



HÁTSÓ LÉGTERELŐ TERVEZÉSE ÉS VIZSGÁLATA ELEKTROMOS VERSENYAUTÓRA

DESIGN AND EXAMINATION OF A REAR SPOILER FOR AN ELECTRIC RACE CAR

Taskó Dániel,¹ Szántó Attila,² Pettendi Dávid,³ Diós Szabolcs Sándor,⁴ Husi Géza⁵

¹ Debreceni Egyetem, Járműmérnöki Tanszék, Debrecen, Magyarország, dtasko2001@gmail.com

² Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Műszaki Alaptárgyi Tanszék, Debrecen, Magyarország, szanto.attila@eng.unideb.hu

³ Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Gépészmérnöki Tanszék, Debrecen, Magyarország, pettendid4@gmail.com

⁴ Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Informatikai Kar, Debrecen, Magyarország, dios.szabolcs@eng.unideb.hu

⁵ Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Járműmérnöki Tanszék, Debrecen, Magyarország, husigeza@eng.unideb.hu

Abstract

The task of the project was the design and CFD simulation of a Toyota MR2 component. The design took into account that the vehicle will be modified for racing purposes. Accordingly, a wing profile was chosen and a 3D CAD model of the profile was created. The wing was designed considering the aerodynamic characteristics of the car, and the brackets to attach the wing to the vehicle were also made. During the testing process, the optimum entry angle of the wing was found.

Keywords: *electric race car, aerodynamics, rear wing, wing profile, CFD simulation.*

Összefoglalás

A projekt feladata egy Toyota MR2 alkatrész tervezése és CFD-szimulációkkal történő vizsgálata volt. A tervezés során figyelembe vettük, hogy a jármű versenyzési céllal kerül átalakításra. Ennek megfelelően választottunk egy szárnyprofil, és elkészítettük a profil 3D CAD-modelljét. A szárnyat az autó aerodinamikai jellemzőinek figyelembevételével terveztük meg, valamint a szárnyat a járműhöz rögzítő konzolok is elkészültek. A tesztelési folyamat során megkerestük a szárny optimális belépési szögét.

Kulcsszavak: *elektromos versenyautó, aerodinamika, hátsó szárny, szárnyprofil, CFD-szimuláció.*

1. Bevezetés

A Debreceni Egyetem, Műszaki Kar járműipari vonatkozásban új fejlesztéseket indított el. A mesterséges intelligencia egyre nagyobb térhódítása miatt a Járműgyártás Laboron belül mi is elkezdtük beintegrálni a fejlesztésekbe és az oktatásba. A labor számos régebbi robotegységgel rendelkezik, melyek jelenleg funkcióbővítésen mennek át, így képesek lesznek a mesterséges intelligencia használatára [1].

A laborról készült egy Digital-Twin-modell is, így lehetőségünk van a virtuális laborban mérések elvégzésére [2]. Továbbá a virtuális 3D-robotok programozása is lehetséges anélkül, hogy ténylegesen a laborban lennénk [3]. A laboron szintén történtek mérések a robotika területén, elsősorban szingularitásmérések-témakörben [4].

A jármű navigáció tekintetében, augmented reality- (kiterjesztett valóság) technikát alkalmazva valósítottunk meg AGV-pályatervezést [5].

Célunk, hogy a laboron belül kialakításra kerüljön egy Ipar 5.0 mintagyártó rendszer, ahol az egyes robotegységek saját dataset alapján történt AI-tanítás alapján tudnak döntéseket hozni a munkafolyamatokban, elsősorban szortírozási feladatok és pályatervezés terén [6].

Mivel a régió erősen támaszkodik a járműiparra, így számos szimulációs modell került megtervezésre villamos hajtások kapcsán [7]. Az ehhez szükséges telemetriai adatokat a korábbi versenyek során mértük, amelyeket később elemeztünk [8].

A kor szellemiségének megfelelően a fenntarthatóság is kiemelt szerepet tölt be a fejlesztéseinkben [9]. Az innováció meghatározó a mérnöki szakmában, ami jelen van a járműfejlesztésben is.

