

# Szivattyúk, kompresszorok, vákuumszivattyúk

## Pumps, Compressors, Vacuum Pumps, Hungary

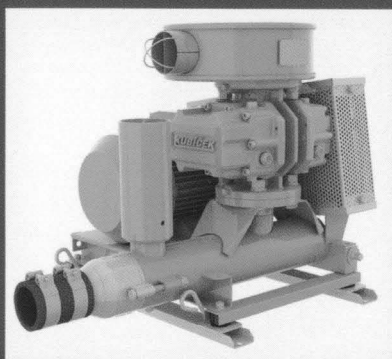
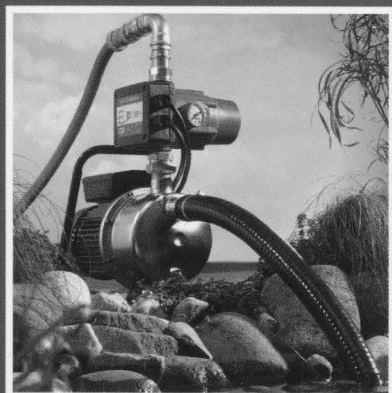
### XX. évfolyam - 2013

**BB**-PRESS

KIADVÁNYOK

[www.bb-press.hu](http://www.bb-press.hu)

[info@bb-press.hu](mailto:info@bb-press.hu)



Technológiai adagoló szivattyúk



MILTON ROY

Elektromágneses vegyszer-adagolók



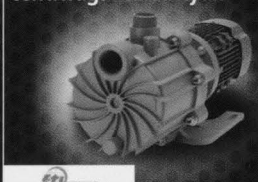
MILTON ROY

Motoros meghajtású membrán-szivattyúk



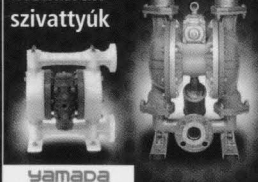
MILTON ROY

Mágneskuplungos centrifugál-szivattyúk



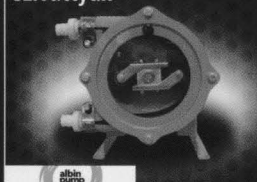
fti

Pneumatikus membrán-szivattyúk



YAMADA

Tömlős (perisztaltikus) szivattyúk



altin pump

# PROFILAXIS

Nagyteljesítményű centrifugál- és turbínaszivattyúk



Kalotasz

Többfokozatú centrifugálszivattyúk



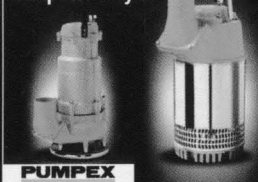
dp pumps

Búvár kütszivattyúk



Kalotasz

Víztelenítő zagy- és iszapszivattyúk



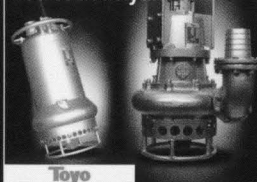
PUMPEX

Szennyvíz átemelő szivattyúk



PXFLOW

Keverőfejes kotrószivattyúk



Toyo

## Tisztelt Olvasónk!

1994-ben jelent meg a „Szivattyúk, kompresszorok, vákuumszivattyúk” első száma, így ebben az évben a XX. évfolyamot jelentettük meg. Bármennyire is igyekszik az ember nem törődni a számismisztikával, azért most mégis egy kicsit ünnepélyesebb hangulatban írom ezt a bevezetőt.

Az első időszakban segítséget kaptunk a német partnerlapunktól, a magyar viszonyokra adaptálva vettük át például a „Beszerzési forrás” táblázatokat. Pár év alatt megismerték a szakmai felhasználók a lapot, akik díjmentesen kapták és kapják azóta is ezeket az információkat.

Jó érzés a kiállításokon találkozni velük, sokszor már olyankor megvan nekik a legújabb példány, nem is kell vinni belőle.

Talán csak egy hátránya van ennek a hosszú időszaknak: sok kedves szakmai ismerősünktől kellett már végleg elbúcsúznunk, akik már nem lehetnek közöttünk. Sajnos azonban ez egy általunk nem szabályozható folyamat. Mint ahogy a gazdasági környezetünk is többé-kevésbé adott, ezen keretek között kell érvényesülni ebben a szegmensben is.

Az idei, jubileumi számunkban is igyekeztünk sok hasznos témát feldolgozni: olvashatnak például az optimális üzemi állapot beállításáról, esővíz hasznosító rendszerekről, turbófűvő aggregátokról, vagy éppen költséghatékony állapotfelügyeletről. De lehet találni írást olaj- és szilikonmentes kompresszorokról, az oldalcsatornás fűvők felhasználásáról, vagy a korszerű épületgépészeti szivattyúkról is.

Reméljük, hogy ez a szám is hasznos segítség lesz munkájuk során.

*Bagi István  
szerkesztő*

## Szivattyúk, kompresszorok, vákuumszivattyúk 2013

**Szerkesztő:**

Bagi István

**Szaktanácsadó:**

Valasek László

**Kiadó:**

BB-PRESS Kft.

1055 Budapest, Nyugati tér 8.

Tel.: 302-80-57

Fax: 302-80-57

E-mail: [info@bb-press.hu](mailto:info@bb-press.hu)

Web: [www.bb-press.hu](http://www.bb-press.hu)

**Nyomdai előkészítés:**

Závori Márta

[zavorimarta@t-online.hu](mailto:zavorimarta@t-online.hu)

**Nyomdai munkálatok:**

PAUKER

Nyomdaipari Kft.

1047 Budapest

Baross u. 11-15.

