



**BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS  
GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR**

**TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI  
KONFERENCIA**

**2014. NOVEMBER 11.**





## MEGHÍVÓ

**A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Gépészmérnöki Kara**

**2014. november 11-én tartja**

**TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIÁJÁT.**

**Legtehetségesebb hallgatóink bemutatkozására Önt és minden érdeklődőt  
tisztelettel hívunk és szeretettel várunk.**

**Budapest, 2014. október 22.**

**Dr. Czigány Tibor**  
**dékan**



## **A TDK KONFERENCIA FŐ TÁMOGATÓI**

**Egyetemi Hallgatói Képviselő**

**Gépészkari Hallgatói Képviselő**

**1975-ben végzett gépészmérnökök alapítványa**

**Pro Progressio Alapítvány**

**Radix Kft.**

**RingMed Kft.**

**Evolix Kft.**

**Ferr-Váz Kft.**

**Joób Fogászat**



## A TDK KONFERENCIA SEKCIÓI

<b>ALKALMAZOTT MECHANIKA .....</b>	<b>7</b>
<b>ANALITIKUS MECHANIKA.....</b>	<b>19</b>
<b>ANYAGTUDOMÁNY ÉS TECHNOLÓGIA .....</b>	<b>31</b>
<b>ÁRAMLÁSTAN .....</b>	<b>41</b>
<b>BIOMECHATRONIKA .....</b>	<b>53</b>
<b>ENERGETIKA 1.....</b>	<b>63</b>
<b>ENERGETIKA 2.....</b>	<b>73</b>
<b>ÉPÜLETGÉPÉSZET.....</b>	<b>85</b>
<b>GÉPÉSZETI ELJÁRÁSTECHNIKA ÉS ÉPÜLETGÉPÉSZET .....</b>	<b>95</b>
<b>GÉPGYÁRTÁSTECHNOLÓGIA .....</b>	<b>103</b>
<b>GÉPTERVEZÉS .....</b>	<b>115</b>
<b>MECHATRONIKA 1 .....</b>	<b>123</b>
<b>MECHATRONIKA 2 .....</b>	<b>133</b>
<b>ORVOSTECHNIKA 1.....</b>	<b>143</b>
<b>ORVOSTECHNIKA 2.....</b>	<b>153</b>
<b>POLIMERTECHNIKA .....</b>	<b>163</b>
<b>POLIMER KOMPOZITOK.....</b>	<b>175</b>
<b>POLIMER TECHNOLÓGIA.....</b>	<b>185</b>
<b>TERMÉK ÉS FORMATERVEZÉS.....</b>	<b>197</b>



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR

## ALKALMAZOTT MECHANIKA

Helyszín: Műszaki Mechanikai Tanszék fsz. 13. Nagylabor  
Időpont: 2014. november 11. 8:30  
Elnök: Dr. Insperger Tamás, egyetemi docens  
Titkár: Miklós Ákos, tudományos segédmunkatárs  
Tag: Dr. Bachrathy Dániel, adjunktus

**8:30 Bakonyvári Dávid**

Az érme pattogásának dinamikája

Konzulens: Dr. Stépán Gábor, egyetemi tanár

**8:50 Hajdu Dávid**

Regeneratív szerszámgéprezgés stabilitásának érzékenysége a modális paraméterek függvényében

Konzulens: Dr. Insperger Tamás, egyetemi docens

**9:10 Sykora Henrik, Kovács Attila**

Forgácsoló erő szimulációja 3 tengelyes megmunkálás esetén dixel testmodellezési eljárással

Konzulens: Dr. Bachrathy Dániel, adjunktus

**9:30 Lamberti Olivér**

Dinamikus rezgéscsillapítás alkalmazása rugalmas tartón

Konzulens: Dr. Stépán Gábor, egyetemi tanár

**9:50 Zana Roland Reginald**

Mechanikai rendszerek maradó rezgésének csillapítása a vezérlő jel módosításával

Konzulensek: Dr. Kovács László, tudományos főmunkatárs  
Bencsik László, tudományos segédmunkatárs

***SZÜNET***

**10:30 Wéber Richárd, Hermann Bence**

Alulaktuált, sétáló robot dinamikájának numerikus szimulációja

Konzulens: Zelei Ambrus, tudományos segédmunkatárs

**10:50 Horváth Dániel Márton, Verasztó Zsolt**

Környezetszimuláció alkalmazási lehetőségei akadozó csúszás dinamikai vizsgálatára

Konzulens: Dr. Stépán Gábor, egyetemi tanár

**11:10 Pölöskei Tamás**

Földmegfigyelő kisműhold folytonos felvételező manőverének 6 szabadságfokú analitikus és numerikus vizsgálata

Konzulens: Várhegyi Zsolt, PhD hallgató

**11:30 Mohácsi Bálint, Gógh László, Zana Roland**

Autonóm földi felderítő robot tervezése és építése

Konzulensek: Dr. Kovács László, tudományos főmunkatárs  
Bencsik László, tudományos segédmunkatárs



## **Az érme pattogásának dinamikája (The dynamics of a bouncing coin)**

**Bakonyvári Dávid BSc III. évf.  
davidbak93@yahoo.com**

**Konzulens: Dr. Stépán Gábor, egyetemi tanár, Műszaki Mechanikai Tanszék**

Az alkatrészek pozicionálása, megfelelő irányba állítása egy fontos lépés a szerelési műveletek során, sok esetben e nélkül nem oldható meg a folyamat automatizálása. Mivel a kézi megoldás lassú, így számos műszaki megoldás született ennek a kiküszöbölésére, ugyanakkor vannak olyan esetek, amikor ez igen egyszerűen, összetettebb berendezések használata nélkül kivitelezhető. Ilyen például az az eset, amikor leejtett alkatrészeknél szeretnénk biztosítani, hogy adott helyzetben, megfelelő oldalukra érkezzenek meg.

Ehhez a problémához rendkívül hasonló a TDK dolgozatom tárgya: a pénzérme pattogása. Bár látszólag véletlenszerű, hogy az érme melyik oldalán áll meg, a körülmények megfelelő ismeretében az eredmény mégis a kívánt pontossággal számítható.

Munkám során sorozatos excentrikus ütközésekkel foglalkoztam, a számítások elvégzéséhez LabVIEW-ban készítettem programot. Ennek keretében numerikus szimulációval szemléltettem az érme pattogását, valamint ábrázoltam kezdeti helyzetének, az ejtési magasságnak és a vízszintessel bezárt szögnek a függvényében, hogy végül melyik lapján áll meg. Mivel a kiindulási adatok a valóságban csak bizonyos pontossággal mérhetőek, így megadtam, hogy adott tartományon belül milyen valószínűséggel kapjuk a kívánt pozíciót. Az így kapott eredményeket ellenőriztem olyan speciális esetekre, ahol bizonyos közelítések mellett analitikus megoldás adható.

### Irodalom:

- [1] W. J. Stronge: Impact Mechanics, Cambridge University Press, 2000.
- [2] M. Csizmadia Béla, Nádori Ernő: Mechanika mérnököknek, Mozcástán, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1997.

## **Regeneratív szerszámgéprezgés stabilitásának érzékenysége a modális paraméterek függvényében**

**(Sensitivity of regenerative machine tool chatter on the modal parameters)**

**Hajdu Dávid MSc II. évf.  
h\_david3@hotmail.com**

**Konzulens: Dr. Insperger Tamás, egyetemi docens, Műszaki Mechanikai Tanszék**

A piaci versenyképesség növelése érdekében a gyártással szemben támasztott egyik alapvető elvárás az anyagleválasztás sebességének növelése, vagyis a megmunkálási idő csökkentése miközben a termék minősége változatlan marad. Gépeink alkatrészének nagy része forgácsolási folyamatokkal készül, mint például esztergálás vagy marás. Ha a fordulatszám növekszik, a megmunkálási idő csökken, és nagyfordulatú megmunkálások során jelentősen növelhető a leválasztható forgácsvastagság. Sajnálatos módon a legtöbb alkalmazásnál öngerjesztett rezgések jelennek meg a gyártási folyamat során, amely rontja a termék minőségét. Az irodalomban ezt a jelenséget szerszámgéprezgésnek nevezik (angolul chatter). Mai napig nagy kihívást jelent a stabilitás határainak előrejelzése, mielőtt az instabil rezgés megjelenik a megmunkálás közben.

Annak ellenére, hogy a technológia és a matematikai modellek is sokat fejlődtek, a számítási módszerek sok esetben olyan paramétereket igényelnek, amelyeket zajos mérési adatokból nyerhetünk ki. Ezeket a modális tulajdonságokat általában ütési vagy rázási kísérletből határozhatjuk meg. A modell komplexitása mindig limitált, például csak véges számú módust vehetünk figyelembe illetve az illesztés sem tökéletes. Az is kérdés azonban, hogy vajon a különféle illesztett függvények mennyire közelítik az elméletileg helyes megoldást.

A dolgozatban bemutatásra kerülnek a modális analízis alapjai, valamint az ún. arányosan és nemarányosan csillapított modellek közötti eltérés. Ehhez egy egyszerű, több szabadságfokú tömeg-rugó-csillapítás rendszert feltételezünk, amellyel a különböző módusú rezgéseket modellezzük. Ez a fajta modell gyakran használt az irodalomban, ahol például a szerszámcsúcson végzünk ütési kísérletet a modális tulajdonságok meghatározása érdekében.

Végigtekintem azt az utat, amelyen keresztül eljuthatunk ettől az egyszerű modelltől odáig, hogy a mérési eredményeket megfelelően kiértékelve, pontos stabilitástérképeket készíthessünk gyártási folyamatokhoz. Ehhez egy iteratív megoldás is alkalmazásra kerül, amellyel gyorsan és egyszerűen végezhetünk közelítő, de pontos illesztést a mért frekvenciaátviteli függvényen. Miközben ezt illesztjük, például a nemdomináns módusokat elhanyagoljuk vagy közelieket egyetlen közössel közelítünk, hibát vétünk, amely hatására a stabilitástérképek jelentősen változhatnak. Így fontos területeket veszíthetünk el, amely a gyártást is befolyásolja.

A dolgozat második felében a bemutatott módszereket felhasználva, közvetlenül a modális térben felírt alakjában vizsgáljuk a megmunkálási folyamatok stabilitását, felhasználva ehhez a szemi-diszkretizációs módszert és frekvenciamódszert is. Így pontosabb betekintést nyerhetünk a térképek érzékenységébe, egyúttal magyarázatot is adhatunk bizonyos korábban tapasztalt módszerek között felmerülő vagy mérésben tapasztalt eltérésekre.

### Irodalom:

- [1] T. Insperger, G. Stépán, Semi-Discretization for Time-Delay Systems, Applied Mathematical Sciences, Vol. 178, Springer, New-York, 2011.
- [2] Z. Dombóvári, G. Stépán, Marószerszámok dinamikai tulajdonságai és azok hatása a megmunkálás stabilitására, GÉP, 2011.

## **Forgácsoló erő szimulációja 3 tengelyes megmunkálás esetén dextral testmodellezési eljárással**

**(Cutting force simulation for a 3 axis milling process with dextral solid modeling technique)**

**Sykora Henrik MSc I. évf., Kovács Attila MSc I. évf.  
henrik1991@gmail.com, kovacs.attila.17@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Bachrathy Dániel, adjunktus, Műszaki Mechanikai Tanszék**

Egy termék marással való megmunkálásának tervezésénél a CAM (Computer-Aided Manufacturing) szoftverek a geometriai igényeknek megfelelő szerszámpályát terveznek, amelyek a forgácsolás során fellépő dinamikus hatásokat ezek az algoritmusok nem veszik figyelembe. Bár ezeket hatásokat sokszor a gépek vezérlői tudják kompenzálni, de az egyre éleződő piaci verseny és az egyre gyorsabb megmunkálási sebesség miatt ezekre a dinamikus hatásokra adott kézi becslések egyre kevésbé kielégítőek. Ahhoz hogy a megmunkáló gépeket lehetőleg jobban ki tudjuk használni, ahhoz elengedhetetlen, hogy a szerszám és a munkadarab kapcsolatát minél pontosabban ismerjük (CWE - Cutter-Workpiece Engagement). Jelenleg kutatások alapján, a CWE ismeretében a felületminőséget és a kialakuló rezgéseket előre tudjuk jelezni, viszont olyan esetekben, amelyekben a szerszámpálya vagy a munkadarab geometriája bonyolult, akkor a CWE nehezen meghatározható. Vannak törekvések arra, hogy a megmunkálás során fellépő dinamikus hatásokat minél pontosabban modellezzék: Tukora [1], Altintas [2]. A kereskedelemben kapható CAM szoftverekből jelenleg nem lekérhetőek ezek az adatok. Ha ismerjük a CWE mellett a szerszámgép dinamikai tulajdonságait és a szerszám pontos paramétereit (élek száma, menetemelkedés, radiális hullámossága, stb.), akkor számolható a forgácsoló erő, becslés adható a stacionárius forgácsolás stabilitására [3], a kialakuló rezgések amplitúdójára ezáltal a felületi minőségre. A TDK dolgozatnak a célja egy 2D esetre elkészített Matlab program [4] továbbfejlesztése egy csavart élű hengeres szerszámmal való általános 3 tengelyes megmunkálási folyamat szimulációjára, amely alkalmas a megmunkálás során fellépő hatások (erők, nyomatékok) számítására is. A program C++ környezetben készült, amely segítségével bővíthetőbb és gyors szoftvert lehet fejleszteni, amely alkalmas lehet az MM tanszéken zajló szerszámgéprezgésekkel kapcsolatos kutatások támogatására.

### Irodalom:

- [1] Tukora Balázs: Material removal simulation and cutting force prediction of multi-axis machining processes on general-purpose graphics processing units, PhD disszertáció, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gyártástudomány és – technológia Tanszék, 2012.
- [2] Y. Altintas, P. Kersting, D. Biermann, E. Budak, B. Denkena, I. Lazoglu: Virtual Process systems for part machining (CIRP Annals – Manufacturing Technology 2014)
- [3] Bachrathy Dániel:  
[http://doktori.bme.hu/bme/hallgato/bachrathy\\_daniel/bachrathy\\_daniel\\_hu/index.html](http://doktori.bme.hu/bme/hallgato/bachrathy_daniel/bachrathy_daniel_hu/index.html),  
2014 szeptember 28.
- [4] Sykora Henrik: Forgácsoló erő optimalizálása dextral elemekkel, Szakdolgozat, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Műszaki Mechanikai Tanszék, 2013.

## **Dinamikus rezgéscsillapítás alkalmazása rugalmas tartón** **(Application of a tuned mass damper on an elastic structure)**

**Lamberti Olivér MSc I. évf.**  
**lamberti.oliver@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Stépán Gábor, egyetemi tanár, Műszaki Mechanikai Tanszék**

A dinamikus rezgéscsillapítás széles körben alkalmazott módszer a mozgásban lévő gépek és alkatrészek káros rezgéseinek megelőzésére: felhőkarcolók belsejében, elektromos vezetékeken, repülőgépek szárnyaiban és hidakon is egyaránt használják a dinamikus rezgésfojtókat [1]. A módszer lényege, hogy az adott szerkezeten jelentkező rezgéseket átvezetjük az általunk tervezett és hangolt lengésfojtóra, melynek rezgése már nem veszélyezteti a szerkezet normális működését, és ez a mozgás már könnyen hővé alakítható a megfelelő csillapítással. Példaként gondoljunk a felhőkarcolók esetére: a szél vagy a talajmozgások okozta gerjesztés lengésbe hozza az épületet, ami egyrészt káros a szerkezetre nézve, másrészt erősen rontja az épületben tartózkodók komfortérzetét. Ha ezt a mozgást átvezetjük egy az épületben megfelelően elhelyezett (általában a felsőbb szinteken található) és jól behangolt rezgésfojtóra, akkor mindkét problémát megszüntettük, hiszen ennek a rezgése az előbb említett szempontokból már egyáltalán nem káros.

Dolgozatom célja a dinamikus rezgéscsillapítás módszerének megismerése és alkalmazása volt. Első lépésben egyszerűbb mechanikai modelleken alkalmaztam a módszert, majd az így kapott eredményeket összehasonlítottam a szakirodalomban találtakkal [2]. Ezekből kiindulva a Műszaki Mechanika Tanszék laboratóriumában található egyik szerkezetre, egy L-alakú tartóra terveztem dinamikus rezgéscsillapítást. A tartóval már korábban, a „Gépek dinamikája” című tantárgy keretein belül is foglalkoztam, így rendelkezésemre állt a szerkezet mechanikai és végeselemes modellje, illetve sajátfrekvenciái és lengésképei, ami egyszerűbbé tette a további modellezési fázist. A korábbi adatok alapján új mechanikai modellt készítettem úgy, hogy már a dinamikus rezgésfojtót is beépítettem a rendszerbe. Így megnövekedett a modell szabadságfokainak száma, de az eredeti nagyítási görbe is módosíthatóvá vált. Mindezek segítségével hangolhatóvá váltak a lengésfojtó paraméterei: tömeg, rugómerevség és csillapítás. Ezek után méréseket végeztem a tartón az eredmények kiértékelése és validálása érdekében.

### Irodalom:

- [1] Tuned Mass Damper, [http://en.wikipedia.org/wiki/Tuned\\_mass\\_damper](http://en.wikipedia.org/wiki/Tuned_mass_damper), utolsó elérés: 2012.09.27.
- [2] Ludvig Győző: Gépek dinamikája, Műszaki Könyvkiadó, 1983.

## **Mechanikai rendszerek maradó rezgésének csillapítása a vezérlő jel módosításával**

**(Residual vibration suppression of mechanical system by modification of the input)**

**Zana Roland Reginald MSc II. évf.  
zanaroland120@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Kovács László, tudományos főmfts., Műszaki Mechanikai Tanszék  
Bencsik László, tudományos segédmts., Műszaki Mechanikai Tanszék**

Robotok pontról pontra történő mozgatása tipikus ipari szabályozási feladat, ahol elvárt az egyes célpontok közötti gyors mozgás és pontos pozicionálás. A pontos pozicionálás magában foglalja, hogy a rendszer maradó/reziduális rezgéseinek nullának, vagy közel nullának kell lennie. A dolgozat célja, olyan rendszerek vizsgálata ahol a maradó rezgések csillapítását vezérléssel oldják meg. Nincs vagy csak részleges a rendszer pozíciójának visszacsatolása. Ilyen technika a bemenő jel alakját módosító eljárás, az ún. "input shaping". A módszert egyszerűsége és használhatósága miatt gyakran alkalmazzák daru rendszereknél és daru szerű szerkezetekben. További fontos alkalmazási területként említhető az űrtechnológiában a mechanikai elemek strukturális flexibilitásból adódó rezgéseinek csökkentése. A dolgozat egyszerű daru modelleken mutatja be az input shaping működését. Az elméleti levezetéseket Matlab/Simulink rendszerben megvalósított szimulációk szemléltetik.

## **Alulaktuált, sétáló robot dinamikájának numerikus szimulációja (Numerical simulation of an underactuated walking robot)**

**Wéber Richárd BSc IV. évf., Hermann Bence BSc IV. évf.  
weberrichard92@gmail.com, benceh@freemail.hu**

**Konzulens: Zelei Ambrus, tudományos segédmts., Műszaki Mechanikai Tanszék**

Dolgozatunk témája egy alulaktuált, sétáló robot viselkedésének numerikus szimulációja, továbbá módszerek bemutatása a robot periodikus mozgásának, vagyis járásának előállításához.

A járkáló robotok dinamikai modellezésével közelebb kerülhetünk az emberi járás megértéséhez. Ezen kívül egy jól megépített sétáló robot nagy előnye az általános kerekeken haladó szerkezetekkel szemben, hogy sokkal kevésbé érzékeny a talaj minőségére, ezért ebből a szempontból is érdemes megvizsgálni a lábakon közlekedő robotokat.

Sok tanulmány (pl. [1]) foglalkozik teljesen passzív, lejtőn lesétáló robotokkal. A lejtőre az egyes lépéseknél elvesztett mozgási energia pótlása miatt van szükség. A szakirodalomban található passzív rendszerek tanulmányozása után sík talajon, részben aktuátorok segítségével történő mozgást vizsgáltunk. A lépéseknél ütközés miatt elvesztett energiát a csípőnél és a térdnél található aktuátorok pótolják vissza a rendszerbe. Járás közben azonban előfordul, hogy a rendszer egyes részei passzívan, vagyis a bármilyen aktuátor beavatkozása nélkül működnek, tehát a rendszer alulaktuált. Ennek ellenére szabályozható módon az emberi járást utánozó mozgás állítható elő, mely munkánk alapvető célja.

A mechanikai modell ismeretében a többtest dinamika területéről ismert módszereket felhasználva megalkottuk a szerkezetet leíró matematikai modellt [2].

A feladat érdekessége, hogy a folytonos dinamika mellett a diszkrét dinamika is megjelent az ütközések következtében. A folytonos mozgást leíró differenciál egyenletrendszer Runge Kutta módszer segítségével oldottuk meg. A talaj-láb érintkezéseket kényszerekkel kezeltük és a pillanatszerű dinamikát ennek megfelelő projekcióval számítottuk ki. A szimuláció pontosságának növeléséhez szükség volt az ütközések előtti időlépés nagyságrendi finomítására.

A járásnak megfelelő periodikus pályák megkeresésére két módszert használtunk. A belövéses módszert (shooting method), illetve a pásztázás módszerén alapuló paraméter vizsgálatot. Mindkét esetben azon fizikai paraméterek és kezdeti feltételek megtalálása a cél, amelynél periodikus mozgás keletkezik. A várakozásoknak megfelelően a robot mozgása érzékenynek bizonyult a kezdeti értékekre, a geometriára és az aktuátorok szabályozási módszereire egyaránt.

### Irodalom:

- [1] V.F.H. Chen: Passive Dynamic Walking with Knees: A Point Foot Model, Master's thesis, Massachusetts Institute of Technology, 2007.
- [2] J.G. de Jalón, E. Bayo: Kinematic and Dynamic Simulation of Multibody Systems University of California, 2009.

## **Környezetszimuláció alkalmazási lehetőségei akadozó csúszás dinamikai vizsgálatára**

### **(Hardware-in-the-loop methodology to study the dynamics of stick-slip phenomena)**

**Horváth Dániel BSc III. évf., Verasztó Zsolt BSc III. évf.**  
**horvathdanielmarton@gmail.com, zsoltveraszto@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Stépán Gábor, egyetemi tanár, Műszaki Mechanikai Tanszék**

A vizsgált feladat egy vegyes száraz-folyadékös súrlódású mozgó felület által gerjesztett egy szabadsági fokú lengőrendszer vizsgálata. A részlegesen kent felületeken jelentkező akadozó csúszás számos műszaki rendszerben kritikus lehet. A vegyesen súrlódó felületeken fokozott kopás és zaj léphet fel, ami okozhatja például siklócsapágyak kopását, fékek csikorgó zaját, egyenetlen kopását, és ez a jelenség okozza az ajtók jellegzetes nyikorgó hangját is.

Az egyik gyakran felhasznált súrlódási modell a Stribeck-féle karakterisztika [1], melyben az erő a felületek relatív sebességének olyan nemlineáris függvénye, melynek minimuma nem a zérus sebességértéknél található. A relatív sebességet nulláról növelve a súrlódó erő a minimumig csökken, így ezen a szakaszon a vizsgált rendszerben negatív csillapítású lengések figyelhetők meg. A rendszer egyensúlyi viszonyainak vizsgálatánál a linearizált modell analitikusan megállapítható tulajdonságaiból indultunk ki, ezután következett a nemlineáris rendszer numerikus vizsgálata MATLAB környezetben. A szimulációkban jól megfigyelhetők olyan, a nemlineáris rendszerekre jellemző tulajdonságok, mint a kezdeti feltételektől függő dinamikai viselkedés és az ezt kísérő instabil határciklus, melynek kimutatása sem numerikus szimulációval, sem kísérletekkel nem egyszerű feladat.

A dolgozat célja annak megállapítása, hogy az úgynevezett környezetszimulációs (hardware-in-the-loop, HIL) módszer [2] használható-e egy ilyen rendszer vizsgálatára. Az elképzelt elrendezésben a valóban meglévő elem egy rugó-tömeg rezgőrendszer, míg a virtuális elem a súrlódó felületek hatása, amit egy aktuátor. Az aktuátor egy digitális irányítástól kapott beavatkozó jellel dolgozik, ezzel szemben a valóságos rendszer folytonos. Ezért a kísérletben a diszkrétizációból és a számítógép késéséből adódó hibák lépnek fel [3], melyek hatásának mértékét a létrehozott szoftveres környezetben vizsgálhatjuk.

A vizsgálatban a fent leírt tagoknak egy-egy programrészt feleltetünk meg. Az egyik program a rendszer állapota alapján kiszámolja az erőt, amivel az aktuátornak hatnia kell a rendszerre, míg a másik adott ideig ezzel az értékkel számolva meghatározza a következő állapotot. Az eredmények alapján következtetni lehet egy mérnöki szempontból kielégítő HIL tesztelés erőforrásigényére.

#### Irodalom:

- [1] W. Ding, Self-Excited Vibration, Chapter 6: pp. 140-166 (2012)
- [2] Jim. A. Ledin, Embedded Systems Programming, Hardware-in-the-Loop pp. 42-60 (1999)
- [3] G. Haller, G. Stépán, Micro-Chaos in Digital Control, J. Nonlinear Sci. Vol. 6: pp. 415–448 (1996)

## **Földmegfigyelő kisműhold folytonos felvételező manőverének 6 szabadságfokú analitikus és numerikus vizsgálata**

### **(6 degree freedom analytical and numerical investigation of the continuous frame capturing maneuver of a small satellite for earth observation)**

**Pölöskei Tamás MSc I. évf.**  
**poloskeitamas@gmail.com**

**Konzulens: Várhegyi Zsolt, PhD hallgató, Áramlástan Tanszék**

Kutatásunk során egy 30x10x10 cm-es fényképezőgéppel ellátott CubeSat orientációs dinamikáját vizsgáltuk a fényképek készítése közben. A műhold orientációját a fedélzeten elhelyezett három ortogonális pörgettyű fordulatszámának állításával vezéreltük.

Vizsgálataink során arra a kérdéssel kívántunk választ adni, hogy a műhold milyen mozgásállapotával képes úgy forgatni a fedélzethez rögzített fényképezőgépet, hogy a készülő felvételek folyamatosan és hézagmentesen lefedjék a műhold alatt elhaladó, 400 km széles, potenciálisan értékes felvételeket adó sávot. A lehetséges mozgásállapotokat a felvételek minősége és a mozgásra fordított teljesítmény figyelembevételével szűrtük.

A szimulációs környezet felépítéséhez levezettük az általános tehetetlenségi mátrixú, 3 pörgettyűvel ellátott műhold mozgásegyenleteit testhez rögzített keretben, az orientáció kvaterniók leírásával. A fényképezőgép által alkotott képek földfelszíni lenyomatának meghatározására szolgáló sugárkövetési algoritmust dolgoztunk ki és implementáltuk.

A műhold valós viselkedésének figyelembevételéhez meghatároztuk a műhold inerciamátrixát egy közel 50 paraméterű geometriai és tömegmodell alapján. A fenti eredményeket tovább általánosítottuk eltérő geometriájú műholdakra (napelem konfiguráció, másodlagos rendszerek tömege), hogy a lehetséges előnyök és hátrányok meghatározhatóak legyenek.

Külön vizsgáltuk elméleti úton a nem szabályos inerciamátrix ellenére állandó szögsebességű mozgásállapotot, mely a pörgettyű-fordulatszámok megválasztásával tetszőleges szögsebességre elérhető. Ennek előnye, hogy a műhold kinematikája a lefedési probléma vizsgálatához egyszerűvé válik, valamint hogy ilyen esetben a pörgettyű-fordulatszámok is állandók, ezért csak üresjárási veszteségek lépnek fel. Levezettük az inerciarendszerben állandó szögsebességű mozgásállapothoz tartozó pörgettyű-fordulatszámok meghatározásához szükséges egyenletet. Meghatároztuk a három pörgettyű üresjárási veszteségteljesítményét minimalizáló megoldásokat, a fordulatszámok különböző fokszámú hatványával jellemezhető veszteségfüggvénye mellett.

Meghatároztuk tetszőleges, de állandó irányú szögsebesség és kezdeti mozgásállapot esetére a műhold szükséges szögsebességének nagyságát, valamint a szükséges képfrissítési frekvenciát a hasznos sáv folyamatos és hézagmentes lefedéséhez.

Fenti eredményeinket szimulációval ellenőriztük a pörgettyűk szögsebességének optimális beállításával és sugárkövetéssel előállított lefedési vizsgálattal egybekötve. A mozgásállapot hatékonyságát a veszteségek mértéke, a képfrissítési idő, a képek átfedése, valamint a lefedetlen területek relatív aránya jellemezte.

A munka a dolgozattal nem zárul le. A jövőben a kidolgozott analitikus eredményeinkre közvetlenül építve folytatjuk az optimális mozgásállapotok keresését, illetve méretezési-ellenőrzési stratégiát dolgozunk ki a pörgettyűk megválasztásához. Eredményeink később valós műholdak tervezéséhez is használhatók.



## **Autonóm földi felderítő robot tervezése és építése** **(Design and building of an autonomos ground-based exploration rover)**

**Mohácsi Bálint MSc II. évf., Gógh László MSc II. évf., Zana Roland MSc II. évf.,  
mohacsi.balint@gmail.com, gogh.laszlo91@gmail.com, zanaroland120@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Kovács László, tudományos főmfts., Műszaki Mechanikai Tanszék  
Bencsik László, tudományos segédmts., Műszaki Mechanikai Tanszék**

A dolgozat témája a nevadai Black Rock Paya sivatagban megrendezett ARLISS versenyre készülő robot tervezése és prototípusának megépítése. A megmérettetés célja egy autonóm szerkezet építése, amelyet rakétával 3000 m magasságba fellőnek, majd ebből a kezdőpozícióból képes egy megadott helyre manőverezni. A gépet az amerikai Georgia Institute of Technology diákjaival közös kollaborációban alkottuk meg.

A robotnak az alábbi feladatokat kell teljesítenie:

- Megfelelnie a versenykiírásban szereplő tömeg és méret korlátoknak
- Kibírnia a kilövés közben a szerkezetre ható gyorsulásokat (~15g)
- Körülbelül 3000 méteres magasságból, a rakétából kiszabadulva, autonóm működéssel eljutni a szárazföldön GPS koordinátákkal megadott célpont 10 méteres környezetébe
- Kibírnia a sivatagban uralkodó hőterhelést és szennyeződések (nagy mennyiségű homok)

A robot felépítését tekintve egy hengeres alakú, kinyitható támasztó kerékkal rendelkező, kétkerekű rover, amely a rakétából való kikerülés után ejtőernyők segítségével közelíti meg a talajt. A szerkezet önálló működésért dsPIC mikrokontroller felel, amely elvégzi a szenzorok adatainak feldolgozását és megvalósítja a kerekek sebességszabályzását. A térbeli pozíció értékelését GPS modullal oldottuk meg, a kerekek szögelfordulását hall szenzor figyeli. A megfelelő hitelesítő, valamint a tesztekhez szükséges adatokat SD kártyára mentettük.

Az általunk tervezett szerkezet jó alapot jelenthet másik bolygón használható autonóm rover tervezéséhez (MER-B Opportunity) vagy a Földön emberre nézve életveszélyes körülmények közötti működésre (sérült atomreaktor szerelő robot - iRobot 710 Warrior –).

### Irodalom:

- [1] <http://forumonenergy.com/2013/12/30/rescue-robots-the-future-of-nuclear-cleanup/>  
[2] [http://hu.wikipedia.org/wiki/MER-B\\_Opportunity](http://hu.wikipedia.org/wiki/MER-B_Opportunity)





BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR

## ANALITIKUS MECHANIKA

Helyszín: Műszaki Mechanikai Tanszék I. em. 29. Olvasóterem  
Időpont: 2014. november 11. 8:30  
Elnök: Dr. Csernák Gábor, egyetemi docens  
Titkár: Antali Máté, PhD hallgató  
Tag: Dr. Takács Dénes, tudományos munkatárs

**8:30 Havas Vince**

Gyűrűn gördülő kosárlabda egyensúlyi mozgásainak meghatározása

Konzulens: Antali Máté, PhD hallgató

**8:50 Bartha Klára**

Időkésleltetett dinamikai rendszerek szemi-analitikus struktúrális vizsgálata

Konzulens: Dr. Dombóvári Zoltán, adjunktus

**9:10 Sótér Gábor**

Elektroaktív anyagok analitikus, numerikus és kísérleti vizsgálata

Konzulens: Dr. Szabó László, egyetemi tanár

**9:30 Kotnyek Bálint**

Izogeometrikus analízis bemutatása, hatékonyságának elemzése

Konzulens: Dr. Kossa Attila, adjunktus

**9:50 Várnai Péter**

Anyagnövekedés elméleti és numerikus elemzése

Konzulens: Dr. Szabó László, egyetemi tanár

***SZÜNET***

**10:30 Csörgő András**

N szabadságfokú inga stabilizálása paraméteres gerjesztéssel

Konzulens: Dr. Insperger Tamás, egyetemi docens

**10:50 Vörös Illés**

Utánfutóval való tolatás stabilitásvizsgálata

Konzulens: Várszegi Balázs, PhD hallgató

**11:10 Szelinger Kornél Ferenc**

Rezgő membránok, lemezek analitikus és numerikus vizsgálata

Konzulens: Dr. Takács Dénes, tudományos munkatárs

**11:30 Krajnyák Gábor**

Gördülőcsapágyak nemlineáris modellje

Konzulens: Dr. Takács Dénes, tudományos munkatárs

**11:50 Paripás Viktor Levente**

Digitális hatások okozta mikrokáosz kezelése Kálmán-szűrővel

Konzulens: Bencsik László, tudományos segédmunkatárs

## **Gyűrűn gördülő kosárlabda egyensúlyi mozgásainak meghatározása (Analysis of stationary motions of the basketball rolling on the ring)**

**Havas Vince BSc IV. évf.  
vince.havas@gmail.com**

**Konzulens: Antali Máté, PhD hallgató, Műszaki Mechanikai Tanszék**

Biztos sokan eltöprengtek már azon, hogy mitől függ, hogy a döntő pillanatban eldobott kosárlabda bemegy-e vagy sem. Pedig már úgy tűnt, hogy bent van, hiszen már többször körbe gurult a gyűrűn. Ebben a dolgozatban erre a kérdésre keresünk választ egy egyszerű modell segítségével.

Első lépésként meghatároztuk a gyűrűn gördülő kosárlabda mozgásegyenleteit. A labdát és a gyűrűt is merev testnek tekintettük. A testek között ható geometriai kényszert ideális nyomó kényszernek feltételeztük, emiatt a labda középpontja minden pillanatban egy tóruszfelületre esett. Az így definiált dinamikai rendszert öt általános koordinátával lehet jellemezni, melyek közül kettővel leírhatjuk a labda középpontjának helyzetét a tóruszfelületen. További három koordináta, az Euler-szögek segítségével írható le a labda szöghelyzete.

A számításokat több, egymásba ágyazott koordináta rendszerben végeztük el, melyeket a golyó pozíciójához és irányához kötöttük. Ezekre azért volt szükség, hogy az egyenleteket átranzformálva rövidebb kifejezésekkel tudjunk dolgozni.

A modellezés során feltételeztük, hogy a labda folyamatosan gördül a gyűrűn, az így fellépő kinematikai kényszereket a számítások során figyelembe vettük. A keresett mozgásegyenleteket Appell-egyenletekkel határoztuk meg. Ehhez kvázi-sebességeknek a labdával együtt mozgó rendszerben felírt szögsebességének koordinátáit választottuk. Így a labda sebességi állapota egy „keringő”, egy „áteső” és egy „perdülő” mozgás szuperpozíciójaként adódik.

Az Appell-egyenletek eredménye egy nyolcegyenletes differenciálegyenlet rendszer, melyből a ciklikus koordináták leválasztásával egy négy egyenletes rendszert kaptunk. Ennek a rendszernek az egyensúlyi helyzetét vizsgálva választ kaphatunk arra a kérdésre, hogy a dobás pontot ér-e.

**Időkésleltetett dinamikai rendszerek szemi-analitikus struktúrális vizsgálata**  
**(Semi-analytical study of time delayed dynamic systems)**

**Bartha Klára MSc I. évf.**  
**klara.bartha@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Dombóvári Zoltán, adjunktus, Műszaki Mechanikai Tanszék**

A késleltetett differenciálegyenletek fontos szerepet játszanak a mérnöki tudományok, illetve a fizika egyes területein. Vizsgálatuk azonban többnyire bonyolult, mivel ezeknek az egyenleteknek a fázistere végtelen dimenziós. Mindazonáltal a késleltetett differenciálegyenletek nagy jelentőséggel bírnak a szerszámgépiparban a visszahatás jelensége miatt. Ez a hatás megváltoztathatja a stacionárius vágás stabilitását, ami veszélyeztetheti a gépet, továbbá megrongálhatja az időnként különösen nagy értékű alkatrészek felületét.

Jelen dolgozat célja olyan szemi-analitikus eljárások vizsgálata, melyek képesek áthidalni a hagyományos időbeli szimulációra támaszkodó módszerek hátrányait. A dolgozatban bemutatott módszerek alkalmasak arra, hogy megtalálják az instabil struktúrákat a végtelen dimenziós fázistérben, melyeket késleltetett differenciálegyenletek esetén időbeli szimulációval általában nem lehet megtalálni. A vizsgált struktúrák az egyensúlyi helyzetek, a bifurkációs pontok, valamint a periodikus pályák. Az általánosan használt DDE-BIFTOOL programcsomagot tanulmányozom nemlineáris forgácsolóerőnek kitett esztergálási folyamatokra, megmutatva a lineáris stabilitás határait és követve az egy-periodikus pályákat a megjelenő Hopf-bifurkációs pontoktól. Ezen periodikus pályák követése addig a pontig történik, amikor a szerszám elhagyja a felületet. Ezt a pontot az iparban úgy tekintik, mint az úgynevezett kritikus tartomány határát, ahol a rendszer érzékennyé válik a külső zavarásokra, mivel itt egyszerre fordul elő stacionárius vágás és nagy amplitúdójú rezgés. A DDE-BIFTOOL algoritmusait egyenként vizsgálom szimbolikus matematikai szoftver segítségével. Ily módon hatékony matematikai eljárás fejleszthető a kritikus tartomány határainak megtalálására.

Irodalom:

- [1] Guckenheimer, J., and Holmes, P., 1983. Nonlinear Oscillations. Springer, New York.
- [2] Stépán, G., 1989. Retarded dynamical systems. Longman, London.
- [3] Farkas, M., 1994. Periodic Motions. Springer-Verlag, Berlin and New York.
- [4] Altintas, Y., 2000. Manufacturing Automation: Metal Cutting Mechanics, Machine Tool Vibrations, and CNC Design. Cambridge University Press, Cambridge.

## **Elektroaktív anyagok analitikus, numerikus és kísérleti vizsgálata (Analytical, numerical and experimental investigations of electroactive materials)**

**Sótér Gábor MSc I. évf.  
sotergabor@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Szabó László, egyetemi tanár, Műszaki Mechanikai Tanszék**

Elektroaktív anyagoknak nevezzük azokat a polimereket, melyek elektromos feszültség hatására alakváltozást szenvednek. Egyes fajtáikat tulajdonságaik miatt gyakran hívják műizmoknak, hiszen nagy alakváltozásra és jelentős erőkifejtésre képesek. Leggyakoribb felhasználási területük az ún. soft robotika, melynek célja a lágy, rugalmas és bioinspirált szenzorok, akutátorok és robotok létrehozása.

Mivel ezen anyagok jelentős részének egyik jellemzője a nagy alakváltozás, számítógépes szimulációjuk leghatékonyabban nemlineáris numerikus eljárások alkalmazásával végezhető el. A probléma korszerű, kapcsolt analízist igényel: a végeselemes leírás során a kontinuummechanika egyenletei párosítva vannak az elektromágneses terek leírására vonatkozó mezőegyenletekkel.

Dolgozatomban előző évi eredményeimet fejlesztettem tovább. A tavalyi munkám jelentős részét képezte egy olyan Mathematica eljárás kidolgozása, amely az adott problémához tartozó virtuális munka elv linearizált variációs egyenleteinek megoldásán keresztül lehetővé teszi az elektroaktív anyagok végeselemes szimulációját. Ezt a mostani dolgozatomban továbbfejlesztettem izogeometrikus eljárássá, mely az egyik legtöbbet ígérő fejlesztés a számítógépes szimulációs eljárások területén. A számítás során a CAD modellek bázisfüggvényeit használjuk fel, így számos esetben pontosabb geometriai modellel és kisebb elemszámmal dolgozhatunk, mint a klasszikus végeselemes eljárások esetében. A dolgozat bemutatja az izogeometrikus eljárás egyenleteit és ezek Mathematica programba történő implementálását. A numerikus számítás eredményeit analitikusan megoldható példákkal ellenőriztem.

Campus Hungary által biztosított ösztöndíj keretében lehetőségem volt részt venni a Bristol Robotics Laboratory intézményében egy hét hetes nyári szakmai gyakorlaton, mely során gyakorlati tapasztalatokra tettem szert az elektroaktív anyagok gyártástechnológiája területén. Elkészítettem az ún. körkörös aktuátort, melynek alakváltozását korszerű képfeldolgozó eljárás segítségével mértem, majd az izogeometrikus analízisre épülő numerikus eljárásom segítségével modelleztem és szimuláltam a problémát.

A dolgozat összefoglalja az ezen anyagok viselkedésének elméleti hátterét, a kapcsolódó variációs feladat és az izogeometrikus modell összefüggéseit. Továbbá bemutatja a gyakorlatban alkalmazott technikákat elektroaktív aktuátorok gyártására és tesztelésére.

### Irodalom:

- [1] J. Austin Cottrell, Thomas J. R. Hughes, Yuri Bazilevs: Isogeometric Analysis: Toward Integration of CAD and FEA (2009). Wiley, Chichester, United Kingdom.

## **Izogeometrikus analízis bemutatása, hatékonyságának elemzése** **(Introduction to Isogeometric analysis with a review of its efficiency)**

**Kotnyek Bálint BSc IV. évf.**  
**kotnyek.balint@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Kossa Attila, adjunktus, Műszaki Mechanikai Tanszék**

Az izogeometrikus analízis (IGA) egy új, végeselemes módszer (VEM), amely jelenleg nagy érdeklődésnek örvend a tudományos világban, valamint a szoftvercégek is nagy hangsúlyt fektetnek az eljárás népszerű tervező és szimulációs programokba történő implementálására.

Az analízis magába foglal egy olyan fejlett technológiát, amely lehetőséget ad a mechanikai analízishez tartozó módszerek, illetve a számítógéppel segített tervezés (CAD) egyesítésére és egy önálló, egységes folyamatba való ágyazására. Megtartva a CAD tervezés, valamint a VEM analízis felépítését és alapelveit, de ezeket kombinálva az eljáráshoz szükséges, eddig nem használt fogalmakkal, megalkothatunk egy új, egységes, pontosabb eredménnyel szolgáló technikát.

A téma kiválasztásakor az izogeometrikus analízis aktualitása, valamint napjaink mérnöktársadalmában betöltött meghatározó szerepe volt elsődleges szempont.

A dolgozat célja folyóiratcikkek, szakkönyvek és további publikációk tanulmányozásával a lehető legnagyobb rálátást kialakítani a témában, majd részletesen ismertetni az analízis alkalmazásához szükséges háttérismereteket. A módszer bemutatása rugalmasságtani problémákra szorítkozik, ismertetve a modellezéséhez szükséges geometria kialakításának elméleti hátterét, illetve eszköztárát, valamint az analízis elvégzéséhez elengedhetetlen ismeretek összefoglalását. Az izogeometrikus analízis előnyeit és hatékonyságát több mintapéllda illusztrálásával ismerteti a dolgozat, főként olyan feladatok bemutatásával, ahol a geometria kialakításából adódóan pontosabb eredményeket ad a NURBS alapú geometriák alkalmazása.

A dolgozatban bemutatott mintapéldák ismertetik az adott feladathoz tartozó megoldásokat - az IGA megoldások mellett - a klasszikus értelemben vett végeselemes módszer alkalmazásával, valamint az analitikus úton kapott eredményeket is. Ezáltal széles rálátást kapunk az IGA hatékonyságáról, pontosságáról. A munka jelentős részét képezi a példafeladatokhoz, valamint tetszőleges, síkbeli feladathoz alkalmazható programkód megvalósítása Wolfram Mathematica környezetben.

A dolgozat másodlagos célja, hogy kiindulópontot nyújtson az érdeklődőknek. Az izogeometrikus analízist mérnöki szempontból összefoglalva közelebb hozza ezt az aktuális, egyre nagyobb teret fogláló témakört az emberekhez.

### Irodalom:

- [1] J. A. Cottrell, T. J. R. Hughes, and Y. Bazilevs. *Isogeometric Analysis: Toward Integration of CAD and FEA*. Wiley, 2009.
- [2] D. F. Rogers. *An Introduction to NURBS with Historical Perspective*. Academic Press, 2001.
- [3] V.P. Nguyen, S. Bordas, T. Rabczuk.: *Isogeometric Analysis: An overview and computer implementation aspects*. *Computers and Structures*, vol. 23, no. 2, 124-135 (2013).
- [4] T. J. R. Hughes, J. A. Cottrell, and Y. Bazilevs. *Isogeometric analysis: CAD, finite elements, NURBS, exact geometry and mesh refinement*. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, vol 194, no. 39, 4135-4195 2005.



## **Anyagnövekedés elméleti és numerikus elemzése** **(Theoretical and Numerical Analysis of Material Growth)**

**Várnai Péter BSc IV. évf.**  
**petervrn@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Szabó László, egyetemi tanár, Műszaki Mechanikai Tanszék**

A biológiai tudományok fejlődésével egyre nagyobb szerepet kap a növekedéssel kapcsolatos jelenségek tanulmányozása és modellezése. Napjainkban már elfogadott tény, hogy az élő szövetek mechanikai állapota lényeges szerepet játszik a szövet növekedési és alakváltozási folyamataiban; azonban az ilyen anyagnövekedést leíró törvények még nincsenek teljesen feltérképezve. Emiatt alapvető fontosságú egy olyan végesselemes eljárás kidolgozása, amely lehetővé teszi a növekedés tanulmányozását, ezáltal elősegítve a növekedési folyamatok leírására javasolt törvények tesztelését és helyességük ellenőrzését is.

Az utóbbi évtizedek során több különböző eljárást javasoltak a növekedés numerikus modellezésére. A tömeg változásával kialakuló hatásokat bele lehet építeni a végesselemes eljárásokba mind az alapegyenleteken [1] és mind a kinematikai leíráson keresztül [2]. Az előbbi módszer megköveteli a sűrűségnek, mint szabadsági foknak a felvételét a térbeli koordináták mellé. Ezzel szemben az utóbbi módszer az alakváltozási gradiensnek egy rugalmas és egy a térfogatbeli növekedést leíró tényezőre történő szorzat alakú szétbontásán alapszik.

A TDK dolgozatban először ismertetem a növekedés leírására szolgáló fenti két modellt. Ezek után részletesen leírom az alakváltozási gradiens szorzat alakú felbontásán alapuló módszer elméleti hátterét, kiemelve az elmélet matematikai megfogalmazását a végesselemes formalizmus keretein belül. Végül bemutatom egy nemlineárisan rugalmas anyagokra kifejlesztett végesselemes program (FlagSHyP [3]) egyszerűsített változatának a MATHEMATICA környezetbe történt implementálását. Ezt a programot fejlesztettem tovább a növekedési jelenségek figyelembevételére. A program helyességét különböző mintapéldákon keresztül, az eredményeknek az analitikus számításokkal való összevetésével ellenőriztem.

### Irodalom:

- [1] Kuhl, E., Menzel, A., Steinmann, P.: Computational modeling of growth. *Computational Mechanics* vol. 32 (1-2), 71-88 (2003).
- [2] Liu, Y., Zhang, H., Zheng, Y., Zhang, S., Chen, B.: A Nonlinear Finite Element Model for the Stress Analysis of Soft Solids with a Growing Mass. *International Journal of Solids and Structures* vol. 57 (17), 2964–2978 (2014).
- [3] Bonet, J., Wood, R.D.: *Nonlinear Continuum Mechanics for Finite Element Analysis* (Cambridge University Press, 2nd Edition, New York, 2008.) 266-307.

**N szabadságfokú inga stabilizálása paraméteres gerjesztéssel**  
**(Stabilization of an n-degrees-of-freedom inverted pendulum using**  
**parametric excitation of the suspension point)**

**Csörgő András BSc IV. évf.**  
**csorgo.andris@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Insperger Tamás, egyetemi docens, Műszaki Mechanikai Tanszék**

A dolgozatban az előző évi TDK dolgozatra építve kettős inga helyett egy általános  $n$  db egymás után kapcsolt részből álló inga legfelső egyensúlyi helyzetének stabilitását vizsgáljuk a felfüggesztési pont függőleges rezgetése okozta paraméteres gerjesztés esetén. Az  $n$  szabadsági fokú rendszer mozgásegyenletét a másodfajú Lagrange-egyenlettel vezetjük le. A felső egyensúlyi helyzet körüli linearizálás után egy időben változó együtthatót tartalmazó lineáris differenciálegyenletet kapunk. Amennyiben a felfüggesztési pont rezgetése periodikus, akkor a megfelelő periodikus együtthatójú lineáris differenciálegyenlet stabilitását a Floquet-elmélet alapján határozhatjuk meg. Az elmélet szerint a rendszer akkor aszimptotikusan stabilis, ha a főmátrix sajátértékei abszolút értékben 1-nél kisebbek. Mivel a főmátrix általános esetben nem határozható meg zárt alakban, a periodikus rendszerek stabilitását közelítő módszerekkel szokták meghatározni. A kettős inga esetében a periodikus együtthatót szakaszonként állandó függvénnyel közelítjük, és az egyes szakaszok közötti megoldást csatoljuk, így a főmátrix egyfajta diszkrét közelítését kapjuk. A stabilitási tulajdonságokat így a főmátrix sajátértékeinek numerikus vizsgálatával lehet meghatározni. A cél olyan rezgetési frekvencia és amplitúdó kiválasztása, amely esetén az inga a felső egyensúlyi helyzetében (amikor az összes ingarész felfelé áll) stabilis lesz. Stabilitási térképeket készítünk a rezgetési frekvencia és amplitúdó paraméterek síkján, amelyről a stabil tartományok kiválaszthatók. Ahhoz hogy az általánosítást lehetővé tegyünk, leszűkítjük a vizsgálható ingakonfigurációkat az egyenlő hosszú és azonos tömegű darabokból álló ingákra. A számítás során az ingadarabok számát paraméterként kezeljük, ezzel lehetővé téve  $n$  szabadságfokra a stabil tartományok keresését.

Az stabilizálás megvalósítására egy kísérleti berendezést tervezünk, amellyel az elméleti levezetések alapján történő stabilizálást kísérletileg is igazoljuk.

Irodalom:

- [1] Insperger, T., Horváth, R., Pendulum with harmonic variation of the suspension point, Periodica Polytechnica - Mechanical Engineering, 44 (2000), pp. 39-46.
- [2] Farkas, M., 1994. Periodic Motions, Springer, New York.
- [3] Hirsch, M. W., Smale, S., 1974. Differential Equations, Dynamical Systems and Linear Algebra, Academic Press, Berkeley.

## Utánfutóval való tolatás stabilitásvizsgálata (Stability analysis of reversing trailers)

Vörös Illés BSc III. évf.  
illes.voros@gmail.com

**Konzulens: Várszegi Balázs, PhD hallgató, Műszaki Mechanikai Tanszék**

A viszonylag egyszerű kialakítás ellenére az utánfutóval felszerelt járművek mozgása sokszor korántsem egyértelmű. Legyen szó egyszerű pótkocsiról, lakókocsiról, vagy félpótkocsis kamionról, az utánfutóval való haladás sok vezetőnek kihívást jelent, különösen hátramenetben. Az elmúlt évtized folyamán — az önjáró autók fejlesztésével — felértékelődött ennek a problémának a megértése. Dolgozatomban egytengelyű utánfutóval felszerelt járművek mozgását vizsgáltam.

Első lépésként felállítottam egy egyszerűsített mechanikai modellt (úgynevezett bicikli modellt), amelyben a vontató és az utánfutó egy-egy, csuklóval összekötött merev test. A rendszer sajátossága, hogy a tengelyek mentén tartalmaz három darab kinematikai kényszert: a két darab nem kormányzott tengely mentén a sebesség iránya merőleges az adott tengelyre, míg a kormányzott tengely esetében a kormányzás szöge határozza meg a sebesség irányát. Az így kapott öt szabadságfokú anholonom rendszer mozgásegyenleteit az Appell—Gibbs-módszerrel [1] határoztam meg, majd az eredmények helyességét a Routh—Voss-egyenletekkel ellenőriztem le.

Ezután a lineáris rendszer stabilitását vizsgáltam az egyenes vonalú, egyenletes mozgás, mint egyensúlyi helyzet körül. Több különböző modellt is felállítottam a kormányzás szimulálására: a kormányzási szöget elsősorban az utánfutó szöghelyzete befolyásolja, de ezt a modellt kiegészítettem az utánfutó szögsebességétől való függéssel, illetve egy másik verzióban a vontató szöghelyzetétől való függéssel. Továbbá a geometria némi módosításával, majd a megfelelő értékek behelyettesítésével egyaránt modellezhetjük a személygépkocsi, illetve a nyerges vontató kialakítását.

Az egyenletek linearizálását követően a stabilitásvizsgálatot a Routh—Hurwitz-kritérium segítségével hajtottam végre. A vizsgálatot elvégeztem különböző kormányzási modelleket alkalmazva, emellett vizsgáltam a geometria hatását a stabilitásra, így figyelembe tudtam venni a különböző eseteket. Ezenkívül megvizsgáltam, hogyan módosul a modellek viselkedése előre-, illetve hátramenetben, majd az egyes esetekre megállapítottam a szabályozandó mennyiségek stabil kontroll paramétereit.

Az eredményeket stabilitási térképeken szemléltettem, melyeken jól láthatóak az egyes esetekre vonatkozó stabil paraméter-tartományok, illetve az utánfutós személygépkocsi és a megrakott kamion közötti viselkedés-beli különbségek.

Irodalom:

[1] Gantmacher, F.: Lectures in Analytical Mechanics, MIR Publishers, Moscow (1975).

## **Rezgő membránok, lemezek analitikus és numerikus vizsgálata**

### **(Analytical and numerical analyses of vibrating membranes and plates)**

**Szelinger Kornél Ferenc BSc III. évf.**  
szelinger.k@gmail.com

**Konzulens: Dr. Takács Dénes, tudományos mts., Műszaki Mechanikai Tanszék**

Napjainkban egyre fontosabb jellemzőnek számít a különböző gépészeti berendezések által kibocsájtott zaj mennyisége. Például a gépjárműgyártók óriási harcot vívnak, hogy övék legyen a piacon kapható legcsendesebb jármű. A gépjárművek rezgéseinél egyik sarkalatos pont a nagy felülettel rendelkező, ebből adódóan jelentős mennyiségű zaj lesugárzására alkalmas, lemezfelületek rezgése. A lemezek rezgéseinek elkerüléséhez vezető út első pontja, azok dinamikai vizsgálata, viselkedésük megértése.

Dolgozatomban téglalap- ill. köralakú membránok és lemezek kis transzverzális rezgéseivel foglalkozom. Az alkalmazandó modellnél a lemez ill. membrán vastagságát a síkbéli kiterjedéséhez képest kicsinynek tekintjük. Rezgéstani szempontból ez elosztott tömegű lengőrendszert jelent, azaz a rendszer végtelen szabadságfokú. Célom a rezgések időbeli lefolyásának vizsgálata, különböző mellékfeltételek esetén. A témakörrel a szakirodalmak viszonylag keveset foglalkoznak, gyakran beérve a sajátkörfrekvenciák és lengésképek meghatározásával, esetleg az ún. szabadlengések vizsgálatával [1-4]. A dolgozatban különös tekintet fordítunk a gerjesztett esetekre, amely inhomogén másodrendű kétdimenziós parciális differenciálegyenlet megoldására vezető probléma. A feladatot először analitikusan oldjuk meg tetszőleges gerjesztések esetére. A megoldás előállításához kettős-Fourier sorfejtést [5] ill. a Duhamel-elvet [6] használjuk fel. Az általános megoldás megkonstruálása után a különböző alakú gerjesztésekkel külön foglalkozunk. Megvizsgáljuk az egyes gerjesztések esetén lehetségesen kialakuló rezonancia feltételeit. Az így kapott analitikus megoldást konkrét számpéldák esetére is alkalmazzuk. Emellett a számításokat numerikus módon is elvégezzük, amelyhez a véges differenciák módszerét használjuk fel. Ehhez a MATLAB programot fogjuk használni, mely jó segítséget jelent a nagy tömegű numerikus számológépi elvégzésében. A differenciasémával több számítást is végzünk, a lépésközt egyre finomítván. Összehasonlítjuk az analitikus és numerikus eredményeket, kiszámítjuk a numerikus módszer által szolgáltatott eredmények relatív hibáit. Megvizsgáljuk, hogy a felosztás finomságának függvényében hogyan alakul a relatív hiba, és a programfutási idő.

