

M.Sc. H04 MÉRÉS

FORMA 1 VERSENYAUTÓ ELEMÉK ÉS HEGER VIZSGÁLATA AZ NPL SZÁLCSATORNÁBAN

1. A mérés célja

Az ideális közeg áramlásába helyezett testekre nem hat ellenállás erő. Gyorsuló áramlás esetén, pl. egy személygépkocsi homlokfalán a határréteg vékony, ezért a homlokfal körüli áramlás hasonló a súrlódásmentes áramláshoz tartozó áramképhez, így a jármű homlokfali ellenállása (ami a homlokfali átlagos nyomástényezővel egyenlő) közel zérus, a homlokfal körüli áramlásban az össznyomás a faltól kissé távolabb állandó.

2. A mérési berendezés leírása

Tanszékünk egyik legkisebb szélcsatornája NPL (*National Physical Laboratory*) típusú, mérőterének keresztmetszete 0.5 x 0.5 m, hossza 2 mm. Teljesen fából 1941-ben készült és főleg anemométerek kalibrációjára, valamint oktatási célokra használatos, de tudományos mérésekre is alkalmazható. A ventilátorral elérhető légsebesség maximális sebessége 15 m/s [Varga, 2013]. Az áramlásba helyezett testekre ható erőket, az erő- és ellenállás-tényezők definiálását Az áramlástan alapjai tankönyv [Lajos, 2009] 11. fejezete tárgyalja. A tantárgylesírás alapján javasolt a BSc mérések [Vad, 2013].

A nyomáskülönbséget kézi digitális manométerrel mértük. A mérőtér után egy diffuzor található, majd a levegőt áramoltató ventilátor. A ventilátort egy egyenáramú motor hajtja, amelynek a fordulatszáma 0-1500 1/perc között változtatható egy potenciométerrel. A be fúvási sebesség 0-15 m/s között változtatható. A mérendő testet egy, a csatorna tetejére felszerelt mérleg mérőterébe nyúló karjára kell felszerelni. A

másik kar egy elektronikus nyomásmérő mérlegre támaszkodik, ezzel mérhető a modellre ható ellenállás erő.

Az NPL szélcsatornában három különböző feladatot lehet elkészíteni. Az első kettőt példa a járműiparban található. legintenzívebben Formula 1 versenyeknél lehet tapasztalni. A harmadik feladat pedig a testek körül fontos témát feszeget, a csúsztató feszültség alakulását.

3. Lehetséges mérési feladatok kivonata

„A” mérési feladat

Formula 1 versenyautó első kerekére ható ellenálláserő, nyomásmegoszlásból elhajtóerő meghatározása és nyíróréteg szabályozással történő csökkentése. A vizsgálat tárgya a különböző méretű elemekkel befolyásolni az áramlást.

„B” mérési feladat

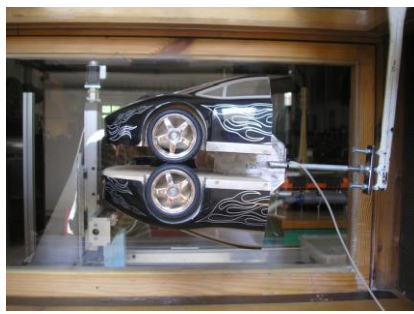
Egyszerűsített, tükrözött autó homlokkal modell körüli áramlás és az ellenálláserő vizsgálata különböző karosszéria geometriáknál.

„C” mérési feladat

A homlokfali nyíróréteg szabályozás vizsgálata hossztengetyével párhuzamosan megfűjt hengernél.