Az autóversenyzésben egyre nagyobb szerepet kapnak az aerodinamikai elemek, amelyeknek köszönhetően a versenyautók egyre gyorsabbak lehetnek, és egyre jobb köridőket érhetnek el. Az aerodinamikai elemek segítik az autó körüli levegő hatékony elvezetését, és leszorítóerőt hoznak létre, ami nagyobb tapadást kölcsönöz a gépjárműnek, amivel nagyobb kanyarsebességek, rövidebb féktávok érhetők el, és jobb lesz a kigyorsítás is. A leszorítóerő mellett a légellenállást is növelik ezen berendezések, úgyhogy meg kell keresni az adott felhasználási mód melletti leghatékonyabb megoldást, ami az arany középút a leszorítóerő és a légellenállás között. A projekt célja egy elektromos versenyautóvá alakítandó Toyota MR2-es gépjármű hátsó légtérelőjének (szárnyának) megtervezése.

2. A hátsó légtérelő működése

A hátsó légtérelő olyan aerodinamikai elem a gépjárművön, amely feladata a nagyobb tapadás létrehozása, valamint stabilabbá tenni a járművet nagy sebességek esetén [11].

A légtérelő (szárnyak) működésüket tekintve a Bernoulli-elvet és Newton 3. törvényét kihasználva képzik a felhajtóerejüket. A szárny domború felületén a Bernoulli-elv miatt a levegő felgyorsul, és lecsökken a nyomása [12]. A szárny másik oldalán lévő levegő nagyobb nyomása pedig Newton 3. törvénye alapján a kisebb nyomás felé tolja a szárnyat [13].

A szárny hatékonyságát öt jellemző befolyásolja: a felhajtóerő- és légellenállási együtthatók, a belépési szög, az aspect ratio (a szárny hossz-szélesség aránya), valamint a szárnyprofil kialakítása [14]. Ezen jellemzőket a szárnyprofil céljának ismeretében kell megválasztani [15].

A gépjárművekre szerelt szárnyak „kvázi” ugyanúgy működnek, mint a repülőgépek szárnyai. Az a különbség a kettő között, hogy a gépjárművek hátsószárnyai fejjel lefelé helyezkednek el, így a felhajtóerejüket az ellentétes irányban fejtik ki. A szárny által kifejtett erő végül nagyobb tapadást eredményez [16].

Fontos megemlíteni a szárnyvéglapokat, amelyek csökkentik a szárnyvégeken kialakuló turbulenciát, amely a nyomáskülönbségek kiegyenlítése során keletkezik [17].

Egy autó légellenállása a következő képlettel számolható ki:

$$F_D = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot C_D \cdot A \quad (1)$$

A turbulens légörvények rontják a szárny hatékonyságát, növelve a légellenállást és csökkentve a felhajtóerőt. A véglapok minimalizálják ezeket a káros hatásokat, javítva a szárny aerodinamikai teljesítményét [18]. Egy autóra ható felhajtóerőt a következő képlettel lehet kiszámolni:

$$F_L = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot C_L \cdot A \quad (2)$$

3. A hátsó légtérelő megtervezése

A választott gépjármű a Debreceni Egyetem, Műszaki Kar tulajdonában lévő Toyota MR2-es. A tervezés során az elérhető hivatalos adatai kerültek felhasználásra [19].

A szárny tervezése során a jármű aerodinamikai jellemzőinek és a szlalomversenyzés specifikus igényeinek megfelelően határoztuk meg a kialakítás főbb szempontjait. A szárny méretezésénél alapvető kritérium volt, hogy az autó szélességét, amely 1700 mm, ne haladja meg. Ez azért fontos, mert a szlalompályákon az akadályok kerülgetése során a karosszéria síkjából túlnyúló elemek akadályozhatnák a manőverezést [20]. Ennek megfelelően a szárny fesztávolságát 1700 mm-ben állapítottuk meg, míg a szárnyprofil hossza 300 mm lett.

Az aerodinamikai jellemzők megválasztásakor alapvető szempont volt a megfelelő leszorítóerő elérése viszonylag alacsony légellenállás mellett. A szlalomversenyeken, ahol általában az alacsonyabb sebességek dominálnak, a nagyobb leszorítóerő kiemelten fontos, mivel növeli a jármű tapadását. A légellenállás minimalizálása ugyan másodlagos szempont volt, de egy ilyen nagy teljesítményű jármű esetében mégis előnyös tényezőként szerepelt.