A műszaki gyakorlatban a lengőrendszerekben valamilyen csillapítás is működik. Ennek részletes vizsgálata, ill. a megfelelő modellek felállítása további kutatás tárgya. Ezenkívül további irányban összetettebb alakú membránok, lemezek vizsgálata, modellezése. Végül, de nem utolsósorban, a dolgozatban előforduló megoldási módszerek további, hasonló lengőrendszerek modellezésének alapjául szolgálhat.

#### Irodalom:

- [1] Frank – Mises: A mechanika és fizika differenciál –és integrálegyenletei 2. kötet, Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1967.
- [2] H. J. Pain: The Physics of Vibrations and Waves, John Wiley and Sons, Ltd, 2005.
- [3] S. Chakraverty: Vibration of Plates, CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, London, New York, 2009.
- [4] Sz. D. Ponomarjov: Szilárdsági számítások a gépészetben 6.kötet, Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1966.
- [5] Dr. Nikodémusz Antal: Parciális differenciálegyenletek I.kötet, LSI Oktatóközpont, A mikroelektronika Alkalmazásának Kultúrájáért Alapítvány, 1988.
- [6] Dr. Szarka Zoltán: Alkalmazott matematika, Tankönyvkiadó, Budapest, 1991.

## **Gördülőcsapágyak nemlineáris modellje (Non-linear model of rolling bearings)**

**Krajnyák Gábor BSc III. évf.  
krajnyi93@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Takács Dénes, tudományos mts., Műszaki Mechanikai Tanszék**

A csapágy a gépészeti berendezéseink egyik alap építőeleme. Előfordul minden forgó alkatrészt tartalmazó szerkezetünkben, így bátran állíthatjuk, hogy az egyik leggyakrabban alkalmazott gépelemünk. A gépgyártástudományban legkritikusabb szerepet a megmunkáló központok főorsójánál tölti be [1]. A főorsókban alkalmazott csapágyak jelentősen befolyásolják a megmunkálás pontosságát és a felületi minőségét, ezért számos csapágyazási típust alkalmaznak. Ezek közül a gördülőelemes főorsók dinamikus viselkedése különösen kutatott terület, mivel a gördülőelemek dinamikus kontaktja kihatással van a teljes megmunkáló központ rezgéseire. Dolgozatomban a gördülő csapágy klasszikus mechanikai modelljét vizsgáltam, hogy képet kapjak a csapágyakban lezajló dinamikus folyamatokról.

A dolgozat egy egyszerű síkbeli csapágy modellt vizsgál, amiben a külső és a belső csapágy gyűrű merevnek, míg a gördülő elemek rugalmasnak feltételezettek. A gördülő elemek merevségénél figyelembe vettem a csapágygyűrűk és a gördülőelemek közötti kapcsolatok nemlinearitását. Ehhez a szakirodalomban elterjedt Hertz-féle karakterisztikát vettem figyelembe [2,3]. Modellemben a gördülőelemek csúszás és lelazulás mentesen gördülnek a külső és a belső csapágygyűrűkön egyaránt.

Mivel a dolgozat végső célja a főorsóban elhelyezett csapágyak megismerése, melyekben a gördülőelemek előfeszítettek a megfelelő pontosság érdekében, ezért vizsgálataim során figyelembe vettem az előfeszítés hatását is. Az így megalkotott modellt két másodrendű nemlineáris közönséges differenciálegyenletet írja le. A rendszer összetettsége végett, először a csapágyak álló helyzetében felvett egyensúlyi helyek vizsgálatával foglalkoztam. Azaz, a csapágyra ható sugárirányú terhelés függvényében meghatároztam a belső gyűrű egyensúlyi helyzetét. A nemlinearitásoknak köszönhetően ezen egyensúlyi helyek csak numerikusan határozhatók meg, ezért Newton–Raphson-módszert [4] alkalmaztam. Szintén a nemlinearitások miatt, a kiszámított egyensúlyi helyek a különböző szöghelyzetben lévő csapágygolyók esetén más-más helyre estek ugyanazon terhelésnél. Ezek a különböző szöghelyzethez tartozó egyensúlyi helyek ellipszisre hasonlító alakzatot formáltak. Elemeztem a két szabadságfokú rezgőrendszer sajátkörfrekvenciáinak illetve lengésképeinek szöghelyzettől és előfeszítéstől való függését is.

### Irodalom:

- [1] E. Abele, Y. Altintas, C. Brecher : Machine tool spindle units. CIRP Annals - Manufacturing Technology 59 (2010) 781–802
- [2] M. Tiwari, K. Gupta, O. Prakash : Dynamic response of an unbalanced rotor supported on a ball. Journal of Sound and vibration (2000) 238(5), 757-779
- [3] Zeki Kiral, Hira Karagülle : Simulation and analysis of vibration signals generated by rolling element bearing with defects Tribology International 36 (2003) 667–678
- [4] William H. Press, Brian P. Flannery, Saul A. Teukolsky, William T. Vetterling : Numerical Recipes - The Art of Scientific Computing, 2007

## **Digitális hatások okozta mikrokaosz kezelése Kálmán-szűrővel (Managing micro-chaotic behavior using a Kalman filter)**

**Paripás Viktor Levente MSc I. évf.  
viktorparipas@gmail.com**

**Konzulens: Bencsik László, tudományos segédmts., Műszaki Mechanikai Tanszék**

A szakirodalomból is ismert, hogy mechanikai rendszerek pozíciószabályozása során a mért, ill. beavatkozó jelek kerekítése mikrokaotikus viselkedést eredményezhet, vagyis a kívánt pozíciótól távol is kialakulhatnak ún. attraktorok, amelyek körül a rendszer kis amplitúdójú rezgéseket végez. Ezt a jelenséget egy 1 szabadságfokú mechanikai rendszer szabályozásának példáján keresztül már szakdolgozatomban vizsgáltam.

Jelen dolgozatban ezt továbbfejlesztve azt vizsgálom, hogy ha a kvantálásból származó hibán kívül véletlen zaj is terheli a mérési eredményeket, ezzel módosítva a szabályozó beavatkozó jelét, akkor az milyen hatással van a szabályozó teljesítményére, és hogy ez mennyiben javítható Kálmán-szűrő alkalmazásával.

A Kálmán-szűrő és annak különböző változatai a fizikai modell leíró egyenleteinek ismeretében minden mintavételezési időpontban megjósolják az állapotváltozók értékét, majd az újabb mért érték alapján korrigálják azokat, majd ez ismétlődik lépésről-lépésre. Ehhez nagy szükség van a leíró modell valamint a szenzorok bizonytalanságának pontos becslésére is.

Elsőként egy analóg (mintavételezett, de bármilyen értéket felvehető jelek) rendszerrel végzek szimulációkat, amiben egy inverz inga egyensúlyozását egy PD-szabályozó végzi, a szükséges forgatónyomatékokat az aktuális mért szögkitérés- és szögsebesség-értékek alapján meghatározva. Így összevethetők a Kálmán-szűrővel, ill. anélkül kapott eredmények.

Ezután azt az esetet veszem, ha a hibával terhelt mért jelek csak diszkrét értékeket vehetnek fel. Ebben az esetben a szabályozó paramétereit hiába választjuk a stabil tartományon belül, a rendszer még a véletlen zaj jelenléte nélkül sem fog pontosan beállni a kívánt pozícióba, hanem akörül vagy attól távol valamilyen kaotikus rezgést végez. A Kálmán-szűrő alkalmazásának célja ebben az esetben tehát nemcsak a véletlen zaj kiszűrése, hanem a digitalizálásból eredő mikrokaotikus hatások csökkentése is lehet.

Adott szabályozó paraméterek mellett vizsgálom, hogy a Kálmán-szűrő paramétereit milyen hatással vannak a szabályozó pontosságára és beállási tulajdonságaira.

### Irodalom:

- [1] Csernák G. és Stépán G.: „Sampling and Round-off, as Sources of Chaos in PD-controlled Systems,” 19th Mediterranean Conference on Control and Automation, Korfu, 2011.
- [2] G. Welch és G. Bishop: „An Introduction to the Kalman Filter”, University of North Carolina at Chapel Hill, 1995.
- [3] Duan Zh., Jilkov, V. P. és Li X. R.: „State Estimation with Quantized Measurements: Approximate MMSE Approach”, 11th International Conference on Information Fusion, pp.1-6, 2008.



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR

## ANYAGTUDOMÁNY ÉS TECHNOLÓGIA

Helyszín: MT épület, Könyvtár  
Időpont: 2014. november 11. 9:00  
Elnök: Dr. Szabó Péter János, egyetemi tanár  
Titkár: Nagy Péter, tanársegéd  
Tag: Dr. Bobor Kristóf, adjunktus  
Tag: Gyura László, c. adjunktus

**9:00 Tóth Miklós, Mikulai Gergely**

Kerámia erősítésű alumínium mátrixú kompozitok hajlítószilárdsági tulajdonságai

Konzulens: Dr. Májlinger Kornél, adjunktus

**9:20 Tóth Tamás**

Acélszerkezetek fogyóelektródás védőgázás hegesztése impulzusívvel az Andritz Kft.-nél

Konzulens: Dr. Májlinger Kornél, adjunktus

**9:40 Mucsi Márk, Társai Németh Kristóf, Palasik Bálint**

Kerámia erősítő-részecskék hatása alumínium mátrixú kompozitok AVI hegesztésénél

Konzulens: Dr. Májlinger Kornél, adjunktus

**10:00 Kozma Bálint**

TRIP acél ellenállás-ponthegeztése

Konzulens: Dr. Dobránszky János, tudományos főmunkatárs

*SZÜNET*

**10:40 Uzonyi Sándor, Asztalos Lilla**

Vastag Duplex Korrózióálló acélok hegesztése

Konzulens: Dr. Dobránszky János, tudományos főmunkatárs

**11:00 Kurucz Zoltán**

Melegalakító szerszámok igénybevételének csökkentése a sorjacsatorna méreteinek optimalizálásával

Konzulensek: Dr. Krállics György, egyetemi docens  
Dr. Tancsics Ferenc, kovács technológiai vezető

**11:20 Balázs Ágoston**

Szintaktikus fémhabok rugalmassági tulajdonságainak becslési módszerei

Konzulens: Dr. Orbulov Imre, adjunktus

**11:40 Dani Botond**

Hipereutektikus alumínium ötvözetek porkohászata és tulajdonságaik vizsgálata

Konzulensek: Dr. Bobor Kristóf, adjunktus



## **Kerámia erősítésű alumínium mátrixú kompozitok hajlítószilárdsági tulajdonságai**

**(Bending strength of ceramic reinforced aluminium matrix composites)**

**Tóth Miklós BSc III. évfolyam, Mikulai Gergely BSc III. évfolyam  
tdkhajlitas2014@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Májlinger Kornél, adjunktus, Anyagtudomány és Technológia Tanszék**

A kompozitok olyan társított anyagok, amelyek két vagy több különböző szerkezetű és makro-, mikro-, esetleg nano méretekben elkülönülő komponensekből épülnek fel. Kompozit anyagok létrehozása esetén a cél az egyes alkotók adott felhasználásra előnyös tulajdonságainak kiemelése és a hátrányos tulajdonságok csökkentése pl kerámia részecskékkel a kopásállóság jelentősen növelhető, de a hajlító igénybevétel esetén megfelelő hajlítószilárdságra is szükség van.

Kisnyomású Argon gázos infiltrációs eljárással sikeresen állítottunk elő különböző méretű és típusú  $Al_2O_3$  szemcsével erősített Al99,5 és AlSi12 mátrixú kompozitokat. Az infiltrálás jóságát metallográfiai technikával igazoltuk. Hárompontos hajlító vizsgálatokkal meghatároztuk a az egyes próbatetek hajlítószilárdságát, majd a hajlítópróbatestek töretfelületeit további mikroszkópos vizsgálatoknak vetettük alá.

Kutatásunk során arra fókuszáltunk hogyan módosul az Al99,5 és az AlSi12 mátrixú,  $Al_2O_3$  kerámia szemcse erősítésű kompozit hajlítószilárdsági tulajdonsága a szemcseméret függvényében. Két típusú szemcsét vizsgáltunk; bevonatos, illetve bevonat nélküli szemcséket, több különböző jellemző szemcseátmérővel. Azt tapasztaltuk, hogy a szemcseméret növekedésével a hajlítószilárdság jelentős mértékben csökkent.

Ezután vizsgáltuk a mátrixanyag összetételének hatását a hajlítószilárdságra; várakozásoknak megfelelően az AlSi12-es ötvözött mátrixanyaggal gyártott kompozit nagyobb hajlítószilárdságú volt, mint a technikai tisztaságú alumínium (99,5% Al) mátrixszal előállított.

A töretfelületek vizsgálataiból kiderült, hogy a bevonatos szemcséknél előfordult, hogy a bevonat leválása miatt csökkent jelentősen a próbatest hajlítószilárdsága.

A kutatásunkat beillesztettük a szakirodalmi eredményekbe, amellyel így egy átfogó képet kaphatunk az alumínium mátrixú kompozitok hajlítószilárdságának az erősítőanyag szemcseméretétől való függéséről.

Irodalom:

1. Dr. Gácsi Zoltán, Dr. Benke Márton: Fémkompozitok
2. Magyar Anita: Karbon szállal erősített alumínium mátrixú kompozitok A1/C határfelületének jellemzése, Ph.D. értekezés
3. Cseh-Bognár Sándor: Metallográfiai Vizsgálatok
4. Polimerek hajlítóvizsgálata A2 laborleírás ([www.pt.bme.hu](http://www.pt.bme.hu)) 7
5. Necat Altinkok, Rasit Koker: Neural network approach to prediction of bending strength and hardening behaviour of particulate reinforced (Al–Si–Mg)-aluminium matrix composites
6. Shang-Nan Chou, Jow-Lay Huang, Ding-Fwu Lii, Horng-Hwa Lu: Processing and physical properties of  $Al_2O_3$ /aluminum alloy composites

## **Acélszerkezetek fogyóelektródás védőgázos hegesztése impulzusívvel az Andritz Kft.-nél**

**(Pulsed Gas Metal Arc Welding of Steel Structures at the Andritz Ltd.)**

**Tóth Tamás BSc III. évfolyam  
toth.tomi94@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Májlinger Kornél, adjunktus, Anyagtudomány és Technológia Tanszék**

A mai iparban a hegesztett kötéseknek egyre szigorodó követelményeknek kell megfelelniük, például lehetőleg fröcskölés, hidegkötés és egyéb hibáktól mentesnek, minőségileg kifogásolhatatlannak kell lenniük. A hőbevitel és az ezt követő alakváltozás kérdése kritikus főleg a vékony falvastagságú és/vagy hőre érzékeny anyagok esetén.

Az impulzusíves fogyóelektródás védőgázos hegesztés esetén az áramforrás létrehoz egy speciális, periodikus jelalakot, ami hatására a cseppátmenet szabályozottá, a hőbevitel pedig mérsékeltebbé válik. A cseppátmenet rövidzármentes, ideális esetben egy impulzusra egy cseppleválás jut, az anyagátvitel és a hegfürdő alacsonyabb hőmérséklete miatt a füstképződés is mérsékeltebb. A szakirodalom szerint az impulzushegesztés során a beolvadási mélység és a hőhatásövezet szélessége is csökken.

A kutatásom célja az volt, hogy az iparban is alkalmazható módon a hagyományos fogyóelektródás hegesztést helyenként kiváltsuk impulzus üzeművel, ily módon kevesebb deformációt és utómunkálati időt érhetünk el. Vizsgáltuk a hegesztési sebesség változását, és a beolvadás mértékét is. A hegesztőgép egy szinergikus, impulzus üzemre is képes készülék volt. A hegesztéseket kézi eljárás esetén vizsgáltuk, így a reprodukálhatóság miatt a tesztadarabok elkészítését hegesztőmester végezte. A próbadarabok tompavarratos lemezek voltak, amelyen mértük a szögváltozást és a fröcskölés mértékét mind a hagyományos, mind pedig az impulzus üzem esetén. A hegesztés után a próbadarabokat eldaraboltuk, majd csiszolatokat készítettünk belőlük a metallográfiai vizsgálatok elvégzése céljából.

Vizsgálataink során a következőket tapasztaltuk az impulzustechnika javára:

- A vékonyabb lemezek esetén a vetemedés jelentősen csökken, azonban a peremes íves tartományával szemben a vetemedés csak minimális mértékben kisebb.
- A fröcskölés jelentős mértékben lecsökkent, különösképpen az átmeneti ívvel hegesztettekkel szemben, a szórt ívhez képest kisebb a különbség.
- A hegesztési sebesség a rövidzárlatos ívvel szemben minimálisan nagyobb volt, de a peremes vagy szórt ívhez képest viszont kisebb.
- A füstképződés jelentősen lecsökkent.
- A beolvadási mélység kisebb mint a hagyományos fogyóelektródás védőgázos ívhegesztés esetén, és a hőhatásövezet is keskenyebb.
- Az eljárás kötészhiba mentes.
- Kevésbé rutinos hegesztők esetén a varratkülalak minősége jobb a hagyományos eljárásokhoz képest.
- Az ömledék egyszerűbben kezelhető, az eljárás alkalmas pozícióhegesztésre is.

## **Kerámia erősítő-részecskék hatása alumínium mátrixú kompozitok AVI hegesztésénél**

**(Effect of ceramic particle reinforcement by TIG welding of aluminium matrix composites)**

**Mucsi Márk BSc IV. évfolyam, Társai Németh Kristóf BSc III. évfolyam,  
Palasik Bálint BSc III. évfolyam  
balint.palasik@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Májlinger Kornél, adjunktus, Anyagtudomány és Technológia Tanszék**

A mai világban mindent egyre könnyebbé, mégis mechanikailag megfelelőre kell gyártani, ennek a két követelménynek a közös hozományai a kompozitanyagok. Több fajtáját ismerik és előszeretettel alkalmazzák (lásd: autóipar), mi kutatásaink során az alumínium mátrixú kerámia részecske-erősítű kompozitokkal foglalkoztunk. Az alumínium anyagok hegesztése, mindig is kihívást jelentett, de ipari szinten is megoldható, ezzel szemben az alumíniummátrixú kompozitok nem túl nagy mértékben hegeszthetők, eddig is csak néhány említésre méltó próbálkozás történt. Ezeket különböző eljárásokkal (kavaró dörzshegesztés, lézeres- és elektronsugaras hegesztés és ívhegesztés) tudták megvalósítani. Az irodalomban leírt anyagokban, csak kis mértékben voltak fellelhetőek a kerámia szemcsékkel erősített kompozitok és ott is csak 5-25 %-os térkitöltéssel a mátrixban. Ezzel szemben a mi próbatestünk 40-45 %-os erősítőanyag térkitöltéssel kerültek legyártásra, melynek következménye, hogy hegeszthetőségük nehézsége exponenciálisan nőtt. Kerámia szemcséink méretei is eltértek az átlagostól, mivel mi 3, 1 és 0,1 mm-es névleges átmérőjű erősítő anyagokat használtuk, amelyek közül a legkisebb is több mint tízszerese volt a szakirodalomban fellelhetőkhöz képest. Ez a nagyságrendi különbség is nehezítette az anyagok hegeszthetőségét. Kísérleteink során a különböző szemcseméreteket, a hegesztési sebesség, és áramerősség hatását vizsgáltuk a beolvadási mélységre és szélességre. Megfigyeléseink során arra jutottunk, hogy a hegesztési sebesség csökkentésével arányosan nő a beolvadási mélység és szélesség. Továbbá megállapítottuk, hogy az áramerősség növelésével nagyjából a hegesztési sebességhez hasonló mértékben változik a hegesztési varrat geometriája. A szemcseméretekkal kapcsolatban arra jutottunk, hogy méret csökkenésével kiugró mértékben növekszik mind a beolvadás mélysége, mind a szélessége. Az erősítetlen alumínium mátrixhoz képest a kompozitjainkon mutatkozó beolvadás mélyebb és szélesebb volt. Ez a jelenség a nagyobb fajlagos áramsűrűség miatt alakulhatott ki.

Másik jelentős észrevételünk, hogy hegfürdő nem a hagyományos formában alakult ki. Az ömledék kialakult, de nem keveredett. Emellett a varrat felszínén alumínium dudorok tűntek fel. Ezek úgy keletkeztek, hogy a megolvadt alumínium és a kerámia részecskék nem nedvesítik egymást, így az olvadt alumínium egy része inkább a varrat felszínére gyűlt össze. Ezeket a dudorokat leszámítva azonban semmi más szabad szemmel látható jele sem volt, hogy a próbatest megolvadt volna, az a metallográfiai vizsgálatokkor derült csak ki.

Irodalom:

- [1] Artinger – Csikós – Králics – Németh – Palotás: Fémek és kerámiák technológiája(1997)
- [2] A. Urena, M.D. Escalera, L. Gil: Influence of interface reactions on fracture mechanisms in TIG arc-welded aluminium matrix composites
- [3] Wang Xi-he, Niu Ji-tai, Guan Shao-kang, Wang Le-jun, Cheng Dong-feng: Investigation on TIG welding of SiCp-reinforced aluminum-matrix composite using mixed shielding gas and Al-Si filler
- [4] J. M. Gómez de Salazar, M.I Barrena: Dissimilar fusion welding of AA7020/MMC reinforced with Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> particles. Microstructure and mechanical properties
- [5] P.P. Lean, L. Gil, A. Ureña: Dissimilar welds between unreinforced AA6082 and AA6092/SiC/25p composite by pulsed-MIG arc welding using unreinforced filler alloys(Al-5Mg and Al-5Si)

## **TRIP acél ellenállás-ponthegesztése (Resistance spot welding of TRIP steel)**

**Kozma Bálint BSc IV. évfolyam  
bkozma2011@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Dobránszky János, tudományos főmunkatárs,  
MTA-BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport**

A korszerű járműgyártásban egyre növekvő igény mutatkozik olyan speciális acélötvözetekre, melyek kiemelkedő mechanikai tulajdonságaik mellett jól alakíthatók. Ezek az alapanyagok az autóiparban főként nagy terhelésnek kitett helyeken kerülnek alkalmazásra így számottevően karosszériaelemek (A és B oszlop) és az alvázszerkezet egyes részeiként, gyártásuk során pedig nélkülözhetetlen jelentőséggel bírnak a hidegalakítás egyes technológiái, többek között a hajlítás, mélyhúzás vagy nyújtva húzás, préselés, dombornyomás illetőleg a lyukasztás. A hagyományos acéllemezek általában vagy kis szilárdsági érték mellett jól alakíthatók, míg a nagy szilárdságúak kevésbé. A járműgyártás, így az autóipar számára kézenfekvő megoldás alkalmazni az úgynevezett TRIP (Transformation Induced Plasticity - fázisátalakulással kiváltott képlékenységi) többfázisú acélokat, melyek nagy szilárdságúak és képlékenyen jól alakíthatók. A TRIP acélok szövetszerkezete összetett, ferrit mátrixban bénit, martenzit és a maradék ausztenit található. Ez a többfázisú rendszer az interkritikus lágyítás hőmérsékletéről végzett lépcsős lehűtéssel érhető el, mely következtében a szövetszerkezetben nagy mennyiségű ausztenit marad vissza. Képlékeny deformáció hatására ez az ausztenit részben vagy teljesen martenzitté alakul, feltéve annak kis stabilitását, illetőleg az anyag keménysége jelentős növekedést mutat. Ennek eredményeként az alakítást követően az anyag szakítószilárdsága általában 500-600 MPa körüli értékre növelhető, de ezek mellett elérhető akár az 1000 MPa-os érték is.

Az autóiparban az egyes karosszéria elemeket több darabból, akár kettő-három alkatrészből illesztik össze, többek között alkalmazva a ponthegesztés különféle technológiai megoldásait, a ragasztást, vagy ezek kombinációját. Egyik legelterjedtebb ilyen kötési eljárás az ellenállás-ponthegesztés, mely során a hegesztendő átlapolt fémlemezeken lokálisan nagy áramot (6-10 kA) vezetnek át jól vezető elektródák segítségével; az anyag relatíve nagy villamos ellenállása és a közölt nagy áramsűrűség következtében az átlapolt lemezek hőmérséklete jelentősen megnő, majd az elektródák az érintett területet összekovacsolják. Ezen eljárással a kötést másodpercek alatt készíthetjük el, melynek kiemelkedő jelentősége van a járműipari tömeggyártásban. Az hegesztés során azonban a TRIP acélokra jellemző, hogy a varrat határvonala mentén és a varratban kristályosodási repedések jelennek meg. Ezt a hibát feltehetően a levegő nitrogéntartalma okozza; a hegesztés során fellépő hőmérséklet-növekedés következtében az acél jól oldja a nitrogént, így az befolyásolja a fázisok stabilitását, a kristályosodási folyamatokat, a varrat ridegkedését.

Célom az volt, hogy TRIP acéllemezek ellenállás-ponthegesztése során fellépő kristályosodási repedésképződést visszaszorítsam, megszüntessem. Mivel a meglévő TRIP acél alapanyagok eredetéről nem rendelkezttem megfelelő mennyiségű információval, a kísérleti hegesztések megkezdése előtt az anyag elemzését kellett elvégezni, mely során a lemez izotrópiáját, összetételét, mechanikai tulajdonságait vizsgáltam. Ezt követően az optimális technológiai tényezőket állapítottam meg egy statisztikai módszer, a Box-Wilson féle kísérlettervezés eszközeivel, majd megkezdtem a kísérleti hegesztések sorozatát. Az így elkészített próbadarabokat roncsolásmentes anyagvizsgálatnak vettem alá, majd nyíró-szakító vizsgálatokkal a kötési szilárdságot mértem.

Irodalom:

1. Gáti J., Béres L., Gremesberger G, Kovács M, Komócsin M (2003): Hegesztési Zseb-könyv. Cokom Mérnökiroda Kft. Miskolc
2. Kemény S., Deák A. (2002): Kísérletek Tervezése és Értékelése. Műszaki Könyvkiadó, Budapest
3. Unscrambler X 10.3 statisztikai adatelemző program, Help File

## **Vastag Duplex Korrózióálló acélok hegesztése (Welding of thick duplex stainless steels)**

**Uzonyi Sándor BSc VII. évfolyam, Asztalos Lilla BSc IV. évfolyam  
uzonyi.sandor90@gmail.com, asztalos.lilla92@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Dobránszky János, tudományos főmunkatárs,  
MTA-BME Kompozittechnológiai Kutatócsoport**

A duplex korrózióálló acélok a modern korrózióálló acélok egyik fajtája. Nevüket a kettős szövetszerkezetükről kapták, amely nagyjából fele-fele arányban áll  $\gamma$  ausztenitből és  $\delta$  ferritből. Fő ötvözőik a króm, nikkell és mangán mellett jelentékeny mennyiségű molibdént és nitrogént tartalmazhatnak. Karbon tartalmuk alacsony.

A duplex korrózióálló acélokat egyre szélesebb körben használják fel napjainkban. Kiváló korrózióállóságuk és mechanikai tulajdonságaik teszik őket szinte minden feladatra alkalmas szerkezeti anyaggá. Felhasználásukkal csökkenthető a korrózióvédelem hosszú távú költsége és a szerkezet önsúlya. Ezért fontos, hogy megfelelő hegesztéstechnológiával rendelkezünk feldolgozásukhoz.

A duplex korrózióálló acélok hegesztése sok kihívást rejt, magas ötvözőtartalmuk és kettős szövetszerkezetük miatt. Hegesztés során fokozott odafigyelést igényel a fajlagos hőbevitel, a védőgáz, a hegsztőanyag és a sorközi hőmérséklet is. Különösen igaz ez a kísérletben szereplő 10mm vastag lemezekre és azok többsoros varrataira. E technológiai változók hanyag kezelése a ferrit-ausztenit arány felborulását eredményezhetik, aminek következtében az anyag elveszíti fent említett kedvező mechanikai és korrózióállósági tulajdonságait. E mellett intermetalikus fázisok keletkezhetnek, továbbá a keménységnövekedés veszélye is fennáll.

Ez a Tudományos Diákköri Dolgozat, a korábban a Tanszékünkön, kollégáim és jómagam által végzett kutatómunkák tapasztalatai alapján, több lehetséges technológia összehasonlítására és elemzésére irányul. A vizsgálat főleg a fázisarány megőrzését tartja szem előtt, de vizsgáljuk a termelékenység és a kivitelezés szempontjait is. Ezek alapján pedig egy optimális hegesztési technológia megtervezését célozza meg.

## **Melegalakító szerszámok igénybevételének csökkentése a sorjacsatorna méreteinek optimalizálásával**

**(Stress reduction of the hot forming tools based on the optimized dimensions of flash gutter)**

**Kurucz Zoltán BSc. IV. évfolyam  
kurucz.zoltan@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Krállics György, egyetemi docens, Anyagtudomány és Technológia Tanszék; Dr. Tancsics Ferenc, kovács technológiai vezető, Rába Futómű Kft.**

A modern gépjármű számos eleme, különösen a nagy igénybevételű alkatrészei készülnek süllyesztékes kovácsolással. Ennek az eljárásnak nagy előnye a termelékenység, a pontosság, az anyagtulajdonság javítása és a bonyolult formák előállításának a képessége. Ugyanakkor ez a megoldás jár a legnagyobb szerszámköltséggel is. A globalizált világban a nagy járműgyárak megrendelése miatt több ország beszállítói versenyeznek. A jó ajánlat nem csak a szigorú követelményeknek való megfelelést, hanem a kedvező árat is magában foglalja, így kulcsfontosságú az alkatrészek gyártási költségeinek folyamatos csökkentése. Ennek egyik módszere a szerszámok élettartamának növelése, ami az igénybevételek mérséklésével érhető el. Ezt vizsgálom egy teherautó merev mellső tengelyének zárt sorjacsatornás süllyesztékben történő kovácsolásán keresztül.

Az ipari gyakorlat a tervezés során a gyorsaság és egyszerűség miatt a különböző formulák felhasználását részesíti előnyben. Ezen tapasztalati egyenleteket a végeelemes modellezés kialakulása előtt dolgozták ki. Jellemző rájuk, hogy gyakran túlegyszerűsítettek és az általuk szolgáltatott eredmények nagy szórást mutatnak, mivel a képletek pontosítására csak költséges ipari kísérleteken keresztül volt lehetőség. [1]

A mai korszerű VEM alapú tervezés eszközeivel, mint például a Simufact.forming képlékenyalakítás-szimuláló célszoftverrel már komplex módon lehet vizsgálni az anyagáramlást és a szerszám-igénybevételt. A vizsgált merev mellső tengely jelenlegi gyártástechnológiáját és a változtatásokat termomechanikus szimulációk segítségével modellezem.

A célom az, hogy meghatározzam a szerszámélettartam szempontjából legkedvezőbb, de még hibátlan üregtöltést biztosító, peremébe munkált vájatot sehol sem tartalmazó sorjahíd geometriáját. Ezt követően a kapott adatok felhasználásával pontosítom a szerszámtervezés során felhasznált Neuberger és Mockel féle egyenletet, amely jó alapjául szolgálhat egy gazdaságosabb termelésnek.

Irodalom:

[1] Sleafx E., Kruth J.P.: Review of flash design rules for closed-die forgings. Journal of Materials Processing Technology, Volume 31, Issue 1-2, 119-134, Elsevier Science SA, Switzerland (1992).

## **Szintaktikus fémhabok rugalmassági tulajdonságainak becslési módszerei (Estimation methods for the elastic properties of syntactic metal foams)**

**Balázs Ágoston BSc III. évfolyam  
agoston.bme@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Orbulov Imre, adjunktus, Anyagtudomány és Technológia Tanszék**

A szintaktikus fémhabok olyan kompozitok, melyek üreges gömbszerű erősítőanyagból és fémes mátrixanyagból épülnek fel. Az erősítőanyag legtöbb esetben kerámia vagy fém gömbhéj, amelynek átmérője a néhány tized millimétertől a néhány milliméteres tartományban fekszik. Ezen üreges erősítőanyagnak köszönhető a nagymértékű sűrűség- és tömegcsökkenés, illetve a kompozit nagy teherbíró képessége is. Összehasonlítva más szilárd anyagokkal, polimer habokkal, a szintaktikus fémhabokat nagyobb szerkezeti merevség, nagyobb szilárdsági értékek, nagy energiaelnyelő- és rezgéscsillapító képesség jellemzi. Ezen kedvező tulajdonságok miatt van létjogosultságuk az ipar több területén, mint például az autógyártásban, hajógyártásban, űrtechnológiában és harcászati területeken is egyaránt. Sokrétű és ezen speciális területeken történő felhasználásuk is bizonyítja, hogy megtérülő ezen újszerű, szokásosnak nem nevezhető anyag fejlesztésével foglalkozni.

Munkám célja az volt, hogy olyan analitikus becslési módszereket ellenőrizsek és módosítsak, amelyek lehetővé teszik a szintaktikus fémhabok rugalmassági tulajdonságainak minél pontosabb meghatározását. Ehhez – a komponensek eltérő anyagi tulajdonságai miatt – úgynevezett homogenizációs technikák alkalmazása szükséges. A módszerek lényege, hogy a mátrix és az erősítőanyag rugalmassági tulajdonságainak ismeretében, rugalmasságtani megfontolások alapján egy, az egész kompozitra jellemző eredő értéket határoznak meg. Ehhez olyan egységnyinek tekinthető „építőelemekre” van szükség, melyeken jól modellezhető az egytengelyű nyomó igénybevétel hatása. Erre kínálnak megoldást az úgynevezett Eshelby-féle három- és négyfázisú modellek. Mindkét modell tartalmaz egy-egy gömbhéjat és azt körülvevő homogén referencia közeget, viszont a négyfázisú modell a kettő között még egy koncentrikus mátrixgyűrűvel is rendelkezik. Ezen elemek segítségével és a megfelelő peremfeltételek figyelembevételével épül fel a kompozit-modell, amely alapjául szolgál a becslési módszereknek. Az analitikus módszerek segítségével figyelembe lehet venni a gyártás során keletkező nemkívánatos üregek jelenlétét és a tökéletlen adhéziót is a mátrix és a gömbhéj között. Továbbá a modelleken végzett vizsgálataimat különböző típusú erősítőanyagoknak megfelelő falvastagságokkal végeztem.

A becslési módszerek tesztelése során Al99,5 mátrixanyagú és különböző típusú kerámia gömbhéjakkal előállított kompozitok értékeivel számoltam 64 %-os erősítőanyag tartalom mellett. Az így kapott eredményeket kísérletekből származó rugalmassági modulusokkal vettem össze. Az összehasonlítás azt mutatja, hogy a kidolgozott, és elsősorban polimer mátrixú anyagok esetére ellenőrzött modellek a szintaktikus fémhabok rugalmassági modulusait jellemzően pontatlanul becslik. Ezen okból kifolyólag indokolt volt a modellek kiegészítése és módosítása is.

## **Hipereutektikus alumínium ötvözetek porkohászata és tulajdonságaik vizsgálata**

**(Powder metallurgy of hypereutectic aluminium alloys and investigation of their properties)**

**Dani Botond BSc képzés IV. évfolyam  
danibothond@hotmail.com**

**Konzulens: Dr. Bobor Kristóf, adjunktus, Anyagtudomány és Technológia Tanszék**

Dolgozatom témája a különböző hipereutektikus alumíniumötvözetek porkohászati úton történő előállítása, valamint fizikai és mechanikai tulajdonságainak vizsgálata. A dolgozat célja azt megállapítani, hogy a gyártási technológia paramétereinek változtatása milyen hatással van a fizikai és mechanikai tulajdonságokra. Ezt követően a megállapított optimális (és néhány nem optimális) paraméterekkel termék előállítása, annak részletes vizsgálata.

A kísérlet során több különböző összetételű és összetételenként több szemcseméretű port kompaktálunk. A préselést több nyomásértékkel végezzük, valamint a kompaktálandó poradagok térfogatát (tömegét) is változtatjuk. A hidegen préselt mintadarabokat ezután kemencében zsugorítjuk, különböző hőmérsékleteken és eltérő hőtartási időkkel dolgozva.

A kész próbatesteken mikroszkópos vizsgálattal ellenőrizzük a minta porozitását, ezzel összefüggésben megállapítjuk a zsugorodásukat. Ezen kívül megmérjük a minták keménységét, és zömítő vizsgálattal megállapítjuk a nyomószilárdságukat.

A mérési eredményeket kiértékelve megállapítjuk az optimális gyártási paramétereket mindegyik ötvözet típusra. Ezt követően az optimális, valamint attól kismértékben eltérő paraméterekkel gyártott összetett geometriájú termékeken vizsgáljuk a keménység eloszlását, hajlító terheléssel szembeni viselkedését, valamint a termék alakhelyességét.

Irodalom:

1. Csikós Gábor, Dr. Krállics György: Fémek és kerámiák technológiája
2. Serope Kalpakjian: Manufacturing Engineering & Technology
3. Pálfalvi Attila: Porkohászat





BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR

## ÁRAMLÁSTAN

Helyszín: Áramlástan Tanszék, Mérlegterem  
Időpont: 2014. november 11. 8:30  
Elnök: Dr. Kristóf Gergely, egyetemi docens, Áramlástan Tanszék  
Titkár: Dr. Hegedűs Ferenc, adjunktus, Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék  
Tag: Dr. Hős Csaba, egyetemi docens, Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék

### **8:30 Boros Csanád Örs**

Buborékos áramlás modellezése döntött csatornában

Konzulens: Dr. Kristóf Gergely, egyetemi docens

### **8:50 Tomor András**

Hengeres csövön kialakított merőleges furatok átömlési tényezőjének meghatározása

Konzulens: Dr. Kristóf Gergely, egyetemi docens

### **9:10 Klapcsik Kálmán**

Harmonikusan gerjesztett gázbuborék nemlineáris dinamikai vizsgálata nagy viszkozitású folyadékban

Konzulens: Dr. Hegedűs Ferenc, adjunktus

### **9:30 Nagy Péter Tamás**

Nem-párhuzamos sík-szabadsugár lokális stabilitásvizsgálata a kilépés közelében

Konzulens: Dr. Paál György, egyetemi docens

### **9:50 Heizer Balázs, Óri Bence Gábor**

A Masat-1 műhold légköri visszatérésének előrejelzése

Konzulens: Várhegyi Zsolt, doktorandusz

**10:10 SZÜNET**

**10:30 Fülöp Csaba Gergő**

Nyomáshatároló tányérszelep öngerjesztett rezgéseinek kísérleti vizsgálata

Konzulens: Dr. Hős Csaba, egyetemi docens

**10:50 Vér Gábor**

Fogyasztás-bizonytalanság hatása optimális szivattyúmenetrendekre

Konzulens: Dr. Hős Csaba, egyetemi docens

**11:10 Erdódi István**

Nyomáshatároló szelep dinamikus viselkedésének CFD vizsgálata

Konzulens: Dr. Hős Csaba, egyetemi docens

**11:30 Erdódi István**

Apróbordás hőcserélő áramlásának időfüggő szimulációja

Konzulens: Molnár Tamás Gábor

**11:50 Wágner Olivér Péter**

Gázturbina égőterének numerikus vizsgálata

Konzulens: Józsa Viktor, doktorandusz

**Buborékos áramlás modellezése döntött csatornában  
(Modelling of bubble flow in overthrown canal)**

**Boros Csanád Örs (MSc képzés, fizika szak, I. évf.)  
boroscsanadors@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Kristóf Gergely, egyetemi docens, Áramlástan Tanszék**

A dolgozat a következő elrendezést vizsgálja: két, egymással párhuzamos elektróda síklemezre feszültséget kapcsolunk, miközben a közöttük lévő elektrolitot áramoltatjuk. Az elektrolízis következtében a katódon hidrogén, az anódon oxigén gáz fejlődik. Mindeközben az anódon alumínium ionok oldódnak be az elektrolitba, melyek kolloidokat képeznek az oldott szennyező ionokkal. A kolloidok pelyhekké állnak össze, így ülepedhetővé válnak, tehát berendezésünk kiválóan alkalmas víztisztításra. A dolgozat célja, hogy a csatorna megdöntésének hatását vizsgálja a buborékok áramlására és az alumínium-ion transzportra.

## **Hengeres csövön kialakított merőleges furatok átömlési tényezőjének meghatározása**

### **(Determination of the loss coefficients of perpendicular bores in a cylindrical pipe)**

**Tomor András (MSc képzés, gépészeti modellezés szak, III. évf.)  
tomor.andras89@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Kristóf Gergely, egyetemi docens, Áramlástan Tanszék**

A műszaki élet számos területén, például uszodatechnikában, légtechnikában, víz- és szennyvízkezelésben alkalmaznak furatokkal ellátott hengeres csőből kialakított folyadékelosztó rendszereket. A folyadék bevezetés egyenletességének nagy szerepe lehet például az egyenletes tartózkodási idő megvalósításában vagy nagy örvények kialakulásának elkerülésében, ezért az egyes furatokon kiáramló folyadék mennyiségét a hidraulikai rendszer modelljéből kell meghatározni, figyelembe véve, hogy az elosztó csőben a nyomás változik. A hidraulikai modell pontossága egyben meghatározza az elosztórendszer tervezésének bizonytalanságát, melynek kompenzálására szokásos – akár az energiahatékonyság rovására is – nagyobb túlnyomást alkalmazni az elosztó vezetékben.

Vizsgálatunk tárgya egy adott átmérőjű és falvastagságú csövön kialakított kisebb átmérőjű furat hidraulikai veszteségtényezőjének meghatározása, mely a folyadék elosztó rendszerek hidraulikai modelljének leglényegesebb, legnagyobb bizonytalanságot hordozó eleme. Egyfázisú áramlás esetében a veszteségtényező (vagy átömlési tényező) négy dimenziótlan paraméter függvényének tekinthető, melyek: a csőre jellemző Reynolds-szám, a csőre és a furatra jellemző sebességek viszonya, az átmérőviszony, továbbá a cső falvastagságának és átmérőjének aránya. A szakirodalomból ismert korábbi kísérleti vizsgálatokban nem volt lehetőség e négydimenziós paramétertér megfelelő részletességgel történő feltárására a vizsgálandó esetek nagy száma miatt, ezért a korszerű háromdimenziós áramlástan szimulációs módszerek felhasználásával új megközelítést alkalmazunk a veszteségtényező meghatározására.

A furat veszteségtényezőjének meghatározására több mint 1000 háromdimenziós szimulációt végeztünk. E nagyszámú numerikus kísérlet eredményei alapján lehetőség volt a korábban alkalmazottól eltérő formalizmusra épülő, nagyobb pontosságú, mégis egyszerű korrelációk kidolgozására a mérnöki gyakorlat számára legfontosabb paramétertartományban. Javaslatot teszünk az új ellenállás modell hidraulikai modellben történő felhasználásának módjára, igazolva annak működőképességét. Az új modell korábbi módszereket meghaladó pontosságát saját laboratóriumi kísérletekkel és szakirodalmi adatokkal összevetve mutatjuk be.

## **Harmonikusan gerjesztett gázbuborék nemlineáris dinamikai vizsgálata nagy viszkozitású folyadéokban**

**(Nonlinear dynamical analysis of a harmonically excited gas bubble in a highly viscous liquid)**

**Klapcsik Kálmán (MSc képzés, gépészmérnöki szak. III. évf.)  
kalmi90@freemail.hu**

**Konzulens: Dr. Hegedűs Ferenc, adjunktus, Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék**

Kavitációs buborék összeroppanása extrém körülményeket eredményezhet úgy, mint nagy nyomás, magas hőmérséklet vagy akár lökéshullám. Ezek az áramlástechnikai gépekben és rendszerekben roncsolódást eredményeznek. Léteznek azonban olyan speciális ultrahangos technológiák, ahol a buborék összeroppanása során keletkező roncsoló hatást hasznosítják. Ezeket az ipar számos területén alkalmazzák, például élelmiszerek tartósítására; új típusú polimerek előállítására; tixotróp folyadékok viszkozitásának módosítására; kisméretű kémiai reaktorként való használatra vagy akár orvosi alkalmazásokban a rák kezelésére.

A fent említett alkalmazások motiváltak arra, hogy egyetlen harmonikusan gerjesztett gömbszimmetrikus gáz/gőz buborékot vizsgáljunk nagy viszkozitású gliceriben. A gömbszimmetrikus buborék geometriája meglehetősen erős feltételezés, azonban az így kapott eredmények jó közelítéssel érvényesek kisméretű buborékok esetén. Vizsgálataink során nagy amplitúdójú összeroppanó buborék oszcilláció után kutatunk. Cél, hogy a modern nemlineáris dinamikai elméletek és rohamosan fejlődő kifinomult numerikus módszerek, mint például pszeudó ívhossz paraméterkövetési módszer segítségével feltérképezzük azokat a paramétertartományokat, ahol a buborék fal sebessége minél nagyobb, esetleg át is lépi a folyadékbeli hangsebességet.

Az általunk vizsgált folyadék a nagy viszkozitású glicerin, amire azért esett a választás, mivel számos egészségügyi, gyógyszerészeti alapanyagban megtalálható és a buborékdinamikában fellelhető szakirodalomban kevésbé kutatott közeg. Gerjesztett rendszerről lévén szó a két legfontosabb paraméterünk a gerjesztés frekvenciája és amplitúdója. A glicerin viszkozitása közel három nagyságrenddel nagyobb, mint a vízé, aminek köszönhetően a rendszernek nagy a csillapítása. Ez megnehezíti a nagy amplitúdójú buborék lengések keresését. Mivel a viszkozitás erősen hőmérsékletfüggő, a hőmérsékletet harmadik paraméternek választottuk a vizsgálatok során.

## **Nem-párhuzamos sík-szabadsugár lokális stabilitásvizsgálata a kilépés közelében**

**(Local stability investigation of non-parallel planar jet near to the orifice)**

**Nagy Péter Tamás (MSc képzés, gépészmérnöki szak, IV. évf.)  
nuktalop@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Paál György, egyetemi docens, Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék**

A lokális stabilitásvizsgálat alapegyenlete az Orr-Sommerfeld egyenlet. Ezt az egyenletet az áramlás párhuzamosságának feltételezésével vezették le. Ebből következik az is, hogy az áramlás irányában nem változik a folyadék sebessége. Munkám során az Orr-Sommerfeld egyenlethez hasonló negyedrendű differenciál egyenletet vezettem le az áramlástan alapegyenleteiből ezen a feltételezés elhagyásával, görbevonalú koordinátarendszerben. A differenciálegyenlet megoldására az ú.n. összetett mátrix módszert (compound matrix method) használom. Az új egyenlet segítségével megvizsgálom a szabadsugár lokális stabilitását a kilépés közelében. Az eredményeket pedig összehasonlítom az Orr-Sommerfeld egyenlet megoldásával kapottakkal.

## **A Masat-1 műhold légköri visszatérésének előrejelzése (Atmospheric reentry forecasting of Masat-1 satellite)**

**Heizer Balázs (BSc képzés, gépészmérnöki szak, V. évf.)  
heizer.balazs@gmail.com**

**Őri Bence Gábor (BSc képzés, gépészmérnöki szak, V. évf.)  
ori.bence@gmail.com**

**Konzulens: Várhegyi Zsolt, doktorandusz, Áramlástan Tanszék**

Magyarország első műholdjának keringési magassága 2012. februári felbocsátása óta az igen kismértékű, de jelen lévő aerodinamikai ellenálláserő következtében folyamatosan csökken. Sűrű légkörbe érkezése és az intenzív hőhatás következtében történő megsemmisülése 2014 novembere és 2015 februárja között várható. Kutatásunk során professzionális, de könnyen elsajátítható szimulációs szoftvereszközökön alapuló eljárást dolgozunk ki, amellyel: a műhold pályája; légköri környezete; aerodinamikai, valamint hőterhelésének időbeli alakulása; ebből pedig a funkcionalitás, majd később szerkezeti megtartás szerinti tönkremenetel várható helye és ideje előre jelezhető; valamint az előrejelzések bizonytalansága – a legfontosabb paraméterek szerinti érzékenységvizsgálatokkal – számszerűen becsülhető. A kidolgozás első fázisában megismerkedünk az AGI STK professzionális űrküldetés-szimulációs szoftverrel, és néhány egyszerű oktatóanyagot keresztül elsajátítjuk a pálya-előrejelzés lépéseit. Korábbi észlelt pályaadatok feldolgozása után elkészítjük a pálya és a műholdat érő konvektív hőáram tényleges előrejelzését. A második fázisban egyszerű modellt hozunk létre MATLAB környezetben, amely a konvektív hőáram alapján előrejelzi a fedélzeti rendszerek hőmérsékletének alakulását, figyelembe véve a hő késleltetett terjedését is. Ezt a modellt azután korábbi MATLAB-modellek és fedélzeti hőmérsékletmérések és alapján finomítjuk. Kidolgozott eljárásunkat precíz dokumentációban foglaljuk össze, amely alapján az előrejelzés rendszeresen frissíthető a műhold tényleges légköri visszatéréséig.

## **Nyomáshatároló tányérszelep öngerjesztett rezgéseinek kísérleti vizsgálata (Experimental investigation of pressure relief valve)**

**Fülöp Csaba Gergő (MSc képzés, gépészmérnöki szak. II. évf.)  
fulop.csaba.gergo@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Hős Csaba, egyetemi docens, Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék**

A nyomáshatároló szelepek egyik jellegzetes működési rendellenessége a szakirodalomban „chatter”-nek nevezett rezgés, melynek során stabil nyitás helyett a szelep folyamatosan rezeg, ezzel károsítva a szelepüléket, lelazítva a csavarkötéseket illetve nyomáslengést indukálva a védendő csővezetékrendszerben. Ez a rezgés különösen súlyos probléma, azokban az esetekben, amikor a szelep beépítési környezete biztonság-kritikus (pl. földgázipar, erőművi rendszerek).

A jelenség mélyebb megismerésére és pontosabb leírására komoly ipari igény mutatkozik. A BME Hidrodinamikai Rendszerek Tanszékén már folyt kutatás ebben a témában, de mérőberendezés csak hidraulikus szelepre készült. Jelen dolgozat tárgya egy pneumatikus, direkt rugóterhelésű tányérszelep mérésére készült berendezés, és a rajta végzett mérések eredményeinek bemutatása.

Dolgozatomban körüljáróm a tervezés és műszerezés kérdéseit. Bemutatom a koncepció szakaszától a jelenleg működő berendezés elkészültéig vezető utat annak főbb állomásain keresztül, röviden ismertetem a megoldandó mérési feladatokat, a gyorsan változó mennyiségek és az erős rezgés okozta mérési nehézségeket. Fentiek magukba foglalják a szelep nyitásának pontos mérését, a nyomáshullámok időjelének meghatározását, illetve a szelepen kiáramló tömegáramra kidolgozott mérési módszert. Kitérek a tervezést és méretezést támogató matematikai modellekre és szimulációkra.

Ezek után ismertetem a mérési eredményeket, azok feldolgozásának módszereit, többek között a mért adatok frekvenciatartalmának megállapítását, vagy a tömegáram számítását tranziens körülmények között.

A mérések során különböző paraméterek hatásait is vizsgáltam; változtattam a szeleprugó előfeszítését – azaz a nyitónyomást – és két különböző merevségű rugóval is felvettem mérési sorozatokat. A berendezést egy rövid és egy hosszabb csőszakasz után építve is végeztem méréseket, ennek célja egyrészt a csőhossznak a jelek jellemző frekvenciájára gyakorolt hatásának kimutatása volt, másrészt az instabil szelep előtt kialakuló nyomáshullám alakjának meghatározása.



## **Fogyasztás-bizonytalanság hatása optimális szivattyúmenetrendekre (Influence of demand uncertainty on pump schedule optimization)**

**Vér Gábor (BSc képzés, gépészmérnöki szak, VII. évf.)  
gabor117@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Hős Csaba, egyetemi docens, Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék**

A fenntartható fejlődés sarokköve energiafelhasználásunk minimalizálása. Ez talán legkézenfekvőbb módon az iparban valósul meg, ahol a hosszútávú, fenntarthatósági kérdések szem előtt tartása - a növekvő energiaárak figyelembevételével - gyakran párosul a költségcsökkentési törekvésekkel.

Nincs ez másként a települések ivóvízellátó rendszereinek üzemeltetésénél sem. A rendszer általában adott, annak átépítése általában nehezen (vagy egyáltalán nem) kivitelezhető, jövőbeni megtérülése kérdéses. Ehelyett kézenfekvő megoldás a rendszer üzemvitelének hangolása.

A fogyasztói oldalról jelentkező - nap folyamán változó nagyságú és eloszlású - vízigény kiszolgálása már egyszerű rendszer (kút, szivattyú, víztároló medence, csövek) esetén is számos kielégítő szivattyú menetrendet enged meg. (Szivattyú menetrend alatt értjük a szivattyú(k) ki-be kapcsolásának a rendjét a vizsgált időintervallum, jellemzően 24 órára vonatkozóan.) Összetettebb rendszer esetén a lehetőségek száma gyorsan eszkalálódik, a kielégítő menetrendek közül mégis csak egy lesz energia-hatékonyságilag (ill. költséghatékonysági szempontból) optimális, ennek megtalálása az optimalizáció célja.

Dolgozatomban Sopron ivóvízhálózatának egyszerűsített modelljét vizsgáltam, különös tekintettel a fogyasztásértékek szórásának optimális szivattyúmenetrendekre és napvégi vízszintekre gyakorolt hatására. A hálózaton mért fogyasztásértékeket várható értéként felhasználva különböző szórású (pl.:1%, 5%, 20%), normál eloszlású fogyasztásadatokat generáltam és meghatároztam az optimális szivattyú menetrendeket az lp\_solve lineáris programozási célszoftver segítségével. Vizsgáltam a szivattyúk kapcsolásának gyakoriságának (1, 2 ,illetve 4 óra) hatását is. Az optimális szivattyúmenetrend meghatározásánál zónaidős villamos energia árak mellett (ld. éjszakai áram) a teljes költség minimumát kerestem.

## **Nyomáshatároló szelep dinamikus viselkedésének CFD vizsgálata (CFD simulations on the dynamics of a direct spring operated pressure relief valve)**

**Erdődi István (MSc képzés, gépészeti modellezés szak, III. évf.)  
istvan.erd@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Hős Csaba, egyetemi docens, Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék**

A nyomáshatároló szelepek célja egy rendszer nyomásának adott érték alatt tartása, ezzel megakadályozva a többi elemben az esetleges túlnyomásból származó károkat. Ebből adódóan a biztonság szempontjából kritikus szerepet töltenek be, így fontos, hogy minimális karbantartási igény mellett is nagy megbízhatósággal működőképesek legyenek. A dolgozatban vizsgált szelep egy csővégre rugóval előfeszített tányérból (zárótest) áll. A kialakítás előnye, hogy a rugó előfeszítésével a nyitónyomás egyszerűen beállítható, valamint a kevés mozgó alkatrész miatt a meghibásodás valószínűsége is alacsonyan tartható. Hátránya, hogy a megkövetelt gyors nyitás biztosítása érdekében bármilyen nemű csillapító tag beépítését a vonatkozó szabvány is tiltja. Ettől függetlenül azonban a közeg – jelen esetben levegő – csillapítása nem elhanyagolható. A szeleptányér mozgása tehát egy egyszabadságfokú, gyengén csillapított egytömegű gerjesztett lengőrendszerrel írható le.

A modellezés során a problémát a gerjesztés, azaz a szeleptányérra ható erő megállapítása okozza: egyrészt számolni kell a zárótest két oldalán eső nyomáskülönbséggel, valamint a kiáramló levegő lendületének megváltozásából adódó erővel is. Utóbbi jelentősen függ a szeleptányér elmozdulásától, és az ebből származó nemlinearitás adott esetben öngerjesztett lengésekhez is vezethet.

Az alábbi dolgozat első felében bemutatom egy adott szelep– és csőgeometria esetére végzett CFD szimulációimat különböző rögzített szelepelmozdulások és tartálynyomások mellett. Ezek célja az adott nyitásokhoz tartozó áramlási paraméterek megismerése, melyek hasznos bementként szolgálnak a gerjesztés modellezéséhez, valamint az ismeretükben az egyes munkapontok lineáris stabilitásvizsgálata is elvégezhető.

A dolgozatom második felében a CFD szimulációk során a rugó hatását és a zárótest mozgását is figyelembe veszem a háló deformációján keresztül. Az itt fellépő elmozdulások nagyobbak, mint amennyit a háló deformálódni képes, így a szimulációk során dinamikus újrahálózásra is szükség van. Előnye ennek a módszernek, hogy az összes, modellezés szempontjából releváns elem (tartály, csővég, szeleptányér, rugó) hatása megjelenik benne, így a rendelkezésünkre álló módszerek közül ettől várható a legnagyobb pontosság. Az elsődleges cél ebben az esetben is a stabilitás vizsgálata, azonban ez a módszer lehetővé teszi az esetleges stabilitásvesztés utáni viselkedés modellezését is. Ez abból a szempontból is fontos, mert a stabilitás csak a nagyobb szelepnitások esetén feltétel – a kis emelkedéseknél fellépő instabilitás ugyanis jelentősen csökkentheti a nyitáshoz szükséges időt.

