

M11

TESTEK KÖRÜLI ÁRAMLÁS VIZSGÁLATA

1. A mérés célja, gyakorlati jelentősége

A mérés célja:

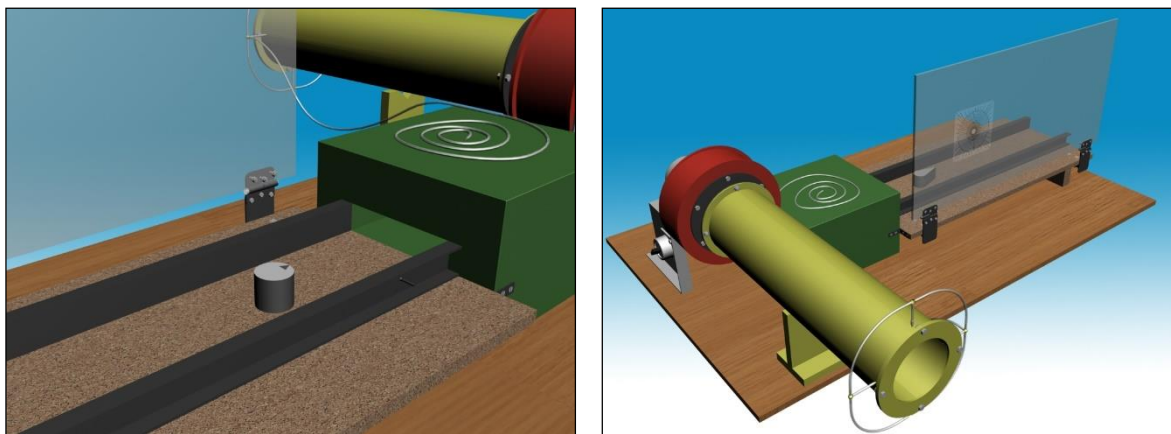
- különböző (négyzet, kör és dúcprofil) keresztmetszetű, oszlop alakú testek körül kialakuló áramkép vizsgálata áramlás megjelenítési módszer segítségével,
- a testek körül kialakuló nyomásmegoszlás meghatározása méréssel,
- a kialakuló áramkép és a fal menti nyomásmegoszlás közötti kapcsolat meghatározása,
- a mért nyomásmegoszlás alapján ellenállás-tényezők számítása,
- a különböző alakú testek körül kialakuló áramkép jellemzőinek összehasonlítása.

A különböző feladatok alapján a megfelelő feladatok elvégzését a mérést vezető oktató állítja ki.

A gyakorlatban sokszor van szükség az áramlásba helyezett testek körül kialakuló áramlási jellemzők ismeretére. Közülük a legfontosabbak az áramlás során a test körül kialakuló sebesség- és nyomásmegoszlás, illetve a testre ható áramlás eredetű erő. Ezeknek a jellemzőknek az ismerete igen fontos, például közúti járműveknél, repülőgépeknél a jármű dinamikai menettulajdonságainak meghatározásához, vagy épületszerkezetek szilárdsági méretezésnél a szél hatására keletkező erők miatt létrejövő terhelés meghatározásánál. A járművek körül kialakuló áramkép részletes ismerete például azért is fontos lehet, mert annak jellege szoros összefüggésben van a jármű falára felhordott szennyeződés mennyiségével és

eloszlásával. A járművek külső felületének elpiszkolódása ellen a jármű körül kialakuló áramlás jellemzőinek befolyásolásával tudunk védekezni. Egy másik érdekes jelenség, hogy egyes testek körül bizonyos áramlási körülmények között periodikusan ingadozó áramkép alakul ki. Az időben periodikusan ingadozó sebességtérhez ingadozó nyomástér kapcsolódik. Ha a test felülete mentén kialakuló nyomásmegoszlás időben periodikusan változik, akkor a testre ható eredő áramlási eredetű erő is periodikusan fog változni. Ha ilyen esetben az a kedvezőtlen helyzet alakul ki, hogy a gerjesztés periodicitása éppen megegyezik az áramlásba helyezett test mechanikai rezgéseinek sajátfrekvenciájával, akkor rezonancia alakul ki. Ekkor a mozgás amplitúdója addig nő, ameddig a mozgást segítő erők teljesítménye éppen megegyezik a mozgás során kialakuló veszteségi folyamatokban felemésztett teljesítménnyel. Ez az egyensúly azonban sok esetben olyan nagy amplitúdójú mozgásoknál áll be, ami a szerkezet mechanikai károsodásához vezethet. Ezért áramlásba helyezett, hosszúka, lekerekített testeknél az áramkép statikus jellemzőinek vizsgálatát mindig ki kell, hogy egészítse a dinamikus jellemzők vizsgálata.