A szárny tervezése során figyelmet fordítottunk az állíthatóság biztosítására is. A szalomversenyeket különböző jellegű pályákon rendezik, amelyek eltérő aerodinamikai követelményeket támasztanak. Az állítható belépési szög lehetővé teszi, hogy a szárny mindig az adott pálya specifikus igényeihez igazodjon, ezáltal optimális teljesítményt nyújtson.

A szárnyprofil kiválasztásához, a szakirodalmi adatokra [21] támaszkodva, egy nagy előrehajlású, kimagasló felhajtóerőt biztosító modellt választottunk, amely emellett viszonylag alacsony légellenállással rendelkezik. A profil megtervezéséhez az NACA (National Advisory Committee for Aeronautics) [22] által kifejlesztett szárnyprofil-generátort használtam. Ez az eszköz lehetővé tette a kívánt geometriájú profil pontos megalkotását, amely a szárny aerodinamikai teljesítményének alapját képezi.

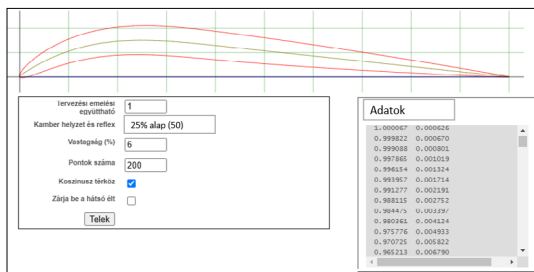
Az NACA-generátor segítségével egy 5 számjegyű szárnyprofilot állítottunk elő, amely megfelel a nagy felhajtóerő követelményeinek. A generálás során a profil kialakításához a felhajtóerő-együtthatót 1,0 értékre állítottuk be, az előrehajlás maximumát a profil hosszának 25%-ánál helyeztük el, míg a vastagságot a húr hosszának 6%-ára határoztuk meg. Az így kapott szárnyprofil a tervezési és simulációs folyamatok alapjául szolgált, biztosítva a szárny optimális működését [22]. A szárnyprofil-generátor az 1. ábrán látható.

Majd az elkészült szárnyprofilból megterveztük a 3D CAD-modellt, amelyet a 2. ábra reprezentál.

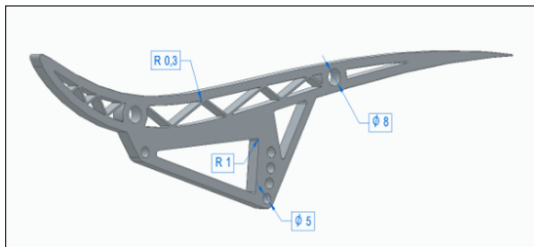
3.1. A szárnyborda megtervezése

A szárnyborda tervezésénél fontos szempont volt az additív gyártási technológia alkalmazhatósága. Ennek érdekében a borda 300 mm hosszúra, 6 mm vastagra, 4 mm falvastagságúra lett megtervezve, amely elegendő merevséget biztosít a fellépő erőhatásokkal szemben. A belső merevítések 1 mm vastagságúak, a kapcsolódási pontoknál pedig 0,3 mm-es lekerekítések találhatók. Két, 8 mm átmérőjű lyuk lehetővé teszi a szárny vázának egyszerű és stabil összeszerelését alumíniumrudakra. A kialakítás könnyű, merev és gazdaságosan gyártható (3. ábra).

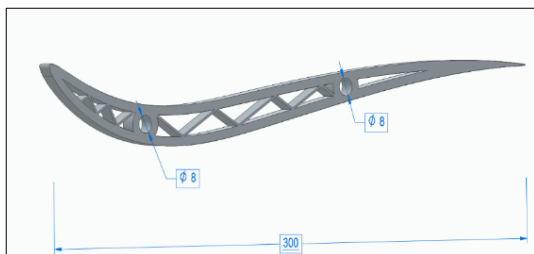
Annak érdekében, hogy a turbulens légáramlatok minél kevésbé rontsák a szárnyhatásfokát, a szárnyhoz tervezett véglap nagy felületű lett. 250 mm magas és 350 mm hosszú, és az alsó oldal 250 mm-nél 45 fokos szögben felfelé irányul. A vastagsága 5 mm. Különböző lekerekítések láthatók a modellen (4. ábra), amelyek szintén az áramlás javításáért és a légörvények csökkentéséért felelnek.