„A” mérési feladat
[Gali et al, 2010]



„B” mérési feladat
[Major et al., 2010]



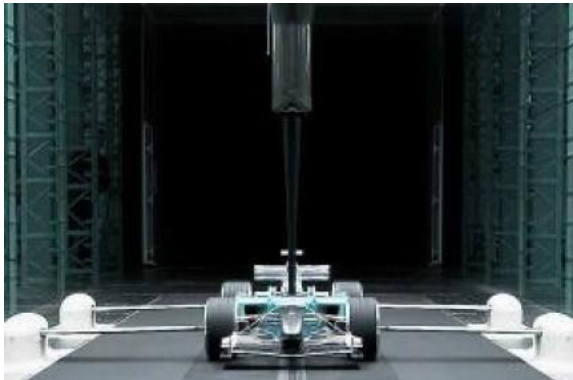
„C” mérési feladat

Az aerodinamikai fejlesztések során a mérnököknek lehetősége van arra is, hogy az adott légtérrelő elemeket legyártása nélkül számítógépes szimuláció segítségével megvizsgálják a versenyautót érintő áramlási viszonyokat [Papp, 2012]. A numerikus szimuláció (CFD [Kristóf2014], nem célszerű használni a tükörfordítást= ~~számítógépes folyadékdinamika~~) szinte felbecsülhetetlen értéket képvisel, hiszen ennek segítségével sokkal egyszerűbb rátalálni arra a kompromisszumos megoldásra, hogy miként rendelkezzen a versenyautó a lehető legnagyobb leszorító erővel és egyben a lehető legkisebb légellenállással [2 hivatkozás]. Ebben az esetben nagyon fontos, hogy mindene esetben nagyon kritikával vizsgáljuk meg a leírásokat. A CFD vizsgálatok másik fontos paraméterét, hogy a kiválasztott modellezendő teret mennyi numerikus cellára bontjuk fel. Így szélszerű nagy teljesítményű klaszter (Nagy et al, 2014) számítógép rendszereket. Az Áramlástan Tanszék is használ egy kb. 100 processzor magból álló rendszert 2005-óta.

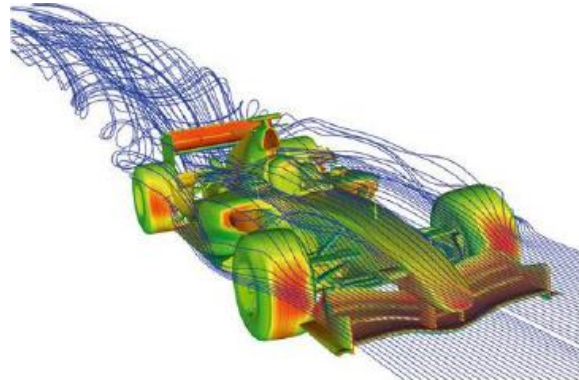
Az autó megfelelő méretarányban elkészített modellje egy acélból, illetve ma már inkább kompozitból készített szállítószalagon van elhelyezve, amellyel a versenypályát és szélcsatornában vizsgálják [Balczó et al., 2014]. Az Áramlástan Tanszéken is folytak vizsgálatok a mozgó talaj szimulálása futószalaggal is, illetve most már az NPL szélcsatornában is tesztelés van egy futószalag beépítése [Lajos et al., 2002]. A vizualizációs technikák folyadékok, gázok testek körüli áramlásának láthatóvá tételét teszik lehetővé [Hári, 2013] Az áramlások láthatóvá tétele szerepet játszhat áramlástan problémák megoldásának elősegítésében, illetve pontos, precíz mérések előkészítésében. A kísérletek eredményének megfelelő dokumentálására, a konzekvenciák levonására használatos segédeszközök: Az emberi szem, mely ugyan térbeli látásra képes, ám az általa feldolgozott információk mulandók. Fényképezőgép/videokamera, illetve mágnesszalag melyek 2 dimenziós képet szolgáltatnak

([Mahmood, 2011](#)). 3D megjelenítést tesz lehetővé a Holográfia. A folyadékok áramlásának megjelenítése történhet többek között a

- felületen: gyapjúsálakkal, illetve olaj bázisú anyaggal
- a vizsgált test körül: füst, színezett áramlat.



Formula 1 szélcsatorna, mérés



BMW Sauber F1, CFD teszt

Számos tudományos cikk, értekezés, diploma született az évek során a tanszéken is élszerű a tanszéki honlapon is böngészni [[Publiacio tenszek](#)][[Réqert et al.,2007](#)][[Ivady, 2013](#)][[Kurdi és Ivády 2012](#)].