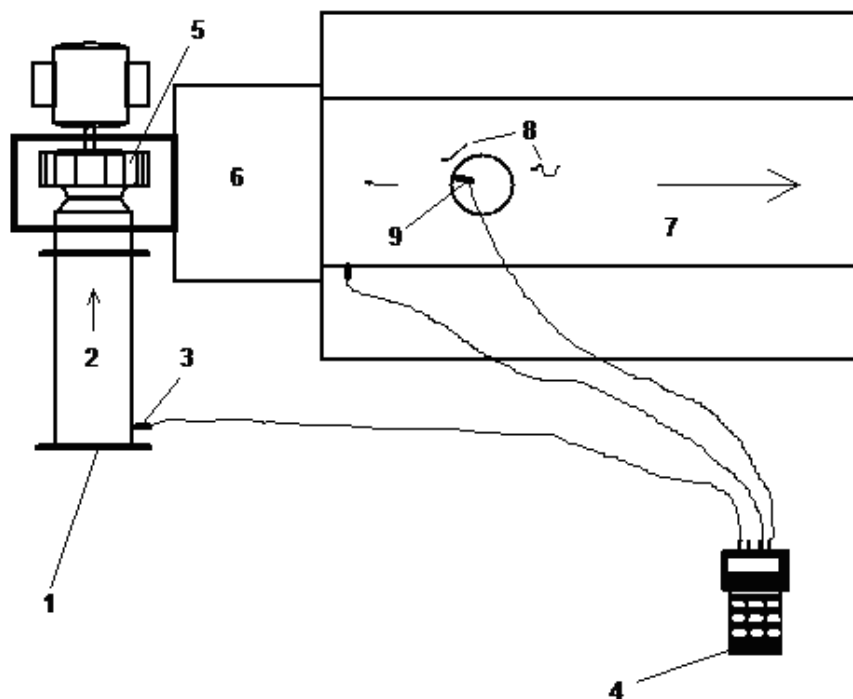
Jelen mérési feladat a témakör alapvető gyakorlati megismerésére ad lehetőséget laboratóriumi körülmények között.



1. ábra A mérőberendezés 3D-s vázlata

2. A mérőberendezés leírása

A síkáramlás jellegű csatornaáramlások vizsgálatára alkalmas mérőberendezés két fő részből, az egyenletes kifúvási sebességprofil létrehozására alkalmas törpe szélcsatornából és a változtatható kialakítású mérőtérből áll. A teljes mérési kialakítást a rajta átáramló levegő áramlási iránya mentén, a 2. ábrának megfelelően a következő részek alkotják:



2. ábra A mérőberendezés 2D-s vázlata

1. Térfogatáram mérésre alkalmas beszívó mérőperem.
2. A levegő bevezetésére szolgáló szívócső.
3. Nyomásmérési hely, amely nem más, mint a szívócső elején, közvetlenül a mérőperem után található kis keresztmetszetű megcsapolás. Nyomásméréshez a megcsapolás csatlakozó csövét vékony gumicsővel kötjük össze a nyomásmérő megfelelő kivezetésével. Az itt mért nyomásból a térfogatáram meghatározására nyílik lehetőség.
4. Kétsatornás digitális nyomásmérő
5. A levegő mozgását az elektromos motor hajtású radiális ventilátor végzi.
6. A szelláda feladata az egyenletes sebesség-megoszlású kilépő légsugár létrehozása. A szellárában a levegő először szűrőszöveten halad át, majd egy konfúzon keresztül lép ki belőle. A szűrőszövet és a konfúzor is a radiális ventilátor nyomócsonkjából érkező egyenletes sebességprofil kisimítását szolgálja.
7. A mérőtér a vizsgálat tárgyát képező különböző csatornakialakítások létrehozására alkalmas. A szellárából kilépő közel egyenletes sebesség-megoszlású levegőáramot közvetlenül vezetjük a változtatható geometriai kialakítású mérőtérbe. A mérőtér alulról egy parafa borítású alaplap határolja (ebbe szűrhetők bele az áramlás megjelenítésre szolgáló zászlócskák (8)). Felül egy átlátszó, plexiből készült fedőlap, oldalt pedig különböző hosszúságú, de azonos magasságú, változtatható helyzetű oldalfal elemek vannak. A kialakuló áramkép rajzolata az átlátszó fedőlapon keresztül a légáramlás hatására szélirányba beálló zászlócskák segítségével válik megfigyelhetővé.
8. Áramlás megjelenítésre szolgáló zászlócskák.
9. Nyomásmérési helyek, amelyek segítségével a vizsgált test felülete mentén kialakuló nyomásmegoszlás lesz meghatározható.

