbbá a kompozíciók látványa mellé hanghatások is társulnak, ezek elindítása, megállítása, hangosítása, halkítása mind távirányítóról kell, hogy vezérelhető legyen. Ahhoz, hogy a hangzás ténylegesen élményt nyújtson fontos, hogy a közönség számára hallhatónak kell lennie, azaz olyan megoldást kell keresni, ami a hungarocell borításon keresztül is jól élvezhető.

## Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Debreceni virágkarneval. Történet. (2017. 08 10.). <http://debreceniviragkarneval.hu/tortenet/>
- [2] Dehir: Kétezer akkumulátor hajtja majd az egyetem virágkocsiját – videóval. (2016) <http://www.dehir.hu/debrecen/ketezer-akkumulator-hajtja-majd-az-egyetem-viragkocsijat/2016/07/18/>
- [3] Nemet G.: *Automobile Fuel Efficiency Standards. Historical Case Studies of Energy Technology Innovation* In: The global energy assessment. (Eds. Grubler A., Aguayo F., Gallagher K. S., Hekkert M., Jiang K., Mytelka L., Neij L., Nemet G., C. Wilson) Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- [4] Nealer R., Reichmuth D., Anair D.: *Cleaner Cars from Cradle to Grave. Union of Concerned Scientists*, 2015, 13.
- [5] Kádár L., Varga F., Kőfalusi P.: *Kormányrendszerek jellemző szerkezeti egységeinek elemzése*. (2014.)
- [6] Bartha I., Vitéz A. Cs., Husi G.: *Standard industrial inverter controlled drive chain for various type of EV*. (2014). <http://hdl.handle.net/2437/228136>

# TANANYAG- ÉS OKTATÁSSZERVEZÉS A MŰSZAKI KÉPZÉSEKBEN

## ORGANIZATION OF CURRICULUM AND EDUCATION IN TECHNICAL TRAINING

Bagyinszki Gyula<sup>1</sup>, Bitay Enikő<sup>2</sup>

Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Debrecen, Magyarország

<sup>1</sup> Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország, [bagyinszki.gyula@bgk.uni-obuda.hu](mailto:bagyinszki.gyula@bgk.uni-obuda.hu)

<sup>2</sup> Sapientia – Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Marosvásárhelyi Kar, Marosvásárhely, Románia, [ebitay@ms.sapientia.ro](mailto:ebitay@ms.sapientia.ro)

### Abstract

Proper management of the realization of the general and special training objectives of technical higher education makes it necessary to organize the curriculum and the educational process according to didactic, methodological aspects. Selection of curriculum elements with deductive and inductive approach and their horizontal and vertical arrangement are required. In addition, the curriculum concentration of a given subject, i.e. its connection to other subjects, must be taken into account. This article intends to add to this by raising some points.

**Keywords:** curriculum, deductive, inductive, horizontal, vertical.

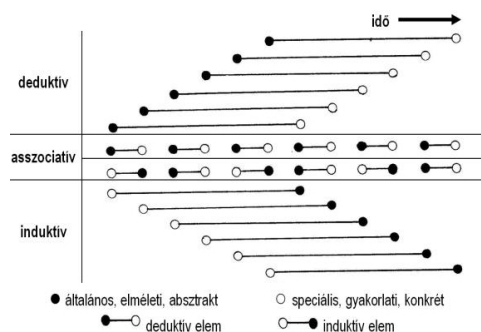
### Összefoglalás

A műszaki felsőoktatás általános és speciális képzési céljai megvalósításának helyes irányítása indokoltá teszi, hogy a tantervet és az oktatási folyamatot didaktikai, szakmódszertani szempontok szerint is szervezzük. Deduktív és induktív megközelítésű tananyagelemek kiválasztása, továbbá ezek horizontális és vertikális elrendezése válik szükségessé. Ezek mellett figyelembe kell venni az adott tantárgy tantervi koncentrációját, azaz más tantárgyakhoz való kapcsolódását is. Jelen cikk néhány szempont felvetésével kíván ehhez hozzájárulni.

**Kulcsszavak:** tanterv, deduktív, induktív, horizontális, vertikális.

## 1. Tananyagszervezés

A különböző szakirányokra, specializációkra való motiválás és előkészítés érdekében – a hozzájuk kötődő alaptárgyak keretében – célszerű a jellegzetes műszaki problémákat már a képzés kezdetétől bevenni a tantervi koncepcióba. Ezt szolgálják az asszociatív (egyesítő) tantervek illetve tananyagok. Lényegüket az **1. ábra** szemlélteti, összehasonlítva a két alapváltozattal: a deduktív (levezető, következtető) és az induktív (speciálisból általánosító) tantervekkel illetve tananyagokkal [1].



**1. ábra.** Tanterv illetve tananyag szerkezetek



A deduktív megközelítés tehát ismert igaz állításokból vezet újabb igaz állításokhoz következtetés útján, míg az induktív megismerés egyedi megfigyelések alapján fogalmaz meg általános érvényű szabályokat. Az utóbbi révén létrejött új tudás nem tekinthető teljes bizonyossággal abszolút igaznak, csak valószínűleg igaznak (hipotetikusnak), mivel véges (kevés) számú eset megfigyelése alapján történt az általánosítás. Az induktív megközelítés összetett folyamat, melynek legfontosabb elemei: analógia keresés, szabályindukció, ellenpélda állítás, bizonyítás. Például induktív út a színfémek kristályosodási folyamatának oktatása lehülési görbék felvétele illetve elemzése és a Gibbs-féle fázisszabály igazolása alapján. Deduktív útra példa a színfémek kristályosodási folyamatának oktatása adott lehülési görbe és a Gibbs-féle fázisszabály alapján. A deduktív eljárásra további példákkal is szolgál a 2. ábra [2].

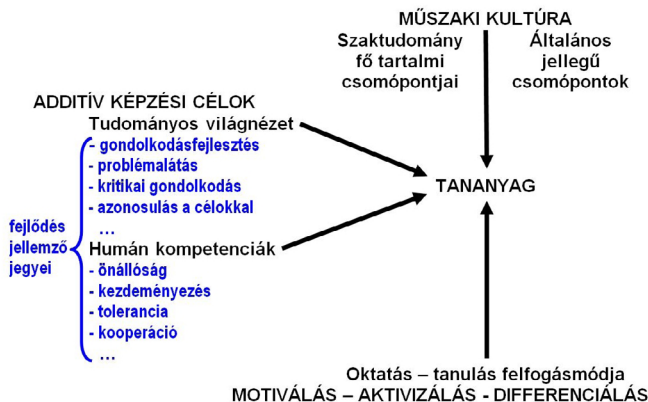
A 2. ábrán említett struktúrák oktatását célzó tananyag-feldolgozás szempont-rendszere a következő:

- alapelv, alapfogalmak;
- technológiai paraméterek és számítások;
- eljárások és berendezések;
- alkalmazhatóság, előnyök, hátrányok, gazdaságosság;
- minőségirányítás, szükséges és célszerű anyagvizsgálatok;
- biztonságtechnika, környezetvédelem;
- hazai vonatkozások, nemzetközi összehasonlítás.

A tanítási tartalom kiválasztása és szervezése egyre inkább szakértői munkává, így minden szaktanár és oktatókollektíva feladatává válik, különféle tényezőcsoportok mérlegelésével (3. ábra) [3].

	I.	II.	III.
Lépések	Az előzetes ismeretek felfrissítése, új rendszerre szervezése. (pl. alakváltozás mechanizmusának átismétlése)	Új fogalmak, alapelvek, alapszabályok kialakítása. A technológiák alapelveinek oktatása. (pl. képlekenyalakítás elvének feldolgozása)	Az új ismeretek alkalmazása, az egyedi gyártástechnológiák oktatása. (pl. hengerlés, kovácsolás, ... technológiáinak ismertetése)
Módszerek	Kérdésekkel feltárni az előzetes ismeretek szintjét. Kiegészíteni az ismereteket beszélgetéssel, feladatmegoldással.	Tanári magyarázat és szemléltetés, esetenként üzemlátogatás az új ismeretek feldolgozásában. Feladatrendszeres oktatás az alkalmazás fázisában.	Tanári magyarázat, beszélgetés. Önálló ismeretfeldolgozás irányító kérdéssor alapján szakkönyvből. Önálló alkalmazás: feladatok kidolgozása.
Eredmények	Új jártasságok az alapismeretek alkalmazásában.	Új fogalmak, összefüggések, elvek, struktúrák elsajátítása.	Jártasság a technológiai ismeretek alkalmazásában.

2. ábra. Deduktív tananyag-feldolgozás



3. ábra. A tananyag-kiválasztás befolyásoló tényezői

Az első tényező-csoportba tartozó additív képzési célok két kategóriája a tudományos „világnézet” és a humán kompetenciák, amelyek a tanítási-tanulási folyamat szervezése számára kellő stabilitást biztosítanak, ugyanakkor rugalmasan teret engednek a bekövetkező változások, megjelenő újdonságok befogadására, bizonyítandó az oktatásszervezés haladás-pártiságát és alkalmazkodó képességét. Ezek a célok sohasem egyirányú meghatározottságot jelentenek, hanem az oktatási eredmények, illetve minőségügyi folyamatok felől visszajövő jelzések regulatív (szabályozó) hatásait is magukba foglalják.

A második tényező-csoportot a műszaki kultúra fogalma foglalja össze, mint a szaktudományok és az anyagi, érintkezési (szociális) illetve szellemi objektívációkhoz való viszonyok összessége; azaz mindig dolgok (értékek) és tevékenységek (eredeti alkotás, gyakorlati használat, újraalkotó megformálás, elsajátítás, stb.) együttese.

A harmadik tényező-csoport az oktatás-tanulás felfogásmódja, amelynek a tananyagban való kifejezése hozzájárul ahhoz, hogy az egymástól igen különböző képességű, motivációjú, érdeklődésű hallgatók az elvárásoknak megfelelő és saját érdekeiket kielégítő módon tanulhassanak [3].

## 2. Oktatásszervezés

Az elvszerűen kiválasztott tananyagot meghatározott szempontok szerint osztályozni kell, mert csak így körvonalazódnak főbb szektorai, amelyek azután az oktatási-tanulási folyamat alapját képezhetik. A globálisan megjelölt műveltségi tartalmat tehát megfelelően el kell rendezni. Ezt az elrendezést alapvetően két irányból: horizontális és vertikális irányból lehet megközelíteni.

A vertikális megközelítés a tananyag konstrukciójában mutatkozó egymásutániséget kívánja realizálni, s az elrendezésnek ez az iránya szoros

kapcsolatban van magával az oktatási rendszerrel, valamint a képzés szisztémájával. [4]

A horizontális megközelítés azt jelenti, hogy a tananyag egymás mellé rendelt és egymással kapcsolatban. lévő kisebb-nagyobb tömbjei a képzési folyamat irányítása szempontjából milyen témaegységekbe sorolhatók be. A horizontális elrendezés szoros összefüggésben van magának a tananyagnak a kiválasztásával, melynek struktúráját a 4. ábra szemlélteti.

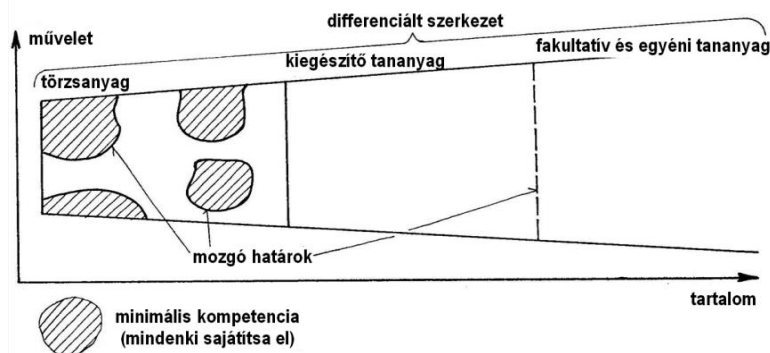
A tantárgy és annak tananyaga nem valamely tudomány kibővített változata, másolata, hanem a hallgatók leendő pályájára való – tudományos igényű és ugyanakkor gyakorlati hatékonyságú – eligazításának eszköze.

Egy korszerű tanterv nem elszigetelt tantárgyi rendszerben gondolkodik, hanem tantárgyblokkok (modulok) – egymással összefüggő tantárgyak olyan magasabb egységei, amelyekben megmarad az egységet alkotó tárgyak relatív önállósága – rendszerének kialakítására törekszik.

Az egyes tantárgyak témáinak tanítása az egész blokk belső logikájának alárendelve történik és ez megköveteli a különböző szakterületű tanárok együttműködését [3].

Fontos szerepe van a tanterv készítésekor, ill. a tananyag kiválasztásakor a tantervi koncentrációnak, azaz fel kell térképezni a különböző tantárgyak kapcsolatait, hogy valamely tantárgyban bizonyos ismeretek feldolgozásához más tárgyakból szükséges meghatározott ismeretek mikor és milyen részletességgel kerülnek feldolgozásra.

Ez szükséges ahhoz, hogy a már meglévő ismeretekre építeni tudjunk és ezáltal elkerüljük a felesleges ismétlést (ami időigényes) illetve a még nem meglévő ismeretek feltétlenül szükséges hányadát [5] beépítsük az adott tantárgy anyagába. Az 5. ábrán példaképpen két szakmai alapozó tárgy tantervi koncentrációjának tartalmi kivonata látható.



4. ábra. A tananyag struktúrája

<b>MATEMATIKA</b> vektoralgebra alapfogalmai, egyenest és sík analitikus geometriája, mátrixszámítás, tenzoralkgebra, differenciálszámítás és alkalmazásai, integrálszámítás és alkalmazásai függvényanalízis	<b>ANYAGTUUDOMÁNY</b> Anyagszerkezet: makro-, mikro-, kristály- és atomi szerkezet Anyagszerkezet vizsgálatok: vizuális, roncsolásmentes, mikroszkópi és elektronmikroszkópi	<b>ANYAGTECHNOLÓGIA</b> Anyagelőállítás: bioanyag-feldolgozás, műanyaggyártás, fémkohászat, kerámiagyártás	<b>MECHANIKA</b> feszültségi állapotok, alakváltozási állapotok, alakváltozási energia, egyenértékű feszültség, merevségre méretezés, szilárdságra méretezés
	Anyagválaszték: bioanyagok, műanyagok, fémek, kerámiák, kompozitok	Alakadó technológiák: öntészet, porkohászat és szinterkerámia-gyártás, alakítás, forgácsolás, vágás	
<b>MÉRNÖKI FIZIKA</b> modellalkotás, statisztikai szemlélet, anyag atomos szerkezete, szabadelektromágneses hullámok, szilárdtestfizika, hőtan, elektromosságtan, mágnességtan, optika, akusztika	Anyagtulajdonságok: mechanikai, termikus, elektromos, mágneses, optikai, akusztikai Szakítóvizsgálat és keménységmérés; Fizikai tulajdonságok vizsgálata	Kötőtechnológiák: hegesztés, forrasztás, ragasztás, mechanikus kötés	<b>GÉPELEMEK</b> vetületi ábrázolás, műhelyrajz, konstrukciós tervezés és anyag kiválasztás, hegesztett kapcsolatok kialakítása, kötőelemek és alkalmazásuk
	Anyagok megmunkálhatósága öntéssel, szintereléssel, alakítással, forgácsolással, vágással, hegesztéssel, forrasztással, ragasztással, hőkezeléssel, felületkezeléssel Technológiai próbák	Anyagszerkezet-módosító technológiák: monolitanyag-módosítás (habosítás, filcesítés), kompozitgyártás, hőkezelés, felületkezelés	
<b>MŰSZAKI KÉMIA</b> szerves és szervetlen kémia, kémiai kötések, egyensúlyok, reakciók és egyenleteik	Anyagok károsodásállósága: kúszás-, fáradás-, törés-, kopás-, korrózió-, hő-, biokárosodás-, öregedésállóság	Technológiatervezés információforrásai és módszerei	<b>ÁLTALÁNOS GÉPTAN</b> fizikai mennyiségek és mértékegységek, fizikai és tapasztalati törvények, modellek, mérnöki alpmérések
<b>BIOLÓGIA</b> sejttan, szövettan, szervtan, morfológia	Anyagkiválasztás tervezési, biztonsági, szabványügyi, minőségügyi, ökonómiai, ökológiai szempontjai	Technológiai gépesítése, robotosítása, automatizálása	<b>INFORMATIKA</b> adatfeldolgozás, adatbázisok, tervezési algoritmusok

5. ábra. Anyagtudomány és Anyagtechnológia tantárgyak tantervi koncentrációjának tartalmi kivonata

### 3. Következtetések

A felvázolt szempontok és bemutatott példák egyfajta mintául szolgálhatnak a műszaki képzés illetve tananyaga szervezéséhez, nem hagyva figyelmen kívül azt, hogy az egyes tudományágak kellő súlyú „megjelenítése” alapos háttértudást és rendszerező készséget igényel. Jelen cikk ehhez néhány gondolatébresztő felvetéssel kíván „motivációt” adni.

### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Lévai Z.: *A mérnökképzés algoritmusai és analógiái*. Felsőoktatási Szemle, 1988/5. 257–261.

- [2] Simon Béláné: *Mérnökpedagógiai eljárások az Anyag- és gyártásismeret tanítás-tanuláshoz*. BMF Báncsi Donát Gépészmérnöki Főiskolai Kar, Budapest, 2002.
- [3] Báthory Z.: *Tanulás és tanítás*. Tankönyvkiadó, Budapest, 1987.
- [4] Nagy S.: *Az oktatásméltélt alapkérdései*. Tankönyvkiadó, Budapest, 1988.
- [5] Bitay E., Bagyinszki Gy.: *A műszaki anyagtudomány gyakorlatorientált oktatási struktúrája*. In: Fíatal műszakiak tudományos ülésszaka XVI., Kolozsvár/Cluj, Románia, Műszaki Tudományos Füzetek 2011. 47–58.  
<https://eda.eme.ro/handle/10598/14000>

# TÉRDPROTÉZIS GEOMETRIA FEJLESZTÉSE ÉS VIZSGÁLATA

## DEVELOPMENT AND EXAMINATION OF A KNEE PROSTHESIS GEOMETRY

Balassa Gábor Péter

*Szent István Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Mechanikai és Géptani Intézet, Mechanika és Műszaki Ábrázolás Tanszék, Gödöllő, Magyarország, balassa.gabor.peter@hallgato.szie.hu*

### Abstract

The necessity of the knee prosthesis confirmed by the large increase in the number of patients suffering from arthrosis, which is a present-day disease. Despite of the need doesn't exist optimal knee prosthesis. Nowadays the development of the knee prostheses are takes place. It is very difficult to define the geometry with traditional methods, because the movement conditions that created by the prostheses should be similar of the movements of the human knee. During previous researches the biomechanical research team of the Szent Istvan University is defined with experimental measurements the healthy human knee joint movement. In this paper I would like to introduce a method of prosthesis geometry development. As a result a knee prosthesis geometry was created which is approaching the movement form of the real human knee joint.

**Keywords:** *knee, kinematics, prosthesis, experimental apparatus.*

### Összefoglalás

A térdprotézis szükségességét a napjaink népbetegségének számító arthrózisban szenvedő betegek számának nagymértékű növekedése igazolja. Az igény ellenére jelenleg nem létezik optimális térdprotézis. A térdprotézisek fejlesztése napjainkban is zajlik. Geometriáját igen nehézkes a hagyományos módszerekkel meghatározni, mivel a protézisek által létrehozott mozgásvizonyoknak hasonlítaniuk kell az emberi térd által megvalósított mozgásokra. A Szent István Egyetem Biomechanikai Kutatócsoportja korábbi munkái során kísérleti mérések segítségével meghatározta az egészséges emberi térdízület mozgását. Jelen dolgozatban azt a protézis geometria fejlesztési módszert kívánom bemutatni, amely eredményeként egy olyan térdprotézis jött létre, amely a valódi emberi térdízületi mozgásformát kiválóan közelíti.

**Kulcsszavak:** *térd, kinematika, protézis, kísérleti vizsgálóberendezés.*

### 1. Bevezetés, célkitűzés

Napjaink egyik jelentős ortopédiai problémája a térdízületben keletkező degeneratív kopás (arthrózis) megfelelő kezelése A megfelelő kezelési eljárás a teljes felszínpótló térdprotézis beültetése. Sajnos jelenleg nem áll rendelkezésre olyan térdprotézis, amely hosszú távon a páciens életminőségét javítaná, mivel megváltoztatják az ízület eredeti kinematikáját [1]. A térdprotéziseknek sokféle követelménynek kellene megfelelniük, amelyek közül a speciális mozgásvizonyok mostanáig sincsenek teljesítve.

Jelen tanulmány célja annak a módszernek a bemutatása, amely egy egyedi térdprotézis geometria fejlesztésére került kidolgozásra.

A térdprotézis által létrehozott mozgást a térdízületre jellemző, egymással kapcsolódó többször görbült felületek egymáshoz viszonyított elmozdulása biztosítja. A térdprotézis geometriai fejlesztéséhez és vizsgálatához kiindulásképp egy használt protézis geometriáját módosítom. A tervezéshez parametrizált 3D modellezést és felületmodellezést alkalmazok.

Az így létrejött modellt CNC marási technológiával legyártom, majd a Szent István Egyetem



Biomechanikai Kutatócsoportjának protézismínősítő berendezésével minősíttem. A minősítés alapja a térdprotézis által létrehozott mozgás és az ugyanezen a berendezésen mért emberi térdízület mozgásviszonyainak a különbsége.

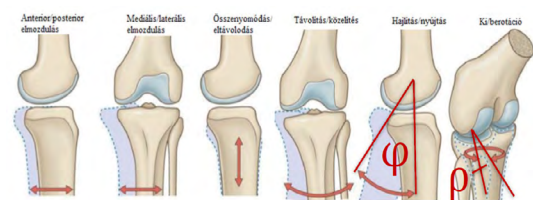
Az eljárás célja, egy olyan térdprotézis létrehozása, amely az emberi térdízület által elvárt mozgást valósítja meg.

### 1.1. A térdmozgások és a célfüggvény

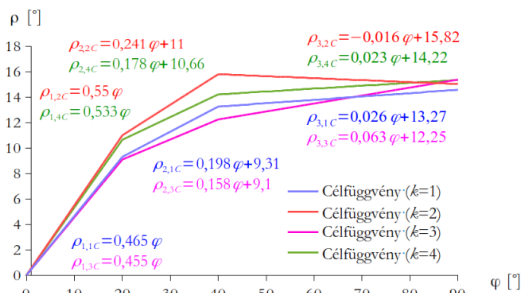
A térdízület az emberi ízületek közül a legbonyolultabb. A térdízület forgócsukló ízület, 6 szabadságfokkal rendelkezik [2], mozgáslehetőségeit az 1. ábra mutatja.

Kutatómunkám során a térdízület mozgásformái közül a flexió és a rotáció egymáshoz viszonyított értékei fontosak. A rotációs mozgást két részre lehet bontani, az akaratlagos, és az önkéntelen rotációra. Az önkéntelen rotáció nem izomműködés eredménye [3]. A lábszár hajlítása kismértékű befelé forgatással kezdődik, és egyértelműen a lábszár nyújtása is kifelé forgatással kezdődik. Az akaratlagos rotáció a behajlított térdízület sajátossága.

A természetes térd combcsonti (femorális) komponensén a középvonaltól kifelé (laterális) és középvonaltól befelé (mediális) ízületi felszínének aszimmetriája miatt be- és kihajlítás során a laterális felszín nagyobb utat jár be, mint a mediális felszín. Kutatócsoportunk és a velünk kapcsolatban levő orvos-kutatócsoportok hipotézise szerint is



1. ábra. A térdízület mozgáslehetőségei [4]



2. ábra. Az egészséges emberi térdízület mozgását leíró célfüggvény [6, 7]

ez a geometriai sajátosság okozza a sípcsont elfordulását, a kifelé és befelé rotációt.

A Szent István Egyetem Biomechanikai Kutatócsoportja munkájuk során meghatározta az egészséges emberi térdízület kinematikáját leíró mozgásfüggvényt. Ehhez cadaver térdeken végzett vizsgálatokat egy kísérleti vizsgálóberendezés [5] segítségével.

E célfüggvény (2. ábra) eredménye, mint bemeneti paraméter szolgál a térdprotézis geometria fejlesztéshez. Mivel a rotációs mozgás két részre bontható, valamit a két jól elkülönülő mozgásforma között egy átmeneti szakasz is található, így lehetőség van a mozgást trilineáris függvényekkel közelíteni.

## 2. Anyag és módszer

A következőkben bemutatom a Kutatócsoportunk által fejlesztett térdprotézis vizsgáló berendezést. A cadaver térdek vizsgálatához kifejlesztett berendezés nem volt alkalmas térdprotézisek vizsgálatára, így vált szükségessé egy protézis vizsgáló rendszer kialakítása.

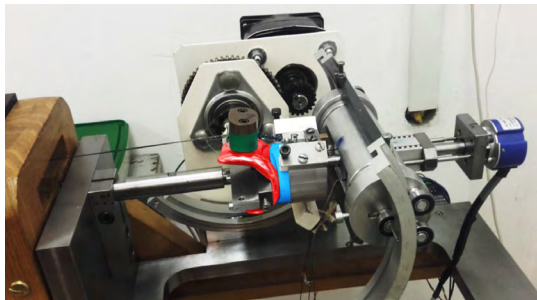
### 2.1. A térdprotézis vizsgáló berendezés

A készülék fő egységei a protézisvizsgáló rész illetve a protézis felületek egymáson való legördítését és mozgását végző mozgató mechanizmus. A mozgatót léptetőmotor biztosítja, mindeközben a berendezésben inkrementális forgásjeladók rögzítik a hajlítási szögeket és a hozzájuk tartozó lábszárcsonti elfordulás értékeit. A mérőberendezés biztosítja a 6 szabadságfokú mozgást kétoldali vezetőpályájával. A mozgó tengely csupán a szükséges behajlítást végzi el a léptetőmotor segítségével, a tibiális komponens szabadon engedi mozogni. A szükséges érintkezés fenntartásához a négyfejű combizom gumizom modellként került beépítésre.

Az erőmérő cellával mérhető a behajlítás során keletkező erő. A mérések során mindig 120N előterheléssel pozicionálom a protézis komponenseket egymáshoz. Az erőmérő cellával mérhető erőt a behajlítás tartományában monitoroztam Spider 8 mérőadatgyűjtő rendszerrel. A 3. ábrán látható a protézis vizsgáló berendezés, piros színnel jelölve a térdprotézis combcsonti komponense, illetve kézzel a lábszárcsonti komponens.

A mérési folyamatot leíró főbb paraméterek:

- előterhelés: 120N;
- mozgástartomány: 0° – 120°;
- forgás-jeladók felbontása: 0,18°.



**3. ábra.** A térdprotézisek kinematikai vizsgálatához kifejlesztett kísérleti berendezés

## 2.2. A térdprotézis geometria fejlesztési módszere

A saját térdprotézis geometria fejlesztése során kiindulási paraméterként egy napjainkban is beépítésre kerülő, kereskedelmi forgalomban kapható térdprotézist választok.

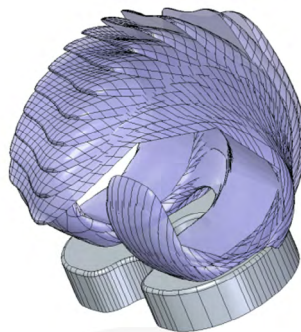
A fejlesztés során a combcsonti komponenszt állandónak tekintem, és ehhez készítek egy új lábszárcsonti komponenszt. Azért alkalmazom ezt a módszert, ugyanis a tapasztalatok szerint a combcsonti komponens geometriája elfogadott, jellemzően a lábszárcsonti komponens geometriája okozza a problémát, így én is ezt fejlesztem. A **4. ábrán** látható a protézis két komponense.

A geometriai fejlesztés során azt a hipotézist alkalmaztam, miszerint egy átlagosnak tekinthető combcsonti protézis komponenshez megfelelő fejlesztési eljárás segítségével tervezhető olyan lábszárcsonti komponens, amelyek együttesen irányított mozgást hoznak létre.

A femorális és tibiális komponenseket összekényszerzem a modell térben a vizsgálóberendezés modellje által megvalósított körülmények szerint, majd a tibiális komponenszt végigvezetem a femorális komponensen a megvalósítandó függvénykapcsolatok szerint. A geometria fejlesztés bemeneti paramétere a **2. ábrán** látható  $k = 1$  célfüggvény volt. Végezetül a felületeket kivontam egymásból az **5. ábrán** látható módon  $10^\circ$ -onként egymásba forgatva.



**4. ábra.** Kereskedelmi forgalomban kapható térdprotézis



**5. ábra.** A protézis geometriák egymásba forgatása

## 2.3. A legyártott térdprotézis

A fent ismertetett módszerrel kifejlesztett 3 dimenziós CAD modellből a térdprotézis tibiális komponensét CNC marógépen állítottam elő (**6 ábra**).

Így a protézis azonos technológiával készült, mint a napjainkban is beépítésre kerülő térdimplantátumok. A lábszárcsonti térdprotézis komponens anyagául UHW-PE polimert választottam. Ezt alkalmazzák a valódi térdprotézisek esetében is, biztosítva a kellő mechanikai ellenálló képességet.

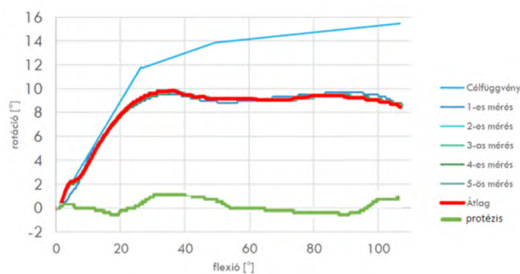
## 3. Eredmények és összefoglalás

Az ily módon előállított térdprotézist kísérleti mérősorozatnak vetettem alá a **3. ábrán** bemutatott térdprotézis vizsgáló berendezés segítségével. A mérések előtt a vizsgálóberendezés ellenőrző kalibrálását hajtottam végre, majd a **4. ábrán** látható használt térdprotézisen végeztem mérést.

Jól látható, hogy a kereskedelmi forgalomban kapható térdprotézisen nem valósul meg rotáció. A vizsgált tibiális komponens felületét tekintve szimmetrikus kialakítású volt.



**6. ábra.** CNC marással előállított lábszárcsonti térdprotézis komponens



7. ábra. Kísérleti mérési eredmények

Kísérleti méréseimet ötszörös ismétléssel végeztem. A kifejlesztett geometria vizsgálatát a cadaver térdek alapján meghatározott célfüggvényhez képest minősítem. A mérések során a protézis komponensek alaphelyzetbe állítása nem volt szükséges, mivel a geometria visszatért a kiindulási pozíciójába. Így hajlítás és nyújtás ciklusokat is vizsgálhattam. Ez a jelenség korábbi munkáink során nem volt tapasztalható [8].

#### 4. Következtetések

Jelen dolgozat egy hipotézist mutat be a térdprotézis geometriák kinematikai alapú fejlesztésére vonatkozóan. A két protézis komponenst egymáshoz kényszerezzük olyan módon, ahogyan az a célfüggvény szerint valóban mozogna. Majd az így kialakuló felületmetszeteket egymásból kivonjuk. A létrejött felületek között nem alakul ki alakzáró kapcsolat és képesek egymáson elcsúszni, mégis képesek közelíteni a célfüggvényt. Kutatásunk eredményének jelentősége abban rejlik, hogy a napjainkban beépítésre kerülő protézis geometriák rendkívül csekély rotációt hoznak létre. Kutatócsoportunk több kísérleti protézis

geometriai fejlesztési eljárást is kidolgozott [8], de a jelen tanulmányban bemutatott eredmény jellemben tekintve közelíti eddig legjobban a valódi térdmozgást.

Továbbfejlesztési lehetőségként a geometriát meg kell vizsgálni kopásállóság szempontjából is. Amennyiben e szempontból is megfelel, úgy a gyakorlati alkalmazására is lehetőség nyílik.

#### Szakirodalmi hivatkozások:

- [1] Ostermeier S., Hurschler C., Stukenborg-Colsman C.: *Quadriceps function after TKA – an in vitro study in a knee kinematic simulator*. Clinical Biomechanics 19. (2004) 270–276.
- [2] Grood E. S., Suntay W. J.: *A joint coordinate system for the clinical description of three-dimensional motions: application to the knee*. Journal of Biomechanical Engineering. 105/2. (1983) 136–144. <https://doi.org/10.1115/1.3138397>
- [3] Miltényi M.: *A sportmozgások anatómiai alapjai*. Budapest, 1980. 164–185.
- [4] Standring S.: *Gray's Anatomy, The anatomical basis of clinical practice*. Spain, Churchill-Livingstone-Elsevier Press, 40<sup>th</sup> Edition, 2008. 4300–4354.
- [5] Szakál Z.: *Mérőberendezés térdízület mozgásvizsgálatához*. GÉP 57/1. (2006) 37–40.
- [6] Katona G., Csizmadia M. B., Andrónyi K.: *Determination of reference function to knee prosthesis rating*. Biomechanica Hungarica 6/1. (2013) 293–301.
- [7] Katona G., Csizmadia M. B., Balassa G.: *Az egészséges emberi térdízület kinematikáját leíró „célfüggvény” létrehozása*. Biomechanica Hungarica 10/1. (2017) 9–21.
- [8] Kopcsányi G., Balassa G.P., Oldal I.: *Térdprotézis kinematikájának javítása evolúciós algoritmus alkalmazásával*. Biomechanica Hungarica 10/1. (2017) 65–73.

# LEHETSÉGES CISCO ALAPÚ TŰZFALVÉDELMI MEGOLDÁSOK AZ OKTATÁSI INTÉZMÉNYEKBEN

## POSSIBLE CISCO BASED FIRE PROTECTION SOLUTIONS IN EDUCATION INSTITUTIONS

Bálint Krisztián

Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola, Budapest, Magyarország,  
[balint.krisztian@phd.uni-obuda.hu](mailto:balint.krisztian@phd.uni-obuda.hu)

### Abstract

Solutions based on Cisco firewall protection provide numerous possibilities, by which the abundant quantity of data, necessary for the operation on an educational institute could be protected on a more efficient level. Firstly, the data phishing can be complicated by the constitution of a virtual network. The IDPS-based access system enables the management center to timely identify a potential threat. Furthermore, the Cisco-type firewall of a new generation is able to verify the encrypted data, in a way by avoiding decoding and listening into the communication itself. The AAA framework is also an imperative, as in case of a network, control of access is of utmost importance.

**Keywords:** data security, educational institute, Cisco.

### Összefoglalás

A Cisco alapú tűzfalvédelmi megoldások számos olyan lehetőséget nyújtanak, amelyek által hatékonyabban lehetne megvédeni az iskola működéséhez szükséges szerteágazó adatmennyiséget. Először is virtuális hálózat létrehozásával megnehezíthető az adathalászok dolga. Az IDPS alapú behatolási rendszer lehetővé teszi azt, hogy a menedzsmentközpont időben észrevegye a lehetséges veszélyt. Továbbá a Cisco új generációs tűzfala ellenőrizni tudja a titkosított adatokat, úgy, hogy közben nem végez dekódolást, nem hallgat bele a kommunikációba. Egy iskola esetében az AAA keretrendszer sem elhanyagolható, hiszen egy hálózatban elengedhetetlenül fontos az, hogy a hozzáférés szabályozva legyen.

**Kulcsszavak:** adatbiztonság, oktatási intézmény, Cisco.

### 1. Bevezetés

A modern tűzfalak nagy előnye, hogy számos bevált technológiát egyesítenek egy platformon, ez által átfogó biztonsági megoldásokat nyújtanak. Ilyen modern tűzfal a CISCO ASA (Adaptive Security Appliance – Adaptív Biztonsági Eszköz) is. Ezt az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra. Cisco ASA tűzfal

A Cisco rendszereket feltételezhetően hatékonyan lehetne használni az oktatási intézményekben is.

### 2. Cisco alapú tűzfalvédelmi megoldások

A Cisco ASA NGFW (Next-Generation Firewalls / Új generációs tűzfal) számos olyan biztonsági szolgáltatást nyújt, mint az:

– SSL (Secure Socket Layer) egy olyan protokoll, amely a webböngészés alatt biztosítja a biztonságos kommunikációt a kliens (a honlap látogatójának a böngészője) és a szerver (a honlapot kiszolgáló tárhely) között. Az SSL kapcsolat nélküli honlapok esetében a jelszavak és a felhasználói



nálónevek titkosítatlanul (egyszerű szöveggént) kerülnek továbbításra a két fél között, ami azt jelenti, hogy ha bárki elkapja ezt az információt, akkor könnyedén kiolvashatja belőle a felhasználónevünket és a jelszavunkat. Az SSL kapcsolat használata esetén az adatok titkosítva kerülnek továbbításra, ami azt jelenti, hogy még ha el is kapja valaki őket, akkor sem fogja tudni megszerezni a számunkra kényes információkat. A legegyszerűbben onnan tudható, hogy SSL kapcsolaton keresztül zajlik a kommunikáció, hogy az adott honlap címe nem http-vel kezdődik, hanem https-sel [1].

– **IPsec** (Internet Protocol Security) a kódolási rendszerben valamilyen módon megoldást kell találni a kulcsok cseréjére; –Az IPsec esetében ezt az IKE (Internet Key Exchange) algoritmus oldja meg. Kezeli és elosztja a kulcsokat, továbbá beállítja az SA-t (Security Association), azaz a kapcsolat paramétereit. A kulcscserén kívül a forgalom védelmét is biztosítja az IPsec, erre alkalmas az AH (Authentication Header) protokoll. Egy hash függvény segítségével lenyomat készül a csomagról, majd miután a csomag célba ért, a lenyomat újbóli elkészítésével eldönthető, hogy sértetlen maradt-e az átvitt adat. Az AH utódja az ESP (Encapsulating Security Protocol) protokoll, mely az előbbieken túl titkosításra is képes a DES, 3DES ill. AES algoritmusok segítségével. Transzport módban az AH/ESP fejléc az IP csomag eredeti fejléce mögé kerül be. Tunnel módban teljesen új IP csomag jön létre, amelynek új fejléce van, ezt követi az AH/ESP fejléc, majd az eredeti IP csomag. Ezáltal lehetőség van arra, hogy például a routerek IPsec proxy funkciót lássanak el, ami azt jelenti, hogy a hostok helyett ők végzik el a titkosítást, illetve a dekódolást. A kliens gépeken nem szükséges IPsec-hez kapcsolódó semmilyen feldolgozás, csak az IPsec átjáró elérését kell biztosítani. A támadó nem tudja, hogy hova lettek címezve a csomagok, mindössze azt ismeri, hogy mely két átjáró között haladt át [2]. Az 1. táblázat a IPsec beállításának parancssorait mutatja be.

#### 1. táblázat. IPsec beállítás [3]

```
R1(config)#crypto ipsec transform-set MySet esp-
3des-esp-sha-hmac
R1(cfg-crypto-trans)#mode transport
R1(config)#crypto dynamic-map MyMap 10
R1(config-crypto-map)#set transform-set MySet
R1(config)#crypto map L2TP-Map 10 ipsec-isakmp
dynamic MyMap
R1(config)#interface FastEthernet0/0
R1(config)#crypto map L2TP-Map
```

– **VPN** (Virtual Private Network) a „virtuális magánhálózat” eredetileg két hálózat, az Interneten keresztül összekötésére kidolgozott technika. Előnye, hogy a VPN teljes hálózatok összekötésére, munkaállomás-hálózat kapcsolat kiépítésére egyaránt alkalmas. A saját internet-szolgáltatónak nem áll rendelkezésére információ mely oldal került meglátogatásra. Nyilvános WiFi hálózat használata esetén megnehezíti az adathalászok dolgát (ez nélkül a dolguk nagyon egyszerű). A meglátogatott webszerverek abból az országból érkeznek tekintenek, ahol a szolgáltató szervere van. Hátrányként fogalmazható meg a lassabb internetelés [4]. A VPN lehetővé teszi a belső erőforrásokhoz történő hozzáférést a távmunkát végzők számára. A forrás és a cél közti összes kommunikációt titkosítja a biztonságos beágyazást használó protokoll. Ez a biztonságos csomag kerül továbbításra a hálózaton. A célállomáshoz megérkezve a csomagot kicsomagolják és visszaállítják a titkosítatlan tartalmat. [5].

– **IDPS** behatolás megelőzés Az informatikai rendszereket gyakran érik különböző támadások, kívülről vagy belülről próbálnak illetéktelenül hozzáférni a hálózathoz, kisebb-nagyobb károkat okozva ezzel. A behatolás megelőző rendszerek célja, hogy észleljék és szükség esetén beavatkozással megakadályozzák az ilyen helyzeteket, valamint értesítést küldjenek az eseményről a menedzsmentközpont felé [6].

A tűzfal lehetőséget biztosít az SSL és IPsec alapú teljes hálózati távvezérlésre. A hálózati rétegben működő, teljes értékű távoli felhasználói kapcsolatot biztosít gyakorlatilag bármely alkalmazáshoz vagy hálózati erőforráshoz. A hálózatelért a Cisco SSL VPN-klines, vagy a Cisco IPsec VPN klinsprogram biztosítja.

### 3. Cisco AAA (Authentication, Authorization, and Accounting) keretrendszere

Egy hálózatban elengedhetetlenül fontos, hogy a hozzáférés szabályozva legyen. Szükségszerű a jogokat pontosan beállítani, valamint azt, hogy a különböző tevékenységek nyilván legyenek tartva. Ennek a komplex megvalósítása történhet az AAA keretrendszer segítségével. A hitelesítés, feljogosítás és tevékenység-nyilvántartás egységes rendszert valósít meg. Ezek történhetnek helyben az adott hálózati eszközön (routeren), vagy egy külső szerveren.

A hozzáférés-vezérlés a szerver és az AAA mechanizmus segítségével valósul meg. Az AAA

mechanizmus központi eszköz a teljes hálózati hozzáférési megoldás központosítására. Az AAA 3 feladatot lát el, úgy mint:

- azonosítás;
- jogosultságkezelés;
- könyvelés.

A helyileg beállított kezelési szabályok lehetővé teszik a router számára, hogy kommunikáljon a hálózatba telepített radius szerverrel. Az eszközöket a felhasználók hitelesítik, valamint engedélyezik a rajtuk végzett munkát. Első lépésként a radius szervert telepíteni kell a szerveregységen, majd pedig UDP kapcsolat által össze kell kötni a szervert a Cisco egységgel. A [2. táblázat](#) a hozzáféréshez-vezérlés beállításait szemlélteti:

## 2. táblázat. AAA beállítás [7]

```
Router2911(config)#aaa new-model
Router2911(config)#radius-server host x.x.x.x /ip
Router2911(config)#aaa authentication login default
radius local
Router2911(config)#aaa authentication attempts login 3
Router2911(config)#aaa authorization exec default
radius
Router2911(config)#aaa authorization commands
default radius
Router2911(config)#aaa accounting exec default
start-stop
Router2911(config)#aaa accounting commands default
start-stop
```

## 4. Cisco alapú háromszintű biztonsági védelem

Cisco Cloud Email Security csatlomány és URL ellenőrzést végez, blokkolva a jelszóhalászt lin-

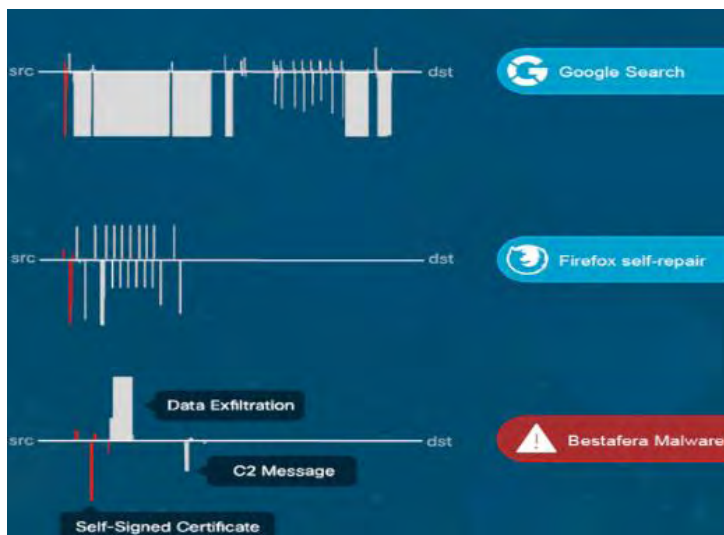
keket és ransomware állományokat. Mélyebb elemzéssel proxyként, kép formában megjeleníti a meglátogatni kívánt, gyanús oldalt, melynek valódi megnyitására a vizuális információ ismeretében dönthet a felhasználó.

A védelem második rétegét a DNS-webproxy funkciót nyújtó Cisco Umbrella rendszere szolgáltatja. A Cisco Umbrella egy biztonságos Internet átjáró, ún. Secure Internet Gateway. Alkalmazásával a mobil végpontok is védhetővé válnak, mely feladat a nagyvállalati rendszer elhagyását követően válik különösen fontossá. A rendszer automatikusan észleli, ha kilépett a felhasználó a megbízható hálózathoz, így adatai továbbra is nagyvállalati szintű védelmet kapnak.

Végül a retrospektív védelmi megoldást nyújtó Cisco AMP (Advanced Malware Protection) minden, a hálózaton beengedett állományt nyommon követ, és ha később fertőzöttnek bizonyul, arról haladéktalanul értesíti és izolálja az érintetteket. Ez azért különösen fontos, mert enélkül akár hónapokig is rejtve maradhat egy fertőzés. A Cisco Advanced Malware Protection ezzel szemben átlagosan alig 6 óra alatti észlelési időre képes [\[8\]](#).

## 5. Titkosított forgalom elemzése

Ahogy az internetes adatforgalom egyre nagyobb hányada titkosítottan zajlik, úgy élnek vissza mind gyakrabban a kiberbűnözők a titkosítás adta lehetőségekkel. Előreláthatóan 2019-re az internetes adatforgalom 80 százaléka titkosított lesz, miközben a kártékony programok terjesztése érdekében indított alvilági kampányok 50 szá-



2. ábra. ETA analízis [10]

zaléka https alapú (vagy különféle kódolással el látott) megoldásokra fog épülni. Ezért nem csoda, hogy a hálózati és biztonsági cégek folyamatosan fejlesztik azokat a technológiákat, amelyek révén a titkosított kommunikációból is kiszűrhetővé válhatnak az ártalmas kódok, tartalmak. Erre jelenleg is léteznek megoldások, de azok általában tanúsítványokkal „trükköznek” annak érdekében, hogy betekintést lehessen nyerni az adatforgalomba a biztonsági elemzések során. Persze mindez adatvédelmi aggályokat is felszínre hoz. A Cisco egy olyan technológiát fejlesztett ki (ETA - Encrypted Traffic Analytics), amely a titkosított adatforgalmat olyan módon képes védelmi szempontból minősíteni, hogy közben nem kell dekódolást végeznie, azaz belehallgatnia a kommunikációba [9]. A 2. ábra az ETA analízist szemlélteti:

## 6. Következtetések

Ahhoz, hogy egy iskolai rendszer hatékonyan működhessen az ott dolgozók és tanulók adatait megfelelően kell védeni. Modern új generációs tűzfalvédelmi megoldások nélkül sebezhetővé válnak az adatbázisok, hiányos biztonsági mentések mellett pedig a helyreállítás is megoldhatatlan feladattá válhat.

A Cisco tűzfalvédelmi megoldások azonban olyan lehetőségeket biztosíthatnak az iskolák és az egyetemek számára, amely által az adatokat meglehetősen biztonságosan lehet tárolni. A zsarolóvírusok ez idáig számos rendszert tettek működésképtelenné, már csak ezért is elgondolkodtató olyan lehetőségek után kutatni, amelyek azt a cél szolgálják, hogy növeljék a tárolt adatok biztonsági szintjét.

## Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Honlapcentrum, Szabó P.: *Mi is az az SSL titkosítás és miért fontos a weboldalak számára?* 2014. (Letöltve 2018.10.25.).  
<https://goo.gl/ch9r8h>
- [2] Baracsi P., Kovács Z., Terdik S.: *MPLS alapú virtuális magánhálózatok napjainban*. Debreceni Egyetem, 2010.  
<http://hdl.handle.net/2437/95373>
- [3] Cisco, *Security for VPN with IPsec Configuration*. 2018 (letöltve: 2018.10.25.).  
[https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios-xml/ios/sec\\_conn\\_vpniips/configuration/xs-3s/sec-sec-for-vpni-w-ipsec-xe-3s-book/sec-cfg-vpn-ipsec.html](https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios-xml/ios/sec_conn_vpniips/configuration/xs-3s/sec-sec-for-vpni-w-ipsec-xe-3s-book/sec-cfg-vpn-ipsec.html)
- [4] ITKommandó, Szigetvári Z.: *A VPN-ről*. 2014, (letöltve: 2018.10.25.).  
<https://www.itkommando.hu/site/a-vpn-rol/>
- [5] BravoGroup, VPN. 2017. letöltve: (2018.10.25).  
<http://bravogroupoffice.hu/halozat/vpn>
- [6] LAN Számítástechnikai és Szolgáltató Kft., *Tűzfal, IPS, UTM*. 2016. (letöltve: 2018.10.25.).  
[https://www.lan.hu/tuzfal\\_IPS\\_UTM\\_1](https://www.lan.hu/tuzfal_IPS_UTM_1)
- [7] Cisco, *Configuring Basic AAA on an Access Server*. 2018. (letöltve: 2018.10.25.).  
<https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/security-vpn/terminal-access-controller-access-control-system-tacacs-/10384-security.html>
- [8] BitPort, *A leghatékonyabb védelem a zsarolóvírusokkal szemben*. 2017. (letöltve: 2018.10.25.).  
<https://bitport.hu/a-leghatekonyabb-vedelem-a-zsarolovirusokkal-szemben-cisco-cloud-security>
- [9] Biztonságportál, *Titkosított adatforgalomból is kiszűri a vírusokat a Cisco*. 2018. (Letöltve 2018.10.25.).  
<https://biztonsagportal.hu/titikositott-adatforgalombol-is-kiszuri-a-virusokat-a-cisco.html>
- [10] Moor Insights & Strategy, *Cisco Live Day 3: Learning Into Security* 2018. (Letöltve 2018.10.)  
<http://www.moorinsightsstrategy.com/cisco-live-day-3-learning-into-security/>

# RAGASZTÓFELHORDÓ BERENDEZÉS TERVEZÉSE

## DESIGN OF A GLUE APPLYING MACHINE

Bekő Balázs<sup>1</sup>, Szigeti Ferenc<sup>2</sup>

Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Műszaki Alapozó, Fizika és Gépgyártástechnológia Tanszék, Nyíregyháza, Magyarország

<sup>1</sup> [bekobalazs2@gmail.com](mailto:bekobalazs2@gmail.com)

<sup>2</sup> [szigeti.ferenc@nye.hu](mailto:szigeti.ferenc@nye.hu)

### Abstract

The glue applying machines allow the glue application to tableware during production. The purpose of my dissertation is to solve certain problems with a development of a new machine. In my dissertation I'm going to expound my measurements and tests what I made before the new machine's design, the parts of the machine what I've planned and a load simulation of a part, which has a critic cross-section.

**Keywords:** *glue application, glue application measurement, finite element test, design of a machine.*

### Összefoglalás

A ragasztófelhordó gépek lehetővé teszik a nagyipari gyártás során a terítékre történő ragasztófelhordást. A dolgozat célja a ragasztófelhordás során jelentkező problémák megoldása egy új konstrukció kifejlesztésével. A dolgozatban bemutatom a tervezést megelőzően elvégzett méréseket, vizsgálatokat, valamint az új konstrukció fontosabb részeit, továbbá a berendezés tartóvázánál egy veszélyes keresztmetszetenél végeelem módszerrel készített szimulációt.

**Kulcsszavak:** *ragasztófelhordás, ragasztófelvitel mérés, végeelem vizsgálat, géptervezés.*

## 1. Bevezetés

A dolgozatom témáját a duális képzésben résztvevő egyik partnervállalat, a nekem is gyakorlati helyet nyújtó Eissmann Group Automotive Hungaria Kft. [1] biztosította számomra.

Azért választottam ezt a témát, mert felkeltették érdeklődésemet a vállalatnál alkalmazott ragasztófelhordási technikák és javaslataim kidolgozásával szeretnék hozzájárulni a ragasztófelhordás minőségének és gazdaságosságának javításához.

Dolgozatomban először bemutatom a ragasztófelhordó gépek jellemzőit, alkalmazásuk előnyeit, hátrányait. Kiemelten foglalkozom a Fortuna ECOL 200-as típussal, amely vizsgálataim tárgyát képezte. Bemutatom a gép működtetése során fellépő jellemző problémákat, majd ismertetem a ragasztófelvitelre vonatkozó vizsgálatokat, a konstrukciós változtatásokat, valamint az új megoldásokat a feltárt problémák kiküszöbölésére.

A munkám célja a problémák megoldása egy új konstrukció tervezésével, amely lehetővé teszi az egyenletes ragasztófelhordást, a felhasznált ragasztó mennyiségének csökkentését, ugyanakkor szerelése, beállítása, karbantartása egyszerűbb.

## 2. A Fortuna típusú gép használatánál felmerülő problémák

A Fortuna ECOL 200 típusú gép [2] hibái: foltos ragasztófelvitel, valamint a műszak végén a tálcában maradó és kidobásra kerülő 2,8 dl mennyiségű ragasztó. Ez egy berendezést tekintve éves szinten 250.000,- Ft veszteség. Fontos szempont az is, hogy műszak végén a dolgozó minél könnyebben tudja kivenni a felhordóhengert tisztításra, jelenleg nemcsak a hengert és annak a tengelyét veszi ki, hanem a tengelyre erősített fogaskereket is, így nagyobb tömeget kell emelnie a dolgozónak. Problémát jelent a két henger tengelye kö-



zötti távolság állítása is, ami pillanatnyilag körülményes, sok időt vesz igénybe.

### 3. A ragasztófelhordással kapcsolatos mérések

Méréssel határoztam meg a ragasztófűjás és a gépi felhordás közötti különbséget, kísérlettel igazoltam, mennyi veszteséggel jár, ha fűjőpisztollyal viszik fel a ragasztót a bőrfelületre a gépi ragasztófelhordáshoz képest. Az **1. táblázat**ból kiderül, hogy a fűjással felvitt ragasztó közel 60%-a veszendőbe megy. Ez egy fűjőkabinat tekintve éves szinten nagyjából 700.000,- Ft veszteség, és több kabin is található a termelés területén.

A vizsgálatok alapján tehát előnyösebb a kabinok helyett ragasztófelhordó gépet használni, legalábbis azon fűjőkabinok helyett, ahol nem olyan bőrre viszik fel a ragasztót ami már varrva volt. A varrott bőrfelületet ugyanis nem lehet ragasztófelhordó gépen átengedni (általában a bőrt formára varrják, pl. a sebességváltó szoknyáját). Továbbá fűjást kell alkalmazni a műanyag fröcsöntött alkatrészek ragasztófelhordásánál is.

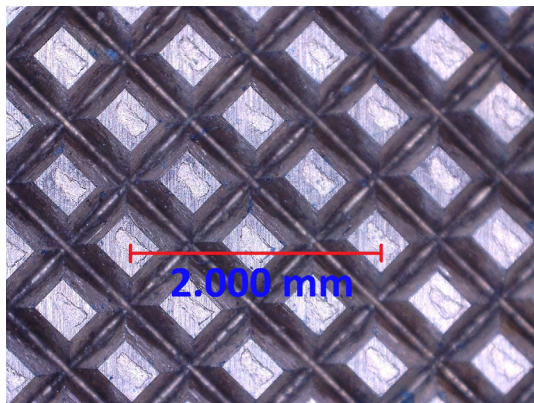
Továbbá mikroszkópos felvételeket is készítettem a vállalat laboratóriumában található DNT DigiMicro Profi típusú mikroszkóppal, 32x-es nagyításban. A vizsgálat célja annak megállapítása volt, hogy melyik henger felületi mintázata, kialakítása eredményez egyenletesebb ragasztóeloszlást a bőr felületén. A vizsgálatokból kiderült, hogy minél kisebb egy henger felületi érdessége, annál egyenletesebb a ragasztófelhordás. A megfelelő felületi érdességre pedig azért van szükség, mert ez a feltétele a ragasztó hengeren maradásának.

Az **1. ábrán** a Fortuna ECOL 200-as berendezés gyári, recézett felületű acélhengerének a mikroszkópos képe, a **2. ábrán** pedig a henger által a bőrre felvitt ragasztó látható.

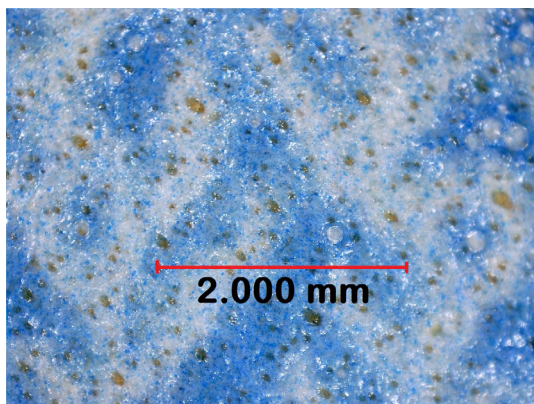
Megállapítható a **2. ábra** alapján, hogy a felvitt ragasztóréteg nem egyenletes eloszlású. Egy másik berendezés homokszórt felületű ragasztófelhordó hengere viszont a mikroszkóp alatt ennél sokkal egyenletesebb eloszlást biztosít a bőr felületén, viszont annak az előállítása költségesebb a Fortuna gyári hengerénél.

**1. táblázat.** A fűjás veszteségei

35 darab termék fűjása			
Ragasztó súlya a bőrről (g)	Pisztollyal hiányzó ragasztó (g)	Veszteség (g)	Veszteség (%)
29,64	69,61	39,97	57,42



**1. ábra.** Recézett felületű henger



**2. ábra.** A recézett felületű henger által felvitt ragasztó képe a bőrön

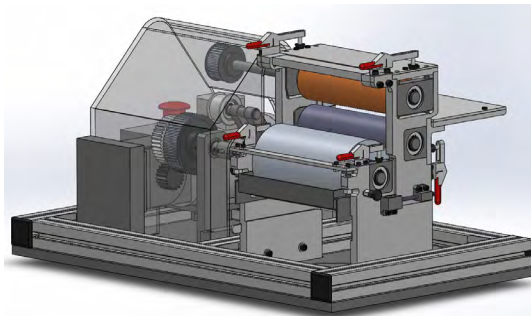
### 4. A Fortuna berendezést kiváltó új gép terve

A továbbiakban bemutatom az általam tervezett új berendezést, valamint annak részegységeit, azok funkcióit. Az egyik alkatrészen található egy veszélyes keresztmetszet, bemutatom az erre készült statikus terheléses végeelem szimulációt, amely alapján megválaszthattam az alkatrész anyagminőségét. Az áttervezett ragasztófelhordó berendezés a **3. ábrán** látható.

A 220 W-os villanymotor valamint a 114 mm átmérőjű és 200 mm hosszú recézett felületű acélhenger átkerülnek a Fortunából ebbe a gépbe, viszont ez a henger az új konstrukció esetében már nem ragasztó felvevő és felhordó, hanem csak felvevő. Átadja a ragasztót egy gumihengernek és az lesz a felhordó, így egyenletesebb ragasztófelhordás biztosítható, mint amilyet a Fortuna recézett felületű acélhengere tesz lehetővé. Ezzel a felhordás folyamata a flexo nyomtatásra [3] fog hasonlítani, mert ott is egy kemény felületű henger adja át egy rugalmasnak a ragasztóanyagot.

A ragasztólehúzást az új konstrukciónál a Fortuna ECOL 200-as berendezés ragasztólehúzójának pontosságától jóval finomabban lehet majd beállítani (3.3. pont).

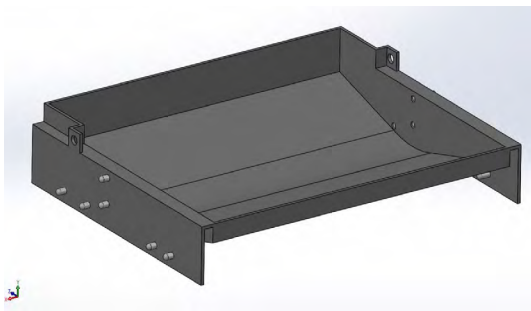
Az áttevezett berendezés alkatrészeit a SolidWorks háromdimenziós tervezőprogramban készítettem el számos mérés, méretezés és vázlatkészítést követően. A részletrajzokat végül egy összeállítási fájlban egymáshoz illesztettem (3. ábra). A modell tartalmaz minden alkatrészt, valamint a kötő- és hajtáselemeket is (a fogasszíjat leszámítva).



3. ábra. A konstrukció SolidWorks-ben

#### 4.1. A ragasztós tálca

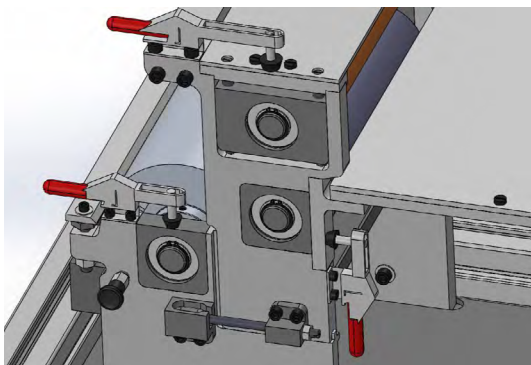
A tálcát úgy terveztem meg, hogy ha ki van öntve minden irányban 3 mm vastagon szilikonnal, akkor a ragasztófelvő henger minden irányból 2 mm távolságban van tőle (4. ábra). Így minimálisra csökken a műszak végén a tálcában maradó ragasztómennyiség. A szilikonos öntést segítő, terveztem egy ellentálcát is, amit rá kell a tálcára helyezni és a szilikon kötéseig rajta is kell hagyni. Így az ellentálca 3 mm-re van minden irányban a tálcá belsejétől.



4. ábra. A ragasztós tálca

#### 4.2. Tengelytávolság állítás

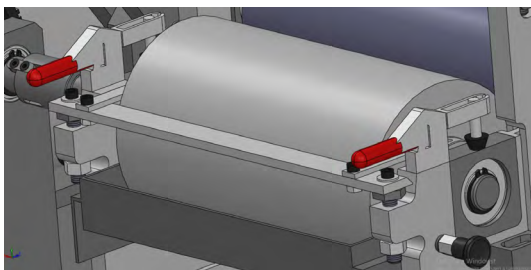
A tengelytávolság állítási lehetőségét úgy terveztem meg, hogy a két felső henger közötti távolság a felső, ellenhenger csapágyházaiban lévő furatokban helyet foglaló menetes orsók forgatásával legyen állítható. A ragasztófelvő és a felhordó henger (melyek között dörzshajtás van) közötti táv pedig úgy állítható, hogy közben nem módosul a két felső henger közötti távolság. Ezt úgy terveztem meg, hogy a felső tartókban van együtt a felhordó valamint az ellenhenger csapágyháza, és az egész felső tartót lehet egy csavarorsó állításával mozgatni, valamint az optimális állásban az orsót anyával lehet rögzíteni (5. ábra).



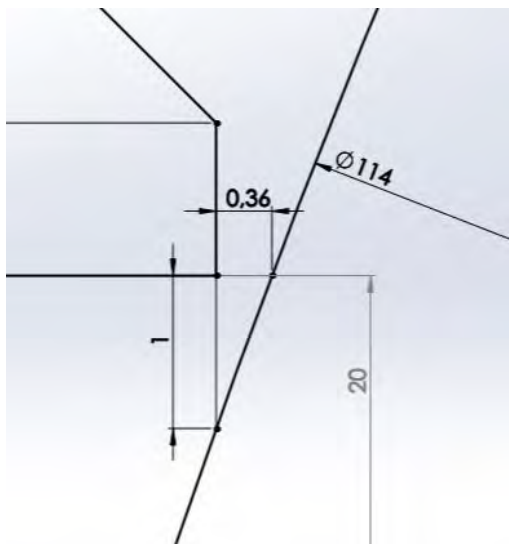
5. ábra. A tengelytávolság állítása

#### 4.3. A ragasztólehúzó

Egy lehúzó lemezzel lehet szabályozni a hengerre felkerülő ragasztó mennyiségét (6. ábra). Az általam tervezett ragasztólehúzó sokkal pontosabb beállítási lehetőséget biztosít az ECOL 200-as lehúzójához képest. Ezt nem vízszintesen lehet állítani hanem függőlegesen. Mivel a tengely középvonaltól 20 mm-rel van magasabban a lehúzó lemez, függőlegesen 1 mm elmozdulás vízszintesen pár tízed mm-t jelent csak (7. ábra). Így az eddiginél lényegesen nagyobb pontossággal lehet beállítani a felvitelre szánt ragasztófilm vastagságát.



6. ábra. A ragasztólehúzó lemez



7. ábra. A ragasztófelhúzó lemez - vázlat

#### 4.4. A tengelykapcsoló

Jelenleg a Fortunánál műszak végén, amikor meg kell tisztítani a felhordóhengert, a dolgozó az egész tengelyt veszi ki, amelyen a fogaskerék is rajta van. Az új konstrukció lehetővé teszi a tengely kiszerelését a többi hajtáselem elmozdítása nélkül egy tengelykapcsoló segítségével, amelyben egy rugó van elhelyezve.

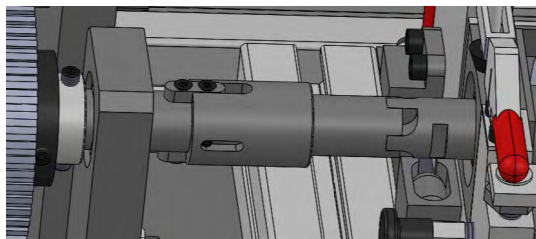
A rugón egy tengelykapcsoló tok helyezkedik el, amit ha kézzel elhúzza a dolgozó, a másik kezével pedig az alsó jobbos tartóra szerelt, könnyen levehető 15-ös villáskulccsal elfordítja az acélhenger tengelyét a lapolásnál, az már nem fog összezárni és ki tudja emelni a hengert a csapágyházainál fogva, a többi hajtáselem elmozdítása nélkül (8. ábra).

#### 4.5. Végelem szimuláció

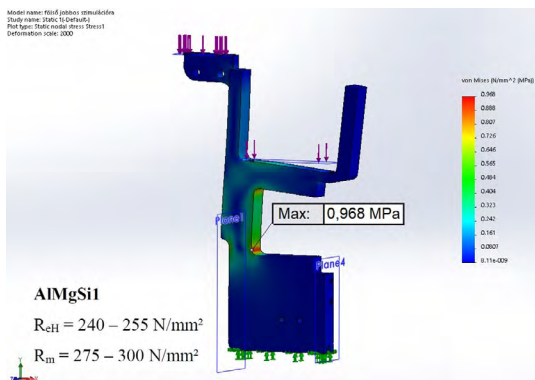
A berendezés tartóvázán található egy veszélyes keresztmetszet (9. ábra). Bemutatom a statikus terhelésre készített végelem szimulációt, amely lehetővé tette az alkatrész anyagminőségének helyes megválasztását.

#### 4.6. A hengerek

A Fortuna berendezés működtetésénél az egyik probléma a foltos ragasztófelvitel volt. Megfelelő henger választásával ez a probléma megoldható. A gupfo.com internetes áruházban találtam a géphez alkalmas hengereket. Felhordónak gumit célszerű alkalmazni mert az nem szívja be magába a ragasztót, viszont rugalmas, ellenhengernek pedig használható a valamivel olcsóbb szivacs is, mivel az nem érintkezik ragasztóval.



8. ábra. A tengelykapcsoló



9. ábra. Terheléses szimuláció

A rugalmas hengerekhez pedig kemény fém vagy műanyag tálcát alkalmazok, amire a bőrt ragasztják ideiglenesen, így elméletileg nem lesz foltos a ragasztófelvitel (mivel hiába nyomja rá a dolgozó a bőrt a tálcára, az nem veszi el az alakját).

### 5. Összefoglalás

Feltártam a Fortuna ECOL 200 típusú ragasztófelhordó berendezés problémáit; méréseket és vizsgálatokat végeztem, a levont következtetések segítségével pedig megterveztem az üzemi igényeknek megfelelő gépet.

Elkészítettem az új konstrukció szerelési dokumentációját is [4]. Az elkészített tervdokumentáció alapján az új ragasztófelhordó berendezés legyártható.

#### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Eissmann Automotive, *History*  
<https://www.eissmann.com/en/the-company/history.html>
- [2] A Fortuna ECOL 200 gépkönyve
- [3] Magyar nyomdász, *A flexo nyomtatás*  
<https://www.magyar nyomdász.hu/a-flexo-nyomtatás>
- [4] Jánossy Gy., Zsidai L., Kári-Horváth A.: *Szereléstechológiák*. Nemzeti Munkaügyi Hivatal, 2014.



# ALTERNATÍV ANYAGOK ÉS TERVEZÉSI METODIKÁK HASZNÁLATA A KORTÁRS DESIGNBAN

## ALTERNATIVE MATERIALS AND METHODOLOGY IN CONTEMPORARY DESIGN

Darabos Anita,<sup>1</sup> Szalai Judit<sup>2</sup>

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, Magyarország*

<sup>1</sup> [darabos.anita@gt3.bme.hu](mailto:darabos.anita@gt3.bme.hu)

<sup>2</sup> [szalaijudit2018@gmail.com](mailto:szalaijudit2018@gmail.com)

### Abstract

Nowadays, the increasing and destructive impact of mankind on the environment and related concerns have influenced and changed the paradigms of product development so far and have led to the appearance of an environmental dimension in the creation and design of new products. Numerous industrial sectors have changed their production processes to meet the ecological requirements that are included in product development. Issues such as the scarcity of natural resources, increasing consumption and increasing environmental pollution also present a number of problems. It is primarily used for the use of rare natural materials and resources that are extracted and processed.

**Keywords:** *alternative materials, design methodology, contemporary design, eco-design, sustainable development.*

### Összefoglalás

Napjainkban az emberiség növekvő hatásának és a környezetre gyakorolt romboló hatásának aggályai befolyásolták és megváltoztatták a termékfejlesztés paradigmáit, ami a környezetvédelmi szempontok megjelenését eredményezte az új termékek létrehozásában és tervezésében. Az olyan problémák, mint a természeti erőforrások szűkössége, a növekvő fogyasztás és a növekvő környezetszennyezés is számos problémát jelentenek. Számos ipari ágazat megváltoztatta termékfejlesztési és termelési folyamatait, hogy megfeleljenek az ökológiai követelményeknek. A cikk bemutatja a kidolgozott új alternatívák specifikus döntéstámogató módszertannal való összehasonlításának folyamatát.

**Kulcsszavak:** *alternatív anyagok, tervezési metodikák, kortárs design, ökodesign, fenntartható-fejlődés.*

### 1. Új tervezési metodikák a kortárs designban

A fenntartható tervezés prioritásai mind az emberek, mind a környezet igényeit ki kell, hogy elégítsék, arra törekedve, hogy kihasználják a víz- és energiafogyasztást csökkentő technológiákat, anyagokat és tervezési metódusokat.

A szakirodalom különböző feltételeket határoz meg, amelyeknek a megújuló energiaforrások területén alkalmazott, több szempontú döntési eljárásoknak meg kell felelniük. Napjainkban inten-

zív kutatási területté vált a termékfejlesztésben a többszempontos döntési módszerek (Multi-Criteria Decision Making, MCDM) anyagválasztási folyamatokban való felhasználása. A tanulmány egy olyan fejlesztési igényekre kialakított többszempontos döntési módszer alkalmazását mutat be, amely támogatja a zajvédő falak tervezési és anyagválasztási feladatainak kidolgozásában résztvevő designer munkáját.

Elsőként Opricovic [1] vizsgálta az 1998-ban publikált VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje), módszert, amely az

alternatívák rangsorolásra és azok kompromisszumos kiválasztásra összpontosít, nehezen összeegyeztethető kritériumok esetén.

A VIKOR módszer döntéstámogatási alkalmazásának előnyeit és korlátait tervezéseméleti esettanulmány felhasználásával mutatjuk be. Az eredmények bemutatása után, következtetéseket vonunk le és javaslatokat vetünk fel a módszer-tan további alkalmazási lehetőségeire.

### 1.1. Zajvédő falak tervezése

A civilizált társadalmak felgyorsult technikai fejlődése együtt jár a lakott környezetük jelentősen növekedő zajtermelésével. A forgalom és a menetsebesség ugrásszerű megemelkedése, az ipari technikák profitorientáltsága miatt. A fokozott környezetszennyezés ezen belül a zaj elleni védekezés új kihívásokat jelentenek. Olyan új anyagok, konstrukciók alkalmazására van szükség, amelyek az akusztikai követelmények teljesítésén túl az építés, a használat során is gazdaságosnak és jól illeszthetők a telepítési környezetbe.

Közlekedési zajnak tekintjük a közúton, valamint az egyéb közlekedési területeken lévő járművek által a burkolatokon keltett és a működésükből származó zajokat. Zajszenyezésnek tekintjük a zajforrások által a környezetbe jutó káros, általában határérték feletti zajterhelést.

Zajárnyékoló (vagy zajvédő) létesítménynek tekintjük azokat a természetes, vagy épített aka-

dályokat, amelyeket a zajforrás és a zaj ellen védendő terület, illetve épület közé helyezve a közlekedésből eredő zajt árnyékolják, csökkentik. A zajárnyékoló létesítmény zajcsökkentő hatása a zajárnyékolási jelenségen alapul. A megfelelően méretezett zajárnyékoló fal esetén a védendő létesítmény a fal akusztikai árnyékában van, azaz csak hullámelhajlás útján, a fal éleit, széleit megkerülve jut el a védendő létesítményhez a zaj. A zajárnyékoló létesítménnyel elérhető zajcsökkentés nagysága [2] 6-13 dB. (1-2. ábra.) A zajvédő fal újrahasznosított anyagokból van, beton alsó lábazattal, szabványos oldalt rögzítő oszlopokkal. A fal alsó-felső tengelyes rögzítő elemmel van el-  
lálva.

Az anyagvizsgálati eredmények prototípus modellek, illetve szimulációs vizsgálatok alapján jöttek létre. A vizsgálatok során az alábbi anyag összeállításokat és kialakításokat vizsgáltuk:

I. 2 m-es magasságú zajárnyékoló falak:

– A1: egyenes zajárnyékoló fal (3. ábra.)

– A2: hullám formájú zajárnyékoló fal (4. ábra.)

#### 1.1.1. Zajvédő falak tervezésének alapkritériumainak meghatározása

A zajárnyékoló fallal elérhető zajcsökkentés, azaz a beiktatási veszteség frekvenciafüggő mennyiség, és függ a zajforrás típusától (pontforrás, vonalforrás) frekvencia színeképétől is. Ezeken túlmenően befolyásolják:



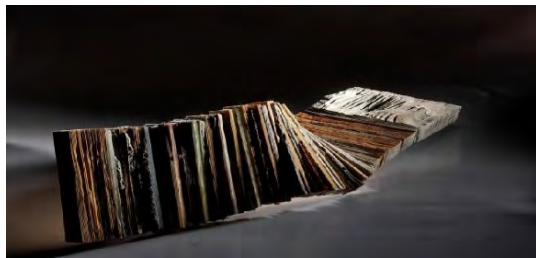
1. ábra. Zajárnyékoló fal 3D-s modellje: alapanyaga: fa, porcelán, kerámia, üveg [2]



2. ábra. Zajárnyékoló fal 3D-s modellje: alapanyaga: fa, porcelán, kerámia, üveg [2]



3. ábra. Egyenes zajárnyékoló fal kompozit prototípusa: alapanyaga: fa, porcelán, kerámia, üveg [2]



4. ábra. Hullám formájú zajárnyékoló fal kompozit prototípusa: alapanyaga: fa, porcelán, kerámia, üveg [2]

- a fal geometriai méretei (magasság, hosszúság);
- a fal szerkezete, formai kialakítása, – akusztikai tulajdonságai (hangelnyelés, hanggátlás);
- a fal vastagsága;
- a telepítés geometriai adatai, a zajforrás, védendő létesítmény magassága, helyzete, a fal;
- a zajforrás és a védendő létesítmény egymáshoz viszonyított elhelyezkedése;
- földhatás miatt fellépő reflexió;
- a telepítési viszonyok (környező földfelület, növényzet, épületek stb.);
- meteorológiai viszonyok. [3]

### 1.1.2. A rendelkezésre álló anyagválasztási alternatívák értékelése

A különböző alternatívál közötti döntési feladatokra jellemző, hogy mindegyik alternatívának lehet előnyös és hátrányos oldala, melyet optimá-

lisan döntéstámogató módszerrel oldhatunk meg. **7. ábra.**

Az alternatívákat összehasonlító eljárás során figyelembe vett szempontok és azok fontossági értékeit mutatja be az **1. táblázat**.

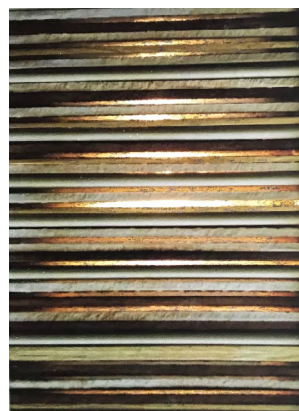
A megtervezett alternatívák modelljeinek és az azokon elvégzett értékelési szempontok eredményeinek feldolgozásával, az alternatívákat Excel programban rangsoroltuk a VIKOR módszer matematikai modelljét felhasználva. [1]

Az értékelési folyamat eredményeit (rangsor:  $A1 > A2$ ) mutatja be az **2. táblázat**.

A VIKOR módszer rangsor meghatározásának eredményeként, az alternatívák közül az első alternatíva (A1) lett a jobb a rangsorolásban, illetve a második alternatíva (A2) volt az, ami a rangsor végére került.



5. ábra. Zajárnyékoló fal felépítése: alapanyaga: fa, porcelán, kerámia, üveg [2]



6. ábra. Zajárnyékoló fal megvilágított textúrája [2]



7. ábra. A prototípusok összehasonlító folyamata döntéstámogató módszertannal [4]

**1. táblázat.** Az összehasonlító eljárás során figyelembe vett szempontok és azok fontossági értékei

	Értékelési szempontok	Fontosság
C1	Költségigény	9
C2	Időigény	6
C3	Megbízhatóság	10
C4	Technológia	8
C5	Anyaghasználat	5
C6	Konstrukciós kialakítás	8

**2. táblázat.** Az alternatívákat összehasonlító eljárás során figyelembe vett szempontok és azok fontossági értékei

Alt.	Szempontok					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6
A1	9	6	1	8	50000	8
A2	9	6	1	7	50000	8
Súly	0,216	0,086	0,307	0,146	0,15	0,76

## 2. Következtetések

A tanulmányban a többszempontú értékelési módszerek felhasználási területeinek vizsgálatára fektettünk hangsúlyt, kiemelten a VIKOR módszerre, amely ígéretes megoldást nyújt az alternatív anyagok megítélésében a tervezési folyamat során. Az itt bemutatott tervezési metodika felhasználása jelentős kutatási érdeklődést vetít előre az öködesign területén.

## Köszönetnyilvánítás

A tanulmány alapjául szolgáló kutatást az Emberi Erőforrások Minisztériuma által meghirdetett Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program támogatta, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Mesterséges intelligencia (BME FIKP- MI) tématerületi programja keretében.

## Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Opricovic, S.: *Multicriteria Optimization of Civil Engineering Systems*. PhD Thesis, Faculty of Civil Engineering, Belgrade, (1998) 1–205.
- [2] Polatidis H.: *Selecting an appropriate multicriteria decision analysis technique for renewable energy planning*. Energy Sources, (2006) 190. oldal
- [3] Közlekedési szakcsoport, Pálffy M: *A közlekedési zaj figyelembevételének szabályai*. (letöltve: 2018.11.10.).  
<http://fmmk.hu/kozlekedes/wp-content/uploads/2016/08/A-K%C3%96ZLEKED%C3%89SI-ZAJ-FIGYELEMBEV%C3%89TELe.pdf>
- [4] Darabos Anita: *Növényi építészet, állati építészet, természeti építmények*. PhD értekezés, Pollack Mihály Műszaki Kar, Pécs 2–17.  
<https://pea.lib.pte.hu/bitstream/handle/pea/14442/darabos-anita-tezis-hun-2016.pdf?sequence=2>
- [5] Ali J.: *Multicriteria Decision Analysis for Supporting the Selection of Engineering Materials in Product Design*. 2. kiadás. Butterworth-Heinemann, Oxford, 2013. 100–252.

# NUMERIKUS EREDMÉNYEK AZ ÁLTALÁNOS LINEÁRIS KOMPLEMENTARITÁSI FELADATRA VONATKOZÓAN

## NUMERICAL RESULTS FOR THE GENERAL LINEAR COMPLEMENTARITY PROBLEM

Darvay Zsolt,<sup>1</sup> Füstös Ágnes<sup>2</sup>

Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Matematika és Informatika Kar, Kolozsvár, Románia

<sup>1</sup> [darvay@cs.ubbcluj.ro](mailto:darvay@cs.ubbcluj.ro)

<sup>2</sup> [fustosagi@yahoo.com](mailto:fustosagi@yahoo.com)

### Abstract

In this article we discuss the general interior-point algorithm for linear complementarity problems (LCP) introduced by Tibor Illés, Marianna Nagy and Tamás Terlaky. Moreover, we present a various set of numerical results with the help of a code implemented in the C++ programming language. These results support the efficiency of the algorithm for both monotone and sufficient LCPs.

**Keywords:** interior-point algorithm, general linear complementarity problem, numerical results, sufficient matrix, object-oriented programming.

### Összefoglalás

Az alábbi cikkben az Illés Tibor, Nagy Marianna és Terlaky Tamás által bevezetett általános lineáris komplementaritási feladatra vonatkozó belsőpontos algoritmust tárgyaljuk és C++ programozási nyelvben megvalósított kód segítségével különböző numerikus eredményeket mutatunk be. Ezen eredmények alátámasztják az algoritmus hatékonyságát mind monoton, mind elégséges lineáris komplementaritási feladatok esetén.

**Kulcsszavak:** belsőpontos algoritmus, általános lineáris komplementaritási feladat, numerikus eredmények, elégséges mátrix, objektumorientált programozás.

### 1. Bevezető

Lineáris komplementaritási feladatokkal (LCP) különböző gyakorlati problémák megoldása során találkozhatunk. A feladatot egy  $M$  mátrix határozza meg, amellyel egy lineáris összefüggést írunk le, de ezen kívül egy komplementaritási feltételnek is teljesülnie kell.

Az LCP  $\mathbb{NP}$ -teljes feladat, ezért az  $M$ -re vonatkozó megszorítások nélkül nem találunk hatékony megoldást. Léteznek algoritmusok, amelyek polinomiális időn belül oldják meg az LCP-t, ha az  $M$  mátrix pozitív szemidefinit vagy  $P_*(\kappa)$  tulajdonságú (habár ez esetben a bonyolultság függ  $\kappa$ -tól is), azonban a  $P_*(\kappa)$  tulajdonság ellenőrzésére nem született polinomiális időben működő algoritmus.

Illés Tibor, Nagy Marianna és Terlaky Tamás [1, 2, 3] egy olyan, módszert adtak meg, melynek segítségével módosíthatóak a belsőpontos algo-

ritmusok úgy, hogy az általános lineáris komplementaritási feladat is megoldható polinomiális időben. Ez azt jelenti, hogy meghatározunk egy közelítő megoldást, vagy levonjuk a következtést, hogy nem teljesül a  $P_*(\kappa)$  tulajdonság.

Az algoritmust C++ programozási nyelvben implementáltuk.

### 2. A feladat leírása

Az LCP esetén az  $x, s \in \mathbb{R}^n$  vektorokat keressük, amelyekre teljesül:

$$\begin{cases} Mx + q = s, \\ xs = 0, \\ x \geq 0, s \geq 0, \end{cases} \quad (1)$$

ahol  $q \in \mathbb{R}^n$ ,  $M \in \mathbb{R}^{n \times n}$  és  $xs$  az  $x$  és  $s$  vektorok elemenkénti szorzatát jelöli.



### 3. A $P_*(\kappa)$ tulajdonság

A  $P_*(\kappa)$  mátrioxosztályt legelőször Kojima és társai [4] vezették be a pozitív szemidefinit mátrixok egy általánosításaként.

Egy  $M \in \mathbb{R}^{n \times n}$  mátrix  $P_*(\kappa)$  tulajdonságú, ha bármely  $x \in \mathbb{R}^n$  esetén teljesül az alábbi feltétel:

$$(1 + 4\kappa) \sum_{i \in \mathcal{I}_+(x)} x_i (Mx)_i + \sum_{i \in \mathcal{I}_-(x)} x_i (Mx)_i \geq 0. \quad (2)$$

Egy  $M \in \mathbb{R}^{n \times n}$  mátrix  $P_*$  tulajdonságú, ha  $P_*(\kappa)$  tulajdonságú valamely pozitív  $\kappa$ -ra vagyis:

$$P_* = \bigcup_{\kappa > 0} P_*(\kappa).$$

### 4. A $P_0$ tulajdonság

Egy  $M \in \mathbb{R}^{n \times n}$  mátrix  $P_0$  tulajdonságú, ha egyetlen főminorja sem negatív.

Egy  $M \in \mathbb{R}^{n \times n}$  mátrix akkor és csakis akkor  $P_0$  tulajdonságú, ha az

$$M' = \begin{bmatrix} -M & I \\ S & X \end{bmatrix}$$

mátrix nem szinguláris, bármely  $X, S \in \mathbb{R}^{n \times n}$  pozitív diagonális mátrixok esetén.

### 5. Az algoritmushoz használt egyéb összefüggések

Az algoritmus a centrális trajektóriát követi és minden egyes iterációban egy Newton-lépés segítségével határozzuk meg a következő pontot.

A Newton-lépést meghatározó egyenletrendszer a következő:

$$\begin{aligned} -M\Delta x + \Delta s &= 0, \\ s\Delta x + x\Delta s &= a. \end{aligned} \quad (3)$$

Ha az  $M$  egy  $P_0$  mátrix, akkor az előbbi rendszernek egyértelmű megoldása van és az  $a$  hosszúságú Newton-lépést az

$$x(a) = x + a\Delta x, \quad s(a) = s + a\Delta s \quad (4)$$

összefüggések adják meg.

A centrális úttól való távolságot az alábbi  $\delta_c$ -vel jelölt centralitási mérték segítségével határozzuk meg:

$$\delta_c(xs, \mu) = \left\| \sqrt{\frac{xs}{\mu}} - \sqrt{\frac{\mu}{xs}} \right\| \quad (5)$$

Ha a centralitási mérték túllép egy előre megadott határt ( $\delta_c(xs, \mu) < \tau$ ), akkor a centrális út megfelelő közelségében vagyunk. Ez esetben csökkentjük a  $\mu$ -t.

A lokális  $\kappa$  kiszámításához minden lépésben a következő közelítő függvényt használjuk:

$$\kappa(\Delta x) = -\frac{1}{4} \frac{x^T M x}{\sum_{i \in \mathcal{I}_+(x)} x_i (Mx)_i}. \quad (6)$$

Ha egy belső iteráció során a közelség csökkenése nem elégséges, vagyis

$$\delta_c^2(xs, \mu) - \delta_c^2(x(\bar{\alpha})s(\bar{\alpha}), \mu) < \frac{5}{3(1 + 4\kappa)}, \quad (7)$$

akkor az LCP mátrixa nem  $P_*(\kappa)$  tulajdonságú a lokális  $\kappa$ -ra, ezért kiszámítjuk  $\kappa$ -t az új  $\Delta x$ -re [1].

### 6. Leállási feltételek

Az algoritmus során több különböző feltételt tanulmányozunk. Amennyiben ezek közül valamelyik teljesül, akkor különböző következtetéseket vonhatunk le. Az alábbi feltételeket vizsgáljuk:

1. Az  $x$  és  $s$  elemenkénti szorzatösszege (komplementaritási rés) elér egy előre definiált hibaküszöböt:  $x^T s < \epsilon$ .
2. Az új  $\kappa$  nem meghatározott, vagyis nincs egyetlen pozitív  $\Delta x_i, \Delta s_i$  sem a (2) összefüggés kiszámításakor. Ebben az esetben a mátrix nem  $P_*$  tulajdonságú.
3. Az új  $\kappa$  túllépte az előre megadott  $\tilde{\kappa}$  felső korlátot:  $\kappa(\Delta x) > \tilde{\kappa}$ . Ebben az esetben  $M$  nem  $P_*(\tilde{\kappa})$  mátrix.

### 7. Az algoritmus

Az [1]-beli általános LCP-re vonatkozó algoritmust a következőképpen adhatjuk meg az implementáció szemszögéből nézve:

**Bemenet:**  $\tilde{\kappa} > 0$  a  $\kappa$  felső határa;  $\tau \geq 2$  közelségi mértékre vonatkozó paraméter;  $\epsilon > 0$  pontossági paraméter;  $0 < \sigma < 1$  léptetési (barrier) paraméter;  $(x_0, s_0)$  kezdőpont,  $\mu_0 > 0$  ü.h.  $\delta_c(x_0 s_0, \mu) < \tau$ .