4. A vonatkozó irodalom

A jármű modellek mérésekkel foglalkozók számára további szükséges ismeretek a [[Lajos, 2009](#)] fejezeti:

- Az áramlástan alapjai tankönyv 3. kiadásának CD, ill. DVD mellékletében szereplő **M.11.2.4.** Vehicle aerodynamics PP prezentáció.
- A tankönyv 4. kiadásában a DVD melléklet **M.11.3.1** prezentációja.
- **11.3.1.** A járműáramlástan feladatai és megközelítései.
- **11.3.2.** A jármű karosszériák körüli áramlási tér felosztása, a homlokfali ellenállás és csökkentése,
- **11.3.3.** A hátfali, a karosszéria alatti és az oldalfali ellenállás,
- **11.3.4.** Autóbuszok, kamionok körüli áramlás.

A henger körüli áramlással foglalkozók számára ajánlott még:

- **11.1.2.** A körhengerre ható áramlási erő,
- **11.1.3.** Nem kör keresztmetszetű hengerekre, lemezcsíkra, gömbre ható áramlási eredetű erő.

Ajánlott még Az áramlástan alapjai tankönyv 4. kiadásából:

- **6.4.1.** A szélcsatornák alkalmazásának célja,
- **6.4.2.** A szélcsatornák típusai sebesség
- **6.4.3.** A szélcsatornák szerkezeti elemei, mérőtér kialakítások,
- **6.4.4.** A szélcsatorna mérések gyakorlata,
- valamint [[Mehta, 1979](#)].

Publikációs adatbázisok:

- Kutató intézetek, egyetemek linkjei,
- Scopus database <http://www.scopus.com/>,
- Web of Sciene <http://apps.webofknowledge.com>
- BME Publikációs adatbázis <http://mycite.omikk.bme.hu/www/>
- MATARKA - Magyar folyóiratok kereshető adatbázisa <http://www.matarka.hu/>

5. A mérési berendezés leírása

A. „A” mérés. Forma 1 versenyautó első kerekére ható ellenállásérő, nyomásmegoszlásból elhajtóerő meghatározása és nyíróréteg szabályozással történő csökkentése.

A Forma 1. versenyautók áramlási ellenállásának nagy részét a két első kerékre ható erő teszi ki. A kerék előtt a talaj közelében elhelyezett, áramlásra merőleges lapról leválik a határréteg, és mögötte, a leválási buborékban depresszió van. Ez a depresszió csökkenti a kerék alsó részén lévő túlnyomást, és ezáltal a kerékre ható erőt (nyíróréteg szabályozás, *shear layer conditioning*).



„A” mérés feladat, üres eset (Gali et al., 2010)



„A” mérés feladat, elemmel (Gali et al., 2010)

Feladat két, a talaj modellezése érdekében szimmetrikusan elhelyezett kerék modell elé helyezett, különböző méretű és helyzetű lapok alkalmazásával megvizsgálni az ellenállás erő csökkentésének lehetőségét. Az egyik keréken lévő nyomáskivezetés körbeforgatásával meghatározandó a nyomásmegoszlás a kerület mentén.

Feladat: a kerék körüli áramlás vizsgálata, ellenállástényezőjének mérése, az ellenállástényező nyíróréteg szabályozással történő csökkentési lehetőségének meghatározása.

Feladat:

- először a mérleget kell kalibrálni (súlyok segítségével 2-3 pontban),
- meghatározandó a mérlegkarra ható ellenállás erő
- ezt követi az áramlás jellemzőinek megismerése pamutszálakkal, olajköddel történő láthatóvá tétellel,
- 3 különböző sebességnél meghatározandó a kerék modellekre ható ellenállásérő, egy sebességnél mérendő a nyomásmegoszlás a kerék körül.
- a kerekre ható ellenállásérő mérendő két lap méretnél és két keréktől mért távolságnál
- egy változatnál mérendő a kerék kerülete menti nyomásmegoszlás, és ebből is számítandó az ellenállás és felhajtóerő közelítő értéke