(Megjegyzés: A mérőtér alap- és fedőlapja egymással párhuzamos sík felületek, az oldalfal minden egyes keresztmetszetben ezekre merőlegesen helyezkedik el. Így első megközelítésben, a határréteg kiszorító hatásának elhanyagolásával úgy tekinthetjük, hogy az alaplap illetve fedőlap síkjára merőleges irányban a folyadékrezecskék nem térülnek el, illetve általában kimondható, hogy ebben az irányban sokkal kisebb mértékben változnak az áramlási jellemzők, mint a mérőtér síkjában fekvő másik két irány mentén. A mérőtér ezen sajátossága teszi alkalmassá arra, hogy segítségével viszonylag egyszerűbb, kétdimenziós síkáramlásokat vizsgálhassunk.)

Az előzőekben leírt alap-mérőberendezés mellett más kiegészítő berendezésekre, így például barométerre, hőmérőre és mérőszalagra is szükség lesz a mérés elvégzése során.

3. A mérési feladat részletes leírása, alapvető vizsgálati és a kiértékelési szempontok

A 1. pontban megfogalmazott probléma kiterjedt vizsgálata igen sok időt igényelne. Ezért a mostani mérési gyakorlat egy, a témához kötődő bevezető mérési feladat, három különböző keresztmetszeten:

- A. négyzet,
- B. kör,
- C. dűcprofil

Az alábbi vizsgálatokat célszerű elvégezni:

3.1. Az áramlásba helyezett test körül kialakuló áramkép vizsgálata áramlás megjelenítési módszer segítségével, sebességprofil mérése Prandtl-csővel a csatorna be- és kilépő keresztmetszetében

Első lépésként a mérőtér alaplapján a megfelelő oldalfalelemek összeillesztésével és a vizsgálat tárgyát képező test behelyezésével ki kell alakítani a mérőteret. Ez után az áramkép rajzolatának megfigyelését úgy végezhetjük el, hogy az alaplap parafa borításába a szabad áramlási térben elosztva olyan gombostűket szúrunk, amelyek végére 10-15 mm hosszú, lágy, bolyhos anyagból készült, vékony fonalat kötöttünk. A feladat jellegét figyelembe véve 10-15 mm-es gombostűk közötti távolság sűrűnek, 100-150 mm-es távolság ritkának tekinthető. Természetesen, ahol az áramkép kis távolságon belül nagyot változik (a vizsgált testhez közel) ott sűrűbben, míg a kiegyenlített területen (a vizsgált testtől távol) ritkábban érdemes elhelyezni az áramlás irányát jelző zászlócskákat. A gombostűn a cérnaszálat olyan magasan kell elhelyezni, hogy az megközelítőleg a csatorna középsíkjában helyezkedjen el. Az áramlás megindulása után a fonaldarabkák az áramlás irányába állnak be. Ha zászlócskákat megfelelően helyeztük el, a fonalak elhelyezkedéséből kirajzolódik a csatornaáramlás áramképe. A vizsgálat dokumentálásához szabadkézi rajzot kell készíteni a megjelenő áramképről, lehetőség esetén fényképet lehet készíteni róla. A rajz elkészítésénél különös figyelmet kell szentelni az áramképben mutató iránytöréseknek, leválásoknak és azon helyeknek, ahol a fonaldarabkák visszaáramlást, vagy ingadozó irányú sebességet mutatnak. A kialakuló leválási buborékok körvonalát külön célszerű feltüntetni az ábrában.

