

GÉP

A GÉPIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET MŰSZAKI FOLYÓIRATA

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Áramlástan Tanszék

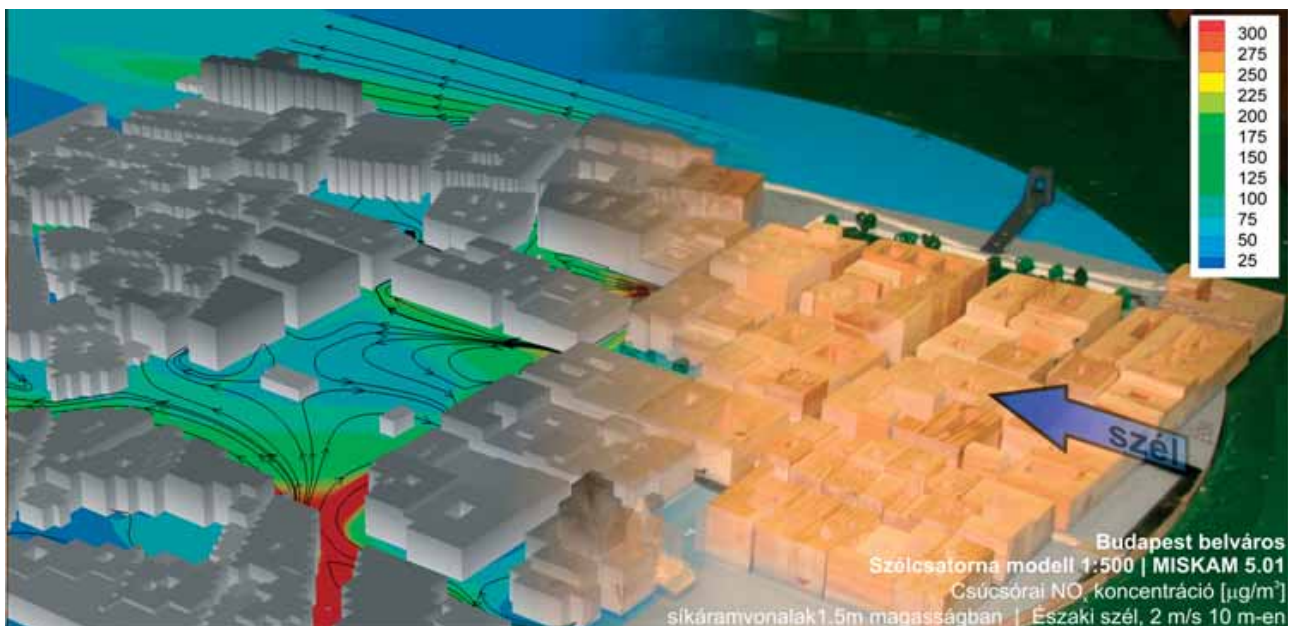
2008/5–6

72 oldal
LIX. évfolyam



Köszönjük a bizalmat és az együttműködést megbízóinknak, partnereinknek!
We would like to thank our clients and partners for their trust and cooperation!

AGRIKON-ALFA Kft, Air-Technik Kft, Alcoa-Köfém Kft, Alfaco Kft, ALSTOM Power Hungária Zrt, Andreas Kft, Aqua-Air Szerviz Kft, Arcadom Építőipari Zrt, Austrian Energy & Environment AG, AVEP Kft, AVL LIST GmbH, Bouygues Hungária Kft, BPW Bergische Achsen AG, BSH Hungária Légtechnikai Kft, Budapest Főváros II. ker. Önkormányzata, Budapesti Erőmű Zrt, CALTECH Bt, Cascade Engineering Europe Kft, CASON Mérnöki Zrt, CHINOIN Zrt, CHP Erőmű Energetikai Kft, Daimler AG, DELPHI-CALSONIC Magyarország Kft, Diatron MI Kft, Duna Sétány Székház Kft, Dunamenti Erőmű Zrt, EGI Energiagazdálkodási Zrt, EGIS Gyógyszergyár Nyrt, ÉMI Kht, Evapco Magyarország Kft, FEM Mezőgazdasági Gépkísérleti Intézet, FIOBCO Factory L.L.C., Fireplace Kft, Fittich Rendszertechnika Kft, Fővárosi Csatornázási Művek Zrt, HATING Kft, HAUNI Hungária Gépgyártó Kft, HIDRO-SZTIK Kft, HM Technológiai Hivatal, HNS Műszaki Fejlesztő Kft, HOFFMANN Sport, Honeywell Szabályozástechnikai Kft, HUNGARIANBUS Kft, Hungarocopter Kft, Hungaro-Ventilátor Kft, Hungrana Kft, Hyundai Technologies Center Hungary Kft, IBIDEN Hungary Kft, IFT Autóipari Fejlesztési Kft, LMS International NV, Ingenieur Büro G. Mertha, INTERPLUS Kft, ISD DUNAFERR Zrt, KÁLMÁN System Kft, KFKI, Knorr-Bremse Fékrendszerek Kft, KORAX Gépgyár Kft, Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Közép-Duna-völgyi KTVF, Közép-Tisza-vidéki KTVF, KRONOSPAN-MOFA Hungary Kft, Levegő Munkacsoport, LGY-955 Kft, Magyar Telekom Távközlési Nyrt, Mátrai Erőmű Zrt, Med Care Kft, METALLOTECH Kft, MOL Nyrt, MOM Vízmerészetek Kft, MVM ERBE Zrt, Nemzeti Infrastruktúra Fejlesztő Zrt, Nyugat-dunántúli KTVF, OPUS-VIA Kft, Országos Idegsebészeti Tudományos Intézet, Országos Meteorológiai Szolgálat, OTP Ingatlan Zrt, Pannon GSM Távközlési Zrt, Pataki Környezetvédelmi és Közegészségügyi Kft, Porsche AG, Pro Science Kht, Rheinhold & Mahla TS International Kft, Richter Gedeon Nyrt, Siemens Zrt, SMG-SISU Budapest Kft, Span Systems Kft, Spandome Center Kft, SW Umwelttechnik Magyarország Kft, Szellőző Művek Kft, TEXLON International GmbH, TM Janeda Kft, TOPLAN Kft, Trane Hungária Kft, TRANSELEKTRO Zrt, TÜV Rheinland InterCert Kft, URSA Salgótarjáni Üvegyapott Zrt, UTB Envirotec Kft, Vinter-Tech Kft, Visteon Hungary Kft, VITUKI Kht, W.E.T. Automotive Systems Magyarország Kft, Webing Kft, WESLIN/WESCAST Hungary Autóipari Zrt, WILO AG, Zoltek Corporation



GÉP

A GÉPIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET

műszaki, vállalkozási, befektetési, értékesítési, kutatás-fejlesztési, piaci információs folyóirata

KÖSZÖNTÖM AZ OLVASÓT!

A Műegyetem Áramlástan Tanszéke a Gép 2005/1. tanszéki különszámának megjelenését követően három évvel e kiadványban tájékoztatja a mérnöktársadalmat, a Tanszék támogatóit, a társintézmények munkatársait és a fejlesztési feladatok megoldásában együttműködő partnereit az azóta végzett tevékenységéről.

Az elmúlt három év az építkezés időszaka volt. A felsőoktatási rendszer átalakulásával összefüggő oktatásfejlesztési és részleges profilváltási feladatokat végrehajtottunk, erőfeszítéseket tettünk az áramlástan egyes területein végbemenő gyors változások követésére, és erősítettük konzultációs, kutatás-műszaki fejlesztési kapcsolatainkat a gazdasági élettel. A Tanszék által használt épületrészt saját bevételekből teljesen felújítottuk, a bútorzatot kicseréltük. Az Egyetemen és a Gépészmérnöki Karon végbement jelentős változások időszakában megtartottuk Tanszékünk elnevezését, elhelyezését és munkatársait.

A tisztelt Olvasó figyelmébe ajánlom a Műegyetem Áramlástan Tanszékén az elmúlt 3 évben végzett kutatásainkat, kutatási-fejlesztési projektjeinket, konzultációs munkáinkat és publikációinkat ismertető kiadványunkat.

DEAR READER!

Three years after the publication of the first special issue of GÉP, featuring the Department of Fluid Mechanics of the Budapest University of Technology and Economics, we would like to give an overview of our achievements reached during this time to the engineering community, supporters of the Department, the staff of the partner institutes and the industrial partners providing us with challenging R+D projects.

The past three years was a period of development. Triggered by the transformation of the higher educational system, the further development of the content and methodology of our educational programs were implemented. Efforts were made in following the rapid developments in specific fields of fluid mechanics as well as providing consultation and R+D to the industry. All facilities of the Department were renovated out of the income from these industrial projects. In a period of restructuring at the University and Faculty of Mechanical Engineering, our Department safeguarded its name, facilities and staff.

I commend this special issue to the attention of the esteemed Reader, which includes our research work, R+D projects, consulting activities and list of publications.

Dr. Lajos Tamás

*egyetemi tanár, tanszékvezető
Head of the Department*



*Istók Balázs, Dr. Rékert Tamás, Rácz Norbert, Péter Norbert, Balczó Márton,
Lohász Máté Márton, Nagy László, Horváth Csaba, Dr. Kristóf Gergely, Tóth Péter, Balogh Miklós
Szente Viktor, Csécs Ákos, Dr. Goricsán István, Dr. Vad János, Kalmár Gábor
Dr. Parti Mihály, Neményi Györgyné, Dr. Lajos Tamás, Szalma Attiláné, Jezsó István, Suda Jenő Miklós*

BORÍTÓKÉPEK

Címlap/Front cover

Raiffeisen magasházakra és környezetükre ható szélterhelés szélcsatorna modellmérése és numerikus szimulációs vizsgálata (nyomáseloszlás, áramvonalak)
Investigation of the Raiffeisen towers and the surrounding buildings using wind tunnel and computational fluid dynamics models (pressure distribution, streamlines)

M0 autópálya északi szektor szélcsatorna modellje
Wind tunnel model of the M0 motorway's northern section

Helikoptertervezés numerikus szimulációval – áramvonalak és nyomáseloszlás
Computational Fluid Dynamics analysis of a helicopter – streamlines and pressure distributions

Hátsó borító/Back cover

Raiffeisen magasházak és környezetük modellje a szélcsatornában
Wind tunnel model of the Raiffeisen towers and the surrounding area

Hősziget numerikus szimulációja – áramvonalak egy város fölött
Computational Fluid Dynamics model of a heat island – streamlines above the city

Elérhetőségek:

Áramlástan Tanszék

H-1111 Budapest, Bertalan Lajos u. 4-6.

BME AE épület

tel.: +36-1-463-4072, fax: +36-1-463-3464, info@ara.bme.hu, www.ara.bme.hu

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

*Elnök Dr. Döbröczöni Ádám, főszerkesztő Dr. Kálmán András,
főszerkesztő-helyettesek Dr. Péter József, Dr. Szabó Szilárd*

*Dr. Barkóczi István, Bányai Zoltán, Dr. Beke János, Dr. Bercsey Tibor, Dr. Bukoveczky György,
Dr. Czitán Gábor, Dr. Cselényi József, Dr. Danyi József, Dr. Dudás Illés, Dr. Gáti József, Dr. Horváth Sándor,
Dr. Illés Béla, Dr. Jármái Károly, Kármán Antal, Dr. Kulcsár Béla, Dr. Orbán Ferenc, Dr. Pálincás István,
Dr. Patkó Gyula, Dr. Péter László, Dr. Penninger Antal, Dr. Rittinger János, Dr. Szántó Jenő, Dr. Tímár Imre,
Dr. Tóth László*

A szerkesztésért felelős: dr. Kálmán András. A szerkesztőség címe: 3529 Miskolc, Budai József u. 46.

Telefon/fax: (46) 325-504, 20/9358-812 e-mail: kaetsa@axelero.hu

Kiadja a Gépipari Tudományos Egyesület, 1027 Budapest, Fő u. 68. Levélcím: 1371 Bp. Pf.: 433.

Telefon: 202-0656, fax: 202-0252, e-mail: ficze.gte@mtesz.hu, internet: www.gte.mtesz.hu

A GÉP internetcíme: <http://gep-ujtag.fw.hu>

Kereskedelmi és Hitelbank: 10200830-32310236-00000000

Felelős kiadó: DR. IGAZ JENŐ ügyvezető igazgató.

Gazdász Nyomda Kft. 3534 Miskolc, Szervezet u. 67. Tel.: (46) 379-530 E-mail: gazdasz@chello.hu Felelős vezető: Vesza József

Előfizetésben terjeszti a Magyar Posta Rt. Hírlap Üzletága 1008 Budapest, Orczy tér 1.

Előfizethető valamennyi postán, kézbesítőknél, e-mailen: hirlapelofizetes@posta.hu, faxon: 303-3440. További információ: 06 80/444-444

Egy szám ára: 800 Ft + áfa. Dupla szám ára: 1600 Ft + áfa.

Előfizetés negyedévre: 2400 Ft + áfa, fél évre: 4800 Ft + áfa, egy évre: 9600 Ft + áfa.

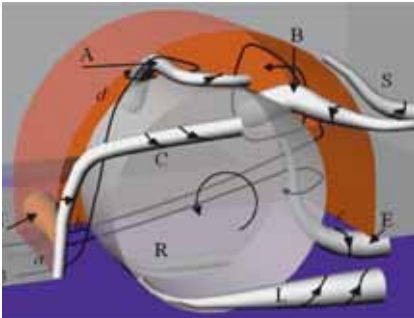



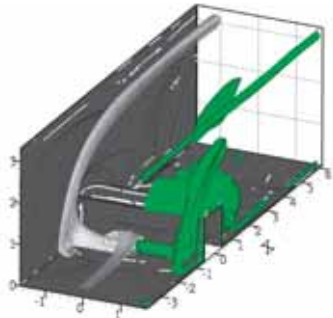
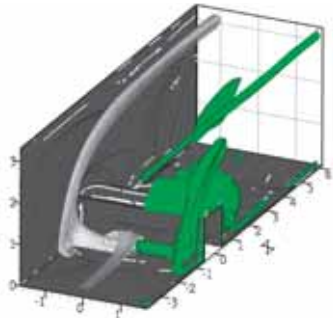
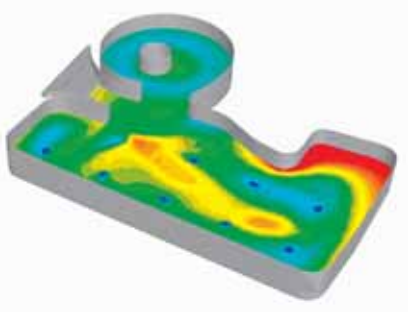
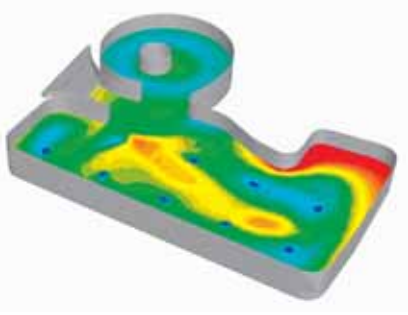
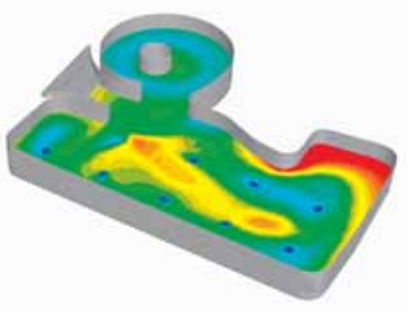
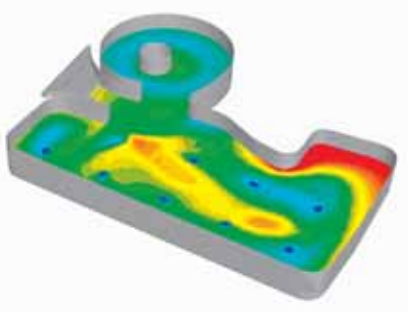
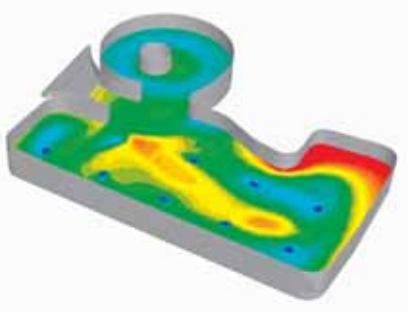
Külföldön terjeszti a Kultúra Könyv és Hírlap Külkereskedelmi Vállalat,
H-1389 Budapest, Pf. 149. és a Magyar Média, H-1392 Budapest, Pf. 272.

Előfizethető még közvetlenül a szerkesztőségben is.

INDEX: 25 343

ISSN 0016-8572

TARTALOMJEGYZÉK

- 10  7 Atmoszférikus határrétegben lejátszódó áramlási és transzportfolyamatok
Flow and transport processes in the atmospheric boundary layer
Dr. Goricsán István,
Témavezetők: Dr. Lajos Tamás, Dr. Vad János, Dr. Greguss Pál
- 13  10 Közúti járművek forgó kereke körüli áramlás jellemzői, módszer kidolgozása áramlások elemzésére
Characteristics of the flow field past rotating wheels of cars, development of a method for the analysis of flows
Dr. Réger Tamás
Témavezetők: Dr. Lajos Tamás, Dr. Michel L. Riethmuller
- 17  13 Sprayképződés modellezése dízelmotorokban
Modeling of Spray Formation in Diesel Engines
Dr. Kadocsa András
Témavezetők: Dr. Kristóf Gergely, Dr. Reinhard Tatschl, Eberhard von Berg
- 20  17 Töbléptékű terjedési modellrendszer fejlesztése és tesztelése
Development and testing of a multiscale model system
Dr. Lajos Tamás, Balczó Márton, Balogh Miklós,
Dr. Goricsán István
- 22  20 Műanyag hőcserélő berendezések fejlesztése
Development of plastic heat exchangers
Dr. Koscsó Gábor
- 26  22 A nagy örvény szimuláció alkalmazásai
The applications of Large-Eddy Simulations
Lohász Máté Márton, Nagy László, Tóth Péter
- 30  24 Atmoszférikus áramlások szimulációja
Simulation of Atmospheric flows
Dr. Kristóf Gergely, Rácz Norbert, Balogh Miklós
- 32  26 Uszodatechnikai szimulációs szolgáltatás
Numerical simulation service in pool technology
Istók Balázs, Dr. Kristóf Gergely
- 26  28 Budapest csatornahálózatának modellezése
Hydraulic model of the Budapest sewage system
Istók Balázs, Dr. Kristóf Gergely
- 26  30 Elektropneumatikus rendszerek vizsgálata
Investigation of electro-pneumatic systems
Szente Viktor, Dr. Vad János
- 26  32 Égés modellezése a Dunamenti Erőműben
Modeling of combustion at the Dunamenti Power Plant
Varga Lajos

32

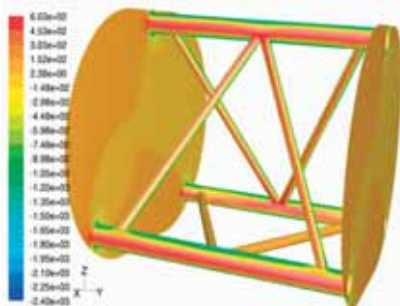


- 34 Az M0 autópút 10. és 11. út között tervezett szakaszának levegőminőségi vizsgálata
Air quality investigation of the planned M0 motorway linking the No. 10 and No. 11 main roads
Dr. Lajos Tamás, Dr. Goricsán István, Balczó Márton

- 36 Metallurgiai üstben kialakuló áramlás szimulációja
Numerical simulation of flow in metallurgical ladle
Dr. Lajos Tamás, Dr. Réger Tamás, Lengyel Tímea, Nagy László

- 38 A távközlési oszlopok elemeire ható szélterők csökkentésének vizsgálata szélcsatornában
Wind tunnel investigations for the reduction of the wind forces acting on telecommunication masts
Dr. Lajos Tamás, Dr. Goricsán István, Balczó Márton

38

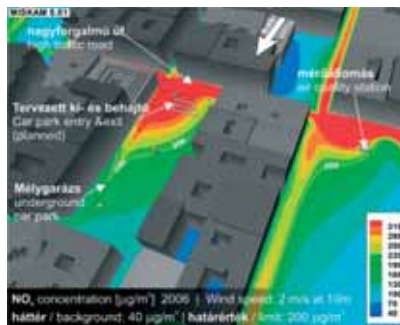


- 40 A Raiffeisen-torony szélcsatorna-vizsgálata
Wind tunnel investigation of the Raiffeisen tower
Dr. Lajos Tamás, Dr. Goricsán István

- 42 St. Augustine (USA) szabadtéri színpadának és Rhode Islands klubház átriumának sátoortetejére ható szélterő szélcsatorna-vizsgálata
Wind tunnel investigation of the wind loading on the tensioned fabric roof of an open air theatre at St. Augustine and of the atrium of a club building in Rhode Islands (USA)
Dr. Lajos Tamás, Dr. Goricsán István, Balczó Márton

- 42 Tetőre szerelhető reklámtábla aerodinamikai vizsgálata
Aerodynamic investigation of a car-roof commercial board
Dr. Réger Tamás, Dr. Lajos Tamás

44



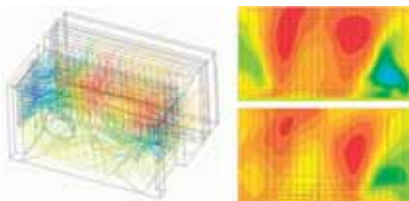
- 43 A Szent Péter-kastély udvarát lefedő membrántetőre ható szélterő meghatározása numerikus szimulációval
Determination of the wind load on a membrane roof covering the playground of the castle St.Peter using numerical simulations
Dr. Lajos Tamás, Rácz Norbert

- 44 Városi mélygarázsok környezetének levegőminősége
Air quality around urban underground car parks
Dr. Lajos Tamás, Balczó Márton

- 45 MISKAM alkalmazása levegőminőségi vizsgálatokban
Application of MISKAM in air quality investigations
Dr. Lajos Tamás, Dr. Goricsán István, Balczó Márton

- 46 Sugárventilátoros füstmentesítő rendszerek szimulációs vizsgálata
Simulation of jet fan system used for emergency smoke extraction
Dr. Kristóf Gergely, Dr. Lajos Tamás

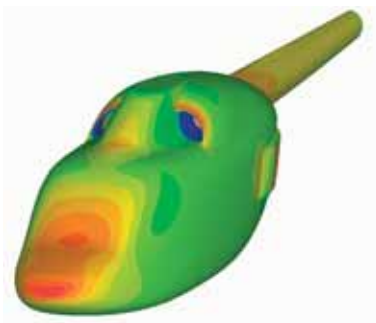
51



- 47 Hő- és áramlástechnikai rendszerek, technológiai folyamatok felülvizsgálata
Examination of heat and fluid flow systems and technological processes
Dr. Vad János

4

52



- 51 Rooftop-berendezések lefagyásának megakadályozása megfelelő áramlási viszonyok létrehozásával
Stopping the freezing of rooftop facility by providing for relevant flow conditions
Dr. Lajos Tamás, Dr. Marschall József, Csécs Ákos

- 52 Helikoptertörzs aerodinamikai vizsgálata
Aerodynamic investigation of a helicopter body
Dr. Rékert Tamás, Nagy László, Dr. Lajos Tamás, Dr. Gausz Tamás

56



- 53 Levegőbefecskendező CFD szimulációja
Simulation of a compressed air injection module
Szente Viktor, Dr. Kristóf Gergely

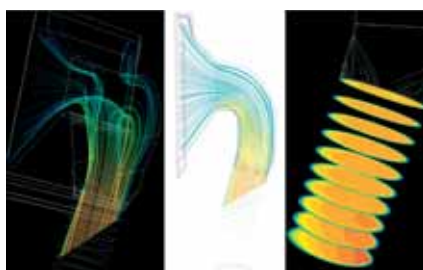
- 54 Féktárcsa körüli áramlás vizsgálata
Investigation of the flow past a brake disc
Dr. Rékert Tamás, Dr. Lajos Tamás

- 55 Elakadásjelző háromszög, kúp és nyíl szélcsatorna stabilitásvizsgálata
Wind tunnel investigation of warning triangle, cone and arrow
Suda Jenő Miklós

- 55 Személygépkocsi üzemanyag-ellátó rendszer akusztikai vizsgálata
An acoustic investigation of a passenger car fuel system
Dániel István, Dr. Koscsó Gábor

- 55 Személygépkocsi kormánykapcsoló akusztikai vizsgálata
Acoustic investigation of a passenger car steering wheel switch unit
Dr. Koscsó Gábor

57

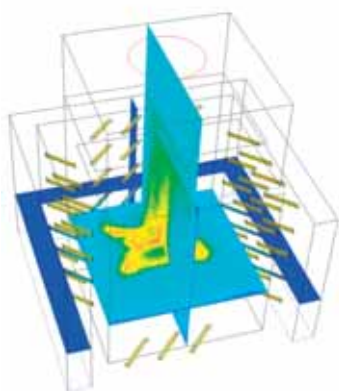


- 56 Áramlás szimulációja kondenzátorban
Simulation of flow in a concenser
Dr. Kristóf Gergely, Dr. Rékert Tamás

- 56 Utastéri légbefúvó egységek áramlási és akusztikai tesztelése
Flow field & acoustic performance test of air registers
Suda Jenő Miklós, Dániel István

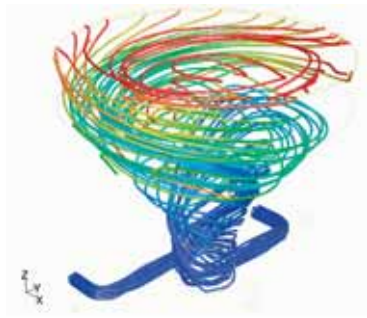
- 57 Személyautó ablakmosó rendszer hidraulikai vizsgálata
A hydraulic investigation on the passenger car windscreen washing system
Dr. Koscsó Gábor, Dr. Kristóf Gergely

58



- 57 Elektrofiter utáni mérőszonda-telepítés CFD optimalizációja
CFD optimization of a probe installation downstream of an ESP
Suda Jenő Miklós, Dr. Lajos Tamás

- 58 Égés modellezése a kandallókályhákban
Modeling of combustion within domestic fireplaces
Varga Lajos



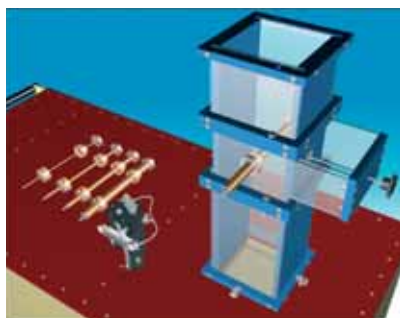
61



62



64



71

- 59 Biogázhálózat hidraulikai vizsgálata
Experimental investigation of a biogas network
Istók Balázs, Dr. Kristóf Gergely
- 59 Gázmotoros fűtőerőmű füstgáz csatornarendszerének akusztikai vizsgálata
Acoustic investigation of a gas engine flue gas pipe line system
Dr. Koscsó Gábor, Dániel István
- 59 A Kelenföldi Erőműben újonnan üzembehelyezett berendezések meghatározó zajforrásainak vizsgálata
A dominant noise source testing of the newly installed part in Power Plant "Kelenföld"
Dr. Koscsó Gábor
- 60 Olajtranszformátorok akusztikai vizsgálata
Acoustic investigation of an oil transformer
Dr. Koscsó Gábor, Dániel István
- 61 Csapadékgyűjtők áramlásmódosító hatásának vizsgálata
The effect of precipitation collectors on the airflow
Dr. Lajos Tamás, Csécs Ákos
- 61 Ülepítőtartály szimulációs vizsgálata
CFD analyses of a settling tank
Dr. Kristóf Gergely, Csécs Ákos
- 62 Olaj-víz szétválasztó berendezés kísérleti fejlesztése
Experimental investigation of an oil-water separator
Dr. Koscsó Gábor
- 62 Vérmintaelemző berendezés hidraulikai optimalizálása
Optimization of the hydraulic circuit of a blood analyser device
Dr. Kristóf Gergely, Istók Balázs
- 63 Hideghengermű-lemezmosó berendezés lemezmosó egységének hidraulikai vizsgálata
Experimental investigation of the efficiency of surface washing technologies in a cold rolling mill
Istók Balázs, Dr. Kristóf Gergely
- 63 Hurkolt iparivíz-elosztó rendszer hidraulikai elemzése
Hydraulic analyses of a looped industrial water distribution network
Dr. Kristóf Gergely, Istók Balázs
- 64 MÉRŐESZKÖZ-tesztelés és kalibráció
Testing and calibration of measuring devices
Dr. Goricsán I., Suda J. M.
- 65 Publikációk/Publications
- 71 Laboratóriumi mérések az áramlástan tárgyhoz
Laboratory measurements for the fluid mechanics course

6

5-6. SZÁM

GÉP, LIX. évfolyam, 2008.

ATMOSZFÉRIKUS HATÁRRÉTEGBEN LEJÁTSZÓDÓ ÁRAMLÁSI ÉS TRANSPORTFOLYAMATOK FLOW AND TRANSPORT PROCESSES IN THE ATMOSPHERIC BOUNDARY LAYER

Dr. Goricsán István,

Témavezetők: Dr. Lajos Tamás, Dr. Vad János, Dr. Greguss Pál

DOKTORI DISSZERTÁCIÓ KIVONATA

Napjaink növekvő energiaigényének kielégítése következményeként megjelenő szennyezés csökkentéséhez, ill. előrejelzéséhez szükségszerű a környezeti folyamatok megértése, leírása, előrejelzése.

Kutatásaimmal az áramlási viszonyok és gáznemű szennyező anyagok terjedése domborzati elemek, elsősorban fennsíkok közelében és városokban témakörben jelentkező, a szakirodalom által csak részlegesen vagy nem kellő mélységben tárgyalt kérdések megválaszolására törekedtem. Munkám nagyrészt kísérleti volt, így a kísérleti munkánál felmerülő mérés technikai fejlesztéseket is feladatommak tekintettem.

Szélcsatornában, változó hajlásszögű fennsík modell felett végzett sebességmező vizsgálataimmal egyéb célok mellett adatokat kívántam szolgáltatni a szél erőművek gazdaságos telepítéséhez, szilárdsági méretezéséhez, üzemeltetéséhez. Ezt a célt az atmoszférikus határ réteg áramlásba helyezett változtatható hajlásszögű fennsík modell előtt és felett hődrót anemométerrel történő sebességprofil mérésrel értem el.

A szélesebb domborzati elem, fennsík határára bekövetkező helyi növekedése (ld. 1. ábra) az ilyen jellegű területeket különösen alkalmasá teszi szél erőművek telepítésére. Mérési eredményeimre alapozva meghatároztam a fajlagos szél teljesítmény eloszlását a vizsgált terület felett (3. ábra). Az alkalmazott mérés technika és a kellően nagyszámú mérési pont megengedi a sebességmező részletes leírása mellett a turbulencia finomszerkezeti vizsgálatát is. Az általam alkalmazott, egyszerű geometriá-

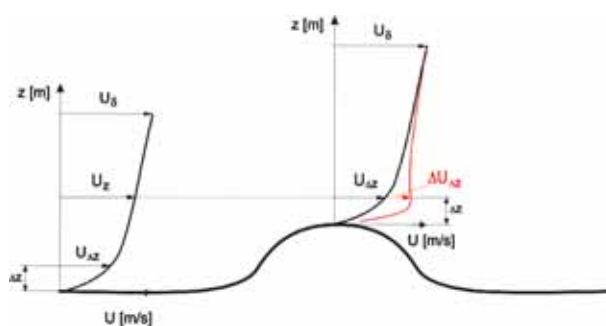
PhD THESIS ABSTRACT

Nowadays, there is an urge to understand, describe and predict environmental processes, which allows us to determine and reduce the increasing pollution caused by the satisfaction of growing energy demands.

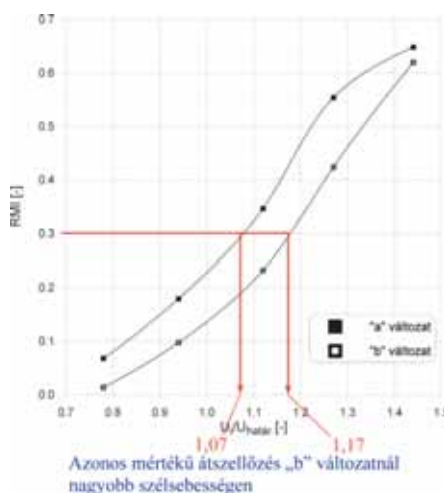
The aim of the present analysis was to give answers to the open questions about the flow and transport of gaseous pollution over topographic elements, especially over escarpment and built-up areas. My research field is mostly experimental. Hence problems arising from the measurement techniques were also to be solved.

The wind tunnel investigations of the flow field over an escarpment with various angles of inclination provided a data base for (e.g.) the economical installation, structural analysis and safe operation of wind power plants.

Hot-wire anemometry measurements have been carried out in an atmospheric boundary layer flow upstream and over the escarpment. Due to the speed-up (see Fig. 1.), these types of topographic elements are especially suitable for the installation of wind power plants. Based on my measurement results, the fractional speed-up and, resulting from this, the specific wind power distribution over the investigated topographic elements have been determined (Fig. 3.). The applied measurement technique (hot-wire anemometry) and the adequately large number of measuring points allow for the investigation of the fine turbulence structures beside the mean flow field. The simple geometry used in my investigations clearly affects the flow as well as the pollutant transport conditions, which is why I conducted pollution



1. ábra. Sebességnövekedés a hegy felszíne felett
Fig. 1: Speed-up over a hill

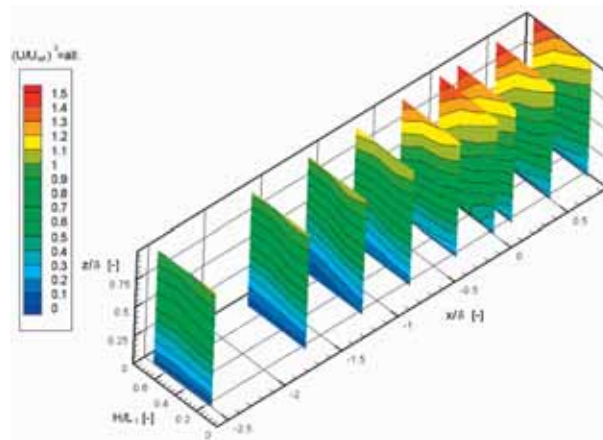


2. ábra. Az átszellőzés mértékére jellemző relatív átlagos intenzitás (RMI) a „diszkomfort” paraméter függvényében
Fig. 2: Wind comfort described by relative mean intensity as a function of the discomfort parameter

jú fennsík modell is nagymértékben megváltoztatja az áramlási, és ezzel a szennyezőanyag-terjedési feltételeket, ezért vizsgáltam a pontszerű forrásból izokinetikusan kibocsátott semleges szennyezőanyag koncentráció eloszlását.

Az általános célú kóddal végzett numerikus áramlástani modellezés nehézségeinek kiküszöbölésére kidolgoztam egy, a FLUENT turbulencia modelljeit alkalmazó módszert, amelynek alkalmazásával az atmoszférikus határreteg áramlás kívánt paraméterei a számítási tér mentén állandó értéken tarthatók (4. ábra). A módszer az alkalmazott turbulencia modelltől függően 0,16–0,4 profilkitevő tartományban (síktérs-nagyváros) elfogadható pontossággal alkalmazható.

A viszonylag időigényes, mintavételezésen alapuló diszperziós vizsgálatok korlátozott lehetőségei miatt gyorsan, egyszerűen használható módszer a lézersík koncentrációmérés. Ugyanakkor ez a módszer is tartalmaz korlátozásokat, amelyek kiküszöbölését célzó kutatásokat végeztem.



3. ábra. Állandó fajlagos széltejesítményhez tartozó felületek
Fig. 3: Iso-(specific) wind power surfaces

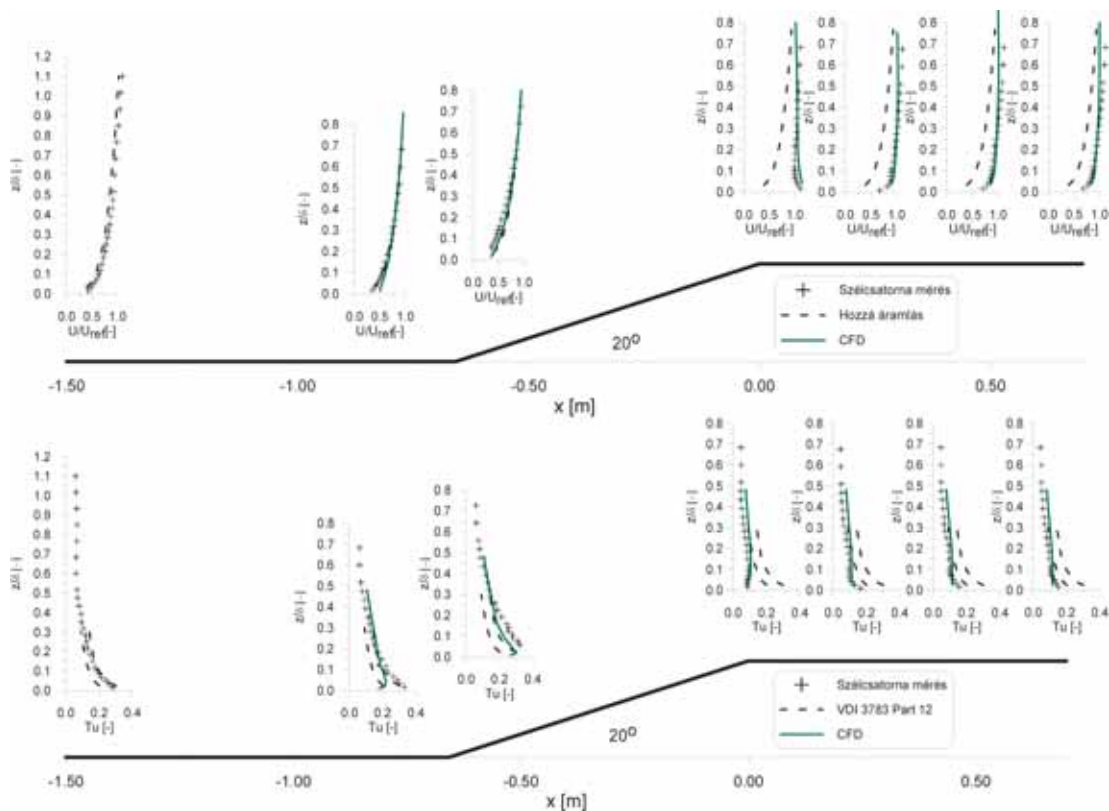
concentration distribution measurements in the case of isokinetic emission from a point source.