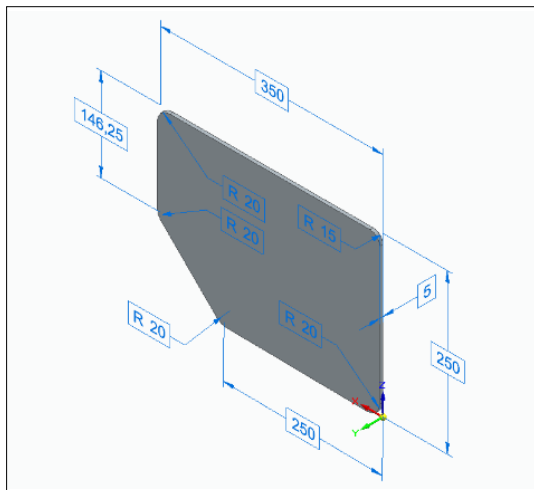
1. ábra. NACA-szárnyprofil-generátor [22]



2. ábra. Szárnyprofil-3D CAD-modell



3. ábra. Szárnyborda



4. ábra. Szárnyvéglap

A rögzítőkonzolok célja, hogy a szárnyszerkezetet stabilan és biztonságosan a jármű karosszériájához rögzítsék, biztosítva a szárny megfelelő pozícióját és szögét a gyorsítás, fékezés és a leszorítóerő hatásai mellett. Fontos, hogy a konzolok kialakítása és anyaga garantálja a szerkezet deformációmentességét és aerodinamikai teljességtelenségét. A konzolok tervezéséhez a Solid Edge [23] programot használtuk. Az alapot 250 mm hosszúra, 80 mm szélesre és 10 mm vastagra terveztük. Az autó csomagtartófedeléhez történő rögzítést négy, 5 mm átmérőjű furat biztosítja, amelyek az alap négy sarkában helyezkednek el (5. ábra).

A szárnyat a szárnykonzolokhoz egy módosított szárnyborda segítségével lehet rögzíteni, és az állíthatóságot is ez biztosítja.

3.2. A szárny összeállítása

Az összeállítási modellt Solid Edge Assemblyvel készítettük el.

Az elkészült alapra meghatároztuk a furatok helyét, és ezen furatokra lettek ráillesztve a szárnyat tartó konzolok.

A konzolokra ráillesztettük a rögzítésre alkalmas szárnybordákat, és ezeket a Solid Edge modellkönyvtárból választott M5-ös csavarokkal rögzítettük egymáshoz. Ezután ráillesztettük a szárnymodellt, majd egyesítettük az elemeket.

Kétféle szárnymodellt is készítettünk, egyet szárnyvéglapok nélkül, és egyet szárnyvéglapokkal, ahogy a 6. ábrán látható.

4. CFD-szimulációs vizsgálat

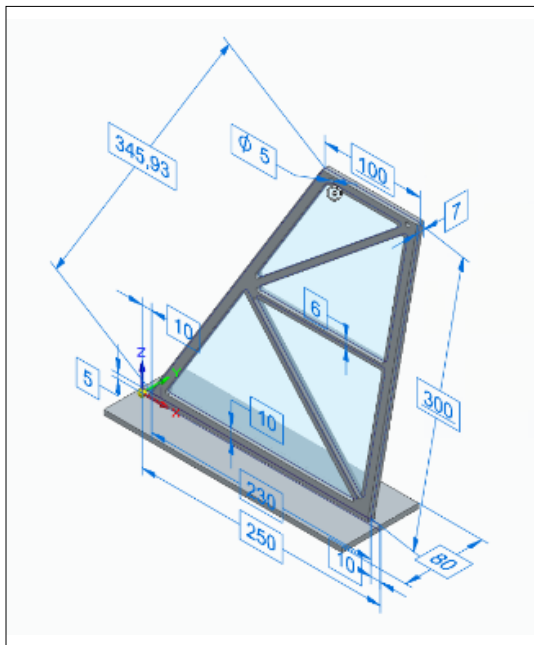
Az elkészült modelleket a Simscale [24] nevű CFD-szimulációs programba helyezve készítettük el az áramlástanai szimulációkat. A program a megadott áramlástanai értékek alapján meghatározta a modellre ható erők irányát és nagyságát.