A csatorna belépő keresztmetszetében Prandtl-csővel sebességmérést végzünk, és az abból kapott sebességprofil, ill. annak egyenletességét ellenőrzésképpen a mérőperemes térfogatáram mérésből kapott átlagsebesség értékével összevetjük. Az átlagsebességet a Prandtl-csővel mért mennyiség mérésre vonatkozó előírások szerint határozhatjuk meg a keresztmetszetek pontjaiban mérve (lásd. pontonkénti sebességmérés). A mérőpontokat a belépő keresztmetszetben 7-15 mm-ként célszerű felvenni. A mérési eredményeket táblázatos formában és diagramban, a mérőperemes térfogatáram mérésből kapott átlagsebességgel összevetve kell prezentálni.

3.2. Az áramlásba helyezett test felülete mentén kialakuló nyomásmegoszlás meghatározása méréssel

A sebességtér mellett a folyadékáramlások másik fontos jellemzője az áramló közegben uralkodó nyomás értéke. Az áramképben bekövetkező változásokat általában hűen kíséri a nyomás módosulása. A mostani mérés alkalmával a vizsgált test felülete mentén kialakuló nyomás-megoszlást kell meghatározni, és a kialakuló áramkép, illetve a test fala menti nyomásmegoszlás közötti kapcsolatra kell megállapításokat tenni. A test fala mentén a nyomásokat a test felületén kialakított nyomásmérési megcsapolásoknál digitális nyomásmérővel határozhatjuk meg. A nyomásmérő egyik csatlakozóját gumicső segítségével össze kell kötni annak a pontnak a nyomásmegcsapolásával, ahol a nyomás értékét megszeretnénk határozni. A manométer másik bekötését a csatorna bevezető szakaszának oldalán található nyomás megcsapolásokhoz kötve a nyomásmérőn mindig a környező zavartalan áramlás statikus nyomásához képest mérhető túlnyomás illetve depresszió értékét kapjuk meg az adott mérési pontban. Ilyen módon, a nyomásokat egyenként lemérve megkaphatjuk a teljes fal menti nyomásmegoszlást. A vizsgálathoz felhasznált mérőberendezést és a feladat jellegét figyelembe véve, henger esetén célszerű a mérési pontokat 5°-ként felvenni. Négyzet alapú hasáb esetén a mérési pontok elosztása a mérőberendezés kialakítása miatt korlátozott, fix távolságra vannak elosztva. A mérések eredményét diagramban kell feltüntetni. Az áramkép és nyomásmegoszlás birtokában célszerű azokat összevetni és a köztük mutatkozó kapcsolatot megkeresni és feljegyezni.

3.3. A statikus nyomástényező, az áramlásba helyezett testre ható ellenálláserő és az ellenállástényező meghatározása

A kiértékelés során a nyomásmérésekből nyomáskülönbséget kell számolni, amit a szög, vagy helykoordináta függvényében, diagramban kell ábrázolni.

Meg kell határozni a nyomástényező (c_p) értékeit (1) alapján, amit a fentiekhez hasonlóan, szintén diagramban kell ábrázolni.

$$c_{p,i} = \frac{p_i}{\frac{\rho_{lev}}{2} v^2} \quad (1)$$

ahol

$c_{p,i}$	[-]	nyomástényező az i -edik mérőpontban
p_i	[Pa]	nyomás az i -edik mérőpontban
ρ_{lev}	[kg/m ³]	áramló közeg (itt levegő) sűrűsége
v	[m/s]	zavartalan áramlási sebesség

Az áramló közeg sűrűsége, illetve a zavartalan áramlási sebesség a mért adatokból határozható meg:

$$\rho_{lev} = \frac{p_0}{RT_0} \quad (2)$$

$$v = \frac{q_v}{A_{sz}} \quad (3)$$

ahol

p_0	[Pa]	léggöri nyomás
R	[J/kgK]	levegő specifikus gázállandója
T_0	[K]	közeg hőmérséklet
A_{sz}	[m ²]	szabad csatorna-keresztmetszet nagysága
q_v	[m ³ /s]	mérőcsatornában áramló közeg térfogatárama

A q_v térfogatáramot a radiális ventilátor szívócsővéhez csatlakozó beszívó mérőperemmel mérjük meg [2]. Feltételezzük, hogy a rendszerbe levegő csak beszívó mérőperemen keresztül jut be, és a mérőtér kilépő keresztmetszetén lép ki. A mérőkialakítás egyéb részei légtömörök, így a sűrűség állandósága miatt a mérőrendszer bármely keresztmetszetében az átáramló térfogatáramok azonosak.