I developed a novel method, using the commercial CFD code (FLUENT), for simulating atmospheric boundary layer flow. In this model synthetic inflow conditions with default settings of the general turbulence models were implemented, avoiding the downstream decay of the turbulence (Fig. 4.). Using this method, a wide

range of atmospheric boundary layer flow can be covered, from flat terrain to urban conditions.

Contrarily to the time-consuming concentration measurement method, based on a sampling technique, the laser sheet concentration measurement is a fast and simply applicable technique. Elimination of the limitations connected to this technique has also been a part of my research.

A summary of the recent results of my research was given in the abstract of the thesis. Based on my measurements, modified formulas to define the spatial distribution of the mean wind speed and an integral length scale vari-



4. ábra. Mért és számított sebesség- és turbulenciaintenzitás profilok 2D fennsík felett
Fig. 4: Measured and simulated velocity and turbulence intensity profiles over a 2D escarpment

Kutatásaim új eredményeit tézisekben foglaltam össze. Méréseim alapján javaslatot tettem a domborzati elem hatására bekövetkező sebességváltozás és a turbulens örvények nagyságát és térbeli eloszlását megadó integrál hosszléptékeloszlás leírására. Javaslatot tettem egy, a szennyezőanyag-terjedés leírására szolgáló módszerre, amely a viszonylag egyszerű és a mérnöki gyakorlatban elterjedt Gauss-modellre épülve alkalmazható. Javaslatot tettem egy új detektálási módra épülő lézersíkós áramlásvizsgálati eljárásra. A módszer alapvetően optikai koncentrációmérésre került kifejlesztésre, sebességmérési alkalmazását a von Kármán Intézetben tesztelték. A városklíma-vizsgálatok esetén alkalmazott homokeróziós eljárást kombináltam egy digitális képfeldolgozáson alapuló kiértékelő eljárással, amellyel az egyes épületkonfigurációk esetén az átszellőzés mértéke számszerűsíthető, és így pl. a városépítési változások hatása előre jelezhető (2. ábra).

A mérési eredmények széles körű adatbázist biztosítanak egyszerű geometriájú fennsíkmodell feletti áramlási jellemzőket és szennyezőanyag koncentrációjának eloszlását illetően. Az adatbázis felhasználható szélenergetika célú és CFD validációs vizsgálatokhoz, valamint modellalkotási tevékenységhez.

ation caused by the simple model escarpment were proposed. Applying the widely used Gaussian plume model, a revised method for describing the pollution distribution in case of near-ground release was proposed. Moreover, application of a panoramic annular lens for laser sheet concentration and PIV measurements was proposed. Experimental validation of the feasibility of the PALLAS method has also been performed. The velocity measurement applicability of this method was verified at the von Kármán Institute for Fluid Dynamics. The sand erosion test has been combined with digital image processing to forecast the effect of structural modifications in built-up areas on wind climate (*Fig. 2.*).

The experimental results offer a wide-range data base concerning flow, turbulence and concentration fields over a simple model escarpment. The data base is applicable to both wind energy and CFD validation investigations, as well as model development.

KÖZÚTI JÁRMŰVEK FORGÓ KEREKE KÖRÜLI ÁRAMLÁS JELLEMZŐI, MÓDSZER KIDOLGOZÁSA ÁRAMLÁSOK ELEMZÉSÉRE CHARACTERISTICS OF THE FLOW FIELD PAST ROTATING WHEELS OF CARS, DEVELOPMENT OF A METHOD FOR THE ANALYSIS OF FLOWS

Dr. Réger Tamás

Témavezetők: Dr. Lajos Tamás, Dr. Michel L. Riethmuller

DOKTORI DISSZERTÁCIÓ KIVONATA

Az értekezés középpontjában a kerekek és kerékházak áramlási tere áll. A vonatkozó szakirodalom bemutatja, hogy a járművek légellenállása átlagosan 30%-kal, felhajtóerő-tényezője 40%-kal növekszik a kerékház és kerék nélküli alapmodellhez képest, ha kerékházakat alakítunk ki és azokban kerekek forognak. Ahhoz, hogy az előbb említett jelentős ellenállás és felhajtóerő-növekedést mérsékeljük, ismernünk kell az áramlás szerkezetét, az áramképet, valamint a járműre ható erők megoszlását a jármű felületén. A kerékházban és a kerék körül kialakuló áramlás háromdimenziós, határreteg-leválással jellemzett, turbulens áramlás, amelynek elemzése az ismert mérés technikák segítségével komoly korlátokba ütközik. A kerékházban kialakuló áramlás elemzésére az utóbbi évtizedben igen gyorsan fejlődő numerikus szimulációt alkalmaztuk.

Erre a célra szakirodalmi mérési adatokkal validált numerikus áramlási modelleket hoztunk létre, amelyek segítségével gyakorlati és általánosítható, tudományos következtetések vonhatók le. A validáció túlnyomórészt egyedülálló kerekek körüli áramlási jellemzők meghatározására végzett kísérletek publikált eredményein alapult. Egyedülálló kerék körüli áramképet és a középvonalán mérhető nyomáseloszlást mutat az 1. ábra. A nyomáseloszlást mutató ábrán mérési eredmények mellett a számítási eredmények is fel vannak tüntetve.

Az egyedülálló kerekek körüli áramlás elemzése után a kerékházban forgó kerék körüli áramlás vizsgálatára térünk rá. Először a szakirodalomban publikált, kerékházban forgó kerekekre vonatkozó mérési eredmények segítségével validáltuk a számítási modellünket, majd sziszte-

PhD THESIS ABSTRACT

The main purpose of the thesis is the investigation of the flow field inside the wheelhouses of cars. In the corresponding literature it is shown that the drag and lift of a car is increasing by 30% and 40%, respectively, when rotating wheels and wheelhouses are added to the basic vehicle body. To have a possibility for reducing this increase in lift and drag, one has to know the structure of the flow field, as well as the distribution of forces on the surfaces of the vehicle. The flow in the wheelhouse can be characterized as a three dimensional flow with boundary layer separation and turbulence, which makes the application of existing measurement techniques difficult. Computational fluid dynamics was used for the determination of the flow field.

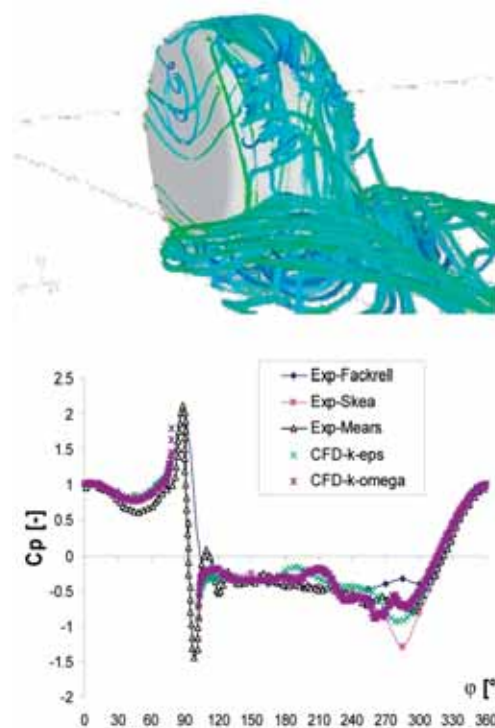
For the purpose of the computations, computational models from which general conclusions concerning the flow field can be drawn were created. The validation of the computations was carried out based on experimen-

tial results published in the corresponding literature. Thereafter the validated models were applied for a series of different vehicle geometries that represented the features of real cars. Two of these models are presented in Fig. 2.

In Fig. 2. a the model that has been used for experiments by Fabijanic [1] can be seen. In Fig. 2. b a model without a front face is represented, which was utilized for the investigation of the effect of the overall vehicle body on the flow field inside the wheelhouse.

A general flow field structure was determined and is represented in Fig. 3 by the vortex skeleton method for typical Reynolds numbers occurring for road vehicles and for average wheelhouse geometries.

After determining the flow field in the cars



1. ábra. Egyedülálló kerék körüli áramkép; nyomáseloszlás a kerék futófelületének közepén (Exp: mérés, CFD: számítás)
Fig. 1: Flow field past an isolated rotating wheel; pressure coefficient distribution in the centerline of the running surface of the wheel

matikusan több, egymástól eltérő geometriájú, azonban a közúti járművek áramlási sajátosságait reprezentáló járműmodellt készítettünk, amelyekből kettőt szemléltet a 2. ábra.

A 2. a ábrán látható modellt Fabijanac [1] mérte, a 2. b ábrán látható modellen nincs homlokfal, ez a karosszériaalak hatásának vizsgálatára készült. A különböző vizsgált járműmodellek homlokfalának egymástól eltérő geometriája lehetővé tette a homlokfal, valamint a homlokfal és kerékház közötti távolságváltoztatás kerékházban kialakuló áramlásra gyakorolt hatásának elemzését.

A különböző járműmodellek kerékházában a közúti járművekre jellemző Reynolds-szám-tartományban és átlagos kerékház geometria esetén a módosított örvényváz módszer segítségével meghatároztuk a kerékházakban kialakuló áramkép szerkezetét (ld. 3. ábra).

Az áramkép szerkezetének megismerése után került sor az aerodinamikai erők meghatározására. A vizsgálatokat a 2. c ábrán látható modell segítségével végeztük. Az aerodinamikai erők összetételének megismerése érdekében a járműmodell felületét részekre bontottuk és meghatároztuk a rájuk ható erőket a validált CFD-modell alkalmazásával. A kerekek és kerékházak hatásának megismerése érdekében elkészítettük a járműmodell alaptestét, amely nem tartalmazza a kerekeket és kerékházakat. Ezen a módon betekintés nyerhető a kerekek miatti felhajtóerő- és ellenállás-növekedés kialakulási módjába. A számítást $Re = 8.5 \cdot 10^5$ esetre végeztük, amit a kerék átmérőjével és a zavartalan áramlás sebességével számoltunk. A kerekek minden esetben forogtak a modellen.

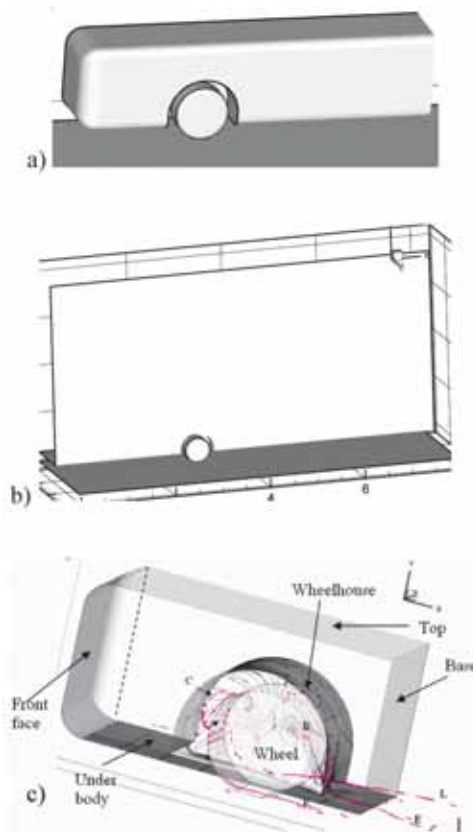
A numerikus szimuláció eredményeként az a következtetés vonható le, hogy a kerekek és kerékház jelenléte 37% nyomásnövekedést okoz a járműmodell homlokfalán, 6% nyomáscsökkenést pedig a hátfalon. Ez a változás a kerekek karosszéria alatti részbe nyúló részének hatásának tudható be, amelyek lelassítják a homlokfal alá áramló levegőt, megnövelve ezzel annak nyomását. A hátfalon tapasztalt kis mértékű változás oka a kerékházból kijutó lelassult áramlás (főként az E jelű örvény a 3. ábrán) és a jármű mögötti nyomkölsönhatása. A kerekek és

wheelhouse and the forces acting on them, research was carried out using a simplified wheelhouse geometry, in order to better understand the mechanisms of the unsteady flow. The aim of the investigation was the determination and analysis of the coherent structures of the flow. The instantaneous velocity fields of the flow field were determined by Particle Image Velocimetry experiments on an open cavity of depth $H = 20\text{mm}$, length $4H$. The experimental results were post-processed by the POD (Proper Orthogonal Decomposition) method, which is applicable for coherent structure extraction. Due to the purely mathematical character of the POD method, a priori known, synthetic flow fields were applied to understand what can be seen on the POD modes and what their relation is to the real flow structures. The second POD mode of the experimental velocity field and that of the property λ_2 can be seen in Fig. 4. a and Fig. 4. b. The definition of λ_2 can be seen in [2].

From the investigations using the synthetic flow images and the experimental data, as well as from the POD analysis of different vortex-indicating properties, e.g. the λ_2 , have shown that the pattern obtained on the second and third POD modes is in strong relation with the real flow structures.

The investigations on the aerodynamic forces was carried out using the model represented in Fig.2c. For the determination of the aerodynamic forces, the surface of the basic body (no wheel and no wheelhouse) and the simplified car body were divided into parts and on the basis of flow fields, calculated with the validated CFD model. Aerodynamic forces acting on these parts were determined by integrating the pressure and shear stress distribution over them. Therefore the contribution of different body elements, wheel and wheelhouse, to overall aerodynamic force coefficients were determined. The results reported here belong to Reynolds number $Re=8.5 \cdot 10^5$, calculated using the wheel diameter and the undisturbed flow velocity. Where wheels were present, they were rotating and the ground was moving.

It was concluded that the wheel and wheelhouse increase the pressure on the



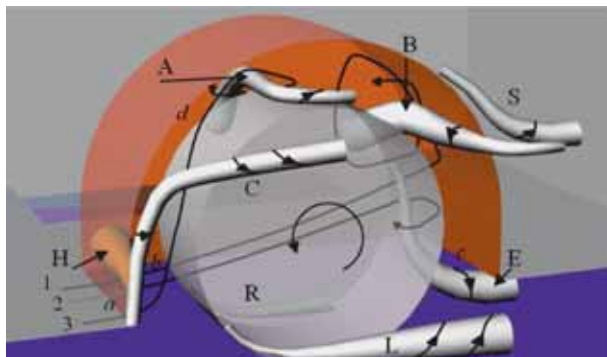
2. ábra. A kerékházban kialakuló áramlás vizsgálatához alkalmazott modellek
Fig. 2: Models for the determination of the flow field in the wheelhouse

kerékházak által okozott ellenállás-növekedés 62% az alapmodell ellenállásához viszonyítva. Ebből 17,2% a járműkarosszérián keletkezik, 44,7% pedig a keréken és a kerékházon. A kerék részesezése 35,6%, a kerékházé pedig 9.1% értékre adódott. Megállapíthatjuk, hogy az ellenállás növekedésének $\frac{1}{4}$ -e a járműmodell karosszériáján, $\frac{3}{4}$ -e pedig a keréken és a kerékházon keletkezik. Az ellenállásnövekedés túlnyomó része a keréken keletkezik.

Az előbb közölt pontos értékek az alkalmazott járműmodellre vonatkoznak, de az arányok és tendenciák általános érvényűnek mondhatók.

A járműmodellek kerékházában kialakuló áramkép leírása és a rájuk ható erők meghatározása után az áramlás mélyebb megismerése érdekében jelentős mértékben egyszerűsített kerékház modell esetére instacionárius áramlásra is kutatásokat végeztünk. A kerékház modellben kialakuló instacionárius áramlásban létrejövő koherens struktúrák meghatározása volt a vizsgálat célja. Az instacionárius áramlás pillanatképeit szélcsatorna-kísérletek segítségével egy $H = 20$ mm mélységű és $4H$, azaz 80 mm hosszúságú nyitott üregben kialakuló áramkép, PIV (Particle Image Velocimetry) mérés technika segítségével történő meghatározásával kaptuk. A mérési adatokat a koherens struktúrák detektálására alkalmas POD (Proper Orthogonal Decomposition) eljárás segítségével értékeltük ki. Mivel a POD-eljárással kapott módusok mintázatai főként matematikai jellegűek, ezért szintetikus áramképek segítségével meghatároztuk a módusok mintázata és a valóságban előforduló örvények közötti kapcsolatot.

A mérési eredményekből kapott pillanatnyi sebességmezők vektorainak komponenseire elvégzett POD analízis második módusát a 4. a, a λ_2 örvényjellemzőre elvégzett POD-analízis második módusát pedig a 4. b ábra mutatja azonos áramlási esetre. A λ_2 jellemző definícióját [2] tartalmazza. A szintetikus áramképeken végzett vizsgálatok és a különböző áramlási mennyiségekre elvégzett POD-analízis eredményeként azt kaptuk, hogy a második és harmadik módusokon látható mintázatok jó közelítéssel a valóságban előforduló örvényekkel egyeznek meg.



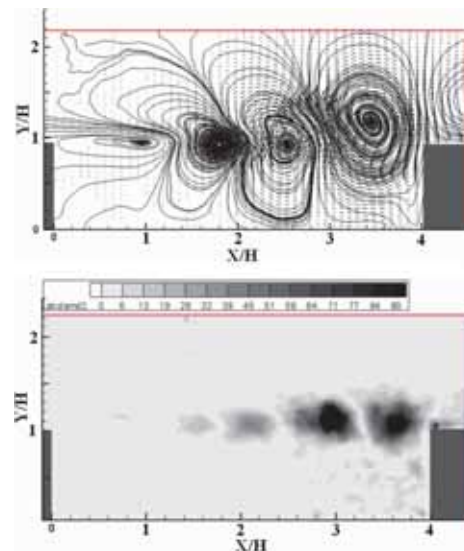
3. ábra. Kerékház áramkép örvényváz modellje
Fig.3: Vortex skeleton model of the wheelhouse flow field

front face, causing 37% increase in fore-body drag and decrease the pressure over the base, which results in 6% increase in base drag. This change can be explained by the effect of the lower part of the wheels, which reduce the velocity of under-body flow and increase in this way the pressure on the lower side of the fore-body. The minor change of the base drag indicates the interaction of the wake of the wheels (mainly vortex E in Fig. 3) and that of the body. The overall increase of drag acting on the simplified car model as a consequence of the wheels and wheelhouses is 62% with respect to that of the basic model. Out of this, 17.2% is the increase of drag acting on the body (predominantly the increase of the sum of fore-body and base drag). In addition to this, the drag acting on the wheels and wheelhouses causes individually 35.6% and 9.1%, respectively and 44.7% increase in overall drag. It can be concluded that $\frac{1}{4}$ and $\frac{3}{4}$ of the significant increase in drag comes from an increase of drag on the body and on the wheel and wheelhouse, respectively. The majority of increase (57.4%) is due to the drag acting on the wheel.

The exact values presented above correspond to the vehicle model applied for this specific investigation, but the proportions, tendencies and the basic mechanism can be concluded to be general.

REFERENCES

- [1] FABIJANIC, J., 1996, "An experimental investigation on wheel-well flows" Society for Automotive Engineers, paper, 960901. p. 161–172
- [2] JEONG, J., HUSSAIN, F., 1995, "On the identification of a vortex", J. Fluid Mechanics, vol. 285, p. 69–94



4. ábra. a) a pillanatnyi $u(r, t)$ sebességvektorok második POD-módusa; b) a λ_2 örvényjellemző skalár második POD módusa
Fig.4: a) second POD mode of the instantaneous velocity $u(r, t)$; b) second POD mode of λ_2

SPRAYKÉPZŐDÉS MODELLEZÉSE DÍZELMOTOROKBAN MODELING OF SPRAY FORMATION IN DIESEL ENGINES

Dr. Kadocsa András

Témavezetők: Dr. Kristóf Gergely, Dr. Reinhard Tatschl, Eberhard von Berg

DOKTORI DISSZERTÁCIÓ KIVONATA

A sprayképződés fontos szerepet játszik a dízelmotorok hatékonyságában és környezetbarát működésében. A terület numerikus szimulációval történő kutatása több mint két évtizedes múltra tekint vissza, ugyanakkor a megnövekedett befecskendezési nyomások, az összetett befecskendezési stratégiák (pl. többlépcsős befecskendezés) és a HCCI-motorok megjelenése új kihívások elé állította a sprayképződés szimulációs módszereit, és ezzel egy időben megnöttek a motorfejlesztésben alkalmazott szimuláció pontosságával kapcsolatos elvárások. Mivel az égési és károsanyag-képződési modellek a sprayképződés eredményeit bemenő adatként használják, a spray képződése modellezésének pontossága kiemelt fontosságú a teljes szimuláció pontossága szempontjából.

A disszertáció célja, hogy a fejlesztési lehetőségek felmutatásával és új modellezési megoldások javaslatával hozzájáruljon a sprayképződés pontosabb modellezéséhez. A kutatás fő vizsgálati területe az elsődleges és a másodlagos cseppképződés volt, különös tekintettel a gyermekcseppképződési mechanizmusra.

A FIRE v8.3 nevű, kereskedelmi forgalomban hozzáférhető, 3 dimenziós, belső égésű motor szimulációra specializált CFD-szoftverrel vizsgáltunk dízelspray-eket, melyek 5 különböző kísérleti dízelbefecskendező fűvókából származnak. A befecskendezés 87,5 MPa nyomáson történt, szobahőmérsékletű CO₂ közegbe, 2 ms időtartam alatt. A mérés – és ennek megfelelően a szimuláció – teljes időtartama 8 ms volt.

A modellezés általános jellemzője a Discrete Droplet Method (DDM) módszer használata, melyben a „csepp csomagokat” (parcels) Lagrange-i szemléletben követi a rendszer. Minden csepp csomag azonos tulajdonságokkal rendelkező cseppekből áll, jelentős számítási időszükségletet takarítva meg ezzel. A sprayszámításhoz szükséges idő alciklusokat a kód határozza meg automatikusan.

Az 1990-es években alkalmazott általános szemlélettel ellentétben, ahol cseppfelbomlást egy modell használatával modellezték, a disszertációban külön elsődleges és másodlagos cseppfelbomlási modellt használtunk. Mivel a befecskendező fűvókában zajló turbulencia és kavitáció fontos szerepet játszik a kilépést követő felbomlási folyamatban, ezek figyelembevételével az elsődleges cseppképződési modell által alapvetően hozzájárul a sprayképződés pontosabb modellezéséhez.

A másodlagos cseppképződéshez a WAVE-modellt használtuk, mely a csepp stabil átmérőjét a leggyorsabban növekedő felületi hullám hullámhosszából számítja. Az elsődleges cseppképződést a Diesel Breakup-modell

PhD THESIS ABSTRACT

The spray formation process plays an important role in the efficiency and environmental friendliness of diesel engines. Research of this process, by means of numerical simulations, dates back to more than two decades. However, increased injection pressures, sophisticated injection strategies (e.g. split injection) and the emergence of HCCI engines recently brought new challenges in the simulation of spray related processes, while at the same time, the demand on the accuracy of engine simulations also increased. Since subsequent combustion and pollutant formation models use the results of spray calculations as an input, the accuracy of spray formation modeling is of utmost importance.

The aim of the Thesis is to contribute to the more accurate modeling of spray formation through identifying areas for improvement and proposing new modeling solutions. The main focus of the research was the modeling of primary and secondary breakup, with special respect to child droplet production mechanisms.

FIRE v8.3, a commercially available, 3 dimensional CFD software, specialized in engine design, was used for simulation of the diesel fuel spray of five different research injector nozzles. Injection occurs with a pressure of 87.5 MPa into a high pressure CO₂ atmosphere (2.1 MPa) with room temperature, and lasts 2 ms. The entire time frame of the measurement and consequently of the simulation was 8 ms.

The general framework of modeling includes use of the Discrete Droplet Method (DDM), according to which droplets are tracked in parcels in a Lagrangian way. Each parcel consists of droplets with uniform properties, thus saving on calculation time. Subcycles for the simulation of spray processes are automatically determined by the code.

Contrary to the general approach used until the end of 1990s, where the breakup process was modeled with one uniform model, in the approach used in this Thesis a separate primary and secondary model were used. Since turbulence and cavitation of injected liquid play an important role in subsequent breakup processes, taking the characteristics of injector nozzle internal flow into account fundamentally contributes to the more accurate modeling of spray formation.

Secondary breakup is modeled using the WAVE model, which calculates the stable diameter of droplets based on the wavelength of the fastest growing surface wave, while primary breakup is calculated using the Diesel Breakup model. In this latter model, beside the

használatával modelleztük, mely az aerodinamikai erők mellett a befecskendezett tüzelőanyagban lévő turbulenciából és a kavitációból származó erőket is figyelembe veszi, és a két mechanizmus közül – turbulens, illetve aerodinamikai felbomlás – a gyorsabb felbomlást eredményező mechanizmust választja a felbomlás paramétereinek meghatározásához.

Mindkét modell által alkalmazott fontos mechanizmus a gyermekcseppképződés, melynek keretében a csepp csomagban tartalmazott tömeg egy része leválik, és külön cseppcsomagban, az adott körülményeknek megfelelő stabil átmérőjű cseppek formájában folytatja útját.

Ezek mellett a modellek mellett az ütközést és egyesülést, a csepléggellenállást és a párologást is külön modellek vezérlik, melyeket szintén használtunk a szimulációk során.

Kutatási együttműködés keretében mérési adatok álltak rendelkezésre az eredmények validálásához. A spray csúcs behatolási görbéje mellett az SMD-re, a spray-szögére, a spray alakra és a cseppméreteloszlásra is rendelkezésre álltak adatok. Ez utóbbi csak az alapfűvókára vonatkozóan volt hozzáférhető, a többi adat azonban mind az 5 fűvókához rendelkezésre állt.

Eredményeink szerint a dízelmotorokban szokásos befecskendezési sebességek és gázközegsűrűségek mellett az eredeti, általánosan alkalmazott gyermekcseppképződési modell nagyszámú nagyon kis cseppeket eredményez. Vizsgálatainkban megmutattuk, hogy ez a jelenség jelentősen befolyásolja az összehasonlíthatóságot a mérési adatokkal, mivel a mérés alsó érzékelési korlátjának megfelelően az 1 mikron alatti méretű cseppeket ki kell zárni a vizsgálatból. Emellett kimutattuk, hogy mivel a befecskendezési fázis alatt folyamatosan keletkeznek és tűnnek is el a cseppek, a vizsgálati tér alakja és helye kiemelt jelentőségű.

Az eredmények ismeretében a befecskendezés tengelyére merőleges síkot javasoltunk, 25 mm távolságban a befecskendező fűvókától, illetve emellett egy 72 mm-re lévő síkot a mérés helyével való egyezéshez.

A vizsgálataink második fázisában megmutattuk, hogy gyermekcsepp képződési használatok a cseppeloszlások mind a három fajtája (darabszám-, felület- és tömegsúlyozott), a gyermekcseppképződési mechanizmusból származó, nagy darabszámban jelenlevő cseppek következtében, 25 mm távolságban jelentős bimodalitást mutat (1. ábra), mely nincs jelen a valós csepp méreteloszlásokban. A bimodalitás további következményeként megmutattuk, hogy a nagyon kisméretű gyermekcseppek nagyszámú jelenléte torzítja az eredmények összehasonlíthatóságát a mérési eredményekkel, mivel ezek a kis cseppek az áramlással a spray tengelye felé sodródnak.

Ennek a jelenségnek a számszerűsítésére az alábbi dimenziótlan számot javasoltuk,

$$M(n_{sc})_s = \frac{\sum_{i=1}^{n_{sc}} \Delta p_i D_{diff_i}}{SMD} \quad (1)$$

aerodinamikai erők, forces stemming from turbulence and cavitation in the injected liquid are also considered, and the breakup mechanism resulting quicker breakup – aerodynamic versus turbulent breakup – is chosen for governing it.

An important characteristic used in both breakup models is child droplet production, which means that a certain portion of the mass contained in a parcel is separated and launched in a new parcel, with a stable diameter which is valid under the prevailing circumstances.

Beside these models, collision and coalescence, droplet drag as well as evaporation models were also incorporated into the simulations.

A set of measurement data was available, through a research partnership, for validation of the results. Beside penetration of spray tip, SMD, spray angle, spray shape and droplet size distribution data were also available. Droplet size distribution was available for the baseline injector nozzle, while all other properties were available for all five injector nozzles.

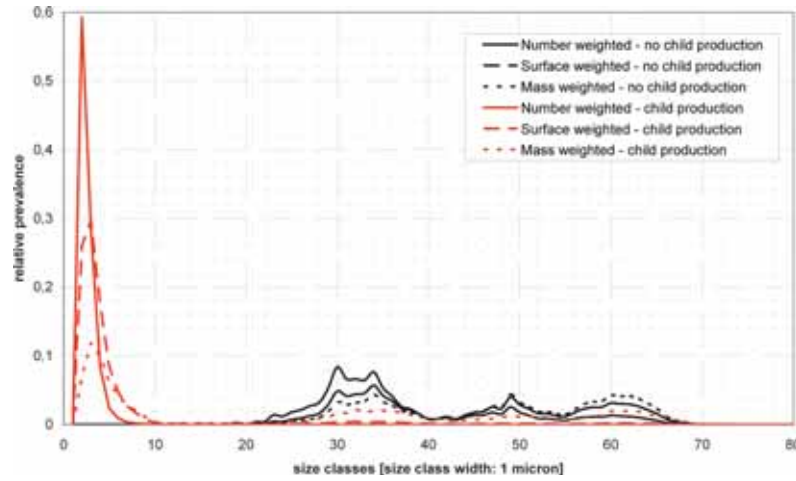
Results showed that for the injection velocities and ambient gas densities characteristic of diesel engines, the original, generally used implementation of child droplet production results in a large number of very small droplets. Our investigations showed that this phenomenon materially influences the quality of comparability with measurement data, since droplets under 1 micron are neglected in the simulation, in order to match measurement conditions where the lower limit of perception was approximately this value. Besides that, since droplets are continuously produced throughout the injection phase but at the same time continuously decrease in diameter, choosing the correct type and location of sampling, for assessment of sprays, is crucial.

Based on the results, a plane of investigation was recommended at 25 mm downstream of the injector nozzle, perpendicular to the axis of injection, and also at 72 mm downstream of the injector nozzle, in order to match measurement location.

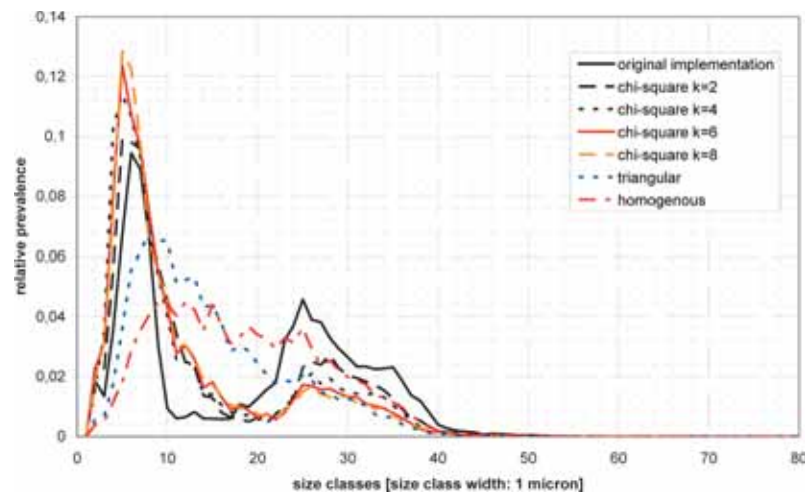
During the second phase of the investigation, it was shown that if child droplet production is applied, all three types of droplet size distributions (number, surface and mass weighted) exhibit a considerable bimodality at 25 mm downstream of the injector nozzle due to the large number of droplets stemming from child droplet production (Fig. 1), which is not present in real life droplet size distribution. As a further consequence of bimodality, it is shown in the Thesis that high proportion of very small child droplets distorts comparability of results with measurement data through distracting this disproportionately high level of small droplets towards the spray axis.

A non-dimensional number is proposed for quantifying this phenomenon, as given below,

$$M(n_{sc})_s = \frac{\sum_{i=1}^{n_{sc}} \Delta p_i D_{diff_i}}{SMD} \quad (1)$$



1. ábra. Méreteloszlási görbék gyermekcseppképződés figyelembevételével illetve anélkül, a fűvókától 25 mm távolságban
 Fig. 1: Size distribution curves without and with child droplet production, respectively, at 25 mm downstream of injector nozzle



2. ábra. Felületsúlyozott méreteloszlások a befecskendező fűvókától 72 mm távolságban, a 6 vizsgált modellel és a gyermekcsepp eredeti implementációval számítva
 Fig. 2: Surface weighted droplet size distributions of investigated cases 72 mm downstream of injector nozzle

ahol a Δp_i az adott méretosztály és az azt megelőző méretosztály előfordulási arányának különbsége, a teljes populáció SMD-értékét tartalmazó méretosztálytól mindkét irányba haladva, csak a pozitív értékeket figyelembe véve (vagyis ha az SMD-től távolodva az egyes méretosztályok előfordulási aránya ismét nő). A D_{diff} értéke az adott méretosztály közepes mérete és a teljes populációra vonatkozó SMD közötti különbség.

A disszertációban bemutattuk, hogy minél magasabb a modalitás index mérete, annál nagyobb a vizsgált csepppopuláció méreteloszlásának bimodalitása.

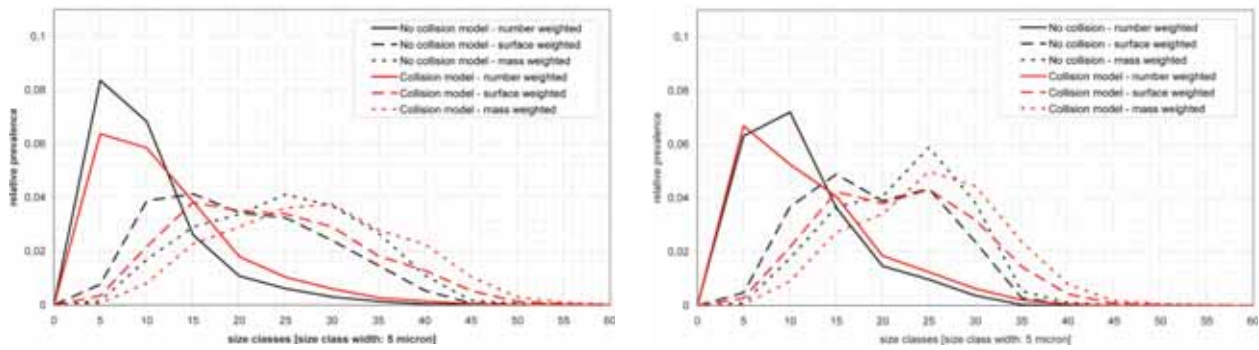
Szintén vizsgáltuk a gyermekcseppképződést befolyásoló paraméterek hatását, és kimutattuk, hogy a gyermekcsepp tömeget befolyásoló paraméter növelése jelentősen csökkenti az SMD-t, míg a képződési gyakoriság csökkentése növeli az SMD értékét.

6 új modellt javasoltunk és vizsgáltunk a gyermekcseppképződés modellezésére. Mind a hat modell egy kumulált függvényen és egy véletlengenerált

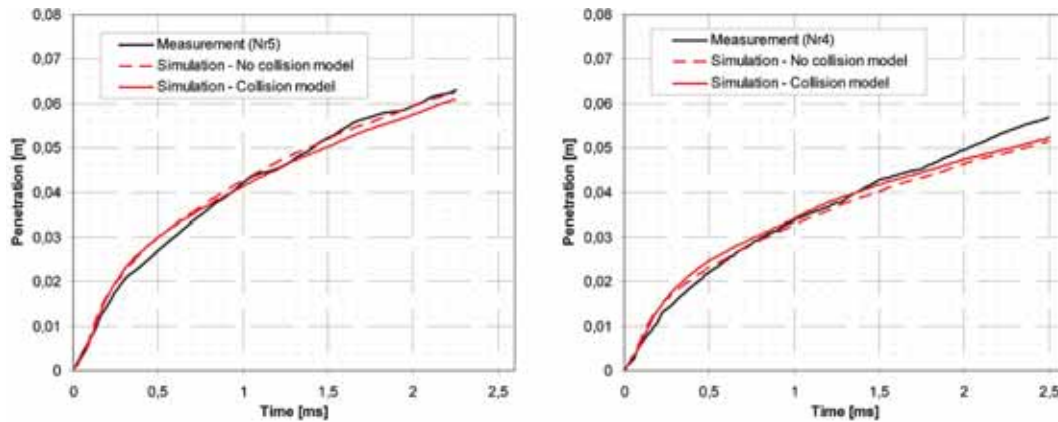
where Δp_i stands for the difference between the prevalence of a certain size class and that of the previous size class, but only for cases where the size class in consideration has a higher prevalence as that of the previous size class (i.e. the difference is positive). Δp_i is calculated through stepping from size class to size class to both directions, starting from the size class where the SMD value is located. D_{diff} is the absolute value of difference of mean size class diameter and the SMD value, for each Δp_i value calculated.