**Kimenet:**  $(x, s)$  az LCP feladat megoldása vagy egy üzenet arra vonatkozóan, hogy nem teljesül a  $P_*(\kappa)$  tulajdonság.

**begin**

$x := x_0; s := s_0; \mu := \mu_0; \kappa := 0;$

**while**  $x^T s > \epsilon$  **do begin**

$\mu = \sigma (x^T s) / n;$

**while**  $\delta_c(xs, \mu) \geq \tau$  **do begin**

számítsuk ki a  $(\Delta x, \Delta s)$ -t, ha  $a = \mu e - xs;$

**if**  $M$  szinguláris **then**

return a mátrix nem  $P_0$  tulajdonságú;

**end if**

```

 $\bar{\alpha} = \text{maximalisLepes}(x, s, \mu);$ 
if  $\delta_c^2(xs, \mu) - \delta_c^2(x(\bar{\alpha})s(\bar{\alpha}), \mu) < 5/(3(1+4\kappa))$  then
     $\kappa(\Delta x)$  kiszámítása;
    if  $\kappa(\Delta x)$  nem létezik then
        return a mátrix nem  $P_*$  tulajdonságú;
    end if
    if  $(\kappa(\Delta x) > \bar{\kappa})$  then
        return a mátrix nem  $P_*(\bar{\kappa})$  tulajdonságú;
    end if
     $\kappa = \kappa(\Delta x);$ 
end if
 $x = x(\bar{\alpha}); s = s(\bar{\alpha});$ 
end
end.

```

A maximális lépéshossz kiszámítására vonatkozó függvényt a következőképpen adjuk meg:

**function** maximalisLepes( $x, s, \mu$ ):

$$\alpha_1 = \min \left\{ -\frac{x_i}{\Delta x_i} \mid \Delta x_i < 0 \right\};$$

$$\alpha_2 = \min \left\{ -\frac{s_i}{\Delta s_i} \mid \Delta s_i < 0 \right\};$$

$$\alpha = \min\{\alpha_1, \alpha_2\};$$

$\text{nr\_it} = 0;$

**while**  $(\delta_c(x(\alpha/2)s(\alpha/2), \mu) < \delta_c(x(\alpha)s(\alpha), \mu)$  **and**  
 $\text{nr\_it} < 10)$  **do begin**

$\alpha = \alpha/2;$

$\text{nr\_it} = \text{nr\_it} + 1;$

**end**

**return**  $\alpha;$

**end**

Az algoritmus implementálását C++ programozási nyelvben valósítottuk meg, felhasználva a Visual Studio integrált fejlesztői környezetet, kiindulva az [5] publikációban bevezetett kódból.

## 8. Numerikus eredmények

### 8.1. A konvergencia „gyorsaságának” változása a $\sigma$ függvényében

Az algoritmus implementációja során a  $\mu$  kiszámítása minden iterációban a  $\mu = \sigma(x^T s) / n$  összefüggés segítségével történik. Az 1. táblázat azt tükrözi, hogy a  $\sigma$  megválasztása hogyan befolyásolja az iterációs számot. A tanulmányozott feladatok a [6] oldalon közzétett elégséges LCP-kre vonatkoznak. A [7] publikációban a szerzők elsőként mutattak be numerikus eredményeket a fenti elégséges LCP-kre. A táblázatban a következő jelöléseket használtuk:  $M$  = mátrix,  $\sigma$  = szigma,  $K$  = külső iterációk száma,  $\Sigma B$  = belső iterációk összege,  $B\bar{A}$  = belső iterációk átlaga.

1. táblázat. Eredmények elégséges LCP-re

M	$\sigma$	K	$\Sigma B$	B $\bar{A}$
HEF_10_01	0,15	7	24	3,429
	0,4	13	26	2
	0,6	23	46	2
	0,9	115	115	1
HEF_10_02	0,15	7	19	2,714
	0,4	13	26	2
	0,6	23	46	2
	0,9	115	115	1
HEF_20_01	0,15	7	23	3,286
	0,4	13	28	2,154
	0,6	23	46	2
	0,9	115	115	1
HEF_20_02	0,15	7	18	2,571
	0,4	13	27	2,077
	0,6	23	46	2
	0,9	115	115	1

2. táblázat. Eredmények monoton LCP-re

$\sigma$	K	$\Sigma B$	B $\bar{A}$
0,15	7	28	4
0,4	13	31	2,384
0,6	24	31	1,291
0,9	114	118	1,035

A továbbiakban a [8] cikkben található alábbi monoton LCP-re mutatunk be eredményeket:

$$M = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ -1 & -1 & -2 & 0 \end{pmatrix}, \quad q = \begin{bmatrix} -8 \\ -6 \\ -4 \\ 3 \end{bmatrix}$$

Az eredményeket a 2. táblázatban összegeztük. Megfigyelhetjük, hogy a  $\sigma$  paraméter csökkenésével a teljes, illetve a külső iterációs szám csökken, azonban a belső iterációk száma és átlaga növekszik.

A továbbiakban a  $\kappa$  paraméterre vonatkozó alsó korlátot vizsgáljuk.

### 8.2. A $\kappa$ paraméter alsó korlátjának exponenciális növekedése

Az alábbi mátrix tanulmányozását Csizmadia Zsolt javasolta és a [9] cikkben a szerzők igazolták, hogy a mátrix elégséges, de a neki megfelelő  $\kappa$  paraméter a méret függvényében exponenciálisan megnövekedhet.

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & \dots & 0 \\ -1 & 1 & 0 & \dots & \dots & 0 \\ -1 & -1 & 1 & \dots & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & & \vdots \\ -1 & -1 & -1 & \dots & -1 & 1 \end{pmatrix}$$

Egy olyan LCP-t tanulmányoztunk, amelyre  $q = [0 \ 1 \ \dots \ n-1]^T$ .

Az elégséges mátrixok esetén általában nem tudjuk pontosan meghatározni a  $\kappa$  paraméter értékét, de alsó korlátot tudunk biztosítani erre vonatkozóan. Az algoritmus során a (6) képlet alapján számoljuk ki az adott lépésben a lokális  $\kappa$  értéket. Ezeknek a maximuma határoz meg egy alsó korlátot a  $\kappa$ -ra.

A kapott eredményeket a 3. táblázat mutatja be.

**3. táblázat.** A  $\kappa$  változása a méret függvényében

n	$\sigma$	$\kappa$
5	0,8	2,70815
10	0,8	347,535
20	0,8	1261800

## 9. Következtetések

Az Illés, Nagy és Terlaky által bevezetett általános LCP-re mutattunk be numerikus eredményeket. Az implementáció során a maximális lépéshossz meghatározására vonatkozóan egy sajátos módszert adtunk meg. Az algoritmus hatékonyan működött elégséges, illetve monoton LCP-re is. A Csizmadia Zsolt által bevezetett mátrix esetén vizsgáltuk a  $\kappa$  paraméter változását a méret függvényében.

## Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki az Erdélyi Múzeum-Egyesületnek a kutatási munkához nyújtott támogatásért.

## Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Illés T., Nagy M., Terlaky T.: A polynomial path-following interior point algorithm for general linear complementarity problems. *Journal of Global Optimization* 47/3. (2010) 329–342.  
<https://doi.org/10.1007/s10898-008-9348-0>
- [2] Illés T., Nagy M., Terlaky T.: EP Theorem for Dual Linear Complementarity Problems. *Journal of Optimization Theory and Applications* 140/2. (2009) 233–238.  
<https://doi.org/10.1007/s10957-008-9440-0>
- [3] Illés T., Nagy M., Terlaky T.: Polynomial Interior Point Algorithms for General Linear Complementarity Problems. *Algorithmic Operations Research*, 5. (2010) 1–12.
- [4] Kojima M., Megiddo N., Noma T., Yoshise A.: A Unified Approach to Interior Point Algorithms for Linear Complementarity Problems. *Lecture Notes in Computer Science*, 538, Springer Verlag, Berlin, Germany. (1991)
- [5] Darvay Zs., Takó I.: Computational comparison of primal-dual algorithms based on a new software. unpublished manuscript. (2012)
- [6] Morapitiye S.: Sufficient Matrices. (letöltve 2019. február 12.).  
<http://math.bme.hu/~sunil/su-matrices/>
- [7] Darvay Zs., Illés T., Povh J., Rigó P. R.: Predictor-corrector interior-point algorithm for sufficient linear complementarity problems based on a new search direction. manuscript. (2019)
- [8] Hock W., Shittkowski K.: Test Examples for Non-linear Programming Codes. *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems* 187. Springer, Berlin (1981)  
<https://doi.org/10.1007/978-3-642-48320-2>
- [9] de Klerk E., E.-Nagy M.: On the complexity of computing the handicap of a sufficient matrix. *Mathematical Programming Serie A* 129. (2011) 383–402.  
<https://doi.org/10.1007/s10107-011-0465-z>

# LINEÁRIS KOMPLEMENTARITÁSI FELADATRA VONATKOZÓ, SZÉLES KÖRNYEZETBEN MŰKÖDŐ, BELSŐPONTOS ALGORITMUS IMPLEMENTÁLÁSA

## IMPLEMENTATION OF AN INTERIOR-POINT ALGORITHM FOR LINEAR COMPLEMENTARITY PROBLEM WORKING IN A WIDE NEIGHBORHOOD

Darvay Zsolt<sup>1</sup>, Orbán Attila-Szabolcs<sup>2</sup>

*Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Matematika és Informatika Kar, Kolozsvár, Románia*

<sup>1</sup> [darvay@cs.ubbcluj.ro](mailto:darvay@cs.ubbcluj.ro)

<sup>2</sup> [orban.attila@yahoo.com](mailto:orban.attila@yahoo.com)

### Abstract

In this article, we study the interior-point algorithm for solving linear complementarity problems, published by Xiaouje Ma, Hongwei Liu, Jianke Zhang and Weijie Cong from the implementation point of view. The algorithm was implemented in C++ programming language, thus supporting the effectiveness of the method. Despite of the fact that the theoretical results refer only to the monotone linear complementarity problem, the practical testing showed that the algorithm also works well in more general cases.

**Keywords:** *interior-point algorithm, linear complementarity problem, wide neighborhood, path-following algorithm, object-oriented technique.*

### Összefoglalás

A cikkben a Xiaouje Ma, Hongwei Liu, Jianke Zhang és Weijie Cong által publikált lineáris komplementaritási feladatok megoldására vonatkozó útkövető belsőpontos algoritmust vizsgáljuk az implementáció szemszögéből nézve. Az algoritmust C++ programozási nyelvben implementáltuk, ezáltal alátámasztva a módszer hatékonyságát. Annak ellenére, hogy az elméleti eredmények csak monoton lineáris komplementaritási feladatra vonatkoznak, a gyakorlati tesztelés során arra is fény derült, hogy általánosabb esetekben is jól működik az algoritmus.

**Kulcsszavak:** *belsőpontos algoritmus, lineáris komplementaritási feladat, széles környezet, útkövető algoritmus, objektumorientált programozás.*

### 1. Bevezető

A lineáris optimalizálási feladatok megoldására különböző belsőpontos algoritmusokat vezettek be [1,2,3], melyek hatékonynak bizonyultak. Az egyes módszereket lineáris komplementaritási feladatra (LCP) is sikerül általánosítani [4], melyeket gyakran használnak mérnöki problémák megoldására. Az útkövető belsőpontos algoritmusok körében rövid, illetve hosszú lépéses változa-

tokat különböztetünk meg. Mint kiderült, a rövid lépéses algoritmusok elméleti hatékonysága általában jobb, de a hosszú lépésesek a gyakorlatban jobban teljesítenek. Ai [5] vezette be az első lineáris optimalizálásra vonatkozó hosszú lépéses algoritmust (APF), amelynek az elméleti bonyolultsága megegyezik a legjobb rövid lépésesekével. Ai és Zhang [6] általánosította az Ai módszerét LCP-re. Ma, Liu, Zhang és Cong [7] úgy terjesztette

ki a fenti algoritmust (APF+), hogy két különböző lépést vezetett be. Az első gyors lépésnek a másodikat biztonságos lépésnek nevezték el. Mindkettő az  $A_i$  által megadott széles környezetben dolgozik, de a gyors lépés esetén a vizsgált környezetet módosítjuk a paraméterek megváltoztatása által. A továbbiakban ezt az algoritmust vizsgáljuk, és tárgyaljuk az implementálásának a lehetőségeit.

## 2. A feladat leírása

Az LCP alakja:

$$\begin{cases} s = Mx + q, \\ x \geq 0, s \geq 0, x^T s = 0, \end{cases}$$

ahol  $q \in \mathbb{R}^n$  és  $M \in \mathbb{R}^{n \times n}$ . Továbbá, feltételezzük, hogy az  $M+M^T$  mátrix pozitív szemidefinit, tehát  $x^T Mx \geq 0$  bármely  $x \in \mathbb{R}^n$  esetén. Az  $M$  mátrix és a  $q$  vektor adottak, valamint az  $x$  és az  $s$  ismeretlenek.

A primál-duál belsőpontos algoritmusok igen hatékony módszernek bizonyultak az LCP-k megoldására. Ezen algoritmusok esetén feltételezzük, hogy az LCP megengedett megoldásainak halmaza  $F_{++}$  nem üres:

$$F_{++} := \{(x, s) | s = Mx + q, \quad x > 0, \quad s > 0\}.$$

A centrális út, melyet a következőképpen definiálunk egy alapvető fogalom a primál-duál belsőpontos algoritmusok esetén:

$$C := \{(x, s) \in F_{++} | xs = \mu e, \mu > 0\},$$

ahol  $xs$  jelöli az  $x \in \mathbb{R}^n$  és  $s \in \mathbb{R}^n$  elemenkénti szorzatát.

További jelölések: az  $x \in \mathbb{R}^n$  vektor  $i$ -edik elemét  $x_i$ -vel jelöljük;  $e$  egy  $n$ -dimenziós vektor, amelynek az összes eleme 1; bármely  $a \in \mathbb{R}^n$  számra  $a^+ := \max\{a, 0\}$  és  $a^- := \min\{a, 0\}$ ;  $\|x\|$  az  $l_2$  norma,  $\|x\|_1$  pedig az  $l_1$  norma. Az  $a^+$  és  $a^-$  jelöléseket vektorra is kiterjesztjük.

## 3. A módosított algoritmus

Ai a következő módon definiálta az APF algoritmus számára a széles környezetet:

$$\mathcal{N}(\tau, \beta) := \{(x, s) \in F_{++} | \|(\tau\mu e - xs)^+\|_1 \leq \beta\tau\mu\}$$

ahol  $0 < \beta < 1$  és  $\mu = (x^T s) / n$ . Az APF+ algoritmushoz be kell vezetnünk a következőket:

$$\begin{aligned} \theta &\in \left(0, \frac{1}{2}\right], \kappa \in (0, \theta), \beta \in [\beta_0, \beta_{\max}], \\ 0 &< \beta_0 < \beta_{\max} \leq \frac{1}{3}. \end{aligned}$$

Feltételezzük, hogy adott az aktuális vektorokból alkotott  $(x, s)$  pár, mely eleme az  $\mathcal{N}(\tau, \beta)$  környezetnek. Alkalmazzunk egy gyors lépést, melyhez megoldjuk a következő egyenletrendszert:

$$\begin{cases} \Delta s^a = M\Delta x^a, \\ s\Delta x^a + x\Delta s^a = -xs. \end{cases} \quad (1)$$

A  $\Delta x^a$  és  $\Delta s^a$  meghatározása után úgy igyekezünk meghatározni az  $\alpha$  lépéshosszt, hogy a kapott  $x(\alpha) = x + \alpha\Delta x^a$  és  $s(\alpha) = s + \alpha\Delta s^a$  vektorok az  $\mathcal{N}(\tau, \theta\beta + (1 - \theta)\beta_{\max})$  szélesebb környezetben legyenek. Tulajdonképpen a  $\beta$  paraméter értékét kisse megnöveljük. Ez az egyik sajátossága az APF+ algoritmusnak. A normalizált dualitási rés kiszámolása  $\mu(\alpha) = (x(\alpha)^T s(\alpha)) / n$  összefüggés alapján történik.

A [7] cikkben a szerzők egy  $\kappa$  küszöbértéket adnak meg és a  $\mu(\alpha) \leq \kappa\mu$  egyenlőtlenség segítségével döntik el, hogy szükség van-e biztonságos lépésre. Ha az egyenlőtlenség teljesül akkor a  $\beta$  paraméter új értéke  $\theta\beta + (1 - \theta)\beta_{\max}$  lesz, ellenkező esetben egy biztonságos lépést végzünk úgy, hogy a kapott pontok az eredeti  $\mathcal{N}(\tau, \beta)$  környezetben legyenek. Biztonságos lépés esetében megoldjuk a következő egyenlet-rendszert:

$$\begin{cases} \Delta s^p = M\Delta x^p, \\ s\Delta x^p + x\Delta s^p = \lambda(\tau\mu e - xs)^- + (\tau\mu e - xs)^+, \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{ahol a } \lambda = \frac{\|(\tau\mu e - xs)^+\|_1}{\|(\tau\mu e - xs)^-\|_1},$$

tehát  $\lambda e^T(\tau\mu e - xs)^- + e^T(\tau\mu e - xs)^+ = 0$ . Azonban a meghatározott  $(\Delta x^p, \Delta s^p)$  pár nem adja meg a biztonságos lépés irányát, ebbe bele kell vennünk még a  $(\Delta x^a, \Delta s^a)$ -t is. A [7] cikktől eltérően nem a  $(\Delta x^a, \Delta s^a)$ , illetve  $(\Delta x^p, \Delta s^p)$  irányok lineáris kombinációjával dolgoztunk, hanem bevezettünk egy  $0 < \gamma < 1$  állandót, amellyel a biztonságos lépést súlyozzuk. Tehát az  $\alpha$  hosszúságú lépés az alábbi pontokat eredményezi:

$$\begin{aligned} x(\alpha) &= x + \alpha(\gamma\Delta x^p + \Delta x^a) \text{ és} \\ s(\alpha) &= s + \alpha(\gamma\Delta s^p + \Delta s^a). \end{aligned}$$

## 4. Az algoritmus

A továbbiakban a [7]-ben publikált algoritmus  $\gamma$  paraméterrel módosított változatát mutatjuk be.

**Bemeneti paraméterek:** kívánt pontosság  $\varepsilon > 0$ ,  $0 < \beta_0 < \beta_{\max} \leq 1/3$ ,  $\tau < 1/2$ ,  $0 < \theta \leq 1/2$ ,  $0 < \kappa < \theta$ ,  $\gamma \in (0, 1)$  és a kezdeti pont  $(x^0, s^0) \in \mathcal{N}(\tau, \beta_0)$ .

$$(x, s) = (x^0, s^0); \quad \beta = \beta_0;$$

**while**  $x^T s > \varepsilon$  **do begin**

Meghatározzuk  $(\Delta x^a, \Delta s^a)$ -t az (1) alapján.

gyors lépés:

$\alpha = \text{alphaFast}(x, s, \Delta x^a, \Delta s^a, \beta, \beta_{\max})$

$x(\alpha) = x + \alpha \Delta x^a; s(\alpha) = s + \alpha \Delta s^a;$

$\mu(\alpha) = (x(\alpha)^T s(\alpha)) / n;$

**if**  $\mu(\alpha) \leq \kappa \mu$  **then**

$\beta = \theta \beta + (1 - \theta) \beta_{\max};$

**else begin**

biztonságos lépés:

Meghatározzuk  $(\Delta x^p, \Delta s^p)$ -t a (2) alapján.

$\alpha = \text{alphaSafe}(x, s, \Delta x^a, \Delta s^a, \Delta x^p, \Delta s^p, \beta);$

$x(\alpha) = x + \alpha (\gamma \Delta x^p + \Delta x^a);$

$s(\alpha) = s + \alpha (\gamma \Delta s^p + \Delta s^a);$

$\mu(\alpha) = (x(\alpha)^T s(\alpha)) / n;$

**end if**

$(x, s) = (x(\alpha), s(\alpha)); \mu = \mu(\alpha);$

**end.**

Megjegyezzük, hogy az alphaFast, illetve alphaSafe függvények úgy határozzák meg a lépés hosszúságát, hogy a kapott  $(x(\alpha), s(\alpha))$  vektorpár az  $\mathcal{N}(\tau, \theta \beta + (1 - \theta) \beta_{\max})$ , illetve  $\mathcal{N}(\tau, \beta)$  környezetben legyen.

## 5. Implementálás

Az implementálás C++ programozási nyelvben történt, Visual Studio fejlesztői környezetben és alapjául veszi a [8] dolgozatban bevezetett kódot.

A megvalósítás során mindkét lépés esetén szembesültünk azzal a kérdéssel, hogy miként lehet meghatározni a lépés maximális hosszúságát úgy, hogy a kapott pontok a széles környezetben maradjanak.

A legjobb  $\alpha$  lépéshossz a

$\min \mu(\alpha), (x(\alpha), s(\alpha)) \in \mathcal{N}(\tau, \beta), 0 < \alpha \leq 1,$

optimalizálási feladat megoldása által adható meg az algoritmus minden lépésében [7].

E helyett a következőképpen jártunk el: előbb kiszámoltuk azt a maximális hosszúságú lépést, amely még nem sérti meg a megengedettségi feltételeket. Ezt követően ellenőriztük, hogy a kapott pontok benne vannak-e a környezetben. Amennyiben a feltétel nem teljesült feleztük a lépést és újra leellenőriztük azt, hogy a pontok benne vannak-e a környezetben. Mindezt addig ismételtük, ameddig a megfelelő hosszúságú lépést meg nem kaptuk.

## 6. Numerikus eredmények

Az algoritmust két monoton LCP-re teszteltük.

Az első a következő (lcp01, lásd [9]):

$$M = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ -1 & -1 & -2 & 0 \end{pmatrix}, q = \begin{bmatrix} -8 \\ -6 \\ -4 \\ 3 \end{bmatrix}.$$

A másodiknak megfelelő mátrix a [10] cikkben található. Az általunk vizsgált feladat (lcp02):

$$M = (m_{ij})_{i=1..n, j=1..n}, m_{ii} = 4i - 3, m_{ij} = 4i - 2, i \neq j$$

$n = 10, q = [1, 5, 3, 6, 1, -7, 1, 8, 9, 1]^T.$

### 6.1. A $\theta$ változtatásának vizsgálata

Az algoritmus minden lépésében megváltoztatjuk a centrális út környezetét, amely a  $\beta$  paraméterrel van jellemezve. Ennek értéke egy előre meghatározott alsó és felső határ között változhat. A módosítást a  $\theta$  paraméter segítségével végezzük.

Megfigyelhetjük, hogy a  $\theta$  csökkentése általában kevesebb iterációt eredményez (lásd az 1. és 2. táblázatot).

1. táblázat. Eredmények lcp01-re

Teszt sorszáma	$\theta \in (0, 1/2]$	Iterációszám
1	0,04	19
2	0,07	20
3	0,2	20
4	0,5	20

2. táblázat. Eredmények lcp02-re

Teszt sorszáma	$\theta \in (0, 1/2]$	Iterációszám
1	0,04	30
2	0,07	31
3	0,2	32
4	0,5	33

### 6.2. A $\gamma$ változtatásának vizsgálata

A biztonsági lépésben bevezettük a  $\gamma$  paramétert, mely a  $(\Delta x^p, \Delta s^p)$  súlyozásáért felel, általa módosítható az  $x(\alpha) = x + \alpha (\gamma \Delta x^p + \Delta x^a)$  és  $s(\alpha) = s + \alpha (\gamma \Delta s^p + \Delta s^a)$  lépés. A következőkben vizsgáljuk, hogy a  $\gamma$  változtatása milyen hatással van az algoritmus kimenetelére.

Megállapítható, hogy ha nagyon kicsi a  $\gamma$ , akkor csökken a biztonsági lépés hatása, így több iterációt végzünk (lásd az 3. és 4. táblázatot).



### 3. táblázat. Eredmények lcp01-re

Teszt sorszáma	$\gamma \in (0, 1)$	Iterációszám
1	0,9	20
2	0,6	20
3	0,3	21
4	0,01	21

### 4. táblázat. Eredmények lcp02-re

Teszt sorszáma	$\gamma \in (0, 1)$	Iterációszám
1	0,9	32
2	0,6	32
3	0,3	33
4	0,01	34

## 7. Következtetések

A cikkben Ma, Liu, Zhang és Cong algoritmusát vizsgáltuk meg, mely két különböző lépést használva éri el rövid lépéses algoritmusok elméleti hatékonyságát. A megvalósítás szemszögéből nézve módosítottuk az algoritmust úgy, hogy egy  $\gamma$  paraméter segítségével súlyoztuk a biztonsági lépést.

A C++ programozási nyelvben írt kód segítségével sikerült alátámasztani az algoritmus hatékonyságát. Különböző monoton LCP-k esetén vizsgáltuk az iterációszám változását a  $\theta$ , illetve  $\gamma$  paraméterek függvényében.

Annak ellenére, hogy az algoritmus monoton LCP-re vonatkozik a tesztelés során olyan feladatokra is jó eredményeket kaptunk, melyekre ez a tulajdonság nem teljesül. A [11]-ben közzétett  $10 \times 10$  és  $20 \times 20$  méretű elégséges mátrixokra is legtöbb 24 iteráció alatt sikerült megoldást találni. Megjegyezzük, hogy elsőként a [12] publikációban sikerült numerikus eredményeket elérni a [11]-beli feladatokra.

Eszerint érdemes a jövőben erre az általánosabb mátrixosztályra is megvizsgálni az algoritmus elméleti hatékonyságát.

### Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki az Erdélyi Múzeum-Egyesületnek a kutatási munkához nyújtott támogatásért.

## Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Roos C., Terlaky T., Vial. J.-Ph.: *Theory and Algorithms for Linear Optimization*. Springer, NY, USA, 2005.
- [2] Wright. S. J.: *Primal-Dual Interior-Point Methods*. SIAM, Philadelphia, USA, 1997.
- [3] Ye. Y.: *Interior Point Algorithms, Theory and Analysis*. John Wiley & Sons, Chichester, UK, 1997/3. (1997)
- [4] Kojima M., Megiddo N., Noma T., Yoshise A.: *A Unifed Approach to Interior Point Algorithms for Linear Complementarity Problems*. Lecture Notes in Computer Science 538, Springer Verlag, Berlin, Germany, 1991.
- [5] Ai. W.: *Neighborhood-following algorithm for linear programming*. Sci. China serie A, 47. (2004) 812 – 820.
- [6] Ai W., Zhang S.: *An  $O(\sqrt{n}L)$  iteration primal-dual path-following method, based on wide neighborhoods and large updates, for monotone LCP*. SIAM Journal on Optimization 16/2. (2005) 400–417. <https://doi.org/10.1137/040604492>
- [7] Ma X., Liu H., Zhang J., Cong W.: *On superlinear and  $O(\sqrt{n}L)$  convergence of a path-following algorithm for monotone linear complementarity problems in a wide neighborhood*. Numerical Functional Analysis and Optimization, 38/5. (2017) 627–640. <https://doi.org/10.1080/01630563.2017.1297824>
- [8] Darvay Zs., Takó I.: *Computational comparison of primal-dual algorithms based on a new software*. unpublished manuscript. (2012)
- [9] Hock W., Shittkowski K.: *Test Examples for Non-linear Programming Codes*. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems 187. Springer, Berlin (1981) <https://doi.org/10.1007/978-3-642-48320-2>
- [10] Harker P. T., Pang J. S.: *A damped Newton method for linear complementarity problem*. In: Simulation an Optimization of Large Systems, Lectures on Applied Mathematics, AMS, Providence, RI, 26. (1990) 265–284.
- [11] Morapitiye S.: *Sufficient Matrices*. (letöltve: 2019. február 9.). <http://math.bme.hu/~sunil/su-matrices/>
- [12] Darvay Zs., Illés T., Povh J., Rigó P. R.: *Predictor-corrector interior-point algorithm for sufficient linear complementarity problems based on a new search direction*, manuscript. (2019)

# AUTOMATA AUTÓPÁLYA KÖRIDŐ MÉRŐ ESZKÖZ FEJLESZTÉSE NI ESZKÖZ FELHASZNÁLÁSÁVAL

## DEVELOPING AN AUTOMATED LAP TIME MEASUREMENT SOLUTION USING NI EQUIPMENT

Dombi Kristóf Barnabás

Debreceni Egyetem Műszaki Kar Mechatronikai Tanszék, Debrecen, Magyarország  
[kristof.barnabas1996@gmail.com](mailto:kristof.barnabas1996@gmail.com)

### Abstract

Nowadays, we encounter with automation all around us. Let it be at work, industry, public places, our homes, or handheld devices, we just cannot miss it. This rapidly developing world, machines are continuously replacing human workforce, due to their superior load bearing, and the absence of loss of concentration, accuracy, speed or efficiency, which makes them surpass manpower in many fields. In this project, I'll present an automated lap time measurement system, built using NI components, which will save the voltages tied to the lap time, measures human and machine times, which data will be later compared and evaluated.

**Keywords:** *myDAQ, LabVIEW, Comparison, measurement, data processing.*

### Összefoglalás

Az életünk szinte minden területén találkozunk automatizálással. Legyen szó akár munkahelyről, közterületekről, otthonaikról vagy sajátkészülékeinkről. Ebben a gyorsan fejlődő világban nagyon sok esetben a gépi munka felváltja az emberi munkát. Nagyon sok esetben a gép felülkerekedik az emberen legyen szó akár fizikai monotonitásról, elfáradásról, koncentrációról, pontosságról, gyorsaságról, teljesítményről. Dolgozatomban ismertetek egy olyan automata köridő mérő rendszert, NI (National Instrument) eszköz felhasználásával, mely elmenti a felhasználó kör idejéhez tartozó feszültség változásokat. Méri a rendszer a gépi és emberi köridőket is, majd azokat összehasonlítja és kiértékeli.

**Kulcsszavak:** *myDAQ, LabVIEW, Összehasonlítás, mérés, adatfeldolgozás.*

### 1. Mérőrendszer rövid bemutatása

A dolgozatomban alapját az 1. ábrán látható rendszer képezi. A feladat során létrehoztam egy olyan rendszert, amely tartalmaz egy myDAQ mérésadatgyűjtő kártyát, az optikai érzékelőket, a mozgatóért felelős elektronikát, a szükséges tápellátást a különböző eszközök vezérlésére és a kiértékeléshez megírt programot futtató számítógépet. [1]

Sok lehetőség adódott arra, hogy a 2 különböző pályaelemet egymáshoz csatlakoztatva milyen pályaalakot építek ki. Egy pár lehetőség a 2. ábrán látható. Az elképzelésem az volt, hogy összehasonlítom az ember által lejátszott köridőt azzal, amit a gép „futtat” le. Ehhez azonban szükségem

rű volt egy olyan pálya kiépítése, ahol mind az ember által, mind a vezérlő által irányított pályaszakasz egyforma hosszú.

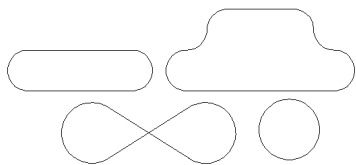
A feltételnek eleget téve a „8-ast” leíró pályaszakaszt kell megvalósítani.

A megépített „8-as” pályaszakasz két „sint” tartalmaz, amelyen keresztül az versenyautókat írá-



1. ábra. A megépített rendszer



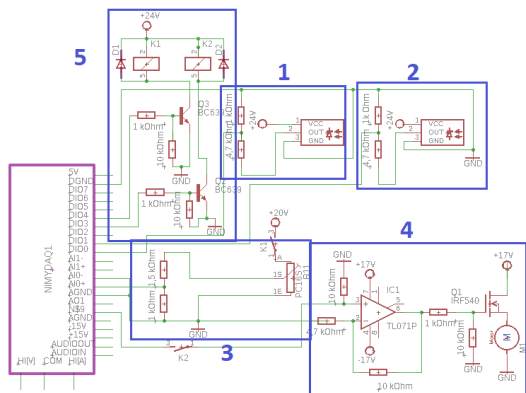


2. ábra. Lehetséges pályakialakítások

nyítottam. Mindegyik versenyautónak a köridejét és az általa megkezdett körök számát egy-egy optikai érzékelő digitális jelének feldolgozásából kaptam. Erről a 3.4. fejezetben tárgyalom még.

## 2. A rendszer hardveres felépítése

A teljes rendszer, amely tartalmazza az összes áramköri elemet a 3. ábrán tekinthető meg.



3. ábra. A rendszer sematikus kapcsolási rajza

A fenti ábrán található kapcsolás 5 részre osztható:

- belső pálya tárgyreflexiós fénykapujának áramköre;
- külső pálya tárgyreflexiós fénykapujának áramköre;
- ember által vezérelt pálya áramköre;
- myDAQ adatgyűjtő kártya által kiadott jel áramköre;
- pályavezérlési jelek aktív állapotának vezérlése.

### 2.1. Fénykapuk feszültségosztó áramköre

A belső és külső pálya fénykapuk áramköre ugyanaz, ezért ezeket együtt tárgyalom. Ezek a 3. ábrán az egyes és kettes számmal ellátott bekeretezett részek. Ezeknek lényege egy feszültségosztás. Az érzékelők 24 V feszültséget továbbítanak a kimeneten, azonban a myDAQ bemeneti egyiségei TTL logikával működnek.

$$\frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot U_6 = U_r$$

(1)

Az (1) egyenlet a feszültségosztás kiszámolására szolgál. Az  $R_1$  és  $R_2$  az áramkörben használt két ellenállás, az  $U_6$  az érzékelő kimenetén megjelenő feszültség, míg az  $U_r$  az eredményül kapott „redukált” feszültség. Az  $R_1$  ellenállás névleges értéke 1 k $\Omega$ , az  $R_2$  ellenállása pedig 4,7 k $\Omega$ .

### 2.2. Ember által vezérelt pálya áramköre

Ez az áramkör a 3. ábrán átható a 3-as számmal ellátott bekeretezett négyzetben található.

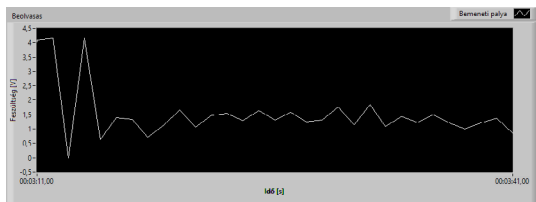
A programkód írásának elején a mérésadatgyűjtő kártya DMM bemenetét használtam fel a jel tárolására több indokból is. Az egyik érv a nagy mérési intervallum volt, amivel rendelkezik a port (60 V). A beolvasott feszültség maximális értéke, terheletlen állapotban elérte a 20 voltot is. Abban az esetben, ha analóg bemenetet szerettem volna beolvasni az értékeket, akkor feszültségosztót kellett volna alkalmazni. A DMM bemenet használata, azzal is jár, hogy a mintavételi frekvenciája nagyon kicsi. Az adatáramlási elvből adódik, hogy addig nem fog (újra) lefutni a while ciklus, amíg az abban megírt kódsor mindegyike nem fejeződött be. Ebből fakad az, hogy a ciklusidőt a leglassabb lefutással rendelkező kódsor fogja meghatározni. A DMM port fél másodpercenként vett mintát, s ez lett a ciklusidő is.

Látható a 4. ábrán, hogy 30 szekundum alatt kevés (számszerűen 26) mintát vett a myDAQ eszköz. Így az adatgyűjtő kártya egyik analóg bemenetét használtuk fel a továbbiakban a jobb ciklusidő eléréseért. Ez azonban egy feszültségosztó elhelyezését igényelte a jeladó és vevő között. Ebben az esetben is egy feszültségosztó áramkört kellett használni. Ezt az (1) egyenlettel lehetett számolni. Ebben az esetben egy 1 k $\Omega$ -os, és egy 3,7 k $\Omega$ -os ellenállást használtam fel.

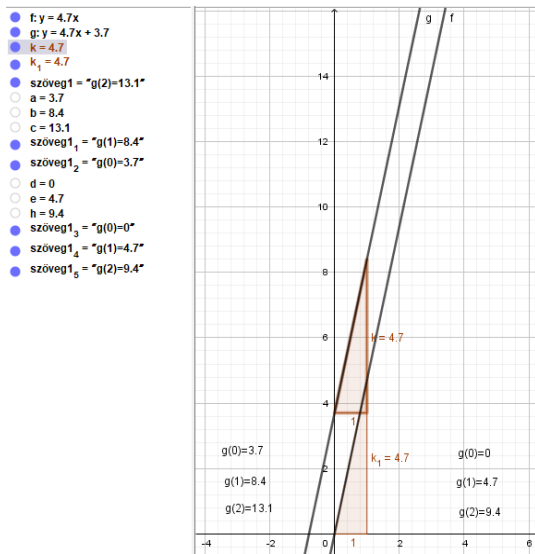
### 2.3. Adatgyűjtőkártya pályavezérlési áramköre

Ennek az áramkörnek a szerepe a jelerősítés és teljesítményillesztés. A myDAQ eszköz kimenetén maximálisan 10 V-ot tud kiadni vagy 2 mA-t. Ez a 3. ábrán a négyessel ellátott négyzetben látható. A megépített áramkör erősítése a következő:

$$A_U = \frac{R_2}{R_1} + 1 \quad (2)$$



4. ábra. DMM bemenet feszültség-idő diagramja



5. ábra. Kimeneti jel ábrázolása eltolással és eltolás nélkül

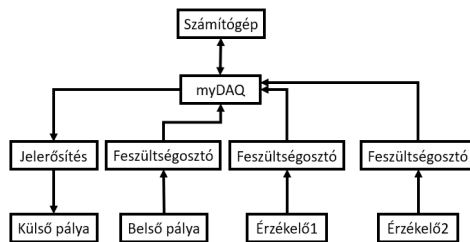
A (2) egyenletbe behelyettesítve a megfelelő értékeket az erősítési tényezőnek, AU, 5,25 névleges értékét kaptam. Azonban a jel számértékének 4,7-szerese jelenik a pályán, különböző veszteségek miatt. Ez az érték pedig megközelítőleg megegyezik a feszültségosztóéval. Ez azért fontos, hogy azonos linearitású egyenest kapjunk, így a beérkező adatsor reprodukálható legyen a kimeneten. A MOSFET nyitási karakterisztikájából következően egy eltolást kellett betenni a rendszerbe, melynek mértéke 3,7 V. Az 5. ábrán látható a mérésadatgyűjtő kártya kimenetén megjelenő feszültség az erősítés utáni állapota (f függvény) és az „offsetelt”, eltoló (g függvény) egyenes képe is. [2]

## 2.4. MyDAQ pályavezérlési jel és a konzol jelének kontrolálása

Fennáll annak a lehetősége, hogy a program futásának leállításakor marad feszültség a kimeneten, ami eredményezi azt, hogy a versenyautó nem fog leállni csak a következő alacsony jelszintre amit kapni fog, ezért le kellett választani a kimenetet közvetlenül a pályáról. Ugyan a verseny indítása szoftveresen LED-ekkel (Light Emitting Diode) működik, de, hogy ne indulhasson hamarabb a versenyző egy kicsivel sem, így a bemenetet, a potenciométer jelét is egy digitális jelhez kötöttem. Ezt egy-egy BC639 típusú tranzisztortal oldottam meg, ami a kimeneti LVTTL jelre kapcsol. Ez az áramkör az 5-ös számmal ellátott beke-retezett részben található a 3. ábrán.

## 3. A rendszer szoftveres felépítése

A szoftver felépítéséhez NI LabVIEW 2015 verziójú programot használtam fel. A rendszer kommunikációja a 6. ábrán látható. [3]



6. ábra. A megépített rendszer kommunikációja

A szoftveres felépítés tartalmaz egy blokk diagramot -ahol található a program felépítése, VI-ok kapcsolata, a programkód- és egy front panel részt, amely olyan feladatot lát el, mint egy HMI (Human Machine Interface). [4]

Tab control funkció segítségével 3 részre tagoltam a front panelt. Az első tájékoztató jellegű, ami a verseny menetét, szabályait, fogalmazza meg. A második lap -ami egyben a főoldal is- verseny elindításáról, pillanatnyi feszültségértékekről, köriridőkről ad visszajelzést (7. ábra), míg a harmadik egy a verseny kiértékeléséről szóló oldal.



7. ábra. Front panel fő oldala

### 3.1. Verseny indítása

Ez a rész a 7. ábrán barna színnel és 1-es megjelöléssel látható. A program a „visszaszámlálás indítása” feliratú gomb megnyomásával indítható el. Ennek a jelnek a hatására a felső fekete LED-ek párosával pirossal kezdenek világítani, és minden 800 ms letelte után ismét két LED kapcsol. Mindegyik fölött megjelenik egy számláló is ami a hátralévő LED-ek számát jelzi, majd miután mindegyik piros világít, az alsó 10 LED kezd el zölden világítani, és egy „START” felirat is megjelenik, ami indítja a versenyt.

### 3.2. Adatbeolvasás

Abban a pillanatban ahogy a zöld LED-ek világítani kezdenek elindul az bemenő adatok rögzítése.

Az adatok beolvasásának inicializáló részénél először is létrehoztam a mappát, meghatároztam a mentési helyet, fájl nevét („beolvasott\_fesz\_ertekek”\_év\_hónap\_nap), kiterjesztését („.lvm”), majd ehhez hozzárendeltem azokat az információkat, amiket majd el akartam menteni („idő”, „beolvasott\_feszültség\_ertekek”). Miután a program létrehozta a mappát, a beállításoknak megfelelően, adott pillanatban elkezd tárolni az adatokat. Az éppen aktuális időpillanathoz hozzárendel mindig egy feszültségértéket.

### 3.3. Adatsorból visszaolvasott vezérlő jel

A kimeneti jelnek az alapja egy már beolvasott feszültség adatsor vagy egy előre megírt program, amely a pályát 2 főrésztre osztja és ezek alapján változtatja a feszültségértékeket. Matematikai átalakítást hajtottam végre az adott adatsoron, hogy a már amúgy is jó köridőt javítsam. Ezt szorozó tényezővel hoztam létre. A felhasznált MOSFET offset hibáját is itt, szoftveresen javítottam. Azonban mivel a MOSFET-ig be volt építve egy erősítés is, ezért a korrekciónál az erősítést is figyelembe kellett venni. A program a kiírt kívánt adattömböt először elemekre bontja, elvégzi a matematikai korrekciókat, majd újra tömbbé alakítja a kiírt és a kiértékelés miatt. [5]

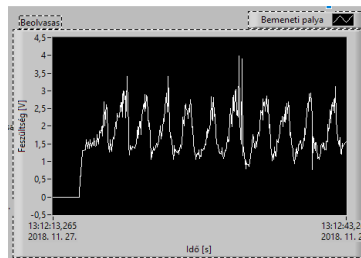
### 3.4. Köridő mérő és számláló programok

Amikor a bemeneten megjelenik a jel a program léptet a számlálón egyet. Időzítő azért van elhelyezve a számlálással egy időben, mivel a program mintavételezési frekvenciája, az autó lassú elhaladásához viszonyítva gyors, így többet léptetett a számlálón egy egységnél. Annak érdekében, hogy ezt elkerüljem, egy 300 ms időzítést építettem be. Mindegyik szenzornak külön számlálója van értelem szerűen, s akkor áll le a program, ha ezek közül valamelyik eléri a tizenegyedik kört. A számlálók a megkezdett köröket mutatják, azaz a megtett körök száma 10. Ennyit kört tartalmaz egy „futam”.

A köridők mérésekor a program az érzékelő fel-futó élelt figyeli. Amikor az érzékelő jele elsőnek megjelenik a digitális bemeneten akkor elindul egy számláló egészen addig ameddig újból nem érzékel a szenzor. Abban a pillanatban amikor a jel újra megjelent a bemeneten az addig eltelt időt tömbben tárolja, majd újra indítja a számlálót. Ez a folyamat egészen addig fut le újra és újra míg valamelyik érzékelő számlálója el nem éri a 11. megkezdett kört.

## 4. Verseny kiértékelése

A legutolsó rész a kiértékelés. Attól függően, hogy egy visszaolvasott adatsor vagy az érzékelők



8. ábra. Kiértékelte feszültség-idő diagram



9. ábra. Köridők kiértékelése

által generált jel az amelyik ellen zajlik a verseny, kapunk diagrammban visszajelzést, amely a feszültséget ábrázolja az idő függvényében. [6]

Ezek mellett a kiértékeléshez tartozik a köridők részletes ismertetése. A köridőket egy tömbbe gyűjti a program, majd azt összeadja a benne lévő elemeket. Így kapjuk meg azt az időt, ami a 10 teljes kör megtételéhez kellett. Az átlag köridőt úgy kaptam meg, hogy az előbb említett időt elosztjuk a körök számával. Végül pedig a program kiszámolja, hogy mennyi volt a lemaradása a vesztesnek a győzteshez képest.

### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Tóth J., Tóth E., Mezei G.: *Automatic car park control with HMI and PLC*. Annals of the University of Oradea Fascicle of Management and Technological Engineering 11/21. (2012) 2.115–2.121.
- [2] <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/52968/FAIRCHILD/IRF740.html> (letöltve: 2018.10.20.)
- [3] Ács V., Tóth J.: *Test station for Reed Sensors and Inductive Proximity Switches*. Annals of the University of Oradea Fascicle of Management and Technological Engineering 16/26. (2017). 99-104.
- [4] Sipos K., Tóth J.: *Elektropneumatikus szelepek áramlási veszteségének mérése ipari eszközökkel*. Műszaki és Menedzsment Tudományi Közlemények 2/1. (2017) 68-72. <http://ijems.lib.unideb.hu/file/9/58edf7d02f0e9/szerzo/2017113.PDF>
- [5] Tóth J.: *Automatika*. 1. kiadás, TERC KFT., 2013. 17-27.
- [6] Tóth J., Kocsis I.: *Mérési, irányítási és diagnosztikai módszerek a sporteszközök alkalmazása során*. Debrecen, Magyarország: Debreceni Egyetem Műszaki Kar (2015) ISBN: 9789634738954

## VÉDELMI FEJLESZTÉS NYUGAT-EURÓPAI PÉLDÁJA

## WESTERN EUROPEAN EXAMPLE OF DEFENSE DEVELOPMENT

Fregan Beatrix,<sup>1</sup> Rajnai Zoltán<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Nemzeti Közzolgálati Egyetem, Budapest, Magyarország, [fregan.beatrix@uni-nke.hu](mailto:fregan.beatrix@uni-nke.hu)

<sup>2</sup> Óbudai Egyetem, Budapest, Magyarország, [rajnai.zoltan@bgk.uni-obuda.hu](mailto:rajnai.zoltan@bgk.uni-obuda.hu)

### Abstract

It is particularly important for the French political leadership to maintain French independence, to develop military defense capabilities and to maintain a balance between budgetary constraints. The publication presents a European way of continuously modernizing the French army and modernizing its technical tools. France has one of the strongest and most powerful armed forces characterized by adapting NATO-based applications and procedures.

**Keywords:** *force, weapon upgrading, reconnaissance, military industry.*

### Összefoglalás

A francia politikai vezetés számára különösen fontos a francia cselekvési önállóság fenntartása, a katonai védelmi képességek fejlesztése és a költségvetési megkorlátok közötti egyensúly fenntartása. A publikáció a francia haderő folyamatos korszerűsítésének és a technikai eszközök modernizálásának egyik európai módját mutatja be. Franciaország az egyik legerősebb és legütőképesebb fegyveres erejével rendelkezik, melyet a NATO-elvű alkalmazások és eljárások adaptálása jellemez.

**Kulcsszavak:** *haderő, fegyverzetkorszerűsítés, felderítés, hadiipar.*

### 1. A védelempolitika alapvetései

A Franciaország védelempolitikai alapelveit, valamint a haderő alkalmazását a nemzeti védelmi stratégia írja elő, az ország biztonság- és védelempolitikáját pedig a védelmi Fehér könyvek és Katonai költségvetési tervezési törvények formájában megjelenő stratégiai dokumentumok határozzák meg.

A 2013-ban megjelent Fehér Könyv a védelemről és a nemzetbiztonságról\_ stratégiai irányvonalakat jelölt ki 2025-ig a francia haderő fejlesztésére és alkalmazására vonatkozóan, a Katonai Tervezési Törvény\_ pedig a végrehajtáshoz szükséges erők, eszközök költségvetési keretét biztosította a 2015-től 2019-ig tartó időszakra.

A Fehér könyv fő elemei között megtaláljuk a nemzetközi biztonsági környezet változásaiból fakadó kockázatok, fenyegetések beazonosítását,

valamint a geostratégiai prioritások adaptálását a megváltozott biztonsági környezethez. Ennek egyik kiemelt területe geopolitikai vonatkozásban a francia politikai elitet különösen foglalkoztató, az afrikai kontinensen és a közelkeleti térségben megsokszorozódott válságócok száma, de kiemelik az orosz erőpolitika visszatérését is az európai uniós határok mentén. [1]

A katonai stratégiában a megelőzés, mint műveleti stratégiai alaprendeltetés, a hagyományos erők alkalmazására épül, a regionális válságmegoldási képesség érvényre juttatásával. A katonai stratégia fő célja, hogy megelőzze a közvetett, illetve közvetlen fenyegetéseket potenciálisan magukban hordozó helyzetek kialakulását, biztosítsa a fegyveres erők alkalmazását és a konfliktusok, válságok minimális szinten tartását. A stratégia újraértékeli a felderítés fogalmát, ami alatt

a stratégiai szintű akciók összességét kell érteni, amelyek hozzájárulnak Franciaország önálló helyzetfelismerő képességének kialakításához. Ez a tevékenység humán és technikai, nemzeti szintű, vagy kooperációban kifejlesztett felderítést takar egyes államok vagy nemzetközi terrorista szervezetek felderítésére. Ez a felderítési rendszer jelzi a várható fejleményeket, lehetővé teszi a szükséges műveletek felderítő-előkészítését és végrehajtását.

A felderítés minden időszakban a katonai cselekmények alapját képezte. Napjainkban is nagy jelentőséget szentelnek ennek biztosítására mind a támadó, mind a védelmi műveletek előkészítésének időszakában, hiszen az ellenség erejének, helyzetének megismerése a fegyveres műveletek sikerének záloga. A fenyegetések sokrétűsége miatt a felderítés jellege is kiszélesedett, és kiterjed a nem katonai területekre is. A francia honvédelmi koncepció ezért a megismerésre és a megelőzésre minden időszakban nagy hangsúlyt fordít.

A reagálás további lényeges elemei: az azonnali reagálási képesség; az előre telepített vagy gyorsan szállítható erők fokozatos mozgósítása; az erők támogatása; a szárazföldi csapatok, a légierő és a haditengerészet megelőzés céljából történő szétbontakoztatása és szükség esetén speciális műveletek végrehajtása.

## 2. A védelmi fejlesztés főbb dokumentumai

A Fehér könyv a védelemről és a nemzetbiztonságról 2013 kiemelte a humán felderítés szerepét, a helyzetelemző és értékelő képességek fontosságát. Az elmúlt években Franciaországot ért terrorista támadások pedig még inkább felhívták a figyelmet ennek jelentőségére, így már 2016-tól ezer fővel megemelték az ilyen munkakörben dolgozó állomány létszámát. [2]

A Katonai Tervezési Törvény 2014-2019 már jelentős mértékben növelte a felderítő szolgálatok adatokhoz való hozzáférési jogosultságait, és ezzel párhuzamosan erősítette a parlamenti ellenőrzés lehetőségét is. A szolgálatok ezáltal hozzáférhetnek az állami közigazgatási, rendőrségi bünyügyi nyilvántartásokhoz, telefonhálózati adatokhoz. Már 2008-ban nemzeti felderítési koordinátort neveztek ki a köztársasági elnök közvetlen alárendeltségébe, akinek feladata a különböző felderítéssel és hírszerzéssel foglalkozó szolgálatok közötti kapcsolattartás összehangolása. A felderítési adatok megosztása a külföldi katonai műveletek sikeres végrehajtásának is egyik fel-

tétele, sőt nagymértékben függ az érintett, akár szomszédos országok haderejével megvalósuló együttműködési szándéktól.

### 2.1. A francia védelmi ipar és a modernizáció

A hadiipar erősítése jelentősen hozzájárul a stratégiai autonóm képességek megvalósításához és természetesen jelentős gazdasági élénkítő hatással bír a mintegy négyezer haditechnikai vállalkozással, illetve beszállítóval. A védelmi ipari projekteket a Védelmi Minisztériumban működő Fegyverzeti Főtanács koordinálja, hirdeti meg illetve hajtja végre. A Katonai Tervezési Törvény 2014-2019 értelmében a francia védelmi ipar hatéves időtartamban mintegy tizenhét Md Euró állami támogatásra számíthat. Ez a haditechnikai modernizáció érinti szinte az összes haderőnemi komponenst, ugyanakkor a pénzügyi megszorítások, az új nemzetközi piaci szereplők megjelenése és a verseny jelentősen befolyásolta a francia megrendelések számát. Ezért a releváns francia döntéshozók érdeklődése egyre inkább a nemzetközi civil együttműködésben folytatott projektek felé fordult.

A védelmi modernizáció során prioritást élveznek a védelmi kutatások és technológiai megoldások, amelyek az alábbi területekre koncentrálnak:

- a nukleáris elrettentés komponenseinek továbbfejlesztése;
- pilóta nélküli repülőgépek alkalmazása, rakéta-rendszerek megújítása, a jövő harci repülőeszközei koncepció kialakítása terén alapvetően francia-brit kooperációs keret preferálása;
- moduláris tengeri, tengeralatti harcrendszerek hálózati megoldásai, tengerfelszíni hadihajók innovatív architektúrái;
- harcjárművek, azok személyzete védettségének javítása, új löszertechnológiák kifejlesztése;
- kibervédelmi képességek hatékonyságának növelése;
- kommunikációs, műholdas felderítő, rádiónavigációs rendszerek fejlesztési lehetőségei;
- geofizikai környezet digitalizációja.

A honvédelmi döntéshozók folyamatosan hangsúlyozzák, hogy a hadiipar igen jelentős részarányt képvisel a gazdasági szektorban. 2012-ben éves szinten 15 Md€ bevételt produkált. Bár mintegy 4000 kis- és középvállalat dolgozik a hadiiparban, többnyire alvállalkozóként, a szektor tevékenysége gyakorlatilag néhány nagyvállalatnál koncentrálódik. 2013-ban a fegyverzeti beszerzé-



**1. táblázat.** Franciaország jelentős hadiipari szereplői

Hadiipari csoport (M€ euró)	2014. évi össz bevétel 2014-ben (%)	Össz bevétel hadiipari aránya	Össz létszám	Össz bevétel növekedés 2011-2014 (%)	Hadiipari bevétel növekedés 2011-2014 (%)	Tevékenységi területek
AIRBUS GROUP	60 713	18 %	138 622	24 %	-7 %	Kat. és polg-helikopterek, drónok, műholdak, kibervédelem
DASSAULT AVIATION	3 680	27 %	11 745	11 %	11 %	harci és pilóta nélküli repülő, műholdas és pirotechnikai termékek
DCNS	3 066	99 %	14 024	17 %	17 %	hadihajók, tengeralattjárók, fegyverrendszerek, vezetési rendszerek, tengeri drón integráció, nukleáris energia
MBDA	2 400	100 %	10 000	-20 %	-20 %	levegő-levegő rakéták, irányított fegyverek
NEXTER	1 048	100 %	3 324	23 %	23 %	fegyver rendszerek, lőszer, légi-földi robotok, páncélozott eszközök éjjellátó rendszerei,
RENAULT TRUCKS DEFENSE	384	100 %	1 200	52 %	52 %	harcjárművek, torony fegyverrendszerek
SAFRAN	15 044	20 %	68 945	29 %	29 %	hadihajó és rakéta meghajtás, navigáció, elektronika, kritikus szoftverek, védett drón rendszerek
THALES	12 974	52 %	60 781	0%	-11 %	hadihajók, kommunikációs rendszerek, fegyver rendszerek, szimulációs rendszerek, űreszközök

sek kétharmadát öt vállalat nyerte el: az Airbus Group, a DCNS, a Thales, Safran és a Dassault. [3]

A védelmi kutatásfejlesztésre fordított összegek 2015-ben elérték a 3,6 milliárd eurót, ami 2,1 %-kal meghaladta a 2014. évi előirányzatot. Ebből 739 millió euró az alkalmazott technikai kutatások szektorába került. A pénzügyi erőfeszítéseket komoly hadműveleti és stratégiai kihívások tették szükségessé. Társadalmi elvárás, hogy a haderő számára modern fegyver-rendszerek kifejlesztésével, alkalmazásával kell biztosítani a hadműveleti fölényt a potenciális ellenséggel szemben. A francia hadiipar önállóságát az ipari kapacitások tekintetében hosszú távon elsődlegesnek tartják a franciák. A hadiipari szektor folyamatosan keresi a szinergiákat a civil és katonai

területek között, nemcsak a nagyvállalatok szintjén, hanem a kis- és középvállalatok bevonásával a fegyverzeti programok kutatás-fejlesztési tevékenységeibe.

### 3. Összefoglalás

A francia vezetés számára különösen fontos a francia cselekvési önállóság fenntartása, a katonai védelmi képességek fejlesztése és a költségvetési megszorítások közötti egyensúly fenntartása.

Franciaország a haderő folyamatos korszerűsítésével és a technikai eszközök modernizálásával Európa egyik legerősebb és legütőképesebb fegyveres erejével rendelkezik, melyet a NATO-elvű alkalmazások és eljárások adaptálása jellemez.

**2 táblázat.** Nemzetközi hadiipari nagyvállalatok  
2014 (M\$ US)

Vállalat	Ország	Fegyver- eladás
Lockheed Martin	USA	37 470
Boeing	USA	28 300
BAE Systems	Royaume-Uni	25 730
Raytheon	USA	21 370
Northrop Grumman	USA	19 660
General Dynamics	USA	18 600
Airbus Group	Európa	14 490
United Technologies Corp.	USA	13 020
Finmeccanica	Olaszország	10 540
L-3 Communications	USA	9 810
Almaz-Antey	Oroszország	8 840
Thales	Franciaország	8 600
BAE Systems Inc. (BAE Systems UK)	USA	8 360
Huntington Ingalls Industries	USA	6 680
United Aircraft Corp.	Oroszország	6 110
United Shipbuilding Corp.	Oroszország	5 980
Rolls-Royce	Egyesült Királyság	5 430
SAFRAN	Franciaország	5 130
Honeywell International	USA	4 750
Textron	USA	4 700

## Szakirodalmi hivatkozások

- [1] *Les Chiffres Clés de la Défense édition 2016.* Ministère de la Défense, Paris, Annuaire statistique de la défense, Édition 2016, Paris.
- [2] Ministère des Armées. *Livre blanc. Défense et sécurité nationale 2013.*  
<http://www.defense.gouv.fr/content/download/206186/2286591/Livre-blanc-sur-la-Defense-et-la-Securite-nationale%202013.pdf>
- [3] Ministère des Armées. *LOI no 2015-917 du 28 juillet 2015 actualisant la programmation militaire pour les années 2015 à 2019 et portant diverses dispositions concernant la défense.*  
[www.defense.gouv.fr/portail/enjeux2/politique-de-defense/la-loi-de-programmation-militaire-lpm-2014-2019/actualisation-de-la-loi-de-programmation-militaire-lpm-2014-2019/lpm](http://www.defense.gouv.fr/portail/enjeux2/politique-de-defense/la-loi-de-programmation-militaire-lpm-2014-2019/actualisation-de-la-loi-de-programmation-militaire-lpm-2014-2019/lpm)

# FREKVENCIAVÁLTÓS HAJTÁS KÜLÖNBÖZŐ FELHASZNÁLÁSI LEHETŐSÉGEINEK MODELLEZÉSE

## MODELLING DIFFERENT USING POSSIBILITIES OF FREQUENCY INVERTER DRIVE

Fülöp Márton Károly

Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Mechatronikai Tanszék, Debrecen, Magyarország,  
[fulop.marton96@gmail.com](mailto:fulop.marton96@gmail.com)

### Abstract

In many fields of industry frequency inverter drive is used to make rotation, where it requires modifying the speed of the engine, because of given technological or productional process. In my article I show a model built by us, through which I represent the frequency inverter drive's principal from different fields of the industry by using industrial automation devices. With the help of my model you can become familiarized with 4 use methods created by me, that I can control through a complex, but easy-to-use and user friendly HMI.

**Keywords:** *frequency inverter, asynchronous motor, PLC, HMI, conveyor.*

### Összefoglalás

Az iparban számos területen használnak frekvenciaváltós hajtást forgómozgás megvalósítására, ahol a motor fordulatszáma változtatást követel adott technológiai vagy gyártási folyamat miatt. Cikkemben egy általam megépített modellt mutatok be, mellyel ipari automatizálási eszközökkel szemléltetem a frekvenciaváltós hajtás felhasználási elveit az ipar különböző területeiről. A modellem segítségével megismerhető az általam megalkotott négy módszer, melyet egy összetett, de átlátható és felhasználóbarát kezelőfelületen keresztül tudok irányítani.

**Kulcsszavak:** *frekvenciaváltó, aszinkron motor, PLC, HMI, szállítószalag.*

### 1. Bevezető

Az iparban a legelterjedtebb villamos forgógép a háromfázisú aszinkron motor. Ezeket a villamos motorokat több technológiai folyamatban a szállítószalagoktól kezdve, a szivattyúkon keresztül a ventilátorokig alkalmazzák. Számos esetben előfordul, hogy a motorokat nem csak az 50–60 Hz frekvenciájú hálózati feszültséghez tartozó fordulatszámon kell üzemeltetni. Ezekben az esetekben szükséges az aszinkron motor fordulatszám változtatása. [1], [2].

$$s = \frac{n_0 - n}{n_0} \Rightarrow n = (1 - s) \cdot n_0 \quad (1)$$

$$n_0 = \frac{f_1}{p} \quad (2)$$

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

s - csúszás (szlip) [-];  
 $n_0$  - álló részben a mágneses tér fordulatszáma [1/perc];  
 n - forgó rész fordulatszáma [1/perc];  
 $f_1$  - frekvencia [Hz], [1/másodperc];  
 p - póluspárok száma [-].

A 3. egyenletből kiolvasható, hogy a fordulatszámot három tényező befolyásolja: frekvencia, póluspár szám és a szlip. Ha a három paraméter közül megváltozik bármelyik, akkor megváltozik a motor fordulatszáma is.



## 2. Felhasználási elvek

Kutatásom során 5 általános felhasználási elvet különböztettem meg a frekvenciaváltós hajtás alkalmazásaiban:

- több előre beállított sebesség használata;
- két érték közötti lineáris sebesség változtatás;
- gyorsulási idő optimalizálása;
- fékezési idő optimalizálása;
- sebesség tartás terhelés változtatására.

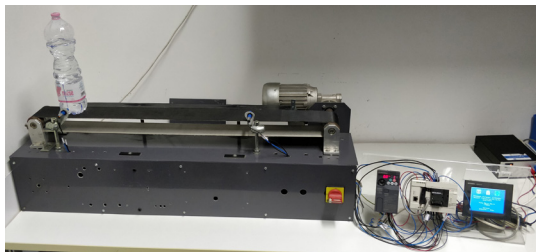
Ezeket az elveket felhasználva különböző területeken alkalmazzák a frekvenciaváltós hajtást az épületautomatizálástól kezdve az anyagszállításon keresztül egyetemi kutatásokig. [3]

## 3. Felhasznált eszközök és kommunikációjuk

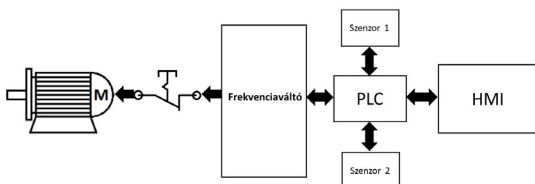
Modellem megvalósításához a Mitsubishi Electric ipari automatizálási eszközeit egy frekvenciaváltót (Mitsubishi DR-E720S-008SC-EC), egy PLC-t (Mitsubishi FX3GE-24MT/DDS), egy HMI-t (Mitsubishi GT1045-QSBD) és szoftvereit (GX Works2, GT Designer3), a Bernstein (Bernstein KCN-T12PS/004-KLP2) szenzorjait, melyeket a Festo is forgalmaz, egy Carpanelli (Carpanelli M63B4) által gyártott három fázisú aszinkron motort (0,18 kW; 230 V; 1,15 A; IP55) valamint egy a tanszéken található szállítózsalagot használtam fel.

### 3.1. Eszközök közötti kommunikáció

A rendszeremben az eszközök közötti kommunikációt a 2. ábra szemlélteti. A HMI és a PLC között RS422 kapcsolattal jön létre a kommunikáció. A PLC be és kimenetei a frekvenciaváltó sorkap-



1. ábra. A megépített modell



2. ábra. Az eszközök közötti kommunikáció sematikus ábrája

csain keresztül küldik, illetve fogadják az adatokat. A frekvenciaváltóba a motor három fázisa a frekvenciaváltó kézikönyvében leírt módon van bekötve, így tudja a kapott vezérlő és szabályozó jelek függvényében megfelelően irányítani azt. Biztonsági okokból a motor és a frekvenciaváltó közé egy vészkapcsolót építettem be, hogy a motort bármikor áramtalanítani tudjam a frekvenciaváltó kikapcsolása nélkül.

### 3.2. Frekvenciaváltó paraméterezése

Ahhoz, hogy a frekvenciaváltó, a motor és a PLC közötti kommunikáció zavartalanul létrejöjjön, a frekvenciaváltót fel kell paraméterezni. A rendszer biztonságos működéséhez elengedhetetlen a maximális és minimális frekvencia, a gyorsítási és fékezési idő, a motor adatai, valamint a felhasznált kapcsok beállításai, melyek paraméterezését manuálisan végeztem el.

Az analóg kimeneti kapcsok 0-10 V jelszinten keresztül kommunikálnak, viszont az analóg bemeneten a jelszintet ki kell választani, így a paraméterezés során a bementi kapcsokra szintén 0-10 V kommunikációs jelszintet állítottam be. Alapesetben a 4-es analóg bemeneti kapocs inaktív a frekvenciaváltón. Mivel az általam használt frekvenciaváltó a termékcsalád legkisebb tagja mind méretben, mind teljesítményben, ezért a vezérlő kapcsok egyikét át kellett paramétereznem AU signal kapocssá és aktiválni, így a 4-es kapocs használhatóvá vált.

### 4. Megvalósított modell bemutatása

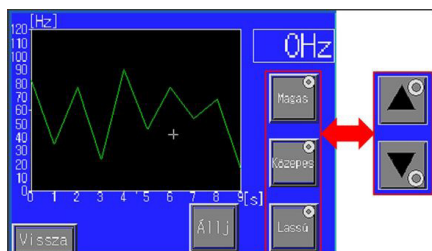
Az irányító PLC programjaimat a Mitsubishi Electric által fejlesztett GX Works2, míg a HMI kezelőfelület vizualizációját GT Designer3 fejlesztőkörnyezetben készítettem el.

A rendszer indításakor általános ismertetést kapunk a modelltől, majd a harmadik oldalon tudjuk kiválasztani az alkalmazni kívánt példát. A rendszer tervezésekor fontos szempont volt, hogy egyszerűen kezelhető legyen, ezért a 4 programot 2 csoportra bontottam (1.2. program és 3.4. program) és a kezelőfelületek csoportokon belül kis mértékben térnek el egymástól. A rendszer több biztonsági funkciót is tartalmaz, például adott időben csak egy program lehet aktív. [4]

A PLC programban egy kevert programozási nyelvet (Ladder/FBD) választottam a programom megírására, mivel ebben a programozási környezetben a jelfeldolgozás könnyen kezelhető. A digitális vezérléseket és feltételeket létradiagramban, míg az analóg irányítást és visszacsatolást blokkdiagramban valósítottam meg. [5], [6], [7]



3. ábra. A rendszer 3. oldala (program kiválasztása)



4. ábra. Első két program 3. felületei közötti eltérés

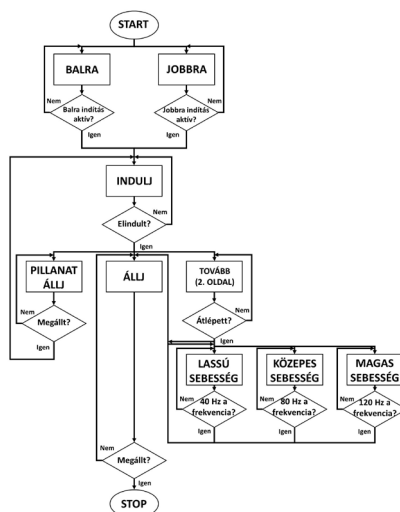
#### 4.1. Első programcsoport

Az első két program kezelőfelülete 3-3 oldalból épül fel.

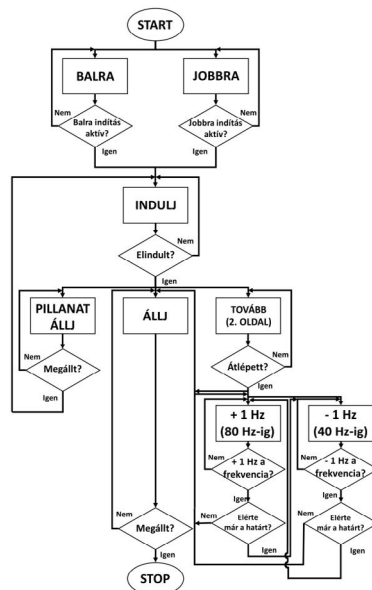
A HMI kezelőfelület első oldalán a programok irányításához szükséges információkat lehet megismerni. A második oldalon a motor forgásiirányát lehet kiválasztani, valamint az indítás, állj és pillanat állj funkciók közül lehet választani. A harmadik oldalra csak a szállítószalag elindítása után lehet belépni, ahol a szállítószalag sebességét lehet beállítani a frekvencia változtatásával és emellett élő képet lehet kapni a frekvencia változásról grafikonon és számértékben is.

Az első példában három előre beállított frekvencia között lehet változtatni a motor fordulatszámát és így a szállítószalag sebességét. Ez a fajta felhasználás az élelmiszeriparban keverőtartály forgószerszámának sebességváltoztatására is alkalmas. Például különböző anyagokat kell összekeverni és a viszkozitás vagy technológiai folyamat miatt egyes anyagoknál alacsonyabb, míg más anyagoknál magasabb keverési sebesség alkalmazandó. Ezt a megoldást alkalmazzák még például gépi megmunkáló eszközöknél, vagy épületautomatizálásban is.

A második példában egy előre meghatározott skálán belül lehet a frekvenciát változtatni hertzenként. Ezt a felhasználást például ipari ventilátoroknál, szállítóokcsiknál vagy az előző példában említett folyamatoknál használják, amikor elengedhetetlen az előre beállított értékektől eltérő fordulatszámok alkalmazása.



5. ábra. „Beállított sebesség változtatása” folyamatábrája



6. ábra. „Lineáris sebesség változtatása (40-80 Hz)” folyamatábrája

#### 4.2. Második programcsoport

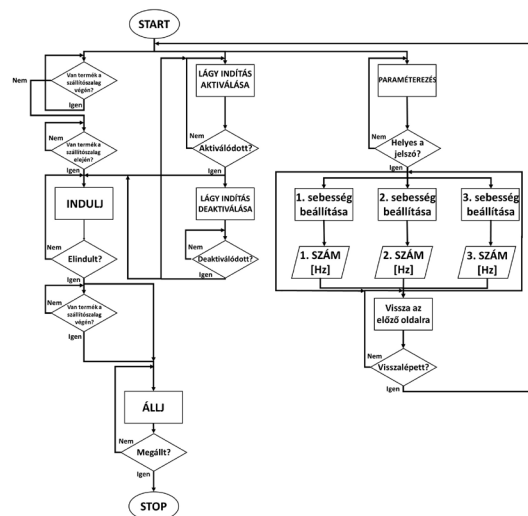
A 3. és 4. programok kezelőfelületei szintén 3-3 oldalból épülnek fel.

Az első oldalon a programok irányításához szükséges információkat lehet megismerni. A második oldalon el lehet indítani és meg lehet állítani a szállítószalagot, valamint aktiválni és deaktiválni lehet a lágy indítást/megállást. Lehetőségünk van mind két programban az indulási/megállási sebességek változtatására jelszó birtokában.



7. ábra. „Opcionális indítás” 2. felülete

8. ábra. „Opcionális indítás” 3. felülete



9. ábra. „Opcionális indítás” folyamatábrája

A harmadik programban a szállítószalag opcionális indítását mutatom be. Ezt a programot például szállítószalagok vagy szállítókatcsik fokozatos indításánál alkalmazzák, hogy indításkor a szállítandó anyagok ne boruljanak fel hirtelen indulás hatására.

A negyedik programban a szállítószalag opcionális megállítását mutatjuk be. Ezt a programot az előző példához hasonlóan például szállítószalagoknál és szállítókatcsiknál lehet felhasználni a fokozatos megállásra, így a szállítandó anyagok nem borulnak fel megálláskor. Emelőszervezetek (pl.: lift) esetében pozicionálást lehet megvalósítani, így a mozgatott termék nem fut túl a kívánt véghelyezeten.

#### 4.3. Az 5. felhasználási elv

Terveim között szerepelt, egy ötödik program megvalósítása, mellyel terhelés megváltoztatására a szállítószalag tartja a sebességét. Ezt a példát faiparban fűrész korong meghajtásánál, amikor a feldolgozandó fa keménysége változik. Továbbá szivattyúknál hidraulikus tápegységeknél

nyomás tartására szokták alkalmazni. Ennek a programnak a megvalósítására nem volt szükség, mivel az általam választott frekvenciaváltóban ez a funkció biztonsági elemként működik és jelen van.

### 5. Következtetések

Ipari eszközök segítségével egy olyan komplex mechatronikai rendszert hoztam létre, mellyel demonstrálhatók a frekvenciaváltós hajtás felhasználási elvei ipari körülmények között. Az operátor felületen élő képet kaphatunk a frekvencia változásáról. Biztonsági funkció céljából több esetben is jelszó birtokában lehet állítani a megadott paramétereket.

A megépített rendszerem kiválóan felhasználható oktatási célra egyetemeken, gyakorlati órákon és vállalatokon belüli továbbképzéseken is. A megépített modellel keresztlátást lehet mutatni egyszerre négy különböző megoldást frekvenciaváltós hajtás alkalmazására, azaz adott ipari folyamatokat, megoldásait lehet demonstrálni használatával.

#### Modellem működése:

<https://youtu.be/oG2GZd39ds4>

### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Kuczogi E.: *Villamos hajtások*. Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1976.
- [2] Tóth J.: *Automatika*. TERC Kereskedelmi és Szolgáltató Kft, Budapest, 2013.
- [3] Bartha I., Husi G., Liker I., Vitéz A., Tóth J.: *Kapcsolási elrendezés és eljárás elektromos jármű váltakozó áramú hajtásának vezérlésére*. P1200240. Magyarország, 2013.
- [4] Sipos K., Tóth J.: *Elektropneumatikus szelepek áramlási veszteségének mérése ipari eszközökkel*. Műszaki és Menedzsment Tudományi Közlemények 2. kiadás, 2017. 68–72.
- [5] Dombi K. B., Tóth J.: *Meglévő automatizált épületek integrációja*. In: A XXIII. Fialat műszakiak tudományos ülésszak előadásai. Proceedings of the 23<sup>rd</sup> international scientific conference of youngth engineers, Kolozsvár/Cluj, Románia, Műszaki Tudományos Közlemények 7. (2018) 67–70.
- [6] L. Coutinho Alves Meiga, Tóth J.: *Control and Position Memory of a TTR Robot*. Annals of the University of Oradea Fascicle of Management and Technological Engineering 25. (2016) 115–118.
- [7] Tóth X. E., Tóth J.: *How to Control a Pneumatically and an Electrical Driven Linear*. Annals of the University of Oradea Fascicle of Management and Technological Engineering. 24. (2015) 185–188.

## WEISS MANFRÉD – EGY MAGYAR VÁLLALKOZÓ EREDMÉNYEI

## WEISS MANFRÉD. RESULTS OF A HUNGARIAN ENTREPRENEUR

Gáti József,<sup>1</sup> Nagy László,<sup>2</sup> Kuti János<sup>3</sup>

Óbudai Egyetem, Budapest, Magyarország

<sup>1</sup> [gati@uni-obuda](mailto:gati@uni-obuda)

<sup>2</sup> [nagy.laszlo@hok.uni-obuda.hu](mailto:nagy.laszlo@hok.uni-obuda.hu)

<sup>3</sup> [kuti.janos@rh.uni-obuda](mailto:kuti.janos@rh.uni-obuda)

### Abstract

We are forgetting undeservedly many great technical creators in Hungary, or we don't remember them sufficiently. Manfréd Weiss belongs to these great technical people. In my dissertation I show his life, and work for the technical development. In my „Scientific Student” work beyond the life of this famous inventor engineer, I also discover his technical results and their impact on the posterity. In my dissertation I mention the spirit of that age, in the interest of understanding better the work and the creative environment of the inventor.

**Keywords:** *biography, ammunition, Csepel*

### Összefoglalás

Több Magyarországon alkotó nagy műszaki alkotót méltatlanul felejtünk el, vagy nem kellőképpen emlékezünk meg róluk. Ezen műszaki nagyjaink közé tartozik Weiss Manfréd is. Kutatásunkban az Ő életét, a technikai fejlődésért tett munkását mutatjuk be. Munkánkban a híres feltaláló-mérnök életén túl a műszaki eredményeit és azok az utókorra kiható hatásait is feltárom. Értekezésünkben kitérünk a kor szellemiségére, annak érdekében, hogy jobban meg lehessen érteni a feltaláló munkását, alkotói környezetét. Szeretném kiemelni, hogy az elvégzett feltáró munkánk során felfedeztük, milyen fontos a témaválasztás. Az utókorak kötelessége, hogy feltárja és megismerje elődjei munkását, ebből okuljon és minél szélesebb körben terjessze ezt, nyilvánosságra hozza.

**Kulcsszavak:** *technikatörténet, Weiss Manfréd, életrajz, lőszer, Csepel.*

### 1. A Weiss család

18. század végén Csehországból egy antiszeMITA hullám miatt rengeteg gazdag zsidó család vándorlót át Magyarországra. Nagypapa Baruch Weiss is ekkor költözött Pestre, ahol Pipa készítő műhelye volt. Édesapja Weiss Adolf termény kereskedő volt. Édesanyja Kanitz Éva előkelő Budai lány volt. Hat gyermekük született, amelyek közül Weiss Manfréd volt a legfiatalabb.

Weiss Manfréd 1857. április 11. született Pesten. A Budapesti Kereskedelmi Akadémián tanult, később Hamburgban gyarmatárú-nagykereskedésben szerzett üzleti tapasztalatot.

### 2. A gyár alapításának előzményei

Magyarországon az ipari fejlődés 1848-at megelőző évtizedekre tehető a manufaktúrák megjelenésével. Ekkoriban a meghatározó iparág a malomipar volt. Az ezt kiszolgáló kereskedelem volt a legmeghatározóbb. A mezőgazdasági és malomipari terményeket elsősorban az osztrák piacra szállították. A szabadságharc leverése után a monarchiában az volt a jellemző, hogy nyugati területekről érkező tőke mozgatta az iparosodást. A századfordulón a gyártulajdonosok, igazgatók 12%, a művezetők 20%, míg a munkások 75% érkezett a monarchia egyéb országaiból. Ebben az

időszakban két formája alakult ki gyáralapításnak:

- első: hazai gépinagyiparban a külföldi befektetők támogatásával;
- második: mezőgazdaság exportjellegű kereskedelemről vagyonszerzett kereskedők ipari befektetésével;

1860 és 1880 között a vasút fejlődésének köszönhetően fejlődni kezdett a nehézipar. 1880-as években az ipari forradalom jellemezte a magyar ipart. Ezt követően alakult ki a gyáripar az 1890-es évekre. Az 1860-as évtized végére a Weiss család is ipari tőkessé válllik.

### 3. A vállalkozás kezdete

1877-ben bátyja Weiss Bertold gabona vállalkozásába betársult. 1878-ban az Osztrák-Magyar Monarchia elfoglalta Bosznia-Hercegovinát a Török Birodalomtól és a Katonai Gabona ellátást többek között a Weiss testvérek vállalata is szállította. A Weiss testvérek 1882. december 28-án engedélyt kaptak, hogy megnyissák a konzervgyárukat, ekkor jegyezte be a bíróság az Első Magyar Konzervgyár társas vállalkozást. Az akkori Magyarországnak ez volt a legelső konzervgyára. A Lövéde térről átköltöztek Máriássy utcába. Később töltényhüvelyeket, katonai palackokat, lőszerket és egyéb hadi felszerelést kezdtek el gyártani. Konzervük Globus néven volt ismert akkoriban. A csomagoláshoz bádogdobozokat kellett használniuk és mivel egyre nagyobb lett a kereslet a konzervükre így azoknak a gyártásába is belekezdtek. Ezzel már a vasipari tevékenységet is végezték.

Weiss Manfréd üzleti stratégiája az volt, hogy a potenciális kereslethez igazították a termelést és sose az aktuálishoz, habár néha ezek veszteséggel is járhattak, de a jövő, hogy a jövőbe sikeresek legyenek ezt meg kellett tenniük. A testvérpár hamar felismerte, hogy az államnak gyártott hadifelszerelések igen kifizetődő tevékenység. Így kezdték meg a tölténygyártást. 1890-ben azonban a húsárú üzemben tölténygyártás közben hatalmas robbanás történt. Ezután már a hatóságok nem engedélyezték, hogy lőszerket és más robbanás veszélyes termékeket gyártsanak a konzervgyár területén. Ezután egy új gyártelep után kezdtek el kutatni és Csepel szigetre esett a választás. 1892. december 12-én vették bérbe egy homokos területet, aminek a neve János-legelő.

Azért választottak mert közel volt Budapest, olcsó volt a munkaerő, illetve a telek bérleti díja. 1892-ben ide helyezték át az egész gyárat és már a



1. ábra. Az első Csepeli gyártelep János-legelőn 1892-ben [3]

hadiipari termékek gyártása összpontosították a termelést. Már jelentős tőkéjük volt, illetve rengeteg jó üzleti kapcsolatai voltak a Weiss testvéreknek ennek köszönhetően a kormány támogatását is élvezték különböző kedvezmények formájában. Körülbelül öt hold területet béreltek. Először 30-40 férfi és 100-110 nő volt foglalkoztatva. A környélbéli falvakból jöttek az emberek dolgozni.

1893. január 12-én kapták meg a vállalkozók ipartelep létesítésére az engedélyt. 1896-ban a bérelt területet felvásárolták. Ekkora a területen 20 épület áll és már 400 munkás folytatta a termelést.

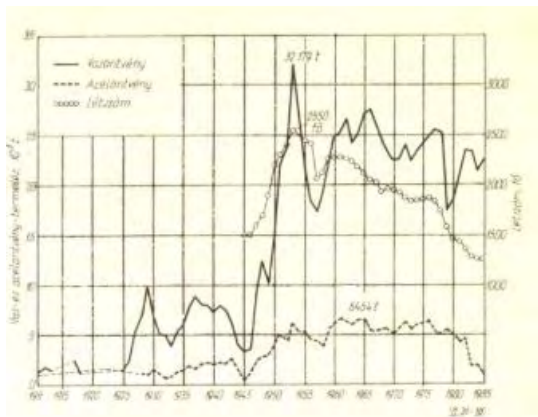
### 4. A Önállóság nehézségei

1896-ban a két testvér szétválak mert Bertoldot parlamenti képviselőnek választják illetve a Textil. Akkoriban az úgy nevezett összeférhetetlenségi törvény miatt kellett a cégből kiszállnia mert nem lehetett egy olyan ember képviselő, akinek a vállalta kapcsolatban állt az akkori magyar kormánnyal.

A következő 20 évben Európa egyik legnagyobb nehézipari központ lett Csepelen. 1893-ban 150 fő volt a dolgozók száma. 1917-ben 27.000 ember dolgozott már a gyárban.

1896-1914 között az ország legnagyobb hadiüzemévé fejlődött a gyár. A hatalmas megrendeléseknek köszönhetően és a jó családi kapcsolatoknak is köszönhető, hogy a gyalogsági lőszer termelése illetve az Osztrák-Magyar Monarchia hadseregének a legnagyobb magánszállítója lett. A fejlődésnek köszönhetően 1896-ban ami a gyártáshoz szükséges réz kellett már a saját rézkohászati üzemében állította elő. 1898-99-ben már saját kovácműhely, víztorony, anyagvizsgáló és még több raktár épület készült el. 1901-ben mozgókonyhákat, főzőládákat, tábori sütőkemencéket, illetve hasonló katonai felszereléseket is gyártot-





2. ábra. Vas- és acélöntvény gyártás és létszám alakulása a Csepeli öntödében [3]

Év	Létszám (fő)	Terület (kat. Hold)	Épület alapterület (m <sup>2</sup> )	Gépek teljesítménye (LE)
1892-	25	5	400	4
1892-1896	920	5	7500	160
1896-1902	3500	60	13000	546
1902-1910	5000	60	40000	7000
1910-1914	10000	125	100000	14000

3. ábra. A Csepeli gyár fejlődése számokban az első Világháborúig [5]

tak. 1904-ben már a csepeli gyártelep lett az anyavállalat. Csepelre került a kereskedelmi iroda is. 1907 őszére a fémrúd-fémcsőtelep is elkészült. 1911-12-ben saját acélbázis kezdett el kialakítani a cég. Két martinkemencével felépült az acélmű, mely napi szinten biztosította a nyersanyagot.

Az acélmű felépítéséhez 5 millió koronás beruházást tett, de a 10,4 cm felületi tűzérési löszerek 42% kvótáját kérte az államtól. 1911-ben titkos szerződést kötött a Witkowitzi vasművel. A szerződés főbb pontjai:

- a Witkowitzi vasművek kötelezi magát a lövedégyártásban szerzett tapasztalatainak átadására Weiss Manfréd számára. Mérnököket és munkásokat is küld Csepelre;
  - Weiss Manfréd kötelezi magát, hogy minden a haditengerésztnek szállított lövedék után 3,5%-ot fizet Witkowitznak. Witkowitz támogatja Weiss Manfrédot, hogy a haditengerésztől elnyerje a 30,5 ágyúlövedékek beszállítását;
  - Weiss Manfréd minden olyan berendezést, amit külföldön lehet megvenni az csak Witkowitztól veheti meg;
  - Weiss Manfréd a Witkowitztól átvett tapasztalatokat nem adhatja tovább, azoknak a gyáraknak sem, ahol Weiss Manfréd résztulajdonos;
- Amikor a gyárnak a kezdeti időszakban nem ment annyira a termelés a cég vagyonát Weiss

Manfréd ingatlan vásárlásba fektette. Megvásárolta a mai Jókai út, Nagymező utca, Új-Lipót város déli része mely: a Margit hídtól a Vigszínházig terjedt és az Andrássy utat is. 1915-ban a Károlyi-kastélyt Derekegyházán megvásárolta.

A korszak legkeményebb gyára volt. Manfréd is munka mániás volt mindenképpen a legjobbat akarta kihozni szigorúan a profitot előtérbe helyezve. A világháború kitörésével Weiss Manfréd már tudta, hogy vállalkozásának fejlődésének egy hatalmas löketet adhat. Az egyéni vállalkozását családi részvénytársaságra alakította át. Ebben az időszakban vezette a három műszaki munkarendet, hogy a termelést növelni tudja. Egy újabb martinkemencével bővítették a gyártást, illetve beszerzték az első elektrokemencét is. 1917-ben volt a gyár legnagyobb forgalma – a Generál Biztosító kö – rülbelül 100 millió koronára becsülte meg az egész csepeli gyár értékét.

## 5. A Csepeli fejlesztések

Weiss Manfréd nem csak a saját gyárát fejlesztette hanem Csepel és környékét, illetve jótékonykodott is. A gyár alapításakor Csepel egy jelentéktelen kisközség volt alig több mint 2200 lakossal. 1896-ban a legmodernebb minta szerint felépített egy munkásszállót. Gyári jótékonykodást is létesített: gyári csecsemőotthon. Egy napos kortól egészen hatéves korig felügyeltek a gyermekekre ezzel segítve a gyárban dolgozó nők minden napjain. Csepelen a Ferenc utcába volt a Nép konyha, ahol naponta 1000 adag ételt osztottak ki. 1914-ben a Váci utcába is nyitottak egy Nép konyhát, ahol ugyan úgy körülbelül 1000 adag ételt osztottak ki. Ekkoriban a második legnagyobb étel osztó konyha volt. Körülbelül 1.600.000 embert láttak el a világháború alatt. 1916-ban létrehoztak egy gyári kórházat, hogy a termelésben történő baleseteket hamar el tudják látni. De nem csak a gyárban dolgozók vehették igénybe, hanem a Csepel lakossága is igénybe vehették. Sürgősségi ellátás is volt a kórházban. 1910-ben felesége emlékére a kor legmodernebb budapesti szülő otthonát hozta létre. Itt volt először szervezett terhes tanácsadás. Saját nővér képzővel is rendelkezett ez a szülőotthon. Ingyenes volt és 1910-18 között több mint 5000 gyerek látott napvilágot. Ezen kívül Manfréd iskolát és óvodát is építtetett Csepelnek. Ezeknek a fejlődéseknek hála már 1910-ben már közel tízezeren laktak Csepelen.