Rendelkezésre áll

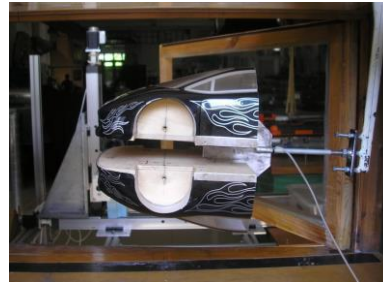
- a szélcsatorna mérőterébe benyúló mérleg, amely az áramlási iránnyal párhuzamos ellenállásérő mérésére alkalmas
- két F1 kerék, az egyik statikus nyomáskivezetésekkel
- a kerek közé rögzíthető, cserélhető lap
- olajköd generátor és olajköd bevezetésére alkalmas cső
- fonalas bot
- digitális manométer
- fényképezőgépet a mérőcsoport biztosít.

B. „B” mérés. Egyszerűsített, tükrözött autó homlokfal modell körüli áramlás és az ellenálláserő vizsgálata különböző karosszéria geometriáknál

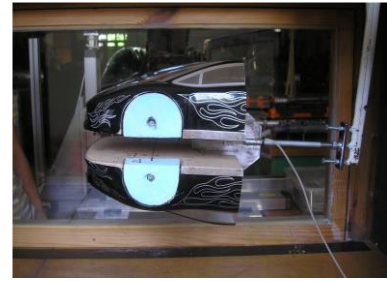
Az ideális közeg áramlásába helyezett testekre nem hat ellenálláserő. Gyorsuló áramlás esetén, pl. egy személygépkocsi homlokfalán a határreteg vékony, ezért a homlokfal körüli áramlás hasonló a súrlódásmentes áramláshoz tartozó áramképhez, így a jármű homlokfali ellenállása (ami a homlokfali átlagos nyomástényezővel egyenlő) közel zérus, a homlokfal körüli áramlásban az össznyomás a faltól kissé távolabb állandó.



Üres kerékszekrényel
[Major et al., 2010]



Kerekek nélkül, lezárt
kerékszekrényel
[Major et al., 2010]



Felszerelt kerekkel
[Major et al., 2010]

Feladat: a fenti feltevések helyességének ellenőrzése és tapasztalat szerzése a személygépkocsik homlokfala körüli áramlásról. A talaj modellezése érdekében két egymáshoz képest szimmetrikusan elhelyezkedő, a B oszlopnál levágott autó homlokfal modell áll rendelkezésre, ezek közül egyiknek felszínén a szimmetriasíokban és a modell belsejében nyomáskivezetések vannak, így a homlokfali nyomásmegoszlás és a nyomás a leválási buborékban mérhető. Ugyancsak mérhető benyújtott Pitot csővel az össznyomás, és mérleggel a modellekre ható ellenállás erő. Utóbbiból kivonva a modell belsejében, azaz a leválási buborékban lévő depresszió és a modell keresztmetszetének (a B oszlopnál) szorzatát, becsülhető a homlokfali ellenállás (a kerekek és kerékház nélküli mérésből).

Feladat: Nyomáskülönbség (Δp_{seb}) a szélcsatorna és az atmoszféra között. Erre a szélcsatorna konfúzora mögött kialakított körvezeték biztosít lehetőséget, a nyomást kézi digitális manométer segítségével mérjük. A kapott nyomásértékek segítségével számítható a dinamikus nyomás és a levegő áramlási sebessége a szélcsatornában.

Feladat:

- először a mérleget kell kalibrálni (súlyok segítségével 2-3 pontban),
- meghatározandó a mérlegkarra ható áramlási ellenállás erő
- ezt követi az áramlás jellemzőinek megismerése olajköddel történő láthatóvá tétellel,
- 3 különböző sebességnél meghatározandó a modellekre ható ellenálláserő és a modellben lévő statikus nyomás (a mérőtérben lévő nyomáshoz képest) kerekkel, majd kerekek nélkül, valamint a kerékház kitöltésével,
- a b) vizsgálat és a modellekre ható ellenálláserő, valamint a modellben lévő statikus nyomás meghatározása, pl. spoiler a homlokfal alatt.