The higher the value of the modality index is, the more bimodal the spectrum in consideration is, which was demonstrated in the Thesis using sample calculations.

The effect of the parameters influencing child droplet production was also investigated, and it was shown that increasing child droplet mass proportion parameters significantly decreases SMD, while decreasing child droplet production frequency increases the SMD of the droplet population.



3. ábra. Két minta eset méreteloszlási görbéi
 Fig. 3: Droplet size distribution curves from two sample simulation cases



4. ábra. Két minta eset behatolási görbéje a szimuláció és a mérési eredmények alapján
 Fig. 4: Penetration curve from two sample simulation cases and measurement data

számon keresztül kapcsolja a stabil átmérőhöz a gyermekcseppekhez rendelendő átmérőt.

A legjobb eredményeket a homogén kumulált méreteloszlást tartalmazó modell szolgáltatja. Az ezzel kapott eredmények tartalmazzák a legegyszerűsebb méreteloszlást (2. ábra) és ezek nyújtják a legjobb egyezést a mérési adatokkal.

A legjobb egyezést adó gyermekcseppek képződési modell kiválasztása után és annak használata mellett három ütközési és egyesülési modellt is megvizsgáltunk, és az eredmények ismeretében az O'Rourke-modell használatát javasoltuk.

Az új gyermekcseppek képződési modellt mind az öt fűvókára validáltuk, az ütközés és egyesülés figyelembe vételével és annak elhanyagolása mellett egyaránt. A spray minden vizsgált tulajdonsága tekintetében jó egyezést kaptunk, mint az a 3. és 4. ábrán bemutatott mintaesetekenél is megfigyelhető.

A disszertáció készítése során alkalmazott CFD-kódot széles körben alkalmazzák a belsőégésű motor kutatásban és fejlesztésben. A javasolt új, validált gyermekcseppek képződési modell ennek a szoftvernek a 2007 elején kiadott verziója óta beépítve a felhasználók rendelkezésére áll.

Six new models for calculation of child droplet size were introduced and investigated. All six models relate the size assigned to child droplets to the stable diameter prevailing under the considered circumstances using a cumulated distribution and a random number.

Best results were obtained with the homogenous type of size distribution. This model gives the most equal droplet size distribution (Fig. 2) and best agreement with measurement results.

After choosing the best new child droplet production mechanism, three collision and coalescence models were also investigated in combination with the new model for child droplet production. Based on the results, use of the O'Rourke collision model was proposed.

The new child droplet production model was validated for all five injector nozzles, with both taking and also not taking into account droplet collision and coalescence. All properties of the spray gave good agreement, as shown on two sample cases in Figs. 3 and 4.

The CFD code used throughout the simulations in this Thesis is widely used in internal combustion engine research and development. The new model proposed and validated has been implemented into this software and is available in the latest version released in early 2007.

TÖBBLÉPTÉKŰ TERJEDÉSI MODELLRENDSZER FEJLESZTÉSE ÉS TESZTELÉSE DEVELOPMENT AND TESTING OF A MULTISCALE MODEL SYSTEM

Dr. Lajos Tamás, Balczó Márton, Balogh Miklós, Dr. Goricsán István

NKFP 3A/088/2004 projekt (2004–2007)

Résztevők/Participants: Országos Meteorológiai Szolgálat (konzorciumvezető), BME Áramlástan Tanszék, ELTE Meteorológia Tanszék, Fővárosi Levegőtisztaságvédelmi Kft.

Az Áramlástan Tanszék feladata az NKFP projektben a kutatásban résztvevő intézményekkel együttműködve a nemzetközi kutatási, fejlesztési trendekbe illeszkedő olyan vizsgálatok és fejlesztések elvégzése volt, amelyek eredményeként pontosabbá, megbízhatóbbá válik a légkörbe kerülő szennyezők modellezésének mindkét változata, a szélcsatorna mérés technika valamint az áramlások és a terjedési folyamatok numerikus szimulációja.

A projekt végrehajtása során az első feladat a terület nemzetközi szakirodalmának feltérképezése, a tudományos háttér és gyakorlat megközelítéseinek, eredményeinek összefoglalása volt. Ehhez kapcsolódóan a Tanszék munkatársa képviseli Magyarországot a COST 732 projektben, amely a mikroléptékű szennyező terjedés modellezés minőségbiztosításával foglalkozik. A projektben elért eredmények megjelentek nemzetközi és hazai publikációkban és a COST megfelelő dokumentumaiban.

Az NKFP projekt keretében az Áramlástan Tanszéken végzett munka fontosabb eredményei az alábbiak:

Kifejlesztettünk egy saját tervezésű, PC által vezérelt 24 csatornás mintavevő rendszerből és lángionizációs elven működő koncentrációmérő berendezésből álló mérőrendszert, amelyet a szélcsatornaméréseknél sikerrel alkalmaztunk.

Megterveztünk és részben kivitelezettünk egy PC-vezérelt, a tér 3 koordinátája mentén mozgó, megfelelő pontossággal működő pozicionáló rendszert, amely lehetővé teszi a szélcsatorna mérőterének előírt pontjaiban történő sebesség-, turbulencia- és koncentrációmérést.

A KSH adataira támaszkodva és a német nyelvterületen használt módszert adaptálva elkészítettük a hazai közúti járműpark jelenlegi kibocsátásának számítására és előrejelzésére alkalmas módszert, amely nélkülözhetetlen a várható immisszió megbízható előrejelzéséhez.

Elemztük az Erzsébet téri mérőállomás egyéves adatait, amely a járműpark emisszió adatai mellett alapjául szolgált a szennyező immisszió numerikus szimuláción és szélcsatorna mérésen alapuló meghatározásának értékeléséhez. Emellett az adatok alapján érdekes következtetéseket lehet levonni az immisszió napszakonkénti és évszakonkénti változására.

Elkészítettük az Erzsébet tér, a Baross tér és a Kosztolányi Dezső tér és környéke 1:500 léptékű, valamint Békásmegyer–Budakalász, Üröm–Pilisborosjenő és a solymári csomópont 1:1000 léptékű modelljeit. E modelleken a levegőszennyezettség alakulását

The work of the Department of Fluid Mechanics in the NKFP project was to carry out investigations according to the current international research and development trends in cooperation with the institutions taking part in the research, which result in making both types of atmospheric pollutant modelling, i.e. wind tunnel measuring technique and numerical simulation of flow and dispersion, more accurate and reliable.

During the project the first step was to map the current international bibliography of the field and to summarise the approach and results of the scientific background and the practice. In connection with this a colleague of the Department represents Hungary in the COST 732 project, which deals with the quality assurance of microscale pollutant dispersion modelling. The results achieved in this project have been published in international and national periodicals and in the relevant documents of COST.

The most significant results of the work of the Department of Fluid Mechanics in the framework of NKFP project are the following:

A measurement system consisting of an individually designed PC-driven 24 channel sampler system and a flame ionisation concentration measuring equipment was developed, which was applied successfully during the wind tunnel experiments.

A PC-driven positioning system moving along the 3 spatial dimensions with adequate accuracy was designed and in part constructed, which enables the measurement of velocity, turbulence and concentration at specified points of the wind tunnel test section.

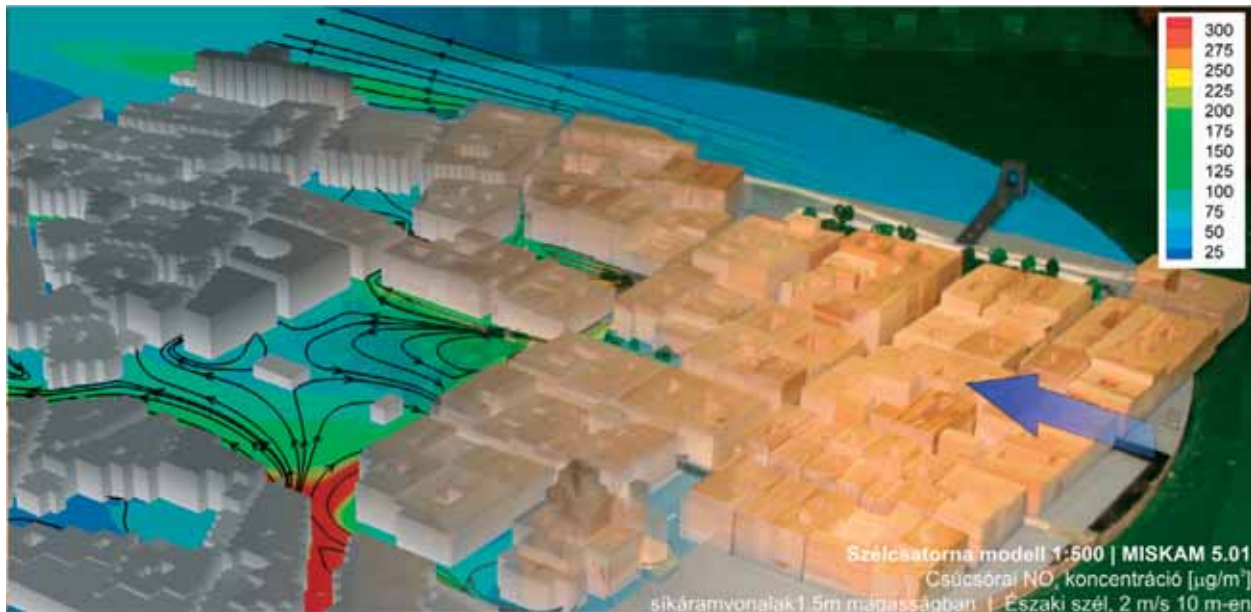
Based on the data of the Hungarian Central Statistical Office and adapting the method used in Germany and Austria a method suitable to measure and predict the emission of the road vehicle park of Hungary was elaborated, which is essential to predict the immission reliably.

Data series of a year at the Erzsébet square measurement stations were analysed, which, apart from the emission data of the vehicle park, are the basis of the evaluation of the pollutant immission modelling with numerical simulation and wind tunnel experiments. Besides, significant conclusions can be drawn about the daily and annual fluctuation of immission.

Models of the Erzsébet, Baross and Kosztolányi Dezső square and their neighbourhood in a scale of 1:500 and of the junctions at Békásmegyer-Budakalász, Üröm-

szélszámítással határoztuk meg. Ugyanezen területek fölött az áramlás numerikus szimulálásával is meghatároztuk az immissziót. A numerikus szimulációval kapott eredményeket összehasonlítva a mérések eredményeivel a numerikus szimuláció pontosságával, megbízhatóságával kapcsolatos következtetéseket vontunk le (1. ábra). Az első három (belvárosi) terület esetén a kétféle modellezés eredményeit összevetettük a mérőállomásokkal mért adatokkal, ami a valóság modellezésének megbízhatóságára vonatkozó információkat szolgáltatott.

Pilisborosjenő and Solymár in a scale of 1:1000 were built, and the distribution of air pollution was modelled on them in wind tunnel. The immission of the same area was also defined by numerical simulation of the flow. Comparing the results conclusions were drawn about the accuracy and reliability of numerical simulation (Fig. 1.). In case of the first three areas (inner city) the results were compared to the data of measurement stations, which provided information about the reliability of modelling reality.



1. ábra. Szennyezőanyag-terjedési vizsgálatok: mérés és számítás
Fig. 1: Pollutant transport investigations: measurement and simulation

A Békásmegyer–Budakalász, Üröm–Pilisborosjenő és a solymári csomópont vizsgálata a fentiekén túlmenően lehetővé tette a domborzat szennyező terjedésre gyakorolt hatásának kutatását, a MISKAM numerikus szimulációs célszoftver továbbfejlesztését abból a célból, hogy domborzat esetén is használható legyen, az autóutakon kibocsátott szennyeződés terjedés modellezését és elemzését, az alagút kijáratok kölcsönhatásának modellezését és az azokból pontszerűen kilépő szennyeződés terjedésével, és az immissziókürtők alkalmazásával történő csökkentésére irányuló vizsgálatok elvégzését.

A munka során kifejlesztettünk és alkalmaztunk egy új rendszerű nyomgáz vonalforrást, amely lehetővé teszi a nyomvonal, vagy/és a domborzat miatt ívelt útszakaszokon, valamint a hidakon haladó járművek által kibocsátott szennyező modellezését.

Eljárást és GUI (Graphical User Interface) felületen működő módszertani segédlet szoftvert fejlesztettünk ki az alap légszennyezettség meghatározására, amelynek segítségével egy adott létesítmény esetén eldöntendő kérdésekre adott válaszok megadásával, előírt vizsgálatok elvégzésével meghatározható az alap légszennyezettség.

A mezoskálájú meteorológiai jelenségek modellezésére széles körben használják az AERMOD modellt. Ha

The investigations of the junctions at Békásmegyer–Budakalász, Üröm–Pilisborosjenő and Solymár in addition to this enabled to study the effects of terrain on the dispersion of pollutant; to develop MISKAM numerical simulation software, so that it could be used in case of terrain as well; to model and analyse the dispersion of pollutants along highways; to model the interference of tunnel exits and the dispersion of the point sources emitted by them; and to investigate the aim of decreasing the immission by applying duct.

A new trace gas line source system was developed and applied, that enables to model the pollutant emitted by vehicles driving at road sections that form a curve because of the path or the terrain, and also to model the emission of vehicles on bridges.

A process and a methodology aid software working with GUI (Graphical User Interface) were developed to define the base (background) air pollution, and with the help of that software, base air pollution can be defined at a given institution by answering some yes or no questions and by completing specific investigations.

The AERMOD model is widely used to model mesoscale meteorological phenomena. If we would like to know the pollutant concentration on a smaller scale or

kisebbskálán szeretnénk ismerni a szennyezőanyag koncentrációt, ill. az épületek hatását is figyelembe akarjuk venni, akkor nagyobb felbontású modell használatára van szükségünk. Erre a MISKAM CFD-modell alkalmas, amelyet úgy használhatunk, hogy az AERMOD-moddellel nagyobb skálán kiszámolt meteorológiai információkat (szél és hőmérsékleti profilok) egy interfész segítségével felhasználhatjuk a mikroskálájú MISKAM-modell peremfeltételeként. Így nagyobb felbontásban vizsgálhatjuk az áramlási mezőt, és számíthatjuk a szennyezőanyag-terjedést.

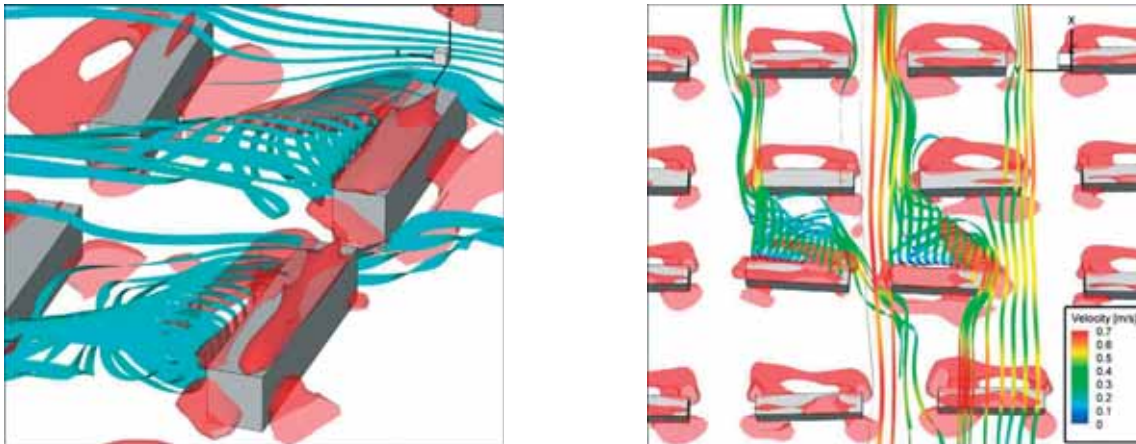
A vizsgálatok során világossá vált, hogy a légköri stabilitási állapotot szélesatornaméréseknél és a CFD-(Computational Fluid Dynamics) kódoknál csak igen korlátozottan vehető figyelembe, ami miatt megoldhatatlan nehézségek merülhetnek fel kritikus légkör stabilitási állapotok esetén a szennyező terjedés modellezésénél. A meteorológiai szoftverek képesek a stabilitásiállapotok modellezésére, azonban felbontásuk nem elégséges utcaléptékű szennyező terjedés szimulációjára. Ezért kutatásokat végeztünk, amelyek eredményeként jelentős nemzetközi érdeklődést kiváltó megoldásra jutottunk: egy transzformációval lehetővé vált az atmoszférában kialakuló hőmérsékleti rétegződés nagy felbontású CFD-kóddal történő számítása, és ezáltal speciális atmoszférikus jelenségek (pl. hősziget) és szélsőséges stabilitási viszonyok mellett mezoskálán is a városi szennyező terjedés helyes modellezése.

A városi épületek összetett geometriája igen komplex áramlási viszonyokat hoz létre, amelyek értelmezése akkor is nehézségbe ütközik, ha a szélesebb adatok a tér pontjaiban rendelkezésre állnak. Ezért városi áramkép-szimulációk eredményeire sikerrel alkalmaztuk a koherens struktúrák más területekre kialakított eljárását: a módszerrel az áramképek szerkezete érthetővé vált, ami lehetővé teszi megalapozott mérnöki döntések meghozatalát (2. ábra).

we would like to take into consideration the effects of the buildings, a higher resolution model is needed. The MISKAM CFD (Computational Fluid Dynamics) model is suitable for this; only the meteorological information calculated by the AERMOD on a larger scale must be used with an interface as the boundary condition of the microscale MISKAM model. So the flow field can be studied in higher resolution and the dispersion can also be calculated.

In the course of the investigations it clearly turned out that the atmospheric stability condition can only be taken into consideration within limits by the wind tunnel experiments and CFD codes, which may cause insoluble difficulties when modelling the dispersion of pollutants, in case of critical atmospheric stability conditions. Meteorological software is able to model stability conditions, but their resolution is not high enough for the simulation of dispersion on street scale. So we carried out investigations which resulted in a solution that brought about significant international interest: a transformation enables to calculate the thermal atmospheric stratification with high resolution CFD code and so properly model special atmospheric phenomena (e.g. heat island) and the mesoscale dispersion of pollutants in extreme stability conditions.

The complex geometry of urban buildings generates complex flow conditions, and the interpretation of those is difficult even if the wind velocity data in certain points are at disposal. So the process of coherent structures developed for other fields were successfully applied to simulate urban flow patterns: with this method the structure of the flow pattern became comprehensible, which helps to make established technical decisions (Fig. 2).



2. ábra. Épületek körüli áramlási struktúrák
Fig. 2: Flow structures past buildings

MŰANYAG HŐCSERÉLŐ BERENDEZÉSEK FEJLESZTÉSE DEVELOPMENT OF PLASTIC HEAT EXCHANGERS

Dr. Koscsó Gábor

GVOP pályázat/Grant

Résztevők/Participants: Kompozitor Műanyagipari Fejlesztő Kft., BME Áramlástan Tanszék és CONSACT Kft. (2005–2007)

Hőcserélőket számos helyen alkalmaznak hő átszármaztatására egyik közegből a másikba energetikai és vegyipari folyamatok során, illetve folyamatok hatásfokának növelése érdekében. A fém hőcserélők beépítését sokszor a szerkezeti anyag korróziós problémái nehezítik meg. Annak ellenére, hogy a műanyagok általában rossz hővezetők, ha a hőátadó felület mindkét oldalán légnemű közeg áramlik, a hőátviteli tényező értékét alapvetően a kis hőátadási tényezők határozzák meg, és a fal anyagának hővezető képessége kevésbé befolyásolja azt. Ilyen esetekben a műanyagból készült, kémiai hatásoknak ellenállóbb hőcserélők alkalmazása előnyös lehet. A témával kapcsolatos ismeretek bővítése, illetve konkrét termékek kifejlesztése érdekében a Kompozitor Kft. „Műanyag hőcserélő berendezések fejlesztése” címen GVOP-pályázatot nyert. A pályázati feladatok közül a fejlesztéssel kapcsolatos hőcserélők kísérleti vizsgálatát és CFD-modellezését Tanszékünk végezte el.

A modell hőcserélők kísérleti vizsgálatának célja a hőcserélők hidraulikai ellenállásának és a rajtuk átszármaztatott hőteljesítmény meghatározása volt. Ehhez a hőcserélő fűtött és hűtött oldalainak be- és kilépő keresztmetszeteihez csatlakozó csatornarendszert készítettünk. Az 500 mm x 500 mm keresztmetszetű, ipari értelemben is reális méretű berendezésnél a különböző kereszt- és ellenáramú hőcserélők eltérő beépítési módja miatt a mérő csatornarendszert elemekből felépítve, könnyen átalakíthatóan készítettük el. Az elektromos fűtőrendszer egyes fokozatainak teljesítménye 21, 39 és 60 kW volt, a csatornaventilátorok és szabályozózsakuk

Heat exchangers are often used to transfer heat from one medium into another in chemical or energetic processes, and generally used to increase the efficiency of energetic systems. The installation of metal heat exchangers is sometimes accompanied by corrosion problems. Though plastics have low thermal conductivity coefficients, if there are flowing gasses on both sides of the heat transmitting surface, then the overall heat transfer coefficient is governed by the low heat transfer coefficients, and the thermal conductivity of the wall material has little effect on it. In this case the application of plastic heat exchangers, which are more resistive against chemical effects, is more advantageous. The KOMPOZITOR Ltd. handed in and won a GVOP governmental tender, titled “Development of Plastic Heat Exchangers”, the goal of which was to increase the general knowledge in this field and to develop concrete products. Among the

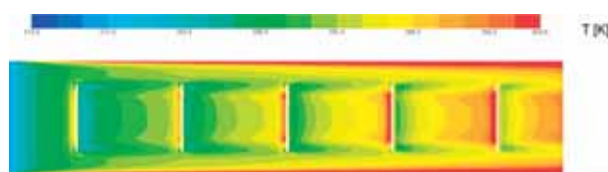
project tasks, the experimental investigation and CFD modelling of the heat exchangers was fulfilled by the Department of Fluid Mechanics.

The aim of the experimental investigation was to determine the transmitted heat and the hydraulic resistance of the model heat exchangers. For this purpose, a special measuring duct system was connected to the inlet and outlet cross sections of the heat exchanger's heated and cooled sides. As a consequence of the different installation methods for counter-flow and cross-flow heat exchangers, the 500 mm x 500 mm cross sectional area, semi-industrial size measuring duct system consists of modular elements, simplifying the modification of the measurement set up. 21, 39 and 60 kW power was



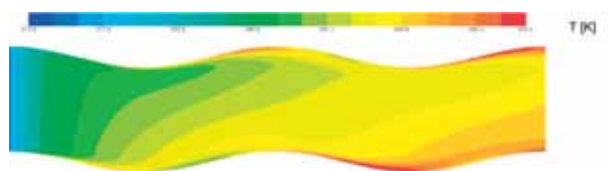
1. ábra. Hőmérsékletkontúrok a fűtött, bordázatlan, egyenes hőátadó felületen

Fig. 1: Temperature contours on the heated, smooth, straight heat transmitting surface



2. ábra. Hőmérsékletkontúrok a fűtött, bordázott, egyenes hőátadó felületen

Fig. 2: Temperature contours on the heated, ribbed, straight heat transmitting surface



3. ábra. Hőmérsékletkontúrok a fűtött, sima, hullámos hőátadó felületen

Fig. 3: Temperature contours on the heated, smooth, wavy heat transmitting surface

0–5 m/s közötti légsebesség beállítását tették lehetővé. A be- és kilépő közegek hőmérsékletét Pt–100-as elemekből felépülő hőmérőmátrixokkal, a hűtött és fűtött ágakban áramló közegek mennyiségét beszívó mérőpe-
remmel határoztuk meg. Méréseket összesen 5 kereszt-
áramú és 2 ellenáramú hőcserélő típuson végeztünk. Az elvégzett vizsgálatokkal kimutattuk, hogy a műanyag és a fém szerkezeti anyagból készült hőcserélők hatásossága az előzőekben leírt működésfel-
tétel mellett közelítőleg meg-
egyezik.

A fejlesztést többféle geometriai elrendezésű hőcserélő termikus és hidraulikus tulajdonságainak vizsgálatára vonatkozó numerikus szimuláció támogatta. A numerikus termohidraulikai modell ANSYS-FLUENT 6.3 szimulációs rendszer alkalmazásával készült. A szimulációt egyszerű hőátadó felületek, és teljes kiépítésű hőcserélő berendezések esetében is elvégeztük. Az egyszerű hőátadó felületekre vonatkozó vizsgálatnál a kiinduló változat egy sima falú, egyenes csatorna volt, a további változatoknál a hőátadó felületen különböző kialakítású érdesítéseket, illetve hullámos csatornákat alkalmaztunk. A teljes kiépítésű hőcserélőkre vonatkozó vizsgálatokat kereszt- és ellenáramú típusoknál végeztük el. A szimulációk segítségével a különböző esetekben kialakuló áramképet és a hidraulikai ellenállást, illetve a hőmérséklet megoszlást és hőátadási tényezőt határoztuk meg, és hasonlítottuk össze. A számítási eredményeket a kísérleti vizsgálatok munkatervének kialakításánál használtuk fel.

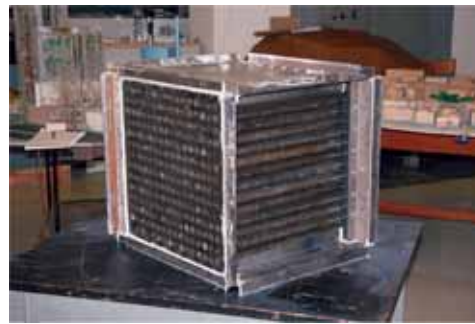
adjustable on the electric heater, and the radial flow fans and control shutters allowed us to change the average air velocity between 0–5m/s in the ducts. The temperature of the air, entering and leaving the heat exchanger was measured with a matrix of Pt–100 type thermometers, and the air volume flow rate in the heated and cooled duct branches were measured with inlet orifices.

Measurement series were carried out with 5 cross-flow and 2 counter-flow type heat exchangers. The investigation results proved that the efficiency of the plastic heat exchangers, concerning the above mentioned operational conditions, was approximately equal with that of the heat exchangers made of metal.

The development was supported by a numerical simulation of the heat exchangers thermo-hydraulic features, for different geometric arrangements. The numerical thermo-hydraulic investigation was done using the FLUENT 6.3 simulation system. The simulations were carried out on simple heat transmitting surfaces, as well as complete heat exchanger devices. Regarding the numerical simulations of the simple heat transmitting surfaces, the first version consisted of a simple smooth walled straight channel, while for the others, different ribbed surfaces and wavy duct shapes were applied. The numerical simulation of the complete heat exchanger was done for both cross- and counter flow types. With the help of the simulations, the complete flow fields, the hydraulic resistance, the temperature distributions and the heat transfer coefficients were determined and compared in different cases. The results of the numerical work were used in the planning of the experiments.



4. ábra. A mérési elrendezés
Fig. 4: Measurement set up,



5. ábra. A keresztáramú, csöves, hőálló, műanyag hőcserélő

Fig. 5: Tubular, cross-flow, heat exchanger, made of heat resistant plastic



6. ábra. A keresztáramú, lemezes, műanyag hőcserélő

fekete színű polikarbonát betéttel
Fig. 6: Plated, cross-flow heat exchanger made of black polycarbonate

A NAGY ÖRVÉNY SZIMULÁCIÓ ALKALMAZÁSAI THE APPLICATIONS OF LARGE-EDDY SIMULATIONS

Lohász Máté Márton, Nagy László, Tóth Péter

Turbulens áramlások numerikus vizsgálatának széles skálájáról beszélhetünk aszerint, hogy a turbulens skálák milyen részarányát modellezzük, vagy szimuláljuk. A nagy örvény szimuláció (LES) alkalmazása során az áramlást leíró Navier-Stokes egyenletrendszer térébelsimítói operátorral szűrjük, melynek eredményeképpen kapott egyenlet csak a nagy örvények mozgását írja le, míg a kisebb kiszűrt léptékeket modellezni kell.

Az utóbbi években három különböző áramlási probléma vizsgálatát végezzük. Turbinalapát belső hűtésére használt bordázott csatornában lejátszódó hőátadást vizsgálunk, merőlegesen és 45°-ban elhelyezett borda esetén. RAF6E szárny körüli áramlás szimulációját végezzük a lamináris turbulens átcsapás és a turbulens határreteg részletesebb megértése érdekében. Hengeres szabadsugár áramlását is vizsgáljuk, hogy megértsük a kapcsolatot a zajkeltés és az örvények dinamikája között.

A nagy örvény szimuláció kutatásához több területen is hozzájárulunk. A hűtőcsatorna szimulációja kapcsán a kényszerített hőátadásában szereztünk jártasságot, hogyan lehet kifejlődött csatornaáramlást áramlás irányában periodikus peremfeltételekkel modellezni [Lohász, Rambaud, Benocci 2008].

A hűtőcsatorna esetére részletes mérési adatbázis állt rendelkezésünkre, így a számítás bizonytalanságait tudtuk részletesen elemezni különböző hálóméret alatti feszültségmodellek használata esetén (1. ábra). E vizsgálat kiterjedt mind az explicit modellek hatásának vizsgálatára, mind pedig a numerikus séma hatására, mivel gyakran a numerikus hibát használják a kiszűrt skálák hatásának modellezésére.

A szárny körüli áramlás számításához zonális hibrid RANS-LES megközelítést alkalmazunk, melynek lényege, hogy először a szárnyat és a befoglaló szélescsatornát RANS-módszerrel számoljuk [Nagy, Vad, Lohász 2006] majd e számítás eredménye alapján a szárny közvetlen közelében LES-számítást végzünk (2. ábra).

A szabadsugár-szimuláció minőségbiztosítása érdekében részletes hálóhatás-vizsgálatot végeztünk, melyben különös hangsúlyt fektettünk különböző anizotrópiájú hálók összevetésére is [Tóth, Lohász 2008].

A különböző számítási módszerek használata mellett komoly hangsúlyt fektetünk az eredmények kiértékelésére is. A hűtőcsatorna-áramlás átlagáramképét különböző topológiáelemző módszerekkel vizsgáltuk (3. ábra),

A wide range of methods for the numerical investigation of turbulent flows are available. We can choose the appropriate model depending on the range of the turbulent scales to be resolved and those to be modelled. In the Large-Eddy Simulation (LES) approach the Navier-Stokes equation system will be filtered using a spatial filtering operation, resulting in an equation which describes the motion of the large eddies, leaving the small scales to be modelled.

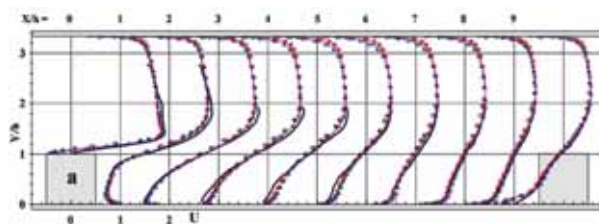
In recent years, three different flow fields were investigated. The heat transfer in ribbed cooling ducts used for the internal cooling of turbine blades were investigated for the two cases, where the ribs were placed perpendicularly and at 45° to the flow. The investigation of the flow around a RAF6E airfoil was carried out for the deeper understanding of the laminar to turbulent transition and the structure of the turbulent boundary layer. Round free jet flow is also being investigated with the aim of understanding the relationship between sound generation and vortex dynamics.

Our contributions are relevant in many fields of Large-Eddy Simulation research. In the computation of the ribbed duct flow, proficiency was reached in forced convection, and in how fully developed flow can be modelled using streamwise periodic boundary conditions [Lohász, Rambaud, Benocci 2008]. Detailed measurement databases were available, which allowed us to investigate the uncertainties of the computation when using different sub grid scale

modelling approaches (Figure 1). This investigation included both the investigation of the effect of the explicit models and the effect of the numerical scheme, since often the numerical error is used to model the effect of the filtered scales.

For the simulation of the flow around the airfoil, a zonal hybrid RANS-LES approach was used, the kernel of which is to first compute the flow around the airfoil together with the surrounding wind tunnel [Nagy, Vad, Lohász 2006] and then using this result to compute in the proximity of the airfoil using LES (Figure 2).

To assess the quality of the free jet simulation, a detailed grid dependency investigation was carried out, where the investigation of cells with various anisotropy was emphasised [Tóth, Lohász 2008].

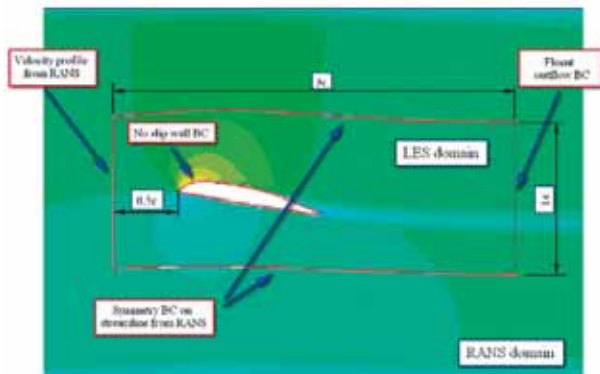


1. ábra. Áramlás irányú sebesség bordázott csatorna középsíkijában, szimbólumok: LES, folytonos vonal: mérés [Lohász, Rambaud, Benocci 2006]

Fig. 1: Streamwise velocity in the middle plane of ribbed duct, symbols: LES solid line: measurement [Lohász, Rambaud, Benocci 2006]

hogy kimutassuk a bordabeállítási szög hatását, és hogy alapot biztosítsunk a további turbulensjellemzők elemzéséhez [Lohász, Rambaud, Benocci 2006].

Az átlagáramképen felül részletesen elemeztük az örvények időbeli mozgását. Ilyen céllal különböző nézetekből részletes filmadatbázist készítettünk és ezt elemeztük. Az örvények áramlásra kifejtett hatásának számszerűsítésére feltételes átlagolást alkalmaztunk [Lohász, Rambaud, Benocci 2007], melynek segítségével kimutatható például az örvények hőátadásban betöltött szerepe.

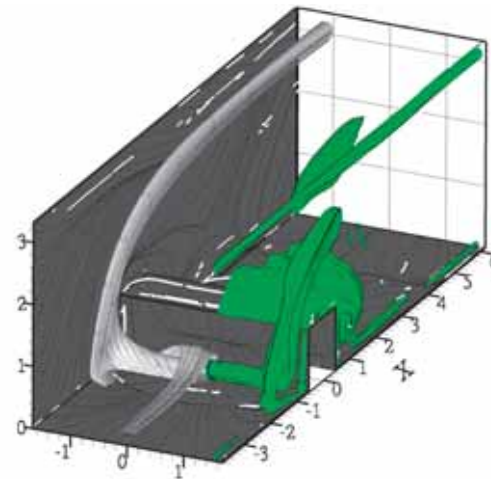


2. ábra. A LES-tartomány és a peremfeltételek elhelyezkedése a RANS-tartományban. Szárny zonális hibrid-zonális RANS/LES-számítás [Nagy, Vad, Lohász 2006]

Fig. 2: The position and the boundary conditions of the LES domain in the RANS domain. Airfoil computation using hybrid-zonal RANS/LES method [Nagy, Vad, Lohász 2006]

Besides applying various modelling techniques, serious emphasis is placed on post-processing the results. The topology of the cooling channel was investigated by various techniques (Figure 3) to highlight the effect of the rib inclination angle, and to provide the background for investigating further turbulent quantities [Lohász, Rambaud, Benocci 2006].

Beyond the averaged flow field, the movement of the vortices was analysed in detail. For this purpose a detailed database of movies was prepared and investigated. For the quantification of the effect of the vortices on the flowfield, conditional averaging was applied [Lohász, Rambaud, Benocci 2007], which allowed us to highlight the role of the vortices in heat transfer.



3. ábra. Áramlási struktúrák bordázott csatornában LES-számítás alapján [Lohász, Rambaud, Benocci 2006]

Fig. 3: Flow structures in ribbed duct flow computed by LES [Lohász, Rambaud, Benocci 2006]

ATMOSZFÉRIKUS ÁRAMLÁSOK SZIMULÁCIÓJA SIMULATION OF ATMOSPHERIC FLOWS

Dr. Kristóf Gergely, Rácz Norbert, Balogh Miklós

The Hungarian Research Fund under contract number OTKA T049573
National Research and Development Program under contract number NKFP 3A/088/2004

A kutatás célja mikrometeorológiai és klimatológiai jelenségek vizsgálatára alkalmas szimulációs eljárás fejlesztése. A módszer a gépészetben elterjedt szimulációs eljárások alkalmazására épül, amelyek a fejlett turbulencia modellezési és diszkrétizációs módszereknek köszönhetően képesek az atmoszferikus áramlások legfinomabb részleteinek feltárására is. A gyakorlati alkalmazásokhoz ANSYS-FLUENT szimulációs rendszert alkalmaztunk, amelyet az atmoszferikus áramlások esetében alapvető fontosságú fizikai hatás modellezésére tettünk alkalmassá a mezőváltozók transzformációja és a mezőváltozók pillanatnyi értékétől függő felhasználói forrástagok bevezetésével.

A modellben jelenleg publikált változatában az alábbi mezoskálájú hatásokat veszi figyelembe:

- termikus rétegződés,
- függőleges áramlás okozta adiabatikus hőfokváltozás,
- összenyomhatóság,
- Coriolis-erő.