Beszívó mérőperemmel a q_v térfogatáramot az alábbi módon határozzuk meg. A beszívócső elejére koncentrikusan elhelyezett körlap alakú szűkítő elem után közvetlenül elhelyezett nyomásmegcsapolásnál megmérjük a légköri nyomáshoz képesti depresszió, Δp_{mp} értékét. A Δp_{mp} függvényében a q_v térfogatáramot az alábbi összefüggés segítségével határozhatjuk meg:

$$q_v = \alpha \varepsilon \frac{d^2 \pi}{4} \sqrt{\frac{2 \Delta p_{mp}}{\rho_{lev}}} \quad (4)$$

ahol

α	[-]	átfolyási szám, amelynek értéke a keresztmetszet szűkítés viszonyától és a Reynolds-számtól függ. α értékét kísérletek alapján összeállított táblázatokból lehet meghatározni. Beszívó mérőperemnél, jelen mérés során az átfolyási szám értékét jó közelítéssel 0,6-nak vehetjük.
ε	[-]	expanziós szám, amelynek értékét a jelen mérés során előforduló viszonylag kis nyomásváltozások miatt 1-nek vehetjük.
d	[m]	mérőperem átmérője

A 3.1 és 3.2 pontokban bemutatott vizsgálati módszerek a test körül kialakuló áramlási jelenségek részletes elemzését szolgálják. A napi mérnöki gyakorlatban azonban legtöbbször szükségtelen az ilyen részletes leírás. Helyette sokszor elegendő a testre ható ellenálláserő, illetve az ezzel összefüggésben meghatározott dimenziótlan mennyiség, az ellenállás-tényező ismerete.

Az áramlásba helyezett testre ható erőt úgy lehet meghatározni, hogy a test teljes körüláramlott felületét az egyes nyomásmérési pontoknak megfelelően részfelületekre osztjuk úgy, hogy a nyomásmérési pont a részfelület súlypontjába essen. A részfelületekre ható nyomásból származó erők vektoriális összege a testre ható teljes erőt adja:

$$\underline{F} = \sum_{i=1}^n \underline{F}_i = \sum_{i=1}^n p_i A_i (-\underline{e}_n) = \sum_{i=1}^n p_i h_i L (-\underline{e}_n) \quad (5)$$

ahol

\underline{F}	[N]	áramlásba helyezett testre ható eredő erő
n	[db]	mérési pontok illetve a részfelületek száma
\underline{F}_i	[N]	i -edik részfelületre ható erő
p_i	[Pa]	i -edik részfelület környezetében uralkodó nyomás
A_i	[m ²]	i -edik részfelület nagysága
\underline{e}_n	[-]	felületi normális irányú egységvektor
h_i	[m]	részfelület darab szélessége
L	[m]	részfelület darab magassága

Az eredő \underline{F} erő x és y irányú összetevője az ismert trigonometriai összefüggések felhasználásával írható fel a (6) és (7) egyenletek alapján. Az egyes φ_i szögeket a szélcsatornán látottaknak és a 3. ábrának megfelelően szükséges felvenni, így a torlóponthoz tartozik a 0° .