**Felelős vezető:**

Vértes Gábor

ISSN szám: 1219-1108

*A kiadványban közölt  
hirdetések és PR-cikkek  
tartalmáért a Kiadó  
felelősséget nem vállal.*

## TARTALOM

Marjanucz Konstantin, Dr. Hős Csaba <b>Szivattyú és csőhálózat optimális üzemállapotának automatikus beállítása adaptív mérés technika segítségével .....6</b>	Új SKF többfunkciós állapotjelző a költséghatékony és egyszerű állapotfelügyelethez.....78
Dr. Fáy Árpád <b>A legnagyobb vízerőmű gépészeti jellemzői..12</b>	Farkas Csaba <b>Új, nagyteljesítményű frekvenciaváltók az Omron kínálatában .....80</b>
Bobkó Szilárd <b>Verder szivattyúk ipari alkalmazásokra .....20</b>	Tomas Kovac <b>Hogyan csökkenthető az energiafogyasztás és káros anyag kibocsátás hatékony szivattyú technológiával .....81</b>
<b>Miért éppen Lutz hordó- és tartályszivattyú? .....23</b>	Valasek László <b>Forgódugattyús vákuum szivattyúk és fúvók .....87</b>
Institórisz Árpád <b>A NETZSCH cég bemutatja a forradalmian új TORNADO® T2 forgódugattyús szivattyúját.....25</b>	Hegedűs Tamás <b>Korszerű szivattyúk alkalmazása az épületgépészetben.....89</b>
Dr. Ábrahám Ferenc, Török László, Vincze Lászlóné dr. <b>A bajai Eötvös József Főiskola megújult Víztechnológiai Telepe .....33</b>	<b>Wilo Stratos-GIGA – világújdonság a szivattyúgyártásban .....92</b>
<b>A FLOWSERVE DURCO Mark3 ISO vegyipari centrifugál szivattyúk előnyei .....37</b>	<b>Korszerű szivattyúk a házi vízellátás és öntözés területén.....95</b>
Dienes György <b>Esővíz hasznosító rendszerek szivattyúiról általánosságban, röviden .....39</b>	Dr. Fábry Gergely <b>Az oldalcsatornás fúvók és vákuumszivattyúk sokrétű felhasználása .....98</b>
Kalmár, L., Szabó, Sz., Janiga, G., Fodor, B., Soltész, L. <b>Egyfokozatú turbófúvó aggregátok áramlási jellemzőinek numerikus és kísérleti meghatározása .....41</b>	Veres Áron <b>GD EnviroAire - 100% olaj és szilikonmentes technológia a kompresszoriparban .....102</b>
<b>Bővülő szivattyúválaszték a Verbis Kft.-nél .....53</b>	<b>BESZERZÉSI FORRÁS TÁBLÁZATOK..... 113-131</b>
<b>Szivattyú hajtásrendszerek megújult műszaki háttérrel .....60</b>	<b>Szivattyúk ..... 114-121</b>
<b>A hatékonyság és a megbízhatóság legmagasabb szintje: Flygt Adaptív N-hidraulika, SmartRun vezérlés.....65</b>	<b>Kompresszorok..... 122-127</b>
Dr. Csemniczky János <b>Félagális és axiális szivattyúk előperdület szabályozással .....69</b>	<b>Vákuumszivattyúk ..... 128-131</b>
Erdős Tibor <b>Nagy teljesítményű SynRM motor és hajtás szivattyú és ventilátor működtetéséhez .....75</b>	



# Egyfokozatú turbófúvó aggregátok áramlási jellemzőinek numerikus és kísérleti meghatározása

A cikk két radiális átömlésű és egyfokozatú turbófúvó aggregátban kialakuló áramlás numerikus vizsgálatával foglalkozik. A két vizsgált turbófúvó aggregát különböző lapátgeometriájú – az eredeti és újratervezett járó-, valamint és két vezető-, illetve visszavezető kerék felhasználásával összeszerelt – változatait jelentette. A numerikus vizsgálatok fő célja egyrészt közelítőleg meghatározni a turbófúvó fontosabb üzemi jellemzőit, másrészt részletes információt kapni a turbófúvó belsejében kialakuló áramlásról. A turbófúvókban lévő áramlás jellemzőinek meghatározása az ANSYS-FLUENT kereskedelmi szoftver alkalmazásával történt. Az eredmények ismeretében eldönthető, hogy a turbófúvó főbb részegységei jól működnek, vagy nem. Az áramlási eloszlások átlagértékei alkalmasak a turbófúvók üzemi jellemzőinek közelítő meghatározására. A szimuláció által meghatározott közelítő üzemi jellemzők, a számított értékek validálása érdekében azok összehasonlításra kerültek a turbófúvók laboratóriumi mérései során kapott jelleggörbe pontjaival. Az összehasonlítás eredményeként a szimuláció által kapott üzemi jellemzők a laboratóriumi mérésekből származó jelleggörbével jó egyezést mutattak.

The paper deals with the numerical investigation of the flows in two radial-flow one-stage blower-aggregates. These blower aggregates by applying the original and redesigned impellers and two guide and return-guide vanes with different blade geometries assembled in two various configurations were investigated. The main aim of these numerical studies is to predict the relevant operating behaviour of the blowers and to determine detailed information about the flow characteristics inside that. The distributions of flow characteristics in the blowers determined by ANSYS-FLUENT are available to decide whether the main functional parts of the blowers are working properly, or not. The average values of the flow characteristics are usable to determine the characteristics of the calculated operating points of the blowers. The discrete points of the predicted performance curves are compared with measured data obtained by experimental tests of the blower-aggregate for their validation. The comparison between the predicted and measured performance curves shows a fairly good agreement.