A szimulációk során az áramlási sebességet 50 km/h-nak határoztuk meg, mivel saját tapasztalataink alapján a szlalomversenyeken ritkán szokott ennél nagyobb kanyarsebességek elérésére alkalmas kanyar lenni.

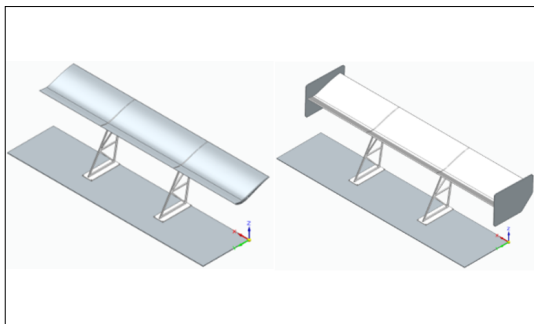
A meghatározott sebességhez szimulációk segítségével megállapítottuk a legmegfelelőbb belépési szöget (7. ábra).

A szimulációk során kapott értékeket egy táblázatba rendeztük, és abból választottuk ki a 10°-os belépési szöget (lásd 1. táblázat).

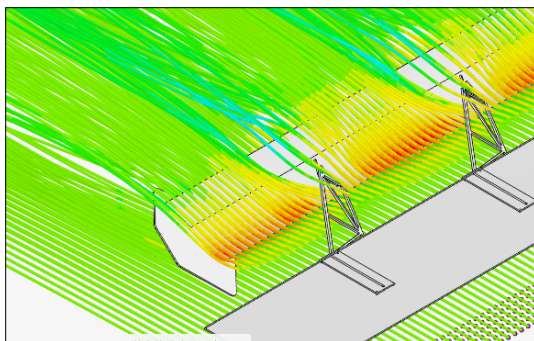
Ezzel a beállítással készítettük el a CFD-szimulációkat mind a véglap nélküli szárnyon, mind a véglappal rendelkező szárnyon.



5. ábra. Rögzítőkonzol



6. ábra. Szárnyvéglap nélküli és szárnyvéglapos összeállítási modell



7. ábra. 10°-os belépési szögű szárnymodell CFD-szimulációja

1. táblázat. Szárnyprofilok CFD-szimulációs értékei

Belépési szög	Leszorítóerő	Légellenállás
0°	17–20 N	3–3,5 N
5°	47–49 N	4–4,5 N
10°	72–73 N	5–6,5 N
15°	82–85 N	14–16 N

4.1. A szárnyvéglap nélküli szárny szimulációja

A CFD-szimuláció eredménye szerint az összeszerelt modell 41–42 N leszorítóerőt ér el, ami nagyban elmarad az egyszerű szárnymodell értékeitől. Ez a teljesítménybéli visszaesés nem meglepő, hiszen a konzolok jelentős mértékben megtörik a szárny alatti áramlást, és légörvényeket idéznek elő.

Nyilvánvalóan az összeszerelt modell légellenállása nagyobb, mint az egyszerű szárnymodell esetén. Így 12–13 N a légellenállása a teljes modellnek.

4.2. A szárnyvéglapos szárny szimulációja

A szimuláció azt az eredményt hozta, hogy 52–53 N leszorítóerőt produkált a véglapokkal ellátott szárny. A véglapok csökkentették a szárnyvégeken fellépő turbulenciát, ezáltal növelték a leszorítóerőt. A légellenállás is csökkent a szárnyvég nélküli szárnymodellhez képest, habár nem nagymértékben, de javult ebből a szempontból is. Jól látszik, hogy a véglapnak köszönhetően az alacsonyabb és a magasabb nyomású levegő nem tud a szárnyvégen turbulens légáramlatot létrehozni.

A két szárny között jelentős különbségek alakultak ki a szimulációk során, amelyeket egy táblázatban foglaltunk össze. Az adatok alapján a szárnyvéglapos megoldás a hatékonyabb, és ez lesz a versenyautó számára a legjobb megoldás. Az összehasonlítást a **2. táblázat** tartalmazza.