## **Apróbordás hőcserélő áramlásának időfüggő szimulációja (Unsteady simulations on a slit fin heat exchanger)**

**Erdódi István (MSc képzés, gépészeti modellezés szak, III. évf.)  
istvan.erd@gmail.com**

**Konzulens: Molnár Tamás Gábor**

A hőcserélők működése szempontjából a két legfontosabb fizikai jellemző a hűtendő közeg hőmérséklet-változása és a közeg nyomásesése, a cél pedig ezek optimális szinten tartása, miközben a kisebb helyigényre és költségre is törekedni kell. A víz-levegő hőcserélők esetében problémát jelent az alacsony légoldali hőátadási tényező, amit a felületek megnövelésével – például bordákkal – lehet kompenzálni. A dolgozatban egy olyan bordázott víz-levegő hőcserélő áramlási viszonyait vizsgáltam, melynek bordáin további apróbordák vannak kialakítva. Ezek az áramlásra merőlegesen a borda elvágásával és a borda síkjából történő kinyomásával készülnek. Az apróbordák áramlástechnikai szempontból az áramlási irányhoz képest közel merőlegesen elhelyezett téglatesteknek feleltethetők meg, és elsődleges céljuk a határreteg megszakítása, ami egyben a hőátadás növekedését is eredményezi. Az alakjukból eredően azonban a mögöttük kialakuló nyom hatását is figyelembe kell venni, sűrűbb elrendezések és nagyobb Reynolds-számok esetén ugyanis ezek az apróbordák egymás leáramlási zónájába kerülhetnek [1, 2]. Az apróbordás kialakítás előnye, hogy a hőátadás javítása megvalósítható a helyigény és a költségek növekedése nélkül.

A dolgozatomban bemutatott ipari hőcserélő apróbordái egymáshoz képest oldalirányban eltolva helyezkednek el, így háromdimenziós modell felállítása volt szükséges (ez újdonság a szakirodalomban vizsgált esetekhez képest). A szimulációim során a bordák hőmérsékletét állandónak tekintettem, de a modellalkotás és a megoldó kiválasztásakor szempont volt, hogy a későbbiekben könnyen bővíthető legyen. Ebből kifolyólag az OpenFOAM chtMultiRegionSimpleFoam és chtMultiRegionFoam megoldóit használtam, melyek az egyes régiókra – jelen esetben a bordákra – lehetővé teszik a későbbiekben hőmérsékletfüggő anyagjellemzők definiálását is. Az áramkép időfüggésének megállapításához a praktikusán előforduló legnagyobb Reynolds-számon stacioner szimulációk eredményeit hasonlítottam össze instacioner szimulációk átlagolt áramképeivel, valamint az utóbbiak ingadozásait mennyiségileg is kiértékeltem. Mind a stacioner, mind az instacioner szimulációkat centrális és másodrendű szél felől súlyozott konvekciós sémával is elvégeztem.

A vizsgált Reynolds-számon mind a hőmérséklet-változásra, mind a nyomásesésre hasonló eredményeket ad a stacioner és az instacioner modell is, és ezek értékei a modellben elsősorban az alkalmazott konvekciós sémától függenek. Ez egyben azt is jelenti, hogy a keresett jellemzőket hasonló pontosság mellett a stacioner szimuláció is visszaadja, mellyel jelentős számítási kapacitások spórolhatók meg az instacioner megoldókhoz képest.

### Irodalom:

- Saidi, A., Sundén, B.: A numerical investigation of heat transfer enhancement in offset strip fin heat exchangers in self-sustained oscillatory flows. *International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow*, vol. 11, Iss: 7 pp., 699-717 (2001)
- Yang, K.S. et al.: On the heat transfer characteristics of heat sinks: Influence of fin spacing at low Reynolds number region, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 50, 2667-2674 (2007)

## **Gázturbina égőterének numerikus vizsgálata** **(Numeric study of gas turbine combustion chamber)**

**Wágner Olivér Péter (BSc képzés, gépészmérnöki szak, VI. évf.)**  
**wagneroliverp@gmail.com**

**Konzulens: Józsa Viktor, doktorandusz, Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék**

Napjainkban egyre nagyobb szerepet játszanak a gázturbinák. Az energiatermelésben és a repülésben egyaránt kiemelkedő az alkalmazásuk. Nagyon fontos részét képezi az égéstér, amely általában csöves, gyűrűs-csőves vagy gyűrűs kialakítású, és ahol a kompresszorról továbbáramló nagynyomású levegő a befecskendezett tüzelőanyaggal keveredve elég. A mai égőtér fejlesztésének célja, hogy az egyre szigorodó kibocsátási szabványoknak képes legyen megfelelni, továbbá fontos egy jó konstrukció, mivel akkor kevés kompresszorlevegőre van szükség a hűtéshez, így a légfelcsapó-tényező csökkenésével, összességében javul a körfolyamati hatásfok.

Dolgozatom keretében egy energetikai célú, 30 kW maximális teljesítményű, belső hőcserélős Capstone C-30 típusú gázüzemű mikro-gázturbina gyűrűs égőterének numerikus vizsgálatát végzem. Megkísérlem a valósághoz közeli szimulációs környezet teremtését, hogy használható eredményeket kapjunk, melyek a valós mérésekkel összehasonlíthatóak. A vizsgálat során kirajzolódik az égési folyamat, az égőtér hőterképe, és a turbinára lépő nyomás és hőmérsékletprofil. Ez utolsó bír a legnagyobb jelentőséggel, hiszen, ha, az elég homogén, akkor a turbinalapátok terhelése egyenletes lesz. Így nagyobb átlagos hőtartalmú közeget tudunk a turbinára engedni, anélkül, hogy a lapátok elégnének., ezáltal magasabb a turbina teljes hatásfoka. A kiértékelés során továbbá, más szerzők által végzett CFD szimulációs elvekkkel hasonlítható össze az általam használt módszer.

A modell felépítésekor a geometriát boroszkóppal való feltérképezés, korábbi szereléskor készített képek és védett szabványok alapján definiáltam. A térbeli diszkretizáció (hálózás) automatikus megoldóval történt, mivel igen komplex a geometriánk. A cél egyértelműen az, hogy a belső égési folyamatot megismerjük, valamint a különböző tüzelési viszonyok alapján javaslatot tegyünk a tüztér modernizálására. Továbbá a modellt előkészítjük más tüzelőanyagok vizsgálatára is. Itt főként a megújuló az érdekesek. Továbbá a célunk majd a későbbiekben az, hogy a károsanyag-kibocsátással is foglalkozzunk. Erre a szigorú jogi előírások miatt van szükség.



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR

## BIOMECHATRONIKA

Helyszín: Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék, D épület 423.  
Időpont: 2014. november 11. 9:00  
Elnök: Dr. Kiss Rita, egyetemi docens  
Titkár: Lőrinczi Ottó Botond, PhD hallgató  
Tagok: Dr. Aradi Petra, egyetemi docens  
Dr. Wenzelné Gerőfy Klára, egyetemi magántanár  
Dr. Samu Krisztián, egyetemi docens

### **9:00 Bálint Balázs, Beregi Richárd József**

Szociális robot visekedés modellje és szimulációja.

Konzulensek: Dr. Korondi Péter, egyetemi tanár  
Korcsok Beáta, PhD hallgató

### **9:20 Somló Kinga**

Humán ízületek modellezése mechanizmusokkal.

Konzulens: Dr. Kiss Rita, egyetemi docens

### **9:40 Szekeres Kornél**

Szoftverfejlesztés emberi kéz gesztusának felismerésére.

Konzulensek: Dr. Korondi Péter, egyetemi tanár  
Tóth András, tudományos segédmunkatárs  
Dr. Csorba Kristóf, adjunktus

### **10:00 Kristóf Tamás, Jáger Bence, Dolezsál Szabolcs Szilárd**

Gerincalak matematikai leírása folytonos függvényekkel in-vivo, nem-radiológiai módszerek eredményeinek felhasználásával.

Konzulensek: Dr. Kiss Rita, egyetemi docens  
Dr. Tamás Péter, egyetemi docens

**10:20 Pásztori Zsolt**

Az influenza vírus terjedésének szimulációja.

Konzulens: Dr. Aradi Petra, egyetemi docens

**10:40 Havlik Tamás**

Vércukorszint monitoring és predikciós rendszer fejlesztése.

Konzulens: Dr. Fekete Róbert Tamás, adjunktus

**11:00 Simon Ádám**

Magno- és parvocelluláris ON és OFF látóideg-pályák vizsgálata.

Konzulensek: Dr.Samu Krisztián, egyetemi docens  
Dr.Nagy Balázs Vince, adjunktus

## **Szociális robot viselkedés modellje és szimulációja** **(Social robot behaviour model and simulation)**

**Bálint Balázs MSc I. évf., balazs.balint.11@gmail.com,**  
**Beregi Richárd József MSc I. évf., brikijo@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Korondi Péter, MTA doktora, egyetemi tanár, MOGI Tanszék**  
**Korcok Beáta, PhD hallgató, MOGI Tanszék**

TDK dolgozatunk célkitűzése a mai fejlesztési irányvonalaknak megfelelően egy emberekkel interakcióba lépő szociális robot viselkedési modelljének felépítése és parametrizálása volt. Ezen túl egy szimulációs programot is megvalósítottunk, amelyben az emberi felhasználó által megadott körülményekre az absztrakt élőlény modell megfelelő viselkedés mintázattal és érzelemszerű reakcióval válaszol.

Az ötlet az előző félévi Biomechatronikai modellezés és szimuláció tárgy keretein belül elvégzett projektfeladat továbbgondolásából, bővítéséből és fejlesztéséből származik. A feladat kiírásának megfelelően akkor szoftveresen megvalósítottunk egy egyszerűbb modellt, amely képes volt alapvető viselkedések szimulálására a bemenetek alapján.

A modellt implementáltuk egy szimulációs programban, melyet .Net környezetben Microsoft Visual Studio 2012 segítségével készítettünk el. Választásunk okát a környezet elterjedtsége és modularitása indokolta, valamint, hogy a későbbiekben lehetőséget biztosít fizikai bemenetek és kimenetek interfészeinek kialakítására.

A modell tartalmaz bemeneti-, kimeneti- és belső állapotváltozókat, amelyek fuzzy logika szerint vannak értelmezve, és közöttük a szakirodalom alapján saját magunk által felírt fuzzy relációs-mátrixok teremtenek kapcsolatot.

TDK munkánk további célkitűzése volt, hogy a robotika határterületét, az etológiai megközelítésű etorobotikát a mechatronika eszköztárával több mérnöki szempontból is megvizsgáljuk, és egy olyan modellt alkossunk, amely a későbbiekben széleskörűen alkalmazható lesz emberekkel interakcióba kerülő autonóm robotok viselkedésének modellezésére.

Célunk ezen felül ajánlást tenni a fizikai megvalósítás egyes elemeire is, melyek a modell működése szempontjából lényegesek. Ezen túl modellünk hatékony alkalmazásához szükséges az általunk definiált szabályrendszer pontos ismerete is, hogy a fizikai bemenetek és kimenetek kialakíthatóak legyenek.

Munkánkhoz felhasználtuk a Microsoft Visual Studio 2012 szoftvert, szimulációs programunkat pedig .Net környezetben készítettük el.

## **Humán ízületek modellezése mechanizmusokkal (Modelling the Mechanisms of Human Joints)**

**Somló Kinga BSc III. évf.,  
somlokinga@gmail.com**

Konzulens: Dr. habil Kiss Rita, MTA doktora, egyetemi docens, MOGI Tanszék

Az emberi szervezetben található valódi ízületek, azaz kettő vagy több csont elmozduló kapcsolata, különböző típusú mechanizmussal is modellezhető. A dolgozat célja néhány humán ízület anatómiai bemutatás után, a szabadságfokok, mozgásirányok részletes elemzése alapján, az ízület mozgását modellező mechanizmusok összeállítása. A mechanizmus definíciójából is következik, hogy első sorban a merevtestekre fókuszálunk, így az izmok és a szalagok szerepére nem térünk ki. Az egyenértékű mechanizmusok mozgásának szimulációja Adams VIEW nevű program segítségével történik. A dolgozatban részletesen a mellkas légzés közbeni mozgását, a hüvelykujj és a bokaízület mozgását modellezem, különböző típusú mechanizmusokkal.

A mellkas mozgásának modellezésekor a háti csigolyák, szegycsont és a bordák viselkednek merev testként, míg a rugalmasan viselkedő bordaporc szerepe különös figyelmet érdemel. A dolgozatban a merevnek tekintett bordaporc és meghatározott mozgásra képes bordaporc szerepének elemzésére kerül sor.

Az állatvilágban általában – a majmok kivételével – a mellső és hátsó végtagok szerepe lényegesen nem tér el. Az ember az első olyan élőlény, akinél a precíz mozgások kivitelezése és a két lábon állás, járás következtében, az alsó és a felső végtag felépítése és funkciója lényegesen eltér. Felső végtagunk összesen hét szabadságfokkal rendelkezik: három a váll, egy a könyök, kettő a csukló ízületben, a hetedik pedig az alkar axiális rotációja, amely két ízülethez (a csuklóhoz és a könyökhöz) is szorosan kapcsolódik. Az alkar csontjai, azaz az orsócsont és a singcsont tudja biztosítani az alkari pronáció és szupináció mozgást. E két mozgás, a csukló rotációs mozgásaival kiegészülve eredményezi, hogy a felső végtag és a kéz a térben bármilyen helyzetet fel tud venni. Dolgozatomban bemutatom az alkari pronáció-szupináció és a csukló rotációs mozgását modellező mechanizmust.

Egyedül az emberi hüvelykujj képes a többi ujjal való szembefordulásra, ezzel biztosítva a fogást és precíz pozicionálást. A hüvelykujj széles mozgástartományát és különböző mozgásirányait csak több szabadságfokú ízületekkel valósítható meg, ezzel a témával kapcsolatban a több szabadságfokú nyeregízület mechanizmusa kerül elemzésre.

Az alsó végtagnak két fontos feladata van, a teherátadás és a haladó mozgás biztosítása. A járásban, futásban és a különböző sportmozgásokban a láb pozicionálása nélkülözhetetlen. Az alsó végtag esetén a fogás nem játszik szerepet, így a csukló és a boka felépítése eltérő. A boka két tengelykörüli elfordulását biztosító mechanizmus alapján mutatom be a precíz mozgás létrehozását.

A dolgozatban néhány humán ízület elemzése alapján ismertetem és szemléltetem a mechanizmusokkal történő modellezés lehetőségét. Ennek a szemléltetésen kívül a protézistervezésben van fontos szerepe.



## **Szoftverfejlesztés emberi kéz gesztusának felismerésére (Software Development for Human Hand Gesture Recognition)**

**Szekeres Kornél MSc III. évf.,  
szekereskornel@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Korondi Péter, MTA doktora, egyetemi tanár, MOGI Tanszék  
Tóth András, tudományos segédmunkatárs, Irányítástechnika és Informatika Tanszék  
Dr. Csorba Kristóf, adjunktus, Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszék**

A mindennapokban egyre nagyobb szerepet kapnak az okostelefonok. Ott lapulnak mindenki zsebében és egyre gyakrabban használjuk őket. Az eszközünk fő beviteli perifériája az érintőképernyő, de emellett egyéb módszerek is léteznek: gomb, mikrofon és kamera. Az utóbbiakat kevésbé használjuk, de kutatók kivételes fejlődést értek el emberi hang és gesztusok érzékelésében. Napjainkban főként a gesztusokra fókuszálnak a fejlesztések: a fő cél minél pontosabban és megbízhatóbban értelmezni az emberi mozdulatokat, hogy ezzel egy felhasználóbarát módszert kapjunk az eszközünkkel való kommunikációhoz. Lehetséges, hogy a jövőben a gesztus alapú kommunikáció fogja felváltani az érintőképernyőt, ezért én is csatlakoztam a kutatásokhoz, és munkám során egy saját utat próbáltam ki.

A projekt célja egy olyan telefonos program írása, amely képes stabilan érzékelni a főbb kézi gesztusokat, nappal és éjszaka is. Követelmény volt, hogy alacsony erőforrás igényű legyen, hogy átlagos kamerás telefonon is fusson. Többféle megoldást is készítettek erre a problémára és rengeteg példa videó található meg az Interneten. Ezek közül, ami szabadon felhasználható, egyik sem felelt meg: nem volt elég megbízható, vagy túl sok erőforrást igényelt, ezért egy saját felismerő írása mellett döntöttem. Ki kellett szűrni a környezet zavaró hatásait és lehetőséget biztosítani a működésre mozgás közben is. Az algoritmus a következő főbb lépésekből áll: emberi bőrszín szűrése, kézfelület megkeresése, zajszűrés, skeleton keresés, ujjak keresése és gesztus érzékelése.

A munkámat Android környezetre írtam meg és az OpenCV osztálykönyvtárat használtam fel. A felismerő motorhoz a C++ nyelvet választottam a nagyobb hatékonyság és sebesség érdekében. Külső függvények helyett saját képfeldolgozó algoritmusokat készítettem, szakítva a hagyományos OpenCV kézi gesztus érzékelővel, amellyel jelentősen fel tudtam gyorsítani a képfeldolgozást, valamint maximalizáltam a kinyert információkat. A függvények összehangolásával sikerült minimalizálni a felesleges műveletek számát. Az általam írt kódrészletek integrálásával egy újszerű és hatékony megoldást készítettem.

**Gerincalak matematikai leírása folytonos függvényekkel in-vivo, nem-radiológiai módszerek eredményeinek felhasználásával**

**(Mathematical description of spinal curvature with continuous functions, using in-vivo, non-radiological methods results)**

**Kristóf Tamás MSc I. évf., [tamas222@gmail.com](mailto:tamas222@gmail.com),  
Jáger Bence MSc II évf., [beniszeged@gmail.com](mailto:beniszeged@gmail.com),  
Dolezsál Szabolcs Szilárd MSc I. évf., [dolezsal@gmail.com](mailto:dolezsal@gmail.com)**

**Konzulens: Dr. habil Kiss Rita, MTA doktora, egyetemi docens, MOGI Tanszék  
Dr. Tamás Péter, egyetemi docens, MOGI Tanszék**

A gerincalak meghatározásának legrégebbi és legpontosabb módja a kétirányú röntgenfelvételek készítése, mely magas sugárterhelése miatt súlyos betegségek esetén (pl.: scoliosis) is csak évente egyszer végezhető el. Emiatt MRI és CT felvételeket is használnak a gerinc állapotának rögzítésére, de ezek ismétlési gyakorisága is korlátozott. A gerinc elváltozások konzervatív kezelése esetén elengedhetetlen a folyamatos ellenőrzés, így egyre több olyan in-vivo alternatív módszert fejlesztésén dolgoznak a kutatók. A különböző optikai- (Moiré módszer), elektromágnes- (Spinal Mouse), vagy ultrahang-alapú (Zebris) mérőeszközök segítségével a gerinc alakja megfelelő pontossággal felvehető röntgenterhelés nélkül.

A gerincalakját az orvosi gyakorlat a – röntgenfelvételeken megszokott módot követve – háti (thoracalis) kyphosis és a deréki (lumbalis) lordosis Cobb fokokkal jellemzi. A Cobb fokok elterjedését mutatja, hogy a különböző elváltozásokhoz tartozó szög tartományok is e szögértékhez vannak kalibrálva. A Cobb fokok nagymértékű elterjedése ellenére sincs egyértelműen definiálva, valamint lényegesen függ a vetítés irányától. Ennek következtében a változások folyamata nem jól követhető (általában 7-8° mértékű elváltozás sem detektálható).

Az alternatív gerincvizsgáló módszerekkel végzett vizsgálatok irodalomban található eredményeinek értékelése alapján megállapítható, hogy az alternatív gerincvizsgáló rendszerek a gerincalakját nagyon sok pont térbeli koordinátájából határozzák meg. Így célszerűnek látszik, hogy a gerincalakját a térbeli koordinátákra illesztett görbék egyenletével jellemezzük. A dolgozat célja, hogy a különböző gerincvizsgáló (SpinalMouse és Zebris) rendszerek esetén meghatározzuk a legkedvezőbb illesztési módszert és a kapott eredményeket hitelesítsük.

## **Az influenza vírus terjedésének szimulációja (Simulation of the influenza virus's spread)**

**Pásztori Zsolt BSc III. évf.  
valikund@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Aradi Petra, egyetemi docens, MOGI Tanszék**

Korunk egyik leggyakoribb és emiatt rendkívül nagy gazdasági és egészségügyi jelentőséggel bíró fertőző betegségét az influenza vírus okozza. Maga a jelenleg éves rendszerességgel előforduló influenza vírus nem jár jelentős halálos áldozatokkal, viszont gazdasági hatása a betegszabadságban eltöltött napok miatt jelentős. A vírusnak viszont vannak nagyságrendekkel veszélyesebb fajtái is, ilyenre példa a madárinfluenza, ez a változat bármikor egy az 1918-as spanyolnátha járványt is meghaladó járványt okozhat.

Jelenleg a rendelkezésünkre álló technológia nem teszi lehetővé egy világméretű járvány kezelését, hiszen sem tökéletes, az antibiotikumokhoz hasonló hatásfokú gyógyszerrel, se megelőző oltással nem rendelkezünk az influenza vírus ellen. Emiatt előtérbe kerülnek az influenzával szemben azok a módszerek, amelyek kevésbé koncentrálnak az egyénre, inkább a lakossággal, mint stasztikai csoportokkal foglalkoznak, és így igyekeznek meggátolni a betegség továbbterjedését, és világméretű járvánnyá vallását.

A dolgozat szimulációit a National Instruments cég LabVIEW programjával végeztem. A szimulációkat egy a felhasználó által generált térképen hajtottam végre, majd pedig a járvány elleni egyes intézkedések hatásosságát vizsgáltam a populáción. Az ellenintézkedések számos lehetőségét megvizsgáltam kezdve a karantén megoldáson át az influenza oltásig, a lehetséges gyakorlatban is megvalósítható ellenlépésekig, továbbá ezek egymásra hatását is vizsgáltam.

A szimuláció legnagyobb előnye, hogy a felhasználó az általa kreált térképen tudja szabadon kipróbálni a lehetséges ellenintézkedéseket, és ezek hatásosságát könnyedén megvizsgálhatja. Nagyobb statisztikai minta bevitelével, valós térképek használatával pedig a program a gyakorlatban is felhasználhatóvá válhat a járvány előrejelzéséhez, hasonlóan a meteorológiai előrejelzéséhez.

## **Vércukorszint monitoring és predikciós rendszer fejlesztése (Blood-sugar level monitoring and prediction system development)**

**Havlik Tamás BSc IV. évf.  
havliktomi@hotmail.com**

**Konzulens: Dr. Fekete Róbert Tamás, adjunktus, MOGI Tanszék**

A kutatás során egy olyan szakértői rendszer fejlesztése a cél, amely a különböző faktorok alapján a vércukorszint előrejelzésére képes, továbbá lehetőséget biztosít a páciensnek szénhidrát, inzulin és testmozgás egyszerű adatbevitelére. A rögzített adatokból a rendszer optimális minimum keresési módszerekkel meghatározza a vércukor szintet befolyásoló faktorok közelítő görbéinek paramétereit. Az inzulin és szénhidrát hatásgörbéket irodalmi források alapján, általános paraméterezéssel leírt görbével közelítjük. Fontos kérdés, hogy a paraméter keresés során sok torzító tényezővel kell számolni (környezeti hatások, bioritmus, nem fiziológiás állapotok, stb.). Kutatásunk fő célja tehát egy az emberi vércukorszintet szimuláló, tanuló rendszer elkészítése, amelynek segítségével a cukorbetegség életminősége jelentősen javítható, hiszen egyszerűen több és rendezettebb információ áll rendelkezésükre a jövőbeli vércukorszintjükkel kapcsolatban, ezzel javítva a mindennapok tervezhetőségét.

Irodalom:

1. Russell Stuart, Norvig Peter, Mesterséges Intelligencia Modern megközelítésben, Hungarian Translation Panem Könyvkiadó, (2005)
2. [http://www.ema.europa.eu/docs/hu\\_HU/document\\_library/EPAR\\_-\\_Product\\_Information/human/000528/WC500036662.pdf](http://www.ema.europa.eu/docs/hu_HU/document_library/EPAR_-_Product_Information/human/000528/WC500036662.pdf)
3. [http://www.ema.europa.eu/docs/hu\\_HU/document\\_library/EPAR\\_-\\_Product\\_Information/human/000258/WC500030372.pdf](http://www.ema.europa.eu/docs/hu_HU/document_library/EPAR_-_Product_Information/human/000258/WC500030372.pdf)

**Magno- és parvocelluláris ON és OFF látóideg-pályák vizsgálata**  
**(The examination of magno and parvocellular ON and OFF optic nerves)**

**Simon Ádám BSc IV. évf.,**  
**simonadam@vipmail.hu**

**Konzulens: Dr.Samu Krisztián, egyetemi docens, MOGI Tanszék**  
**Dr.Nagy Balázs Vince, adjunktus, MOGI Tanszék**

A feladat célja fény bekapcsolására és kikapcsolására érzékeny magno- és parvocelluláris látóideg-pályák elválasztása a Cambridge Research Systems Visage nevű rendszer segítségével elkészült programmal.

A magnocelluláris pályák az kisebb, a parvocellulárisok pedig a nagyobb kontrasztra és térfrekvenciára érzékenyek. Egyes látásfunkciókat érintő betegségek esetén, ha külön stimulálni tudjuk ezeket a látóideg-pályákat, akkor létrehozhatunk egy olyan tesztet, amivel megállapíthatjuk, hogy egy tesztalany normális vagy attól eltérő látással rendelkezik-e. A magno- és parvocelluláris idegpályák pszichofizikai úton való elválasztása bonyolult, de a Visage lehetővé teszi a szükséges stimuláció létrehozását.

A Visage hardver grafikai függvények tárolására és azok használatával írt programok eredményének megjelenítésére való. A Visage egy speciális videokártyán keresztül kapcsolódik a PC-hez, amin a programozás folyik, továbbá összeköttetésben áll másik CRT monitorral, amin a stimulus objektumokat jeleníti meg. A függvényeket többféle programnyelvben lehet megadni, amennyiben meghívjuk a Visage könyvtárat. A célprogramot Delphi 7-ben írom. A vizsgálandó személy a Visage-hoz tartozó négy gombos távkapcsolóval válaszol. A program a tesztalanyok válaszai alapján közöl eredményt, ami kettő kontrasztérték lesz. A nagyobbik a parvocelluláris, a kisebbik a magnocelluláris érzékelés küszöbértéke lesz. Így egy egészséges embercsoport vizsgálata után megadható ezeknek az értékeknek az eloszlása normális látásfunkciók mellett.

A feladat alapját a sao paulo-i egyetem kutatása adja. Ha valóban az elvárt eredményt adja az elkészült program, akkor további orvosi és szoftveres fejlesztéssel gyorsabban lehet diagnosztizálni olyan betegségeket, amik a látásfunkciók romlását eredményezik.





BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR

## **ENERGETIKA 1.**

- környezetvédelem, megújuló energiák, energetikai berendezések -

Helyszín: Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék D218 terem

Időpont: 2014. november 11. 8:30

Elnök: Dr. Lezsovits Ferenc, egyetemi docens

Titkár: Buzea Klaudia, doktorandusz

Tag: Dr. Korényi Zoltán, c. egyetemi docens

Dr. Maiyaleh Tarek, egyetemi docens

### **8:30 Kiss Bálint Zoltán**

Az NO<sub>x</sub>-kibocsátás csökkentése érdekében tett intézkedések gyakorlati megvalósítása a Mátrai Erőműben

Konzulens: Dr. Gács Iván, egyetemi docens

### **8:50 Takács Borbála**

Háztartási méretű fotovoltaiikus termelés értékelése

Konzulens: Dr. Gács Iván, egyetemi docens

### **9:10 Deák Gergely**

Korszerű Diesel járműmotorok érzékelői

Konzulens: Dr. Meggyes Attila, egyetemi tanár

### **9:30 Mayer Martin János, Nyerges Viktor, Schróth Ádám**

Geotermikus erőmű illesztése kimerült szénhidrogén kutakhoz

Konzulensek: Dr. Ósz János, egyetemi docens  
Gronoewsky Axel, tudományos segédmunkatárs

### **9:50 Pesti Márton**

Biológiai alapú, energetikai célú gáztermelés lehetséges irányvonalai Magyarországon

Konzulens: Dr. Ósz János, egyetemi docens

**10:10 SZÜNET**

**10:30 Tóth Áron**

Gázturbina égő lángstabilitásának mérési vizsgálata

Konzulens: Józsa Viktor, doktorandusz

**10:50 Cser Tamás**

Kétütemű benzinmotor gázcserejének modellezése

Konzulens: Lukács Kristóf, tanársegéd

**11:10 Herczeg András**

Új eljárás a bioenergetikában

Konzulens: Dr. Parti Mihály, nyug. egyetemi tanár



## **Az NO<sub>x</sub>-kibocsátás csökkentése érdekében tett intézkedések gyakorlati megvalósítása a Mátrai Erőműben**

**(The implementations of measures to reduce NO<sub>x</sub> emission at Mátra Power Plant)**

**Kiss Bálint Zoltán BSc III. évf.  
kiss.balint.zoltan@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Gács Iván, egyetemi docens, Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék**

Magyarország második legnagyobb bruttó beépített villamos teljesítményű erőműve a Mátrai Erőmű, amely a 950 MW-os teljesítményének legnagyobb részét a Visontán és Bükkábrányban található külszíni fejtésű bányákból kinyert lignitből fedezi. A lignit eltüzelésekor számos, a környezetre káros hatású légszennyező anyag is keletkezik, amelyek közül elsősorban a nitrogén-oxid emisszióját vizsgáltam. Az NO<sub>x</sub> egészségkárosító hatása mellett többek közt savas esőt, fotokémiai szmogot okoz és hozzájárul az ózonréteg bontásához, ezért a kibocsátási határértékét jogszabályok rögzítik. Ezt az aktuális, 2016. január elsején életbe lépő 2010/75/EU irányelv az ipari kibocsátásokról (IED), illetve az ennek Magyarországon megfelelő 110/2013. (XII. 4.) VM rendelet 200 mg/Nm<sup>3</sup>-ben határozta meg a legalább 50 MW<sub>th</sub> teljes névleges bemenő hőteljesítményű széntüzelésű erőművekre.

A Mátrai Erőmű az előírások betartása érdekében a társaság fennmaradását célzó stratégiai lépéseket volt kénytelen meghozni. A nitrogén-oxid keletkezési feltételeit megszüntető primer, elsődleges intézkedések már 1998-ban elkezdődtek, amikor is teljesítmény- és élettartam-növelést hajtottak végre a III., IV. és V. blokkon, majd ezt követték 2008 és 2010 között a IV-es és V-ös blokkon végzett tüzelőköri átalakítások. A mérések során kiderült, hogy ezen intézkedésekkel nem lehet tartósan és üzembiztosan tartani az előírt határértéket, így további eljárásokhoz kellett folyamodni. Ekkor kerültek előtérbe a szekunder beavatkozás eszközei, amelyekkel a már képződött NO<sub>x</sub>-et választják le a füstgázból. Az erőmű 2011-ben egy SNCR (szelektív nem katalitikus redukció) kísérletet végzett a III-as blokkon, ott, ahol nem történtek meg a tüzelőköri átalakítások. A teszt során sikerült tartani a határértéket, amelynek nyomán 2013-ban, illetve 2014-ben beépítésre került a rendszer a három blokkba.

A dolgozatomban sorra veszem az említett nitrogén-oxid-emissziót csökkentő primer és szekunder eljárások elméleti hátterét és részletesen bemutatom megvalósulásukat a Mátrai Erőmű példáján keresztül.

## **Háztartási méretű fotovoltaikus termelés értékelése (Evaluation of household size photovoltaic production)**

**Takács Borbála BSc. IV. évfolyam  
takacs.borbala@outlook.com**

**Konzulens: Dr. Gács Iván, Energetikai Gépek és rendszerek Tanszék**

A megújuló alapú energiaforrások egyre nagyobb szerepet játszanak a világ energiatermelésében. Az Európai Unióban először 2009-ben határoztak meg irányelveket a megújulók fejlesztésének céljából. Jelenleg ezek az új technológiák nem képesek önállóan felvenni a versenyt a konvencionális energiatermeléssel, ezért az országok különböző támogatási rendszereket alkotta az elterjedésük megkönnyítésére vonatkozóan. A támogatásoknak köszönhetően a legtöbb helyen a háztartási villanyár növekedése figyelhető meg, ami arra ösztönzi az embereket, hogy önállósodni próbáljanak a hálózattól és háztartási méretű kis erőművekkel, főleg napelemekkel próbálják maguknak megtermelni a szükséges energiát

Az Európai Unióban többféle támogatási és elszámolási rendszer is létezik. Magyarországon az úgynevezett nettó elszámolás vonatkozik a háztartási méretű kis erőművekre, ami lényegében annyit jelent, hogy vesznek egy hosszabb periódust (jellemzően egy hónap vagy egy év) és ezen belül nettósítják az energiaforgalmat, azaz a vételezett energiamennyiségből levonják a hálózatba betáplált mennyiséget és a számlázás alapja az így kapott egyenleg. Ez a fajta elszámolás nem nyújt fedezetet a valóságos termelésre, mert a hálózathasználati díj csak a napelem összes termelését meghaladó villamosenergia-fogyasztásra kerül felszámolásra, az az a hálózat, mint egy ingyenes tároló jelenik meg a fogyasztó számára. Jelenleg az így okozott veszteség nem jelentős, de a tömeges elterjedés esetén komoly hatása lehet ennek az elosztó hálózatra és a tarifákra.

Érdeemes elgondolkodni egy másik, Európában több helyen használt elszámolási rendszer, a klasszikus elszámolás bevezetésén. Ebben az esetben a hálózatra táplált és onnan vételezett energia elszámolása teljesen elkülönül, azaz a hálózatba táplált összes villamos energiáért megkapja a termelő az érvényes tarifát, viszont az összes vételezett energia költségét ki kell fizetnie.

Dolgozatomban részletesen bemutatom a fent említett elszámolási rendszereket és megnézem a hálózat szempontjából felmerülő problémákat a napelemek tömeges elterjedése esetén. Illetve vizsgálom azt is, hogy egy háztartást nézve mit jelentenek a különböző elszámolási rendszerek.

### Irodalom:

- [1] Adigbi, P; Richter, J.: *Umsaffende EEG-Reform sollte Anreize zur effizienten Vermarktung schaffen*. *Energiewirtschaftliche Tagesfragen*, 64. k. 4. sz. p. 30-33.
- [2] Dr. Stróbl Alajos 2014 *Támogatások a villamosenergia-ellátásban*
- [3] Farkas Dávid, Kövágó Katalin *A háztartási méretű napelemes termelés felfutásának gazdasági hatásai*, *Elektrotechnika* 2014/05 10-13.

## **Korszerű Diesel járműmotorok elektronikus érzékelői**

### **(Sensors of Modern Diesel Vehicle Engines)**

**Deák Gergely MSc IV. évf.**  
**deakgrg@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Meggyes Atilla, egyetemi tanár, Energetikai Gépek és Rendszerek  
Tanszék**

A TDK dolgozat célkitűzése a modern Diesel üzemű járműmotorok emisszió csökkentő eljárásainak, valamint ezek működéséhez elengedhetetlen fontosságú érzékelők bemutatása. Ismertetem a károsanyagok képződését befolyásoló tényezőket a Diesel üzemű belsőégésű motorok esetében, megemlítve az emissziók környezetre gyakorolt hatásait. [1] Továbbá bemutatom egy mai, korszerű, Diesel motor emisszió csökkentő eljárásait. Ismertetem a jelenleg alkalmazott motorikus és motor utáni károsanyag kibocsátást csökkentő eljárásokat, valamint ezek működési elvét és hatékonyságukat. Ennek keretén belül foglalkozom kipufogógáz visszavezetéssel, közvetlen üzemanyag befecskendezés hatásával, oxidációs katalizátorral, részecskeszűrővel, NOx szelektív katalizátorral. Kiemelten kezelem ezen megoldások szabályzási rendszerét, valamint az ehhez szükséges szenzorok szerepét. [2] Részletesen foglalkozom az emisszió csökkentés szempontjából releváns, modern érzékelők mérési elvével és felépítésével. Bemutatom a kipufogórendszerbe épített nyomás és hőmérséklet szenzorokat. Bővebben ismertetem a lambda szondák típusait, ezek felépítés és működésbeli különbségeit, valamint külön kitérek a NOx szondára. [3]

#### Irodalom:

- [1] Kalmár István, Stukovszky Zsolt, (1998), *Belsőégésű motorok folyamatai*, Műegyetemi kiadó, Budapest
- [2] BMW service, Technical Training Advanced Diesel with BluePerformance
- [3] Robert Bosch GmbH szerzői kollektíva, (2008), *Szenzorok a gépjárművekben*, Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft., ISBN: 963000586

## **Geotermikus erőmű illesztése kimerült szénhidrogén kutakhoz (Fitting of a geothermal power plant to depleted hydrocarbon wells)**

**Mayer Martin János MSc I. évf., Nyerges Viktor MSc I. évf., Schróth Ádám MSc I. évf.  
geomasters@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Ósz János, egyetemi docens, Energetikai Gépek és Rendszerek  
Tanszék, Groniewsky Axel, tudományos segédmunkatárs, Energetikai Gépek és  
Rendszerek Tanszék**

Napjainkban egyre nagyobb szerepet kap a megújuló energiaforrások kiaknázásának fontossága. Magyarország jelentős geotermikus potenciállal rendelkezik, ezért érdemes ezen a területen új technológiák után kutatni. Eddig nagyrészt hőtermelésre hasznosították, mivel kezdő paraméterei igen szerények, azonban a geotermikus kutatások jelentős része foglalkozik már a földhő alapú villamosenergia-termelés problémájának megoldásával.

A villamosenergia-termelésre való felhasználás egyik megoldása lehet, hogy mesterséges földhő rendszereket alakítanak ki a kőzetek mélyén és ez szolgál energiaforrásként.

Dolgozatunkban célunk egy olyan energiaátalakítási technológia megtervezése, melyhez az ország területén megtalálható kimerült szénhidrogén kutak hőcserélőként szolgálhatnak. A kutak bélésűcsövét alul perforálás nélkül lezárják, a belsejébe pedig koaxiális kialakításban egy termelőcső kerül. A geotermikus fluidum a bélésűcsőben áramlik a cső talppontja felé, miközben felmelegszik, majd a talppont közelében halmazállapotot vált, és a belül elhelyezkedő termelőcsőben a felszínre tör. Dolgozatunkban célunk, hogy a kútra egy ORC villamosenergia-termelő egységet illesszünk. Mivel a szénhidrogénkutak már rendelkezésre állnak így jelentős költség megtakarítható az új kutak fúrásának költségessége miatt, s ezzel versenyképesebb lehet a geotermikus energia hasznosítása. Megvizsgáltuk a környezeti hőmérséklet változásának hatását az erőmű üzemvitelére. A nyári időszakban az expanziót követően egyelőre problémás a közeg visszahűtése, mivel a kutak többsége vízhiányos területen helyezkedik el és így a kondenzátor hűtőközege csak levegő lehet. Így az egyik legfőbb feladatunk a nyári időszakban a hőelvonás problémájára megoldást találni. Az optimális koaxiális csőátmérő meghatározása szintén sarkalatos pontja dolgozatunknak, mivel ezáltal kapjuk meg legkedvezőbb kezdőparamétereket.

Dolgozatunkban gazdasági elemzést is végeztünk a beruházás megtérülésére és egyéb gazdasági mutatóira.

## **Biológiai alapú, energetikai célú gáztermelés lehetséges irányvonalai Magyarországon**

**(The possible trends of biological based gas production for energetical  
purposes)**

**Pesti Márton, BSc III. évf.  
marci1993@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Ósz János, egyetemi docens, Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék**

Napjaink egyre égetőbb kérdése, hogy hogyan lehet kiváltani a fosszilis energiahordozókra épülő villamos energia és üzemanyag termelést, annak ellenére, hogy a legóvatosabb becslések szerint is mindhárom fő, fosszilis energiahordozóból (szén, kőolaj, földgáz) legalább 40 évnnyi felhasználásra elegendő készlet áll rendelkezésre. Az elkövetkező körülbelüli fél évszázad során olyan fenntartható technológiák kutatását kell célul kitűzni, amelyek képesek az esetleges kimerülő készletekből származó szekunder energiahordozók kiesését pótolni. Mindemellett Magyarország fosszilis készleteit tekintve belátható, hogy hazánk szempontjából olyan megoldást kell keresni, amely elősegíti az ország energiaellátásának diverzifikációját. A fentebb említett energiahordozók egyik alternatíváját és a hazai helyzet egy lehetséges megoldását jelenthetik a biológiai úton előállított, megújulónak tekinthető gázok, nevezetesen a biogáz, illetve a biohidrogén.

A dolgozatom célja a fentebb említett két gáz Magyarországon történő előállítási és felhasználási lehetőségeinek vizsgálata. A kutatás során először hazánk jelenlegi biogáz termelési módszereit, azok gazdaságosságát és a rendszer hibáit mutatom be, majd az országban fellelhető biogázok termelésére szolgáló alapanyagok rövid, mennyiségi áttekintésére törekszem. Ezek után a jelenleg is folyó kutatásokat is figyelembe véve megpróbálom összegezni azon gáztermelési metódusokat és energetikai felhasználásaikat, amelyek a jövőben életképesek és gazdaságosak lehetnek Magyarországon.

A lehetséges technológiák analitikus elemzésének során olyan előállítási és energetikai módszerek gyakorlati megvalósíthatóságát veszem górcső alá, amelyek megfelelhetnek a jövőbeni technológiai, gazdasági és energetikai kihívásoknak, azon feltétel mellett, hogy beilleszthetők legyenek egy fenntartható energetikai rendszerbe. Az elemzések fontos részét adja a gázképzési metódus elméletileg elérhető és gyakorlatilag megvalósítható potenciálja, az egységnyi gáz előállításának költsége, energetikai felhasználás lehetőségei és a magyarországi alkalmazás módozatai.

A dolgozat eredményeképpen olyan eljárásokat áttekintő mű elkészítését tűztem ki célul, amely betekintést enged a magyar energetika ezen ágazatának jelenébe és lehetséges jövőjébe, továbbá tételesen bemutatja azon irányvonalakat, amelyek mentén részben megoldhatóak lehetnek az energiaellátási problémák.

## **Gázturbina égő lángstabilitásának méréses vizsgálata** **(Analysis of gas turbine burner flame stability by measurement)**

**Tóth Áron BSc IV. évf.**

**E-mail: aron.toth92@gmail.com**

**Konzulens: Józsa Viktor, PhD hallgató, Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék**

Napjainkban a gázturbina kiemelkedő fontosságú szerepet tölt be mind a légiközlekedésben, mind az energiatermelésben. Az egyre szigorodó környezetvédelmi előírások miatt a gyártóknak újabbnál újabb konstrukciós megoldásokkal kell előrukkolniuk, mely lehetővé teszi az alacsony  $\text{NO}_x$ , CO, THC és egyéb jogszabályban rögzített károsanyag-kibocsátást. A fejlesztéseket korlátozzák az égéstérben kialakuló instabilitások, melyek a lángstabilitást csökkentik. Éppen ezért fontos a lángstabilitás növelése ezekben a szegény keverékkel működő előkeverő égőkben.

A lángstabilitást több minden befolyásolja. Ezek közül kiemelt az áramkép, a légfelesleg-tényező, továbbá folyadék esetén az üzemanyag illékonyasága és a porlasztás jellemzői. A gázturbinák üzemanyaga sokféle lehet. Vizsgálataink során gázolajat alkalmazunk 15 kW-os tüzelési teljesítmény mellett. A méréseket előkevert, szegény keverékkel végezzük, mivel ez alacsonyabb kibocsátást tesz lehetővé. A tüzelőanyag tömegárama nem változik, viszont az égéslevegő mennyisége igen, ezért a légfelesleg-tényező is.

A keverék tulajdonságain kívül fontos befolyásoló szerepe van a fúvóka kialakításának is. Ebből kifolyólag különböző lángstabilizáló elemeket használunk a mérések során, melyek eredményei jó összehasonlítási alapot adnak. A mérések során, a tanszéken található Capstone C-330-as gázturbina égőjét használjuk. A jövőben további vizsgálatokat fogunk elvégezni gőzporlasztás mellett, mely a korábbi mérések alapján kedvezőbb kibocsátást eredményezett szűkebb stabilitási tartomány mellett.

A téma azért érdekes, mert a turbulens láng és az áramlás interakciója igen komplex. Korábbi mérési eredmények alapján kiderült, hogy a lángstabilizálás egyáltalán nem egy triviális probléma, a diffúzor és a stabilizáló kúp alkalmazása nem az egyetlen lehetséges megoldás. Az égés nyomásának növelésével jellemzően a lángstabilitás növekszik, így az atmoszférikus mérések jól előirányozzák a gázturbina belsejében lejátszódó folyamatokat és a lángstabilitás tekintetében a biztonság felé térünk el.

### Irodalom:

- [1] Lefebvre, A. H., Ballal, D. R.: Gas Turbine Combustion\_ Alternative Fuels and Emissions, CRC Press (2010).
- [2] Huang, Y., Yang, V.: Dynamics and stability of lean-premixed swirl-stabilized combustion, Progress in Energy and Combustion Science, 2009, 35:293-364.

## **Kétütemű benzinmotor gázcserejének modellezése (Two stroke engine combustion modeling)**

**Cser Tamás BSc V. évf.**  
**csertamas01@gmail.com**

**Konzulens: Lukács Kristóf, tanársegéd, Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék**

Munkám során egy kétütemű motor működésének optimalizálásával foglalkoztam. A feladat célja minél nagyobb teljesítmény elérése volt, viszonylag egyenletes nyomaték és teljesítményleadással. A számításokat egy rövid löketű 400cm<sup>3</sup> körüli hengerűrtartalmú motorblokkra végeztem. A cél elérése körülbelül 200 lóerős literteljesítmény elérése volt.

A fő paraméterek meghatározásához először az adott témához kapcsolódó szakkönyvek összefüggéseit használtam. Főként Graham Bell: Two stroke performance tuning című könyvét használtam. A fő paraméterek közé tartozik az üzemi fordulatszám meghatározása, szívó és kipufogó oldali főméretek meghatározása, részvezérlés méretezése az üzemi fordulatszámhoz. A fő méretek megadásánál igyekeztem a gyárthatóságot szem előtt tartani, illetve költséghatékony megoldásokat alkalmazni.

A fentiek után számítógépes szimuláció segítségével végeztem a motor gázcserejének további optimalizálását. A modellezéshez az AVL Boost nevű programot használtam, amely zéródimenziós geometriai modellel dolgozik, illetve kézzónás égési modellel. A geometriai modellhez csak fő méreteket kell megadni, mint dugattyú átmérő, hajtórúd hossz, csövek átmérői.

A fix kiindulási méreteket a katalógusból választott alkatrészek határozták meg. Ilyen például a dugattyú átmérő és a hajtórúd hossza.

A szimulációt a teljes fordulatszám tartományon elvégeztem több paraméter változtatása mellett, legfőképp a szívó és kipufogó oldali hosszokat és átmérőket.

Többféle kialakítást vizsgálva és szimulálva sikerült a motor teljesítményét a kiindulási 35kW ról 75kW-ra növelni. Így az szimuláció eredménye alapján a motor teljesítménye meghaladta a várt teljesítmény értéket, de a további szimulációk során várható, hogy ez a teljesítményérték tovább növelhető.

### Irodalom:

- [1] Graham Bell: Two stroke performance tuning
- [2] John Heywood: Internal combustion engine fundamentals

## **Új eljárás a bioenergetikában (New process in bioenergetics)**

**Herczeg András BSc 2012. évf.  
Ifj.Herczeg.Andras@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Parti Mihály, egyetemi tanár, Áramlástan Tanszék**

Dolgozatom megírására egy új technológiai szemlélet buzdított, mégpedig a megújuló energiaforrások összekapcsolása, együtt használata. Ma már elterjedten alkalmaznak biogáz erőműveket, ugyanakkor ezen erőművek szubsztrátum alapanyagának előállításaként rengeteg élelemnek megfelelő növényi részt használnak fel, vagy élelmiszertermesztésre alkalmas területeket vonnak be magas energia tartalmú növények termesztésére. Szintén elterjedten alkalmaznak már fotobioreaktorokat is algák tenyésztésére, melyek viszont vagy rendkívül nagy helyigénnyel rendelkeznek, szintén általában az élelemtermesztésre alkalmas területet elfoglalva, vagy rendkívül költséges technológiát igényelnek, így nem, vagy csak nehezen megtérülő beruházást eredményezve.

Biogáz erőművek és fotobioreaktorok együtt alkalmazásának rengeteg előnye van, többek közt a teljesen nulla szén-dioxid kibocsájtás, a széles körű lehetőség szubsztrátum alapanyag használatára, további előny a beruházási igények csökkentése, költséges szerves és szervesetlen adalékanyagok mennyiségének csökkentése, magasabb metánkihozatal, jobb minőségű érlelt biotrágya, jobb gazdasági megtérülés stb..

Dolgozatomban szintén szeretnék bemutatni a biogáz termelésben megjelent új módszereket, technológiákat, eljárásokat. Ezen módszerek alkalmazási lehetősége már ismert, mégsem elterjedt. Alkalmazásuknak előnyeit gazdasági számításokkal is igazolom.





BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR

## **ENERGETIKA 2.**

- általános energetika, szimuláció -

Helyszín: Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék D224 terem  
Időpont: 2014. november 11. 8:30  
Elnök: Dr. Gróf Gyula, egyetemi docens  
Titkár: Dombi Szilárd, doktorandusz  
Tag: Dr. Ósz János, egyetemi docens (távollétében Sándor Csaba)  
Dr. Fülöp Tamás, adjunktus

### **8:30 Kádár Márton Gábor**

Szénelgázosító erőmű létesítésének vizsgálata egy hazai telephelyen

Konzulens: Dr. Bihari Péter, egyetemi docens

### **8:50 Mayer Martin János**

Szerves Rankine-körfolyamat alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata megújuló energiaforrások és hulladékhő hasznosítására

Konzulens: Dr. Bihari Péter, egyetemi docens

### **9:10 Jurecska Attila**

Rákosmente energiaellátása

Konzulens: Dr. Zsebik Albin, egyetemi docens

### **9:30 Sutyera Tamás**

Automatikus távfűtési szabályozó fejlesztése

Konzulens: Dr. Zsebik Albin, egyetemi docens

### **9:50 Ginter Ádám**

Az előregedő európai erőműpark hatásai

Konzulens: Both Soma, tudományos segédmunkatárs

**10:10 SZÜNET**

**10:20 Verbényi Kálmán**

A palagáz hatása az energetikára

Konzulens: Both Soma, tudományos segédmunkatárs

**10:50 Both Ambrus**

Hőkörfolyamat paraméteroptimalizálása genetikus algoritmussal

Konzulens: Groniewsky Axel, tudományos segédmunkatárs

**11:10 Kovács Róbert**

Hővezetés egyenleteinek elmélete, numerikus vizsgálata és kísérleti ellenőrzése

Konzulens: Dr. Ván Péter, tudományos munkatárs

**11:30 Török Péter, Jáger Dávid**

PocketQube műhold numerikus hőtani szimulációja

Konzulens: Józsa Viktor, doktorandusz

## **Szénelgázosító erőmű létesítésének vizsgálata egy hazai telephelyen (Assessment of IGCC power plant establishment on a Hungarian site)**

**Kádár Márton Gábor BSc IV. évf.  
kadar.marton.gabor@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Bihari Péter, egyetemi docens,  
Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék**

A szén energetikai hasznosítása immár több évszázados technológia, mely folyamatos fejlődésben van. Az elmúlt mintegy két évtized kutatásai az ún. tisztaszén technológiák kifejlesztésére irányultak, melynek egyik ága a szénelgázosítás. Utóbbi megoldás legfontosabb eleme az elgázosító, melyben a szénből, vagy egyéb szénalapú tüzelőanyagból szintézis gáz és egyéb gázkeverék keletkezik, melyet már tüzelés előtt tisztíthatunk, ezzel elérve jobb tüzelési tulajdonságokat és kibocsátási értékeket. A hasznosítás következő lépései már nagyban hasonlítanak a konvencionális kombinált ciklusú erőművekhez, melyekben először egy gázturbinában termelünk villamos energiát, majd a füstgázban lévő hőt is hasznosítjuk.

Magyarországon a 20. század közepétől a szénbányászat és ebből kifolyólag a szénalapú energiatermelés is elterjedt volt, azonban mára a helyi lignitet hasznosító Mátrai Erőmű maradt, mint alaperőmű, ezen kívül pedig még Oroszlányban van termelés a rövidesen bezáró márkushegyi bányára alapozva. Ennek ellenére a Nemzeti Energiastratégia 2030 is kiemeli a nemzeti szén- és lignitvagyon fontosságát, illetve a szénalapú energiatermelés fenntartását a meglévő színvonalas szakmai kultúrára építve, a földgázalapú termelés megbízhatatlansága miatt, a dekarbonizációs törekvések és célok teljesítése miatt. Ezek alapján egy magyarországi telephelyen vizsgálom meg egy szénelgázosító erőmű telepítését, hiszen kontinentális viszonylatban is találkozunk energiapiaci-, energiapolitikai és klímapolitikai törekvésekkel

### Irodalom:

- [4] Basu, P. (2006): Combustion and gasification in fluidized beds, CRC/Taylor & Francis, 2006. - 473 p
- [5] Rezaian, J. (2005): Gasification technologies : a primer for engineers and scientists, Taylor & Francis, XXII, 336 p.

**Szerves Rankine-körfolyamat alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata  
megújuló energiaforrások és hulladékhő hasznosítására**  
(Analysis of the utilization possibilities of renewable energy sources and  
waste heat using organic Rankine-cycle)

**Mayer Martin János MSc I. évf.**  
**mayer.martinj@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Bihari Péter, egyetemi docens**  
**Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék**

A szerves Rankine-körfolyamat (ORC) felépítése a hagyományos víz munkaközegű Rankine-ciklushoz hasonló, a szerves munkaközeg alkalmazása azonban annak eltérő termodinamikai tulajdonságai miatt alacsony hőmérsékletű hőforrások kihasználása esetén nagyobb hatásfokú villamosenergia-termelést és egyszerűbb kialakítást tesz lehetővé. A leggyakoribb hőforrások a napsugárzás, a geotermikus energia és a különféle ipari folyamatokból származó hulladékhő, így az ORC elterjedése a CO<sub>2</sub> mentes energiatermelés előmozdítását szolgálja.

Munkám során általános termodinamikai összefüggésekre alapozott modellt készítettem az ORC működésének leírására, amely megkönnyíti a rendszer jellemzőinek és az energiaátalakítás hatásfokának meghatározását. Bemutattam a különböző hőforrások eltérő jellegzetességeit, és ezek hatását is figyelembe vettem a modellezés során. Napenergia hasznosítás esetén a felhasznált napkollektor, geotermikus esetben a kút kialakítás, hulladékhő esetében pedig a mögöttes ipari folyamat bizonyos esetben igen eltérő lehet, így az elkészített modellnek a különböző kialakítások esetén, széles hőmérséklettartományban működőképesnek kell lennie. A modellek alapján Matlab segítségével szimulációs programot készítettem, amely széleskörű vizsgálatok elvégzését tette lehetővé.

A körfolyamatra és a hőforrásra vonatkozó modellek együttes alkalmazásával lehetőség nyílt a technológia több fontos paraméterének optimalizálására is. Legfontosabb ezek közül a szerves munkaközeg elgőzölgesi hőmérséklete, melynek optimális értéke a rendelkezésre álló hőmennyiségtől is függ, így eltérő a rendszer különböző terhelési állapotaiban. Valós kialakítás esetén a rendszer teljesítménye és az elgőzölgés nyomása gazdaságosan nem változtatható egymástól függetlenül, így vizsgáltam azt is, hogy melyik terhelési állapotban célszerű optimális értékre méretezni a teljes működési idő alatt a maximális energiatermelés biztosításához.

A szimuláció segítségével megvizsgáltam a szerves Rankine-ciklust tartalmazó rendszerek hatásfokát is, melynek során az előzőekben meghatározott optimális kialakítást vettem figyelembe. A hatásfok jelentősen eltérő lehet a különböző üzemállapotokban, így a modell bemeneti adatainak a függvényében, többváltozós függvényként ábrázoltam, amely szemléletesen mutatja be a rendszer működését meghatározó legfontosabb tendenciákat. A hőforrás adatait éves szinten leíró adatbázis alapján idősoros adatként a rendszer egy adott időszakban várható teljesítménye is számítható, amely a termelt energia mennyiségének meghatározását is lehetővé teszi. A várható energiatermelés előrejelzése döntő fontosságú a gazdasági értékelés során, mivel a vizsgált kiserőművek bevételei a termelt energia értékesítéséből származnak. A dolgozatban a gazdasági számítások elvégzésének módját és a megtérülési időt leginkább befolyásoló tényezőket is bemutattam, amely a technológia műszaki jellemzőinek figyelembevétele mellett megmutatja, mennyire kifizetődő egy adott hőforrás villamosenergia-termelésre történő hasznosítása.

## **Rákosmente energiaellátása (Energy Supply of the 17th District of Budapest)**

**Jurecska Attila BSc 4. évf.  
jurecskamate@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Zsebik Albin, egyetemi docens,  
Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék**

Dolgozatomban Rákosmente (Budapest XVII. kerülete) energiaellátásának bemutatásával és annak esetleges módosításaival foglalkozom. Kiindulási pontom az "okos város" koncepció volt, mely Magyarországon még kevésbé kutatott és külföldön is főleg informatikai szempontból vizsgált terület. A kérdéskörrel energetikai szempontból kezdtem el foglalkozni. Kutatómunkám során eljutottam a legfontosabb közműrendszerek felméréséig, a bázisértékek megbecsléséig. Ezen túl számításokat végeztem egy reálisnak tűnő módosítási lehetőség (geotermikus energia hasznosítása) műszaki és gazdasági megvalósíthatóságára vonatkozóan. A későbbiek folyamán tervezem a munka kiterjesztését elsősorban a lehetséges módosítások számának növelésével, másodsorban egész Budapestre való kiterjesztésével.