Az áramlási folyamatok CFD szimulációja az elmúlt néhány évben nagymértékben fejlődött a CFD területén elért legfrissebb kutatási eredmények alkalmazásával, amelyet a számítógépek számítási és tárolási kapacitásának gyors növekedése is nagymértékben elősegített. Napjainkban a nagyobb teljesítményű személyi számítógépek kereskedelmi szoftverek felhasználásával már közvetlenül lehetővé teszik komplex 3D-s és időben változó áramlástan feladatok numerikus szimulációját.

A továbbiakban két radiális átömlésű turbófúvó ( $TF_1$  és  $TF_2$  jelű) tervezési változataiban kialakuló időben változó komplex három-dimenziós áramlási folyamat számítógépes analízisének néhány fontos jellemzőit mutatjuk be. Ez a kutató munka *egyrészt* szorosan kapcsolódik a turbófúvó aggregát (továbbiakban  $TF_0$  jelű) korábbi változatának bemutatott kísérleti vizsgálatához [1], valamint *másrészt* ugyancsak a  $TF_0$  jelű turbófúvó

aggregát CFD vizsgálatát összefoglaló cikkben [2] bemutatott eredményekhez is.

A numerikus analízissel párhuzamosan a turbófúvó aggregátok kísérleti laboratóriumi vizsgálatának elvégzésére is sor került. Ezt követően a számítási eredmények kiértékelése, majd a kapott számítási és mérési eredmények összehasonlításának eredményei ismerhetők meg.

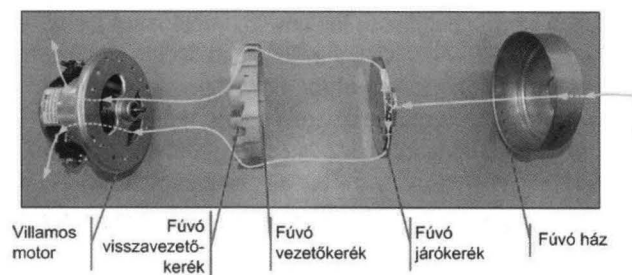
## Bevezetés

A cikk részletesebben egyfokozatú és radiális átömlésű turbófúvó aggregát  $TF_1$  és  $TF_2$  jelű változataiban kialakuló áramlási viszonyok numerikus vizsgálatával foglalkozik. A numerikus vizsgálat elvégzésének elsőrendű célja a fent említett két turbófúvó aggregát változatainak működése szempontjából alapvetően fontos üzemi paraméterek számítása, valamint az áramlás aggregáton belüli jellemzőinek minél részletesebb meghatározása volt. A kísérleti laboratóriumi vizsgálat

pedig elsősorban a turbófúvó aggregát működtetésének fontosabb üzemi jellemzőit kívánta mérésel meghatározni. E mellett az elvégzett kísérleti vizsgálat eredményeit az alábbiakban közvetlenül a CFD vizsgálatok során kapott üzemi jellemzők validálására is fel kívántuk használni.

Az aggregáton belüli áramlás ANSYS-FLUENT kereskedelmi szoftver [3] alkalmazásával nyert eloszlásai alkalmasak az aggregát egyes részegységei helyes működésének megítélésére. A számított üzemi paraméterek számértékei – azok validálása érdekében – pedig összevethetők a turbófúvó aggregát laboratóriumi mérési eredményeivel [4].

A numerikus vizsgálatra került turbófúvó aggregát főbb egységeinek szétszerelt állapotban készített fényképei az 1. ábrán láthatók.



1. ábra A vizsgált turbófúvó aggregát főbb egységei szétszerelt állapotban

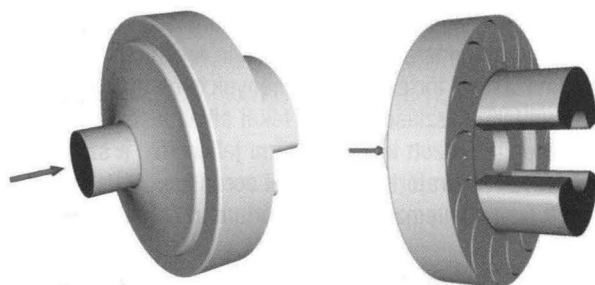
A turbófúvó aggregát tervezési változatainak kidolgozása során a fent megadott főbb egységek közül a járókerék és a vezető- visszavezető kerék geometriai jellemzőit változtattuk meg az alábbi 1. táblázatban megadottak szerint.

1. táblázat

A turbófúvó aggregát jele	Járókerék jele	Vezető-, illetve a visszavezető kerék jele
$TF_0$	$JK_0$	$M_0$
$TF_1$	$JK_0$	$M_1$
$TF_2$	$JK_1$	$M_2$

A rendelkezésre álló geometriai jellemzők felhasználásával először a numerikus számítások előkészítéséhez az ANSYS-FLUENT kereskedelmi kód grafikus előkészítő programjával kifej-

lesztettük a turbófúvó aggregát – a fenti tervezési esetek mindegyikének numerikus vizsgálata során alkalmazható – teljes számítási tartományát, amelyet a 2. ábrán mutatunk be. A fényképek és a 3D-s geometriai modell egybevetésével jól látható, hogy a tartomány be- és kilépő keresztmetszeit a valóságos kialakításhoz képest kismértékben módosítottuk a peremfeltételek korrekt megadása céljából.

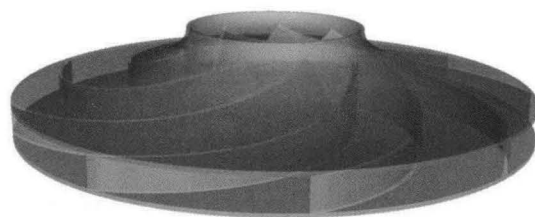


2. ábra A turbófúvó aggregátok teljes 3D-s számítási tartománya két nézetben

Az áramló levegő a turbófúvó szívócsonkján érkezik a járókerékre, amelynek forgatása miatt az a folyadék energiáját megnöveli. Ezt követően a levegő a járókerék oldali vezetőkeréken át a nyomótérbe kerül, majd a hátoldali visszavezető-keréken átáramolva a nyomócsonkon távozik el a turbófúvó-aggregát egységből a modellünk esetében a két „piskóta alakú” keresztmetszetű hengeres kilépő csöveken át, a valóságban a hasonló alakú motortérbe, majd a szabadba.