Weiss Manfréd gyára mivel ilyen nagy ütemben elkezdett nőni így 1905-től a Pesti Magyar Kereskedelmi Banknak igazgatósági tagja lett és

a Gyáriparosok Országos Szövetségnek. Ezután a kecskeméti konzervgyárat is felvásárolta majd később néhány textilüzemet is.

## 6. Kitüntetések

Weiss Manfréd 1896. augusztus 16-án, I. Ferenc József osztrák császár és magyar király nemességét, illetve csepeli nemesi előnevet adományozott.

A párizsi világiállításon, ami 1901-ben volt megkapta a „Vaskoronarend” és „Ferenc József-rend” középkeresztjét is megkapta a nagymérvű hadfelszerelés érdekében kifejtett tevékenységének elismeréseként. 1915-ben felsőházi tag lett.

1918. november 16-án pedig bárói címet adományozott neki IV. Károly osztrák császár és magyar király az Osztrák-Magyar Monarchia egyik legnagyobb hadianyag szállítójaként.

## 7. Weiss Manfréd Családja

Weiss Manfréd felesége Bécsből származott. Egy osztrák vasúti vállalkozó lányát vette el feleségül amelynek neve Wahl Alice egy lovagi család sarja. Rövid időn belül hat gyermekük született. Négy lányuk és két fiúk: Weiss Elza, Weiss Edith, Weiss Marianne, Weiss Daisy, Weiss Alfons és Weiss Jenő.

Szigorú szülők voltak, megvolt határozva mikor volt a tanulás, illetve mikor volt a pihenés. Hetente egyszer Weiss Manfréd a családdal zeneesetet tartott, ahol ő maga hegedült felesége pedig zongorázott. Unokái elmondásai alapján nagyapjuk fejfájós és rossz alvó volt. Az Andrássy úti házukban éltek minden napjaikat. Weiss Manfréd felesége 1904. januárjába 39 évesen hunyt el vészes betegségben. Fiai Weiss Jenő és Weiss Alfons mérnöknek tanultak, hogy később segíteni tudják apjuk vállalkozását.

## 8. Az államosítás és következményei

1919-ben a Tanácsköztársaság idején államosították a gyárat. Manfrédnak a gyár anyyira az élete volt, hogy öngyilkosságot kísérelt meg de munkásai megmentették. Budapestre mikor bevonultak a románok leszerelték a gyárat. 28.000 munkásból csak 6.000 fő maradt meg. Trianon után a hadiiparról béke cikkek gyártásba kezdtek.

Öngyilkosság megpróbálása után már nem volt az igazi Manfréd. 1922. december 25-én agyvér-



4. ábra. Weiss Manfréd

zésben elhunyt. A Csepeli Gyártelep első korszaka Weiss Manfréd halálával lezárult.

## 8. Összefoglalás

Weiss Manfréd a magyar gyáriparosok egyik legkiválóbb képviselője volt, műszaki és gazdasági szemlélete kiemelte a korszakból és az egyik legnagyobb gyártulajdonossá tette. Életét és munkásságát sokan ismerik, ugyanakkor kiemelendő, hogy szociális munkássága, munkásaival való bánásmódja. Személyisége miatt ma is egy kiemelkedő példaképe a magyar műszaki ifjúságnak, kitartása és gondolkodása követendő példa.

## Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Lengyel József: 75 éves a Csepeli acélgyártás. Csepeli Műszaki-Közgazdasági szemle 1987/1.
- [2] Csepeli művek II. Ad\_275-278-2009, Ad\_280-2009.
- [3] Rácz József: 75 éves a vas és acélöntvény-gyártás Csepelen, Bányászati és kohászati lapok 38/6.
- [4] Kálmán Lajos: 50 éve gyártják vas- és acélöntvényeket Csepelen, Öntöde 14/2.
- [5] A Csepel vas- és fémművek rövid áttekintése



# KÁRMÁN TÓDOR – EGY MAGYAR FELTALÁLÓ MUNKÁSSÁGA

## TÓDOR KÁRMÁN – WORK OF A HUNGARIAN INVENTOR

Gáti József,<sup>1</sup> Osváth Rebeka,<sup>2</sup> Kuti János<sup>3</sup>

Óbudai Egyetem, Budapest, Magyarország

<sup>1</sup> [gati@uni-obuda](mailto:gati@uni-obuda)

<sup>2</sup> [rebeka.osvath@gmail.com](mailto:rebeka.osvath@gmail.com)

<sup>3</sup> [kuti.janos@rh.uni-obuda](mailto:kuti.janos@rh.uni-obuda)

### Abstract

Unworthily we forget many great Hungarian engineers, who could be great role models for today's young engineers. In some respects, Tódor Kármán belongs to these forgotten engineers. That's why I present in my dissertation the life and work of Tódor Kármán. I deal specifically with his contemporary education system, because this was also due to his scientific work. During my scientific work, I reveal the most important works, studies of the great scientist, I am focusing on his space exploration activities before his age. In this respect, I will also talk about one of his followers, Dr. Antal Bejczy.

**Keywords:** *history of technology, biography, hungarian inventor.*

### Összefoglalás

Méltatlanul felejtünk el több nagy magyar mérnököt, akik a mai fiatal mérnököknek is remek példaképek lehetnének. Bizonyos tekintetben ezen elfeledett mérnökök közé tartozik Kármán Tódor is. Éppen ezért kutatásunkban bemutatjuk Kármán Tódor életét és munkásságát. Külön foglalkozom az Ő korabeli oktatási rendszerrel, hiszen ennek is köszönhető volt a tudományos munkássága. Munkám során feltárom a kiváló Tudós legfontosabb munkáit, találmányait, kiemelten foglalkozom a korát megelőző úrkutatási tevékenységével. E tekintetben kitérek az úrkutatásban az egyik követőjére is Dr. Bejczy Antalra.

**Kulcsszavak:** *technikatörténet, életrajz, magyar feltaláló.*

## 1. Kármán Tódor családja

Kármán Tódor 1881. május 11-én született, Budapesten, a Kármán család harmadik gyermekeként.

Édesanyja Helen Kohn (Magyar Országos Pedagógiai Könyvtár adatai szerint Kohn Ilka) családfája visszavezethető a prágai császári udvar nagy matematikusáig, az első mechanikus robot, a Gólem megalkotójáig.

Édesapja, Kármán Mór 1843-ban született egy szegedi zsidó családban. Löw Lipót rabbi ösztönözte tanulásra és szorgalmazta, hogy belőle is rabbi legyen. Mór fontosabbnak tartotta az iskolát, mint a vallást, ezért a bécsi egyetemre ment, hogy filozófiát hallgathasson. Diplomája megszerzése után

visszatért Magyarországra, doktori címét itt szerezte meg. 1869-ben az oktatásügyi miniszter, Eötvös József báró tanácsára Lipcsébe utazott, hogy tanulmányozza a német oktatási rendszert.

Kármán Mór kötelező, hároméves tantervet javasolt német és francia példára, célja ezzel nem csak az egységesítés volt, hanem egyben az is, hogy az oktatás szervezése egyházi kézből állami irányítás alá kerüljön. Eközben Eötvös báró elhunyt, de utódjára, Pauler Tódorra is nagy hatással voltak az újító elképzelések, így később Kármán Mór a Nemzeti Oktatásügyi Tanács főtitkára lett, a tanács pedig folytatta az átszervezés kidolgozását. Sikerei hatására állást kapott a császári udvarban, Ferenc József



1. ábra. A Kármán gyerekek, Tódor a bal oldalon látható

unokaöcsének, Albrecht főhercegnek az oktatását kellett megterveznie, ekkor kapott munkásságáért elismerésként nemesi címet a császártól. A nemesi címhez saját földbirtokra volt szükség, a család tulajdonában pedig egyetlen kis szőlőskert állt, Budapesttől nem messze, így lett a család nemesi előneve végül „von Szőlőskislak”. Kármán Tódor mellé magántanítót fogadtak édesapja egyik volt tanítványa, Dr. Málnai személyében. Irodalmat, történelmet és földrajzt is tanult. Gyermekkorában nagyon tehetséges fejszámolónak bizonyult, különböző családi összejövetelekkor gyakran kérték meg, hogy adjon össze vagy vonjon ki egymásból nagy számokat. Ezeket mindig, hiba nélkül el is végezte. Hiába mutatott érdeklődést a matematika iránt, édesapja kérésére tizenéves koráig tartózkodott tőle, mivel apja nem akarta, hogy csodabogár legyen belőle. Kármán Mór elvei szerint a családban a gyermekeknek tanítva kellett tanulniuk, így legidősebb bátyja Elemér, a sorban utána következő Feri tanította, Feri pedig később Tódor tanítója lett. Mikor öccse, Miklós betöltötte 5. életévét, Tódor őt kezdte el tanítani. Pipó, a húguk volt a legkisebb testvér, őt már mindenki taníttatta.

Tódort 9 évesen beírták a Trefort utcában lévő gyakorlógimnáziumba. A „Minta” gimnáziumot édesapja alapította, az ő oktatási elveire épülve működött.

A hatékony oktatás titka Kármán Mór szerint az volt, hogy a diákok úgy tanulják a tantárgyakat, hogy közben lássák a hasznosságukat, hogy érezzék a tudományok hétköznapi élettel való kapcsolatát.

Matematika órán, statisztika témakör kapcsán például Magyarország gabonatermésének adatait tanulmányozták, ehhez diagrammokat és táblázatokat készítettek.

Szabályokat sosem tanultak meg szó szerint, ehelyett levezetéssel próbálták megérteni őket. A logika elsajátítására nevelték a gyermekeket.

Magyarországon a Mintagimnázium volt az első iskola, ahol egyetemi hallgatók is oktattak. A középiskolás diákok minden évben versenybe szálltak egymással az Eötvös-díj elnyeréséért. Ezzel a díjjal olyan diákokat jutalmaztak, akik matematikából, természettudományokból jeleskedtek. A díj nem csak a kitüntetett diák számára, hanem a felkészítő tanárának is hatalmas elismerés volt. A versenyen Kármán Tódor is indult és végül meg is nyerte azt. Tudományos életútja során meghatározó volt a Mintában szerzett tudás és magabiztosság.

## 2. Egyetemi évek

1889-ben Kármán Tódor beiratkozott a József Nádor Műegyetemre. A matematika előadások közel álltak a szívéhez, de a matematikai foglalkozásokon belül az ábrázoló geometriát szerette a legjobban. Irodalmat és történelmet is hallgatott néhány féléven keresztül, időnként kedvet kapott még a versíráshoz is. A közgazdaságtant viszont elhanyagolta. Az egyetemen eltöltött évek során fontos személyiség volt Bánki Donát professzor. Nem csak ő ápolott jó kapcsolatot kedvelt tanárával, de egyben édesapja jó barátja is volt. Első műszaki közleménye Bánki segítségével látott napvilágot. Egy, a motorokban előforduló problémára kereste a megoldást. A konkrét kérdés az volt, hogy „Miért jönnek néha nagy zajt okozva rezgésbe a szelepek?” Bánkinak annyira tetszett a munkája, hogy úgy döntött, egy általa írt könyvben, – ami-ben különböző műszaki problémákkal kapcsolatos tanulmányokat foglalt össze – megjelenteti Kármán Tódor kutatását is.

1902-ben „mit Ausreichen”, tehát kitüntetéssel végezte el az egyetemet. Ezután behívták az osztrák-magyar hadseregbe, ahol a tüzérségnél szolgált. Ekkor még nem tudhatta, hogy pályafutása során milyen fontos szerepet fog betölteni a haditechnika. Szolgálati éve után visszatért a Műegyetemre, hogy Bánki professzor tanársegédje lehessen. 1905-ben érdeklődni kezdett a rugalmas egyensúly instabilitásának jelensége iránt. Elő-

ször Leonhard Euler foglalkozott a problémával, de az ő elmélete csak a teljesen rugalmas oszlopokra volt érvényes. A témával kapcsolatos első eredményeit a Mérnök És Építész Egylet Közlönyében publikálta. Szakmai körökben közleményének nem volt nagy visszhangja, viszont édesapját annál jobban elvarázsolta. Kármán Mór arra biztatta fiát, hogy tanulmányait külföldön folytassa.

Hosszas mérlegelés után Németországra esett a választás.: Kármán Tódor kétéves Göttingenbe szóló ösztöndíjat kapott. Tódor úgy emlékszik vissza a göttingeni egyetemre, mint a világ vezető matematikai központjára, ahol többek között Planck, Gauss és Hilbert is tevékenykedtek. Az egyetem alkalmazott fizika osztályát vezető professzor, Ludwig Prandtl kezdett el érdeklődni a kihajlási elmélete iránt. Prandtl ígéretet tett, hogy beszerzi a hidraulikus sajtót, amire szüksége lett volna kísérletei elvégzéséhez, de Tódor hiába várakozott, nem történtek fejlemények az ügyben. Elkeseredésében döntött, elhagyja Göttingent, mivel azt érezte, hiába hallgatja az előadásokat, a tanulmányával kapcsolatban mégsem jut egyről a kettőre. 1907-ben beiratkozott a charlottenburgi egyetemre, de gyorsan rájött, hogy az intézmény hiába fogadta őt szívesen, nem volt meg a megfelelő felszereltségük a kísérleteihez, ezért a rövid kitérő után visszairatkozott Göttingenbe. A hidraulikus sajtót Göttingenben építették fel, Kármán Tódor itt végezte el kísérleteit. Végül 1908-ban elkészült doktori munkájával, melyet 1909-ben publikált. 1908 telén véget ért a göttingeni ösztöndíj. A következő állomás Franciaország volt, még hozzá a párizsi Sorbonne egyetem, ahol többek között Marie Curie előadásait is hallgatta. Franciaországban kezdték el érdekelni a repülőgépek, pontosabban először a repülőgépek motorjai bővültek el, később azon is gondolkozott, hogy hogyan lehetne biztonságosabbá tenni a repülést. A motorok terén biztos volt abban, hogy a repülőgépek fejlődésének titka a motorok tömegének csökkentésében rejlik, több repülőgéptervezővel is felvette a kapcsolatot ebben az ügyben. Kármán Tódor nem maradt sokáig Párizsban. Prandtl egy olyan szélcsatornát akart építeni, amelyben tesztelni tudták a léghajó modelljét. Kármán Tódortól azt kérték, hogy ebben segédkezzen. Az aerodinamikai tesztek támogatása mellett felkérték, hogy magántanárként tartson mechanika előadásokat az egyetemen.

### 3. Repüléstudomány

Kármán egyik utazása során, Bolognában, egy múzeumban felfigyelt egy festményre. A kép Szent Kristófot ábrázolta, amint átkel a vízen, Jézussal a vállán. Észrevette, hogy a festményen a szent lábai mögött ide-oda örvénylik a víz. Sokat gondolkozott azon, hogy mi miatt keletkeztek az örvények.

Prandtl ezidőtájt az állandósult sebességű vízáramba helyezett körhenger felületének különböző pontjaiban mérhető nyomás nagyságát tanulmányozta. Egyik doktoranduszára bízta rá az ezzel kapcsolatos kísérletek elvégzését. A kísérletek nem hoztak megfelelő eredményeket. Kármán elhatározta, hogy utánajár a dolgoknak.

Azt feltételezte, hogy a henger körül keletkező örvények egymást váltva válnak le a henger felső és alsó részéről. Miután ezt a mozgást vizsgálta, rájött, hogy csak abban az esetben lehet stabil ez a helyzet, ha az örvények nem kettesével, egyszerre, hanem egymáshoz képest eltolva jelennek meg. Ezzel az elmélettel vált nemzetközileg elismert kutatóvá a repüléstudomány terén.

1912-ben már négy éve tevékenykedett magántanárként Göttingenben, mikor megpályázta a Selmechányán lévő Mária Terézia által alapított bányászati akadémia alkalmazott matematika tanszékének vezetését. Kármán felajánlotta, hogy kér egy év szabadságot, hogy befejezhesse a munkáját Göttingenben.

1913-ban az aacheni műszaki főiskola repüléstudományi tanszékéről kapott ajánlatot, ezért lemondott a selmechányai állásról. Az intézmény a metallurgiai és bányászati mérnöki képzéseiről volt híres. Az, hogy repüléstudományt is oktattak, Hugo Junkers professzornak volt köszönhető, aki az egyetemet elhagyva, később repülőgépgyártással foglalkozott, így vált Kármán egyik fontos ügyfelévé. Junkers távozása előtt azt javasolta, hogy hozzanak létre repüléstudományi tanszéket. Bár létrejött az új tanszék, de a repüléstudomány mellett a mechanika is helyet kapott. Kármán miután elfoglalta helyét a tanszéken, első dolga az volt, hogy fejlessze a meglévő szélcsatornát. Göttingeni mintára szerette volna átalakítani, mivel a német egyetemen már kitapasztalták, hogy jobb eredményeket tudnak elérni, ha nem engedik ki a vizsgálatokhoz használt levegőt és szívni be a laborba friss levegőt a szabadból, hanem a bent lévő levegőt keringetik. Így nem befolyásolja a kísérleteket a levegő összetétele és a szennyező anyagok. 1914-ben készült el a szélcsatorna.

Egy napon Hugo Junkers meglátogatta Kármán Tódort, olyan repülőgépet szeretett volna gyártani, ami merőben eltért az eddigi vászonborításos szerkezetektől. Célja az volt, hogy az egész repülőgép fémből készüljön. Azt kérte Kármántól, hogy dolgozzon ki egy olyan matematikai módszert, aminek segítségével megtalálhatja a legalkalmasabb szárnyformát. Kármán otthonosan érezte magát Aachenben, szoros kapcsolatokat épített ki kollégáival és diákjával is. Egy napon néhány német pilóta megkérte őt, hogy tanítson nekik repülés elméletet, cserébe megígérték, hogy megtanítják repülni. Kármán Tódor első repülése Kölnben történt egy Taube típusú repülőgéppel. Kármán szerint jó gép volt, egyetlen hibával, lezálláskor könnyedén előrebukott.

#### 4. A nagy háború

1914-ben, egy őszi napon Kármánnak hivatalos leve érkezett, melyben parancsot kapott, hogy jelentkezzen szolgálatra a tüzérséghez. Azzal bízták meg, hogy határozza meg Budapest védelméhez szükséges tüzérség típusát, arra az esetre, ha az orosz katonák megtámadnák. Később a hadügyminiszter Bécsbe hívta, ahol tájékoztatást kapott a további tervekről. Bécsből nem messze, Fischamend városában épült egy hatalmas repülőtér, – ide küldték Kármánt – ahol egy zeppelin hangárt akartak létrehozni, de Kármán javaslatára ehelyett kísérleti laboratóriumot építettek. Következő megbízása keretein belül ki kellett találnia, hogy hogyan lássa el olyan gépfegyverrel a repülőgépeket, amely el tud lőni a forgó légcsvár lapátjai között. Franciaországban, Roland Garrosnak volt erre egy módszere. Egy napon, miközben tesztelték a gépfegyvert, baleset történt, a légcsvár összetört a pilóta pedig német területre zuhant. A pilótát elfogták mielőtt megsemmisíthette volna a repülőgépet. A lefoglalt szerkezetet odaadták Anthony Fokker, holland származású mérnöknek, aki rájött a gépfegyver hibájára és kijavította azt. Kármán szerint a szinkronizált gépfegyvernek köszönhető a vadászgépek fejlődése. A közös munka során Kármán és Fokker barátságot kötöttek. 1917-ben Kármán helikopterkísérletekben vett részt. A cél az volt, hogy kiváltsák az eddig megfigyelésre használt léggömböket, azért, mert úgy gondolták, hogy a helikopter biztonságosabb lehetne. Zsuroveczkel és Asbóthtal közösen fejlesztették ki a "kötött helikoptert".

Azért volt, kötött, mert a stabilitás miatt három kötéllal volt a földhöz rögzítve. Két légcsvárja volt, amelyek egymással ellentétes irányba fo-

rogtak. Leghíresebb modelljük tömege 200 kg, amelyet 3 db 120 lóerős motorral működtetnek. A budapesti Lipták-gyárral kötöttek szerződést, ők bonyolították le a helikopterek gyártását.

Kármánt arra kérték, alakítsa át helikopterét, hogy az alkalmas legyen utánpótlás szállítására, arra az esetre, ha Berlint megostromolnák és elengedné a német vezetőknek, hogy a helikopter egyenlőre nem tud olyan ütemben fejlődni, hogy erre egyhamar képes legyen, mégis parancsot kapott, hogy találja meg a megoldást. 1919-ben visszautazott Aachenbe. A versailles-i békében leírtak alapján a motoros repülőgépek gyártása tiltott dolog volt akkoriban. Néhány diák repülés iránti érdeklődését azonban nem tudták elnyomni, megalapították az Aacheni Repüléstudományi Egyesület névre hallgató diákkört. Azzal a kéréssel fordultak Kármánhoz, hogy segítsen nekik vitorlázó repülőgépet építeni. A diákok körében gyorsan végig söpört a repülőgépiparizáció. 1920-ra elkészült az aacheni diákok repülője is, Schwarzer Teufel. A következő repülőgépük a Blaue Maus (magyarul: Kék Egér) 1921-ben készült el. A gép 13 percet repült, ezzel megdöntötték az akkori világrekordot. Hugo Junkers felkérte Kármánt, hogy legyen a tanácsadója. 1924-ben Kármán Tódor meghívást kapott a Boden-tó mellett elhelyezkedő Zeppelin Művekhez. A hajó 1924-ben készült el, ősszel hagyta el Németországot, 4 nap alatt, 7830 km megtétele után érte el célját, New Jerseyt.

#### 5. Az Egyesült Államok és Ázsia

1926-ban Kármán Tódor táviratot kapott Dr. Robert Millikantól, a California Institute of Technology vezetőjétől, melyben arra kérte Kármánt, hogy utazzon el hozzá az Egyesült Államokba, azért, hogy segítsen egy aerodinamikai labor kialakításában. Ugyanekkor Japánból is érkezett egy felkérés Kármán számára, amelyben szintén arra kérték, hogy segítkezzen egy repüléstudományi laboratórium létrehozásában. Robert Andrews Millikan 1922-ben vette át a Cal Tech vezetését. Mire Kármán 1926-ban megérkezett, addigra két fiatal, Clark Millikan és Arthur Klein már dolgoztak a tervezett szélcsatornán. A cél egy Eiffel féle szélcsatorna létrehozása volt, de Kármán egy hatékonyabb tervet javasolt. 1926 őszére készültek el a labor terveivel. Kármán Tódor 1927-ben érkezett meg Jokohamába. Azt kérték Kármántól, hogy tervezzen egy szélcsatornát és tartson oktatást mérnökeiknek. 1928-ra fejezték be a szélcsa-



torna építését. A Kavanisi Gépgyárban ebben az évben kezdték el gyártani a saját repülőgépeiket.

Németországban egyre nagyobb teret nyert a nacionalizmus. Hiába szerette Kármán Aacheni életét, elbizonytalanodott, így 1931 és 1932 között Németország és Pasadena között ingázott. Végül 1933-ban felszólították, hogy térjen vissza állásához, vagy mondjon le a pozíciójáról. Kármán végül a Cal Techet választotta.

1937-ben Frank Wattendorf, aki akkor a kínai Csing Hua Egyetem repüléstudományi karát vezette meghívta Kármánt Pekingbe. Ezzel egyidőben egy orosz mérnök szintén felkéréssel fordult Kármánhoz, hogy látogasson el Moszkvába. 1937 nyarán Kármán elindult Oroszországból és folytatta útját Mandzsúriába.

Kínában Wattendorf már várta Kármánt, a hártól együtt utaztak Pekingbe. A kínai repülőgépflootta főleg amerikai és olasz repülőgépekből állt, de ezeknek a gépeknek a szervizelése gyakran okozott fejtörést a kínai technikusoknak. Repülőgépgyárat már Kármán érkezése előtt létesítettek, a következő célkitűzés a kutatórészleg volt. Wattendorf tanácsára belekezdtek egy 5-6 méter átmérőjű és 70-100 méter hosszú szélcsatorna építésébe, amelyet költséghatékonyság céljából a kínai hallgatók terveztek és építettek.



1. ábra. Kármán Tódor az irodájában

## 6. Olaszország: Az 5. Volta Kongresszus

Ez volt az első fontos esemény a szuperszonikus repülés lehetőségét illetően. A világ nagyobb nemzetei mind megjelentek a kongresszuson, többek között a Szovjetunió is. Kármánt 1908-ban kezdték el érdekelni a szuperszonikus jelenségek, ekkor cikket is írt a "hangnál nagyobb sebességű légáramlásban keletkező lökésekről". 1931-ben, Pasadenában kezdte komolyabban vizsgálni a "lövedék körüli szuperszonikus légáramlást". Úgy tekintett a lövedékekre, mint piciny léghajókra. Kármán egyik doktorandusza, Norton Moore közreműködésével 1932-ben közétett egy tanulmányt szuperszonikus aerodinamika témában. 1939-ben az Army Air Corps vezetője, Henry Arnold tanácsért fordult Kármán Tódorhoz, kérdése az volt, hogy hogyan tudnának fejlődést elérni a repülésben. Kármán azt javasolta, hogy fektessen be egy szuperszonikus szélcsatornába. Arnold megfogadta a tanácsot, Kármán és Wattendorf belekezdtek a szélcsatorna megtervezésébe. A nagysebességű szélcsatorna végül Aberdeenben épült fel.

Az Egyesült Államok repülőgépgyártói 1940-ben kezdtek el olyan gépeket építeni, amelyek megközelítették a hangsebességet.

## 7. Rakétatechnika

1936-ban három fiatal kereste fel Kármánt, John W. Parsons, Frank Malina és Edward S. Forman, űrrakétát akartak készíteni. A cél egy olyan rakéta készítése volt, amelyet fel tudnak lőni olyan magasságba, ahová már nem tudnak eljutni a léggömbök. 1939-ben megalapították a Guggenheim Aeronautical Laboratory-t a Cal Tech-en, ez volt az Egyesült Államok első rakétakísérlete. A laboratórium 1944-től a Jet Propulsion Laboratory nevet viselte. Ez az az intézmény, ahol Bejczy Antal 1937-től egészen nyugdíjazásáig, 32 éven át tevékenykedett. Az Ercoupe repülőgépet találták a legalkalmasabbnak a rakétakísérletekre. 1941-ben megtörtént az első próbarepülés. A JATO, vagyis a felszállást segítő rakétával felszerelt repülőgép bizonyított, a rakéta csökkentette a felszállás útjának hosszát. 1945-ben közelgett a háború vége. Henry Arnold tábornok azt javasolta, utazzanak Németországba, hogy megnézhessék, mire jutottak a németek a kutatásaikban. Braunschweigtől nem messze az erdőben a katonák addig ismeretlen, titkos laboratóriumra találtak. Kármán és a kutatók csoportja odautazott, hogy szemügyre vegyék az intézményt. Visszatérte után Arnold



1. ábra. Kármán Tódor számításokat végez az Er-coupe szárnyán

tábornok felkérte Kármánt, hogy írjon jelentést a Németországban látottakról, a jelentés a *Where We Stand* címet viselte. Kármán úgy érezte, hogy még nem tud eleget a németek kísérleteiről, ezért újból Európába utazott. Miután minden szükséges információ birtokában voltak, Kármán Tódor közreműködésével napvilágot látott a *Towards New Horizons* című tanulmány. 1947-ben Stuart Symington vált a US Air Force miniszterévé. Ő támogatta Kármán javaslatát miszerint a légierőnek szükség volna egy új kutatóintézetre, ahol tanulmányozhatják és fejleszthetik a sugárhajtást, a szuperszonikus repülőgépeket és a ballisztikus irányított lövedékeket. Az intézmény, amely az Arnold Engineering Development Center nevet viselte, Tullahomában valósult meg, Harry S. Truman elnök 1952-ben avatta fel. 1953-ban Kármán Tódor megalapította tudományos munkaközösségét, melynek elnökévé Neumann Jánost nevezte ki. A közösség tagja volt többek között Teller Ede, Herbert Scoville és George Kistiakowsky.

1950-es években Kármán Tódor már a 70-es éveit taposta, de még mindig aktívan részt vett a tudományos életben, több repülési és űrhajózási társaság tanácsadója volt. 1962-ben az Aerojet éppen 20 éve alakult, ezalkalomból felkérték Kármánt, hogy tartson beszédet.

1962 őszén járt utoljára Budapesten, ekkor avatták a Budapesti Műszaki Egyetem díszdoktorává. Október 22-én az MTESZ-ben előadást tartott és találkozott követőivel. A legfőbb dolog, ami hallgatóságának számára feltűnt, az volt, hogy a hazáját több mint negyven éve elhagyó magyar tudós még aznap is tökéletesen, akcentus nélkül és választékosan beszélt anyanyelvét.

Kármán Tódor 1963. május 7-én hunyt el Aachenben.

## 8. Kármán Tódor emléke

Emlékét őrzik a Holdon (45°D, 175°K) és a Mars-on (46,5°D, 59°K) található kráterek, amelyek az ő nevét viselik, a Budapesti Műszaki Egyetem gépészmérnöki kollégiuma, a róla elnevezett Kármán Tódor-díj, amellyel a felnőttoktatásban és tudományos kutatásokban elért kiemelkedő eredményeket díjazták. A Magyar Posta 1992-ben bélyeget adott ki az ő emlékére. 1989. augusztus 23-án emléktáblát helyeztek el Budapesten, a Szentkirályi utcában, Kármán szülőházán. A Paks-i Atomerőmű Rt. elismerésük jeléül 2004-ben mellszobrot állított a részvénytársaság parkjában, amelyet Farkas Pál szobrászművész készített. Ezen kívül a Budapesti Közlekedési Múzeum parkjában is található szobra.

## Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Lee Edson: *Örvények és repülők*.
- [2] Bödök Zsigmond: *Magyar feltalálók a repülés történetében*.
- [3] Hargittai István: *Az öt világformáló marslakó*.
- [4] Szentesi György: *Kármán Tódor és a rakétatechnika*. Fizikai szemle 2002/6.
- [5] Peter L. Jakab: *Kármán Tódor és a modern repülési-űrkutatói technika kialakulása*. Fizikai szemle 1997/3.
- [6] Almár Iván: *Kármán és az űrhajózás*. Fizikai szemle 2002/6.
- [7] Szabó Edit: *Bejczy Antal – Az űrrobotika atyja*. Fizikai szemle 2001/11.
- [8] Marx György: *A marslakók legendája*.



# LABORATÓRIUMI MŰANYAG EXTRUDER BERENDEZÉS TERVEZÉSE

## THE DESIGN OF A SMALL-SCALE PLASTIC EXTRUDER MACHINE

Gyárfás Attila,<sup>1</sup> Gergely Attila<sup>2</sup>

*Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Marosvásárhelyi Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Marosvásárhely, Románia*

<sup>1</sup> [gyarfasattila31@gmail.com](mailto:gyarfasattila31@gmail.com)

<sup>2</sup> [agergely@ms.sapientia.ro](mailto:agergely@ms.sapientia.ro)

### Abstract

This paper discusses the design steps, the working principle and structure of a small-scale thermo-plastic extrusion machine that will be used in a laboratory at the Sapientia University. The aim of the laboratory is to present the polymer processing technologies by student-built machines and stress the importance of plastic recycling. In order to recycle plastic parts a grinding process is necessary, that is followed by extrusion. During the process the machine melts the polymer and extrudes a filament that can be converted into granulates or used as it is. The structure of the extrusion machine is rather similar to that of a commercial one, however it focuses on presenting the manufacturing principles and cost effectiveness.

**Keywords:** *thermoplastics, polymer, extrusion, design, 3D modeling.*

### Összefoglalás

A dolgozat célja egy műanyag újra hasznosító gyártósor extruder berendezés felépítésének és tervezési lépésének bemutatása. A hulladék műanyag alkatrész darabolása után az extruder gépbe kerül, ami ezt újra olvasztva és átréselve egy szerszámon egy ún. filamentet, vagyis polimer szálát hozva létre. A polimer szál darabolásával újrahasznosított polimer granulátumot kapunk, melyet fel lehet használni új alkatrészek gyártásához. A berendezés felépítése hasonló az iparban használt extruder berendezésekéhez, azonban a költségek csökkentése érdekében néhány építő elem eltérő, ilyen például az extruder csiga, ami egy fa fűróval van helyettesítve.

**Kulcsszavak:** *műanyag, polimer, extrúzió, tervezés, 3D modellezés.*

### 1. Bevezetés

Az extrúzió, mint polimer megmunkáló technológia a XIX. század elején jelent meg. A gumitechnológiák fejlődése révén gyorsan fejlődésnek indult, amikor 1818-ban Mc Phearson feltalálta és szabadalmaztatta a csavarprést. Thomas Hancock gumi újra hasznosítására találta ki és építette meg gépét, amely fogazott hengerekkel keverte, lágyította a gumikeveréket 1820-ban, s amelyet később Edwin Caffé 1836-ban fejlesztett tovább. 1833-ban Charles Goodyear feltalálta a vulkanizálást. [1, 2]

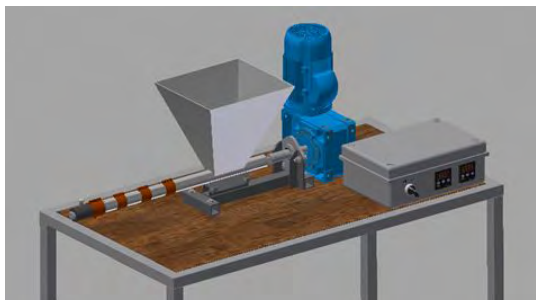
1879-ben Matthew Gray szabadalmaztatta a csigás extrudert, amely forradalmasította a polimerfeldolgozást. [2] Ezt követően Roberto Colombo kifejlesztette az első ikercsigás extrudert. [3]

A polimerek extrudálását a fém rúd vagy profil-sajtolásához lehet hasonlítani, azonban a két technológia között sok különbség van. A fémeket magas hőmérsékleten, szakaszos megmunkálással sajtolják rúddá, míg a polimereket viszonylag alacsony hőmérsékleten folyamatos extrúzióval állítják elő. Az extrudálás az egyik legelterjedtebb és leghatékonyabb polimer feldolgozási technoló-

gia, amely során az általában hőre lágyuló polimert a gép először plasztikálja, vagyis hevítéssel és préseléssel képlékeny állapotba hozza, ezt követően homogenizálja és ezzel együtt, ha szükséges légteleníti, majd komprimálja és végül egy adott alakú vagy keresztmetszetű szerszámon keresztülpréseli. A kész termék méreteinek megtartása érdekében a gép után helyezett hűtő berendezés azt kellő gyorsasággal lehűti. Amennyiben a kész termék nem kerül azonnal feldolgozásra, a könnyebb tárolás érdekében egy csévéelő berendezés feltekeri. Az extrudálással gyártható termékek tárháza igen nagy és az ipar számos területén használatosak, mint például: csövek, lemezek, kábel és huzal szigetelések, egyszerű és összetett üreges termékek, PVC ablakprofilok előállítására alkalmas. Az extruder működéséhez szükséges alapanyag általában hőre lágyuló polimer granulátum, de ez lehet újrahasznosítás céljából ledarált polimer termék is. Manapság a polimerből gyártott termékek 85-90%-a hőre lágyuló polimerből készül az egyszerű megmunkálhatóság és a jó mechanikai tulajdonságai miatt, ilyenek például: LDPE; HDPE; PET; PVC; PP; PS [2].

Napjainkban a legelterjedtebb extruder típusok az egy vagy két csigás extruderek, amelyeknek a felépítése a következő fő egységekből áll: motor, hajtás, csapágyazás, adagolás, csiga, csiga hűtés, fűtés, extruder henger, szerszám, nyomásmérő.

Az extruder hajtás rendszere tartalmaz egy motort, egy reduktort és a csapágyazást. Az adagolás részbe beletartozik az adagoló tölcser és a garat. Az extruder fűtése végzi a polimer megömlesztését és szállítását a szerszám fele. A szerszám előtti részen található egy nyomásmérő, amely egy visszacsatolással folyamatos jelet küld a vezérlő egységnek, ami ezt kiértékelve változtathat a hűtés és fűtés mértékén vagy a csiga fordulatszámán. A szerszámon keresztül távozik az ömledék a gépből. Az extrudereket a csiga átmérője (D) vagy hosszúsága (L), esetleg az L/D arány alapján szabványosították.



1. ábra. A tervezett extruder berendezés 3D modellje.

## 2. Az extruder gép bemutatása

### 2.1. Működés és 3D-s modell

A tervezett berendezés működési elve nagyban hasonlít az iparban használt extruder gépek működéséhez. A cél az extruder gép megépítésével az volt, hogy egy laboratóriumban is használható műanyag újrahasznosító gyártósor jöjjön létre. A gép működésének megértéséhez ismernünk kell az előző műveletet, ami tulajdonképpen egy műanyag palack ledarálását jelenti. Ezzel a darálékkal fog táplálódni az extruder, vagy a készen megvásárolt polimer granulátummal. A granulátum vagy a darált polimer, vagyis a nyersanyag, a tölcseren keresztül kerül a garatba. Itt a nyersanyag a csigával, jelen esetben a fúróval találkozik ami ekkor már forgásban van, ezért a nyersanyag bekerül a fúró forgácshornyaiba. A fúró úgy működik, mint egy csiga ezért az a forgás miatt elkezdi előre hordani a nyersanyagot. Az extruder henger, amiben a fúró forog, fűtő elemekkel van ellátva. Ezért, amíg a nyersanyag halad a fúró hornyai között előre, lassan megolvad. Az extruder henger végén egy szerszám található egy csappal ellátva, ami egy bizonyos formát ad az extrudált terméknek, jelen esetben egy 3 mm átmérőjű filamentet gyártunk. A szerszám szerepe nem csak a forma megadása, hanem nyomásnövelési szerepe is van. Kezdetben a szerszámon található csap zárt állapotban van, így az ömledék nem tud kipréselődni, ezért az extruder henger végső szakaszában a nyomás elkezd növekedni. Ez azért lényeges, mert amíg a nyersanyag előre halad a fúró hornyai között és megolvad, megtelik légbuborékokkal. Ezt küszöböli ki a szerszámon található csap, ugyanis amíg az zárt állapotban van, a fúró egyre több ömledéket próbál előre hordani és mivel az akadályba ütközik a zárt csap által, elkezd növekedni a nyomása. Ez kipréseli a légbuborékokat az ömledékből és azt egyben homogenizálja is. A csap nyitása után az ömledék átjuthat a szerszámon és távozik az extruderből. A csiga forgását egy AC (váltóáramú) motor biztosítja úgy, hogy a fúró egy csatlakozó segítségével kapcsolódik a motor fordulatszámcsökkentőjéhez.

### 2.2. A berendezés felépítése

#### 2.2.1. Csiga

Az extruder berendezés egyik alapeleme a csiga. Az iparban használt extruderekben különleges felépítésű csigákat használnak, amelyek magátmérője változik a csiga különböző zónáiban. A

gép tervezésénél fontos szempont volt a költségek minimalizálása ezért az iparban használatos csiga nem jöhetett szóba, mert nagy befektetést igényelt volna. A csiga helyett egy jóval költség-hatékonyabb megoldás született, ami egy egybekezdésű fafűrő (2. ábra) használata. Az egybekezdésű fűrő felépítése nagyon hasonlít a csiga felépítéséhez. Azért esett a választás fafűrőre, mert ennek forgácsbornyai nagyobbak, mint a fémfűrőé, ezért a granulátum könnyen a bornyokba tud esni és a fűrő előre szállítja azt a szerszám fele. A fűrő választásánál fontos szempont volt a fűrő külső átmérője, ugyanis ez a méret határozta meg az extruder henger méreteit, így a fűrő átmérője 26 mm, teljes hossza 600 mm és aktív hossza 530 mm. A fűrő szára hexagonális kialakítású.

### 2.2.2. Extruder henger

Az iparban használt extruder hengerek szintén bonyolult felépítésűek. Ezekben a garat közelében hűtőfolyadék járatok vannak kialakítva, hogy a garatba bejutó nyersanyag ne olvadjon meg rögtön, mert a túl hamar megolvadt műanyag elzárhatja a garatot, s így az extruder táplálása nem lesz megfelelő.

Az extruder henger az 3. ábrán látható. A henger alapjául egy 30 mm külső és 26 mm belső át-

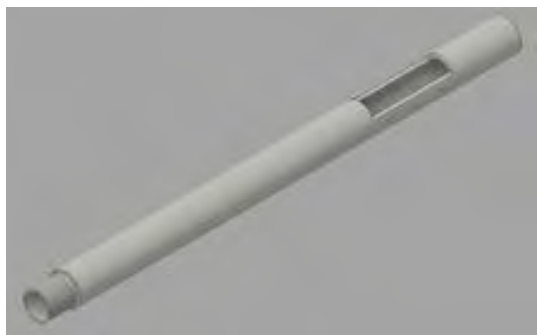
mérőjű csövet használunk. A cső megfelelő méreteinek megválasztása nagyon fontos szempont volt, ugyanis a belső átmérő a fűrő átmérőjénél csak minimálisan lehet nagyobb, mivel, ha a cső fala és a fűrő között túlságosan nagy a hézag, a megömlött polimer nem a szerszámon keresztül fog távozni a hengerből, hanem visszaáramolhat a garat fele és azt elzárva megállítja az extruder táplálását. A külső átmérő is fontos szerepet játszik: egyrészt olyan átmérője kell legyen, amilyen átmérőjű fűtő ellenállások vannak, ill. ellen kell állnia a hengerben kialakult nyomásnak. A garat marással lesz kialakítva. Az extruder henger végére csatlakozik a szerszám befogó, ennek érdekében a külső átmérő 30 mm-es méretű és egy finom menetes rész lett kialakítva a henger végétől számított 30 mm hosszúságban. A finom menet azért szükséges, mert a henger belső átmérőjének mérete ezt engedi meg, vagyis a normál menet alja nagyon közel került volna az extruder belső falához.

### 2.2.3. Szerszámbefogó és szerszám

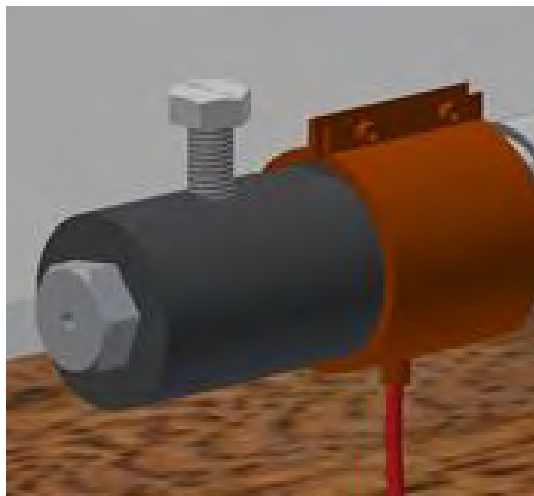
A szerszám és a szerszám befogó a 4. ábrán látható. Az extruder használata után a beleolvadt műanyagot célszerű eltávolítani. A tervezésnél fontos szempont volt a szétszerelhetőség és a könnyű szállíthatóság is. A szerszám az extruder hengerre egy közlőelemmel, úgynevezett szerszám befogóval csatlakozik. Ezen az alkatrészen található a csap is, amivel a torlónyomást lehet növelni. Ez tulajdonképpen egy csavar, amit ha becsavarunk, akkor lesz a csap zárt állapotban és minél jobban kicsavarjuk azt, a csap annak megfelelően egyre inkább megnyit. A szerszám



2. ábra. A csigát helyettesítő egy bekezdésű fafűrő [5]



3. ábra. Extruder henger



4. ábra. Szerszám és szerszám befogó

alapját egy M12-es csavar jelenti, amin egy 3 mm átmérőjű furat van kialakítva. Ha változtatni szeretnénk a filament átmérőjén vagy formáján, elegendő egy másik szerszámot gyártani és azt becsavarni a szerszámbefogóba. A szerszámbefogó egy 30 mm átmérőjű finom menettel csatlakozik az extruder hengerre. Külső átmérője 35mm ami ideális abból a szempontból, hogy kapható fűtő ellenállás ebben a méretben. A szerszám befogó csatornája, amint tulajdonképpen végig halad az ömledék, egy 6 mm átmérőjű furat. A csapnak egy M8-as normál menetes furat van kialakítva, amibe becsavarva a csavart tökéletesen elzárja a 6 mm átmérőjű furatot. Ezzel történik a nyomás-szabályzás. A szerszám befogón még található egy furat M6-os menettel ellátva, amibe a hőmérséklet érzékelő van rögzítve. A befogó megfelelő rögzítése érdekében két, marással készült lelapolt oldal található, ami lehetővé teszi a 30-as csavar- kulccsal való szorítást.

#### 2.2.4. Fűtés

A fűtőelem az **5. ábrán** látható. Az extruder henger fűtéséről 4 darab 35 mm átmérőjű henger alakú fűtőelem gondoskodik, egyenként 200 W teljesítményűek. Ezek vezérlése PID típusú szabályzókkal (PID REX-C100) történik. A hőmérséklet érzékelők (2M K típusú) jelet küldenek a vezérlő egységnek, ami a polimer ömledék kívánt hőmérsékletét szabályozza.

A szabályzó egység és a fűtő elemek között a kapcsolatot két nagy teljesítményű relé biztosítja. Erre azért van szükség, mert a szabályzó egység alacsony feszültségű jelet küld, azonban a fűtő elemek 230V-os hálózati feszültséggel üzemelnek. Így szükség van a relére, ami tulajdonképpen az alacsony feszültségű jelre behúzó és rákapcsolja a hálózati feszültséget a fűtő elemekre. A relék típusa: SSR-4028ZA2.

#### 2.2.5. Meghajtás

A fúró forgatását egy 0,75 kW teljesítményű egyfázisú AC motor biztosítja, ami fel van szerelve egy fordulatszám csökkentővel. A motor névleges fordulatszáma 1400 RPM, ami egy  $i=20$  áttételi arányú fordulatszám csökkentővel hajtja a fúró-szárat.

### 4. Következtetések

A dolgozatban bemutatott egy laboratórium-ban használatos polimer extruder berendezés tervezési lépéseit és felépítését. A berendezés egy államvizsga dolgozat keretén belül valósul meg



**5. ábra.** Fűtőelem

és a Sapientia EMTE Marosvásárhelyi Karán lesz használva, mint laboratóriumi eszköz. Az gép segítségével a diákok könnyebben elsajátíthatják a polimer extrúzió folyamatát.

A gép tervezése során diákként számos új problémával és feladattal találkoztam. Láthattam a 3D-s modellezés előnyeit, miszerint egyszerűbb megtervezni valamit és tesztelni először virtuálisan, kijavítani a problémákat, majd ezek után költséghatékonyan megépíteni a gépet, mint tesztelés nélkül a kivitelezéskor észlelni a problémákat, hibákat. Továbbá megtanultam, hogy mennyi mindenre kell odafigyelni, hogy a tervezés eredményes legyen és a legyártott darabok összeálljanak egy működő berendezéssé.

### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] John W., sons., *Principles of Polymer Processing*. Tadmor and Gogos, 2006.
- [2] Czvikovszky T., Nagy P., Gaál J.: *A polimertechnika alapjai*. Műegyetemi kiadó, Budapest, 2000. 240–289.
- [3] Rauwendaal C.: *Polymer Extrusion*. 4th ed., Hanser Publications, Munich, 2001. 6–8.
- [4] Harold F. G., John R. W., Eldridge M. M.: *Extrusion The definitive processing guide and handbook*. Plastics Design Library, New York, 2004. 13–21.
- [5] Forest technologie. *Burghiu lemn*. (letöltve: 2019. feb. 21)  
<https://www.sculeforest.ro/cumpara/burghiu-%CF%8614-600mm-360mm-lemn-spirala-keil-7478703>

# HŐKAMERA ALKALMAZÁSA KONTAKTKORRÓZÍÓ VIZSGÁLATÁRA

## THERMOGRAPHIC CAMERA APPLICATION FOR GALVANIC CORROSION DETECTION

Haraszti Ferenc

Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Biztonságtudományi Doktori Iskola, Budapest, Magyarország, [haraszti.ferenc@bgk.uni-obuda.hu](mailto:haraszti.ferenc@bgk.uni-obuda.hu)

### Abstract

A part of the electric connections has a corrosion aptitude. It can find a galvanic corrosion process danger in case of the contact between different electron potential metals. This process impairs the connection resistance and mechanical properties. The conduction parameters decrease in some under power parts because the heat increasing. This heat effect can be unperceived. By the way of thermographic camera experiments can be discovered this irregularity on time. In this work present this investigation and the emerging problems.

**Keywords:** *galvanic corrosion, thermographic camera, current, balckbody, emission.*

### Összefoglalás

A villamos csatlakozások egy részének működése korrózióval jár. Kontaktkorróziós folyamat veszélyt jelenthet, eltérő elektronpotenciálú fémek közötti érintkezés esetén. Ez a folyamat károsítja a csatlakozási ellenállást és a mechanikai tulajdonságokat. A vezetési paraméterek kisebbek a teljesítmény részeken, mert hőhatás alakulhat ki. Ez a hőhatás sokáig nem érzékelhető. Termokamerás kísérletek útján ez a rendellenesség időben felfedezhető. Ebben a munkában kerül bemutatásra a vizsgálati lehetőség és a felmerülő problémák.

**Kulcsszavak:** *kontaktkorrózió, hőkamera, áramerősség, fekete test, emisszió.*

## 1. Bevezetés

A villamosipar energiaátviteli, áramkapcsolati módszerei közé tartoznak a sínes, csavaros kötőelemek. A megfelelő vezetési és szilárdsági tényezők miatt, gyakori az acél-réz-alumínium kontaktus kialakítása. Ez viszont hosszú távon kontaktkorróziós problémákat generálhat. A különböző fémek eltérő elektródpotenciál értékei miatt ugyanis a kötőelemek helyielemként kezdenek el működni. A negatívabb fém ilyenkor oldatba megy és felületén korróziós folyamatok indulnak meg. Ez károsan befolyásolja az áramátvitelt a megnövekedett átmeneti ellenállás miatt. Jelen-tősen romlik a kötés szilárdsága is az elkorrodált fém veszteség miatt.

## 2. Vizsgálatok elvi alapjai

### 2.1 Hőkamera alkalmazási lehetősége

Modern korunkban nem élhetünk elektromos áram nélkül. A fém összeköttetés csatlakozási élettartamának meghatározása nagyon nehéz, mert a korróziós jelenség nehezen közelíthető számítással. Az elektromos érintkezésből adódó káresemények nagy problémákat okozhatnak az ipari és a magánéletben is. Az elektromos eszközök élettartamának előrejelzése évszázadunk kihívása. A legegyszerűbb vizsgálatok a vizuális ellenőrzés és a hőmérsékletmérés. A hőmérsékletmérés miatt, viszont áramtalanítani kell az adott kötést, ami üzemkimaradást okoz. A hő-



mérsékletmérés nem egyszerű a hagyományos módszerek alkalmazásával, mert ebben a folyamatban kikapcsoljuk az áramot. Az áramellátás szüneteltetése az iparban és az otthonokban is károkat okozhat. A korszerű technológiai fejlődés eredményeként új eszközöket találhatunk a biztonságos és pontos hőmérsékletméréshez. Egyik ilyen eszköz a hőkamera a termográfia legfontosabb mérőeszköze. A nagysorozatban történő gyártás lehetővé teszi az egyre szélesebb körben való elterjedését. Villamos rendszereknél számos hibajelenség léphet fel, ami elsősorban a túláram okozta felmelegedés következménye. A fent említett korróziós hatásokon kívül gondot okozhat a menetzárlat, vezeték szakadás, a berendezés túlterhelése. Problémaforrás lehet még a nem megfelelő csatlakozási mechanika, kötéslazulás, különböző deformációk az érintkező felületeken. Termokamera használatával feltárható a hiba pontos helye. Hőterképet készíthetünk a vizsgált berendezésről, melyet referenciaként alkalmazhatunk a későbbi ellenőrzések alkalmával. Üzemi hőmérsékleteket ellenőrizhetünk, megállapíthatjuk a szakszerű karbantartás minőségét. A termográfiai mérés segítségével, jóval a meghibásodás előtt képet kaphatunk a villamos rendszer állapotáról. Ezeknek a méréseknek igen nagy a költség hatékonysága, hiszen egy ma már olcsónak számító mérőberendezéssel nagymértékben lehet csökkenteni az állásidőt, katasztrófához vezető nagy anyagi veszteségekkel járó tüzeseteket lehet megelőzni.

## 2.2 Hőkamera mérési elve

Az infrasugárzáson alapuló hőmérséklet mérés, illetve hőkamerás mérési módszer a testek hősugárzó képességétől függ. Hőmérsékleti sugárzás az a folyamat, mely az anyag hőmozgása miatt elektromágneses hullámokat bocsát ki magából. Ennek az energiának a nagy része másik testre vetülve emittálódhat, vagy reflektálódhat továbbá transzmittálódhat. Ha a vizsgált testre érkező sugárzást a test maradék nélkül elnyeli, akkor abszolút fekete testről beszélhetünk. Ha teljes mértékben visszaverődik, akkor abszolút tükröződő testről, ha a testen teljes mértékben áthalad, akkor átlátszó anyagról van szó. A hősugárzásnak, mint elektromágneses hullám terjedésnek közvetítőközegre nincs szüksége. A hősugárzás alaptörvénye a Stefan-Boltzmann törvény (1).

$$P = e \sigma A_s T^4 \quad (1)$$

ahol a  $T$  [K] a hőmérséklet,

$P$  [J] a sugárzás teljesítménye ,  
 $e$  [-] emisszió,  
 $A_s$  [m<sup>2</sup>] a felület nagysága, és  
 $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$  [J/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>] a Stefan-Boltzmann állandó.  
 Amennyiben  $e$ ,  $A_s$  és  $\sigma$  állandók az összefüggés egyszerűsíthető (2):

$$P = \sigma \cdot T^4 \quad (2)$$

Ebben az összefüggésben a fekete test sugárzása  $T$ -hőmérsékleten az egységnyi területre és az egységnyi idő alatt arányos a  $T^4$ -nel. Ideális esetben a fekete test képes felvenni és kibocsátani az összes hőenergiát. Ez csak egy modell. Különböző anyagok különböző energiát bocsátanak ki. A mérésnél a fekete testhez hasonló anyag pontos eredményt ad. A különböző anyagok esetében javítani kell az eredményt.

## 3. Vizsgálatok

### 3.1 Kísérleti anyagok és előkészítésük

Nagyon gyakori a réz és az acél villamos kötésekben való alkalmazása. A kontaktkorrózió jelenségének vizsgálata során létrehoztam egy laboratóriumi modellmérési rendszert. A vizsgálat előtt felületi tisztítást végeztem, majd korróziós terhelés (3%-os sószórással 168 óra alatt, 40 °C hőmérsékleten) alatt határoztam meg az eredményeket. A kísérletben alkalmazott mintákat az 1-3. ábrák mutatják be.



1. ábra. Réz saru

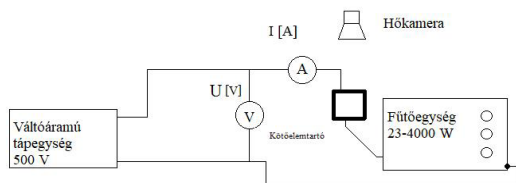


2. ábra. Acél csavar





3. ábra. Soroló sín egy fázisú, max. 63 A



4. ábra. Mérés elvi összeállítási rajza

### 3.2 Vizsgálati módszer

A 4. ábra bemutatja a kísérleti elrendezést. A fűtőberendezés különböző kapcsoló állásában a használt teljesítmény eltér. Az elektromos áram nagysága változik az előkészített kötésen, ahol mérhető hő keletkezik, mivel az ellenállás az előkészítés során megváltozott (0,01Ω-ról 5600 Ω-ra). A termo kamera lehetővé teszi a biztonságos és pontos hőmérési folyamatot. Ebben a kísérletben a kötés hőmérsékletét a villamos áram változásának függvényében mértem.

### 3.3 Mérési eredmények

Az 1. táblázat mutatja azokat a kísérleti eredményeket, amelyek a mért hőmérséklet és az áram közötti összefüggést mutatják. A nagy sűrűségű villamos energia hőt termel. A 3. egyenlet alapján feltételezhető a hőmérséklet és a teljesítmény közötti összefüggés. Az egyenlet, ahol  $P$  [W] a villamos teljesítmény,  $I$  [A] az elektromos áramerősség,  $U$  [V] a feszültség:

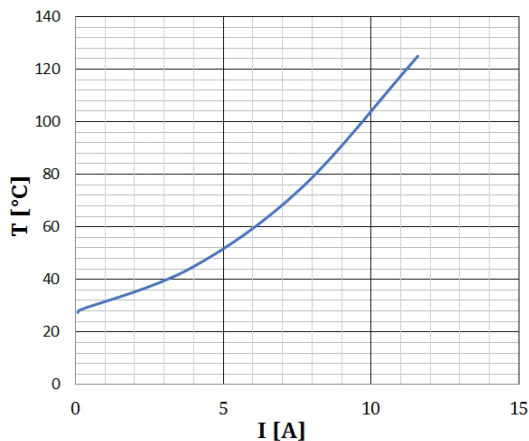
$$P = U \cdot I \quad (3)$$

1. táblázat. Mérési adatok

Sorszám	Áramerősség [A]	Hőmérséklet [°C]
1	0	27,2
2	0,08	27,4
3	0,15	28,4
4	3,9	44,3
5	7,66	75
6	11,58	125

Az Ohm törvényt alkalmazva, ahol az ellenállás  $R$  [Ω] a következő összefüggés adódik (4):

$$P = R \cdot I^2 \quad (4)$$



5. ábra. A hőmérséklet és az áramerősség kapcsolata

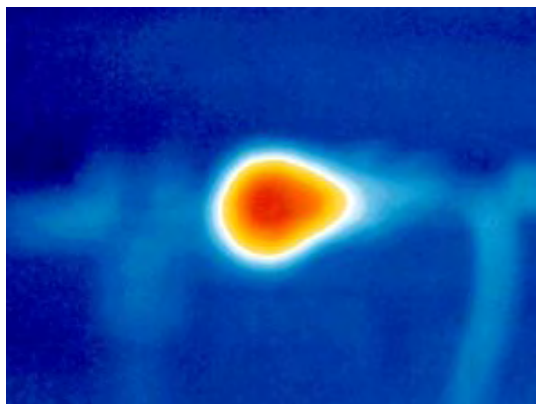
Ebből az egyenletből látható, hogy kísérletben a villamos energia négyzetesen arányos a hőenergiával (5. ábra).

### 4. Következtetések

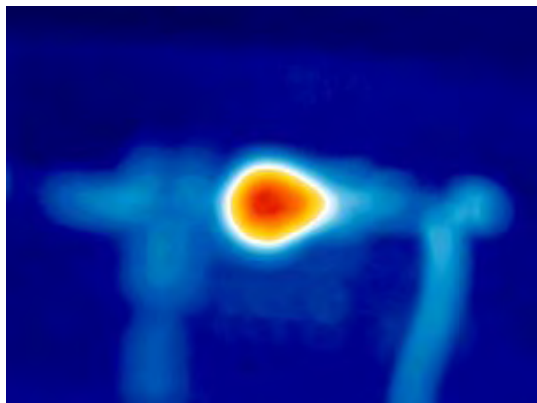
A kísérletek eredményeként kimondható, hogy a hipotézis, miszerint az áramerősség és a kötésben létrejövő hőmennyiség között kapcsolat van igazoltnak tekinthető.

A villamos kötés hőmérséklete változott a vizsgálati idő alatt. Ennek az eredménynek az alapján azt a következtetést vonhatjuk le, hogy az ipari (valós) alkalmazásokban ugyanazt a jelenséget észlelhetjük.

A kontaktkorrózió hatására a kötés ellenállása is megváltozik. A keletkező hő mérhető és ez hőkamerával jó közelítéssel és biztonságosan meghatározható. A következő ábrákon a villamos kötőelem hőkamera által készített képei láthatók (6-7. ábra).



6. ábra. Kötés hőmérséklet 44,3 °C



7. ábra. Kötés hőmérséklet 125 °C

### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Haraszti F.: *The bases of corrosion's investigation*. In: A XXI. Fiatal műszakiak tudományos ülészak előadásai. Proceedings of the 21th international scientific conference of youngth engineers, Kolozsvár/Cluj, Románia, Műszaki Tudományos Közlemények 5. (2016) 185–188.  
<https://eda.eme.ro/handle/10598/29058>
- [2] Haraszti F.: *Corrosion investigation of steel samples*. In: A XXI. Fiatal műszakiak tudományos ülészak előadásai. Proceedings of the 21th international scientific conference of youngth engineers, Kolozsvár/Cluj, Románia, Műszaki Tudományos Közlemények 5. (2016) 189–192.  
<https://eda.eme.ro/handle/10598/29057>
- [3] Kovács-C. T., Völgyi B., Sikari-Nágl I.: *Galvanic corrosion behaviour testing in case of aluminum and steel couple*. In: Fiatal műszakiak tudományos ülészaka XVIII., Kolozsvár/Cluj, Románia, Műszaki Tudományos Füzetek 2013. 201–204.  
<https://eda.eme.ro/handle/10598/26880>
- [4] Wellons M.: *The Stefan-Boltzmann Law*. Physics Department, The College of Wooster, Wooster, Ohio 44691, USA, May 9, 2007.
- [5] Kittel C., Kroemer H.: *Thermal Physics* (W. H. Freeman and Company, 1980) ASTM Standard Practice in A 262 for Detecting Susceptibility to Intergranular Corrosion in Austenitic Stainless Steels.
- [6] [www.termokamera.hu](http://www.termokamera.hu), [www.globalfocus.hu](http://www.globalfocus.hu)
- [7] Budó Á.: *Kísérleti Fizika II*. Tankönyvkiadó, Budapest, 1971.

# SZÉLTURBINA TELEPÍTÉSÉHEZ TETŐ DŐLÉSSZÖGÉNEK VIZSGÁLATA

## ROOF PITCH ANGLE EXAMINATION FOR WIND TURBINE INSTALLATION

Hetyei Csaba,<sup>1</sup> Szlivka Ferenc<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Óbudai Egyetem, Biztonságtudományi Doktori Iskola, Budapest, Magyarország,  
[hetyei.csaba@phd.uni-obuda.hu](mailto:hetyei.csaba@phd.uni-obuda.hu)

<sup>2</sup> Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország

### Abstract

Due the nowadays increasing energy demand, the renewable energy sources and they utilization come into view. Thanks to the Smart Grid, which is currently developing, and with the help of the evolving technologies, we are trying to extract more and more energy from places that have not been or could not be economically viable. In our article, we examine the flow field for a fictional warehouse building, depending on the roof pitch angle. The purpose of the analysis was to select the optimal angle where a roof mounted horizontal axis wind turbine (HAWT) could perform well.

**Keywords:** *CFD, BAWT, HAWT, simulation.*

### Összefoglalás

Napjainkban jelentkező egyre nagyobb energiaigény miatt, előtérbe kerülnek a megújuló energiaforrások és különféle hasznosítási módjaik. A jelenleg kialakulóban lévő okos hálózat (Smart Grid), és a fejlődő technika segítségével egyre több olyan helyről is energiát próbálunk kinyerni, melyekből eddig nem lehetett, vagy gazdaságilag nem volt célszerű. Cikkünkben egy képzeletbeli raktárpépület környezetében kialakuló áramlási képet vizsgálunk meg, a tető dőlésszögének függvényében. A vizsgálat céljául tűztük ki, hogy kiválasszunk egy dőlésszöget, mellyel a tetőre szerelt kisteljesítményű vízszintes tengelyű szélturbina optimálisan működhet.

**Kulcsszavak:** *CFD, BAWT, vízszintes tengelyű szélturbina, szimuláció.*

## 1. Bevezetés

Napjainkban jelentkező egyre nagyobb energiaigény miatt, előtérbe kerülnek a decentralizált okos hálózatba integrálható lehetőségek. Ilyenek a biomasszát, geotermikus-, nap-, víz- és a szélerenergiát hasznosító eszközök.

A megújuló energiaforrások piacát nézve, évről évre növekvő trend figyelhető meg. Egy UNEP-es tanulmány szerint 2017-ben az új megújuló erőforrásokra összesen 280,2 milliárd USD-t fordítottak, melyből 161 milliárdot napenergiára, 107 milliárdot szélerenergiára [1].

Cikkünkben a szélerenergia hasznosításával, azon belül is az épített környezetbe telepíthető kis teljesítményű szélturbinákkal foglalkozunk. Témaválasztásunkat az indokolja, hogy a jelenleg elérhető szakirodalom nem, vagy csak nehezen reprodukálható, így bemeneti feltételnek a későbbi kutatásainkhoz nem tudtuk felhasználni őket. Például Y. Ozmen és szerzőtársai [2] egy nyereg-tetőt vizsgáltak néhány nevezetes dőlésszöggel. I. Abohela és szerzőtársai [3] és L. Ledo és szerzőtársai [4] egy beépített kisvárosi környezetben pár tetőszerkezetet és azok különböző konfigurációit vizsgálták az épületek és a szél irányának függvényében.

## 2. Szélenergia hasznosítása urbanizált környezetben

Az urbanizált régióba – a méretük miatt – a kisteljesítményű szélturbinák telepíthetők. Ezeket a turbinákat az IEC 64100-2-es szabvány úgy definiálja, hogy a lapátok által súrolt területnek 200 m<sup>2</sup>-nél kisebbnek és az előállított feszültségnek egyenáram esetén 1000 V, váltóáram esetén 1500 V-nál kevesebbnek kell lennie [5].

Világviszonylatban ezeknek a turbináknak a részesedése csekély, 2015-ben a 948,9 MW telepített teljesítmény a világ telepített szélturbina teljesítményének a 0,22%-át jelentette.

Előrejelzések szerint 2020-ra 1,9 GW telepített kisteljesítményű szél erőmű lesz világszerte [5]. Százalékos megoszlását tekintve jelenleg elhanyagolhatónak tűnik ezeknek a szélturbináknak az energiapiacra mutatott részesedése, de a jövőben kialakulóban lévő okos energiahálózatnak (smart grid), valamint az energiahálózattól távoli területek energiaigényének a kiszolgálásában fontos szerepet foglalhatnak el.

A szakirodalom [6] szerint a szélturbinával kibővített épületeknek (BAWT – Building Augmented Wind Turbines) három típusa létezik:

- a szélturbinával felszerelt,
- két épület közé telepített,
- az épületbe telepített szélturbina.

A későbbiekben az első esettel foglalkozunk. A második esetre a bahreini Világkereskedelmi Központ, a harmadikra a guangzhoui Pearl River torony lehet példa.

Mind három eset azt használja ki, hogy az épületek közelében lecsökken a szél számára rendelkezésre álló hely, így az épületet kikerülve, vagy a számára kialakított szélcsatornában tud tovább haladni. Mivel a szél a szabadáramláshoz viszonyítva kisebb térrészen át tud folyni, így a kontinuitás törvény értelmében a sebessége felgyorsul, így az áramlásba helyezett turbina több kinetikus energiát tud hasznosítani, mint ha a szabadáramlásba lenne telepítve.

## 3. Véges térfogat módszerre alapú szimulációkról

A numerikus áramlástani szimulációs szoftverek közül a SOLIDWORKS Flow Simulationot választottuk, ami egy véges térfogat módszerre (VTM) épülő hő- és áramlástani szimulációs szoftver a SOLIDWORKS CAD rendszerébe integrálva.

A VTM alapú szimulációs szoftver a rendelkezésre álló teret véges térfogatú cellákra bontja, és

az így kapott térrészekre a megmaradási tételek segítségével kiszámolja a nyomás, a sebesség és a hőmérséklet mezőket. Ez jellemzően a következő transzport egyenletre épül:

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_V U dV + \oint_A F dA - \int_V S_V dV + \oint_A S_A dA = 0$$

Az egyenletben  $\partial/\partial t$ , az időfüggő tag (állandósult esetben értéke 0),  $U$ , egy maradó mennyiség térfogati sűrűsége,  $F$ , az adott jellemző fluxusa,  $S_V$  és  $S_A$  a térfogati és a felületi forrás az adott  $F$  fluxusra.

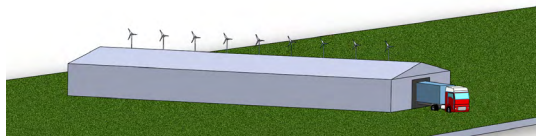
A szimulációs szoftver a tér diszkretizált részére elvégzi a számításokat addig iterálva, míg a szimuláció el nem éri a leállítási kritériumot. Jellemzően ez a leállítási kritérium az egyenlet jobb oldalán lévő 0 érték közelítése, egy elhanyagolható nagyságú hibával.

## 4. Vizsgált eset

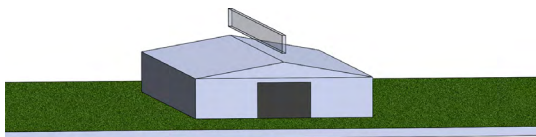
Szimulációinkhoz egy raktárház tetőszerkezetét választottuk. A vizsgált geometria a **1. ábrán** látható.

A szimuláció során sík áramlást feltételeztünk, így a vizsgált geometria egy olyan részét szimuláltuk, ahol hossz mentén ugyanolyan áramlási kép alakul ki, mint a többi keresztmetszetben. Ebből adódik, hogy az épület hossza figyelmen kívül hagyható. Az így kapott 2D-s geometria szélessége 20 m, magasság a tető dőlésszögének függvényében változott 5,375 m és 10,275 m között. A vizsgált tetődőlésszög 5°, 10°, 15°, 20°, 25° és 30°.

Az így előállított geometriákból azt az esetet kerestük, ahol az épület tetején a gerinc felett a lehető legnagyobb a szélesebbesség, ugyanis ebben az esetben áll a szélkerekek rendelkezésére a legtöbb kinetikus energia, amit hasznosítani tudnak. Ennek méréséhez létrehoztunk a szélturbinának egy vizsgálati térfogatot, mely a tető gerincétől 1 m magasan helyezkedett el, és 0,4 m × 2 m volt a síkbeli kiterjedése.



**1. ábra.** Vizsgált épület és környezete



**2. ábra.** Vizsgálati térfogat a tetőszerkezet felett



3. ábra. Áramlási tér



4. ábra. 10 m/s szél esetén a szélesebbség profilja 0 és 40 méter magasság között

#### 4.1. Peremfeltételek

A vizsgált áramlási tér egy  $270 \times 40$  m téglalap volt, melyben az épület elhelyezkedése a következő képen látható.

Az áramlási térbe belépő szélesebbség 10 m magasságban 10 m/s, a többi magasságban a WMO (World Meteorological Organization – Meteorológiai Világszervezet) által javasolt összefüggés szerint [7] lépett be. Az így kialakuló sebességprofil a következő képlettel számítható, és értéke az általunk vizsgált esetben a következő ábrán látható.

$$v_h = v_{10} \cdot (0,233 + 0,656 \cdot \lg(h + 4,75)) \quad (1)$$

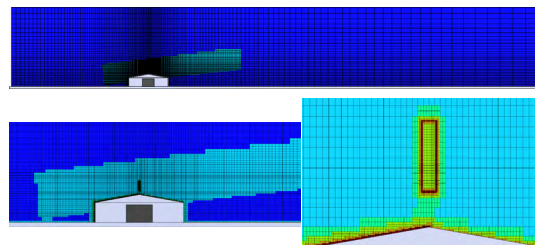
Az egyenletben,  $v_h$ , a vizsgált magasságban a szél becsült sebessége,  $v_{10}$ , a 10 méter magasságban mért szélesebbség,  $h$ , a vizsgált magasság.

Az áramlási térben a turbulencia leírásához k-e modellt használtunk.

Az áramlási térben minden felületet ideálisnak tekintettünk, így sem felületi érdességgel, sem felületi egyenetlenséggel nem rendelkeztek. Ezen felül, az áramlási térben az áramlást semmilyen épített és élő környezeti elem nem befolyásolta.

#### 4.2. Hálózás

A véges térfogat módszer az áramlási teret a névben is szereplő módon, véges térfogatú elemekre bontja. Az általunk választott szoftver blokkstruktúrált hálózást hoz létre, mely az áramlási tér felbontására csak téglalap elemeket használ.



5. ábra. VT háló a 10°-os dőlésszög esetén

A vizsgált esetekben a hálózás elemszáma a tető dőlésszögétől függően változott, 231412 és 239276 darab között.

A 5. ábrán a hálózás 10°-os dőlésszög mellett a látható. Kék színnel azok a cellák vannak jelölve, melyek nem lettek sűrítve, a piros felé haladva a sűrítések száma egyre nő (a piros cellák ötször lettek sűrítve, a sötétkékek egyszer sem).

#### 4.2.1. Hálófüggetlenségi vizsgálat

Az eredmények megbízhatóságának érdekében a véges térfogat hálónkat a 10° dőlésszög esetén hálófüggetlenségi vizsgálatnak vetettük alá, melynek az eredményei a 6. ábrán láthatók.

#### 4.3. Szimuláció tulajdonságai

A szimulációkat állandósult állapotban futtattuk 200 iterációig, majd időfüggő szimulációként folytattuk. A tranziens szimulációnak két leállítási feltételt adtunk, vagy 40 másodperc vagy 15000 iteráció után le kellett állnia. Ezek a feltételek közül minden esetben a 15000 iteráció teljesült előbb, a tető dőlésszögétől függően 31 és 35 másodperc között. A szimuláció futása közben az időlépést automatikusra állítottuk, így az 0,000987 és 0,003097 másodperc között változott. Az összes esetet minden időlépését vizsgálva az átlagos időlépés értéke 0,0020975 másodperc volt.

A szimuláció alatt megfigyelt értékeknek állítottuk be a vizsgálati régió átlagos sebességét. Szimulációk végeztével megállapítottuk, hogy az átlagos szélesebbség egy adott érték körül ingadozik a turbulencia miatt. Összehasonlításhoz nem a teljes idősorokat használtuk, csak a megfigyelt érték utolsó egy másodpercének az átlagát.

#### 4.4. Vizsgált esetek eredményei

Szimulációinkat lefuttatva eltérő átlagos sebességértékeket és áramlási képeket kaptunk, melyekből a 15°-os tetődőlésszöghöz tartozó a 7. - 8. ábrákon látható.



6. ábra. Vizsgált régió átlagos szélesebbségének változása a hálózás függvényében



#### 4.5. Eredmények kiértékelése

Kapott eredményeinket többféle függvényillesztési módszerrel vizsgáltuk, ezek a **9. ábrán** láthatók.

A függvényillesztések közül a harmadfokú spline függvényt választottuk, mely a következő ábrán látható. (A kiinduló- és a végpontra történő pontosabb függvényillesztés miatt még  $0^\circ$  és  $35^\circ$ -os dőlésszögre is lefuttattuk szimulációinkat.)

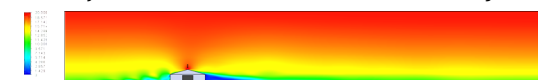
A **10. ábra** alapján a legnagyobb átlagos szélesebség 18,9486 m/s, ami  $14,2208^\circ$ -os dőlésszögnél ébred.

#### 5. Következtetések

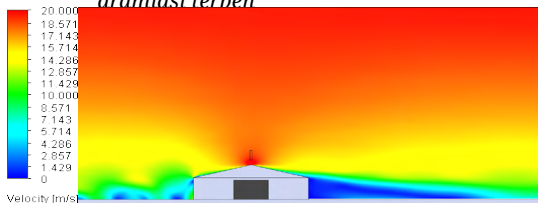
Az előzetesen ismertetett esetekben egy nyereg-tetős építményt vizsgáltunk síkáramlást feltételezve.

Vizsgálatunk tárgya a szélesebség növelése volt, tető dőlésszögének változtatásával. Az így kapott eredményekre többféle függvényt illesztettünk, melyek közül a harmadfokú splinet választottuk. A függvényről leolvassa megállapítottuk, hogy a tető gerince közelébe elhelyezett vizsgálati térfogatban, a legnagyobb átlagos szélesebség  $14,22^\circ$ -os dőlésszögnél ébredt.

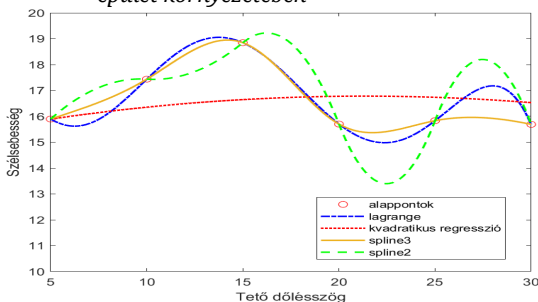
Későbbiekben 2,5D-s és 3D-s szimulációkkal össze tudjuk hasonlítani a mostani eredményein-



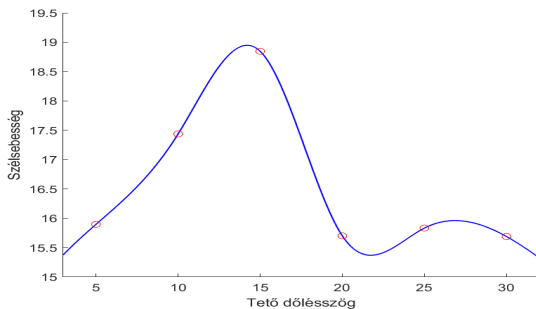
**7. ábra.**  $15^\circ$ -os dőlésszög esetén az áramlási kép az áramlási térben



**8. ábra.**  $15^\circ$ -os dőlésszög esetén az áramlási kép az épület környezetében



**9. ábra.** Vizsgálati térfogatban ébredő átlagos szélesebségek a tető dőlésszögének függvényében (különböző függvényillesztésekkel)



**10. ábra.** Vizsgálati térfogatban ébredő átlagos szélesebségek változása a tető dőlésszögének függvényében

ket. 3D-s áramlástani esetben lehetőségünk lesz a szélturbina modellezésére is, így annak a teljesítményét is vizsgálni tudjuk.

Vizsgálatunk folytatásával célunk a nyereg-tetőhöz egy olyan dőlésszög, esetleg előterelő kiválasztása lesz, mellyel egy adott szélturbina geometria a lehető legoptimálisabban tud üzemelni, ezáltal a közeljövőben kialakuló okos hálózatoknak (smart grid) fontos része lehet.

#### Köszönetnyilvánítás

Az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-18-3-I-OE-87 kódszámú új nemzeti kiválóság programjának támogatásával készült.

#### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Frankfurt School – UNEP Collaborating Centre for Climate & Sustainable Energy Finance: *Global trends in renewable energy investment 2018* p. 15. <https://europa.eu/capacity4dev/file/71900/download?token=57xpTJ4W>
- [2] Ozmen Y., Baydar E., van Beeck J. P. A. J.: *Wind flow over the low-rise building models with gabled roofs having different pitch angles*. Building and Environment, 95. (2016) 63–74. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.09.014>
- [3] Islam Abohela, Neveen Hamza, Dudek S.: *Effect of roof shape, wind direction, building height and urban configuration on the energy yield and positioning of roof mounted wind turbines*. Renewable Energy, 50. (2013) 1106–1118. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.08.068>
- [4] Ledo L., Kosasih P. B., Cooper P.: *Roof mounting site analysis for micro-wind turbines*, Renewable Energy, 36. (2011) 1379–1391. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2010.10.030>
- [5] World Wind Energy Association: *2017 Small Wind World Report*. WWEA Head Office, Bonn 2017. [https://www.wwindea.org/wp-content/uploads/filebase/small\\_wind/\\_SWWR2017-SUMMARY.pdf](https://www.wwindea.org/wp-content/uploads/filebase/small_wind/_SWWR2017-SUMMARY.pdf)
- [6] Casini M.: *Small Vertical Axis Wind Turbines for Energy Efficiency of Buildings*. Journal of Clean Energy Technologies, 4/1. (2016) 56–65.
- [7] Tóth Gábor: *Energia célú szélméreés*. Gödöllő, 2005.



# ÁGAPRÍTÓ BERENDEZÉS KÉSZÍTÉSE ÉS KIVITELEZÉSE

## DESIGN OF A WOOD CUTTING MACHINE

Hodgyai Norbert,<sup>1</sup> Gergely Attila<sup>2</sup>

*Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Marosvásárhelyi Kar, Marosvásárhely, Románia*

<sup>1</sup> [hodgyainorbi@gmail.com](mailto:hodgyainorbi@gmail.com)

<sup>2</sup> [agergely@ms.sapientia.ro](mailto:agergely@ms.sapientia.ro)

### Abstract

The price of firewood has increased substantially in the last couple of years due to the high volume of export. The branches and smaller diameter pieces are considered leftovers and are not exportable, however they are suitable as firewood. Chainsaws are used to cut the larger diameter wood, but this way is not efficient to cut up branches and smaller diameter wood piece. In this paper we present the structure, the working principle and the 3D model of a machine that can be used to chop smaller diameter wood branches in a simple and efficient way.

**Keywords:** *kinematic chain, branch chopping, wood cutting, design, 3D modeling.*

### Összefoglalás

A nagymértékű erdőkitermelés és exportálás miatt hazánkban a tüzelőfa árak jelentősen emelkedtek az utóbbi években. Az erdőkitermelésben az ágak és kisebb átmérőjű fák hulladékként jelennek meg, viszont tüzelőanyagként használhatók. Azonban ezek láncfűrészrel vagy körfűrészrel való darabolása nem költséghatékony. A dolgozatban egy olyan gép tervezését mutatjuk be, amellyel gyorsan és egyszerűen elvégezhetjük az ágak és kisebb átmérőjű fák darabolását. A feldarabolt faanyagot szilárd tüzelésű kazánok táplálására használhatjuk.

**Kulcsszavak:** *kinematikai lánc, ágdarabolás, tervezés, 3D modellezés.*

### 1. Bevezetés

A megvásárolt tüzelőanyag feldarabolását általában körfűrészrel és láncfűrészrel végzik. Kis átmérőjű és szabálytalan formájú ágak feldarabolása ezekkel az eszközökkel nem hatékony. Az utóbbi években különböző típusú daráló és aprító gépek jelentek meg a piacon amelyek segítségével gyorsan és kevés energia befektetéssel elvégezhető a favágás.

A darológépek nagyméretű forgácsokra (2-4 cm) vágják az ágakat, amelyeket általában zsákokban tárolnak. Az eljárás energiaigényes és a zsákolt termék tárolása különleges feltételeket igényel, amennyiben szilárd tüzelésű kazánokban akarjuk hasznosítani, mivel a darált forgácsban levő nedvesség károsíthatja a terméket, ha a szellőzés

nem megfelelően a tárolás idején, ezért ez a megoldás inkább a biomassa készítéséhez alkalmas.

Az aprítógépek nagyméretű (10–20 cm hosszúságú) darabokra vágják az ágakat, melynek tárolása ezáltal egyszerűbbé válik. A darabokat nem szükséges felhasogatni, mivel elég rövidek ahhoz, hogy kiszáradjanak. Egy másik előnye a darabolásnak, hogy jóval kisebb az energiaigénye, hiszen amíg a darálóknál a forgácsvastagság kisebb, mint egy centiméter, a darabolóknál ez a vastagság tulajdonképpen a levágott fadarab hosszát jelenti. Több típusú aprítógép is megtalálható a piacon. Ezek egy vagy háromtengelyes megoldások, de az alapelvük hasonló. Egy vagy két tengelyre, tengelyenként 3–4 kést szerelnek, amelyek a darabolást végzik. A meghajtást illetően különböző megoldásokat találunk, amelyet főként a gép mobilitásának igénye határoz

meg. A fűrésztelepeken a hulladék darabolására használják a gépet. Itt általában villamos motorral hajtott gépekkel találkozhatunk, mivel nem szükséges a gép helyének változtatása. A kisméretű ágak aprításra, valamint a bokros területek tisztítására a kis, kétütemű motoros meghajtású gépek jelentenek megoldást, mivel akár egy autó utánfutójára is szerelhetők, így könnyen szállíthatók. Az erdőkitermelésben, gyérítő vágások, vagy hasonló jellegű nagyobb feladatok elvégzésére traktor meghajtású gépeket alkalmaznak.

Egyes ágaprító gépeknél az ágakat egy külön előtoló szerkezet juttatja a kések közé. A két késtartó tengelyes megoldás esetében ezt az előtoló mozgást a geometriai felépítés biztosítja, mivel miután a kések elérték a fát, nem csak elnyírják, hanem amíg le nem válik a leválasztandó ág vég, addig a teljes ágat behúzódik. Így nincs szükség előtoló szerkezetre, ami tovább egyszerűsíti a gép felépítését.

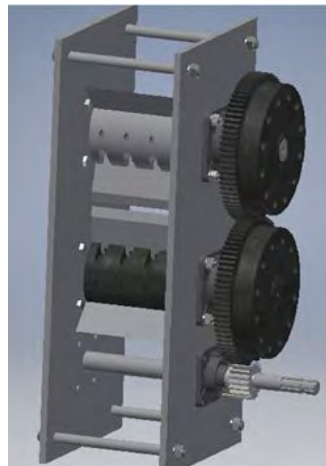
## 2. Az ágaprító gép bemutatása

### 2.1. A tervezési feladat bemenő adatai

A fenti konstrukciók közül egy traktor meghajtású, háromtengelyű (két késtartó tengellyel rendelkező) gépet választottunk a tervezés kiinduló pontjaként, alapul véve, hogy a szükséges fogaskerekek rendelkezésünkre állnak, valamint a meghajtást biztosító erőgép egy UTB 445dt típusú traktor. További lényeges szempont amivel a tervezés során számolnunk kell, az egyszerű javíthatóság, vagyis minél több szabványos elem használata, a gyors cserélhetőség biztosítására.

A gép hajtótengelye és az első meghajtott tengely között a fogaskerekék áttételi aránya miatt lecsökken a fordulatszám, a meghajtott (második) tengely pedig átadja a forgást a harmadiknak. Az utóbbi két tengelyre kések vannak rögzítve, amelyek egymással szembe fordulnak el és a vágás a két szembenálló kés közti rés csökkenése révén valósul meg.

Az aprítógépet egy szabványos (TLT) bordástengely segítségével hajtjuk meg, amelyet a traktor TLT csonkjához csatolunk egy kardántengely segítségével. Jelen esetben egy 1987-es UTB 445dt - típusú traktor adatait használtuk fel a méretezéshez, amelyben egy D115 típusú motor van. A motor 1967 fordulat/perc fordulatszámánál a teljesítmény leadó tengely 540 fordulat/perc fordulatszámmal forog. A motor legnagyobb nyomatéka 1500 fordulat/percnél 146,11 Nm. Ennél a fordulatonál a TLT-tengely 411,79 fordulat/perc sebességgel forog. [1]



1. ábra. Ágaprító gép elemeinek összeszerelési vázlata

### 2.2. A gép felépítése

#### 2.2.1. A gép váza

A gép vázát két 16 mm vastag OL50 anyagú lemez és az ezeket összekötő rögzítőcsavarok alkotják. A lapok mérete 480mm × 980 mm. A lemezekben lévő furatokat nagy pontossággal kell kivitelezni, mivel a fogaskerekék tengelytávját a csapágyházak pontos elhelyezése határozza meg. A csapágyházakat DIN7968 típusú illesztőcsavarokkal rögzítjük a lemezre. [2]

#### 2.2.2. A bordástengely

A bordástengely ellenőrzése felületi nyomásra történik, a maximális nyomatokra. A szerelés során az illesztett alkatrész nem mozog (a kardántengely nem mozdul el a bordástengelyen működés közben), az üzem jellegét pedig dinamikusnak vesszük, mivel ez a legkedvezőtlenebb eset. Jelen esetben a megengedett felületi nyomás a bordák oldalán 30-50N/mm<sup>2</sup>. [3]

A megengedett palástnyomást véve a bordáskötés által átvihető maximális csavarónyomaték:

$$T = 0.75 \cdot \Psi \cdot \left( \frac{D-d}{2} - 2 \cdot f \right) \cdot l \cdot r_k \cdot z \cdot p_{meg} \quad (1)$$

$$T = 526.246 \text{ Nm}$$

A képletben szereplő mennyiségek értelme a következő: - 0,75-el edzés után köszörüljük, a jobb éltartam elérése érdekében.  $\Psi$  - a dinamikus tényező,  $D$  - külső átmérő,  $d$  - belső átmérő,  $f$  - a bordák lesarkításai,  $l$  - a bordák hosszúsága,  $r_k$  - a közepes sugár,  $z$  - a bordaszám,  $p_{meg}$  - pedig megengedett felületi nyomás a lökészerű igény-

bevételre vonatkozó, nem edzett felületű bordára, amikor a kötés nem mozdul el. [3]

A bordáskötés a fenti számítások alapján megfelel az igénybevételnek.

### 2.2.3. Késtartó tengelyek

A tengely C45 jelű, nemesíthető acélból készül. A második tengelyre egy reteszkötéssel van rögzítve a 78 fogú fogaskerék, amelyet a tengely végéből egy M14-es csavar rögzít a helyére egy alátét segítségével. A tengelyben három egymástól 120°-ra elhelyezett 13 mm széles 50 mm mély bemarás található, amelybe M12-es csavarokkal rögzítve lesznek a kések.

A harmadik tengely hasonló felépítésű, kizárólag a marások iránya változik, mivel ennek a tengelynek fordított a forgásiránya.