### Irodalom:

- [1] Buskó L. T. (2011) Településüzemeltetés. Aula Kiadó
- [2] Büki G. (1997) Energetika. Budapest. Műegyetemi Kiadó
- [3] Driesen, J. (2014) Energy for Smart Cities
- [4] IBM. (2011) "Smart cities" tanulmány
- [5] KSH. (2011) 2011. évi népszámlálás
- [6] Lazaroiu et al., G. C. (2012) Definition Methodology for the Smart Cities Model. Energy, 47.
- [7] Memorandum. (2010) A FŐTÁV ZRt. rákoskeresztúri távhőközrete geotermális hőenergia beszerzésének pályázata. Budapest
- [8] Ranking of european medium-sized cities. (2007) Smart Cities Final Report
- [9] Zsebik A. (2009) Távhőrendszerek jegyzet. Budapest

**Automatikus távfűtési szabályozó fejlesztése  
(Development of automatic district heating controller)**

**Sutyera Tamás MSc II. évf.  
t.sutyera@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Zsebik Albin, ny. egyetemi docens  
Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék**

A hőközpontok gazdaságos üzemvitelének kialakításához elengedhetetlenül szükséges olyan szabályozók alkalmazása, amelyek mérés útján meghatározzák és működésük során felhasználják az épületek időállandóit. Az időállandók ismeretében az ismertetésre kerülő összefüggések meghatározzák a fűtés-csökkentési intervallumon belül a felfűtési és csökkentési szakaszok optimális idejét és felhasznált hőteljesítményét.

A használt időállandókat működésük során folyamatosan pontosíthatják, javíthatják. A feladat megoldására dinamikus szimulációs modellt készítettem, melynek segítségével az eddigi vezérlések helyett a helyiség hőmérsékletének ismerete nélkül tartható a kívánt komfort és az energiahatékony működés is biztosított a paraméterek megfelelő beállítása révén.

Irodalom:

- [1] S. L. Campbell, J-P. Chancelier, R. Nikoukhah: Modelling and Simulation in Scilab/Scicos, Springer, 2006.
- [2] RVD 140 Basisdokumentation, 1. kiadás, Siemens, 2009.
- [3] Fűtéstechnika Példatár, BME Épületgépészeti Tanszék, 2009.

## **Az előregedő európai erőműpark hatásai**

### **Effects of aging power plants in Europe**

**Ginter Ádám BSc 4. évf.**  
**adamginter@gmail.com**

**Konzulens: Both Soma, tudományos segédmunkatárs,**  
**Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék**

Az energetika területén végzett tanulmányaim során az energiaellátás rendszerének számos kérdésével találkoztam, s mégis ritkán fogott el az érzés, hogy valami új, igazán aktuális probléma feltárására nyílik lehetőségem. Amikor betekintést nyertem az európai erőműpark összetételébe és az energiapiac működésébe, egy igen szembetűnő tényezőkét fedeztem fel az előregedett erőművek hangsúlyos szerepét, gazdasági jelentőségét. Az öreg erőművek üzeme által képviselt kockázatot ellátásbiztonsági szempontból, termelésből való kiesésüket a villamosenergia árakra gyakorolt hatás szempontjából találtam kiemelkedően figyelemreméltónak. Dolgozatomban körüljáróm az ellátásbiztonság fogalmát, és a villamosenergia ellátás biztonságának forrásoldali tényezőit. Bemutatom az európai erőműparkot, és csoportosítom azt, különös tekintettel az előregedett erőművekre. Végül egy becslést adok arra nézve, hogy az előregedett erőművek üzeme hosszú távon hogyan befolyásolja a villamosenergia ellátás biztonságát illetve költségét.

#### Irodalom:

- [1] Dr. Bihari Péter; Dr. Gróf Gyula; Dr. Gács Iván; Stróbl Alajos: (2008) Power plant efficiency data for an electrical energy market model technical report
- [2] ENTSO-E: (2006) Statistical Yearbook 2006
- [3] Dobos Edina: (2010) Az energiaellátás biztonságának elméleti kérdései
- [4] Eurostat: (2014) Total gross electricity generation
- [5] ENTSO-E: (2013) MEMO-2012

## **A palagáz hatása az energetikára (Shale Gas in Energetics)**

**Verbényi Kálmán BSc IV. évf.  
kalman.verbenyi7@gmail.com**

**Konzulens: Both Soma, Tudományos segédmunkatárs  
Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék**

Munkám célja bemutatni a palagázt, mint korunk egyik feltörekvő, nem konvencionális energiahordozóját.

Energetikai és gazdasági jelentőségéből kiindulva kitérek a globális készletekre, ezek összehasonlítására a konvencionális földgázzal, továbbá hogy ezek a készletek milyen hatással lehetnek a nemzetközi gázpiacokra, illetve az egyes készlettel rendelkező országok hogyan viszonyulnak a birtokukban lévő energiahordozóhoz. Röviden ismertetem a jellemző kitermelési technológiákat, ezek jellemzőit és a velük kapcsolatban felmerülő problémákat, nehézségeket is vizsgálom.

### Irodalom:

- [1] BP. (2014). *BP Energy Outlook 2035*.
- [2] BP. (June, 2013). *BP statistical Review of World Energy*.
- [3] Christopher McGlade, J. S. (2013). Methods of estimating shale gas resources - Comparison, evaluation and implications. *Energy*.
- [4] Energy Information Administration. (2014).
- [5] EU ISS. (2014). *Energy moves and power shifts - EU foreign policy and global energy security*.
- [6] International Energy Agency. *World Energy Outlook 2011*.
- [7] U.S. Energy Information Administration. (2013). *Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources*. Washington, DC 20585: U.S. Department of Energy.
- [8] U.S. Energy Information Administration. (2013). *Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment os 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States*. Washington, DC: U.S. Department of Energy.



# Hőkörfolyamat paraméteroptimalizálása genetikus algoritmussal (Thermodynamic optimization of a thermal power plant using Genetic Algorithm)

**Both Ambrus BSc 2011. évf.**  
**bothambrus@gmail.com**

**Konzulens: Groniewsky Axel, tudományos segédmunkatárs,  
Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék**

A munkám célja olyan optimum kereső eljárás készítése, amely képes meghatározni egy hőkörfolyamat paramétereinek tervezési állapotban vett optimumát olyan komplex problémák esetén is, ahol a hagyományos eljárások téves eredményekre vezethetnek, vagy egyáltalán nem használhatók. Az optimalizálás célja esetemben a körfolyamati hatásfok értékének növelése. A genetikus algoritmus használatát az indokolja, hogy a vizsgált keresési teret szakadások jellemzik, amire ez az algoritmus -sok más módszerrel ellentétben- érzéketlen.

A munkámban bemutatom a lágy számítási módszereket és főként a genetikus algoritmust az energetika szemszögéből. Részletezem a használt hőséma számító szoftver (Cycle-Tempo) szubrutinokon keresztüli elérését. Áttekintést adok az általam fejlesztett genetikus algoritmus részleteiről, valamint bemutatom a működését a választott problémán.

## Irodalom:

- [1] ÁLMOS ATTILA, GYŐRI SÁNDOR, HORVÁT GÁBOR, VÁRKONYINÉ KÓCZY ANNAMÁRIA (2002): *Genetikus algoritmusok*. Typotex, Budapest
- [2] KAVIRI ABDOLSAEID GANJEH, JAAFAR MOHAMMAD NAZRI MOHD., LAZIM THOLUDIN MAT (2012): *Modeling and multi-objective exergy based optimization of a combined cycle power plant using a genetic algorithm*. Energy Conversion and Management
- [3] MITCHELL MELANIE (1999): *An Introduction to Genetic Algorithms*. The MIT Press, Cambridge
- [4] QIN XIAOYONG, CHEN LINGEN, SUN FENGRUI, WU CHIH (2003): *Optimization for a steam turbine stage efficiency using a genetic algorithm*. Applied Thermal Engineering
- [5] SUBBARAJ P., RENGARAJ R., SALIVAHANAN S. (2008): *Enhancement of combined heat and power economic dispatch using self adaptive real-coded genetic algorithm*. Applied Energy
- [6] VALDES MANUEL, DURAN MA DOLORES, ROVIRA ANTONIO (2003): *Thermoeconomic optimization of combined cycle gas turbine power plants using genetic algorithms*. Applied Thermal Engineering
- [7] XI HUAN, LI MING-JIA, XU CHAO, HE YA-LING (2013): *Parametric optimization of regenerative organic Rankine cycle (ORC) for low grade waste heat recovery using genetic algorithm*. Energy

## **Hővezetés egyenleteinek elmélete, numerikus vizsgálata és kísérleti ellenőrzése**

**(Theoretical and numerical analysis of heat conduction equations)**

**Szerző neve: Kovács Róbert Sándor MSc 2. évf.  
robert.kovacs.bme@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Ván Péter, tudományos főmunkatárs,  
Wigner FKK és Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék**

A hővezetés, mint jelenség és mechanizmus többféle megközelítését vizsgáltam és hasonlítottam össze. Ezek közül a fő modellcsalád a Fourier-egyenlet termodinamikai alapú gyengén nemlokális általánosításait vizsgáltam.

A vizsgált egyenletekben lévő paraméterek szerepét a diszperziós reláció származtatásával elemeztem. A megoldásokhoz véges differencia sémát dolgoztam ki, melyet a lézerimpulzus kísérletnek megfelelő kezdeti- és peremfeltételekre oldottam meg. Bizonyítottam a séma konvergenciáját, stabilitását és becslést adtam a séma pontosságára tetszőleges frekvencia tartományra vonatkozólag. A vizsgált modelleket kvalitatív módon hasonlítottam össze egymással a hőterjedés anyagi mechanizmusaira koncentrálnak. A lézerimpulzus kísérletre vonatkozó megoldások segítenek a valóságban is azonosítani a vizsgált jelenségeket. Ennek megfelelően az eredményeket összevettem az irodalomban fellelhető és az Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszéken végzett kísérletek eredményeivel. A dolgozat az egyes modellek alkalmazhatósági lehetőségeinek elemzésével zárul.

### Irodalom:

- [1] Fülöp Tamás, Ván Péter. Universality in heat conduction theory – weakly nonlocal thermodynamics. *Annalen der Physik (Berlin)*, 524(8):p470-478, 2012.
- [2] W. Dreyer, H. Struchtrup: Heat pulse experiments revisited. *Continuum Mechanics and Thermodynamics*, 5:p3-50, 1993.
- [3] C.T. Walker, H.E. Jackson. Thermal conductivity, second sound and phonon-phonon interactions in NaF. *Physical Review B*, 3(4):( 1428-1439), 1971.
- [4] Kovács Róbert, Ván Péter: Generalized heat conduction in laser flash experiments, benyújtva, arxiv:1409.0313v1, 2014.

## **PocketQube műhold numerikus hőtani szimulációja (Thermal numerical analysis of a PocketQube satellite)**

**Török Péter BSc IV. évf., Jáger Dávid IV. évf**  
**peter.torok.92@gmail.com, jager.david14@gmail.com**

**Konzulens: Józsa Viktor, doktorandusz, Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék**

A TDK témánk egy nano-műhold hőtechnikai elemzése. Az alap probléma a kis méretből adódó alacsony hőkapacitás miatti gyors kihűlés. A műhold keringése során nem elhanyagolható időt tölt a Föld árnyékában. Az itt uralkodó körülmények miatt csupán a napos oldalról felvett hőteljesítményre hagyatkozhatunk. Kritikus hőmérsékleti érték alatt az elektronikai rendszer bizonyos részei súlyosan meghibásodhatnak.

A hőtechnikai modellt az alapvető hőtani jelenségekre bontottuk, majd az egyszerű modellektől jutottunk el egy lehetséges konstrukció teljes szimulációjához. Elsőként a hőszugárzással foglalkoztunk. Itt szimuláltuk a világűrben uralkodó szélsőséges körülményeket a Nemzetközi Űrállomás átlagos pályamagasságát alapul véve. A kezdeti modell során egyetlen egy oldalt vizsgáltunk, amely a műhold külső borításához tartozik, ami a napelemeket és a hozzájuk tartozó elektronikát hordozza. Ez azért is szükséges volt, mert a ciklusonkénti napelemes energiatermelés egyik bemenő paramétere a műhold külső hőmérséklete. A következő lépés során egy tömör, homogén kockát szimuláltunk több földköri cikluson keresztül. Ez után a modellt folyamatosan finomítottuk, hogy minél jobban közelítse a valóságot. Finomítási lépésekbe beletartozott egy homogén kockahéj vizsgálata, amelynek közepén az akkumulátor helyezkedett el. Ezt először csupán sugárzásos hőátadással vizsgáltuk, később egy szilárd rúddal kapcsoltuk a héjhoz. Utóbbi esetben már a hővezetéssel is számolnunk kellett az akkumulátor felé. Ezen alapesetek után rátértünk a hőtechnikai tervezésre különböző szigetelőanyagok alkalmazásával. Az alapötlet a hőszugárzásból adódó hőmérséklet veszteség minimalizálása egy hővisszaverő ernyő alkalmazásával. Ehhez különböző, alacsony emissziós tényezőjű anyagokkal szimuláltuk az űrobjektum viselkedését. Ezen túl a hőellenállás növelésére alacsony sűrűségű, de jó hőkapacitású ballasztanyaggal egészítettük ki a fennmaradó teret. Az előbbieken ismertetett lépéseket alkalmaztuk a lehetséges konstrukció esetében is egy jóval bonyolultabb geometrián.





BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR

## ÉPÜLETGÉPÉSZET

Helyszín: D. épület 125.  
Időpont: 2014. november 11. 9<sup>00</sup>  
Elnök: Dr. Kajtár László, egyetemi docens  
Titkár: Dr. Szánthó Zoltán, egyetemi docens  
Tag: Dr. Molnár Orsolya, adjunktus  
Virág Zoltán, ügyvezető igazgató

### **9:00 András Balázs**

A levegő- és a felületek közepes sugárzási hőmérsékletének hatása a hőkomfortra a PMV modell alapján irodai környezetben

Konzulens: Dr. Kajtár László, egyetemi docens  
Épületgépészeti és Gépészeti Eljárástechnika Tanszék

### **9:20 Molnár Krisztián**

Gázmotor és távfűtő rendszerek hidraulikai köreinek illesztése, üzemmódok optimalizációja

Konzulens: Dr. Garbai László, Professor Emeritus  
Épületgépészeti és Gépészeti Eljárástechnika Tanszék

### **9:40 Salamon Bálint**

Épületenergetikai számítások összehasonlító kritikai elemzése

Konzulens: Dr. Csoknyai Tamás, egyetemi docens  
Épületgépészeti és Gépészeti Eljárástechnika Tanszék

### **10:00 Kőműves Péter, Jurecska Attila**

Magyarország első passzív társasháza

Konzulens: Dr. Szánthó Zoltán, egyetemi docens  
Épületgépészeti és Gépészeti Eljárástechnika Tanszék

**10:20**

***SZÜNET***

**10:40 Cserkuthy András**

3D szkennelés, tervezés és kivitelezés az épületgépészeti gyakorlatban

Konzulens: Dr. Szánthó Zoltán, egyetemi docens  
Épületgépészeti és Gépészeti Eljárástechnika Tanszék

**11:00 András Balázs**

CFD modellezés alkalmazhatósága irodai terek hőkomfortjának meghatározásához

Konzulens: Dr. Kajtár László, egyetemi docens  
Épületgépészeti és Gépészeti Eljárástechnika Tanszék

**11:20 Sóki Rudolf**

A túlméretezés hatásai a fűtési és hűtési rendszerekre

Konzulens: Dr. Szánthó Zoltán, egyetemi docens  
Épületgépészeti és Gépészeti Eljárástechnika Tanszék

## **A levegő- és a felületek közepes sugárzási hőmérsékletének hatása a hőkomfortra a PMV modell alapján irodai környezetben**

**(The effect of air- and radiant mean temperature on the thermal comfort according to the PMV model in office buildings)**

**András Balázs, M.Sc. II. évf.,  
balazsandras90@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Kajtár László egyetemi docens, Épületgépészeti és Gépészeti  
Eljárás technika Tanszék**

Irodaépületekben a produktivitás és az egészség szempontjából elengedhetetlen az ideális termikus környezet. Ennek hiánya akár „beteg épület szindrómához” (Sick Building Syndrome) is vezethet.

A zárt terekben kialakuló komfortérzetet döntően befolyásolja a jellemző hőmérséklet és ennek változása, az így kialakult állapot hőérzetként definiálható, melyet hat paraméter befolyásol:

- a levegő hőmérséklete, annak térbeli, időbeli eloszlása, változása
- a környező felületek közepes sugárzási hőmérséklete
- a levegő relatív nedvességtartalma, illetve a levegőben levő parciális vízgőz nyomása
- a levegő sebessége
- az emberi test hőtermelése, hőleadása, hőszabályzása
- a ruházat hőszigetelő képessége, párolgást befolyásoló hatása.

A hőkomfort modellezésére több matematikai modell létezik, az egyik legismertebb és legtágabb körben használt, a PMV (Predicted Mean Vote) modell. Ezt a hőegyensúlyi egyenlet és laboratóriumi környezetben végzett stacionárius mérési eredmények alapján fejlesztették ki. Ezen módszer alapján a megfelelő hőérzet biztosításának feltételét a szervezet hőegyensúlya képezi.

A várható hőérzeti érték (Predicted Mean Vote) a szubjektív hőérzeti szavazatok várható átlagértékét jelenti megfelelően nagy számú csoport esetén, egy hétpontos hőérzeti skálán, mely a következő értékeket tartalmazza: +3 (forró), +2 (meleg), +1 (kellemesen meleg), 0 (semleges), -1 (kellemesen hűvös), -2 (hűvös), -3 (hideg).

Dolgozatomban numerikusan vizsgáltam a hőkomfort módosulását egy általam írt számítógépes program segítségével. Az algoritmus bemenő adatai a PMV indexet befolyásoló tényezők, a kilépő adatok a PMV és a PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) értékek. A módszer egy hátul tesztelő ciklus segítségével megadja a fent említett hőkomfortindexeket. A számítás iteratív, a kiválasztott maximális iterációs szám 200.

A hőkomfortot befolyásolja a közepes sugárzási hőmérséklet és a levegő hőmérséklete. Dolgozatomban különböző fekvésű (sarok- és sorfekvésű, köztes és legfelső emeleten található), és hőtechnikai adottságú (érvényes szabvány szerinti, ennél jobb, illetve gyengébb paraméterekkel rendelkező) irodák közepes sugárzási-, illetve a levegő hőmérsékletének hatását tanulmányoztam. A kapott eredmények megmutatják, hogy ezen paraméterek milyen mértékű hatást gyakorolnak a kialakult komfortérzetre.

### **Irodalom:**

1. András Balázs: A ruházat és a tevékenységi szint hatása a hőérzetre, TDK dolgozat, BME, 2013.
2. Bánhidi László - Kajtár László: Komfortelmélet, Műegyetemi Kiadó, 2000
3. Bánhidi László: Ember Épület Energia, Akadémiai Kiadó Budapest, 1994.
4. Andris Auliciems and Steven V. Szokolay: Thermal comfort, 2007.
5. ISO 7730 2005
6. MSz EN 1752

**Gázmotor és távfűtő rendszerek hidraulikai köreinek illesztése,  
üzemmódok optimalizációja**  
**(Fitting of gas engines and district heating network system and optimisation  
of operation modes)**

**Molnár Krisztián, M.Sc. II. évf.,  
molnar.christian89@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Garbai László professor emeritus, Épületgépészeti és Gépészeti  
Eljárástechnika Tanszék**

A dolgozat célja, a körmendi távfűtőhálózat és gázmotor kapcsolatának vizsgálata rendszerelméleti eszközök segítségével. Elsőként jellemzem a gázmotorok szerepét a hazai távhőszolgáltatásban, bemutatom a téma aktualitását.

Csoportosítom a gépészeti rendszereket rendszertani szempontok szerint. Megállapítom a körmendi távfűtő hálózat és a gázmotor hidraulikai és hőtechnikai kapcsolatát, és beillesztem a rendszerelmélet fogalmi és módszertani rendjébe. A dolgozatban elvégzem a gépészeti rendszer hidraulikai analízisét, tehát felírom annak csomóponti és hidraulikai egyenleteit, ezzel megadva a további számítások alapjait.

A primer és szekunder rendszer termikus és hidraulikus paramétereit figyelembe véve megalkotom a rendszer döntési modelljét.

A dolgozat elsődleges célja előkészíteni egy további kutatást, melyben a gázmotoros rendszer mérési adataira támaszkodva felírok egy műszaki-gazdasági célfüggvényt és rendszer optimalizációt hajtok végre diszkrét dinamikus programozás segítségével.



## **Épületenergetikai számítások összehasonlító kritikai elemzése (Comparative Analysis of Building Energy Assessment Methods)**

**Salamon Bálint, M.Sc. II. évf.,  
gotarbalint@hotmail.com**

**Konzulens: Dr. Csoknyai Tamás egyetemi docens, Épületgépészeti és Gépészeti  
Eljárástechnika Tanszék**

A hazai gyakorlatban az épületenergetikai számításokat jellemzően a 7/2006 (V.24.) TNM rendelet szerint végzik. Az ott leírt számítási módszer kidolgozásakor elsődleges szempont volt az egyszerűség, hatékony alkalmazhatóság. Ugyanakkor a tapasztalat azt mutatja, hogy a számítások megbízhatósága sokszor nem megfelelő, különösen, ha a hőnyereségek aránya összemérhető a veszteségekével. Ez elsősorban az egyre jobban terjedő alacsony energiefelhasználású épületeknél jellemző.

A kutatás során összehasonlító elemzés keretében megvizsgálom a 7/2006 (V.24.) TNM rendelet számítási algoritmusát és összevetem a passzívházaknál alkalmazott eljárásokkal, továbbá elemzem egy monitoringozott megvalósult passzívház részletes mérési adatait. A cél a rendelet számítási algoritmusának kritikai elemzése kvantitatív alátámasztással.

**Magyarország első passzív társasháza**  
**(The First Hungarian Passive Apartment House)**

**Kömüves Péter. B.Sc. III.évf.**  
**komuves.peter@gmail.com**

**Jurecska Attila, B.Sc. III.évf.**  
**jureckamate@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Szánthó Zoltán egyetemi docens, Épületgépészeti és Gépészeti  
Eljárástechnika Tanszék**

TDK dolgozatunkban a hazánkban elsőként felépült passzív társasházzal foglalkozunk, a budapesti 100 lakásos passzívházzal. Mivel ez a téma komolyabban is érdekel bennünket, így hosszabb távon tervezünk benne elmélyedni. Ezen megfontolásból jelen dolgozatunkban az alapkoncepcióra és a főbb műszaki megoldások bemutatására helyezzük a hangsúlyt.

Dolgozatunkban bemutatjuk a passzívház technológiát; a tervezés folyamatát és annak nehézségeit; a 100 lakásos budapesti passzívház gépészeti berendezéseit; a monitoring rendszer működését; valamint a projekt társadalmi elfogadottságát és a további hasonló projektek lehetőségét. Témánk aktualitását az adja, hogy modern társadalmunkban a megújuló energiaforrások felhasználásának növelése mellett elsődleges szemponttá vált az energiahatékonyság. Ez a beruházás Magyarországon – mint első társasházként funkcionáló passzívház – zászlóvivő lehet a hasonló társasházépítések között, így fontos, hogy ismerjük a köré épülő rendszert és annak működését.

## **3D szkennelés, tervezés és kivitelezés az épületgépészeti gyakorlatban (3D scanning, planning and construction in building service engineering)**

**Cserkuthy András, B.Sc. IV.évf.,  
cserkuthyandris@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Szánthó Zoltán egyetemi docens, Épületgépészeti és Gépészeti  
Eljárástechnika Tanszék**

Világunkban egyre nagyobb szerepet kapnak a látványos, háromdimenziós térrel foglalkozó innovatív technológiák. A 3D szkennelés új technológia, aminek alkalmazásával tökéletes felmérés és precíz tervezés valósítható meg, amelynek köszönhetően költséghatékonyan érhető el magasabb minőségű kivitelezés. Az innováció alapja egy 3D lézerszkennő, amely a felmérés során több millió pontból álló pontfelhőt, ezen felül több száz képet készít. Az eljárás a háromdimenziós tér milliméter pontos felméréséből, a valós pontfelhőben való tervezésből és a pontos terv alapján a lehető legjobb előkészítésből áll.

A technológia kifejlesztésének két fő oka volt. Az egyik, közvetlen kiváltó ok a felmérésből adódó problémák, hiányosságok és nehézségek orvoslása. Alapötletként a felmérés technológiáját szükséges korszerűsíteni, hiszen a precíz tervezés elengedhetetlen kelléke a jó alaprajz. Meglévő épületek átalakításánál általában nem rendelkezünk a valós állapotokat pontosan szemléltető aktuális tervdokumentációval, ez esetben pedig fel kell mérni a beruházás helyszínét. A másik, közvetett oka az iparosítás igénye. A világunk a költségek csökkentése érdekében egyre gyorsabban tart az ipari előállítás irányába. Az épületgépészetben belülről vett iparosítás az előregyártásról szól. Az előregyártás lényege a rendszerek lehető legjobb előkészítése, a hegesztési, szerelési folyamatok gyárban előre történő elvégzése. Ez az eljárás egy újabb lépcsőfok az iparosítás irányába.

Dolgozatom célja ennek az épületgépészeti kivitelezési eljárásnak a vizsgálata. Előnyeinek és hátrányainak összegyűjtése, költségvetés készítése, majd ezen adatok kiértékelése.

## **CFD modellezés alkalmazhatósága irodai terek hőkomfortjának meghatározásához**

**(Applicability of CFD modeling in determination of thermal comfort in office spaces)**

**András Balázs, M.Sc. II. évf.,  
balazsandrás90@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Kajtár László egyetemi docens, Épületgépészeti és Gépészeti  
Eljárás technika Tanszék**

A zárt terekben kialakult hőkomfort megállapítására három módszer áll rendelkezésre:

- élőalanyos vizsgálat
- műemberes kísérlet
- számítógépes numerikus szimuláció.

Ezen módszerek lehetőséget nyújtanak a komfortot befolyásoló paraméterek objektív mérésére. A szubjektív értékeket csak az élőalanyos vizsgálatok elvégzése során lehet értékelni, míg a műemberen végzett, illetve számítógépes szimuláció által kapott eredmények csupán utólagos származtatással mutatják a kialakuló hőérzetet, komfortot.

A számítógépes szimuláció előnye, hogy az élőalanyos kísérletekkel szemben, kevesebb pénzt és időt igényel. Az így kapott eredményeket viszont mindenképp további mérésekkel kell igazolni és hitelesíteni.

A megfelelő, sokszor félempirikus modellekből építkező szimuláció a megmaradási, illetve kiegészítő differenciális egyenletek megoldásán alapszik. Lényegét a tér véges számú részre való bontása képezi.

A numerikus szimuláció leggyakrabban használt módszerei:

- a véges elem módszer
- a véges differenciák módszere
- a véges térfogatok módszere

Az általam használt program az utóbb említett elvet használja, melynek előnyét a kis numerikus hiba lehetősége jelenti.

Dolgozatomban különböző jellemző irodai kialakítások esetén vizsgáltam a kialakuló hőmérsékletmezőt és áramlásokat, valamint ezek hatását a hőkomfortra, és összefoglaltam az ezekből levonható következtetéseket.

**Irodalom:**

1. Barna Edit: A sugárzási hőmérséklet aszimmetria és a meleg padló együttes hatása a hőérzetre, PhD értekezés, 2012
2. ANSYS, Inc.: ANSYS FLUENT Tutorial Guide, Release 13.0, 2010
3. Tiberiu Catalina, Joseph Virgone, Frederic Kuznik: Evaluation of thermal comfort using CFD and experimentation study in a test room equipped with a cooling ceiling, ScienceDirect, 2009
4. Kana Horikiri, Yufeng Yao, Jun Yao: Modeling conjugate flow and heat transfer in a ventilated room for indoor thermal comfort assessment, ScienceDirect, 2014
5. Gökhan Sevilgen, Muhsin Kilic: Numerical analysis of air flow, heat transfer, moisture transport and thermal comfort in a room heated by two-panel radiators, ScienceDirect, 2011
6. Mohammed A. Aziz, Ibrahim A.M. Gad, El Shahat F.A. Mohammed, Ramy H. Mohammed: Experimental and numerical study of influence of air ceiling diffuser on room air flow characteristics, ScienceDirect, 2012

## **A túlméretezés hatásai a fűtési és hűtési rendszerekre (Effects of the oversizing on the heating and cooling systems)**

**Sóki Rudolf, M.Sc. I. évf.,  
soki.rudolf@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Szánthó Zoltán egyetemi docens, Épületgépészeti és Gépészeti  
Eljárás technika Tanszék**

Az épületgépészeti rendszerekben gyakran találkozhatunk túlméretezett berendezésekkel, fogyasztókkal, csővezetékekkel és szerelvényekkel. Ennek oka, hogy a tervezők és kivitelezők túlságosan a biztonságra törekedtek, vagy rosszul végezték el a méretezést; de akár az is, ha egy felújítás során az épületet, fogyasztókat korszerűsítik, azonban a hűtő- és fűtő berendezéseket változatlanul hagyják.

A dolgozatban megvizsgáltam, hogy milyen pozitív illetve negatív hatásai vannak a túlméretezésnek. A legfontosabb kérdés, hogyan változik az energiafogyasztása ezeknek a túlméretezett berendezéseknek, illetve hogyan befolyásolja a túlméretezés a szabályozás pontosságát. Ezeken kívül a túlméretezésnek a kibocsájtott zajra, illetve a berendezés élettartamára való hatása is vizsgálatra kerül.

A túlméretezés leggyakrabban a kazánok esetében fordul elő. Ez azért probléma, mert általánosságban kijelenthető, hogy a csak fűtésre szolgáló berendezéseknél a fűtési idény több mint 80 %-ában a méretezési teljesítmény felénél kisebb teljesítményre van szükség. A teljes terheléssel való üzemelés csak nagyon rövid időszakokra jellemző, ezért a túlméretezés hatása itt még jelentősebb. Hagyományos, alacsony hőmérsékletű és kondenzációs kazánokat is vizsgáltam, hiszen a hatások itt máshogyan jelentkeznek. Elemeztem továbbá a túlméretezés következményeit csővezetékek, radiátorok illetve hűtési rendszerek esetében is.





BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR

## GÉPÉSZETI ELJÁRÁSTECHNIKA ÉS ÉPÜLETGÉPÉSZET

Helyszín: D. épület 101.  
Időpont: 2014. november 11. 9<sup>00</sup>  
Elnök: Dr. Láng Péter, egyetemi tanár  
Titkár: Dr. Hégyel László, adjunktus  
Tag: Dr. Barna Lajos, egyetemi docens

### **9:00 Weinhandl Róbert**

Alumínium italdoboz alapanyagú hőcserélő műveleti vizsgálata

Konzulens: Dr. Poós Tibor, adjunktus  
Épületgépészeti és Gépészeti Eljárástechnika Tanszék

### **9:20 Schneider Gyula, Várkonyi Zsombor**

Szárítás időbeli lefutásának analitikus modellezése a szárítási paraméterek függvényében

Konzulens: Dr. Örvös Mária, egyetemi docens  
Épületgépészeti és Gépészeti Eljárástechnika Tanszék

### **9:40 Schneider Gyula**

Kén-hidrogén adszorpció modellezése biometán technológiában

Konzulensek: Dr. Láng Péter, egyetemi tanár  
Épületgépészeti és Gépészeti Eljárástechnika Tanszék  
Lángné dr. Lázi Márta, egyetemi docens  
Analízis Tanszék

**10:00**

***SZÜNET***

**10:20 Hizsnyai Máté**

Ipari axiális ventilátorok akusztikai jellemzőinek vizsgálata

Konzulens: Tóth Bence, doktorandusz  
Áramlástan Tanszék

**10:40 Papp Klaudia**

Szennyvízátemelő aknák üzemének optimalizációja dinamikus programozás alkalmazásával

Konzulensek: Dr. Garbai László, Professor Emeritus  
Jasper Andor, tudományos segédmunkatárs  
Épületgépészeti és Gépészeti Eljárástechnika Tanszék

**11:00 Andrásy Zoltán, Farkas Rita**

Fázisváltó anyagok alkalmazása falszerkezetekben

Konzulensek: Dr. Örvös Mária, egyetemi docens  
Dr. Szánthó Zoltán, egyetemi docens  
Épületgépészeti és Gépészeti Eljárástechnika Tanszék



## **Alumínium italdoboz alapanyagú hőcserélő műveleti vizsgálata (Examination of the operating parameters of a Soda can heater)**

**Weinhandl Róbert M.Sc. II. évf.  
roiopi@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Poós Tibor adjunktus  
Épületgépészeti és Gépészeti Eljárás Technika Tanszék**

A tudományos diákköri munka keretében egy alumínium italdoboz alapanyagú hőcserélő termodinamikai és áramlástanai viszonyait elemző modellt készítettem, mely figyelembe veszi a Budapestre vonatkozó átlagos meteorológiai viszonyokat, és a várható napsugárzási adatokat is. A Wolfram Mathematica programban elkészített számítási modell lehetővé teszi különböző kialakítású hőcserélők a várható hőteljesítményének meghatározását.

Az alumínium italdoboz alapanyagú hőcserélő egy helyiség beltéri levegőjét melegíti fel napenergia hasznosításával. A beltéri levegő egy ventilátor segítségével a napsugárzás hatásainak kitett hőcserélő berendezésbe áramlik. A bevezetett közeg először egy osztó dobozba érkezik, majd innen az alumínium italdobozokból készített csöveken keresztül egy hasonló kialakítású gyűjtő dobozba kerül. Ezek után a felmelegített levegő visszavezetésre kerül a szobába.

A tudományos diákköri munkámban különös figyelmet fordítottam a hőcserélő lehetséges kialakításainak vizsgálatára, többek között a hőcserélő vákuum alatt működésére. A hagyományos és a vákuum alatt működő hőcserélők hőteljesítményeinek összehasonlítása alapján elemeztem, hogy javasolt-e az utóbbi elven működő berendezés alkalmazása.

A TDK dolgozatomban ismertetem a modell számítási alapjait és gyakorlati felépítését, valamint a különböző számítási algoritmusok eredményeit. Végezetül bemutatom a számításokból levonható konklúziókat, különös tekintettel a vákuum alatt működő hőcserélő-kialakítások esetére.

### **Szakirodalom:**

1. John A. Duffie, William A. Beckman: Solar engineering of thermal processes, Second edition, A Wiley Interscience Publication, 1980.
2. Lajos T.: Az áramlástan alapjai. Műegyetem Kiadó, Budapest, 2008.
3. Bihari P., Dobai A., Györke G.: Segédlet a hőtán tárgycsoport tárgyaihoz, internetes jegyzet, Verzió 1.0, 2014.

**Szárítás időbeli lefutásának analitikus modellezése a szárítási paraméterek függvényében**  
**(Analytical modeling of temporal moisture variation in function of drying parameters)**

**Schneider Gyula M.Sc. I. évf.**  
**gyuszi.schneider@gmail.com**

**Várkonyi Zsombor M.Sc. I. évf.**  
**zsombor.varkonyi@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Örvös Mária egyetemi docens**  
**Épületgépészeti és Gépészeti Eljárás Technika Tanszék**

A paradicsom világszerte nagy mennyiségben termesztett zöldségféle, amelyet számos formájában fogyasztanak a kiváló íze és az emberi szervezetre gyakorolt jótékony hatásai miatt. Friss állapotában romlandó termék, ezért az egyenletes piaci ellátás érdekében tartósítási eljárás alkalmazása szükséges. Ennek egyik módja a szárítás, amely történhet természetes, ill. mesterséges módon. Utóbbi előnye, hogy jelentősen csökkenthető a szárítási idő, ipari méretekben is alkalmazható és független az éghajlati viszonyoktól.

A szárítandó anyag beltartalmi értékeinek megőrzése céljából, valamint a szárítás nagy energia igénye miatt fontos a folyamat paramétereinek gondos megválasztása. A TDK dolgozat keretein belül megvizsgáltuk, hogy a paradicsomszárítás folyamatát döntően befolyásoló paraméterek milyen hatást gyakorolnak a szárítási időre, fajlagos energia felhasználásra. A kísérleteknél, konvekciós szárítás során a meleg szárítólevegő sebessége és hőmérséklete, míg infrasugaras szárítás során az infrasugárzó és a termék távolsága, valamint a környezeti szárítólevegő sebessége volt a vizsgált paraméter.

Kísérleti mérőállomást alakítottunk ki, amely lehetővé tette a paradicsom szárítása során a levegő állapotjelzőinek változásából az együttes hő- és anyagátadás mellett érvényes összenergiaigény meghatározását. Ezt felhasználva a többi eltérő paraméterű konvekciós mérésnél is kiértékelhetővé vált a fajlagos energiaigény. A mért adatok alapján, azokat a szakirodalmakkal összevetve közelítő összefüggést határoztunk meg a szárított anyag nedvességtartalmának időbeli lefutására. Megvizsgáltuk, az illesztett függvény és az egyes szárítási paraméterek kapcsolatát.

A mért és modellezett eredmények alapján megállapítottuk, hogy konvekciós szárítási folyamatnál (a ventiláció teljesítményigényét elhanyagolva) a levegősebesség növelésével csökken a szükséges szárítási idő, és csökken az energiaigény; míg infrasugaras szárítás során a környezeti levegő sebessége növeli az energiaigényt és csökkenti a szárítási időt.

**1. Irodalom:**

1. Ali M. et al.: Evaluation of energy consumption in different drying methods. Energy Conversion and Management, no. 52, 1192-1199 (2011)
2. Charles T. A. et al.: Drying characteristics and sorption isotherm of tomato slices. Journal of Food Engineering, no. 73, 157-1263 (2006)
3. Engin D. et al.: Degradation kinetics of lycopene,  $\beta$ -carotene and ascorbic acid in tomatoes during hot air drying. LWT – Food Science and Technology, no. 50, 172-176 (2013),
4. Franceschi S. et al.: Tomatoes and risk of digestive tract cancers. International Journal of Cancer, vol. 59, 181-184 (1994).
5. Ibrahim D.: Air-drying characteristics of tomatoes. Journal of Food Engineering, no. 78, 1291-1297 (2007)
6. Renato M. Lazzarin and Luigi Schibuola: Performance analysis of heating plants equipped with condensing boilers. Heat Recovery Systems Vol. 6, No. 4, pp. 269-276, (1986)

## **Kén-hidrogén adszorpció modellezése biometán technológiában (Modelling of hydrogen sulphide adsorption in bio-methane technology)**

**Schneider Gyula B.Sc. IV. évf.  
gyuszi.schneider@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Láng Péter egyetemi tanár, Épületgépészeti és Gépészeti  
Eljárástechnika Tanszék; Lángné dr. Lázi Márta egyetemi docens, Analízis Tanszék**

Napjainkra az energetikai ipar feladata a fenntartható fejlődést biztosító technológiák alkalmazása és kutatása, mely fenntartható fejlődés magában kell, hogy foglalja a társadalmi-ökológiai- és gazdasági fenntarthatóságot. A biometán technológia alkalmazásával lehetőség nyílik ezt a hármas célt kielégíteni. A biometán a földgázzal egyenértékű energiahordozónak tekinthető. A földgáz a fejlett országok energiamérlegében jelentős hányadot képvisel, így a biometán technológiák alkalmazásanagymértékben hozzájárulhat ezen országok diverzifikált energiaellátáshoz.

Korábbi munkám során azt vizsgáltam, hogy mely technológiai lépések szükségesek a fermentorból távozó biogáz biometánná alakításához. A vizsgált technológia a nagy nyomáson, víz oldószerrel végzett, fizikai adszorpción alapuló gázmosás volt, amelynek fő lépései a kénmentesítés a szén-dioxid leválasztás és a gázpáratlanítás. Jelenlegi munkámban az adszorber oszlop után az adszorber oszlop műveleti méretezését végzem el. Itt történik a tisztítandó gázban található kén-hidrogén leválasztása. A leválasztás a biometán felhasználási módjától függően történhet első lépésként, közvetlenül a nyers biogázból, ill. a harmadik lépésben is, az adszorberből kilépő telített oldószer regenerációja során. Az előbbi esetben a biogáz vagy biometán villamosenergia termelésben történő felhasználása során, az erőművi berendezések korróziós védelme érdekében, az utóbbi során a környezeti emissziós kibocsájtási határértékek betartása érdekében szükséges a leválasztás.

Dolgozatom első részében a jelenleg alkalmazott, kén-hidrogén leválasztására alkalmas technológiákat ismertetem, majd ezek közül részletesen foglalkozom a frontális adszorpció műveleti méretezésével, biometán technológiában alkalmazva azt. A méretezés során egy működő berendezés áttörési görbéjét határozom meg kismintára végzett mérési adatsor alapján. Az áttörési időt a Bohart-Adams modell alapján becsülöm. Ezt követően a teljes áttörési görbét közelítem, elsőként lineáris egyensúlyi izotermát feltételezve, a Klinkenberg modell szerint, majd az adszorpció differenciál egyenletének numerikus megoldásával az áttörési görbe pontos megoldását állítom elő. Az így meghatározott paraméterek ismeretében számítom az ipari oszlop áttörési görbéjét. Ennek ismeretében megbecsülhető, hogy mekkora gázmennyiség kezelésére alkalmas az ipari oszlopa töltet kimerülése előtt. Ez a karbantartás szempontjából fontos, mivel a jelenlegi gyakorlat szerint csak szemrevételezés alapján, a töltet színváltozásából tudnak következtetni az oszlop telítettségi szintjére.

## **Ipari axiális ventilátorok akusztikai jellemzőinek vizsgálata (Investigation of Acoustic Properties of Industrial Axial Fans)**

**Hizsnai Máté B.Sc. IV. évf.**  
**hizsmate@gmail.com**

**Konzulens: Tóth Bence doktorandusz**  
**Áramlástan Tanszék**

Dolgozatom témája a kereskedelmi forgalomban elérhető axiális ventilátorok zajára vonatkozó irányelvek felkutatása, továbbá egy konkrét axiális ventilátor által kibocsátott hangteljesítmény számításával történő becslése és mérése. Céloom megmutatni, hogy a szabványos számítási eljárások túlzottan konzervatívak, ami piaci hátrányt jelenthet a gyártó cégeknek. Akusztikai mérésekkel a túlbecslés elkerülhető, így a termék versenyelőnybe kerülhet.

Feladatom első fázisában magyarországi ventilátorgyártó vállalatok képviselőivel készítettem interjút, hogy megtudjam, milyen számítási módszerek, illetve mérések alapján határozzák meg a termékek kibocsátott hangteljesítményét. Van-e olyan rendelet, irányelv, szabvány, ami számszerűsíti, hogy a gyártott ventilátorok által kibocsátott hangteljesítményszint maximum mekkora lehet? Mi a gyakorlat a katalógusban megadott hangteljesítmény-adatokra vonatkozóan? Ezeket mérik vagy légtechnikai jellemzők alapján számítják? A cégekkel végzett közös munka során bebizonyosodott, hogy a ventilátorzaj fontos szempont, a zajcsökkentés piaci versenyelőnyt jelent.

A következő lépésben esettanulmányt végeztem. Egy hőcserélő ventilátor kibocsátott hangteljesítményszintjét számoltam ki a VDI 3731 szabvány segítségével. A számításhoz a ventilátor átlagos összhatásfokára volt szükségem, amelyet kísérleti úton határoztam meg. Az így kapott hangteljesítményszint értéket összehasonlítottam a ventilátor katalógus adataival, továbbá a kísérleti úton meghatározott hangteljesítményszinttel, amelyet a hangnyomásszint eloszlásának méréséből számítottam ki. A feladatom utolsó részeként mikrofontömbös mérést végeztem a hőcserélő ventilátoron.

Az eredmények összehasonlításából kiderült, hogy a VDI szabvány túlbecsli a hangteljesítményt, tehát felhasználói szempontból a biztonság felé mozdul el. A gyártó számára azonban ez hátrányos lehet. Következésképpen, ha egy vállalat el akarja kerülni azt, hogy a VDI irányelvei alapján történő konzervatív számítások miatt elveszítse a versenyelőnyét, mindenképpen célszerű konkrét akusztikai méréseket végezni, és azok eredményeit a ventilátor katalógusban megadni. Mindez rámutat arra, hogy az Áramlástan Tanszék által végzett akusztikai mérések komoly gyakorlati jelentőséggel bírnak.

**Szennyvízátemelő aknák üzemének optimalizációja dinamikus programozás alkalmazásával  
(Process optimization of wastewater pump stations with dynamic programming)**

**Papp Klaudia M.Sc. I. évf.  
pappklaudia13@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Garbai László professor emeritus, Jasper Andor tudományos segédmunkatárs; Épületgépészeti és Gépészeti Eljárás technika Tanszék**

A dabasi szennyvíztisztító telep csakúgy, mint Magyarország szennyvíztisztító telepeinek nagy többsége napjainkra mind hidraulikailag, mind szerves anyag tartalom szempontjából a méretezési állapot felett üzemel. Ezt okozhatja a létesítéskor történt alulméretezés, vagy gyakrabban az időközben megnövekedett terhelés. Ez a túlterhelés lehet folyamatos vagy – mint a dabasi esetben – csak időszakos. A megvalósítani kívánt innováció esetén olyan új megoldásokat kívánunk alkalmazni, amelyek mindkét esetben jelentősen csökkenthetik a szennyvíztisztító telepek terhelését.

A vizsgált csatornarendszerben egyidejűleg van jelen a gravitációs és a nyomás alatti szállítás. A kiterjedt csatornarendszerek létesítése és üzemeltetése gyakorlati és elméleti problémák egész sorát veti fel, amelyek különösen akkor súlyosak, ha a minimális beruházási költségű rendszerek létesítésének és a minimális költségű üzem mód(ok) kialakításának lehetőségét vizsgáljuk. A csatornarendszerek minimális költségű üzemeltetésének legfontosabb problémája a minimális költségű hidraulikai üzem módok előállítása, az esetleg több összekapcsolt ágból álló, sztochasztikus üzemű, sztochasztikusan keletkező szennyvízáramok szállítását végző csatornahálózatok hidraulikai-áramlási viszonyainak tisztázása; a nyomás- és tömegáram-eloszlás meghatározott feltételekre történő megállapítása, illetve a kívánt áramlási kép, azaz a kívánt folyadékáram-eloszlás és az előírt fogyasztások (vételezések) vagy azok lehetőségeinek beállítása.

TDK dolgozatomban bemutatom a csatornarendszert, alrendszerekre osztom fel, azoknak elkészítem az áramlást leíró modelljét. A hidraulikai egyenletek megoldása előtt meghatározható a hálózat döntési modellje, amelynek célfüggvénye a szivattyúzási munka minimumának keresése. A tisztítási és lebontási folyamat sikere érdekében feltételként kell szabni azt is, hogy a tározóban a szennyvíz tartózkodási ideje összességében közelítse meg a lebontáshoz szükséges időtartamot. A döntési modell részét képezik még a mellékfeltételek, amelyek a szennyvíztározók korlátos befogadóképességét, kapacitását jelentik. Az ezek figyelembe vételével felírt hálózati döntési modell megoldásával előállítható a rendszer optimális üzemmenetének első közelítése.

## **Fázisváltó anyagok alkalmazása falszerkezetekben (Phase change material integration with wall structures)**

**Andrássy Zoltán B.Sc. IV. évf.**  
**zolee92@gmail.com**

**Farkas Rita B.Sc. IV. évf.**  
**f.rita33@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Örvös Mária egyetemi docens, Dr. Szánthó Zoltán egyetemi docens  
Épületgépészeti és Gépészeti Eljárás Technika Tanszék**

A külföldi kutatások eredményeként egyre nagyobb teret hódítanak a fázisváltó anyagok. Dolgozatunkkal szeretnénk felhívni a figyelmet ezen anyagok használatára, mint a hőenergia tárolásának egyik lehetséges módjára.

A fázisváltó anyagok (PCM), olyan energiatároló anyagok, melyek a halmazállapot változás közbeni látens hőt is felhasználva nagyobb energiasűrűséggel raktározzák el a hőenergiát, melyet szükség esetén képesek felszabadítani. Fő előnyük, hogy kis hőmérsékletváltozás mellett képesek nagy mennyiségű hőt tárolni, energia és hely megtakarítással.

Dolgozatunkban bemutatjuk a fázisváltozás folyamatát, vizsgáljuk a felmerülő problémákat, és bemutatjuk a jelenlegi kutatásokat, melyekkel tovább lehet javítani az anyagok tulajdonságain. A hőtárolást általában a hőmérséklet állandó értéken tartásához használják, ezért a fázisváltó anyagok alkalmazása az épületgépészetben a legelterjedtebb. Használhatjuk fűtési rendszerekben, tárolóba építve, a kazánt kiegészítve, vagy beépíthetjük falszerkezetekbe, a külső hőmérséklet hatásainak csökkentésére. Munkánk során egy új alkalmazást vizsgálunk, mellyel felületfűtést egészítünk ki a fal különböző rétegeibe ágyazott fázisváltó anyaggal. Az EnergyPlus nevű program segítségével meghatározzuk a PCM megfelelő helyzetét, méretét, kialakítását, illetve modellezzük, hogy milyen éghajlati viszonyok mellett legelőnyösebb az alkalmazásuk. A programmal kapott értékekkel összehasonlítjuk saját hőtani modellünket, igazolva annak helyességét.

### **Irodalom:**

1. Jeremiah D. Crossett: Belgian Passivhaus Villa With Advanced bioPCM Envelope. Energy and Buildings, Volume 68, Part A, November 2013
2. Su-Gwang Jeong, Okyoung Chung, Seulgi Yu, Sugwan Kim, Sumin Kim: Improvement of the thermal properties of Bio-based PCM using exfoliated graphite nanoplatelets. Solar Energy Materials & Solar Cells 117(2013)87–92
3. B.L. Gowreesunker, S.A. Tassou, M. Kolokotroni: Improved simulation of phase change processes in applications where conduction is the dominant heat transfer mode, Howell Building, Mechanical Engineering, School of Engineering and Design, Brunel University, Uxbridge, Middlesex, UB8 3PH, UK



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR

## GÉPGYÁRTÁSTECHNOLÓGIA

Helyszín: T épület 47.  
Időpont: 2014. november 11.  
Elnök: Dr. Mátyási Gyula, egyetemi docens  
Titkár: Tóth András, tudományos munkatárs  
Tag: Dr. Merksz István, egyetemi adjunktus

### **8:30 Újvári Zoltán**

A mikrofúró szerszámok állapotfelügyelete

Konzulens: Dr. Dömötör Ferenc, egyetemi adjunktus  
Farkas Balázs Zsolt, egyetemi tanársegéd  
Dr. Szalay Tibor, egyetemi docens

### **8:50 Nagy Bálint**

Beviteli maszkok készítése Siemens 840D vezérlésre a ciklusidők gyorsítása érdekében

Konzulens: Gyurika István Gábor, tanszéki mérnök

### **9:10 Hodosán Zsolt, Bauer Márk Ottó**

Hattengelyes erő-nyomatékmérő szenzor tervezése, gyártása, kalibrálása

Konzulensek: Tóth András, tudományos munkatárs

### **9:30 Geier Norbert, Ferenczy Anna Zsófia, Pintér Fruzsina**

Gránit munkapultok konstrukciós tervezése, gyártási folyamatainak ötvözése csoporttechnológias módszerekkel

Konzulens: Gyurika István Gábor, tanszéki mérnök  
Vidovics Balázs, egyetemi tanársegéd  
Kutrovác Lajos, tanszéki mérnök

### **9:50 Geier Norbert**

Szálerősített polimer kompozitok forgácsolhatósági vizsgálata

Konzulens: Dr. Mátyási Gyula, egyetemi docens

***SZÜNET***

**10:30 Bécsi Levente, Vizvári Nikolett**

Opcionális forgatóegység tervezése síkágvas lézervágógépre

Konzulens: Gyurika István Gábor, tanszéki mérnök

**10:50 Nyemcsok Máté, Rostási Gergő**

5 tengelyes megmunkálás ipari robottal: a programozás szoftveres támogatásának lehetőségei és laboratóriumi kísérletek

Konzulens: Tóth András, tudományos munkatárs

**11:10 Merth Attila Zoltán, Polyák Csaba**

Gyors körzsebmaró ciklus fejlesztése

Konzulens: Dr. Mátyási Gyula, egyetemi docens

**11:30 Kállai Zsolt**

Súrlódási nyomaték modellek összehasonlítása gördülő csapágyak esetén

Konzulens: Dr. Németh István, egyetemi docens

**11:50 Fehér Zoltán**

Robot OperatingSystem-ben szimulált tárgyak felismerése, környezet detektálása szimulált mélység és RGB kamerákkal és szimulált tárgymanipuláció redundáns csuklókaros mobilrobottal

Konzulens: Tóth András, tudományos munkatárs  
Pilissy Tamás, ügyvivő szakértő



## **A mikrofúró szerszámok állapotfelügyelete (The condition monitoring of micro-drilling tools)**

**Újvári Zoltán, MSc II. évf.  
ifj.ujvari.zoltan@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Dömötör Ferenc, egyetemi adjunktus, Gépjárművek és Járműgyártás  
Tanszék,**

**Farkas Balázs Zsolt, egyetemi tanársegéd, Gyártástudomány és -technológia Tanszék,  
Dr. Szalay Tibor, egyetemi docens, Gyártástudomány és -technológia Tanszék**

A folyamatosan fejlődő, korszerűsödő ipari termelésben a karbantartás létjogosultsága felértékelődik. A növekvő vásárlói igények, a megkövetelt magas minőség, illetve a szállítási határidők pontos betartása következtében nem engedhető meg, hogy a gyártás megszakadjon, vagy rosszabb esetben huzamosabb ideig álljon. Ezen elveket követik a hazánkban is terjeszkedő autóiipari vállalatok, illetve beszállítók, akik már bevezettek, vagy a későbbiekben terveznek kiépíteni diagnosztikai rendszereken alapuló állapotfelügyeletet.

A Gyártástudomány és -technológia Tanszék mikro megmunkáló laborjában lehetőségem adódott mikrofúró szerszámok állapotának vizsgálatára. TDK dolgozatom a következő gondolatmenetet követi: kezdetben ismertetem mind a mikro megmunkálás, mind a karbantartás területének főbb jellemzőit, majd a megmunkálás során felmerülő esetleges problémákat, végül kitérek a megoldásukhoz vezető útra is.

Számos tudományos cikket felhasználva részletesen bemutatom a mikro megmunkálás során alkalmazott gépek, szerszámok, illetve munkadarabok főbb paramétereit. Gondolok itt a méretekre, a technológiai beállításokra, továbbá a felhasználási területekre egyaránt. Miután az előbbieken említett témakör kirészletezése megtörtént, következik a megmunkálás során adódó hibák, problémák feltárása, mellyel párhuzamosan kerül bevezetésre a karbantartás területe is. Ismertetem a lehetséges karbantartási stratégiákat (hibaelhárító karbantartási stratégia, merev ciklusú karbantartási stratégia, állapotvizsgálaton alapuló karbantartási stratégia). Ezt követően a lehetséges alternatívák felsorolására kerül sor, hogyan is lehet minél pontosabban, illetve szakszerűbben vizsgálni a mikro megmunkálás során jelentkező rezgéseket. Végül az így kapott jelekből érdemi következtetéseket alkotok arra vonatkozóan, milyen módon is figyelhető folyamatosan a mikro megmunkálás, mikor történjen beavatkozás a szerszám törésének elkerülése érdekében, a munkadarab minőségének megóvása céljából.

A dolgozat alapján elmondhatjuk, hogy mindenképp szükséges a termelékenység biztosítása végett a folyamatos felügyelet, ami kiterjeszhető nemcsak hagyományos megmunkáló gépekre, de egyedi, professzionális berendezésekre is egyaránt.

## **Beviteli maszkok készítése Siemens 840D vezérlésre a ciklusidők gyorsítása érdekében**

**(Development of user cycles for Siemens 840D controller in order to reduce cycle time)**

**Nagy Bálint MSc II. évf.,  
balint.nagy10@gmail.com**

**Konzulensek: Gyurika István Gábor, tanszéki mérnök, Gyártástudomány és -  
technológia Tanszék**

TDK dolgozatomat a Yorkshire Fittings-gyártó Kft-nél készítettem, melynek fő profilja a meleg-, hideg vizes, valamint gáz rendszerekhez különböző profilú csőidomok, azaz fittingek gyártása. A cégnél hidegalakítással, vagy forgácsolással készítik ezeket a darabokat, feladatomban az utóbbi területen készítettem el. Az itt lévő gépek a nagy automatizáltság miatt rendkívül kis ciklusidővel dolgoznak, ezért fontos, hogy az új termékekre történő beállítás minél rövidebb idő alatt menjen végbe, és minél jobb ciklusidővel fusson az új termék.