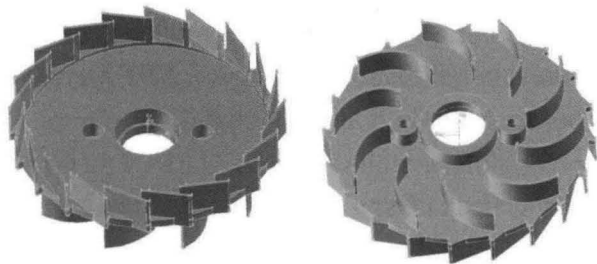
Az alábbi ábrákon a numerikus vizsgálat során kifejlesztett járó- és vezető-, illetve visszavezető-kerekeinek geometriáját mutatjuk be.

A 3. ábra a  $JK_0$  jelű járókerék 3D testmodelljének áttetsző képét mutatja be, feltárva a járókerék belső lapátjainak térbeli kialakítását is.



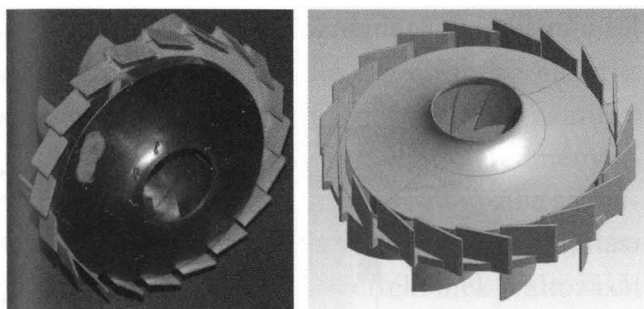
3. ábra A  $JK_0$  jelű járókerék áttetsző 3D-s testmodellje

A 4. ábra az  $M_1$  jelű vezető-, illetve visszavezető kerék 3D testmodelljét két nézetben mutatja be.



4. ábra Az  $M_1$  jelű vezető-, illetve visszavezető kerék 3D-s testmodellje

Az 5. ábra a  $JK_1$  jelű járó- és az  $M_2$  jelű vezető-, illetve visszavezető kerék összeépített fényképe és 3D testmodelljét mutatja be.



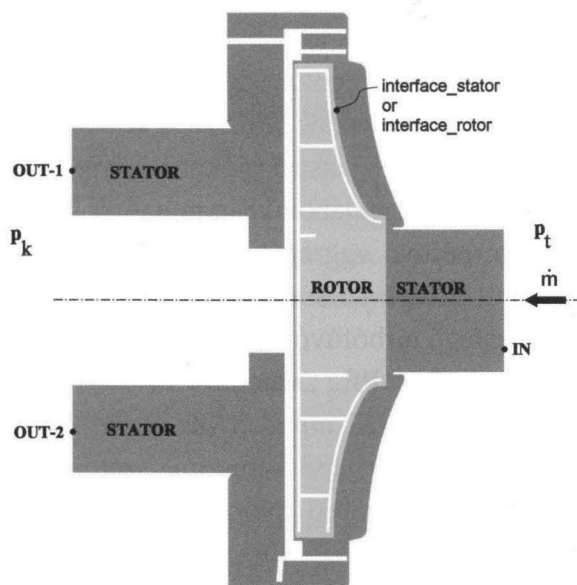
5. ábra A  $JK_1$  jelű járó- és az  $M_2$  jelű vezető-, illetve visszavezető- kerék fényképe és a 3D-s testmodellje össze-szerelt állapotban

A numerikus CFD vizsgálat elsődleges célja a turbófúvó-aggregát belsejében kialakuló áramlási jellemzők ANSYS FLUENT kereskedelmi programmal történő meghatározása. Ennek végrehajtásához a teljes számítási tartomány úgynevezett véges térfogatokra történő felbontása szükséges.

### Turbófúvó-aggregátaszámítási résztartományainak definiálása és hálózása

A teljes számítási tartományt először résztartományokra osztottuk, amelynek térbeli elhelyezkedése és a hozzá tartozó elnevezései a 6. ábrán láthatók. A turbófúvó működéséből adódóan ugyanis két alapvetően eltérő tulajdonságú áramlási teret kellett elkülönítenünk: a forgó (**ROTOR**) járóke-

rék-tartományt és az álló (**STATOR**) tartományt, amelyet a turbófúvó aggregát háza és a vezetőke-rekek falai határolnak.



6. ábra A számítási tartomány felosztása és azok elnevezései

Ezt követte az egyes tartományok véges térfogatokra történő felbontása, az úgynevezett hálózás. A járókerékre elkészített numerikus háló felületi képe a 7. ábrán látható.



7. ábra A  $JK_1$  jelű járókerék véges térfogatokra való felosztásának részlete

A  $TF_1$  jelű turbófúvó teljes számítási tartományának diszkrétizációjaként összesen **11,27** millió, a  $TF_2$  jelű turbófúvó esetében pedig **12,16** millió véges térfogatú elem került kialakításra. A két tartomány hálózásának végrehajtása során az így kapott véges térfogatú elemek legnagyobb torzultsági mérőszáma 0,89 és 0,82 értékek alatti



volt, ami a számítások pontossága szempontjából kedvező értéknek tekinthető.