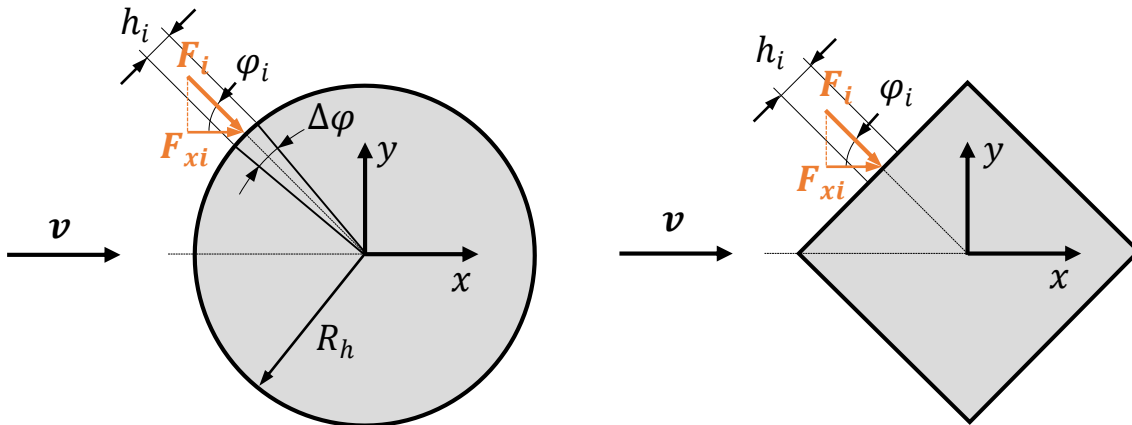
$$F_x = \sum_{i=1}^n F_{xi} = \sum_{i=1}^n p_i h_i L (-\cos \varphi_i) \quad (6)$$

$$F_y = \sum_{i=1}^n F_{yi} = \sum_{i=1}^n p_i h_i L (-\sin \varphi_i) \quad (7)$$

A részfelület darab h_i szélességét az egyes mérőtestek esetén különböző módon határozhatjuk meg. Négyzet keresztmetszetű mérőtest esetén egyszerűen el kell osztani a négyzet oldalát a mérési pontok számával, mivel a mérőfuratok egyenletesen elosztva kerültek kialakításra. Kör keresztmetszetű mérőtest esetén a furat szűk környezetében a hengerpalást felületét sík felülettel közelíthetjük, így az elforgatás $\Delta\varphi$ szöge és a henger R_h sugara ismeretében számíthatjuk:

$$h_i = 2R_h \sin\left(\frac{\Delta\varphi}{2}\right) \quad (8)$$

A bevezetett változók értelmezéséhez lásd a 3. ábrát.



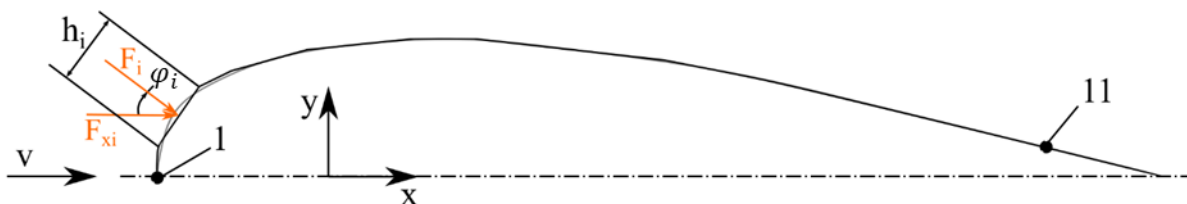
3. ábra A változók értelmezése kör (balra) és négyzet (jobbra) keresztmetszetű mérőtest esetén

A dúcprofil felületét szintén sík felületekkel közelítjük oly módon, hogy a nyomásmérési pontok a közelítő felületek súlypontjaiba essenek. Az egyes nyomáspontokhoz tartozó közelítő felületek szélessége (h_i), a felület normálisa és a dúcprofil húrja által bezárt szög (φ_i) az 1. táblázatban láthatók. Az 1-es számú nyomásmérési pont a dúcprofil belépő élén elhelyezkedő nyomásmérési pont, tehát 0° -os szögállás esetén a torlópontban helyezkedik el. 0° -tól eltérő dúcprofil szögállás esetén a felületek állászögét korrigálni szükséges. Az egyes változók értelmezéséhez lásd a 4. ábrát.

Ssz.	$\varphi_i [^\circ]$	$h_i [\text{mm}]$
1	0	4,2
2	9,5	1,8
3	34,5	13,5
4	64	6,8

Ssz.	$\varphi_i [^\circ]$	$h_i [\text{mm}]$
5	74,5	14,9
6	84	19,8
7	90	12,3
8	96,5	36,9

Ssz.	$\varphi_i [^\circ]$	$h_i [\text{mm}]$
9	101,5	20,7
10	103,5	42,9
11	104	33,3



4. ábra A változók értelmezése dúcprofil esetén

Végül az eredő áramlási erő ismeretében annak bármilyen felbontását előállíthatjuk. Így például az áramlastanban szokásos az eredő erő megfúvási iránnyal párhuzamos és arra merőleges összetevőjeként meghatározott ellenálláserő (F_e) és felhajtóerő (F_f) használata.