Kutatómunkámban a beállítási folyamat egyik elemével, az NC programírás gyorsításával foglalkoztam. A különböző termékeknek vannak olyan profiljai, amelyek geometriailag megegyeznek, de méretileg eltérnek egymástól. Ezen kontúrok parametrizálásával jelentősen lerövidül a programozási idő, mivel a gépbeállítónak nem kell minden pontot külön-külön leprogramoznia, hanem elég csak a termék típusát és méretét megadnia ahhoz, hogy az adott műveletem elkészüljön. Feladatomban tehát olyan, egy típusra összevont programot készítettem el, amely a megfelelő adatok megadásával legenerálja a kívánt profilt. Ehhez a Siemens 840D-s vezérlő paraméteres programozási funkcióit használtam fel. A programban az adott profil típusán és méretén kívül figyelembe kellett vennem a technológiai elemek definiálását is, hiszen ezek nélkül rossz minőségű felületet kapnánk. A meghatározott bemeneti geometriai, és technológiai paramétereket ezután ahol lehetett, korlátok közé szorítottam, ezzel kiszűrve a rossz adatmegadás miatt fellépő hibákat.

A könnyebb átláthatóság és kezelhetőség érdekében feladatom második része az volt, hogy az elkészített programot felhasználói ciklussá alakítsam, azaz el kellett készítenem a megírt paraméteres program beviteli maszkját. Ehhez egyrészt átalakítottam a paraméteres programot, hogy hozzá lehessen csatolni a ciklushoz, másrészt a vezérlő háttérkönyvtáraiban elkészítettem a ciklus által kilistázandó bemenetek típusait. Végül segédképekkel, magyarázó szövegekkel láttam el a felhasználói maszkot.

A fent említett szempontok alapján a Press és Tectite termékcsaládba tartozó termékekre írtam meg a beadási maszkokat, amelyek geometriailag pontos kontúrt adnak, és technológiaiailag is megfelelőek. Az így kapott ciklusok segítségével csökken a programozási idő, ezáltal a gépet hamarabb sikerül visszaállítani a termelésbe, így hatékonyabb gépkihasználatot érhetünk el. A megírt beadási maszkokat alkalmazva jelentősen csökkenthető az átállásból származó holtidő, ami több legyártott terméket eredményez.

### Irodalom:

- [1] Mátyási Gyula: NC technológia és programozás I., Műszaki Kiadó, Budapest, 2001
- [2] Mike Lynch: Computer Numerical Control Advanced Techniques, McGraw-Hill, Inc., 1992
- [3] <http://support.automation.siemens.com/WW/view/en/70265038>

## **Hattengelyes erő-nyomatékmérő szenzor tervezése, gyártása, kalibrálása (Design, manufacturing and calibration of six-axis force-torque transducer)**

**Bauer Márk Ottó MSc I. évf., Hodosán Zsolt MSc II. évf.**  
**mrmarkbauer@gmail.com, hodosan.zsolt@t-online.hu**

**Konzulens: Tóth András, tudományos munkatárs, Gyártástudomány és -technológia  
Tanszék,**

A TDK dolgozatunkban egy olyan hattengelyes erő és nyomaték mérésére alkalmas szenzor fejlesztését mutatjuk be, mely a Műszaki Mechanikai Tanszék és a Gyártástudomány és-technológia Tanszék COSMOSYS projektjében a REHAROB gyógytornáztató robotok erőszabályozásában vesz részt. A házi fejlesztést az indokolta, hogy egy külső cégtől vásárolt, majd tönkrement szenzort költséghatékonyan és műszakilag a meglévő rendszerhez illeszthetően másképp nem tudtuk pótolni.

Első lépésben áttekintettük a témához köthető irodalmakat, illetve alapos mechanikai és elektronikai elemzésnek vetettük alá a Tára Kft. által gyártott szenzort. Az így kapott információk segítségével meg tudtuk határozni a számunkra megfelelő geometriát [1], el tudtuk végezni a szükséges mechanikai [2] és elektronikai méretezést [3], illetve ki tudunk dolgozni a kalibrációs mátrix meghatározásához szükséges mérési eljárást [4].

A geometria megtervezése során olyan speciális kritériumokat is meg kellett fogalmaznunk, mint például a túlterhelés elleni védelem. A mérőtestet több változatban modelleztük és végeselemes módszer segítségével ellenőriztük, amíg az egyes irányokban elvárt maximális terhelés értékét megkaptuk. Elkészítettük a gépészet alkatrész- és összeállítási rajzait. A bonyolult alkatrészeket alvállalkozó, míg az egyszerűbb alkatrészeket mi magunk készítettük el. A szükséges elektronikai alkatrészeket kiválasztottuk és a jelerősítőt és feldolgozót megterveztük. A mérőtestre összesen 24 darab nyúlásmérő bélyeget ragasztottunk fel, melyeket hat –egyenként négy darab bélyeget tartalmazó – teljes hídba kötöttünk. A szenzor belsejébe került elhelyezésre a bélyegek által adott analóg jelek erősítésére szolgáló nyomtatott áramkörök, melyekkel egy megfelelő minőségű jel-zaj viszonyt sikerült elérnünk.

A felbélyegzett, bekábelezett, majd összeszerelt szenzor kalibrációs mátrixának meghatározásához a robotvezérlőben elhelyezett, erő adatokat feldolgozó kártya környezetében felépítettünk egy kalibrálásra alkalmas mérőcellát. A cella elemekből összerakható készülék (EÖK) felhasználásával valósult meg. A kalibrálás meghatározott irányokban és módon,  $\pm 5$  gramm pontosságú tömeggel történt. Az így kapott nyers adatokat egy számítótablóba importáltuk, amelybe a kalibrációs algoritmust előre feltöltöttük.

Végül méréssel ellenőriztük a szenzor műszaki paramétereit: a névleges, és a csúcsterheléseket, a linearitást, az ismétlési pontosságot, a felbontást, a tengelyenkénti nullpontkúszást. Költségelemzést végeztünk és elkezdtük a szenzor orvostechinikai tanúsításához szükséges információk összegyűjtését.

### Irodalom:

- [1] Jong Ho Kim, Hyun Joon Kwon, Dong-Ki Kim: 6-axis sensor structure using force sensor and method of measuring force and moment therewith. Szabadalom, kiadási szám: US8156823 B2, (2012), <http://www.google.com.lb/patents/US8156823>
- [2] Junqing Ma, Aiguo Song: Fast Estimation of Strains for Cross-Beams Six-Axis Force/Torque Sensors by Mechanical Modeling. Jiangsu Key Lab of Remote Measurement and Control, School of Instrument Science and Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China, 2013
- [3] Alpek Ferenc: Műszer- és mérés technika (mérés technológia és mérés automatizálás a gépgyártásban), előadás jegyzet, Budapest, 2007/2008, 10-15 old.
- [4] Takeshi Ohsato, Yusuke Hirabayashi: Six-axis force sensor. Szabadalom, kiadási szám: US6823744 B2 (2004), <http://www.google.com/patents/US6823744>

## **Gránit munkapultok konstrukciós tervezése, gyártási folyamatainak ötözése csoporttechnológiás módszerekkel**

**(Design and plan manufacturing process with group technology of granite  
work tops)**

**Ferenczy Anna BSc III. évf., Geier Norbert MSc I. évf., Pintér Fruzsina BSc III. évf.  
ferenczy.anna3@gmail.com, geiernorbert92@gmail.com, fruzsinapinter@gmail.com**

**Konzulensek: Gyurika István Gábor, tanszéki mérnök, Gyártástudomány és -  
technológia Tanszék,  
Vidovics Balázs, egyetemi tanársegéd, Gép- és Terméktervezés Tanszék,  
Kutrovác Lajos, tanszéki mérnök, Gyártástudomány és –technológia Tanszék**

Geometriailag és technológiailag hasonló alkatrészeket csoportokba foglalhatunk, gyártásukra csoporttechnológiát használhatunk. A csoporttechnológia alkalmazásával a kis- és középsorozatban forgácsolt alkatrészek technológiai tervezését a nagysorozatú gyártás jellemzőivel ruházzuk fel. Így költséghatékonyan előállítható kis- és középsorozatban gyártott alkatrészekhez is részletes gyártásterv (optimalizált technológiai paraméterekkel).

A TDK munkánk elsődleges célja volt, hogy megvizsgáljuk a csoporttechnológiás módszerek alkalmazhatóságának előnyeit és korlátait természetes kövekből készült termékekre adaptálva. Jelenleg a fémek esetében alkalmazott csoporttechnológiás algoritmusokat gránit és márvány termékek esetében még nem alkalmazták. A csoporttechnológiás módszer alkalmazhatóságát egy gránit munkapult termékcsaládon teszteltük.

A TDK munkánk első lépéseként konkurens termékelemzést hajtottunk végre, majd a kiértékelés után terveztünk egy gránit munkapult termékcsaládot, amit moduláris elemekkel, paraméteresen építettük fel. A csoporttechnológiás módszerek alkalmazásához szükséges un. komplex alkatrészt megterveztük. A konstrukciós tervezésekhez SolidWorks 3D-s tervező szoftvert használtunk. Előállítottuk a komplex alkatrész részletes gyártási technológiáját a műveleti sorrendtervtől a műveleti utasításig, megírtuk a gyártását vezérlő paraméteres, moduláris felépítésű CNC programokat is. A forgácsolást vezérlő CNC programok a FAGOR CNC8070 és az NCT201 vezérlőre is elkészültek. A CNC programokat részint manuálisan, részint az EdgeCAM segítségével írtuk. Fejlesztettünk egy szoftvert C# nyelven, ami grafikusán segíti a CNC program változóinak feltöltését. Magyarozó ábrákkal, műszaki rajzokkal és egyéb praktikus kiegészítő funkciókkal láttuk el a szoftvert, hogy a CNC programgenerálás biztonságos, egyszerű, gyors és rugalmas legyen. Ezek után kiértékeltek a csoporttechnológiás módszer alkalmazhatóságát különböző munkapult konstrukciókon.

A TDK dolgozatunk eredményeképp elkészült egy esettanulmány, mely rámutat a csoporttechnológiás módszerek alkalmazásának létjogosultságára természetes kövekből készült termékek esetében.

### Irodalom:

- [1] B.Z. Gong: The processing of parts with group technology in an individual CNC machining center. ELSEVIER Journal of Materials Processing Technology 129 (2002) 645-648.
- [2] Mezei S. Mikó B. ifj. Mezei S.: Csoporttechnológia tervezésének számítógépes támogatása. EME Fialat műszakiak tudományos ülészaka, Kolozsvár, 1999.
- [3] Y. Nadir, M. Chaabane, C. Marty: Automated coding system in group technology for rotational parts. Computers in Industry 23 (1993) 39-47

## **Szálerősített polimer kompozitok forgácsolhatósági vizsgálata (Machinability analysis of fiber reinforced polymer composites)**

**Geier Norbert MSc I. évf.  
geiernorbert92@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Mátyási Gyula, egyetemi docens Gyártástudomány és –technológia  
Tanszék**

A gépjármű- és repülőgépipar fejlődésének köszönhetően egyre szélesebb körben elterjedt a polimer kompozitok alkalmazása, fokozatosan megjelent az igény arra, hogy a polimer kompozitok forgácsoló megmunkálását optimalizálják. Tekintve, hogy ezek az anyagok könnyebbek és nagyobb szilárdsággal rendelkeznek, a forgácsoló megmunkálásuk egy sor egyedi problémát és kihívást jelent. A repülőgépiparban a lehető legjobb minőség elérése a cél, a termelékenységek növelése csak másodlagos szempont. Ezt folyamatos folyamatellenőrzéssel érik el, hiszen a polimer kompozitok forgácsolhatóság elmélete és gyakorlata napjainkban még nem teljesen kidolgozott.

A TDK munkám elsődleges célja volt, hogy megvizsgáljam az egy irányban szénszállal erősített epoxi gyanta mátrixú polimer kompozitok egyes forgácsolhatósági jellemzőit, ezek alapján következtetéseket tudjak levonni az egy irányban szálerősített polimer kompozitok forgácsolhatóságára vonatkozólag.

A TDK munkám első részeként alumínium ötvözetbe készítettem átmenő furatokat, különböző megmunkálási stratégiákkal. A fúrás során keletkező forgácsoló erőt egy háromkomponenses Kistler erőmérő cellával mértem, majd kiértékeltem. A furatok palástfelületi érdességét, a furat alakhibáit megmértem, a fúrás során keletkezett sorját a be- és kilépő felületeken elemeztem. Az alumínium ötvözet mért forgácsolhatósági jellemzőit ezek után összehasonlítás bázisként használtam a polimer kompozit megmunkálás jellemzőinek kiértékelésekor.

A TDK dolgozat második részében egy irányban szénszállal erősített epoxi gyanta mátrixú polimer kompozit forgácsolhatóságát vizsgáltam. A vizsgálat kiterjedt a megmunkálás során keletkezett forgácsoló erő, a felületi érdesség, alakhiba, sorja, szőrösödés mérésére. A mért értékeket összehasonlítottam az alumínium ötvözetben mért értékekkel. Megvizsgáltam, hogy az erősítőszál orientáció és a megmunkálási irány által bezárt szög milyen mértékben és hogyan befolyásolja az egyes forgácsolhatósági jellemzőket.

A TDK dolgozatom eredményeképp elkészült egy „Különböző furat megmunkálási stratégiák” c. egyetemi laboratóriumi gyakorlat anyaga, illetve egy kutatási dokumentáció az egy irányban szénszállal erősített polimer kompozitok forgácsolhatóságának vizsgálatáról.

### Irodalom:

- [1] H. Sasahara, M. Kawasaki, M. Tsutsumi: Helical Feed Milling with MQL for Boring of Aluminium Alloy. Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing vol. 2, No. 6, 2008.
- [2] Czvikovszky Tibor, Nagy Péter, Gaál János: A polimertechnika alapjai. BME egyetemi jegyzet, Budapest, 2007.
- [3] Kevin A. Calzada, Shiv G. Kapoor, R. E. DeVor, J. Samuel, A. K. Srivastava: Modeling and interpretation of fiber orientation-based failure mechanisms in machining of carbon fiber-reinforced polymer composites. Journal of Manufacturing Processes 14 (2012) 141-149.
- [4] Jinyang Xu, Qinglong An, Ming Chen: A comparative evaluation of polycrystalline diamond drill sin drilling high-strength T800S/250F CFRP. Composite Structures 117 (2014) 71-82.

## **Opcionális forgatóegység tervezése síkágvas lézervágógépre (Designing an optional rotary unit for flatbed laser cutting machines)**

**Bécsi Levente BSc IV. évf., Vizvári Nikolett BSc IV. évf.  
drbecsi@gmail.com, nikus27@gmail.com**

**Konzulens: Gyurika István Gábor, tanszéki mérnök, Gyártástudomány és -technológia  
Tanszék**

A lézertechnológiát alkalmazó berendezések egyre nagyobb teret hódítanak az ipar több területén is. A fémmegmunkálás témakörében találkozhatunk lézeres vágással, hegesztéssel, gravírozással, vagy akár felületi megmunkálásokkal, úgy, mint felületi ötvözés vagy hőkezelés. Ma a Magyarországon található nagyobb teljesítményű lézergépek legtöbbször főleg lemez-és csővágási feladatokat lát el. A sík lemezek megmunkálására síkágvas 2D-s lézergépeket elterjedten alkalmaznak, míg térbeli lemezalkatrészekhez, továbbá csővágási feladatokra a sokkal bonyolultabb felépítésű 5D-s gépeket alkalmazzák.

TDK munkánk során egy fémmegmunkálással foglalkozó cég problémájára kerestünk megoldást. Az említett cég által gyártott termékek között nagyrészt lemezalkatrészek találhatók, azonban szükségük van csőalkatrészek, főként zártszelvények feldolgozására is, melyet jelenlegi gépparkjukkal nem tudnak megvalósítani. Munkánk céljából egy olyan kiegészítő forgató berendezés tervezését tűztük ki, amelynek segítségével egy síkágvas 2D-s lézervágó gép képes lehet zártszelvények oldalankénti megmunkálására.

A tervezés kezdeti fázisában megfigyeltük a gép működését ipari környezetben, majd összegyűjtöttük a berendezéssel szemben támasztott igényeket és követelményeket. Az előzetes számítások után kiválasztottuk a forgatóegység megfelelő részegységeit. A kereskedelmi forgalomban nem kapható alkatrészeket megterveztük, majd ezek gyártástervét is elkészítettük. Egy megfelelő vezérlőelektronika kiválasztásával lehetővé tettük a forgatómodul és a lézergép CNC vezérlésének összekapcsolását. Mivel a lézervágó gép egy új részegységgel bővült, szükségessé vált az addig használt számítógépes posztprocesszor kiegészítése, valamint egy poszt-poszt processzor programjának megírása. Ez utóbbi program a posztprocesszor által generált NC kódot egészíti ki technológiai és forgatási információkkal, így bontva fel a térbeli alkatrész megmunkálását a síkágvas gépen is elvégezhető síkbeli esetek összességére.

A fent leírt munkánk eredményeként létrejött forgatómodul beépítésével egy síkágvas lézervágógép alkalmas lesz rozsdamentes acél zártszelvények megmunkálására. Ugyanakkor a szerkezet mobilitásából adódóan könnyen ki- és beszerelhető a gép munkaterébe, ezzel alkalmazkodva a gyakran váltakozó, kisebb sorozatban gyártott alkatrészekhez.

### Irodalom:

- [1] [http://www.messer.hu/Hirek\\_sajtoinformacio/Szakmai\\_hirlevelek/Hegeszt-es\\_vagastechnika/5\\_hegesztestechnika/Ipari\\_lezerek\\_Magyarorszagon\\_I.pdf](http://www.messer.hu/Hirek_sajtoinformacio/Szakmai_hirlevelek/Hegeszt-es_vagastechnika/5_hegesztestechnika/Ipari_lezerek_Magyarorszagon_I.pdf)
- [2] William M. Steen, "Laser Material Processing," Springer-Verlag London, 1998
- [3] Szerk: John F. Ready, "LIA Handbook of Laser Materials Processing", Laser Institute of America, 2001

## **5 tengelyes megmunkálás ipari robottal: a programozás szoftveres támogatásának lehetőségei és laboratóriumi kísérletek**

**(Five-axis machining using industrial robot: opportunity of offline-programing and laboratory experimental verification)**

**Rostási Gergő BSc IV. évf., Nyemcsok Máté BSc IV. évf.  
nyemate@gmail.com; rostasigergo@gmail.com**

**Konzulens: Tóth András, tudományos munkatárs, Gyártástudomány és –technológia Tanszék**

Marási műveletek elvégzésére ma már a „hagyományos” CNC szerszámgépek mellett megmunkálásra kialakított robot cellákkal is találkozhatunk. 6 tengelyes ipari robotokkal nagy szabadsági fokszámuknak köszönhetően bonyolult, ún. szoborfelületek is megmunkálhatóak. Az ipari robotok saját kiterjedésükhöz képest nagy munkatérrel rendelkeznek, ami további külső tengely beiktatásával jelentős mértékben növelhető. Az egyedülálló előnyök mellett sajnos számos olyan sajátossága is van a technológiának, melyek korlátozzák alkalmazhatóságát megmunkálási feladatokban. A nagy karkinyúlás és csuklós szerkezet miatt kisebb az ipari robot merevsége, és pontossága, mint egy hagyományos szerszámgépé, ezért elsősorban a könnyen megmunkálható anyagok marására alkalmazható. Ezen tulajdonságok következtében elsősorban sűrűn változó munkadarabok gyártására, kis- és közép sorozatban kínálnak hatékony alternatívát.

TDK dolgozatunk célja marási műveletek mozgásprogramjainak elkészítése ipari robotok számára, amelyeket a Gyártástudomány és –technológia Tanszék robotlaborjában található ABB IRB140, és IRB1400h típusú robotokon teszteltünk. Robotprogramok létrehozása 5 tengelyes megmunkálásnál igen komoly szoftveres támogatást igényel. A szerszám pályák megtervezésén, a generikus mozgásprogram posztprocesszálon felül az off-line programozó eszköznek el kell végeznie az ütközésvizsgálatot, a robot konfigurációjának beállítását, és szingularitás kezelését is. Csak néhány éve kezdtek elterjedni a piacon az olyan robotprogramozó szoftverek, melyek lehetővé teszik az ipari robot szerszámgépként való alkalmazását.

Dolgozatunkban 2 különböző offline robotprogramozási módszert vizsgálunk meg közelebbről. Első esetben egy különálló CAM szoftverrel (Siemens NX 8.5) készítettük el a szerszám pályákat, majd off-line robotprogramozó, és szimulációs szoftverek (Siemens Tecnomatix RobotExpert/Process Simulate) segítségével posztprocesszáltuk a robot RAPID programját. A másik esetben a Delcam PowerMill CAM rendszerét használtuk, mely rendelkezik Robot Interface kiegészítéssel, ami kifejezetten ipari robotok programozását segíti megmunkálási feladatoknál.

### Irodalom:

[1] <http://www.cnc.hu/2012/02/szoborfeluletek-robotokkal/>

[2] <http://www.cnc.hu/2011/10/megmunkal-as-motoman-robotkarral/>

## **Gyors körzsebmaró ciklus fejlesztése (Fast circularpocket milling cycle development)**

**Merth Attila Zoltán MSc II. évf., Polyák Csaba MSc II. évf.  
merth.attila.zoltan@gmail.com; polyakcsaba90@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Mátyási Gyula, egyetemi docens Gyártástudomány és –technológia  
Tanszék**

Napjainkban az állandó ipari versenynek köszönhetően elengedhetetlen az egyre gyorsabb és gazdaságosabb megmunkáló ciklusok fejlesztése, ez alól a zsebmegmunkáló módszerek sem kivételek. Munkánk során megvizsgáltuk a jelenleg alkalmazott megoldásokat, valamint kutatásokat. Munkánk célja a jelenleg alkalmazott körzsebmaró ciklusok továbbfejlesztése, esetleges hátrányainak kiküszöbölése egy új paraméteres program elkészítésével.

Munkánk során egy olyan 2,5 D-s program elkészítését tűztük ki célul, mely Arkhimédész-i spirál menti pályán végzi el a megmunkálást egyes szinteken, biztosítva ezzel a szerszám folyamatos fogásvételét, egyenletesebb terhelését. A fogások számát a ciklus állapítja meg a megadott zsebmélység és a fogásvétel alapján. A szintek közötti süllyesztés csavarinterpoláció segítségével történik, mely páratlan számú szintek esetén a körzseb középpontjában, páros számúaknál pedig a szélén történik. Ennek köszönhetően nem kell mindig visszaállni a kör középpontjára, sok időt megtakarítva. A külső süllyesztés esetén a spirál a kör közepe felé forog, míg a másik esetben a zseb palástja felé. A program alkalmas a maradék fogás eltávolítására is, ha az utolsó fogásvétel kisebb mint, a beállított fogás. További előnye az állíthatóság aszerint, hogy a marás egyen vagy ellenirányú legyen-e.

A jelenlegi programokkal szemben a mi ciklusunk újdonsága az a már korábban említett tulajdonság, hogy nem áll vissza a zseb középpontjára minden süllyesztésnél. A feladat során a programot a Tanszéken található Kondia B640 típusú megmunkáló központban futtatva ellenőriztük, valamint egy mintadarabot is legyártottunk. A különböző megmunkáló ciklusokat, módokat két fő szempont szerint hasonlítottuk össze: a megmunkálás során megtett szerszám-pálya hossza és a megmunkálás ideje. A vizsgálatok során a különböző vezérlők (pl: Heidenhain, Siemens Sinutrain) beépített ciklusait vettük viszonyítási alapul. A tesztek során a ciklusokat ugyanolyan beállítási paraméterekkel futtattuk mindegyik vezérlésen, valamint többféle paraméter összeállítást is kipróbáltunk, hogy meghatározzuk, mely esetekben leghatékonyabb a mi programunk. Az eredmények alapján a többi eljáráshoz képest a programunk nagy mélységű és átmérőjű zsebek esetén lesz igazán gazdaságos.



## **Súrlódási nyomaték modellek összehasonlítása gördülő csapágyak esetén (Comparing friction torque models for rolling bearings)**

**Kállai Zsolt, BSc IV. évf.  
kallaizsolt90@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Németh István, egyetemi docens, Gyártástudomány és –technológia  
Tanszék**

Az emelkedő energia árak mellett a cégek szeretnék minél gazdaságosabban működni termékeik gyártásakor, de félnek attól, hogy kénytelenek a gyártósort leállítani, amennyiben valamelyik gépnél csapágy problémák lépnek fel. Ezért túlkenést használnak a csapágyaknál, aminek következtében nő az energia veszteség.

A választott téma egy jelenleg is futó „Energia-hatékony kenések csapágyak számára” projekt része, amit a belga SOC Maakindustrie vzw, divisie FMTC végez. A projekt célja megtalálni az optimális olajáramlást recirkulációs, olajkenéses rendszerek esetén, amellyel a szerszámgépek energia igényét 5-10%-kal lehet csökkenteni.

A nyári szakmai gyakorlatom során méréseket végeztem a fent említett cégnél és segítettem a projektben résztvevő mérnökök munkáját a kitűzött cél elérésében. A kiértékelés során mérnöki problémába ütköztünk. A mért adatokat szeretnénk volna szimulációs eredményekkel összehasonlítani, amikor lényeges eltéréseket észleltünk a szimulációs modellek között. A dolgozat bemutatja, hogyan sikerült laboratóriumi körülmények között súrlódási nyomatékot mérni és a mérési összeállítást. A dolgozat keretein belül összehasonlítom a két legnagyobb európai csapágygyártó az SKF és a FAG súrlódási nyomaték számító módszerét és kiemeli az eltéréseket.

A kutatásom továbbá felhívja a figyelmet arra, hogy ha két nívós, csapágygyártó cég nem talált közös nevezőt a súrlódási nyomaték számításának módszerében, akkor a későbbiekben még hasznos kísérleteket folytathatunk a kijelölt területen.

### Irodalom:

- [1] Schaeffler Technologies AG & Co. KG: Lubrication of Rolling Bearings, 2014
- [2] Klüber Lubrication München KG: The element that rolls the bearing, 2013
- [3] <http://www.schaeffler.com/>
- [4] <http://www.skf.com/>

**Robot Operating System-ben szimulált tárgyak felismerése, környezet detektálása szimulált mélység és RGB kamerákkal és szimulált tárgymanipuláció redundáns csuklókaros mobilrobottal**

**(Simulated object recognition and environment detection with simulated depth and RGB cameras and simulated object manipulation with redundant jointed arm mobile robot)**

**Fehér Zoltán MSc II. évf.  
feherzoltaan@gmail.com**

**Konzulens: Tóth András, tudományos munkatárs, Gyártástudomány és –technológia Tanszék**

**Pilissy Tamás, ügyvivő szakértő, Gyártástudomány és –technológia Tanszék**

A Robot Operating System (ROS) egy olyan eszközt ad a fejlesztők kezébe, amelynek segítségével könnyedén tudnak robotprogramokat készíteni. A ROS nyílt forráskódú rendszer, ezért a hobbi robotikában elért sikerek után a szervizrobotikában is elterjedt, és a biztonsági- és felelősségi kérdések kezelése után ipari robotalkalmazásokban is nyilvánvalóan használni fogják. A folyamat egyik rásegítő akciója dolgozatom fő témája, az EuRoC (European Robotic Challenges) nemzetközi robotos verseny.

A versenyen két számban indult el a Gyártástudomány- és technológia Tanszék és az Alkalmazott Logikai Laboratórium Kft. munkatársaiból szervezett csapat. Az első feladatot mindkét számban egy verseny kiírói által biztosított Linux alapú szimulációs környezetben kell megoldani. A csapatok által készített felhasználói programokat a kiíró szerverén tudjuk tesztelni, és kiértékelni. Például minden tárgy felismeréséért, a tárgyak felemeléséért, szállításáért, letételéért, illetve az ezekhez felhasznált gépi idő rövidegességéért jár pont. Az én feladatom a második versenyszám gondozása volt. Szoftver kódot dolgoztam ki egy KUKA LWR4 típusú robot mozgására, három előre definiált tárgy manipulálására. A feladathoz szenzorok jeleit dolgoztam fel, de az ipari robotos alkalmazásokhoz képest eltérést jelentett, hogy a gépi képfeldolgozás szimulációs kódját is elő kellett állítanom. Mélység és RGB kamerák szimulált jelei alapján kellett felismerni a manipulált tárgyakat, meghatározni a tárgyak térbeli helyzetét, illetve a környezet detektálás alapján terveztem ütközésmentes mozgáspályákat a robot számára. A feladat megoldása során elvégeztem a robotok kamerával való kalibrálását, koordináta konfigurációk meghatározását, kamera zajsűrését, az alak- és helyzetfelismerést OpenCV alakfelismerő algoritmusokkal.

**Irodalom:**

- [1] [www.wiki.ros.org](http://www.wiki.ros.org)
- [2] [www.euroc-project.eu](http://www.euroc-project.eu)
- [3] Aaron Martínez, Enrique Fernández: Learning ROS for Robotics Programming, ISBN 978-1-78216-144-8, 2013



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR

## GÉPTERVEZÉS

Helyszín: R. épület 109.  
Időpont: 2014. november 11. 9:00  
Elnök: Dr. Váradi Károly, egyetemi tanár  
Titkár: Dr. Csobán Attila, egyetemi adjunktus  
Tag: Dr. Piros Attila, egyetemi adjunktus

### **9:00 Gróza Márton**

Nagynyomású gömbcsapok karimás kötéseinek optimális előfeszítése

Konzulensek: Kollár György, tudományos munkatárs

### **9:20 Huszár Tamás**

Mérés során gyűjtött gyorsulási adatok felhasználása elmozdulás értékek számítására, élettartam vizsgáló berendezés tervezéséhez

Konzulens: Dr. Kerényi György, tanszékvezető helyettes  
egyetemi docens

### **9:40 Katona Krisztina, Ötvös Vivien, Sipos Anna Ilona, Tomasics Sára**

PocketQube műhold vázszerkezetének fejlesztése és hőtechnikai elemzése

Konzulens: Józsa Viktor, doktorandusz, Energetikai Gépek és  
Rendszerek Tanszék

### **10:00 Korcsmáros Ádám, Imre Márk, Dávid Márk**

Kartondoboz hajtogató berendezés tervezése

Konzulens: Dr. Nguyen Huy Hoang, tudományos munkatárs

### **10:20 Lukács Ádám**

Napkövető napkollektor-tartó tervezése

Konzulens: Forányi Ferenc, tanszéki mérnök

**10:40 Szombati Kristóf Márton**

Talaj-szerszám kapcsolatának modellezése DEM (Diszkrét Elemes  
Módszer) alkalmazásával

Konzulens: Tamás Kornél, egyetemi tanársegéd

**Nagynyomású gömbcsapok karimás kötéseinek optimális előfeszítése**  
**(Optimal bolt preload of the flanged connections of high pressure ball valves)**

**Gróza Márton MSc I. évf.,**  
**e-mail: grozamarton@gmail.com**

**Konzulens: Kollár György, Gép- és Terméktervezés tanszék**

A dolgozat célja egy végeselemes módszeren alapuló méretezési és ellenőrzési módszer megalkotása a nagynyomású gömbcsapok házkarima csavarkötéseinek méretezésére. Ennek szükségességét a szabványos eljárások alkalmatlansága indokolja.

A nagynyomású gömbcsapok házkarima kötéseire alkalmazható szabványos méretezési eljárások (EN 12516, EN 1591-1 és ASME Section VIII) nem adnak támpontot a csavarok előfeszítésének szükséges mértékére. Az ilyen típusú házkarima kötések jellemzően O-gyűrűs tömítéssel rendelkeznek, így az általában iránymutató előfeszítő erő és a minimális tömítő erő sem nyújt megfelelő kiindulópontot. Felmerül a kérdés, mennyire érdemes tehát előfeszíteni egy ilyen gömbcsapban a házkarima csavarokat?

Bevezetésként a munka összefoglalja a karimás kötések általános jellemzőit és alapvető típusait, majd a gömbcsapokon megtalálható karimás kötések jellemzőinek és főbb méretezési szempontjainak ismeretében értékeli a szabványos méretezési eljárásokat. A mérnöki gyakorlatban leginkább elterjedt szabványos eljárások alapját képező Taylor Forge módszer elhanyagolásainak ismeretében nyilvánvalóvá válik a numerikus analízis szükségessége a probléma megoldásához.

A dolgozat több lehetséges geometriai kialakítás végeselemes számítási eredményei alapján meghatározza az optimális csavar-előfeszítés mértékét, a kötést lazító belső nyomásból származó erő függvényében.

Az eredményeket szolgáltató végeselemes modell a gömbcsapok általános szilárdsági analíziséhez használt modellhez képest jelentős egyszerűsítéseket tartalmaz. Így nem csak a modell egyszerűbb és áttekinthetőbb, hanem pontosabb és könnyebben értelmezhető eredményeket kaphatunk a számításokból. A szerző a modell felépítésének részletes bemutatásával lehetővé teszi a számítások teljes reprodukálhatóságát is.

A vizsgálatok legfontosabb megállapítása az, hogy a karimacsavarok optimális előfeszítésének mértéke egyértelműen meghatározható. Az O-gyűrűs tömítéssel rendelkező gömbcsap házkarima csavarjainak ideális előfeszítése a belső nyomásból származó lazítóerő másfélszerese. A dolgozat az optimális érték helyességét a karimás kötés lelazulási folyamatával és a karimacsavarok teherbírásával egyaránt alátámasztja.

Irodalom:

1. Taylor Forge & Pipe Works. 1964. Modern Flange Design – Bulletin 502
2. EN13445-3, Unfired Pressure vessels, Part 3 – Design [szabvány]
3. EN1591-1:2001 Flanges and their joints — Design rules for gasketed circular flange connections Part 1: Calculation method [szabvány]
4. ASME Section VIII Division 1 – Unfired Pressure Vessels [szabvány]
5. Szántay, Budapest 1966. Vegyipari készülékek szerkesztése [szakkönyv]

**Mérés során gyűjtött gyorsulási adatok felhasználása elmozdulás értékek számítására,  
élettartam vizsgáló berendezés tervezéséhez**

**Calculating position values from acceleration values gathered through measurements, for  
the design of fatigue testing equipment**

**Huszár Tamás Gép. MSc 2. szem., knucklehead255@gmail.com**

**Konzulens: Dr.Kerényi György, tanszékvezető helyettes egyetemi docens,  
Gép- és Terméktervezés tanszék**

Egy terepen mozgó jármű részegységének gyorsított élettartam vizsgálatára képes berendezés megtervezése volt a feladatom. A vizsgáló berendezéssel a részegységet érő üzem közbeni valóságos és extrém terhelések szimulálását valósítják meg. Ezeket a terheléseket mérés segítségével kellett meghatározni. A méréshez a részegységre 3 triaxiális gyorsulásérzékelőt erősítettünk, ezekkel rögzítettük mozgás közben a gyorsulásértékeket.

A gyorsulásértékek kiértékelésének célja a legnagyobb gyorsulásértékek meghatározása, és a részegység mozgását leíró elmozdulások és szögelfordulások pontos számítása volt. A kiértékelés során különböző matematikai és dinamikai problémákat kellett megoldani.

A három gyorsulásjelből egy pontra átszámolás után meghatározhatóak a szöggyorsulás és szögsebesség értékek. A gyorsulásfüggvények és szöggyorsulás értékek kétszeres integrálásával reprodukálhatóak az elmozdulás és szögelfordulás függvények, de nem ismertek a kezdeti értékek, ezért a számítás hibával terhelt, az elmozdulás függvény hibás értéket ad. A hibát függvényként kerestem. A hibafüggvény meghatározásához és az elmozdulások értékek pontosabb számolásához egy iterációs algoritmust alkalmaztam.

A módszer validálását, a mérés során készült videofelvételek vizsgálatával végeztem el. Videoelemzés segítségével mértem a részegység elmozdulásait, így meghatározva egy közelítő elmozdulás-idő függvényt, ami összehasonlítható a számítások során kapott függvénnyel. A validált elmozdulás értékek és az így meghatározott terhelések, már felhasználhatóak a vizsgáló berendezés tervezéséhez, és a vizsgált berendezést illetve a vizsgálandó részegységet modellező 3D tervezőrendszerben készült mozgásszimuláció készítéséhez.

Irodalom:

1. Kinematika és Dinamika jegyzet, elérhető: [http://www.mm.bme.hu/mm\\_hu/](http://www.mm.bme.hu/mm_hu/)
2. Csizmadia B., Nádori E. : Mozgástan – Mechanikai mérnököknek, Nemzeti tankönyvkiadó, Budapest, 1971
3. Szász Gábor: Matematika I-II-III, Tankönyvkiadó, Budapest

## **PocketQube műhold vázszerkezetének fejlesztése és hőtechnikai elemzése**

**(Development of frame and heat transfer analysis of a PocketQube satellite)**

**Katona Krisztina Gép. BSc 5. szem., katona.krisztina93@gmail.com**

**Ötvös Vivien, Gép. BSc 5. szem., otvosvivien62@gmail.com**

**Sipos Anna Ilona, Enrg. BSc 5. szem., anna.linetta@gmail.com**

**Tomasics Sára, Enrg. BSc 5. szem., tomasicssara@gmail.com**

**Konzulens: Józsa Viktor, doktorandusz, Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék**

A dolgozatunk témája a BME jelenleg is fejlesztés alatt álló második műholdjának vázszerkezetének fejlesztése, illetve hőtechnikai analízise. A BME-1 névre hallgató műholdja PocketQube-ok családjába tartozik, melynek alapvető követelményei:

- 5x5x5 cm befoglaló méret
- stabil szerkezet, mely egyben marad az indítás, a kilövés és működés közben, ezáltal nem keletkezhet úrszemét strukturális hibából kifolyólag
- indítás után a világűr viszonyai mellett (közel 0 K és 0 Pa) is működőképes legyen
- indítás előtt szabványos teszteken való megfelelés
- minden egyes alkatrész anyagának meg kell felelnie a kis gáz kibocsátású anyagok szabványának, hogy a küldetést ne sodorhassa veszélybe
- Ezeket kiegészítettük a saját követelményeinkkel, mint a spektrum analizátoros mérőrendszer hordozása, illetve az adó- és vevőantenna kicsomagolódása és üzembe lépése. Célunk a kritériumoknak megfelelő szerkezetek tervezése és fejlesztése.

Az alkalmazhatóság körülményeinek vizsgálatához szükséges a szerkezet hőtechnikai elemzése. Ehhez hőáram-hálózatos modellt alkalmaztunk, mely a robosztussága és a könnyű programozhatósága miatt került kiválasztásra. Az egyszerű, tömör kocka modelljétől a valós geometriáig több konstrukciót vizsgáltunk meg. A hőátviteli folyamatok előzetes kvantitatív elemzése után az egységként értelmezett szerkezetet diszkrét részekre osztottuk, majd azokat koncentrált vezetési ellenállásokkal modelleztük. A szerkezet feldarabolásánál anyagi, szerkezeti és hőforrás szerinti elkülönülést vettünk figyelembe. A termikus funkciók modellezése hőáram-hálózati alapelemekkel történik. (hővezetési ellenállás, hőkapacitás, hőáram-forrás). A modell segítségével szimulálni tudtuk a szerkezet űrbeli körülményeken történő viselkedését. Az elért eredményeket numerikus hőtani szimulációval hasonlítottuk össze és ellenőrizzük.

A kész modellt egy egyesített programkódba fogjuk implementálni a műhold teljes viselkedésének a szimulálhatósága érdekében. Ez a folyamat fontos szerepet kap a tervezés során, mivel több elektronikai alkatrész számára bizonyos minimális hőmérsékletet kell biztosítani a működőképességük megőrzése érdekében.

## **Kartondoboz hajtogató berendezés tervezése**

**(Tray forming machine designing)**

**Korcsmáros Ádám Gép. BSc 6. szem., korcsmaros.a.21@gmail.com**

**Imre Márk, Gép. BSc 6. szem., imremark123@gmail.com**

**Dávid Márk, Gép. BSc 6. szem., david.mark7b@gmail.com**

**Konzulens: Dr.Nguyen Huy Hoang, tudományos munkatárs, Gép- és Terméktervezés Tanszék**

A feladatunk egy kartondoboz hajtogató berendezés tervezése a FémAlk Zrt. részére. A cég nyomásos alumíniumöntvények előállításával foglalkozik, autóiipari beszállító, a gépjárművek öntvényeit készítik el, mint például a különböző lengéscsillapítók vagy motorok tartója.

Az alumíniumöntvények szállítására nagy teherbírású kartondobozokat használnak. A kartondoboz terítékeket eddig kézzel, munkások hajtogatták össze, viszont a növekvő igények miatt a cég a folyamat teljes gépesítése mellett döntött. A mi feladatunk volt, egy speciálisan az ő dobozukat összehajtó kartondoboz hajtogató gép tervezése.

A tervezés során arra törekszünk (amely az egyik legfontosabb felhasználói követelmény volt), hogy az adott méretű terítékek hajtogatására alkalmas berendezés minél kisebb alapterületet foglaljon el.

A tervezett gép több részegységből épül fel: beadagoló-, továbbító-, hajtogató-, kiadagoló egység és a vázszerkezet. A dolgozat során ezen egységek kidolgozása a cél.

A beadagoló egység feladata a kartondoboz terítékek ideiglenes tárolása, ezenkívül biztosítani kell azt, hogy a terítékek egyesével eljussanak a továbbító egységig, illetve, a terítékek stabil helyzetének megtartását.

A továbbító egység létesít kapcsolatot a beadagoló- és a hajtogató egység között. Elektromos- és pneumatikus hajtásokkal valósítjuk meg ezt a folyamatot, a teríték maradandó alakváltozása nélkül.

A teríték a hajtogató egységben nyeri el végleges, összehajtott formáját, ezt álló és mozgó elemek kombinációjával érjük el.

Az összehajtott dobozok a kiadagoló egységen keresztül hagyják el a berendezést, majd a cégnél található szállítószalagra kerülnek.

Ezek összességét foglalja egybe a gép vázszerkezete, melyet az egyszerűség és a könnyű szerelhetőség érdekében kereskedelmi profilokból építünk fel. Ezeket a kereskedelmi profilokat szabványos kötőelemekkel tudjuk összekapcsolni.

A gép tervezése során nagy hangsúlyt fektetünk a kompaktságra, a termelékenységre, az üzembiztonságra, a környezetvédelemre és az ergonomikus kialakításra. Ezeket a szempontokat figyelembe véve az egyes részegységek mozgását pneumatikus, illetve elektromos hajtásokkal igyekszünk megoldani, ezek könnyű vezérelhetőségét kihasználva.



## Napkövető napkollektor-tartó tervezése

(Designing of a solar-tracking solar collector frame)

Lukács Ádám Gép. BSc 7. szem., adam.lukacs182@gmail.com

**Konzulens: Forányi Ferenc, tanszéki mérnök, Gép-, és Terméktervezés Tanszék**

A feladatom egy napkövető napkollektor-tartó tervezése a zalaegerszegi 3B Hungária Kft. részére. A vállalat alapvetően anyagmozgató, és anyagfeldolgozó gépek tervezésével, és gyártásával foglalkozik. A műszakban dolgozó munkások számára az üzemben kialakított öltözőben a használati melegvizet eddig hagyományos gáztüzelésű kazánnal állították elő, de ezt szeretnék kiváltani a lehető legnagyobb mértékben egy napkollektoros rendszerrel.

Napelemes rendszerek esetében gyakran használt megoldás, hogy a tartószerkezet nem fix állású, hanem egy-, vagy kétirányú mozgással megpróbálja lekövetni a Nap mozgását [1]. Ennek az a célja, hogy a szolár modullal többletenergiát termeljenek, azzal szemben, mintha csak lerögzítenék déli irányban.

Ebből az ötletből kiindulva szeretne a 3B Hungária Kft. egy napkövető rendszert építeni, kihasználva az acélszerkezetek és hajtások tervezésében és gyártásában szerzett jelentős tapasztalatokat, de napelemek helyett napkollektorokat használva, hogy biztosítsa az üzem használati melegvíz igényét. A cél egy olyan kísérleti rendszer megépítése, mely az üzem lapostetejére lenne szerelve, és mérésekkel meg lehessen állapítani, mennyire éri meg egy ilyen berendezés használata a piacon elérhető legmodernebb napkollektorok alkalmazása mellett. Ezért már a tervezés során bele kell foglalni olyan, a mérésekhez szükséges berendezéseket, mint hőmennyiség-mérő, vagy szélerősség-mérő. Később a berendezés a vállalat által gyártott terméké válhat.

Első lépésben fel kell tárni a piacon elérhető napkollektorok típusait, és jellemzőit, aztán a meghatározott használati melegvíz igény alapján meg kell állapítani, milyen, és mennyi napkollektorra van szükség, mert ezekhez kell majd a tartószerkezetet készíteni.

Fontos része a feladatnak a koncepcióképzés, hiszen 2011-ben már építettek egy kísérleti rendszert, melynek hajtása feleslegesen költséges és bonyolult volt, így ebből a hibából tanulva most több hajtási lehetőséget felvázolva, illetve költségelemzést végezve szeretnék kiválasztani a lehető legjobb variációt.

Jelentős körülmény az, hogy a szerkezetet más, hasonló rendszerekkel ellentétben nem földre, hanem lapostetőre szeretnék elhelyezni, így annak megfelelő acélszerkezetet kell építeni, ellensúlyokkal, figyelembe véve a födém teherbírását. Amennyiben a födém nem bírja el a szerkezetet, meg kell vizsgálni a földre telepíthetőség lehetőségét.

Irodalom:

1. Szálkai Antal: A napkövető berendezések mellett. VL – Villanyszerelők lapja épületvillamossági szaklap, 2012. szeptember

**Talaj-szerszám kapcsolatának modellezése DEM (Diszkrét Elemes Módszer)  
alkalmazásával**

**(Modeling of soil-tool interaction using Discrete Element Method)**

**Szombati Kristóf Márton Gép. BSc 7. szem., kristof.szombati@gmail.com**

**Konzulens: Tamás Kornél, egyetemi tanársegéd, Gép-, és Terméktervezés Tanszék**

A talajművelő gépek tervezése során a művelő eszközökre ható erők meghatározása, illetve az adott geometriájú művelő szerszám által a talajban létrehozott változás megfigyelése, mérése régóta gondot jelent a tervezőmérnökök számára. Korábban talajvályús és szántóföldi mérésekkel lehetett ezeket a tervezéshez és optimalizáláshoz szükséges adatokat megszerezni. Azonban az ilyen mérések drágák és időigényesek. Az iménti problémákra jelent megoldást a különböző talajművelő gépek művelő elemeinek diszkrét elemes vizsgálata.

A diszkrét elemes módszerrel szemcsés anyagokat lehet modellezni, mint a talaj, különböző vetőmagok, vagy akár műtrágya granulátum. A DEM modell alap elemei 2D-ben korongok, 3D-ben gömbök, amik között kapcsolatokat is definiálhatunk, ha az anyagban kohézió is van. Ha megtudjuk határozni a talaj viselkedését leíró paramétereket (kohézió és belső súrlódási szög) vagy direkt nyíródobozos vizsgálattal különböző normál irányú előterheléseknél a talaj elnyírásához szükséges erőt, akkor a kapott adatok segítségével lemodellezhetjük az adott talaj mechanikai jellemzőit. Miután pontosan elvégeztük a modell paramétereinek a beállítását, különböző, akár CAD rendszerekből importált geometriájú szerszámokkal vizsgálhatjuk a művelő elemekre ható erőket, illetve a talajban létrejött változásokat. A kapott adatokat sok mindenre használhatjuk: különböző geometriájú szerszámok munkaminőségi és energetikai adatait összevethetjük, így meghatározhatjuk az adott talajra a legmegfelelőbb szerszámot illetve szerszám kombinációt. Az ébredő erők amplitúdója és frekvenciája alapján ellenőrizhetjük a talajművelő gép teherviselő részeit akár statikus terhelésre, akár kifáradásra.

A dolgozatomban először a diszkrét elemes módszer elméleti hátterét, illetve a talaj lemodellezéséhez szükséges talajmechanikai ismereteket szeretném bemutatni. Ezt követően a szántóföldi homokos talaj jellemzőinek direkt nyíródobozos mérését, illetve a DEM modell ez alapján történő validálását fogom elvégezni. Az így kapott talajmodellben egy középmező lazító vizsgálatát végzem el, melynek különlegessége a változtatható gerinclemez távolság. Végül a szimulációból kapott erőhatásokkal, véges elemes módszer segítségével ellenőrzöm a szerszámtestet és a felfüggesztését az adott terhelésre.

Irodalom:

1. Bagi Katalin: A diszkrét elemek módszere. BME Tartószerkezetek Mechanikája Tanszék, Budapest, 2007.
2. Arnold Verrujit: Soil mechanics. Delft University of Technology, Delft, 2006.
3. Tamás Kornél, Jóri J. István, Abdul M. Mouazen: Modelling soil-sweep interaction with discrete element method. Soil & Tillage Research, vol 134, 223-231 (2013. november)



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR

## MECHATRONIKA 1

Helyszín: Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék, D épület 509.  
Időpont: 2014. november 11. 9:00  
Elnök: Dr. Korondi Péter, egyetemi tanár  
Titkár: Tajti Ferenc, PhD hallgató  
Tagok: Dr. Lipovszki György, egyetemi docens  
Dr. Tamás Péter, egyetemi docens  
Dr. Fekete Róbert Tamás, adjunktus

### **9:00 Hably Alexandra**

Szériában gyártható Half-Size MicroMouse robot tervezése.

Konzulensek: Tajti Ferenc, PhD hallgató  
Szayer Géza, PhD hallgató

### **9:20 Ostorházi Ádám**

Kinect alapú tér és távolság érzékelés lehetőségei és kérdései.

Konzulens: Dr. Tamás Péter, egyetemi docens

### **9:40 Nyirő Péter, Subert Alexandra, Helli Márton**

Ipari robotkar távoli vezérlése egyedi szenzorok és aktuátorok alkalmazásával.

Konzulens: Dr. Korondi Péter, egyetemi tanár

### **10:00 Zsámboki Richárd**

Robotikában használható képfeldolgozó algoritmusok.

Konzulens: Dr. Tamás Péter, egyetemi docens

**10:20 Hajdu Zsombor**

Vezérlőegység tervezése ipari robothoz.

Konzulens: Zelei Ambrus, tudományos segédmunkatárs  
Budai Csaba, PhD hallgató

**10:40 Genda Attila**

Szöveg titkosítása Mandelbrot-halmaz és Julia-halmazok segítségével.

Konzulens: Dr. Tamás Péter, egyetemi docens

**11:00 Szekeres Kornél**

Marker dekódolás szoftveres fejlesztése és esettanulmány bemutatása egy mobil alkalmazásra.

Konzulens: Dr. Korondi Péter, egyetemi tanár  
Farkas Zita, PhD hallgató

## **Szériában gyártható Half-Size MicroMouse robot tervezése (Design of a half-size MicroMouse robot manufacturable in series production)**

**Hably Alexandra BSc IV. évf.  
alexandra.hably@gmail.com**

**Konzulensek: Tajti Ferenc, PhD hallgató, MOGI Tanszék  
Szayer Géza, PhD hallgató, MOGI Tanszék**

A MicroMouse robotverseny Japánban látott napvilágot a 70-es évek végén, és azóta is töretlen sikernek örvend a lelkes robotépítők körében. Az eseményen induló „egereknek” a rajtuk futó algoritmus és szenzorai segítségével képesnek kell lenniük „kitalálni” egy labirintusból. A pontos cél, hogy apró robotunk a kezdetben kijelölt start pontból eljusson a valahol a labirintus közepén lévő végpontba, kezdetben ismeretlen labirintuson át, és ezt a lehető leggyorsabban tegye.

Több méret-kategóriában is megrendezik, az ún. half-size micromouse versenyt először 2009-ben tartották. Ennél a méretkategóriánál a labirintus 32 x 32 darab 9cm x 9cm egységnégyzetekből áll. TDK dolgozatom egy half-size micromouse robot tervezéséről és megépítéséről szól. A tervezés során kihívást jelentett, hogy folyamatosan szem előtt kellett tartanom a robot kis méretét - a robotnak el kell férnie a 9cm x 9cm-es négyzetekből felépülő labirintusban, illetve minél kisebb, annál könnyebben navigál és gyorsabban mozog. Ez megkorlátokat eredményezett a 3D formán és az áramkörön, illetve gondos alkatrészválasztást igényelt.

Az elektronika központi eleme egy ST-Microelectronics által gyártott STM32 mikrokontroller, melynek tápellátását 3.7V-os lítium akkumulátor biztosítja, feszültségstabilizáló integrált áramkörökön keresztül. A robot két kerekét egy-egy mikro DC motor hajtja, melyeket egy motordriver IC-n keresztül működtetünk. Mivel az egérnek egy labirintusban kell mozognia, ezért elengedhetetlen, hogy a szögelfordulása pontosan mérhető és beállítható legyen, ezért ebből a célból szükséges volt választani és beépíteni hozzá egy gyorsulásmérő szenzort. A robot pozícionálása odometriával történik: jobb- és baloldalon is egy-egy mágneses enkóder kapott helyet, melyet a kis méret miatt választottam – ezekkel lehetséges a kerek forgását mérni, és a kerék kerületének ismeretében a robot által megtett távolságot számítani. A falak érzékelésére oldalanként 2-2 infravörös LED és fototranzisztor pár került a robot elejére, így reflektív optikai méréssel ellenőrizhető a Micromouse helyzete a falakhoz képest. A mikrokontrollerre való beágyazott szoftverfejlesztés UART, JTAG és USB interfészekon keresztül lehetséges.

A micromouse robot megépítése komplex mechatronikai feladat: szükséges hozzá gépészeti tervezés, elektronikai tervezés és az informatika területéhez tartozó programozás, alap- és magas szintű szoftverfunkciók megírása.

**Kinect alapú tér és távolság érzékelés lehetőségei és kérdései**  
**(Questions and possibilities of Kinect based space and distance measurement)**

**Ostorházi Ádám MSc II. évf.**  
**ostorhazyadam@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Tamás Péter, egyetemi docens, MOGI Tanszék**

Lehetőségek és kérdések a Microsoft Kinect-tel történő tér és távolság érzékelésben.

A tanulmány célja, hogy megmutassa a számítógéppel történő adatgyűjtés és feldolgozás lehetőségeit Kinect berendezés használatával. A célunk, hogy felkutassuk és megmutassuk a berendezésből nyert információk feldolgozási lehetőségeit. Olyan alkalmazások keresése és kifejlesztése a célunk, amelyek a Kinect berendezés lehetőségeire támaszkodva tér és mélység információt szolgáltatnak a vevő félnek.

## **Ipari robotkar távoli vezérlése egyedi szenzorok és aktuátorok alkalmazásával**

**(Remote control of an industrial manipulator with custom sensors and actuators)**

**Nyiró Péter MSc I. évf., scorpeti@gmail.com**  
**Subert Alexandra MSc I. évf., alexandra.subert@gmail.com**  
**Helli Márton MSc I. évf., rdhelli@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Korondi Péter, MTA doktora, egyetemi tanár, MOGI Tanszék**

A legtöbb ipari robotok fejlesztésével és installálásával foglalkozó kisméretű cég csak nagy költségek árán képes robotok telepítésére szakosodott operátort a telepítés helyszínén alkalmazni. A legnagyobb beruházást ezen belül is maga az utazás igényli.

Költségcsökkentés és további fejlesztési lehetőségek céljából mára már sok különböző telemanipulációs szoftver és hardver készült, ezek nagy része elsősorban számítógépes vezérlésen alapulnak. Jóval kisebb hangsúlyt fektetnek ezek a berendezések a távoli vezérlés során jelen lévő robot-ember kapcsolatra.

A dolgozat egy számítógépes szoftvercsomag fejlesztését és alkalmazását mutatja be, amely segítségével megvalósítható egy hattengelyű ipari robotkar távoli irányítása. A szoftverekben kialakított különböző interfészeknek köszönhetően a projekt egyes részei önmagukban is alkalmazhatóak további, már meglévő modulált rendszerekben. Továbbá a rendszer alkalmas távoli vezérlésre kialakított speciális hardveres perifériák használatára is. Mindezt az operátor egy egyszerű, mégis multifunkcionális felhasználói felületen keresztül képes alkalmazni.

A fejlesztés célja egy olyan rendszer megalkotása, amelyen keresztül az ember természetes mozgások segítségével képes a világ másik pontjáról irányítani és betanítani a robotot.

## **Robotikában használható képfeldolgozó algoritmusok (Image processing algorithms used in robotics)**

**Zsámboki Richárd BSc III. évf.**  
**richard.zsamboki@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Tamás Péter, egyetemi docens, MOGI Tanszék**

A képfeldolgozás mindennapjaink részévé vált, még akkor is, ha esetleg nem is tudunk erről. Amikor fényképezünk, videofelvételt készítünk, vagy egyszerűen csak bekapcsoljuk a televíziót vagy számítógépet, képfeldolgozó algoritmusok játszódnak le. Bonyolultságuk széles skálán mozog, az egyszerű szűrőktől kezdve az összetett mintafelismerő algoritmusokig bezárólag különböző komplexitású alkalmazásokat találhatunk. A felhasználási lehetőségek száma hatalmas, az iparban, orvosi diagnosztikában, kommunikációban, hadászatban már évek óta alkalmaznak képfeldolgozást a célok eléréséhez.

A mikroprocesszorok teljesítményének növekedése lehetővé tette, hogy a fenti folyamatok egy robot működése során külső beavatkozás és számítási kapacitás felhasználása nélkül alkalmazhatóak legyenek. Robot, ami felismer embereket, és képes azoknak segítséget nyújtani. Egy önvezérelt harci repülőgép, amely emberi beavatkozás nélkül megállapítja a legfontosabb célpontokat. Csak pár a számtalan modern alkalmazás közül, melyekhez nélkülözhetetlen a jól megtervezett képfeldolgozó algoritmusok fejlesztése.