### A numerikus szimulációk legfontosabb peremfeltételeinek megadása

A numerikus megoldás előállításához természetesen peremfeltételek előírása is szükséges. Az ezekre vonatkozó választásainkat a 6. ábra jelöléseit alkalmazva az alábbiakban mutatjuk be:

- o a turbófúvó aggregát szívóoldali (az ábrán „IN” jelű) belépő keresztmetszetében előírjuk az áramló levegő turbófúvó aggregátba belépő  $\dot{m}$  tömegáram értékét, Pft.: „*massflow in*”;

- o a nyomóoldali mindkét (az ábrán „OUT1” és „OUT2” jelű) kilépő keresztmetszetben pedig megadjuk a környezeti nyomás  $p_K$  értékét, Pft.: „*pressure outlet*”;

- o az aggregát belső határoló falai mentén pedig a következő peremfeltételt írjuk elő: Pft.: „*wall*”;

- o a turbófúvó járókerekek számítási tartományát a körülötte elhelyezkedő „*interface*” tartománnyal együtt mozgó tartományként definiáljuk.

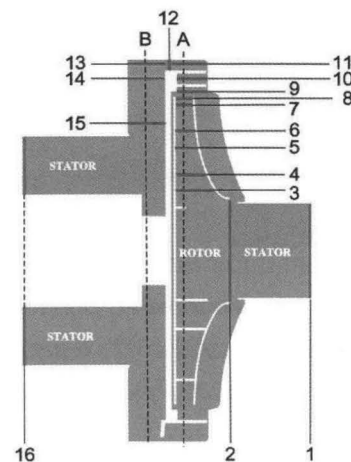
A futtatás végrehajtása során a turbófúvó aggregát szívóoldali „IN” jelű belépő keresztmetszetében kialakuló  $p_t$  abszolút nyomás aktuális átlagértéke kiszámítható, aminek értékét célszerű a számítógép monitorán futtatás alatt folyamatosan kijelezni. A számítási eredmények validálása érdekében fontosnak tartjuk a peremfeltételek során rögzített  $p_K$  környezeti nyomás és a futtatás során aktuálisan meghatározásra kerülő  $p_t$  nyomásérték meghatározását, amelyek elegendőek a turbófúvó aggregát által szállított tömegáram értékhez tartozóan az előállított  $\Delta p = p_K - p_t$  nyomáskülönbség értékének a meghatározására. Ezek alkalmasak lesznek a turbófúvó aggregát munkapontjaihoz tartozó  $\Delta p$ ,  $\dot{m}$  értékpárok előállításához.

Ennek megfelelően a belépő keresztmetszetben előírható „*massflow in*” peremfeltételnél megadható az  $\dot{m}$  tömegáram, a kilépő keresztmetszetekben a „*pressure outlet*” peremfeltétel szerint a  $p_K$  környezeti nyomás és az áramló levegő mért környezeti hőmérsékletének megfelelő  $\rho_K$  sűrűség

értékei. Az áramló közeget összenyomhatónak tekintettük, amit a szimuláció végrehajtása során az általános gáztörvény alkalmazásával lehet figyelembe venni. A közeg anyagegyenleteként a numerikus megoldás során pedig az „*SST k-epsilon*” turbulencia modellt alkalmaztuk.

### A numerikus vizsgálat eredményeinek bemutatása

Az ANSYS-FLUENT szoftver az előkészített hálógeometrián oldja meg a vizsgált áramlási folyamat matematikai leírására alkalmas differenciálegyenlet-rendszert. E számítások végeredményeit ábrák és diagramok segítségével foglaljuk össze. Az elvégzett CFD numerikus számításokat minden esetben az aggregátok azonos üzemállapotára vonatkozóan végeztük el, mindig a főáramlás irányából (a 8. ábrán jobbról balra) nézve.



8. ábra A turbófúvó aggregátok számítási tartományában definiált ellenőrző keresztmetszetek elhelyezkedése

A számítási eredményeket **egyrészt** az áramlási térben kijelölt (a 8. ábrán **A**-val és **B**-vel jelölt, a járókerék forgástengelyére merőlegesen elhelyezkedő) metsző síkok mentén számított sebesség- és nyomáseloszlás grafikus megjelenítésével tudjuk bemutatni, ami a kialakuló áramlási eloszlás finomstruktúrájának megismerésére nyújt lehetőséget. Ez az aggregátban kialakuló áramlás lokális jellegű kiértékelését teszi lehetővé, felhívva a kutató figyelmét a működtetés során kialakuló helyi jellegű áramlási problémákra. Ekkor az eredmé-

nyeket bemutató eloszlásokat ábrák segítségével jelenítjük meg, mindig a főáramlás irányából (a 8. ábrán jobbról balra) nézve.

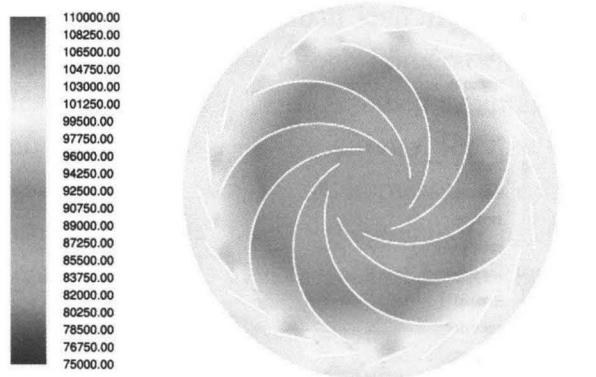
A számítási eredmények *másrészt* bemutatathatók a nagy részletességgel kiszámított áramlási jellemzők áramlási térben kijelölt többnyire átáramlási (a 8. ábrán az 1 – 16 közötti sorszámokkal jelölt) keresztmetszeteire vonatkozóan meghatározott átlagértékek változása révén is. A fenti ábrán a 2-8 jelű keresztmetszetek közötti szakasz az aggregát járókerékén, a 9-11 és a 13-15 jelű keresztmetszetek pedig a vezető-, illetve a visszavezető kerék lapátozásán való átáramlási szakaszt jelentik. Az 1-s jelű keresztmetszet az aggregát belépő, vagyis szívó-, illetve a 16-s jelű keresztmetszetek pedig az aggregát kilépő, vagyis a nyomó- keresztmetszeteit jelölik.