Folyamatban van a módszer továbbfejlesztése nedvesgástranszport, a felszíni energiaegyenleg és a csapadékkepződés folyamatának leírására is. Az új szimulációs eljárást laboratóriumi mérések eredményeivel validáltuk. Az 1. ábra felső részén egy mozgó akadály által keltett gravitációs hullámok számított áramvonalai láthatók, amelyet az ábra alsó felén látható, Gyüre Balázs és Jánosi Imre által végzett mérések eredményeivel (Stratified flow over asymmetric and double bell-shaped obstacles. Dynamics of Atmospheres and Oceans 37, 155–170, 2003) hasonlítunk össze. A modell alkalmazhatóságát ellenőriztük több, jól dokumentált nagy skálájú atmoszferikus áramlásra, így például intenzív lejtővihar és down-burst jelenségekre is.

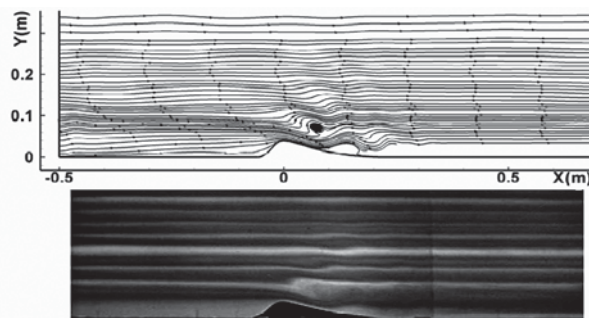
A módszer különösen előnyösnek látszik olyan atmoszferikus áramlási problémák megoldásában, amelyeknél fontos szerepet játszanak a fent említett mezoskálájú hatások, ugyanakkor az áramlási tér finom részleteinek ismerete is szükséges. Ilyen jelenségkör például a városokban kialakuló hőszigetjelenség okozta konvekció, ami fontos szerepet játszik a nagyvárosok szellőzésében. A 2. ábrán egy Szegedre vonatkozó szimuláció áramképe és hőmérséklet-megoszlása látható.

This research is aimed at the development of a simulation method for micro meteorology and climatology. The method is based on mechanical engineering simulation systems, featuring highly developed turbulence modeling and discretization techniques, therefore being capable of analyzing the fine structures of fluid flow. The ANSYS-FLUENT solver is used in the practical applications. Meso-scale atmospheric phenomena were taken into account by the introduction of a novel system of transformations operating on field variables and some user defined volume sources.

The following meso-scale atmospheric effects were taken into account in the recently published version of our model:

- thermal stratification;
- temperature change due to vertical flow;
- compressibility;
- coriolis force.

The method is being extended with considerations for moisture transport, surface energy balance and the formation of fall-out. The model was validated with laboratory experiment results. Simulated streamlines of gravity waves generated by a moving obstacle are plotted in the upper part of Fig. 1.



1. ábra.
Fig. 1:

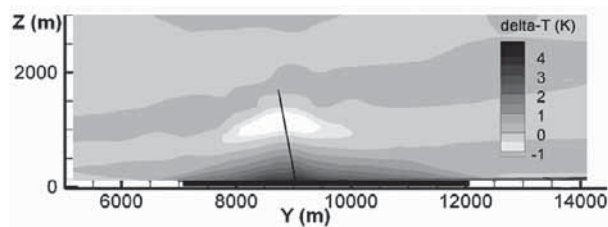
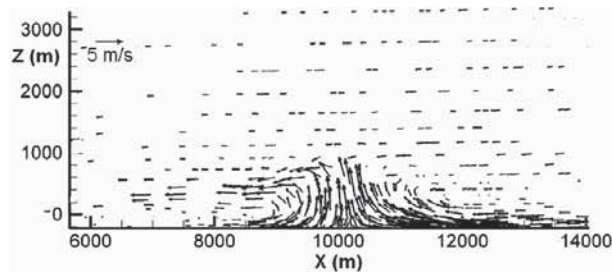
These are compared with experimental results published by Balázs Gyüre and Imre Jánosi (Stratified flow over asymmetric and double bell-shaped obstacles. Dynamics of Atmospheres and Oceans 37, 155–170, 2003). The model has been validated against some well documented atmospheric phenomena, such as for a down slope windstorm and a down-burst event.

The new method can be beneficially employed for the solution of those fluid mechanical problems which have a strong dependence on the above mentioned meso-scale atmospheric phenomena, and at the same time require an understanding of the fine details in the fluid flow. Vertical convection induced by the heat islands existing in cities, playing an important role in the ventilation of the city, is one of these phenomena. Flow structure and the distribution of temperature perturbation is plotted for a simulation of the heat island of the Hungarian city of Szeged in Fig. 2.

Különösen előnyösen alkalmazható az eljárás atmoszférikus terjedésvizsgálatok esetében. Ennek megalapozására automatikus domborzatleírasi és hálógenerálási eljárás is kifejlesztésre került. A 3. ábrán ennek felhasználásával egy feltételezett szennyezés terjedésének vizsgálati eredményei láthatók a Pilis hegységben. A modellt továbbfejlesztésével alkalmassá tehető kémények és hűtőtornyok fáklyájának szimulációjára (a 4. ábrán illusztrálva), lehetővé téve a közel- és távoldali szennyezések egyidejű vizsgálatát, ezzel megalapozva a szennyezés csökkentésére irányuló környezettechnikai fejlesztéseket.

NÉHÁNY KAPCSOLÓDÓ HAZAI PUBLIKÁCIÓ

- [1] G. KRISTÓF, T. WEIDINGER, T. BÁNYAI, N. RÁCZ, T. GÁL, J. UNGER: A városi hősziget által generált konvekció modellezése általános célú áramlási szoftverrel – példaként egy szegedi alkalmazással, III. Magyar Földrajzi Konferencia, Budapest, 2006., Bp, CD
- [2] KRISTÓF G., RÁCZ N., BÁNYAI T., GÁL T., UNGER J., WEIDINGER T.: A városi hősziget által generált konvekció modellezése általános célú áramlási szoftverrel – összehasonlítás kisminta kísérletekkel A 32. Meteorológiai Tudományos Napok előadásai. Országos Meteorológiai Szolgálat, Bp., 2006
- [3] M. BALOGH, G. KRISTÓF: Automated Grid Generation for Atmospheric Dispersion Simulations, pp.1–6., MICROCAD konferencia, Miskolc, 2007.

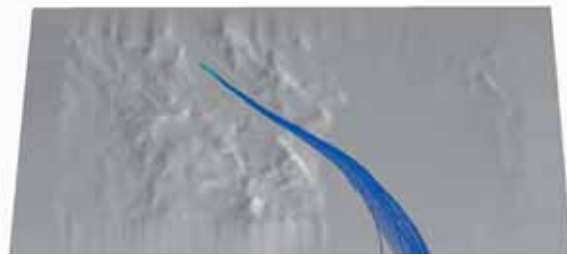


2. ábra.
Fig. 2.

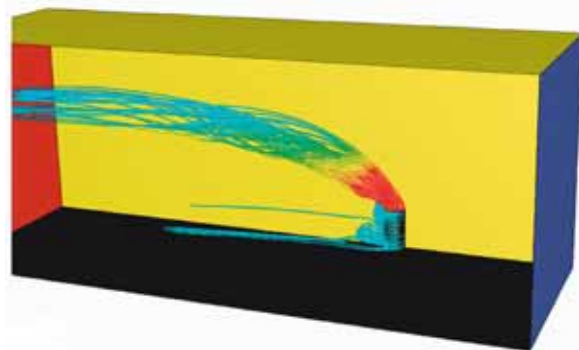
Another important field of application is the analyses of atmospheric dispersion problems. In order to support these applications a special software tool for the description of reliefs and the generation of a numerical mesh has been developed. Dispersion of pollutants emitted by an imaginary point source modeled by using the above mentioned geometrical tools can be seen in Fig. 3. The method has the potential for simulating close and far field concentrations of chimney and cooling tower flows (see the example in Fig. 4.), thus helping the efforts aimed at pollution reduction.

SOME RELATED PAPERS IN ENGLISH

- [1] G. KRISTÓF, N. RÁCZ, M. BALOGH: Adaptation of pressure based CFD solvers to urban heat island convection problems, CD, Urban Air Quality Conf. Cyprus, 2007.
- [2] N. RÁCZ, G. KRISTÓF, T. WEIDINGER, M. BALOGH: Simulation of gravity waves and model validation to laboratory experiments, CD, Urban Air Quality Conf. Cyprus, 2007.
- [3] G. KRISTÓF, N. RÁCZ, T. BÁNYAI, N. RÁCZ: Development of computational model for urban heat island convection using general purpose CFD solver, ICUC6, 6-th Int.Conf.on Urban Climate, Göteborg, pp. 822–825., 2006.



3. ábra.
Fig. 3.



4. ábra.
Fig. 4.

USZODATECHNIKAI SZIMULÁCIÓS SZOLGÁLTATÁS NUMERICAL SIMULATION SERVICE IN POOL TECHNOLOGY

Istók Balázs, Dr. Kristóf Gergely

(2006–2007)

Numerikus áramlástan alkalmazása uszodatechnika területén igen jelentős gazdasági és biztonságtechnikai előnnyel bírhat. A medencékben kialakuló áramkép szimulációja segíthet a tervezőnek a befűvők és elvét helyének előnyös megállapításában, és így csökkentheti a medencébe bevezetett vegyszer mennyiségét. A medencék légtérének szimulációja megmutathatja a tervezés fázisában a vízkicsapódásra veszélyeztetett felületeket. Tanszékünkön az elmúlt években kezdett kutatási téma új eszközt nyújt a jövőben a tervezők számára.

GYÓGYFÜRDŐ

A Harkányi Gyógyfürdő 5-ös medencéjének vizsgálatára az elsők között került sor. Egy gyógymedence sugárbefűvőinek működését kellett ellenőrizni, mivel a medencében egyes területeken a víz minősége a nagy mennyiségben hozzáadott klór ellenére nem volt megfelelő. A medencében a kialakuló áramkép vizsgálata mérés és az ez alapján kalibrált modell segítségével szimuláció útján történt. A szimulációs vizsgálat bebizonyította, amit a mérési eredmények alapján már előre lehetett látni, hogy a medence belsejében két nagy, ellentétes forgási irányú örvény alakul ki. Mivel az örvények zártak, belsejükben a víz tartózkodási ideje jelentősen megnő, így az aktív klór koncentrációja a kritikus szint alá csökken.

MAGÁNMEDENCÉ LÉGTÉRÉ

Az Aliterrakva Kft. által épített magánmedence légtérében egy szakdolgozatíró hallgató végzett méréseket a páratartalom eloszlására vonatkozóan. A mérési eredményeket alapul véve numerikus szimuláció segítségével vizsgálták munkatársaink a páraépződés és eloszlás folyamatát. Az építő kft. kérésére megvizsgálták munkatársaink a páramentesítő berendezés hatékonyságát.

Numerical simulations in pool technology can increase the safety and decrease the cost of running a pool. The precognition of the flow field evolving in the pool can help the designer to place the jets, drains and the skimmers as well as decreasing the chemical level. The simulation of the surroundings of pools can give us those surfaces which run a high risk of condensation. The research project launched at our department will deliver a new tool for designers of pool technology.

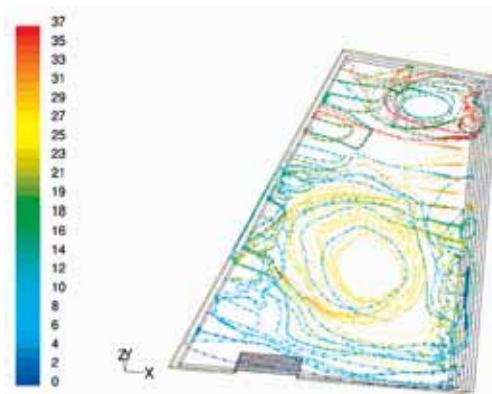
THERMAL SPA

Pool number 5 of the Harkány Spa was among the first ones to be examined. The operation of the jet drains in the pool had to be checked, since the water quality in certain parts of the pool was not satisfactory, despite the addition of a large quantity of chlorine. The flow field evolving in the pool was first examined using measurements, and then using simulations, which were based on a model validated with the measurements. The simulation tests proved that two vortices swirling in opposite direction developed inside the pool. Based on the measurements, this result had been expected.

Since these were closed vortices, the water stayed inside of them for a long period of time, as a result of which the concentration of active chlorine decreased below the critical level. The vortices evolved in the pool as a result of the unsuitable positioning of side jet drains.

PRIVATE POOL AND SURROUNDING SPACE

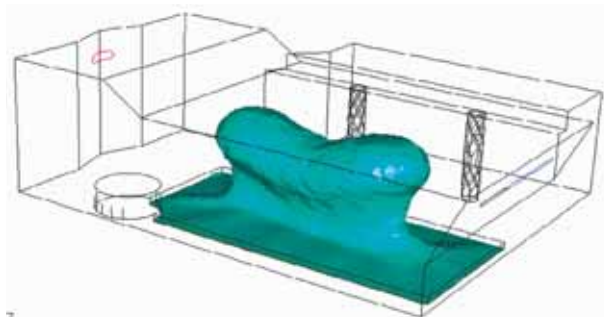
A graduating student measured the vapor content distribution in the airspace of a private pool constructed by the Aliterrakva KFT. Our department examined the formation and distribution of vapor by using numerical simulations that were based on the results of the student. At the company's request, the department also examined the efficiency of the dehumidifier equipment.



1. ábra. Zárt örvények a harkányi fürdő medencéjében
Fig. 1: Two vortices in the pool of Harkány Thermal Spa

WELLNESS MEDENCE

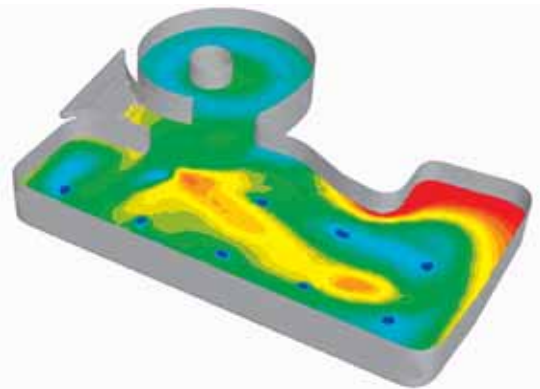
Az Aliterrakva Kft. megbízásából egy wellness szálloda aljában megépülő élménymedence numerikus szimulációval való vizsgálatára kaptunk felkérést. Az élménymedencében egy sodrófolyosó is található, melynek áramláskeltő hatása a medence egyéb részeire kérdéses volt. Így a numerikus szimulációban elsődlegesen az áramkép meghatározása volt a fő cél 4 különböző vízelvezetési rendszer kialakítása mellett. A medencében ezen felül minden kialakítás mellett számítottunk az áramkép mellett a hőmérséklet-eloszlást és tartózkodási időt is. Az elkészült eredmények alapján értékelhető biztonságtechnikai és energetikai szempontból a 4 verzió és kiválasztható a minden szempontból legkedvezőbb.



2. ábra. Párolgási folyamat kezdete a medence légterében
Fig 2. Evaporation process starting in the surrounding space
of a private pool

WELLNESS POOL

Our department was entrusted to carry out a numerical simulation examination of a swimming pool built in a wellness hotel. A lazy river can be found in the pool, the effect of which was likely to have a flow generating effect in other parts of the pool as well. Therefore the main purposes of the numerical simulations was to first define the flow field and then to develop four different drainage systems. We also calculated temperature distributions and residence times for each flow field. On the basis of the results of the simulations, the best construction could be determined.



3. ábra. Tartózkodási idő a medencében
Fig. 3: Residence time of the water

BUDAPEST CSATORNAHÁLÓZATÁNAK MODELLEZÉSE HYDRAULIC MODEL OF THE BUDAPEST SEWAGE SYSTEM

Istók Balázs, Dr. Kristóf Gergely

Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. (2006–2007)

A budapesti csatornahálózat modellezésével a Fővárosi Csatornázási Művek bízta meg az Áramlástan Tanszékét. A megbízás célja egy, a teljes csatornahálózatra kiterjedő hidraulikai modell létrehozása volt. A hálózat modelljének kidolgozása kereskedelmi forgalomban kapható csatornahidraulikai szoftver felhasználásával történt (KANAL++). A hálózat hidraulikai modelljének kidolgozása során a geometriai adatokat az FCSM adatbázisból szűrtük le. Az adatok között előforduló hiányokat és hibákat részben automatizált eljárásokkal, részben az FCSM

szakembereivel folytatott konzultáció után manuálisan javítottuk, ezzel létrehoztunk a csatornahálózat egybefüggő rendszerét. A csatornahálózatba kerülő vizek az alkalmazott szoftverben részvízgyűjtő területeken gyülekeznek össze. A részvízgyűjtő területeket Budapest háztömb szintű térképének importálásával állítottuk elő. Csapadékvíz szempontjából a létrehozott területeket a beépítettségük (vízáteresztő képességük) szerint, szennyvíz szempontjából pedig a lakónépsűrűség szerint kellett paramétereznünk.

A csapadékvíz lefolyási sebességének meghatározásához a lejtési viszonyok ismerete szükséges, ezért domborzati modellt kellett előállítanunk, amit a nem takart aknafedlapok szintjeinek felhasználásával készítettünk.

Az elkészített hidraulikai modellt mérési adatok felhasználásával kalibráltuk. A lakosság fajlagos szennyvízkibocsátását száraz időszaki mennyiségmérési eredményekből határoztuk meg. Az 2. ábra egy lezárt átemelő befolyó csövében a szintet mutatja száraz időszakban.

A területek vízáteresztő képességének kalibrálását az üzemeltetési rendszerből kiolvasott mérési adatok alapján végeztük.

Az elkészült hidraulikai modell segítségével előállítottuk Budapest csatornahálózatának minden vezetékét tartalmazó lefolyási idő térképét. Ezen a térképen az egyes vezetékszakaszok színezése megfeleltethető annak az időtartamnak, amíg az adott szakaszba kerülő szennyeződés a bekerülés helyétől a befogadóig eljut.

The Department of Fluid Mechanics was asked to model the sewage network in Budapest by the Budapest Sewage Works Ltd. The aim of this development was to produce a hydraulic model that covers the entire sewage network, and which can be used to analyse the operation of the system.

A commercial code (KANAL++) was used to complete this project. We collected the geometrical data of the system from the database of Budapest Sewage Works Ltd. Missing data and errors were corrected partly by

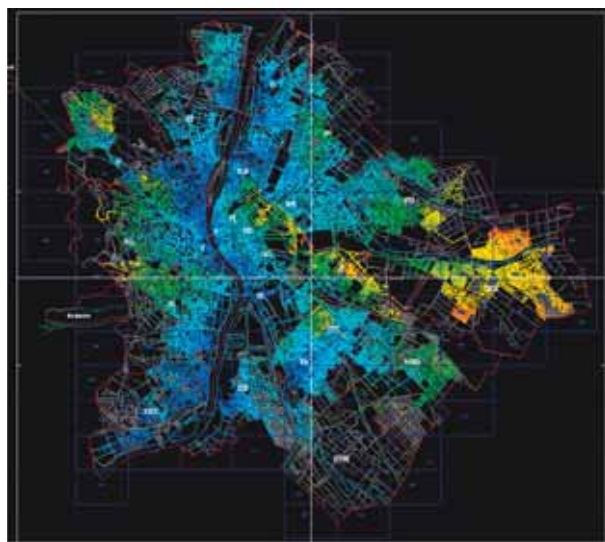
automated processes and partly by manual methods after consulting with Budapest Sewage Works. By doing this, a coherent system of the sewage network was made. In the applied software, waters flowing into the sewage system gather in subcatchment areas. The subcatchment areas were modelled by importing a map of Budapest which shows the city in detail (blocks). The modelled areas had to be detailed in two aspects: in case of rainwater, the areas were measured according to their impermeability, in case of sewage water,

the areas were measured according to the density of the population. To define the velocity of flow of rainwater, the slope parameters were necessary. Therefore a surface model had to be constructed, which was done by using the levels of the uncovered elevation covers.

The completed hydraulic model was calibrated with measurement data. The public specific sewage emission was defined from measurement data made during a dry period. Figure 2. shows the water level in a closed inflow pipe during a dry period.

The hydraulic permeability of the catchment areas was calibrated with measurement data from the operation system.

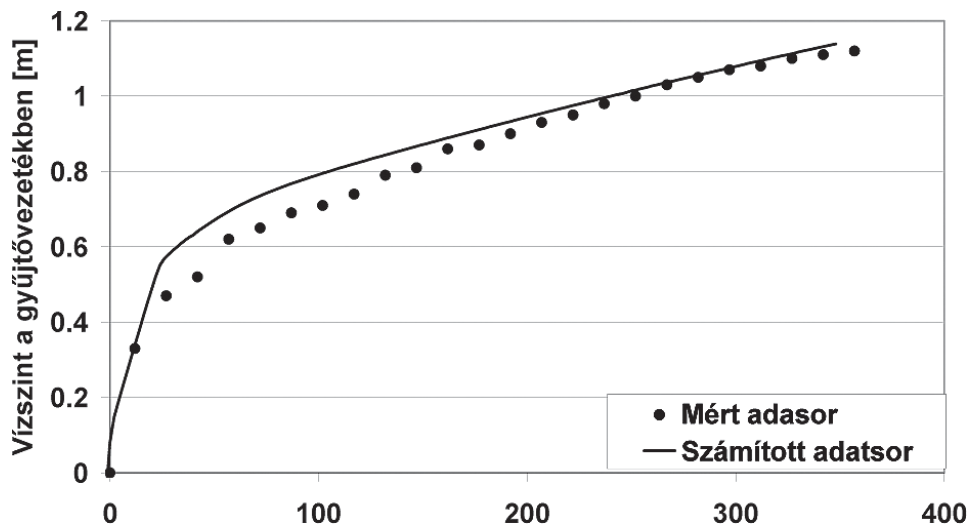
The flow time map of Budapest's sewage network that contains every pipeline was drawn with the help of the hydraulic model. This map indicates the pipelines with different colors. The colors refer to the time that is necessary for the contamination to reach the receiver from the place of entry.



1. ábra. Lefolyási idő szerint színezett csőhálózat
Fig. 1: The sewage network colored according to the flow time

A csatornahálózat hidraulikai modelljének segítségével az egyik végponti szivattyútelep Vízminőségi Kárelhárítási Tervének kidolgozásában vettünk részt. A Kárelhárítási Tervben a modell segítségével megjelöltük a vízgyűjtőben található összes ismert lehetséges szennyezőforrást (benzinkutak, ipari telepek), kiemeltük a levonulás útvonalát, listát készítettünk a levonulás során érintett szakaszokról időrendi sorrendben, megjelöltük a szennyeződés csatornába kerülésétől az adott szakaszhoz érkezésig az eltelt időt, valamint az FCSM munkatársaival közösen köztes beavatkozási pontokat vettük fel az útvonalon, ahol a szennyeződés még nagyobb szennyvíz-mennyiséghez való keveredés előtt megállítható. Az ezzel a módszerrel készített kárelhárítási tervet az illetékes vízügyi felügyelet elfogadta és a többi vízgyűjtő-területre javasolta a hasonló terv kidolgozását.

The Department of Fluid Mechanics participated in working out the water quality security scheme of one pump plant, in which the hydraulic model was also used. In the security scheme all known sources of pollution (petrol stations, industrial plants) in the catchment area were marked, the route of the run-off was highlighted, the sections the flow passed were listed in chronological order, time elapsed from the point when the contamination entered the sewer to the point when it reached the actual section was also listed. Cooperating with the Budapest Sewage Works, we inserted intermediary intervention points in the route, where the contamination can be stopped before mixing with a larger amount of sewage water. The water conservancy accepted the scheme worked out with this method and it recommended that a similar scheme be made for the other catchment areas.



2. ábra. Szintemelkedés gyűjtőcsőben
Fig. 2: water level increase in inflow pipe

ELEKTROPNEUMATIKUS RENDSZEREK VIZSGÁLATA INVESTIGATION OF ELECTRO-PNEUMATIC SYSTEMS

Szente Viktor, Dr. Vad János

Megrendelő/Client: Knorr-Bremse Fékrendszerek Kft. (2000–2006)

BEVEZETÉS

Elektropneumatikus (EP) rendszereket igen sűrűn alkalmaznak haszongépjárművekben. Az ilyen rendszerek működésének vizsgálatára az AMESim nevű rugalmas numerikus szimulációs környezet került bevezetésre, mellyel az EP-rendszerek áramlási, mechanikus, ill. elektronikus vonzatai is elemezhetők. A szimulációs környezetben készült numerikus modelleket mérésekkel is összehasonlítottunk. A numerikus és a mérési eredmények összehasonlításából kiderült, hogy az AMESim segítségével készített modellek megbízhatóan képesek előrejelezni a rendszerek működését, illetve az egyes paraméterek megváltoztatásának eredményét.

EP-FÉKRENDSZEREK

A haszongépjárművekben rendszerint elektropneumatikus fékrendszereket (EBS) alkalmaznak, amelyek számos menetbiztonsági funkciót képesek biztosítani:

- terheléstől függő fékerőelosztás (ALB)
- kerekek blokkolásának megakadályozása. (ABS)
- kerekek kipörgésének megakadályozása (ASR)
- a jármű kicsúszásának, megpördülésének korai érzékelése, a kontroll visszaállítása (ESP).

Ezek a feladatok csak fejlett EP-rendszerekkel valósíthatók meg, melyek nagysebességű, rövid reakcióidejű szelepeket tartalmaznak. Az ilyen rendszerek fejlesztésére az előállított numerikus szimulációs rendszereket alkalmaznak, mellyel a fejlesztési idő és költség is csökkenthető. Az AMESim egy széleskörűen alkalmazható szimulációs környezet, mely képes összetett EP-rendszerek modellezésére is. Az 1. ábrán látható EBS-rendszerről készített esettanulmány eredményeinek részlete található

INTRODUCTION

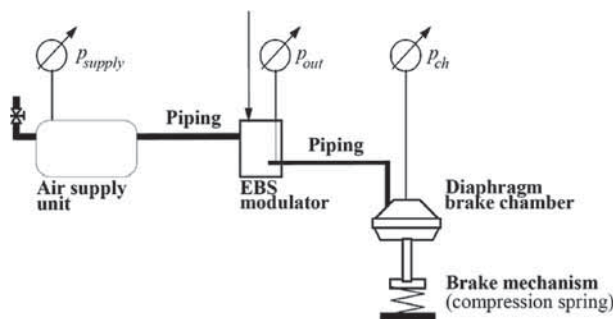
Electro-pneumatic (EP) systems are frequently used in commercial vehicles. To analyze the behavior of such systems, a flexible computational simulation tool has been applied in several industrial research and development projects related to complex mechanical and fluid dynamical aspects in such devices. The numerical models have been created with AMESim, a commercial simulation environment, and then validated by experiments. The comparative numerical and experimental studies confirmed that the validated numerical models are able to predict the behavior and the outcome of system parameter alterations.

EP BRAKING SYSTEMS

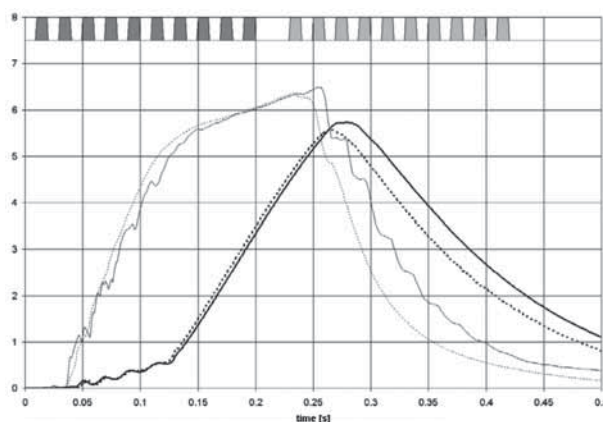
Electro-pneumatic Braking Systems (EBS) have a widespread use in commercial vehicles. According to several EU regulations, these systems have to fulfill a number of requirements, to provide advanced road dynamic and safety functions:

- Automatic Load-dependent Braking (ALB)
- Anti-Block System (ABS)
- Acceleration Slip Regulation (ASR)
- Electronic Stability Program (ESP)

These functions can only be achieved by using advanced EP systems incorporating high speed, rapid reaction EP elements. To save costs and accelerate development, companies use numerical simulation systems for designing EP systems. AMESim is a complete modeling and simulation platform that is able to model even complex EP systems. The capability of the simulation tool is demonstrated in a case study of an EBS system (Fig. 1.). The comparison of simulation results and experimental data on



1. ábra. EBS-esettanulmány
Fig. 1: EBS case study



2. ábra. Töltésleeresztés
Fig. 2: Load-exhaust test case

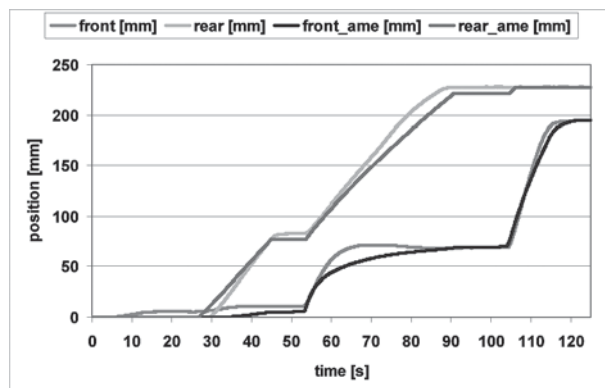
a 2. ábrán. Jól látható, hogy az AMESim segítségével a rendszer viselkedése nagy pontossággal modellezhető, így kutatás-fejlesztési feladatokra kiválóan alkalmas.

ELEKTRONIKUS SZINTSZABÁLYZÁS (ELC)

A haszongépjárművek felfüggesztéseiben általában légrugókat alkalmaznak, melynek köszönhetően a rugózás képes alkalmazkodni a változó terheléshez. Egyes esetekben a rakodás során hasznos lehet a rakodótér padlójának magasságát csökkenteni. A rakodás után természetesen ismét fel kell tölteni a légrugókat. A feltöltési, ill. leeresztési folyamat során figyelemmel kell lenni, a rakodótér vízszintes pozíciójának megtartására, ugyanis a túlzott megdőlés károsíthatja a rakományt, illetve annak elmozdulását eredményezheti. Ezért az ELC-rendszerek fel vannak készítve az egyenetlen terheléeloszlásra is. Az AMESim igen jól használható ilyen rendszerek tervezésére, ami a mérési és szimulációs eredmények 3. ábrán látható összehasonlításából is kiderül.

PNEUMATIKUS VÉDŐSZELEPEK

Pneumatikus fékrendszerekben a fékcsovek épsége kiemelt fontosságú. Ha egy fékcső megsérül, a fékkör nyomás – és így a fékezőerő – gyorsan lecsökken. Ennek elkerülésére megfelelő óvintézkedéseket kell tenni. Az egyik lehetőség a megduplázott fékkör. Így ha az egyik fékkör megsérül, a másik még mindig képes elegendő – bár csökkentett – fékerőt biztosítani. Ezenkívül a sérült fékkör leválasztása is megvalósítható pneumatikus védőszelepek segítségével. A menetbiztonság szempontjából ezeknek a szelepeknek a megfelelő működése nyilvánvalóan kritikus. Az AMESim környezet használata lehetővé teszi a biztonságos működést egy négykörös védőszelepből fellépő, potenciálisan káros szeleprezonancia beazonosítására és kiszűrésére (4. ábra).



3. ábra. Feltöltés
Fig. 3: Filling process

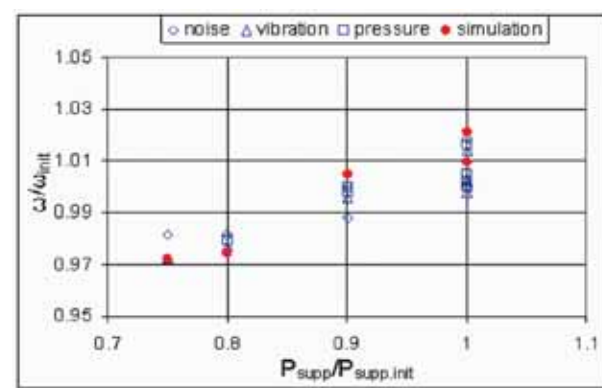
Fig. 2. confirms that the presented simulation tool can be reliably applied in design and R&D in the field of electro-pneumatic systems.

ELECTRONIC LEVELING CONTROL (ELC)

Commercial vehicles are usually equipped with air suspensions, in order to maintain ride height independent from the axle load. Sometimes, during the loading or unloading of the vehicle, it is advantageous to lower the height of the cargo area on the vehicle. After loading or unloading the cargo, the vehicle has to be raised again. Special care has to be taken for the leveling during the lowering and raising process, because if the cargo area is not in level, the tilting may damage the cargo contents. Therefore the ELC system has to be designed to take into account the possible unevenness of cargo distribution. AMESim is a perfect choice for designing such systems, as the comparison of the simulation and measurement on Fig. 3. shows a very good agreement.

CIRCUIT PROTECTION VALVES (PV)

In pneumatic brake systems, the integrity of the brake pipes is paramount. If a pipe is ruptured, the pressure in the brake circuit decreases rapidly, decreasing the available braking force as well. This means that special precautions have to be taken to deal with this problem. One solution is to create two separate braking circuits. Should one circuit fail, the other can still provide adequate – albeit decreased – braking force, and the failed circuit can be separated from the others using multi-circuit protection valves. It is evident that the correct operation of these protection valves is of the utmost importance. AMESim has been used to identify and eliminate the cause of a potentially harmful valve oscillation in a four circuit protection valve (Fig. 4.).



4. ábra. Szeleprezonancia
Fig. 4: Valve oscillation

ÉGÉS MODELLEZÉSE A DUNAMENTI ERŐMŰBEN MODELING OF COMBUSTION AT THE DUNAMENTI POWER PLANT

Varga Lajos

Megbízó/ Client: Dunamenti Erőmű Zrt.

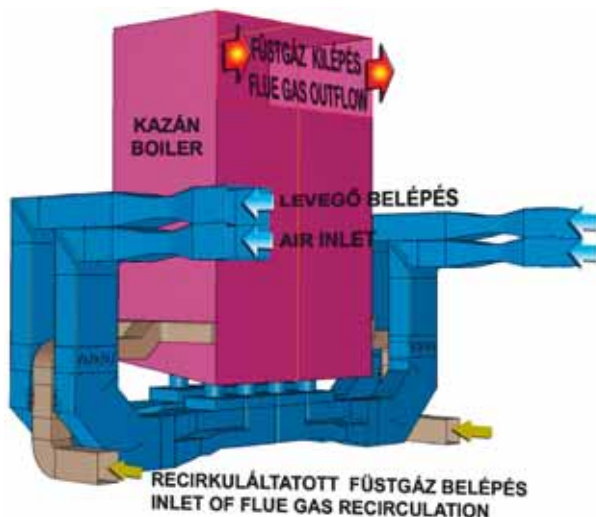
FÖLDGÁZ-TÜZELÉSŰ ERŐMŰVI KAZÁN NO_x KIBOCSÁTÁSÁNAK CSÖKKENTÉSE

A Dunamenti Erőmű a kezdetektől fogva törekszik környezetbarát üzemeltetés megvalósítására. Az F-blokk kazánok NO_x kibocsátásának csökkentéséhez a tüztér, az égők és a tüzelési folyamat részletes számítógépes modellje nyújtott segítséget. (Összefoglalóan NO_x névvel utalunk a füstgázban előforduló NO, N₂O, illetve NO₂ molekulákra.) Az üzemeltetés optimalizálása az NO_x kibocsátás és a kazánhatásfok szem előtt tartásával történt.

Az elmúlt években több, számítógépes modellezéssel támogatott kibocsátás-csökkentő fejlesztés került megvalósításra, melyek különböző kérdésköröket öleltek fel. Az elvégzett fejlesztések a kazán különböző alrendszerének optimalizálását célozták, mint például:

- az égési levegő-, illetve
- a recirkuláltatott füstgázellátó alrendszerek;
- valamint a földgázégők és
- a pilotégők finombeállítása is megtörtént.

A számítógépes vizsgálat során a kazán (és alrendszereinek) minden lényeges eleme modellezésre került, lásd



1. ábra. A kazán vizsgált geometriája
Fig. 1: Studied geometry of the boiler

1. ábra, így lehetővé vált a kazánban lejátszódó komplex folyamatok részletes megismerése, lásd pl. a 2. ábrát.

Az elvégzett vizsgálat során azt találtuk, hogy a földgázlándzsák beállítása hatással van a kazán nitrogén-oxid kibocsátására, mivel a fenékgők 12 darab gázlándzsája környezetében kialakuló lángstruktúra térfogata változik,

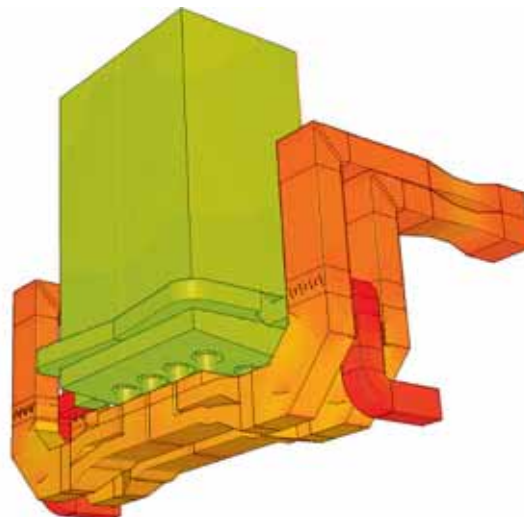
REDUCTION OF NO_x EMISSION OF A NATURAL GAS-FIRED HEAVY DUTY BOILER

The Dunamenti Power Plant has been striving toward the implementation of environmentally-friendly operational conditions since its establishment. Detailed numerical models of the furnace, the burners and the combustion processes have been used to reduce the NO_x emission of the F-boilers. (Molecules of NO, N₂O and NO₂ appearing in the flue gas are referred as NO_x.) The optimization of the boiler operation was based on its NO_x emission and boiler efficiency.