Munkám során a legfontosabb alapvető alkalmazásokról kezdve áttekintem azok felhasználhatóságát, ahol releváns, ott példával szemléltetem ezt. A későbbi implementálhatóságot szem előtt tartva C++ programnyelv felhasználásával fejlesztettem az algoritmusokat. A dolgozat másik célja az OpenCV (Open Source Computer Vision) valós idejű számítógépes képfeldolgozásra készített programkönyvtár ismertetése. Az elkészült applikációkat, programokat működés közben tervezem tesztelni, ahol lehet szimulálni, implementálni (például LEGO Mindstorms NXT, Arduino, stb...).

Irodalom:

1. Moeslund, B. T.: Introduction to Video and Image Processing, Springer (2012).
2. Bow, Sing-Tze.: Pattern Recognition and Image Preprocessing, 2002.
3. Fischer, M., Pan, J.: A novel Visual Tracking Algorithm based on Adaptive Three-step search, Hybrid Correlation and Adaptive Template Renewal



## **Vezérlőegység tervezése ipari robothoz** **(Control unit design for industrial robot)**

**Hajdu Zsombor BSc II évf.,  
velias9@gmail.com**

**Konzulens: Budai Csaba, PhD hallgató, MOGI Tanszék**  
**Zelei Ambrus, Tudományos segédmunkatárs, Műszaki Mechanikai Tanszék**

A kitűzött célunk egy olyan vezérlőegység és a hozzá kapcsolódó program elkészítése, amely képes egy Descartes-koordinátás robot vezérlésére és azzal pozíciószabályozási és pályakövetési feladatokat megvalósítására.

A munka további célja, hogy megmutassa, egyedi fejlesztésű áramkörökkel és programmal is lehetséges az eredetinel kisebb méretű, de funkcionálisan közel az ipari kivitelű vezérlővel megegyező konfigurációt tervezni. A Hirata gyártmányú robot egymásra merőleges tengelyei egyenáramú szervomotorokkal, golyósorsós mozgás átalakítón keresztül mozgathatók. Az adott felépítés miatt a motorok meghajtására H-hidat tervezünk, mely képes a motoron átfolyó áram mérésére is, így lehetővé téve a motor belső áram szabályozását is. A teljesítmény elektronika magas frekvenciás és nagy áramú szabályozásokra is alkalmas, így ideális a robotvezérlőben történő alkalmazásra.

A tengelyek egymástól való függetlensége miatt minden egyes tengelyre külön mikrokontroller alapú szabályozót tervezünk, amely megvalósítja a nyomatékszabályozást is. A tengelyek szabályozását megvalósító mikrokontrollerek nagy teljesítményű Microchip gyártmányú dsPIC33 sorozatú chipek, melyek kifejezetten motorvezérlési feladatokhoz ajánlottak.

A tengelyek összehangolását egy STMicroelectronics gyártmányú, STM32 F4 sorozatú fejlesztői kártyával valósítjuk meg. Ennek a kártyának a további feladata a számítógéppel folytatott kommunikáció megvalósítása mind soros, mind pedig Ethernet porton keresztül.

A rendszerbe kétféle üzemmódot tervezünk, egy számítógépre kihelyezett számításon alapuló, valamint egy mikrokontrolleren implementált számításon alapuló üzemmódot. A beágyazott megoldásban a dsPIC mikrokontrollerek nyomatékszabályozást valósítanak meg a mért áram jel visszacsatolásával. Ez esetben a nyomatékszabályozás egy kaszkád hurkot képez az STM chip által futtatott pozíciószabályozási vagy pályakövetési feladattal.

A számítógép alapú megoldásban az összes szabályozás a számítógépen fut, így az STM feladata az utasítások dekódolása és továbbítása, míg a dsPIC-ek feladata a beérkező utasítások végrehajtása lesz. Másik irányban pedig a dsPIC-ek az összegyűjtött szenzor jeleket az STM-en keresztül továbbítják a számítógépnek.

A rendszert szeretnénk felkészíteni, hogy a DIN 66025 szabvány szerinti G-kódú utasításokat is tudja fogadni és képes legyen végre hajtani ez alapján a mozgásokat. Ezáltal előkészítjük a robotot egy általánosabb felhasználásra is.

**Szöveg titkosítása Mandelbrot-halmaz és Julia-halmazok segítségével  
(Encryption of text applying the Mandelbrot set and Julia sets)**

**Genda Attila BSc I. évf.  
gendaattila@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Tamás Péter, egyetemi docens, MOGI Tanszék**

TDK pályázatomban szeretnék egy általam írt programot bemutatni majd, amely a Mandelbrot-halmaz és különböző Julia-halmazok segítségével képes szöveget titkosítani, kihasználva azt, hogy kevés, kis adatmennyiséget igénylő kulcs megadásával is rendkívül sok lehetséges módon titkosíthatjuk az általunk megadott szöveget (ASCII karaktereket).

A program emellett látványos vizuálisan is, a fraktálokra nagyíthatunk, megkereshetjük azt a pozíciót, amely paramétereinek felhasználásával titkosítanánk.

## **Marker dekódolás szoftveres fejlesztése és esettanulmány bemutatása egy mobil alkalmazásra**

### **(Software Development for Aesthetic Marker Decoding and Case Study of a Mobile Application)**

**Szekeres Kornél MSc III. évf.**  
szekereskornel@gmail.com

**Konzulens: Dr. Korondi Péter, MTA doktora, egyetemi tanár, MOGI Tanszék**  
**Farkas Zita, PhD hallgató, Gép- és Terméktervezés Tanszék**

Az Esztétikus Marker rendszer elsősorban a robotok pozíció meghatározásában nyújt segítséget. A markerek az adott emberi környezetben az élettérhez igazítva kerülnek kihelyezésre, ahol hely- és kontextusfüggő információkat nyerhetünk ki belőlük. A kutatás során több fázisban került fejlesztésre, illetve továbbfejlesztésre a dekódoló alkalmazás. A követelmények között elsősorban az alacsony erőforrás-igényre és az adattartalom növelésével párhuzamosan a lehető legpontosabb információ kinyerésére helyeztem a hangsúlyt. A valós időben történő marker beazonosítás, pozíció meghatározás és információ kiolvasás folyamatainak megoldásához a C++ nyelvet választottam és az új verzióban olyan képfeldolgozó algoritmusokat készítettem, amellyel jelentősen fel tudtam gyorsítani a képfeldolgozást.

Az esettanulmányban bemutatom egy konkrét mobil applikáció fejlesztés eredményeit. Az alkalmazás változatos körülmények között is képes stabil működésre. A felismerő motort, állapotterez függvényként írtam meg. Teljesen visszamentem alapszintű műveletekre, törekedtem a nagyfokú tömörségre és precíz tűrésállításokkal a nagymértékben csökkentettem számítási műveleteket. Összesen kétszer járja be a képet, ezáltal sebességben képes vetélkedni az alapvető képfeldolgozó függvényekkel. A programomat egy információátadást segítő mobil alkalmazás keretrendszerébe illesztettem, ezáltal lehetővé tettem, a könnyű és széleskörű felhasználhatóságát fejlesztők számára.





BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR

## MECHATRONIKA 2

Helyszín: Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék, D épület 401.  
Időpont: 2014. november 11. 9:00  
Elnök: Dr. Ábrahám György, egyetemi tanár  
Titkár: Gárdonyi Gábor, PhD hallgató  
Tagok: Dr. Szabó Tibor, mestertanár  
Dr. Stumpf Péter Pál, adjunktus

### **9:00 Somos Balázs**

Függvénynyomtató.

Konzulens: Dr. Stumpf Péter Pál, adjunktus

### **9:20 Eperjesi Dávid, Wittmann Adam**

Hajtás vezérlés tervezése Autonóm Önjáró Elektromos Járműhöz.

Konzulens: Varga Zoltán

### **9:40 Balla Krisztián, Baksa Domonkos**

Hatszabadságfokú Armdroid robotkar felújítása és vezérlése Labview-val.

Konzulens: Dr. Stumpf Péter Pál, adjunktus

### **10:00 Erdős Gergely, Farkas Ádám**

Aktív futóművek alkalmazási lehetőségei kerékagymotoros közúti járművekben.

Konzulens: Czmerk András, egy. tanársegéd,  
Kádár Lehel, tudományos főmunkatárs

**10:20 Himes Ádám**

Az év legjobb Pneumobiljának motorvezérlője

Konzulens: Dr. Szabó Tibor, mestertanár

**10:40 Peschka Alfréd, Kurucsó Bence**

Kvadratikus feszültségnövelő konverter tervezése

Konzulens: Dr. Stumpf Péter Pál, adjunktus

**11:00 Leimeter Roland**

Négyrotoros UAV szabályozása

Konzulens: Dr. Stumpf Péter Pál, adjunktus

**11:20 Szilassy Péter Ákos**

Állandó mágneses szinkronmotor paramétereinek meghatározása

Konzulens: Dr. Antal Ákos, adjunktus

## **Függvénynyomtató (Function Plotter)**

**Somos Balázs MSc I. évf.**  
**somosb12@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Stumpf Péter Pál, adjunktus, Automatizálási és Alkalmazott  
Informatikai Tanszék**

A nyomtató napjainkra mindennapi használati eszközzé vált. Fontos szerepet tölt be otthoni, egyetemi és munkahelyi életünkben egyaránt, bár csak kevesen tudják, hogyan is működik pontosan. A belsejében rejtőző, figyelemre méltó mérnöki megoldásokat pedig szinte csak a szakmában jártasak ismerik.

A TDK munka célja kettős. Egyrészt a mérnöki tapasztalatszerzés egy régi, meghibásodott eszköz újrahasznosításán keresztül, a benne rejlő „titkok” feltárásával és új funkciókkal való felruházásával. Másrészt egy demonstrációs eszköz létrehozása, mely alkalmas lehet az egyetemi oktatásban való felhasználásra.

A TDK munka keretében megvalósult egy speciális Függvénynyomtató, mely ugyan a hagyományos értelemben vett tintasugaras nyomtatásra képtelen, számos új, különleges funkcióval lett felruházva. A személyi számítógépen futó felhasználói felület lehetővé teszi tetszőleges bonyolultságú függvények definiálását, képernyőn való ábrázolását és a szerkezet által papírra nyomtatását. A rajzolófej pozíciószabályozása lineáris szabályzóval történik, melynek paraméterei a számítógépen keresztül tetszőlegesen változtathatóak. Mozgatásával lehetőség nyílik egy szabályzó kör tranziens viselkedésének a valós időben történő bemutatására, a szabályzó paramétereinek a viselkedésre gyakorolt hatásának demonstrálására. Mindkét funkció szemléletes és hasznos oktatási segédeszközzé teszi a nyomtatót. Továbbá kiegészítő funkcióként lehetséges a papíradagoló motor és a rajzeszköz manuális, akár egy erre a célra készített kézi vezérlőn, akár számítógépen keresztül történő irányítása, azaz a klaviatúrával történő rajzolás.

## **Hajtás vezérlés tervezése Autonóm Önjáró Elektromos Járműhöz (Design of drive control for Autonomous Driven Electric Vehicle)**

**Eperjesi Dávid BSc IV. évf., eper92@gmail.com**  
**Wittmann Adam BSc IV. évf., wittmann.adam@gmail.com**

**Konzulens: Varga Zoltán**

Az ezredfordulót követően egyértelműen érezhető a tendencia, miszerint az alternatív energiafelhasználású járművek egyre nagyobb szerepet kapnak a hagyományos, belső égésű motorral felszerelt testvéreik mellett. Ezek közül a leginkább elterjedőben az elektromos hajtású koncepciók vannak. A modern fejlesztési irányzatok az autóiiparban a fogyasztáscsökkentés mellett az intelligens, önjáró járművek felé veszik az irányt. Ezek a tények hívták létre az Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszéken indult ADEV (Autonomous Driven Electric Vehicle) projektet.

TDK dolgozatunkban ezen önjáró autó hajtásláncának megtervezését tűztük ki célul. A megálmodott, asztalméretű jármű egyik fő tulajdonsága a kitűnő fordulékonyosság, aminek érdekében mind a négy kerék önállóan kormányozható, illetve a villanymotorok egymástól függetlenül vezérelhetőek. Mivel mechanikus differenciálművet nem alkalmazunk, így figyelmet kell fordítanunk arra, hogy kanyarodás közben a külső és belső kerekek megfelelő sebességgel forogjanak, így növelve a kanyarstabilitást és elkerülve a felesleges kerékcúszást. A motorok kezdeti nagy nyomatéka, és a könnyű kormányozhatóság következtében a jármű kitűnően alkalmas nehéz terepviszonyok között is haladni.

A jó kanyarstabilitást elektromos differenciálművel érjük el, amelyet a vezérlő algoritmusba implementálunk. Jelenleg több olyan módszer ismert, ami az elektromos differenciálművet vezérli, ezek közül az úgynevezett „Torque Vectoring”, azaz „nyomaték-vektor” módszert alkalmazzuk. A Torque Vectoring algoritmus a jármű tömegközéppontjának és a kanyarodás középpontjának geometriáján alapul, és ezek relatív helyzetéből adja meg a megfelelő kanyarodási szögsebességet, illetve az oldalirányú erőket. Ezen adatokat vannak felhasználva és kombinálva a megfelelő nyomaték jelek meghatározásához.

A feladat komplexitása miatt a projektet Hardware-in-the-Loop fejlesztőkörnyezetben készítjük, ami annak ellenére is, hogy csak pár évtizednyi múltra tekint vissza, igen népszerű technika napjainkban a hasonló elgondolások tesztelésére, fejlesztésére. A fő sajátossága ennek a környezetnek, hogy a tényleges hardver helyett annak egy jól elkészített modelljét használjuk fel a szabályozási kör elkészítésében. Ezzel a módszerrel nagyban tudjuk csökkenteni a kör részegységeinek a fejlesztési idejét illetve a rendszer biztonsága is növekszik, mivel a kritikus elemek csak szimuláció szintjén vesznek részt a folyamatokban. A mi projektünkben a készülő jármű motorjain kívül magát a jármű méreteit és felépítését is csak modellezzük, mivel ez egy több éves project első lépése így a tényleges autó nem áll rendelkezésünkre. Ugyanakkor így nem csak a hajtás vezérlését tudjuk tesztelni és megtalálni az ideális motorkarakterisztikát, hanem az optimális jármű geometriát is mellé hangolhatjuk.



## **Hatszabadságfokú Armdroid robotkar felújítása és vezérlése Labview-val (The Restoration Work of Armdroid and interfacing to Labview)**

**Balla Krisztián BSc III. évf., cballa7@gmail.com  
Baksa Domonkos BSc III. évf., baksadom@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Stumpf Péter Pál, adjunktus, Automatizálási és Alkalmazott  
Informatikai Tanszék**

Napjainkban a robotmanipulátorok, azon belül is az emberi karhoz hasonló robotkarok térnyerése egyre jelentősebb. Alkalmazásuk azokon a területeken a legszembetűnőbb, ahol egyes automatizált mozgások megvalósításához több szabadságfokra, nagy pontosságra, illetve ismétlődő, monoton feladatok elvégzésére van szükség.

A dolgozatban szereplő hatszabadságfokú robotkar egy Armdroid típusú robot, amit a Colne Robotics Ltd. cég gyártott körülbelül 30 évvel ezelőtt. A projekt során elsődleges célunk a robotkar újraélesztésével egy olyan demonstrációs, illetve oktatási célokra alkalmas kar fejlesztése volt, mely a későbbiekben elősegítheti a robotprogramozás kinematikai és vezérlési problémáinak megértését gyakorlati úton is, akár interneten keresztül történő mérés útján.

A hajtásláncban szíj-, köté- és fogaskerék-hajtás is található, ezek egyes elemei működésképtelen állapotban voltak. Az eredeti alkatrészek javítását ragasztással és 3D nyomtatással oldottuk meg. Az elektronikát tartalmazó NYÁK sem működött, emiatt új NYÁKot terveztünk és gyártottunk le. A NYÁK tartalmazza a hatféle mozgáshoz tartozó léptetőmotorok működéséhez szükséges áramköröket. A motorok szabályozása során az effektor pozíciójának és orientációjának meghatározásához úgynevezett direkt és inverz kinematikai feladatokat oldottunk meg.

Az adatok feldolgozását ARM típusú mikrokontrollerrel végeztük, ami a vezérlő jeleket soros porton kommunikáció során kapja meg a Labview interfésztől. Az általunk fejlesztett algoritmus lehetővé teszi a kar manuális vezérlését, továbbá a kar munkaterében lévő előre megadott  $P(x,y,z)$  pont null pozícióból való elérését. Ezt kiegészítve a kar képes az effektor pozícióba állítását lineáris interpolációval is elérni.

A dolgozatunkban a robot tervezési fázisait részletezzük, kitérve a tervezés során előforduló problémákra és azokra adott megoldásokra. Bemutatjuk a kinematikai modellt és ismertetésre kerül a Labview program is. A dolgozat a továbbfejlesztési lehetőségek bemutatásával zárul.

## **Aktív futóművek alkalmazási lehetőségei kerékagymotoros közúti járművekben**

**(Application of active suspension systems in hub-wheel electric vehicles)**

**Erdős Gergely BSc III. évf., erdosg93@gmail.com  
Farkas Ádám BSc IV. évf., farkas.adam@bgk.bme.hu**

**Konzulens: Czmerk András, egy. tanársegéd, MOGI Tanszék  
Kádár Lehel, tudományos főmunkatárs, Gépjárművek és Járműgyártás Tanszék**

A napjainkban fokozódó jelentőséggel bíró villamos autók esetén a „hagyományos”, belsőégésű motorral hajtott járművekhez képest nagyobb szabadsága lehet a tervezőnek a hajtás elemeinek elhelyezésében. Egy lehetséges elrendezés a motor kerékagyba integrálása, ami magasabb hatásfokot és könnyebb szabályozhatóságot eredményez. A „torque vectoring” módszer alapján a modern hajtásszabályozásnak köszönhetően lehetőség van a hajtónyomaték kerekenként való szabályzására is, ami menetdinamikai előnyöket jelent. Ennek az elrendezésnek viszont sokszor említett hátránya a magasabb rugózatlan tömeg, ami kényelmi és menetdinamikai, szélsőséges esetben biztonsági problémákat jelenthet. Ebben a témakörben több cikk is született a közelmúltban.

Dolgozatunkban a fent említett káros hatások kiküszöbölésének, csökkentésének egy lehetséges módját vizsgáljuk, mely az aktív futóművek, aktív rugózás használatát jelenti. Aktív illetve főleg szemi-aktív futómű jelenleg néhány, jellemzően felső kategóriás piaci forgalomban kapható járműben megtalálható, illetve kísérleti járművekben napjainkban is folynak kutatások.

Az kidolgozás folyamán sorra vesszük ezeket a különböző elveken működő, aktív és szemi-aktív futómű-rendszereket konkrét megvalósítások példáin bemutatva. Összevetjük a különböző megoldások előnyeit, hátrányait, és megvizsgáljuk, hogy melyik megvalósítás felelhet meg a leginkább jelen feladat igényeinek.

A kerékagymotor miatt megnövekedett rugózatlan tömeg hatásait egy analitikus módszerekkel felállított, az aktív futóművek igényeinek megfelelően módosított negyedjármű-modellen vizsgáljuk. A modell alapján azonosítjuk és vizsgáljuk az eltéréseket a hagyományos hajtású referencijárműhöz képest.

Az előző lépésben azonosított eltérések közül a kritikus problémák kompenzálására szabályozót tervezünk. A különböző szabályozási lehetőségek számbavétele után egy LQR (Linear Quadratic Regulator) szabályozó tervezése mellett döntünk, aminek folyamatát bemutatjuk a dolgozatban. Ennél a szabályozónál a különböző súlyozási paraméterek megadásával sokrétű lehetőség van finomhangolásra, és a paramétereknek megfelelő optimális szabályozás tervezhető.

A tervezett szabályozás hatását a SIEMENS LMS Imagine.Lab részlegének AMESim rendszerében létrehozott járműmodellen teszteljük, és mutatjuk be. A különböző útgerjesztésekre adott válaszok mellett megmutatjuk az aktuátor által felhasznált energiát is, ami fontos paramétere lehet egy ilyen rendszernek a megvalósíthatóság szempontjából.

Irodalom:

1. Jörsen Reimpell, Jürgen W. Betzler, Bári Gergő, Hankovszki Zoltán, Kádár Lehel, Lévai Zoltán, Nagyszokolyai Iván: Gépjármű futóművek I. elektronikus jegyzet, Typotex, 2012.
2. Kőfalusi Pál: Futómű rendszerek mechatronikája elektronikus jegyzet, BME MOGI, 2014.
3. Bokor József, Gáspár Péter: Irányítástechnika járműdinamikai alkalmazásokkal, Typotex, 2008.

**Az év legjobb Pneumobiljának motorvezérlője**  
**(Motor controller for the Pneumobil of the year)**

**Himes Ádám MSc II. évf.**  
**mail.adam.himes@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Szabó Tibor, mestertanár, MOGI Tanszék**

A Bosch Rexroth Kft. 7 éve hirdette meg először országos műszaki tervezési, és konstrukciós versenyt, a Pneumobil versenyt, ami 2008 óta minden évben megrendezésre kerül. A pályázat magába foglalta egy olyan pilóta irányította pneumatikusan hajtott jármű tervezését és kivitelezését, amely a rendelkezésre bocsátott erőforrás – sűrített levegővel töltött tartály - energiáját szélsőséges igények mellett is nagy hatékonysággal használja fel.

Csapattársaimmal 2011 óta, 4 éve képviseljük fő támogatónkat, a Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszéket. Azóta több mint 10 versenyen vettünk részt, ahol az ország egyéb (és néhány külföldi) műszaki felsőfokú intézményeiből jött csapatok autóival versenyeztünk. Ezek közül a legtöbb versenyen abszolút első helyet értünk el. 2013-ban illetve 2014-ben az év legjobb pneumobilja címet is kiérdemeltük.

A jármű megépítése közös munka volt, 3-4 fős csapatban dolgoztunk, de jól elkülöníthető részekre bontható ki mit fejlesztett a gépen. Dolgozatom lényege azon részmunkák kiemelése, amelyeket én találtam ki, illetve fejlesztettem, kiviteleztem, és a versenyeken szerzett tapasztalatok, mérési eredmények alapján tökéletesítettem. A meghajtás kialakítási módjának meghatározása, és a hozzá tartozó pneumatikus motor megtervezése, annak vezérlése az én feladatom volt.

Jelen dolgozat magába foglalja a jármű pneumatikus rendszerének és vezérlésének ismertetését, a tervezés menetének rövid leírását. Az üzemi folyamatok irányítását, a kezelőszervek beavatkozó jeleinek feldolgozását egy saját fejlesztésű mikrokontrolleres rendszer végzi. Bemutatom ezen motorvezérlő elektronika teljes megtervezését és az implementált üzemi folyamatokat. A 2012-es BSc-s szakdolgozatom keretében fejlesztett és megépített jármű hardverével méréseket végeztem a különböző versenyeken. A hangsúlyt a mérési eredmények kiértékelésére és a motorvezérlő csúcsra fejlesztési munkájára fektetem.

Végül pedig prezentálom a kész jármű versenyeken elért kimagasló teljesítményét, eredményeinket, melyekhez az általam kifejlesztett motorvezérlő jelentősen hozzájárult.

## **Kvadratikus feszültségnövelő konverter tervezése (Design of a quadratic boost converter)**

**Peschka Alfréd BSc IV. évf., [peschka.alfred@gmail.com](mailto:peschka.alfred@gmail.com)  
Kurucsó Bence BSc IV. évf., [kurucsob@gmail.com](mailto:kurucsob@gmail.com)**

**Konzulens: Dr. Stumpf Péter Pál, adjunktus, Automatizálási és Alkalmazott  
Informatikai Tanszék**

Napjainkban a DC-DC konverterek egyre nagyobb szerepet kapnak, legyen szó akár kisebb elektronikus eszközökről vagy akár nagy teljesítményű berendezésekről. Az egyik leggyakrabban alkalmazott DC-DC konverter a feszültségnövelő, angol elnevezéssel „Boost” konverter. A Boost konverter félvezető kapcsolóját impulzus szélesség modulációval vezérlik és a kitöltési tényező függvényében elméletileg akár végtelen nagy erősítés is elérhető. Ugyanakkor a különböző nemideális hatások következtében legfeljebb 3-4-szeres feszültségnövelés valósítható meg. Azokban az alkalmazásokban ahol ez az erősítési érték nem elegendő – ha a bemenő feszültség széles tartományon változik, mint például napelemek vagy üzemanyagcellák esetében – jól alkalmazható a dolgozatban bemutatott kvadratikus feszültségnövelő, angol elnevezéssel Quadratic boost konverter, amelyben a kitöltési tényező értékével négyzetesen változtatható az erősítés. A topológia előnye, a több egymás után kötött Boost fokozattal szemben, hogy csak egy félvezető kapcsolóelemre van szükség.

A dolgozatunk célja egy ilyen kvadratikus feszültségnövelő konverter szimulációja, tervezése és laboratóriumi modelljének megépítése. A munkánk során az áramkör elemzése mellett nagy hangsúlyt fektettünk a belső áramszabályzóval rendelkező kimenő feszültség szabályzótervezésére, szimulációjára.

Dolgozatunkban részletesen kitérünk az áramkör felépítésére, mely magában foglalja a rendszer differenciálegyenleteinek felírását. Az egyenletek segítségével levezetésre kerül a szakaszonként lineáris nemlineáris konverter átlagolt állapotter modellje a nemideális áramköri elemek hatásának figyelembevételével. Az állapotter modell segítségével a szabályzótervezéshez szükséges átviteli függvényeket előállítottuk és különféle szabályozási algoritmusokat vizsgáltunk meg folytonos és diszkrét időben. A szimulációs vizsgálatokat Matlab Simulink környezetben végeztük. Az elméleti háttér mellett ismertetésre kerül az áramkörhöz szükséges elemek kiválasztása, és a hozzájuk tartozó nyomtatott áramkör tervezése.

Az áramkör elkészülte után gyakorlatban is implementálásra kerül a szimulációk segítségével vizsgált szabályzó algoritmusok, melyek minőségi paramétereit így mérésekkel is össze tudjuk hasonlítani. Az így kapott eredményeket a szakirodalomban fellelhető megoldásokkal is összevetjük.

## **Négyrotoros UAV szabályozása** **(Attitude and Altitude Control of a Quadrotor UAV)**

**Leimeter Roland BSc III. évf.**  
**roland.leimeter@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Stumpf Péter Pál, adjunktus, Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszék**

A helikopterek szabályozására való igény már a második világháború idején felmerült, a cél elsősorban stabil és gyors légi járművek megalkotása volt. A korabeli pilóta-támogató, navigációs segítséget nyújtó eszközök utódai ma már komplett funkciókat látnak el, megkezdődhetett a pilóta nélküli repülőgépek korszaka (UAV). A szenzortechnika és a beágyazott rendszerek előrehaladásának köszönhetően az ezredforduló után a civil szektorban is észrevehetően megnőtt az érdeklődés a kisméretű UAV-k iránt, mind hobbisták, mind egyetemi kutatók körében. A publikációk jelentős része a négyrotoros helikopterek modelljét veszi alapul, elsősorban annak kedvező dinamikai tulajdonságai miatt.

A szakirodalom által gyakran QUAV (Quadrotor UAV) vagy kisebb méret esetén MAV (Micro Aerial Vehicle) –ként emlegetett mechatronikai rendszerek biztató jövőképet mutatnak. A lehetséges alkalmazási példák a hegyvidéki mentéstől a kooperatív-terhelésű szállításon át, egészen a megfigyelő rendszerekig számtalan felhasználási területet lefednek.

A mikroprocesszoros rendszerek fejlődése ma már lehetővé teszi, hogy bonyolultabb, nagy számítási kapacitást igénylő szabályozókat implementálhassunk a célhardverre úgy, hogy megfelelő nemlineáris szabályozás esetén az komplex manőverekre is képes legyen.

A dolgozatom során felvázolom a QUAV dinamikai modelljét, ismertetek két lehetséges nemlineáris szabályozót, illetve részleteiben is elemzem az alkalmazáshoz megtervezett állapotbecslőt, amely esetünkben egy Kálmán-szűrő. Ezt követően az elméletet Matlab Simulink-ben készített szimulációs eredményekkel támasztom alá, a szabályozót pedig egy létező, open-source MAV termék, a Bitcraze Crazyflie Nano Quadcopter paramétereire méretezve hangolom be, tekintettel az itt bemutatott szabályozó későbbi felhasználhatóságára.

## **Állandó mágneses szinkronmotor paramétereinek meghatározása**

**Szilassy Péter Ákos MSc III. évf.**  
**sp1126@hszk.bme.hu**

**Konzulens: Dr. Antal Ákos, adjunktus, MOGI Tanszék**

A dolgozatom célja, hogy az állandó mágneses szinkron motor elektromos paramétereit meghatározzam. A szinkronmotor alkalmazása nagyon sok helyen fellelhető az iparban. Az általam vizsgált szinkronmotort a gyakorlatban is használt kormányművek elektromos rásegítésénél alkalmazzák. Így mondhatjuk, hogy a manapság gyártott összes gépjárműnek fontos eleme.

A szinkronmotor pontos paraméter azonosítása Matlab alapú környezetben és inverteres meghatással történik. A használt modellt MATLAB Simulink programban készítjük el.

A mérések összevetésével, és kiértékelésével a jövőben pontosabb szabályozást készíthetünk, ami elősegíti a még biztonságosabb motorvezérlést, s ezzel együtt a minél hatékonyabb és pontosabb hajtásláncok megvalósítását.



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR

## ORVOSTECHNIKA 1

Helyszín: G épület 120.  
Időpont: 2014. november 11. 9:00  
Elnök: Dr. Dévényi László, c. egyetemi tanár  
Titkár: Katona Bálint, doktorandusz  
Tag: Dr. Orbulov Imre Norbert, adjunktus  
Tag: Dr. Szabadíts Péter, orvos

### **9:00 Asztalos Lilla**

Koponyaűri értágulatok kezeléséhez alkalmazott sztentek hajlítóvizsgálata

Konzulensek: Dr. Bognár Eszter, adjunktus  
Nagy Péter, tanársegéd

### **9:20 Kecskés Barnabás**

Ujjízületi protézis mechanikai vizsgálata

Konzulens: Pammer Dávid, doktorandusz

### **9:40 Tresó Tamás**

Patológiás sztentekről készült CT felvételek vizsgálata

Konzulensek: Dr. Bognár Eszter, adjunktus  
Károly Dóra, doktorandusz

### **10:00 Hajdu István**

Különböző angioplastikai eszközök flexibilitásvizsgálata

Konzulens: Károly Dóra, doktorandusz

***SZÜNET***

**10:40 Jaksa László, Magyar Bence**

Laparoszkópos sebészet - a jelen értékelése és a jövő lehetőségei

Konzulens: Dr. Kiss Rita, egyetemi docens

**11:00 Charalambous Dafni, Bán Melinda**

Arcidegek szakítóvizsgálata

Konzulensek: Dr. Bognár Eszter, adjunktus

Nagy Péter, tanársegéd

Dr. Késmárczky Róbert, fej-, nyaksebész orvos

**11:20 Suba Tamás, Keresztes Zoltán**

Sztentmintázat leképezésének vizsgálati módszerei

Konzulens: Károly Dóra, doktorandusz

**11:40 Charalambous Dafni, Pogácsás Bettina**

Patológiás sztentek anyagvizsgálatának előkészületei

Konzulensek: Dr. Bognár Eszter, adjunktus

Károly Dóra, doktorandusz



## **Koponyaúri értágulatok kezeléséhez alkalmazott sztentek hajlítóvizsgálata (Bending test of pipeline embolization device)**

**Asztalos Lilla BSc IV. évfolyam**  
**asztalos.lilla92@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Bognár Eszter, adjunktus, Anyagtudomány és Technológia Tanszék**  
**Nagy Péter, tanársegéd, Anyagtudomány és Technológia Tanszék**

Sztentek felhelyezésekor komoly gondot okoznak az érrendszeren belül található „elágazódások, kanyarok”, a különböző átmérőjű érszakaszok. Különösképp az agyi érrendszerben jelent problémát, ugyanis itt nagyon sűrűn találhatóak hajlatok az erekben, melyeken nehézkes átjuttatni különösebb komplikáció nélkül a sztenteket. A koponyaúri sztentek nagyon rugalmasak, könnyen hajlíthatóak, viszont könnyen megtörnek, a felületet alkotó szőtt jellegű mintázat alakzata pedig folyamatosan változik, ezáltal a „lefedettség” (egységnyi felületen az érfal fémmel érintkező és nem érintkező részének az aránya) az értágulat közelében sem konstans. Jelenleg a gyártók különböző kialakítású sztentekkel dolgoznak, nincs megállapítva egy ideális felépítés a sztent falát illetően, illetve mérőszám a lefedettség optimális mértékéhez.

Jelen kutatás célja több, különböző gyártótól származó koponyaúri értágulatok kezelésére szolgáló sztentek vizsgálata, beültetett sztentekről készült röntgenfelvételek alapján a karakterisztikus meghajlási szög meghatározása, majd különböző pontokon a mintázat-változás megfigyelése, a lefedettség meghatározása, az eredmények alapján pedig egy lokális érték objektív megítélése szolgáló mérőszám meghatározása. A kísérlet elvégzéséhez szükséges egy olyan befogó tervezése, amely alkalmas a sztent megtörés nélküli meghajlítására. A készülékben minimum 10 különböző szögben meghajlított, különböző gyártók által forgalmazott sztenteket viselkedése kerül megfigyelésre, a sztentmintázatról mikroszkópos felvételek segítségével kerül megállapításra a különböző hajlítási pozíciókra vonatkozatható ideális lefedettséget biztosító mérőszám.

## **Ujjízületi protézis mechanikai vizsgálata (Mechanical analysis of finger joint replacements)**

**Kecskés Barnabás MSc I. évfolyam  
kbg0507@gmail.com**

**Konzulens: Pammer Dávid, doktorandusz, Anyagtudomány és Technológia Tanszék**

Az emberi test ízületei betegség vagy sérülés következtében súlyosan károsodhatnak, ennek következtében pedig a fájdalom mellett funkcióvesztés is felléphet. Ebben az esetben ízületi protézis beültetésére lehet szükség. A nagyobb ízületek protetizálása mellett (térd, csípő) egyre nagyobb számban végeznek ujjízületi műtétet is. Azonban mivel az ujjízületi implantátumok kevésbé elterjedtek a csípőbe, illetve a térdbe beültetett társaiknál, sokkal kevesebb, a tervezésük során elvégzendő szabványosított mechanikai vizsgálat létezik, ezért sok esetben a különböző gyártók teljesen különböző vizsgálatokat alkalmaznak termékeik tesztelésékor.

A dolgozatom elsődleges célja egy korábbi TDK dolgozatomban (Ujjízületi protézis tervezése, 2013) bemutatott saját tervezésű több komponensű ujjízületi protézisek - PIP (proximal interphalangeal) és MCP (metacarpo phalangeal) implantátumok - mechanikai vizsgálata. Bár a vizsgált implantátumok egyedi tervezésűek, az ízületek hasonló geometriája miatt kisebb-nagyobb hasonlóságot mutatnak a csípő-és térdprotézisekkel, amelyek vizsgálatára szabványosított vizsgálati módszerek, léteznek. Éppen ezért szükséges megvizsgálni, hogy lehetséges-e ezen szabványos eljárások átültetése megfelelő módosítások után az ujjízületi implantátumok vizsgálatába, vagy teljesen új eljárások kifejlesztésére van szükség.

A megfelelő vizsgálatok elvégzéséhez szükséges az ujjak biomechanikájának ismerete, beleértve a különböző tevékenységek közben fellépő erők nagyságát és irányát is. Ezen kívül pedig fontos feltérképezni a lehetséges alapanyagokat is, hiszen a piacon elérhető protézisek kialakítása és alapanyaga változatos márpedig a kifejlesztendő vizsgálatok kiterjesztése egyéb ujjízületi implantátumok esetére szintén fontos feladat.

## **Patológiás sztentekről készült CT felvételek vizsgálata (Analysing CT images of pathological stents)**

**Tresó Tamás BSc III. évfolyam  
tamas.treso@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Bognár Eszter, adjunktus, Anyagtudomány és Technológia Tanszék  
Károly Dóra, doktorandusz, Anyagtudomány és Technológia Tanszék**

Szervezetünk legalapvetőbb szükséglete az oxigén, melyet a vérünkben oldva a szívünk pumpál szét az érrendszeren keresztül. Emiatt fontos, hogy az erek megőrizzék épségüket, a legkevésbé meszesedjenek el, szűküljenek be. Egészséges életmódot követve az érlemeszesedés megelőzhető lenne, de az egészségtudat lassú változása miatt a prevenció mellett szükség van különböző kezelésekre is. Az egyik ilyen kezelési mód az angioplasztika, mely során a legtöbb esetben egy úgynevezett sztentet is beültetnek az érbe, amely utat nyit a vérnek. A műtét során CT koronarográfiát alkalmaznak, ennek során intravénás kontrasztanyagot fecskendeznek az erekbe, hogy képet kapjanak az erek állapotáról, a szűkületről és figyelemmel tudják kísérni a feltágítás folyamatát is.

Jelen munka az Anyagtudomány és Technológia Tanszék, valamint az I. számú Patológiai és Kísérleti Rákkutató intézettel közös kutatásban elhunytakból eltávolított, patológiás sztentek vizsgálatával foglalkozik.

Első célom a koszorúérbetegség kezeléséhez, a CT (computed tomography) kapcsolódó irodalom áttekintése volt. Ezután megismerkedtem a sztentek alapvető funkcionális tulajdonságaival, valamint azok vizsgálati módszereivel. Végző feladatomban pedig a sztentekről készült CT képek elemzése és a sztenteken keletkezett különböző elváltozások detektálása volt. A szakirodalomban még nem találhatók ilyen kiértékelések, valamint a kapott eredmények felhasználhatóak lesznek a további sztent fejlesztésben, amivel pedig a különböző érbetegségekben szenvedőknek lehet majd a minél tünetmentesebb életet visszaadni.

## **Különböző angioplasztikai eszközök flexibilitásvizsgálata (Flexibility analysis of the tools of angioplasty)**

**Hajdu István BSc IV. évfolyam  
hajdu999@gmail.com**

**Konzulens: Károly Dóra, doktorandusz, Anyagtudomány és Technológia Tanszék**

Napjainkban az iszkémiás szívbetegség a vezető halálozási ok világszerte. A magas jövedelmű országokban a tendencia már csökkenést mutat a kutatók és orvosok munkájának köszönhetően, ám a szegényebb országokban nem ilyen szerencsés a helyzet. 2008-ban a világon az összes haláleset 12,7%-át okozta iszkémiás szívbetegség, ez körülbelül 7 294 000 ember halálát jelenti. [1]

Az ember élete során a szívkoszorúerek falában elkerülhetetlenül kialakulnak zsírt és koleszterint tartalmazó lerakódások, úgynevezett plakkok. Ezek az idő múlásával fokozatosan növekednek, először a koszorúér szűkületét, majd annak teljes elzáródását okozzák. Az angioplasztika az a beavatkozás, amely során a szűkült koszorúérbe egy katétert vezetnek, amelyen egy ballon található. Az orvos ezt a ballont tágítja fel a szűkület helyén, ezáltal összenyomva a plakkot és szabad utat biztosítva a véráramlásnak. Legtöbbször a ballonnal együtt egy fémháló, az úgynevezett sztent is feltágításra kerül, ez segít az ér visszaszűkülésének (resztenózis) megakadályozásában.

Az angioplasztika eszközeinek egyik legfontosabb tulajdonsága a hajlékonyság. A katéternek és vele együtt a sztentnek ugyanis követnie kell az érhálózat kanyarulatait anélkül, hogy a funkciójukat elveszítenék, megsérülnének. Célom a témához kapcsolódó szakirodalom megismerése (különösen a szentalapanyagokkal, a sztentek gyártástechnológiájával és a hajlékonyságvizsgálati módszerekkel kapcsolatos témakörök) és a hajlékonyság vizsgálata volt oly módon, hogy az később a gyakorlatban is hasznosulhasson.

Munkám során kezdetben egy sztenten megvizsgáltam a lehető legtöbb tulajdonságot (nemcsak sztent, hanem sztent-rendszer és ballonkatéter tulajdonságokat is), majd ezután egy újonnan legyártott berendezés segítségével az angioplasztikában használt eszközök hajlékonyságának vizsgálatával foglalkoztam. Összehasonlítottam az általam vizsgált vezetődrótok, vezetőkatéterek, ballonkatéterek és sztentrendszerek hajlékonysági tulajdonságait.

[1] Judith A. Finegold, Perviz Asaria, Darrel P. Francis: Mortality from ischaemic heart disease by country, region, and age: Statistics from World Health Organisation and United Nations. International Journal of Cardiology, 2013, Vol. 168, Issue 2, pp. 934-945

**Laparoszkópos sebészet - a jelen értékelése és a jövő lehetőségei**  
**(Laparoscopic surgery - an evaluation of the present and a vision of the future)**

**Jaksa László BSc II. évfolyam, Magyar Bence BSc II. évfolyam**  
**jaksalaci@gmail.com, benc.magyar94@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Kiss Rita, egyetemi docens, Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék**

A laparoszkópos sebészeti eljárások az utóbbi években világszerte egyre jobban elterjedtek, annak ellenére, hogy eszköztára még kiforratlan, hiszen folyamatos, és gyors ütemű fejlődésen megy keresztül. A fejlődéshez hozzájárul a robotika, az orvosi képzés, a sebészeti eszközök és egyéb összetett informatikai, elektronikai és mechatronikai jellegű rendszerek fejlődése, fejlesztése, amely megkönnyíti és gyorsabbá teszi a sebészek munkáját, ezáltal növeli a műtéti eredményességet.

A laparoszkópos sebészet egyik fontos kérdése a vérerek vágó-koaguláló eszközeinek pontossága és jó használhatósága. Ezek egyrészt biztosítják a műtéti terület vértelenségét, a vérvesztés csökkentését, és a műtéti terület láthatóságát. Dolgozatunk több évre tervezett kutatás első lépéseként a hazai és a nemzetközi irodalom feldolgozása alapján áttekinti a fejlődési irányzatokat, lehetőségeket. Fontos kérdés a hazánkban elterjedt laparoszkópos vágó-koaguláló eszközök erősségeinek, gyengéinek, és további fejlesztési lehetőségek feltárása, melyet a Magyar Sebész Társaság jóváhagyásával és közreműködésével a laparoszkópos műtéteket is végző sebészeknek szétküldött online kérdőív segítségével dolgoztunk fel.

## **Arcidegek szakítóvizsgálata (Tensile tests of facial nerves)**

**Charalambous Dafni BSc IV. évfolyam, Bán Melinda MSc I. évfolyam  
charalambous.dafni@gmail.com, ban.melinda60@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Bognár Eszter, adjunktus, Anyagtudomány és Technológia Tanszék  
Nagy Péter, tanársegéd, Anyagtudomány és Technológia Tanszék  
Dr. Késmárszky Róbert, fej-, nyaksebész orvos**

Az emberi kommunikáció főbb csatornáit a mimika, a beszéd, a testtartás valamint a gesztikuláció. A különböző arckifejezések megvalósítására szolgálnak az arcon lévő, rendszert alkotó izmok, melyek rendkívül finom beidegzéssel bírnak. A társadalom sokszor kirekeszti, megkülönbözteti azokat az embereket, akiknek az arcán valamilyen deformálódás látható. Ilyen arctorzulások lehetnek apró szépséghibák, súlyosabb esetet képezhetnek a jelentősebb fejlődési rendellenességek, traumák, a bőr betegségei, daganatok, illetve a témánk alapját képező arcideg bénulás is. Az első esetben a probléma általában műtéti megoldást kíván, utóbbinál az orvosi vizsgálatok elvégzése után a szakértő orvos meghatározza, majd eldönti, hogy a betegséget gyógyszeresen vagy műtétilag kell kezelni (a kiváltó alapelbetegségnek megfelelő módon), ezek kombinációjával, esetleg kiegészítő módszerekkel.

A műtéti beavatkozás közben az orvosok fő célja a betegséget és a bénulást okozó ok megszüntetése. Emellett még arra is kell ügyelniük, hogy a beavatkozás során az arcon lévő érzékeny idegeket ne érje károsodás a műtét alatt. Ez az a terület, ahol a mérnöki tevékenység és az orvostudomány kapcsolódik.

Kutatásaink során összesen 17 elhunytból eltávolított arcideg szakaszokat tanulmányoztunk. A kutatásaink azt a célt szolgálták, hogy az arcműtétet érintő idegszakaszok roncsolásos vizsgálatával és az ebből származó mérési eredményekkel mérhető legyen az idegek terhelhetősége. A kutatás során egy intervallumot határoztunk meg, amely műtét közben az ideg terhelhetőségét mutatja a károsodás (szakadás) pontjáig. A műtétet rekonstruálva szakítógéppel vizsgáltuk a meghatározott idegszakaszokat, azaz az idegeket húzó igénybevételnek tettem ki. Az idegek terhelhetőségén kívül, még azon korábbi kutatásokat is tudtuk bizonyítani, amelyek az idegek anatómiai felépítésére, illetve azok szakadási folyamatára vonatkoznak.

A vizsgálat során alkalmazott befogók fejlesztése is célunk volt, mivel már maga a befogó alkalmazása is károsította az idegeket, így az idegek szakítási folyamata nem hozhatott valós, megbízható értéket.

## **Szentmintázat leképezésének vizsgálati módszerei (Investigation methods of imaging stent pattern)**

**Suba Tamás BSc III. évfolyam, Keresztes Zoltán BSc III. évfolyam  
subatamas91@gmail.com, krzoli10@gmail.com**

**Konzulens: Károly Dóra, doktorandusz, Anyagtudomány és Technológia Tanszék**

Iszkémiás szívbetegségek nevezzük azokat az állapotokat, melyek kialakulásában kimutathatóan közrejátszik a szív nem megfelelő vérellátása. Ezt általában a szívet tápláló koszorúér falán lerakódó plakk, egy zsíros, meszes lerakódás okozza. Ez a réteg egyre vastagabb lesz, így egyre kisebb átmérőn tud a vér áramolni, majd egy idő után akár teljesen elzárhatja az eret. A kisebb mértékű szűkületről még csak annyit érezhet a beteg, hogy fáradékonyabb lesz, elzáródáskor azonban sokkal súlyosabb a helyzet: ha a szív nem kap elegendő oxigént és tápanyagot akár teljesen le is állhat. Az iszkémiás szívbetegség napjaink talán legsúlyosabb problémája, ugyanis a fejlett országokban ez a vezető halálozási ok. Magyarországon például a halálozások 25%-át ez a betegségcsoport okozza. Az érszűkület kezelésére 3 módszer létezik: a gyógyszeres kezelés, a bypass műtét: ez az eljárás hatásos, ám nagyon jelentős megterhelést jelent a szervezetnek. A leggyakrabban alkalmazott módszer, az érszakasz ballonkatéterrel történő tágítása. Ilyenkor az esetek többségében a kezelés részeként egy sztent is beültetésre kerül. A sztent egy hálós falú cső, aminek a szerepe, hogy megtámassza az eret a tágított állapotban. A sztentek nagyon sokféle méretben, mintázattal és változatos anyagból és bevonattal készülhetnek. A beültetést végző orvosnak választania kell közülük, amit jelentősen megkönnyítene, ha egzakt számadatok alapján össze tudná hasonlítani a különböző gyártók termékeit. Ehhez viszont egységes mérési módszerekre és az adatok közzétételére lenne szükség. Az egyik legfontosabb tulajdonság az úgynevezett fémmel fedett felület (MSA), ami a sztent hosszúságú érszakasz falának felületéből és az ezzel érintkező sztentfelületből képzett hányados. TDK dolgozatunk során több MSA mérési módszert vizsgálunk. Az egyik a számítási módszer, melynek során az adott sztent átmérőjének, hosszának, bordavastagságának, sűrűségének és tömegének ismeretében meghatározható az MSA. A többi eljárás során a sztent külső felületének terítékét képezzük le képfeldolgozó módszerekkel. Ezt megtehetjük úgy, hogy több állóképeket a hossz tengely körül forgatva összevágunk. Vagy egy szkennert fölött a sztentet forgatva rögtön előáll a kép. Ezek kivizsgálására szintén több módszer létezik. Egyik módszer a képelemző szoftver. A másik szerint a bordák és hidak középvonalát kell berajzolni, majd ezt a bordaszélességgel megszorozva megkapjuk a lefedett felület nagyságát. Az összehasonlíthatóság és pontosság növelés érdekében ezeket a módszereket természetesen kombinálni is lehet. A mérések során nagyon fontos figyelembe venni az egyes módszerek ismételhetőségét és reprodukálhatóságát is. Az ismételhetőség azért fontos, mert túl nagy bizonytalanság azt jelzi, hogy az adott módszer vagy a hozzá használt berendezés nem megfelelő a sztentek összehasonlítására. A reprodukálhatóság azt mutatja, hogy különböző személyek által elvégzett mérések ugyan azon a mintán mekkora bizonytalanságot mutatnak. Ez a mérőszemélyzet által bevitt hiba. A leképezés pontosítása segíthet a sztentfejlesztésben. Ezek tisztázása fontos lépés az adatok összehasonlítása előtt, hiszen akár emberéletek múlhatnak azon, hogy az orvosnak sikerül-e a megfelelő eszközt kiválasztania a kezeléshez.

**Patológiasztentek anyagvizsgálatának előkészületei**  
**(Preliminary experiments of pathological stents material investigations)**

**Charalambous Dafni BSc IV. évfolyam, Pogácsás Bettina BSc IV. évfolyam,**  
**charalambous.dafni@gmail.com, pogacsasbettina@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Bognár Eszter, adjunktus, Anyagtudomány és Technológia Tanszék**  
**Károly Dóra, doktorandusz, Anyagtudomány és Technológia Tanszék**

A koszorúersztentek (értágítóbetétek) minden szívösszehúzózással ciklikus igénybevételnek vannak kitéve. A koszorúerek a szív felületén a szívvel együtt mozognak. A szisztole és diasztole alatt változik az erek görbülete és átmérője is, valamint vér áramlik az ereken keresztül. 30 év alatt 60 perces pulzussal számolva, ez közel 1 milliárd összehúzózást jelent, ami fáradás esetén már az extrém nagy ciklus felett van.

Az Anyagtudomány és Technológia Tanszéken folyó kutatás részeként feladatunk beültetett sztentek részletes posztmortem analízisének előkészítése. Ehhez először az szükséges, hogy az elhunytakból kivett sztentekről eltávolítsuk a rajta maradt érszakaszt. Fontos, hogy az erek lebontása csak olyan módszerrel történhet, amely nem károsítja a sztenteket.

Munkánk során különböző lúgos oldatok segítségével próbáltuk eltávolítani az érszakaszokat, minél rövidebb idő alatt. Vizsgáltuk továbbá ugyanilyen oldatok hatására általunk feltágított új sztenteken a bekövetkező változásokat. Végző célul az érszakasz patológiasztentekről való leoldását, majd a sztentek vizsgálatát tűztük ki.

Mivel a szakirodalomban nem található olyan forrás, ami kadáver sztentek vizsgálatával foglalkozik, így eredményeink mindenképpen előremutatóak.





BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR

## ORVOSTECHNIKA 2

Helyszín: MT épület, Kék labor  
Időpont: 2014. november 11. 9:00  
Elnök: Dr. Joób F. Árpád, egyetemi docens  
Titkár: Pelyhe Liza, tanársegéd  
Tag: Dr. Berecz Tibor, adjunktus  
Tag: Dr. Májlinger Kornél, adjunktus

### 9:00 Balogh Lajos

Explantált fogászati implantátumok vizsgálati lehetőségei

Konzulensek: Dr. Joób F. Árpád, egyetemi docens  
Dr. Bognár Eszter, adjunktus  
Nagy Péter, tanársegéd

### 9:20 Bihari Ádám

Emberi állkapocs csont (mandibula) CT alapján épített modelljének pontossági vizsgálata összehasonlító mérések segítségével

Konzulens: Erdősné Sélley Csilla, tud. smts.

### 9:40 Kéri Rebeka, Őri Zoltán, Pósch Gyöngyi, Szakács Kíra Szandra, Szabó Tina Dalma

3D nyomtatott implantátumok összehasonlítása kerámia, és fém implantátumokkal

Konzulens: Pammer Dávid, doktorandusz

### 10:00 Sipos József

Új típusú fogászati implantátum vizsgálati lehetőségei

Konzulensek: Dr. Bognár Eszter, adjunktus  
Nagy Péter, tanársegéd

***SZÜNET***

**10:40 Török Gréta**

Sterilizációs eljárások anyagszerkezetani vizsgálata különös tekintettel a 3D technológiával nyomtatott fogászati implantációs fúrósablonokra

Konzulensek: Dr. Bognár Eszter, adjunktus  
Nagy Péter, tanársegéd  
Dr. Kispélyi Barbara, egyetemi docens

**11:00 Koncz Szilvia Zsuzsanna**

Különböző felületkezelésű dentális implantátumok közép- és hosszútávú túlélésének és sikerességének vizsgálata

Konzulensek: Dr. Joób F. Árpád, egyetemi docens  
Dr. Bognár Eszter, adjunktus

**11:20 Asztalos Lilla**

Fogászati implantátum-alapanyagok vizsgálata és összehasonlítása

Konzulensek: Nagy Péter, doktorjelölt  
Dr. Joób F. Árpád, egyetemi docens  
Dr. Körmöczi Kinga, szakorvos  
Dr. Bognár Eszter, adjunktus

## **Explantált fogászati implantátumok vizsgálati lehetőségei (Possible analysis methods of explanted dental implants)**

**Balogh Lajos MSc I. évfolyam  
lolop1997@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Joób-Fancsaly Árpád, egyetemi docens, Semmelweis Egyetem,  
Fogorvostudományi Kar, Dentoalveolaris sebészeti osztály  
Dr. Bognár Eszter, adjunktus, Anyagtudomány és Technológia Tanszék  
Nagy Péter, tanársegéd, Anyagtudomány és Technológia Tanszék**

A foghiányok pótlásának jelenleg legmodernebb eszköze az implantáció. A fogászati implantátumok megbízhatósága összefüggésben van azzal, hogy milyen mértékben képesek helyettesíteni a természetes fogak funkcióját. Rendkívül fontos, hogy ez a funkcionális alkalmasság hosszú ideig fennmaradjon. Éppen ezért a fogászati implantátum-alapanyagoknak sok kritériumnak kell megfelelniük. Nagy erőknél, fásztó igénybevételnek és különböző korróziófajtáknak kell ellenállniuk. Kémiaiilag stabil szerkezet és megfelelő biokompatibilitás is szükséges. Mechanikai tulajdonságaik ugyanakkor nem térhetnek el nagymértékben a csonttól, ez ugyanis feszültségeloszlási problémákhoz vezethet a csont és implantátum kapcsolatnál, amely hatására a környező csontszerkezet átalakul. További fontos kritérium, hogy az alkalmazott alapanyag képes legyen a csontszövetrel erős adhéziós kapcsolat kialakítására, más néven az osseointegrációra [1][2].

A múlt évtizedben a sikeresnek tekinthető implantációk száma az összes esetet tekintve körülbelül 90%-os volt [3]. Napjainkban ez az érték még nagyobb, az anyagtudomány és az orvostudomány nagymértékű fejlődésének köszönhetően. Kis százalékban azonban még előfordul az implantátumok tönkremenetele. Fontos mérnöki feladat ezeknek az eseteknek a károsodásanalízise, valamint az explantált, ép implantátumok vizsgálata, azzal a céllal, hogy a jövőben elkészülő implantátumok károsodási kockázata még kisebb mértékű legyen.

Fémek közül fogászati implantátumként leggyakrabban a Grade 2 és Grade 4 Ti-t valamint a Grade 5 Ti-t (Ti-6Al-4V) alkalmazzák kedvező tulajdonságai miatt [2]. Tanulmányom tárgya éppen ezért Grade 5 alapanyagból készült explantált fogászati implantátumok károsodásanalízise volt. Az implantátumok 15 év folyamatos fogorvosi kontrol után kerültek explantálásra. A mintákat roncsolásmentes és roncsolásos makro- és mikroszerkezeti vizsgálatokkal minősítettem. Céloom egy átfogó vizsgálati metodika kidolgozása volt, amellyel az implantátumokban a hosszú idejű használat során kialakult anyagtulajdonság-változások és károsodások elemezhetőek.

Munkámmal a fogászati implantátumok élettartamának növelésére és károsodásának megelőzésére irányuló fejlesztéseket kívánom segíteni.