A fentiekben definiált keresztmetszetek menti átlagértékek meghatározásával lehetőség nyílik az aggregátban kialakuló áramlás egy globális értékelésére, ami lehetőséget nyújt a számított jellemzőknek kísérleti vizsgálatok eredményeivel való összehasonlítására, más szóval a számítási eredmények validálására. Ekkor az áramlási jellemzők számított átlagértékeinek változását diagramok segítségével ábrázoljuk.

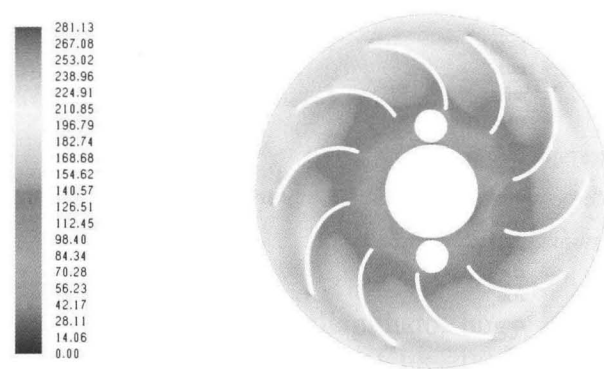
Az alábbiakban a szimuláció során nyert számítási eredményeknek – a fent bemutatott *lokális* és *globális* jellegű – megjelenítésére mutatunk be konkrét példákat, amelyek mindkét turbófúvó aggregát esetében a lent megadott eloszlások a II.-vel jelölt ( $\dot{m} = 0,033 \text{ kg/s}$  tömegáramhoz és  $n = 36480 \text{ min}^{-1}$  járókerék fordulatszámhoz tartozó) üzemállapothoz tartoznak.

- Példák a *lokális* jellegű megjelenítésre:

A 9. ábra a járókerékben és a járókerék oldalán lévő vezetőkerékben az össznyomás, a 10. ábra pedig az aggregát nyomóoldalán lévő visszavezetőkerékben, valamint az ezt követő nyomótérben kialakuló sebességeloszlás változását mutatja be a hátlappal párhuzamos és a lapátcsatorna közepén elhelyezkedő, valamint a fogástengelyre merőlegesen álló, a 8. ábrán A-val, illetve B-vel jelölt síkok mentén.



9. ábra A  $TF_1$  jelű turbófúvó járó- és vezetőkerékében az A jelű sík mentén kialakuló össznyomás eloszlása [Pa]

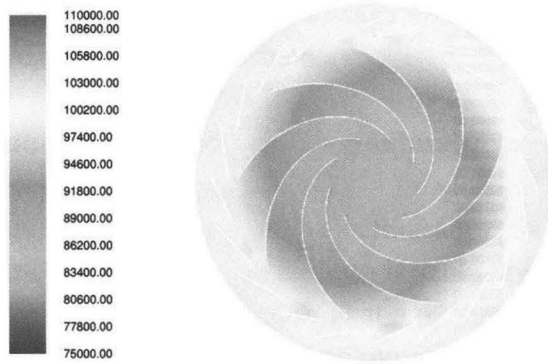


10. ábra A  $TF_1$  jelű turbófúvó vissza-vezetőkerékében a B jelű sík mentén kialakuló sebességeloszlás [m/s]

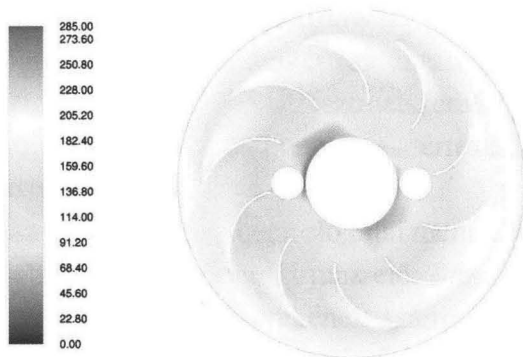
A numerikus szimulációk lokális vizsgálata módját ad, az áramlás finom struktúráinak megismerésére. A tervezők számára fontos információ lehet például a vezetőlapátzás belépő élei környezetében a 9. ábrán látható torló-felületek, vagy a 10. ábrán a vissza-vezetőkerék lapátjai között, illetve a lapátzás kilépő keresztmetszete utáni szakaszban megfigyelhető lokális örvénylések, amelyek kedvezőtlenül hatnak a gép hatásfokára.

A 11. és 12. ábrákon a  $TF_2$  jelű turbófúvóban az A, illetve a B jelű síkok mentén az össznyomás, illetve a sebesség szimuláció által meghatározott változását ábrázoltuk. A 9. és 11. ábrán megadott eloszlások összevetése alapján megállapítható, hogy az össznyomás sugárirányú növekedése a  $TF_2$  jelű turbófúvóban a logaritmikus spirális lapátgeometria miatt egyenletesebb. A nyomásnövekedés viszont a járókerék kisebb kilépő átmérője miatt elmarad a  $TF_1$  jelű turbófúvónál adódott értékhez képest (lásd a 15. ábrát).