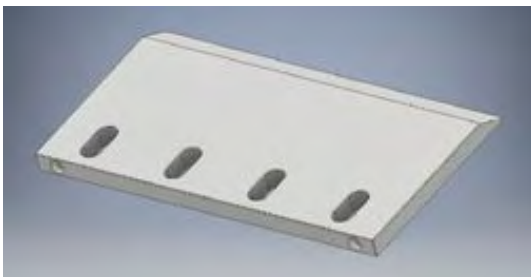
A tengelyek csavaró nyomatékkal szembeni méretellenőrzését a tengelyvégek méretének ellenőrzésével végeztük, és az eredmények alapján szilárdságtanilag ellenállnak az igénybevételnek. [4]



2. ábra. Késtartó tengely

### 2.2.4. Kések

A kések magas széntartalmú, edzhető és nemesíthető acélból készülnek, 55-57 HRC-re edzve. A 12 mm vastag 250 mm hosszú és 132.5 mm széles késeket egyenként a tengelyekbe mart 13 mm széles résekbe helyezve egyenként négy darab M12 8.8 vagy nagyobb szilárdsági osztályú finommenetes csavarral rögzítjük a tengelybe. A késekben minden csavarnak egy 13 mm széles és 20 mm



3. ábra. Egy kés geometriai kialakítása

hosszú hornyot kell marni, annak érdekében, hogy az élezések után állítható legyen a kések közti rés. A kések pontos beállítása érdekében a kések alsó részén állítócsavaroknak készítünk helyet.

A kés élét 30 fokos szögben készítjük el és köszörülve, valamint edzve lesznek a jó éltartam érdekében.

### 2.2.5. Reteszek

A reteszkötések méretezése általában felületi nyomás alapján történik. [5]

A – típusú reteszeket használunk, amely a DIN 6885 szabvány szerint készülnek. [6] A retesz szükséges hossza az

$$l = \frac{2 \cdot Mt}{(d + h - t1) \cdot (h - t1) \cdot z \cdot p_{meg}} \quad (2)$$

$$lf = l + b \quad (3)$$

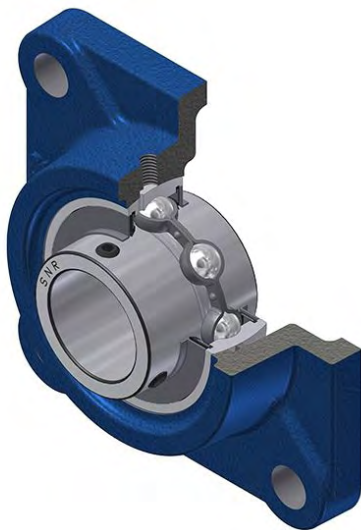
képlettel határozhatjuk meg, ahol: l - az A típusú retesz párhuzamos oldalának hossza, Mt - a beemelő csavaró nyomaték, d - a tengely átmérője, h - a retesz magassága, z - a reteszek száma, t1 - a tengelyhorony mélysége, p<sub>meg</sub> - pedig a hőkezelt acél agy megengedett felületi nyomása.

A felületi nyomás esetén a lehető legkedvezőtlenebb esetet választottuk a megadott értékintervallumból, mivel így biztosan megfelel majd a terhelésnek. Az lf - érték az a minimális hossz, ami szükséges a retesznek, a végein található kezekkel együtt, a b - pedig a retesz szélessége. a táblázatból az lf - értéknél nagyobb, ehhez a legközelebb álló értéket választjuk. A számítások eredménye alapján a következő jelű reteszeket választjuk, a bordás tengelybe DIN 6885 - A10 x 8 x 32 - C45 K, a késtartó tengelyekbe pedig DIN 6885 - A16 x 10 x 63 -C45 K. [7]

### 2.2.6. Csapágázás

A tengelyekre radiális erő hat, ezért radiális csapágákat alkalmaztunk. A már létező fogaskerekek furatának átmérőjénél nagyobb átmérőjű csapág- belső átmérőt kell válasszunk, hogy a fogaskerék a tengelyen megjelenő vállra támaszkodjon. A fogaskerekek belső átmérője 52,3 mm, az ehhez legközelebb álló csapágá átmérő az 55 mm-es átmérő.

A csapágházakat a legtöbb gépnél az oldallapokban alakítják ki, így az oldal lapnak ezen a részen legalább 28 mm vastagságúnak kellene lennie, és jó minőségű anyagból kellene készülnie. Ezt legkönnyebben öntéssel lehetne elérni. Viszont ez nagyon költséges megoldás, mivel ha meghibásodik a csapágá és az oldal lapban elde-



4. ábra. UCF típusú csapágyegység. [8]

formálódik a csapágyház, akkor a teljes oldallapot cserélni kell, ami ugyancsak költséges lenne. Ezért UCF típusú csapágyházakat alkalmazunk. Az UCF csapágyházak négy csavarral rögzíthetők az oldallaphoz. A csapágyak radiális terhelése a csavarokban nyírási igénybevételként jelentkezik.

A választott csapágyházak másik előnye abban áll, hogy megengedi a külső gyűrű elfordulását a terhelés függvényében, így nem feszíti működés közben a csapágyat. Ezzel a megoldással a gyártási pontatlanságok kiküszöbölhetők, könnyen cserélhető és egyszerűen javítható, valamint a csapágy használata során a kenést is lehetővé teszi.

### 2.2.7. Fogaskerekek

A meglévő fogaskerekek  $m = 4.25$  mm-es modulal rendelkeznek és teherbírásra való méretellenőrzés során megfeleltek a fogtőhajlítási illetve fogfelületi igénybevételeknek.

### 2.2.8. Borító elemek

A gép működése közbeni balesetek megelőzése érdekében a gépet borítóelemekkel látjuk el, amelyeket 2 mm vastag lemezekből készítünk. A borító elemekkel a munkást védjük, a szerkezet mozgó (forgásban) levő elemeitől, valamint a vágások során letöredező faforgácstól. A fogaskerekeket is burkoljuk, valamint a géphez egy tölcseért csatolunk, ami darabolás közben megtartja a fadarabot.

## 3. Következtetések

A fent bemutatott ágaprító berendezés nagy teljesítményű, masszív szerkezet, amely ágak és kis átmérővel rendelkező fadarabok feldarabolásának jelentős gyorsítását és egyszerűsítését segíti elő. A szabványos, valamint a meglévőelemek használata jelentősen csökkenti a költségeket, ugyanakkor a hosszas használat utáni elkopott elemek cseréjét is egyszerűsíti.

A méretellenőrző számítások eredményei alapján kijelenthetjük, hogy a szerkezeti elemek megbírnák a terhelést, habár a fa feldarabolásához szükséges erőt csak becsülni tudtuk; ezt majd a gép elkészítése után tudjuk kísérletek alapján lemérni. A gépet hajtó erőgép által kifejtendő maximális nyomatékot minden elem megbírja.

Mivel a gép forgó (mozgó) alkatrészei veszélyt jelentenek a gépkezelő munkás számára, így a gépet borítólemezekkel látjuk el. A gépet egy etető tölcseérrel látjuk el, ami megtartja a darabokat a vágás során.

## Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Universal, D115. (letöltve: 2019.02.21.)  
<https://www.scribd.com/document/228945425/Reglaje-Motor-D115-U445-550>.
- [2] DIN 7968: Hexagon fit bolts for steel structures. 2007.
- [3] Zsáry Á.: *Tengely – agy kötések. Bordás tengelykötések*. In: Gépelemek I. (Szerk.: Zsáry Á.). Nemzeti Tankönyvkiadó Rt., Budapest, 1999. 213–216.
- [4] Antal A., Pop D., Oltean I. E. F.: *Elemente constructive privind proiectarea arborilor. Capete de arboare cilindrice*. In: Reductoare (Szerk.: Antal A.). Lito UTCN, Cluj Napoca, 1994. 141–143
- [5] Antal B., Tolvaly-Rosca F.: *Gépelemek 1*, Egyetemi jegyzet, Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, 2008.
- [6] DIN 6885: *Reteszkötések*, 2008.
- [7] Frischherz A., Dax W., Gundelfinger K.: *Gépelemek. Reteszkek*. In: Fémtechnológiai táblázatok. (Szerk.: Frischherz A.). B + V Könyvkiadó Kft., 1997. 206.
- [8] NTN-SNR Prémium csapágyak webáruháza: UCF 308 (letöltve: 2019. 02.20.)  
[https://www.ntsnsr.hu/ucf308\\_30067](https://www.ntsnsr.hu/ucf308_30067)

# AZ EBESZ ÉS A V4-EK SZEREPE ÉS JELENTŐSÉGE A KIBERBIZTONSÁG TERÜLETÉN

## THE ROLE AND IMPORTANCE OF THE OSCE AND THE V4 IN CYBERSECURITY

Hronyecz Erika

Nemzeti Közszerológati Egyetem, Budapest, Magyarország, [hronyecz.erika@gmail.com](mailto:hronyecz.erika@gmail.com)

### Abstract

From the mid-2000s new types of security challenges have emerged at global level. Their prevention, management and recovery, given their characteristics, is serious challenge for the countries. The cyber security challenges require special attention and close interaction both at national and international levels. In this paper the author presents the highlights of OSCE and V4 cooperation on cyber defense.

**Keywords:** *cybersecurity, V4, OSCE, Central European Cyber Security, regional cooperation.*

### Összefoglalás

A 2000-es évek közepétől globális szinten olyan új típusú biztonsági kihívások jelentek meg, melyek megelőzése, kezelése és helyreállítása jellemzőiknél fogva komoly feladat elé állították az országokat. A kiberbiztonsági kihívások kiemelt figyelmet, szoros interakciót követelnek meg nemcsak nemzeti, hanem nemzetközi szinten is. Jelen tanulmányban a szerző az EBESZ és a V4-ek kibervédelemre vonatkozó együttműködési tevékenységének kiemelt pontjait mutatja be.

**Kulcsszavak:** *kiberbiztonság, V4-ek, EBESZ, Közép-európai Kiberbiztonsági Platform, regionális együttműködés.*

### 1. Bevezetés

A kiberbiztonság a fejlett társadalmak, a modern világ egyik legfontosabb kihívása. A kiberterben megjelenő kihívások és veszélyek száma és gyakorisága állandó készenlétre kényszerít minden olyan nemzeti és nemzetközi szervezetet, melyek feladata és célja az ilyen típusú események megakadályozása, illetve kezelése.

A biztonság korábbi értelmezése alapján öt szektort különböztettünk meg: katonai szektor, politikai szektor, gazdasági szektor, társadalmi szektor és környezeti szektor. A 2010-es évektől azonban a fent említett öt szektor mellett erőteljesen körvonalazódott és megjelent az informatikai szektor is, mely gyors ütemben kibontakozó terület a biztonsági tanulmányok keretén belül.<sup>[1]</sup>

A kiberbiztonsági eseményekre jellemző, hogy kiszámíthatatlanok, gyakoriak, nagyon rövid időn belül alakulnak ki és gyakran országhatáron átnyúló, egyszerre több országot érintő kiterjedéssel bírnak. Mindezt figyelembe véve kiemelkedő szerepe van a nemzetközi szintű összefogásnak. Kiberbiztonság területén általában két állam közötti megállapodás is rendkívül komplikált kihívás tud lenni az eltérő nemzeti érdekek, értékek és célok tekintetében, ezt alapul véve regionális szinten ez többszörösen nehéznek bizonyul.

### 2. Az EBESZ szerepvállalása a kiberbiztonság tekintetében

Az elmúlt másfél évtizedben az új típusú biztonsági kihívások hatására az EBESZ is felismerte, hogy alkalmazkodnia kell az új biztonsági környe-



zet okozta elvárásokhoz. Az Európai Biztonsági és Együttműködési Szervezet nagy múlttal rendelkező, 57 európai, észak-amerikai és közép-ázsiai részt vevő államból és 11 partnerállamból álló páneurópai biztonsági szervezet. Az EBESZ a biztonságot átfogó és kooperatív módon értelmezi és kezeli, ami abban nyilvánul meg, hogy a biztonság minden területével, szektorával egységesen foglalkozik és mind az 57 részes állama egyenlő jogokkal rendelkezik. A Szervezet legfontosabb rendeltetése az európai biztonság és stabilitás megőrzése, a korai előrejelzés, a konfliktuskezelés, a válságkezelés és a válságok megoldását követő helyreállítási folyamatok rendezése, lebonyolítása. Az EBESZ folyamatosan alkalmazkodik az új biztonsági környezet okozta elvárásokhoz és felvette a küzdelmet az új típusú fenyegetések ellen, úgy mint terrorizmus, ember-és kábítószer kereskedelem, szervezett bűnözés, kibertérbeli bűnözés.

Az EBESZ Állandó Tanács hogy fokozza az egyéni és kollektív erőfeszítéseket az információs és kommunikációs technológiák (Information and Communications Technologies - ICTs) átfogó kezelése érdekében, 2012. április 29-én a 1039. számú döntése alapján létrehozta a kiberüggekkel foglalkozó informális munkacsoportot (Informal Working Group – IWG). A munkacsoport feladatául kiberbiztonsági bizalomépítő intézkedések (Confidence Building Measures – CBMs) kidolgozását határozták meg az államközi együttműködés, átláthatóság, kiszámíthatóság és stabilitás érdekében, illetve az IKT-k használatából eredő félreértések, eszkalációk és konfliktusok kockázatának csökkentése céljával. Az összesen 16 CBM-et tartalmazó 1202-es döntés alapján összegezve a következő feladatokat vállalták a részt vevő országok:

- önkéntesen megosztják egymással nemzeti álláspontjukat a nemzeti és transznacionális fenyegetések különböző aspektusairól és az IKT-k használatáról.
- önként elősegítik a kompetens nemzeti szervezeteik közötti együttműködést és információcserét az IKT-k vonatkozásában
- önkéntes alapon konzultációkat tartanak az IKT-k használata kapcsán felmerülő félreértésekből adódó politikai és katonai feszültségek csökkentésének céljából
- önként megosztják a nyílt, interoperábilis, biztonságos és megbízható internet biztosításának céljából meghozott intézkedéseiket
- az EBESZ-t párbeszéd lefolytatására, jó gyakorlatok megosztására, az IKT-k biztonságára

vonatkozó kapacitásnövelés megvitatására. és egyes támadásokra adott hatékony válaszlépések megosztására alkalmas platformként kezelik és alkalmazzák

- olyan nemzeti szabályozásokat hoznak létre, melyek lehetővé teszik a kompetens hatóságok – kiemelten a bűnüldöző szervek - közötti kétoldalú együttműködéseket
- önként megosztják a nemzeti stratégiáikat, irányelveiket és programjaikat, beleértve együttműködésüket a köz- és a magánszférával, illetve az IKT-k biztonságát és alkalmazását
- kijelölnek egy kapcsolattartó pontot, megosztják a nemzeti struktúra egyes elemeihez tartozó kapcsolattartási adatokat, melyeket egy esetleges incidens alkalmával használnak és ezen adatokat évente frissítik
- a közös terminológia hiányából adódó esetleges félreértések elkerülése végett egy magyarázatokkal és definíciókkal ellátott listát készítenek az IKT-k használatára és biztonságára vonatkozó terminológiákról
- a CBM-ekkel kapcsolatos kommunikáció megkönnyítése érdekében EBESZ platformok és mechanizmusok felhasználásával önkéntes alapon folytatnak eszmecserét
- a kijelölt tagállami szakértők szintjén évente legalább 3 alkalommal találkoznak az IWG keretein belül a bizalom erősítő intézkedések tárgyalását, megvalósítását és továbbfejlesztését illetően
- workshopok, szemináriumok, kerekasztal beszélgetések szervezése és megtartása által támogatják az információmegosztást és az államok közötti információ cserét
- elősegítik, hogy tisztviselők és szakértők védett, engedélyezett csatornákon keresztül kommunikáljanak a lehetséges félreértések, konfliktusok és eszkalációk megelőzése és csökkentése érdekében
- népszerűsítik a köz- és magánszféra közötti együttműködéseket
- elősegítik a regionális és kistérségi együttműködés kiépítését a kritikus infrastruktúrák biztonságáért felelős hatóságok között
- ösztönzik a felelős információmegosztást az IKT-k biztonságát és használatát érintő sérülékenységekre vonatkozóan, hiszen minden ilyen jellegű tájékoztatás és kommunikáció elősegíti az EBESZ-t érintő régióon belüli együttműködéseket.[2]

A munkacsoport az EBESZ elnöksége által évente kinevezett elnök vezetése alatt működik és törekszik az EBESZ által elfogadott bizalom erősítő



intézkedések végrehajtására vonatkozó javaslatok kidolgozását vállaló országok munkáinak elemzésével hatékony és alkalmazható eredményeket felmutatni.

### 3. V4-ek és a Közép-európai Kiberbiztonsági Platform

A visegrádi együttműködés – a középkori történelmi előzményekre építve – 1991. február 15-én jött létre Visegrádon akkor még három ország – Csehszlovákia, Lengyelország és Magyarország – részvételével. A deklaráció céljai között szerepelt a kommunista blokk maradványainak eltüntetése Közép-Európában, a demokrácia védelme és a tagországok gyors és gördülékeny csatlakozásának elősegítése az euroatlanti közösséghez. Miután a sikeres integrációs folyamat befejeződött, újabb célkitűzések fogalmazódtak meg a V4-ek körében, hiszen a 2000-es évek derekától globális szinten új típusú, biztonságot fenyegető kihívásokkal kellett szembesülni a tagországoknak.[3]

A közép-európai országok a fent említett megváltozott biztonsági kihívások hatására a 2010-es évek elején kezdtek foglalkozni intenzívebben a kibervédelemmel. Létrehozták saját kibervédelmi stratégiájukat, emellett szükségét érezték egy Unión belüli egyfajta regionális összefogásra is ezen a területen. Megkezdtek együttműködési rendszerük kialakítását. 2013-ban Ausztria és Csehország kezdeményezésére Magyarország, Szlovákia és Lengyelország csatlakozásával létrehozták a Közép-európai Kiberbiztonsági Platformot (Central European Cyber Security Platform – CECSP), melynek céljaul a kiberbiztonság regionális szintű fokozását tűzték ki. Ennek megvalósítására az alábbi 5 kiemelt pontban megfogalmazottakat irányozták elő:

- Információ, know-how és a legjobb, leghatékonyabb gyakorlatok bemutatása: a kiberfenyegetésekkel szembeni ellenálló képesség javítása és a felkészültség előmozdítása érdekében a tagállamok elkötelezték magukat, hogy erősítik képességeiket és rendszeresen megosszák az információkat és a legjobb gyakorlatokat a kiberbiztonság területén, illetve a közös képzés, oktatás és gyakorlatok szervezése is részét képezi megállapodásnak.
- Biztonságos kommunikációs csatornák tervezése és megvalósítása: a jövőbeni, az aktuális illetve a már megoldott kiberfenyegetésekhez kapcsolódó adatok, információk biztonságos továbbítása érdekében a tagállamok törekednek olyan információs csatornákat kialakítani, me-

lyekhez illetéktelenek nem képesek hozzáférni és azokat lehallgatni.

- Definiálás és megegyezés besorolási rendszerre vonatkozóan: az információ megosztás érdekében a tagállamoknak meg kell állapodni egy besorolási rendszerben az érzékeny adatokra vonatkozóan. Ajánlott olyan előírásokat megfogalmazni és lefektetni, melyek alkalmazásával könnyebbé válik az adott kiberbiztonsági incidens megértése, elemzése.
- Az egyéni álláspontok összehangolása nemzetközi fórumok előtt: a nyilatkozat szerint a résztvevőknek minden nagyobb nemzetközi szintű megbeszélés – úgymint EU, NATO, UN, OSCE és ENISA - előtt konzultálniuk kell a nemzeti álláspontjukat illetően a regionálisan átnyúló megközelítések harmonizálásának érdekében.
- Gyakorlati munkacsoportok létrehozása: speciális témák megvitatásának céljából lehetőség van alkalmi munkacsoportok létrehozására. A minimum két tagállam részvételével működő munkacsoportok jellege attól függ, hogy milyen céllal, milyen alapon hozták létre (műszaki, irányítási, műveleti, politikai). Közös ügyek, közös témák vonatkozhatnak szabványosításra és adott aktuális fejlesztésekre, hardver és szoftver hitelesítésre és beszerzésre, határokon átvívelő együttműködésre stb.

A Közép-európai Kiberbiztonsági Platform tevékenysége és eredményessége a 2013-ban történt megalakulása óta a fenti irányelveket tekintve leginkább csak a kölcsönös tapasztalatcseréről és közös gyakorlatok megszervezéséről szólt. Ennek oka az eltérő stratégiákban, a külpolitikai hangsúlyeltolódásokban, illetve az információk és tapasztalatok megosztási hajlandóságának csökkenésében keresendő. Míg Magyarország 2013-ban az Európai Unió tagállamai között is szinte elsőként alkotta meg nemzeti kibervédelmi stratégiáját, napjainkra már Csehország és Lengyelország vette át az innovatívabb és kezdeményezőbb szerepet. [4] Mindent összevetve van remény a visegrádi négyek kibervédelmének összehangolására, azonban ezen cél eléréséig még hosszú út áll az érintett államok előtt a bizalom kiépítésével és a különböző érdekek közti kompromisszumok megteremtésével párhuzamosan.[5]

### 4. Következtetések

A nemzeti és a regionális kiberbiztonsági érdekek és célok eléréséhez szükséges a térségen belüli szoros együttműködés javítása, a hatékony és gyors információcsere. A kiberbiztonsági ki-

hívások, fenyegetések elleni hathatós fellépés elengedhetetlenné teszi az államok kollektív, összehangolt munkáját. Elsődleges cél természetesen a megelőzés, de legalább olyan fontos maga a kiberbiztonsági eseményekre és válsághelyzetekre való gyors és hatékony reagálás, konfliktuskezelés, illetve a helyreállítás folyamata is. Az adott országok nemzeti érdekeinek védelme és előtérbe helyezése sokszor komoly akadályt képez a nemzetközi együttműködések során, hosszabb-rövidebb ideig tartó stagnálást előidézve az adott kooperáció tevékenységében, céljainak elérésében. Az EBESZ és a V4-ek esetében is van és lesz is rá precedens, hogy a fent említett okok visszább vetik a kooperáció lendületét, viszont ezt tudomásul véve azzal is tisztában vannak, hogy napjainkat és a jövőt tekintve is a határokon átnyúló új típusú biztonsági kihívások kezelésére és megoldására nélkülözhetetlen a nemzetközi szintű regionális összefogás.

### Köszönetnyilvánítás

„Az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-18-3-IV-NKE-77 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült”

### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Gazdag F., Remek É.: A biztonsági tanulmányok alapjai. Dialóg Campus Kiadó, Budapest, 2018.
- [2] Decision No.1202 OSCE Confidence-building measures to reduce the risks of conflict stemming from the use of information and communication technologies  
<https://www.osce.org/pc/227281?download=true>  
 (letöltve: 2019. február 27.).
- [3] V4 connects, *Hungarian presidency 2017/2018 of the Visegrad Group*  
<http://v4.gov.hu/a-visegrad-egyuttmukodesrol>  
 (letöltve: 2019. február 27.).
- [4] Rajnai Z., Fregán B.: *Új alapokon a magyarországi kibervédelmi stratégia*. In: A XXII. Fiatal műszaki tudományos ülészak előadásai. Proceedings of the 22<sup>th</sup> international scientific conference of young engineers, Kolozsvár/Cluj, Románia, Műszaki Tudományos Közlemények 7. (2017) 351–354.  
<https://eda.eme.ro/handle/10598/29842>
- [5] Antal József Tudásközpont, *Kutatás- Kutatói Blog*  
<http://www.ajtk.hu/kutato-i-blog/219/a-visegrad-negyek-helyzete-a-kiberve-delem-tekintete-ben/>  
 (letöltve: 2019. február 26.).

# EDDIE - 3D SZKENNELÉS ÉS KITERJESZTETT VALÓSÁG OKTATÁSI CÉLRA

## EDDIE – 3D SCANNING AND AUGMENTED REALITY IN EDUCATION

Juhász Csaba<sup>1</sup>, Muhi Kristóf,<sup>2</sup> Johanyák Zsolt Csaba<sup>3</sup>

Neumann János Egyetem, GAMF Műszaki és Informatikai Kar, Informatika Tanszék, Kecskemét, Magyarország

<sup>1</sup> juhaszcsaba23@gmail.com

<sup>2</sup> mkristof@outlook.com

<sup>3</sup> johanyak.csaba@gamf.uni-neumann.hu

### Abstract

We are convinced that the learning process could be a lot more interesting and more interactive for the young people with the help of modern technologies. The presence and the usage of the smartphones is natural for today's young generations, although they do not use their inherent potential for example for educational purposes. Eddie is a hybrid of a smartphone application and a school book. The school book would keep its original form, but we would make the application fit for the given subject. The already existing pictures in the schoolbooks would work as a special indicator, which our application could read. The application would show different contents virtually in AR (Augmented Reality), based on the scanned image. The shown content could be a 3D model, animation or video.

**Keywords:** education, augmented reality, digital education, smartphone, application.

### Összefoglalás

Meggyőződésünk, hogy a modern technológiák segítségével a tanulási folyamat sokkal érdekesebb és interaktívabb lehet a tanulók számára. Az okostelefonok jelenléte és használata már természetes a mai fiatal generáció számára, de a benne rejlő potenciált nem használják ki olyan területeken, mint például az oktatás. Az Eddie egy okostelefonos alkalmazás és egy iskolai tankönyv együttese. Míg az iskolai tankönyv megőrzi formáját, az alkalmazás az adott témához illeszthető. A már meglévő képek a tankönyvekben különleges indikátorként működnek, amelyet az alkalmazásunk képes felismerni. A felismert, fizikailag is jelen lévő képekre így a mobiltelefonunk kijelzőjén látva képesek vagyunk kiterjesztett valóság (AR – augmented reality) segítségével megjeleníteni különböző 3D-s objektumokat. A megjelenített tartalom lehet 3D-s modell, animáció vagy videó.

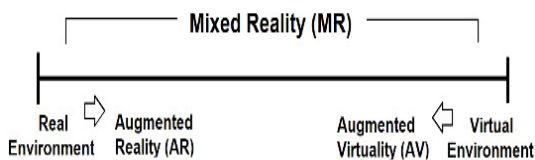
**Kulcsszavak:** oktatás, kiterjesztett valóság, digitális oktatás, okostelefon, alkalmazás.

## 1. Előzmények

### 1.1. A kiterjesztett valóság

A kiterjesztett valóság (Augmented Reality, AR) a valóság egyfajta virtuális módon történő kibővítése. A technológia gyakorlati használatához szükségünk van egy kamerával és megfelelő hardverrel ellátott okostelefonra vagy egy erre a célra kifejlesztett szemüvegre.

Ezen eszközök használatával képesek vagyunk a céleszköz valós idejű kameraképén keresztül, a valós környezetbe különböző virtuális elemeket vetíteni.



1. ábra. A kevert valóság kategorizálása [1]

A kiterjesztett valóság megvalósítások alapvetően két nagy csoportba sorolhatóak a virtuális elem helyzetét meghatározó algoritmus és a megjelenítési mód függvényében.

Az egyik a *pozíció és irány alapú AR*. Célja, hogy a kijelzőn a már meglévő valós idejű kameraképet valamilyen plusz információval egészítse ki. Ezeket az információkat úgynevezett POI-k (Point of Interest) tartalmazzák. Ezek olyan pontok helyét tárolják, melyek a felhasználó számára érdekesek, hasznosak lehetnek. A képernyőn megjelenő információk pontos helyének meghatározása a GPS pozíció, a beépített iránytű és a gyorsulásmérő adatainak feldolgozásával történik meg.

Az AR másik típusa a *marker alapú AR*. Ilyenkor egy speciális jelölőt (általában képet, képrészletet) keresünk. A marker (indikátor) pozíciója és helye meghatározható az okostelefon valós idejű kameraképe által, ezáltal tetszőleges virtuális objektumokat helyezhetünk rá. Alkalmazásunk működése is ebbe a kategóriába sorolható.

### 1.1.1 Történeti áttekintés

Ivan Sutherland 1968-ban [2] fejlesztette ki az első fejre erősíthető képernyőrendszert. A rendszer képes volt különböző *wireframe* (hálóterves) grafikák megjelenítésére.

1974-ben Myron Krueger megépítette a *Videoplace* [3] nevű laboratóriumot, mely különböző kivetítőkkel és kamerákkal képes volt élethű sziluettek szimulálásra, körülveve a felhasználót számos interaktív kezelőfelülettel.

Számos kutatást és fejlesztést követően a következő mérföldkő 1990-re tehető, amikor Tom Caudell megalkotja az *Augmented Reality* (AR) kifejezést [4]. 1992-ben Louis Rosenberg kifejleszti az első működőképes AR rendszert az amerikai légierőnek [5], különböző gépek virtuális vezérlésének céljából. 1994-ben Julie Martin rendezte meg [5] az első kiterjesztett valóságot is körülölelő színházi produkciót melyben akrobaták egy virtuális objektumot táncoltak körül a színpadon.

A 2000-es évek kezdetétől a kiterjesztett valóság felhasználási területe nagy mértékben teret nyert a szórakoztató iparban. Először 1998-ban a *Sportvision* televízió csatorna NFL játékában [6] használtak vizuális jelölőt a meccs különböző elemeinek kiemelésére.

A hadiparban folyamatosan fejlesztések folynak különböző vizuális segédeszközök terén, főleg a légierőben. Hirokazu Kato kifejleszti az *ARTool-Kit*-et [7], mely egy nyílt forráskódú programkönyvtár. Segítségével képesek vagyunk különböző számítógépes grafikák valós kameraképen

való megjelenítésére és annak követésére. 2009-ben az *ARToolKit* már webes böngészőket is támogat.

Napjainkban a hardver és szoftver rohamos fejlődésével egyre közelebb kerülnek a valósághű AR élmények. A nagy számítástechnikai cégek mind kiemelten foglalkoznak a technológiával. A Microsoft *HoloLens* [8] szemüvege külső hardver igény nélkül képes AR-tartalmat megjeleníteni, akár jelölők nélkül, a tér és a síkok érzékelésével. Az Apple és Google, a két legnagyobb okostelefon operációs rendszert az iOS-t és Androidot fejlesztő cég is rendelkezik saját AR fejlesztőkörnyezettel, melyekkel lehetőségünk van létrehozni a kiterjesztett valóság élményét.

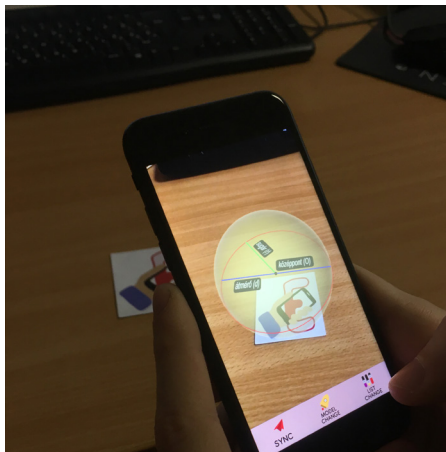
### 1.1.2. Felhasználási lehetőségek

Mint ahogyan arról az előző fejezetben már szó ejtettünk, a kiterjesztett valóság első felhasználási területét a sportközvetítések jelentették. Labdarúgó mérkőzések kezdetekor a pályára vetített csapat címerek, kajak-kenu esetén a célba éréskor virtuálisan meghúzott jelzővonal is ezt a technológiát használja. Marketingtevékenységben is kiválóan használható, ahogyan a turizmusban az irány alapú AR adta lehetőségek által bővebb információkat kaphatunk a minket körülvevő városról. Egyéb felhasználási módok a teljesség igénye nélkül: egészségügy, ipari folyamatok (gyártás és javítás), szórakoztatás, oktatás, játék stb.

## 2. Az Eddie alkalmazás tervezési szempontjai

Az alkalmazás célja, hogy a hagyományos értelemben vett oktatási folyamatot kiegészítse, és egy interaktív, élményalapú segédeszközt nyújtson a tanulásban. Az alkalmazás különböző digitális tartalmakat (elsődlegesen 3D objektumokat) képes megjeleníteni a felhasználó okoseszközén (okostelefon, táblagép) az AR technológia használatával.

Az AR megjelenítés erősen eszközfüggő, ezért a megfelelő fejlesztőkörnyezet kiválasztása kulcsfontosságú feladat volt. Az alkalmazás másik kulcsfontosságú tervezési szempontja az volt, hogy a tanárok és diákok számára is egyszerűen használható legyen, tehát: ne kelljen plusz eszközt vásárolni (AR szemüveg), az alkalmazás könnyen elérhető és telepíthető legyen. A tanárok szempontjából a 3D tartalom előkészítése (kollekciók létrehozása) nem szabad, hogy megterhelő legyen.



2. ábra. Az Eddie alkalmazás működés közben

## 2.1. Fejlesztőkörnyezet kiválasztása

### 2.1.1. AR fejlesztő könyvtárak

Az AR technológia rohamszerű fejlődésének eredménye, hogy már nem szükségesek felső kategóriás eszközök a megjelenítéshez, így egyre jobb élményt lehet nyújtani az átlagos eszközökkel rendelkező felhasználóknak is. Az alkalmazás tervezésekor azt a cél tűztük ki, hogy nem korlátozzuk az eszközöket, minél több felhasználónak elérhető szeretnénk tenni.

Ez a megfelelő fejlesztői környezet kiválasztásakor volt fontos.

A következőkben három AR fejlesztő könyvtárt szeretnénk kiemelni.

#### 2.1.1.1. ARCore

Az ARCore [9] a Google által fejlesztett AR-megjelenítő SDK (software development kit, szoftverfejlesztői csomag) melynek első verziója 2018. március 1-én jelent meg.

Három technológiát használ a digitális tartalom megjelenítéséhez: mozgáskövetés, környezetfelismerés (síkok, padló felismerés) és a környezeti fények feldolgozása. Használatához Android 7.0 (Nougat) vagy későbbi rendszer szükséges.

Apple iOS rendszeren 11.0 vagy későbbi frissítés a követelmény. Az operációs rendszer mellett eszközfüggőség is van: Az ARCore kizárólag az Apple iPhone SE vagy újabb (kb. 15 különböző) eszközön működik. Az Android rendszerű okostelefonok terén jelenleg csak kb. 100 eszköz támogatott a több mint 21700 különböző [10] okostelefon közül.

Az erős eszközkorlátozás miatt az előzőekben taglalt fejlesztési szempontoknak az ARCore könyvtára nem felelt meg.

#### 2.1.1.2 ARKit

Az ARKit [11] egy az Apple által fejlesztett AR-megjelenítő könyvtár, melynek első stabil verziója az iOS 11 megjelenésével egyidőben, 2017. júniusában jelent meg.

A könyvtár kizárólag iPhone és iPad eszközökkel kompatibilis. Szoftver- és hardverfüggőség itt is jelen van, ahogyan az ARCore-nál: iOS 11 vagy újabb rendszer és iPhone SE vagy attól újabb eszköz szükséges a futtatáshoz. Technológiailag az iPhone hardveres megoldásait használja, köztük a VIO-t (Visual Inertial Odometry) mely a környezet észleléséért felel (síkok-, tárgyak-, padló felismerése). Az ARCore-hoz hasonlóan képes feldolgozni a külső fényforrásokat a még szebb vizuális megjelenítés céljából.

Ahogyan a Google ARCore függőségei, az ARKit kizárólagos iOS támogatása végett ez a könyvtár sem felelt meg az alkalmazás fejlesztési követelményeinek.

#### 2.1.1.3 Vuforia

A Vuforia (korábban QCAR) a Qualcomm által fejlesztett AR fejlesztői platform, melynek első stabil verziója 2011. áprilisában jelent meg [12]. Marker alapú AR fejlesztésére használható SDK. Szoftver- és eszközkorlátozása az előzőekben taglalt ARCore és ARKit-hez képest jóval kedvezőbb, Android és iOS rendszereken is csak szoftverfüggősége van: Android 4.4-es verziótól, illetve iOS 9.0-tól újabb verzió szükséges. Rendelkezik egy úgynevezett Vuforia Cloud rendszerrel, mely lehetőséget biztosít arra, hogy valós időben változtassuk a markereket és a hozzá rendelt, kiterjesztett valóságban megjelenő 3D tartalmat.

Az előzetes fejlesztési szempontokat figyelembe véve, a Vuforia széles eszköztámogatása és felhő-alapú rendszere miatt erre a könyvtárra esett a választásunk.

## 2.2. A 3D szkennelés

A 3D szkennelést főleg akkor alkalmazzák a feladat hatékonyságának javításában, amikor nem egyszerű geometriai modelltől van szó, hanem egyszerű geometriai elemekből nem felépíthető modelltől. Ekkor a szkennelt modell egyfajta háromdimenziós sablonként szolgálva megkönnyíti a mérnökök munkáját, valamint egy már kész módosítható modellként is lehet már rá tekinteni.

A szkennelés végeredményeként létrejövő 3D modell lehet textúrázott vagy textúra nélküli mesh (pontháló) [13]. Egy emberi test szkennelése körülbelül 5-15 percet vesz igénybe a szükséges útmutatással együtt. Az effektív szkennelési fo-



lyamat körülbelül 2-3 perc. Tárgyak szkennelése esetén a folyamat több nap is lehet, amennyiben a tárgyat újra kell modellezni.

A 3D szkennelés célja, hogy egy olyan pont-felhőt kapjunk, amely alkalmas a 3D modell létrehozásához, metszetek készítéséhez, pontos dokumentáláshoz, rekonstrukcióhoz, mérések elvégzéséhez, 3D nyomtatás előkészítéséhez, szabálytalan alakzatok térfogatszámításához.

Leggyakoribb felhasználási területek:

- építészet;
- ipari alkalmazás (jármű-, gép-, eszközgyártás);
- reverse engineering (mérnöki rekonstrukció visszafejtés).

Az általunk beszkenelt testek (biológia szertári modellek) feldolgozása során a „reverse engineering” folyamatát követtük végig.

### 2.3. Reverse engineering (mérnöki rekonstrukció visszafejtés)

A reverse engineering egy olyan eljárás, amellyel egy olyan kész objektumhoz készítünk tervet, ami nem rendelkezik tervdokumentációval, nincs számítógéppel elkészített terve, műhelyrajza, kézzel formázott mesterminta, bonyolult formájú tárgy vagy illeszkedő alkatrész.

A reverse engineering folyamata:

- fizikai modell digitalizálása;
- mérési pontok szerkesztése;
- mérési pontok beolvasása CAD rendszerbe;
- pontokra felületi görbék illesztése;
- görbékre felület vagy felületsík illesztése;
- felesleges részek eltávolítása;
- modell pótlása, szerkesztése;
- modell gyártása;
- mérés.

### 3. Következtetések

Dolgozatunk készítése során feltérképeztük a kiterjesztett valóságot megvalósító fejlesztői könyvtárak és a 3D szkennelés adta technológiai előnyöket és hátrányokat. Kutatásaink és kísérletezéseink során megtapasztaltuk, hogy az általunk használt Sense3D szkennér [14] alacsony részletességi szintje miatt nem használható univerzális célokra. A kiterjesztett valóság szoftver és hardverfüggettsége a jól megválasztott, Vuforia AR-megjelenítő könyvtár esetén is jelentős teljesítménybeli eltéréseket mutat a különböző teljesítményű okostelefonoktól függően.

Az alkalmazás továbbfejlesztésének szempontjából elsősorban a végfelhasználók visszajelzésére lenne szükségünk. E célból szeretnénk olyan workshopokat, találkozókat szervezni, ahol a diákok és

a tanárok is interaktívan kipróbálhatják az alkalmazást és valós visszajelzéseket tudnak adni.

A 3D szkennelés minőségi javítása is fontos cél a megfelelő élmény átadásának szempontjából.

### Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk a kutatás támogatásáért, amely az EFOP-3.6.1-16-2016-00006 „A kutatási potenciál fejlesztése és bővítése a Neumann János Egyetemen” pályázat keretében valósult meg. A projekt a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával, a Széchenyi 2020 program keretében valósul meg.

### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Milgram P., Takemura H., Utsumi A.: *Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum*. Proceedings of Telemanipulator and Telepresence Technologies, 1994
- [2] Colocation America, *The history of augmented reality*. (2018-11-04)  
<https://www.colocationamerica.com/blog/history-of-augmented-reality>
- [3] The Digital Age, Myron Krueger Biography  
<http://thedigitalage.pbworks.com/w/page/22039083/Myron%20Krueger> (2018-11-04)
- [4] AR at Boeing (1990) (2018-11-04)  
<http://www.idemployee.id.tue.nl/g.w.m.rauterberg/presentations/hci-history/tsld096.htm>
- [5] Infographic, *The History of Augmented Reality*  
<http://www.augment.com/blog/infographic-lengthy-history-augmented-reality/> (2018-11-04)
- [6] Sports Illustrated, *Behind the NFL's yellow first down line, and what's next for sports TV*  
<https://www.si.com/edge/2015/01/29/behind-nfl-yellow-first-down-line-sportsvision-technology> (2018-11-04)
- [7] Apple Developer, *ARToolKit* (2018-11-04)  
<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>
- [8] Microsoft, *HoloLens*. (2018-11-04)  
<https://www.microsoft.com/hu-hu/hololens>
- [9] Google, *ARCore*. (2018-11-04)  
<https://developers.google.com/ar/>
- [10] *Android supported devices list*. (2018-11-04)  
[http://storage.googleapis.com/play\\_public/supported\\_devices.csv](http://storage.googleapis.com/play_public/supported_devices.csv)
- [11] Apple Developer, *ARKit*. (2018-11-04)  
<https://developer.apple.com/arkit/>
- [12] *Vuforia AR Engine*. (2018-11-04)  
<https://www.vuforia.com/>
- [13] Freedee, *A non-kontakt 3D szkennerek helye a gyártásban*  
<http://www.freedee.hu/a-non-kontakt-3d-szkennerek-helye-a-gyartasban/> (2018-11-04)
- [14] iDig, *Sense 2 3D scanner*. (2018-11-04)  
<https://www.idig3dprinting.co.uk/shop/brand/sense-3d-scanner>



# A MULTIKULTURALIZMUS HATÁSA AZ ÉPÍTÉSZETRE

## MULTICULTURAL EFFECTS IN THE ARCHITECTURE

Juhász Hajnalka,<sup>1</sup> Kósa Balázs,<sup>2</sup> Molnár Tamás<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Pécsi Tudományegyetem, Műszaki és Informatikai Kar, Breuer Marcell Doktori Iskola, Pécs, Magyarország, [hjuhasz91@gmail.com](mailto:hjuhasz91@gmail.com)

<sup>2</sup> Pécsi Tudományegyetem, Műszaki és Informatikai Kar, Belsőépítészeti Alkalmazott és Kreatív Design Tanszék, Pécs, Magyarország, [kosa.balazs.84@gmail.com](mailto:kosa.balazs.84@gmail.com)

<sup>3</sup> Pécsi Tudományegyetem, Műszaki és Informatikai Kar, Vizuális Ismeretek Tanszék, Pécs, Magyarország, [tmolnar@mik.pte.hu](mailto:tmolnar@mik.pte.hu)

### Abstract

Many scientific field working about the topic of the multiculturalism which slowly became the most common aspect of the 21<sup>st</sup> century. When we examine the culturally mixed societies, the demands of different habits are compared, and it is one of the main points what the architecture continuously trying to react. In our research we examine the city of Pécs and it's university, to create a grounded designing concept for a new multi-belief space.

**Keywords:** *multiculturalism, multi-belief spaces, architecture, Pécs.*

### Összefoglalás

Számos tudományág szakterülete foglalkozik a multikulturalizmus témakörével, ami lassan a XXI. század legtermészetesebb velejárója. A kulturálisan vegyes társadalmak vizsgálatakor összehasonlításra kerülnek az eltérő szokásokból adódó igények, melyekre igyekszik az építészet is folyamatosan reagálni, az új helyzetekből következő elvárásoknak eleget tenni. Tanulmányunkban Pécs városa és egyetemének helyzetét vizsgáljuk, egy új szakrális tér megalkotásának koncepciójához.

**Kulcsszavak:** *multikulturalizmus, több-vallású terek, építészet, Pécs.*

## 1. Bevezető

### 1.1. Állásfoglalás

Napjainkban, számos olyan hatást rögzíthetünk, ami a hagyományos értelemben vett határainkon átível, köszönhetően a sok tekintetben felgyorsult információáramlásnak. Ezáltal helyhez kötöttségünk lazul, szélesebb az egyén elé táruló perspektíva, ami a kezdetben legfőképp vallási, majd nemzeti alapon rendeződő társadalmak vegyülésének enged teret. Az egyre sűrűbben alkalmazott multikulturalizmus fogalma számos tudományterületben megjelenik, így a természetes és mesterséges környezetünk alakítását illetően, az építészetben is.

A megelőző történeti korokban a kultúrák keveredésének két legfőbb esete volt, a megszálló hatalmak elnyomó politikájából következő, és a különféle betelepülések és mesterséges betelepítések eredményeként létrejött vegyes közegek. Az így kialakult helyzetek során a többségi és kisebbségi kultúrák számos esetben, nagyobb összetűzésektől mentesen, alkalmazkodva működtek egymás mellett, esetenként átvéve a műszaki és formai megoldásokat egymástól.

Ezt szem előtt tartva, a továbbiakban tárgyalt multikulturalizmus tehát sem a többségi kultúra teljes dominanciáját, sem pedig a különféle kulturális tradíciók egybeolvasztását nem tartja megoldásnak, hanem abból indul ki, hogy minden csoport őrizz meg és ápolja zavartalanul a maga sa-

ját kultúráját. A tanulmányunkban a kulturálisan vegyes településeket és városokat vizsgáljuk, fókuszba helyezve a kialakult építészeti formanyelvek fejlődésének irányát, a valós funkciókat és igényeket összevetve. Továbbá előtérbe helyezve egy adott épület koncepcionális kidolgozását több kultúra által érintett környezetben.

## 2. Pécs helyzete

### 2.1. Történeti alap

A történelem során egy település felértékelődése a vallási, gazdasági és stratégiai szempontok legalább egyikének teljesülése szerint ment végbe. Az így fontossá vált csoportosulásokra jellemző volt, hogy idővel több kultúra élt egymás mellett, amelyek saját építészeti formanyelvük alkalmazásával terjeszkedtek tovább. Mindezt tisztán mutatja a mai Dél-dunántúli régió központjává vált Pécs és vonzáskörzete is, a kulturális sajátosságokat hordozó építészeti alkotásokkal vagy rosszabb esetben azok maradványaival. Az örökségvédelem tekintetében ilyen építmények voltak például az ókeresztény temetkezési szokásokat megőrkítő sírkamrák, ugyanúgy, mint a török emlékek (dzsámik, fürdő romok, a türbe, stb.), melyek annak ellenére, hogy egy hódító hatalom építészetét tükrözik, mára mégis a város jelképévé váltak és gazdagítják annak épített környezetét. Az említett műemlékek nemzetközi szinten is bejegyzett, a világörökség részévé nyilvánított értékek. Számos régészeti, történeti kutatás mellett, feltárásuk és helyzetbe hozásuk, kortárs építészeti és műszaki megoldásokkal támogatott program volt.

év	PTE MIK össz.	magyar	külföldi	külföldi %
2013	2851	2799	52	1,82
2014	2466	2374	92	3,73
2015	2356	2179	174	7,39
2016	2302	2047	266	11,08
2017	2383	2018	365	15,32

**2. ábra.** Az elmúlt öt év hallgatói eloszlása a Pécsi Tudományegyetem Műszaki és Informatikai Karán (a táblázat készültkor a 2018. évi adatok még nem álltak rendelkezésünkre).

### 2.2. Jelenkori adottság

Pécsen a kultúrák találkozásának másik pontja többek között a felsőoktatásban mutatkozik meg. A város egyeteme, a Pécsi Tudományegyetem, számos kapcsolattal rendelkezik, a Műszaki és Informatikai Kar esetében ez 24 ország, összesen 56 társintézményt jelenti.

Tehát, a történeti múlton túl, az elmúlt évtizedekben az építészeti tervezés kérdései közt hangsúlyt kaptak a különböző kultúrák találkozásának helyet adó épületek is. Pécsi vonatkozásban ilyenek, a teljesség igénye nélkül, az egyetemi karok épületei és a hozzájuk kapcsolódó kutatóintézetek.

Az utóbbi tíz évben folyamatosan növekvő külföldi hallgatói létszám tükrében jogosan merül fel a gondolat, miszerint az eltérő területekről érkező egyetemisták saját kulturális szokásai miként érvényesülhetnek az idegen környezetben. A legkézenfekvőbb ilyen tekintetben a vallásgyakorlás kérdése.



**1. ábra.** Pécsi Tudományegyetem Műszaki és Informatikai Kar társintézményeinek eloszlása világviszonylatban 24 országot érint

Pécsi Tudományegyetem	
Ország	Külföldi hallgatók
Németország	691
Norvégia	267
Irán	200
Kína	125
Spanyolország	105
Jordánia	90
Koreai Köztársaság	87
Brazília	60
Törökország	51
Svédország	49

**3. ábra.** A külföldi hallgatókat küldő tíz legjelentősebb ország, a szomszédos országok kivételével (2014. ősz)

Napjainkban a globalizáció hatására egyre kevésbé szokatlan az úgynevezett több-vallású terek fogalma, melyek kialakítása növekvő léptékekkel bír. Ezesetben a funkció nem a vallásgyakorlás speciális körülményeire épül, hanem maga az elmélyülés folyamata kerül előtérbe vallástól függetlenül, és az adott szertartások egyedi jellemzői a tervezési folyamat következő rétegében kapnak helyet. Egy korábbi tanulmány részletes elemzésére támaszkodva elfogadható az a megállapítás, ami szerint a több-vallású terekben az egyes vallások közti tökéletes semlegesség szinte kivitelezhetetlen. Azonban különféle feltételeket szem előtt tartva, (mint például a nemek elkülönítése vagy az imádat során felvett fizikális testhelyzetek), nagy eséllyel kialakítható a használók számára ideális környezet, az elmélyülésre alkalmas több-vallású tér, a kultúrák közti konfliktusok elkerülésével.

Visszatérve a Pécsen több évig tanuló külföldi hallgatók helyzetére, egyre növekvő létszámukra alapozva valós igénynek tekinthető egy úgynevezett „semleges kápolna” kialakítása, ami teret biztosít a csendes elmélyülésnek, és az egyéni vallásgyakorlásnak, imádatoknak is.

Tanulmányunk során, azonban nem az eltérő vallási irányzatok jellemzőinek kombinálása adta a megoldást, hanem a térfelhasználás komplex szemlélete. Ahol a változó igények, felosztott terek, tájolás és időbeli elkülöníthetőség, továbbá a kialakult tér belső formálása és a formanyelvek helyes értelmezése adta a tervezési program alapját.

### 3. Következtetések, összegzés

Kutatásunk eredményeként megállapítható, hogy egy város kulturális meghatározása nem egyszerűsíthető le egyetlen csoportra a többség (adott esetben az ország) által képviselt eszmék szerint. Mindazonáltal az emberek hozzáállása egy idegen kultúrához, eltérő mintát mutat egy olyan társulásban, ahol a vegyes kulturális közeg akár már a történeti időkre is visszavezetve jelen volt, mint Pécs esetében.

Jelenkori helyzetünk, a globalizációval kapcsolatba hozhatóan, egyre több olyan helyzetet teremt, ahol a multikulturális hatások általánossá válnak és eredményeik leképzése tárgyiasul az egyes tudományterületeken, ahogyan az építészetben is.

A dolgozat a Pécsi Tudományegyetem kulturálisan vegyes hallgatói összetételét alapul véve fogalmazza meg az igényt egy olyan több vallás szükségleteinek megfelelő „kápolnára” mely teret biztosíthat az egyéni vallásgyakorlásra illetve a magukat külön valláshoz nem soroló emberek számára a csendes elmélyülésre, gondolkodásra. Tanulmányunk tehát a koncepcióban megvalósított tervezési folyamat első lépéseként készült, egy jövőben remélhetően megvalósításra kerülő, vallás tekintetében semleges, kisléptékű szakrális tér kialakításához.

### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Majtényi Balázs: A nemzetállam új ruhája. Multikulturalizmus Magyarországon. Gondolat Kiadó, Budapest, 2007. 23–39.
- [2] Francisco Díez de Velasco: Multi-belief/Multi-faith Spaces: Theoretical Proposals for a Neutral and Operational Design. RECODE – Responding to Complex Diversity in Europe and Canada. 2014. Online Working Paper 26. (letöltve: 2019.02.15.). [http://www.recode.info/wp-content/uploads/2014/01/FINAL-26-D%3Ade-z-Velasco\\_fin.pdf](http://www.recode.info/wp-content/uploads/2014/01/FINAL-26-D%3Ade-z-Velasco_fin.pdf)
- [3] Francisco Colom Gonzalez & Gianni D'Amato (Eds.): Multi-belief/Multi-faith Spaces: Theoretical Proposals for a Neutral and Operational Design. In: Multireligious Society: Dealing with Religious Diversity in Theory and Practice. Ashgate/Routledge, 2017. 236-250. (letöltve: 2019. jan. 18.) [https://www.researchgate.net/publication/313930537\\_Multi-beliefMulti-faith\\_Spaces\\_Theoretical\\_Proposals\\_for\\_a\\_Neutral\\_and\\_Operational\\_Design\\_en\\_Francisco\\_Colom\\_Gonzalez\\_Gianni\\_DAmato\\_Eds\\_Multireligious\\_Society\\_Dealing\\_with\\_Religious\\_Diversity\\_in\\_Theo](https://www.researchgate.net/publication/313930537_Multi-beliefMulti-faith_Spaces_Theoretical_Proposals_for_a_Neutral_and_Operational_Design_en_Francisco_Colom_Gonzalez_Gianni_DAmato_Eds_Multireligious_Society_Dealing_with_Religious_Diversity_in_Theo)
- [4] Pécsi Tudományegyetem: Tények/ adatok/ statisztikák. letöltve: 2019. január 18.) [https://pte.hu/tenyek\\_adatok/statisztikak](https://pte.hu/tenyek_adatok/statisztikak)

- [5] Wusching Á. T.: *A nemzetközi hallgatók tanulmányi célú mobilitásának jellegzetességei Pécs és Debrecen példáján.* Tér és Társadalom, 31/2. (2017). 69-72.  
<https://doi.org/10.17649/TET.31.2.2828>
- [6] Egedy G.: *A multikulturalizmus dilemmái: Nagy-Britannia példája.* 2006. (letöltve: 2019. feb. 09.)  
<https://polgariszemle.hu/archivum/23-2006-junius-2-evfolyam-6-szam/106-a-multikulturalizmus-dilemmai-nagy-britannia-peldaja#note2>

# HVAC RENDSZER MODELL ALAPÚ PREDIKTÍV SZABÁLYOZÁSA

## MODEL-BASED PREDICTIVE CONTROL OF AN HVAC SYSTEM

Kardos Tamás<sup>1</sup>, Kutasi Dénes Nimród<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kolozsvári Műszaki Egyetem, Automatika és Számítástechnika Kar, Automatizálás Tanszék. Kolozsvár, Románia, [kardos\\_tamas2007@yahoo.com](mailto:kardos_tamas2007@yahoo.com).

<sup>2</sup>Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Marosvásárhelyi Kar, Villamosmérnöki Tanszék. Marosvásárhely, Románia, [kutasi@ms.sapientia.ro](mailto:kutasi@ms.sapientia.ro)

### Abstract

This paper presents the application of two, model-based predictive control (MPC) algorithms on the cooling system of an office building. The two strategies discussed are a simple MPC, and an adaptive MPC algorithm connected to a model predictor. The cooling method used represents the air-conditioning unit of an HVAC system. The temperature of the building's three rooms is controlled with fan coil units, based on the reference temperature and with different constraints applied. Furthermore, the building model is affected by dynamically changing interior and exterior heat sources, which we introduced into the controller as disturbances.

**Keywords:** *control, cooling, MPC, prediction, constraint.*

### Összefoglalás

A cikkben bemutatásra kerül két, modell alapú prediktív szabályozó (MPC) algoritmus, melyek egy irodaépület hőmérsékletét szabályozzák. Előbb ismertetve van a klasszikus MPC, majd egy modell becselővel összekötött, adaptív MPC, külön kiemelve a fejlesztési folyamatot. Az alkalmazott hűtés-technika egy HVAC rendszer légkondicionáló részét képezi. Az épület három szobájának hőmérsékletét hűtőkonvektorok vezérlésével állítjuk a megadott referencia hőmérséklet szerint, különböző megszorításokat figyelembe véve. Az épületmodellre hatással vannak dinamikusan változó külső és belső hőforrások is, amelyeket a szabályozóban zajként kezeltünk.

**Kulcsszavak:** *szabályozás, hűtés, MPC, predikció, megszorítás.*

### 1. Bevezetés

A HVAC rendszerek magukba foglalják a fűtést, szellőztetést és légkondicionálást felelős épületgépészeti berendezéseket. Ilyen rendszereket elsősorban irodaépületekben, áruházakban használnak, de esetenként lakásokban is előfordulhatnak. Mivel az említett épületek energiafelhasználásának nagy részét fűtő- és hűtőberendezések működtetése képezi, különös fontossággal bír egy optimális és hatékony szabályozó algoritmus kidolgozása, alkalmazása.

A szakirodalomban számos cikk foglalkozik hasonló rendszerek szabályozásával:

- hibrid modell alapú prediktív szabályozó lakó-épületre történő alkalmazását írják le az [1]-ben;
  - Fuzzy neurális hálózatokat és genetikus algoritmust alkalmazó MPC szabályozót hasonlítanak össze a [2]-ben;
  - PID, illetve robusztus PID kerül bemutatásra a [3] és [4]-ben;
  - az [5] Fuzzy szabályozót ötvöz PID tulajdonságokkal.
- A tanulmányban szereplő rendszer egy HVAC berendezés légkondicionáló részével foglalkozik. A szabályozott bemenetek a hűtőközeg hőmérséklete ( $T_s$ ) és a ventilátoros konvektorok vezér-

lőjelei ( $FS_1$ ,  $FS_2$  és  $FS_3$ ). A szobák hőmérsékletére hatással van a konvektorok által generált hűtött levegőn kívül a külső levegő hőmérséklete, a napsugárzás, illetve egyéb hőforrások, mint például emberek jelenléte vagy gépek működtetése. Ezen tényezők bizonytalan predikciók formájában szerepelnek a rendszerben. A kapott modell elvi rajza az **1. ábrán** látható.

A dolgozat célja különböző – az említett hűtőrendszer szabályozására szolgáló – modell alapú prediktív szabályozók tanulmányozása.

Szerkezetileg a dolgozat a következő módon van felépítve. A 2. fejezetben a szabályozott rendszer modellje van bemutatva állapotterez formában, részletezve a rendszer különböző bemeneteit és kimeneteit, továbbá szemléltetve van a rendszer válasza nyílt hurkú szimuláció esetén. A 3. fejezet első alfejezete a modell alapú prediktív szabályozás elméleti hátterét írja le, a második alfejezet ennek a rendszerrel való összekötését, alkalmazását ismerteti, míg a harmadik alfejezet egy adaptív modell alapú prediktív szabályozó tervezését részletezi. Mindezek után a 4. fejezet a következtetéseket taglalja.

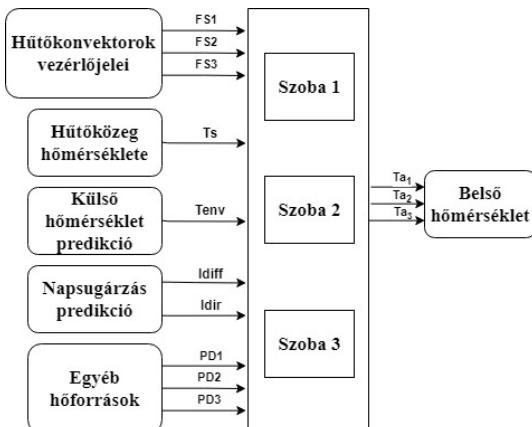
## 2. Szabályozott rendszer

A modellezett irodaépület három déli fekvésű szobából áll, amelyek egy-egy hűtőkonvektorral vannak felszerelve. Az épület dinamikája állapotterez modellel írható le az (1)-es képlet alapján

$$\begin{aligned}\dot{x} &= Ax + Bu \\ y &= Cx + Du\end{aligned}\quad (1)$$

ahol az  $x$  állapotvektor a három szoba  $T_a$  levegő- és  $T_{fal}$  falhőmérsékletéből tevődik össze.

$$x = [T_{a1} \quad T_{a2} \quad T_{a3} \quad T_{fal1} \quad T_{fal2} \quad T_{fal3}]^T \quad (2)$$



1. ábra. Rendszer elvi rajza

A bemeneti  $u$  vektort a  $T_{env}$  külső levegőhőmérséklet,  $I_{dir}$  közvetlen napsugárzás,  $I_{diff}$  közvetett napsugárzás, a ventilátorok által leadott  $P_{FCU}$  hő, illetve  $P_D$  egyéb hőforrások alkotják.

$$u = [T_{env} \quad I_{dir} \quad I_{diff} \quad P_{FCU,1} \quad P_{FCU,2} \quad P_{FCU,3} \quad P_{D,1} \quad P_{D,2} \quad P_{D,3}]^T \quad (3)$$

A  $T_{env}$ ,  $I_{dir}$  és  $I_{diff}$  bemeneti tényezők a predikciós értékek és a normális eloszlással modellezett predikciós hibák összegével egyenlőek. A  $P_D$ -vel jelölt egyéb hőforrások ugyancsak normális eloszlással írhatók le az alábbi képlet alapján:

$$P_{D,i} = \begin{cases} k_i + w_{D,i} & \text{ha } 8:00 \leq h \leq 18:00 \\ w_{D,i} & \text{másként} \end{cases} \quad (4)$$

Ezen hőforrások esetén figyelembe van véve a munkaidőben jelentkező nagyobb intenzitású hő, amely  $k_i$ -vel van jelölve és szobánként az (5) szerint változik.

$$k_i = \begin{cases} 100 & \text{ha } i = 1 \\ 120 & \text{ha } i = 2 \\ 150 & \text{ha } i = 3 \end{cases} \quad (5)$$

Az  $y$  kimeneti vektor a szobahőmérsékletekből áll:

$$y = [T_{a,1} \quad T_{a,2} \quad T_{a,3}]^T \quad (6)$$

A hűtőkonvektorokon átvezetett hűtőközeg hőmérséklete ugyancsak szabályozható változó, mely  $T_s \in [7,11]$  közötti értékeket vehet fel.

A szabályozó algoritmus fejlesztésére különböző predikciós vektorok álltak rendelkezésre. A külső levegőhőmérsékletről, illetve a közvetlen és közvetett napsugárzásról óránként változó értékek voltak meghatározva 24 órás periódusra. Az elektromos energia áráról azonos periódusra 15 percenként változó értékek voltak szolgáltatva.

A rendszer teljesítménye leírható egy euróban számolt működési költséggel, amely az elhasznált elektromos energia ára, az előírt hőmérséklettől való eltérés és a hűtéssel keletkezett zaj összegével egyenlő.

A szabályozott rendszerről további információk a [6]-ban és [7]-ben találhatóak.

A rendszer dinamikájának tanulmányozása érdekében nyílt hurkú szimulációt futtattunk. A szimuláció időtartama 2 nap volt, ami alatt a hűtőközeg hőmérsékletét 9°C fokra állítottuk. A konvektorokat mindkét nap esetén reggel 8 és este 8 óra között bekapcsoltuk, ezen kívül kikapcsolt állapotban tartottuk őket.

A **3. ábrán** látható a 3 szoba levegőhőmérsékleteinek változása eltérő színekkel, amelyek megfelelő szabályozás nélkül 14 és 27 Celsius fok kö-



zött mozognak. A 2. ábrát figyelve észrevehető a hűtőkonvektorok állapotának hatása: bekapcsolt állapotban nagymértékben csökken, kikapcsolva pedig a külső tényezők alapján változik a belső hőmérséklet. Ezt szemlélteti a 4. ábra, amely a napsugárzás hatását mutatja. Megfigyelhető, hogy a magas értékekkel egyidejűleg a szobahőmérséklet ugrásszerűen megnő. Ezzel ellentétben a külső hőmérséklet változása alig befolyásolja a szobák hőmérsékletét.

## 3. Tervezett szabályozó

### 3.1. Elméleti háttér

A modell alapú prediktív szabályozás (MPC) egy elterjedt irányítási módszer olyan szabályozási feladatok esetén, ahol a szabályozott rendszer matematikai modellje ismert, illetve a cél egy horizonttól függő, korlátos optimum-keresés megoldása. Véges, csúszó horizontú irányítás esetén egy négyzetes célfüggvény minimumát teljesítő optimális szabályozó jelet keresünk:

$$J(\underline{x}_k, \underline{u}) = \underline{e}_{k+N}^T \cdot \underline{F} \cdot \underline{e}_{k+N} + \dots \quad (7)$$

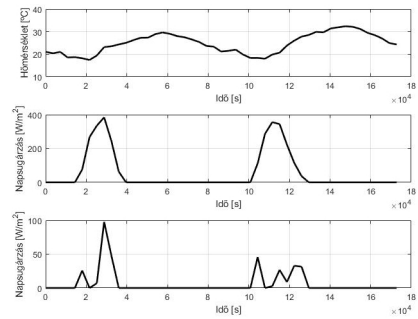
$$+ \sum_{i=0}^{N-1} \underline{e}_{k+i}^T \cdot \underline{Q}_{k+i} \cdot \underline{e}_{k+i} + \sum_{i=0}^{N_c-1} \Delta \underline{u}_{k+i}^T \cdot \underline{R}_{k+i} \cdot \Delta \underline{u}_{k+i}$$

ahol  $\underline{e}_{k+i}$  a követési hibát,  $\Delta \underline{u}_{k+i} = \underline{u}_{k+i} - \underline{u}_{k+i-1}$  a vezérlőjel változását,  $N$  a predikciós horizontot,  $N_c$  pedig a szabályozási horizontot jelöli.  $\underline{Q}$  és  $\underline{F}$  a pozitív szemidefinit súlyzómatrixok, illetve  $\underline{R}$  a pozitív súlyzómatrix. Csúszó horizont során a kiszámított optimális szabályozási jelszekvencia első elemét használjuk fel. A szekvencia többi részét elvetjük, mivel a következő mintavételben újra lesznek számolva [8].

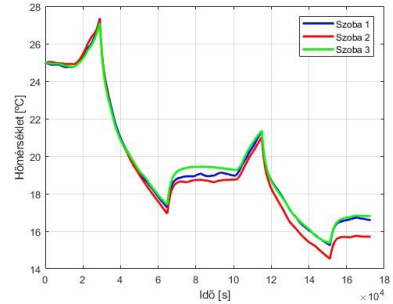
### 3.2. Klasszikus MPC alkalmazása

Első lépésként egy állapotteres, modell alapú, véges, mozgó horizontú, optimális szabályozó (MPC) algoritmussal próbáltuk a rendszert szabályozni, ennek érdekében a Simulinkben adott MPC Controller blokkot illesztettem a modellbe. Az algoritmus működéséhez elsősorban szükség van egy mpc objektumra, amely tartalmazza a szabályozó tulajdonságait és meghatározza a működését. Ezen objektum létrehozására használhatjuk az MPC Designer eszközt, megszabva a blokk bemeneteit, illetve kimeneteit:

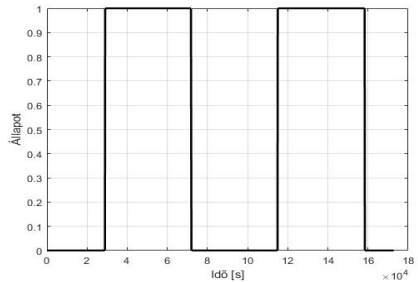
- vezérelt változók: hűtőkonvektorok vezérlőjelei;
- mérhető zajok: aktuális külső hőmérséklet, közvetlen és közvetett napsugárzás, egyéb hőforrások és a hűtőközeg hőmérséklete;
- nem mérhető zajok: 0;



2. ábra. Hűtőkonvektorok vezérlőjelei



3. ábra. Szobák hőmérséklete



4. ábra. Külső hőmérséklet, közvetlen napsugárzás, közvetett napsugárzás

- mérhető kimenetek: szobák aktuális hőmérséklete;
- nem mérhető kimenetek: 0.

Ezt követően beállítjuk a szabályozó minta-vételezési idejét 1 mp-re, majd a könnyebb szabályozás céljából a hűtőközeg hőmérsékletét konstans módon 8 fokra tekintjük. Mivel a szabályozó működéséhez lineáris rendszerre van szükség, de a tanulmányozott rendszer nem teljesíti ezt a kritériumot, linearizálni kellett a modellt. Erre egy lehetséges módszer egy stabil munkapont keresése, amely körül elvégezhető a linearizálás. A munkapont megkeresésére az *operpoint* függvényt használtam.

A szabályozott rendszer úgy van felépítve, hogy a hűtőkonvektorokra kiadott vezérlőjel értéke 0 vagy 1 között váltakozik, tehát boolean típusú. Továbbá, az említett vezérlőjel felhasználásával lesz

kiszámítva a levegőáramlat erőssége és a pumpák teljesítménye. Linearizálás során az első három mintavételt követően a hűtőkonvektorra a megengedettnél nagyobb értékű vezérlőjel került. Ez hibát vezetett be a rendszerbe, aminek kiküszöbölésére linearizálás alatt az említett számításokat konstans értékekkel helyettesítettük. A rendszer helyes működéséhez ezután visszaállítottuk az eredeti számítási függvényeket.

A meglévő lineáris rendszerrel a következő lépés a szabályozó teljesítményének, erősségének hangolása lett volna, azonban ez nem volt lehetséges, mivel a szabályozó nem működött helyesen: végig null-mátrixokat kaptunk vezérlőjelként. Az okok tanulmányozása során arra a következtetésre jutottunk, hogy a szabályozott rendszerünk túl komplex ahhoz, hogy klasszikus MPC-vel szabályozható legyen.

### 3.3. Adaptív MPC modell becslővel

Következő lépésként egy adaptív MPC szabályozót alkalmazását tanulmányoztuk, online lineáris modell becslővel összekötve. A rendszer kimenetei és bemenetei alapján Kálmán szűrőt használtunk egy ARX regressziós modell becslésére (8), mely egy lineáris modellt eredményezett.

$$y(t) + A_1 \cdot y(t-1) + A_2 \cdot y(t-2) + \dots + A_{na} \cdot y(t-na) = B_0 \cdot u(t) + B_1 \cdot u(t-1) + \dots + B_{nb} \cdot u(t-nb) + e(t) \quad (8)$$

ahol  $A(t)$  rendszer mátrix,  $B(t)$  bemeneti mátrix,  $y(t)$  a kimenet,  $u(t)$  a bemenet és  $e(t)$  fehér zaj.

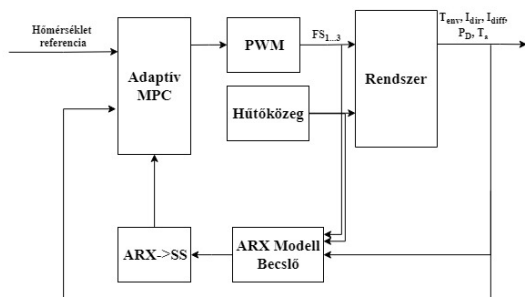
Ezután ARX-SS transzformációval a becsült modellt állapotteretes formába hoztuk. Az adaptív MPC ezt a becsült modellt, a referenciát és a rendszer modell kimeneteit felhasználva becsülte meg az új állapotokat, illetve határozta meg a vezérlőjeleket. A szabályozó hurok elvi rajza az 5. ábrán látható.

## 4. Következtetések

A dolgozatban egy irodaépület hőmérsékletének szabályozására alkalmas prediktív módszereket ismertettünk. Tanulmányoztuk a klasszikus MPC alkalmazását, amely a modell hibrid jellege, tehát a kapcsoló típusú kimenet miatt sikertelen volt. Ezt követően felvázoltuk egy adaptív MPC kidolgozását és az ehhez szükséges lineáris modell becslését. A további tervek között szerepel az említett módszer alkalmazása a tanulmányozott rendszerre.

## Köszönetnyilvánítás

A kutatást Magyarország Collegium Talentum 2018 programja támogatta.



5. ábra. A szabályozott rendszer elvi rajza

## Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Massimo F., Josh W., Zhenjun M., Julio H. B., Paul C.: Hybrid model predictive control of a residential HVAC system with on-site thermal energy generation and storage. *Applied Energy*, 187. (2017) 465–479. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.11.041>
- [2] Zhang F.: Building Temperature Control with Intelligent Methods. *Electronic Theses and Dissertations*, 733 (2014). <https://digitalcommons.du.edu/etd/733>
- [3] Tashtoush B., Molhim M., Al-Rousan M.: Dynamic model of an HVAC system for control analysis. *Energy*, 30/10. (2005) 1729–1745. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2004.10.004>
- [4] Kasahara M., Matsuba T., Kuzuu Y., Yamazaki T., Hashimoto Y., Kamimura K., Kurosu S.: Design and Tuning of Robust PID Controller for HVAC Systems. *ASHRAE Transactions*, 105/2. (1999) 154–166. [https://www.researchgate.net/publication/236447627\\_Design\\_and\\_tuning\\_of\\_robust\\_PID\\_controller\\_for\\_HVAC\\_systems](https://www.researchgate.net/publication/236447627_Design_and_tuning_of_robust_PID_controller_for_HVAC_systems)
- [5] Huan S., Nelson R.M.: A PID-Law-Combining Fuzzy Controller for HVAC Applications. *ASHRAE Transactions*, 97/2. (1991) 768–774.
- [6] Kardos T., Kutasi D. N.: HVAC rendszer modellezése és modell alapú irányítása. In: A XIX. Műszaki Tudományos Ülésszak, Kolozsvár, Románia, Műszaki Tudományos Közlemények 10. (2019). <https://eda.eme.ro/handle/10598/31161>
- [7] The 26th Mediterranean Conference on Control and Automation, MED 2018 Process automation challenge. 2018. [http://www.med-control.org/med2018/wp-content/uploads/2018/02/MED2018\\_Process\\_automation\\_challenge\\_task\\_details.pdf](http://www.med-control.org/med2018/wp-content/uploads/2018/02/MED2018_Process_automation_challenge_task_details.pdf) (letöltve: 2018. február 27.).
- [8] László D., Katalin Gy., András K.: Modell alapú prediktív irányítási algoritmus, állapotfüggő Riccati-egyenlet, illetve véges horizontú DLQR algoritmusok összehasonlítása. In: A XV. Műszaki Tudományos Ülésszak előadásai. Kolozsvár, Románia, Műszaki Tudományos Közlemények 2. (2015) 61–74. <http://hdl.handle.net/10598/28549>

# LABORATÓRIUMI MŰANYAGGRANULÁTUM KÉSZÍTŐ GÉP TERVEZÉSE

## THE DESIGN OF A SMALL-SCALE GRANULATE PRODUCING MACHINE

Kedves Botond,<sup>1</sup> Gergely Attila<sup>2</sup>

*Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Marosvásárhelyi Kar, Marosvásárhely, Románia*

<sup>1</sup> Gépészmérnöki Szak, IV év, [kedvesbotond10@gmail.com](mailto:kedvesbotond10@gmail.com)

<sup>2</sup> Gépészmérnöki Tanszék, [agergely@ms.sapientia.ro](mailto:agergely@ms.sapientia.ro)

### Abstract

The aim of this paper is to present a granulate manufacturing machine that will be used for recycling plastics in a laboratory at the Sapientia University. In order to produce granulates of recycled plastics the plastic part has to be grinded and then extruded. The extruded polymer filament then can be converted to granulates. We present the working principle, design steps, structure and 3D model of a small scale granulate producing machine with a cost-effective approach.

**Keywords:** *thermoplastics, polymer, granulate, design, 3d modeling.*

### Összefoglalás

A dolgozat célja egy granulátumkészítő gép ismertetése, melyet egy műanyag-újrahasznosító gyártósoron alkalmazunk. Miután a ledarált műanyag az extruderen keresztül egy műanyagszállá alakul át, azt granulátum formába kell alakítani. Ezt a feladatot hivatott elvégezni a granulátumkészítő gép. Az dolgozatban ismertetjük a granulátumkészítő gép tervezési lépéseit, melyhez társul a 3D modellezés. A végeredmény egy olyan gép, mely kivitelezhető úgy laboratóriumi berendezésként, mint ipari felhasználásban.

**Kulcsszavak:** *műanyag, polimer, granulátum, tervezés, 3D modellezés.*

### 1. Bevezetés

A műanyagok olyan mesterségesen előállított anyagok, amelyek napjainkban szinte mindenhol jelen vannak. A teljes műanyag felhasználás megoszlása a következő: háztartásokban 22%-ban, nagyiparban 5%-ban, elektronikában 7%-ban, építőiparban 18%-ban, csomagoló anyagként 38%-ban, mezőgazdaságban 3%-ban és a maradék 7% a járműiparban fordul elő. Azt is mondhatjuk, hogy napjainkban nélkülözhetetlen anyag. [1]

A polimereket előállítás szempontjából két nagy csoportra oszthatjuk: új nyersanyag létrehozása és már meglévő polimer termékek újrahasznosítása.

Új nyersanyag létrehozásán azt értjük, hogy kémiai folyamatok során nagyrészt kőolajszármazékokból, kaucsukból állítunk elő új műanyagokat. Ennek legnagyobb hátránya, hogy olyan alapanyagokat használunk az előállításához, amelyek ahhoz, hogy a rendelkezésünkre álljanak, további energia befektetést igényelnek. A kőolajat ki kell termelnünk az altalajból. Másik nagy hátránya, hogy mire megfelelő állapotba kerül a műanyag, számos szennyező gáz kerül a légkörbe. [2]

Az újrahasznosítás jelenlegi helyzetben nem garantált, hogy költséghatékonyabb. A műanyagok újrafeldolgozásának alapja a szelektív gyűjtés. Ezen fogalom alatt azt értjük, hogy a háztartási hulladékokat típusuk szerint elkülönítjük egymástól. Ez leginkább két dologtól függ, elsősorban

az emberek mentalitásától, másodsorban a rendelkezésünkre álló tároló helyektől, hiszen nem mindenhol van kihelyezve háromféle szeméttároló ahol szelektíven tudják az emberek tárolni a hulladékot.

Ahhoz, hogy a műanyagokat újra fel lehessen használni, granulátum formába kell hozni, amelyhez egy berendezés, gépsor szükséges. Az automatizált gépsor, mely a műanyag hulladékból, műanyag granulátumot hoz létre több berendezést tartalmaz. A gépsor egyik legfontosabb eleme az extruder, mely össze van kapcsolva egy vezérlőegységgel. Feladata, hogy az összedarabolt műanyag hulladékból, műanyag szálakat, rudakat gyártson. A második szakaszban a műanyag szálakat, le kell hűteni. A hűtés többféle módon kivitelezhető, pl. nagy teljesítményű ventilátorok segítségével, viszont a legkedvezőbb, leggazdaságosabb megoldás, ha egy folyadékkal töltött közegbe vezetjük a szálakat.

Miután a műanyag kijön az extruder szerszámból és hosszan halad a vízzel töltött hűtőtartályon, a műanyag megkeményedik, ami elengedhetetlen a következő szakaszban lejátszódó daraboláshoz. A harmadik szakasz a műanyag szálak darabolása, aprítása, melyet egy motorral hajtott késes daraboló végez, tulajdonképpen ez a granulátum-előállító berendezés. [3]

A folyamatos üzemű ömledékkeverő extruderből kijövő polimer szemcsézésére (granulálására) többféle technológia használatos. A daraboló, aprító gép szerepe, hogy a granulátumot megfelelő nagyságúra darabolja. A berendezés követelményei, hogy lehessen állítani a keletkezett granulátum méretét, gazdaságos legyen, megfelelően legyen méretezve és ami a legfontosabb, hogy biztonságos legyen. Két fő típusát különböztethetjük meg: az egyik a forgókéses, excentrikus daraboló, a második a száldaraboló berendezés, ezen belül is van 2 késes, illetve az állókéses verzió.

A forgókéses, excentrikus daraboló berendezés működése közben az extruder rostán folyamatosan áthaladó műanyagot egy tengely körül forgó kések aprítják, így létrehozva a granulátum nyersanyagot. A berendezés előnyeire tartozik, hogy termelékeny, könnyen karbantartható. Viszont hátrányként említhető, hogy a műanyag hűtését már a rostán keresztül kell megoldani ill. jelentős anyagi befektetést igényel. [4]

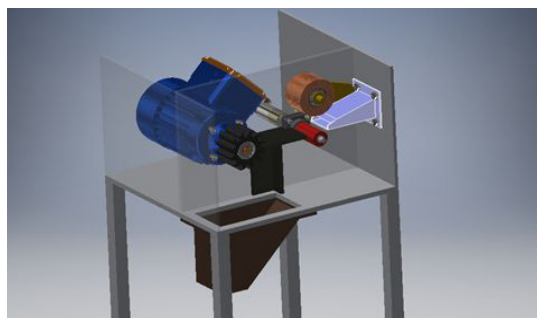
Az egykéses száldaraboló berendezésnek tulajdonképpen 2 darab kése van, melyek közül az egyik forog, a másik áll. Két darab görgő, melyek ellentétes irányba forognak, megvezeti a műanyag szálát ezáltal biztosítva a műanyag szá-

lak folyamatos előtolását. A szál, miután eléri a forgó körkést, alá van támasztva az álló kés által és elnyíródik. Leghasználatosabb daraboló, mivel szerkezetileg egyszerű, gazdaságos és relatív kis befektetéssel előállítható.

## 2. A granulátumkészítő berendezés bemutatása

### 2.1. Működés és 3D-s modell

A tervezett gép működési elve a következő: miután az extruderből a folyékony halmazállapotú szál kijön, lehűtve megszilárdul majd belevezetődik a gépbe a garat segítségével. Ez a garat úgy van elhelyezve a gép jobb oldalán, hogy a polimer szálát, (filamentet) az előtoló berendezés fele irányítja. Az előtoló berendezés 2 darab görgőből áll, melyek közre veszik a szálát és ellentétes irányba forognak. A felső görgő csapágyazva van, szabadon forog és egy karra van szerelve, amely lehetővé teszi, hogy vastagabb szálakat is képes legyen közre venni. Ezt a kart egy rugó szorítja le miután a szál bevezetődik a két henger közé ezáltal nyomást gyakorolva a polimer szálra. Az alsó görgő – amely szintén csapágyazva van és amelyet egy egyenáramú motor hajt meg – szerepe az előtoló mozgás biztosítása. A motor fordulatszámának változtatásával a granulátum méretét tudjuk befolyásolni. A polimer szál ezután egy közvetítő alkatrészen halad át, ami egyben az állókés szerepét is betölti. Ez az alkatrész csavarkötéssel van a gép vázához rögzítve. Az állókés maximum 2 mm-es távolságra lehet a forgókéstől, így biztosítva a polimerszál nyírási igénybevételét a megmunkálás alatt. A forgókést egy váltóáramú motor hajtja meg állandó fordulatszámon. Miután a kés feldarabolja a polimerszálát, a granulátum darabok az elvezető garaton keresztül távoznak egy tárolóba. Ezután kezdődhet a műanyaggranulátum újrahaznosítása különböző polimermegmunkálási technológiákkal.

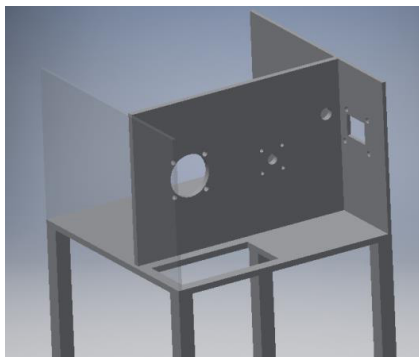


1. ábra. A tervezett száldaraboló 3D modellje

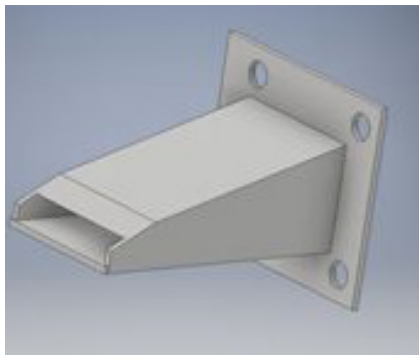
## 2.2. A berendezés felépítése

### 2.2.1. Váz

A berendezés egyik legfontosabb eleme, mely egyben formát is ad a gépnek és a legtöbb elemből áll. A vázat (2. ábra) nagyrészt lemezek és négyzet profilú zártszelvények alkotják. A váz tartalmazza az alaplapot, amely 8 mm vastagságú lemezből készű, OL50l. Az alaplap mérete 300x300 mm<sup>2</sup>-es és tartalmazza a kiömlő garatnak a nyílását. A földallap szintén 8 mm vastag anyagból készül, mivel arra helyezzük el a motorokat és az állókést. Ennek mérete 300x2002 mm. Az alaplap és a földallap hegesztéssel kötjük egymáshoz T alakban. A borítólemezek 2 mm vastagságúak, melyek a berendezés biztonságos működtetését segítik elő. A vázhoz tartozik négy darab láb, melyek 30x30x3 mm zártszelvényből készülnek és az alaplap négy sarkára vannak elhelyezve. Egy másik fontos eleme a váznak a kontrakés mely a földallapra helyeződik el a forgókés tengelyének magasságába.



2. ábra. A berendezés szerkezeti váza



3. ábra. Beömlő garat geometriája

### 2.2.2. Garatok

A garatok geometriailag egy csonkagúlára hasonlítanak. A beömlőgarat (3. ábra) szerepe, hogy megvezesse a rajta bemenő műanyagszálat. 2 mm vastag lemezből készül, a végén levő nyílás magassága határozza meg, hogy maximálisan mekkora átmérőjű szál mehet keresztül rajta, ez jelen esetben 8 mm. A kiömlő garat csak méreteiben, nagyobb, változik a beömlőtől, mindkettő 4-4 csavarkötéssel rögzítjük az alaplapra, illetve oldallapra.

### 2.2.3. Körkés

A körkés (4. ábra) tulajdonképpen egy 8 fogú palástmaró. A palástmaró külső névleges átmérője 65 mm, szélessége 40 mm, belső furatátmérője 28 mm. Fogmagassága 7 mm, dőlésszöge 25°. Mivel a motor tengelye és a palástmaró belső furatának átmérője nem egyforma méretű, szükség van egy csatlakozó alkatrésze (5. ábra), mely reteszkötésekkel van ellátva úgy a palást felületén, a furatban. A reteszkötések a motor nominális teljesítményére vannak méretezve.



4. ábra. Körkés: palástmaró



5. ábra. A villamosmotor tengelyét a körkéshez csatlakoztató alkatész





6. ábra. Előtolást biztosító görgő

### 2.2.4. Görgők, előtolás

A görgők (6. ábra) szerepe az előtolást biztosítani, ezért célszerű olyan anyagot választani, amelynek tapadása nagy vagy a görgők felületének érdes kialakítása. Az előtoló henger egy nyomtatóból származik, melynek tengelye fém, külső felülete viszont gumírozott és teljes mértékben megfelel erre a célra. A felső henger polimer (PA6), melynek külső felülete randalírozott (recézt), valamint egy kar segítségével a függőleges pozícióját változtatni lehet, így elősegítve a megmunkálás kezdeti fázisában a polimer szál bevezetését a berendezésbe.

### 2.2.5. Motorok, hajtás

A palástmaró forgását egy 0,3 kW teljesítményű 3 fázisú motor látja el, mely működik monofázisról azáltal, hogy egy 5  $\mu$ F kapacitású indító-kondenzátor van bekötve csillag kapcsolásban. Névleges fordulatszáma 1350 ford./min. Figyelembe véve, hogy egy 3 mm vastag polimerszálat szeretnénk megmunkálni, melynek nyírószilárdsága PET esetén 1,38 MPa szobahőmérsékleten, kiszámítva a filament keresztmetszetének területét, 7,06 mm<sup>2</sup>, a szükséges erő 10,5 N. Ezt besorozva a palástmaró sugarával 0,32 Nm nyomaték szükséges, amely 0,27 kW teljesítmény jelent. [5] A motor 4 darab csavarkötéssel csatlakozik a főoldallapra. A motor tengelyéről reteszkötéssel biztosítjuk a forgatónyomaték a palástmaróra. Az előtolást biztosító motor egy POLOLU 25Dx54L típusú egyenáramú motor, melyet POLOLU 24v23 motor vezérlő szabályoz. A motorvezérlő USB MINI típusú csatlakozóval van ellátva. Gyári prog-

ram van a vezérléséhez. A motor névleges adatai: súlya 104 g, 4 mm tengelyvastagság, 6 V-ról üzemeltethető, maximális fordulatszáma 78 rpm és 0,67 Nm nyomatékkal rendelkezik. [6]

## 4. Következtetések

A dolgozatban bemutatott granulátum-előállító berendezés egy államvizsgadolgozat, melynek oktató jellege van. Egy laboratóriumi berendezésként fog szolgálni a Sapientia EMTE Marosvásárhelyi Karán. Célja, hogy a tanulók jobban tudják elsajátítani a műanyagmegmunkálási folyamatokat, jobban megértsék, hogyan lesz a hulladékból, újra felhasznált műanyag és remélhetőleg ez befolyásolja véleményüket a szelektív hulladékgyűjtésről. A berendezés tervezése során, mint dák betekintést nyertem, hogy miből áll egy működő berendezés tervezése és létrehozása: matematikai számítások, 3D modellezés, ill. a tulajdonképpeni kivitelezés nehézségei úgy logisztikai, mint technológiai értelemben.

## Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Műanyagtermelés és felhasználás napjainkban. <https://sites.google.com/site/adhjfhao/home/muanyagtermeles-es-felhasznalas-napjainkban> (letöltve: 2019. február 10.).
- [2] Rauwendaal C.: *Polymer Extrusion*. 4th ed.. Hanser, München, 2004.
- [3] Giles H. F., Wagner J. R.: *Extrusion: The Definitive Processing Guide and Handbook*. Crescent Associates Inc., Rochester, New York, 2004.
- [4] Air Cooling Hot Face Plastic Granulator PVC PP PE PS Pelletizing Line <https://cnbmjacky.en.made-in-china.com/product/HSumLsgOLDhZ/China-Air-Cooling-Hot-Face-Plastic-Granulator-PVC-PP-PE-PS-Pelletizing-Line.html> (letöltve: 2019. január 8.).
- [5] Sulinet. Áthajtóművek kialakítása, felépítése, szerkezeti részei, áthajtóművek teljesítmény, nyomaték, fordulatszám viszonyai <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/gepeszet/gepelemek/athajtomuvek-kialakitasa-felepitesi-szerkezeti-reszei-athajtomuvek-teljesitmeny-nyomatek-fordulatszam-viszonyai/athajtomuvek-kulonbozo-viszonyai> (letöltve: 2019. január 9.).
- [6] Pololu Robotics and Electronics. 75:1 Metal Gear motor 25Dx54L mm LP 6V with 48 CPR Encoder <https://www.pololu.com/product/2286/specs> (letöltve: 2019. január 15.).



# CSŐSZERŰ ALKATRÉSZEK ÉS CSŐSZEGMENSEK SAJTOLÓ HEGESZTÉSI ELJÁRÁSAI

## PRESSURE WELDING PROCESSES OF TUBULAR PARTS AND PIPE SEGMENTS

Kenéz Attila Zsolt,<sup>1,2</sup> Bagyinszki Gyula<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Hilti Szerszám Kft., Kecskemét, Magyarország, [attila.kenez@hilti.com](mailto:attila.kenez@hilti.com)

<sup>2</sup> Óbudai Egyetem, Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola, Budapest, Magyarország, [kenez.attila@phd.uni-obuda.hu](mailto:kenez.attila@phd.uni-obuda.hu)

<sup>3</sup> Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország, [bagyinszki.gyula@bgk.uni-obuda.hu](mailto:bagyinszki.gyula@bgk.uni-obuda.hu)

### Abstract

Joining of tubular (hollow, sectioned) parts to each other or for rods- and sheet-like pieces, occasionally for pipe segments, are often made using technology applying a pressure welding process. These processes are using mostly electrical, thermochemical or mechanical energy, and the implementation is butt, stud or projection welding. Most of the pressure welding processes are suitable for joining of different material qualities. This article summarizes the possible process variations.

**Keywords:** *electrical energy, thermochemical energy, mechanical energy, butt welding, stud welding, projection welding.*

### Összefoglalás

A csőszerű (üreges, zárt szelvényű) alkatrészek kötését egymáshoz, vagy rúd- ill. lapszerű darabokhoz, esetenként csőszegmensekhez gyakran a sajtoló hegesztés valamelyik eljárását alkalmazó technológiával végzik. Ezen eljárások többnyire elektromos, termokémiai, illetve mechanikai energiát alkalmaznak és a kivitelezés tompa-, csap- vagy dudorhegesztésként valósul meg. A sajtoló hegesztési eljárások többsége alkalmas eltérő anyagminőségek kötésére is. Jelen cikk a szóba jöhető eljárásváltozatokat foglalja össze.

**Kulcsszavak:** *elektromos energia, termokémiai energia, mechanikai energia, tompahegesztés, csaphegesztés, dudorhegesztés.*

### 1. Bevezetés

Az **1. ábra** azokat a sajtoló hegesztési eljárásokat rendszerezi, amelyek alkalmasak lehetnek a cím- ben, ill. az összefoglalóban megfogalmazott feladatok ellátására. Az ábrán szerepelnek az MSZ EN ISO 4063 jelű – a hegesztés és rokon eljárások megnevezésével és azonosító jelölésével foglalkozó – szabvány szerinti számjelek is, amelyek egyfajta műszaki „esperantóként” használhatók anyanyelvtől független fogalom-azonosításra, ill. -értelmezésre [1]. Ilyen „közös szakmai nyelvet” jelentenek a hegeszthető anyagok számjelei (Werkstoff-Nummer, IADS = International Alloy Designation System), vagy a kötésekben előfordulható folytonossági hiányok kódszámai is.

### 2. Eljárások és főbb jellemzőik [2, 3]

A mágnesesen mozgatott ívvel megvalósuló forgóíves sajtoló hegesztések közül a hosszmezős forgóíves sajtoló hegesztés során – a homlokfelületüknél érintkező üreges (csőszerű, zárt szelvényű) acél munkadarabokon záródó – axiális (hossz)irányú mágneses mezőt hoznak létre elektromágneses tekercsekkel. Ezáltal a gyűrűszerű hűtött segédelektroda és a darabok érintkezési vonala között keltett elektromos ív a Lorentz-törvény szerinti erő hat, ami az ívet (mint elektromos vezetőt) érintő irányú mozgásra, azaz forgásra (keringésre) kényszeríti. A forgó ív felhevíti az üreges darabok illeszkedő felületeit, és amikor az egyre csökkenő alakítási ellenállás a tengelyirá-

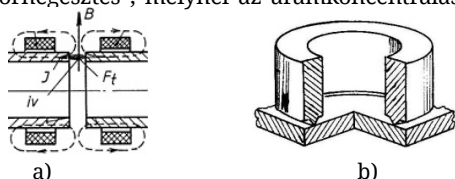
Alkalmazott energiatípus	Sajtoló hegesztési eljárás MSZ EN ISO 4063 szabvány szerinti számjellel
elektromos energia	1 Ivhegesztés
	185 Mágnesesen mozgatott ívű hegesztés (hossz- és keresztmetszős forgóíves sajtoló /tompahegesztés)
	2 Ellenállás-hegesztés
	23 Ellenállás-dudorhegesztés
	24 Leolvasztó ellenállás-tompahegesztés
	25 Zömítő ellenállás-tompahegesztés
	26 Ellenállás-csaphegesztés
	27 Nagyfrekvenciás ellenállás-hegesztés
	29 Egyéb ellenállás hegesztések
	7 Egyéb hegesztési eljárások
termokémiai energia	74 Indukciós hegesztés
	741 Indukciós tompahegesztés
	743 Nagyfrekvenciás, indukciós hegesztés
	78 Ivhúzásos csaphegesztés
	785 Kondenzátorkisüléses, ivhúzásos csaphegesztés
mechanikai energia	4 Sajtolóhegesztés
	45 Diffúziós hegesztés
	47 Sajtoló lánghegesztés
	49 Melegsajtoló hegesztés (pl. oldóhegesztés)
	41 Ultrahangos hegesztés
	42 Dörzshegesztés
	421 Folyamatos hajtású dörzshegesztés
	422 Lendkerékes dörzshegesztés
	423 Dörzs-csaphegesztés
	44 Nagy mechanikai energiával végzett hegesztés
	441 Robbantásos hegesztés
	442 Mágneses impulzusos hegesztés
	48 Hídsajtoló hegesztés (pl. előelőfolyatással)

1. ábra. Alkalmazható sajtoló hegesztési eljárások

nyú nyomás értékére mérséklődik, sorjaképződéssel kísért képlékeny megalakítással létrejön a kohéziós kötés.

A keresztmetszős forgóíves sajtoló hegesztésnél a darabokat réssel illesztik, így a rés környezetében radiális (kereszt)irányú mágneses mező alakul ki. A rést áthidaló elektromos ív létrehozása után arra szintén tangenciális irányú erő hat, így forgásba (keringésbe) jön (2.a. ábra). Miután a munkadarabok felülete elérte a megalakítás hőmérsékletét – esetleg egy vékony rétegben meg is olvadt –, az ívet kikapcsolják, és tengelyirányú zömítéssel (az olvadt részek sorjába nyomásával) kialakítják a hegesztett kötetet. Forgóíves hegesztéskor az esetek többségében elegendő, ha csak az egyik darab üreges (vékony falú, csőszerű), a másik lehet tömör (rúdszerű) vagy akár lemez (lapszerű) is.

Az ellenállás-dudorhegesztésnél – az ellenállás-ponthegesztéstől eltérően – az elektródáknak csak két feladatot kell ellátni: a nyomóerő közvetítését és az áram hozzávezetését. A harmadik feladatot – az áram koncentrációját – a munkadarabok természetes vagy mesterséges alakja (dudora) teljesíti (2.b. ábra). Mesterséges dudorú ellenállás-dudorhegesztés során minden – rendszerint előzetes képlékeny alakítással vagy forgácsolással létrehozott – dudornál egy-egy varrat(szakasz) képződik. Az ellenállás-csaphegesztés egy olyan „különleges dudorhegesztés”, melynél az áramkoncentrációt a



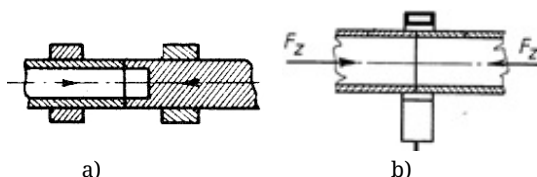
2. ábra. Keresztmetszős forgóíves sajtolóhegesztés és ellenállás dudorhegesztés (csaphegesztés)

felhegesztendő tömör vagy csőszerű csap megfelelően kialakított homlokfelülete eredményezi (2.b. ábra). A nyomóerő közvetítését és az áram hozzávezetését a csaptartó, illetve az ellenelektroda teszi lehetővé.

A zömítő ellenállás-tompahegesztés folyamán – a munkadarabokat homlokfelületükönál összenyomva (3.a. ábra), majd rajtuk nagy áramot átvezetve – a fejlődő hő és az erőhatás együttesen nagyfokú képlékeny alakváltozást hoz létre, ami kohéziós kapcsolatot teremt a két anyag között. A felületi szennyeződések hatékony sorjába nyomása csak kisebb keresztmetszeteknél lehetséges. A leolvasztó ellenállás-tompahegesztéskor az áramra kapcsolt darabokat összenyomják, majd bizonyos idő elteltével eltávolítják. A felhevítést és a szennyező-el-távolítást helyileg képződő elektromos ívek segítik elő, a felületi réteg leolvasztása mellett. A következő összeérintésig eltelt idő alatt a fejlődött hő terjedése révén felmelegíti a felülettől kissé beljebb lévő anyagrészeket is. A felületelőkészítő leolvasztás vékony rétegben nagy felületen is végbemegy, kis fajlagos energiafelhasználás mellett. Gyakori, hogy ezt a ciklust néhányszor megismétlik, majd a darabokat utána sajtolják össze. Az eljárásváltozat főként nagyobb keresztmetszetű darabokhoz alkalmazható.

Az indukciós tompahegesztés vagy tekercsinduktoros ellenállás-tompahegesztés során az összenyomott munkadarabokban – az illesztési felületekhez képest szimmetrikusan elhelyezett, nagyfrekvenciájú árammal táplált, többnyire tekercs alakú induktortal (3.b. ábra) – örvényáramok gerjeszthetők a hegesztés helyén. Az örvényáramok által létrehozott nagy helyi áramsűrűség felhívja az érintkező felületek menti keskeny zónát, majd ezen anyagrészek zömítésével alakul ki a kohéziós kötés.

A kondenzátorkisüléses impulzushegesztéskor [4] a szükséges energiát a korábban gyorsan feltöltött kondenzátorok egy szaggató kapcsoláson keresztül a munkadarabra csatlakozó speciális transzformátorhoz vezetik. Az eljárás különlegességét a következő folyamatjellemzők eredményezik: meredek áramerősség növekedés, nagy hegesztőáram, rövid (ms nagyságrendű) hegesztési idő, alacsony fajlagos hőbevitel, kis hálózati terhelés, magasfokú reprodu-

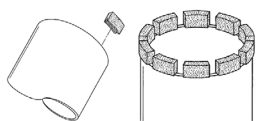


3. ábra. Ellenállás és indukciós tompahegesztés

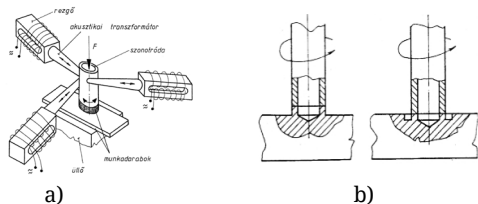
kálthatóság, továbbá eltérő anyagvastagságú munkadarabok, különböző anyagminőségek (pl. acél, sárgaréz), rozsdamentes acélok, vékony lemezek, galvanikus bevonatokkal ellátott munkadarabok hegeszthetősége. Az eljárásnál ugyan nincs szükség hozaganyagra a kötés kialakításához, azonban szükséges az egyik kötendő felület hegesztés előtti (előkészítő) megmunkálása rovátkolással/recézéssel vagy hornyolással (4. ábra).

Az ultrahangos hegesztések során az elektrostrikiós vagy magnetostrikiós hatással keltett ultrahang akusztikai transzformátorral megnövelt amplitúdójú rezgőmozgását szonotródával az összeillesztett darabok közül a kisebb méretűre viszik. A szonotróda ezzel a darabbal együtt rezegve, ill. a sajtoló erőt is közvetítve biztosítja a hegesztett kötés létrejöttét. Lehetőség van azonos vagy eltérő anyagminőségek összekötésére. Ultrahangos körhegesztéskor (5.a. ábra) a cső alakú szonotróda tengelye körüli alternáló mozgását pl. három – akusztikai transzformátorral ellátott – rezgőegység végzi, és így a hegesztés során a szonotróda homlokfelületével közel megegyező méretű és alakú kötési zóna jön létre.

A dörzshegesztések legismertebb változatánál a két összekötendő forgásszimmetrikus darabot (rúd, cső) összenyomott állapotban egymáshoz képest – folyamatos hajtással vagy lendkerék beiktatásával – forgatják. Amikor a felület egészére kiterjed a súrlódás eredményezte tisztítás, felhevítés és gerjesztés, a forgást gyorsan leállítják és a darabokat összesajtolják, mert csak így készíthető a két anyag között jó minőségű kötés. Ha az előmelegítés („dörzsölés”) idejét állítják be, akkor idővezérléses, ha az előmelegítés során – az összeszorító erő hatására – létrejövő zömülés („rövidülés”) mértékét állítják be, akkor útvezérléses dörzshegesztésről van szó. A forgás és a zömülés következtében jellegzetes formájú sorja képződik, ami (ha szükséges) a kötés gyengülése nélkül utólag lemunkálható. A dörzscsaphegesztés



4. ábra. Kondenzátorkisüléses impulzushegesztési példa



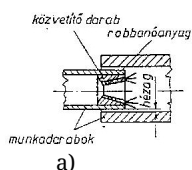
5. ábra. Ultrahangos körhegesztés és dörzscsaphegesztés

során a felhegesztendő tömör vagy csőszerű csapot forgatás közben hozzányomva az alaplemezhez (5.b. ábra), a súrlódási hő felmelegíti az érintkező felületekhez közeli anyagrészeket, miközben a felületi szennyeződések is elroncsolódnak, elősegítve a felülettisztulást, illetve a felületaktiválást. A felületközeli anyagrészek közös képlékeny alakváltozása hatására a két darab között részlegesen kohéziós kötés alakul ki, amely azonban a relatív elmozdulás miatt folytonosan elnyíródik. Ez a jelentős energiabefektetést igénylő folyamat számottevő hőfeloldást eredményez, ami felmelegíti a felületközeli anyagrészek nagyobb térfogatát. Amikor a felületek teljes egészére kiterjed a kötésképződés, a relatív elmozdulást (forgást) igen gyorsan leállítják, majd a csapot tengelyirányú zömítéssel rányomják az alaplemezre.

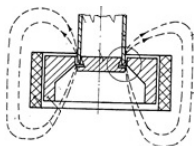
Robbantásos átlapoló hegesztéskor (6.a. ábra) az egymáshoz viszonyítva hézaggal, illetve átfedéssel illesztett munkadarabokat (pl. csöveket) robbanóanyag alkalmazása révén nagy sebességgel felütköztetik, miközben egyidejűleg felületekre merőleges irányú nyomó- és felületekkel párhuzamos csúsztató feszültségek keletkeznek. A nyomófeszültségek szükségesek ahhoz, hogy a felületi atomok rácsparaméternyi távolságra kerüljenek. A csúsztató feszültségek képlékeny alakítás révén eredményezik az érintkező fémrészek kristályrács-orientációjának megfelelő beállását, illetve a kohéziós kötés feltételeinek kialakulását.

A mágneses impulzusos hegesztés folyamán az alakító tekercseken keresztül egy nagy kapacitású kondenzátortelepet sütnak ki. A tekercseken átfolyó nagy erősségű áram térformáló hatása a hegesztési helynél igen nagy mágneses indukciót hoz létre (6.b. ábra). A hegesztendő munkadarabban indukált áram és a mágneses tér egymásra hatása következtében radiális irányú dinamikus erőhatás jön létre. A kondenzátortelep rendkívül rövid időn belül végbemenő kisüléséből adódó erőhatás a munkadarabokat a robbantásos hegesztéshez hasonlóan ütközteti, és a felület menti anyagrészek képlékeny alakváltozása következtében hegesztett kötés alakul ki, elsősorban átlapoló felületek között.

A diffúziós hegesztés során az összekötendő anyagokat összenyomott állapotban, vákuumban (esetleg semleges védőgáz atmoszférában) felhevítik olvadáspontoz közeli hőmérsékletre (7.a. ábra). A nagy hőmérséklet és nyomás egyidejű hatására – a pontszerűen érintkező felületi anyagrészeknél – tartósfolyás (kúszás) lép fel, amelynek következtében a munkadarabok mind nagyobb felületen érintkeznek egymással. A deformálódó határfelületek atomjai – melyek a képlékeny alakváltozás



a)



b)

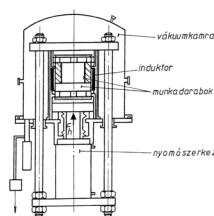
**6. ábra.** Robbantásos tompahegesztés és mágneses impulzusos hegesztés

és a hőmérséklet hatására gerjesztett állapotban vannak – szemcsehatár migrációt és pórus-megszűnést kiváltó térfogati diffúziójuk révén rácsparaméternyi távolságra kerülnek, kohéziós kötést eredményezve. A diffúziós hegesztés különlegessége abban rejlik, hogy alkalmas acélok és nemvas fémek mellett különleges fémes anyagok, fémkombinációk összehegesztésére, sőt fém-kéramia kötés létrehozására is. Közbenső anyagokat alkalmaznak egyes fém-kombinációknál, ha a két anyag kölcsönösen nem oldja egymást, vagy ha rideg, illetve korrózióra hajlamos fázis képződne.

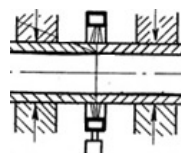
A sajtoló lánghegesztések közül a zárt résű sajtoló lánghegesztés során a rés nélkül illesztett, üreges munkadarabok érintkezési felületeit nyitható gyűrűgövel – acetilén és oxigén gázkeverékből képezett lánggal – felhevítik (7.b. ábra), majd anyagi minőségtől függő nyomással összezsömlik. Nyitott résű sajtoló lánghegesztéskor főként a tömör munkadarabok közötti résbe helyezett kétoldalas sík égőfejjel az összekötendő felületeket megalakítási hőmérsékletre felhevítik. Ezután az égőfejet eltávolítják, és megfelelő nyomással a darabokat összesajtolják.

Az előrefolytatással megvalósuló hidegsajtoló hegesztés során – a többtengelyű nyomófe-szűtségi állapotban létrejövő nagyfokú képlékeny alakváltozás következtében – a teljes érintkezési zónára kiterjedő kohéziós kötés alakul ki. A folytatóbélyeg (folyatótüske), ill. a munkadarabok kialakításától függően lehet tömör vagy csőszerű (üreges) terméket előállítani (8.a. ábra) feltéve, hogy a különböző anyagok nagyfokú alakváltozó-képességgel rendelkeznek. Természetesen a rekristallizációs hőmérséklet alatti alakítás következtében jelentős felkeményedéssel kell számolni, aminek szilárdságnövelő hatása kedvező lehet.

Oldóhegesztéskor a hozaganyagként szolgáló betétgyűrűt – ami vasporból, Mn-ötvözet oldóanyagból és folyasztószerből álló porkohászati termék – a két összekötendő (vékony falú, kis átmérőjű) acélcső homloklapfelülete közé helyezik. Állandó nyomás mellett, nyitható gyűrűgövel melegítve a hegesztés helyét a kölcsönös oldódás hatására alakul ki a hegesztett kötés (8.b. ábra) úgy, hogy alacsonyabb hőmérsékleten az oldóanyag megolvad, és elkezd vasat (alapanyagot) oldani, majd egy

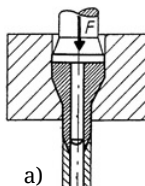


a)

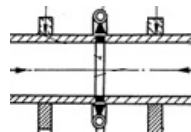


b)

**7. ábra.** Diffúziós hegesztés és sajtoló lánghegesztés



a)



b)

**8. ábra.** Hidegsajtoló hegesztés előrefolytatással és meleg-sajtoló oldóhegesztés

bizonyos koncentrációnál a hegesztett kötésbe dermed, de ezt követően a magasabb hegesztési hőmérséklet elérésekor az alapanyag is oldja az oldóanyagot, majd az ötvözet kezd megolvadni, ezért a teljes megolvadás előtt kell befejezni a hegesztést.

### 3. Következtetések

A sajtoló hegesztési eljárások többféle energiaforrással megvalósítható alapváltozatai a tompa-, a csap- és a dudorhegesztések. Ezek alkalmasak csőszerű, üreges alkatrészek kötőhegesztésére, valamint egy részük csőszegmensek felhegesztésére is. A feladat jelen esetben nem csővezeték készítése, hanem szerelőhegesztés. Ebben a cikkben a lehetőségeket vettük számba, segítve egy konkrét feladathoz a megoldás megtalálását. Fontos szempont, hogy az esetek nagy részében – a várható sorjaképződést kalkulálva – a hegesztésre váró darabokat hosszabbra kell előgyártani, hogy zsömítés után kiadják a szükséges méretet.

### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Bagyinszki Gy.: *A hegesztés és rokoneljárásai rendszerezése*. Hegesztéstechnika 13/2. (2002) 29–35.
- [2] Bauer F.: *Hegesztési eljárások*. (Szerk. Bagyinszki Gy.), Tankönyvkiadó, Budapest, 1991
- [3] Bagyinszki Gy., Bitay E.: *Hegesztéstechnika I. - Eljárások és gépesítés*. Erdélyi Múzeum-Egyesület, Kolozsvár, 2010.  
<https://eda.eme.ro/handle/10598/15437>
- [4] Kenéz A. Zs., Bagyinszki Gy.: *Kötőtechnológiák alkalmazhatósági vizsgálata gyémántszezmenses fűrókoronákhoz*. In: A XIX. Műszaki tudományos ülésszak előadásai, Kolozsvár, Románia, Műszaki Tudományos Közlemények 10. (2018).  
<https://eda.eme.ro/handle/10598/31162>

# PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐGÉP SZÁRNY-TÖRZS ÁTMENETÉNEK OPTIMALIZÁLÁSA VÉGESELEM MÓDSZERREL

## UNMANNED AERIAL VEHICLE WING FUSELAGE JUNCTION OPTIMALISATION WITH FINITE ELEMENT METHOD

Kondor Máté,<sup>1</sup> Dezső Gergely<sup>2</sup>

Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Műszaki Alapozó, Fizika és Gépgyártástechnológia Tanszék, Nyíregyháza, Magyarország

<sup>1</sup> [kmatehun55@gmail.com](mailto:kmatehun55@gmail.com)

<sup>2</sup> [dezso.gergely@nye.hu](mailto:dezso.gergely@nye.hu)

### Abstract

My task was to shape an airplane wing-fuselage junction, which will be classified as an ultralight (UL) and unmanned aerial vehicle (UAV). The most optimal wing-fuselage junction is made with Ansys simulating program including model calculations. Based on my calculations and results, I can recommend solutions. With the CAD geometry models, I prepare the airplane for the first stage of testing with 3D printed models.

**Keywords:** *wing-fuselage junction, finite element method, unmanned aerial vehicle.*

### Összefoglalás

Egy fejlesztés alatt álló, ultrakönnnyű (UL) pilóta nélküli repülőgép (UAV) legoptimálisabb szárny-törzs átmenetének kialakítására vonatkozó modellszámításokat végeztem el Ansys szimulációs program segítségével. Eredményeim alapján javaslatot tettem a repülőgép szárny-törzs átmenetének kialakítására. Az általam elkészített CAD alapú elektronikus geometriai modellek segítségével előkészítettem a tesztelés első fázisához szükséges modellek 3D nyomtatással való gyártását.

**Kulcsszavak:** *szárny-törzs átmenet, végelem módszer, pilóta nélküli repülőgép.*

### 1. Bevezetés

Napjainkra a személyzet által vezetett légijárművek mellett már nagy számban megjelentek az olyan repülőeszközök is, amelyek az ember fedélzeti jelenléte nélkül, távirányítással vagy autonóm módon képesek repülni. Merev és forgószárnyas pilóta nélküli repülőgépeket évtizedek óta nagy számban, számos változatban fejlesztenek, alkalmaznak, néhány dkg-tól, tíz tonnát meghaladó felszálló tömegig.

Ma már létezik számos olyan pilóta nélküli légijármű típus, amelyet emberi beavatkozás nélkül,

digitális technológiák segítségével vezérelnek, így az képes közlekedni a légi forgalomban. Érzékeli a környezetének részleteit, navigálja önmagát vagy távolról irányítja. [1]

A kutatás keretében egy fejlesztés alatt álló, ultrakönnnyű (UL) pilóta nélküli repülőgép (UAV) legoptimálisabb szárny-törzs átmenetének kialakítására vonatkozó modellszámításokat végeztem el Ansys szimulációs program segítségével. A repülőgép egyik tulajdonsága az, hogy a törzse nem „hagyományos”, hanem keresztmetszete a



hossztengely mentén változó hatszög, amelyhez az íves szárnyprofil csatlakozik.

Tanulmányoztam a szakirodalom alapján a más géptörzseknél és szárnyelhelyezéseknél ismert és bevált szárny-törzs átmeneteket. Ez alapján építettem fel a fejlesztés alatt álló gép szárny-törzs átmenetének több változatát. Az így kialakított változatokra áramástani szimulációs modelleket építettem fel, majd futtattam és értékeltem azokat. Eredményeim alapján javaslatot tettem a repülőgép szárny-törzs átmenetének kialakítására.

Ahhoz, hogy minimális szinten tartsuk a repülőgépnek az aerodinamikai ellenállását, a megfelelő szárny-törzs átmenet elengedhetetlen, mivel ezek javítják a repülési tulajdonságokat és akár a repülőgép élettartamát is növelhetik. [2]

A jobb átmenet elérésének különböző módjai vannak, ezek:

- a szárny és a törzs egymáshoz viszonyított helyzete;
- lekerekítések és áramvonalazó burkolatok alkalmazása;
- aktív rendszerek használata [2].

### 1.1. Alapadatok

Tömeg:	~ 450 kg (becsült)
Fesztáv:	~10,6 méter (tervezett)
Törzs hossza:	7 méter
V állás:	3°
Utazósebesség:	40 m/s (144 km/h)
Törzs átmérő:	1,07 méter

Szárnýtő méretének korlátozása a szárnybefogás kialakítása miatt: 1000-1600 mm

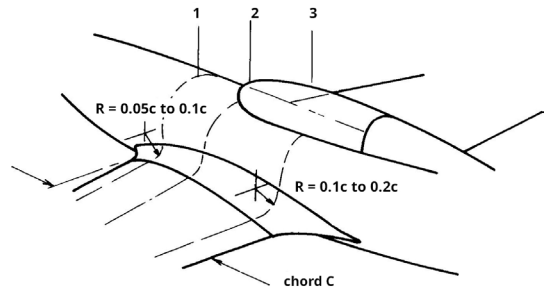
Lekerekítések: 50-280 mm (sugár), ami függ a szárny húr hosszától

## 2. A szárny-törzs átmenet vizsgálata végelem módszerrel

A szárny törzs átmenetet több módszerrel is lehet vizsgálni. Manapság, amit a leggyakrabban alkalmaznak és a leghatékonyabb (nem csak idő, de gazdasági szempontból is) a modell végelem szimuláció vizsgálata.

A végelem szimuláció alapvető lépése az adott geometria véges kis elemekre való felosztása, amit hálózásnak nevezünk. A végelem modell létrehozásához ki kell választani a megfelelő elemtípust és a hálózás sűrűségét, figyelembe véve a kívánt pontosságot és a szükséges futásidőt. A legtöbb végelem program a hálózást automatikus elvégzi, de lehetőség van a kézi beállításra is. [3]

Több olyan program is létezik, amely már tartalmaz végelem modult, ilyenek például: CATIA V5, SolidWorks, Autodesk Inventor, stb.



1. ábra. Szárny-törzs átmenet lekerekítés értékei és keresztmetszei [5]

Ismertebb végelem programok: Analysis3D, CalculiX, Nastran, illetve Ansys, amely segítségével készítettem el ezt a feladatot.

### 2.1. A szárny-törzs átmenetek főbb típusai

„Jirapat Supamusdisukul: Experimental Investigation of Wing-Fuselage Integration Geometries Including CFD Analyses” [4] és „Darrol Stinton: The Design of the Aeroplane” [5] könyv alapján fogom megkeresni a leginkább megfelelő szárny-törzs átmenet kialakítást.

#### 2.1.1 Optimális szárny elhelyezés

A Jirapat Supamusdisukul 5 konfigurációt vizsgált meg 8 különböző bólintási szöggel, szimuláció segítségével, majd szélcsatornás méréseket is végzett, amiből levonta a következtetést: a különböző konfigurációk közül melyik a leghatékonyabb.

Jirapat Supamusdisukul a törzshöz viszonyított közepén elhelyezett szárnýtól indul ki, de vizsgálja még a felsőszárnyas, valamint a „szárny a törzs felett” kialakítást is.

#### 2.1.2. Optimális szárny-törzs átmenetek egyik típusa

„Darrol Stinton: The Design of the Aeroplane” könyve szerint a szárny-törzs átmenetnek a következőképpen kell kinéznie: a belépőél környékén a szárny-törzs átmenet sugár a szárny húr hossza 0,05–0,1-szeresével egyezzen meg, a kilépőél környékén ez a szám 0,1–0,2-szerese a húr hosszának. Ezek adatok alapján választottam meg a lekerekítési sugarakat.

## 3. Szárny-törzs átmenet tervezése

### 3.1. Előkészítések és 3D modellek

Első feladatom a megfelelő szárnýtő méret, illetve méretek kiválasztása volt. Mivel a megrendelő



a szakirodalmak mellett a fantáziámra is bízta ezeket az értékeket, így én Solidworks programban elkészítettem összesen 6 darab 3D modellt, 1000 mm-esből és 1400 mm-esből is 3-3 darabot.

A modelleket Solidworks-ben készítettem el, amit az Ansys-ba importáltam. Ebben a részben kell megadni az áramláshoz szükséges teret. Ahhoz, hogy ezt elérjük, ki kellett vonni az eredeti solid 3D modellt egy 1,5 méter (szélesség) x 7 méter (hosszúság) x 2 méter (magasság) nagyságú téglatestből. Ez lesz az a közeg, amellyel az áramlást tudjuk vizsgálni.

A téglatest mérete azért nem foglalja magában az egész repülőgépet, mert a szimmetriát kihasználva kevesebb idő alatt ugyanazt az eredményt is el lehet érni, valamint a szárny-véghez közeli áramlások a szárnytő átmenet vizsgálatát nem befolyásolja olyan nagy mértékben.

A **2. ábra** lekerekítési sugarai a szárny belépőélétől kezdve a kilépőélig:

50 mm; 60 mm; 70 mm; 80 mm; 90 mm; 100 mm.

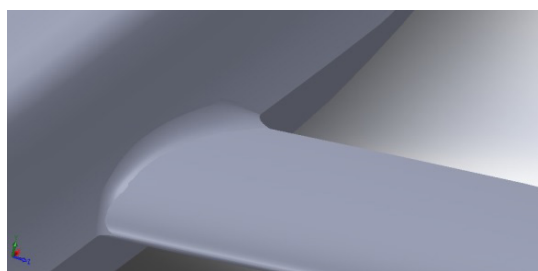
A **3. ábra** lekerekítési sugarai a szárny belépőélétől kezdve a kilépőélig:

100 mm; 120 mm; 140 mm; 160 mm;

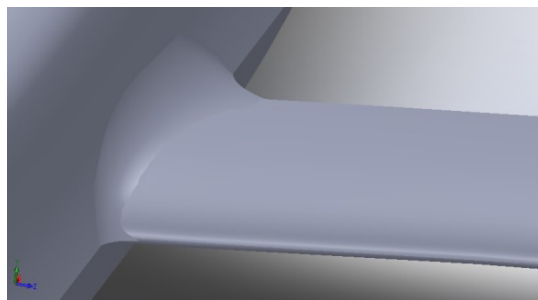
180 mm; 200 mm

## 4. Eredmények

Áramlási tulajdonságokkal kapcsolatos adatokat a **2. és 5. táblázat**ban foglaltam össze. Mesh és



**2. ábra.** Legkisebb mértékű lekerekítés az 1000 mm-es változatra



**3. ábra.** Legnagyobb mértékű lekerekítés az 1000 mm-es változatra

### 1. táblázat. A két változat ismertetése

1000 mm	1400 mm
0 mm	0 mm
50-100 mm	70-140 mm
100-200 mm	140-280 mm

### 2. táblázat. 1400 mm-es változat eredményei

Lekerekítés mértéke [mm]	Felhajtó-erő [N]	Káros ellenállás [N]
nincs lekerítés	240,577	16,4413
70	247,447	16,5220
140	231,084	25,0226

### 3. táblázat. 1400 mm-es változat szimulációval kapcsolatos adatok

Lekerekítés [mm]	Időtartam [másodperc]	Iteráció [db]
nincs	1765	38
70	2031	37
140	1568	35

### 4. táblázat. 1400 mm-es változat mesh adatai

Lekerekítés [mm]	Elemsszám [db]	Csomópont [db]	Felület [db]
nincs	2174615	411018	189598
70	2249888	425435	202754
140	2252722	425721	195940

### 5. táblázat. 1000 mm-es változat eredményei

Lekerekítés mértéke [mm]	Felhajtó-erő [N]	Káros ellenállás [N]
nincs lekerítés	213,026	12,2747
50	214,627	12,2671
100	208,656	11,9574

### 6. táblázat. 1000 mm-es változat szimulációval kapcsolatos adatok

Lekerekítés [mm]	Időtartam [másodperc]	Iteráció [db]
nincs	1753	37
50	1918	38
100	1833	38

### 7. táblázat. 1000 mm-es változat mesh adatai

Lekerekítés [mm]	Elemsszám [db]	Csomópont [db]	Felület [db]
nincs	2185674	412768	189068
50	2272646	428672	194336
100	2274477	428686	193308

szimuláció folyamatára vonatkozó adatok a 3–4., illetve 6–7. táblázatban szerepelnek.

A 2. táblázat alapján az 1400 mm-es szárny-tőnél legkedvezőbb átmenet a „70 mm”-es lekerekítés, ami azt jelenti, hogy a belépőél és környezetében 70 mm-es a lekerekítés, a kilépőél környékén 140 mm, kettő között pedig a belépőél felől a kilépőélig folyamatosan növekszik a lekerekítés mértéke.

Bár a „70 mm”-es átmenet káros ellenállása nem különbözik annyira az átmenet nélküli szárnytól, viszont a lekerekítésnél a nagyobb felhajtóerő (több, mint 1% a kerekítés nélkülihez viszonyítva) miatt érdemesebb lenne az előbbit alkalmazni, vagyis a „70 mm”-es átmenetet.

1000 mm-es szárnytőnél a lekerekítések mértéke is változik, viszont százalékos arányban nem, mivel a fentebb említett szakirodalom ajánlásait követtem ebben az esetben, vagyis belépőélnél a húr hossz 5%-a legyen a lekerekítési sugár mértéke, a kilépőélnél 10%, közötté lévő átmenet pedig a belépőéltől kezdve a kilépőélig folyamatosan növekszik. A 3 eset közül a legkedvezőbb az „50 mm”-es az eredmények alapján.

## 5. Összefoglalás

Attól függően, hogy végül a megrendelő melyik szárnytő hosszúságot választja, fogunk tudni neki ajánlani 1400 mm-es és 1000 mm-es szárnytő húr hosszúságnál is egy olyan átmenetet, ami szimuláció alapján a legkedvezőbb vagy az értékek alapján ő fogja megválasztani a neki megfelelőt, amit 3D nyomtatással fognak gyártani.

### Szakirodalmi hivatkozások:

- [1] Drónpilóták Országos Egyesülete, *Mi az a Drón.* (2018. július 18.)  
<https://doe.hu/mi-az-a-dron>
- [2] Sascha S.: *Comparison of design rules regarding the wing-body junction flow of a subsonic aircraft.* University of Technology Kosice, I/1. (2011).
- [3] Tamás P., Bojtos A., Décsi-Paróczy A., Fekete R. T.: *Végelem módszerek. Hálókészítés.* BME MOGI, 2014. (2.3. Hálókészítés)  
[http://www.mogi.bme.hu/TAMOP/vegelem\\_modszerek/book.html](http://www.mogi.bme.hu/TAMOP/vegelem_modszerek/book.html)
- [4] Jirapat S.: *Experimental investigation of wing-fuselage integration geometries including CFD analyses.* Computational Fluid Dynamics (CFD) Simulation Results and Discussion. University of Maryland, 2008. 68.
- [5] Darrol S.: *The Design of the Aeroplane. Arrangement of surfaces.* BSP Professional Books. Oxford, 1983. 171. (Fig. 4.24)

# FÖLDRENGÉSSZÁMÍTÁSI KÉRDÉSEK

## SEISMIC DESIGN ISSUES

Kopenetz Lajos György,<sup>1</sup> Máthé Alíz Éva,<sup>2</sup> Gobesz Ferdinánd-Zsongor<sup>3</sup>

Kolozsvári Műszaki Egyetem, Építőmérnöki Kar, Kolozsvár, Románia

<sup>1</sup> ludovic.kopenetz@mecon.utcluj.ro

<sup>2</sup> aliz.mathe@mecon.utcluj.ro

<sup>3</sup> go@mecon.utcluj.ro

### Abstract

A significant part of our earth falls into an earthquake zone, therefore, when planning and designing residential areas, factories, or other human establishments, professionals take into account the seismic hazard of that area as well. The current earthquake standard in Romania is based on the European code. The paper presents beside the most significant structural composition rules the applicable methods that can be used to ensure the load bearing requirements.

**Keywords:** *earthquake, load, bearing structure.*

### Összefoglalás

Földünk jelentős része földrengéses zónába esik, ezért a lakótelepek, üzemek, általában az emberi létesítmények elhelyezésénél és tervezésénél a szakemberek figyelembe veszik az illető terület földrengés-veszélyeztetettségi fokát is. A Romániában jelenleg érvénybe lévő földrengés szabvány az európai földrengés szabványra támaszkodik. A dolgozatban bemutatásra kerülnek a fontosabb szerkesztési szabályok mellett a teherbírási követelmények biztosítására alkalmazható módszerek.

**Kulcsszavak:** *földrengés, teher, tartószerkezet.*

## 1. Bevezetés

A földrengés az egyik legpusztítóbb természeti csapás, nagy veszélyt jelent az építmények és az emberek épségére. A pusztítás mértékét az eltört gázcsövek és elszakadt villamos vezetékek miatt keletkező tűz is fokozhatja, s amennyiben a víznyomó vezetékek is károsulnak a gyors oltás lehetetlenné válik.

Mivel földünk nagy része földrengéses zónába esik, az emberi települések pedig egyre jobban terjednek, az emberi létesítmények elhelyezésénél és tervezésénél a szakemberek figyelembe veszik az illető terület földrengés-veszélyeztetettségi fokát is. Ahhoz, hogy az épületek tervezésekor majd kivitelezésekor figyelembe lehessen venni a földrengésveszélyt, ismerni kell magát a hatást, valamint annak összes jellemzőit.

## 2. Földrengés

Ismeretes, hogy Földünk több rétegből tevődik össze (földkéreg, felső és alsó köpeny, valamint külső és belső mag), a földrengések a körülbelül 60 kilométer vastagságú földkéregben játszódnak le. Földünk állandó működése következtében mind a felszín feletti, mind a felszín alatti erők feszültségeket hoznak létre, melyek a felszín emelkedésének, süllyedésének, gyűrődésének formájában nyilvánulnak meg. A földrengést a feszültségek, vagy felhalmozódott energiák hirtelen felszabadulása okozza. Az energia felszabadulásának leggyakoribb oka a szilárd kéreg törése (ú.n. tektonikus törés). A tektonikus földrengés keletkezését (a feszültségek halmozódása következtében) a kőzetekben fellépő lassú deformáció növekedés előzi meg. Ha a rugalmas feszültségek,

amelyek a deformáció növekedéssel fokozatosan nagyobbak lesznek, túlélik a közetszilárdságot, akkor a rugalmas deformáció potenciális energiájának egy része hirtelen kinetikus energiába megy át, azaz földrengés keletkezik.

A felszabadult mozgási energia a földrengésszékek kis körzetén túl rugalmas hullámok alakjában terjed, melyek alaphullámai a hipocentrumból indulnak ki és a szilárd kéregben mint longitudinális és transzverzális hullámok terjednek. Az epicentrumból indulnak ki a Love-Reyleigh féle felszíni hullámok. Ezek az előbbi típusok kombinációi, amelyek különböző fizikai jelenségek (interferencia, visszaverődés, rétegek inhomogenitása miatti változás) következtében teljesen szabálytalanok. Tulajdonképpen ezek a hullámok jelentik a közvetlen veszélyt a felszínen levő építményekre.

A régebbi törekvésekkel szemben, melyek a felszíni mozgást matematikai formulákkal igyekeztek megközelíteni, a jelenlegi álláspont az, hogy a felszíni mozgásokat szabálytalan impulzusoknak kell tekinteni, amelyek szabálytalan időközökben követik egymást (az ilyen jellegű hatást tranzien jelenségnek nevezik). Ebből következik az építészetre nézve nagy jelentőségű megállapítás: a hullámok által érintett szerkezetek nem kényszerrezgést végeznek, hanem szabálytalan időközönként megzavart szabad lengést. A nagy eltérés a periodikus hatásokhoz képest az, hogy igen kis valószínűsége van a rezonancia meg a fáradás megjelenésének.

A földrengések mérésének két módját használják. A mérnöki szeizmológia a földrengés-erősségi skálákat használja, míg a geofizikusok a rengés fészkeiben felszabadult energiát mérik. A földrengés-erősségi skálák kidolgozására a XVIII. század végén és a XIX. században került sor. Minden földrengés-erősségi skálában a rengés által létrehozott, általánosított ismertető jeleket használják. Ezek közül a legfontosabb az épületek sérülési foka meg a talajon létrehozott maradandó jelenségek. Jelenleg a mérnöki szeizmológia a rengés erősségének meghatározására leggyakrabban az MSC-64 (Mercalli-Sieberg-Cancani) skálát alkalmazza [1].

Az MSC-64 skálának, mely a felszíni mozgások, gyorsulások alapján létrehozott változásokkal értelmezi a rengés erősségét, 12 fokozata van. A VI-nél gyengébb erősségű rengések a szakszerűen tervezett és megfelelően kivitelezett épületekre nem jelentenek veszélyt. A IX-nél erősebb rengések elleni védelemre, a jelenlegi építőanyagokat és szerkezeti rendszereket figyelembe véve, nincsen reális lehetőség, ugyanis a vízszintes gyorsulások

túlságosan nagyok (az 1963-as szkopjei földrengés a város belső területén VIII–IX erősségű volt [2]).

### 3. Tervezési kérdések

Volt idő, amikor sok építész nem vette komolyan ezt a természeti jelenséget és hiábavaló kiadásnak tartotta a földrengések elleni védekezést. Az ilyen álláspontokat az időközben lezajlott természeti katasztrófák cáfolják. A védekezés költségei lényegesen alacsonyabbak lettek volna mint azt a kezdetben gondolták (a többletkiadás nem haladta volna meg a 7 százalékot). A gyengébb földrengések elleni legegyszerűbb védekezés a jó szerkezettervezés és kivitelezés, ami nemhogy többletköltséget jelentene, ellenkezőleg, általa még megtakarítás is elérhető.

Bár a földrengésmozgások több irányúak, szokványos tervezéskor általában csak a vízszintesen ható erőket veszik figyelembe [3].

Az eddigi kutatások szerint földrengéskor azok az épületszerkezetek viselkednek kielégítően, amelyeknek (helyválasztással és szerkezettervezéssel) dinamikus és tömegjellemzőit úgy vették fel, hogy a keletkező szeizmikus erők minél kisebbek legyenek, nem pedig azok, amelyeket az egyébként rosszul megválasztott szerkezeti rendszer túlméretezésével építettek [4]. A szeizmikus erőket lökésszerű dinamikus hatásként kell felfogni és az ebből származó igénybevételt a dinamika módszereivel meghatározni, vagyis nem elegendő a statikus terhelések biztonsági tényezőikkel való növelése. A tervezésnél nagy jelentőségű az altalaji viszonyok figyelembevétele, mivel a felszíni hullámok jellemzői elsősorban ezekről függenek. A szilárd, kötött talajokban lényegesen nagyobbak a sűrűlátsi veszteségek, mint a laza szerkezetű talajokban. Változik továbbá a talajok saját lengésfrekvenciája is. A szilárd talajoké lényegesen magasabb, mint a laza szerkezetűeké, ezért a laza talajokban kedvezőbb helyzetben vannak a nagy saját lengésszámú, merev építmények, míg a szilárd talajokban az alacsony saját lengésszámú rugalmas építmények.

A szeizmikus erők számítására többféle módszer van. Tekintettel a számítások bonyolult volta, igen nagy jelentőségű a számítógépek alkalmazása és a modellkísérletek bevezetése.

A fontosabb „szerkesztési” szabályok a következők:

Az épület alaprajza minél közelebb álljon a négyzethez (ideális esetben a körhöz) és kiugró szárnyak, épületrészek nem kívánatosak.

Feltétlenül legyen szimmetrikus, lehetőleg mindkét irányban. Az épület tömegének súlypontja esék egybe a merevítő elemek súlypontjával.

A merevítő falak, elemek, minél egyformábbak legyenek. A földszint kétirányú kellő merevsége igen fontos. Az 1974-es bukaresti földrengésnél szinte kizárólag azok a belvárosi épületek omlottak össze, melyeknél a földszintet üzletek céljaira kiváltották és a kiszedett merevítések kellő pótlását elmulasztották. Fontos még egy felső koszorú alkalmazása.

Könnyíteni kell a szerkezet saját súlyát, elkerülni a gyenge csomópontokat és elemeket.

Nagyon kell ügyelni a merevség arányában való gondolkozásnál. A földrengéseknél ez nagyon veszélyes, mert például ha az autó négy kerékűgőjából egyet kicserélünk egy 3-szor gyengébbre, rögtön meglátszik mit művel a kocsi...

Más szerkezeti megoldásokkal összehasonlítva, földrengések esetében (a helyes építkezési eljárás mellett) az acélvázaz építkezési mód a legellenállóbb, bár az acélszerkezetek igen gyengék a tűzzel szemben.

Olyan hatalmas földrengésnél is, mint amilyen az 1923-as tokiói földrengés volt (Richter skálán: 8,3), az acélszerkezetek viszonylag kis károsodást szenvedtek [5]. A rengésbiztonságot fokozza a szerkezet hajlékonysága, ami nagyobb energiaelnyelést biztosít más szerkezetekhez képest. A tapasztalatok szerint az acélszerkezet tízszer nagyobb deformációt visel el, mint egy vasbetonszerkezet. Mind a vasbeton, mind az acélszerkezeteknél az a kedvező, ha az épület egészében egységes a merevség, mert például a hajlékony földemek az alakváltozás különbözősége következtében nagy torzulásokat szenvedhetnek. Ezért a tervezők ugyanazon a szinten az oszlopokat és tartógerendákat egyenlő merevségűre tervezik, s csak fokozatosan változtatják emeletről emeletre. A vasbeton szerkezetek közül azok bizonyultak a legellenállóbbaknak, amelyeket monolit technológiával építettek. Nagypaneles vasbeton szerkezeteknél azok a megoldások előnyösebbek a rengésekkel szemben, amelyeknél minél kevesebb a hézag, azaz minél nagyobb panelekből állnak és a hézagoknál a panelek kapcsolatát a legbiztonságosabban oldják meg.

Az eddigi eredmények tehát amellettszólnak, hogy még a leghevesebb földrengések ellen is van reális lehetőség a védekezésre.

#### 4. Földrengésszámítási kérdések

A jelenleg érvénybe lévő romániai földrengés szabvány [6] az európai EC8 (EN 1998-1) földrengés szabványra támaszkodik, de meghaladja ezt. Míg az EC8 150 éves átlag visszatérési interval-

umot vesz figyelembe a földrengés méretére, a P100-1 225 évest ír elő (hosszabb időtartam alatt nagyobb földrengés jellemezhető). Egy másik lényeges különbség, hogy míg az EC8-ban két duktilitási osztály van (magas és közepes), a P100-1-ben egy harmadik is be lett vezetve (alacsony). Ezek a szabványok szigorú követelményeket tartalmaznak:

- végrehajtási követelmények (performance requirements);
- teljesítési kritériumok (compliance criteria);
- teherbírási vagy lábön maradási követelmény (no-collapse requirement);
- alakváltozási követelmények (damage limitation requirements).

A szerkezettervező a teherbírási követelmények biztosítására a következő módszereket alkalmazhatja:

- a vízszintes ekvivalens erő módszerét (lateral force method) amely az épületre ható vízszintes dinamikus erőket egyenértékű statikus erőkkel helyettesíti;
- válaszspektrum analízis (modal response spectrum analysis);
- nemlineáris statikus vagy eltolódás módszere (push over analysis);
- nemlineáris dinamikai vagy teher történeti (time-history) analízis;
- probabilisztikus módszer.

Jelenleg a tervezésben az első két módszert használják gyakrabban.

A földrengés hatása az épületre tulajdonképpen egy tehetetlenségi erő ( $F$ ), vagyis az épület tömege ( $m$ ) és a szerkezetbe indukált mozgás gyorsulásának ( $a$ ) szorzata (Newton törvény – 1687):

$$F = -m \cdot a \quad (1)$$

Eképp nyilvánvaló, hogy a szerkezeti gyorsulás a földrengés által indukált maximális vízszintes talajgyorsulás ( $a_g$ ) függvénye. Az  $a_g$  a viszonylagos gyorsulás ( $k_s$ ) és nehézségi gyorsulás szorzata:

$$a_g = k_s \cdot g \quad (2)$$

Az abszolút gyorsulások rugalmas válaszspektrumát vízszintes talajmozgásra ( $m/s^2$ -ben) a következőképp lehet meghatározni:

$$S_e(T) = a_g \cdot \beta(T) \quad (3)$$

A szerkezeti gyorsulást a talaj gyorsulásából kapjuk a válaszspektrumok alapján. A válaszspektrum görbék függnek:

- a talajosztálytól, vagyis a talajmozgás saját periódusától ( $T_c$ ) (1. ábra és 1. táblázat);
- a szerkezet dinamikai tulajdonságaitól (merevség, tömegeloszlás, sajátrezgés periódusai, szerkezeti csillapítási tényezők).

A normalizált vízszintes talajgyorsulás rugalmas  $\beta(T)$  válaszspektrumát,  $\xi = 0,05$  kritikus csil-



lapítás konvencionális értékére az alábbi képletek adják az ellenőrzési periódusok ( $T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$ ) függvényében:

$$T_C \leq T_B \quad \beta(T) = 1 + \frac{(\beta_0 - 1)}{T_B} \cdot T \quad (4.a)$$

$$T_B < T \leq T_C \quad \beta(T) = \beta_0 \quad (4.b)$$

$$T_C < T \leq T_D \quad \beta(T) = \beta_0 \cdot \frac{T_C}{T} \quad (4.c)$$

$$T > T_D \quad \beta(T) = \beta_0 \cdot \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \quad (4.d)$$

A fenti képletekben  $T$  a lengési periódusa egy 1 dinamikai szabadságfokkal rendelkező rugalmas szerkezetnek, míg  $\beta_0$  a talaj vízszintes gyorsulásának a dinamikus növelési együtthatója ( $\beta_0 = 2,5$ ). A  $T_C$  sarokperiódus az abszolút gyorsulások és relatív sebességek spektrumai közti határt jelenti és másodpercben mérik. A  $T_B$  egyszerűsítve számítható ( $T_B = 0,2 \cdot T_C$ ), míg a  $T_D$  a maximális relatív sebességek és a relatív elmozdulások spektrumai közti határt jelenti.

Mivel a szerkezettervezés és méretezés során a szerkezet a rugalmas-képlékeny tartományban dolgozik, a tervezési normalizált válaszspektrumot a  $q$  viselkedési tényező bevezetésével kapjuk. Így a tervezési szerkezeti gyorsulás spektruma a következő függvényekkel írható le:

$$0 < T \leq T_B \quad S_d(T) = a_g \cdot \left[ 1 + \frac{\beta_0 - 1}{q} \cdot T \right] \quad (5.a)$$

$$T > T_B \quad S_d(T) = a_g \cdot \frac{\beta(T)}{q} \quad (5.b)$$

Közelítő számításként használható a vízszintes erő módszere, ha a rezgésidők jól szeparáltak (vagyis nem kapcsolt rezgések) és az alap periódus:  $T < 1,6$  s.

Az alap nyíró erő értékét a következő képlet adja:

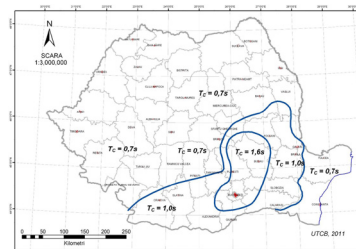
$$F_b = \gamma_I \cdot S_d(T_I) \cdot m \cdot \lambda \quad (6)$$

ahol  $S_d(T_I)$  a tervezési szerkezeti gyorsulás spektruma az alap periódusnál (vagy alap rezgésidőnél) [ $\text{m/s}^2$ ];  $T_I$  az alap rezgésidő (periódus) [s];  $\gamma_I$  az épület fontossági osztálya ( $\gamma_I = 0,8 \dots 1,4$ );  $m$  az épület tömege;  $\lambda$  módosító tényező (ha  $T_I < T_C$  és ha az épületnek több mint két szintje van, akkor 0,85; egyébként 1,0).

Az alap rezgésidőt több módszerrel lehet becsülni, például:

$$T_I = C_t \cdot H^{3/4} \quad (7)$$

ahol  $H$  az épület magassága (a befogástól számítva) [m], míg a  $C_t$  értéke acélszerkezeteknél 0,085; vasbetonszerkezet, illetve centrikusan merevített acélszerkezet esetében 0,075; a többi esetben 0,050.



1. ábra. Románia területi tagolása a  $T_C$  ellenőrzési periódus szerint [6].

1. táblázat. A  $T_B$ ,  $T_C$  és  $T_D$  ellenőrzési periódusok értékei a vízszintes földmozgáshoz [6]

$T_C$	0,70 s	1,00 s	1,60 s
$T_B$	0,14 s	0,20 s	0,32 s
$T_D$	3,00 s	3,00 s	2,00 s

## 5. Következtetések

A mai tartószerkezettervezés elképzelhetetlen földrengési védelem nélkül. A szabványok fejlődése a biztonság növelése irányában halad. A szerkezetek részletesebb nemlineáris vizsgálata időigényes és költséges lehet bonyolult nagy építmények esetében és komolyabb számítástechnikai felszerelést igényel. Amennyiben a tervező mérnök tisztában van a földrengés jelenségével és ennek az épületre gyakorolt hatásával, egyszerűsített eljárásokkal és helyes szerkezeti kialakítással is megfelelő biztonságot tud elérni.

## Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Musson R. M. W., Grünthal G., Stucchi M.: *The comparison of macroseismic intensity scales*. Journal of Seismology, Springer Verlag, 14/2. (2009) 413–428.
- [2] Suhadolc P., Sandron D., Fitzko F., Costa G.: *Seismic ground motion estimates for the M6.1 earthquake of July 26, 1963 at Skopje, Republic of Macedonia*, Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica, 39/2-3. spec. iss. (2004) 319–326, <https://doi.org/10.1556/AGeod.39.2004.2-3.13>
- [3] Kopenetz L. Gy.: *Gondolatok statikusoknak*. Kriterion Könyvkiadó, Kolozsvár, 2006.
- [4] Kegyes-Brassay O., Ray R. P.: *Earthquake Risk Assessment – Effect of a Seismic Event in a Moderate Seismic Area*, Acta Technica Jaurensis, 9/1. (2016) 1–15.
- [5] de Boer J. Z., Sanders D. Th.: *Earthquakes in human history: the far-reaching effects of seismic disruptions*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 2005, pp.278.
- [6] P100-1: *Cod de proiectare seismică*. Partea I – prevederi de proiectare pentru cladiri, MDRAP, 2013.



# FANUC SPIDER ROBOT PNEUMATIKUS ÉS KIMENETI RENDSZERÉNEK KIÉPÍTÉSE, VALAMINT TESZTELÉSE

## DEVELOPMENT AND TESTING OF THE PNEUMATIC AND OUTPUT SYSTEM OF THE FANUC SPIDER ROBOT

Korsoveczki Gyula,<sup>1</sup> Husi Géza,<sup>2</sup> Erdei Timotei István<sup>3</sup>

*Debreceni Egyetem, Debrecen, Magyarország*

<sup>1</sup> [korsoveczki.gyula@gmail.com](mailto:korsoveczki.gyula@gmail.com)

<sup>2</sup> [husigeza@eng.unideb.hu](mailto:husigeza@eng.unideb.hu)

<sup>3</sup> [timoteierdei@eng.unideb.hu](mailto:timoteierdei@eng.unideb.hu)

### Abstract

The topic of the given project is based on the development and testing of the pneumatic and output system of the FANUC Spider selecting robot that can be found at the Mechatronics Department, Engineering Faculty of the University of Debrecen. As result the robot became capable of several working procedure with the use of the pneumatic vacuum gripper and the use of digital outputs.

**Keywords:** *FANUC, spider robot, delta-parallel tripod, pneumatics, 3D printing.*

### Összefoglalás

A feladatmegvalósítás során a Debreceni Egyetem Műszaki Karán található FANUC Spider válogató robot pneumatikus és kimeneti rendszerének kiépítése valósult meg, valamint az elvégzett fejlesztések tesztelésre kerültek. Ennek eredményeként a robot képessé vált a pneumatikus vákuummegfogóval történő munkavégzésre, illetve digitális kimenetek használatára.

**Kulcsszavak:** *FANUC, spider robot, delta-parallel tripod, pneumatika, 3D nyomtatás.*

## 1. Bevezető

A Debreceni Egyetem Épületmechanikai Kutatóközpontjában, a „Cyber-Physical and Intelligent Robot Systems Laboratory”-ban, új technológiák kerülnek kifejlesztésre az ipar számára. A Mechatronikai Tanszéken található KUKA KR5 ipari robot [1] munkakörének bővítése történt meg egy korábbi fejlesztés során, egy köré épített robotcella lévén. A „Workstation”-önök révén lehetőség nyílik a laborban lévő robotegységek egyidejű összehangolt alkalmazására, mely az Ipar 4.0-ra keresztelt negyedik ipari forradalom egyik alapvetése [2], [3], [4]. A projekt célja folytatván az előbbi irányvonalat, egy modern ipari robot funkcióinak bővítése és lehetséges munkakörének tágitása volt a pneumatikus és kimeneti rendszerének megfelelő kiépítésével.

## 2. A robot és tartozékainak bemutatása

A projekt tárgyát képező robot egy delta-parallel kialakítású, hibrid párhuzamos kinematikával rendelkező válogató tripod, amit a japán FANUC Corporation gyártott. A robot 6db tengellyel rendelkezik, szabadságfokainak száma pedig szintén 6db. Maximális kinyúlása 280mm, maximális sebessége pedig 4000m/s. A robot ismétlési pontossága  $\pm 0.02\text{mm}$ , valamint 0.5kg hasznos teher elbírására képes. Teljes mechanikai tömege 23kg, tápellátás igénye pedig 50/60Hz, 200-230V, 1 fázis. Előszörreltel alkalmazták a robotot az elektronikában, finommechanikában, optikai-iparban, orvosi műszerek gyártásában és a gyógyszeriparban [5].

A robot fő vezérlése és működtetéséért a FANUC R-30iB Mate Open Air vezérlőszekrény látja el.

Kompakt kialakítású, nem Windows operációs rendszer alapú, valamint keretrendszer nélküli egység [6].

Az iPendant Touch a FANUC saját gyártású kézi kontrollere, mely lehetőséget ad a robot irányítására és ON\_LINE indirekt programozására [7]. A robot és a fő tartozékai az **1. ábrán** láthatók:

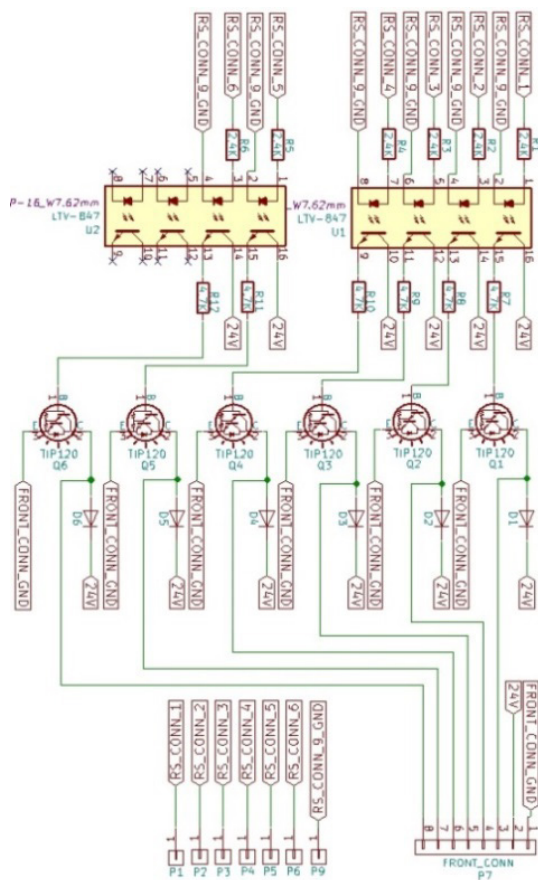
### 3. A kapcsolóáramkör megtervezése

A kimenetek fizikai elhelyezkedése a robot burkolata alatt található, jelszintjük pedig 24V egyenfeszültség. Egy kisméretű fekete csatlakozó tartalmazza őket és biztosít hozzáférést a felhasználók számára.

A kapcsolóáramkör feladata, hogy a robot adott kimenetéről érkező 24V-os jelfeszültség hatására működtesse a hozzá tartozó relét, és ezzel az elektropneumatikus mágnesszelepet. Az áramkör tartalmaz 2 db integrált áramkört, melyek fejenként 16 db lábbal rendelkeznek. Az első integrált áramkör 1-es, 3-as, 5-ös és 7-es lábaira, valamint a második integrált áramkör 1-es és 3-as lábaira rendre az RO1, RO2, RO3, RO4, RO5 és RO6 robot kimenetek vannak csatlakoztatva, kimenetenként 1 db 2,5k $\Omega$  nagyságú ellenállás sorba kapcsolásával. Az első integrált áramkör 2-es, 4-es, 6-os és 8-as, valamint a második integrált áramkör 2-es és 4-es lábai pedig a FANUC GND kimenetével vannak összekötve. Az első eszköz 16-os, 14-es, 12-es és 10-es lábaira és a második eszköz 16-os és 14-es lábaira 24 V tápegységi egyenfeszültség csatlakozik, míg a 15-ös 13-as, 11-es, 9-es, illetve a második integrált áramkör 15-ös és 13-as lábai pedig Darlington-ok bázis lábaira vannak kötve, Darlington-onként egy 4,7k $\Omega$  nagyságú ellenállás segítségével. Alkalmazásra került egy tápegység, mely 24V egyenfeszültség és 3A egyenáram szolgáltatásra képes. A Darlington-ok kollektor lábai a tápegységi egyenfeszültséghez csatlakoznak, míg az emitter lábuk a tápegység GND csatlakozására. Mivel a kimenetek, illetve a Darlington-ok nem közös földre vannak kötve, így megvalósul a galvanikus leválasztás, ami védelmet nyújt a robot számára az áramkör esetleges meghibásodásakor. A kapcsolóáramkör tartalmaz továbbá Dar-

lington-onként 1 db védődiódát, amik a relékkel vannak párhuzamosan bekötve a 24 V-os tápegységi egyenfeszültségre és a Darlington-ok kollektor lábaira. Feladatuk a relé védelme a visszafolyó áramtól. A robot kimeneteiről érkező jelek egy RS232 csatlakozóba futnak be. A lábak 1-től 6-ig rendre össze vannak kötve a robot kimeneteivel RO1-től RO6-ig, valamint a robot egyik GND kimenete is befut a csatlakozóba, a 9-es lábra. A jelek fogadására használt TIL199 integrált áramkörök bemeneti oldalát fejenként 4 db infra LED alkotja, melyek nyitófeszültsége 1,2V. [8] Mivel a FANUC robot kimeneteinek jelszintje 24 V egyenfeszültség, ezért kimenetenként 2,5 k $\Omega$ -os ellenállással korlátozza le ezt a nyitófeszültség szintjét. Hasonló korlátozó szerepet látnak el a 4,7 k $\Omega$ -os ellenállások is, mivel a TIP120G típusú Darlington-okat 4,4 mA áramerősség vezérli. Az áramkör kapcsolási rajza a **2. ábrán** látható.

A robot kimenetéről érkező 24 V-os jelszint beérkezik az RS23 csatlakozóba, majd azt követően a 2,5k $\Omega$  nagyságú ellenállás lekorlátozza az infra



**1. ábra.** A robot és fő tartozékai [5] [6] [7]

**2. ábra.** Az áramkör kapcsolási rajza

LED nyitófeszültségére. Ennek hatására az infra LED kapcsolja az integrált áramkör kimeneti oldalán található foto Darlington-t, ami ebben az esetben vezető szerepet tölt be. Az átengedett áramértéket a 4,7 k $\Omega$ -os ellenállás lekorlátozza a Darlington kapcsolási bázisáramának szintjére. Ennek hatására vezetőként funkcionál. Ez működésbe hozza a relét és a mágnesszelepet, ami így állást vált. A robot kimeneti jelének megszűnésével pedig a kapcsolóáramkör zár, a mágnesszelep visszatér alaphelyzetébe.

#### 4. Az elektropneumatikus hálózat egységei

A működtetett egység egy pneumatikus vákuum megfogó. Teljes hossza 10 mm, súlya pedig 5,5g. Anyaga rozsdamentes acél. Menetes csatlakoztatási lehetőséggel rendelkezik, valamint szívókorongjai cserélhetőek. Az alkalmazott szívókorong harmonika kialakítású, ezáltal érvényesül a redők rugalmas hatása így kiküszöbölhető vele kisebb felületi egyenetlenség is [9].

A vákuumképző szerv egy SMC gyártotta ZH típusú vákuum ejektor, amelynek maximális vákuum nyomása elérheti a -90 kPa nagyságot. Az egység 3 db csatlakozással rendelkezik. [10]. Az 1 (P) csatlakozás a levegő tápellátás, a 2 (V) csatlakozása pedig a munkacsatlakozás. Az ide becsatlakozó csőszakaszban hoz létre vákuumot az ejektor. A 3 (E) csatlakozáson távozik a levegő a vákuumképzés során [10]. A sűrített levegő kiáramlási zajának csökkentésére a vákuum ejektor rendelkezik egy hangtompítóval, mely az SMC által gyártott, ANA1 típusú egység, ami a hangszintet 40dB alatt tartja [11].

Az alkalmazott szelep egy SMC gyártmányú, VZ51-es típusú, elővezérelt 3/2-es monostabil rugóvisszatérítéses alaphelyzetben zárt mágnesszelep. Működtetése 24V egyenfeszültséget igényel, a kapcsolt levegő nyomástartománya pedig 0,15MPa és 0,7MPa közé esik. A szelep 3 csatlakozással rendelkezik, melyek közül a 2 (A) jelű a munkacsatlakozás, az 1 (P) jelű a levegő tápellátás csatlakozása, a 3 (R) jelű pedig a leszellőzés. Állásainak száma 2. [12].

A beérkező levegő szabályozása egy SMC által gyártott, AR10-M5-Z típusú nyomásszabályozó és egy SMC G27-10-R1 típusú nyomásmérő használatával valósul meg. Helyet foglal továbbá egy indikátor is a nyomásszabályozó egységen egy 0–1MPa intervallumú skálával. Az egység hatlapfejű menetes műanyag gyűrű segítségével rögzíthető átmenő furaton. [13].

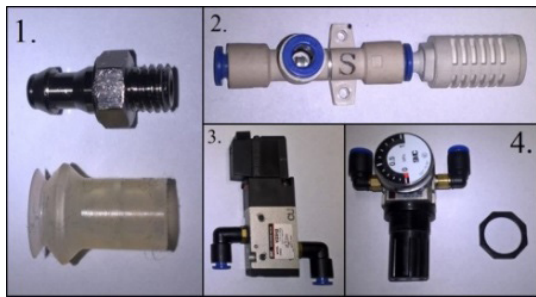
Az alkalmazott egységek az 3. ábrán láthatóak:

#### 5. A 3D nyomtatott megfogó tartó

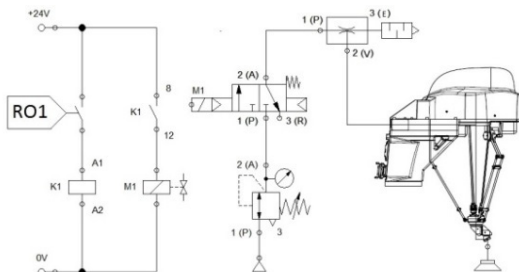
A pneumatikus vákuummegfogó működtetéséhez szükség volt egy megfelelő geometriájú tartóra. Mivel a vákuum megfogó működtetéséhez a függőleges pozíció az legmegfelelőbb, így a tartó hosszmerete befolyásolja a robot felhasználható munkaterét, mivel a robot munkaterete gömb alakú, ezért a magasabb Z pozíció kisebb oldalirányú mozgástartományt eredményezhet. A pneumatikus cső elvezetése szintén fontos tényező. Mivel a cső sugárpályán halad a tartóban, így annak igazodnia a kell a pneumatikus cső anyagára és a jellemző hajlítási sugárhoz, mely 20mm. A megfogó tartó a Solid Edge nevű tervezőprogram használatával és 3D nyomtatási technológiával készült.

#### 6. A jeltovábbítás megvalósítása

A robotból érkező jelek megfelelő sorrendben történő gyűjtésére egy fém platform került rögzítésre annak belsejében egy RS232 csatlakozó számára. A fizikai kapcsolatot az áramkör és a platform között UTP kábel képezi. Ezt követően az áramkörhöz relék kerültek társításra, melyek általános célú Finder 55.34.9.024.0040 típusszámú kisméretű ipari relék, valamint Finder 94.74 típusú jelfogó foglalatok, amelyek kompatibilisek a 35mm-es szabvány DIN sínnel, ahogyan a kapcsolóáramkört tartalmazó doboz, illetve a tápegység is. Az elektropneumatikus működtetés, valamint kapcsolata az áramkörrel a 4. ábrán látható.



3. ábra. Az alkalmazott egységek



4. ábra. A működési vázlat

```

1: UFRAME_NUM=2      8: L P [5] 100mm/sec FINE
2: UTOOL_NUM=3       9: L P [6] 100mm/sec FINE
3: L P [1] 100mm/sec FINE 10: L P [7] 100mm/sec FINE
4: L P [2] 100mm/sec FINE 11: RO [1: OFF] = OFF
5: L P [3] 100mm/sec FINE 12: WAIT .10(sec)
6: RO [1: OFF] = ON      :
7: L P [4] 100mm/sec FINE 119: L P [1] 100mm/sec FINE
                                [END]

```

## 5. ábra. Az áramkör kapcsolási rajza

A kimeneti 24 V-os jelfeszültség esetén a kapcsolóáramkör működésbe hozza a megfelelő relét és jelen esetben a mágnesszelepet. A megfogó vezérlése az RO1 kimenettel és a K1-es relével történik. Amíg a robot kimenetén jelen van a 24 V-os jel-szint, jelen van a vákuum. A jel megszűnésével pedig az is megszűnik.

A pneumatikus egységek stabil elhelyezésének céljából egy hegesztett, fém platform készült, továbbá a feladatvégzés optimalizálásához egy munkaasztal is, mely a robot WORLD koordináta rendszerének X, Y, és Z irányával párhuzamosan állítható.

## 7. A tesztprogram

Utolsó lépésként az elvégzett fejlesztések tesztelése történt meg egy tesztprogram révén. A program egy „pick and place” folyamatot valósít meg, melynek során eltérő alakú, súlyú és felületű munkadarabok mozgatása történik. A programkód részlete az 5. ábrán látható:

## 8. Következtetések

A projekt során a robot elektropneumatikus megfogó rendszere, valamint digitális kimeneti rendszere került kiépítésre, melynek köszönhetően feladatköre és lehetőségei jelentősen bővültek. További fejlesztési lehetőség a robotcella kiépítése, mely magába foglal konvejpályát, szenzorokat és aktuátorokat, valamint kamerarendszert.

## Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Erdei T. I., Molnár Zs., Obinna N. C., Husi G.: *Cyber physical systems in mechatronic research centre*. MATEC Web Conference, 126. (2017).  
<https://doi.org/10.1051/mateconf/201712601006>
- [2] Erdei T. I., Molnár Zs., Husi G.: *Robot visual and virtual control technology in industrial environ-*

*ment*. WoS (Web of Science) publication, International Symposium on Small-Scale Intelligent Manufacturing Systems (SIMS), Narvik, NORWAY- IEEE, Jun 21-24, 2016.

<https://doi.org/10.1109/SIMS.2016.7802902>

- [3] Erdei T. I., Molnár Zs., Obinna N. C., Husi G.: *A Novel Design of an Augmented Reality Based Navigation System & its Industrial Applications*. 15th IMEKO TC10 – Technical Diagnostics in Cyber-Physical Era Budapest, Hungary, 6 – 7 June, 2017 - Organised by: MTA SZTAKI – Hungarian Academy of Sciences - Institute for Computer Science and Control.
- [4] Obinna N. C., Erdei T. I., Molnár Zs., Husi G.: *LabVIEW Motion Planning and Tracking of an Industrial Robotic Manipulator (KUKA KR5 arc): Design, Modelling, and Simulating the Robot's Controller Unit*. In: A XXII. Fiatal műszakiak tudományos ülésszak előadásai. Proceedings of the 22<sup>th</sup> international scientific conference of young engineers, Kolozsvár/Cluj, Románia, Műszaki Tudományos Közlemények 7. (2017).  
<https://eda.eme.ro/handle/10598/29838>
- [5] FANUC Hungary Kft., *M-1iA 0.5A*.  
<http://www.fanuc.eu/hu/hu/robotok/robotsz%c5%b1r%c5%91-lap/m1-sorozat/m-1ia-05a>. [Hozzáférés dátuma: 23.02.2019.].
- [6] FANUC America Corporation, *R-30iA Mate controller*. [Hozzáférés dátuma: 23.02.2019.]  
[http://www.msamc.org/aimss/documentation/pdf/manuals/lr\\_mate\\_manuals/R30iA%20Mate%20Controller.pdf](http://www.msamc.org/aimss/documentation/pdf/manuals/lr_mate_manuals/R30iA%20Mate%20Controller.pdf)
- [7] FANUC Hungary Kft., *FANUC iPendant Touch*.  
<http://www.fanuc.eu/hu/hu/robotok/tar-toz%c3%a9kok/r-30ib-vez%c3%a9rl%c5%91/ip-endant-touch>. [Hozzáférés dátuma: 23.02.2019.].
- [8] Alldatasheet, *TIL199*. [Hozzáférés: 23.02.2019.]  
<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/85195/ETC/TIL199.html>
- [9] Mátyás A.: *Vákuum megfogó és ejektor*, Vákuumos megfogó- és emelőberendezések, 22.10.2005.
- [10] SMC Pneumatics, *Vacuum Equipment*.  
<https://www.smc-pneumatics.com/pdfs/ZH.pdf> [Hozzáférés dátuma: 23.02.2019.].
- [11] SMC Pneumatics, *ANA1 Silencer*.  
<https://content2.smcetech.com/pdf/ana1.pdf> [Hozzáférés dátuma: 23.02.2019.].
- [12] SMC Pneumatics, *3 port Solenoid Valve*,  
<https://content.smcetech.com/pdf/VZ500.pdf> [Hozzáférés dátuma: 23.02.2019.].
- [13] SMC Pneumatics, *Pressure Gauge for General Purpose*. Hozzáférés dátuma: 23.02.2019.].  
<https://datasheet.octopart.com/G27-10-R1-SMC-datasheet-32029199.pdf>.



# MODERN, VEZETÉK NÉLKÜLI HÁLÓZATOK FEJLESZTÉSÉNEK AKADÁLYAI, MEGOLDÁSAI ÉS ALKALMAZÁSAI

## OBSTACLES, SOLUTIONS AND APPLICATIONS FOR THE DEVELOPMENT OF MODERN WIRELESS NETWORKS

Kovács Márk,<sup>1</sup> Johanyák Zsolt Csaba<sup>2</sup>

Neumann János Egyetem, GAMF Műszaki és Informatikai Kar, Kecskemét, Magyarország

<sup>1</sup> [kovacs.mark@gamf.uni-neumann.hu](mailto:kovacs.mark@gamf.uni-neumann.hu)

<sup>2</sup> [johanyak.csaba@gamf.uni-neumann.hu](mailto:johanyak.csaba@gamf.uni-neumann.hu)

### Abstract

This study describes 5G, the latest wireless technology that is currently under development. It will ensure increased bandwidth as well as newer and higher quality antennas. 5G is actually about further developing 4G/LTE. Due to the rapidly growing number of network devices, the current LTE technology will soon be unsatisfactory in terms of quality of service (QoS), therefore a new concept was needed.

The solution of the problem depends on the quality and complexity of the antennas as well as the traffic management. The plan of the Fifth Generation Network focuses on these issues to provide more accessible, faster, and more reliable services. The new technology will offer a lot of opportunities for IoT compatible devices like self-driving vehicles or in healthcare. In our opinion we will soon arrive to the world of unlimited Internet access.

**Keywords:** 5G, latency, small cell, MIMO, Full Duplex.

### Összefoglalás

A tanulmány a hamarosan bevezetésre kerülő 5G legújabb technológiáit járja körbe, a sávszélesség tekintetében az újabb és jobb minőségű antennák segítségével. Az 5G technológia valójában a 4G/LTE továbbfejlesztését jelenti. A rohamosan növekvő hálózati készülékek száma miatt hamarosan a jelenlegi LTE technológia nem lesz kielégítő a szolgáltatás minősége (QoS) szempontjából, ezért szükség van egy újabb koncepcióra.

A probléma megoldása az antennák minőségén, összetettségén, illetve a forgalom irányításon múlik. Az ötödik generációs hálózati terv ezekre fekteti a hangsúlyt, hogy elérhetőbb, gyorsabb, megbízhatóbb szolgáltatást nyújtson. Az új technológia rengeteg lehetőséget fog nyújtani az eszközök internetének (IoT) területén, mint például az önvezető járművekben vagy az egészségügyben. Véleményünk szerint hamarosan a korlátlan internet elérhetőség világába érkezünk.

**Kulcsszavak:** 5G, késleltetés, kis cella, MIMO, teljes duplex.

### 1. Bevezetés

Az első generációs vezeték nélküli hálózatok az 1970-es évek elején jelentek meg mindössze 2.4 Kbps adatátviteli sebességgel, ami csak hanghívásokra volt használható. 1990-től, a 2G megjelenésével már megbízhatóbbá vált a kapcsolat, és a digitális jelek használata is megjelent, ami lehe-

tővé tette a jól ismert SMS és e-mail szolgáltatások használatát. A harmadik generáció 2000 körül került bevezetésre, melynek sebessége a 21,6 Mbps-ot is elérhette, ezzel javítva a hangminőséget, lehetővé téve az első videokonferenciákat. Azonban ez a hálózat még mindig túl lassúnak és túlságosan költségesnek bizonyult. A jelenlegi 4G háló-

zatok 2010-ben kerültek bevezetésre nagy előrelépést jelentve a 3. generációs hálózatokkal szemben. A sávszélesség eljutott arra a szintre, ahol már a médiatartalmak is élvezhető minőségben vihetők át. Azonban felhasználószám növekedése miatt a technológia további fejlesztésre szorul. További problémaként jelent meg emellett, hogy a 4G használatakor az eszköz akkumulátor üzemideje is csökken. [1][2]

## 2. 4G/LTE hálózatok

### 2.1 Kialakítás

2010-ben kezdődött a negyedik generációs hálózatok kiépítése és használata. A 4G jóval költségkímélőbb, mint elődjei. Nagyobb lett az adatátviteli sebesség, ami így átlagosan 100 Mbps körül mozog, de elérheti akár az 1 Gbps-t is. Ez a sávszélesség már lehetővé teszi a jó minőségű tartalmak továbbítását.

A főbb fejlesztés az LTE-A, azaz Long Term Evolution Advanced, ami az LTE továbbfejlesztését jelenti, egy lépés az 5G felé. A mobilhálózatok sok esetben töredezve, nem egy bizonyos frekvenciasávot használnak, ami lassítja az adatátvitelt. Ezt oldja meg az úgynevezett vivő aggregáció, hogy különböző spektrumokból legfeljebb 20 csatornát egyesítsenek egyetlen adatfolyamba.

Az LTE-A további fejlesztése a MIMO (Multiple Input Multiple Output) technológia, ami lehetővé teszi, hogy az eszközök kétszer annyi antennát

használjanak, ezzel nagyobb adatátviteli sebességet elérve. [3]

### 2.2. Elterjedtség

Mostanra a 4G hálózatok elég jól elterjedtek, világszerte 39%-ban használják. Már a legolcsóbb okos telefonok is támogatják legalább a normál LTE technológiát, de a legtöbb okos eszköz a kétszer gyorsabb LTE-A hálózatokat is kezeli. Az összes magyar mobilszolgáltató szinte országosan teljes lefedettségű negyedik generációs hálózattal rendelkezik.

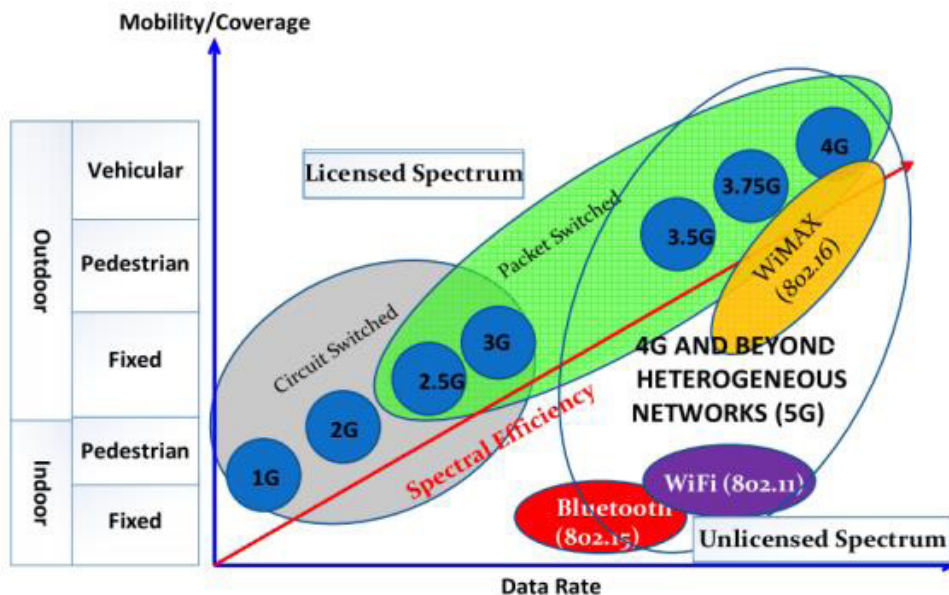
### 2.3 Hiányosságok

Az okostelefonok és egyéb hálózati eszközök rohamosan növekvő száma miatt a jelenlegi hálózat nem tudja majd kiszolgálni a klienseket elég gyorsan. Emellett egyre fontosabb lesz, hogy a jelenleginél kevesebb legyen a késleltetési idő és nagyobb a lefedettség.

## 3. 5G vezetékek nélküli hálózatok terve

### 3.1. Milliméteres hullámok

Jelenleg a hálózati eszközök olyan frekvencia spektrumban működnek, ami már kezd túl zajos és zsúfolt lenni a növekvő eszközök száma miatt, ami gyenge minőségű szolgáltatáshoz vezethet. Erre hozzák létre az úgynevezett milliméteres hullámokon alapuló kommunikációt, ami új



1. ábra. Vezeték nélküli technológiák fejlődésének folyamata [4]



frekvenciatarományokat von be a távközlésbe. A milliméteres hullámok tartománya 300 GHz-ig terjedhet. Ezek a szekciók korábban nem voltak még használva, ezért nem zajosak. Hátrányuk azonban, hogy ezek a hullámok nem képesek átmenni a falon vagy egyéb akadályon.

### 3.2. Kis cellák és masszív MIMO

Annak érdekében, hogy az akadályok ne befolyásolják a hullámok terjedését sok kis adótoronyt kell kiépíteni egymáshoz közel, így az akadályok kikerülhetővé válnak. Mozgás esetén a készülék automatikusan át kell tudjon kapcsolni egyik cellából a másikba.

A MIMO több bemenetet és kimenetet jelent. Egy bázisállomáson több antenna található a cellás adatforgalom kezelésére. Míg a szabványos MIMO hálózatok kettő vagy négy antennát használnak, addig ma már az újabb fejlesztéseknek köszönhetően már jóval több antennája van egy bázisállomásnak, így növelve a lefedettséget és a gyorsabb válaszidőt.

Az egyre nagyobb számú antenna alkalmazásával az eszköz minden irányból és irányba kaphat és küldhet is információt. Ehhez már viszont szükséges az úgynevezett beamforming, ami egyfajta jelző lámpa, ami biztosítja, hogy egy bizonyos felhasználónak fókuszált adatokat küldjön. Jóval hatékonyabb módszer, mert így több adatot tud küldeni és fogadni egyszerre. [4][5]

### 3.3. BDMA (Beam Division Multiple Access)

A jelenleg használt kommunikációs rendszerekben kétféle technológiát alkalmaznak, az időosztásos többszörös hozzáférést (Time-Division Multiple Access, TDMA), illetve a frekvenciaosztásos többszörös hozzáférést (Frequency Division Multiplex Access, FDMA) technológiát. Sajnos egyik megoldás sem tökéletes, mert az időmegosztásos TDMA egy bizonyos frekvenciasávot oszt meg, ami annyit jelent, hogy a felhasználók csak időköz-

önként kapják meg a jelet felváltva, ami a forgalom lassulását eredményezheti. Néhány év múlva a jelenlegi többszörösére emelkedhet a mobil felhasználók száma, ami megnehezíti a jól működő technológia kiépítését.

Az FDMA megoldásban a csatorna sáv szélességét egymástól független alcsatornákra osztják, és ezekből minden felhasználó kap egyet. Ez a megoldás azonban a forgalom váltakozása miatt nem túl hatékony, mert lehetnek kihasználatlan és túlterhelt csatornák is egyszerre.

A két jelenleg használt technológiát le kell cserélni egy jobb módszerre. A BDMA technológia ezt a feladatot próbálja megoldani. A koreai mérnökök által kidolgozott javaslat független a frekvenciától és az időtől. Ebben a technológiában a bázisállomás külön sugárzást rendel minden mobil állomáshoz, ami csak az eszköz aktuális helyzetének és mozgási sebességének kiértékelése után történik meg. Ha hasonló szögben helyezkedik el több mobil eszköz, akkor TDMA segítségével megoszthatják az egyik sugárzást. Ez a megoldás hatékonyabb, mert jobban elosztja az erőforrásokat a felhasználók között. [6]

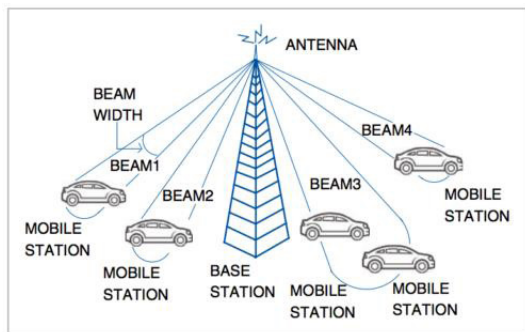
## 4. Helyi vezetékes és vezeték nélküli hálózatok összehasonlítása

Az ötödik generáció olyan nagy áttörést jelenthet a vezeték nélküli kommunikációban, hogy akár később a helyi vezetékes hálózatok megszűnését eredményezheti.