Rendelkezésre áll

- a szélcsatorna mérőtérbe benyúló mérleg, amely az áramlási iránnyal párhuzamos ellenálláserő mérésére alkalmas, és amely mentén a modellben lévő statikus nyomás kivezethető,
- két, tükrözött autó homlokfal modell
- olajköd generátor és olajköd bevezetésére alkalmas cső
- manométer

C. „C” mérés. A homlokfali nyíróréteg szabályozás vizsgálata hossz tengelyével párhuzamosan megfújott hengernél

A nyíróréteg szabályozás lehetővé teszi, hogy hossz tengelyével párhuzamosan megfújott henger ellenállástényezőjét jelentősen csökkenthessük.



Az összes henger bemutatása

A hátnyomás mérése

Egy mérési konfiguráció

Feladat: a nyíróréteg szabályozás mechanizmusának megismerése, valamint „éles” be- és kilépő éllel rendelkező henger ellenállástényezőjének csökkentése a homlokfalra erősített különböző méretű, és homlokfalhoz képest változtatható távolságú kör alakú lemez

Feladat:

- először a mérleget kell kalibrálni (súlyok segítségével 2-3 pontban),
- meghatározandó a mérlegkarra ható ellenállás erő
- ezt követi áramlás jellemzőinek megismerése olajköddel történő láthatóvá tétellel nyíróréteg szabályozás nélkül és a statikus nyomásmegoszlás meghatározásával a modell homloklapján.
- nyíróréteg szabályozás nélkül és két, különböző méretű körlapot a homlokfaltól 3-3 különböző távolságban rögzítve meghatározandó az ellenállás erő
- a legkisebb ellenállás erőnél az áramlás jellemzőinek megismerése olajköddel történő láthatóvá tétellel, és nyomásmegoszlás mérés

Rendelkezésre áll

- a szélcsatorna mérőterébe benyúló mérleg, amely az áramlási iránnyal párhuzamos ellenállás erő mérésére alkalmas
- henger alakú test a homlokfal elé felszerelhető kör alakú lemezekkel és a homlokfalon statikus nyomáskivezetésekkel
- olajköd generátor és olajköd bevezetésére alkalmas cső
- manométer

6. A mérési bizonytalanság és mérési hiba meghatározása

A mérés bizonytalanságot a modell ellenállás-tényezőjére kell elvégezni az alábbi módon:

A mért mennyiségek és a hozzájuk tartozó mérési hibák:

- F a mért erő, és annak hibája: $dF = 0,02$ [N]
- p_o a légköri nyomás mérési hibája: $dp_o = 100$ [Pa]
- T_o a hőmérséklet mérési hibája: $dT_o = 1$ [K]
- p_k a nyomásmérő műszer mérési hibája: $dp_k = 2$ [Pa].

Részleteket a BSc képzésben használt leírások alapján [Áramlástan BMEGEATAG11](#), vagy a [Mérés és jelfeldolgozás BMEGEFOAG01](#).