In the past years several numerical-model-aided developments have been achieved, which can be bunched together into certain groups. The performed improvements have taken aim at the optimization of different subsystems, such as:

- the combustion air subsystem,
- the re-circulated flue gas subsystem;
- the fine-tuning of natural gas burners and
- pilot burners.

Every essential part of the boiler (and its subsystems) has been modeled during the numerical investigations,



2. ábra. Statikus nyomáeloszlás a határoló felületeken
Fig. 2: Distribution of static-pressure near the walls

see Figure 1., thus the complex processes taking place in the boiler are now understood, see e.g. the pressure distribution on Figure 2.

According to the numerical models, it has been found that the alignment of the gas lances has an influence on nitrogen-oxides emission of the boiler, since the volume

lásd a 3. ábrát. Ez alapján optimalizáltuk a gázlándzsák pozícióit.

A pilotégők (melyek a fenékégők lángstabilitását biztosító, szabályozatlan levegőellátással rendelkező, kis-teljesítményű égők) szintén hozzájárulnak a teljes kazán nitrogén-oxid-kibocsátásához. A vizsgálat során meghatároztuk a pilotégők miatti nitrogén-oxid-kibocsátást, illetve optimalizáltuk üzemüket.

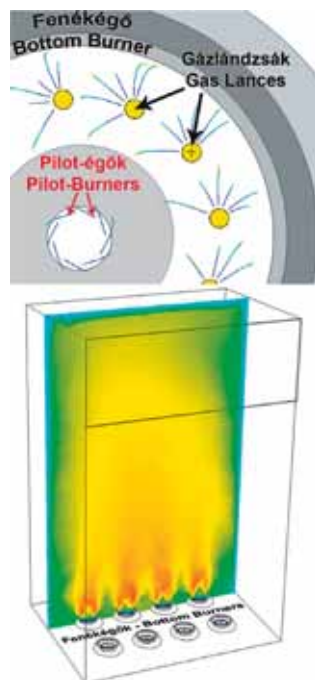
A gázégők, illetve a pilotégők finombeállítása nem igényelte új szerkezeti elemek vagy berendezések beépítését.

Az elvégzett elemzéseknek köszönhetően a kazánok nitrogén-oxid-kibocsátása a környezetvédelmi előírásokat biztonságosan teljesíteni.

GÁZTURBINA KEVERŐTERÉNEK VIZSGÁLATA

A gázturbinák egyik kritikus eleme az égőteret követő úgynevezett keverőkamra. Ez az elem jelentős hőterhelésnek és túlnyomásnak van kitéve, ezért ennek fizikai állapota alapvetően meghatározza a gázturбина további üzemeltethetőségét. A berendezésem maradó élettartama szilárdsági számításokkal jól becsülhető, azonban e számítások elvégzéséhez szükség van a keverőkamra hőáramának és hőmérsékletének helyszerinti eloszlásaira. Ezeket az eloszlásokat a gázturбина névleges terhelésére, mint mértékadó terhelésre számítottuk ki, lásd a 4. ábrát.

Meghatározásra került a keverőtér szerkezeti anyagának legnagyobb igénybevétele, illetve ezen igénybevétel pontos helye. Ezek alapján a maradék élettartam-számítás megfelelő biztonsággal elvégezhetővé vált.



3. ábra. Hőmérséklet-eloszlás a kazánban
Fig 3: Temperature distribution of the boiler

of the flame structure of the 12 gas lances in the bottom burners are changing, see Figure 3. The alignment has been optimized according to this.

Pilot-burners (low-capacity burners with an uncontrolled air supply, used for providing flame stability in the bottom burners) contribute to the overall nitrogen-oxide emission of the boiler. The ratio of NO_x originating from the pilot-burners has been determined and its optimization has been completed.

Fine-tuning of the gas-lances and pilot-burners could be performed without mounting any new devices.

Thanks to the performed analysis the boiler is able to safely fulfill the environmental limit for the nitrogen-oxide emission.

EXAMINATION OF THE MIXING BOX OF A GAS TURBINE

One of the critical elements of gas turbines is a so called *mixing box*, which follows the combustion chamber. This element is exposed to significant surface heat flux and gauge pressure, therefore, its physical state determines the lifetime of operation. The remaining operational time can be estimated by means of a strength analysis, for which the temperature- and surface heat flux distributions need to first be determined. These distributions were calculated for the nominal loading of the gas turbine, see Figure 4.

The value of maximum stress on the structural material as well as its exact position has also been determined. This data gives a good basis for a lifetime calculation.



4. ábra. Hőmérséklet-eloszlás a keverőtér felületén
Fig 4: Temperature distribution of the surface of Mixing Box

AZ M0 AUTÓÚT 10. ÉS 11. ÚT KÖZÖTT TERVEZETT SZAKASZÁNAK LEVEGŐMINŐSÉGI VIZSGÁLATA

AIR QUALITY INVESTIGATION OF THE PLANNED M0 MOTORWAY LINKING THE NO. 10 AND NO. 11 MAIN ROADS

Dr. Lajos Tamás, Dr. Goricsán István, Balczó Márton

Megbízó/Client: Nemzeti Infrastruktúra Fejlesztő Zrt./National Infrastructural Development Corporation (2007)

A Nemzeti Infrastruktúra Fejlesztő Zrt. megbízásából az M0 tervezett, 9 km-es szakaszának hatását vizsgáltuk szélcsatornában és numerikus szimulációval. Az útgűrű szakaszt és annak mindkét oldalán kb. 1,5-1,5 km széles sávban modelleztük a domborzatot, településeket, erdőket, összesen 28,5 km² területet (1. ábra). A lépték 1:1000 volt, így a szélcsatornaméresekhez 28,5 m² alapterületű modellt építettünk (2. ábra). A vizsgált terület 3 csomópontjában 5-5 domináns széliránynál (amelyek az év legalább 80%-át kiteszik) 262 koncentráció mérőszorozatot végeztünk, amelynek egyenként 10–22 mintavételi pontban mértük a nyomgáz-koncentrációt. A szennyező terjedés szimulálására széles körben alkalmazott MISKAM szoftverrel is modelleztük a szennyező terjedési folyamatokat.

A szélcsatornamérések és a numerikus szimuláció eredményeinek összevetésével megállapítottuk, hogy a számítással kapott eredmények alkalmasak arra, hogy környezetvédelmi, műszaki döntéseket alapozzanak meg.

Under the authority of National Infrastructural Development Corporation the effects of a 9-km-long section of the planned M0 motorway were investigated in wind tunnel and with numerical simulation. The terrain, the settlements and forests were modelled on both sides of the road in an approximately 1.5 km wide interval, altogether in a 28.5 km² area (Fig. 1.). The scale was 1:1000 so a 28.5 m²-size model (Fig. 2.) was built for the wind tunnel investigations. In 3 junctions 262 sets of concentration measurements were performed with 5-5 dominant wind directions (this means that they cover 80 % of the annual frequency), each set consisted of 10 to 22 sampling points to measure trace gas concentration. Pollutant dispersion was also modelled with MISKAM software, which is widely used for this purpose.

The results of the numerical simulation and the wind tunnel measurements were compared, and it was decided that the simulation is suitable to establish environmental protection related and technical decisions.



1. ábra. A modellezett terület különböző nyomvonalakkal
Fig. 1: The modelled area with several road versions

Német nyelvterületen alkalmazott módszer (HBEFA) alkalmazásával és a KSH adatai alapján meghatároztuk a jelenlegi és a 2018. évi járműállomány összetételét és szennyező kibocsátását. A numerikus szimulációs és szélcsatorna-vizsgálataink alapján a légszennyezettséggel kapcsolatban az alábbiak állapíthatók meg:

Ahárom vizsgált légszennyező közül a CO-koncentráció maximális értékei a határérték 20%-át sem közelítik meg. Hasonlóan a porszennyeződés mértéke is kisebb

Following the method used in Germany, Austria and Switzerland (HBEFA) and the data of KSH (Hungarian Central Statistical Office), the composition of vehicles and their exhaust were determined for the years 2007 and 2018. According to the numerical simulation and wind tunnel investigations the following statements can be given about the air pollution:

From the three investigated pollutants, the maximal CO concentrations do not reach the 20% of the limit.

jelentőségű. A vizsgált esetekben az NO_x-re vonatkozó határértékek jelentik a legszigorúbb korlátot.

A legkedvezőtlenebb, sok embert érintő szennyezett-ség a 11. sz. és kevesebbet érintve a 10. sz. út mellett alakul ki. Az M0 felszíni szakaszai környezetében ezekéhez hasonló, vagy kisebb légszennyezetttség várható azzal a különbséggel, hogy az úttól lényegesen távolabb helyezkednek el a települések.

A lehető legkedvezőtlenebb – legnagyobb, csúcsórai kibocsátás, legkisebb szélesség – esetet vizsgálva NO_x szennyezőre a környező települések egyes részeit is érintő óras határérték-túllépést csak az alagútkijáratokból koncentráltan kilépő szennyeződés esetén tapasztaltunk. Egy adott településrész esetén csúcsórában ilyen kis szélesség és kedvezőtlen szélirány együttes előfordulásának éves gyakorisága kicsi, legfeljebb évente 1–3 nap.

Ezek a határérték-túllépések az alagúthosszak csökkentésével, megfelelő alagútszellőzés kiépítésével és szükség esetén a kilépés helyén a levegő egy részének elszívásával és más helyen, a talajtól magasabban történő környezetbe juttatásával szüntethetők meg (4. ábra).

Similarly to the CO, particulate matter is of minor importance. In the cases investigated the strictest limits are the ones of NO_x pollutant.

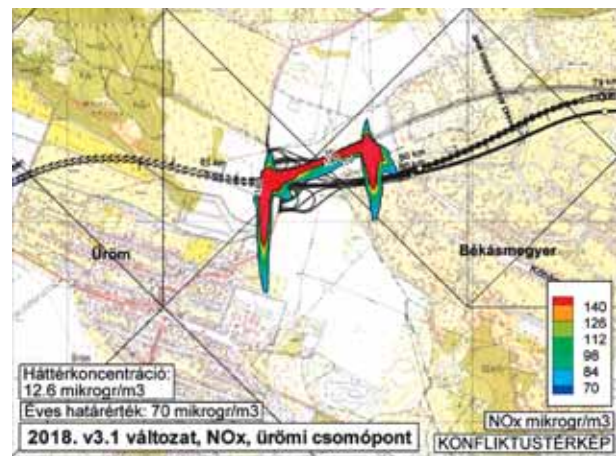
The less favourable pollution conditions, affecting the most people are near the no. 11 main road, and affecting less people, at the road no. 10. In case of the surface sections of the new road similar or smaller pollution is expected, but in that case settlements are situated farther from the road.

Investigating the possibly most unfavourable conditions (highest, rush hour emissions, lowest wind velocity) in the case of NO_x exceeding the hourly limit and affecting some parts of the neighbouring settlements were only experienced in case of concentrated pollution emission from the tunnel exits. In a certain settlement part the frequency of coincidence of low wind velocity and unfavourable wind direction in a year is low, maximum 1 to 3 days.

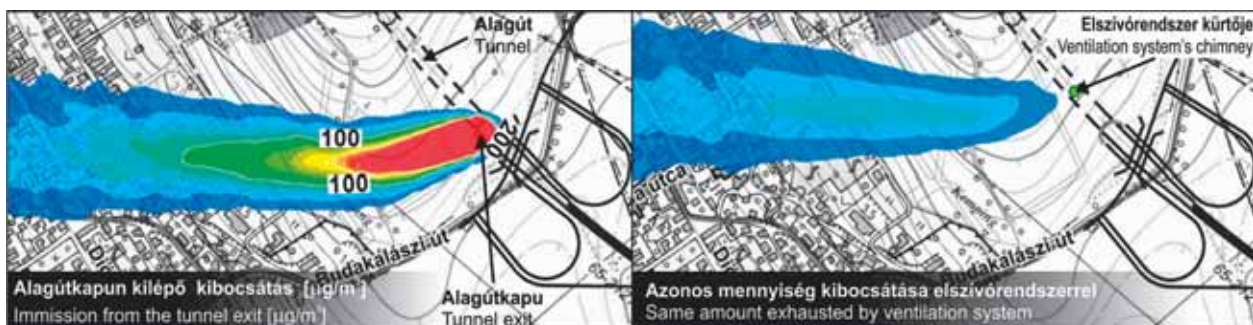
Exceeding the limit can be avoided with a reduction of tunnel length, developing adequate ventilation system, and if necessary, with the exhaust of a certain amount of tunnel air at a point higher from the ground instead of the tunnel exits (Fig. 4.).



2. ábra. Modellrészlet a szélszatórnában
Fig. 2: Part of the model in the wind tunnel



3. ábra. NO_x koncentráció éves határérték-túllépése
Fig. 3: Annual limit exceedance of NO_x concentration



4. ábra. NO_x koncentráció 2 m magasságban egy alagútkapu közelében elszívó rendszer alkalmazásával és anélkül
Fig. 4: NO_x concentration at 2 m height near a tunnel exit without and with pollutant exhaust system

METALLURGIAI ÜSTBEN KIALAKULÓ ÁRAMLÁS SZIMULÁCIÓJA NUMERICAL SIMULATION OF FLOW IN METALLURGICAL LADLE

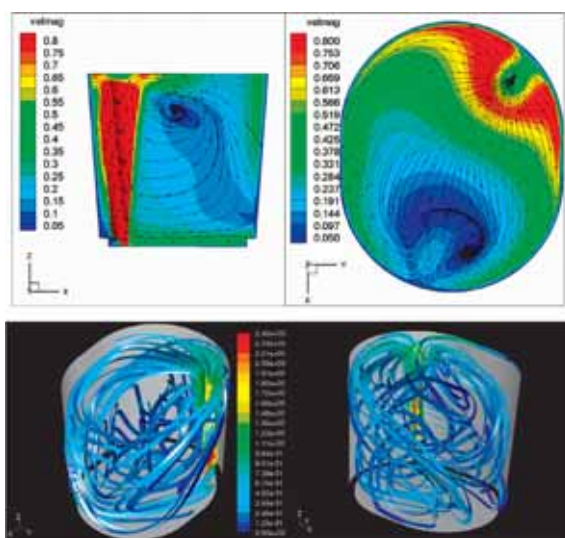
Dr. Lajos Tamás, Dr. Réger Tamás, Lengyel Tímea, Nagy László

Megbízó/Client: Miskolci Egyetem Mechatronikai és Anyagtudományi Kooperációs Kutatási Központ a Dunaferr Rt. kezdeményezésére (2005), Háromállásos üstmetallurgiai állomás porelszívás és leválasztás hatékonyságának növelése. Megbízó Dunaferr Rt. (2004)

Az acélgyártás folyamatában a konverterből kikerülő acél ötvözését és tisztítását az üstmetallurgiai állomáson végzik, ahol az e folyamatokhoz szükséges áramlást az üst alján bevezetett argon-gáz hozza létre. Az argon gáz és az acél közötti kölcsönhatást, valamint az üstben kialakuló áramlást numerikus szimulációval modelleztük (1. ábra).

Az acél felszínén kialakuló salakrétegben az argonbuborékok felszállásának helyén kör alakú nyílás keletkezik, amelynek méretét az acél felszínén kialakuló hullámok modellezésével becsültük (2. ábra). Megállapítottuk az acélfürdő áramlási sebessége és az argon tömegáram közötti kapcsolatot.

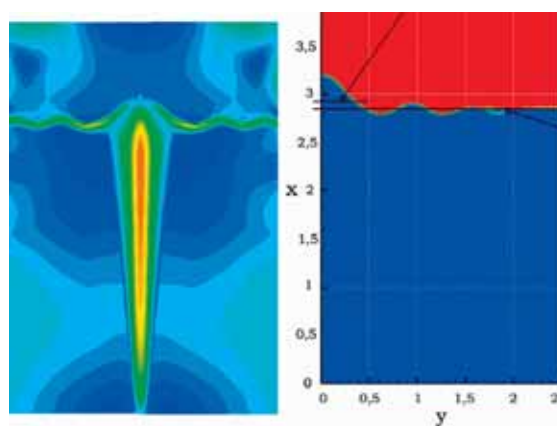
In the process of steel production, the alloying and purging of the molten steel is carried out in metallurgic ladles, the flow inside of which is provided by gas plume stirring, realized by using argon gas. The interaction between the argon gas and the molten steel inside the ladle, as well as the fluid flow, was modeled via numerical simulations (Fig. 1). A circular shaped free surface of molten steel forms within the slag layer that lays on the top of the steel, the size of which was determined by modeling the free surface flow including the formation of waves (Fig. 2). The authors have determined the relation between the flow velocity of the molten steel and the volume flow rate of the argon gas.



1. ábra. A felszálló argon által keltett, szimulációval meghatározott áramlás az üstben
Fig. 1: Flow in the ladle, induced by the rising argon gas, as determined by numerical simulations

Az acél minőségének javítása érdekében el kell távolítani a kezelés során keletkezett alumínium-oxid (Al_2O_3) zárványokat, amelyek a salakréteg alján rakódnak ki. Ezt a folyamatot az üstben egyenletesen elhelyezkedő zárványok mozgásának számításával szimuláltuk. Megállapítottuk azt az időt, amely alatt meghatározott 10 és 50 μm átmérőjű szemcsék meghatározott hányada (pl. 99%-a) kirakódik az acélból.

Különösen az acél kalciummal történő metallurgiai kezelése során az üstfedél kezelőnyílásain keresztül intenzív szennyező kiáramlás tapasztalható, amely ködszerű légszennyezést okoz. A második projekt célja a szennyezőkilépés megszüntetése volt megfelelő elszívás alkalmazásával.



2. ábra. Az áramlás és az acélfürdő felszínének szimulációja
Fig. 2: Simulation of the flow and molten steel surface in the ladle

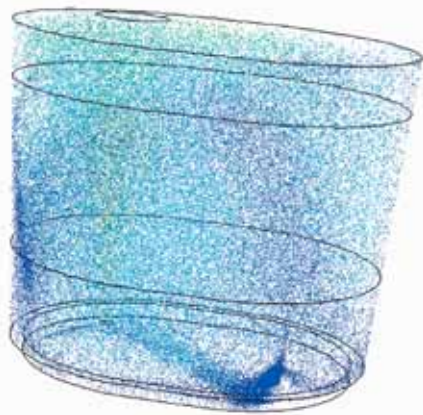
For improving the quality of the steel, the solid phase pollutants (mainly consisting of Al_2O_3) have to be removed, which usually deposit on the lower surface of the slag layer. This process was modeled by using solid particles of diameters 10 and 50 μm , which were distributed uniformly in the volume of the steel and by tracking their motion. The time needed for the deposition of 99% of these particles was determined from the simulations.

An intensive escape of polluted hot gas through handling openings and the formation of mist-like air pollution in the hall can be observed particularly during the metallurgical handling of steel by calcium.

The objective of the second project was the design of an appropriate pollutant removal system. The gas mass flow, removal of which is sufficient for stopping the escape of pollutants in the hall was determined by using numerical simulations of the flow and heat transfer processes between the slag surface and ladle lid (Fig. 4.).

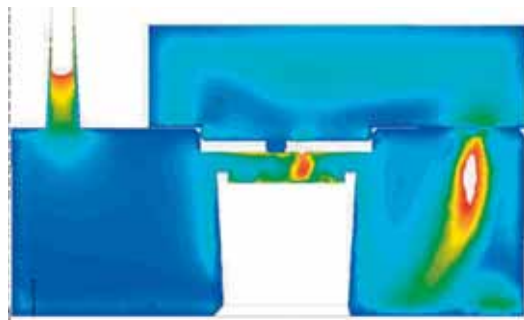
A salakfelszín és a fedél közötti áramlási és hőátadási folyamatok numerikus szimulációjával meghatároztuk azt az elszívott forrógáz tömegáramot, amelynél nincsen szennyező kilépés a csarnok légtérébe (4. ábra).

Miután az elszívás hatásossága nagymértékben függ az üst és a fedő közötti rés méretétől, amelyet a technológia határoz meg, Megbízó javaslatára kidolgoztunk egy olyan burkolatot, amely az üstöt és az azt szállító kocsit is magában foglalja. Az ebben lévő áramlás numerikus szimulációjával meghatároztuk a sebességmegoszlást a függőleges az üst feletti vízszintes síkban (5. és 6. ábra)



3. ábra. Alumínium-oxid-zárványok kirakódásának szimulálása

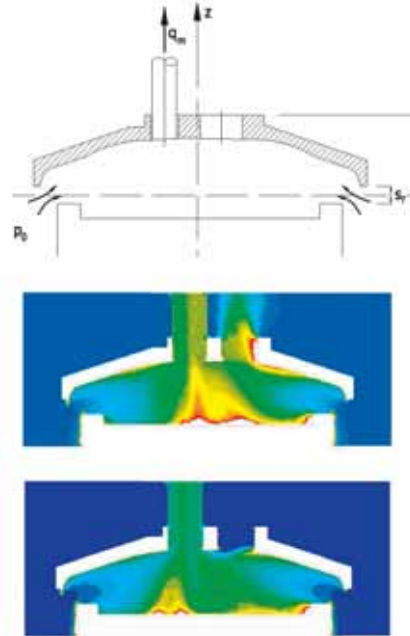
Fig. 3: Simulation of the deposition of aluminiumoxide inclusions



5. ábra. Sebességmegoszlás a javasolt burkolat szimmetriasíkjában

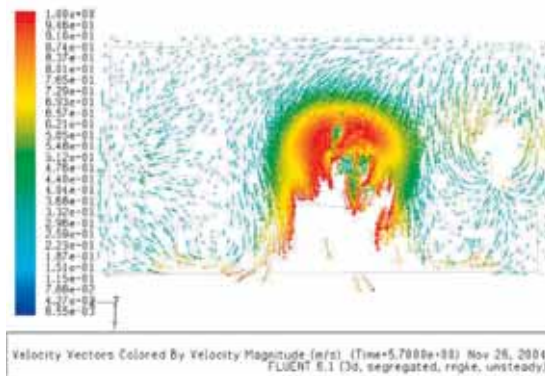
Fig. 5: Velocity distribution in the symmetry plane of the proposed hood

Since the efficiency of hot gas removal depends very much on the gap between the ladle and its lid, which is up to the technology, a covering was elaborated according to the suggestion of the customer, which includes the ladle and its carriage. The flow fields in the vertical symmetry plane of the cover and in the horizontal plane above the ladle (Figs. 5. and 6.) were determined by numerical simulations of the flow.



4. ábra. Elegendő forró, portartalmú gáz elszívása az üst felső részéből megakadályozza a kiporzást a kezelőnyílásokon át

Fig. 4: Sufficient removal of hot dusty gas from the upper part of the ladle stops the escape of polluted gas through openings



6. ábra. Sebességmegoszlás az üst fölött vízszintes síkban

Fig. 6: Horizontal plane of the velocity distribution above the ladle

A TÁVKÖZLÉSI OSZLOPOK ELEMEIRE HATÓ SZÉLERŐK CSÖKKENTÉSÉNEK VIZSGÁLATA SZÉLCSATORNÁBAN

WIND TUNNEL INVESTIGATIONS FOR THE REDUCTION OF THE WIND FORCES ACTING ON TELECOMMUNICATION MASTS

Dr. Lajos Tamás, Dr. Goricsán István, Balczó Márton

Megbízók/Client: PannonGSM Távközlési Zrt. (2004), Magyar Telekom Távközlési Zrt. (2005)

Szélcsatornában vizsgáltuk távközlési tornyok szerkezeti elemeit és oszlopszekciót annak érdekében, hogy megbízható adatokat szolgáltatassunk az oszlopok tervezésénél alkalmazott szilárdsági méretezéshez, vagy a meglévő oszlopok esetén a még rendelkezésre álló terhelhetőség meghatározásához.

A szél turbulenciájának és a toronyelemek érdességének szélteherre gyakorolt hatását vizsgáltuk. A 2. ábrán látható különböző átmérőjű és szokványos felületkezelésű (tűzi-horganyzott és festett) hengeres oszlopelemek ellenállástényezőjének változása kis (0,45%) turbulencia esetén. A kis $c_D = 0,46$ ellenállástényezővel jellemzett szuperkritikus áramlás minimálisan $Re = 2,6 \cdot 10^5$ Reynolds-számértéknél a legérdesebb elemeknél jelentkezett.



1. ábra. Hengeres toronyelem a szélcsatorna mérőterében
Fig. 1: Structural member of a mast in the test section of the wind tunnel

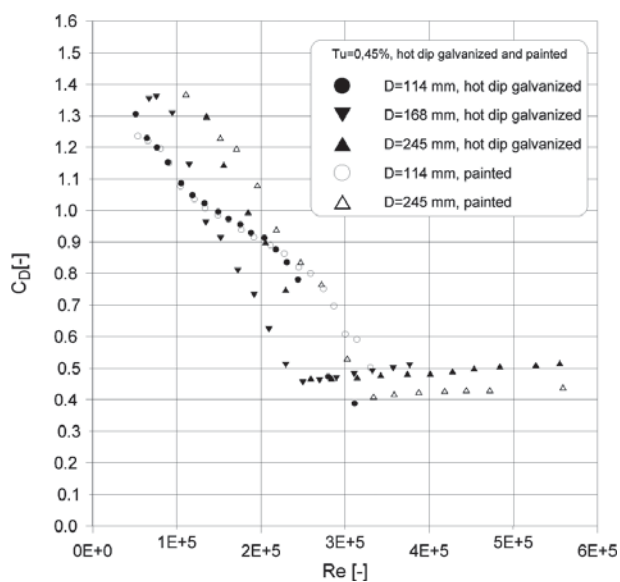
A 3. ábrán látható, hogy valóságos légköri turbulencia (5%) esetén az ellenállástényező sokkal kisebb $Re = 1-1,5 \cdot 10^5$ Reynolds-számnál éri el legkisebb értékét $c_D = 0,36-0,49$ (szuperkritikus áramlási viszonyok). Ez azt jelenti, hogy – a vonatkozó szabvánnyal ellentétben – az ellenállástényező még a legkisebb átmérőjű hengeres elemeknél is kicsi, így a meglévő oszlopoknál még jelentős hasznos terheléssel számolhatunk. Annak érdekében, hogy meghatározzuk egy oszlopszekció ellenállástényezőjét, eredeti méretű modellen végeztünk méréseket a szélcsatornában, és numerikus szimulációval meghatároztuk az áramlást a szekció körül.

A 4. ábrán a toronyszekció látható a szélcsatornában, az 5. ábra pedig különböző szélirányoknál mutatja

Wind tunnel investigations (Fig. 1.) on real structural components (legs, bracing members) and sections of telecommunication masts were carried out in order to provide reliable data for stress analysis. This is necessary for designing new masts and for defining the available useful loading capability of existing masts.

The effect of wind turbulence and the roughness of the components on wind load were determined. Fig. 2. shows the change of the drag coefficient of cylindrical structural members of various diameters and regular surface treatments (dip galvanization and painting) at low 0.45% turbulence intensity.

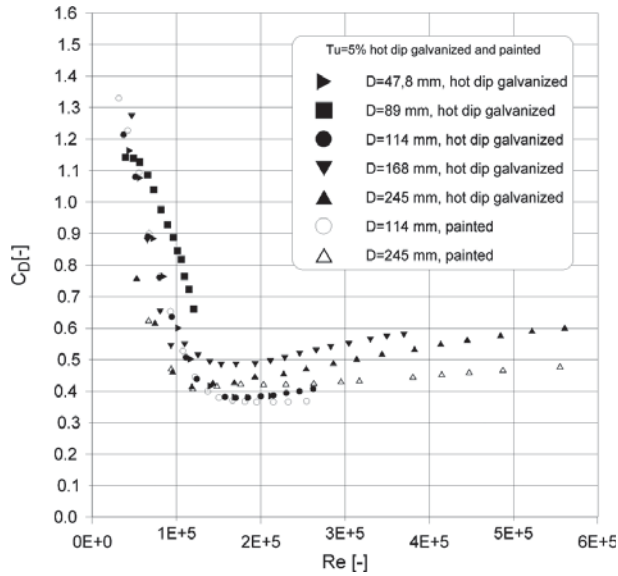
The supercritical regime characterized by the lowest drag coefficient ($c_D = 0.46$) is reached at lowest $Re = 2.6 \cdot 10^5$ for components of larger surface roughness.



2. ábra. Különböző felületi érdességű hengeres toronyelemek ellenállástényezője kis (0.45%) turbulenciafok esetén
Fig. 2: Drag coefficient of cylindrical structural members of various roughness at low (0.45%) turbulence intensity

Fig. 3. shows that in case of realistic atmospheric turbulence (5%), the drag coefficient of cylindrical components reaches its minimum $c_D = 0.36-0.49$ (in supercritical flow regime) at much lower ($Re = 1-1.5 \cdot 10^5$)

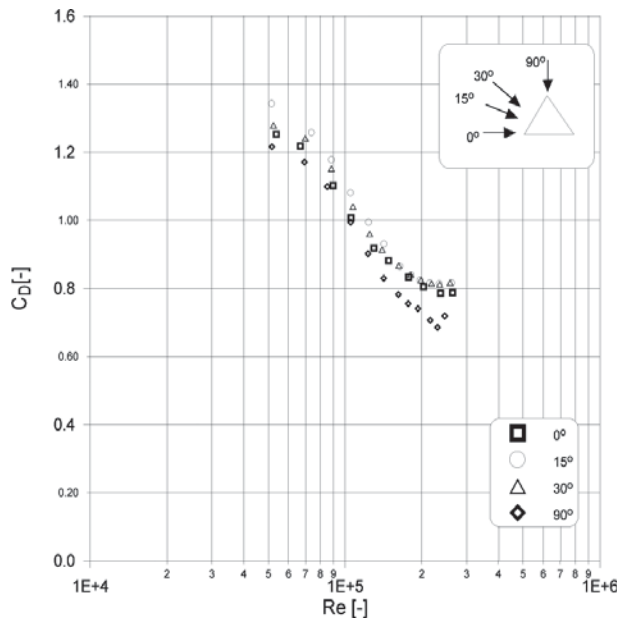
Reynolds number. That means that – in contrast to the relevant Code – the drag coefficient of even the smallest diameter cylindrical components is small



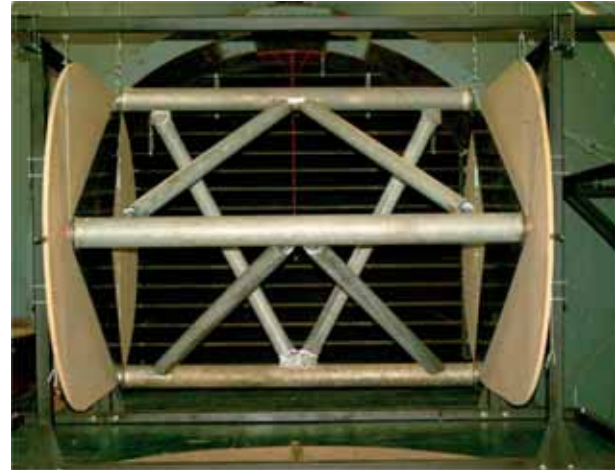
3. ábra. Különböző felületi érdességű torony elemek ellenállástényezője nagyobb (5%) turbulenciafoknál
Fig. 3: Drag coefficient of structural members at higher (5%) turbulence intensity

az ellenállástényező függését a Reynolds-számtól 5% turbulenciafok esetén. A 6. ábra a numerikus szimuláció eredményei alapján mutatja a nyomástényező megoszlását a toronyszekció felületén.

A toronyszekció körüli áramlás numerikus szimulációval (ANSYS-FLUENT) kapott ellenállástényező-értékek kielégítő egyezést mutattak a mért értékekkel.



5. ábra. Eredeti méretű torony ellenállástényezője
Fig. 5: Drag coefficient of a full scale mast segment



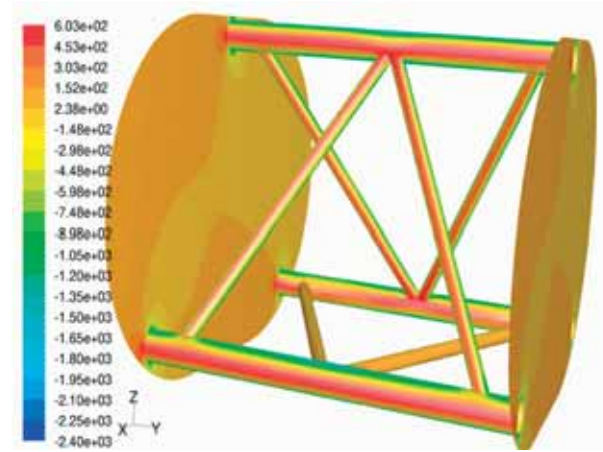
4. ábra. Eredeti méretű toronyszekció a szélcsatorna mérőterében
Fig. 4: Full scale mast segment in the wind tunnel

(supercritical flow regime), therefore in case of existing masts, a considerable amount of useful load is still available.

In order to determine the drag of a mast segment, measurements were carried out on a full scale model. In Fig. 4., the mast segment can be seen in the wind tunnel.

Fig. 5. shows the change of the drag coefficient of the mast segment with respect to the Reynolds number, at various wind directions, with a 5% turbulence intensity. In Fig. 6. the static pressure distribution on the surface of the mast segment can be seen.

Drag coefficients provided by numerical simulations (ANSYS- FLUENT) of the flow past the mast section agree quite well with the measured results.



6. ábra. Statikus nyomáeloszlás egy toronyelem felszínén
Fig. 6: Static pressure distribution on the surface of the mast segment

A RAIFFEISEN-TORONY SZÉLCSATORNA-VIZSGÁLATA WIND TUNNEL INVESTIGATION OF THE RAIFFEISEN TOWER

Dr. Lajos Tamás, Dr. Goricsán István

Megrendelő/Client: TM Janeda Kft. (2007)

A megbízás célja a Raiffeisen-épületegyüttes két (110 m és 74 m) magas tornyára ható szélterő meghatározása volt szélcsatorna modellkísérletekkel 16 széliránynál (1. ábra), és az áramlás szemléltetése.

A modellkísérleteket a Tanszék vízszintes szélcsatornájának nyitott mérőterében hajtottuk végre. A megbízó által rendelkezésre bocsátott adatok alapján elkészítettük a tornyok és környezetük 1:150 léptékű modelljét (2. ábra). Az időben változó szélterhelést az épületmodell felületén keletkező, időben változó nyomásmegoszlás mérésével határozzuk meg. Adott széliránynál és referenciamagasságban adott referencia szélességnél mértük a modell felületén kialakított (3. ábra) közel 200 nyomásmérési pontban az időben változó nyomást, amiből időbeli átlagnyomást és a nyomásingadozásra jellemző nyomásértéket határozzuk meg. Ezekből megállapítottuk az alaki tényező átlagos értékét: c_p , valamint annak az alaki tényező intervallumnak a szélső értékeit (c_{pmin} és c_{pmax}), amelybe az alaki tényező 95% valószínűséggel esik (4. ábra). Ezen adatok alapján az épületek statikai méretezése szélterherre elvégezhető.

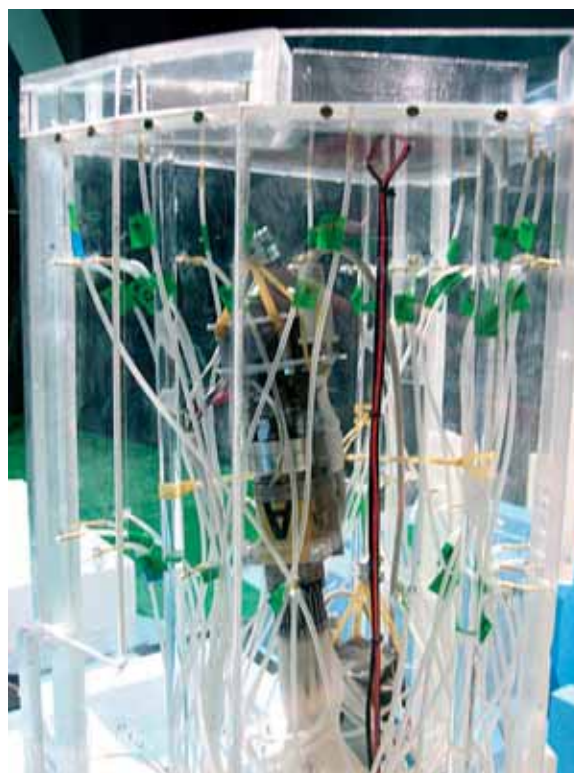
A szélesség és szélirány időbeni ingadozások (pl. örvények keletkezése következtében) az épületek felületén időben ingadozó nyomásokat (szélterhet) okoznak.

The aim of the investigation was to specify the wind force acting on the two high (110 m and 74 m) towers of the Raiffeisen buildings by wind tunnel experiments at 16 wind directions (Fig. 1.); and the visualization of the flow.

The experiments were carried out in the open test section of the horizontal wind tunnel of the Department. The models of the towers and their neighborhood were built in a scale of 1:150, according to the data of the client (Fig. 2.). The time dependent wind load was defined by measuring the time dependent pressure distribution on the surface of the model buildings (Fig. 3.). The non-stationary pressure was measured in about 200 measurement points placed on the surface of the models, at a given wind direction and a given reference velocity at a reference height. From this data the time average and a value characteristic of the fluctuation of the pressure were defined. By this the average value of the shape coefficient/pressure coefficient (c_p) and the extreme values of the interval which involves the c_p with a probability of 95% (c_{pmin} and c_{pmax}) were defined (Fig. 4.). According to these data the static design of the buildings for wind load can be completed.