A jelenleg elterjedt helyi hálózatokban a 2,4 GHz-es frekvenciasávú WiFi kezd túlságosan túlterheltté, forgalmassá válni, ha egyszerre többen szeretnék használni. Az újabban bevetésre került nagyobb frekvenciasávú 5 GHz-es vezeték nélküli szabvány megbízhatóbb sebességet nyújt és elérhetőséget több felhasználó esetén is. Egyetlen hátránya a 2,4 GHz-es hálózattal szemben, hogy kisebb hatótávolsága van, de ez nem olyan jelentős tényező, mert általában kis helyeken, otthon vagy irodában használatos ez a szabvány.

Az 5G bevezetésével várhatóan vezeték nélküli tudunk csatlakozni az 5G hálózatra az 5 GHz-es szabvány segítségével, ezzel szinte teljesen kihagyva a vezetékes hálózatokat. Már jelenleg is működik hasonló megoldás egyes szolgáltatóknál, az úgynevezett MIFI hordozható WiFi hotspot készülék használatával, melyek a jelenlegi LTE-A hálózatokon tapasztalataink szerint is jól működnek.

Meglátásunk szerint a jövőben ez a technológia fog elterjedni a vezetékes hálózatokkal szemben



2. ábra. Beam Division Multiple Access [6]

nem csak a helyi hálózatokban, hanem világszerte is, ami a WWW (World Wide Wireless Web) kialakulását segíti elő. Az üvegsszál technológia jó megoldás lenne, ami sebesség tekintetében nagy előrelépést jelentene alternatívaként, de a teljes kiépítése hatalmas költségekkel jár, ezzel szemben az 5G jobb feltételeket ígér.

## 5. 5G az Internet of Things területén

Az Ipar 4.0 korában az IoT számos területén újabb fejlesztések várhatóak. Az 5G használatával úgynevezett Direct Device-to-Device kommunikáció jöhet létre, ami segíti az IoT fejlődését is. Emellett az eszközök közötti közvetlen csatlakozás nagyban csökkentheti a késleltetési időt.

Az önvezető autók érzékelői hatalmas mennyiségű adatot generálnak, mint például a hőmérsékletet, időjárást, az aktuális GPS helyzetet vagy éppen, hogy hol történt baleset, hol lehet akadály a közlekedésben. Ezek feldolgozása sok energiát vesz igénybe. A nagyobb sebesség és az alacsony késleltetési idő lehetővé tudja tenni, hogy ezek az adatok folyamatosan legyenek mindig, és azok alapján jó döntéseket tudjon hozni a jármű illetve, időben tudja a vele forgalomban részt vevő hasonló okos járművet informálni. Erre a gyors döntéshozó képességre nagy szükség van, mert aki folyamatosan vezet, tudja, hogy akár pillanatokon múlik egy adott helyzetben a helyes döntés meghozatala.

Az 5G nagy lehetőségeket nyújthat az egészségügy számára is. Az úgynevezett „Internet of Medical Things”, olyan új technológiát jelent, mint a klinikai hordozható eszközök, távérzékelők és egyéb más eszközök segítségével az orvosok távolról megfigyelhetik a betegek állapotát. Az adatok kielemezésével könnyebb lehet a diagnózis és a kiválasztott kezelés hatásának nyomon követése. Emellett megvalósulhat a távorvoslás elterjedése is a kiváló minőségű videokonferenciák biztosításával. [7]

## 6. Következtetések

Ha a tervek megvalósulnak, 2020 után elkezdődhet az ötödik generációs hálózatok bevezetése. Az adatátviteli sebesség hatalmas mértékben növekedhet, ami minimum 1 Gbps-tól egészen a több Gbps-ig terjedhet, és ez azt jelenti, hogy például

egy HD film letöltése néhány másodperc alatt megtörténhet. Még csak laboratóriumban, de 2017 őszén, Budapesten a Magyar Telekom és az Ericsson 22 gigabites letöltési sebességet ért el. Az ígért 1 ms körüli késleltetési idővel sok területen nagy fejlődés várható.

A cikkben nem került említésre egy olyan tényező, ami nagy jelentőséggel bírhat, és pedig az a kérdés, hogy ez az új technológia mennyire befolyásolja egészségünket. Az egymáshoz jóval közelebb elhelyezett antennák a korábbinál nagyobb sugárzást jelentenek, és így még nem ismert egészségügyi kockázatok merülhetnek fel.

## Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk a kutatás támogatásáért, amely az EFOP-3.6.1-16-2016-00006 „A kutatási potenciál fejlesztése és bővítése a Neumann János Egyetemen” pályázat keretében valósult meg. A projekt a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával, a Széchenyi 2020 program keretében valósul meg.

## Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Majid I. B., Naira N., Insha M., Kamran A. N., Suhaib A.: *Evolution of Mobile Wireless Communication Systems from 1G to 5G. A Comparative Analysis*. International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology, 4/1. (2018) 1–8.
- [2] Abhishek Gupta, Bhavesh Mishra: *A Survey on Wireless Technology 5G*. International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering, 2016/9. 16330–16337.
- [3] Gopal B. G., Kuppusamy P. G.: *A Comparative Study on 4G and 5G Technology for Wireless Applications*. IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering, 10/6, (2015), 67–72.
- [4] Akhil G., Rakesh K. J.: *A Survey of 5G Network: Architecture and Emerging Technologies*, IEEE Access, 3. (2015) 1206–1231.
- [5] Sagarkumar P., Harshad P., Shivam Shah: *Review On 5G Wireless Technology*. IJSRCSEIT, 3/3. (2018) 1618–1621.
- [6] Electronicsforu, *How Does BDMA Technology Work in 5G Network?*, 2018. (letöltve: 2019.02.3.). <https://electronicsforu.com/resources/le-rn-electronics/bdma-technology-5g-network>
- [7] Darrell M. West: *How 5G technology enables the health internet of things*. BJ Center for Technology Innovation at BROOKINGS, July 2016

# OKTATÁSI ÉPÜLETEK KÜLÖNLEGES ÉPÍTÉSZETI IGÉNYEI

## SPECIAL ARCHITECTURAL REQUIREMENTS OF EDUCATIONAL BUILDINGS

Kovács Péter,<sup>1</sup> Molnár Tamás,<sup>2</sup> Kósa Balázs<sup>3</sup>

*Pécsi Tudományegyetem, Műszaki és Informatikai Kar, Vizuális Ismeretek Tanszék, Pécs, Magyarország*

<sup>1</sup> [kope.hun@gmail.com](mailto:kope.hun@gmail.com)

<sup>2</sup> [tmolnar@mik.pte.hu](mailto:tmolnar@mik.pte.hu)

<sup>3</sup> [kosa.balazs@mik.pte.hu](mailto:kosa.balazs@mik.pte.hu)

### Abstract

In the decades elapsed since the construction of the majority of educational buildings in Hungary, there have been various social, economic, and demographic developments that affect the utility of existing infrastructure. These changes present special requirements – those not met by existing, often heritage buildings – setting a challenge to both architects and decision makers. The aim of this study is to analyze the various aspects of these developments and reflect on the extant architectural framework of education, serving as a basis for further investigations on ways architecture can enhance the learning environment.

**Keywords:** *built heritage, educational buildings.*

### Összefoglalás

A Magyarország oktatási épületállományának megépülte óta eltelt évtizedekben számtalan gazdasági, társadalmi változás ment végbe. E változások új – különleges – igényeket támasztanak, új kihívások elé állítva döntéshozókat és építészeket. E tanulmány célja elemezni ezen változásokat és hatásukat a meglévő épületállomány hasznosítására.

**Kulcsszavak:** *épített örökség, oktatási épületek, épület-rehabilitáció.*

## 1. A meglévő épületállomány elemzése

Magyarország oktatási épület-állományának gerincét a XX. század közepén, második felében létrejött épületek alkotják, kiegészülve a korábbi, ma már az épített örökségünk részét képező és kis számban későbbi, a rendszerváltás utáni építészet eredményeként létrejött iskolaépületekkel. Ennek eredményeképpen olyan infrastruktúráról beszélhetünk, melynek fejlesztése korunkban és a jövőben is kihívás elé állítja az építész-társadalmat. A tanulmány célja számba venni és megvizsgálni az oktatás épített környezetét, illetve a megváltozott igényeket, melyekkel feléjük fordul a társadalom.

A több száz év alatt kialakult állomány nem csak az épületek különbségei által, de azok megoszlása szerint is igen változatos képet mutat. Más-más

városok, tájegységek határozottan eltérő képet mutatnak, gazdasági helyzetük, demográfiai történetük következtében. Következésképpen, amennyiben az építész szakma által hasznosítható tanulssággal bíró vizsgálatot szeretnénk folytatni, nem célszerű statisztikai módszerekhez folyamodnunk, mivel a régiók, települések közti különbségek által lehetetlen egy átfogó kép kialakítása.

Célravezetőbb egy tipológia felállítása, melyben a tanulmányban meghatározott szempontok szerint hasonló elemeket tekintjük típusnak, és e típusokra vonatkoztatva végezzük vizsgálatunkat.

A tanulmány először is ezeket a szempontokat tárja föl, melyek egyfelől a hatások, melyek kihatnak az oktatási építészetre, másfelől az elvárások, melyeket a társadalom támaszt az épületek felé.

## 2. Az igények változása és a változást kiváltó hatások

### 2.1 Gazdasági hatások

Az épületállomány változásaira kiható szempontok közül különösen erősen jelentkezik a gazdasági tényezők hatása. A többi szempont, melyet vizsgálunk, társadalmi igényként jelentkezik, de ezen igények minden esetben valamely gazdasági mechanizmuson átszűrve jelennek meg az építési tevékenységben. E szempontok közé sorolható az oktatásra fordított állami források mennyisége, az iskolák üzemeltetésének centralizálása vagy decentralizálása, a különböző oktatási formák, anyagi támogatottsága.

Itt fontos megjegyeznünk az e mechanizmusok működéséből létrejövő gazdasági egyenlőtlenségeket is, melyek hatása a kisebb társadalmi nyomást élvező oktatási formák, kisebb érdekérvényesítő képességű társadalmi csoportok lakta régiók oktatási infrastruktúrájának minőségén megfigyelhető.

### 2.2. Demográfiai hatások

Új oktatási épületek létrehozásának fő mozgató ereje a népesség változása. A múlt század fejlesztései mögött álló nagymértékű urbanizáció hozta létre a jelenlegi oktatási épületek javát, míg az elmúlt két évtizedben a szuburbanizáció keltett igényt új intézmények, épületek létrehozására. A népességszám változásain felül az adott régió népességének kora, társadalmi, etnikai hovatartozása, ezek változása is szerepet játszhat az oktatási infrastruktúra alakulására.

### 2.3. Oktatásmódszertan

A közoktatásban az oktatás modellje az elmúlt évszázadokban, a protestáns iskolák megjelenése óta nem változott oly mértékben, hogy történeti iskolaépületekben ellehetetlenítse az iskolák működését – az ettől eltérő, alternatív iskolák új intézményként, új épületekkel jelentkeznek. [1] Számos kisebb változás azonban hatással van a korábbi épületek használhatóságára.

Az oktatásmódszertan építészetben legerősebben jelentkező vetülete az osztálylétszámok változásából ered. Bár e tényező gazdasági vetületei által megkötésekbe ütközik, hosszú távú tendenciaként az osztálylétszámok csökkentése figyelhető meg. A tanulók iskolában töltött ideje jellemzően nő, így felmerül az igény a tanulmányi funkciókon kívüli szociális igényekre jobban reflektáló iskolaépítészetre.

### 2.4. Szociális igények

Az előzőekből következően olyan igények építészeti vetülete is megjelenhet oktatási épületeken, melyek kilépnek a szigorúan vett oktatási tér definíciójából. A hallgatók szociális igényeinek teljesebb körű kielégítésén túl teret nyerhet az iskola közösségi szerepe is. Ez jól tetten érhető a szuburbanizáció okán létrejött iskolaépületeken, ahol a meglévő infrastruktúra hiányában még hangsúlyosabban jelenik meg az iskola szerepe a közösség életében.

### 2.5. Épületfizikai igények

Épületfizikai szempontból vizsgálva két fő okból változnak oktatási épületekkel szemben támasztott igényeink. Egyfelől a gazdaságos fenntarthatóság igénye jelentkezik egyre erősebben, más felől pedig az intézmények komfortja, az oktatási tér minősége, használhatósága szempontjából jelennek meg magasabb elvárások.

A felsorolt nehézségeket tetézi a jelenleg zajló klímaváltozás, mely az ősztől tavaszig tartó használatra tervezett épületek esetében is jobb árnyékolási, szellőzési, esetleg hűtési megoldásokat kíván.

### 2.6. Akadálymentesség

Társadalmi szinten egyre nő az igény, hogy oktatási intézményeink befogadóbbak legyenek a fogyatékkal élőkre. Ennek megvalósítása fizikai és gazdasági akadályokba ütközik a meglévő épületek esetében. A szűk értelemben vett akadálymentesítésen kívül a kortárs építészet érzékenyebben reagál a gyermekek fizikai, érzelmi, szellemi adottságaira, befogadóbb tereket hozva létre. Hosszú távon ezek az integrált iskolaépületek társadalmi-gazdasági szempontból is kívánatosak, csökkentve az igényt specializált intézmények üzemeltetésére.

## 3. Tipológiai elemzés

### 3.1 Történeti iskolaépületek

Elemzésünk szempontrendszer szerint egy típusba sorolhatjuk a modernista építészet térhódítása előtt épült, mára gyakran műemléki védelmet élvező épületeket. Átalakításuknak további akadálya a történelmi városszövetben való elhelyezkedésük, szoros beékelődésük.

Üzemeltetésük gazdaságtalanságát ellensúlyozza a történelmi campus eszmei értéke, az intézmény múltjának megjelenítése. Így bár fejleszt-



tésük nehézségekbe ütközik, ritka esetben lép fel szándék a történelmi épületek szanálására. A felmerülő akadályok ellenére a hazai kortárs építészeti több példát is felmutathat eme épületek invenciós hasznosítására.

### 3.2. Modernista iskolaépítészet

Magyarországon a modernista iskolaépítészeti legtöbb példája a II. világháború és a rendszerváltás közötti időszakból származik. Az erős urbanizáció nyomán létrejött iskolaépítési hullám jellegzetes eleme a típuserv alapján épült iskola – ennek ellenére a korszak bővelkedett a fontos építészeti újításokban, és sokszor az elterjedt típuservek is egy sikeres egyedi terv ismétlései.

[2] A korábbiakhoz képest előrelépés történt az oktatási épületek oktatási és szociális tereinek formálásában, a természetes világítás és szellőzés használatában – többek között ekkor jelent meg a „zsibongó”, mint a korábbi előcsarnoktól funkcionálisan elkülönülő, közösségi célú tér, elsők között Kismarty-Lechner Kamill munkássága nyomán. (1. ábra)

A kedvezőtlenebb társadalmi megítélésnek köszönhetően ezen épületek utóéletét gyakrabban jellemzik az átgondolatlan, építészeti koncepciót nélkülöző átalakítások, felújítások, holott kortárs szemlélettel is minőségi épületekről beszélhetünk, melyek felújítása a jellemző épületfizikai, akadálymentességi problémák megoldásán felül akár a kortárs elvárásoknak megfelelő újraértelmezésre adhat lehetőséget – példa erre Csontos Györgyi Újvárostéri Iskolája. [3]

### 3.3 Szocialista-realista iskolaépítészet

E rövid életű irányzatnak, a nehéziparral összefüggő városépítési hullám hatására, számos példájával találkozhatunk. Mind társadalmi, mind

szakmai megítélése negatív – fontos azonban figyelembe vennünk urbanisztikai kontextusban képviselt értékeit, melyeket jól példáz a lakókörnyezet és a különböző szintű oktatási épületek kapcsolatának funkcionális és városépítészeti szempontokat ötvöző átgondoltsága.

### 3.4. Oktatási épületek a 90-es évektől

A rendszerváltás utáni új oktatási intézmények, épületek létrejöttét már jellemzően a szuburbanizáció generálta. A hazai építészet bővelkedik olyan példákban, melyek kreatívan reagálnak az ebből fakadó kihívásokra, az iskola változó szerepére a közösségi életben. A minőségi kortárs példák további jellemzője a gazdaságosság kérdésének helyi szinten való átgondolt kezelése – ezeket jól szemlélteti Getto Tamás pellérdi iskolaépülete. [4]

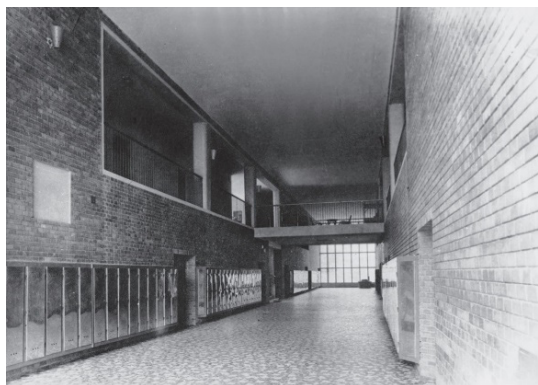
### 3.5. Oktatási épületek adaptációi

A korábban felhozott példák mellett előfordul, hogy oktatási intézmény kényszerül működni más célra vagy más jellegű oktatás céljából létrehozott épületekben, jellemzően makrogazdasági indokokból, vagy önálló fenntartású, alapítványi vagy magániskolák esetében az intézmény saját gazdasági helyzetéből fakadóan. Amennyiben az alkalmazott oktatási modell nem gyökeresen eltérő, ezen épületek továbbra is működőképesek, ám sok esetben nem tudják kielégíteni az adott intézmény sajátos igényeit.

A kérdéskör másik vetületét az oktatás által hátrahagyott épületek jelentik, melyek adaptációja más funkcióra szinte lehetetlen, s melyek sorsa ezért gyakran az enyészet.

### 3.6. Különleges oktatási intézmények épületei

Ide sorolhatók a különleges pedagógiai megközelítéssel oktató intézmények, a fogyatékkal élőket kiszolgáló iskolák, és azok, melyek társadalmi okokból hátrányos helyzetű tanulóknak nyújtanak segítséget. Közös pont ezekben, hogy az eltérő pedagógiai módszereket, a tanulók különleges igényeit az ezeket alapul vevő, adott igényekre szabott építészeti program, terek tudják ideális minőségben kiszolgálni. [5] Szerencsés esetben ez meg is valósul, és olyan oktatási épületek jönnek létre, melyek – azon felül, hogy az adott intézményt megfelelően szolgálják – a kevésbé speciális oktatási intézmények tervezésénél is figyelembe vehető építészeti tanulságokat mutatnak föl, tervezőik érzékenysége, a kíváncsi feltárásának alapossága által. Különösen igaz ez az alternatív iskolákra, ahol lehetőség nyílik akár piaci alapon olyan forrásokat felmutatni, ame-



1. ábra. Kismarty-Lechner Kamill: Budapest, Sodronyos út 28., általános iskola. 1955–1958. [2]

lyek lehetővé teszik a közoktatásban megszokott-nál magasabb színvonalú épületek létrejöttét.

Ugyanakkor, mivel ezek az intézmények egységük révén nehezen illeszthetők az oktatás támogatási rendszerébe – az adott oktatási forma társadalmi támogatottságának hiánya, esetleg a célcsoport érdekérvényesítő képességének gyengesége okán – előfordulnak az előző pontban ismertetett kényszermegoldások.

#### 4. Következtetések

A leírtakból és a felhozott pozitív példákból következik, hogy Magyarország oktatási épületállományának jelentős része a megfelelő építészeti eszközökkel hosszú távon is alkalmassá tehető az oktatás jelen és eljövendő kívánalmainak kielégítésére.

A meglévő épületek hasznosításánál jelenleg jellemző, hogy az épületállomány makrogazdasági érdekek mentén vezérelt kezelése és így az építész szakma megfelelő bevonása hiányában adott épületek, intézmények esetén szakmai koncepciót nélkülöző átalakításokhoz, fejlesztésekhez vezethet.

Az épületállományon az anyagi források egyenlőtlen megoszlásának lenyomata figyelhető meg. E kérdés oka és megoldása társadalmi-gazdasági kérdéskörbe tartozik, ugyanakkor hatással bír az építészet lehetőségeire.

#### Köszönetnyilvánítás

Az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-18-3.-I. kódszámú Új Nemzeti Kiválóság programjának támogatásával készült

#### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Cságoly F.: *Középületek*. TERC Kft., Budapest, 2004. 65–83.
- [2] Lantos E.: *1945 Utáni iskolatervezés Magyarországon. Típustervek és egyedi épületek*. Művészettörténeti Értesítő, 63/2. (2014) 373–396.
- [3] MIXA Stúdió. *Ózd – Újvárostéri iskola*. (letöltve: 2019 feb.15.)  
<https://www.mixastudio.hu/ujvarosteri-iskola/>
- [4] BME. *Általános Iskola – Pellérd*. (letöltve: 2019. feb. 15.).  
<http://hazai.kozep.bme.hu/hu/altalanos-iskola-pellerd/>
- [5] Sanda I. D.: *A reformpedagógiai irányzatok iskolaeépítési törekvései*. Iskolakultúra, 18/9–10. (2008) 129–142.



# TÖRÖK HÓDOLTSÁG KORABELI SZAKRÁLIS ÉPÍTÉSZE PÉCSETT

## RELIGIOUS ARCHITECTURE IN PÉCS DURING THE PERIOD OF OTTOMAN HUNGARY

Major Róbert,<sup>1</sup> Kósa Balázs<sup>2</sup>

*Pécsi Tudományegyetem, Műszaki és Informatikai Kar, Vizuális Ismeretek Tanszék, Pécs, Magyarország*

<sup>1</sup> [major.robi1192@gmail.com](mailto:major.robi1192@gmail.com)

<sup>2</sup> [kosa.balazs@mik.pte.hu](mailto:kosa.balazs@mik.pte.hu)

### Abstract

In today's increased pace of life there are some things with incomparable meanings that we are getting too used to. Because of this, architects today play a very big role in the defense of the legacy of our architecture. It is our duty and responsibility to keep defending this legacy, but not stop at just the level of simple preservation. The city of Pécs is filled with architectural remains from different time periods, but most of all buildings from the era of Ottoman Hungary. This architectural heritage were left from one of the bloodiest time periods from the history of our country, and it has become a symbol for the city. In the shadow of the Ottoman Empire, Pécs became an important trading and cultural center, which was a bridge between east and west, north and south. While some of the buildings left from this era were brought public awareness to, a lot of them were forgotten, and only a few people know about what architectural treasures the city holds.

In this paper I would like to highlight some of the forgotten Ottoman heritage, focusing on the religious buildings. As a conclusion to this paper, I would like to present an architectural plan to bring attention to these buildings.

**Keywords:** *historic buildings, Pécs, turkish, sacred, tomb of Idrisz baba, mosque.*

### Összefoglalás

A mindennapok rohanásában olyan dolgok válnak megszokottá és felejtődnek el, amik egyedülálló jelentőséggel bírnak. Épített örökségünk védelmében az építészeknek kiemelten nagy szerepe van.

Pécs városa bővelkedik a különböző korokból ránk maradt építészeti emlékekben, ezek közül is kiemelkedőek a Török Hódoltságból származó építmények, amik mára a város jelképévé nőttek. A török félhold árnyékában Pécs egy olyan kereskedelmi és kulturális központ lett, ami kapcsolat volt kelet-nyugat, és észak-dél között. Bár néhány ebből a korból származó épületet a köztudat kiemelt, sokra a feledés várt és mára már kevesen tudják, hogy mennyi kincset rejt a város.

Munkánkban ezeket az emlékeket vizsgálom, kiemelten a szakrális építményeket. Eredményeként olyan tervet kívánok bemutatni, ami felhívja ezekre az építményekre a figyelmet

Pécs egyik történelmi nevezetessége a török korból megmaradt épületek összessége, ezek közt akad olyan, ami máig őrzi hagyományos funkcióját, de van, amit átalakítottak és akadnak romok is. Munkánk során végig vettük a város török emlékeit és kiemelve egyet – Idrisz baba türbóját – egy tervet készítetünk, ami felhívja ezekre az épített emlékekre a figyelmet, hasznosítja és új élettel tölt meg egy jelenleg ritkán használt „elfeledett” épületet. Pécs egyik történelmi nevezetessége a török korból megmaradt épületek összessége, ezek közt akad olyan, ami máig őrzi hagyományos funkcióját, de van, amit átalakítottak és akadnak romok is. Munkánk során végig vettük a város török emlékeit és kiemelve egyet – Idrisz baba türbóját – egy tervet készítetünk, ami felhívja ezekre az épített emlékekre a figyelmet, hasznosítja és új élettel tölt meg egy jelenleg ritkán használt „elfeledett” épületet.

**Kulcsszavak:** *műemléki épületek, Pécs, török, szakrális, Idrisz baba türbéje, dzsámi.*

## 1. Bevezetés

Pécsen a Török hódoltság korából származó műemlékek a város egyik jelképét képezik, mégis akadnak köztük olyanok, amik jelenleg méltatlan, kihasználatlan helyzetben vannak. Ezen épületek hasznosítását nehezíti az is, hogy más kultúrából származnak és nehéz megérteni eredeti jelentőségüket. Munkánk során megvizsgáltunk több ilyen emléket, azok helyzetét és a hozzájuk kapcsolódó szokásokat. Az így összegyűjtött információk alapján álltunk neki egy látogató központ tervezésének.

## 2. Pécs a török korban [1]

1541-ben a törökök elfoglalták Budát, majd Pécsét is megostromolták. Székely Lukács pécsi várkapitány belátta, hogy a város védelmi rendszere elhanyagolt, valamint fekvése nem teszi alkalmassá, hogy megvédjék a várost. Így pedig az ellenállás csak az anyagi javak pazarlásával és a lakosság pusztulásával járt volna, ezért 1543 nyarán kinyitották a város kapuit az oszmán seregek előtt. Ezután a város 143 évre a törökök uralma alá került.

Korbelti leírások alapján 4 küllié (épület-komplexum) 17 imahely, öt vallási főiskola és 11 elemi iskola, hat kolostor, három gőzfürdő, 47 kút, három vendégfogadó, 400 mester által használt piac és bazár, két síremlék és számtalan szórakozóhely képezte a Török kori várost.

## 3. Pécs török kori emlékei a mai városban

### 3.1. Dzsámik [1] [2]

#### 3.1.1. Jakováli Hasszán pasa dzsámija

Jakovali Hasszán pasa dzsámija Közép-Európa legegységesebben megmaradt török eredetű imahelye. Pécssett, a Kórházterén két épülettömb közé beékelődve, szinte elbújik az emberek szeme elől. Mind a mai napig imahelyként funkcionál (e mellett múzeumként is üzemel), így fontos központja a magyarországi muzulmán közösségnek.

#### 3.1.2. Gázi Kászim pasa dzsámija

Gázi Kászim pasa dzsámija Magyarország legnagyobb török, vallási épülete. Pécs főterén, a Széchenyi téren álló dzsámi a város egyik jelképe. Ma egy olyan műemlék, ami egy sor rekonstrukció után nyerte vissza eredeti jellemvonásait, de részben új funkcióval, keresztény templomként üzemel tovább.

### 3.1.3. Ferhád pasa dzsámija

Ferhád pasa dzsámija a felsoroltak közül a legrosszabb állapotban lévő épület. A belváros egyik ikonikus épületének, a Polgári Kaszinó elbontásával kerültek elő a török kori maradványok (alap, boltív és ablak részletek). A dervisek számára nagy jelentőséggel bíró dzsámi a török elűzését követően a domonkos rend kezére került és ezután meg is indult a pusztulása. A terület ma magánkézen van, a romok nem látogathatók és gaz növi be őket.

### 3.2. Kutak

Az iszlám kultúrában a kutaknak kettős szerepe van, egyrészt vallási másrészt fontos társadalmi, közéleti szerep is társul a vízhez. Így nem meglepő, hogy minden városban létesültek kutak a hódoltság idején. Ez alól Pécs sem kivétel. Több kút is működött a város területén. Ezek többsége mára már csak rekonstrukcióként, vagy emlékként látható. Kiemelkedik közülük Idrisz baba kútja mely egy korhű rekonstrukció (az eredeti helyén) és a Káptalan utcai eredeti török kút is.

### 3.3. Temetők, türbék [1]

Pécsen ahány nép megfordult annyi féle szokással és annyiféle helyre temetkeztek. A török időkben származó temetők nehezen behatárolhatóak,



1. ábra. Idrisz baba türbéje

hiszen sok részre már ráépült a fejlődő város. A régészeti kutatásokból tudjuk, hogy több temető is volt a városban. Ilyenek voltak például Gázi Kászim, Jakolavli Haszán és Ferhád pasa dzsámijai melletti temetők. De török temetkezésre utaló leletek kerültek elő a Szigeti úrtól és az Árkád környékéről is. A legnagyobb temetők minden bizonnyal a mai Rókus utca vonalában és a Szigeti illetve a Budai kapun kívül húzódtak.

### 3.4.1. Idrisz baba türbéje [1]

Pécsen a török temetkezés legnagyobb emléke Idrisz baba türbéje (a türbe egy a sír fölé emelt építmény a Rókus utcai temető része lehetet).

Idrisz baba egy a bektasi dervisrendből származó szent. Türbójét halála után nem sokkal emelték, mint zarándok helyet, a leírások alapján az 1600-as évek elején. A török elűzését követően az épület sok mindenben ment keresztül. Volt kápolna, kórház, lőpor és kötszer raktár is. Míg végül a múlt században újra felfedezték és műemléki védettség alá helyezték. Ekkor kezdődtek meg a felújítások és a kutatások. Az 1960-as években a környéken és az épületben is régészeti ásatásokat végeztek valamint teljes átfogó szerkezeti vizsgálatra is sor került.

Az épület egy nyolcszög alaprajzú kupolával fedett terméskő építmény. A falai vakolatlanok mivel nem találtak megfelelő mintákat a restauráláshoz. Jelenleg időpont egyeztetéssel látogatható.

## 4. Idrisz baba türbéje, fejlesztési javaslat

Előzetesen már elkészült általunk egy közpark terve a pécsi Idrisz baba türbéjéhez, ezzel kívántuk visszaállítani a köztudatba az épületet, valamint a kórházhoz közel kialakítani egy átkötő zónát. Már akkor is egy olyan tér megalkotása volt a cél, aminek központi eleme a türbe és tisztelőiben tartja az épületet és annak eredetét. Ezt oly módon szándékoztunk elérni, hogy a Korán egy szimbólumát (rub el hizb – a Korán fejezeteinek végét jelölő nyolcágú csillag) felhasználva egy teraszos elrendezést alakítottunk ki, aminek a központja maga a türbe lett. Tanulmányozva az iszlám szokásokat olyan jellemző motívumokat használtunk, mint a víz (az iszlám egyik legfontosabb mozzanatai a rituális mosdások), a növényzet (fűszernövények, esetlegesen a törökökre hagyományosan jellemző virágok) és a szín világ (az iszlám és török temetők legfőbb színe a fehér). Ezt tovább fejlesztve dr. Kósa Balázssal egy olyan épület és tér vázlat tervét készítettük el, ami folytatja, a fent említett nézeteket és kihasználja a

türbe elhelyezkedését, valamint új funkciót kölcsönöz a helynek. Megvizsgáltuk továbbá a helyi török értékeket és ezekből felhasználunk több jellegzetességet is, valamint figyelembe vettük a meglévő emlékek mai helyzetét. A közpark tervét kibővítve és fejlesztve a rekreációs zóna mellett megjelent az ismeretterjesztés és a tájékoztatás.

Fontosnak tartottuk, hogy ne az új épület legyen a fókuszban, hanem a műemlék. Így a meglévő munka alapjain kezdet alakot öltetni egy olyan köztér terve ahol a fő közlekedő sávok mind a türbe felé tartanak, ezzel is kiemelve azt. Megjelentek a pihenő területek közelében virágágyások és pontszerű vízfelületek is.

Hamar felvetődött az ötlet, miszerint a területet továbbra is teraszos módon akarjuk átalakítani mi lenne, ha az épületet a türbe köré a földbe helyeznénk el. Végül e mellett a megoldás mellett határoztuk el magunkat, így a türbe körül kialakított tér alatt létre hoztunk egy kiállító teret, amiben meg jelenik a türbe alakja.

A bejáratot egy az utca szintről levezető nyaktaggal (a lejutást egy rámpa és egy lépcsősor is biztosítja) képzeltük le, ami folyamatosan lejtve belésimul, a már említett térbe. Úgy terveztük, hogy a földfelszínen csak ez a nyaktag jelenik meg és jelzi új épületünket. Burkolatára két féle gondolat merült fel, az első a fehér látszóbeton falak, a második pedig világos színű csiszolt kőlapok mind fedésként, mind az oldalakon. A tervezett bejáratot egy perforált corten acél ajtó, amibe tervünk



2. ábra. Tervezett park bejárat



3. ábra. Tervezett látogatóközpont bejárat





# A JÖVŐ KIHÍVÁSAI HOGYAN FOGJÁK ÁTALAKÍTANI LAKÓTEREINKET?

## HOW WILL THE FUTURE CHALLENGES CHANGE OR LIFE AT HOME?

Molnár Eszter,<sup>1</sup> Borsos Ágnes<sup>2</sup>

Pécsi Tudományegyetem, Műszaki és Informatikai Kar, Vizuális Ismeretek Tanszék, Pécs, Magyarország

<sup>1</sup> esztilla11@gmail.com

<sup>2</sup> agnesborsos@mik.pte.hu

### Abstract

*Homemaking* as a concept is fundamental for all, being the part of life. The foundation of this idea is a key momentum in everyday life. In a city with its growth of population the amount of living spaces as well as the buildings containing these will increase too. In a city green spaces are a matter of high importance regarding their positive impact. In keeping these we give another meaning to the notion of forming living spaces. In the process we concentrate on unused spaces.

**Keywords:** *home, land use, London, CLT, new installation.*

### Összefoglalás

Az otthonteremtés mindenki számára egy meghatározó fogalom, mely az élet részét képezi. Ennek a megteremtése kulcsszerepet tölt be a mindennapokban. Egy városban, ahol a népesség száma gyarapodik, a lakások és az ezeket befoglaló létesítmények száma is növekedni fog. Azonban egy nagyvárosban fontos szerepet képviselnek a zöld területek különféle jótékony hatásuk miatt, így ezek megtartásával egy újfajta értelmet adtunk a lakóépületek kialakításának, mely során a kihasználatlan területeket tűztük ki célul.

**Kulcsszavak:** *otthon, területhasznosítás, London, CLT, új beépítés.*

### 1. London

A cikk egy hallgatói pályázat munkáját mutatja be, mely az otthonteremtéssel foglalkozik. Olyan koncepció kialakítása volt a cél, mely rugalmasan formálható, minimális anyag és földfelhasználás mellett, ezen túl pedig megfizethető legyen mindenki számára. A pályázaton Lu Changgel, Zhao Tianyuval és Varjú Katával együtt vettem részt. London egy metropolisz, a városok lélekszámának és méretének növekedésével, a város értékes felületek hasznosításaival egyre kevesebb zöldfelület marad a városokban, ezért a pályázat célja volt, hogy ne csak új lakás, hanem zöldfelület is kerüljön kialakításra. A pályázat kiírói nem adtak meg tervezési helyszínt, a pályázóknak kellett javasolni Londonban megfelelő telket/telkeket. A

koncepció alkotás során a vertikális építkezést választottuk, azért, hogy a városok méretét kevésbé növeljék az újonnan kialakításra kerülő lakások. Helyszínválasztásnál cél volt az, hogy olyan területet válasszunk, amely tömegközlekedési csomópontokhoz közel helyezkedik el, így biztosítva a fenntartható közlekedést a városban. A tömegközlekedési csomópontok javarészt jól kiépítettek és kihasználtak, kevés a szabadon álló terület, ezért azt a koncepcionális döntést hoztuk meg, hogy a lakásokat, bevásárlóközpontok tetejére építjük, így kihasználva nagy terjedelmüket, de viszonylag alacsony épületmagasságukat. Az építészeti válasz a pályázati felhívásra az lett, hogy a lakásokat a bevásárló központok tetejére helyezzük el, így nem használva fel a szabad területeket. A koncepció ábráin is látszik, hogy gondol-

kodásmódunknak köszönhetően valami más is kialakulhat nem csak egy otthonként kialakított épület. (1. ábra)

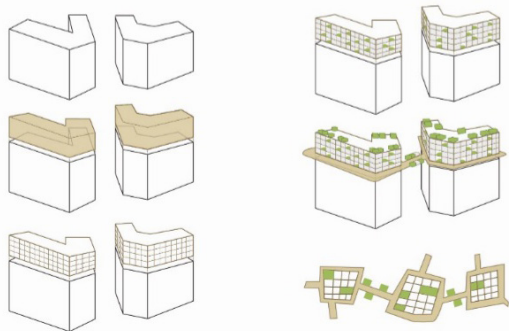
A bevásárlóközpontok lapostetőinek kihasználása racionális döntés lehet, az épületek területe miatt. Az így kialakuló „új” városi szintér bizonyos esetekben a szmoghatár felett helyezkedhet el, ami gyalogos és biciklis forgalom számára lenne kialakítva. Azzal, hogy ezen a szinten nem jelennek meg a gépjárművek létre jöhet egy szabad gyalogos forgalmat biztosító közlekedési rendszer. Előképe ennek a térszintnek a New York-i High Line volt, ahol az anno emelt térszinten elhelyezett tömegközlekedést alakították át, parkká.

## 2. Szerkezet

A helyszín kiválasztása után, a szerkezeti választás következett. Az épületek telepítése megkíván egy környezettudatos építési módot is, így egy olyan rendszer mellett döntöttünk, amely „újra termelődik” és a lehető legkevésbé károsítja azt. Fontosnak tartottuk a környezet értékeinek hasznosítását, így csökkentve az ökológiai lábnyomunk méretét és a később kialakuló fenntartási költségeket. A CLT ( Cross Laminated Timber) anyag mellett döntöttünk, ami ragasztott tömörfa szerkezet. A kereszt irányú ragasztásnak köszönhetően a faanyag teljes mértékben felhasználható szerkezeti, teherhordó anyagként. Fa vázat alakítottunk ki, amely igénynek megfelelően, tudja fogadni a lakódobozokat, így létrehozva a lakótereket az épületben. A dobozok méretei eltérőek, családmodellhez illeszthető, melyeket az épületvázban bárhol el lehet helyezni. A tömeg kontúrját a vázszerkezet adja, amely egy üres térháló. Ebben jelennek meg a dobozok a lakóterekkel és együtt válnak egy épületté. (2. ábra)

Egyik inspirációnk Kurokava Kisho kapszula hotelje volt, egy ilyen drága metropoliszban az elérhető árat a lakóterek optimalizálásával lehet elérni, ezért célunk a minimális lakótér kialakítása volt, úgy, hogy az komfortos körülményeket biztosítson. A lakótorony kialakításánál további cél volt, hogy eltérő igényeknek és szükségleteknek megfeleljen, ezért eltérő alaprajzi megoldásokat terveztünk. Az alaprajzok 2 méter x 2 méteres modulrendszerhez igazodnak, így biztosítva azt, hogy vázszerkezethez igazodjanak a lakások. (3. ábra)

Tervünkben igyekeztünk több lehetőséget felüntetni az esetleges lakáshelyezésekről, homlokzati lehetőségekről, illetve a lakások kialakítási módszereiről lakóinak számának függvényében. A homlokzatok változatos kialakítása a variálható lakáshelyezések miatt lehetséges. Kutatásaink során hasonló megoldást láttunk, melyet Cserba Dezső, Guoth István és Preisinger Jenő alakított ki lakássejtekből álló lakóházként. Az ő rendszerük egy lakáson belül a két külső és egy belső térkialakításon alapult, azonban mindegyik zóna azonos méretben került kialakításra. Terveink során olyan alternatívákat kerestünk, melyek magába foglalják a lakáskialakítások különböző lehetőségeit, vagyis a lakásokon belüli térkapcsolatok rendszerét a zöld felülettel való kapcsolatokat, illetve reagálni tud a változó igényekre. A lakások belső tereit változatosan, lakóinak számának megfelelően alakítottuk, formáltuk ezeket összevetve a már említett moduláris rendszert alakítottunk ki. Egyes lakástípusoknál megjelennek az intim terek teljes elkülönülései, azonban néhányánál csak optikai hatással történik meg ez az elválasztás. Megjelenik a bejáratban egy megérkezési zóna, illetve néhány funkciókapcsolat összerosódik pl: nappali átalakulhat alvásra alkalmas helyiséggé. A belső terek szervezésénél a megnyitás meghatározó volt, hogy minden helyiség kellő

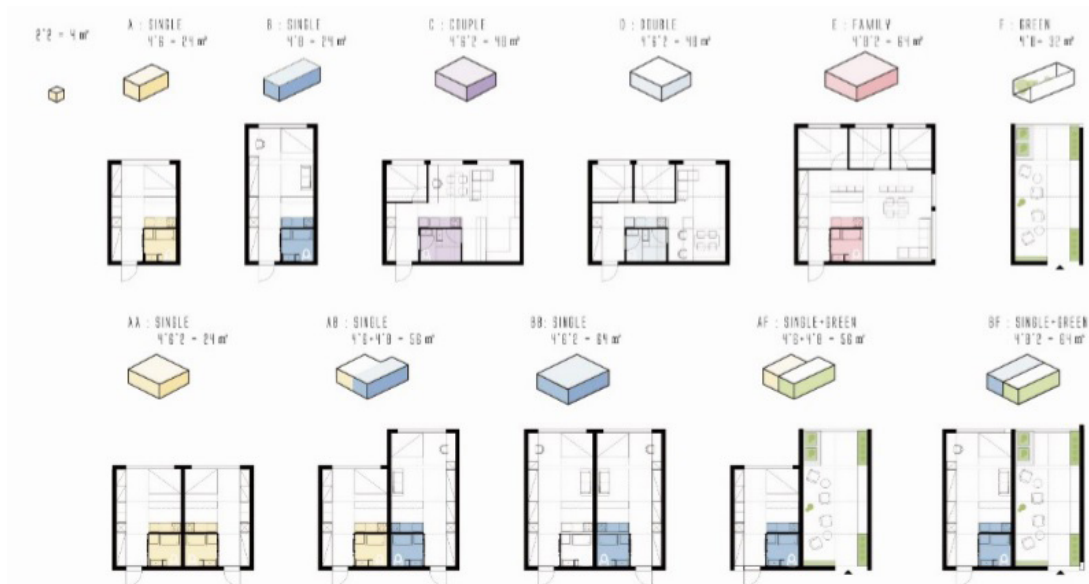


1. ábra. Épület koncepciókialakítása



2. ábra. Tömegkialakítási lehetőségek





3. ábra. Alaprajzi modulrendszer kialakítása

mennyiségű természetes fényt kapjon. A lakások kialakult belső terei határozzák meg a befoglaló dobozok méretét. A környezettudatos tervezést nem csak a szerkezeti megoldásoknál tartottuk fontosnak, hanem a fenntartásnál is, szélturbinákat helyeztünk el az épületek optimális homlokzati síkjain. A természeti erőforrások optimális felhasználása csökkentheti a fenntartási költségeket, mely a megfizethető otthon egyik alappillére lehet. (4. ábra)

A projekt keretében cél volt városi zöldfelületek kialakítása az épületen belül is. Szerkezeti kontúrban belül megjelennek zöldfelületek, melyek

jó hatással vannak az emberi környezetre és az épület energetikája szempontjából is előnyökkel rendelkezik, ez a hőtároló tömeg. A növények jótékony hatással vannak az emberek szellemi és fizikai állapotára, illetve az épületek szempontjából klimatikus és pormegkötő feladatuk is fontos. Ezek a felületek és a lakásokat magukba foglaló dobozok alkotják az épületek homlokzatait. A CLT rendszer egy előre gyártott építési mód, amely előnye, hogy gyorsanmegépíthető és helyszíni szerelése, kivitelezése pontos és egyszerű. (5. ábra)



4. ábra. Szélturbinák és zöldfelületek megjelenítése



5. ábra. CLT rendszerrel készült épület

### 3. Következtetések

A tervezési munkát kutatás előzte meg, megvizsgáltam a múlt és jelen lakásállományát nemzetközi és magyar szinten egyaránt. Feltérképeztem ezeknek a lakásoknak a pozitív megoldásait, és összegyűjtöttem azok hátrányait egyaránt. Célom az volt, hogy ezeket a leszűrt tapasztalatokat alkalmazzam ilyen hagyományostól eltérő megoldások esetén is, hogy a jövő lakása ember központú, komfortos és előremutató legyen. Minden új építés terheli környezetünket. A természettől veszünk el területeket. Tervezési koncepcióinkban törekedtünk a már meglévő úgynevezett „talált tereket” újra értelmezni azért, hogy új értéket teremtsünk ezzel anélkül, hogy új területet használjunk fel. A nagyvárosi lét újabb és újabb kihívás elé állítja a városlakókat, a beépítésre alkalmas területek mennyisége folyamatosan csökken, ezáltal az ingatlanok értéke és ára nő. A meglévő

épületállomány újra értelmezése és felülvizsgálata, a jövő lakásteremtésénél fontos lehet annak érdekében, hogy megfizethető lakásokat lehessen építeni.

#### Köszönetnyilvánítás

Az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-18-2-I-PTE-205 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült.

#### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Branczik M., Keller M.: *Korszerű lakás az óbudai kísérlet 1960*. TERC Kft, Budapest 2011
- [2] Pogány F.: *A szép emberi környezet*. Gondolat könyvkiadó, Budapest, 1976.
- [3] Körner Zs., Nagy M.: *Az európai és magyar telepszerű lakásépítés története 1945-től napjainkig*. TERC Kft., Budapest, 2007.
- [4] *Kortárs magyar építészet. Többlakásos házak*. TERC Kft., Budapest, 2012.

# ERŐSEN ÖTVÖZÖTT DUPLEX KORRÓZIÓÁLLÓ ACÉLOK SZÁRAZ FORGÁCSOLÁSI NEHÉZSÉGEI

## DIFFICULTIES IN THE MACHINABILITY OF SUPER DUPLEX STAINLESS STEELS

Nagy András István,<sup>1</sup> Fábián Enikő Réka,<sup>2</sup> Horváth Richárd,<sup>3</sup> Terek Pál<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup> Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország

<sup>1</sup> [nagy.andras.istvan@hotmail.hu](mailto:nagy.andras.istvan@hotmail.hu)

<sup>2</sup> [fabian.reka@bgk.uni-obuda.hu](mailto:fabian.reka@bgk.uni-obuda.hu)

<sup>3</sup> [horvath.richard@bgk.uni-obuda.hu](mailto:horvath.richard@bgk.uni-obuda.hu)

<sup>4</sup> Újvidéki Egyetem, Műszaki Tudományi Kar

### Abstract

Industrial applications of super duplex stainless steels are increasing. The machinability of duplex stainless steels is generally poor. Our dry turning test were carried out at G X2CrNiMoCuN 26-6-3-3 casted superduplex steel, using two different PVD coated cutting insterts. One of them were coated with TiAlN and other with TiAlSiN. Strong burr formations and eging formation were observed during our machining experiments, which damaged the tools edges. There was no significant difference between the effect of the coating based on short-ened tests.

**Keywords:** duplex stainless steel, , machinability.

### Összefoglalás

Az erősen ötvözött korrózióálló duplex acélok felhasználási területei egyre nagyobb teret kapnak azok különleges tulajdonságainak köszönhetően. A duplex acélok megmunkálhatósága általában rossz. Kísérleteink során TiAlN és TiAlSiN típusú PVD bevonattal ellátott forgácsoló szerszámmal rövidített, száraz forgácsolási kísérleteket végeztünk, a G X2CrNiMoCuN 26-6-3-3 öntött acél forgácsolási problémáinak feltárására. Erős sorjaképződést és élrátét képződést tapasztaltunk a forgácsolási kísérletek alatt, mely a szerszámélett károsítja. A rövidített vizsgálatok alapján számottevő különbséget nem tapasztaltunk a bevonatok hatása között.

**Kulcsszavak:** korrózióálló acél, duplex, forgácsolhatóság.

### 1. Duplex acélok története és alkalmazása

A duplex korrózióálló acélok (DSS) megjelenése a XX. század első negyedére tehető, de ekkor még a korabeli kohászati eljárásokkal nem tudtak gazdaságosan alacsony karbontartalmú acélokat előállítani. Az AOD (Argon-Oxigen Decarburization) eljárás megjelenése adta a probléma megoldásához a kulcsot, sikerült a karbontartalmat gazdaságosan 0,01–0,03 % közé beállítani, mely

szükséges volt a megfelelő korrózió állóság megtartásához. Többnyire a korrózióálló acélokból az ausztenites szerkezetűeket alkalmazzuk, de mellettük a korszerű duplex acélsalád felhasználási aránya egyre nagyobb, köszönhetően a kedvező mechanikai tulajdonságaiknak, mint amilyen a nagyobb szilárdság és az alacsony hőmérsékleten is jó ütőmunka [1].

A duplex acélokat az ipar több területén alkalmazzuk: vegyipar, olajipar, gépipar. Van példa arra, hogy komplett hajó- és híd szerkezeteket is

készítettek duplex korrózióálló acél minőségéből [1]. A duplex acélok jól teljesítenek kloridos közegekben is és kavitációval terhelt alkatrészek alapanyagául is szolgálhat.

A duplex acélok szövetszerkezetét általában 50% asztenit és 50% ferrit jellemzi. A ferrites szerkezet rész biztosítja a jó feszültség korrózióállóságot és magas szilárdságot. Az ausztenites rész pedig a megfelelő szívósságot és lyukkorrózióállóságot.

A mechanikai tulajdonságoknak köszönhetően a DSS acélból készült szerkezethez kisebb az anyagfelhasználás, amely indirekt módon csökkenti a szén-dioxid kibocsátást, mely megfelel a jelenkori követelményeknek (1. ábra).

A korrózióálló acélokat PREN (pitting index) alapján csoportosítjuk [3].

$$PRE_N = Cr(\%) + 3,3 \cdot Mo(\%) + 16 \cdot N(\%) \quad (1)$$

Ezek alapján besorolva beszélhetünk a sovány (lean) és sima duplex acélokról ( $PRE_N = 25-38$ ), szuper duplex (SDSS) ( $38 < PRE_N < 48$ ) és hyper duplex acélokról ( $48 < PRE_N$ ) [3]. Nagyobb  $PRE_N$  index jobb korrózióállóságot takar.

A DSS acél felhasználási mennyiségének növekedése maga után vonja a feldolgozási technológiájuk kutatását is. Egyik elengedhetetlen technológia a forgácsolás, mely megfelelő pontosságot biztosít az illesztendő alkatrészekhez. A jó felületi minőség nem csak esztétikai szempont, hanem az élettartamot is befolyásolja. A felületi minőség befolyásolja a fárasztó és korróziós igénybevételekkel szembeni ellenállást is. Emiatt fontos a forgácsolással történő megmunkálásuk kutatása, mely hozzásegít a gazdaságos technológiai paraméterek megállapításához.

## 2. Duplex acélok főbb forgácsolási problémái

A duplex korrózióálló acélok forgácsolási megmunkálásánál több problémával is szembesülünk. Ausztenites acélokhöz hasonlóan folyó forgácsot ad, mely a forgács kezelés szempontjából gazdaságtalan, a megmunkálás felügyeletnekülségét befolyásolja, feltekeredhet a munkadarabra

és ezzel elronthatja a felületi érdességet, esztétikai problémát okoz. Dolgozói szempontból a sorja képződés okoz nehézséget, mely sérülést okozhat és egy plusz munkafázist jelent a műveleteknél ezzel növelve a költséget.

A duplex korrózióálló acélok relatív megmunkálhatóságuk is kisebb, mint az egyfázisú ferrites, martenzites vagy ausztenites korrózióálló acélké [4].

A DSS acélok megmunkálásakor a szerszámokat több igénybevétel is éri. Az erőteljes ötvözettség és ferrites szerkezet nagy szilárdsága miatt a szerszámot nagy erők terhelik, így élkipattanás vagy lecsorbulás keletkezhet. Az abrazív igénybevételeket az élrátét fokozza. A szerszáma feltpadóg forgács és leválás ciklikusan ismétlődik, közben adhéziós kopást okoz, mely elrontja a működő szögeket és ezzel plusz rezgést visz a rendszerbe. A leváló forgács ugyanakkor visszatapadhat a felületre, mely alkalmazhatatlanná teszi a legyártott alkatrészt. A szerszámon jellemző kopás kép a szélkopás, melyet irodalmi adatok szerint a keményedő szívós alapanyag okoz [5]. Valamint szintén irodalmi adatok szerint PVD eljárással felvitt AlTiN bevonat, mely nanoágyazású jól teljesített duplex acélok forgácsolásánál [5].

## 3. Anyag és módszer

### 3.1. Kísérletben használt duplex acél bemutatása

A vizsgálatra kiválasztott szuper duplex acél jele az MSZ EN 10 027-1 szerint G X2CrNiMoCuN 26-6-3-3 öntött anyag minőség, melyet gyakran alkalmaznak csőszervevények, szivattyú járókerekek és házak alapanyagaként kiváló kavitációs és lyukkorróziós ellenállása miatt. Az MSZ EN 10027-2 jelölése: 1.4517. A vizsgált acél jellemző összetételét az 1. táblázat mutatja.

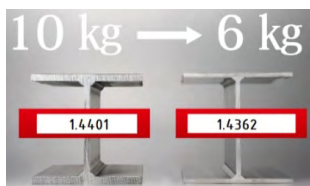
1. táblázat. 1.4517 acél átlagos összetétele

C, %	Cr, %	Ni, %	Mo, %	N, %	Cu, %
max 0,03	26	6	3	0,2	3

Öntés után az egységes ~50-50% ausztenit ferrites szövetszerkezet kialakítás érdekében oldó-izító hőkezelést alkalmaztak (2. ábra).

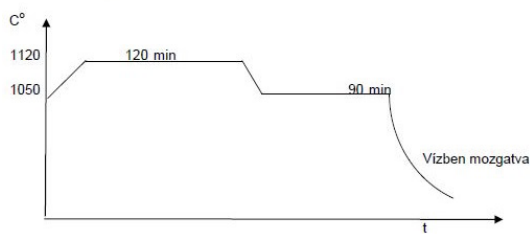
### 3.2. Kísérletben használt szerszámok bemutatása

A forgácsolás esztergálási kísérlet volt. Az alkalmazott forgácsoló lapka: CNMG 12-04-08M, szerszámszár: PCLNR 25-25-12. Irodalmi adatokra támaszkodva a lapkákra PVD eljárással két í-

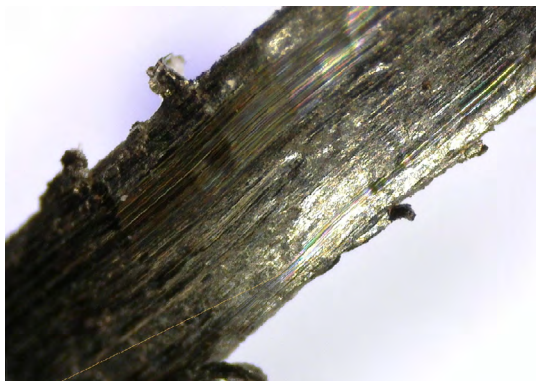


1. ábra. Az 1.4401 ausztenites és 1.4362 duplex acél összehasonlítása azonos teherbírásra [2]

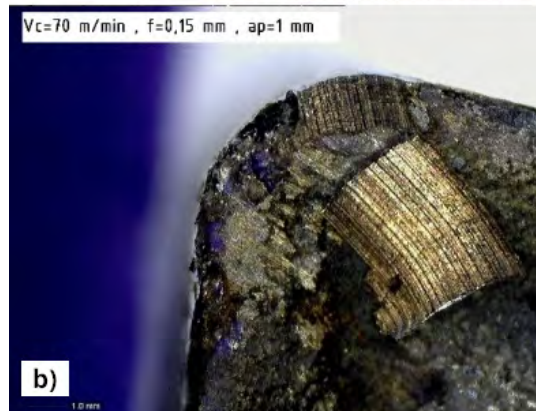




2. ábra. A mintadarab oldó-izzító hőkezelési diagramja



3. ábra. Képződött forgács hátlapja, (szm felvétel)



4. ábra. Duplex korrózáálló acél okozta jellemző kopásformák; a) TiAlN lapka kopása  
b) Élratét TiAlN bevonatos lapkán (SZM felvétel)

pusú bevonatot vitettünk fel az egyik egy TiAlN a másik egy TiAlSiN bevonat. Mind a két bevonat nanoágyazású és 2  $\mu\text{m}$  rétegvastagságú. A TiAlN szűrkes színű ~3200 HV keménységű és 750 °C-ig jól ellenáll a forgácsolás közben fellépő oxidációs igénybevételnek. A TiAlSiN bronzos színt kölcsönöz a forgácsoló lapkának. A bevonat ~4000HV keménységű és 800 °C-ig izolálja a szerszám keményfém alapanyagát az oxidációs igénybevételtől, mely alkalmassá teszi a nagysebességű forgácsoló megmunkálásra.

### 3.3. Forgácsolási körülmények, vizsgált paraméterek

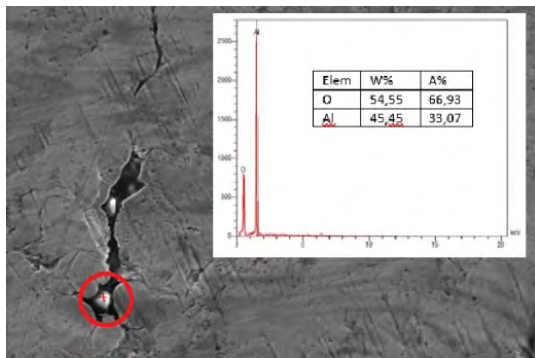
A forgácsolást szárazon végeztük, mert a gazdaságos forgácsolási mutatók a hűtőfolyadék mellőzését támogatják, mellyel csökkennek a költségek és a környezetvédelmi szempontokat figyelembe veszi. Az így keletkezett folyóforgács széleken erős felszakadások mutatkoztak (3.ábra).

A kísérletben állandó forgácsoló sebességet ( $v_c = 70 \text{ m/min}$ ) és előtolást ( $f = 0,15 \text{ mm}$ ) alkalmaztunk, abból a célból, hogy a rövid vizsgálatból különbséget tudjunk tenni a felvitt bevonatok teljesítőképessége között.

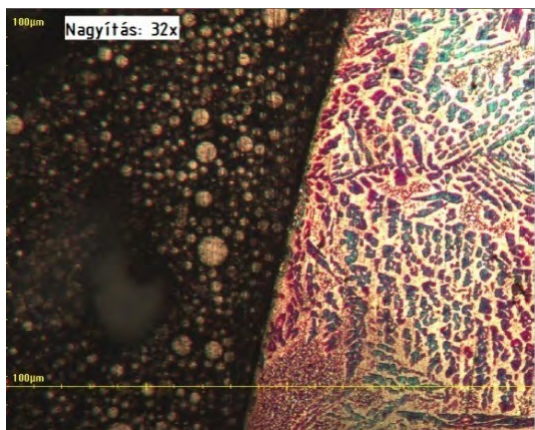
A forgácsolás során mind két esetben 5 min forgácsolásban töltött idő után erős kopást tapasztaltunk. Megjelentek a csoportra jellemző kopás formák, mint az erős szélkopás, élratét képződés (4. ábra), mely a felületet is befolyásolta, folyóforgács, mely könnyen feltekeredett a munkadarabra. A megmunkálás végén a vállon vastag, kemény sorját találtunk. A sorja nem csak munkadarab kezelési szempontból volt problémás, hanem a szerszám élet is igénybevette. Számottevő különbséget a rövidített vizsgálatok alatt nem tapasztaltunk a bevonatok hatása között.

A forgácsoláskor fellépő hőmérsékletek diffúziós hajtóereje kiválási folyamatokat indíthat el. A vizsgált SDSS acél nagy réztartalma, az adott hőmérséklettartományban megjelenő kiválásai [1, 3, 6] feltételezhetően fokozzák a szerszám kopást. A forgácsminta elektronmikroszkópos kiemelése során az egyik szemcsehatár menti üregben  $\text{Al}_2\text{O}_3$  szemcsét találtunk (5. ábra). Ez feltételezhetően az acél dezoxidálásából visszamaradó szemcse. Az  $\text{Al}_2\text{O}_3$  abrazív megmunkáló szerszámok alapanyagként alkalmazzák, mely nagykeménységű és esztergálási és marási körülmények között károsítja, abrazív módon koptatja a szerszámot.

A 6. ábrán jól láthatóan a mintadarabot kiválóan hőkezelték, egyenletes finom szövetszerkezete van még a minta felületének közelében is. Beraha 2 reagenssel maratva a metallográfaiilag előké-



5. ábra. Szemcsehatár menti üregbe beült  $\text{Al}_2\text{O}_3$  szenyeződés



6. ábra. Mintadab maratott szövete képe (axiális metszet)

szített keresztmetszeti mintán az erőteljesen elszíneződött és el nem színeződött ausztenit–ferrit mennyiség egyenletes eloszlása nagyon jól kirajzolódik. Megfigyelhető, hogy az esztergált felület közelében nem látható különösebb szerkezeti torzulás.

## Összegzés

Duplex korrózióálló acél száraz forgácsolása során több kopásformát is tapasztalhatunk. A PVD bevonat összetételétől függetlenül élrátét képződést figyelhetünk meg, melyet a szakirodalmi és gyártói ajánlások alapján pl.: a forgácsolósebes-

ség emelésével csökkenthetünk. A két bevonat teljesítőképessége között számottevő különbség a rövidített vizsgálatok alapján nem mutatkozott. A szerszámot érő koptató igénybevétel fokozhatja a szemcsehatárra beült  $\text{Al}_2\text{O}_3$  szemcse. A szívós anyagszerkezet erős sorjaképződést von maga után.

## Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki a Magyarmet Finomöntőde Kft.-nek a forgácsolási kísérletre öntött és hőkezelt munkadarabok gyártásáért. A TeMA Tehetség Menedzsment Alapítványnak a támogatásáért.

A kísérletsorozat az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-18-I-OE-37 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának, valamint az EFOP-3.6.1-16-2016-00010 számú projekt támogatásával készült.

## Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Bődök K.: *Az ötvözetlen, gyengén és erősen ötvöztölt szerkezeti acélok korrózióállósága, különös tekintettel azok hegeszthetőségére*. Corweld, Budapest, 1997. 225–252.
- [2] Nippon Steel & Sumikin Stainless Steel Corporation  
<https://nssc.nssmc.com/en/campaigns/duplex/orientation/nssc2120.php>
- [3] Gunn R. (Ed.): *Duplex stainless steels: microstructure, properties and applications*. Woodhead Publishing, 1997. 6–7.
- [4] Sandvik Coromant, Tudástár  
<https://www.sandvik.coromant.com/hu-hu/knowledge/materials/pages/workpiece-materials.aspx>
- [5] de Paiva J. M., Torres R. D., Amorim F. L., Covelli D., Tauhiduzzaman M., Veldhuis S., Fox-Rabinovich G. Frictional and wear performance of hard coatings during machining of superduplex stainless steel. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 92/1–4. (2017) 423–432.  
<https://doi.org/10.1007/s00170-017-0141-4>
- [6] The Outokumpu Handbook of Stainless Steel, 2018.75  
<https://otk-sitecore-prod-v2-cdn.azureedge.net/-/media/from-sharepoint/documents/product/outokumpu-stainless-steel-handbook.pdf?revision>



# KÖZLEKEDÉSI TÁBLÁK FELISMERÉSE NEURÁLIS HÁLÓZAT ALKALMAZÁSÁVAL

## APPLYING NEURAL NETWORK FOR THE RECOGNITION OF TRAFFIC SIGNS

Neurohr Zsolt Barnabás<sup>1</sup>, Tóthné Laufer Edit<sup>2</sup>

Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Budapest, Magyarország

<sup>1</sup> [zsoltbarni@gmail.com](mailto:zsoltbarni@gmail.com)

<sup>2</sup> [laufer.edit@bgk.uni-obuda.hu](mailto:laufer.edit@bgk.uni-obuda.hu)

### Abstract

Artificial intelligence is one of the most dynamically developing areas of science today. Although it is not yet an integral part of our lives to use artificial intelligence solutions, it can be seen in terms of development, that it will become available to everyone in the coming decades, and not be exclusive to the richest. An important part of artificial intelligence research are the so-called soft computing methods, the most important of which are fuzzy logic, genetic algorithms and neural networks. In this article, the authors present a method of identifying certain traffic signs with the help of the neural networks.

**Keywords:** *image processing, neural network.*

### Összefoglalás

Napjaink egyik legdinamikusabban fejlődő a tudomány területe a mesterséges intelligencia. Habár egyelőre nem szerves része az életünknek a mesterséges intelligencián alapuló megoldások alkalmazása, fejlődését tekintve megállapítható, hogy a következő évtizedekben mindenki számára elérhetővé válik és nem csak egy szűk réteg fogja tudni megengedni magának. A mesterséges intelligencia kutatás fontos részét képezik az úgynevezett lágy számítási módszerek, melyek közül a legfontosabbak a fuzzy logika, a genetikai algoritmusok és a neurális hálózatok. Jelen cikkünkben az szeretnénk bemutatni, hogy neurális hálózat segítségével, hogyan lehet egyes közlekedési táblákat felismerni.

**Kulcsszavak:** *képfeldolgozás, neurális hálózat.*

## 1. Bevezetés

A mindennapi forgalomban fontos szerepe van a KRESZ betartásának a balesetmentes közlekedés érdekében. Ehhez a közlekedési táblák felismerése és értelmezése elengedhetetlen.

Számos alkalmazással tudunk különböző objektumokat kimutatni. Ezek között megemlíthetjük a szegmentálást, a Kálmán-filtert vagy éppen a Moravec sarokpont detektort is.

A képfelismerő módszerek legtöbbje a lágy számítási módszereket, ezek közül is leginkább a neurális hálózatokat alkalmazza, azok taníthatósága miatt.

## 2. Neurális hálózatok működése

### 2.1. A Neurális hálózat felépítése

A mesterséges neurális hálózat felépítése az emberi agy szerveződését követi. Az emberi agy egyes elkülönült részei felelnek a látásért, hallásért, szaglásért és a különböző működési területekért, amik egymást nem tudják kiváltani. Ebből következik, hogy a mesterséges neurális hálózatot egy adott probléma megoldása céljából hozunk létre.

A hálózat párhuzamos felépítésének, és az egymással kapcsolatban lévő sok kis számláló egy-

ségének köszönhetően nagy működési sebesség érhető el. A neurális hálózat egy bemeneti, egy kimeneti, és a kettő közötti rejtett rétegekből áll, ahogy az **1. ábrán** is látható. A rétegek egymáshoz neuronokon keresztül kapcsolódnak. Minden egyes összeköttetést súlytényezővel láttunk el, amihez egy értéket rendelünk hatékonyság alapján [1].

A hálózatot nem programozzuk, hanem nagyon sok minta által tanítjuk. Ezek a tárolt adatok elosztottan szerepelnek, ezért hibátűrőek, ha egy elemet kiveszünk vagy megváltoztatunk, a rendszer akkor is kiválóan fog működni.

Egy hálózat létrehozásához három feltétel szükséges. Az elsőhöz tartoznak a számítási egységek, az úgy nevezett neuronok, a második a hálózat összeköttetésének topológiája és végül a tanító szabályokat alkalmazó algoritmusok, amik a súlytényezők beállításáért felelősek.

## 2.2. Az alap neuron felépítése és működése

A neuron a többi neuronokból érkező bemeneteket súlyozott összegként számolja. Az eredményt a következő lépésben a transzfer függvények használatával értelmezzük, amint az a **2. ábrán** is látható, ahol  $x_i$  az  $i$ -edik bemenet,  $w_i$  a súlytényező,  $f(x)$  a transzfer függvény.

Ilyen függvény lehet például az egység ugrás függvény. Ha az érték kisebb, mint nulla vagy egyenlő vele, akkor a kimenet nulla lesz, ekkor nem váltódik ki reakció. Viszont, ha magasabb, mint nulla akkor a kimenet az egyes értéket fogja felvenni.

További jellemző átviteli függvények lehet például a lineáris és a logisztikus függvények [1].

## 2.3. A hálózat tanításának menete

A hálózat egy fekete doboznak tekinthető; a bemenethez egy adott kimenet, célérték tartozik. A

hálózat minden rétege az előző rétegtől kapott adatokat veszi figyelembe és alakítja át, majd továbbítja a következő rétegnek.

A rétegtől rétegig tartó tanulás közben, a hálózat növeli az adatok összetettségét és részletességét. A háló közvetlenül az adatokból tanul, arra nincs befolyásunk, hogy az adott adatnak mely részleteit fogja megtanulni.

Eszerint megadunk egy tanító mintát a hálózat bemenetének és kiszámítjuk, a kimenetét, majd ezt összehasonlítjuk a célértékkel. Ha nem megfelelő eredményt értünk el, akkor a súlytényezőket addig kell hangolni, amíg nem érjük el a megfelelő célértéket. Ezt nevezzük ellenőrzött vagy felügyelt tanításnak, amikor a háló megtanulja a mintapárok által előhívott be- és kimenet leképészését.

A hálózat akkor tekinthető működőképesnek, ha a tanító mintákat nem tartalmazó teszt mintákhoz is a megfelelő célértéket fogjuk kapni [1].

### 2.3.1. A tanítási szabályok

Két tanítási szabály ismert az egyik a Hebb-szabály, ami azt mondja ki, hogy két összeköttött neuron között akkor növekszik meg a súlytényező, ha egyidejűleg aktívak, illetve inaktívak. Ekkor megerősödik a kapcsolat, más esetben pedig leépül.

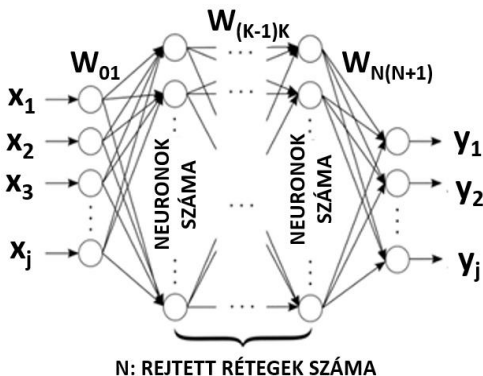
A másik a delta szabály, ekkor az algoritmus a súlyértéket úgy módosítja az optimális érték felé, hogy közben minimalizálja a különbséget a keletkező kimenet és a kívánt célérték között.

## 3. Esettanulmány

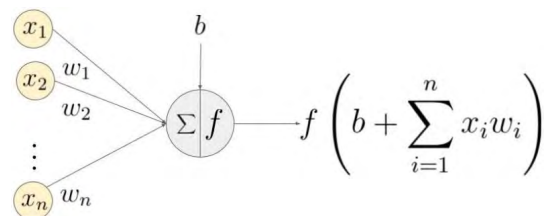
### 3.1. Tesztkörnyezet

A tanulmány célja négy különböző közlekedési tábla (a stop, az elsőbbségadás kötelező, behajtani tilos valamint a gyalogos átkelő hely) felismerése.

A feladat megoldása során a MATLAB program által nyújtott eszköztárakat vesszük segítségül. A hálózat létrehozásához és tanításához a Deep Learning Toolbox-ot használtuk. A hálózat tanítása a felügyelt tanítás módszerével valósul meg.



**1. ábra.** A neurális hálózat topológiája



**2. ábra.** Az alap neuron felépítése

### 3.2. Adatbázis létrehozása

Első lépésként egy adatbázist hoztunk létre, melynek képeit közlekedési tábla típus szerint almappákba rendeztük. Minden egyes kép saját mappájának nevét kapta. Ezután a képeket véletlenszerűen két adatbázisba osztottuk. Az egyik adatbázist tanító mintaként használtuk, a másik adatbázis a tesztelésre szolgált, ami alapján ellenőriztük a hálózat képfelismerési hatékonyságát.

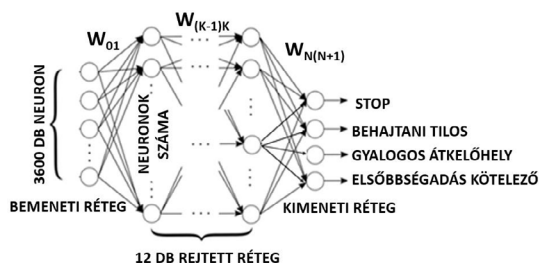
### 3.3. A neurális hálózat létrehozása

A létrehozott hálózat egy bemeneti, egy kimeneti, valamint a kettő közötti jellemzők felismerésére szolgáló 14 rejtett rétegből áll. A hálózat felépítése a 3. ábrán látható.

A hálózat bemeneti rétege 3600 neuronból épül fel, melyek mindegyike a 60x60-os felbontású bemeneti kép egy-egy képpontjának felel meg. A vizsgálat során azt tapasztaltuk, hogy nagyobb felbontású képméret alkalmazása nem járult hozzá nagyobb pontosságú kép felismeréshez, azonban lassította a hálózat működését.

Az első rejtett réteg az úgynevezett konvolúciós réteg, ahol a neuronok a bemeneti képnek egyszerre csak egy kis részletét dolgozzák fel. A neuronok által végzett művelet nagyon hasonlít a képfeldolgozásból ismert szűrők hatására. A konvolúciós neuronoktól azt várjuk, hogy valamilyen többé-kevésbé absztrakt fogalmat tanuljanak meg (pl. egy él detektálása). Ehhez általában egyetlen neuron nem elég, tehát párhuzamosan több neuront tanítunk ugyanazon az input pozíción. Ebben az esetben 40 neuront használunk, ezért 40 kimeneti mátrixot fogunk kapni [2]. A kimeneten az úgynevezett ReLu aktivációs függvényt alkalmaztuk. (4. ábra) Ennek működése részben biológia eredetű és azzal analóg, ahogy a neuronok aktiválódnak vagy sem.

Ha a kimenet értéke meghaladja a küszöbértéket, akkor a függvény saját magát adja vissza, ha a küszöbértéket nem haladja meg, akkor a kimenet egyértelműen nulla lesz [3].



3. ábra. A létrehozott neurális hálózat topológiája

Ahogy egyre mélyebbre haladunk, úgy válik egyre inkább szükséglettel a kis finom részletek megőrzése. Például ha az „él-detektáló” jelzett, hogy talált egy élet, akkor annak a pontos pozíciójára már nem lesz szükségünk a mélyebb rétegekben. Ezért a következő rétegben végezzük el az aktivált kimenetek egyszerűsítést. A fentebb említett rejtett rétegek egymásra építésével egyre absztraktabb fogalmak nyerhetők ki. Jelen esetben elégnek bizonyult háromszor megismételni az előbbi műveletet ahhoz, hogy megfelelő hatékonyságot kapjunk. Így a hálózat 14 rejtett réteget tartalmaz.

Légvégül a kimeneti réteg megadása következik, ami az osztályozást végzi és négy neuronból áll a négy osztálynak megfelelően.

A hálózat tanítása gradiens alapú szélső érték-kereső eljárással és felügyelt tanítással valósult meg.

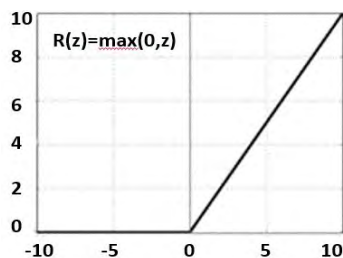
A jelen módszerek használatával másfél perces tanulással 85-90 százalék körüli hatékonysággal képes a létrehozott hálózat felismerni az előbbiekben felsorolt táblákat.

### 3.4. Alexnet

Összehasonlításképpen a tanítás folyamatát az Alex Krizhevsky által fejlesztett Alexnet nevezetű hálón is lefolytattuk, amivel már 99%-os hatékonyságot lehetett elérni hét perces tanulással.

A különbség abból adódhat, hogy míg az általunk fejlesztett háló tanítása kevesebb, mint háromszáz képpel történt, addig az Alexnet kiképzéséhez több millió kép állt rendelkezésre, valamint az Alexnet felépítése 25 rétegből áll ellentétben az általunk létrehozott 14 rétegű hálóval [4].

Az alábbi mátrixokkal jól szemléltethető a hálózatok hatékonysága, amelyben a kékkel jelzett átlók a helyes megoldások számát, halványpirossal a hibák számát jelöli. A baloldali mátrixból világosan látszik, hogy az Alexnet segítségével szinte az összes tesztkép osztályát sikerült felismerni, míg az általunk fejlesztett háló több esetben is mellé detektálta a kép osztályát.



4. ábra. A ReLu függvény képe és képlete

Az igazi osztály	Gyalogosátkelőhely	17				
	Elsőbbségadás kötelező	30				
	Behajtani tilos		23	1		
	Stop			29		
Az előre jelzett osztály	Gyalogosátkelőhely	13				
	Elsőbbségadás kötelező	3	18			2
	Behajtani tilos	1	1		18	
	Stop				20	

5. ábra. Az Alexnet és a létrehozott hálózat összehasonlítása

Az összehasonlítás alapján (5. ábra) levonható az a következtetés, hogy a hálózat úgy válhat hatékonyabbá, ha több rejtett rétegből épül fel és nagyobb mennyiségű adattal történik a tanítás.

#### 4. Összefoglalás

A jelen cikk célja egy közlekedési táblák felismerésére szolgáló neurális hálózat megépítése volt. A hálózat létrehozása Matlab környezetben a Deep Learning Toolbox segítségével történt. A

gyakorlati példán elvégzett teszt alapján a hálózat másfél perces tanulással 85-90% körüli hatékonysággal képes osztályozni a táblákat. Közlekedésbiztonsági szempontból szükséges a hatékonyság javítása, ami a vizsgálatok alapján további rétegek beépítésével, illetve nagyobb tanító minta halmaz alkalmazásával érhető el.

#### Köszönetnyilvánítás

A Bánki Donát Szakkollégium és az Emberi Erőforrások Minisztériuma ÚNKP-18-1-I-OE-40 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült.

#### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Altrichter M., Horváth G. et. al.: *Neurális hálózatok*. Hungarian Edition Panem Könyvkiadó Kft., Budapest, 2006.
- [2] Krizhevsky A., Hinton G.: *Learning multiple layers of features from tiny images*." Master's Thesis. University of Toronto, Toronto, Canada, 2009.
- [3] Nair V., Hinton G. E.: *Rectified linear units improve restricted boltzmann machines*. In Proc. 27th International Conference on Machine Learning, 2010.
- [4] Krizhevsky, A. I. Sutskever, et. al.: *ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks*. Advances in Neural Information Processing Systems. Vol 25, 2012.

# A ZSAROLÓVÍRUS-TÁMADÁSSAL SZEMBENI VÉDEKEZÉS A BIZTONSÁGTUDATOSSÁG NÖVELESÉVEL

## PREVENTION OF RANSOMWARE ATTACK BY INCREASING SECURITY AWARENESS

Nyíkes Zoltán<sup>1</sup>, Szűcs Endre<sup>2</sup>

Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Gépészeti és Biztonságtudományi Intézet, Budapest, Magyarország

<sup>1</sup> [nyikes.zoltan@phd.uni-obuda.hu](mailto:nyikes.zoltan@phd.uni-obuda.hu)

<sup>2</sup> [szucs.endre@bgk.uni-obuda.hu](mailto:szucs.endre@bgk.uni-obuda.hu)

### Abstract

There is a strong relationship between the user's lack of anti-virus software use and the lack of data backup in case of the user groups meaning that users don't use these two applications on average in the same proportion. In the case of users who lack knowledge in informatics virus attacks numbers are high, a large number of them don't use anti-virus software and the data backup. For the digital systems, the lower level rated users are at risks based on the numbers of the occurred virus attacks. For all user groups is necessary the continuous and repeated safety awareness training. Keywords to reach and retain a high-level safety..

**Keywords:** *ransomware, security awareness, cyber security, attack, prevention.*

### Összefoglalás

A vírusvédelem és az adatmentés együttes hiánya a felhasználói csoportok esetében erős kapcsolatot mutat, ami azt jelenti, hogy a felhasználók a két alkalmazást közel azonos arányban nem használják. Azoknál a felhasználóknál, akik nem rendelkeznek informatikai ismeretekkel, mind a vírustámadások aránya, mind a vírusvédelem hiánya és az adatmentés hiánya magas. Az elszennvedett vírustámadások alapján az alacsonyabb értékelésű felhasználók kockázatot jelentenek a digitális rendszerekre. A felhasználók mindegyik csoportja számára szükséges a folyamatos és ismétlődő jellegű biztonságtudatossági képzés a magasfokú biztonság elérése, megtartása érdekében.

**Kulcsszavak:** *zsarolóvírus, biztonságtudatosság, kiberbiztonság, támadás, védekezés.*

### 1. Bevetetés

A biztonságtudatosság és a digitális kompetencia kapcsolatának kutatása céljából egy kérdőívet állítottunk össze. A kérdőívet összesen 1274-en töltötték ki, amiből az online kérdőívet 1195-en, a papíralapút 79-en. A kérdőív hat kérdéscsaládból tevődött össze. *Általános kérdések; Felhasználói szokások és alkalmazott eszközök; A digitális kompetenciára és a biztonságtudatosságra vonatkozó kérdések; Inter-netes zaklatás (Cyberbullying); Rosszindulatú kódok elleni védelem; Adatvagyon védelme.*

A kérdőíves felmérés kiértékelése során bi-zonyítást nyert többek között az, hogy mely felhasználói csoport is van kitéve a legjobban a zsarolóvírus-tá-

madásoknak. A felmérés alapján az is megállapítást nyert, hogy ezeket a támadásokat miként lehet a leghatékonyabb módon megelőzni. Ez pedig nem más, mint a felhasználók folyamatos és megfelelő biztonsági oktatása és digitális kompetencia fejlesztése.

### 2. A digitális kompetencia értékelési szempontrendszer

A kutatás során a különböző mérési eredmények kutatás során a különböző mérési eredmények értékelésére korrelációs vizsgálatot alkalmaztunk, ahol a korrelációs együttható abszolút értéke a mértékadó, amely alapján vizsgálati szempontok szerinti korrelációkat találtam. A felhasz-



nálók iskolai végzettséget tekintettük mérvadónak, és a hozzá válaszol adott önértékelési szintet kritikával kezeltük. A definiált öt csoporthoz következő osztályzatokat adtuk a felhasználóknak: *magabiztos (5), védendő (2), szerény (4), veszélyes (3), belépő (1)*. A kérdőívek kiértékelése során alkalmaztuk a *Pearson korrelációs együttható* értékének meghatározását ( $r$ ), valamint ebből az értékből a determinációs együtthatót ( $d = r^2 \cdot 100$  (%)) is meghatároztuk, mely a lineáris típusú korrelációs kapcsolat mérőszáma. A korrelációs együttható abszolút értéke, ha  $|r| = 0$  *nincs kapcsolat*,  $0 < |r| < 0,3$  *gyenge kapcsolat*,  $0,3 < |r| < 0,7$  *közepes kapcsolat*,  $0,7 < |r| < 1$  *erős kapcsolat*,  $|r| = 1$  *determinisztikus kapcsolat*. Lineáris regresszió esetén, ami a változók közötti lineáris kapcsolat erősségére utal, a kapcsolat erősségét a determinációs együttható %-ban határozza meg [1].

### 2.1. A „Veszélyes” felhasználó

Ebbe a kategóriába azokat az amatőröket soroltuk, akik a potenciális veszélyforrást jelenthetik. Általában ebből a kategóriából kerülnek ki a cégek „shadow IT” azaz a „árnyék informatikus” szakemberei.

### 2.2. A „Védendő” felhasználó

Ebbe a kategóriába azokat a kezdő felhasználókat soroltuk, akik szintén veszélyforrást jelentenek, viszont mivel feltehetően tisztában vannak a saját képességeikkel (a végzettség és a saját kompetenciaszint megítélése közel azonos), ezért óvatosabban használják az internetet.

### 2.3. A „Szerény” felhasználó

Ebbe a kategóriába azokat a félprofi felhasználókat soroltuk, akik rendelkeznek valamilyen informatikai végzettséggel/tanfolyammal, viszont a képességeiket alacsony szintűnek ítélik meg (az iskolai végzettség és a saját önértékelés azonos szintet mutat).

### 2.4. A „Magabiztos” felhasználó

Ebbe a kategóriába azokat a profi felhasználókat soroltuk, akik rendelkeznek informatikai végzettséggel/tanfolyammal és digitálisan kompetensnek, valamint biztonság tudatosnak vallják magukat.

## 3. A felhasználók vírusvédelmi szokásainak vizsgálata

Az informatikai eszközeink egyik legfontosabb védelmi megoldása a vírusvédelem. [1, 2] Ennek alkalmazása minden informatikai eszközön kiemelten szükséges. Tévhit, hogy bizonyos operációs rendszerekhez nincs szükség vírusvédelemre, mondván, arra az operációs rendszerre nem készítenek rosszindulatú szoftvert. [3]

### 3.1. A felhasználók tevékenységének vizsgálata vírusátadás esetén

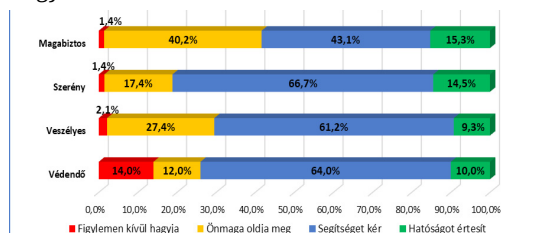
Az alábbiakban a felhasználói csoportok tevékenységét vizsgáltuk egy esetleges vírusátadás esetén (1. ábra). A felhasználói csoportoknak a felmérés „Esetleges vírusátadás, és/vagy egyéb rosszindulatú átadás esetén tisztában van azaz, hogy mi a teendő?” kérdésre adott válaszait elemeztük. A felmérés alapján megállapítható, hogy a felhasználók a biztonságtudatosságuknak és a digitális kompetenciájuknak, valamint az informatikai ismereteiknek megfelelően tevékenykednének esetleges vírusátadás esetén. Míg az önmaga által végrehajtott kármentés a „Magabiztos” csoport esetében a tudásszintjük miatt érhetően magas, addig ugyanez aggasztó és ezáltal kockázatos a „Veszélyes” csoport esetében, akik nem rendelkeznek semmilyen informatikai végzettséggel.

Pozitívan értékelendő, hogy a felhasználók nagy számban valamilyen segítséget kérnének szakemberektől, azonban negatív viselkedésnek tekinthető, hogy a hatóságokat az esetleges víruseszkálálódás megelőzése érdekében csak kevés számban értesítenék. Negatívan értékelendő, hogy a „Védendő” csoport 14%-a nem tenné semmit vírusátadás esetén.

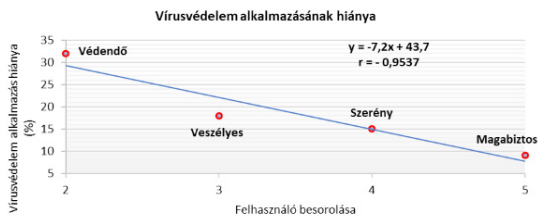
### 3.2. Kapcsolat a felhasználó besorolása és a vírusvédelem között

A korrelációs együttható abszolút értéke jó egyezést mutat a lineárishoz ( $|r| = 0,9537$ ), mivel a korreláció előjele negatív, ebből látszik, hogy a felhasználó egyre magasabb besorolási értéke szerint egyre alacsonyabb a vírusvédelem hiánya, az ebből kiszámított determinációs együttható pedig 90,95%, mely azt mutatja, hogy az értékek jól illeszkednek a lineáris függvényre, tehát közöttük erős kapcsolat van (2. ábra).

A kutatási eredmények alapján megállapítható, hogy a vírusvédelem alkalmazása és a felhasználó besorolási szintje közötti kapcsolat közel lineáris, tehát a magasabb képzettségű felhasználók nagyobb számban alkalmaznak vírusvédelmet.



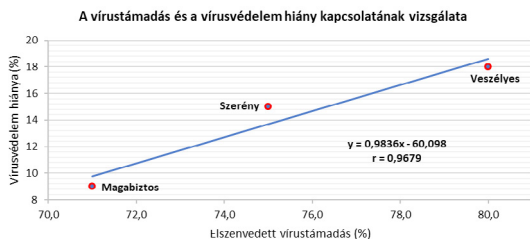
1. ábra. A felhasználók tevékenységének vizsgálata vírusátadás esetén [4]



2. ábra. A felhasználó besorolása és a vírusvédelem alkalmazásának hiánya közötti korreláció [4]



3. ábra. Korreláció a felhasználó besorolása és a vírusátadások között [4]



4. ábra. A vírusátadás és a vírusvédelem hiánya kapcsolatának korrelációs vizsgálata [4]

### 3.3. Kapcsolat a felhasználó besorolása és a vírusátadások között

Az alábbi korreláció rávilágít arra, hogy a felhasználó a digitális rendszer szempontjából kockázatot jelent, mert az elszennvedett vírusátadások szerint a kockázati szint fordítottan arányos a felhasználó besorolási szintjével (3. ábra). Látható, hogy csak három csoport adatai lettek értékelve. A „Védendő” csoport eredménye ki lett zárva, mivel nem egyértelmű, hogy a felhasználók kompetenciájukból adódóan képesek voltak minden vírusátadást felismerni, ezért a válaszok eredményei ebben a korrelációban nem használhatók.