7. Az emlékeztető az alapképzésben (B.Sc.) készített sikeres munka részletei

- A mérőberendezés bekapcsolása előtt, illetve általában a mérőberendezés üzeme során mindig meg kell győződni a balesetmentes használat feltételeinek teljesüléséről. A bekapcsolásról, illetve a mérés közben végrehajtott változtatásokról a berendezés környezetében dolgozókat figyelmeztetni kell.
- Minden mérési alkalommal a légköri nyomás és teremhőmérséklet feljegyzéséről!
- A felhasznált mérőműszerek típusának, gyártási számának feljegyzéséről!
- A mérőműszerről leolvasott mennyiségek és a további számításoknál felhasznált mennyiségek mértékegységének egyeztetéséről.
- A nyomásmérő bekötésénél figyelmesen kell eljárni a csatlakozók "+" illetve "-" ágának és a méréshatár kiválasztásánál. Általában mindegyik digitális manométer típusnál, de kiemelten a ferdecsoves manométernél, figyelni kell arra, hogy a nyomásmérő csatlakozó csonkjaira a gumicsövet óvatosan, "ráközelítve", a mérőfolyadék szál viselkedését figyelemmel kísérve kell felhelyezni. A nyomásközlő gumi, vagy szilikon csöveket mérés előtt, esetleg közben is célszerű ellenőrizni, nehogy repedés, szakadás legyen rajtuk, mert lyukas mérőcső esetén az összes addigi mérési eredmény kárba vész. Az ellenőrzést szemrevételezéssel, vagy nyomástartási próbával végezhetjük el. A jegyzőkönyv olyan legyen, hogy aki nem ismerné a mérést, és még nem járt a laborunkban, a leadott jegyzőkönyv alapján megérti a mérést, megtalál mindent, ami kell neki hozzá (Egyenleteket meg a kellékeket is), és ezek alapján ismételni tudja a mérést.
- Szöveget a mérési segédletből nem szabad másolni. Csak saját megfogalmazásokat adjanak le. A büntetés a másolásért egyenértékű avval, mint amikor más csalást követnek el.
- A képleteket minden esetben egyszer jelekkel, egy példában meg behelyettesített értékekkel mutassák be.
- A hibaszámítás értékeit minden ábrán jelenítsék meg hibasávokkal, még a hibaszámítás előtt lévőkn is. A hibasávokat tessék hibasávként megadni, és nem oszlopdiagramban! A hibaszámítás által egy bizonytalansági sávot kapunk az értékeinkre, és nem egy számértéket a mérés jószágára! Kérem így kezeljék ezeket az értékeket. Az összefoglalóban ne a hibasávokról beszéljenek, hanem a kapott eredményekről.
- A félig kész jegyzőkönyv leadása nem elfogadható. Ezek után pótdíjat kell fizetni.
- Amennyiben létezik ellenőrző felület egy méréshez, kötelező a használata.
- A BETZ manométerhez való kalibrálást közölni kell a jegyzőkönyvben és még a számítások előtt figyelembe kell venni, amennyiben a két műszer eredményének eltérése indokolja.
- A leadott jegyzőkönyv fájl típus követelményeit ellenőrizze leadás előtt.
- A leadandó jegyzőkönyv megszabott határideit tartsa figyelemmel.
- Egyenleteket egyenletszerkesztővel és nem képként való beillesztéssel készítsék el
- Diagramokon a pontokat emeljék ki. Nem mérnek minden egyes pontban egy görbe mentén.
- Nagy és kevésbé lényeges táblázatokat, a beolvasott lapokat és más kötelező csatolmányokat a jegyzőkönyv végén található mellékletbe közölgék.
- Magyarázza meg bőven az eredményeit, következtetéseit, és hogy mit tanult a mérésből. Ezek alapján lehet megállapítani, hogy valaki mennyire sajátította el egy mérést. Ezeket érdemes a hivatkozott irodalomban találtakkal alátámasztani.
- Egy diagramban kell ábrázolni azokat az eredményeket, amelyeket érdemes összehasonlítani!
- A jegyzőkönyv leadása előtt erősen ajánlott a konzultációk igénybevétele.