Irodalom:

- [1] Natali, AN (szerk.), 2003, Dental Biomechanics, Taylor & Francis Inc., London, ISBN 0-415-30666-3, pp. 115-116.
- [2] Park, BJ & Bronzino, DJ (szerk.) 2003, Biomaterials-Principles and applications, CRC Press LLC, pp. 196-197.
- [3] Kim, RW, Kim, HS, Choe, HC, Son, MK & Chung, CH 2011, 'Microscopic Analysis of Fractured Dental Implants Surface after Clinical Use', Procedia Engineering, vol. 10, pp. 1955-1960. Elérhető: ScienceDirect [2014.09.17]

**Emberi állkapocs csont (mandibula) CT alapján épített modelljének pontossági vizsgálata összehasonlító mérések segítségével  
(CT model precision inspection with comparative test)**

**Bihari Ádám BSc IV. évfolyam  
bihariadam@vipmail.hu**

**Konzulens: Erdősné Sélley Csilla, tud. smts., Gép- és Terméktervezés Tanszék**

Az orvostudomány talán legnagyobb kihívása, hogy gyógyíthatatlan, vagy hiányzó emberi szerveket, testrészeket pótoljon "idegen" anyagokkal, melyek egy alcsoportját az implantátumok alkotják. Ezek közül az egyik legjellemzőbb a csontimplantátum. Jelenleg az orvostudományban, ha egy csontrészt pótolni kell, akkor azt különböző lemezekkel, csavarokkal oldják meg az orvosok.

Manapság egyre jobban elterjedtek és rohamosan fejlődnek a 3 dimenziós nyomtatási eljárások, melyek lehetőséget adnak az emberi csontozat bonyolult formáinak pontos elkészítéséhez. Ahhoz, hogy az implantátum formája az eredeti csonthoz a lehető legjobban hasonlítson elengedhetetlen a pontos modellezés. Mivel bonyolult formákról lévén szó, a klasszikus gépészmérnöki tervezési, szerkesztési módszerek nem megfelelőek, hiszen a csontról úgy kell modellt alkotnunk, hogy azt élőszövetek veszik körül, így mindenképpen roncsolás mentesen kell az eljárást végezni. Többféle olyan modell beolvasási eljárás létezik, ami a gyógyászatban is rendelkezésre áll és a mérnöki CAD rendszerekkel is összehangolható és roncsolás mentesen alkalmazható. Többek között ilyen a komputertomográfia (CT) és a mágneses rezonancia vizsgálat (MR).

Jelen dolgozat a CT eljárásnak egyik fajtájáról, a Cone Beam CT (CBCT) pontossági vizsgálatáról szól, melyben egy emberi állkapocs csont (mandibula) CT alapján épített modelljének pontosságát vizsgálom összehasonlító mérések segítségével. Az összehasonlító mérés során a 3D-s vörös lézeres beolvasást, valamint a koordináta mérőgéppel történő mérést alkalmazva. A CBCT felvétel a klinikai gyakorlatokban alkalmazott általános beállításokkal készült, ennek sugárdózisa akár százszor kisebb lehet, mint a hagyományos MSCT-é. A cél a megfelelő geometriájú biomechanikai modellek biztosítása ahhoz, hogy tumor rezekció esetére megfelelő rekonstrukciós implantátumot lehessen készíteni.

## **3D nyomtatott implantátumok összehasonlítása kerámia, és fém implantátumokkal**

**(Comparin 3D printed implants to ceramic and metal implants)**

**Kéri Rebeka BSc III. évfolyam, Óri Zoltán BSc III. évfolyam, Pósch Gyöngyi BSc III. évfolyam, Szakács Kira Szandra BSc III. évfolyam, Szabó Tina Dalma BSc III. évfolyam  
rebna@hotmail.com, orizoltan21@gmail.com, poschgyongyi@gmail.com,  
szakacskira@gmail.com, szatinadalma@gmail.com**

**Konzulens: Pammer Dávid, doktorandusz, Anyagtudomány és Technológia Tanszék**

A napjainkban alkalmazott fogászati implantátumok különböző geometriai kialakításainak köszönhetően próbálják az egyénfüggő implantációs problémákat megoldani. A 3D nyomtatás technológiájára tehát azért is van szükség, mert egyénre szabott implantátumokat célszerű a jövőben gyártani.

Ezért a 3D nyomtatással gyártott implantátumok összehasonlítása a piacon levő termékekkel alapkísérletnek számít és meg kell vizsgálni hogy milyen geometriai és mechanikai elváltozások lehetnek az eredetivel szemben

Napjainkban is számos olyan kutatás folyik, amely polimer alapanyagú implantátumok fejlesztésével foglalkozik. Munkánk során PolyJet technológiával és úgynevezett FFF (Fused Filament Fabrication) technikával gyártott implantátumokat hasonlítottunk össze a piacon kapható fémből vagy kerámiából készült implantátumokkal. Célunk volt többek közt a geometriai hűség meghatározása, valamint a felület minőségének vizsgálata ezen kívül a különböző mechanikai tulajdonságok összehasonlítása.

## **Új típusú fogászati implantátum vizsgálati lehetőségei (Possible testing methods for a new type of dental implant)**

**Sipos József MSc I. évfolyam  
e-mail: sipos1992@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Bognár Eszter, adjunktus, Anyagtudomány és Technológia Tanszék  
Nagy Péter, tanársegéd, Anyagtudomány és Technológia Tanszék**

Napjainkban a fogpótlás során az implantológusok egyik leggyakrabban alkalmazott eszköze a fogászati implantátum. Magyarországon jelenleg több mint 30 különböző implantációs rendszert alkalmaznak a mindennapi fogászati gyakorlatban. Ez a szám azonban rohamosan növekszik, hiszen a modern bioanyagok, a korszerű fogászati diagnosztika, valamint a dentális implantológia- és az implantátumok gyártástechnológiának területén elért tudományos eredmények és fejlesztések új típusú implantátumok megvalósítását tették lehetővé [1]. A fogászati implantátumoknak rendkívül szigorú, összetett követelményrendszernek kell eleget tenniük. Nem csupán megfelelő mechanikai tulajdonságokkal rendelkező, a korrózióval szemben ellenálló, valamint az oszeintegráció folyamatát biztosító biokompatibilis alapanyagokra van szükség, hanem olyan konstrukciós kialakításra is, amely biztosítja az implantátum stabilitását, elősegíti a csontszövet megtapadását, továbbá a fiziológiai határokon belül átadja a terhelést a csontra. Ezen kívül meg kell akadályoznia a bakteriális fertőzést, valamint a lepedék lerakódását. Továbbá nem elhanyagolható követelmény, hogy meg kell felelnie az esztétikai szempontoknak is. Ennél fogva az egyes implantátum típusokat számos laboratóriumi és klinikai vizsgálatnak vetik alá alkalmazásuk előtt [1][2][3].

Dolgozatomban betekintést nyújtok a fogászati implantátumok különböző, lehetséges vizsgálati módszereibe, amelyek alapján olyan roncsolásos- és roncsolásmentes vizsgálatokból felépülő kísérleti tervet állítottam össze, amely alkalmas egy, a klinikai gyakorlatban már alkalmazott és egy új típusú fogászati implantátum összehasonlító értékelésére.

A vizsgálati programban a két implantátum típuson a felületi sajátosságok megállapítására optikai mikroszkópos, valamint pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatokat végeztem. Ezen kívül szakítógépen végzett mérésekkel csontmodellező blokkokba ültetett különböző implantátumok primer stabilitását is elemeztem. Emellett az implantátumokból csiszolatokat is készítettem, amelyeken mikro-Vickers keménységmérést végeztem. Az elvégzett vizsgálatok eredményei alapján elvégeztem a két implantátum típus összehasonlító értékelését.

### **Irodalom**

- [1] Orosz M 2009, A Denti® gyökérforma implantátumokkal szerzett klinikai tapasztalatok, Fogorvosi szemle, 102. évf. 6. sz., 211–216.
- [2] Park, JB, Bronzino JD (szerk.) 2003, Biomaterials – Principles and Applications, CRC Press, Boca Raton London New York Washington, D.C.
- [3] Lakatos, É 2011, A csont mikroszerkezetének mechanikai viselkedése fogászati implantátumok környezetében, PhD értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

**Sterilizációs eljárások anyagszerkezettani vizsgálata különös tekintettel a 3D technológiával nyomtatott fogászati implantációs fúrósablonokra**  
**(Examination of sterilization procedures in particular the 3D printed dental implantological drill guide templates)**

**Török Gréta, Semmelweis Egyetem, Fogorvostudományi Kar V. évfolyam**  
**torok.greta91@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Bognár Eszter, adjunktus, Anyagtudomány és Technológia Tanszék**  
**Nagy Péter, tanársegéd, Anyagtudomány és Technológia Tanszék**  
**Dr. Kispélyi Barbara, egyetemi docens, Semmelweis Egyetem Fogpótlástani Klinika**

Az egyre szélesebb körben elterjedt implantációs fúrósablonok segítségével a fogászati implantátumok nagy biztonsággal és a kívánt pontossággal a tervezett helyre beültethetők. Az implantáció invazív beavatkozás, amely során az alkalmazott sebészi sablonok vérrel és sérült nyálkahártyával, csonttal kerülnek érintkezésbe. Ezen oknál fogva, mint minden más, az implantációs műtét során használt eszközt, a fúrósablonokat is csíramentessé kell tenni a fertőzés elkerülése végett. A Cone Beam CT alapján megtervezett implantációs műtéthez a navigációs sebészi sablon készítésének egyik módja a 3D nyomtatás. A polimerből előállított, termoszenzitív implantációs fúrósablonok kezelésére a gyártó cég a fogászatban használatos fertőtlenítő oldatban történő áztatást ajánl, sterilizálás helyett. Azonban, a dezinficiálás nem biztosít teljes csíramentességet, csupán a fertőzést okozó mikroorganizmusok számát csökkenti. A műtéti területen azonban elvárható lenne, hogy a sebészi minta teljes mértékben kórokozó mentes legyen, aminek a dezinficiáló folyadékok nem tudnak eleget tenni.

Kutatásom célja, a fogászati implantológiában használt 3D technológiával nyomtatott sebészi sablonok fertőtlenítése és sterilizálása, illetve ezen eljárások hatásának vizsgálata. Céлом megtalálni azt a módszert, amelynek segítségével a sablonokat csíramentessé tudjuk tenni anélkül, hogy azok károsodnának. Vizsgálataim elsősorban a deformációra és a fizikai tulajdonságokban bekövetkező eltérések vizsgálatára irányultak. Az egészségügyben leggyakrabban alkalmazott autoklávval történő sterilizációs módszert hasonlítottam össze a plazmasterilizációs eljárással, illetve a más fogászati eszközök esetében is használt egyszerű dezinficiáló oldatban történő áztatás hatását is értékeltem. Az implantációs fúrósablonokat elsőként sztereomikroszkóp, majd röntgenmikroszkóp és pásztázó elektronmikroszkóp segítségével vizsgáltam. Továbbá lehetőségem nyílt a sablonokat 3D scanner segítségével is analizálni. A roncsolás mentes mérésorozatot követően a sablonokból metallográfiai csiszolatokat készítettem és ezeken keménységmérést végeztem. Legvégül a minták hajlító- és szakítószilárdságának mérése következett. A vizsgálatok eredményeit összegezve és értékelve megállapítható, hogy a hidrogén-peroxiddal történő plazmasterilizálás ideális módszer a hőérzékeny fúrósablonok sterilizálására.

## **Különböző felületkezelésű dentális implantátumok közép- és hosszútávú túlélésének és sikerességének vizsgálata**

**(Medium and long term survival and succes rates of dental implants with different surface treatments)**

**Koncz Szilvia Zsuzsanna Semmelweis Egyetem, Fogorvostudományi Kar V. évfolyam  
szilvia.s.koncz@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Joób F. Árpád, egyetemi docens, Semmelweis Egyetem Arc- Állcsont-  
Szájsebészeti és Fogászati Klinika**

**Dr. Bognár Eszter, egyetemi adjunktus, Anyagtudomány és Technológia Tanszék**

Per-Ingvar Brånemark az 1950-es években megalkotta a csontintegráció fogalmát, melyet a csontszövet és az implantátum közötti közvetlen, kötőszövetes réteg nélküli kapcsolatként fogalmazott meg. Az implantátumok hosszú távú sikerességében kulcsfontosságú a megfelelő csontintegráció létrejötte. Ennek egyik meghatározó tényezője az implantátum felülete. Az elmúlt években számtalan törekvés irányult arra, hogy megalkossák az ideális formájú és felszínű implantátumot. Ezek a törekvések napjainkban is folyamatosak. Azt, hogy egy implantátum mennyire váltja be a hozzá fűzött reményeket, csak az idő dönti el. Ennek megállapítására a legalkalmasabb módszer a közép- és hosszú távú sikeresség vizsgálata. Kutatásunk során retrospektív vizsgálattal hasonlítottuk össze először 1997 és 2006 között beültetett, nagyteljesítményű Nd/üveg lézerrel felületkezelt implantátumok túlélési és sikerességi rátáját klinikai és radiológiai módszerekkel. Majd egy következő vizsgálatban 2005 és 2008 között beültetett, SLA (homokfúvott és savval maratott) felszínű és Ti-Unite (anódos oxidációval előállított) felszínnel rendelkező implantátumok túlélési és sikerességi rátáját tanulmányoztuk klinikai és radiológiai módszerekkel. A kapott eredményeket összevetettük. A következő paramétereket mértük:

1. Vizsgáltuk periimplantáris suppuráció és/vagy fistula jelenlétét vagy hiányát,
2. Plakk jelenlétét vagy hiányát,
3. Ínyvérzés jelenlétét vagy hiánya,
4. Szondázási mélységet (Probing Depth, PD): parodontális szondával, hat helyen az implantátum körül,
5. Implantátum válla és marginális mucosa közötti távolságot (Distance from the Implant shoulder to the mucosal Margin, DIM value), parodontális szondával, hat helyen az implantátum körül,
6. Implantátum válla, és az első csont-implantátum kontaktpont közötti távolságot (Distance from the implant shoulder to the first Bone-to Implant contact, DIB-value), párhuzamos, long-cone technikával készült kifelvételen, mesialis és distalis oldalon.

A vizsgálat során a különböző felületkezelésű implantátumokat viselő pácienseket hívtuk vissza klinikai és radiológiai kontrollra. Az implantátumokat szigorú sikerességi kritériumok alapján vizsgáltuk és elemeztük.

A klinikai és radiológiai vizsgálatok hasonló eredményeket mutattak a lézeresen felületkezelt implantátumok sikerességi és túlélési rátájával kapcsolatban, mint az irodalomban gyakran szereplő homokfúvott és kémiai maratáson átesett, valamint TiUnite felszínnel rendelkező implantátumok esetében.

Konklúzióként levonhatjuk, hogy a lézeresen felületkezelt implantátumok sajátos felületi morfológiája és nagyfokú tisztasága kiváló csontintegrációhoz vezet és hosszútávon is megbízható klinikai felhasználhatóságot biztosít.



## **Fogászati implantátum-alapanyagok vizsgálata és összehasonlítása (Testing and comprising of dental implant materials)**

**Asztalos Lilla Bsc. IV. évfolyam  
asztalos.lilla92@gmail.com**

**Konzulensek: Nagy Péter, doktorjelölt, Anyagtechnológia és Tudomány Tanszék  
Dr. Joób-Fancsaly Árpád, egyetemi docens, Semmelweis Egyetem  
Dr. Körmöczi Kinga, szakorvos, Semmelweis Egyetem  
Dr. Bognár Eszter, egyetemi adjunktus, Anyagtechnológia és Tudomány Tanszék**

Orvostechnikai eszköz alapanyag választáskor számos szigorú követelménynek kell megfelelnie az adott anyagnak, nem csak mechanikai és metallurgiai tulajdonságait, hanem biokompatibilitását, osseointegrációját is vizsgálni kell. Jelenleg fogászati implantátumokra a leggyakrabban használt alapanyagok a különböző titán ötvözetek (Grade2, Grade4, Grade5). A titán ideális az emberi testbe beültetésre kerülő eszközök esetében, nem lép reakcióba a testnedvekkel, illetve megfelelő felületkezelés után az implantátum és a csont között szoros kötés tud létrejönni. Jelen kutatás célja Grade 2-es ultrafinom szemcsés titán vizsgálata, a mért eredmények alapján pedig annak megállapítása, alkalmas-e fogászati implantátum alapanyagként való alkalmazásra.

A vizsgálat során felhasznált alapanyag intenzív képlékeny alakítással –jelen esetben meleg kaliberhengerléssel – készült ultrafinom szemcsés Grade2-es titán. A korongokat a rúd előgyártmányból esztergálással munkálták ki ~ 12 mm átmérőjű, 2 mm vastagságú korongokra. A legfontosabb tulajdonságok, amik a kutatás során megfigyelésre kerültek: az alapanyag keménysége, felületi érdessége, tömege, átmérője, vastagsága, illetve annak a vizsgálata, hogy a különböző időintervallumokon, hőmérsékleteken és maratószerrel végzett kísérletek után a fent említett paraméterek milyen mértékben változtak, megfigyelhető-e összefüggés a különböző változók között. A felület minőségének változása különböző nagyításokban a pásztázó elektronmikroszkóppal készített felvételeken is megfigyelhető. A kapott eredmények összevetésre kerültek a korábban elvégzett Grade2-es és Grade5-ös titánokon elvégzett mérési sorozattal. A mérések összehasonlíthatósága miatt a maratószer, maratási idő, illetve maratási hőmérsékletek a korábbi kísérletben alkalmazottakkal azonosak: maratószer: sósav, foszforsav, maratási idő: 10, 600, 1800, 3600, 5400, 7200 szekundum, 20, 40 és 60 °C-os hőmérsékleteken. Az ultrafinomszemcsés titánkorongok felületéről maratás előtt és után is sztereomikroszkópos felvételek készültek, hogy a felületi változások ilyen tekintetben is követhetők legyenek. A maratás után kapott felületi érdességek összevetésre kerültek a felületkezelés nélküli esztergált felületen mért érdességgel, megfigyelhető a felületi érdesség változásának függése a különböző maratási paraméterektől.

A mérési eredmények és az összehasonlítás alapján meg lehet állapítani, alkalmas-e az ultrafinomszemcsés titán fogászati implantátum alapanyagként, mutat-e hasonlóságot az eddig alkalmazott alapanyagokkal, meghatározható a beültetéshez ideális felületi érdesség előállítására szolgáló felületkezelési eljárás is.





BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR

## POLIMERTECHNIKA

Helyszín: Polimertechnika Tanszék MT előadó  
Időpont: 2014. november 11. 8:30  
Elnök: Dr. Vas László Mihály, c. egyetemi tanár  
Titkár: Dr. Molnár Kolos, adjunktus  
Tagok: Dr. Meiszler László, tanácsadó, Polinvent Kft.  
Dr. Czél Gergely, adjunktus

### **8:30 Morapitiye Sunil**

Polimerhálók deformációjának diszkretizált vizsgálata

Konzulens: Dr. Károlyi György, egyetemi tanár

### **8:50 Török Dániel**

Töltőanyagok hatása fröccsöntött polimerek mechanikai és hőtani tulajdonságaira

Konzulensek: Dr. Kovács József Gábor, egyetemi docens  
Suplicz András, tanársegéd  
Dr. Hargitai Hajnalka, egyetemi docens

### **9:10 Budinszki Balázs**

Kompatibilizálószer újfajta minősítése centrifugális erőterben

Konzulensek: Dr. Ronkay Ferenc György, egyetemi docens  
Dobrovsky Károly, doktorandusz

### **9:30 Tatár Nikoletta**

Kiértékelési módszer fejlesztése képelemzéses hajlításméréshez

Konzulensek: Dr. Tamás Péter, egyetemi docens  
Dr. Halász Marianna, egyetemi docens  
Dr. Vas László Mihály, c. egyetemi tanár

**9:50 Gere Dániel, Iván Georgina**

PET degradációjának nyomon követése az újrahasznosítás során

Konzulensek: Dr. Ronkay Ferenc György, egyetemi docens  
Molnár Béla, doktorandusz

**10:10 Vargyas András**

Vízüveg-gyanta időfüggő mechanikai tulajdonságainak elemzése

Konzulensek: Bakonyi Péter, tudományos segédmunkatárs  
Bartha Tibor Gábor, fejlesztőmérnök

**10:30 Silye Anett**

Vágott bazalt és cellulóz erősítésű PLA vizsgálata

Konzulens: Dr. Tábi Tamás, adjunktus

**10:50 Szabó Diána Katalin**

Szövet erősítésű hajlékony kompozitok biaxiális húzóvizsgálata

Konzulensek: Dr. Szebényi Gábor, adjunktus  
Dr. Halász Marianna, egyetemi docens,  
Dr. Vas László Mihály, c. egyetemi tanár

**11:10 Réti Dániel Norbert, Kálnay Zsolt**

Grafén hatása a kompozitok hosszú távú és dinamikus viselkedésére

Konzulensek: Dr. Mészáros László, adjunktus  
Szakács József, doktorandusz

## **Polimerhálók deformációjának diszkretizált vizsgálata (Deformation of discrete cross-linked polymer networks)**

**Morapitiye Sunil, BSc IV. évf.**  
**sunil@mailbox.hu**

**Konzulens: Dr. Károlyi György, egyetemi tanár, Nukleáris Technikai Intézet**

Polimerhálók vizsgálata eredetileg nem mérnöki, hanem biológiai területen merült fel, például a sejteket érő mechanikai igénybevételek vizsgálata kapcsán. A korábbi modell, amely szerint egy sejtet úgy tekintünk, mintha egy tömör gumitömb lenne, nem írja le megfelelően a valóságot.

Egy sejt mechanikai viselkedését lényeges részben a sejtváza, a cytoskeleton határozza meg. Ezt hosszú, vékony makromolekulák szétágazása és keresztezése jellemzi, így természetes modellje hosszú, vékony, deformálható rudakból áll. Ezen rudak véletlenszerűen, szétszórtan helyezkednek el, akár a marokkó nevű játék pálcikái. Ahol két rúd összeér, oda csuklós kapcsolatot feltételeznek. Ezzel az eljárással felépíthető egy véges számú elemből álló, rendezetlen diszkrét háló. A mechanikai modell részleteinek ismeretében a háló deformációi számíthatók, és sokkal jobban közelítik a valóságot a korábbi, tömbi sejtmodellnél.

Megjegyzendő, hogy ezt a modellt nemcsak sejtek esetén, hanem bármilyen hasonló szerkezetű anyag esetében lehet használni, például a mérnöki alkalmazásokhoz közelebb álló polimerek, kompozitok mechanikai viselkedésénél is.

Az hálómodellt felhasználva már a valósághoz sokkal közelebb álló eredmények nyerhetők külső mechanikai igénybevétel vizsgálata esetén. Összevethetők a mikroszkópikus és makroszkópikus rugalmassági együtthatók, figyelemmel kísérhető a hálót alkotó egyes rudak deformációja és a nyúlás és a hajlítás közötti viszony. Azt tapasztalták, hogy a rúdháló sűrűségének függvényében jól meghatározott átmenet található a nyúlási illetve a hajlítási igénybevételek által dominált esetek között.

Első lépésként a szakirodalomból ismert eredményeket egy általam MATLAB környezetben megírt program segítségével reprodukálom. Ezt követően az szakirodalomból ismert modellt kiegészítjük azzal, hogy a fent említett csuklós rúdkapcsolatokban figyelembe vesszük torziós merevséget. Ezzel egyrészt még valóságghűbb modellt hozunk létre, másrészt megvizsgálható, hogy a nyúlási és hajlítási igénybevételek mellett milyen szerepet kap a nyírás alakváltozás, látható-e a szakirodalomból ismert átmenet a nyírás alakváltozás által dominált tartományok vonatkozásában is.

### Irodalom:

- [1] David A. Head, Alex J. Levine: F.C. MacKintosh, Deformation of Cross-Linked Semiflexible Polymer Networks. *Physical Review Letters* E 91 108102 (2003)
- [2] David A. Head, Alex J. Levine: F.C. MacKintosh, Distinct regimes of elastic response and deformation modes of cross-linked cytoskeletal and semiflexible polymer networks. *Physical Review E* 68 061907 (2003)
- [3] Moumita Das, F.C. MacKintosh, Alex J. Levine: Effective Medium Theory of Semiflexible Filamentous Networks. *Physical Review Letters* PRL 99 038101 (2007)
- [4] Sitikantha Roy, H. Jerry Qi: Micromechanical model for elasticity of the cell cytoskeleton. *Physical Review E* 77 061916 (2008)

## **Töltőanyagok hatása fröccsöntött polimerek mechanikai és hőtani tulajdonságaira**

**(Effects of fillers on mechanical and thermal properties)**

**Török Dániel, MSc II. évf.  
trkdani@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Kovács József Gábor, egyetemi docens, Polimertechnika Tanszék  
Suplicz András, tanársegéd, Polimertechnika Tanszék  
Dr. Hargitai Hajnalka, egyetemi docens, Széchenyi István Egyetem, Anyagtudományi és Technológiai Tanszék**

A fröccsöntés a 21. század műanyagiparának legjelentősebb tömegtermelési eljárása. A fröccsöntött termékek felhasználása igen széleskörű, a számítástechnikától kezdve a jármű iparon keresztül, a csomagolótechnikáig szinte minden iparág használ műanyag alkatrészeket. Fröccsöntéssel általában hőre lágyuló műanyagokat szokás feldolgozni. A fröccsöntés fontosságát az is mutatja, hogy Magyarországon a fröccsöntés a műanyagipar 30%-át teszi ki. Az előző évek alapján elmondható, hogy részesedése a piacból növekvő tendenciát mutat. 2007 előtt a fóliatermékek vezették a rangsort, azonban mára a fröccsöntés vezető pozícióba került.

A feldolgozott műanyag termékek legnagyobb felvevő piacai Magyarországon az elektronikai és az autó ipar. A két iparág közös jellemzője, hogy nagyon szigorú minőségi előírásokat szabnak. A megrendelt termékek sok esetben speciális funkciókat látnak el. Ezek a termékek sok esetben speciális anyagokból készülnek, hogy ezeket a funkciókat képesek legyenek ellátni. Ilyen speciális anyagok lehetnek például az erősítőanyagot tartalmazó polimerek és a hővezető polimerek.

Az ilyen speciális anyagok általában tartalmaznak adalékokat. Az adalékok eloszlása, elkeverése a polimer mátrixban fontos feladat. A termék anyagának homogenitása jelentősen befolyásolhatja a mechanikai és hővezetési tulajdonságokat. Az iparban léteznek speciális keverőelemek, amelyek megfelelő körülmények között biztosítani tudják a feldolgozott anyag homogenitását.

Dolgozatomban célul tűztem ki az adalékanyagok eloszlottságának a mechanikai és a hővezetési tulajdonságokra gyakorolt hatásának a vizsgálatát. Ennek érdekében mechanikai vizsgálatokat végeztem különböző mértékben töltött anyagokból gyártott próbatesteken. A mechanikai tulajdonságok vizsgálata mellett mérések segítségével meghatároztam a töltőanyagok mennyiségének és eloszlottságának hatását a hővezetési paraméterekre.

## **Kompatibilizálószer újfajta minősítése centrifugális erőterben** **(Examination of the compatibilizers adequacy in centrifugal force field)**

**Budinszki Balázs, MSc I. évf.**  
**balabud@freemail.hu**

**Konzulensek: Dr. Ronkay Ferenc György, egyetemi docens, Polimertechnika Tanszék**  
**Dobrovsky Károly, doktorandusz, Polimertechnika Tanszék**

A polimerek legtöbb esetben inkompatibilisek, termodinamikai értelemben nem összeférhetőek egymással. Az ilyen nem elegyedő polimerekből előállított keverékek a kialakuló heterogén szerkezet miatt nem rendelkeznek megfelelő mechanikai és fizikai tulajdonságokkal. A polimer keverékek alkotóinak kapcsolódásának javítására az egyik elterjedt megoldás a kompatibilizálószer alkalmazása, amelyek mindkét fázissal képesek kapcsolódásokat kialakítani, így javítva a keverékek összeférhetőségét. Sokféle kompatibilizálószer létezik, így egy-egy anyagpár esetén - attól függően, hogy mely tulajdonság javítása a cél: a merevség, vagy éppen a szívósság - akár több adalékanyag is megfelelő lehet. Fontos ellenőrizni, hogy a kiválasztott kompatibilizálószer alkalmas-e a kapcsolódások kialakítására, javítja-e a fázisok közötti homogenitást, ugyanis a nem megfelelő adalékanyag akár a keverékek tulajdonságait is ronthatja.

A kompatibilizálószer megfelelőségének vizsgálata komoly erőforrásokat igényel, a keverékek előállítás után a mechanikai vizsgálatokhoz és a töretfelületek pásztázó elektronmikroszkópos felvételeinek elkészítéséhez szabványos próbatestek szükségesek. Továbbá a mérései eredmények kiértékelése, értelmezése komoly szaktudást igényel. Tehát a kompatibilizálószer megfelelőségének vizsgálata idő, energia és pénz igényes.

A TDK dolgozat célja olyan alternatív módszer fejlesztése, amellyel gyors és egyértelmű válasz adható a kompatibilizálószer megfelelőségére a kiválasztott keverékek esetén. A fejlesztett módszert 50/50tf%-os PS/HDPE polimer keverék ömledékállapotú szétválaszthatósága során vizsgálom egy ömledékcentrifuga segítségével előállított centrifugális erőterben, három különböző kompatibilizálószer esetén. A kapott eredményeket összehasonlítom a hagyományosnak tekinthető elektronmikroszkópos-, reológiai- és mechanikai vizsgálatok eredményeivel, és vizsgálom a különböző kiértékelési módszerek hatékonyságát.

### Irodalom:

- [1] Sahnoune F., Lopez Cuesta J. M., Crespy A.: Improvement of the mechanical properties of an HDPE/PS blend by compatibilization and incorporation of CaCO<sub>3</sub>. *Polymer Engineering and Science* 43, 647-660 (2003).
- [2] Ha C. S., Park H. D., Kim Y., Kwon S. K., Cho J. W.: Compatibilizer in polymer blends for the recycling of plastics waste I: Preliminary studies on 50/50 wt% virgin polyblends. *Polymers for Advanced Technologies* 7, 483-492 (1995).
- [3] Xu S. A., Tjong S. C.: Polystyrene/High density polyethylene blends compatibilized by a tri-block copolymer I. properties and morphology. *Polymer Journal* 30, 552-558 (1998).

## **Kiértékelési módszer fejlesztése képelemzéses hajlításméréshez (Improved evaluation for bending test with image processing)**

**Tatár Nikoletta, MSc III. évf.  
tatarnikoletta@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Tamás Péter, egyetemi docens, Mechatronika, Optika és Gépészeti  
Informatika Tanszék**

**Dr. Halász Marianna, egyetemi docens, Polimertechnika Tanszék**

**Prof. Dr. Vas László Mihály, címzetes egyetemi tanár, Polimertechnika Tanszék**

Hajlékony lapszerű anyagok, pl. kompozit-erősítő szövetek, ponyvák, műszaki textíliák, stb. hajlító tulajdonságának meghatározására jelenleg két elterjedt módszer áll rendelkezésre [1]. Humán textíliák mechanikai tulajdonságai átfogóan meghatározhatók a Kawabata Kelmeelemző Rendszer segítségével [2]. Azonban, ez a berendezés amellett, hogy igen drága és kevés helyen elérhető, kis mérési tartományai miatt nem, vagy csak korlátozottan alkalmas műszaki textíliák vizsgálatára. Kelmék hajlítómerevségének szabványosított mérési eljárása a Peirce-féle Cantilever Teszten alapuló, különböző kialakítású Flexometerek. A Flexometerrel meghatározott hajlítómerevség kellően pontos textilipari felhasználásra, azonban pl. textíliák mechanikai tulajdonságainak modellezéséhez még pontosabb eredményekre van szükség [3]. A Polimertechnika Tanszék és a Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék által közösen fejlesztett Sylvie 3D BendingTester berendezés egy újszerű mérési elvet alkalmaz, amellyel nem csak a humán textíliák, hanem a hagyományosnál merevebb és vastagabb lapszerű anyagok hajlítómerevsége is meghatározható. A dolgozat célja a Sylvie 3D BendingTester berendezés kiértékelési módszerének továbbfejlesztése.

### Irodalom:

- [1] Al-Gaadi B.: Szőtt kompozit-erősítő szerkezetek 3D-s deformációs tulajdonságainak elemzése, PhD értekezés, 2012
- [2] Vas L. M.: Textilanyagok szerkezeti elemzése számítógépes modellezéshez. BME Kutatási tanulmány, (2003)
- [3] De Bilbao E.: Bending test of composite reinforcements. International Journal of Material Forming, 1. (1) PP. 835-838, ISSN 1960-6206 (2008)



## **PET degradációjának nyomon követése az újrahasznosítás során** **(The effect of molecular degradation on the recycling of PET)**

**Gere Dániel, BSc IV. évf., Iván Georgina, BSc IV. évf.**  
**geredani92@gmail.com, georgina92.05@hotmail.com**

**Konzulensek: Dr. Ronkay Ferenc György, egyetemi docens, Polimertechnika Tanszék**  
**Molnár Béla, doktorandusz, Polimertechnika Tanszék**

A polietilén-tereftalát (PET), 1970-es megjelenése óta robbanásszerűen hódított teret a folyékony élelmiszer-csomagolások piacán, felhasználása becslések szerint néhány éven belül meg fogja haladni a 20 millió tonnát [1]. Európában jelenleg hozzávetőlegesen 3,5 millió tonna a PET-et dolgoznak fel évente, míg Magyarországon ez a mennyiség 70 ezer tonna/év körül alakul [2].

Az, hogy az anyagból minden évben közel egymillió tonnával többet használnak palackgyártásra, kiváló optikai tulajdonságainak, gázzáró-képességének és ütésállóságának, valamint kis sűrűségének köszönhető. Csomagolóipari felhasználásuk miatt azonban a palackok élettartama nagyon rövid, így gyakorlatilag a teljes felhasznált mennyiség még az adott évben hulladékként jelentkezik.

Az elmúlt két évtizedben a világ legtöbb táján egyre nagyobb figyelmet fordítanak a hulladékká vált palackok elkülönített, szelektív gyűjtésére, ami az újrahasznosítás folyamatának alapvető feltétele. A visszagyűjtött palackok legfőbb felvevőpiaca világszerte még mindig a szálgyártás, azonban Európában és az Amerikai Egyesült Államokban a palackból-palack technológia és a lemezgyártás (szintén elsősorban csomagolástechnikai célokra) az utóbbi 10 évben több, mint 10%-kal növelte a részesedését. Magyarországon a palackból-palack technológia és a lemezgyártás területén az utóbbi években szintén erőteljesen bővült, illetve bővül a termelési kapacitás.

A másodlagos PET felhasználhatóságát elsődlegesen az alkotó molekulaláncok hossza határozza meg, amely a gyártás és az újrafeldolgozás során jelentősen csökken. Az újrafeldolgozás során a termikus- és nyírás okozta igénybevétel jelentős degradációt okoz, amelyet tovább fokozhatnak az esetlegesen jelenlévő szennyeződések és a nedvességtartalom [3]. A molekulaláncok hosszának csökkenése erősen befolyásolja a PET kristályosodását, ami kihat a fröccsöntés ciklusidejére és a termék mechanikai tulajdonságaira.

TDK munkánk során a PET molekulaszervezetének változását és annak tulajdonságokra gyakorolt hatásait vizsgáltuk az újrafeldolgozás során, különböző a nedvességtartalomnál, illetve eltérő gyártási paraméterek alkalmazásánál.

### Irodalom:

- [1] Hua Zhang, Zong-Guo Wen: The consumption and recycling collection system of PET bottles: A case study of Beijing, China. Waste Management, in press
- [2] Búzasi Lajosné: Műanyagfeldolgozás Magyarországon 2012-ben. Műanyag és Gumi 50 (2013), 241-249.
- [3] Firas Awaja, Dumitru Pavel: Recycling of PET. European Polymer Journal 41 (2005) 1453-1477

## **Vízüveg-gyanta időfüggő mechanikai tulajdonságainak elemzése (Analysis of the time dependent mechanical properties of waterglass-resin)**

**Vargyas András, MSc I. évf.  
andrew029vargyas@gmail.com**

**Konzulensek: Bakonyi Péter, tudományos segédmunkatárs, Polimertechnika tanszék  
Bartha Tibor Gábor, fejlesztőmérnök, Polinvent Kft.**

A mai fejlett társadalmakban a kompozitok felhasználása rohamosan növekszik, mind a high-tech, mind a hétköznapi, műszaki műanyagok körében. Ezen termékek mátrixanyagául leggyakrabban hőre keményedő gyantákat használnak fel. Munkám során egy kevésbé elterjedt, kisebb volumenben gyártott gyantával, a vízüveg-gyantával foglalkoztam. Ennek a gyantának egyik legnagyobb előnye a többihez képest, hogy nedves környezetben, vízben is képes kitérhálósodni, ami alkalmassá teszi például vízvezeték csövek javítására.

Ahhoz hogy a vízüveg-gyanta kúszásáról ne csak pusztá eredményeket kapjak, de azt el is tudjam helyezni, viszonyítani a többi tömeggyantához képest, két referenciagyantát is választottam, és rajtuk is ugyanazokat a vizsgálatokat végeztem el. Erre a célra két nagyon elterjedt anyagra, a poliészter és az epoxi gyantára esett a választásom. A mérések elkezdése előtt szükség volt próbatestek gyártására, melyekhez szilikonból készítettem szerszámokat, majd ezek felhasználásával kezdtem meg a gyártást. Mindhárom anyagból 60-60 próbatestet készítettem el.

Az időfüggő mechanikai tulajdonságok vizsgálati elrendezéseként húzó elrendezést választottam. Az egytengelyű húzó irányú kúszásmérések terhelési szintjeinek meghatározásához megmértem a különböző gyanták szakítószilárdságát. Az átlagos szakítószilárdság meghatározásához vizsgálandó anyagonként 10-10 mérést végeztem el, és a kapott eredményeket átlagoltam. A szakítószilárdság értékének 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 és 90 %-ánál egy órán át tartó kúszásméréseket végeztem. Azokban az esetekben, amikor a próbatest egy óra alatt nem szakadt el, egy mérést, míg azokon a magasabb terhelési szinteken, amikor a próbatestek az egy órás vizsgálati időn belül elszakadtak, 5-5 mérést végeztem.

A kapott eredmények kiértékelése után összevettem a három különböző gyanta kúszási tulajdonságait, és hosszútávú kúszásbecsléseket végeztem különböző, a mérési hossz alapján megválasztott kúszási modellek felhasználásával. Célszerű más-más modellt alkalmazni a rövidebb idejű, pár napos, pár hetes és a hosszabb távú, akár több éves kúszási eredmények becsléséhez. Mivel a hosszabb idejű mérések kivitelezése nehézkes és költséges, ezért ezeket csak megbecsülni tudjuk. Az egyik legelterjedtebb módszer a hőmérséklet-idő ekvivalencián alapuló mestergörbe szerkesztés, amellyel különböző hőmérsékleteken mért rövidtávú kúszásmérések alapján lehet a hosszútávú viselkedést előre jelezni, míg egyetlen mérés alapján az egyszerűen és könnyen használható, gyors eredményt adó Burgers-modellt szokták alkalmazni.

Az elvégzett vizsgálatok és kiértékelések jó alapot adnak a vizsgált gyanták kúszási tulajdonságainak összevetésére, és a későbbi, kompozit anyagokon végzendő vizsgálatok kiindulásául szolgálnak.

**Vágott bazalt és cellulóz erősítésű PLA vizsgálata**  
**(Examination of the basalt and cellulose reinforced Polylactic acid)**

**Silye Anett, BSc IV. évf.**  
**anett.silye@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Tábi Tamás, adjunktus, Polimertechnika Tanszék**

Manapság egyre nagyobb teret ölt a „zöld”, vagyis környezetbarát életszemlélet. Mivel a különböző gyártási folyamatok illetve azok végtermékei károsak lehetnek környezetünkre nézve, ebből kifolyólag a mérnökök már egyre inkább azon dolgoznak, hogyan állítsanak elő újrafelhasználható illetve biológiai úton lebontható termékeket.

Jelen dolgozatomban szeretnék erre a problémára megoldást találni. Egyik legnagyobb mértékben újrahasznosítható anyagok a polimerek. Kizárólag a természetben is megtalálható, megújuló erőforrás alapú és egyben lebontható anyagokból szeretnék egy olyan kompozitot előállítani, amelynek mechanikai tulajdonságai kedvezőek akár egy PET palack legyártásához. Egyik közkedvelt biopolimer a keményítóből előállított politejsav (PLA). Sajnos hőállóságát tekintve nem megfelelő. Hiszen ki szeretne egy olyan PET palackot, amibe reggel beleönti a meleg teát és az eldeformálódik? Ezért szálerősítéssel tervezem javítani a termikus és mechanikus tulajdonságait.

Munkámban a politejsavhoz cellulózt és bazaltszálat adtam külön-külön és együttesen is, különböző arányokban. Abból kifolyólag, hogy a cellulóznak jelentős a nedvességfelvétele, a feldolgozást egy szárítás előzte meg. Ezután próbatesteket fröccsöntöttem és azokat mechanikai vizsgálatoknak vettem alá. Az eredmények alapján sikerült egy, megnövelt mechanikai tulajdonságokkal rendelkező, felhasználásra alkalmas kompozitot előállítani.

## **Szövet erősítésű hajlékony kompozitok biaxiális húzóvizsgálata (Biaxial tensile testing of fiber reinforced flexible composites)**

**Szabó Diána Katalin, MSc I. évf.  
dianatailor@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Szabó Gábor, adjunktus, Polimertechnika Tanszék  
Dr. Halász Marianna, egyetemi docens, Polimertechnika Tanszék  
Prof. Dr. Vas László Mihály, címzetes egyetemi tanár, Polimertechnika Tanszék**

A szövetek, valamint a velük erősített kompozitok használata igen széles körben elterjedt. Alkalmazzák őket ruhák (például védőruhák), sporteszközök anyagaként (pl. vitorlák), az orvostechikában (pl. géz) és számos műszaki területen is. Elterjedtek továbbá a ponyvák is, melyek hőre lágyuló polimerrel (leggyakrabban PVC) kent szövetből készített kompozitok. A ponyvák műszaki szempontból a legnagyobb jelentőségük a könnyűszerkezetes épületek kapcsán van (például sátrak és épületek tetőszerkezetei). Használatuk során ezek többtengelyű feszültségnek vannak kitéve, ezért tervezésükhöz elengedhetetlen ismernünk a mechanikai tulajdonságokat.

A szövetek és ponyvák jellemzőit különböző mechanikai módszerekkel vizsgálhatjuk. Ilyen a húzó-, a szakító-, valamint a nyíró- és a hajlítóvizsgálat is, azonban ezekkel a vizsgált anyagnak csupán egy-egy irányban mérhető (uniaxiális) tulajdonságairól kaphatunk jellemzést. Léteznek olyan vizsgálati módszerek is, amelyekkel multiaxiális terhelést adnak a próbatestre, mint például a golyós repesztés, azonban ezek hátránya, hogy csupán egyetlen mérőszámmal jellemzik a szövetet, így annak irányfüggő tulajdonságai nem fedhetők fel. A műszaki szövetek és ponyvák irányfüggő tulajdonságainak vizsgálatára alkalmas mérési módszer a biaxiális húzás, amellyel egyszerre két, egymásra merőleges irány mechanikai tulajdonságait írhatjuk le, és ezzel a tervezéshez és méretezéshez szükséges, fontos információkat nyerhetünk a szőtt szerkezetek és kompozitjaik anizotróp tulajdonságairól [1].

A biaxiális húzóvizsgálati eredmények szükségesek a szőtt erősítő szerkezetek és hajlékony kompozitjaik végeselemes szimulációjához is. A programok ugyanis az unidirekcionális tulajdonságok alapján a biaxiális teherbírást jelenleg nem tudják megfelelően kiszámítani (nem tudják figyelembe venni például a hullámosság hatását, szálak laposodását, stb), így a biaxiális mérések eredményeit a programba táplálva sokkal pontosabb számítást érhetünk el [2].

Jelen dolgozat célja a biaxiális mérési módszerek és vizsgálatok elemzése, az értékelési módszerek megismerése, továbbá egy univerzális szakítógépre szerelhető, speciális biaxiális befogófejjel mérések végzése, majd ezek alapján a különböző befolyásoló tényezők hatásának elemzése.

### Irodalom:

- [1] Vas L. M.: Textilanyagok szerkezetének elemzése számítógépes modellezéshez, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2003
- [2] T-W. Chou, F. K. Ko: Textile structural composites, Elsevier Science Publishing Company, Amsterdam, 1989

**Grafén hatása a kompozitok hosszú távú és dinamikus viselkedésére**  
**(The effect of graphene on the long-term and dynamic behaviour of composites)**

**Réti Dániel Norbert, BSc IV. évf., Kálnay Zsolt, BSc IV. évf.**  
**reti.daniel92@gmail.com, k.zsolt36@hotmail.com**

**Konzulensek: Dr. Mészáros László, adjunktus, Polimertechnika Tanszék**  
**Szakács József, doktorandusz, Polimertechnika Tanszék**

A kompozitok ipari felhasználása a sűrűségükhöz viszonyított kiváló mechanikai tulajdonságaiknak és jó csillapító képességüknek köszönhetően egyre szélesebb körben terjed. A polimer kompozitok legelterjedtebb alkalmazási területei a gépkocsigyártás és a repülőgépipar. A fejlesztéseknek köszönhetően a kompozitok mechanikai tulajdonságai javulnak, miközben előállási költségeik csökkennek. A kompozitok fejlesztésében a nanokompozitok jelenthetik a következő lépcsőfokot. Ezekkel az anyagokkal jelenleg is számos kutató foglalkozik, hiszen a nanoméretű erősítőanyagokat tartalmazó kompozitok előállítása még mindignehézkes a nano erősítőanyag a mátrixban történő egyenletes eloszlása miatt.

Kutatásunkban kompozitjaink és hibridkompozitjaink megalkotására használt egyik erősítőanyag a grafén, melynek előállításáért 2010-ben Andrej Geim és Konsztantyin Novoszelovnak Nobel-díjat kapott, mint azóta kiderült ez világ általunk ismert legerősebb anyaga. Ez az alkotó rendkívül különleges, ezért a tudomány számos területén nagy érdeklődés övezi. Kiemelve a kitűnő húzószilárdságát, amelyre kutatásunkban alapoztunk. E mellett hő- és elektromos vezető képessége is kiugró, ami az elektronikai ipar számára kecsegtető. A másik erősítőanyag pedig bazaltszál, amely nagyban hasonlít az üvegszálhoz, és várhatóan annak komoly vetélytársa lesz az elméletben olcsóbb előállítása miatt. Az egyik legtöbbet használt műszaki polimert, a poliamidot választottuk mátrix anyagnak, amelyet nagy mennyiségben használ az autóipar is. Jelen dolgozat során a célunk, hogy nano méretű erősítőanyagot tartalmazó kompozitokat, valamint hibridkompozitokat vizsgáljunk, azon belül is azok időfüggő tulajdonságait. A kutatás során meghatározásra kerül az optimális erősítőanyag tartalom, ahol a kompozit szilárdsága elegendően magas, ugyanakkor nem viselkedik túl ridegen az anyag, hosszú távú vizsgálatok során is megbízhatóan alkalmazható. A hosszú távú viselkedést kúszás, míg a dinamikus viselkedést Charpy-féle ütővizsgálat segítségével vizsgáltuk.





BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR

## POLIMER KOMPOZITOK

Helyszín: Polimertechnika Tanszék MT laboratórium  
Időpont: 2014. november 11. 8:30  
Elnök: Dr. Bárány Tamás, egyetemi docens  
Titkár: Dr. Kmetty Ákos, adjunktus  
Tagok: Dr. Pölöskei Kornél, ügyvezető igazgató, Revideal Kft.  
de Rivo Balázs, fejlesztési csoportvezető, Zoltek Zrt.

### **8:30 Rév Tamás**

Nagy energiaelnyelő képességű hibrid kompozit panelek fejlesztése ballisztikai alkalmazásokhoz

Konzulens: Dr. Szabó Gábor, adjunktus

### **8:50 Kovács Dávid**

Szálerősítés hatása a hibrid gyanta morfológiájára

Konzulensek: Dr. Mészáros László, adjunktus  
Turcsán Tamás, doktorandusz

### **9:10 Vermes Brúnó**

Kompozit szerkezetek tönkremenetelének nyomonkövetése mikrokapszulák segítségével

Konzulens: Prof. Dr. Czirány Tibor, egyetemi tanár

### **9:30 Radovics Kata Bianka**

Növényi kaucsukkal társított, politejsav alapú biokompozitok fejlesztése

Konzulensek: Dr. Kmetty Ákos, adjunktus  
Prof. Dr. h.c. Karger-Kocsis József

**9:50 Ráczkevi Mátyás**

Elektro-szálképzett nanoszálakkal társított polimer mátrixú hibrid kompozitok előállítása és vizsgálata

Konzulens: Dr. Molnár Kolos, adjunktus

**10:10 Tóth Levente Ferenc**

Szénszál/szén nanocső/szén nanoszál erősítésű, égésgátolt kompozitok vizsgálata

Konzulensek: Dr. Szabó Gábor, adjunktus  
Dr. Molnár Kolos, adjunktus  
Szolnoki Beáta, doktorandusz  
Dr. Toldy Andrea, adjunktus

**10:30 Wilde József**

Szén nanocső és szénszál tartalmú hibrid kompozitok fejlesztése

Konzulensek: Dr. Mészáros László, adjunktus  
Szakács József, doktorandusz

**10:50 Kovács Alexandra Csilla**

Műszaki szövetek húzóigénybevételre mutatott irányfüggő viselkedése és modellezése

Konzulensek: Dr. Halász Marianna, egyetemi docens  
Dr. Vas László Mihály, c. egyetemi tanár



## **Nagy energiaelnyelő képességű hibrid kompozit panelek fejlesztése ballisztikai alkalmazásokhoz**

**(Development of highly energy absorbing hybrid composite panels for  
ballistic applications)**

**Rév Tamás, BSc IV. évf.  
revtomee@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Szebényi Gábor, adjunktus, Polimertechnika Tanszék**

Napjainkban egyre gyakrabban használnak szálerősített kompozitokat amikor könnyű, de mégis nagy teherbírású szerkezetekre van szükség, úgymint repüléstechnikai, és autóiipari szerkezetek gyártása, alkalmazása során, köszönhetően a kiemelkedően magas szilárdság/sűrűség aránynak. Az elmúlt évtizedekben a katonák, rendvédelmi szervek alkalmazottai, civil biztonsági szolgálatok emberei, és testőrök védelme ill. különböző nagy sebességű tárgyak becsapódása által okozott sérülések elkerülésének érdekében újból fellendülő ballisztikai kutatások kezdődtek meg a nagy energiaelnyelő képességű kompozitok területén.

Ez többek között annak is tudható be, hogy a felhasznált természetes és mesterséges alapanyagok rendkívül kedvező mechanikai tulajdonságokkal (szilárdság, rugalmassági modulus, szívósság, energiaelnyelő képesség) rendelkeznek, a fémekhez viszonyított sokkal kisebb sűrűségük mellett. A ballisztikai alkalmazások között jelentős szerepet tölt be a lövedékálló mellények tervezése, folyamatos fejlesztése, és gyártása. Ez a hadiipar robbanásszerű fejlődésének, és az egyre korszerűbb fegyverek elterjedésének köszönhető.

Alapvetően a lövedékálló mellények témakörében a rendészeti és katonai kutatások túlnyomó része nem hozzáférhető, ill. titkosított. Ezen kutatás célja, hogy visszafele elindulva, a már létező és hozzáférhető ismeretekből, anyagokból merítve, laboratóriumi körülmények között hozzunk létre egy olyan kompozitot, amely képes egy 9 mm-es lövedék megállítására. Az így létrehozott, dinamikus vizsgálóberendezés által megvizsgált próbatesteket jellemezzük energiaelnyelés szempontjából, összehasonlítjuk őket, megvizsgáljuk a releváns mechanikai jellemzőiket.

A kutatás egy másik célja, hogy a kapott eredményeket összemérjük a valósággal, azaz, hogy az ejtődárdás vizsgáló berendezéssel valójában milyen "hatékonysággal" tudjuk "modellezni" a valós körülmények között becsapódó lövedéket. Ennek alátámasztására ballisztikai kísérleteket is végeztem.

**Szálerősítés hatása a hibrid gyanta morfológiájára**  
**(Influence of fiber reinforcement on the morphology of hybrid resins)**

**Kovács Dávid, MSc I. évf.**  
**davekov1989@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Mészáros László, adjunktus, Polimertechnika Tanszék**  
**Turcsán Tamás, doktorandusz, Polimertechnika Tanszék**

Polimerek szerkezeti anyagként való alkalmazása esetén erősítőanyagok társításával, azaz kompozitok létrehozásával kaphatunk az egyre fokozódó mechanikai követelményeket kielégítő termékeket. Az elmúlt néhány évtizedben az anyagokban rejlő lehetőségek jobb kihasználása érdekében egyre intenzívebb kutatások folynak az úgynevezett hibrid kompozitokkal kapcsolatban. A hibridizáció mind az erősítő-, mind a befoglaló anyag oldaláról megvalósítható. Ez utóbbi, azaz a mátrix módosítása esetén polimer blendeket, kopolimereket és hőre nem lágyuló hibridgyantákat is alkalmaztak a korábbi kutatások során. Mindezek eredményei alapján a hibridgyanták alkalmazása megoldást nyújthat a hőre nem lágyuló mátrixú kompozitok képlékenyen alakítható fémekhez, illetve termoplasztikus polimerekhez viszonyított kisebb szívósságának fokozására [1, 2, 3].

Jelen kutatás során epoxi-vinilészter és epoxi-poliészter hibridgyanták előállítására, majd ezek vágott szénszállal való társítása történt meg. Az előállított anyagok morfológiai és mechanikai szempontból kerültek minősítésre.

Irodalom:

- [1] T. Czvikovszky, P. Nagy, J. Gaál: A polimertechnika alapjai, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2006.
- [2] T. Czigány: Hibrid szálerősítésű polimer kompozitok, Anyagvizsgálók lapja, 59-62, 2004
- [3] A. Subagia, Y. Kim, L. D. Tijing, C. S. Kim, H. K. Shon: Effect of stacking sequence on the flexural properties of hybrid composites reinforced with carbon and basalt fibers, Composites: Part B, 58, 251-258, 2014.

**Kompozit szerkezetek tönkremenetelének nyomonkövetése  
mikrokapszulák segítségével**  
**(Follow-up of composite structures' failures by microcapsules)**

**Vermes Brúnó, BSc III. évf.**  
**vermesbruno@gmail.com**

**Konzulens: Prof. Dr. Czigány Tibor, egyetemi tanár, Polimertechnika Tanszék**

A szerkezeti anyagként egyre inkább előtérbe kerülő polimer kompozitok számos kedvező tulajdonságuknak köszönhetik az alkalmazásukban mutatkozó növekvő tendenciát. Mindezen tulajdonságok azonban csak az anyag degradálódásáig, pontosabban annak kezdetéig válnak előnyükre a többi szerkezeti anyaggal szemben. Nagy kihívást jelent a kompozitokban megjelenő hibák gyors és könnyű detektálásának megoldása, hiszen azok eleinte szabad szemmel láthatatlanok apró méretük és a mátrix belsejében való megjelenésük miatt. A repedések, törések, és egyéb, a kompozitot károsító folyamatok vizsgálata, esetleg megállítása és megjavítása céljából elengedhetetlen azonban, hogy kellő időben, pontossággal, valamint kellően egyszerű módszerrel tudjuk megfigyelni és követni azokat. Az irodalomban fellelhető módszerek közül igen ígéretesek a valamilyen indikátort tartalmazó mikrokapszulák használata erre a célra, hiszen a mátrixban, akár a mechanikai tulajdonságok csekély mértékű változása mellett, homogéneen, és nagy számban tudjuk eloszlatni azokat. Ezzel a legkisebb mikrorepedéseket is meg tudjuk figyelni, mivel ahogy azok haladnak, és felnyitják a kapszulák falát, a belőlük kiáramló jelző folyadék a kapilláris-hatásnak megfelelően a résekbe befolyva láthatóvá teszi a hibát, így rajzolva "hibatérképet". Ennek jelentőségét számos példán lehetne érzékeltetni, de ha csak a repülőgépiparra gondolunk, és arra, hogy a szárnyakban keletkező mikrorepedések miatt nem kellene szétszerelni az egész gépet, elég lenne csupán helyi javításokat eszközölni, rögtön látszik a módszer gazdasági előnye is.

A TDK dolgozat célja UV érzékeny indikátorral színezett PETMP térhálósító tartalmú mikrokapszulák előállítási lehetőségének bemutatása. Ezzel a módszerrel átlátszó mátrix esetén, azt UV lámpával megvilágítva, információt szerezhetünk a tönkremenetel formájáról és mértékéről gyorsan, egyszerűen.