A pontok lineárisra illeszkedése igen jó közelítéssel valósul meg, a korrelációs együttható  $|r| = 0,9979$ , mely fordított arányt mutat az elszennvedett vírusátadások száma és a besorolási szint között, a determinációs együttható pedig  $d = 99,58\%$ , ami a kapcsolat erősségét mutatja. A felhasználó besorolása és a vírusátadások közötti kapcsolat erős, erősebb, mint a felhasználó besorolása és a vírusvédelem alkalmazás hiánya közötti.

### 3.4. Kapcsolat a vírustámadások és a vírusvédelmi alkalmazások hiánya között

Nem derül ki a „Védendő” felhasználói csoport kutatási eredményeiből, hogy hány felhasználót ért „lappangó” vírustámadás, melyről a felhasználó nem is tud, hiszen nem alkalmaz megfelelő vírusvédelmet, csak lassul a számítógépe, vagy csak később derül ki, hogy vírusfertőzés érte. Ezért ahogyan indokoltuk, ezt a csoportot ebben az esetben is kizártuk a korrelációs vizsgálatból. Látszik (4. ábra), hogy a vírusvédelem hiánya és a vírustámadások száma között erős korreláció van,  $|r| = 0,9679$ . **Megállapítható az eredmények alapján, hogy amennyiben a felhasználó nem használ vírusvédelmet, abban az esetben vírustámadás éri. A vírusvédelem hiánya fordítottan arányos a felhasználónak a szempont-rendszer szerinti szintjével, valamint a vírusvédelem hiánya és a vírustámadások előfordulása között lineáris kapcsolat mutatható ki.**

### 4. A felhasználó besorolása és az biztonsági adatmentés hiányának vizsgálata

Az eredményekből látható, hogy a „Védendő” csoportba tartozók közül vannak a legtöbben (28%), akik nem készítenek biztonsági adatmentést. Valószínűsíthető, hogy ez a csoport az, aki nem tudja, hogy egyrészt miért is fontos a biztonsági adatmentés, másrészt nem áll rendelkezésére olyan technikai megoldás, aminek segítségével elkészíthetné az adatai mentését. Kimondható, hogy a „Magabiztos” csoport azon tagjai, akik nem készítenek biztonsági adatmentést, felelőtlenül viselkednek. Míg a „Veszélyes” csoport azon tagjai, akik nem készítenek biztonsági adatmentést, az informatikai ismeretük hiányáról tesznek tanúbizonyságot. A „Szerény” csoportba tartozók 17,5%-a nem készít biztonsági adatmentést. Valószínűsíthető, ahogyan korábban már megállapítást nyert, hogy ennek a csoportnak vagy nincs vagy bevallottan alacsony a biztonságtudatossága, annak ellenére, hogy rendelkeznek valamilyen szintű képzésben szerzett informatikai ismerettel.

A felmérés alapján megállapítható, hogy a felhasználók körében szükséges a rendszeres biztonságtudatossági képzés/oktatás, mivel a biztonsági adatmentésre a végzettségnek erős hatása van, ezt a 81,54%-os értékű determinációs együttható is alátámasztja (5. ábra). A biztonsági adatmentés hiánya és a felhasználó besorolási szintje között fordított arányosság van, a magasabb szintű felhasználók esetében alacsony a biztonsági mentés hiánya. A besorolási szint és az adatmentés hiánya.

nya lineárisan jól közelíthető, amit a korrelációs együttható abszolút értéke ( $|r|=0,9203$ ) is mutat. A negatív előjel arra utal, hogy minél jobban képzett az adott felhasználó, annál gyakoribb a fontos adatainak biztonsági mentése.

## 5. A felhasználók vírusvédelmi és adatmentési szokásainak vizsgálata

Mivel az elmúlt évek legnagyobb biztonsági kihívása a zsarolóvírusok támadása elleni védekezés, ezért elsődleges a felhasználók ilyen irányú felvilágosítása [5, 6].

### 5.1. A felhasználók vírusvédelmi és adatmentési szokásainak aránya

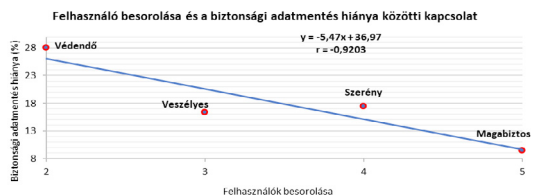
A vizsgálat alapján látható (6. ábra), hogy a vírusvédelem hiánya és a biztonsági adatmentés hiánya milyen szorosan összefüggően, szinte közel azonos arányban jelenik meg az adott felhasználók esetében. Továbbá az is szembevetendő, hogy a felhasználói csoportoknak az felállított rangsor szerint növekszik (egy kivételével) mindkét szokásnak az aránya. Látható, hogy a „Magabiztos” 9,16-9,39% aránypárral, a „Szerény” 15-17,5% aránypárral, a „Veszélyes” 17,78-16,44% aránypárral és a „Védendő”, kimagaslóan a többi közül, 32-28% aránypárral szerepel.

### 5.2. A felhasználók vírusvédelmi és adatmentési szokásainak relációja

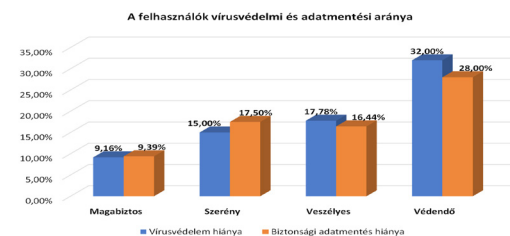
A vírusvédelem hiánya és az adatmentés hiánya a felhasználói csoportok esetében erős kapcsolatot mutat ( $|r|=0,9545$ ), a determinációs együttható értéke 94,91%, ami azt jelenti, hogy a felhasználók a két biztonsági megoldást közel azonos arányban nem használják, közöttük erős kapcsolat van (7. ábra). A felhasználói csoportok ezen alkalmazásokat pedig besorolási szintjüknek megfelelően a diagramon bemutatott erős lineáris korreláció szerint nem alkalmazzák.

## 6. Összegzés

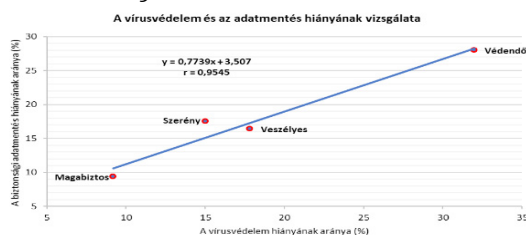
A fenti vizsgálat alapján látható, hogy azon felhasználók körében, akik rendelkeznek oktatás útján megszerzett informatikai ismeretekkel, magasabb a biztonsági adatmentés és a vírusvédelem alkalmazása. Akik nem tanultak informatikát, azok körében gyakrabban előfordul, hogy se vírusvédelmet, se biztonsági adatmentést nem alkalmaznak. Megállapítom, hogy egy esetleges zsarolóvírus-támadást azok szenvedhetnek el nagyobb arányban, akik nem rendelkeznek tanult informatikai ismeretekkel. Ennek a kockázati tényezőnek a korai felismerése, valamint ennek prevenciója jelentősen javíthatja akár az egyén, akár egy vállalat adatvagyonának a védelmét.



5. ábra. Korreláció a felhasználó besorolása és a biztonsági adatmentés között [4]



6. ábra. A felhasználók vírusvédelmi és adatmentési aránya [4]



7. ábra. A vírusvédelem és az adatmentés hiányának vizsgálata [4]

## Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Rajnai Z., Mógor T.né: *Elektronikus adatkezelő rendszerek kockázatelemzése, a kockázati módszerek bemutatása*. Bolyai Szemle 4/2. (2014) 43–59.
- [2] Simon L., Magyar S.: *A terrorizmus és indirekt hatása a kiberterében*. Nemzetbiztonsági Szemle 3. (2017), 89–101.
- [3] Michelberger P., Keszthelyi A.: *Információbiztonság alapjai – mesterfokon*. Informatika a felsőoktatásban, Debrecen, 2011, 579–583.
- [4] Nyíkes Z.: *Az információbiztonság növelése a felhasználó támogatásának lehetőségeivel*. doktori értekezés, Óbudai Egyetem, Budapest, 2019. Torres-Gastelú C. A., Kiss G.: *Comparison of the ICT Literacy Level of the Mexican and Hungarian Students in the Higher Education*, Procedia - Social and Behavioral Sciences, 176. (2015) 824–833.
- [5] Torres-Gastelú C. A., Kiss G.: *Comparison of the ICT Literacy Level of the Mexican and Hungarian Students in the Higher Education*. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 176. (2015) 824–833. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.546>
- [6] Kerti A.: *Az információbiztonsági kockázatkezelés oktatásának buktatói*. Kommunikáció, Budapest, 2013. 53–60.

# HŐVEZETÉS JELENSÉGÉT TANULMÁNYOZÓ BERENDEZÉS TERVEZÉSE ÉS KIVITELEZÉSE

## DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A LABORATORY STAND FOR STUDYING HEAT TRANSFER BY CONDUCTION

Padrah István,<sup>1</sup> Pásztor Judit,<sup>2</sup> Farnos Rudolf<sup>3</sup>

*Sapientia EMTE, Marosvásárhelyi Kar, Marosvásárhely, Románia*

<sup>1</sup> [isti207@yahoo.com](mailto:isti207@yahoo.com)

<sup>2</sup> [pjudit@ms.sapientia.ro](mailto:pjudit@ms.sapientia.ro)

<sup>3</sup> [farnos\\_rudolf@ms.sapientia.ro](mailto:farnos_rudolf@ms.sapientia.ro)

### Abstract

Thermal conduction is a mechanism of the heat transfer. It is present in our everyday life. The determining of thermal conductivity factor helps us better understanding the heat conduction phenomenon. The goal of this paper is to measure the thermal conductivity factor of different materials and compare it with the values provided by the manufacturers. For achieving this we assemble a measuring station and perform measurements on heat insulating materials.

**Keywords:** *heat transfer, thermal conductivity, thermal conductivity factor, heat-insulating material.*

### Összefoglalás

A hővezetés a hőterjedés egy egyszerű folyamata, lehetősége. Jelen van mindennapi életünkben, fontos az ismerete. A hővezetési tényező meghatározása segít a hővezetés jelenségének megértésében. A dolgozat célja a különböző anyagok hővezetési tényezőjének mérése és összehasonlítása a gyártók által megadott értékekkel. Ennek érdekében mérőberendezést állítunk össze és méréseket végzünk hőszigetelő anyagokon.

**Kulcsszavak:** *hőterjedés, hővezetés, hővezetési tényező, hőszigetelő anyag.*

### 1. Bevezetés

A műszaki képzések hallgatói számára a különböző jelenségek, folyamatok elméleti ismereteinek gyakorlathoz való kötése igen fontos a tananyagok megértése céljából. A szemléltető berendezések műveletek, folyamatok belső összefüggéseinek, törvényszerűségeinek, jellegzetességeinek bemutatására alkalmasak. Egyesítik magukban a konkrét és absztrakt tulajdonságokat. A termikus jelenségek, így a hőterjedés is nagyon elvont folyamatok, ezért szemléltetésük nagyon fontos a leendő műszaki szakemberek számára.

A hő terjedése energiaátadás, ami hőmérsékletkülönbség hatására következik be. A jelenség

elemi folyamatai a hővezetés, a hőszállítás és a hőszugárzás.

A hővezetés, kondukció, szilárd testekben, nyugalomban lévő folyadékokban és gázokban tapasztalható. A hő terjedése szilárd testekben az atomok rezgése által, rugalmas elemi hullámok révén valósul meg, s ehhez a vezetőkben a szabad elektronok diffúziója is hozzájárul [1]. Folyadékokban és gázokban a molekulák elmozdulása számottevő, itt a hővezetés a rendezetlen termikus mozgásnak köszönhető. Ez utóbbi esetben az ütközések szállítják el az energiát a melegebb oldalról a hidegebb felé [2].

Hőszállítás vagy hőáramlás, konvekció, áramló közegben valósul meg. A részecskék egymáshoz képest makroszkopikusan elmozdulnak, és ezzel energiájukat is magukkal szállítják [1].

Hőszugárzás, radiáció, esetében nincs közvetítő közeg, az energia elektromágneses hullámok formájában terjed.

A dolgozatban a hővezetés folyamatának jobb megértését elősegítő berendezést valósítunk meg.

A hőterjedés matematikai modelljét Fourier állapította meg, szerinte egy homogén testben a stacionárius hőáram a csökkenő hőmérsékletek irányába mutat, [1]. Fourier-törvény matematikai megfogalmazása:

$$\dot{q} = -\lambda \cdot \text{grad}T \left[ \frac{W}{m^2} \right] \quad (1)$$

ahol:  $\dot{q}$  hőáramsűrűség [ $W/m^2$ ];  $\lambda$  hővezetési tényező, [ $W/(m \cdot K)$ ];  $\Delta T$  hőmérséklet különbség, [K].

Egy dimenzióban a hőáram arányos a terjedés irányában tapasztalt hosszegységenkénti hőmérséklet-változással és az erre az irányra merőleges keresztmetszettel:

$$\dot{Q} = -\lambda \cdot A \cdot \Delta T / \Delta x \quad [W] \quad (2)$$

ahol:  $\dot{Q}$  hőáram, [W];  $\lambda$  hővezetési tényező, [ $W/(m \cdot K)$ ];  $A$  keresztmetszet [ $m^2$ ];  $\Delta T$  hőmérséklet különbség, [K];  $\Delta x$  a hideg és a meleg oldal távolsága, [m].

Az (1) és (2) összefüggés csak stacionárius esetre igaz. Emiatt a kísérletek során várni kell arra, hogy a hideg-meleg oldalakon a hőmérséklet állandósuljon.

A hővezetési tényező anyagjellemző, számértéke az anyag szerkezetétől és termodinamikai állapotától függ. Meghatározása bonyolult, erre szakosodott laboratóriumokban végzik. Néhány anyag hővezetési tényezőjét különféle kézikönyvek tartalmazzák, interneten is megtalálhatóak.

Fourier-egyenlet síkfalra vonatkozó egyenlete a következőképpen alakul:

$$\dot{Q} = -\lambda \cdot A \cdot \frac{t_2 - t_1}{\delta} [W], \quad (3)$$

ahol:  $\dot{Q}$  hőáram, [W];  $\lambda$  hővezetési tényező, [ $W/(m \cdot K)$ ];  $A$  keresztmetszet [ $m^2$ ];  $(t_2 - t_1)$  a sík fal két oldalán jelentkező hőmérséklet különbség, [ $^{\circ}C$ ];  $\delta$  sík fal vastagsága, [m].

A hővezetési tényező számítása:

$$\lambda = \left| -\frac{\dot{Q}}{A \cdot \frac{t_2 - t_1}{\delta}} \right| \left[ \frac{W}{m \cdot K} \right] \quad (4)$$

A hővezetési tényező függhet a hőmérséklettől. Ezt a függőséget a leggyakrabban az alábbi egyszerűsített összefüggés szerint szokás modellezni [2]:

$$\lambda = \lambda_0 \cdot (1 + b \cdot t) \left[ \frac{W}{m \cdot K} \right] \quad (5)$$

ahol:  $t$  a hőmérséklet, [ $^{\circ}C$ ];  $\lambda_0$  pedig egy referencia hőmérsékleten mért hővezetési tényező, [ $W/(m \cdot K)$ ].

## 2. Mérések és adatfeldolgozás

### 2.1. Mérés elve

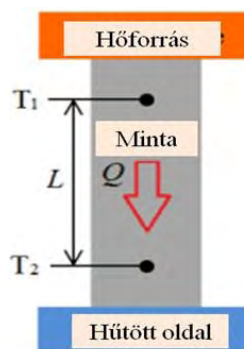
A hővezetési tényező meghatározásához állandósult állapotú mérés abszolút mérés módszerét alkalmazó „Hot Plate” elven működő berendezést készítettünk el, 1. ábra.

A módszer lényege, hogy a vizsgálni kívánt próbatest két oldala között hőmérsékletkülönbséget hoznak létre, aminek a hatására hőáram indul el a melegebb oldal felől a hidegebb oldal irányába. Az egyensúlyi helyzet, az állandósult hőáramlás beállta után a minta hővezetési tényezője egyszerűen számítható a hőáram, a minta vastagsága és a kialakult hőmérsékletkülönbség ismeretében, a (4)-es összefüggés alapján.

### 2.2. Mérőberendezés felépítése

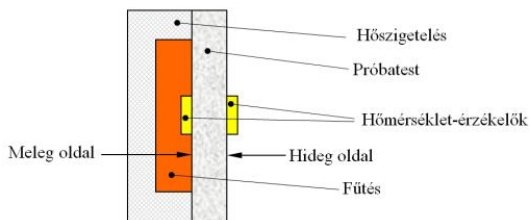
Sík fal hővezetési tényezőjének meghatározásához szükség van egy vezérelhető hőforrásra, amely segítségével a különböző kísérleti feltételek beállíthatók; sík falra, amelyen a mérőeszközök, jelen esetben hőmérséklet szenzorok elhelyezhetők legyenek; mérőrendszerre, amely a mérést és adatrögzítést megvalósítja. Gondoskodni kell a fal rögzítéséről és falvastagság változtathatóságáról.

A mérés javasolt, hogy egy oktatási tevékenység alatt megtörténjen, vagyis a mérés ideje legyen kevesebb, mint 2 óra.

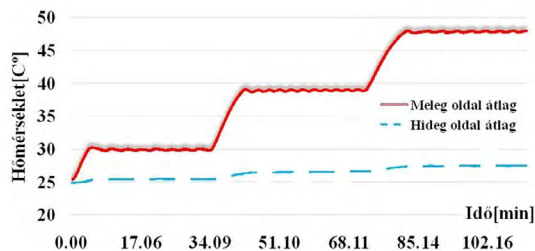


1. ábra. A hővezetési tényező meghatározásának elve [3]

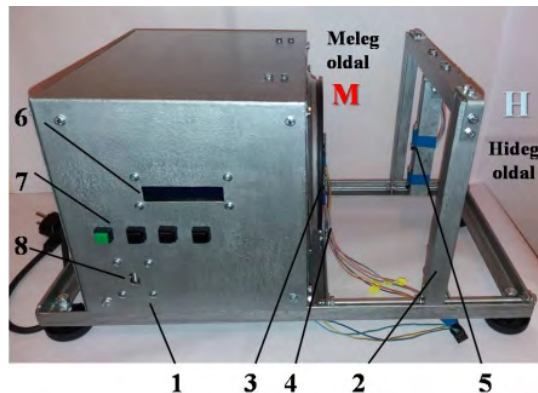




2. ábra. A berendezés elvi vázlata



4. ábra. A hideg és meleg oldal hőmérsékletváltozása



3. ábra. A megvalósított mérőberendezés

A mérőstand építésének elvi alapja a 2. ábrán követhető.

A tervezett és megépített berendezés a 3. ábrán látható. Részai: 1-es vezérlő egység: a fűtőberendezést kapcsoló relé, Raspberry Pi, mint vezérlő áramkör; 2-es vázszerkezet és a sík fal rögzítésére alkalmas keret, 3-as fűtőberendezés, 4-es és 5-ös hőmérséklet szenzorok, 6-os kijelző, 7-es gombok, 8-as adatgyűjtő csatlakozója.

A relé impulzus-szélesség-modulációval (PWM) van vezérelve, ami biztosítja a kívánt hőmérséklet elérését a fűtőlapon.

A berendezés a mérés közben teljesen be van borítva hőszigetelő lappal.

### 2.3. A mérés menete

A vizsgálandó polisztirol anyagú sík falat (expandált polisztirol hőszigetelő lapot) a berendezésbe helyezük. A tartókeretet úgy állítjuk, hogy a szenzorok lehető legközelebb kerüljenek a sík falhoz. A berendezést szigeteljük.

A hálózatra csatlakoztatjuk a berendezést. Indítjuk a főkapcsolót. Az USB memóriát a csatlakozóba helyezzük, majd az indító gombbal indítjuk a mérést.

A fűtőlapon indításától kezdődően mérjük a hőmérséklet értékeit a sík fal mindkét oldalán, a meleg és hideg oldalon elhelyezett két-két szenzorral.

Az első célhőmérséklet 30°C. A célhőmérséklet beállása után 30 percig ezt a hőmérsékletet tartja a fűtőlapon, miközben a szenzorok vételezik az adatokat. A mérési adatok USB memórián tárolódnak.

Ezután ismét fűtés következik, a fűtőlapon felmelegedik a második célhőmérsékletre, 40°C-ra, majd itt is adatokat gyűjtünk 30 percig, miközben a fűtőlapon szinten tartja a beállított hőmérsékletet.

A harmadik célhőmérséklet 50°C, ezért előbb melegítünk, majd szinten tartjuk 30 percig ezt a hőmérsékletet is a fűtőlapon segítségével. A mérés közben az adatok most is tárolódnak.

A célhőmérsékletek elérése és szinten tartása a kívánt ideig, külső beavatkozás nélkül kell, hogy megtörténjen. A felhasználóként csak az esetleges hibákat felügyeljük. Szükség esetén a vészleállítás is megvalósítható.

### 2.4. Az adatok feldolgozása

Az adatokat a berendezés 4 másodpercenként rögzíti, menti „.csv” típusú állományba. Az adatokat a 4. ábra jeleníti meg:

A meleg oldalon mért hőmérsékletek középtételei szemléltetik az állandósult szakaszokat és a tervezett hőmérséklet emelkedést. A hideg oldalon is észlelhető a hőmérséklet emelkedése, ami a sík fal hővezetését igazolja.

A méréseket elvégeztük 20 mm-es, 50 mm-es és 80 mm-es falvastagságnál. A méréseket háromszor ismételtük. A hővezetési tényezők középtételeit kiszámoltuk az állandósult szakaszokon a (4)-es összefüggés alapján. Az adatokat a 1. táblázatban rögzítettük.

A hővezetési tényezők alakulását az 5. ábrán szemléltettük.

A hővezetési tényező értéke emelkedik a hőmérséklettel, amint az várható volt.

A hővezetési tényező anyagjellemző, független a fal vastagságától. A berendezéssel a különböző falvastagságokra más-más hővezetési tényező értékeket határoztunk meg. A jelenség a berendezés

**1. táblázat.** A mérési adatok középértékei a különböző falvastagságoknál

$\delta=20\text{ mm}$	$\delta=50\text{ mm}$	$\delta=80\text{ mm}$	Mértékegység
$Q'_{30} = 1.45$	$Q'_{30} = 1.22$	$Q'_{30} = 1.00$	[W]
$Q'_{40} = 4.54$	$Q'_{40} = 4.23$	$Q'_{40} = 4.24$	[W]
$Q'_{50} = 7.69$	$Q'_{50} = 7.63$	$Q'_{50} = 8.17$	[W]
$\Delta t_{30} = 4.48$	$\Delta t_{30} = 4.341$	$\Delta t_{30} = 4.22$	[°C]
$\Delta t_{40} = 12.43$	$\Delta t_{40} = 13.01$	$\Delta t_{40} = 13.16$	[°C]
$\Delta t_{50} = 20.34$	$\Delta t_{50} = 21.55$	$\Delta t_{50} = 21.90$	[°C]
$\lambda_{30} = 0.19$	$\lambda_{30} = 0.19$	$\lambda_{30} = 0.25$	[W/(m·K)]
$\lambda_{40} = 0.12$	$\lambda_{40} = 0.22$	$\lambda_{40} = 0.34$	[W/(m·K)]
$\lambda_{50} = 0.13$	$\lambda_{50} = 0.24$	$\lambda_{50} = 0.40$	[W/(m·K)]

szigetelésének hiányosságával magyarázható, de az inhomogén szerkezetű próbatest is okozhatja az eltérést.

Az expandált polisztirol hővezetési tényezőjének referencia-értékeket 20°C-on határozzák meg. A hővezetési tényező értéke 0,035...0,050 [W/(m·K)] között található [4].

Felhasználva a mérési adatok regressziós egyeneseinek egyenletét, kiszámoltuk a hővezetési tényező értékét 20°C-ra, mindhárom falvastagságnál, majd ennek alapján korrekciós tényezőket határoztunk meg,

$$\lambda_{20, \text{berendezés}} = 0.007 \cdot t + 0.0689 \left[ \frac{W}{m \cdot K} \right] \quad (6)$$

$$\lambda_{20, \text{berendezés}} = 0.007 \cdot 20 + 0.0689 = 0.0829 \left[ \frac{W}{m \cdot K} \right] \quad (7)$$

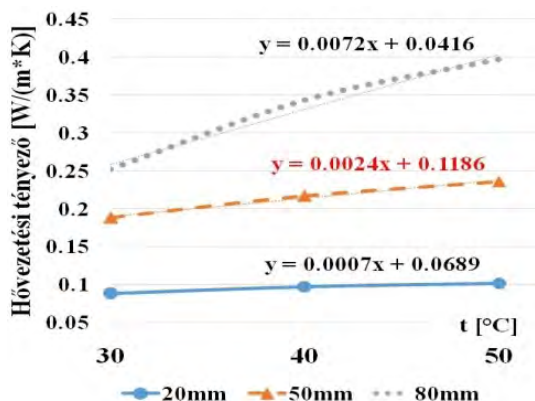
Az intervallum középehez,  $\lambda_{20}$ , referencia=0,043[W/(m·K)] értékhez számoltuk a korrekciós tényezőt:

$$k = \frac{\lambda_{20, \text{referencia}}}{\lambda_{20, \text{berendezés}}} = \frac{0.043}{0.0829} = 0.518 \quad (8)$$

Hasonló számolás alapján határoztuk meg a korrekciós tényezőt 50 mm és 80 mm falvastagságnál is, az eredményeket **2. táblázat**ban foglaltuk össze.

Az általunk megvalósított mérőműszer mérési adatai a következőképpen alakulnak, polisztirol esetében:

$$\lambda = k \cdot \lambda_{20, \text{számolt}} \left[ \frac{W}{m \cdot K} \right] \quad (9)$$



**5. ábra.** A mért hővezetési tényező változása a hőmérséklet függvényében

**2. táblázat.** A mérőberendezés korrekciós tényezői

	$\delta=20\text{ mm}$	$\delta=50\text{ mm}$	$\delta=80\text{ mm}$
$\lambda_{20, \text{számolt}} [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$	0,0829	0,1666	0,1856
$k$	0,518	0,2581	0,2316

### 3. Következtetések

A sík fal hővezetési tényezőjének meghatározása segíti a hővezetés jelenségének megértését.

A mérőberendezéssel meghatározott hővezetési tényező értékei eltérnek a gyártók által megadott értékektől. A mérések pontosabbá tétele érdekében javasolt elvégezni a berendezés jobb hőszigetelését és a berendezés hőveszteségének modellezését.

### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Bihari P.: 4. *Hővezetés és hőszigetelés*. In: Műszaki hőtan. Edutus Főiskola, Budapest, 2012. [https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0017\\_42\\_muszaki\\_hotan/ch04.html](https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0017_42_muszaki_hotan/ch04.html) (2019.02.10)
- [2] Kakucs A.: *Műszaki hőtan*. Scientia Kiadó, Kolozsvár, 2005. 150–160.
- [3] Dongliang Z., Xin Q., Xiaokun G.: *Measurement Techniques for Thermal Conductivity and Interfacial Thermal Conductance of Bulk and Thin Film Materials*. University of Colorado, Boulder, 2017. 5–10. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1605/1605.08469.pdf> (2018.06.15)
- [4] AV Group Hungary, *Polisztirol dryvit hőszigetelés* <http://www.szigeteloanyagarak.hu/polisztirol-hoszigeteles/polisztirol-dryvit-hoszigeteles/> (2018.05.15).

# NAGY ELŐTOLÁSÚ ESZTERGÁLÁS: NAGYOLÁS ÉS SIMÍTÁS UGYANAZON LAPKÁVAL?

## HIGH FEED TURNING: ROUGHING AND FINISHING WITH THE SAME INSERT?

Ráczai Viktor<sup>1</sup>, Huszák Csenge<sup>2</sup>, Sipos Sándor<sup>3</sup>

Óbudai Egyetem, BGK, Anyag és Gyártástudományi Intézet, Budapest, Magyarország

<sup>1</sup> [raczi.viktor@bgk.uni-obuda.hu](mailto:raczi.viktor@bgk.uni-obuda.hu)

<sup>2</sup> [huszak.csenger@bgk.uni-obuda.hu](mailto:huszak.csenger@bgk.uni-obuda.hu)

<sup>3</sup> [sipos.sandor@bgk.uni-obuda.hu](mailto:sipos.sandor@bgk.uni-obuda.hu)

### Abstract

In the last couple of years tools, that make multi-directional machining possible, have revolutionized turning operations. The chip removal of high feed roughing and finishing inserts are so special, that new formulas have to be introduced instead of the usual ones. In this article the results of the tests is summarised and a proposal is made about the force load of multi-directional insert and the description, analyzes and estimation of surface roughness.

**Keywords:** *multi-directional turning, chip development, force effects, microgeometry.*

### Összefoglalás

Az utóbbi években megjelent, többirányú megmunkálást lehetővé tevő szerszámok forradalmasították az esztergálást. A nagy előtolású, nagyolásra és simításra szolgáló lapkák forgácsleválasztása annyira különleges, hogy az eddig megszokott képletetek helyett újakat kell bevezetni. Jelen tanulmány a vizsgálatok eredményeit összegzi, és javaslatot tesz a többirányban alkalmazható lapkák erőigényének, valamint az előállított felületek érdekességének leírására, elemzésére és számítására.

**Kulcsszavak:** *többirányú esztergálás, forgácsképződés, erőhatások, mikrogeometria.*

### 1. Bevezetés

Gyorsabban, olcsóbban, pontosabban – minden iparvállalat ezekkel a nem túl egyszerűen összeegyeztethető kihívásokkal szembesül a napi tevékenysége során. Mindehhez társulnak a folyamatbiztonsággal és a környezetvédelemmel kapcsolatos, egyre szigorodó elvárások is. A nagy előtolással végzett, többirányú esztergálást (MDHFT – multi-directional high feed turning) az az igény hozta létre, hogy a bonyolult alkatrész-konfigurációkat kevesebb szerszám felhasználásával lehessen gyártani. Az új elven (PrimeTurning™) működő szerszámokról már több publikációnk készült [1, 2]. Jelen tanulmány a vizsgálatok eredményeit összegzi, és javaslatot tesz a többirányban alkalmazható lapkák erőigényének, valamint

az előállított felületek érdekességének leírására, elemzésére és számítására.

### 2. Felületképzés PrimeTurning™ szerszámokkal

A CoroTurn Prime „B” típusú szerszámok elsősorban hossz- és keresztirányban végzett, illetőleg kis hajlásszögű alakos (elsősorban kúpos) felületek megmunkálására szolgálnak. A szerszám élgeometriai sajátossága, hogy az előtolás iránya nagyoláskor ellenkező, mint simítás esetén. Ez a tény nem kizárólag az élek helyzetét és funkcióját változtatja meg, de a nagy előtolással végzett esztergálás módosítja a felületképzés jellegét és a forgácsleválasztása folyamatát (forgácsképződés, erőhatások stb.), sőt a felület létrehozása közben





## 2.2. Forgácsolási erőhatások

Az esztergálás erőkomponenseit KISTLER 9021A típusú berendezéssel mértük és Dynoware szoftverrel értékeltük ki. Az  $F_c$ ,  $F_f$  és  $F_p$  erőösszetevőket egyetlen sebességen és fogásmélységen hasonlítottuk össze, ezért a szokásos hatványfüggvény-modell a következő:

$$F_{jk} = C_{Fjk} \cdot f^{X_{Fjk}} [N] \quad (1)$$

ahol a  $j$  index az erőkomponensre, a  $k$  index pedig a nagyolásra/simításra utal. A modellek szorossága azt jelzi, hogy a mért és számított értékek eltérése igen csekély. A 4. ábra a kapott eredményeket szemlélteti.

A 4a. ábrán jól látható, hogy a nagyoláskor ébredő  $F_c$  forgácsolóerő átlagosan kb. 10%-kal nagyobb, mint a simításnál fellépő. Ennek magyarázata a forgács alakjában keresendő és a munkadarab-szerszámél elnyújtott érintkezésével függ össze, a kis forgácsvastagság pedig a fajlagos forgácsolóerő lényeges növekedését eredményezi. Tesztjeinkből az is kiderült, hogy a növelt ( $f > 0,9$  mm) előtolású nagyolás már jelentős  $P_c$  forgácsolási teljesítményt igényelt. Más okokra vezethető vissza az előtolási erőkomponens ( $F_f$ ) mért (és egyfaktoros hatványfüggvénnyel) modellezett értéksorozata. Nagyoláskor a kis értékű főélszög csekély erőt igényel, míg simításkor a szerszám nagy főélszöggel forgácsol ugyan (lásd 2. ábra), de kis előtolással, ami – az elmélettel megegyezően – megnövekedett erőhatást vált ki.

Ugyanazzal a szerszámmal végzett nagyolás és simítás esetén fontos szempont a megfelelő pontosság elérése. A munkadarab méretviszonyaitól (átmérőméret és/vagy karcúság) függően a forgácsoláskor ébredő erőhatások méret- és/vagy alakhibát okoznak. A legnagyobb erőösszetevő az  $F_c$  forgácsolóerő, amely azonban csak másodrendű hibát okoz. A fogásmélység irányába fellépő  $F_p$  passzív erőkomponens elsőrendű hibához vezet.

A 4b. ábra a passzív erőhatást szemlélteti nagyolás és simítás esetén (az  $F_c$  erőhatást csak összehasonlításként tüntettük fel). A szokatlanul kis főélszög következtében nagyoláskor az  $F_p$  fele-kéthar-

mada az  $F_c$ -nek, ezért karcús daraboknál jelentős, akár néhány századmilliméteres alakhiba („hordóság”) is keletkezhet [1]. Az élek felcserélődése és a szögek megváltozása miatt simításkor a passzív erő lecsökken (mindössze 30 %-a a forgácsolóerőnek), ezért a keletkező alakhiba nem számottevő.

## 3. Mikrogeometriai sajátosságok

Ebben a cikkben a felületminőség mikrogeometriai vonatkozásairól lesz szó, a rétegtulajdonságok egyes elemeire nem térünk ki. Az esztergált felületek (szűrt profiljának)  $W_t$  hullámossági értékeit az [1] irodalom tartalmazza, ezért a továbbiakban a nagyoláskor és simításkor kialakuló felületi profil érdességének elemzésére fókuszálunk.

A vizsgálatokat Perthometer PRK Concept-2D/3D felületvizsgáló nagyműszeren végeztük, a jellemző érdességi paramétereket MarSurf XCR-20 szoftverrel határoztuk meg. Minden egyes adatbeállításról három-három érdességi profilt vettünk fel és értékeltük ki, ezért a következő diagramok átlagos értékeket tartalmaznak.

A megmunkált felületek jellemzése a hazai gyakorlatban általában az érdesség magassági jellemzői, főleg az átlagos érdesség ( $R_a$ ) és az egyenetlenség-magasság ( $R_z$ ) megadásával történik. Bár az  $R_a$  jóval elterjedtebb (mert a felület különböző mért szakaszain közel állandó értékű lehet), azonban nem tudja megmutatni az egyes felületi profilok közötti jellegzetes, akár lényegesnek mutató különbségeket [4]. Vizsgálatainknál ezért a készített profil jellemzői jobban kifejezni képes egyenetlenség-magasság elemzésére koncentráltunk. Ezen paramétert egyre elterjedtebben használják az autó- és repülőgépgyártó ipar beszállítói szegmensében, illetve a formaszerszámgyártásban.

Az 5. ábra a nagyolás és a simítás esetén mért  $R_z$  értékeket mutatja, feltüntetve az általunk már korábban [1] javasolt,

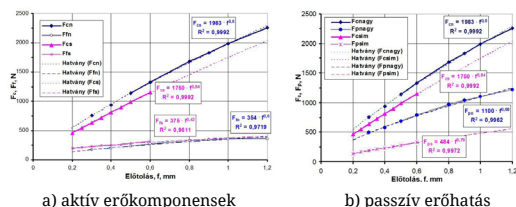
$$R_z = A \cdot f^2 + B \cdot f + C [\mu m] \quad (2)$$

alakú érdességmodellt, sőt, az elméleti érdesség ( $R_{elm}$ ) számolt adatait is. Az ábrából megállapítható, hogy a Bauer-féle (klasszikus)

$$R_{elm} \approx 125 \cdot f^2 / REPS [\mu m] \quad (3)$$

formula nem hozható kapcsolatba a mérésrel meghatározott  $R_z$  adataival. A (2) egyenlet  $B \cdot f$  lineáris tagja azt a forgácsolásméletei tényt fejezi ki, hogy ebben az esetben a mellékélnék is meghatározó szerepe van az esztergált felületi profil kialakításában (az REPS csúcscsugár mellett).

Nagyoláskor igen szoros kapcsolat figyelhető meg a mért  $R_z$  és a (2) modellel számítható érdességadatok között. Simításkor ez a függvény-



4. ábra. A nagyoláskor és simításkor mér erőkomponensek ( $v_c = 250$  m/min;  $a = 1,5$  mm)



kapcsolat ugyan gyengébb, azonban az egyenletesség-magasság – a nagy beállított előtolásoktól szinte teljesen függetlenül – kedvezően kis,  $R_z = 4 \mu\text{m}$  körüli értékeket ad.

Az  $R_z$  diagramvonalak alakulásából az is jól látható, hogy a  $B$  jelű lapkával esztergálva mind nagyoláskor, mind pedig simításkor meglepően széles optimális előtolás-tartományok határozhatóak meg, amelyek beállításakor minimális érdesség érhető el. Ennek oka a szerszámélek speciális kialakításában keresendő.

A modell konstansaiából kiszámítható ( $f_{\text{opt}} = -B/2A$ ) a legkedvezőbb előtolási értéke, amely nagyoláskor  $f = 0,67 \text{ mm}$ , simításkor pedig  $f = 0,43 \text{ mm}$ .

Az alkatrészgyártásban többnyire csak egyetlen paramétert ( $R_a$  vagy  $R_z$ ) használnak az esztergált felületek jellemzésére. Az  $R_z - R_a$  közötti átszámításra az elmúlt hat évtizedben az  $R_z = 4 \times R_a$  közelítés szolgált szakmai alapul. Ez az arány azonban korlátozott érvényességű és csak nagyolás körülmények között elfogadható. Nem alkalmazható viszont félsimítási, simítási és finomesztorgálási feltételekre [4].

A 6. ábra a tesztvizsgálatok során mért  $R_z / R_a$  arány értékeit mutatja. Megfigyelhető, hogy mindkét irányban végzett esztergálásnál és minden előtolásérték beállításakor négyenél lényegesen nagyobb az  $R_z / R_a$  viszonyszám. Különösen meglepő, hogy nagyolási üzemmódban ( $f \gg 0,3 \text{ mm}$ ) is a „misztikus 4” szorzószámot meghaladó az arány. Ez szintén a szerszámél speciális kialakításának a következménye.

Jelen cikkben – terjedelmi okok miatt – nem térhetünk ki azokra az eredményeinkre, amelyekben az esztergált felületek egyedi profilját megfelelően jellemző paraméter-együttest hoztunk létre. Ez egyrészt az általánosan használt érdességi adatokra ( $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_p$ ,  $R_v$ ), másrészt a profil statisztikai paramétereire ( $R_{sk}$ ,  $R_k$ ,  $R_{Mr}$ ) épül. Ezekkel a mért adatokkal nemcsak a profil jelenlegi állapotát tudjuk az eddigieknél jóval részletesebben jellemezni, hanem következtetni tudunk az alkat-

rész felületének jövőbeni, üzemszerű viselkedésére (pl. tartósság, kopás stb.) is [4].

#### 4. Összefoglalás, következtetések

A jelentős innovációk és az új elveken működő szerszámok csak akkor terjedhetnek el igazán, ha a piacra kerülésüket számos kísérleti és ipari eredmény támasztja alá. Különösen igaz ez az előzőekben vizsgált  $B$  típusú szerszámra, amelynek alkalmazhatóságára kevés a felhasználók számára rendelkezésre álló ismeretanyag és tapasztalat. Jelen cikkben azokat a sajátosságokat elemeztük, amelyek a kétféle előtolási irányban, kétfajta üzemmódban (nagyolás és simítás) végzett hosszszertgálás felületképzését jellemzik.

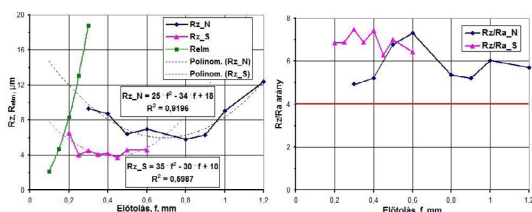
Mérésekkel kimutattuk, hogy (a sajátos szerszámgeometria következtében) nagyoláskor és simításkor az élek szerepe felcserélődik, ennek következménye az egyedi forgácsleválasztás. Az élek helyzete és élszögek nagysága döntően befolyásolja a fellépő erőhatásokat és a megmunkált felületen kialakuló érdességnomokat is. Az  $F_c$ ,  $F_f$  és  $F_p$  erőösszetevők leírására az ismert hatványfüggvény-modelleket alkalmaztuk. A szokatlanul kis főélszög miatt a passzív erőkomponens nagyoláskor megnövekszik, amely tengelymetszeti alakhibához (hordósság) vezet.

A nagyolási és simítási technológia biztonságosabb tervezhetősége érdekében közelítésként hoztuk létre a (2)  $R_z$ -formulát. Hangsúlyozzuk azonban, hogy a megmunkált felületeket lehetetlen egyetlen „univerzális”, a vizsgált felület állapotát minden szempontból jellemző mérőszámmal leírni. Vizsgálni kell a paraméterek viszonyát ( $R_p / R_z$  stb.), az  $R_{sk} - R_{ku}$  paraméterkettőssel leírt ún. topológiai térképet, a profil hordozóképeségét, stb.

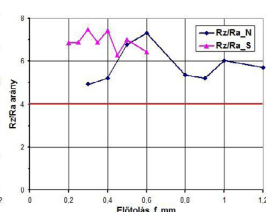
Ezekről a későbbiekben fogunk beszámolni, csakúgy, mint a munkadarab anyagminőségek szélesebb körét (nemesített és korrózióálló acélok, HRSA anyagok stb.) érintő vizsgálatok eredményeiről.

#### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Rácz V., Farkas, G., Sipos, S.: *Chip removal specialities in multi-directional turning*. Műszaki Tudományos Közlemények 9. (2018) 207–210.
- [2] Farkas G., Sipos S., Rácz V.: *A felületképzés elemzése többirányú esztergáláskor*. Int. Eng. Symp. at Banki, Óbuda University, 21.11.2018. Section I.
- [3] *New definitions of Turning SANDVIK Coromant* (offtional ppt), 2017. 28 slides
- [4] Palásti-Kovács B., Sipos S., Biró Sz.: *The Mysteries of the Surface*. First Part: The Characteristic Features of the Microgeometry of the Machined Surface, Acta Polytechnica Hungarica, 11/5. 5–24. <https://doi.org/10.1270000/APH11.05.2014.05.1>



5. ábra. Az érdességi jellemzők alakulása ( $v_c = 250 \text{ m/min}$ ;  $a = 1,5 \text{ mm}$ )



6. ábra. Az  $R_z/R_a$  arány alakulása ( $v_c = 250 \text{ m/min}$ ;  $a = 1,5 \text{ mm}$ )

## 140 ÉV AZ IPAR ÉS A TUDOMÁNY SZOLGÁLATÁBAN

## 140 YEARS OF SERVICE TO SCIENCE AND INDUSTRY

Réger Mihály

Óbudai Egyetem, Budapest, Magyarország, [reger@uni-obuda.hu](mailto:reger@uni-obuda.hu)

### Abstract

This compilation presents the main stages of the development process of University of Óbuda over three centuries, from industry education to higher education and finally, to the participants of the Conference. The first legal predecessor, the Secondary Industrial School (the Upper Industrial School located at the Vocational School), during the period of technics, led the way to the establishment of Donát Bánki and Kálmán Kandó, later to the Technical College of Light Industry, then to the establishment of an integrated Budapest Technical College, and onward to the successor, the University of Óbuda in the XXI. Century.

**Keywords:** *Ágoston Trefort, Secondary Industrial School, Károly Hegedüs, Lajos Petrik, Géza Jalsoviczky, Aladár Illvi Edvi, Ödön Faragó, Ödön Lencz, Royal Hungarian State Industrial Upper School, Technological Museum of Industry, Donát Bánki Technical College of Engineering, Kálmán Kandó Technical College, College of Light Industry, Budapest Tech Politechnical Institution, Regia Alba Faculty of Technology, University of Óbuda.*

### Összefoglalás

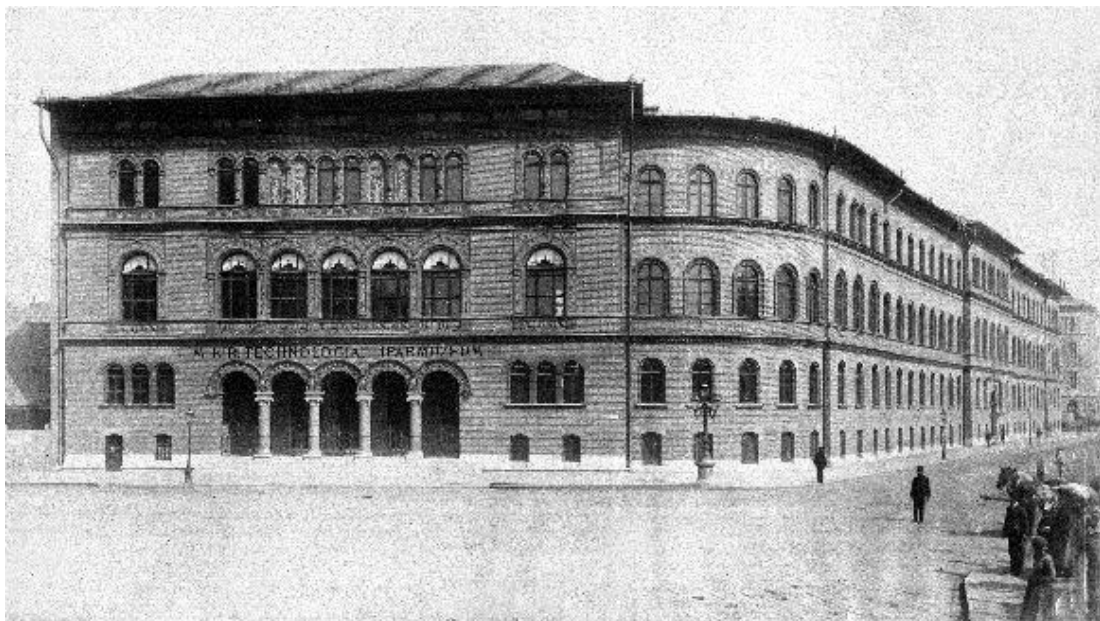
Jelen összeállítás az Óbudai Egyetem három évszázadon átívelő, az iparoktatástól a felsőoktatásig vezető fejlődési folyamatának főbb állomásait tárja a Konferencia résztvevői elé. Az első jogelőd, a Közép Ipartanodától, a szakiskolán, a Felső Ipariskolán, majd a technikumok időszakán át vezetett az út a Bánki Donát és a Kandó Kálmán, majd később a Könnyűipari Műszaki Főiskola alapításához, az integrált Budapesti Műszaki Főiskola létesítéséhez, majd jogutódjaként a XXI. század Óbudai Egyetemének törvénybe iktatásához.

**Kulcsszavak:** *Trefort Ágoston, Közép Ipartanoda, Hegedüs Károly, Petrik Lajos, Jalsoviczky Géza, Edvi Illés Aladár, Faragó Ödön, Lencz Ödön, Magyar Királyi Állami Felső Ipariskola, Technológiai Iparmúzeum, Bánki Donát Gépipari Műszaki Főiskola, Kandó Kálmán Műszaki Főiskola, Könnyűipari Műszaki Főiskola, Budapesti Műszaki Főiskola, Alba Regia Műszaki Kar, Óbudai Egyetem.*

A Budapesten felállítandó közép ipartanoda gondolata Trefort Ágoston vallás- és közoktatási miniszterben fogalmazódott meg, aki kezdeményezte az intézet első szervezeti szabályzatának és tantervének kidolgozását. E feladatot Gönczy Pál miniszteri tanácsos és Sztoczek József műegyetemi rektor eredményesen megoldotta. Az 1877. szeptember 10-én megjelent miniszteri rendelet szerinti építészeti, gépészeti és vegyészeti szakosztállyal induló Közép Ipartanoda 1879. december 7-én nyitotta meg kapuit a Bodzafa utca 28. szám alatt.

Az Ipartanoda létesítésével azonos időszakra esett a Technológiai Iparmúzeum szervezésének kezdete, melynek feladatait „a hazai kézmű-

vesipart, elsősorban pedig a fa- és fémipart közhasznú szakismeretekkel lehetőleg szemléleti úton való terjesztésével támogatni...” határozták meg. A 1883. június 24-ei ünnepélyes megnyitót követő évben Trefort már jelezte: „Két középiparoktatási intézettel bírnak a fővárosban, melyek a Középipariskola és a Technológiai Iparmúzeum. Ezeknek szerves kapcsolata úgy didaktikai, mint finansziális tekintetben nagyon szükséges és előnyös...” Az elképzelés megvalósítására a két intézmény összehívásával a Nagykörúton, a Népszínház épülete mögött nyílt lehetőség. Itt épült fel – ahogy a Pesti Napló krónikása írta – „a magyar iparügy palotája, a Közép Ipartanoda és a Technológiai Múzeum új hona.” [1]



1. ábra. A Magyar Királyi Technológiai Iparmúzeum és a Magyar Királyi Állami Felső Ipariskola épülete

## A reneszánsz palota

A József körút – Népszínház utca – Csokonai utca által határolt területen felépítendő épület megtervezésére Hauszmann Alajos műgye-  
mi tanár 1885-ben kapott megbízást. Az építke-  
zést 1887-ben kezdték meg Monaszerly Szilárd  
építész vezetésével és Fekete Elek építőmester  
irányításával. Az épületegyüttes 1889 tavaszán  
készült el, melyet Trefort Ágoston miniszter már  
nem élhetett meg. 1889. április 28-án ünnepélyes  
keretek között gróf Csáky Albin vallás- és közok-  
tatási miniszter tette helyére a zárókövet, gróf  
Szapáry Gyula földművelésügyi m. kir. miniszter  
és nagyszámú meghívott jelenlétében.

Az épületegyüttes felavatását 1889. szeptember  
15-én tartották, melyről a megnyitó előestéjén a  
Pesti Napló adott áttekintést: „Az állami Közép  
Ipartanoda és a Technológiai Iparmúzeum új, kö-  
zös palotájának holnapi ünnepélyes felavatása  
alkalmából a két intézet keletkezéséről közöljük  
a következőket. Mindkét intézet felállítását az or-  
szágos magyar iparegyesület kezdeményezte a  
hetvenes években... A szaktanácskozmány javas-  
latai értelmében Trefort miniszter 1877. szeptem-  
ber 10-én rendeletével kiadta a Közép Ipartanoda  
szervezeti szabályzatát, s ezek alapján az intézet  
1879. december havában megnyílt VIII. ker. Sándor  
téri bérházban 16 tanulóval. Igazgatónak Hegedűs  
Károly nevezetett ki. A Technológiai Iparmúzeum  
létesítése iránt az Országos Magyar Ipar-egyesület

nevében Ráth Károly alelnök és Mudrony Soma  
igazgató 1879. november 17-éről felterjesztést in-  
téztek Trefort miniszterhez, mely tüzetesen kijelöli  
az intézet szervezési keretét, egyszersmind annak  
céljaira felajánlja az egyesület tulajdonát képező,  
a főváros közössége által adományozott 740 négy-  
szögölnyi területet a Rottenbiller utcában... A mi-  
niszter a technológiai múzeum szervezésével, gyűj-  
teményének beszerzésével miniszteri biztos minő-  
ségében Ráth Károly kamarai alelnököt bízta meg,  
s két év múlva az intézet az ún. Beleznay kert helyi-  
ségeiben 1883. június 24-én megfelelő ünnepélyes-  
ségek mellett megnyílt. A miniszter a Technológiai  
Iparmúzeum főigazgatójává Hegedűs Károlyt, mint  
a Közép Ipartanoda igazgatóját nevezte ki.” [2]

Az épületegyüttes Technológiai Iparmúzeum  
céljait szolgáló nagykörűti homlokzata közepén  
a főbejárattal, az oszlopcsarnokos lépcsővel olasz  
reneszánsz palotára emlékeztetett. Az iparmúze-  
umot íves épületrész kötötte össze az ipartanodá-  
val, mely a Népszínház utcai főépületből, a Csoko-  
nai utcai műhelyből, valamint a tágas udvaron el-  
helyezett gép- és kazánházból és a gépszínből állt.

A kétemeletes főépület alagsorában a vegyészeti  
laboratórium egy része, a „fémvasipari” és faipa-  
ri laboratóriumok, szolgálati lakások és raktárak  
települtek. A földszinten az intézeti könyvtár és  
a vegyészeti laboratórium, az első emeleten az  
irodai helyiségek, a másodikon a természetta-  
ni szertár és laboratórium került telepítésre. Az

épületben három nagy 160 fő befogadására alkalmas előadóterem, három kisebb tanterem, tizenkét rajzterem szolgált a tanítást, míg a rendes és rendkívüli tanárok elhelyezésére – nagyrészt a szertárakkal egybeépült – tanári szobák szolgáltak.

Az egyemeletes műhelyépület földszintje a gépszeti és a kovácműhely, valamint az anyagraktár, míg az első emelete a fém-, vasipari és a faipari műhely elhelyezését biztosította. Az udvaron került elhelyezésre a gép- és kazánház egy húsz lóerős gőzgéppel és harminc méter magas kéménnyel. A földszintes kazán- és gépház tágas mellékhelyisége a gépszín, melyben a kazánfűtők és gépkezelők képzése céljából fűthető lokomobílt és cséplőgépet állítottak fel. Az épületek összes helyiségét gázvilágítással szerelték fel.

### A „Technológia”

Az új otthonban közös igazgatással a két intézet eredményesen oldotta meg feladatait: a múzeum gyarapodó gyűjteménye szerves részévé vált az oktatásnak, az ipariskola tanárai bekapcsolódtak az iparmúzeum tevékenységébe. Az intézmény hírnévre szert tett tanárai – Petrik Lajos, Jalsoviczky Géza, Edvi Illés Aladár, Faragó Ödön, Lencz Ödön, Klemp Gusztáv és még sokan mások – nagyban hozzájárultak a hazai gépipar fejlődéséhez.

Az ipartanoda tantervmódosítást követően 1891-től Állami Ipariskolaként, majd 1898-tól Magyar Királyi Állami Felső Ipariskola folytatta munkáját. Egyre bővülő feladatok mellett a két intézet, – vagy, ahogy akkor őket együtt emlegették, – a „Technológia” fejlődése hosszú évekig töretlen volt.

1898-ban helyszűke miatt kivált az építészeti szakosztály, majd 1907. április 30-án az akkor már több mint 30 ezer tárgyat tartalmazó Iparmúzeum teljes önállóságot kapott, s vezetőjévé Gaul Károlyt nevezték ki. A gyorsan fejlődő két intézmény számára az átépítések ellenére az épület szűknek bizonyult. Hegedűs Károly, a Felső Ipariskola igazgatója nyugdíjba vonulásakor 1914-ben a következőket írta jelentésében: *„Ez az intézet ebből, a már ósdivá lett szűk épületből kinőtt és a kifejlődött nagy utcai forgalom folytán környéke is annyira állandóan zajosá lett, hogy ez az épület napi 8–10 órai tanításnak – amely benne folyik – céljaira tovább nem alkalmas.”* Az első világháború kitörése miatt azonban új épület felépítésére nem nyílt lehetőség [3].

### A gyors változások kora

A világháború éveiben a múzeumban hadikórházat, a Felső Ipariskolában művétaggyárat rendeztek be. A viláégés alatt és azt követően rohamosan romlott az ellátás, fokozódtak a gondok.

Az 1930-as években a háború előtti költségvetés csak 25 százaléka állt az iskola rendelkezésére feladatai ellátásához. Ennek is következménye a faipari szakosztály 1942-es kiválása.

A világháborút követően az Iparmúzeumot özszevonták több kísérleti és anyagvizsgálati intézettel, majd a Magyar Királyi Technológia és Anyagvizsgáló Intézet megszüntetését követően a Könnyű- és Nehézipari Minőségellenőrző Intézetet helyezték el a nagykörúti épületrészben, melynek jogutódjaként működött a Kereskedelmi Minőségellenőrző Intézet. Az iparmúzeum fennmaradt könyvtára, a Technológiai Könyvtár előbb Országos Műszaki Könyvtár néven egyesült a Műszaki Dokumentációs Központtal, majd 1958-ban új helyére, a Múzeum utcába költözött, ahol kezdetben, mint az Országos Műszaki Információs Központ és Könyvtár működött, s napjainkban BME OMIK-ként folytatja tevékenységét. Eközben az intézményből 1950-ben kivált és önállóan folytatta képzési feladatait az épületgépészeti tagozat, majd 1951-ben a malomipari tagozat. Az épületben megmaradt gépészképzés új fejezetét jelentette 1969-ben a Bánki Donát Gépipari Műszaki Főiskola létesítése.

### Az integrált intézmény

2000-ben alakult meg a Budapesti Műszaki Főiskola a Bánki Donát Műszaki Főiskola, a Kandó Kálmán és a Könnyűipari Műszaki Főiskola integrációjával. A közel 12.000 hallgató képzését folytató Főiskola fő feladatának a gazdaság szolgálatát fogalmazta meg, a tudás és az ismeretek fejlesztésével, és magas szintű átadásával. Az intézmény arra törekedett, hogy képzése színvonalas, a gazdasági és társadalmi élet változásaihoz igazodó, korszerű, a minőség folyamatos javításával a felsőoktatási piacon jól értékesíthető legyen.

A Bolognai folyamattal összhangban 2002-ben a Főiskola megkezdte a felkészülést az új kétciklusú felsőoktatási képzési rendszerre, és 2004-ben az országban az elsők között megindult a képzés a mérnök informatikus alapszakon. 2005. szeptemberében a gépészmérnöki-, a villamosmérnöki-, a had- és biztonságtechnikai mérnöki-, a mechatronikai mérnöki és a könnyűipari mérnöki alapképzési szakokkal bővült az oktatás.

2006-ban kezdődött meg a környezetmérnöki, a gazdálkodási és menedzsment, valamint a műszaki menedzser szakon a hallgatók képzése, így ettől kezdve a főiskola a teljes képzési kínálatát indíthatta BSc szinten. A kínálat bővítése érdekében 2007-ben az angol nyelvű mechatronikai-,





2. ábra. Az Egyetem központi épülete



3. ábra. Hegesztő robotcella a Bánki Karon

2008-ban a német nyelvű gépészmérnöki alapképzés is meghirdetésre került.

2007-ben megkezdődött az alapszakokra épülő mérnöktanár, valamint a biztonságtechnikai mérnöki mesterképzés, mely 2008-tól kiegészült a mechatronikai mérnöki, a mérnök informatikus, a vállalkozásfejlesztés, valamint a könnyűipari mérnöki mesterszakokkal.

### A XXI. század Óbudai Egyeteme

A Budapesti Műszaki Főiskola dinamikus fejlesztési programja révén teljesítette a felsőoktatási törvényben az egyetemekkel szemben megfogalmazott elvárásokat. Így 2010. január elsejével a Budapesti Műszaki Főiskola jogutódjaként alakult meg az Óbudai Egyetem.

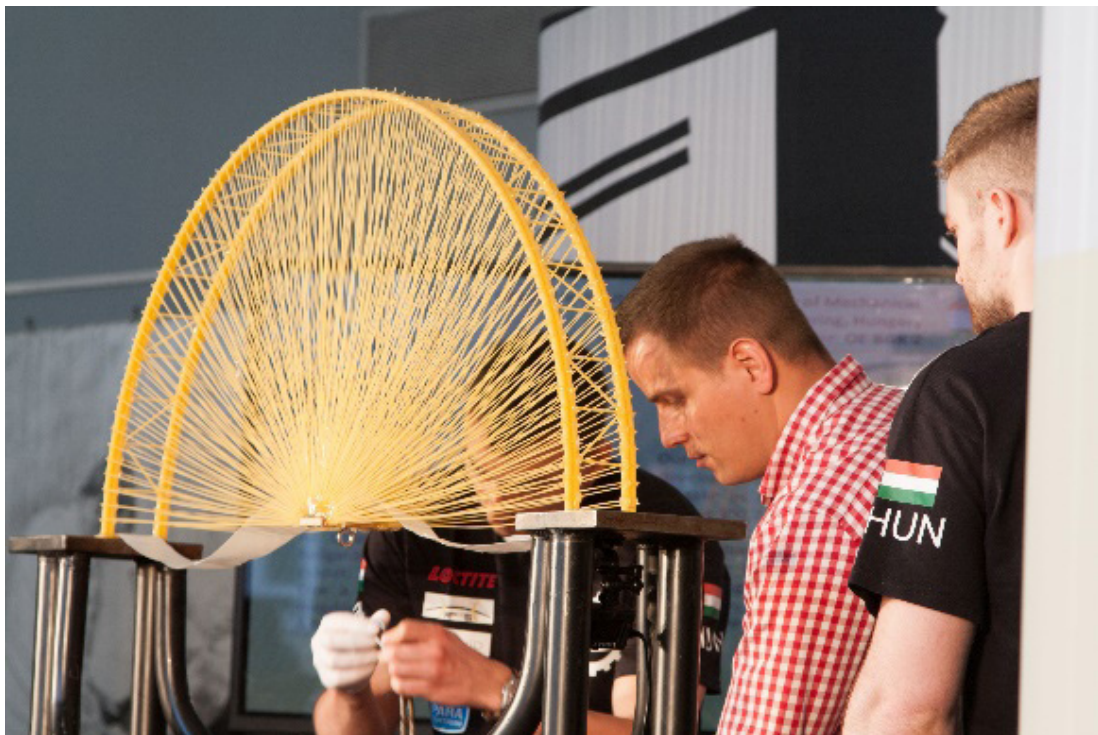
2010-től az Óbudai Egyetem a gazdaságtudományok, az informatikai, a műszaki és a pedagógusképzés képzési területén alap- és mesterképzést, szakirányú továbbképzést, valamint felsőfokú szakképzést folytat nappali, esti és levelező tagozaton, továbbá távoktatási formában. Az Egyetem akadémiai programjában akkor 12 alapszak, 6 MSc, illetve MA mesterszak kínálata várta a továbbtanulókat. A fejlesztés eredményeképpen 2013-tól a képzési bővült a természettudományi képzési területtel, megindult az alkalmazott matematikus mesterképzés.

Az Egyetem szervezte a Kormány 1139/2014. (III. 14.) számú határozata, az Emberi Erőforrások Minisztériuma állásfoglalása alapján 2014. július 1-től bővült egy új oktatási egységgel, a székesfehérvári Alba Regia Műszaki Karral, a Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kara az Óbudai Egyetem Alba Regia Egyetemi Központjába való beolvadását követően [4].

2017. szeptember 1-jével indult meg a képzés az új képzési és kimeneti követelményekre épülő ún. „E” jelű tantervekkel, mellyel bevezetésre került szakonként és félévenként egy-egy online tárgy. Beépítésre került a Projekt-munka tárgy, mely a tanulmányok során megszerzett tudást, ismereteket a hallgatók a gyakorlatban is alkalmazhatják egyéni vagy csoportos formában kompetenciái közvetlen értékelésére lehetőséget adva. Kialakításra került a patronáló tanári rendszer, melynek célja, hogy a hallgatók minél hamarabb, minél gyorsabban beilleszkedjenek az egyetemi légkörbe, működtetése hozzájáruljon az elsőévesek lemorzsolódásának csökkentéséhez.

2018-ban az üzemmérnök-informatikus, a gazdaságinformatikus alapképzési szakkal, valamint az angol nyelvű vállalkozásfejlesztési mesterszak-





3. ábra. Reccs Spagettihíd Építő Világajnokság pillanatképe az aulában

kal Budapesten, a mérnökinformatikus alapképzéssel Salgótarjánban bővült az Egyetem kínálta.

Napjainkban 15 alap-, 10 mesterszakon duális és kooperatív képzési formában, illetve négy felsőoktatási szakképzésen, valamint 28 szakirányú továbbképzési szakon folyik képzés, a magyar mellett angol nyelven is. Az intézmény budapesti székhelyén, székesfehérvári és salgótarjáni telephelyein kívül, képzést folytat Szerbiában Szabadkán és Romániában, Székelyudvarhelyen.

2010-ben az Egyetem az Alkalmazott Informatikai Doktori Iskola keretében jogosult doktori képzésre, a 2010. őszi statisztikai adatok szerint 11 doktorandusszal. 2018 októberében három doktori iskolában, – nevezetesen az Alkalmazott Informatikai és Alkalmazott Matematikai-, az Anyagtudományok és Technológiák-, valamint a Biztonságtudományi Doktori Iskolában – 121 doktorandusz folytatott tanulmányokat.

Egyetemünk büszke tehetséges hallgatóira, elkötelezett munkatársaira. Nagyra értékeli és elismeri teljesítményüket. Büszkeség tölti el pogárainkat hallgatóink sikerei láttán, hiszen évről-évre az első-második helyezéseket hozzák el a Reccs Spagettihíd Építő Világajnokságon, a Design Challenge Nemzetközi Robotépítő-, a Bosch Elektro-

mobil-, a Hajós György Matematika-, illetve a PLC versenyen, de kiemelkedő sikereket érnek el a Shell Eco-marathon európai megmérettetésén is.

2018-ban került sor a Magyar Felsőoktatási Akkreditációs Bizottság intézményi akkreditációs eljárásra. A sikeres intézmény akkreditációs eljárás eredményeképpen, „A Egyetem akkreditációja – az akkreditációs feltételeknek való folyamatos megfelelés esetén – 2023. december 31-ig hatályos” [5].

Megerősítést nyert, hogy a három évszázadon átívelő történelmi múltú Óbudai Egyetem a hazai műszaki felsőoktatás meghatározó intézménye. Az Akkreditációs dokumentum indoklása rögzíti: „Egyetem képzési rendszere megfelel az európai felsőoktatás intézményi közfelelősségi elvárásainak, szakjai akkreditáltak, oktatásszervezési és diplomakiadási gyakorlata a hazai és nemzetközi követelményeknek megfelel. A versenyszférával együttműködve széleskörű alkalmazott kutatásokat, néhány szakterületen pedig alapkutatási tevékenységet is folytat. Képzései a munkaerőpiacon jól hasznosítható tudást adnak, kutatási eredményeit a folyó szakjainak a fejlesztésébe is beépíti”.

Az Óbudai Egyetem a társadalommal szemben érzett felelősségétől, valamint a műszaki haladás

iránti elkötelezettségétől vezérelve – stratégiájával összhangban – továbbra is egy hálózatos működésű, újszerű oktatási módszereket alkalmazó, gyakorlat-orientált, a gazdaság igényeit kielégítő, magas szintű műszaki, természettudományi, gazdaságtudományi és pedagógus alapképzést, mester- és doktori képzést, valamint tudományos kutatást folytató intézményként kíván működni.

### **Szakirodalmi hivatkozások:**

- [1] Pesti Napló, Budapest, 1879. október 23.
- [2] Pesti Napló, Budapest, 1879. december 8.
- [3] Gáti J.: *Ipartanodától egyetemig*. Óbudai Egyetem Kiadó, Budapest, 2010. 23.
- [4] Gáti J.: *Óbudai Egyetem Jubileumi évkönyv 1879–2014*. Óbudai Egyetem Kiadó, Budapest, 2014. 110.
- [5] 2018/11/III/1 számú MAB határozat, Magyar Felsőoktatási Akkreditációs Bizottság, 2018. dec.

# JÁRÁSFELISMERŐ KAMERARENDSZER KIDOLGOZÁSA NI LAB-VIEW PROGRAMOZÁSI KÖRNYEZETBEN

## DEVELOPMENT OF A GAIT RECOGNITION SYSTEM IN NI LABVIEW PROGRAMMING LANGUAGE

Salánki Dániel,<sup>1</sup> Sarvajcz Kornél<sup>2</sup>

*Debreceni Egyetem, Műszaki Kar Mechatronikai Tanszék, Debrecen, Magyarország*

<sup>1</sup> [danisalancki@gmail.com](mailto:danisalancki@gmail.com)

<sup>2</sup> [sarvajcz@eng.unideb.hu](mailto:sarvajcz@eng.unideb.hu)

### Abstract

Nowadays, the biometric identifier's world is one of the most rapidly developing security technology areas. Within the biometric identification, the research team worked in the area of gait recognition. The research team developed a complex walking recognition system in NI LabVIEW environment that can detect multiple simultaneous reference points using a universal camera and capable of matching a predetermined curve to the collected samples. In the first version, real-time processing was done with a single camera, while in the second one, two high-resolution cameras work with post-processing. The program can compare and evaluate the functions that are matched to the reference curve and the current curve in a specific way, whether two walking images are identical. The self-developed gait recognition system was tested on several test subjects by the research team and according to the results, the False Acceptance Rate was zero.

**Keywords:** *gait recognition, biometrics, camera system, identifying, analysis.*

### Összefoglalás

Manapság az egyik legnagyobb ütemben fejlődő biztonságtechnikai terület a biometrikus azonosítók világa. A biometrikus azonosításon belül a járásfelismerés szakterületével foglalkozott a kutatócsoport. Sikertelen megvalósítani egy olyan komplex járásfelismerő rendszert NI LabVIEW fejlesztőkörnyezetben, amely képes univerzális kamera segítségével detektálni több egyidejű referenciapontot, és képes a gyűjtött mintákra előre definiált görbét illeszteni. Az első változatban egy kamerával valós idejű feldolgozás történt, míg a másodikban már két nagy felbontású kamera dolgozik utólagos feldolgozással. A program képes a referenciagörbére és az aktuális görbére illesztett függvényeket meghatározott módon összehasonlítani és kiértékelni, hogy azonos-e két járásképp vagy sem. A saját fejlesztésű járásfelismerő rendszert több személyen is tesztelte a kutatócsoport, mely tesztek közül idegen személy esetén egyszer sem mutatott egyezést a program.

**Kulcsszavak:** *járásfelismerés, biometria, kamerarendszer, azonosítás, elemzés.*

### 1. Bevezető

Napjainkban, a világ fejlődésével, egyre inkább elterjedtnek számítanak a biometrikus azonosító rendszerek. Beléptető rendszerek, de már a legfőbb közép kategóriás okostelefonok is rendelkeznek biometrikus azonosítási funkcióval, sőt, már a személyi igazolványok is tartalmazhatják az adott személy ujjlenyomatát.

Számos tudományterület van, ahol a mozgáskövető és mozgásrögzítő eszközök fontos szerepet

játszanak. Ilyen például az automatizálás, a robotika és a számítógépes animáció. A különböző alkalmazási területek más-más speciális követelményeket támaszthatnak, más igények lehetnek fontosak. Van, ahol elegendő egy-két független pont követése, máshol, pl. karakter animációnál, a követett pontok komplex transzformációs hierarchiát alkotnak, ahol az egyes elemek teljes merev transzformációjának előállítására van szükség [1].

Az emberek gyakran érezhetik úgy, hogy egy ismerős személyt már messziről felismernek a járásuk alapján. Ez a közönséges tapasztalat az ötletadója annak a gondolatnak, hogy a járásfelismerő rendszerek is alkalmazhatók a biztonságtechnikában. Egy ember járásáról könnyen lehet képet alkotni, akár publikus helyeken is, anélkül, hogy ebből bármit is észlelne. A járást azonban több tényező is befolyásolja: lábbeli, talaj, fáradtság, aktuális lelkiállapot vagy bármilyen sérülés [2].

## 2. A létrehozott járásfelismerő szoftver [3]

2017-ben a kutatócsoport létrehozott egy 640×480-as felbontású kamerával működő kezdetleges járásfelismerő rendszert szintén LabVIEW-ban [4]. A továbbiakban a továbbfejlesztett változat kerül bemutatásra.

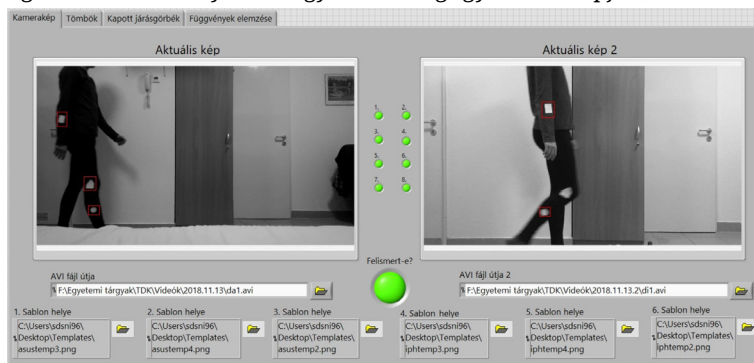
Az újabb változat legfőbb módosítása a korábbihoz képest, hogy immár két kamera kezelésére képes a program a korábbi egy helyett, és a nagyobb gépigény miatt valós idejű feldolgozás helyett a járás felvételre kerül, majd a videófájl megadva a programnak történik a járáselemzés. A kamerák egymás mellé lettek helyezve annak érdekében, hogy kiegészítsék egymást. További módosítás a régi változathoz képest, hogy pontfelismerés helyett alakzatfelismerés történik, amely által jobban kiszűrhetők a hamisan érzékelt pontok, valamint, hogy az együttérzők összehasonlítása helyett a függvények határozott integrál értékei kerülnek összehasonlításra.

A program új változatának felhasználói felülete az 1. ábrán látható. Összesen 4 lap között lehet váltogatni a Tab Control funkció segítségével. Az első lapon látható a két kamera által készített felvétel, amelyek egy fix tárgyhoz lettek rögzítve. A kijelzők alatt a kiválasztandó videófájl számítógépes helye található, amik között pedig egy nagyobb zöld lámpa látható, amely felvillan, ha felismerte a program a tesztalanyt. A nagyobb

lámpa fölött található 8 kisebb lámpa, amelyek 8 összehasonlítás logikái értékét jelzik. A legalsó sorban a kiválasztható sablonok helyei találhatók, jelen esetben 6 darab, kameránként 3, ugyanis a tesztalanyra minden esetben 3 sablon volt helyezve: egy az alkarra, könyök alatt, egy a térdre, egy pedig a vádlira, 36 cm-re a talajtól. Ezeket a sablonokat fogja a program keresni a videóban. Ehhez a verzióhoz már nem szükséges Stop gomb, ugyanis a program önállóan áll le a videók elemzése után.

A felhasználói felület második lapján az érzékelt sablonok koordinátái találhatók X és Y szerint tömbökbe rendezve. A felhasználói felület harmadik lapján a kapott járásgörbék kijelzése történik az első, illetve a második videó esetén külön-külön, valamint az alkaron lévő sablon által leírt görbe kiértékelése mindkét videóra vonatkozóan. A kiértékelés során a sablon által leírt görbére egyenletet illeszt a program, amelynek a 0 és 1920 közötti határozott integrálját számítja ki.

A felhasználói felület negyedik lapján található a többi járásgörbe kiértékelése. Bal oldalról sorrendben az első grafikon az első videó térdén lévő sablonja által leírt görbére illeszt függvényt, a második grafikon az első videó vádlin lévő sablonja által leírt görbére illeszt függvényeket, az szemlélteti a 2. ábra is. A harmadik és a negyedik grafikon a második videó térdén, illetve vádlin lévő sablonja által leírt görbékre illeszt függvényeket. Az alkarra és a térdre helyezett sablonok esetében másodfokú illesztés történik, ugyanis ezen sablonok egy kis görbülettel rendelkező pályát írnak le, így jó közelítéssel egyenesnek tekinthetők, azonban a jobb pontosság érdekében a másodfokú tag is figyelembe lett véve. A vádlira helyezett sablon azonban nem írható le egyetlen polinomiális, hatvány vagy exponenciális függvényvel, amelyekre lehetőséget ad a program. A megfigyelések alapján, körülbelül 3 lépés fér bele



1. ábra. A járásfelismerő szoftver felhasználói felületének első lapja

1. kamera						
	1. vädli	2. vädli	3. vädli	Törd	Alkar	
1.	404825	159090.9	151085.6	972383.5	889877.1	1350548
2.	4043862	1501585	137146.7	911360.8	86407.8	1508530
3.	407091	131239.4	133000.6	141411	67885	1497549
4.	4307535	148620.4	1413132	121357.0	68041	1462215
5.	40712	1413132	121357.0	68041	1462215	1462215
6.	4058324	1413132	1413169	141411	67885	1501443
7.	4083401	1413015.8	141292.2	133032.1	680183.1	1450148
8.	4066339	1375485	156790	112295	807590.2	1488126
9.	411105	145876.7	138405.1	118260.3	679510.3	1497082
10.	3918048	1441599	138468	108696	678811.2	1497082
11.	3984535	137030.4	158478.2	103680.4	679781	1496530
12.	4083802	141281.9	146695.5	121621.6	674424	1496748
13.	40255	146807.4	150664	107499	679492	1494878
14.	3927081	1371008.1	141001	107499	679492	1494878
15.	3995154	1374915.1	141395.9	120265.2	677788.4	1474240

2. kamera						
	1. vädli	2. vädli	3. vädli	Törd	Alkar	Lämpäk
1.	1135313.2	131300.7	57626.29	657069.3	1582469	8
2.	112636	125731.7	58156.21	671815.8	1588548	8
3.	90849.29	126187.8	71900.5	645783	1752135	6
4.	111130.2	124256.9	65244.52	673045.6	1565411	8
5.	118396.4	121263.5	95458.87	636414.1	1572650	8
6.	107789.2	126623.6	66480.57	685295.5	1573187	8
7.	101269.1	120693.7	67942.65	683546.2	1555418	8
8.	110868.4	120224.4	61604.29	647499.3	1563726	8
9.	108561.6	137778.7	630319.06	612740.2	1595966	8
10.	102893	124120.1	54797.94	657944.3	1561660	8
11.	107543.7	128705.5	55152.24	640456.2	1562278	8
12.	103795.4	120809.2	66398.06	665115.1	1573108	8
13.	105895.2	128051.9	55181.08	668137.3	1557829	8
14.	110166.1	116715.6	61630.81	627449	1563488	8
15.	100297.6	128345.6	59830.2	647008	1546348	8

**3. ábra.** Ismert tesztalany járásából származó adatok



alapján, ahol a tesztalanyoknál nincs csomag, és nem viselnek nagykabátot, a felismerési arány 100%-os volt, azonban a CASIASetB és CASIASetC esetében, ahol a tesztalanyoknál csomag van, illetve nagykabátot hordanak, a felismerési arány 77,8%, valamint 43,1%-ra adódott [7].

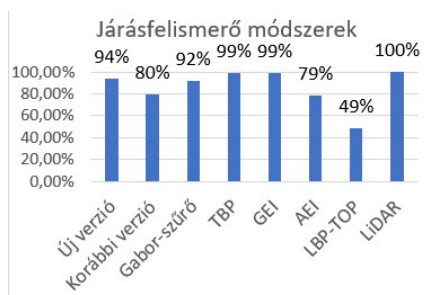
Chin Poo Lee, Alan W.C. Tan és Shing Chiang Tan tranziens bináris minták (TBP – Transient Binary Patterns) használatával fejlesztettek járásfelismerő rendszert, és hasonlították össze más módszerekkel. A TBP és GEI módszerek 99%-os felismerési arányt eredményeztek, a Prokrusztész alakvizsgálat (PSA – Procrustes Shape Analysis) 87%, a Fourier-leírás alapú módszer 92%, az aktív energiakép (AEI – Active Energy Image) módszer 79%, míg a három ortogonál síkból vett lokális bináris minta alapú módszer (LBP-TOP – Local Binary Patterns from Three Orthogonal Planes) csupán 49%-os felismerési arányt eredményeztek [8].

Gálai Bence és Benedek Csaba a járás alapú személyazonosítást és cselekvésfelismerést vizsgálták LiDAR szenzorokkal (Light Detection and Ranging – Lézer alapú távérzékelés). Egyszerre több embert ismertettek fel rendszerükkel, amely 5 személyig még 100%-os felismerési aránnyal működik, majd fokozatosan csökken 75%-ra 22 személy esetében, amely után stagnál [9].

A 4. ábrán összegzésre került a kutatócsoport aktuális és korábbi rendszerének, valamint más rendszerek pontossága. Ez alapján kijelenthető, hogy a legpontosabbnak a LiDAR (100%), a TBP (99%) és a GEI (99%) alapú járásfelismerő rendszerek bizonyultak az eredmények alapján. A kutatócsoport által létrehozott rendszer szintén jónak számít a maga 93,75%-os felismerési arányával, míg a legkevesbé hatékonyak az LBP-TOP rendszer bizonyult 49%-kal.

## 5. Összefoglalás, következtetések

Összegzésként megállapítható, hogy a kutatócsoportnak sikerült létrehoznia egy olyan komp-



4. ábra. A kutatócsoport járásfelismerő rendszere összehasonlítva másokéval

lex járásfelismerő programot NI LabVIEW fejlesztőkörnyezetben, amely képes több kamera segítségével detektálni több egyidejű sablonként elmentett mintát, és képes a gyűjtött mintákra előre definiált görbét illeszteni. A program továbbá képes a referenciagörbe és az aktuális görbe értékeit meghatározott módon összehasonlítani és kiértékelni, hogy azonos-e a két járás képe vagy sem. A saját fejlesztésű járásfelismerő rendszert több személyen is tesztelve lett, mely tesztek közül idegen személy esetén egyszer sem mutatott egyezést a program.

A továbbiakban a járásminta feldolgozási sebességén lehetne javítani olyan kamerával vagy szoftverrel, amely segítségével azonnal AVI formátumban menthető el a videó. A kutatás során használt 2014-es LabVIEW verzió csak AVI videók utólagos feldolgozására képes, így a program más szoftverben való megírása (pl. OpenCV), amely képes az MP4 fájlok kezelésére, vagy amelyben a jó minőségű valós idejű kamerázás nem fogja vissza a teljesítményt, szintén javíthat a feldolgozási sebességen.

## Köszönetnyilvánítás

A cikk elkészítését az EFOP-3.6.1-16-2016-00022 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

## Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Viktor D.: *Optikai alapú Motion Capture rendszer*. 2011. 5, 7–9.
- [2] Boyd J. E., Little J. J.: *Biometric Gait Recognition*. Springer - Verlag Berlin Heidelberg 2005, 19-42.
- [3] Salánki D., Sarvajcz K., Husi G.: *Járásfelismerés fejlesztése NI LabVIEW környezetben*. Debreceni Egyetem Műszaki Kar, Mechatronikai mérnök BSc, szakdolgozat, 2018.
- [4] Salánki D.: *Járásfelismerés fejlesztése NI LabVIEW környezetben*. Debreceni Egyetem Műszaki Kar, Kari TDK, Debrecen, 2017.
- [5] Fogel I., Sagi D.: *Gabor filters as texture discriminator*. Biological Cybernetics, 1989, 61.
- [6] Dacheng Tao, Xuelong Li, Xindong Wu, Maybank S. J.: *General Tensor Discriminant Analysis and Gabor Features for Gait Recognition*. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, 2007. 1–35.
- [7] Khalid Bashir, Tao Xiang, Shaogang Gong: *Gait recognition without subject cooperation*. Pattern Recognition Letters, 2010. 2052–2060.
- [8] Chin Poo Lee, Alan W.C. Tan, Shing Chiang Tan: *Gait recognition with Transient Binary Patterns*. J. Vis. Commun. Image R., 2015. 69–77.
- [9] Gálai B., Benedek Cs.: *Járas alapú személyazonosítás és cselekvésfelismerés LiDAR szenzorokkal*, 2017.

# ÉRTELMEZÉSI HÉZAGOK AZ EUROCODE 3 SZABVÁNY ELŐÍRÁSAINAK ALKALMAZÁSA SORÁN

## THE MISSING HOLISTIC APPROACH IN DESIGN APPLICATION OF EUROCODE 3

Sánduly Annabella,<sup>1</sup> Tóth Anett,<sup>2</sup> Lőrincz Barnabás-Attila<sup>3</sup>

Kolozsvári Műszaki Egyetem, Építőmérőki kar; Gordias Kft., Kolozsvár, Románia

<sup>1</sup> [annabella.sanduly@gordias.ro](mailto:annabella.sanduly@gordias.ro)

<sup>2</sup> [anett.toth@gordias.ro](mailto:anett.toth@gordias.ro)

<sup>3</sup> [barnabas.lorincz@gordias.ro](mailto:barnabas.lorincz@gordias.ro)

### Abstract

The Steel Eurocodes have an important role in the correct and adequate design of steel structures. Most of the programs, which are used for the static analysis of these structures, take into consideration the information offered by the Eurocodes, thus giving the opportunity to entrust them with the task to solve those problems, which are not clear and easily understandable for the user. As it will be proven in this article, the Eurocode 3 in some cases does not offer proper, clear explanations regarding some decisions. The main critics for the whole Eurocode package is that the user might not see clearly the connection between the scattered parts of the final solution.

**Keywords:** Eurocode 3, steel structures, cold formed steel shapes, interpretation.

### Összefoglalás

Az acélszerkezetekre vonatkozó Európai szabványok jelentős szerepet töltenek be a tartószerkezetek helyes és tudatos tervezése során. A statikai tervező programok nagy része már ezen szabványok előírásainak figyelembevételével dolgozik, és ennek tudatában „rábízzuk” az általunk megkérdőjelezhető, néhol csak zavarosan értelmezhető problémák megoldásait. A jelen dokumentumban példaként szolgál az Eurocode 3 szabvány, amely néhány lényeges döntésben nem kínál egyértelmű útmutatást, valamint amelyben a felhasználó számára nehezen kapcsolhatók össze a részletekben megoldott problémák.

**Kulcsszavak:** Eurocode 3, acélszerkezetek, hidegen hajlított szelvények, értelmezés.

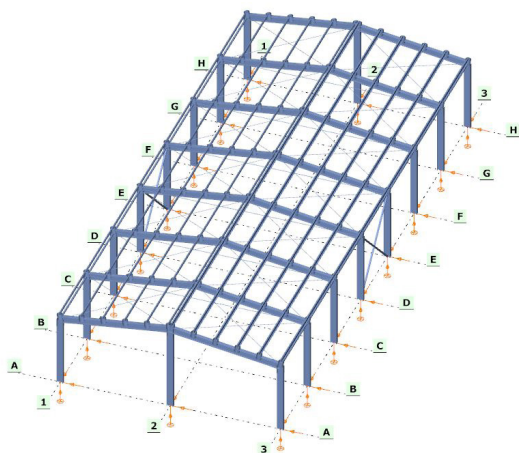
## 1. Bevezetés

Az építmények tervezése kézi számítási mód-szerekkel a 21. században merészségnak számít, hiszen a szoros határidők sokasága rákényszeríti a tervezőt a leggyorsabb eljárás alkalmazására, amely a statikai tervező programok használatát jelenti. Az egyetemi oktatásból újonnan kikerült, tapasztalatlan mérnökként tudjuk-e értelmezni a szoftver által szolgáltatott eredményeket, hogy mi is történik a háttérben, abban a bizonyos „fekete dobozban”, hogy milyen módszer szerinti számoláson halad végig, mennyi olyan kérdésben

„dönt” a program, amely előtt értetlenül állnánk és több órányi kutatómunkát áldoznánk rá, ha a kézi számolás módszerét választanánk? Milyen akadályok gördülnek eléink, ha megpróbálkozunk egy acélcsarnok alapos ellenőrzésével az Eurocode 3 szabvány előírásait követve? Ezeknek a kérdéseknek a megválaszolása érdekében létrehozott 3D szerkezet az [1. ábrán](#) látható.

## 2. Szerkezet leírása

A keresztsíri keretek hidegen hajlított, vékonyfalú C szerkezeti idomokból vannak kialakít-



1. ábra. 3D szerkezet

va. Geometriailag 12 m-es fesztávolsággal, 4 m-es keretkiosztással és 4 m-es vállmagassággal rendelkezik [1].

A vékonyfalú, hidegen hajlított szelvényeket (2. ábra) 4. osztályú keresztmetszetként kezeljük, ilyenformán megnövelve a szerkezetünkre vonatkozó előírások számát, hiszen többek között figyelembe kellett venni a lemezhorpadás hatását is. Ebben az esetben elsősorban az Eurocode 3 szabvány első [2] és harmadik [3] részének irányelveit szükséges követni.