1. ábra. Vizsgált szélirányok
Fig. 1: Investigated wind directions



3. ábra. Scanivalve és nyomástávadó a modellbe építve
Fig. 3: Built in Scanivalve and pressure transducers

Ha ezek az ingadozások periodicitást mutatnak, és a domináns frekvencia az épület, vagy valamely elemének sajátfrekvenciája közelébe esik, az veszélyeztetheti a szerkezet, vagy egy részének állékonyságát. Az áramlás láthatóvá tételével kimutattunk periodikus áramlási jelenségeket. Annak érdekében, hogy az esetleges periodikus jelenségek fellépését és frekvenciáját kimutassuk, egyes „érzékeny” szélirányoknál adott pontokban mért nyomásadatsorok Fourier analízisét is elvégeztük.

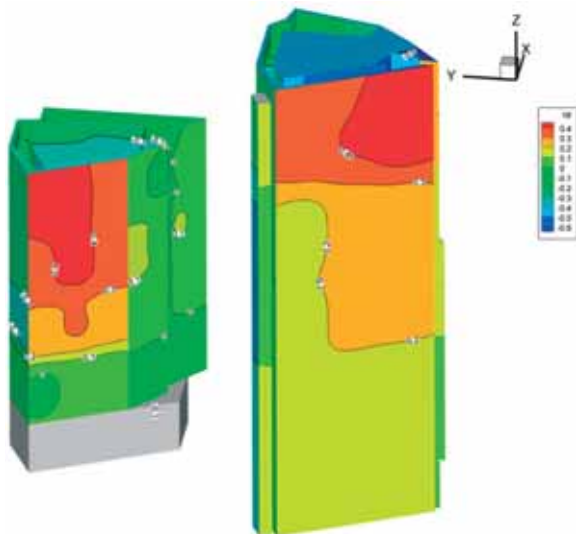
A szerződés értelmében mind az A, mind pedig a B torony bejáratának közelében meghatároztuk az áramlási sebességeket (5. ábra).

Fluctuation of wind velocity and wind direction in time series (e.g. because of arise of vortices) may cause the fluctuation of pressure on the surface of the buildings (wind load). If these fluctuations are periodical and the dominant frequency is close to the characteristic frequency of the building or one of its part, that may endanger the solidity of the structure or a part of it. With the visualization of the flow the periodical flow phenomena had been detected. In order to define the occurrence and frequency of the contingent periodical phenomena, in the case of some “sensitive” wind directions Fourier analysis of pressure data series at given measurement points were also carried out.

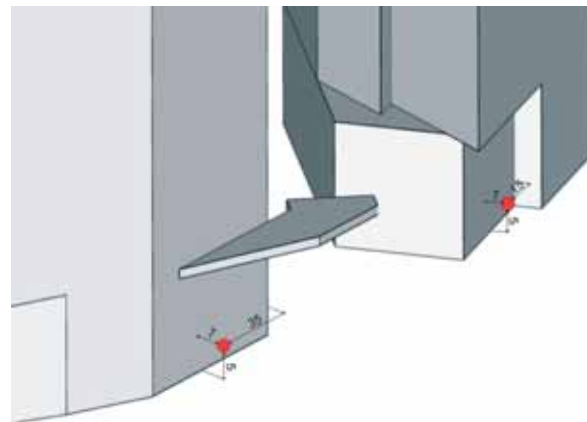
Flow velocity nearby the entrance of tower A and B were also defined according to the contract (Fig. 5).



2. ábra. A magasházak szélcsatornamodellje
Fig. 2: Wind tunnel model of the towers



4. ábra. Felületi nyomástényező-eloszlás
Fig. 4: Pressure coefficient distribution on the surface



5. ábra. Sebességmérési pontok a bejáratok közelében
Fig. 5: Velocity measuring points near the entrances

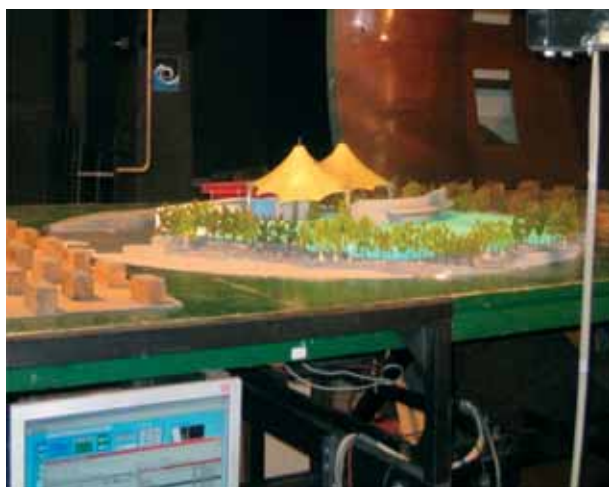
**ST. AUGUSTINE (USA) SZABADTÉRI SZÍNPADÁNAK ÉS RHODE ISLANDS
KLUBHÁZ ÁTRIUMÁNAK SÁTORTETEJÉRE HATÓ SZÉLERŐ
SZÉLCSATORNA-VIZSGÁLATA**
**WIND TUNNEL INVESTIGATION OF THE WIND LOADING ON THE TENSIONED
FABRIC ROOF OF AN OPEN AIR THEATRE AT ST. AUGUSTINE AND OF THE
ATRIUM OF A CLUB BUILDING IN RHODE ISLANDS (USA)**

Dr. Lajos Tamás, Dr. Goricsán István, Balczó Márton

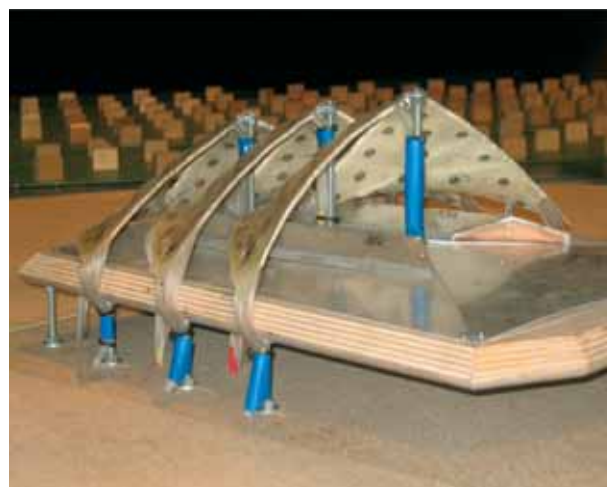
Megbízó/Client: Span Systems Inc. Manchester, USA (2006)

Két sáttortetőmodell szélcsatorna-mérését végeztünk el annak érdekében, hogy meghatározzuk a várható szél-erőt. A membrán két oldalán lévő nyomás különbségének időbeli átlagát és ingadozását mértük a tető számos pontjában (*ld. 2. ábra*). A mérések eredményei alapozták meg a tető szilárdsági számítását.

Wind tunnel investigations on the models of two tent roofs were carried out to predict the wind forces acting on them. Mean and fluctuating differences of pressures on both sides of the membranes were measured, in a number of points on the roofs (see dots in *Fig. 2.*), for different wind directions. The stress analyses of the membrane roofs were based on the results of the measurements.



1. ábra. Szabadtéri színpad modell
Fig. 1: Tent roof model



2. ábra. Klubház átrium sáttortető
Fig. 2: The model of the atrium

TETŐRE SZERELHELTŐ REKLÁMTÁBLA AERODINAMIKAI VIZSGÁLATA
AERODYNAMIC INVESTIGATION OF A CAR-ROOF COMMERCIAL BOARD

Dr. Réger Tamás, Dr. Lajos Tamás

Megbízó/Client: Webing Ltd. (2006)

A BME Áramlástan Tanszéke megbízást kapott egy autó tetejére szerelhető reklámtáblára ható áramlási eredetű erők meghatározására, illetve csökkentésére. A vizsgálatot numerikus szimulációval végeztük, melynek eredményeként a megrendelő által előírt formájú reklámelem ellenállását lényegesen csökkentettük.

The Department of Fluid Mechanics was given a contract for the determination and reduction of the aerodynamic forces acting on a commercial board mounted onto the top of an arbitrary car. The aerodynamic forces were determined by means of a numerical simulation. The drag of the shape ordered by the contractor was significantly reduced.

A SZENT PÉTER-KASTÉLY UDVARÁT LEFEDŐ MEMBRÁNTETŐRE HATÓ SZÉLERŐ MEGHATÁROZÁSA NUMERIKUS SZIMULÁCIÓVAL DETERMINATION OF THE WIND LOAD ON A MEMBRANE ROOF COVERING THE PLAYGROUND OF THE CASTLE ST.PETER USING NUMERICAL SIMULATIONS

Dr. Lajos Tamás, Rácz Norbert

Megbízó/Client: TEXLON International GmbH, Schweiz (2007)

A kastély udvarát lefedő membrántetőre (ld. 1. ábra) ható szélterőt az áramlás numerikus szimulációjával határoztuk meg. Meteorológiai adatok szerint a domináns és legerősebb szelek iránya párhuzamos az épület tornyot tartalmazó átlójával.

A 2. ábra mutatja az épületmodellt és az áramvonalakat a 700 000 cellára felbontott szimulációs tartományban, valamint a szélterő (nyomástényező) eloszlását. A torony nyomában felfelé, az átló másik végén felfelé irányuló erő hat. Az eredmények alapján végezték el a tető szilárdsági ellenőrzését.

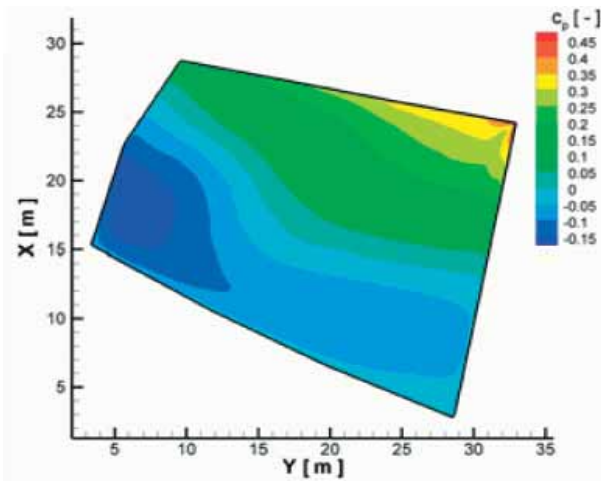
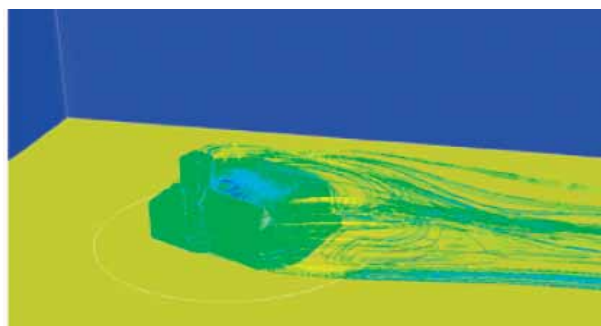


1. ábra. Az épület és a membrántető
Fig. 1: The building and the membrane roof

Numerical simulations of the flow were carried out in order to determine the wind loading on the membrane type roof over the playground (See Fig. 1.).

According to meteorological data, the dominant wind direction, also being that of greatest velocity, is parallel to the diagonal of the building, which includes the tower.

Fig. 2. shows the buildings model in the simulation domain, which is divided into 700.000 cells and the streamlines as well as the distribution of wind loading (pressure coefficient). It can be seen that in the wake of the tower an upward directed force, while at the opposite end of the diagonal a downward directed force is acting. The stress analysis of the roof was carried out based on these results.



2. ábra. Az épület numerikus modellje és a membránra ható szélterő eloszlása
Fig.2: Numerical modell of the building and the distribution of the wind force over the roof

VÁROSI MÉLYGARÁZSOK KÖRNYEZETÉNEK LEVEGŐMINŐSÉGE AIR QUALITY AROUND URBAN UNDERGROUND CAR PARKS

Dr. Lajos Tamás, Balczó Márton

Megbízó/Client: OTP Ingatlan Zrt./OTP Real Estate Ltd. (2007)

A tanszékünkön elvégzett vizsgálatban egy tervezett mélygarázs környezetének levegőminőségét modelleztük a MISKAM numerikus szimulációs szoftver segítségével, és javaslatot tettünk olyan szellőzési megoldás megvalósítására, amely segítségével a mélygarázs környezetében a levegő minősége nem romlik, sőt javulásra is számíthatunk.

A mélygarázs egy minden oldalról épületekkel zárt belvárosi tér alatt fog elhelyezkedni, melynek északi szélén (1. ábra) nagyforgalmú út található. A garázból való ki- és behajtás is itt, az északi oldalon történne. A tér közelében található mérőállomáson az NO_x, NO₂ és PM₁₀ koncentráció éves átlaga jelentősen meghaladja a határértéket. A garázsban és a rámpákon keletkező szennyezett levegő hagyományos, talajszenyítő történő kibocsátása tehát tovább rontaná a levegő minőségét. Ennek elkerülésére a következő javaslatot dolgoztuk ki:

1. A garázsban keletkező szennyezett levegő tetőszint feletti magasságban, kürtön keresztül való kibocsátása.
2. A garázs szellőző levegője egy részének a szennyezett kihajtó rámpáról való beszívása, ezzel szennyezett levegő eltávolítása a térről.

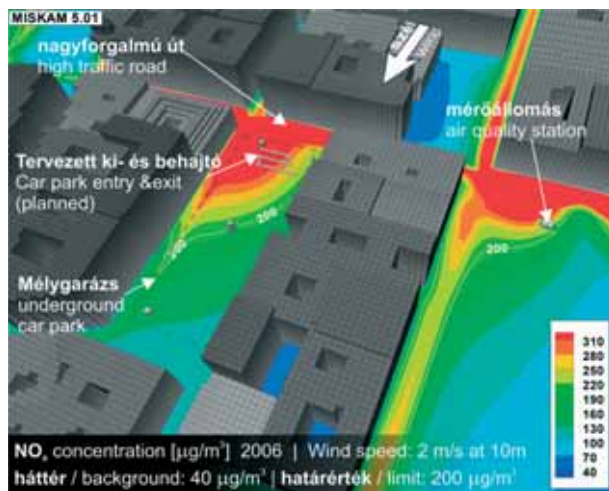
A javaslatok hatékonyságát numerikus szimulációval ellenőriztük. A MISKAM-moddellel végzett szimulációk azt mutatták, hogy kidolgozott szellőzési megoldás működik, a tér nagy részén csökken, vagy nem változik a koncentráció (2. ábra). Szintén bizonyítást nyert, hogy a kürtön, tetőszint felett kibocsátott szellőző levegő nem növeli észrevehetően a légszennyezettséget a téren, illetve a környező épületek homlokzatán.

The Department modelled the air quality of the environment of a planned underground car park with MISKAM numerical simulation software, and made suggestions to a ventilation system which prevents further air pollution in the environment of the car park, moreover, a reduction can be expected.

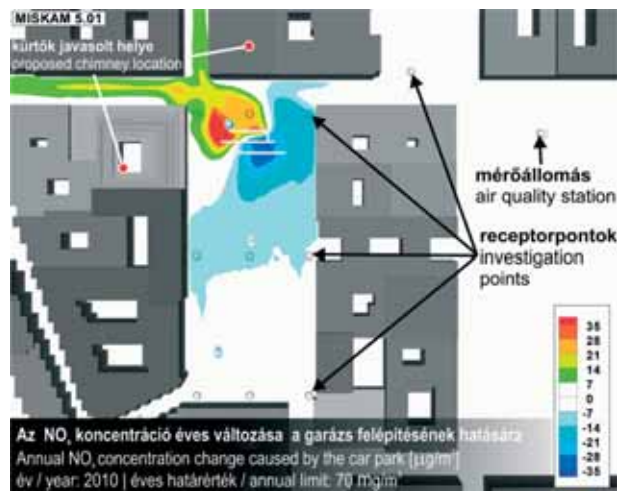
The underground car park is going to be situated under a square in the city centre, surrounded with buildings from all sides and with a busy thoroughfare at the northern side (Fig. 1.). The entry and exit of the car park would also be at this side. There is a measurement station near the square where the annual averages of NO_x, NO₂ and PM₁₀ concentration are significantly above the limit. The traditional, ground level emission of the polluted air produced in the car park and at the ramp would impair air quality further. To avoid it, the following suggestions were elaborated:

1. Emission of the produced polluted air above roof level, through a chimney.
2. Suction of the polluted air from the ramp to some extent, thus removing that from the square.

The efficiency of the suggestions was verified by numerical simulation. The results of the MISKAM model simulation indicate that the suggested ventilation system works well; the pollutant concentration is decreasing mostly at the square, or does not change (Fig. 2.). It was also verified that the emission through a chimney above roof level does not increase the air pollution noticeably at the square or at the facade of the surrounding buildings.



1. ábra. MISKAM-modell és egy jelenlegi eloszlás
Fig. 1: The MISKAM model and a recent concentration distribution



2. ábra. A mélygarázs hatása az éves NO_x eloszlásra
Fig. 2: Effect of the car park on the annual mean NO_x concentration

MISKAM ALKALMAZÁSA LEVEGŐMINŐSÉGI VIZSGÁLATOKBAN APPLICATION OF MISKAM IN AIR QUALITY INVESTIGATIONS

Dr. Lajos Tamás, Dr. Goricsán István, Balczó Márton

Megbízó/Client: Levegő Munkacsoport/Clean Air Action Group (2006)
Pataki Környezetvédelmi és Közegészségügyi Kft./Pataki Environmental and Public Health Ltd. (2006)

A Levegő Munkacsoport által 2002-ben felajánlott, pályázati összegből 4 licenct vettünk használatba a MISKAM mikroskálájú áramlási és terjedési CFD szoftverből. A MISKAM német fejlesztésű, a levegőminőségi konzultációs és hatósági területen Európa-szerte alkalmazott CFD-modell. A modellt a tanszéken oktatjuk, több diplomamunka is született a használatával. Saját pre- és posztprocesszáló programot is fejlesztünk hozzá *MISKAM Data Processor* néven, a WinMISKAM grafikus felület kiegészítéseképpen. Ennek segítségével először használtuk sikeresen a modellt domborzat feletti áramlások szimulációjára.

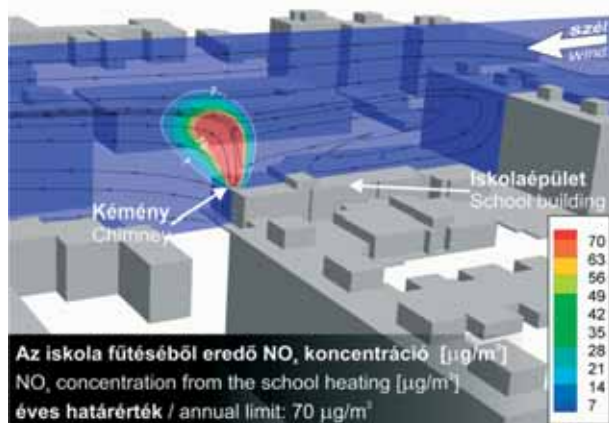
A Levegő Munkacsoport megkeresésére végeztünk szimulációt egy budapesti iskolában telepített gázfűtés immissziójának meghatározására. A kémény jóval a környező panelépületek tetőszintje alatt helyezkedik el. A szimuláció azt mutatta (*1. ábra*), hogy – bár a füstfáklya valóban tetőszint alatt kerül kibocsátásra – a legközelebbi ablakoknál mérhető koncentráció kicsiny, elsősorban a beépített korszerű kazánok alacsony szennyező kibocsátásának köszönhetően.

A Pataki Kft. megbízásából a Határ utat tehermentesítő, tervezett Körvasútsori körút nyomvonalainak levegőminőségi hatását elemeztük. A MISKAM szimulációval a közeli Wekerle-telep szennyezettségét vizsgáltuk. Ennek alapján a Határ út melletti, A és B jelű vonalvezetés határérték-túllépést fog okozni északnyugati szélirány esetén az út menti házaknál, míg a C és D változatnál a megfelelő védőtávolság betartásával nem várható határérték-túllépés (*2. ábra*).

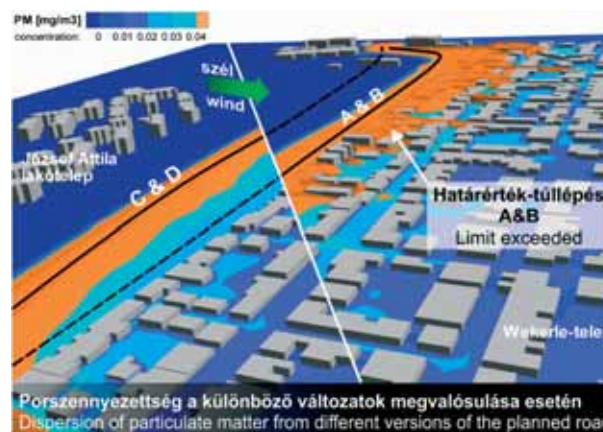
With the financial subsidy of the Clean Air Action Group, the department started using 4 licenses of the microscale flow and dispersion CFD software MISKAM in 2002. MISKAM is developed in Germany and is used Europe-wide for air quality studies in the regulatory and consulting field. The model is educated at the department, including more diploma theses in the last years. An own pre- and postprocessing program named *MISKAM Data Processor* is being developed, extending the WinMISKAM graphical interface. Using this, the model was firstly applied for the simulation a flow over complex terrain.

The Clean Air Action Group asked the department to investigate the pollutant dispersion of a newly installed natural gas heating of a Budapest school. The chimney is situated below the average roof height of the surrounding buildings. Simulation results (*Fig. 1*) showed that even the plume is exhausted below rooftop level, pollutant concentrations at the nearest windows are extremely low, due to the very low emission of the modern condensation boilers installed.

Upon charge of Pataki Ltd. we analyzed the air quality impact of a new motorway, planned to relieve Határ Street (Budapest). We investigated the air quality of the neighbouring Wekerle-settlement using MISKAM. According to the results, the versions A and B near to the existing road will cause limit exceedance in case of NW winds. At realization of the versions C and D no exceedance can be expected due to the larger protection distance (*Fig. 2*).



1. ábra. NOx koncentráció alacsony szélességnél
Fig. 1: NOx concentration at low wind speed (0.75 m/s)



2. ábra. Szennyezőanyag-terjedés északnyugati szélnél
Fig. 2: Dispersion of pollutants at Northwest wind

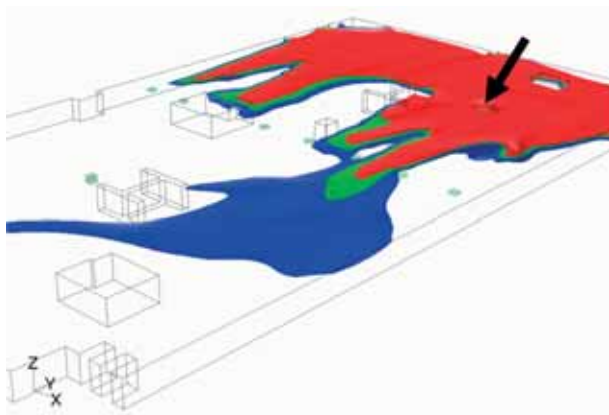
SUGÁRVENTILÁTOROS FÜSTMENTESÍTŐ RENDSZEREK SZIMULÁCIÓS VIZSGÁLATA SIMULATION OF JET FAN SYSTEM USED FOR EMERGENCY SMOKE EXTRACTION

Dr. Kristóf Gergely, Dr. Lajos Tamás

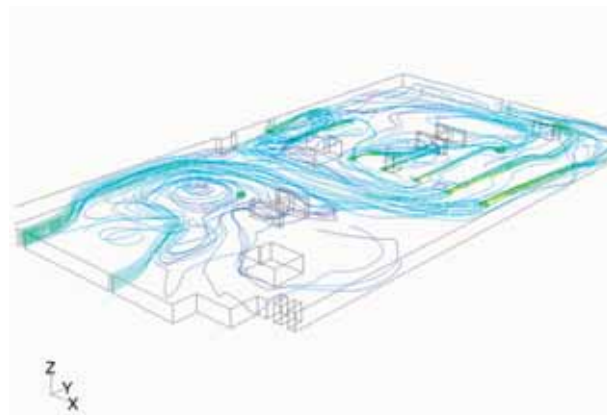
Megbízó/Client: Air-Technik Kft. (2007)

2008-tól az új tűzvédelmi előírások a korábbiánál lényegesen nagyobb légmennyiség forgalmazását kívánják meg az újonnan létesülő teremgarázsok tűzvédelmi füstelvezető rendszerektől, ami a korábban járatos légszűrőrendszerrel füstelvezető rendszereknél általában gazdaságosan nem valósítható meg. Megfelelő műszaki megoldásnak ígérkezik olyan, pontszerű légbevezetést és elszívást alkalmazó rendszerek kiépítése, amelyek működési iránya a tűz keletkezési helyétől függően automatikusan változik, így a garázsban olyan áramlás hozható létre, amely a füstöt a lehető legrövidebb úton az elszívási ponthoz tereli. Az ilyen típusú füstelvezető rendszereket legtöbb esetben szükséges kiegészíteni a garázs mennyezetéhez függesztett sugárventilátorokkal, amelyekkel megakadályozható a nagyméretű örvények és az ezekkel járó hidraulikai rövidzárak kialakulása, továbbá megakadályozható a forró füst plafonközeli áttérjedése a vészkijáratok közelébe. A rendszer megfelelő működése az áramlás számítógépes szimulációjával ellenőrizhető és optimalizálható, amelyet az elmúlt két év során több új létesítmény esetében elvégeztünk.

Az 1. ábrán egy teremgarázsban, a nyíllal jelölt helyen feltételezett tűz füstjének elhelyezkedése látható 3,5 perccel a tűz kitörése után. A 2. ábra a légáramlás áramvonalai láthatók sebesség nagysága szerint színezve ugyanezen vizsgálati körülmények esetében.



1. ábra. Teremgarázs tűz
Fig. 1: Fire in indoor garage



2. ábra. Füst áramvonalak
Fig. 2: Smoke streamlines

New governmental norms on smoke extraction systems require the application of significantly higher air flow rates in new indoor garages from the year 2008, which makes the generally used extraction manifolds financially unfeasible in many cases. A concentrated air injection and extraction method, with the flow direction being controlled by the actual position of the fire seems to be a reasonable technical alternative. These systems have the potential of directing the smoke towards the closest extraction point thus minimizing the smoke covered area. Jet fans positioned close to the ceiling can be used for avoiding the formation of large vortices and the propagation of hot smoke towards the emergency exits. These jets are therefore often invariable part of such designs. The functionality of the smoke extraction system can be checked, moreover, the arrangement and sizing of jet fans can be optimized via computational fluid dynamics (CFD). This has been carried out for numerous newly constructed indoor garages by the Department of Fluid Mechanics of BME during the last two years.

The position of the smoke emitted by a burning car (marked by black arrow) 3.5 minutes after the break out of the fire can be seen in Fig. 1. In Fig. 2. the streamlines are plotted for the same simulation scenario. Coloring, in the latter picture, is according to the magnitude of local flow velocity.

HŐ- ÉS ÁRAMLÁSTECHNIKAI RENDSZEREK, TECHNOLÓGIAI FOLYAMATOK FELÜLVIZSGÁLATA

EXAMINATION OF HEAT AND FLUID FLOW SYSTEMS AND TECHNOLOGICAL PROCESSES

Dr. Vad János

Az itt ismertetett tevékenység teljes hő- és áramlás-technikai rendszerekre és ipari technológiai folyamatokra, illetve azok alrendszeire és részfolyamataira irányul. Céljai: állapotfelmérés üzemviteli tartalékképzés érdekében, az üzemi tulajdonságok javítása, a hatékonyság növelése, a rendellenes üzemállapotok és a meghibásodás kiküszöbölése. Olyan alkalmazásokra irányul, amelyekben a fluidum áramlása fontos szerepet játszik, az iparágak széles skáláján és a mérnöki gyakorlat számos területén.

Az Áramlástan Tanszék által végzett szakértői, alkalmazott kutatás-fejlesztési feladatok minden esetben természetesen valamely műszaki alkatétel, berendezés, rendszer áramlástechnikai javítására irányulnak. Ezen általános megfogalmazáson túlmenően az e fejezetben tárgyalt munkák a következő sajátosságokkal bírnak. Kiterjedt eszmeeserét folytatunk a rendszer üzemeltetőjével, a vezetői szinttől a szakmunkási szintig. A vizsgált technológiai folyamat (részfolyamat) átfogó, rendszerszemléletű vizsgálatát végezzük el, a be- és kimenő összes fontos anyag- és energiaáram figyelembevételével. E munkáinkban kiemelkedő fontosságú a „terepmunka”: a körültekintő helyszíni bejárás, valamint a helyszíni „éles” mérések a működésben lévő rendszeren (kombinált hő- és áramlástan, rezgésdiagnosztikai, esetenként akusztikai vizsgálatok). Az itt ismertetett esettanulmányokban előtérbe kerülnek a rendszer szisztematikus, diagnosztikai vizsgálatából („gyengepont-feltárás”) születő műszaki megoldások, melyek hatásosan kiegészülnek az intuitív mérnöki szemlélettel.

Munkánk során az alábbi módszertant alkalmazzuk:

- Az adott rendszer átfogó megismerése: helyszíni bejárás, üzemeltetési tapasztalatok átvétele, a műszaki dokumentáció feldolgozása, a technológiai folyamat hő- és áramlástechnikai szemszögű modellezése.
- Az üzemeltető által reklamált üzemviteli jellemzők felmérése, a fejlesztési cél(ok) meghatározása, a rendszerben megvalósítható módosítások behatárolása, az üzemeltetővel végzett konzultáció alapján.
- A rendszer aktuális állapotának felmérése, kijelölt üzemi feltételek mellett: célzott terepi alkalmi mérések, a rendszerfelügyelet által regisztrált valamint beépített műszerekről leolvasott mérési adatok (többirányú adatgyűjtés: pl. a termelési kapacitásra, ezzel egyidejűleg a berendezést hajtó villamos motor felvett teljesítményére vo-

The activity reported herein regards entire heat and fluid flow systems and industrial technological processes, as well as their subsystems and sub-processes. The related investigations have the following objectives: survey of the state of the system under consideration for ensuring technological reserves, improvement of the operational characteristics, increase of system effectiveness, avoiding extraordinary operational states and malfunction. The subjects of such investigations are practical applications in which fluid flow takes an important role, over a wide range of industrial fields and in several areas of engineering practice.

The industrial consultations and the applied research and development assignments carried out by the Department of Fluid Mechanics certainly aim at fluid mechanical improvement of a technical systems element, a piece of equipment, or an entire system in each case. Being more specific, the activities discussed in this article have the following special features. An extensive exchange of thoughts is carried out between the Department and the operators of the system at different levels, ranging from the management to the technicians. An overall, systematic investigation of the technological process (or sub-process) is carried out, with consideration for all significant input and output mass and energy flows. The “field work” is of great significance in these studies, by means of scrutinizing the industrial site by “wandering around”, inspecting the system elements thoroughly, and carrying out appropriate on-site measurements on the system during operation (incorporating combined thermal, fluid mechanical, vibration diagnostic and occasionally acoustic experiments). In the case studies outlined herein, the technical solutions originated from systematic, diagnostic investigations (e.g. for exploration of shortcomings in the system) are of primary importance, supplemented effectively by engineering intuition.

The following methodology is applied in the activity discussed in the present article:

- Getting acquainted with the system under investigation: on-site inspection, obtaining operational experiences from the personnel, processing the technical documentation, modeling the technological process from thermal and fluids engineering aspects.
- Survey of the operational characteristics criticized by the system operator, definition of improvement objectives, specification of the feasible modifications in the system, based on consultations with the operator.
- Survey of the actual state of the system, for specified operational conditions: representative ad-hoc on-site measurements, acquired measurement data registered by the process control or read out from built-in instruments (multitask data acquisition: e.g. simulta-

natkozóan), hő- és áramlástechnikai alapszámítások, szükség szerint célzott numerikus áramlási (FLUENT) és numerikus rendszerdinamikai (AMESim) vizsgálatok, illetve szilárdságtani vizsgálatok alvállalkozó bevonásával.

- Rendszerdiagnosztika, kritikai elemzés, „gyenge pontok” feltárása.
- Javaslattevés, megoldásváltozatok kidolgozása az üzemvitel javítása érdekében, a megvalósíthatósági szempontok figyelembevételével.
- Helyszíni művezetés a javaslat kivitelezése során, az üzemeltető igénye szerint.
- Helyszíni mérések végzése a módosított rendszeren, a javaslattevés alkalmasságának igazolására, az üzemvitel javulásának kimutatására.

A következőkben példákat mutatunk be a Tanszék szerteágazó tevékenységére ipari rendszerek, folyamatok felülvizsgálata és javítása terén, a teljesség igénye nélkül.

A példák tömör leírásában először a vizsgálat tárgyát képező rendszert adjuk meg. Ezek után a vizsgálat vagy javítás célkitűzése szerepel. Végül, mivel a vizsgálatok markáns jellegzetességét adják a helyszíni mérések, az adott rendszeren mért jellemzőket soroljuk fel.

LÉGTECHNIKA

Erőmű-kazánok radiális aláfűvő ventilátorokkal üzemeltetett égésilevegő-ellátó rendszere: javaslattevés a ventilátorok légtechnikai teljesítményének és hatásfokának javítására, valamint a ventilátorzaj és -rezgés csökkentésére (*hangnyomásszint, rezgés gyorsulás RMS a ventilátorházban, légtérfogatáram sebességmérésből adódóan, statikus nyomásnövelés, a ventilátort hajtó villamos motor áramfelvétele*)

Gázmotoros erőmű légeztető rendszere: a nagy iránytöréseknél jelentkező pangó leválási áramlási zónák elhárítása terelőelemek alkalmazásával, a ventilátortörések elkerülése érdekében (*statikus nyomás és sebesség eloszlása a ventilátor előtti idomokban, sebességeloszlás közvetlenül a ventilátor előtt (1. ábra), rezgés gyorsulás RMS a ventilátorcsatornában, járókerék fordulatszám*)

Axiális ventilátorokkal átszellőztetett hő- és klimatechnikai berendezések: a ventilátor-járókerék beépítésének módosítása a légtechnikai teljesítmény és a hatásfok növelésére (*légtérfogatáram, statikus nyomásnövelés, fordulatszám, a hajtó villamos motor áramfelvétele*)

Ipari por- és szaglekötésben alkalmazott ködgyű: a ködgyű-

- neous data collection on the production capacity and on the electric input power of the motor driving the equipment), basic thermal and fluids engineering calculations, representative computational fluid dynamics (FLUENT) and computational system dynamic (AMESim) studies upon need, and structural mechanical investigations, if necessary, using subcontractors.
- System diagnostics, critical analysis, exploration of shortcomings.
- Putting proposals forward, elaboration of versions for technical solutions for improving the operation of the system, with consideration for feasibility aspects.
- On-site supervision in execution of the technical proposal, upon request of the customer.
- On-site measurements of the modified system, pointing to the improvement of system operation, justifying the reliability of the proposal.

Not intended to be exhaustive, examples are given in the following section to the far-reaching activity of the Department in the investigation and improvement of industrial systems and processes. In the brief description of the examples, the system being the subject of investigation is specified first. Then, the aim of investigation or improvement is outlined. Finally, since the on-site measurements are remarkable features of the studies in point, the quantities measured in the system are listed.