Irodalom

- [1] **Varga Árpád** (mérés felelős) *Áramlástan Tanszél M04-es mérési leírás. Az NPL szélcsatornában készített BSc hallgatói mérés leírása.* (2013)
<http://www.ara.bme.hu/oktatas/labor/M4.pdf>
- [2] **Lajos Tamás** *Az áramlástan alapjai.* ISBN 978-963-06-6382-3. Budapest (2008)
http://simba.ara.bme.hu/aktualis/hirek/ujtankonyv_2008.htm
- [3] **Vad János** (tantárgy felelős) *Tantárgy adatlap és tantárgykövetelmény. Hő- és Áramlástan*
<http://www.ara.bme.hu/oktatas/tantargy/NEPTUN/BMEGEATMG01> (admin mappa) (2014)
- [4] *Áramlástan Tanszél* (2013). *EMB-001 kézi digitális nyomásmérő berendezés leírása*
http://simba.ara.bme.hu/oktatas/labor/EMB-001_manual.pdf
- [5] **R.D. Mehta and P. Bradshaw.** *Design Rules for Small Low-Speed Wind Tunnels,* Aero. Journal (Royal Aeronautical Society), Vol. 73, p. 443 (1979).
<http://navier.stanford.edu/bradshaw/tunnel/LowSpeedTunnels.pdf>
- [6] **Gali István Márk, Király Anett, Székely Róbert István** *N2. számú mérés Forma1 versenyautó első kerekére ható ellenálláserő, és nyíróréteg szabályozással történő csökkentése,* (2010)
- [7] **Papp István** *Szélcsatorna, szenzorok és speciális festés az aerodinamika eszköztárában* (2010)
<http://www.motorsportal.hu/magazin/szelcsatorna-szenzorok-es-specialis-festes-az-aerodinamika-eszkozataraban-c32523.html>
- [8] **Kristóf Gergely** *Áramlások numerikus modellezése,* ISBN 978-963-08-1212-2, (2014)
<http://www.ara.bme.hu/~kristof/CFDjegyzet/>
- [9] **Nagy László, Lohász Máté Márton, Tóth Péter, Erdei Csaba** *Az Áramlástan Tanszék Klasztere leírása.* Csak intraneten elérhető. (2014)
<http://152.66.21.40/wiki>
- [10] **Balczó Márton Kármán Tódor** *Szélcsatorna Laboratórium* (2014)
<http://www.ara.bme.hu/cms/>
- [11] **Lajos Tamás, Réger Tamás, Dávid Norbert** *Az áramlástan jelentősége az autóbussz karosszéria tervezésben* In: 33. Autóbussz Szakértői Tanácskozás és Nemzetközi Gépjármű biztonsági Konferencia. Keszthely, Magyarország, pp. 1-8. (2002)
<http://www.ara.bme.hu/oktatas/tantargy/NEPTUN/BMEGEATMG10/2012-2013-II/ea/Buszprob.pdf>
- [12] **Hári Kristóf,** *Szárnyszegmens vizsgálata Lézer Doppler Anemométerrel az NPL szélcsatornában* Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Áramlástan Tanszék, Mechatronikai mérnök alapszak / Gépészeti modellezés szakirány. (2013)
http://www.ara.bme.hu/~nagy/thesis/meres/Hari_Kristof_BSc_2013_kivonat.pdf
- [13]
- [14] **Mahmood, M.** *Flow Visualization in Wind Tunnels,* InTech. (2011)
<http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/16669.pdf>
- [15] **Áramlástan tanszél Ph.D. értekezések**
<http://simba.ara.bme.hu/kf/publikacio/publikacio.htm>
- [16] **Réger, T., Lajos, T.:** *Description of flow field in the wheelhouses of cars.* International Journal of Heat and Fluid Flow, Vol . 28, Issue 4, pp 616-629, August 2007
- [17] **Daniel Bence Ivady** *Aerodynamic Force Modification via Base Roughness* Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Fluid Mechanics, MSc in Mechanical Engineering Modelling Fluid Mechanics major / Fluid/Solid Mechanics. (2013)
http://www.ara.bme.hu/~nagy/thesis/cfd/Daniel_Bence_Ivady_MSc_2013_abstract.pdf
- [18] **Kurdi Péter és Ivady Dániel Bence** *Formula 1-es első szárny tervezése* Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Áramlástan Tanszék., Megjelent: CNC Media, Hírek a szerszámgépek világából, Kurdi Péter: 2012/06/29. (2012)
<http://www.cnc.hu/2012/06/forma-1-es-versenyauto-első-szarnyanak-tervezese/>
- [19] **Major Gábor, Zsedely Balázs, Balczó Bálint** *N2. számú mérés Forma1 versenyautó első kerekére ható ellenálláserő, és nyíróréteg szabályozással történő csökkentése,* (2010)