5. Konklúzió

A projekt célja egy hátsó légtérrel tervezése és szimulációs vizsgálata volt, amely a Toyota MR2 járművön javíthatja a szlalomversenyekhez szükséges menetdinamikát. A szárny tervezése során a szakirodalom alapján meghatároztuk az optimális szárnyprofil és a szimulációkhoz szükséges geometriai paramétereket. A Solid Edge programmal elkészített 3D-modell elemzésében a szárny-

2. táblázat. Szárnyvéglap nélküli és a szárnyvéglapos

Szempon- tok	Szárnyvéglap nélküli szárny	Szárnyvéglapos szárny	Különbség
Leszorítóerő	42 N	53 N	21%
Légellenállás	13 N	12 N	8%

véglapok hatékonyságát is vizsgáltuk, mivel ezek csökkentik a végeken keletkező örvényléseket, növelik a leszorítóerőt, és mérsékelik a légellenállást. A CFD-szimulációk 50 km/h sebességnél azt mutatták, hogy a szárnyvéglappal ellátott konfiguráció 21%-kal nagyobb leszorítóerőt és 8%-kal alacsonyabb légellenállást eredményezett, mint a véglap nélküli változat. Ezek az előnyök jelentősen javítják a jármű kanyarodási képességeit és gyorsulását, ami a versenyen kiemelt fontosságú.

Mivel a Műszaki Kar, Járműgyártás Laborban, DAQ adatgyűjtő rendszereket is alkalmazunk [25], így a későbbiekben lehetőségünk lesz összevetni az adatokat egymással, ha elvégeztük a módosításokat a járművön [26].

Köszönetnyilvánítás

Szeretnénk köszönetet nyilvánítani Erdei Timoteinek, a Járműmérnöki Tanszék oktatójának egyben a Járműgyártás Labor vezetőjének. Továbbá a Debreceni Egyetem Műszaki Karának.

„A KULTURÁLIS ÉS INNOVÁCIÓS MINISZTERIUM EKÖP-24-4 KÓDSZÁMÚ EGYETEMI KUTATÓI ÖSZTÖNDÍJ PROGRAMJÁNAK A NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI ÉS INNOVÁCIÓS ALAPBÓL FINANSZÍROZOTT SZAKMAI TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT.”

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Kapusi T. P., Erdei T. I., Husi G., Hajdu A.: *Application of Deep Learning in the Deployment of an Industrial SCARA Machine for Real-Time Object Detection*. Robotics, 11. (2022) 69.
<https://doi.org/10.3390/robotics11040069>
- [2] Erdei T. I., Krakó R., Husi G.: *Design of a Digital Twin Training Centre for an Industrial Robot Arm*. Appl. Sci. 12. (2022) 8862.
<https://doi.org/10.3390/app12178862>
- [3] Erdei T. I., Nusser D. P., Husi G.: *Cyber-Physical Recreation of Six DOF Industrial Robot Arm*. International Review of Applied Sciences and Engineering, 15/2. (2024) 147–160.
<https://doi.org/10.1556/1848.2023.00660>
- [4] Erdei T. I., Husi G.: *Singularity Measurement in the Cyber-Physical and Intelligent Robot Systems Labo-*