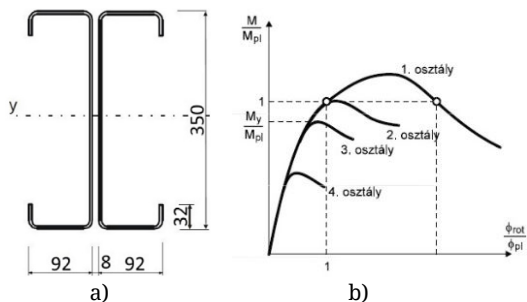
A keret (3. ábra) kiválasztása, a szerkezet ellenőrzésének folyamatához az igénybevételek nagyságától függ.

A keresztmetszetek ellenállásának vizsgálata viszonylag gördülékenyen végigvezethető az Eurocode 3 szabvány szerint, hiszen a keresztmetszeti tulajdonságok számbeli meghatározását megtalálhatjuk a szelvénynek megfelelő – a gyártó által kiadott – termékkatalógusban.

### 3. Stabilitásvesztés ellenőrzésének folyamata az Eurocode 3 szabvány szerint

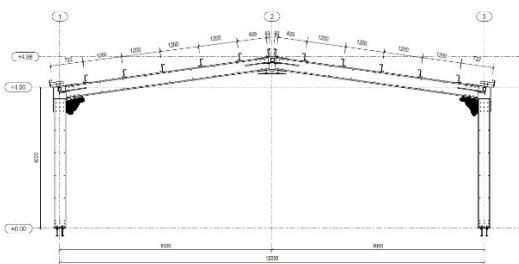
Az Eurocode 3 szabvány első részének a szerkezeti rudak stabilitási ellenállására vonatkozó fejezetein végighaladva, egy, a stabilitásvesztés ellenőrzésének a folyamatáról alkotott, átfogó, integrált kép kialakulására számítunk, viszont a mozaikdarabkák nem mindig kapcsolódnak össze.

A globális, rugalmas analízis során az Eurocode 3 szabvány a csökkentő tényezős módszer szerinti számoláson vezet végig, amelynek két eljárása használható: az egyenértékű szerkezeti elem módszere és az általános módszer. Az általános módszer alkalmazásához végeselem módszeren alapuló metodológia tanácsos.

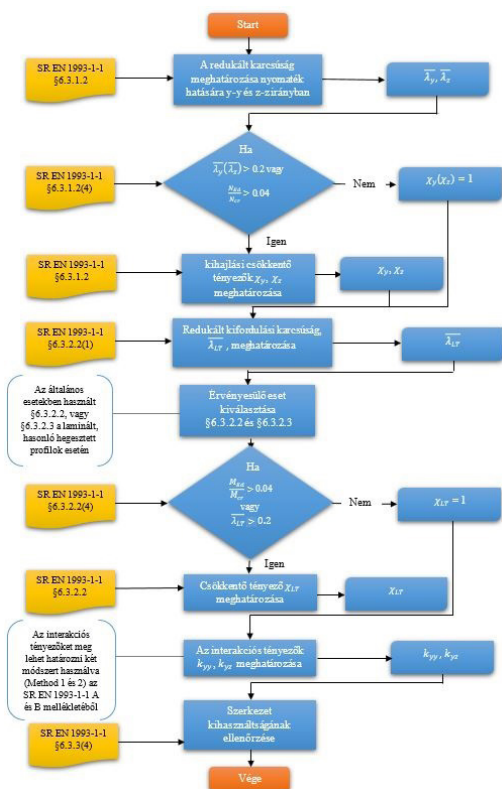


2. ábra. a) 2C350/3 szelvény;

b) Nyomaték-elfordulás görbék [4]



3. ábra. Vékonyfalú, hidegen alakított idomokból alkotott keret



4. ábra. Stabilitásvesztés számolásának folyamata

Az egyenértékű szerkezeti elem módszere feltetelezi a valós szerkezet helyettesítését egyszerű szerkezeti elemmel, amely megköveteli az egyenértékű szerkezeti elem kihajlási hosszaként használt azon értékét, amely visszaadja a tényleges szerkezet stabilitásvizsgálatának eredményit. Egyszerűbben kifejezve a módszer helyessége a kihajlási hossz megfelelő meghatározásán áll, vagy bukik. Az Eurocode 3 szabvány épületekre vonatkozó részeiben nem található a kihajlási hosszra vonatkozó egyértelmű előírás sem és az Eurocode más részeire való hivatkozás sem. Ennek hiányát, téves értelmezésből adódóan, helytelen értékek használata kísérheti.

#### 4. Rövid esettanulmány

A 3. ábrán látható vékonyfalú, hidegen alakított profilokból alkotott keret oszlopának a vizsgálata során, a kihajlási hossz különböző értékei nagyban befolyásolják a szerkezet kihasználtságát.

Ezt hivatottak szemléltetni az alábbi egyszerű számolások az Eurocode 3 szabvány alapján. Feltetelezzük, hogy az oszlop NEd=500 kN mértékű tiszta nyomóerőnek van kitéve.

A kihajlási ellenállást az Eurocode 3 szabvány első részének a 6.3 fejezetében [2] megtalálható képlettel számoljuk:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi \cdot A_{eff} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \quad (1)$$

A kihajlási hossz fele az oszlop magasságának ( $L_{eff} = L_o = 2000$  mm) a keretsíkban és arra merőlegesen is:

$$L_{eff,y} = 0.5 \cdot L_o = 2000 \text{ mm} \quad (2)$$

$$L_{eff,z} = 0.5 \cdot L_o = 2000 \text{ mm} \quad (3)$$

$$N_{Ed}/N_{b,Rd,y} \cdot 100 = 77.51\% \quad (4)$$

$$N_{Ed}/N_{b,Rd,z} \cdot 100 = 87.99\% \quad (5)$$

A kihajlási hossz oszlop magasságának a 70%-a ( $L_{eff} = L_o = 2800$  mm) a keretsíkban és arra merőlegesen is:

$$L_{eff,y} = 0.7 \cdot L_o = 2800 \text{ mm} \quad (6)$$

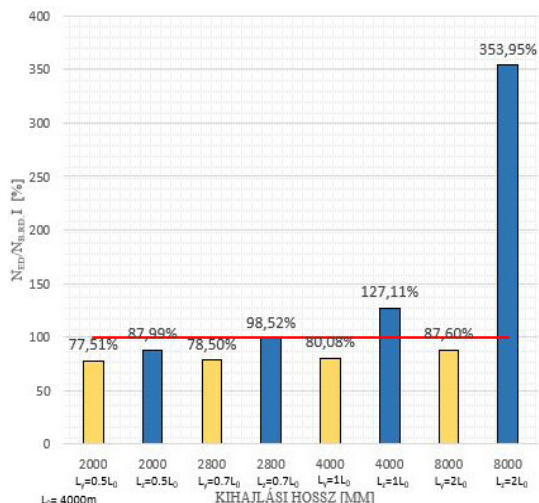
$$L_{eff,z} = 0.7 \cdot L_o = 2800 \text{ mm} \quad (7)$$

$$N_{Ed}/N_{b,Rd,y} \cdot 100 = 78.50\% \quad (8)$$

$$N_{Ed}/N_{b,Rd,z} \cdot 100 = 98.52\% \quad (9)$$

A kihajlási hossz egyenlő az oszlop magasságával ( $L_{eff} = L_o = 4000$  mm) a keretsíkban és arra merőlegesen is:

$$L_{eff,y} = L_o = 4000 \text{ mm} \quad (10)$$



5. ábra. Különböző kihajlási hosszak befolyása az elem kihasználtságára

$$L_{eff,z} = L_o = 4000 \text{ mm} \quad (11)$$

$$N_{Ed}/N_{b,Rd,y} \cdot 100 = 80.08\% \quad (12)$$

$$N_{Ed}/N_{b,Rd,z} \cdot 100 = 127.11\% \quad (13)$$

A kihajlási hossz kétszerese az oszlop magasságával a keretsíkra merőlegesen és a keret síkjában is ( $L_{eff} = L_o = 8000$  mm)

$$L_{eff,y} = L_o = 8000 \text{ mm} \quad (14)$$

$$L_{eff,z} = L_o = 80 \text{ mm} \quad (15)$$

$$N_{Ed}/N_{b,Rd,y} \cdot 100 = 87.60\% \quad (16)$$

$$N_{Ed}/N_{b,Rd,z} \cdot 100 = 353.95\% \quad (17)$$

Abban az esetben, amikor a kihajlás a keretsíkban történik a megfigyelhető különbség 11-12% között van, viszont a keret síkjára merőleges kihajlásra vonatkozó eredmények közötti legnagyobb különbség 30-31% körüli. Ez azt jelenti, hogy a kihajlási hosszak téves értelmezése során megtörténhet, hogy az oszlop stabilitásvesztése az Eurocode által javasolt határon belüli értéket eredményez, de valójában nagy mértékben túllépi ezt a határt.

#### 5. Interakciós tényezők számolása két módszerrel

Amennyiben a kihajlás és kifordulás interakciója következtében fellépő stabilitásvesztés ellenőrzését végezzük, szükséges meghatározni a kritikus nyomoték értékét, viszont a számolására vonatkozó javaslat nem található az Eurocode 3 szabványban. Ennek a képleteken keresztül törté-

nő értelmezése az Eurocode 9 szabvány I függelékében található.

A kritikus nyomoték számolása mellett nehézséget jelenthet az interakciós tényezők meghatározása is, amelyre az Eurocode 3 két, első ránézésre nagyon hasonló módszert javasol. Ahogy a Papp Ferenc, Ph.D: Szerkezetépítés II. című tervezési segédletben [5] is olvasható, az első „Method 1”, a „francia-belga” munkacsoport módszere, amely folyamatos átmenetet ad a keresztmetszeti és stabilitási ellenállások között, míg a „német-osztrák” munkacsoport módszere a „Method 2” egyszerűbb, érthetőbb képleteket bocsát a rendelkezésünkre, az ellenállások közötti kapcsolat kevésbé van kidolgozva.

Az interakciós tényezők értékei a két metódus szerinti számolás során a következő eredményekhez vezettek:

A „Method 1” számítási folyamat  $k_{yy} = 0,95$  értéket eredményez, ami a „Method 2”-vel szemben figyelembe veszi a kritikus erőket különböző kihajlási formák esetében.

A „Method 2” alapján végzett számítás során az interakciós tényező értéke a következő:  $k_{yy} = 0,62$ .

A két módszer eredményei között a különbség 34-35%.

## 6. Következtetések

A szerkezet viselkedésének alapos vizsgálatához felhasznált szakirodalom száma, esetünkben

meghaladta húsz-harminc különböző nyelvű, hosszúságú, és tartalmú dokumentumot, az Eurocode szabványok figyelembevétele nélkül is. Ezen publikációk tömkelege segített egymáshoz illeszteni a széthullott mozaikdarabkákat, amely által kialakíthattunk egy integrált képet a szerkezet ellenőrzésének kézi folyamatáról.

Az Eurocode 3 szabvány szerinti procedúrát követve olyan akadályokba ütközhetünk, amely megkövetel számos tapasztalatra vagy mérnöki intuíción alapozott döntéshozatalt. Ezek alapján a kódos, vagy az esetenkénti hiányos útmutatásból adódó számolási folyamat végeredményének helyessége kételkedésre adhat okot, adott esetben pedig zsákutcába is vezetheti a gyakorló mérnököt.

## Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Nagy Zs.: *Studiul soluțiilor constructive și performanțelor structurale ale halelor ușoare cu structură realizată din profile de oțel formate la rece*, Editura Politehnica - Timișoara, Timișoara, 2006.
- [2] EN 1993-1-1: Design of steel structures – Part 1-1: *General rules and rules for buildings*, 2006.
- [3] EN 1993-1-3: Design of steel structures – Part 1-3: *General rules – Supplementary rules for cold-formed members and sheeting*, 2008.
- [4] Iványi M.: *Acélszerkezetek tervezése az Eurocode szerint*. Budapest, 2007. 17.
- [5] Papp F.: *Szerkezetépítés II. Tervezési segédlet, Stabilitásvizsgálat*, Győr, 2015. 2–6.



# MESTERSÉGES TUDATOSSÁG ELMÉLETI MODELLJE

## THEORETICAL FRAMEWORK OF ARTIFICIAL CONSCIOUSNESS

Szigeti Ferenc, ifj.

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Budapest, Magyarország  
[szigetif.31@gmail.com](mailto:szigetif.31@gmail.com)

### Abstract

Human consciousness is our most perplexing quality, still an adequate description of it's workings have not yet arrived. One of the most promising ways to solve this issue is to model consciousness with artificial intelligence (AI). This paper makes an attempt to do that on a theoretical level with the methods of philosophy. First I will review the relevant papers concerning human consciousness. Then considering the state of the field of AI at the moment, I will arrive at a model of artificial consciousness.

**Keywords:** *artificial intelligence, philosophy, consciousness, cognitive science.*

### Összefoglalás

Az emberi tudatosság az egyik legérdekesebb tulajdonságunk, amelynek kielégítő leírása egyelőre még várat magára. Az egyik legcélszerűbb megközelítése a problémának a mesterséges intelligenciákkal (MI) történő modellezés. Az alábbi cikk erre tesz kísérletet elméleti szinten, a filozófia eszköztárával. Áttekintve a kognitív tudományok emberi tudatossággal kapcsolatos eredményeit, valamint a mesterséges intelligenciák jelenleg rendelkezésre álló módszereit figyelembe véve, felvázolok egy tudatos működésre képes MI modellt.

**Kulcsszavak:** *mesterséges intelligencia, filozófia, tudatosság, kognitív tudományok.*

### 1. Tudatosság problémája

Az elmefilozófia jelenleg legelfogadottabb és a legtöbb tudományos irányzattal kompatibilis tudatosságleírása a funkcionálisizmus, ami szerint a mentális tulajdonságokat, állapotokat a betöltött funkcióikkal lehet leírni és azok megvalósíthatóak különböző fizikai rendszerekben (egyetlen hátránya, hogy a fenomenális tudatosságot nem tudja magyarázni, így ezzel a részével a tudatosság problémájának nem is foglalkozunk majd<sup>1</sup>).

Többféleképpen meg lehet fogalmazni, mi is az a bizonyos funkció, amelyet a tudatosság ellát, viszont ezek a megfogalmazások nem feltétlenül egyenértékűek egymással. Lehet ez a gondolkodás, a kreativitás, a probléma megoldás, a döntéshozatal, az önálló cselekvés, a figyelem irányítása,

célok megfogalmazása és követése. Ezek a fogalmak mind olyanok, amelyeket legtöbbször azonosítunk vagy szoros kapcsolatba hozunk a tudatosság jelenségével. Egy ilyen jellegű definíció a tudatosságot tipikusan egy kognitív modulra vezeti vissza (ami legtöbbször hasonlóan nehezen megfogható). Így igazán egyik sem mutat rá egy fizikailag jól körülhatárolt vagy leírt jelenségre, amelyre alapozva egy valós MI modell elképzelhető lenne.

Az emberi agyról és elméről már nagyon sokat tudunk, kis túlzással akár elkezdhetnénk idegsejtről idegsejtre megvalósítani, viszont ez nem tűnik egy célszerű megoldásnak. Olyan komplexitást kellene lemásolnunk, amely szinte felfoghatatlan. Pontosan ezért van szükség olyan modellekre, amelyek tudnak ezen egyszerűsíteni és mégis képesek megtartani a tudatosság lényeges funkcióit.

<sup>1</sup> Ez a tudatosság nehéz problémája, amely értelmében nincs kielégítő fizikai alapú magyarázat arra, hogy miért van az érzékelésnek, gondolkodásnak egy átélési élménye, egy szubjektív minősége

## 2. Milyen funkciókkal bír a tudatos működés?

A kognitív tudományokban az elme feltérképezése közben a tudatosság jelenségével is foglalkoznak. A jelenség megfejtésére irányuló kísérletek eredményeiből levonhatók következtetések arra vonatkozólag, hogy pontosan milyen funkciókkal is bír a tudatosság. Ezek megismerhetők a globális munkatér modell keretében [1]:

- a cselekvés szándékos irányítása;
- hosszútávú és explicit információ tárolás;
- új tervek készítése mentális folyamatok újszerű kombinálásával;
- a figyelem irányítása.

A cikkben következő modellnek a fentebbi négy jelenséget vagy funkciót kell elsősorban jól leírnia. A modell alapjául szolgáló kognitív tudományokbeli szakirodalmat ehhez röviden áttekintjük a modell érthetőbbé tétele érdekében.

## 3. Tudatossághoz alapvető neurális folyamatok áttekintése

Ebben a fejezetben minden bekezdés egy kognitív modellt foglal össze röviden, amelyeknek az elemeit majd valamilyen formában felhasználjuk a későbbiekben.

Az emberi tudatosságot jól leíró modell a globális neurális munkatér (global neuronal workspace theory) modell [2]. Az elmélet szerint a tudatosság az információ globális megosztottságát az egymáshoz kapcsolódó kognitív modulok között (piramidális neuronok útján<sup>2</sup>) jelenti. Ez a kapcsolódás különösen a magasabb kognitív funkciókat ellátó modulok között jelenik meg, így ezek összekapcsolva alkotják a munkatérrel, ahol megvalósul a tudatos működés.

A figyelem működése leírható négy folyamat egymásra hatásával [3]. A munkamemóriában (working memory) kerülnek az információk feldolgozás alá, viszont csak néhány másodpercre és ideiglenesen, mivel erősen korlátozott a kapacitása, nem tud egyszerre minden bejövő információt feldolgozni. A kompetitív kiválasztás (competitive selection) mechanizmusa fogja eldönteni, hogy a rendelkezésre álló számos információcsatorna közül pontosan melyik fog a munkamemóriához hozzáférni az adott pillanatban. A Top-down érzékenységi irányítás (top-down sensitivity control) felel a különböző információcsatornák jelerősségének beállításáért, ezen jelerősségek alapján dől el, hogy melyik fog helyet kapni a munkamemóriában a kompetitív kiválasztás útján. A kiugrás szűrő

(saliency filter), a haladéktalanul figyelmet kívánó információs csatornák jelerősségét emeli meg az adott helyzetben, ez természetesen evolúciósan tanult ingerekre működik, valamint a környezettől nagyon eltérő ingerekre (például hajlamosak vagyunk egy zöld réten egy piros virágot nagyon hamar észrevenni). A modell szerint az első három folyamat (munkamemória, kompetitív kiválasztás, top-down érzékenységi irányítás) alkot egy körfolyamatot, amely lehetővé teszi a szándékosan és tudatosan irányított figyelmet.

A munkamemória leírható négy folyamat: a figyelem, a szenzoros reprezentációk (beérkező ingerek), a hosszú távú memória reprezentációi (emlékek) és az előrelátás termékeként. Ez nem egy modul, hanem mindig a feldolgozandó információhoz megfelelő módon szerveződik. Limitált<sup>3</sup> a kapacitása (3-4 elem). A hosszútávú memória aktiválása útján működik [4].

A munkamemória megtalálható az állatoknál is, a kísérleti eredmények nem teljesen világosak, de úgy tűnik, alapvetően még kisebb a kapacitásuk, könnyebben elterelődik a figyelmük és kizárólag az adott feladat megoldására tudják használni [5]. Viszont alapvető működése egyezhet a miénkkel, ha néhány tekintetben nem is úgy használják, mint mi.<sup>4</sup>

A figyelmi séma elmélet (attention schema theory) úgy magyarázza a szándékos figyelmet és a tudatosságot (itt awareness<sup>5</sup>), hogy az elme alkotott egy egyszerűsített figyelmi modellt (ahogyan egy egyszerűsített test modellünk is van), amely alkalmas a figyelem irányítására. Ezen belső modell alapján az agy úgy látja, hogy rendelkezik egy olyan képességgel (tudatosság az „awareness” értelemben), amely képes a figyelem irányítására bármilyen fizikai folyamat közreműködése nélkül (a belső modell egyszerűsít természetesen, így a fizikai részleteket már nem tartalmazza, ezért tűnhet úgy mintha nem fizikai folyamat lenne mögötte) [6].

Tovább is léphetünk a tényleges modellre, amely felhasználja az itt ismertett elméleteket, hogy a korábban felsorolt funkciókat magyarázni tudja.

## 4. Az emberi tudatosság egyszerűsített modellje

Az alábbi fejezetben áttekintjük a fejezetcímbe megnevezett modellt, amely a kutatás jelenlegi

<sup>3</sup> Ennek az oka az lehet, hogy az agy képtelen fenntartani túl sok agyi területen az egymástól független aktivitást a különböző reprezentációkhoz, minimális interferenciával [4].

<sup>4</sup> Az állatok között komoly különbségek vannak, a kísérletek általában majmokra, delfinekre, fókákra, rágcsálókra és esetleg varjúfélékre vonatkoznak.

<sup>5</sup> Magyar nyelven nincsen erre a fogalomra külön szó, de ez a tudatosságnak az a minősége, amely a szubjektivitást vagy önreflexiós képességet fejezi ki

<sup>2</sup> Az ilyen típusú neuron nagyon hosszú axonnal és szerkezetű dendrittel rendelkezik, ezzel lehetővé téve az egymástól fizikailag távol elhelyezkedő agyi területek összeköttetését [2].

eredménye. Ez egy kognitív modell, amely alapján neurális modell, majd implementációs modell készíthető mesterséges intelligenciákhoz. Az alfejezetekben sorban válaszokat fogunk kapni arra, hogy a modell hogyan magyarázza a tudatosság 2. fejezetben ismertetett négy funkcióját.

#### 4.1. Hogyan működik az emberi agy?

A beérkező információkat (külső és belső ingerek) neuronok egy rendszere dolgozza fel, mindehhez energiát felvéve a szervezetből. Az információfeldolgozás végén pedig valamilyen cselekvés vagy mozgás fog megvalósulni. Fontos megérteni, hogy a neuronok akkor kapnak energiát, ha munkát végeznek, vagyis információt dolgoznak fel. Több energiát szeretnének, így folyamatosan keresik a lehetőséget arra, hogy dolgozhassanak.

#### 4.2. Hogyan irányítható a figyelem tudatosan?

A figyelem, ahogyan korábban láttuk, nem egy modul, hanem egy folyamat, vagyis inkább jelenség. Egyszerűen azonosítható ez a fogalom a neuronok aktivitásával. Ott van a figyelem, ahol egy csoport neuron aktív, vagyis éppen információt dolgoz fel. Egyszerre számos agyi terület vagy neuron csoport lehet aktív, viszont ezek közül csak a legaktívabb néhány fog helyet kapni a munkamemóriában.

A munkamemória nem más, mint a belekerülő információt tartalmazó neuronok csoportjai. Azok az agyi területek, amelyek kellőképpen aktívak. Itt most úgy tűnhet, mintha egymással határoznánk meg a munkamemóriát és a figyelmet, ami bizonyos szempontból igaz is, mivel egyfajta körfolyamatot fogunk elérni. Ahelyett, hogy a korábban leírt négy folyamat termékeként íránk le a munkamemóriát, azonosítsuk a figyelemmel és a hosszú távú memóriával. A hosszú távú memória jelenti a neuron hálózatunkban megmaradt emlékeket, amikor azok aktiválódnak, bekerülnek a munkamemóriába. Vagy inkább a munkamemória ott aktiválódik és ezzel együtt a figyelem is oda irányul.

A lényeges gondolat, hogy igazán mindhárom neuronok aktivitását jelenti. Jól láthatóan rengeteget egyszerűsítettünk a korábbi kognitív modelleken azzal, hogy ezeket a rendszereket azonosítottuk. Viszont ezzel még nem válaszoltuk meg az eredeti kérdést.

A figyelemnek mindig valamire irányulnia kell, ez lehet egy inger (belső vagy külső) vagy egy emlék. Az első egy közvetlen beérkező szenzoros információ, míg a második egy korábban történt hasonló információ (vagy már egy sokszorosan átdolgozott és más információkkal kombinált in-

formáció). A figyelem tudatos irányítása legalább két ilyen információ (amelyekből valamennyi mindenképpen emlék kell legyen) körfolyamatból alakul ki. Ezek közül mindig egyszerre egy van a figyelem középpontjában (magasabb az aktivitása, mint bármely más információnak). A körfolyamat akkor valósulhat meg, ha képes az információlánc önmagát erősíteni és így elérni, hogy felváltva legyenek a tagjai a legaktívabbak.

Feltehetően úgy tudják az információk egymást erősíteni, ha az őket tároló neuron csoportok kapcsolatban állnak egymással, hiszen akkor az áram ténylegesen körfolyamatként futhat végig a rendszeren. Ebből következően azok az agyi területek, amelyek jobb kapcsolódással rendelkeznek egymás felé (globális neurális munkatérben ismertetett munkatér vagyis a tudatosság színhelye vagy a magasabb kognitív modulok), könnyebben tudják megtartani a figyelmet.

A figyelem váltása tudatosan is jól értelmezhető ez alapján, az információs láncból átválthat a rendszer egy kapcsolódó másik információs láncba vagy esetleg csak egy része cserélődik a láncnak. Ilyen módon tudjuk például végigjárni az emlékeinket vagy végiggondolni a megtanult ismereteinket.

Felmerülhet a kérdés, ha az állatok (megint csak alapvetően magasabb szintűekre gondolva) is hasonló munkamemóriával rendelkeznek, akkor az eddigiek alapján miben térnek el tőlünk vagy mi nem vonatkozik rájuk? Egyelőre a vázolt modell szerint minőségileg semmilyen eltérés nincs, ugyanazok a folyamatok érvényesek rájuk is, csak esetleg érzékenyebbek a kiugrás szűrőre vagy kisebb az agyuk komplexitása, így kevesebb agyi területük lehet aktív egyszerre.

A komplexitáson túl is van azonban egy különlegessége az emberi agyi működésnek. Ehhez veszünk igénybe a figyelem séma elméletet. A figyelem séma is értelmezhető emlékként (ha nem közvetlen szenzoros információ, akkor emlék kell legyen, hogy hűek maradjunk a korábbi megkülönböztetésünkhöz), vagy emlékek egy halmozaként. Ezek lesznek azok az emlékek, amelyek lehetővé teszik az előzőleg ismertetett kölcsönös erősítés hatékony működését. Kapcsolódnak egy kiterjedt rendszerként számos agyi területhez (munkatér a piramidális neuronokkal) és így képesek vagyunk a segítségükkel eljutni elménk bármelyik szegletébe, egyfajta autópályaként szolgálnak, amelyen végigfuthat a figyelem és elérhet bármilyen eltárolt információt.

A figyelmi sémával pedig bevezettük a rendszerbe a szubjektív élményt, amelyet tulajdonít az agy a legaktívabb információnak. Egyszerre számos informá-

ció aktív valamilyen szinten, viszont ebben az egyszerűsített figyelmi sémában egy bizonyos legerősebb fog igazán feltűnni. Az egymással „versenyző” számos aktivált hurok közül mindig csak néhány lesz (a legaktívabbak), amelyeket a figyelmi séma úgy érzékel, hogy a figyelem középpontjába kerültek.

Ezt a figyelmi sémát ne úgy képzeljük el, mint ami valahogyan „fölötte áll” minden agyi folyamatnak vagy az „igazi okozója” a tudatos működésnek. Nem, ez egy olyan rendszer, amely lehetővé teszi a figyelem hatékony irányítását, lehetővé teszi, hogy a figyelem vagyis igazából a neuronok aktivitása ott legyen magas, ahol szükség van rá, és a bejövő ingerek ne zavarják meg minden esetben (csak ha feltétlen szükséges) a koncentrált információ feldolgozást. Ez a figyelmi séma lehetővé teszi a magasabb szintű gondolkodást egyszerűen azzal, hogy képes az információ feldolgozást irányítani.

#### 4.3. A cselekvés szándékos irányítása

A cselekvések indítása is egy bizonyos agyi területen található neuron csoport aktiválásával történik. Annyinak kell csak történnie, hogy a figyelem ráirányuljon, vagyis eljusson az aktivációs hurok addig az agyi területig. Erre alkalmas a jó összeköttetésekkel rendelkező figyelmi séma vagy munkatér, amely így képes a cselekvések indításáért felelős neuroncsoportokat aktiválni.

#### 4.4. Hosszútávú és explicit információ tárolás

Akkor erősödnek a neuronok között a kapcsolatok, ha minél többször használják az adott kapcsolatot. A modell lehetővé teszi, hogy elegendő ideig aktív maradjon egy adott inger ahhoz, hogy emlékké válhasson, az inger hurokban tartása folytán.

A felejtés mechanizmusa pedig a neuronok egyéni viselkedésével magyarázható, igényük van több energiát kapni, így az olyan kapcsolódásaikat tartják meg, amelyeket használ a rendszer. Ha egy kapcsolatot nem használ, azt a neuronok leépítik és más irányba próbálnak kapcsolódni helyette. A korábban már eltárolt emlékek így elveszíthetők néhány vagy összes kapcsolatukat és előhívhatatlanná válnak.

#### 4.5. Új tervek készítése mentális folyamatok újszerű kombinálásával

Ez a funkció a kreativitást és a gondolkodást jelenti. A modell szerint bármely kellőképpen kapcsolódó agyi terület egy másikkal kapcsolatba kerülhet. Természetesen ha jobb az összeköttetés, akkor jobban működik a figyelem megtartása is, mert közvetlenebb a kapcsolat és kevésbé halványul el a jel rövidebb idő alatt. Valamint szükséges ennek a funkciónak a működéséhez, hogy em-

lékek kerüljenek egymással hurokba, mivel azok tartalmazzák a korábbi mentális folyamatokat.

### 5. Mesterséges tudatosság modellje

Zárásként foglaljuk össze mi a modell lényege. A tudatos működést körfolyamatként írjuk le, ami ilyen módon önmagát képes irányítani bizonyos korlátokon belül. A munkamemória, hosszú távú memória, figyelem mind ugyanaz a mechanizmus, vagyis neuronok aktivitása.

A hurkok versenyeznek, hogy minél aktívabbak legyenek, mert akkor több ideig tudnak kapcsolódni vagyis több energiát kapnak a bennük található neuronok, amelyeknek végső soron ez az egyéni céljuk.

Az emlékemlék hurkokból kialakult összetettebb emlékek szolgálnak alapul a magasabb kognitív funkcióknak, viszont ezek egy része már a DNS-be íródva öröklődve jut el hozzánk és nem kell aktívan megtanulnunk. Egy ilyen komplex emlékhalmaz a figyelem séma, amely hatékonyra teszi a tudatos működést.

A vázolt modell minden további nélkül megvalósíthatónak tűnik, miután egy neurális modell, majd egy implementációs modell is elkészül, amelyek egyre gyakorlatiasabb formába öntik a modellt. Ezek a kutatás következő lépései.

### Köszönetnyilvánítás

A cikk megírását támogatta az Emberi Erőforrások Minisztériuma az Új Nemzeti Kiválóság Program (ÚNKP) keretében 2018/2019. tanévben elnyert Nemzeti Felsőoktatási Kiválóság Ösztöndíj – Felsőoktatási Alapképzés Hallgatói Kutatói Ösztöndíjjal. Ezentúl köszönöm a támogató munkáját Gyarmathy Ákosnak és konzulensemnek Dr. Héder Mihálynak!

### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Dehaene S., Naccache L.: *Towards a cognitive neuroscience of consciousness: basic evidence and a workspace framework*. Cognition 79/1-2. (2001) 1–37.
- [2] Dehaene S., Changeux J. P., Naccache L.: *The global neuronal workspace model of conscious access: from neuronal architectures to clinical applications*. Characterizing consciousness: From cognition to the clinic?. Springer, Berlin, Heidelberg, 2011. 55–84.
- [3] Knudsen E. I.: *Fundamental components of attention*. Annu. Rev. Neurosci. 30 (2007): 57–78.
- [4] Eriksson J., et al.: *Neurocognitive architecture of working memory*. Neuron 88.1 (2015): 33–46.
- [5] Carruthers P.: *Evolution of working memory*. Proceedings of the National Academy of Sciences 110. Supplement 2 (2013): 10371–10378.
- [6] Graziano M. S. A., Webb T. W.: *The attention schema theory: a mechanistic account of subjective awareness*. Frontiers in psychology 6. (2015) 500.

# KORSZERŰ ÉPÍTÉSZETI MÓDSZERTANOK HATÁSA A TERVEZÉSI FOLYAMATRA

## USE OF STATE-OF-THE-ART METHODS IN THE ARCHITECTURAL DESIGN PROCESS

Szilágyi Dorottya,<sup>1</sup> Bakai Nándor<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Pécsi Tudományegyetem Műszaki és Informatikai Kar, Pécs, Magyarország, [szdo95@gmail.com](mailto:szdo95@gmail.com)

<sup>2</sup> Lechner Tudásközpont Területi, Építészeti és Informatikai Nonprofit Kft., Budapest, Magyarország  
[nandor.bakai@lechnerkozpont.hu](mailto:nandor.bakai@lechnerkozpont.hu)

### Abstract

The following article summarizes a research with the intention to demonstrate the challenges that architecture students need to face throughout their design tasks. The study is also meant to contribute to the cognition of state-of-the-art methods that can help students with these emerging problems.

The main source of information was a questionnaire. I asked students about the duties they accomplish when completing a design, about their adopted design methods and about their thoughts on a future profession.

As a complement, I made interviews with professional architects from local studios. This let me get a deeper insight into the requirements that the two sides lay down to each other.

The research charts how computer aided design could affect the difficulties that appear in the architectural design process.

**Keywords:** *survey, design methods, building information modeling, computer aided design.*

### Összefoglalás

A dolgozat gyakorlatorientált kutatás bemutatásával az építészhallgatói munka során felmerülő kihívásokat és az azok megoldását segítő korszerű eszközök megismerését kívánja segíteni.

Kvantitatív módon gyűjtöttem információt a diákok tervezési feladatai során felmerülő problémáiról, az alkalmazott módszertani ismereteikről és a jövőbeni munkahelyükkel kapcsolatos elképzeléseikről.

Ellenpólusként interjúkat készítettem pécsi építészirodákval. Ezek során részletes képet kaptam a két oldal egymással szemben támasztott elvárásairól.

A kutatás feltérképezi, hogy a számítógéppel segített tervezéssel foglalkozó kurzusok keretében elsajátítható tudás hogyan befolyásolhatná a felmerült problémákat. A következtetések segíthetik a munkaadók és a pályakezdekők között kialakuló nehézségek leküzdését.

**Kulcsszavak:** *felmérés, tervezési folyamat, épületinformációs modellezés (BIM), tervezőszoftver.*

## 1. Bevezetés

### 1.1. A téma indíttatása

Építész mérnök hallgatói éveim során tapasztaltam, hogy diákként sajnos hajlamosak vagyunk úgy tekinteni a számítógéppel segített tervezésre, mint egy tantárgyra, amit elégségesen teljesítenünk kell. Nem tudatosul bennünk idejében a különböző tervezőszoftverek, internetes felületek,

adatforrások jelentősége, a legtöbben csak egy átugrandó akadályként tekintünk ezek elsajátítására. A ma használatban lévő legfrissebb építészeti módszertanok alkalmazásával a kiadott tervezési feladatok teljesítése során és az egyetemről kikerülve is rengeteg értékes energiát spórolhatnánk meg. Ezért fontos, hogy már időben megismerjük és helyesen használjuk a kezünkbe adott lehetőségeket.



A projektek megvalósulásának előrehaladtával a terveket érintő változtatások egyre nehezebben kivitelezhetővé és költségesebbé válnak. Hallgatói éveink során azonban nem feltétlenül tapasztaljuk meg az építőipari folyamatok valós lefolyását és az azokat befolyásoló különböző módszertanok előnyeit és hátrányait. Legtöbbször nem vagyunk tisztában az ezekben rejlő potenciállal, így nem mérlegeljük, hogy egy adott probléma megoldására mi a lehető leghatékonyabb út.

A kutatás ezeknek a hiányosságoknak az okát, és azokat a lehetőségeket vizsgálja, melyek a felmerülő gyakorlati problémák megoldását elősegíthetik.

## 1.2. A téma feldolgozásának módszere

A felmérés két célközönség szembeállításán alapszik. Az egyik felet az építészhallgatók képviselik, az ellenpólust pedig a szakmát aktívan gyakorló személyek csoportja alkotja. A két oldalt különböző eszközökön keresztül közelítettem meg.

Első lépésként az egyetemisták reakcióit vizsgáltam. Esetükben kvantitatív módszert alkalmaztam, online kitölthető kérdőív formájában. Az így nyert adatok statisztikailag elemezhetőek, az eredmények szemléletesen bemutatathatóak, megbízhatóságuk és pontosságuk meghatározható.

A kutatás második lépéseként a munkáltatói oldalt kerestem fel. Ebben az esetben interjúkat készívték, melyek mélyebb, árnyaltabb ismereteket. Ezek az eredmények nem számszerűsíthetőek, azonban jól kiegészítik a kérdőívbeli kinyert, mérhető adatokat.

## 2. A kérdőív elemzése

### 2.1. A kitöltők anonim adatai

A kutatásom alapját képző kérdőívvel a jelenleg aktív hallgatói jogviszonnyal rendelkező építészdiákokat céloztam. Az űrlap egy hónapon keresztül volt elérhető különböző online felületeken, közösségi médián keresztül. Ez idő alatt 55 válasz érkezett be, színes palettát alkotva eltérő korú, végzettségű és tapasztalatú diákokból.

A kérdéseket négy fő kategóriára bontva tettem fel. Az első szegmens a résztvevők fontosabb jellemzőit, anonim adatait kívánta feltérképezni. Kíváncsi voltam a kitöltő részletes képzési területére, az egyetemen eltöltött éveinek számára, esetleges előzetes végzettségeire, valamint az építészeti tervezéssel, mint tantárggyal kapcsolatos tapasztalataira.

### 2.2. A tervezési problémák – megoldandó feladatrészek

A kérdőív második szakaszában a tervezési feladatok felépítését vizsgáltam. Összegyűjtöttem a hallgatótársaim körében általánosságban felmerülő teendőket, majd elemeztem, hogy tapasztalataik szerint milyen mértékben várják el oktatóik a felsorolt tevékenységek elvégzését.

Tanulmányoztam azt is, hogy az egyes munkarészek teljesítését mennyire látják szükségesnek saját tervezési módszertanuk fejlődése és terveik megalkotása szempontjából.

A két különböző aspektust külön táblázatokban ábrázoltam, majd ezeket összevetve figyeltem meg az eredményeket.

Jelentős eltérés mutatkozott a meglévő épületek tanulmányozásánál, a történelmi háttérkutatóknál és a közműellátottság feltérképezésénél. Mindhárom esetben elmondható, hogy a hallgatók sokkal nagyobb hangsúlyt fektetnének ezekre a munkarészekre, mint ahogyan azt – elképzelésük szerint – az oktatóik elvárják tőlük. Hasonló ellentmondás alakult ki a tervezett épületek energetikai és szerkezeti analízisével kapcsolatban.

Kiemelkedő adat még a digitális tervdokumentáció előnyben részesítése a manuális eszközök alkalmazásával szemben. Ez az álláspont mindkét szemszögből tekintve egyértelműen domináns volt.

### 2.3. A tervezési problémák – hiányosságok, nehézségek

A kérdőív harmadik szakaszában a tervezési feladat teljesítésére rendelkezésre álló félévet három fő periódusra bontottam: a koncepcióalkotás, a kidolgozás, valamint a terv védésének időszakára. Ezekre vetítve fogalmaztam meg állításokat, majd feltérképeztem a hallgatók véleményét ezek helytállóságáról.

Az analízisek időszakában a legkiemelkedőbb problémának bizonyult, hogy nehezen szerezhetőek be pontos geodéziai adatok a terepmodell és a helyszínrajzok elkészítéséhez. Jelentős nehézségnek tűnik a szomszédos épületek felmérése is.

A kidolgozás szakaszában kimagasló hátrányt jelent az idő- és energiavesztés, ami a tervdokumentációk grafikai kidolgozásánál és a hiányos szoftverismereteknél jelenik meg.

A prezentációk fázisában leginkább az automatizálhatóság igénye merült fel. A félévközi változtatások miatt sok olyan adat veszik el, ami célszerűbb munkamódszerrel menthető lehetne.

## 2.4. A problémák megoldása – a jelenleg alkalmazott módszertani ismeretek felmérése

Az kérdőív negyedik részében az előzőekben felmerült feladatok megoldását segítő eszközök ismertségét, felhasználhatóságát és hatásait vizsgáltam. Felmértem azt, hogy pillanatnyilag milyen módszertani ismeretekkel rendelkeznek a hallgatók, valamint hogy mennyire nyitottak innovatív megoldások alkalmazására.

### 2.4.1. Építésügyi és településügyi adatforrások ismerete, információgyűjtési módszerek felmérése

A helyszíni információk megszerzése szempontjából egyértelműen a hétköznapiakban is gyakran használt online térképszolgáltatások voltak a legelterjedtebbek. A hallgatók sűrűn keresik fel a szabályozási terveket is, azonban nem igazán használják az Önkormányzati Térinformatikai Rendszereket, vagy az Országos Építésügyi Nyilvántartást. Kis százalékban ugyan, de akadtak olyanok is, akik kizárólag a tematikával kiadott helyszíni adatokra hagyatkoznak, esetleg egyéni felméréssel, személyes megtekintéssel egészítik ki azokat.

### 2.4.2. Korszerű adatkezelési technológiák, munkaállomások állapota

A hallgatók körében a digitális fényképezőgép az egyik legelterjedtebb, felmérések során használt eszköz. Jellemzően használják még a hagyományos felszereléseket, mérőszalagokat, manuálékat, esetleg lézeres távmérőket. Fotogrammetriai kiértékeléssel is találkoztak már páran, ez azonban még viszonylag ismeretlen fogalom az oktatásban. Ennek fő eszköze a fényképezőgép, de 1 hallgató már a drónt is megjelölte használt kellékként.

A lehetőségek bővítésére merült fel a gondolat egy erős egyetemi hardverpark létesítésére, mely segíthetné a hallgatók munkáját és megkönnyíthetné számukra a tapasztalatszerzést. Megtanulhatnák a távérzékeléssel végzett felmérések munkamódszerét, kipróbálhatnák a virtuális valóság környezetében való tervezést, 3D nyomtatásra kész digitális modelleket készíthetnének.

### 2.4.3. Szoftverismeretek, digitális modellezési módszertanok

Magyarországon a diplomás építésmérnökök körében szinte evidenciának számít az ArchiCAD ismerete.

A válaszadók harmada jelentette csak ki, hogy teljes magabiztossággal használja az általa először elsajátított tervezést segítő szoftvert. Általánosságban megfigyelhető, hogy a felhasználók sokkal magabiztosabban bánnak a programok 2 dimenziós eszközeivel, mint a 3 dimenziós modellező elemekkel.

Leginkább a hallgatók 5. félévében megjelenő feladatai során, kisléptékű középületek (500 m<sup>2</sup>) tervezésénél merül fel az említett szoftverek kötelező jellegű használata. Néhányan már ezek előtt is elkezdik a programok alkalmazását kisebb-nagyobb feladatrészek megoldásához, de nem ez a jellemző. A többség éppen ellenkezőleg, egyáltalán nem érzi felkészültnek magát a kiadott feladatok digitális kivitelezéséhez.

### 2.4.4. A hallgatók jövőbeni munkahelyeikkel kapcsolatos elképzelései

Érdekeltek a válaszadók gondolatai arról, hogy szerintük milyen elvárásokat támaszthatnak a munkáltatók a pályakezdőkkel szemben, valamint arról is, hogy ezeket a követelményeket mennyire elégíti ki az egyetemen megszerzett tudás.

A legfontosabbnak a tervezőszoftverek magabiztos használatát ítélték meg. Jelentősnek érezték a konstruktív csapatmunkára való készséget, a magas szintű műszaki-épületszerkezeti ismereteket.

Úgy gondolták, hogy a friss diplomástól jellemzően nem igazán várható el a BIM környezetben szerzett tapasztalat, vagy egynél több tervezőszoftver ismerete.

## 3. Az interjúk elemzése

### 3.1. Az interjúalanyok

Három különböző érdekeltséggel és felépítéssel rendelkező pécsi irodát látogattam meg. Minden interjúra azonos kérdéssorral készültem, hogy a válaszokat a későbbiekben könnyen összevethessem.

Négy fő témakörben tettem fel a kérdéseimet, így információt gyűjthettem az iroda munkakörnyezetéről, a pályakezdőkkel szemben támasztott elvárásairól, valamint a dolgozók között folyó kommunikációs- és adatcsere folyamatokról.

### 3.2. Konklúziók

Az interjúalanyok és a hallgatók álláspontjainak ismertetése során megfogalmazható pár javaslat a jövőre tekintve. A motivációkat feltérképezve kijelenthető az, hogy mind a hallgatók, mind a munkáltatók nyitottak lennének a korszerű építészeti módszertanok alkalmazására. Látható és felismert a potenciál az innovatív eszközökben,

az optimálisan végzett munkafolyamatokban, azonban ezek elsajátításhoz a jelenleginél sokkal progresszívabb látásmód szükséges. A beszélgetések alatt és a kérdőív során is felmerült pár ötlet, amely megoldást nyújthat a folyamat előremozdításához.

### 3.2.1. Munkakörnyezet fejlesztése

Annak ellenére, hogy a hallgatók 80%-a többé-kevésbé tisztában van a BIM fogalmával és szívesen tanulna róla, az interjúalanyok egyöntetűen kijelentették, hogy a magyarországi piac még nincs felkészülve a teljes értékű épületinformációs modellezésre. A nehézségek ellenére látják az előnyeit, viszont mindhárman egyetértettek abban, hogy ez egy komplex, nehezen összefogható feladat, ami drasztikus változásokat hozna az irodák életébe. Ehhez viszont egy általánosságban sokkal nyitottabb látásmódra lenne szükség. Az oktatás is igen hiányos ezen a téren, így a pályakezdőktől sem várható el, hogy rendelkezzenek BIM-es tapasztalatokkal.

### 3.2.2. Munkafolyamatok feltérképezése

A hallgatók saját tervezési feladataik kapcsán is hasznos tapasztalatokat szerezhetnének, ha tudatosan feltérképeznék a munkafolyamataikat, ismernék a projektek lépéseinek egymásra épülését, és tisztában lennének azzal, hogy az egyes szakaszokhoz milyen folyamatokat és eszközöket párosíthatnak. (Tanulva a felmérés módszertanát, az újabb digitális eszközök beépítését a munkafolyamatba, a szoftverek párosítását az adott projektszakaszokhoz.) Ezen megfogalmazott igények kielégítésére jó opció lehet módszertani segédletek és oktatási anyagok készítése, mely elérhető mind a hallgatók, mind a téma iránt érdeklődők számára.

### 3.2.3. Optimális peremfeltételek meghatározása

Gyakori probléma a tervezési feladatok során, hogy nem egyértelműek az elvárások, a különböző értékrendek miatt pedig nehézségek merülhetnek fel a tervek kidolgozásánál.

A hiányosságokat tekintve érdekes ellentétek alakultak ki. Az interjúalanyok egyik álláspontja szerint az egyetem dolga arra törekedni, hogy szabad kezét adjon a tervezési döntéskörben, ne kezdje ezt szabályozni, annak érdekében, hogy a hallgatók kreativitása ne korlátozódjon. Mások véleménye pedig, hogy sokkal könnyebb egy olyan feladatot elkezdni, mely keretrendszerbe van foglalva, nem szabadna a rögzített szabályokat figyelmen kívül hagynunk.

### 3.2.4. Szoftverismeretek fejlesztése

Szoftveres oldalról jelentős hiányosságnak bizonyult, hogy a hallgatók egy adott program megismerésénél nem próbálják megfejteni a szoftverkészítők gondolatmenetét. Ha nem bizonyos feladatrészek megoldását próbálnák elsajátítani, hanem a szoftverlogikát megérteni, akkor a későbbiekben könnyebb lehet számukra a felmerülő problémák megoldása.

### 3.2.5. A szakma határterületeinek bemutatása

Új motiváció lehet a szakma határterületeiben rejlő lehetőségek bemutatása. Sokan azért hagyják félbe tanulmányaikat, mert a pár kijelölt főirány közül (tervezés, kivitelezés, belső-építészet) egyiket sem érzik szimpatikusnak. Érdemes lenne már a képzés elején ismertetni a lehetséges választható szakterületeket, például a látványtervezést, az építészeti informatikát, műemlékvédelmet, ökológiát, ingatlanfejlesztést.

## 4. Összegzés

A generációk váltakozásával az elkövetkező évtized az utak és megoldások keresésének időszaka lesz a szakma számára. A problémák megoldását segíthetjük a téma felkarolásával, egymás érdekeinek megismerésével és együttműködéssel. Ezáltal formálhatjuk a hallgatók és szakmagyakorlók szemléletét.

A dolgozat során szerettem volna bemutatni azt, hogy számtalan jelenkori lehetőség birtokában vagyunk, egyszerűen csak meg kell tanulnunk kihasználni ezeket. Korántsem teherként kell tekintenünk erre a megismerési folyamatra, sokkal inkább saját magunk segítségéről van szó. A korszerű építészeti technológiák fejlesztését és befogadását csak így tudjuk kivitelezni, ez pedig mindannyiunk közös érdeke.

### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Országos Területfejlesztési és Területrendezési Információs Rendszer  
<https://www.teir.hu/>
- [2] Központi Statisztikai Hivatal  
[http://www.ksh.hu/tevekenyseg\\_kozzerdeku](http://www.ksh.hu/tevekenyseg_kozzerdeku)
- [3] Bartha G., Havasi I.: *Térinformatikai alapismeretek*. Miskolci Egyetem Földtudományi Kar, Miskolc, 2011. 3.
- [4] Rhind, D.: *Understanding G.I.S.*, Environmental Systems Research Institute, 1990
- [5] Bácsatyai L., Márkus I.: *Fotogrammetria és távérzékelés*. Nyugat-Magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar, Sopron, 2001, 11-14.
- [6] Zagorács M., Szabó B.: *BIM kézikönyv*. I. kötet, Lechner Nonprofit Kft., Budapest, 2018, 48-51.

# NOKIA PUMA 560 ROBOT MEGFOGÓJÁNAK REKONSTRUKCIÓJA, ADAPTER TERVEZÉSE & ALKALMAZÁSA KUKA KR5 IPARI ROBOTKAR SZÁMÁRA TERVEZETT CELLÁBAN

## RECONSTRUCTION, ADAPTER DESIGN, AND APPLICATION OF A NOKIA PUMA 560 ROBOT'S GRIPPER ON A ROBOT CELL INTEGRATED KUKA KR5 INDUSTRIAL ROBOT

Vona Gábor,<sup>1</sup> Apagyi Antal,<sup>2</sup> Erdei Timotei István,<sup>3</sup> Husi Géza<sup>4</sup>

Debreceni Egyetem Műszaki Kar, Debrecen, Magyarország

<sup>1</sup> [bjgabi@gmail.com](mailto:bjgabi@gmail.com)

<sup>2</sup> [apagyi.toni@gmail.com](mailto:apagyi.toni@gmail.com)

<sup>3</sup> [timoteierdei@eng.unideb.hu](mailto:timoteierdei@eng.unideb.hu)

<sup>4</sup> [husigeza@eng.unideb.hu](mailto:husigeza@eng.unideb.hu)

### Abstract

This summary details the steps that were necessary to fasten a Nokia Puma 560's gripper to a KUKA KR5 industrial robot found at University of Debrecen, Department of Mechatronics and also demonstrates its applications in the robot cell designed around its usage. It also includes the inspection and reconstruction of said gripper, and the 3D designing of its adapter. The adapter is intended for the KUKA KR5 robot, which is later manufactured using PRO-PLA 3D printing. The KUKA KR5 will also have a robot cell designed and built around it, for educational purposes.

**Keywords:** *SketchUp make, 3D modelling, gripper, robot .*

### Összefoglalás

A Debreceni Egyetem Mechatronikai Tanszék épületének udvarán található Nokia PUMA 560 ipari robot szög-megfogójának a KUKA KR5 ipari robotra történő felszereléséhez vezető lépéseket, valamint a hozzá tervezett és épített gyártócellában történő alkalmazását mutatja be az összefoglaló. Többek közt a robotkar szemrevételezését, a megfogó rekonstrukcióját, 3D adapter tervezését. Elkészül a KUKA KR5 robot és szög-megfogó összekapcsolásáért felelős adapter 3D modellje, majd annak nyomtatással legyártásra kerül PRO-PLA anyagból. A KR5 robot számára cella kerül megtervezésre és megépítésre oktatási célra történő alkalmazásra.

**Kulcsszavak:** *SketchUp make; 3D modellezés; megfogó szerkezet, robot.*

### 1. Bevezető

A Debreceni Egyetem Épületmechatronikai Kutatóközpontjában, a „Cyber-Physical and Intelligent Robot Systems Laboratory” –ban, új gyártó berendezések kerültek lefejlesztésre, mely révén az ipar 4.0 által támasztott követelményeknek tudunk eleget tenni [1]. Az ipari szektorban ren-

geteg olyan gépegység található, mely mechanikusan épp állapotban maradt fent, de vezérlőegységei vagy programozási metódusa elavult [2]. Olyan referencia példák is vannak, mely esetben az adott hardware-t kellett „renoválni” a tényleges munkavégzés érdekében [3].

## 2. Nokia PUMA robot állapotának felmérése

### 2.1. A robot állapota

Az ipari robot az épületen kívüli csapadéktól védett helyen található, egy tetővel rendelkező átjáró alatt. Az esős, és téli időjárás okozta magas páratartalom miatt ki van téve a korrózió hatásának. A robotkar már több éve le van selejtezve, üzemképtelen állapotban található, és rajta helyenként korrózió fedezhető fel.

A távlati célok között szerepel, a robotegység teljes rekonstrukciója és új vezérlő egység hozzáillesztése. Azonban a „Cyber-Physical and Intelligent Robot Systems Laboratory” kialakítása nagyobb prioritást élvezett. Tovább a robotcellában lévő KUKA KR5 robot által elvégezhető feladatok száma minimálisnak tekinthető, mivel korlátozott elem számmal rendelkezünk megfogók terén. A fentiek tükrében a Nokia PUMA 560 megfogó egysége kerül renoválásra.

### 2.2. A megfogó típusa és állapota

Kézi erővel nem lehetett a megfogópofákat szétnyitni a korrózió mértéke, és a munka-henger csatlakozási pontjainak kenési hiánya miatt. A KUKA KR5 robot 6 mm-es külső átmérőjű pneumatikus vezetéke került kiválasztásra, mert paramétereiben alkalmas a szögmegfogó működtetésére. A KR5 roboton használt párhuzamos megfogó táplevegő vezetéke gyorscsatlakozós kivitelű, ellentétben a rekonstruált megfogó menetes csatlakozójával. A levegő vezeték menetes csatlakoztatását az 1. ábra mutatja.

A munkahenger dugattyújának hozzáférhetősége, az alkatrészekről a korrózió eltávolítása, és megfelelő kenés biztosítása érdekében a megfogó szerkezet karjainak eltávolítása elengedhetetlenül vált. A kenés hatására minden működtetéssel egyre gyorsabban mozgott a dugattyú. A pneumatikus munkahenger több-tucatnyi nyitása, illetve összezárása után vált egyenletes működésűvé.

### 2.3. Pneumatikus megfogó vezérlése

Annak érdekében, hogy a pneumatikus megfogót a KUKA KR5 robotkarról vezérelni lehessen,



1. ábra. A megfogó nyitott-zárt állapot

a levegőáramot egy elektropneumatikus szelep segítségével szükséges vezérelni. ennek érdekében egy Japán gyártmányú, H040-4E2 [4] típusú elővezérelt elektropneumatikus bistabil szelep került kiválasztásra.

A szelep vezérlését a KUKA KR5 vezérlőszekrényéből egy előző fejlesztések során elkészített, tanszéken fejlesztett PLC-k programozását használó eszköz által történt [5]. Az eszköz optikailag leválasztott és reléket vezérlő kimenettel rendelkezik. Így ideálissá vált a szelep vezérléséhez szükséges 24 V-os feszültség kapcsolására.

## 3. A megfogó karbantartása felhasználáshoz

Alapszintű szerszámokkal elvégezhető a megfogó karbantartása, az egyszerű felépítése miatt. A rendelkezésre álló szerszámok, és mérőműszerek használata mellett, a költség-hatékonyság volt a legfontosabb szempont.

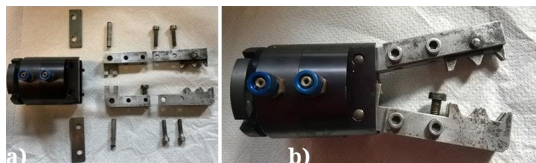
Az alkatrészek felületi korróziójának eltávolítása különböző szemcseméretű csiszolóvászonnal történt, kivételt képeznek a precíziós kopásálló betétek. Zsír- és portalanítva lettek a szennyeződésektől féktisztító spray-vel. Az összeszerelés a szétbontás fordított sorrendjében készült el. Az összerakás előtti állapotot a 2. a) ábra szemlélteti.

A megfogó mozgó alkatrészei olajozást kaptak, hogy a megfogó gyorsabban nyisson és zárjon, a korrózió újbóli megakadályozására, az érintkező felületek kopásának csökkentésére, és az üzembiztos működés elérése céljából. Az összeszerelt megfogó állapotát a 2. b) ábra mutatja. A megfogó működtetése 3,2 bar üzemi nyomáson történt. A megfogandó munkadarabnak egy 25 mm × 25 mm-es alumínium kocka került kiválasztásra. A működés közbeni állapot a 7. ábra szemlélteti.

## 4. A megfogó 3D modelljének elkészítése

A szétszerelt megfogó alkatrészeinek méreteinek lemérése 0-150 mm méréstartományú, és 0,05 [mm] pontosságú precíziós tolómérővel történt.

A 3D modell a SketchUp Make ingyenesen letölthető programmal készült, amely könnyen kezelhető, és felhasználóbarát. Az online adattárházából sok hasznos plug-in program letölthető. A jövőbeli felhasználáshoz elkészült a megfogó 3D



2. ábra. Összeszerelés előtt és után



modellje. A könnyebb lemodellezés, és a későbbi alkatrészek méreteinek módosítása érdekében külön-külön kerültek elkészítésre, melyet a **3. a) ábra** mutat.

Lehetőség van új alkatrészek megtervezésére is. Az egyenként elkészült darabokat csoportosítani lehet, hogy egyszerűbben lehessen mozgatni. A programban összeállított megfogó a **3. b) ábra** mutatja.

Mivel a megfogó 3D modellje teljes egészében elkészült – elemenként modellezett, a végén csoportosított – így akár új típusú megfogó betétek is tervezhetők a munkadarab alakjához. A modell alapján prototípusgyártó technológia használatával könnyen és egyszerűen legyártható.

## 5. KUKA KR5 adapter tervezése a rekonstruált megfogó részére

### 5.1. Adapter tervezése és 3D modellezése

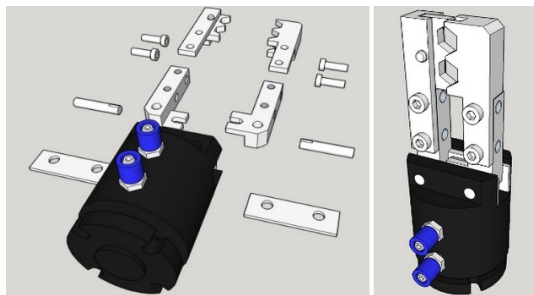
A Kuka KR5 robotkarnak is hasonló a furatkiosztása, viszont 1 mm eltérés van a furatok távolsága között, illetve más átmérőjű csavarok rögzítik a megfogót. Ezáltal szükség volt egy áthidaló alkatrészre, amely rögzíti a robotkart és a szögmegfogót. Az adapter 5,5 mm-es falvastagsággal került tervezésre, költségtakarékossági okokból és hogy a robotkar hasznos teherbírása kevésbé csökkenjen.

A két adapter összekapcsolásáért minden oldalról egy-egy M5-ös csavar lett kiválasztva, a belső adapterbe hatlapfejű anyatartó lett tervezve, amelybe önzáró kivitelű csavaranya is beépíthető. A robotkarra tervezett alkatrészeket a **4. ábra** mutatja.

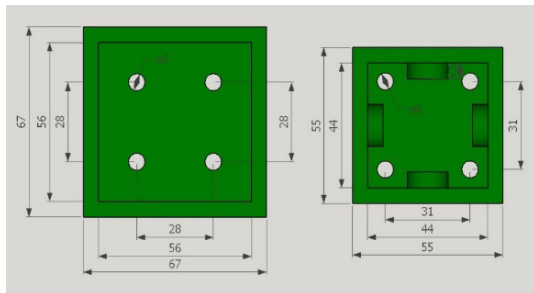
### 5.2. 3D modell előkészítése nyomtatásra

Ahhoz, hogy az elkészített fájlt meg lehessen nyitni a Repetier Host programmal a fájlt stl formátumba exportáltam. A Repetier Host a 3D nyomtatók egyik fejlesztői környezete [7]. A SketchUp ingyenesen letölthető adattárából viszont le lehet tölteni egy kiegészítőt, hogy stl formátumba exportálható legyen a már elkészített adapter 3D modellje [6]. Elkészült a paraméterek beállítása, majd szeletelése a CuraEngine programmal, amely egy beépített eszköze a szoftvernek. A szimuláció után megtekinthetővé váltak az eredmények. Az adaptert PLA PRO anyagból terveztem legyártani, mivel a PLA-hoz hasonlóan egyszerűen nyomtatható, de az ütésállósága jelentősen nagyobb. A PLA PRO nyomtatásához nem szükséges a nyomtatóágyat felfűteni, 185 – 215 °C között ajánlott az extruder hőmérsékletét beállítani. Hűtés hatására nem zsugorodik, és az anyaga nem tűzveszélyes [8].

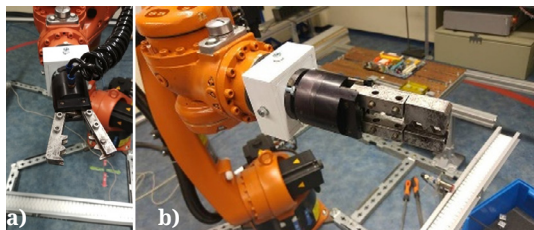
A két alkatrész kinyomtatása (50%-os kitöltés mellett) összesen 6 óra 21 perccel, és 29,25 m fila-



**3. ábra.** A megfogó elkészített 3D modellje



**4. ábra.** Robotkar és megfogó összekötő adaptere felülnézetben



**5. ábra.** A felszerelt rekonstruált megfogó

mentet vett igénybe. PLA Pro anyaggal számolva ez 659ft anyagköltséget jelent. A megfogó tömege a felszerelt adapterrel és kötélemekkel 750 g. Az adapterek szimmetrikusak, ezért tetszőlegesen összeilleszthetők. A robotkarra felszerelt adaptert az **5. ábra** mutatja.

A felszerelt eszközzel anyagmozgatási feladat került elvégzésre, amelyen a KUKA KR5 robot a szögmegfogó segítségével anyagmozgatást valósít meg egy Flexlink konvejer bevonásával [9] az ipari munkavégzés szemléltetésére. Munkadarabnak egy  $\varnothing 12 \times 40,6$  mm méretű henger alakú alkatrész került kiválasztásra a megfogópofa speciális alakja miatt.

## 6. A megfogó alkalmazása a KUKA KR5 ipari robotkar számára tervezett cellában

Gyártócella került megtervezésre és megépítésre a KUKA KR5 robothoz oktatási céllal. A gyártó-

cellák mivel különállók, mobilisek ezért szabadon mozgathatók, **6. a) ábra** reprezentálja. A szerkezet  $40\text{ mm} \times 40\text{ mm}$ -es aluprofilból áll. Az egyes elemek között a kapcsolatot csavarkötések biztosítják kalapácsfejű, belső kulcsnyílású csavarokkal és T-nútos anyákkal. A talpakat M8-as hatlapfejű csavarok rögzítik az alumínium profilokhoz.

A megépítés után elkészítettem az ipari robot, és a cella 3D modelljét a jövőbeli platformbővítés lemodellezése miatt. A 3D modellt a **6. b) ábra** szemlélteti.

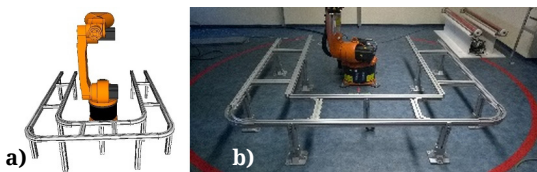
Több hallgató bevonásával tervezésre, és megépítésre került egy külső cella, amelyet a **7. ábra** mutat. A rendelkezésre álló, leselejtezésre váró elemekből épül fel. A cella a későbbiekben alkalmas védő-plexi-lapokkal történő felszerelésére.

4db kamera a robot holtterének figyelése érdekében került felhelyezésre, a sínekre. A kamerák képei monitorokon megtekinthetők. Megfigyelhetővé válik a gyártócella és véd az illetéktelen személyek ellen. Megoldja, biztonságossá teszi a gyártócella, termelőcella érzékelőinek, beavatkozóinak kábelvezetését. Ezáltal az oktatás közben véletlen balesetek, rongálások, meghibásodások megakadályozhatók.

## 7. Következtetések

A feladat elvégzésre került. A megfogó szerkezet oktatási célokra alkalmas, de a megfogó kopásából, használt jellegéből adódóan minimum 3 bar-os üzemi nyomáson célszerű alkalmazni, a zárási idő csökkentése miatt. Az ipari robot feladatköre bővíthetővé vált.

A rekonstrukció ára alacsony volt, értéke a 1000 ft-os értéket nem haladta meg a pneumatikus munkahenger tömítésinek megfelelő állapotából adódóan.



**6. ábra.** A megépített és 3D modellezett cella



**7. ábra.** A teljes cella [10]

A karbantartás értéke nagyságrendekkel olcsóbb, mint egy új effektor vétele. Egy új SMC HMT2 2 karos szögmegfogó ára a karokra csavarozható pófák nélkül körülbelül 90.000 Ft. A megfogót a 200 g-mal nehezebb a rekonstruált effektorhoz képest és nehezebb a felszerelése a robotkarra [11].

Több művelet is elvégezhető, mint a jelenlegi KUKA hegesztőrobot párhuzamos megfogójával, mivel nagyobb a szögmegfogó megfogási tartománya. A jövőben a megfogó továbbfejlesztésének lehetősége adott például érzékelők beépítésével. A megfogó karjaira másfajta pófát lehet tervezni 3D modellező programmal, és 3D nyomtatóval vagy fémmegmunkáló technológia alkalmazásával legyártani.

## 8. Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni Dr. Husi Géza tanszékvezető úrnak, valamint a konzulensemnek, Erdei Timotei István tanszéki mérnöknek a dolgozat során nyújtott segítségét.

## Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Erdei T. I., Molnár Zs., Obinna N. C., Husi G.: *Cyber physical systems in mechatronic research centre*. MATEC Web Conf. 126, 2017.
- [2] Erdei T. I., Molnár Zs., Husi G.: *Robot visual and virtual control technology In industrial environment*. WoS publication, International Symposium on Small-Scale Intelligent Manufacturing Systems (SIMS), Narvik, NORWAY- IEEE, Jun 21-24, 2016.
- [3] Obinna N. C., Erdei T. I., Molnár Zs., Husi G.: *Investigating Configuration Space Singularities of KUKA KR5*. International Mechatronical Student micro-Conference IMSuC'2016.
- [4] HUMPHREY H040-4E2. [Hozzáférés: 02 12 2019] <http://www.smc Pneumatics.com/MHT2-32D.html>
- [5] Erdei T. I., Molnár Zs., Obinna N. C., Husi G.: *AGV cyber physical navigation system*. FMTÜ – XXII. International Scientific Conference of Young Engineers - Kolozsvár, 23-24.03.2017.
- [6] SktechUp Make. [Hozzáférés: 02 12 2018] <https://www.sketchup.com/download/make>.
- [7] Repetier- Host. [Hozzáférés: 02 12 2018]. <https://www.repetier.com/>
- [8] 3D Jake, PLA PRO. [Hozzáférés: 02 12 2018]. <https://www.3djake.hu/spectrum/pla-pro-blue-lagoon>
- [9] Flexlink. [Hozzáférés: 02 12 2019]. <https://www.flexlink.com/en/home/>
- [10] Erdei T. I.: *Ipar 4.0 robot labor fejlesztése LEAN módszertan integrálásával & gyártási rendszer folyamatok optimalizációja Mixed-Reality alapon*: [01 03 2019].
- [11] SMC Pneumatics, SMC MHT2-32D. [Hozzáférés: 02 12 2018]. <http://www.smc Pneumatics.com/MHT2-32D.html>.

# SZÁMÍTÓGÉP VEZÉRELT HŐGRADIENS RENDSZER TERVEZÉSE ÉS KIVITELEZÉSE

## DESIGN AND DEVELOPMENT OF COMPUTER- CONTROLLED TEMPERATURE GRADIENT SYSTEM

Zakariás Attila,<sup>1</sup> László Tamás,<sup>2</sup> Krizbai Csaba,<sup>3</sup> Szabó Tamás,<sup>4</sup> Demeter Norbert<sup>5</sup>

*Sapientia – Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Automatizálás szak, Marosvásárhely, Románia*

<sup>1</sup> [zakarias.attila@yahoo.com](mailto:zakarias.attila@yahoo.com)

<sup>2</sup> [ltamas04@gmail.com](mailto:ltamas04@gmail.com)

<sup>3</sup> [csaba.krizbai@yahoo.com](mailto:csaba.krizbai@yahoo.com)

<sup>4</sup> [sztomi26@yahoo.com](mailto:sztomi26@yahoo.com)

<sup>5</sup> [dnorbert@yahoo.com](mailto:dnorbert@yahoo.com)

### Abstract

In the XXI. century, the job of a horticulturist is much easier with the help of a thermogradient table, with which you can observe the developmental stage of plants in different temperature conditions, this way, you can find a plant's optimal ambient temperature. The price of a thermogradient table is very high, it can reach thousands of euros. This is the reason why we had the idea to make our own thermogradient table, which is much competitive, and it can ease our institution horticulturist's work.

**Keywords:** *thermogradient, optimal seeding, temperature control.*

### Összefoglalás

A XXI. században a kertészmérnökök munkáját nagymértékben megkönnyíti egy termo gradiens asztal, amellyel megfigyelhető a növények fejlődése különböző hőmérsékleteken. Így könnyen meghatározható az egyes növényfajok optimális környezeti hőmérséklete. Egy készen megvásárolható asztal ára nagyon magas, akár több tízezer eurót is elérheti. Innen jött az ötlet, hogy tervezzünk és készítsünk egy saját tervezésű, nagyságrendekkel olcsóbb berendezést, amellyel az intézményünk kertészmérnökök dolgát megkönnyítenénk.

**Kulcsszavak:** *hőgradiens, optimális csiráztatás, hőmérséklet szabályozás.*

### 1. Bevezető

Célunk megtervezni és megépíteni egy hőgradiens asztalt, melynek lényege az, hogy egy relatív jó hővezető lemez két végét állandó, egymástól különböző hőmérsékleten tartjuk, ennek következtében lineáris hőeloszlást tudunk létrehozni. A rendszer felhasználói, a kertészmérnökök vagy biológusok az asztal felületére növényi magvakat vagy mikroorganizmus telepeket helyezhetnek el, amelyeknek a hőmérsékletet leszámítva azonos körülményeket biztosítunk. [1]. Az esetenként több hetes folyamatot végigkövetve megkapjuk a számukra optimális fejlődési hőmérsékletet.

Az asztal alapjául egy 2000x1000x10 mm méretű, 5083 típusú (95% Al, 4,5% Mg, 0,5% Mn) alumínium lemez szolgál. Mivel az alumínium hővezetési tulajdonságait figyelembe véve, a fémek közül jó hővezetőnek számít így megfelel a kívánt fizikai jelenség eredményes kivitelezésére. A hővezetési tényezője 237 W/m×K és ügyelve arra, hogy minél nagyobb tisztaságú alumíniumot, közelítve a homogén anyag eloszlást, be szerezve sikerül elérnünk a lineáris hőeloszlást. Az alumínium lap egyik végén egy hőforrásként szolgáló fűtőellenállás sor egy  $\Delta Q$  hőmennyiséget ad le energia formájában. Mivel tudjuk a termodinamika hőközlés törvényeiből, hogy a leadott hőmennyiség egyen-

lő a felvett hőmennyiséggel. Így megfogalmazhatjuk, hogy az alumínium lap által felvett hőmennyiség felírható az alábbi formában:

$$\Delta Q = m \cdot c \cdot \Delta t \quad (1)$$

ahol  $m$  a lap tömege,  $c$  a fajhője míg a  $\Delta t$  a hőmérsékletváltozás. A lap másik végén hőelvonóként szolgáló hűtőberendezés által alacsony hőmérsékleten tartott hűtőfolyadékot áramoltatunk rézcsövekben. A hővezetés következtében itt hő vonódik el a laptól, ami egy másik  $\Delta Q$ , a csövekben egységnyi idő alatt áthaladó hűtőfolyadék tömegével és fajhőjével arányos hőmennyiség. [2].

A 1. ábra bemutatja a lemez hőkamerás felvételét, láthatóvá téve a hideg vég  $+2^\circ\text{C}$  és a meleg vég  $+40^\circ\text{C}$  –os hőmérsékletét, illetve a lineáris átmenetet. A hőkamerás felvétel az amerikai gyártmányú FLIR One Pro típusú hőkamerával készült. A mérések során igazolódott előzetes feltevésünk, hogy a fémlemez tükröződése megzavarja a kamerát, így a továbbiakban fényelnyelő festékréteggel szándékozunk lefedni.

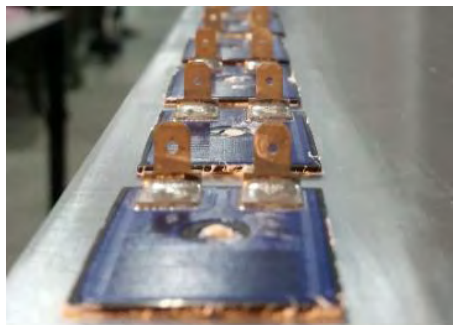
## 2. Szerkezeti megvalósítás

### 2.1. Felépítés

Az 2. ábra szemlélteti a teljes rendszer tömbvázlatát.



1. ábra. A termogradiens asztal hőképe



3. ábra. A fűtőellenállások illesztése

### 2.2. Fűtés és hűtés

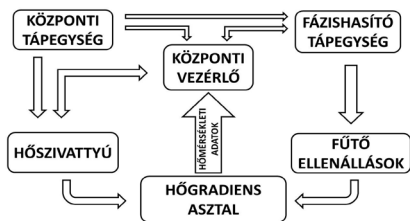
Az asztal meleg végének a fűtését 20 darab, egyenként 100W teljesítményű HTS-14 típusú fűtőellenállással valósítottuk meg (3. ábra), amit egy saját tervezésű és fejlesztésű fázishasító táp lát el.

A maximális elérhető teljesítmény 2000W, de a számítások és gyakorlati tesztek során egyértelművé vált, hogy alacsonyabb teljesítmény értékkel melegíthető a lemez. A táp központi eleme egy PIC típusú mikrovezérlő, ami a 230V feszültségű hálózati váltóáram fázishasítását vezérli egy triak segítségével.

A hűtést egy 12000 BTU hűtőteli teljesítményű Beko márkájú BPEU121 típusú légkondicionáló rendszer felhasználásával valósítottuk meg. A légkondicionáló beltéri egységét szétbontottuk és a hőcserélőt beépítettük egy hűtőfolyadékkal feltöltött tartályba, amely körülbelül 33 liter mennyiségű etilén glikol fagyállóval van feltöltve. A fagyálló hűtőközeg keringetését egy DAB Evotron 60/130 típusú keringető szivattyúval valósítottuk meg. A hideg végre egy réz hőcserélőt illesztettünk (4. ábra). [3]

### 2.2. Hőmérséklet mérés

A hőegyensúly tranziens és végső állapotát egy mikrovezérlő alapú szenzorrendszerrel és egy



2. ábra. A rendszer tömbvázlata



4. ábra. Hőcserélő lemez felszerelve az alumínium tömb aljára

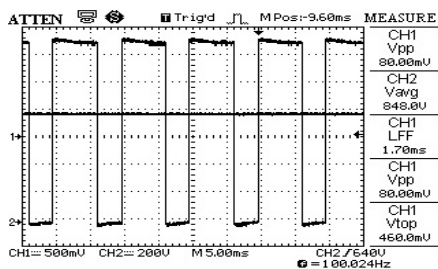


Flir One Pro típusú hőkamerával mérjük és vizualizáljuk. A hőmérő rendszert egy Arduino Nano és tíz darab DS18B20 típusú, OneWire technológiájú digitális szenzor alkotja. Az Arduino-ra megírt program tíz különböző ponton méri előre megadott időközönként a hőmérsékletet, elküldi egy számítógépre, amelyen egy CVI Labwindows fejlesztőkörnyezetben megírt software grafikusan megjeleníti, valamint állományba tárolja a mért adatokat. [4]

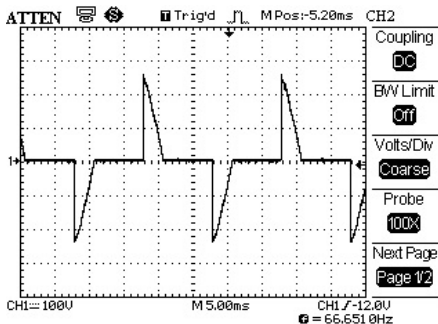
### 2.3. Fázishasító tápegység

A fázishasító tápegység áramköri rajzát, majd a nyáktervét egy Eagle nevezetű szoftver segítségével terveztük meg. A tervezés után elkészítettük, fototechnikai módszerekkel a nyákot és beültettük az alkatrészeket. A táp alapjául egy PIC 16f684 típusú mikrovezérlő szolgált, ami egy 0-5V tartományban kapott vezérlő analóg jel, és a hálózati szinuszos feszültség nullátmenetei alapján, előállít, megfelelő időközönként, egy PWM (impulzus szélesség modulált) jelt, ami egy optocsatoló segítségével gyűjtő impulzusokat állít elő egy triacnak, ami elvégzi a fázishasítást. A következő képeken néhány oszcillogramm látható a tápról miközben dolgozik. A 5. ábrán az oszcilloszkóp egyes csatornájára az analóg vezérlő feszültség volt bekötve, a kettes csatornára a PIC vezérlő által generált gyűjtőimpulzus. [5]

Az 6. ábrán a fázishasított hálózati feszültség látható, a fűtőellenállás kapcsain mérve.



5. ábra. A vezérlő analóg jel és a gyűjtőimpulzus



6. ábra. A fázishasított szinusz jel

Ilyen módon, ha mérjük a hőmérsékletet a gradiens asztal meleg pontján, akkor szabályozni is tudjuk azt, így beállítva a kívánt hőmérsékletet.

A PIC mikrovezérlőre mikroC PRO for PIC programban fejlesztettünk egy firmwaret, ami kezeli a fázishasítást, és egy hűtőventilátort ami a triacra szerelt hűtőbordáról vonja el a termelt hőt, ha szükséges.

## 3. Számítások, szimuláció, mérések

### 3.1. Számítások

Az alumínium lap fűtése és hűtése következtében létrejövő hőterjedést matematikai modell segítségével is felírhatjuk. A differenciál-egyenlet felírásához két fizikai alapegyenletet veszünk alapul. Az egyik, hogy a hő a magasabb hőmérsékletű helyről az alacsonyabb felé áramlik. A másik pedig Joseph Fourier törvénye, amely szerint a hőáramlás sebessége arányos a hőmérséklet adott irányú deriváltjával. Ha figyelembe vesszük a peremfeltételeket, az alumínium lap két végén, a hőforrás és hőelvonó jelenlétét és a kezdeti hőmérsékletet, felírható egy kétváltozós differenciálegyenlet,

$$f = \frac{du}{dt} - \frac{a \cdot d^2u}{dx^2} \quad (2)$$

amely így a hővezetési egyenletre vonatkozó egyes feladatot értelmezi és amely segítségével kiszámolhatjuk egy adott pont hőmérsékletét egy adott időben. A kettes egyenletben az a konstans

$$a = \frac{k}{c \cdot g} \quad (3)$$

ahol  $k$  hővezetési tényező,  $c$  az alumínium tömb-fajhője, míg  $a$  az alumínium sűrűsége.

### 3.2. Szimuláció

A fenti egyenlet mellett ENERGY 2D-ben szimulációval is bebizonyítottuk a lineáris hőeloszlás létrejöttét. Az alábbi ábrákon látható szimulációban szemléltetve van az alumíniumban létrejött hőeloszlás. Figyelembe véve az alumínium és a szigetelőanyag fizikai hőátteresztő tulajdonságait igazolható a szimuláció lejártaival a hőeloszlás. (7. és 8. ábra)

### 3.3. Mérések

Miután meggyőződünk, hogy a szimuláció is igazolja számításainkat, és elkészültek a termogradiens asztal tartozékai, elindítottunk egy próba mérést, a szenzorrendszer segítségével. A mérés

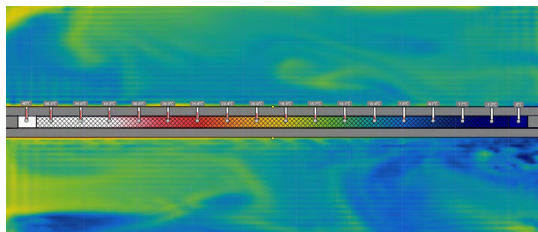


lezajlása után, és az adatokat ábrázolva grafikon formájában, véglegesen beigazolódtak a feltevéseink. Az alumínium lemezen szép egyenletesen oszlik el a hő. 40 °C-tól egészen 3 °C-ig. A következő grafikonon (9. ábra) a mérési eredmények láthatóak.

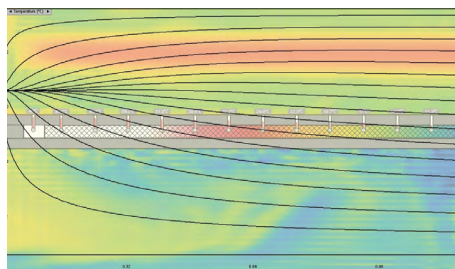
A mérés egy óra időtartamot tartalmaz, a programot 10s-os mintavételezésre állítottuk be, ez megközelítőleg 300 mintát jelent. Látható, hogy a hőmérsékleteloszlás közel egyenletes.

#### 4. Következtetések, jövőbeli tervek

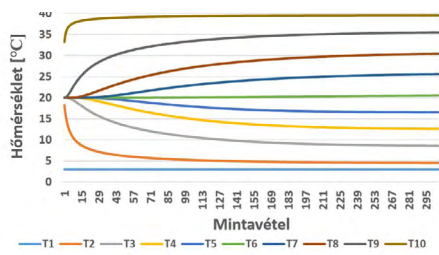
A cikkben bemutatott hőgradiens rendszer megépítésének szükségessége a Sapientia EMTE Marosvásárhelyi Karának Kertész-mérnöki Tanszékének oktatóival és diákjaikkal való elmélkedések alapján fogalmazódott meg. Látva a rendszer fokozott és azonnali alkalmazhatóságát, II. éves villamosmérnöki hallgatóként vállaltuk e munkát, aminek során gyakran ütközünk még nem tanult fogalmakban és technológiákban. Kihívásként fogjuk fel ezeket az akadályokat és feltett szándékunk, hogy a további diákkutatói tevékenységünk



7. ábra. Hőeloszlás az alumínium tömbben



8. ábra. A hőmérsékletváltozás különböző pontokban



9. ábra. A mérési grafikon

végén egy jól működő automata rendszert adjunk használatra a kertész és biológus kollégáknak.

A továbbiakban szeretnénk tanulmányozni a hőszivattyú kommunikációs vonalát, hogy azt vezérelve, kitudjuk alakítani az optimális hőegyensúlyt. Be fogunk építeni mindent alkotó elemet az asztalba, hogy az átlagfelhasználók által is könnyedén kezelhető legyen. Speciális növényeknek megfelelő, állandó fényt kibocsájtó világításrendszerrel szándékszunk ellátni a rendszert, hogy beltéri használatra is alkalmas legyen. Továbbá tervünk, egy interaktív kezelőfelület létrehozása, amelyen egyszerűen beállíthatók a paraméterek, valamint visszajelzést kapunk a hőmérséklet illetve páratartalom értékekről. Szükségesnek látjuk hőszigetelni a lemezt illetve kialakítani egy zárt tért, hogy relatív kevés energia felhasználásával tudjuk állandó hőmérsékleten tartani a kísérlethez használt biológiai anyagot. Nem utolsó sorban olyan külsőt tervezni, hogy az általunk tervezett rendszer akár piacképes is legyen.

#### Köszönetnyilvánítás

E kutatási tevékenység eredményei nem jöhetettek volna létre az NTP-FKT-17 rendszerben elnyert pályázat "Tehetséges műszaki és mezőgazdasági mérnökök hallgatók interdiszciplináris kutatásainak támogatása" című program hathatós támogatása nélkül. A szerzők továbbá köszönik Szöllősi István technikus úrnak és dr. Jakab-Farkas László tanár úrnak a hasznos tanácsokat és segítséget.

#### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Grey T., Chen Y. Ch., Nuti R., Monfort W. S.: *Advances in Seed Biology. Characterization of Genotype by Planting Date Effects on Runner-Type Peanut Seed Germination and Vigor Response to Temperature*. 1. kiadás. Intech, London, 2017. 103–120.
- [2] Grant Instruments UK, Scientific Report. <https://www.grantinstruments.com/scientific/temperature-gradient-plate-seed-germination-efficacy-testing> (letöltve: 2018. szeptember 11.).
- [3] Price D. T., Leadem C. L.: *A computerized, solid-state, controlled temperature gradient system for determining optimal seed germination temperatures*. In: Dormancy and barriers to germination. Victoria, Canada, 1991. 103–112.
- [4] Liu Z. J.: *Multi Point Temperature Measurement System Based on DS18B20*. Advanced Materials Research 756-759. (2013) 556–559. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.756-759.556>
- [5] Microchip Appnote US, AN958 Appnote, 2004. <http://www.microchip.com/downloads/en/appnotes/00958a.pdf> (letöltve: 2018. november 10.).

## SZERZŐK JEGYZÉKE

## LIST OF AUTHORS

**A, B**

APAGYI Antal 19, 183  
BAGYINSZKI Gyula 23, 109  
BAKAI Nándor 179  
BALASSA Gábor Péter 27  
BÁLINT Krisztián 31  
BEKŐ Balázs 35  
BITAY Enikő 23  
BORSOS Ágnes 137

**D, E**

DARABOS Anita 39  
DARVAY Zsolt 43, 47  
DEMETER Norbert 187  
DEZSŐ Gergely 113  
DOMBI Kristóf Barnabás 51  
ERDEI Timotei István 121, 183

**F**

FÁBIÁN Enikő Réka 141  
FARMOS Rudolf 153  
FREGAN Beatrix 55  
FÜLÖP Márton Károly 59  
FÜSTÖS Ágnes 43

**G, GY**

GÁTI József 63, 67  
GERGELY Attila 73, 85, 105  
GOBESZ Ferdinánd-Zsongor 117  
GYÁRFÁS Attila 73

**H**

HARASZTI Ferenc 77  
HETYEI Csaba 81  
HODGYAI Norbert 85  
HORVÁTH Richárd 141  
HRONYECZ Erika 89  
HUSI Géza 19, 121, 183  
HUSZÁK Csenge 157

**J**

JOHANYÁK Zsolt Csaba 93, 125  
JUHÁSZ Csaba 93  
JUHÁSZ Hajnalka 97

**K**

KARDOS Tamás 101  
KEDVES Botond 105  
KENÉZ Attila Zsolt 109  
KONDOR Máté 113  
KOPENETZ Lajos György 117  
KORSOVECZKI Gyula 121  
KÓSA Balázs 97, 129, 133  
KOVÁCS Márk 125  
KOVÁCS Péter 129  
KRIZBAI Csaba 187  
KUTASI Dénes Nimród 101  
KUTI János 63, 67

**L**

LÁSZLÓ Tamás 187  
LŐRINCZ Barnabás-Attila 171

**M**

MAJOR Róbert 133  
MÁTHÉ Alíz Éva 117  
MOLNÁR Eszter 137  
MOLNÁR Tamás 97, 129  
MUHI Kristóf 93

**N**

NAGY András István 141  
NAGY László 63  
NEUROHR Zsolt Barnabás 145  
NYIKES Zoltán 149

**O, P**

ORBÁN Attila-Szabolcs 47  
OSVÁTH Rebeka 67  
PADRAH István 153  
PÁSZTOR Judit 153

**R**

RÁCZI Viktor 157  
RAJNAI Zoltán 55  
RÉGER Mihály 161

**S**

SALÁNKI Dániel 167  
SÁNDULY Annabella 171  
SARVAJCZ Kornél 167  
SIPOS Sándor 157

**SZ**

SZABÓ Tamás 187  
SZALAI Judit 39  
SZIGETI Ferenc 35  
SZIGETI Ferenc ifj. 175  
SZILÁGYI Dorottya 179  
SZLIVKA Ferenc 81  
SZMOLKA Tamás 19  
SZŰCS Endre 149

**T**

TEREK Pál 141  
TÓTH Anett 171  
TÓTHNÉ Laufer Edit 145

**V, Z**

VONA Gábor 183  
ZAKARIÁS Attila 187