11. ábra A  $TF_2$  jelű turbófúvó járó- és vezetőkerekében az A jelű sík mentén kialakuló össznyomás eloszlása [Pa]



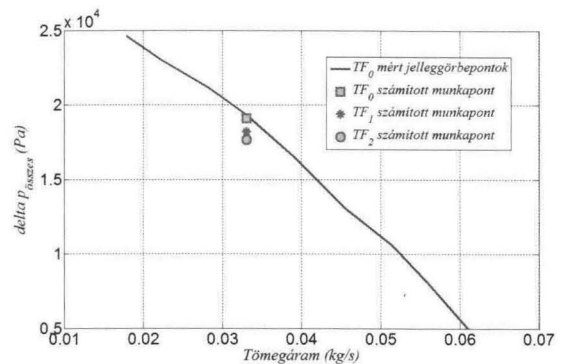
12. ábra A  $TF_2$  jelű turbófúvó járó- és vezetőkerekében a B jelű sík mentén kialakuló sebesség eloszlása [m/s]

• Példák a **globális** jellegű megjelenítésre:

A CFD numerikus számítások elvégzése során az aggregát **II.** üzemiállapotához tartozóan a szimulációval meghatároztuk az aggregátok által előállított statikus nyomáskülönbséget. Ekkor a szimuláció számított eredményeit felhasználva az aggregát be- és kilépő (a 8. ábrán **1**-el, illetve **16**-al jelölt) szívó- és nyomócsonkok keresztmetszeteire vonatkozó sebesség- és nyomáseloszlások – átáramlási keresztmetszetre számítható – átlagértékeinek különbségét határozzuk meg. Az így kapott üzemi jellemzőket össze tudjuk hasonlítani az aggregát **II.** üzemiállapotában végzett laboratóriumi vizsgálata során kapott jelleggörbe pontokkal, amit a 13. ábrán diagram formájában mutatunk meg.

Az ábra alapján megállapítható, hogy a két új tervezési ( $TF_1$  és  $TF_2$  jelű) turbófúvó aggregátváltozatok számított üzemi jellemzői a számított üzemi pontban kismértékben elmaradnak a

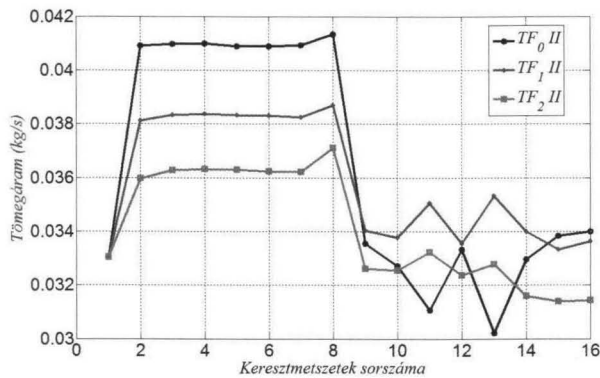
$TF_0$  jelű turbófúvó mérési és CFD numerikus vizsgálatok alapján meghatározott jelleggörbe pontjától.



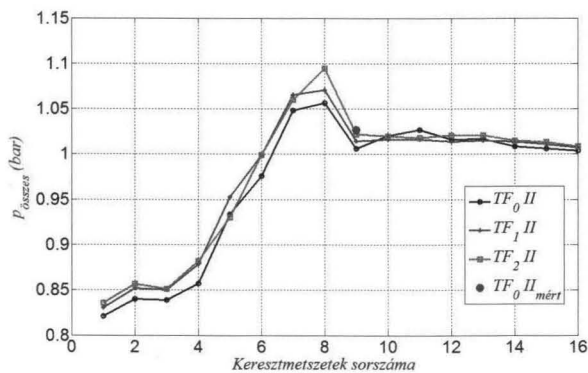
13. ábra A  $TF_1$  és  $TF_2$  jelű turbófúvó aggregátok számított munkapontjai és a  $TF_0$  jelű turbófúvó aggregát laboratóriumban mért jelleggörbéjének összehasonlítása

A turbófúvó aggregátra vonatkozó CFD vizsgálatok elvégzése során a kiválasztott üzemiállapothoz tartozó összes áramlási jellemző (sebesség-, nyomás-, hőmérséklet, stb.) eloszlását az aggregát teljes számítási tartományának összes pontjára vonatkozóan meghatározzuk. Ezek felhasználásával az egyes áramlási jellemzők átlagértékeit az **1 – 16** közötti sorszámmal jelölt keresztmetszeteire vonatkozóan meg tudjuk határozni. Az üzemi jellemzők így kapott átlagértékeit felhasználva fel tudjuk rajzolni azok aggregáton belüli – az átáramlási irányában történő – változásait, amelyeket a 14-16. ábrákon vázoltuk fel.

A 14. ábrán az aggregáton átáramló tömegáram **1-16** keresztmetszetek menti átlagos értékeinek változása látható. Mindhárom görbe azonos értékről indul. A **2-8** jelű keresztmetszetek közötti szakasz mentén kapott különbségek a különböző konstrukciók un. volumetrikus hatásfokának különbségével magyarázhatók. A **9-11** és a **13-15** jelű keresztmetszetek közötti szakaszban tapasztalt ingadozások pedig a vezető-, illetve visszavezető- kerek lapátosási tereiben tapasztalt lokális örvénylések miatt alakulnak ki.