- ratory. International Review of Applied Sciences and Engineering IRASE, 11/2. (2020) 82–87.
<https://doi.org/10.1556/1848.2020.20001>
- [5] Erdei T. I., Molnár Zs., Obinna Nwachukwu C., Husi G.: *A Novel Design of an Augmented Reality Based Navigation System & its Industrial Applications*. ACTA IMEKO, 7/1 (2018) 57–62.
https://doi.org/10.21014/acta_imeko.v7i1.528
- [6] Erdei T. I., Kapusi T. P., Hajdu A., Husi G.: *Image-to-Image Translation-Based Deep Learning Application for Object Identification in Industrial Robot Systems*. Robotics, 13. (2024) 88.
<https://doi.org/10.3390/robotics13060088>
- [7] Szántó A., Ádámkó É., Juhász G., Sziki G. Á.: *Simultaneous Measurement of the Moment of Inertia and Braking Torque of Electric Motors Applying Additional Inertia*. Measurement, 204.(2022) 112135.
- [8] Sziki G. Á., Szántó, A., Kiss J., Juhász G., Ádámkó É.: *Measurement System for the Experimental Study and Testing of Electric Motors at the Faculty of Engineering, University of Debrecen*. Applied Sciences, 12/19. (2022) 10095.
- [9] Mollah M. A., Amin M. Bin, Debnath G. C., Hosain M. S., Rahaman M. A., Abdullah M.: *Nexus among Digital Leadership, Digital Transformation, and Digital Innovation for Sustainable Financial Performance: Revealing the Influence of Environmental Dynamism*. Sustainability (Switzerland), 16/18. (2024) 8023.
<https://doi.org/10.3390/su16188023>
- [10] Mollah M. A., Pal D., Amin M. Bin, Rahaman M. A., Abdullah M.: *Effect of Technological Culture and Knowledge Sharing on Organizational Performance: The Mediating Role of Digital Innovation and Self-Efficacy as Moderation*. Journal of Infrastructure, Policy and Development, 8/12. (2024) 7594.
<https://doi.org/10.24294/jipd.v8i12.7594>
- [11] Build Your Own Race Car: Car Aero-dynamics Basics and How-to Design Tips Cont [Online],
https://www.buillyourownracecar.com/race-car-aerodynamics-basics-and-design/4/#-google_vignette
- [12] Filipovic M., Vukobratovic M.: *New Interpretation of the Euler-Bernoulli Equation*. 6th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics, Subotica, Serbia, 2008, 1–6.
<https://doi.org/10.1109/SISY.2008.4664967>
- [13] Bloch A. M., Crouch P. E.: *Newton's Law and Nonholonomic Systems*. Proceedings of the 37th IEEE Conference on Decision and Control (Cat. No.98CH36171), Tampa, FL, USA, vol.4 (1998) 3569–3574.,
<https://doi.org/10.1109/CDC.1998.761733>
- [14] Mechanical Engineering Assignment Help [Online],
<https://www.mechanicalengineeringassignment-help.com/blog/optimizing-aerodynamics-race-car-rear-wing/>
- [15] Racing Car Dynamics: How Air Improves Lap Times [Online],
<https://racingcardynamics.com/race-car-aerodynamics-air-lap-times/>
- [16] Technical: Rear Wing Endplates in F1: An Extensive Analysis, [Online],
<https://www.f1technical.net/features/20279>
- [17] Happian-Smith J.: 5. *Body Design: Aerodynamics*. In: *An Introduction to Modern Vehicle Design*. Publisher Butterworth Heinemann, 2000. ISBN: 0-7506-5044-3.
- [18] Zomotor Á.: 2. *Járműre ható erők*. In: *Gépjármű menetdinamika*, Széchenyi István Egyetem és IB Hungaria Járműakadémia, Kiadó: Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó, 2006.
- [19] Toyota MR2 Datasheet [Online];
<https://media.toyota.co.uk/wp-content/uploads/sites/5/pdf/MR2-Gen2-UK-launch-pack-1990.pdf>
- [20] McBeath S.: *Competition Car Downforce: A Practical Handbook*. Haynes 2000.
- [21] Toyota Motor Corporation, Toyota Completely Renews its MR2, Toyota Global Newsroom, [Online];
<https://global.toyota/en/detail/7838423>
- [22] Airfoil Tools: NACA 5 Digit Airfoils [Online];
<http://www.airfoiltools.com/airfoil/naca5digit>
- [23] Gongzhang, Hanlin & Axtelius, Eric. (2020). *Aircraft Winglet Design*.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.34449.92001>
- [24] Murad, Jousef: *Harnessing the Power of the Cloud -Computational Fluid Dynamics With SimScale*. (2021). 10.1115/FEDSM2021-66406.
- [25] Dave G. S., Pandhare A. P., Kulkarni A. P., Khankal D. V., Abdullah M.: *Experimental Investigation of Centrifugal Pump Machine and Its Faults through Different Type of DAQ System and Selecting One Based on Statistical Approach*. Cogent Engineering, 11/1. (2024).
<https://doi.org/10.1080/23311916.2024.2417683>
- [26] Masuk A., Diós S. S., Dinya T., Szántó A., Husi G.: *Labor Developments and Methods for Supporting Education in the Cyber-Physical and Intelligent Robot Systems Laboratory*. Műszaki Tudományos Közlemények, 20. (2024) 36–41.
<https://doi.org/10.33894/mtk-2024.20.07>