AIR TECHNOLOGY

Combustion air supply system of boilers in thermal power plants, operated by radial draught fans: proposal for improvement of fan aerodynamic performance and efficiency, and for moderation of fan noise and vibration (*sound pressure level, vibration acceleration RMS on the fan housing, air volume flow rate deduced from velocity data, static pressure rise, input electric current of the fan driving motor*)

Air supply system of a gas motor power plant: elimination of stagnating, separating flow zones appearing in elements of strong deflection, by means of guide vanes, in order to avoid fan damage (*distribution of static pressure and velocity in the elements upstream of the fans, velocity distribution close upstream of the fans (Figure 1), vibration acceleration RMS on the fan casing, rotational speed of the fan rotors*)

Heating and air conditioning equipments ventilated by axial fans: modification of the installation of fan rotors, for improvement of aerodynamic performance and efficiency (*air volume flow rate, static pressure rise, rotor speed, input electric current of the fan driving motor*)



1. ábra. Sebességmérés hőgömbös anemométerrel
Fig. 1: Velocity measurement using a thermal anemometer

ban működő nagy vetőtávolságú axiális ventilátor áttervezése és tanúsító mérése fokozott fajlagos légtechnikai teljesítmény és hatásfok, emellett mérsékelt méret és hajtómotor teljesítményigény érdekében (*térfogatáram, statikus nyomásnövekedés, teljesítményfelvétele, légsebesség eloszlása*)

Aspirációs tűzjelző rendszer: a rendszerelemek célirányos módosítása annak érdekében, hogy az egyes helyiségekből elszívott és analizált levegőminták mennyisége közel azonos legyen (*helyi légsebességek*)

Dohányvágot feldolgozó berendezése: hatékonyságnövelő intézkedések, a belső áramlás körülményeinek javításával (*légtérfogatáram, helyi statikus nyomások, áramlás láthatóvá tétele olajköddel*)

Autóbusz utasterének légbefúvó rendszere: a légbefúvás egyenletesítése, a rendszerelemek célszerű elhelyezésével és módosításával (*helyi légsebességek*)

Idegsebészeti vákuumszivattyús központi szívórendszer: a műtőhelyiségekben a szívóhatás fokozására irányuló javaslat (*helyi légsebességek és nyomások, vákuumszivattyú által előállított vákuum*)

Járműiparban alkalmazott fémöntészeti eljárások: az öntvények gáztömörségének vizsgálatát szolgáló berendezések kalibrációja, pneumatikus kalibráló fúvókák tervezésével, tanúsító mérésével és alkalmazásával (*gáztérfogatáram, gázhőmérséklet, nyomás a fúvókák előtt és után*)

Gyógyszeripari fluidizációs granuláló berendezés: a légtechnikai rendszerbe beépített térfogatárammérő műszer helyszíni kalibrálása, szabványos átfolyó mérőperemes mérőszakasz beiktatásával (*légtérfogatáram, hőmérséklet, nyomások*)

Élelmiszeripari vállalat aerob szennyvízkezelő telepe: a légfúvók által keltett kültéri zaj csökkentésére irányuló javaslat (fúvók forgórészének fordulatszám, hangszínkép)

Bazaltgyapotgyártás: a légbefúvó rendszer módosítása, a szálátmérő-eloszlás egyenletesítése érdekében (*helyi légsebességek*)

FÜSTGÁZTECHNIKA

Cementgyári füstgázvezetékbe épített hangtompító: a hangtompító nyomásvesztés-tényezőjének meghatározása és összevetése a hangtompító gyártója által megadott hidraulikai jellemzőkkel (*hangtompító előtti és utáni nyomások, a forró füstgáz térfogatárama sebességmérésből adódóan (2. ábra), füstgázhőmérséklet*)

Fog cannon applied in industrial dust settling and odor elimination: re-design and execution of certification measurements on the axial fan of long throw distance incorporated in the fog cannon, for improved performance and efficiency at reduced fan size and driving power (*air volume flow rate, static pressure rise, rotor speed, input electric power of the fan driving motor; air velocity distribution*)

Aspirating fire detection system: appropriate modification of the system elements for making the quantities of analyzed air samples taken from the individual premises more uniform (*local air velocities*)

Tobacco cutting and processing equipment: improving the effectiveness of the equipment, by means of bettering the internal flow conditions (*air volume flow rate, local static pressures, flow visualization by oil fog*)

Air supply system in the passenger area of an autobus: making the air distribution more uniform by appropriate arrangement and modification of system elements (*local air velocities*)

Central suction system of a neurosurgical operating room, operated by a vacuum pump: proposal for improvement of the suction effect in the operating rooms (*local air velocities and pressures, the vacuum produced by the vacuum pump*)

Metal casting technologies applied in automotive industry: calibration of test facilities applied in checking the gas tightness of metal casts by means of design, certifying measurements, and application of pneumatic calibration nozzles (*gas volume flow rate, gas temperature, pressure upstream and downstream of the nozzles*)

Fluidized granulating system applied in pharmaceutical industry: on-site calibration of the volume flow rate metering instrument built into the air technical system by means of inclusion of a standardized through-flow orifice plate in the air path (*air volume flow rate, temperature, pressures*)

Aerobic waste water treatment plant of a company in the food industry: proposal for reduction of outdoor

noise generated by the air blowers (*speed of blower rotors, sound pressure spectrum*)

Mineral wool production: modification of the air supply system, in order to make the diameter distribution of basalt wool filaments more uniform (*local air velocities*)

FLUE GAS TECHNOLOGY

Silencer built into an industrial flue gas duct: determination of the loss coefficient of the silencer, and making a comparison of its hydraulic characteristics to those specified by the manufacturer of the silencer (*pressures upstream and downstream of the silencer; volume flow rate of hot flue*)



2. ábra: Prandtl-csőves sebességmérés
Fig. 2: Velocity measurement using a Pitot-static probe

Gabonafeldolgozó vállalat földgáztüzelésű gázturbinás erőműve: a gabona szárítására és főzésére felhasznált erőművi füstgáz kihasználatlan (kéményen távozó) hányadának meghatározása, a későbbiekben még hasznosítható hőtartalék becslésére, a szárítási és főzési kapacitás tervezett növelése érdekében (*levegő és füstgáz térfogatárama sebességmérésből, földgáz tömegárama, hőmérséklet (3. ábra)*)

Füstgázüzemű faapríték-száritó berendezés: az aprítékleválasztó ciklonokon jelentkező rezgés elhárítása, a biztonságos üzemvitel érdekében (*helyi ingadozó nyomások és sebességek, füstgázventilátor fordulatszáma és hajtó villamos motorjának áramfelvétele, helyi rezgésgyorsulás RMS spektrumok*)

Faapríték-tüzelésű hőerőmű: a forró füstgázt szárítóközeggként felhasználó ventilációs malmok hatékonyságának fokozása a fals levegő beszívásának mérséklésével (*forró füstgáz térfogatárama sebességmérésből, füstgáz-hőmérséklet, helyi nyomások, hajtómotorok fordulatszáma és áramfelvétele*)

CSEPPFOLYÓS MUNKAKÖZEGEK

Élelmiszeripari hűtőrendszer: a meglévő hűtőberendezés kiegészítése új, sokoldalúan szabályozható hűtőrendszerrel, a hűtőkapacitás fokozása és hűtési tartaléképítés érdekében (*nyomásesés a hűtőkön, ki- és belépő közegek hőmérséklete*)

Meleghengermű lemezű hűtő rendszere: a hűtővizet elosztó berendezéseinek továbbfejlesztése, a vízelosztás egyenletesebbé tétele és az áramlási veszteségek mérséklése érdekében (*a hűtővíz összterfogatárama és térfogatáram-eloszlása, az elosztóberendezés előtti túlnyomás*)

Gyógyszeripari aerob fermentor: a légellátás és a keverés hatékonyságának növelésére, a keverőmotor rezgésének mérséklésére irányuló intézkedések (*fermentlé felszínének alakmeghatározása lézeres áramlás láthatóvá tétele eszközzel, fermentlé viszkozitása, hajtómotor rezgése és villamos teljesítményfelvétele*)

Vegyipari központi tartálypark: javaslat az üzemállapotok módosítására, az adagolószivattyúk tönkremenetelének elkerülése és az üzemvitel biztonsága érdekében (*szállított tömegáram, nyomásnövekedés, hajtómotor fordulatszáma, rezgésgyorsulás RMS a szivattyún*)



3. ábra: Forró füstgáz hőmérsékletmérése

Fig. 3: Temperature measurement of hot flue gas

gas, deduced from velocity measurements (Figure 2); flue gas temperature)

Natural gas combusted gas turbine power plant of a grain processing company: the company utilises a portion of the hot exhaust gas for drying and cooking the grain. The project aimed at determination of the non-utilized portion of flue gas released to the atmosphere via a stack. This measurement served for estimation of the available heat reserves to be considered in the planned expansion of the drying and cooking capacity (*volume flow rate of air and hot flue gas, deduced from velocity measurements; mass flow rate of natural gas, temperatures (Figure 3)*)

Flue gas operated wood chips drying system: elimination of the vibration occurring in the wood chips separator cyclones, in order to ensure safe system operation (*local fluctuating pressures and velocities, rotor speed and input electric current of the flue gas fan, spectra of local vibration acceleration RMS*)

Chopped wood combusted thermal power plant: improvement of the effectiveness of the ventilating mills utilizing the hot flue gas as drying fluid, by means of moderating the amount of unwanted air sucked in (*volume flow rate of hot flue gas, deduced from velocity measurements; flue gas temperature, local pressures, speed and input electric current of the mill driving motors*)

LIQUID HANDLING

Food industrial cooling system: supplement of the existing cooling system with a new, extensively controllable cooler, in order to increase the cooling capacity and to form reserves in the cooling power (*pressure drop on the coolers, input and output temperatures*)

Cooling system of hot rolled sheet metal: further development of the cooling water distributor equipments, for making the water distribution more uniform and for reduction of hydraulic losses (*total volume flow rate and flow rate distribution of the cooling water, overpressure upstream of the water distributor equipment*)

Aerobic fermentor applied in pharmaceutical industry: proposals aiming at improving the effectiveness of the air supplying and mixing process, and at moderating the vibration of the motor driving the mixers (*determination of shape of fermentation liquid by means of laser flow visualization, viscosity of the fermentation liquid, vibration and input electric power of the motor driving the mixer*)

Central reservoir park applied in chemical industry: proposal for modification of the operating conditions in order to avoid the damage of the dosing pumps, thus guaranteeing safe operation (*transported mass flow rate, pressure rise, rotor speed, vibration acceleration RMS on the pump casing*)

ROOFTOP-BERENDEZÉSEK LEFAGYÁSÁNAK MEGAKADÁLYOZÁSA MEGFELELŐ ÁRAMLÁSI VISZONYOK LÉTREHOZÁSÁVAL STOPPING THE FREEZING OF ROOFTOP FACILITY BY PROVIDING FOR RELEVANT FLOW CONDITIONS

Dr. Lajos Tamás, Dr. Marschall József, Csécs Ákos

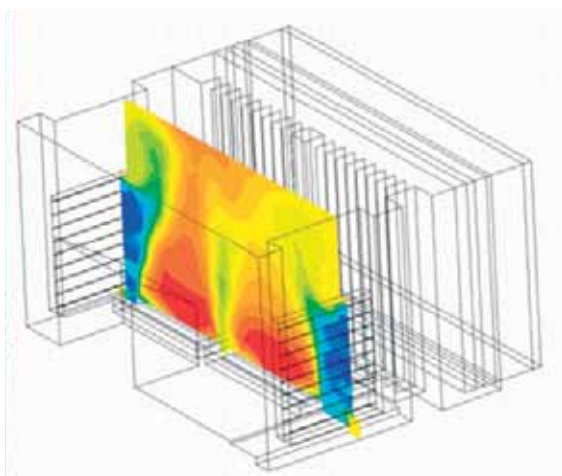
Megbízó/Client: Trane Hungária Kft (2005)

A vizsgált Rooftop-berendezés (1. ábra) célja egy bevasárlóközpontból kiszívott levegő egy részének összekeverése friss levegővel, és visszajuttatása az épületbe hőcserélőn keresztül. Miután nem volt kielégítő a meleg és hideg levegő összekeveredése, hideg időben a berendezések a hőcserélő lefagyásának veszélye miatt leálltak (ld. 1. ábra jobb oldalán a kék területeket, ahol a fagyponthoz alatti a levegő hőmérséklete).

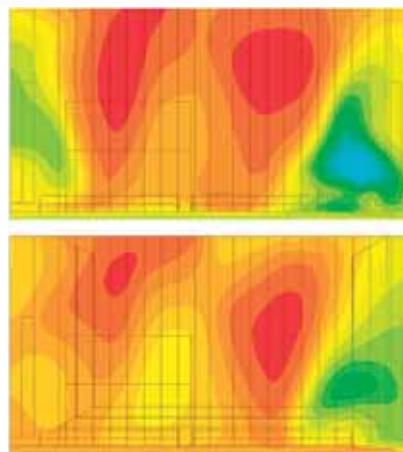
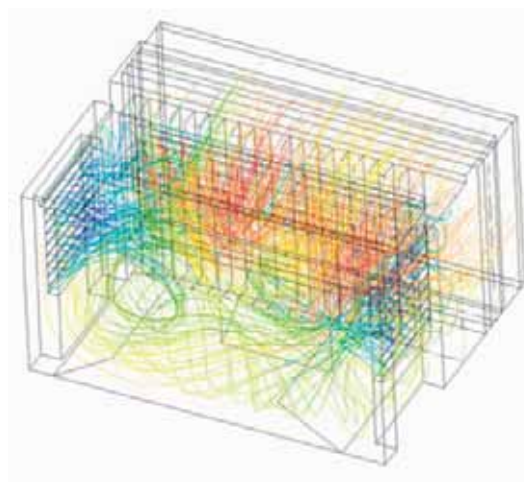
Az áramlás numerikus szimulációjával különböző zsalu változatokat értékelve meghatároztuk azt a zsalu kialakítást, amelynél a megfelelő keveredés eredményeként nem áll le a berendezés fagyveszély miatt.

The function of the concerned rooftop facility (Fig. 1.) is to mix a part of the air removed from the shopping centre with fresh air and blow the mixture through a heat exchanger and back into the building. In cold weather the operation of the facility was automatically stopped, due to the threat of freezing caused by imperfect mixing (see the blue cross sections where the temperature of air is below 0 °C).

By evaluation of a number of geometrical variations, the proper arrangement of the jalousie was found. This provides sufficient mixing of the air, therefore eliminating shutdown due to threat of frost.



1. ábra. Rooftop-berendezés és kiinduló hőmérséklet-megoszlás a hőcserélő előtt
Fig. 1: Rooftop facility and initial temperature distribution in front of heat exchanger



2. ábra. Az áramvonalak a hőmérséklet szerint színezve és az eredeti, valamint a javított hőmérsékletmegoszlás
Fig. 2: The streamlines colored according to the temperature, as well as the original and improved temperature distributions

HELIKOPTERTÖRZS AERODINAMIKAI VIZSGÁLATA AERODYNAMIC INVESTIGATION OF A HELICOPTER BODY

Dr. Réger Tamás, Nagy László, Dr. Lajos Tamás, Dr. Gausz Tamás

Megbízó/Client: Hungarocopter Ltd. (2006)

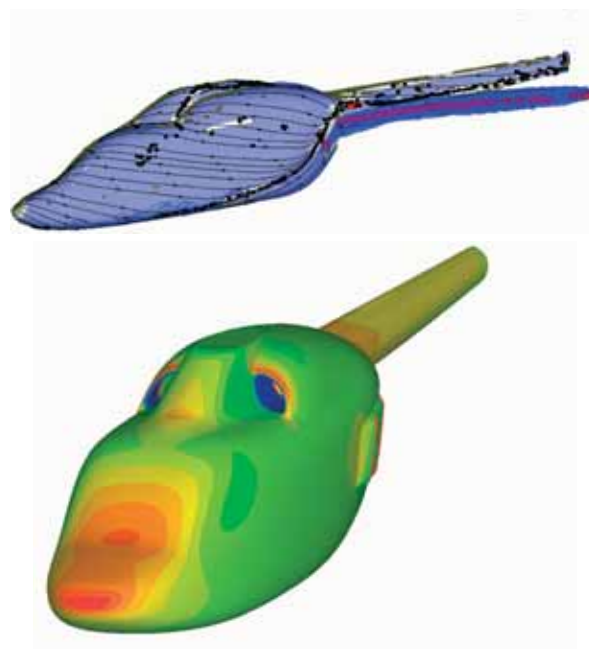
A magyar tulajdonú Hungarocopter Kft. egy új, dízel-motor meghajtású, ötszemélyes helikopter tervezésébe vont be a BME Áramlástan Tanszékét. A feladat a törzs kiinduló geometria aerodinamikai jellemzőinek vizsgálata, valamint a hűtő- és égéslevegő törzsbe való bejuttatásának, illetve az onnan történő kivezetésének megtervezése volt.

Az aerodinamikai vizsgálatot numerikus szimuláció segítségével végeztük. A megbízható eredmények elérése érdekében különös hangsúlyt kapott a törzs felületén kialakuló határretegben lezajló folyamatok pontos modellezése. A törzs felett elhelyezkedő rotor hatását modelleztük (1. ábra.). A modellezésből, peremfeltételekből, valamint az alkalmazott numerikus háló minőségéből eredő bizonytalanságok meghatározása fontos részét képezte a vizsgálatnak, hiszen validációs lehetőség nem volt. A helikopter egy gömb alakú tartományban foglalt helyet, amely az azt körülvevő hasáb alakú tartományon belül tetszőleges tengelyek körül és tetszőleges mértékben elfordítható volt. Az áramkép jellemzőit a legkorszerűbb áramlástanai módszerekkel: az örvénymag extrakció-, a felületi nyíróerővonalak-, valamint a sebességderivált tenzor második invariánsának izofelületei segítségével határoztuk meg (2. ábra.). A hűtő- és égéslevegő be- és kijuttatásának meghatározásához a felületi nyomáseloszlás alakulását vettük figyelembe, illetve befolyásoltuk.

The Hungarocopter Ltd. has invited the Department of Fluid Mechanics of BME to take part in the design process of a Diesel-powered helicopter that has a passenger carrying capacity of five people. The task of the Department of Fluid Mechanics was to determine the aerodynamic characteristics, as well as the means for the introduction and extraction of cooling- and combustion air through the fuselage. The aerodynamic investigation was carried out by means of numerical simulations (Fig. 1.). To obtain reliable results, the authors paid special attention to the boundary layer modeling on the surface of the fuselage. The uncertainties originating from the physical modeling, the boundary conditions and the quality of the applied numerical grid had to be determined as there was no validation available. The flow field past the helicopter fuselage was determined at several angles of attack. The effect of the rotor was modeled. The advantage of this arrangement was that the helicopter could be rotated at an arbitrary angle around an arbitrary axis. The features of the flow field were determined by using the advanced methods of fluid dynamics: vortex core extraction, wall streak-lines, iso-surfaces of the second invariant of the velocity gradient tensor (Fig. 2). The design for the intake and outlet of the cooling- and combustion air were determined based on the static pressure distribution.



1. ábra. A helikopter körüli áramlás lebegéskor
Fig. 1: The flow around the helicopter at hovering



2. ábra. Áramképjellemzők a helikopter törzse körül
Fig. 2: Flow features past the helicopter fuselage

LEVEGŐBEFECSKENDEZŐ CFD SZIMULÁCIÓJA SIMULATION OF A COMPRESSED AIR INJECTION MODULE

Szente Viktor, Kristóf Gergely

Megrendelő/Client: Knorr-BremseFékrendszerek Kft. (2005)

Bevezetés

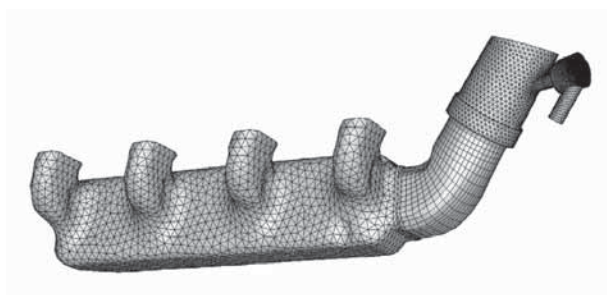
A turbófeltöltéses motoroknál rendszerint fellép az úgynevezett „turbólyuk” jelenség, amely a szívó, illetve a kompresszoros feltöltésű motorokhoz képest lassabb gázreakciót eredményez. Számos megoldás született ennek a kiküszöbölésére, bár ezek mindegyike hátrányokkal is jár. Ebben a cikkben egy olyan, haszongépjárművekben alkalmazható feltöltőmodulról esik szó, amely nagynyomású levegőt fecskendez be a gázreakció késleltetésének csökkentésére. A CFD-szimulációk (1. ábra) során stacioner és tranziens állapotok is ki lettek elemezve.

Stacioner állapot

Rendszer két különálló stacioner állapottal jellemezhető. Passzív módban a pillangószelep nyitva van, a motort a turbófeltöltő táplálja. Aktív módban a pillangószelep zárva van, a motort ezúttal a levegőbefecskendezés táplálja. A szimulációból kiderült, hogy passzív módban a pillangószelep minimális mértékben befolyásolja a fő áramlást. Az aktív mód vizsgálata során szembetűnő volt, hogy az egyes hengerek feltöltése sokkal egyenletesebb volt, ha a befecskendezett levegősugár ferdén a falra lett irányítva, és nem közvetlenül az elosztókamrába.

Tranziens állapot, eredmények

A tranziens vizsgálatok során szükség volt deformálódó numerikus hálóra, mely egy új lehetőség a CFD módszerek között, és a Fluent 6.3-as verziójában már megtalálható. Az önálló CFD-szimulációk során a peremfeltételek időfüggetlen karakterisztikaként lettek modellezve. A kapcsolt szimulációk során a 3D modell peremfeltételeit a GT-Power, egy koncentrált paraméterű motorszimulációs szoftver szolgáltatta. A bemenő értékek a tömegáramok voltak, míg a szoftver kimenetként a nyomást számította ki. Az eredmények kiértékelése után kiderült, hogy levegőbefecskendezés nélkül a nyomás mintegy 4,5 mp alatt épül fel, míg levegő befecskendezésével a szükséges idő mindössze 0,2 mp (2. ábra). Ez a gyorsító hatás később fékpadi és járműbe épített motorokon történő kísérletek során is megerősítést nyert.



1. ábra. Numerikus háló
Fig. 1: /numeric mesh

Introduction

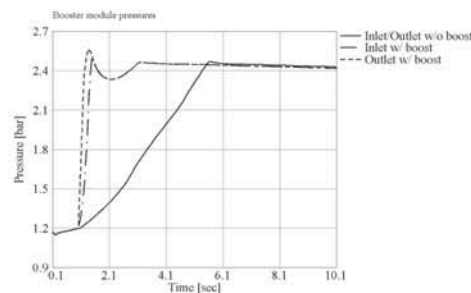
Turbocharged engines exhibit the so called turbo lag phenomenon causing a disadvantageous response, as compared to atmospheric or mechanically supercharged engines. There are many solutions developed to reduce the lag effect, although each of them have some disadvantages. This article investigates a booster module that injects compressed air, in order to increase the response of turbocharged compression ignition engines of commercial vehicles. The investigations applied 3D computational fluid dynamics (CFD) simulations (Fig. 1.) for the evaluation of the stationary and transient operational conditions.

Stationary operation

The system has two distinct stationary modes. The passive mode (throttle valve is open) when the engine is supplied by the turbo compressor, and the active mode (throttle valve is closed) when the engine is supplied by the air injection. In passive mode the open throttle valve caused almost no perceptible disturbance on the main stream. In active operation the charge process is less disturbed if the injection is directed to the opposite wall.

Transient operation and results

The transient simulations investigate the time domain effects of the system. Fluid mechanical simulations using deforming meshes are a new and innovative option which has been provided since Fluent v6.3. For standalone simulations, the boundary conditions have been modeled as time-independent characteristic curves. In coupled simulations, the boundary conditions have been provided by GT-Power, a commercial 1D engine simulation software, in such a way, that while Fluent has mass flow rate boundary conditions, GT-Power receives pressures as inputs on the connecting interfaces. In the case of normal acceleration, the required time for pressure buildup is 4.5 s as compared to 0.2 s for the boosted acceleration (Fig. 2). This boosting effect has been successfully verified using extensive dynamometer and vehicle tests as well.



2. ábra. Gyorsítás
Fig. 2: Acceleration

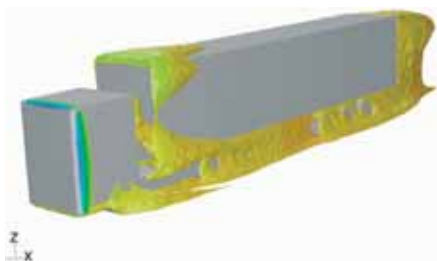
FÉKTÁRCSA KÖRÜLI ÁRAMLÁS VIZSGÁLATA INVESTIGATION OF THE FLOW PAST A BRAKE DISC

Dr. Réger Tamás, Dr. Lajos Tamás

Megbízó/Client: BPW Bergische Achsen GmbH (2006)

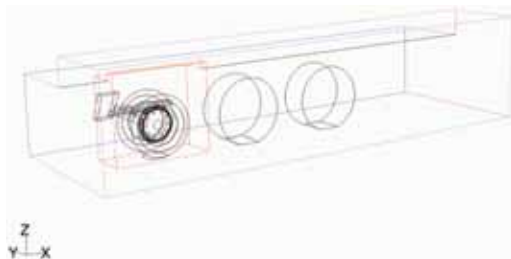
A német BPW Bergische Achsen GmbH megbízta a BME Áramlástan Tanszékét egy kamion kerekébe szerelt féktárcsa körüli áramlási viszonyok meghatározásával. A különlegesen kialakított féktárcsa hűtése jelentős mértékben függ a kamion körüli áramlási viszonyoktól. A megbízó egy egyszerűsített kamiongeometriát írt elő, hogy a kerék körüli áramlás meghatározásához szükséges peremfeltételeket megközelítsük (ld. 1. ábra). Megállapítandó volt, hogy milyen irányból érkezik a kerékhez a levegő, merre hagyja el azt, valamint mind-ebből mekkora térfogatáram halad át a féktárcsa tartományán. A kívánt jellemzőket numerikus szimuláció útján határoztuk meg.

A féktárcsa közelében mind a geometriát, mind pedig a numerikus hálót részletesebben kellett felbontani, ezért a vizsgálatot beágyazott számítási tartomány módszerrel végeztük. Ez annyit jelent, hogy meghatároztuk a kamion körüli áramképet egy kisebb felbontású modellen, majd a kapott áramlási térből kivágtunk egy kisebb tartományt (2. ábra), amelynek peremén a teljes kamion számításából ugyanezen térrész peremeken kapott eredményeket írjuk elő. A modell segítségével lehetőség nyílt az áramlási viszonyok és a féktárcsán átáramló levegőmennyiség meghatározására. Az áramvonalakat a kerék körül a 3. ábra mutatja.



1. ábra. Az egyszerűsített kamion geometriája és a leválási buborékokat burkoló, állandó össznyomáshoz tartozó felületek

Fig. 1: The geometry of the simplified truck and the iso-total pressure surfaces covering the separation bubbles



2. ábra. A kerék közvetlen környezete

Fig. 2: Close vicinity of the wheel with the brake disc

The Department of Fluid Mechanics of BME was commissioned by the German BPW Bergische Achsen company with the investigation of the flow field past a brake disc mounted inside a truck wheel. The cooling of the brake disc was significantly affected by the air flow around the whole truck. The contractor provided a truck of simplified geometry, in order to approximate the real boundary conditions for the flow past the wheel of interest (Fig. 1). The main points of interests were: the direction of the flow in the vicinity of the wheel, and the flow rate across the brake disc. The flow field was determined by means of numerical simulations. A fine resolution of both the geometry and the numerical grid were needed in the vicinity of the wheel for accurate computations, and therefore an embedded computational domain was used. The embedded computational domain consisted of a part of the whole computational domain containing the truck, but had a different type of mesh. It was therefore possible to determine the flow features and flow rates of interest. Streamlines past the wheel can be seen in Fig. 3.



3. ábra. Áramvonalak a vizsgált kerék körül
Fig. 3: Streamlines past the wheel of interest

ELAKADÁSJELZŐ HÁROMSZÖG, KÚP ÉS NYÍL SZÉLCSATORNA STABILITÁSVIZSGÁLATA

WIND TUNNEL INVESTIGATION OF WARNING TRIANGLE, CONE AND ARROW

Suda Jenő Miklós

Megrendelő/Client: TÜV Rheinland InterCert Kft., Hoffmann Sport (2006–2008)

Elakadásjelző szerkezetek (háromszög, kúp, nyíl) hivatalos engedélyezésének egyik igen fontos feltétele a stabilitásvizsgálat szélben, amelyet szélcsatornában vizsgálhatunk. A vonatkozó előírásoknak megfelelően különböző megfúvási irányokból, adott időtartamú szélterhelésnek kitett, szabványos érdességű útfelületalpra felállított szerkezetnek igen szigorú kritériumoknak (megengedett maximális elmozdulás, szögelfordulás, ill. dőlésszög) kell megfelelnie, hogy teljesítse az EU és/vagy US előírásokat.

The official standard for the licensing procedure of unique warning devices (triangles, cones and arrows) calls for wind stability tests. The warning devices are erected and placed in the wind tunnel on a concrete road surface of standard roughness, and tests for wind stability are conducted at given wind velocities and directions, for a given duration of time. Rigorous and crucial requirements are to be met (permissible linear movement, rotation and leaning angle) in order to fulfill the EU and/or US regulations.



1. ábra. Elakadásjelző szerkezetek
Fig. 1: Warning devices



2. ábra. Szélterhelés teszt
Fig. 2: Wind stability test

GÉPKOCSI ÜZEMANYAG-ELLÁTÓ RENDSZER AKUSZTIKAI VIZSGÁLATA AN ACOUSTIC INVESTIGATION OF A PASSENGER CAR FUEL SYSTEM

Dániel István, Dr. Koscsó Gábor

Megbízó/Client: VISTEON HUNGARY Kft. (2007)

A személygépkocsi üzemanyagtartályba beépített szivattyú zajcsökkentéséhez szükséges mérésekre speciális laboratóriumi körülmények között, süketszobában került sor.

Due to the noise reduction of the passenger car fuel pump installed in a fuel tank, a measurement series was carried out using a special acoustic laboratory facility in an un-echoic room.

SZEMÉLYGÉPKOCSI KORMÁNYKAPCSOLÓ AKUSZTIKAI VIZSGÁLATA ACOUSTIC INVESTIGATION OF A CAR STEERING WHEEL SWITCH UNIT

Dr. Koscsó Gábor

Megbízó/Client: W.E.T. Automotive Systems Magyarország Kft. (2004)

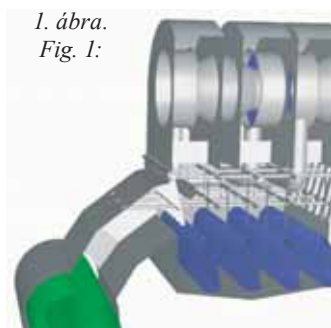
A személygépkocsi kormánykapcsolókban alkalmazott szalagkábelek rendeltetésszerű használata során kibocsátott zaj alapján, a hibátlan és hibás alkatrészek szétválasztására alkalmas egyedi vizsgálati berendezést készítettünk.

A special measurement device was developed for being able to distinguish the perfect and failed operation of the passenger car steering wheel switch unit band cable, based on the noise emission of the units under normal operation.

ÁRAMLÁS SZIMULÁCIÓJA KONDEZÁTORBAN SIMULATION OF FLOW IN A CONDENSER

Dr. Kristóf Gergely, Dr. Réger Tamás

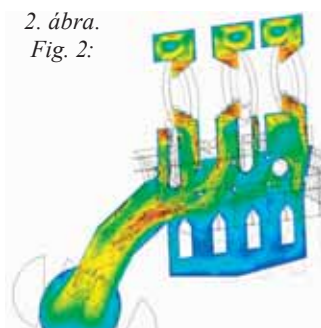
Megbízó/Client: ALSTOM Power Hungária Zrt. (2006)



1. ábra.
Fig. 1:

A Mátrai Erőmű kondenzátorteljesítményének növelése kapcsán tanszékünk részletes áramlástanai elemzést készített a továbbfejlesztett berendezés tervezését végző ALSTOM Power Hungária Rt. megbízásából. A viz-

gálat célja a meglévő keverő kondenzátor és az ezzel párhuzamos kapcsolásban tervezett felületi kondenzátor együttes üzemének vizsgálata, különös tekintettel a gőzárám elosztása okozott össznyomás-veszteségekre. Az 1. ábrán a turbinaház és a kondenzátorok geometriai modellje látható, a 2. ábra a sebességmegoszlást mutatja a berendezés függőleges metszetében.



2. ábra.
Fig. 2:

The Department of Fluid Mechanics of BME carried out a detailed CFD analysis of the concept of an upgraded steam condenser unit of the Mátra Power Plant as a part of the design work carried out by ALSTOM Power Hungária Rt. Analysis of

the parallel operation of a new surface condenser with the existing mixing condenser was the focus of the investigation, with special respect to the head losses at the bifurcation, which is responsible for splitting the flow. In Fig. 1. the geometrical model of the turbine housing and the two condenser units can be seen. The flow structure in a vertical cut plane is shown in Fig. 2.

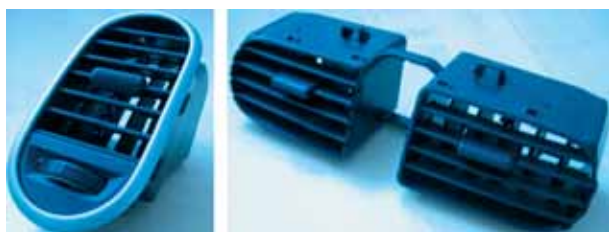
UTASTÉRI LÉGBEFÚVÓ EGYSÉGEK ÁRAMLÁSI ÉS AKUSZTIKAI TESZTELÉSE FLOW FIELD & ACOUSTIC PERFORMANCE TEST OF AIR REGISTERS

Suda Jenő Miklós, Dániel István

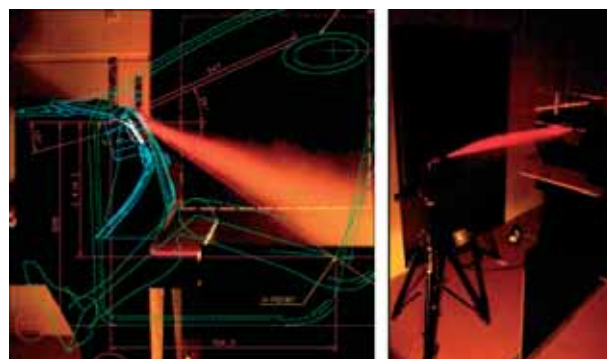
Megrendelő/Client: Cascade Engineering Europe Kft. (2003–2008)

Személyautók utastéri légbefúvó egységeinek áramlási és akusztikai vizsgálatát végeztük a célból, hogy az autógyár követelményeinek a légbefúvó egységek beszállítója eleget tegyen. Az áramlás láthatóvá tételével a vízszintes, ill. függőleges síkokban a légsugár kiterjedését, valamint résáramlási vizsgálatokat végeztünk. Egy személygépkocsiba épített, középső és oldalsó műszerfal légbefúvók tartóssági rezgés vizsgálatát pedig a Békéscsaba György Akusztikai Kutatólaboratóriumban, a vonatkozó autóiipari szabvány előírásai szerint végeztük el.

Air flow distribution and acoustic tests were carried out on the air registers of the passenger car compartment to test whether they fulfill the requirements defined by the car manufacturers. Air leakage was investigated along with the visualization of the air distribution in the horizontal and vertical planes. Moreover, vibration endurance tests were performed for the side and central air registers. These were conducted at the György Békéscsaba Acoustic Research Laboratory, according to the car manufacturing standards.



1. ábra. Utastéri légbefúvó egységek
Fig. 1: Side and central air registers



2. ábra. Áramlás láthatóvá tétel
Fig. 2: Flow visualization

SZEMÉLYAUTÓ ABLAKMOSÓ RENDSZER HIDRAULIKAI VIZSGÁLATA A HYDRAULIC INVESTIGATION ON THE PASSENGER CAR WINDSCREEN WASHING SYSTEM

Dr. Koscsó Gábor, Dr. Kristóf Gergely

Megbízó/Client: InterPlus Kft. (2005)

A személygépkocsi ablakmosó rendszer első feltöltése után a szivattyúnál tapasztalható vízfelvételi zavarok okát laboratóriumi mérésekkel határoztuk meg. A nagyobb működési biztonság elérése érdekében a berendezés átalakítására és működtetésére javaslatot állítottunk össze.

A laboratory measurement series was prepared, in order to determine the reason for the starting problems experienced with a passenger car windscreen washing system when it is first filled. To achieve the appropriate and dependable operation of the system, suggestions were made for the modification of the system and its operation.

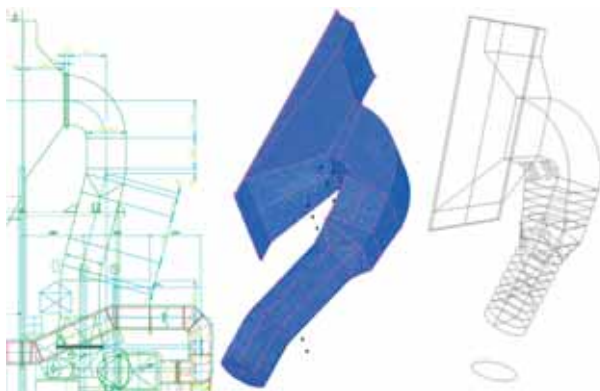
ELEKTROFILTER UTÁNI MÉRŐSZONDA-TELEPÍTÉS CFD OPTIMALIZÁCIÓJA CFD OPTIMIZATION OF A PROBE INSTALLATION DOWNSTREAM OF AN ESP

Suda Jenő Miklós, Dr. Lajos Tamás

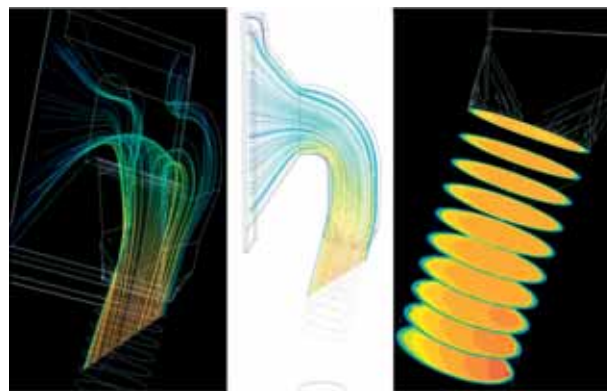
Megrendelő/Client: LGY-955 Kft. (SICK/MAIHAK), Pannon Hőerőmű Zrt. (2004)

Ultraszongos elven működő térfogatáram-mérő szonda és porkoncentrációmérő szonda beépítése az erőművi elektrosztatikus leválasztó (elektrofilter) utáni légcatornába nagy körültekintést igényel a komplex, szekunder áramlásokkal jellemzett áramkép miatt. A felelős tervezői munkát bizonyítja, hogy a Megbízó a Pécsi Erőmű 10. sz. kazán utáni elektrofilter kilépő oldal és az elszívó ventilátor közötti szakaszon a füstgáz és porszemcsék áramlásának numerikus szimulációval (CFD) történő meghatározását kérte. Annak érdekében, hogy majd a beépített szondával mért adatok az egész csatorna-keresztmetszetre reprezentatívak legyenek, különböző szondabeépítési elrendezéseket elemezve javaslatot tettünk a reprezentatívást kielégítő optimális szondapozícióra.

Using an ultrasonic type flow rate probe and particle concentration probe for acquiring representative measurement data in the outflow channel of the electrostatic precipitator (ESP) of the Pécs Power Plant, calls for a rigorous design procedure. Due to the complex geometry, the particle-laden 3D flow includes strong secondary flow structures and hence inhomogeneous gas flow velocity and dust particle concentration distribution exist in the streamwise and transversal cross-sections of the channel. Due to the responsible engineering attitude of the Client upon their commission an optimum probe position was determined and proposed with the help of a computational fluid dynamics (CFD) simulation of the gas and particle flow field.