Jelenlegi vizsgálataink során az ellenálláserőt, illetve az ezzel összefüggésben bevezetett dimenziótlan jellemzőt, a c_e ellenállás-tényezőt keressük. Az ellenállás-tényezőt az alábbi összefüggés segítségével határozhatjuk meg:

$$c_e = \left| \frac{F_e}{\frac{\rho_{lev}}{2} v^2 A_{\perp}} \right| \quad (9)$$

ahol

F_e	[N]	ellenálláserő
ρ_{lev}	[kg/m ³]	áramló közeg sűrűsége
v	[m/s]	áramlásba helyezett test megfúvási sebessége
A_{\perp}	[m ²]	a test áramlásra merőleges irányú vetületének a nagysága

Az **1. táblázat** tájékoztató adatokat tartalmaz néhány test ellenállás-tényezőjéről a megfúvási irány függvényében. Előfordulhat, hogy a vizsgált esetben az ellenállás-tényező értéke nagyobb a szakirodalomban található értéknél. Ennek az az oka, hogy a megfúvási sebesség némileg eltér a (3)-as egyenletben kiszámolt zavartalan áramlási sebességtől, mivel a test környezetében a levegő áramlási keresztmetszete a szélcsatorna A_{sz} keresztmetszetéhez képest lecsökken a test áramlásra merőleges irányú vetületének a nagyságával, A_{\perp} -vel. Így a kontinuitás törvénye miatt az áramlási sebesség megnő. A megfúvási sebesség növekedése több tényezőtől is függ, mint például a vizsgált test alakjától. Ezek korrekciója viszont túlmutat jelen mérés keretein.

3.4. Az elvégzett vizsgálatokról a mérési jegyzőkönyvet kell készíteni.

A jegyzőkönyvet tartalmilag jelen segédlethez hasonlóan kell elkészíteni. Az elején tartalmazza a mérőberendezés, valamint a mérési feladat rövid leírását. A leírás legyen lényegretörő, és fontos, hogy a szerzők saját szavaikkal fogalmazzák meg. (Szöveget átemelni a mérési segédletből, vagy más forrásból nem megengedett!) A mérőberendezés és a mérési feladat leírása után ismeretelni szükséges a mért adatokat, valamint a számított eredményeket, a 3.1 – 3.3 pontoknak megfelelően. A kapott eredményeket értékelni szükséges. A kiértékelésben a következőket kell leírni:

- I) A vonatkozó szakirodalom, vagy személyes ismereteink alapján milyen eredményt vártunk?
- II) Mennyire sikerült megközelíteni a várt eredményeket?
- III) Ha a várt és a kapott eredmények eltérnek egymástól, akkor mi lehet ennek az oka?

A dokumentum végre csatolni kell a mérés során kézzel írt, a mérésvezető oktató által aláírt mérési tervet és diagramot.

A jegyzőkönyv elkészítése során nem csupán a jegyzőkönyv tartalmára, hanem annak formai megjelenésére is nagy figyelmet kell fordítani. Jó pontszámot csak esztétikus jegyzőkönyv kaphat! A formai követelményekkel kapcsolatban a labor előkészítő órákon elhangzottak, valamint a [2]-es forrásban található MINTA_Meresi_jegyzokonyv.doc fájl nyújtanak segítséget.

3.4.1. Minden esetben rögzíteni kell a testek körül kialakult áramkép fonalakkal megjelenített képét.

3.4.2. Az ellenállás-tényezőre hibaszámítást kell végezni, mely az alábbi módon tehető meg:

- I) Az ellenállás-tényező (9)-as egyenletébe be kell helyettesíteni a felhasznált összefüggéseket. A behelyettesítés végén a mért mennyiségek – melyek bizonytalansággal terhelik a kapott eredményt – közvetlenül szerepeljenek! Előfordulhat, hogy az egyszerűsítések után némely mért mennyiség nem szerepel az egyenletben.
- II) Meg kell határozni a $\partial c_e / \partial X_i$ deriváltakat. Az I) pontban kapott egyenletet minden X_i mért mennyiség szerint deriválni kell. Az egyes p_i nyomásokat külön-külön kell figyelembe venni, mivel minden egyes mérés újabb bizonytalansággal terheli a kapott eredményt.