**Irodalom:**

- [1] Zhang M.Q., Rong M.Z., Yin T.: Self healing polymers and polymer composites in "Self-healing materials" (ed.: Gosh S.K.) Wiley-VHC, Weinheim (2009).
- [2] Yuan Y.C., Rong M.Z., Zhang M.Q.: Preparation and characterization of microencapsulated polythiol. *Polymer*, 49, 2531-2541 (2008).
- [3] Czeller A., Czigány T.: Effect of healing agent-loaded microcapsules on the mechanical properties of self-healing epoxy composites. ECCM15 – 15th European Conference on Composite Materials, Venice, Italy, 24-28 June 2012, paper: 1353

**Növényi kaucsukkal társított, politejsav alapú biokompozitok fejlesztése  
(Poly(lactic acid)/natural rubber biocomposites: Morphology and  
mechanical properties)**

**Radovics Kata Bianka, MSc II. évf.  
kata.radovics@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Kmetty Ákos, adjunktus, Polimertechnika Tanszék  
Prof. Dr. h.c. Karger-Kocsis József, egyetemi tanár, Polimertechnika Tanszék**

Napjainkban a biológiai úton lebomló úgynevezett biodegradábilis és biokompatibilis polimerekre nagy figyelem helyeződik. A fosszilis energiahordozók (pl. kőolaj, földgáz) csökkenésének és a növekvő környezetterhelés és szennyezés következtében a megújuló nyersanyagforrásból származó, lebomló polimerekre, azok blendjeire és kompozitjaik fejlesztésére, illetve tulajdonságaik megismerésére intenzív érdeklődés mutatkozik. Jelenleg az egyik legjelentősebb biológiai úton (komposztálással) lebontható polimer a politejsav (polylactic-acid (PLA)). A PLA egy lineáris alifás termoplasztikus poliészter, amely mechanikailag és optikailag a polietilén-tereftaláthoz (PET) hasonlít, de annál törékenyebb, kevésbé hőálló és nagyobb gázáteresztő képességgel rendelkezik. A PLA-t jelenleg főként a csomagolótechnikában alkalmazzák. A PLA alapjában egy rideg, lassú kristályosodásra képes alapanyag, amelyet különböző lágyítókkal (pl. polietilén-glikol), kristályos gócképzőkkel (pl. természetes szálakkal) és szívósságot javító anyagokkal (pl. növényi kaucsuk) javíthatunk [1,2].

TDK dolgozatomban célul tűztem ki, hogy a PLA rideg tulajdonságát, növényi kaucsukkal való társítással javítsam. Az előre meghatározott kísérletterv szerint különböző PLA alapú növényi kaucsukkal társított biokompozitokat állítottam elő ikeresigás kompaundálással. A biokompozitok erősítőanyagául mikro-fibrilláris cellulózt választottam. Dolgozatomban részletesen bemutatom az általam felhasznált alapanyagokat, gyártástechnológiai és vizsgálati módszereket, továbbá az előállított biokompozitok mechanikai és morfológiai tulajdonságait.

Irodalom:

- [1] Xu C., Yuan D., Fu L., Chen Y.: Physical blend of PLA/NR with co-continuous phase structure: Preparation, rheology property, mechanical properties and morphology. *Polymer Testing*, vol. 37, 94-101 (2014).
- [2] Yuan D., Xu C., Chen Z., Chen Y.: Crosslinked bicontinuous biobased polylactide/natural rubber materials: Supertoughness, “net-like”-structure of NR phase and excellent interfacial adhesion. *Polymer Testing*, vol. 38, 73-80 (2014).

## **Elektro-szálképzett nanoszálakkal társított polimer mátrixú hibrid kompozitok előállítása és vizsgálata**

**(Processing and investigation of polymer matrix hybrid composites reinforced with electrospun nanofibers)**

**Ráczkevi Mátyás, BSc III. évf.  
gutriqper@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Molnár Kolos, adjunktus, PolimertechnikaTanszék**

A polimer kompozitok jelentősége az utóbbi évtizedekben jelentősen megnövekedett, számos kutatás irányul kedvező tulajdonságaiknak további kihasználására. A technológia fejlettségének köszönhetően lehetőség nyílik nanométeres mérettartományba eső különböző anyagú szálak, nanocsövek és egyéb részecskék felhasználására is. Ezeket rendszerint hibrid kompozitokban, kis mennyiségben, másodlagos erősítésként alkalmazzák. A „nanoméretű” erősítőanyagok jelentősége nagy szilárdságuk mellett abban rejlik, hogy rendkívül nagy fajlagos felülettel rendelkeznek, ezért kiváló adhéziós kapcsolatot tudnak kialakítani a kompozit mátrixával, illetve fontos, hogy képesek az elsődleges erősítőszálak hatásosságát javítani a terhelés felvételében.

A réteges felépítésű kompozitokban (laminátokban) gyakran probléma hogy a nem síkbeli terhelések hatására az egyes rétegek elválnak egymástól, hiszen keresztirányban nincsenek szálak, a rétegeket csupán gyantadús részek kapcsolják össze, amelyek sokkal kevésbé szilárdak. Annak érdekében, hogy a rétegek közötti kapcsolatot javítsák, számos kutatás született az utóbbi években. A rétegek közé például rugalmas filmeket lehet helyezni, de a rétegek tűzése, vagy összevarrása is egy népszerű lehetőség. Az előbbi módszerek hatására a kompozit tömege növekszik meg számottevően, míg az utóbbi esetben az erősítőszálak roncfolódnak. Az elsődleges erősítőanyag rétegei között másodlagos erősítésként alkalmazhatók vékony nanoszál rétegek is, amelyek egyik legnagyobb előnye, hogy érdemben nem változtatják meg a próbatestek méretét, tömegét, mert a gyantadús rétegbe ágyazódnak, ugyanakkor gátolják a repedések terjedését és javítják a rétegek kapcsolódását. A megfelelő eredményt azonban az anyagválasztás mellett befolyásolja a nanoszál-réteg vastagsága és az impregnálási körülmények is. Nem megfelelő impregnálás esetén a mátrixban légbuborékok keletkezhetnek, amelyek a próbatestek mechanikai tulajdonságait nagymértékben rontják, ellehetetlenítve a másodlagos erősítőszálak szerepét.

A dolgozatban elektro-szálképzett nanoszál társítású hibrid kompozit vizsgálati minták előállítására tettem kísérletet. Az elektro-szálképzési eljárással poliakrilnitrilnanoszálás mintákat állítottam elő, amelyeket üvegszál erősítésű kompozitok rétegei közé lamináltam. A dolgozat bemutatja a nanoszálak alkalmazásának a kompozitok főbb mechanikai tulajdonságaira gyakorolt hatását. A kutatás jövőbeli célja, hogy meghatározható legyen a próbatestek mechanikai tulajdonságának legjelentősebb javulását eredményező technológia és annak optimális paraméterei.

### Irodalom:

- [1] Molnar, K. et al.: The effect of needleless electrospun nanofibrous interleaves on mechanical properties of CF/EP laminates. Express Polymer Letters, vol. 8, no. 1, 62-72 (2014).

## **Szénszál/szén nanocső/szén nanoszál erősítésű, égésgátolt kompozitok vizsgálata**

**(Investigation of carbon fiber/carbon nanotube/carbon nanofiber reinforced flame retarded composites)**

**Tóth Levente Ferenc, MSc I. évf.  
levente8912@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Szabó Gábor, adjunktus, Polimertechnika Tanszék  
Dr. Molnár Kolos, adjunktus, Polimertechnika Tanszék  
Szolnoki Beáta, doktorandusz, Szerves Kémia és Technológia Tanszék  
Dr. Toldy Andrea, adjunktus, Polimertechnika Tanszék**

TDK dolgozatomban szénszál/szén nanocső/szén nanoszál erősítésű, égésgátolt hibrid kompozitokat készítettem el, melyeknek megmértem a sűrűségét és a száltartalmát, majd éghetőségi szempontból is megvizsgáltam a mintákat. A kompozitok éghetőségének összehasonlításához UL94-es és MassLoss kaloriméteres vizsgálatot alkalmaztam.

Ezenfelül, különböző típusú és koncentrációjú égésgátlóval ellátott, hagyományos szénszál erősítésű kompozitok mechanikai jellemzőit is vizsgáltam szakító-, illetve hajlító vizsgálatokkal.

A nanoszál rétegeket magam állítottam elő PAN prekursor anyagból elektrosztatikus szálképzés, stabilizálás és karbonizálás útján.

**Szén nanocső és szénszál tartalmú hibrid kompozitok fejlesztése**  
**(Development of carbon nanotube and carbon fiber**  
**containing hibrid composites)**

**Wilde József, BSc IV. évf.**  
**jozsefwilde@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Mészáros László, adjunktus, Polimertechnika Tanszék**  
**Szakács József, doktorandusz, Polimertechnika Tanszék**

Hosszú időn keresztül a jelentős mechanikai igénybevételnek kitett szerkezetek kizárólag fémötvözetekből készültek, azonban a műanyagtudomány fejlődésével egyre inkább lehetőség nyílik sok esetben az ilyen elemek kompozitokkal való kiváltására. Ezeket az anyagokat közel azonos mechanikai tulajdonságok mellett sok szempontból előnyösebb bizonyos esetekben alkalmazni (például könnyűségük miatt), így fejlesztésük manapság időszerű. A polimer kompozitok merőben új fejlesztési területe a hibrid kompozitok előállítása, amelyek esetében legalább három különböző fázis van jelen. Az ilyen újfajta anyagok egyik kevésbé kutatott területe a mikro,- és nano méretű erősítőanyagot is tartalmazó rendszerek. Napjainkban számos kutatás folyik a hibrid kompozitok felhasználási területeinek bővítésével kapcsolatban, így nanoméretű áramköri elemként alkalmazva, üzemanyagcellában proton áteresztő membránként, fogászati tömőanyagként, karcmentes hidrofób páratlanító felületi bevonatként, antisztatikus felületeken, vagy éppen korrózióvédelemre. Kutatásomban poliamid 6 mátrixú szénszál és szén nanocső erősítésű kompozitokat vizsgálok. A poliamidok kitűnő műszaki tulajdonságaik miatt tűnnek ki a részben kristályos polimerek közül. A szénszál egy körülbelül 5-10 mikron átmérőjű mesterséges erősítőanyag. A szálak az acélnál akár tízszer nagyobb rugalmassági moduluszal is rendelkezhetnek, míg tömegük az egy ötöde. A repülőiparban, űrtechnológiában, versenyautó vázokban, golfütőkben vagy kerékpáros sisakokban ma már elengedhetetlen alapanyag. A szén nanocsövek, mint nevük is mutatja nano méretű, belül üres henger alakú szerkezetek, aminek oldalát azonos, egymással kovalens kötéssel összekapcsolódó szénatomok alkotják. Pár nanométeres átmérőjükhöz képest a hosszuk tízezerszer vagy akár százezerszer is nagyobb lehet, ennek köszönhetően fajlagos felületük nagy, amely segíti a megfelelő adhézió kialakítását. Mechanikai tulajdonságai egy nagyságrenddel jobbak lehetnek a mikroméretű erősítőszálakhoz képest, ezért a szén nanocsövet a mai anyagtudományban előszeretettel alkalmazzák. A mikroméretű erősítőszálak hatását nem rontják, hanem együtt várhatóan még jobb mechanikai tulajdonságokat eredményezhetnek, hibrid hatás léphet fel, már kis erősítőanyag tartalom esetén is. Ezen indokok miatt különös figyelmet érdemelnek a polimertechnológiai kutatások terén.

Vizsgálataim során céloom a hibrid kompozitok hagyományos technológiákkal való előállítása, majd ezek mechanikai és morfológiai minősítése.

**Műszaki szövetek húzóigénybevételre mutatott irányfüggő viselkedése és modellezése**

**(Behavior and modeling of technical fabrics according to the different directions of tensile stress)**

**Kovács Alexandra Csilla, MSc II. évf.  
kov.ale29@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Halász Marianna, egyetemi docens, Polimertechnika Tanszék  
Prof. Dr. Vas László Mihály, címzetes egyetemi tanár, Polimertechnika Tanszék**

Annak ellenére, hogy a textíliák nem csak esztétikailag, de funkcionálisan is az ember közvetlen környezetéhez tartoznak, a bennük rejlő lehetőségek nincsenek teljes mértékben kiaknázva. A hétköznapi ruházati textíliákon kívül számos lakberendezésben használt funkciójuk mellett műszaki jellegű feladatot is elláthatnak. Épp ebből kifolyólag szükség van ezen erősítőszervezetek modellezhetőségére a tervezés megkönnyítése céljából.

Jelen TDK dolgozat témája egy multifilament poliészter szálból szőtt műszaki textília modellezési lehetőségének vizsgálata. A modell felállításához a szövet alapadatának meghatározása után, fonal- és szövetszakító vizsgálatokat, illetve fonalkihúzó vizsgálatot végeztem. Feltérképeztem a szövet húzóigénybevételre mutatott irányfüggő viselkedését.

A mérések kiértékelése során meghatároztam a rugalmassági, szilárdsági és deformációs jellemzőket. Majd kísérletet tettem az elemzett szövet kötegmodellezésének lehetőségére. Ehhez felhasználtam a FiberSpaceszálkötegcellák modelljét.

Irodalom:

- [1] Vas L. M.: Textilanyagok szerkezetének elemzése számítógépes modellezéshez, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2003
- [2] T-W. Chou, F. K. Ko: Textile structural composites, Elsevier Science Publishing Company, Amsterdam, 1989
- [3] Vas L. M., Tamás P.: FiberSpace szálkötegcellák – nemlineáris szálkarakterisztikával, kézirat, BME, Budapest, 2014





BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR

## POLIMER TECHNOLÓGIA

Helyszín: Polimertechnika Tanszék Könyvtár T. ép. 301.  
Időpont: 2014. november 11. 8:30  
Elnök: Dr. Czvikovszky Tibor, Professor Emeritus  
Titkár: Dr. Morlin Bálint, adjunktus  
Tagok: Dr. Dogossy Gábor, egyetemi docens, Széchenyi István Egyetem,  
Anyagtudományi és Technológiai Tanszék  
Dr. Mészáros László, adjunktus

### **8:30 Hajdu Sándor Mihály**

Az elosztatást segítő technológia optimalása elasztomermátrixú nanokompozitoknál

Konzulensek: Dr. Bárány Tamás, egyetemi docens  
Halász István, doktorandusz

### **8:50 Kollár Viktória**

Ciklikus butilén tereftalát hatása az EPDM alapú elasztomerek vulkanizációs és mechanikai tulajdonságaira

Konzulensek: Dr. Bárány Tamás, egyetemi docens  
Halász István, doktorandusz

### **9:10 Szabó Diána Katalin**

Természetes és mesterséges polimerek ömledékállapotban történő szétválaszthatósága

Konzulensek: Dr. Ronkay Ferenc György, egyetemi docens  
Dobrovsky Károly, doktorandusz

**9:30 Fehér Máté**

Bazalttal erősített politejsav kompozit kötéstechológiai lehetőségei és vizsgálatauk

Konzulens: Dr. Kiss Zoltán, adjunktus

**9:50 Budai Gábor**

Emelt folyóképességű olajálló elasztomerek fejlesztése

Konzulensek: Dr. Bárány Tamás, egyetemi docens  
Halász István, doktorandusz

**10:10 Török Dániel**

Statikus keverők hatásfokának elemzése

Konzulensek: Dr. Kovács József Gábor, egyetemi docens  
Suplicz András, tanársegéd  
Szabó Ferenc, tanársegéd

**10:30 Emri Ákos**

Polimerek és fémek egyesítése kavará dörzshegesztéssel

Konzulens: Dr. Kiss Zoltán, adjunktus

**10:50 Feketű Dániel**

PLA/TCP interferencia csavarok vizsgálata és összehasonlítása kiműtött darabokkal

Konzulens: Dr. Kiss Zoltán, adjunktus

**11:10 Göbl Richárd**

Pirolízis útján előállított korom hatása elasztomerek tulajdonságaira

Konzulensek: Prof. Dr. h.c. Karger-Kocsis József, egyetemi tanár  
Berki Péter, doktorandusz

## **Az elosztatást segítő technológia optimalálása elasztomermátrixú nanokompozitoknál**

**(Optimalisation of dispersion improvement technique in elastomer-based nanocomposites)**

**Hajdu Sándor Mihály, MSc I. évf.  
horormaci@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Bárány Tamás, egyetemi docens, Polimertechnika Tanszék  
Halász István, doktorandusz, Polimertechnika Tanszék**

A nanokompozitok egyik legnehezebben megoldható problémája a jelenleg elérhető nanoméretű töltőanyagok egyenletes elosztatása. A piacon kapható szén-nanocsövet (MWCNT) por formájában kapjuk, mikroszerkezetét nézve aggregátumok alkotják a port, statisztikus nanocső-gombolyagok. Az MWCNT szakítószilárdsága óriási, viszont egy kompozitban ez csak akkor használható ki, ha a töltőanyag és a mátrix közötti adhéziós erőt maximalizáljuk és ennek egy kulcsfontosságú összetevője a kapcsolódó felületek növelése. A szokásos kompozitkészítési eljárások során általában a töltőanyag aggregátumokba nem jut be elégséges mértékben a mátrixanyag, ezért valamilyen speciális technikára van szükség az aggregátumok szétválasztására. Romhány Gábor és társai munkája [1] alapján a ciklikus butilén-tereftalátoligomer (CBT) jó hordozóanyaga lehet az MWCNT-nek, és a CBT és MWCNT együttes őrlése segíthet a nanocső aggregátumok szétválasztásában. Munkám során különböző őrlési időket használva vizsgáltam a CBT/MWCNT porkeverék erősítő hatását SBR gumira. Egy új keverékkészítési módszer is összehasonlításra kerül a hagyományossal, miszerint a kaucsukot a CBT olvadási hőmérsékletére fűtjük keverés közben. A CBT ömledékvizkozitása rendkívül alacsony, emiatt várható, hogy a töltőanyag elosztatását javítani fogja az eljárás.

### Irodalom:

- [1] Romhány G., Vígh J., Thomann R., Karger-Kocsis J., Sajó I. E.: pCBT/MWCNT Nanocomposites Prepared by In situ Polymerization of CBT After Solid-Phase High-Energy Ball Milling of CBT with MWCNT. *Macromol. Mater. Eng.*, 296, 544-550 (2011).

## **Ciklikus butiléntereftalát hatása a EPDM alapú elasztomerek vulkanizációs és mechanikai tulajdonságaira**

**(Effect of cyclic butylene terephthalate on the vulcanization and mechanical properties of EPDM based elastomers)**

**Kollár Viktória, BSc IV. évf.  
vyckikollar@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Bárány Tamás, egyetemi docens, Polimertechnika Tanszék  
Halász István, doktorandusz, Polimertechnika Tanszék**

Különböző gumikeverékek fejlesztése esetén a majdani felhasználás közbeni igénybevételek által támasztott követelmények alapvetően meghatározzák az egyes keverékek összetételét. Ezeken kívül azonban figyelembe kell venni gyártástechnológiai szempontokat is és abból kifolyólag, hogy sok esetben az egyes tulajdonságok javítása, csak mások romlása mellett valósítható meg, előfordul, hogy kompromisszumokat kell kötni. Elasztomerek esetén általában ez a jellemző a mechanikai és kopási tulajdonságokat javító töltőanyagok és a feldolgozhatóságot elősegítő lágyítók és csúsztatók esetén, ugyanis általában ezek egymás hatását csökkentik. Korábban már bizonyítást nyert, hogy CBT hozzáadásával egyszerre javítható az elasztomer nyerskeverékek feldolgozhatósága, valamint a térhálósítás után a kész elasztomer mechanikai tulajdonságai.

Munkám célja a CBT mechanikai és vulkanizációs tulajdonságokra gyakorolt hatásának részletes feltérképezése EPDM alapú elasztomerek esetén.

## **Természetes és mesterséges polimerek ömledékállapotban történő szétválaszthatósága**

**(Separation of natural and synthetic polymers in a melted state)**

**Szabó Diána Katalin, MSc I. évf.  
dianatailor@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Ronkay Ferenc György, egyetemi docens, PolimertechnikaTanszék  
Dobrovsky Károly, doktorandusz, PolimertechnikaTanszék**

Napjainkban a különböző nyersanyagok egyre nagyobb volumenű ipari feldolgozása, valamint az újrahasznosítás területén az egyre növekvő társadalmi elvárások és hatósági szabályozások miatt fontos a fém, az üveg, a papír és a műanyag egymástól történő szétválasztása. Azonban a műanyagok egymástól történő szétválasztása is kulcskérdés azok újrahasznosítása során, mivel a különböző műanyagok együttes feldolgozása rossz mechanikai tulajdonságokat eredményez a termékgyártáskor [1].

Az iparban elterjedt műanyag szétválasztási módszerek esetében gondot okoznak a reciklási folyamat során az olyan típusú termékek, amelyek több műanyagfajta keverékéből állnak (blend), ugyanis ezek a köztes sűrűségű, vagy különleges morfológiai szerkezetű anyagok szennyezőként jelennek meg a már leválasztott, tisztított frakciókban [2]. Ha a műanyag hulladék jelentős mennyiségű blendet tartalmaz, a szétválasztás eredménye nem lesz megfelelő tisztaságú, ezért a kutatás során a felhasznált műanyagok és a belőlük készített blendek minél nagyobb tisztaságú szétválaszthatóságát vizsgáltam, különböző szétválasztási hőmérsékleteken.

Az autó-, építő- és a csomagolóiparból nagy mennyiségű habosított hulladék keletkezik, ezek hasznosítása szintén bonyolult a jelenleg alkalmazott ipari szétválasztó berendezésekkel, hiszen a sűrűségük nagyban eltér az alapanyagok sűrűségétől. Emiatt vizsgáltam a hulladékáramban megtalálható habosított anyagok újrahasznosíthatóságát centrifugális erőtérben, ömledékállapotban.

A természetes alapú biopolimer termékek is egyre nagyobb mennyiségben jelennek meg a piacon. Ez a környezet szempontjából azonban csak akkor lehet hasznos, ha a biopolimereket teljesen elkülönítve gyűjtik a többi, újrahasznosítandó szintetikus műanyagtól, és komposztálva, speciális környezetben bomlanak le [3]. Ellenkező esetben (a hasonló sűrűségük miatt) ezek is szennyezőként jelennek meg a szétválasztás során a válogatott műanyagfázisokban, amely megnehezíti a szintetikus műanyagok újrahasznosítását, ugyanis a biopolimerek könnyebben degradálódnak a feldolgozás során. Ezért meg kell akadályozni, hogy ez a kétféle hulladéktípus egymással keveredjen. Ennek érdekében a kutatás során kísérletet tettem a biopolimerek és a mesterséges műanyagok szétválasztására is.

### Irodalom:

- [1] Wilson I.D.: Encyclopedia of Separation Science. Academic Press, London, Egyesült Királyság, 17-343, 2000.
- [2] Ronkay F., Dobrovsky K.: Alternative polymer separation technology by centrifugal force in a melted state, Waste Management, in press, 2014. DOI: 10.1016/j.wasman.2014.05.006
- [3] Torrijos M., Sousbie P., Rouez M.: Treatment of the biodegradable fraction of used disposable diapers by co-digestion with waste activated sludge. Waste Management 34, 669-675, 2014.

## **Bazalttal erősített politejsav kompozit kötéstechológiai lehetőségei és vizsgálatuk**

**(The ways of join and the examination of basalt fiber reinforced polylactic-acid)**

**Fehér Máté, MSc I. évf.  
mathieu12500@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Kiss Zoltán, adjunktus, Polimertechnika Tanszék**

„Földünk, a műanyag bolygó” 2009-ben vászonra került film címe is arról tesz bizonyosságot, hogy manapság már az életünk szinte elképzelhetetlen műanyagok nélkül. Talán már észre sem vesszük, de gondoljunk csak bele: reggel a polimer burkolatú ébresztőóra vagy telefon csörgésére kelünk és este lefekvéskor a lámpát szintén műanyag kapcsolóval oltjuk le. Életünk részévé váltak, nem lehet megkerülni őket. Azonban a nagymértékű elterjedésük nagy felelősséggel is jár: fel tudjuk-e úgy használni a kedvező tulajdonságú polimereket, hogy közbe ne veszélyeztessük környezetünket? A válasz: igen, a megfelelő alapanyagok megválasztásával és a helyes gondolkodásmód kialakításával.

Napjainkban kiemelten fontos, hogy környezettudatos gondolkodásmód kialakításával Földünket védjük és a fenntartható fejlődés elve alapján éljük a mindennapjainkat. A biológiailag lebontható polimerek bár beleillenek ebbe a filozófiába, azonban vannak olyan felhasználási területek, ahol elengedhetetlenek a nagyobb teherbírású, szívósabb vagy szilárdabb polimerek, és ezeket az igényeket sok esetben a biopolimerek nem, vagy csak nagyon magas áron tudják kielégíteni. Ennek megoldása a biokompozitok gyártása, ahol a szívós mátrix egy biodegradábilis polimer, az erősítőanyag pedig ideális esetben valamilyen természetes szál, szövet, pamut, stb.

Az egyre komplexebb műanyag termékek gyártásának következtében napjainkra már iparágak épültek ki a sok kis alkatrész egy terméké váló egyesítésére, így jelentőségüket nem lehet kétségbe vonni, lényeges ezen technológiák (illesztések, ragasztások, hegesztések) ismerete, fejlesztése is.

Dolgozatomban bazaltszállal erősített politejsavbiopolimer kompozit bemutatásával és kötéstechológiájával foglalkozom. A dolgozat első részében a megújuló energiaforrásokból előállított biológiailag lebomló polimerek, azon belül is részletesen a kukoricakeményítóből készült politejsav műanyag ismertetését tűztem ki célul. Ezt követően a bazaltszál tulajdonságainak és a fent említett „zöld” polimerrel alkotott kompozitjának ismertetése következik. A műanyagok kötéstípusai közül nagyító alá kerülnek a hegesztett kötések, továbbá a ragasztás is, mint manapság a polimereknél széles körben alkalmazott kötéstechológia. Munkám második részében az erősítetlen, valamint 30 tömegszázalékban bazaltszállal erősített PLA (polylactic-acid, magyarul politejsav) hegesztésének, valamint ragasztásának eredményességére, hajlító- és szakítóvizsgálati eredményeinek közlésére, következtetések levonására kerül sor.

### Irodalom:

- [1] Jordan Rotheiser: Joining of Plastics - Handbook for Designers and Engineers, Carl Hanser Verlag GmbH & Co, 2004.
- [2] R. Klein: Laser welding of plastic, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co KGaA, 2011.

**Emelt folyóképességű olajálló elasztomerek fejlesztése**  
**(Development of oil resistant elastomers with improved processability)**

**Budai Gábor, BSc III. évf.**  
**budaig@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Bárány Tamás, egyetemi docens, Polimertechnika Tanszék**  
**Halász István, doktorandusz, Polimertechnika Tanszék**

Az elasztomerek széleskörű felhasználása miatt különböző igényeknek kell megfelelniük. A gyártás során ezeket az anyagokat különböző receptúrák alapján készítik, így érhetőek el a kívánt tulajdonságok kombinációi, amik azonban negatív hatással lehetnek egymásra. Ez abból adódik, hogy míg a szilárdsági tulajdonságok javítása érdekében használt adalékok a feldolgozhatóságot, addig a feldolgozhatóságot elősegítő összetevők a kész gumi mechanikai tulajdonságait ronthatják. Ezen a területen kerül előtérbe a ciklikus butilén-tereftalát (CBT) oligomer alkalmazása, amely a gumikeverékek jellemző feldolgozási hőmérsékletén alacsony viszkozitású ömledék, a térhálósítás után viszont a hőmérséklet csökkenésével újrakristályosodik és erősítő anyagként funkcionál.

A TDK dolgozat célja NBR kaucsuk keverékek előállítása többféle CBT tartalommal, és ezek vizsgálata nyers, majd térhálósított állapotban. Az előállított keverékek reológiai, és mechanikai tulajdonságainak, valamint az olajállóságának a vizsgálata.

## **Statikus keverők hatásfokának elemzése** **(Efficiency analysis of static mixers)**

**Török Dániel, MSc II. évf.**  
**trkdani@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Kovács József Gábor, egyetemi docens, Polimertechnika Tanszék**  
**Suplicz András, tanársegéd, Polimertechnika Tanszék**  
**Szabó Ferenc, tanársegéd, Polimertechnika Tanszék**

A fröccsöntés a műanyagipar egyik legmeghatározóbb tömegtermelésre alkalmas gyártástechnológiája. Fröccsöntéssel bonyolult 3D-s termékeket tudunk előállítani. Az alig több mint 100 éve létező eljárás az utóbbi években egyre nagyobb mértékű szerepet játszik a polimer termékek gyártásában. A világon feldolgozott műanyagok körülbelül negyedét fröccsöntéssel állítják elő és Magyarországon is a termékek körülbelül 30%-a így készül. Az így készült termékeket különböző területeken alkalmazzák, mint például az autóipar, csomagolóipar, orvostechika, játékipar. Sok esetben a legyártott termékeknek magas minőségi előírásoknak kell megfelelnie nem csupán műszaki, de esztétikai, funkcionális, ergonómiai szempontból is.

Az esztétikai hibák közül a termék színében lévő inhomogenitások a legszembeötlőbbek. Az inhomogenitások megjelenésének egyik fő oka a színezőanyagok nem megfelelő eloszlása a polimer mátrixban. A színezőanyagok olyan pigmenteket és elegyedő színezékeket tartalmaznak, amelyek megváltoztatják az alapanyag optikai tulajdonságait. Ezek nagy előnye, hogy csökkentik a termék gyártásának költségeit, mivel így nincs szükség utómunkálatokra (festés, matricázás stb.). A színezőanyagok megfelelő eloszlására különböző eszközök és módszerek állnak rendelkezésünkre. A termék homogenitására hatással van maga a fröccsöntő gép, a technológiai paraméterek megválasztása, keverőelemek, a csiga kialakítása, a szerszám geometriája és az alap- és színezőanyag tulajdonságai.

Az iparban a keverőelemek alkalmazása elterjedt. A keverőelemek két nagy típusba sorolhatók, a dinamikus és a statikus keverők csoportjába. Mindkét típusnak megvannak a maga előnyei és hátrányai. A statikus keverők előnye, hogy az aggregátba a csiga elé beépítve nem csökkentik annak hasznos hosszát, így nem rontva a plasztikálási teljesítményt. A dinamikus keverők nagy előnye, hogy jóval nagyobb nyírást vihetünk bele az alapanyagba, ami a keveredés alap feltétele. A keverők hátránya azonban, hogy az ömledék szerszámba juttatásához szükséges nyomásigényt növelik. Ez a nyomásesés függ a keverő kialakításától, annak méretétől, az alkalmazott keverőelemek számától, a keverőelemek geometriájától, az ömledék folyóképességétől stb.

Dolgozatomban célul tűztem ki a statikus keverők minősítését. Ezen belül vizsgáltam a statikus keverőelemek számának növelésével és a keverő geometriájának megváltoztatásával együtt járó nyomásszükséglet növekedését. A nyomásszükséglet változását a fröccsöntőgépre felszerelt szenzorok segítségével mértem, illetve szimulációs programok segítségével határoztam meg. A mérések segítségével validáltam a szimulációs eredményeket, majd a számításokat kiterjesztettem más geometriájú statikus keverőkre is. A statikus keverő keverési hatékonyságát. A keveredés minősítésére a tanszéken kifejlesztett színegyenletlenség mérő programot, valamint szimulációs programokat használtam.



## **Polimerek és fémek egyesítése kavaráó dörzshegesztéssel (Fusion of polymers and metals with friction stir welding)**

**Emri Ákos, BSc IV. évf.  
emriakos@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Kiss Zoltán, adjunktus, Polimertechnika Tanszék**

A XXI. században egy termékre már nem elég ha azt mondják, működik. Legyen az könnyű, kompakt és szép is. Ebben nagy segítségünkre vannak a polimerek kiváló alakíthatóságuk, áruk és egyszerű újrahasznosíthatóságuk miatt, így egyre nagyobb teret hódítanak a legkülönbébb mérnöki területeken. Napjaink gépeiben előszeretettel cserélik le a tervezők a fém alkatrészeket műanyagra, hiszen azok ugyanúgy megállják a helyüket.

Néha viszont elkerülhetetlen, hogy egy polimer alkatrészt egy fém alkatrésszel kelljen összekötni. Ugyan erre a problémára léteznek megoldások, ám ezeknek megvannak a maguk hátrányai. A csavarkötés újabb tervezési munkát ad a mérnököknek, növeli a termék súlyát, ki kell fizetni a csavarok árát és nem is túl esztétikus. A ragasztás mindamelllett, hogy drága, káros a környezetre és a kipárolgott oldószer ártalmas az egészségre, de még az idő is -amely alatt ez a párolgás végbe megy- veszteséget okoz a tömeggyártás során.

A dolgozatomban egy harmadik módszerrel, a mindennapi életben ritkán említett kavaráó dörzshegesztéssel foglalkozom. Ez a technika a súrlódás hőfejlesztő hatását használja fel az anyagok megolvasztásához és ezáltal az összehegesztésükhöz. A megfelelő hőmérséklet eléréséhez egy marószerszámot forgat a marással ellentétes irányban, így egy „tompá” marással jelentős súrlódást idéz elő. A módszert eredetileg fém és fém vagy polimer és polimer lemezek hegesztéséhez használták. Habár kohéziós kötés nem létesíthető, de biztató eredményeket kaptunk a polimer-fém páros egyesítésénél is. Ez az eljárás egy olcsóbb, gyorsabb és tisztább módját kínálja a polimer és fém lemezek összekapcsolásának. A kutatásom során utánajárok, hogy mi okozza a kötést létrehozó erőket és hogy hogyan lehet elérni a lehető legnagyobb szakítószilárdságot. Megvizsgálom továbbá, hogy miként kapcsolódnak a különböző polimerek az alumínium lemezekhez, valamint egyéb módosításokat is elvégzek, hogy minél erősebb kötést hozzak létre. A végső cél az, hogy akár egy ragasztással is mechanikailag versenyképes eljárás jöjjön létre.

## **PLA/TCP interferencia csavarok vizsgálata és összehasonlítása kiműtött darabokkal**

**(Examination of PLA/TCP interference screws and  
comparasion of removed ones)**

**Feketű Dániel, MSc I. évf.  
daniel.feketu@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Kiss Zoltán, adjunktus, Polimertechnika Tanszék**

Az orvostechikai alkalmazások és eljárások terén egyre nagyobb szerepet kapnak polimerekből előállított eszközök. A megelőzéstől a műtétekig, az egyszer használatos fecskendőktől az implantátumokig, több és több eszköz alapanyagaként szolgálnak.

A műtétek során használt, az emberbe „beépített” biokompatibilis polimerek legnagyobb előnye, fém implantátumokkal szemben, hogy mechanikai tulajdonságaik közelebb állnak az emberi szövetekhez (pl. csontszövet). Ezáltal jobb egyenszilárdságot lehet elérni, mint fémek használata esetén. Másik nagy előnyük, hogy szükség esetén biodegradálható tulajdonságúak is lehetnek, mely által az eszközt a test szabályozott idő alatt le tudja bontani.

Egyik felhasználási lehetőségük az ún. interferencia csavarok használata elülső keresztszalag (anteriorcruciate ligament, ACL) rekonstrukcióhoz. A műtétet Hamstring technikával végzik, mely során az elszakadt szalagot pótolják az azonos lábban lévő inakkal, melyet a tibián (sípcsont) és a femuron (combcsont) keresztül fűrt furaton vezetnek a végekhez. Az ellentétes oldalakon pedig rögzítik a szalagokat felszívódó polimer csavarokkal.

A felszívódás időtartamára 2-3 évet jelölnek meg, de esetekben ez ennél több évet is igénybe vehet. Manapság látnak napvilágot olyan tanulmányok, melyek az évekkel ezelőtt elvégzett műtétek során behelyezett csavarokat vizsgálják. Bizonyos publikációk arról számolnak be, hogy a műtét után 7, vagy szélsőséges esetekben csak 10 évvel szívódnak fel teljesen a csavarok (PLLA) és alakulnak ki a helyükben csontszövetek.

Ilyen típusú PLA/TCP interferencia csavar elemzésével foglalkozom a tatai Kastélypark Klinika megbízásából. Az említett csavarok a gyártó által megadott 2-3 év alatt nem bomlottak le, az esetek 2%-ban ciszta alakult ki, gyulladás keletkezett, a páciensek panasszal fordultak az orvosukhoz. A le nem bomlott darabokat kiműtötték, melynek hatására a probléma megszűnt. Vizsgálatunk ennek a kisszámú előfordulás okára próbált választ találni.

A kiműtött darabokat kísérletek céljából rendelkezésünkre bocsátották. A TDK dolgozatomban a steril, még nem használt, valamint a kiműtött darabkák közötti különbséget vizsgálok thermoanalitikai (DSC, DMA) vizsgálatokkal, pásztázó elektronmikroszkóppal (SEM) és Raman spektroszkóppal. A cél meghatározni, mely anyagrész maradt vissza a bomlás során, miért nem bomlott el teljesen és ez közrejátszhatott-e a második műtét szükségességében.

### Irodalom:

- [1] V. R. Sastri, *Platics in Medical Devices*, Burlington, MA: Elsevier Inc., 2010.
- [2] A. P. Sprowson, S. E. Aldridge, J. Noakes, J. W. Read és D. G. Wood, „Bio-interference screw cyst formation in anterior cruciate ligament reconstruction - 10-year follow up,” *The Knee* 19, pp. 644-647, 2012.

## **Pirolízis útján előállított korom hatása elasztomerek tulajdonságaira (Influence of pyrolytic carbon blacks on elastomers' properties)**

**Göbl Richárd, MSc I. évf.**  
**richard.gobl@outlook.com**

**Konzulensek: Prof. Dr. Karger-Kocsis József, egyetemi tanár, Polimertechnika Tanszék**  
**Berki Péter, doktorandusz, Polimertechnika Tanszék**

Napjainkban évente mintegy 1,5 milliárd elhasznált gumiabroncs keletkezik világszerte [1], ezért elhelyezésük a hulladékkezelés egyik legfontosabb témakörévé vált. Az EU hulladékok lerakásáról szóló rendelete [2] megtiltja az abroncsok hulladéklerakóba helyezését, ezért ma már 100%-ban újra kell hasznosítani. A gumiabroncs nagy részét kitevő gumi fázis jelenleg főként energetikai célra hasznosul, de környezetvédelmi szempontok alapján kedvezőbb az anyagában újrahasznosítás. A problémára megoldást nyújthat a pirolízis alkalmazása. Az eljárást ipari méretekben még nem alkalmazzák, de jelentős kutatás folyik a témában. Pirolízis során a gumi oxigéntől elzárt térben hevítve termikusan bomlik, magas energiatartalmú gázokat és olajokat valamint kormot alkotva [3]. Az így kapott olajok és gázok üzemanyagként értékesíthetők, a korom pedig kiegészítheti vagy akár helyettesítheti is a kereskedelemben kapható kormokat gumitermékek előállításánál.

Dolgozatom célja megvizsgálni, hogyan változnak a gumi mechanikai tulajdonságai standard és pirolízis útján előállított kormok, valamint ezek keverékeinek alkalmazása hatására. A vizsgálataim főként a klasszikus statikus mechanikai tesztekre korlátozódnak ugyan, de kísérlet tesztek mellett a dinamikus és ismétlődő igénybevételekre adott válaszok feltárására is, valamint a töltött elasztomerekre jellemző terhelés alatti lágyulás (Mullins-hatás) alakulását is vizsgálom.

### Irodalom:

- [1] Dr. Sinka G.: Elhasznált gumiabroncsok hasznosítása I., Műanyag és Gumi, vol. 6, 237-239, 2013
- [2] The Council of the European Union: Council Directive 1999/31/EC, Official Journal of the European Communities, vol. 42, L182/1-19, 1999
- [3] Martínez, J. D. et al.: Waste tyre pyrolysis – A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 23, 179-213, 2013





BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR

## TERMÉK ÉS FORMATERVEZÉS

Helyszín: R épület 112.  
Időpont: 2014. november 11. 8:30  
Elnök: Dr. Horák Péter, tanszékvezető egyetemi docens  
Titkár: Erdősné Sélley Csilla, tudományos segédmunkatárs  
Tag: Zalavári József DLA, adjunktus  
Vidovics Balázs, tanszéki mérnök

### **8:30 Török Dániel, Varga Eszter**

Fröccsöntött termékek színében fellépő inhomegnitások minősítése objektív mérési módszer és fuzzy kiértékelés segítségével

Konzulensek: Dr. Piros Attila, adjunktus  
Dr. Kovács József Gábor, egyetemi docens  
Zsíros László

### **8:50 Gálik Zsófia Johanna**

Saját tervezésű logikai készségfejlesztő fajték gyerekeknek

Konzulensek: Dr. Brandt Györgyi, nyelvtanár  
Zalavári József, egyetemi docens

### **9:10 Gréczy Tekla**

Robotpilóta szoftver működését szemléltető eszköz tervezése

Konzulens: Csortán Beáta, doktorandusz  
Dr. Gáti Balázs egyetemi docens

### **9:30 Kozák Diána, Horváth Dániel**

Zoomorf robot burkolat tervezése

Konzulensek: Farkas Zita, doktorandusz  
Korondi Péter, egyetemi tanár

**9:50 Madarász Benjámín, Szobácsi Richárd**

Ember modell fejlesztése 3D scan felhasználásával

Konzulens: Erdsőné Sélley Csilla tud. segéd munkatárs

**10:10 Murvai Henriett**

Parametrikus design forradalma Hogyan alakul át a terméktervezés folyamata a sorozatgyártású termékek tervezésétől az egyedi darabok készítéséig

Konzulensek: Vidovics Balázs, tanszéki mérnök

**10:30 Orbán Emese, Lengyel Anna, Csáthi Klára Jusztina**

Speciális felhasználóknak készült segédeszköz optimalizálása

Konzulensek Collognáth Dezső, egyetemi tanársegéd

**10:50 Pataki Boglárka, Seres Irén**

Hordozható, összecsucskható mosógép tervezése

Konzulens Dr. Gara Péter, tudományos munkatárs

## **Fröccsöntött termékek színében fellépő inhomegnitások minősítése objektív mérési módszer és fuzzy kiértékelés segítségével**

**(Classifying of color inhomogeneity on injection molded parts with objective measurement method and fuzzy logic system)**

**Török Dániel, Gép. MSc 4. szem., trkdani@gmail.com**  
**Varga Eszter, Gép. MSc 2. szem., konzieszti@gmail.com**

**Konzulens: Dr. Kovács József Gábor, egyetemi docens, Polimertechnika tanszék**  
**Dr. Piros Attila, egyetemi adjunktus, Gép- és Terméktervezés Tanszék**  
**Zsíros László**

A fröccsöntés a 21. századra a műanyagipar legjelentősebb tömegtermelési eljárásává vált. Az Axis Research Mind kutatása alapján a világon feldolgozott polimer alapanyagok mennyisége 2016-ra meghaladhatja az 500 tonna/év mennyiséget. Ez a növekvő tendencia már évtizedek óta megfigyelhető. Az Európai Unió országaiban úgy, mint a világon, szintén jelentős és évente növekvő mennyiségű polimer alapanyagot állítanak elő és dolgoznak fel.

A termelés növekedésével együtt a kereslet is növekszik, azonban a gyártó cégek közti verseny még így is szoros. Elengedhetetlen, hogy a cégek a lehető legjobb minőségben és költséghatékonyan tudják előállítani a termékeiket. A minőséget ugyan egzakt módon definiálni szinte lehetetlen, de ha meg kellene fogalmazni a lényegét, akkor azt mondhatjuk, hogy tulajdonképpen a vevők igényeinek való megfelelést jelenti. Az MSZ EN ISO 9000:2005 szabvány szerint a minőség annak a mértéke, hogy a saját jellemzők milyen szinten képesek az igényeket kielégíteni.

Az esztétikai inhomogenitások minősítése manapság dolgozók segítségével történik, akik szubjektív módon képesek az adott egyenetlenségeket értékelni. Esetünkben a problémát a polimer alapanyaghoz kevert színezőanyagok nem megfelelő eloszlása okozza. A hibára adott értékelés számos emberi tényezőtől függ, valamint az is megfigyelhető, hogy sokszor az emberek akár ugyanarra a hibára is más értékelést adnak egy kis idő elteltével. A mérési módszer bizonytalansága indokolja egy olyan komplex rendszer kifejlesztését, ami objektív módon képes az egyenetlenségeket osztályozni.

Dolgozatunkban célul tűztük ki a fröccsöntött termékek színében megjelenő inhomogenitások minősítését egyrészt az emberektől független módszer segítségével, másrészt az emberi bizonytalanságokat figyelembe vevő kiértékelő rendszerrel. Az emberek bizonytalanságát fuzzy módszerrel modellezzük, ami segítségével az embereket, mint egyéneket vizsgáljuk.

**Saját tervezésű logikai készségfejlesztő fajáték gyerekeknek**

**(Logical wooden toy for children)**

**Gálik Zsófia Johanna, Term BSc 3. szem., galik.zsofia@freemail.hu**

**Konzulensek: Dr. Brandt Györgyi, nyelvtanár, Idegennyelvi Központ  
Zalavári József DLA, Gép- és Terméktervezés Tanszék**

A témám a logikai készségfejlesztő fajáték 4-8 éves gyerekeknek. A játék tervezésének a kezdetétől egészen a játék kivitelezéséig történő folyamat bemutatása, az elkészült játék tesztelése (óvodában) és értékelése, tapasztalatok összegzése, illetve maga a termék bemutatása.



**Robotpilóta szoftver működését szemléltető eszköz tervezése**

**(Design of a device for autopilot software demonstration)**

**Gréczi Tekla, Gép. MSc 4. szem., greczitekla@gmail.com**

**Konzulensek: Csortán Beáta, doktorandusz, Gép- és Terméktervezés Tanszék  
Dr. Gáti Balázs, egyetemi docens, Vasúti Járművek, Repülőgépek és Hajók Tanszék**

A TDK dolgozatom célja mobil robotok vezérlését végző elektronikai egység bemutatására alkalmas kerekes robot felépítményének tervezése. A formával szemben támasztott legfontosabb követelmény, hogy legyen alkalmas a szakmai kiállításon a látogatók figyelmének felkeltésére, és segítse elő az ember-gép kapcsolatot megvalósító érintőképernyő gördülékeny használatát és a szenzorok megfelelő működését. Továbbá vegye figyelembe a súlypont, a hajtáslánc, az érzékelők és vezérlőelektronika által szabott korlátokat.

## **Zoomorf robot burkolat tervezése (Zoomorph Robot Cover Design)**

**Horváth Dániel, Term. BSc. 7. szem., horvbob@gmail.com**  
**Kozák Diána, Term. BSc. 7. szem., kzbcsmef@yahoo.com**

**Konzulens: Dr. Korondi Péter, tanszékvezető egyetemi tanár, MOGI tanszék,  
Farkas Zita doktorandusz, Gép- és Terméktervezés Tanszék**

A robotok a közeljövőben megjelennek mindennapi életünkben és a funkcionalitás mellett egyfajta társ szerepet is betöltenek majd. A TDK munka során a BME MOGI Tanszék és az ELTE Etológia Tanszék eto-robotikai kutatásához kapcsolódtunk, célunk a MOGI-Robi robot zoomorf burkolatának megtervezése volt.

A kutatás során megismertük a különböző szolgáltató robot típusokat, azok funkcióit, tervezési irányelveit, és az ember-robot interakció lehetőségeit. A tervezési folyamat során a robot törzs és fej kialakítására, illetve a funkcionális alkatrészek burkolattal való összhangjára fordítottunk fokozott figyelmet, továbbá arra, hogy az eto-robotikai kutatás résztvevői a burkolatot a kísérleteknek megfelelően igazítani tudják. Az új moduláris burkolat olyan termékötleteket egyesít, melynek eredményeképp, a zoomorf jellegek integrálásával, egyedi karaktert adtunk a robotnak, hogy az a robot-viselkedés tesztelési folyamataihoz maximálisan illeszkedjen.

## **Ember modell fejlesztése 3D scan felhasználásával (Development of human modell using 3D scan)**

**Madarász Benjámín, benjamin.madarasz@gmail.com  
Szobácsi Richárd, Gép. MSc 3. szem., richard.szobacsi@gmail.com**

**Konzulensek: Erdsőné Sélley Csilla tudományos segédmunkatárs, Gép- és  
Terméktervezés Tanszék**

A termékek ergonómiai elemzéséhez speciális szakmodulokat használhatnak a tervezők, amelyek ergonómiai táblázatból származó átlagértékek alapján alakíthatók a feladathoz. A dolgozatban kitűzött cél egy olyan emberi testmodell megalkotása volt, amely egyedi méreteket és külső megjelenést tükröz, továbbá végtagjainak beállíthatósága jól megközelíti egy átlagos ember végtagjainak mozgási lehetőségeit.

A kidolgozott módszer szerint az alanyról 3d felvétel készül egy hétköznapi 3d szenzor, a Microsoft Kinect felhasználásával, mélységi és textúra információkkal. A pontosság biztosítása érdekében a szkennelést közletről, több részletben kell végrehajtani. Külön pontfelhőt készítettünk a fejről, a felsőtestről és az altestről. Ezzel a technikával az alanyról vett minta részletessége nagymértékben javult.

A pontfelhők alapvető korrekcióit és összeillesztését a K-Scan programmal végeztük. A pontfelhőből a szilárdtest modelleket a SolidWorks pontfelhő feldolgozó szakmoduljával hoztuk létre. A pontfelhők feldolgozása során meghatároztuk az orientációkat, globális egyszerűsítéseket végeztünk, beállítottuk a felületi simítottságokat és kijavítottuk a felületi hibákat.

Az adatokat testrészenként szegmentálva alakíthatók ki a testmodell részei. A csomópontok kialakításához először az elkészült szilárdtest modellek méretarányát kellett összehangolni úgy, hogy a mintavétel alanyául szolgáló test paramétereivel megegyezzenek. A modellek kapcsolódási pontjai a legtöbb esetben gömbcsuklók, melyek bármekkora elfordíthatóságot megengednek a meghatározott intervallumokon belül. A modell mozgástományait antropometriai katalógusok segítségével határoztuk meg.

Az egyedi testmodell termékhez és környezethez illeszthető, különféle megjelenési módokban és a mozgásról animáció készíthető. Így egy egy olyan virtuális terméket kaptunk, amely egyedi bemutatóeszközként szolgálhat minden emberi felhasználásra tervezett termékhez és környezethez.

## **Parametrikus design forradalma Hogyan alakul át a terméktervezés folyamata a sorozatgyártású termékek tervezésétől az egyedi darabok készítéséig?**

**(Revolution of parametric design How is product design process transformed from designing mass-produced products to creating unique pieces?)**

**Murvai Henriett, Term. BSc 5. szem., henriettmurvai@gmail.com**

**Konzulensek: Vidovics Balázs, tanszéki mérnök, Gép- és Terméktervezés Tanszék  
Pozsonyi József, Indagroup Kft.**

A kutatás célja a parametrikus tervezés elméletének megismerése, a megszerzett ismeretek elmélyítése és alkalmazása gyakorlati tervezési feladaton. A dolgozat átfogó képet ad a parametrikusság elméleti háttéréről és kifejtésre kerülnek az ehhez kapcsolódó új gondolkodásmódban rejlő lehetőségek. A fenntartható fejlődés részeként, az algoritmusokra épülő tervezési folyamat forradalmasíthatja a terméktervezést.

Bemutatásra kerülnek a tervezés háttérében álló számítógépes módszerek matematikai alapjai, illetve a felhasználható programok filozófiája és működése. A parametrikus tervezés alkalmazásának lehetőségei közül a terméktervezésbe történő integrálásra helyeződik a hangsúly. A korszerű megközelítésben az alkotó tevékenység új gondolati síkon valósul meg, a szoftverek segítségével a mérnöki tervezés definiáló tevékenységgé alakul át, a problémamegoldás során a kívánt funkció teljesítése egy szabályrendszer felépítésén keresztül történik. Ez biztosítja azt, hogy számos koncepció létrehozható rövid idő alatt, illetve a tesztelés, fejlesztés folyamatát egyszerűsíti és gyorsítja.

A növekvő piaci igények és a felgyorsult fejlődés az új tervezési technika elterjedését igényli. A gyakorlatban még kevésbé alkalmazott módszer szükséges a fogyasztói igények magas színvonalú kielégítéséhez. A vevőorientált filozófia kiterjesztése számos előnnyel jár a cégek számára. Lehetőség nyílik egyedi termékek tervezésére, mely a vásárlói kör elégedettségét és növekvő bizalmát vonja maga után. A tervezési, gyártási, tárolási és szállítási folyamatok időben rövidülnek, mindemellett a vállalatok kiadásai is csökkenthetők. A felhasználók tervezésbe való közvetlen bevonása személyre szabott termékek készítésének céljából „trenddé” alakulhat. Az új irány kiépítéséhez a rendelkezésünkre álló tudás és az internet-technológiai háttér biztos alapot nyújt.

A fogyasztói igények felmérése céljából készített kérdőív eredményei adnak választ arra, hogy szóban forgó megközelítést a gyakorlatba is be kell vezetni. Kifejtésre kerül a jövőre vonatkozó vízióval kapcsolatos felmerülő kérdés, miszerint a fogyasztói társadalom átalakulásának következményeként lecsökken-e a tervezői munka értéke, ha már az „átlagember” saját maga is tervezhet önálló terméket. A felvázolt termék megvalósítási folyamat végén a széles körben alkalmazható additív gyártási technológiák, a gyors prototípus gyártási módszerek szerepelnek. Rohamos terjedésük és fejlődésüknek köszönhetően a végtermékek készítésére is alkalmazhatók.

Az új tervezési megközelítés és módszertan kidolgozása és alkalmazása egyedi lámpák tervezésén keresztül tervezéstől a gyártáson át a szerelés fázisáig kerül bemutatásra, a Rhinoceros3D moduljaként működő Grasshopper nevű parametrikus tervezői szoftver alkalmazásával.

## **Speciális felhasználóknak készült segédeszköz optimalizálása**

**(Optimization of a tool made for special users)**

**Orbán Emese, Term. BSc. 7. szem., emese.rbn@gmail.com**  
**Lengyel Anna, Term. BSc. 7. szem., lengyel.polly@gmail.com**  
**Csáthi Klára Jusztna, Men. BSc 7. szem., csathi.klari@gmail.com**

**Konzulensek: Collognáth Dezső, egyetemi tanársegéd, Gép- és Terméktervezés Tanszék**

Kutatásunk témája a Hangvilág Kft. által fejlesztett, gyártott és forgalmazott SzeTi (Személyi Titkár) nevű, vakoknak és gyengénlátóknak készült segédeszköz optimalizálása a felhasználók igényeinek megfelelően. A cég e termékük termékcsaláddá bővítését tűzte ki célul, mely végeredményként három termék fejlesztésében gondolkodnak: SzeTi Junior hat éves kor fölötti iskolás gyermekek számára, SzeTi Senior felnőtt korosztálynak a napi munkavégzésüket segítve, illetve Gyógyszerór, mely a napi gyógyszerbevétellel kapcsolatos teendőket segítené. Kutatásunk során a termékcsaláddá bővítés szükségességére, illetve a felhasználói célcsoport lehetséges kiterjesztésére vonatkozó kérdésekre is kerestük a válaszokat.

Az első vizsgálataink során arra voltunk kíváncsiak, hogy a felhasználói célcsoport mennyire könnyen tudja használni ezt a terméket, mennyire elégedettek az eszköz funkcióival, formájával, minőségével és a felhasználói felülettel. Ehhez a felméréshez a használhatósági (usability) vizsgálatot alkalmaztuk, mellyel elsődleges kérdéseinkre válaszokat kaphattunk. A vizsgálat alanyai a VGYKE (Vakok és Gyengénlátók Közép-magyarországi Regionális Egyesülete) tagjai közül kerültek ki. Emellett egy fókuszcsoportos vizsgálatot is végeztünk, melynek segítségével ötletroham (brainstorming) szerűen gondolkodhattunk együtt a tesztalanyokkal a lehetséges funkciókról és formai kialakításokról, illetve megvizsgálhattuk, hogy a SzeTi mennyire állja meg a helyét a hazai piacon. Eredményként a számukra leginkább szükséges funkciókat kaptuk meg, valamint egy játékos vizsgálat lehetővé tette, hogy a funkciókhoz a megfelelő formát társítsuk, és a felhasználói felületet is az igényeikre szabjuk.

Ezek után egy másik fókuszcsoportos vizsgálatot is végeztünk, mely során egyéb fogyatékossgal élő emberekkel beszélgettünk a felhasználói célcsoport lehetséges bővítéséről, és a fejlesztési javaslatokról. Erre a kutatásra az ETIKK (Egyetemes Tervezés Információs és Kutatóközpont) tagjait kértük fel.

Mindezek mellett a SzeTi fejlesztésében segédkező Vakok és Gyengénlátók Szabolcs-Szatmár-Bereg Megyei Egyesületének tagjaival is készítettünk személyes interjút. Ezen egyesület hangstúdiójában készültek a SzeTi hangfelvételei, és több javaslatuk is volt a termék fejlesztése folyamán, így a kutatásunkhoz nagy segítséget nyújtott ennek az interjúnak a feldolgozása.

## **Hordozható, összecukható mosógép tervezése**

**(Portable and foldable washing machine design)**

**Pataki Boglárka, Term. BSc. 5. szem., patakiboglarka92@gmail.com**

**Seres Irén, Term. BSc. 5. szem., iren.seres@gmail.com**

**Konzulensek: Dr. Gara Péter tudományos munkatárs, Gép- és Terméktervezés Tanszék**

Kisméretű, hordozható, összecukható mini-mosógép fejlesztése, tervezése, formatervezése a célunk. A termék újdonságnak számít a háztartási eszközök piacán. A termék piaci lehetőségeinek felmérése mellett a műszaki problémák megoldása jelentett terméktervezői, mérnöki kihívást.

Szem előtt tartva a jövőben egyre csökkenő méretű apartmanokat, lakásokat, valamint a mobil társadalmat, egy olyan termék tervezése volt a célunk, mely bárki számára könnyen használható, könnyen kinyitható és összecukható.

Fő célkitűzéseink között szerepel, hogy a termék könnyű és kis helyen is tárolható legyen, akár a polcon, akár egy utazó bőröndben.