14. ábra A  $TF_0$ ,  $TF_1$  és  $TF_2$  jelű turbófüvő aggregátokban a II. üzemiállapotban a tömegáram átlagos értékeinek változása az átáramlás irányában

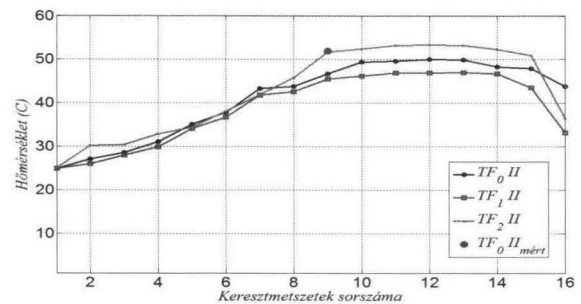


15. ábra A  $TF_0$ ,  $TF_1$  és  $TF_2$  jelű turbófüvő aggregátokban a II. üzemiállapotban az össznyomás átlagos értékeinek változása az átáramlás irányában

A 15. ábrán  $TF_0$ ,  $TF_1$  és  $TF_2$  jelű turbófüvő aggregátban az össznyomás átlagértékeinek az átáramlás irányában kialakuló változása látható. A  $TF_2$  jelű változatban lévő  $JK_1$  járókerékben tapasztalható egyenesen növekedő és a legnagyobb végértékű nyomásemelkedés, ami a logaritmus spirális lapátalak következménye. A 9-s jelű keresztmetszetben az ábrára kék színű – kör alakú – szimbólummal felrajzoltuk a  $TF_0$  jelű aggregátban mért nyomásértéket, ami – figyelembe véve a számítási és a mérési bizonytalanságokat – igen jó egyezést mutat a számítással.

Végül a 16. ábrán a  $TF_0$ ,  $TF_1$  és  $TF_2$  jelű turbófüvő aggregátban az áramló levegő hőmérséklet átlagértékeinek az átáramlás irányában kialakuló változása látható. Nagy különbség a három vizsgált aggregátban az áramló levegő áramlása során kialakuló hőmérséklet eloszlásban nem tapasztal-

ható. A  $TF_2$  jelű változatban lévő  $JK_1$  járókerékben jelentkezik a legnagyobb hőmérséklet emelkedés. A 9-s jelű keresztmetszetben az ábrára kék színű – kör alakú – szimbólummal felrajzoltuk a  $TF_0$  jelű aggregátban mért hőmérséklet értéket, ami nagyságrendileg jól megegyezik az aggregátokban számított átlaghőmérséklet értékekkel.



16. ábra A  $TF_0$ ,  $TF_1$  és  $TF_2$  jelű turbófüvő aggregátokban a II. üzemiállapotban az áramló levegő hőmérséklet átlagos értékeinek változása az átáramlás irányában

Összefoglalóan megállapítható, hogy a kidolgozott numerikus modell jól közelíti a globális mérési eredményeket. Azon túlmutatóan viszont gazdag információt nyújt a kialakuló áramlási- és hőtani folyamatok finomsztruktúrájának megismeréséhez.

Ezen adatok ma még ilyen részletgazdagsággal mérési módszerrel nem határozhatók meg. Így a CFD egy kiemelten fontos eszköz a tervezők, kutatók számára.

### Köszönetnyilvánítás

E tanulmány a TÁMOP-4.2.1. B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

### Irodalom

[1] Lakatos, K., Szaszák, N., Mátrai Zs., Szabó, Sz.: **Monoblokk rendszerű mini fűvő vezető és visszavezető kerekei kialakításának analízise méréssel**, *Szivattyúk, kompresszorok, vákuumszivattyúk 2011*, (ISSN 1219-1108), Budapest, pp. 65-71, 2011.

[2] Kalmár, L., Janiga, G., Soltész, L.: **Egyfokozatú mini turbófúvóban kialakuló áramlás numerikus szimulációja**, *Szivattyúk, kompresszorok, vákuumszivattyúk 2012*, (ISSN 1219-1108), Budapest, pp. 95-99, 2012.

[3] Ansys Inc., **ANSYS FLUENT 12.0 User's Guide**, Canonsburg, PA, USA, 2009.

[4] Lakatos, K., Szaszák, N., Mátrai, Zs., Soltész, L., Szabó, Sz.: **Experimental Development of Guide Vanes and Return Guide Vanes of a Mini Blower**, *Proc. of MicroCAD International Computer Science Conference*, Miskolc, pp. 65-72, 2011.

*Kalmár, L.<sup>1</sup>, Szabó, Sz.<sup>2</sup>, Janiga, G.<sup>3</sup>, Fodor, B.<sup>4</sup>, Soltész, L.<sup>5</sup>*

*<sup>1</sup> PhD, egyetemi docens, <sup>2</sup> CSc, Dr. habil, egyetemi tanár;*

*<sup>3</sup> PhD, Dr. habil., egyetemi docens,*

*<sup>4</sup> MSc, egyetemi tanársegéd, <sup>5</sup> MSc, termékfejlesztési vezető*

*<sup>1,2,4</sup> Áramlás- és Hőtechnikai Tanszék,*

*Miskolci Egyetem, Magyarország*

*<sup>3</sup> University of Magdeburg „Otto von Guericke” (ISUT/LSS), Németország*

*<sup>5</sup> Elektrolux Poszívógyár, Magyarország*

# www.szivattyu.lap.hu



Folyadékgyűrűs vákuumszivattyúk  
**Excentrikus csigaszivattyúk**  
 Csúszógyűrűs tömítések  
 Centrifugál szivattyúk  
 Önfelszívó szivattyúk  
 forgalmazása  
 gyártása  
 javítása



E-mail:  
 hidro@hidro.hu  
 www.hidro.hu

tel:(36) 1 424-6040  
 fax:(36) 1 227-0897

1222 Budapest  
 Nagytétényi út 96/A  
 HIDROMECHANIKA Szövetkezet

**HIDRO**  
**MECHANIKA**

## Extren Kft.

**SIGMA GROUP A.S.**

**Lutin**

**Ipari Szivattyúk kizárólagos magyarországi képviselet.**

**Közepes és nagy-  
 teljesítményű ipari, erőművi  
 szivattyúk, komplett  
 szivattyútelepek szállítása.**

**1089 Budapest,  
 Bláthy Ottó u. 6–8.**

**Tel.: 333-0169**

**Tel./Fax: 314-3263**

**E-mail: extren@extren.hu**

**http://www.extren.hu**