Az X_i mért mennyiségek és a hozzájuk kapcsolódó mérési hibák:

$$\begin{array}{ll} X_1 = p_0 & \delta p_0 = 100 \text{ Pa} \\ X_2 = T_0 & \delta T_0 = 1 \text{ K} \\ X_3 = p_i & \delta p_i = 2 \text{ Pa} \\ X_4 = \Delta p_{mp} & \delta \Delta p_{mp} = 2 \text{ Pa} \end{array}$$

- III) A deriváltak és a megadott mérési hibák alapján ki kell számítani az abszolút- (10) és a relatív hibát (11):

$$\delta c_e = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\delta X_i \frac{\partial c_e}{\partial X_i} \right)^2} \quad (10)$$

$$\frac{\delta c_e}{c_e} = ? \quad (11)$$

A mérés során nem szabad megfeledkezni

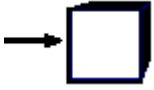
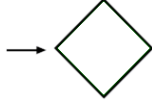
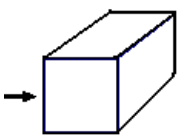
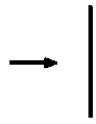
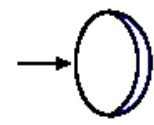
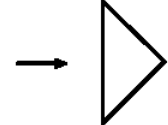
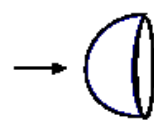
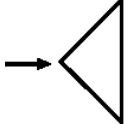
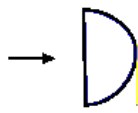
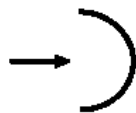
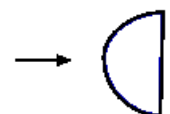


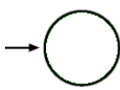
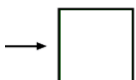
- A mérőberendezés bekapcsolása előtt, illetve általában a mérőberendezés üzeme során mindig meg kell győződni a balesetmentes munkafeltételek teljesüléséről. A bekapcsolás és a mérés közben végrehajtott változtatásokról a berendezés környezetében dolgozókat figyelmeztetni kell.
- Minden mérési alkalommal a légköri nyomás és teremhőmérséklet feljegyzéséről!
- A felhasznált mérőműszerekről leolvasott értékek mértékegységének és a rájuk vonatkozó egyéb tényezők feljegyzéséről.
- A felhasznált mérőműszerek típusának, gyártási számának és a benne lévő mérőfolyadék sűrűségének feljegyzéséről!
- A mérőműszerekről leolvasott mennyiségek, és a további számításoknál felhasznált mennyiségek mértékegységének egyeztetéséről.
- A digitális nyomásmérő kalibrációjáról!
- A nyomásmérő bekötésénél figyelmesen kell eljárni a csatlakozók "+" illetve "-" ágának és a méréshatár kiválasztásánál. Figyelni kell arra, hogy a nyomásmérő csatlakozó csonkjaira a gumicsövet óvatosan kell felhelyezni.

- A mérőtérben a vizsgált csatorna összeállításánál vigyázni kell a légtömör szerelésre, mert az esetlegesen kialakuló réseken távozó illetve beáramló levegő jelentősen megváltoztathatja az eredetileg szándékolt áramlás jellegét.
- 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. Kritikus pontok a műszerekre ill. a nyomáskivezetésekre történő csatlakoztatás helyei.
- A jegyzőkönyv leadása előtt erősen ajánlott a konzultációk igénybevétele.

Irodalom

- [1] Lajos Tamás: Az áramlástan alapjai, Műegyetemi Kiadó, Budapest 2004
- [2] https://simba.ara.bme.hu/oktatas/tantargy/NEPTUN/BSc_LABOR/MAGYAR/

2. táblázat Ellenállás tényezők $Re=10^3 \div 10^5$ Reynolds-szám tartományban

3D testek		oszlopos testek	
Test típusa, megfúvás iránya	c_e [-]	Test típusa, megfúvás iránya	c_e [-]
	1.05		1.55
	2.05		2.01
	1.42		2
	0.38		1.55
	1.17		2.3
	0.42		1.2
	0.04		1.17
			2.05