1. ábra. Vizsgált geometria
Fig. 1: Investigated geometry



2. ábra. Számítási eredmények
Fig. 2. CFD results

ÉGÉS MODELLEZÉSE A KANDALLÓKÁLYHÁKBAN MODELING OF COMBUSTION WITHIN DOMESTIC FIREPLACES

Varga Lajos

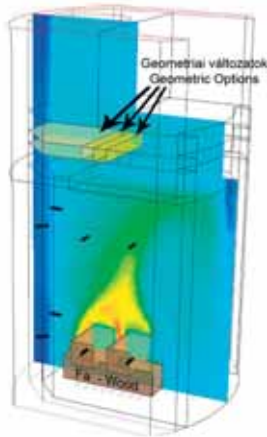
Megbízó/Client: Fireplace Gyártó és Kereskedelmi Kft.

KANDALLÓKÁLYHÁK KIALAKÍTÁSÁNAK OPTIMALIZÁLÁSA

A kandallókályhák tervezésénél nehézséget jelent, hogy a lobogó tűz látványának esztétikai élvezetet kell nyújtania, továbbá nem lehet zajos a berendezés, tehát nem szabad aktív elemeket (pl. ventilátort) használni. Ennek megfelelően csak a sűrűségkülönbségnek köszönhető felhajtóerő hatására kialakuló természetes áramlást tudjuk felhasználni az égési levegő, illetve a füstgáz szállításához, ami a szerkezeti elemek sokkal gondosabb tervezését igényli. Célunk konkrét kandallókályhák CO-kibocsátásának csökkentése oly módon, hogy közben a tüzelési hatások ne csökkenjen. A cél eléréséhez konkrét kandallókályha-modelleken alkalmaztunk számos geometriai-, illetve peremfeltétel-módosítást, lásd az 1. ábrát. Az így kapott egyes változatok összehasonlításával jutottunk el az optimális geometriai kialakításhoz.

PERDÜLETES KANDALLÓKÁLYHA SZERKEZETI KIALAKÍTÁSA

A kandallókályhák passzív égési levegőellátással rendelkeznek, ezért a tüzelési ciklus alatt előfordul olyan állapot, hogy a tüzelőanyaghoz a szükségesnél kevesebb oxigén áramlik. A tüzelőanyag kiégése ezért csupán részleges, ami bizonyos mennyiségű CO kibocsátását eredményezi. A fejlesztés során felvetődött alapötlet a levegő-hozzávetés módosításán alapul: az égési levegő egy részét tangenciálisan vezetjük a tüztérbe, lásd a 2. ábrán, aminek hatására egy jobb keveredésű tüztérter kapunk. A jobb keveredési viszonyok elősegítik azt, hogy az égési levegő molekulái eljussanak a tüzelőanyaghoz, és tökéletesebb kiégés valósuljon meg. Ennek következtében csökken a részlegesen kiégett tüzelőanyag (CO) mennyisége és a kibocsátott füstgáz portartalma.



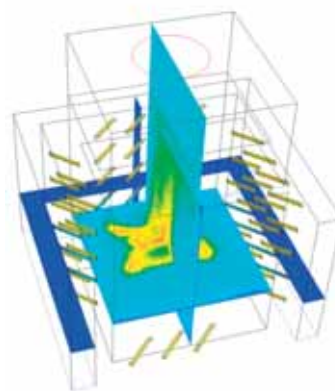
1. ábra. A kandalló-hőmérséklet eloszlása
Fig. 1: Temperature distribution of a certain fireplace

OPTIMIZATION OF THE DESIGN OF DOMESTIC FIREPLACES

The special demand of having a view of the burning flame, which provides an aesthetic pleasure, combined with that of having a device which is not noisy, cause difficulties during the design of domestic fireplaces. Therefore, active elements (like fans) cannot be used. Accordingly, only the flow induced due to the force of gravity acting on the density variations can be used to transport the combustion air and flue gas. As a result, a more precise design is required for such buoyancy-driven flows. Our goal was to decrease the CO emission of particular domestic fireplaces without decreasing its combustion efficiency. For the sake of the cause, several modifications of the geometry and the boundary conditions have been applied and then calculated on the numerical models of the given fireplaces (see Figure 1). The optimal configuration has been obtained by comparison of these modified cases.

STRUCTURAL DESIGN OF SWIRLING FIREPLACE

Since domestic fireplaces have a passive combustion air supply, thus oxygen-lean conditions can easily occur during the combustion cycle, the burning process of the fuel is only partial, which leads to the formation of a certain amount of CO. The fundamental idea investigated during the development of this product is the method of combustion air supply. Here the air inflow is tangential to the axis of the fireplace (see Figure 2). In this way, better mixing conditions take place, which help the oxygen molecules to reach the fuel molecules, thus, a more complete burning process can take place in the swirling furnace. Consequently, the mass flow rate of the partially burned fuel (CO) and the solid particles decreases.



2. ábra. A növelt perdületű kandalló hőmérséklet-eloszlása
Fig. 2: Temperature distribution of the swirling fireplace

BIOGÁZHÁLÓZAT HIDRAULIKAI VIZSGÁLATA EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF A BIOGAS NETWORK

Istók Balázs, Dr. Kristóf Gergely

Megbízó/Client: Fővárosi Csatornázási Művek Zrt. (2006)

A Fővárosi Csatornázási Művek a Délpesti Szennyvíztisztító Telepén a szennyvíztisztítás mellett biogáztermelő rothasztó tornyokat üzemeltet. A tornyok által termelt biogázt gázmotorokban hasznosítja, amikkel a telep vilamos fogyasztását meghaladó mennyiségű villamos áramot termel. A vizsgálat során anyagmérleget állítottunk fel, a termelt, a tározott és az elfogyasztott gázmennyiségből. Hidraulikai modellt építettünk a gázz szállító csőhálózat ellenőrzésére. Az eredmények felhasználásával riasztórendszert építettünk ki, amely az esetleges gázszivárgás jelenlétére figyelmeztet.

The Budapest Sewage Works Ltd. operates fermenting towers producing biogas in the South-Pest Wastewater Treatment Plant. The biogas produced by the towers is utilized in gas engines, by which the plant can produce more electricity than necessary for its electric energy consumption. During the course of the investigation, a mass balance was introduced and the quantity of produced, stored and consumed gas was documented. A hydraulic model was constructed to check the pipeline conveying the gas. On the basis of the results, an alarm system which signals any possible gas leak was made.

GÁZMOTOROS FŰTŐERŐMŰ FÜSTGÁZ CSATORNARENDSZERÉNEK AKUSZTIKAI VIZSGÁLATA ACOUSTIC INVESTIGATION OF A GAS ENGINE FLUE GAS PIPE LINE SYSTEM

Dr. Koscsó Gábor, Dániel István

Megbízó/Client: EGI Energiagazdálkodási Zrt. (2007)

A gázmotoros fűtőerőmű füstgáz csatornarendszerében a megfelelő szabályozhatóság érdekében a hőcserélőt megkerülő vezetékelt iktattak be. Bizonyos beállítások esetén a csatornarendszer katalizátoránál és elzáró elemeinél a szokásostól eltérő, megnövekedett zaj és rezgés alakult ki. A probléma okának meghatározása érdekében helyszíni méréseket végeztünk. A mérések során a füstgáz csatornarendszer mellett kialakuló zaj és szerkezeti rezgés spektrumait, illetve a csatornában kialakuló nyomásingadozást határoztuk meg különböző üzemi pontokban. Az eredmények alapján felállított egyszerűsített modell segítségével következtetést vontunk le a rendellenes zaj és rezgés okára vonatkozóan. Az eredményeket más gázmotornál elvégzett mérésekkel ellenőriztük.

For the proper moderation of the gas engine heat station, a by-pass pipeline section was installed into the flue gas pipe line system. In a certain operational point, increased noise and vibration effects were observable at the catalyst chamber and closing elements of the by-pass system. To find the reason for the problem, an on-site measurement series was carried out. Beside the pipelines, the spectrum of the radiated noise and structural vibration, and pressure fluctuation inside the duct was determined in different working points. With the help of a simplified physical model, based on the measurement results, we drew a conclusion for the cause of the problem. The result was verified with control measurements on another gas engine.

A KELENFÖLDI ERŐMŰBEN ÚJONNAN ÜZEMBEHELYEZETT BERENDEZÉSEK MEGHATÁROZÓ ZAJFORRÁSAINAK VIZSGÁLATA A DOMINANT NOISE SOURCE TESTING OF THE NEWLY INSTALLED PART IN POWER PLANT "KELENFÖLD"

Dr. Koscsó Gábor

Megbízó/Client: ALSTOM Power, s.r.o., ALSTOM Group (2006)

A Kelenföldi Erőműben újonnan üzembe helyezett forróvíz- és gőzkazán, illetve kondenzációs gőzturbináegységek miatt a telekhatáron zajhatárérték-túllépés volt kimutatható. A zaj csökkentése érdekében a berendezés csoport meghatározó zajforrásait helyszíni méréssel határoztuk meg.

Because of the operation of the newly installed hot water boiler, steam boiler and condenser type steam turbine, the noise emission limit was exceeded on the site border of the Plant. To reduce the radiated noise, a dominant noise source test was carried out on the Power Plant site.

OLAJTRANSZFORMÁTOROK AKUSZTIKAI VIZSGÁLATA ACOUSTIC INVESTIGATION OF AN OIL TRANSFORMER

Dr. Koscsó Gábor, Dániel István

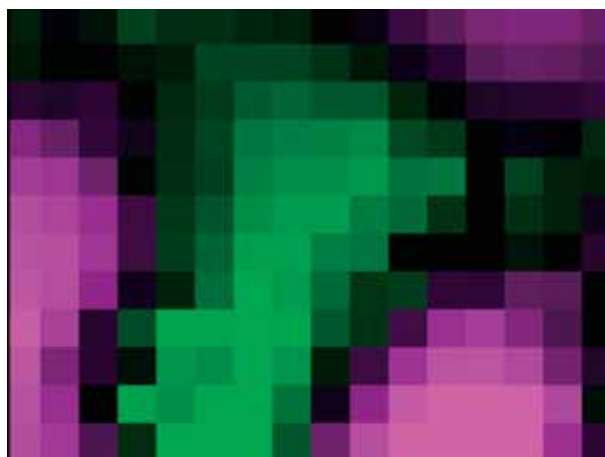
Megbízó/Client: SIEMENS Transzformátor Kft. (2007)

Az akusztikai vizsgálatokat nagy teljesítményű olajtranszformátorokon végeztük. A felsüketszobában elvégzett mérések során az alapvető akusztikai jellemzők (hangnyomásszint- és rezgésyorsulás-megoszlás, kibocsátott hangteljesítményszint) mellett a berendezések által kisugárzott hangintenzitás megoszlását és a hangnyomás és a rezgésyorsulás fázisképét is meghatároztuk különböző beállítások esetén. A transzformátor aktív részére (vasmag és tekercs) és a teljesen kiépített berendezésre vonatkozó léghangesugárzás elemzésén túl, ugyanolyan aktív rész esetén a különböző kialakítású olajedények zajkibocsátásra gyakorolt hatását is vizsgáltuk. A projekt lebonyolítására a Pro Science Kht. közreműködésével került sor.

Acoustic investigations were carried out on oil transformers of high electric power. In addition to the measurement of the basic acoustic properties (as sound pressure level and vibration acceleration distribution, radiated sound power level) in a semi-anechoic room, the sound intensity distribution and the sound pressure and vibration acceleration phase pictures were determined at different settings as well. The sound radiations of the poor active part (iron core and coil) and the complete transformer were analyzed, and the effects of the oil tank shape (with identical active part) on the radiated noise were investigated as well. The project was organized in cooperation with the Pro Science Ltd..



1. ábra. Olajtranszformátor mérésre előkészítve
Fig. 1: Oil transformer, prepared for measurement



2. ábra. Hangnyomás fázisábra a transzformátor aktív része mellett (kisfeszültségű oldal, 300 Hz)
Fig. 2: The phase picture of the sound pressure radiated by the active part (low voltage side, 300Hz)

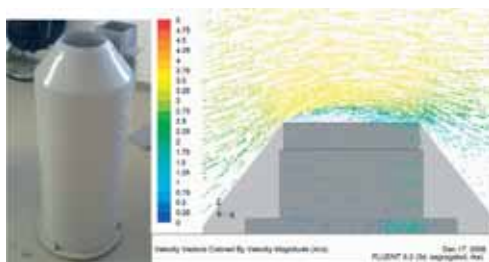
CSAPADÉKGYŰJTŐK ÁRAMLÁSMÓDOSÍTÓ HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA THE EFFECT OF PRECIPITATION COLLECTORS ON THE AIRFLOW

Dr. Lajos Tamás, Csécs Ákos

Megbízó/Client: Országos Meteorológiai Szolgálat (2006)

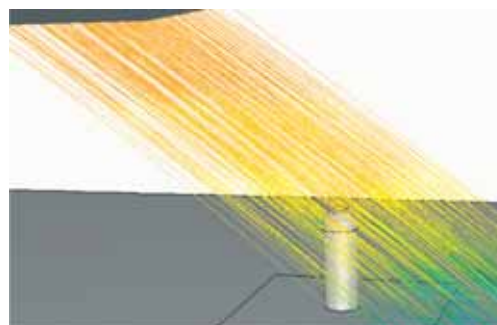
Szél esetén a csapadékgyűjtők módosítják környezetükben az áramlást, ami befolyásolja a gyűjtött csapadék mennyiségét. (1. ábra)

Az 1. ábrán látható az áramlás numerikus szimulációjával kapott áramkép: szélben a csapadékgyűjtő előtt feláramlás van, felette felgyorsul a szél, ami megakadályozza a kis süllyedési sebességű vízcseppek és hópiletek egy részének összegyűjtését. A vízcseppek, hópiletek pályájának numerikus szimulációjával (2. ábra) meghatároztuk a csapadékgyűjtőbe jutó mennyiség csökkenését.



1. ábra. Csapadékgyűjtő és sebességvektorok a szimmetriasíkban a sebesség szerint színezve
Fig. 1: Precipitation collector and velocity vectors in the symmetry plane colored according to velocity magnitude

In the case of wind the precipitation collector, bodies can affect the flow field and therefore the quantity of collected rain (Fig. 1.). Fig. 2. shows the result of the numerical simulations of the flow: there is an upflow in front of the collector, above which the wind accelerates and so hinders the collection of a part of the rain drops and snowflakes. By numerical simulation of the paths of drops and flakes (Fig. 2.) the reduction of the precipitation was determined.



2. ábra. A vízcseppek pályájának számítása
Fig. 2: Simulation of the water droplet paths

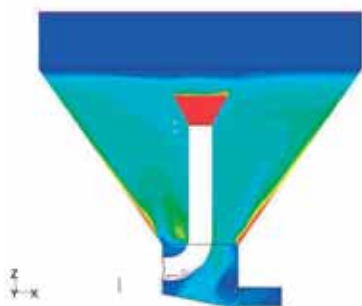
ÜLEPÍTŐTARTÁLY SZIMULÁCIÓS VIZSGÁLATA CFD ANALYSES OF A SETTLING TANK

Dr. Kristóf Gergely, Csécs Ákos

Megbízó/Client: UTB Envirotec Kft. (2005)

Tanszékünk áramlástanai szimulációval működött közre nagy intenzitású, mikrohomokkal segített ülepítőberendezés fejlesztésében, az UTB Envirotec Kft. megbízásából. Az 1. ábrán a gyorsan ülepedő komponens koncentrációjának megoszlása, a 2. ábrán pedig az ülepítőberendezésben kialakuló áramvonalak láthatók a folyadék tartózkodási ideje szerint színezve.

Swirling flow in a micro-sand boosted intensive settling tank has been simulated by the Department of Fluid Mechanics of BME as part of the product development process carried out by UTB Envirotec Kft. Concentration of the settling phase in the vertical cross-section of the tank can be seen in Fig. 1. Pathlines, colored by the local residence time, are shown in Fig. 2.



1. ábra:
Fig. 1:



2. ábra:
Fig. 2:

OLAJ-VÍZ SZÉTVÁLASZTÓ BERENDEZÉS KÍSÉRLETI FEJLESZTÉSE EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF AN OIL-WATER SEPARATOR

Dr. Koscsó Gábor

Megbízó/Client: HIDRO-SZTIK Kft.(2006)

A kereskedelmi forgalomban jelenleg megvásárolható, illetve a saját fejlesztésű leválasztó betétek vizsgálatára a HIDRO-SZTIK Kft. közreműködésével, félüzemi kísérleti berendezést készítettünk. A leválasztóból származó minták elemzése hexános extrakcióval történt. A fejlesztés során különböző bevonattal ellátott kavicságyak leválasztóképességét vizsgáltuk. A vizsgálati eredmények szerint az előállítási költségét és üzemviteli tulajdonságait tekintve igen kedvező saját fejlesztésű, bevonattal ellátott kavicságyas szűrőbetét leválasztási foka megközelítette a kereskedelmi forgalomban kapható betétekét.

The experimental investigation of different coalescing separator mediums available on the commercial market, and the development of a proper semi-industrial measurement set-up was launched. The samples taken from the separator were tested by hexane extraction. During the investigation, the separators efficiency, for different coated gravel beds, was determined. The investigation results proved that the separator efficiency of the coated gravel bed separator, characterized by a low manufacturing cost and simple operating conditions, is comparable to the separator medium available on the commercial market.



1. ábra. Megnövekedett olajcsepp a felúszás pillanatában
Fig. 1: The rise of the enlarged oil droplets



2. ábra. Bevonattal ellátott kavicságyas szűrőbetét olajleválasztás közben
Fig. 2: Coated gravel bed oil-water separator in operation

VÉRMINIAELEMZŐ BERENDEZÉS HIDRAULIKAI OPTIMALIZÁLÁSA OPTIMIZATION OF THE HYDRAULIC CIRCUIT OF A BLOOD ANALISER DEVICE

Dr. Kristóf Gergely, Istók Balázs

Megrendelő/Client: Diatron MI Zrt. (2007)

A korszerű, automatikus vérmintaelemző berendezések parányi mennyiségű (kb. 0,1 ml) hígított vérmintából képesek optikai eljárással meghatározni a vörsejtek pontos darabszámát és típusát. E mérés egyik nehézsége hogy a szükséges vérmintát mindig pontosan azonos mennyiségben kell adagolni. A BME Áramlástan Tanszékének munkatársai sikeresen működtek közre a Diatron MI Zrt. által fejlesztett vérmintaelemző berendezés mintaadagoló rendszerének hidraulikai elemzésében és a pontos adagolást lehetővé tevő kapcsolások kifejlesztésében.

Modern blood analyzer devices are able to count and categorize blood cells from a tiny amount (approx. 0.1 ml) of diluted blood. One difficulty of the automated measurement is the perfect reproducibility of the sample dosing. Researchers from the Department of Fluid Mechanics of BME have successfully participated in the hydraulic analyses process, as well as in the design of new hydraulic circuits, designed for highly accurate dosing, in the framework of the product development carried out by Diatron Zrt.

**HIDEGHENGERMŰ-LEMEZMOSÓ BERENDEZÉS LEMEZMOSÓ EGYSÉGÉNEK
HIDRAULIKAI VIZSGÁLATA**
**EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE EFFICIENCY OF SURFACE WASHING
TECHNOLOGIES IN A COLD ROLLING MILL**

Istók Balázs, Dr. Kristóf Gergely

Megbízó/Client: DWA Dunaferr Hideghengermű Kft. (2006)

A hideghengerlés elsődleges feladata a lemez előállításánál a felületén keletkezett gyártási revének az eltávolítása forró kénsavas maratás útján. A későbbi korrózió elkerülésének érdekében a savas maratás után a lemezfelületén maradó savmaradékokat és a keletkezett sókat mosással el kell távolítani. A jelenleg alkalmazott mosási technológia 3 eltérő eljárásból tevődik össze: hideg vizes vízsugaras mosás, forró vizes fürdő és forró vizes vízsugaras mosás. Az egyes technológiai eljárások jóságát laboratóriumi mérésekkel vizsgáltuk. A vizsgálatok során az eljárásokat a vas-szulfát só eltávolításának hatékonysága alapján hasonlítottuk össze. A vízsugaras technika esetén vizsgáltuk a tápvíz nyomásának, a fúvóka felülettől mért távolságának és az azzal bezárt szögének a szerepét. Az alámerítés esetén a vízben eltöltött idő függvényében vizsgáltuk a mosás hatékonyságát. Az eredményeket összefoglalva javaslatot tettünk az egyes technológiákat összehasonlító számítási eljárás alkalmazására.

The primary function of cold rolling is the removal of the layer of cinder from the steel sheet by submerging it into an aggressive hot sulfuric acid bath. In order to avoid corrosion, it is necessary to clear all the remaining acid and saline from the surface of the product by washing. The washing technology presently in use is a sequence of three technological steps: cold water spraying, submerging into a hot water pool, hot water spraying. The effectiveness of each step has been investigated by laboratory experiments. The experimental investigations have been focused on removal efficiency of the ferrous sulfate fixed on the surface of the sheet. In the case of spray washing, the effect of water pressure, distance, and the angular settings of the spray heads on saline removal have been investigated. In the case of pool washing, the effect of residence time has been studied. On the basis of experimental results and theoretical assumptions on the temperature dependence of washing efficiency, proposals for technological changes have been developed in order to decrease energy consumption.

HURKOLT IPARIVÍZ-ELOSZTÓ RENDSZER HIDRAULIKAI ELEMZÉSE
**HYDRAULIC ANALYSES OF A LOOPED INDUSTRIAL WATER DISTRIBUTION
NETWORK**

Dr. Kristóf Gergely, Istók Balázs

Megbízó/Client: HATING Kft. (2007)

A DUNAFERR Rt.-nél tervezett technológiai fejlesztések és az iparivíz-elosztó rendszer ehhez kapcsolódó átalakítása előtt szükséges volt megvizsgálni, hogy a megváltozott kapcsolás és fogyasztások esetében a víz-elosztó rendszer képes lesz-e biztosítani a szükséges víznyomást a fogyasztási pontokon. Tanszékünk munkatársai a tervezést végző HATING Kft. megbízásából általános topológiájú hurkolt hálózatok hidraulikai modellezésére alkalmas szoftvert készítettek, majd az adott iparivíz-elosztó rendszer modelljének helyességét helyszíni mérések során ellenőrizték. Az elkészített hidraulikai modell a megnövelt fogyasztások és egyes hálózati átalakítások hatásának előrejelzését tette lehetővé a gépészeti tervező részére.

In preparation for technological improvements and changes in the topology of the industrial water distribution system at the Hungarian steel company DUNAFERR Rt., the impact of these changes on the water pressure at the consumption points had to be investigated. Simulation software for looped networks of arbitrary topology has been developed by the researchers of the Department of Fluid Mechanics of BME. The hydraulic model of the industrial water distribution system has been validated via on site measurements. The hydraulic model allows predictions to be made of the effects of some future increases in water consumption and network changes for mechanical designers.

MÉRŐESZKÖZ-TESZTELÉS ÉS KALIBRÁCIÓ TESTING AND CALIBRATION OF MEASURING DEVICES

Dr. Goricsán I., Suda J. M.

Megrendelő/Client: Kálmán System Kft., CHINOIN Zrt., Vinter-Tech Kft., Budapesti Erőmű Zrt., EGI Energiagazdálkodási Zrt. Rt., Közép-Duna-völgyi KTVF., Közép-Tisza-vidéki KTVF. (2004–2008)

Az Áramlástan Tanszék Kármán Tódor Szélszatorna Laboratóriuma korszerű áramlástan, mérés-technikai eszközökkel rendelkezik, melyek sokrétű műszerkalibrációt tesznek lehetővé. A Laboratórium $v = 0 \div 60$ m/s áramlási sebességtartományban képes mérőeszközöket tesztelni és kalibrálni. A mérésekhez – az egyedi igény alapján kialakított kalibráló rendszerek mellett – 4 különböző szélszatorna áll rendelkezésre:

- Vízszintes áramú, nyitott mérőterű, recirkulációs szélszatorna, $\varnothing 2$ m forgóasztallal (Göttingen típus, $\varnothing d = 2,6$ m, $v_{\max} = 60$ m/s);
- Függőleges áramú, nyitott mérőterű, recirkulációs szélszatorna (Göttingen típus, $\varnothing d = 1,4$ m, $v_{\max} = 35$ m/s);
- Atmoszferikus határréteg (ABL) szélszatorna, vízszintes légáram, zárt mérőtér, $\varnothing 1,3$ m forgóasztallal ($1,5 \times 2$ m, $v_{\max} = 22$ m/s)
- NPL (National Physical Laboratory) típusú szélszatorna, vízszintes légáram, zárt mérőtér, ($0,5 \times 0,5$ m, $v_{\max} = 16$ m/s).

Mérőműszerek: OMH által hitelesített Betz-rendszerű mikromanométer, számos Prandtl-cső, hődrót anemométerek (DANTEC), hógömbszondák (TESTO), lézer Doppler-anemométer (ILA), adatgyűjtésre alkalmas, együttműködésben fejlesztett kézi nyomásmérő, számítógép-vezérelt mérőrendszer, nagy pontosságú szondamozgató pozicionáló szerkezet. Zárt mérőszobában forgóállvány a kis sebességű szondakalibrációkhoz ($v = 0 \div 1$ m/s).

Műszerkalibrációra néhány példa:

- légsebességmérő műszerek kalibrációja és irányérzékenységi vizsgálata. Pl. kanalas, szárnykerekű, hődrót, hógömb anemométerek;
- különböző mennyiségmérők kalibrációja. Pl. erőművi füstgázszonda Venturimérő, ernyős balométer;
- erőművi szűrőtestek nyomásvesztésének mérése;
- automatikus izokinetikus poremisszió mintavevő mérőkör kalibrációja (1. ábra).

The Theodore von Kármán Wind Tunnel Laboratory at the Department of Fluid Mechanics is equipped with a wide range of probe calibration facilities in the field of fluid mechanics. The Laboratory offers the testing and calibration of probes for air flow velocities in the range of $v = 0 \div 60$ m/s. Beside many unique calibration facilities, four different wind tunnels are also available for the testing and calibrating of various flow probes:

- Horizontal flow, open test section, recirculation flow Göttingen type wind tunnel, with $\varnothing 2$ m turntable ($\varnothing d = 2.6$ m, $v_{\max} = 60$ m/s);
- Vertical flow, open test section, recirculation flow Göttingen type wind tunnel ($\varnothing d = 1.4$ m, $v_{\max} = 35$ m/s);
- Atmospheric boundary layer (ABL) type, closed test section, horizontal flow wind tunnel, with $\varnothing 1.3$ m turntable, (1.5×2 m, $v_{\max} = 22$ m/s);
- NPL (National Physical Laboratory) type wind tunnel, closed test section, horizontal flow (0.5×0.5 m, $v_{\max} = 16$ m/s).

Experimental facilities, equipments: Laser Doppler Anemometer (ILA), 1-2-3D CTA hotwires (DANTEC), Heated Sphere Anemometers (TESTO), officially calibrated Betz-type manometer, several Pitot-static tubes,

pressure measuring devices with data-acquisition capabilities, PC-controlled measurement systems, probe positioning system, etc. A rotating head probe stand in a closed test room is also available for low velocity range ($v = 0 \div 1$ m/s) calibrations.

Examples of probe calibration or test measurements:

- air flow probe calibration and directional sensitivity test, e.g. ducted vane anemometer, hotwire probes, heated sphere probes;
- flow rate probe calibration, e.g. Venturi-tube for power plant application, balometer hood;
- pressure loss characteristic

curves of filter elements;

- automatic isokinetic particle emission sampling system calibration (Fig. 1).



1. ábra. Izokinetikus poremisszió mintavevő mérőkör-kalibráció

Fig. 1: Isokinetic particle emission sampling system calibration

PUBLIKÁCIÓK/PUBLICATIONS

2005

- Ács, B., Csók, L., Csurgai, J., Goricsán, I., Halász, L., Lajos, T., Pintér, I., Solymosi, J., Vincze, Á., Zelenák, J. (2005) ABV-anyagok terjedésének numerikus, számítógépes szimulációja, *Haditechnika* 2005/01 pp. 13–19.
- Balczó, M., Faragó, T., Lajos, T. (2005): Modelling urban pollution dispersion by using MISKAM. *microCAD 2005 International Scientific Conference*, University of Miskolc, Hungary March 10–11. 2005 Conference Proceedings Supplementary Volume pp. 7–13.
- Czigány, T., Vad, J., Pölöskei, K. (2005): „Basalt Fiber as a Reinforcement of Polymer Composites”, *Periodica Polytechnica, Mechanical Engineering Series*, Vol. 49, pp. 3–14.
- Csécs, Á., Dr. Kristóf G., Urbán J.: „CFD ANALYSIS OF WATER QUALITY IN A THERMAL BATH POOL”, *Microcad 2005, Nemzetközi Tudományos Konferencia, Miskolci Egyetem*, 2005. március 10–11.
- Csécs, Á., Lajos T. (2005): Hídtartók ellenállástényezője in: *A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Kar Hidak és Szerkezetek Tanszéke Tudományos Közleményei Műegyetemi Kiadó Budapest* 2005. pp. 87–92.
- Goricsán, I.: *Atmoszferikus határrétegben lejátszódó áramlási és transzportfolyamatok*, 2005, (Disszertáció: PhD)
- Goricsán, I.: Kétdimenziós fennsíkmodell feletti áramlási mező vizsgálata szélenergetikai megfontolások alapján, *GÉP* 1: 15–17 (2005)
- Goricsán I., Balczó M., Lajos T. (2005): A dunaújvárosi Duna-híd aerodinamikai vizsgálata: szélcsatorna kísérlet in: *A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Kar Hidak és Szerkezetek Tanszéke Tudományos Közleményei Műegyetemi Kiadó Budapest* 2005. pp. 65–76
- Goricsán I., Lajos T. (2005) Numerical simulation of atmospheric flows using FLUENT, *microCAD'05 Proc. of the International Scientific Conference, Section F: Fluid and Heat Engineering*, pp. 25–30, ISBN 963 661 652 3
- Goricsán, I. Lajos, T., Lohász, M. (2005): Experimental and CFD investigation of static and dynamic load on section model of Dunaújváros bridge *Proceedings of MicroCAD'2005, Miskolc*
- Iváncsy, T. & Suda, J. M. (2005): Behavior of polydisperse dust in electrostatic precipitators. *J. Electrostatics* Vol. 63, Issue 6–10. pp. 923–927.
- Iváncsy, T., Suda, J. M., Kiss, I. & Berta I. (2005): Behavior of polydisperse dust in electrostatic precipitators. *Proc. 10th Int. Conf. Electrostatics, FINLAND Espoo/Helsinki*, 15–17. June 2005.
- Kadocsa, A., Kristóf, G. (2005): Application of new methods of fluid mechanics for optimization in automotive industry; *Automotive Conference – XXXVI. Bus Expert Consultation and Commercial Vehicle Conference*, Budapest, 2005 29–31 August
- Lajos T. (2005): A mobilitás mint a felsőoktatás erőforrása, *EDUCATIO*, 14. évfolyam 2. szám pp. 267–281 (ISSN 1216–3384)
- Lajos T., Goricsán I., Balczó M. (2005): Wind tunnel measurement and numerical simulation of pollutant dispersion in urban environment, *Proc. of PHYSMOD 2005, Int. Workshop on Physical Modeling of Flow and Dispersion Phenomena*, London, Ontario, Canada, pp. 56–57.
- Lajos T., Goricsán I., Lohász M. M., Rékert T., Balczó M. (2005): Városok légszennyezettségének valamint épületek és szerkezetek szélterhelésének meghatározása szélcsatorna vizsgálattal és az áramlás numerikus szimulációjával in: *GÉP LVI évf. 2005/1* pp. 3–8.
- Lohász, M.: Experimental and CFD investigation of static and dynamic wind load of section model of Dunaújváros bridge, *microCAD'05 Proc. of the International Scientific Conference, Section F: Fluid and Heat Engineering*, pp. 31–36, ISBN 963 661 6524
- Lohász, M., Lajos T. (2005): Hídmetszet áramlási vizsgálata nagy-örvény szimulációval in: *A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Kar Hidak és Szerkezetek Tanszéke Tudományos Közleményei Műegyetemi Kiadó Budapest* 2005. pp. 77–86.
- Lohász, M. M. Rambaud, P. Benocci, C. (2005): Flow Features in a fully developed ribbed Duct Flow as a Result of LES *Proceedings of ERCOFTAC Int. Symposium on Engineering Turbulence Modelling and Measurements, ETMM6, May 23–25, 2005, Sardinia, Italy*, 267–276
- Lohász, M. M. Rambaud, P. Benocci, C. Kristóf, G. (2005): Küszöbvel érdesített csatorna nagy örvény szimulációja (LES) és az áramkép topológiai vizsgálata *Gép, LVI. Évfolyam 2005./01. 18–25.*
- Parti, M. 2005.: Kinyerés és visszatartás kapcsolata az RO berendezésekben. *XV. Energetika konferencia, Siófok*, p. 32–38.

Parti, M. 2005.: Membránérintkeztetők, gyakorlati alkalmazásuk, tervezési szempontok. XII. Ipari környezetvédelmi konferencia, Siófok, p. 42–48.

Parti, M. 2005.: Termikus és katalitikus égetés, hatékonyságuk. XII. Ipari környezetvédelmi konferencia, Siófok, p. 72–78.

Rábai, G., Vad, J. (2005): „Validation of a Computational Fluid Dynamics Method to Be Applied to Linear Cascades of Twisted-Swept Blades”, *Periodica Polytechnica, Mechanical Engineering Series*, Vol. 49, No. 2, pp. 163–180.

Régert, T., Lajos T. (2005): Áramlás vizsgálata gépjármű kerékházában. *Gép, LVI* (2005/01), pp. 26–32 (ISSN 0016–8572)

Régert, T., Rambaud P., Riethmuller M. L.: „Extraction of Coherent Structures from Unsteady Flows by means of POD”, *Proceedings of MICROCAD conference*, 2005. Miskolc, pp. 107–112

Régert, T., Rambaud P., Riethmuller M. L.: „Link between physics and POD modes”, *AVT – 124 Recent Developments in Non-Intrusive Measurement Technology for Military Application of Model- and Full-Scale Vehicles*, NATO meeting, Budapest, 2005.

Suda, J. M. (2005): Elektrofiter modellberendezés kísérleti és numerikus áramlástanai vizsgálata. *GÉP, A Gépipari Tudományos Egyesület Műszaki Folyóirata*, ISSN 0016–8572, 2005/01. LVI. évf., pp. 34–38.

Suda, J. M., Iváncsy, T. & Kiss, I. (2005): Turbulent flow field of the model ESP influenced by the inlet conditions – comparison of experimental and CFD results. *Proc. Int. Conf. microCAD’05, HUNGARY Miskolc*, 9–11. March 2005. ISBN 963 661 646 9 ö, ISBN 963 661 652 3 Section F. pp.113–120.

Szente, V., Vad, J. (2005): „Noise and Vibration Studies on Pneumatic Circuit Protection Valves”, *XXXVI. Combined Conference on Heavy Vehicles (Bus/Truck 2005)*, Budapest, Hungary, Paper No. E-07. (ISBN 963 219 070 X)

Vad, J. (2005): „Lajos Tamás: Az Áramlástan alapjai c. könyve”, *GÉP, LVI. Évf.*, 1. szám, p. 50.

Vad, J., Lohász, M. M., Rábai, G., Rácz, N., Tajti, Á., Vassatis, A., Corsini, A. (2005): „A Synthetic Method for Judging the Validity of a CFD Tool Applied to Axial Flow Cascades”, *Proc. 6th European Conference on Turbomachinery Fluid Dynamics and Thermodynamics (ETC’05)*, Lille, France, pp. 10–19.

Vad, J., Koscsó, G., Gutermuth, M., Kasza, Zs., Tábi, T., Csörgő, T. (2005): „Reduction of Flow Generated Noise of Airfoils by Means of Acoustically Soft Coating”, *Proc. VSTech 2005, The First International Symposium on Advanced Technology of Vibration and Sound*, Hiroshima, Japan, Paper No. 050606, pp. 29–34.

Vad, J., Kwedikha, A. R. A., Kristóf, G., Lohász, M. M., Rábai, G., Watanabe, K., Rácz, N. (2005): „Effects of Blade Skew in an Axial Flow Rotor of Controlled Vortex Design”, *Proc. 6th European Conference on Turbomachinery Fluid Dynamics and Thermodynamics (ETC’05)*, Lille, France, pp. 46–55.

Vad, J., Kwedikha, A. R. A., Rábai, G. (2005): „A lapátos kerületi irányú előferdítésének hatása sugár mentén növekvő cirkulációra tervezett axiális átömlésű járókerékben”, *GÉP, LVI. Évf.*, 1. szám, pp. 39–47.

Vad, J., Morlin, B. (2005): “Fluid Mechanics-Based Proposal for Quality Improvement of Mineral Wool Fibers Applied in Polymer Composites”, *V. Országos Anyagtudományi, Anyagvizsgáló és Anyaginformatikai Konferencia és Kiállítás, Balatonfüred, Hungary*, Lecture O_II_11, *Proc. Abstracts* p. 39. (ISBN 963 219 274 5)

Wittmann, G. A. Lohász, M. M. (2005): Numerical Examination of the Flow Around a Simplified Three Dimensional Bus Model with Reynolds Averaged Turbulence Models of Fluent *Proceedings of Combined Conference on Heavy Vehicles XXXVI. Meeting of Bus and Coach Experts and Congress on Commercial Vehicles, Budapest, Hungary, 29–31 August, 2005*

2006

Balczó, M., Goricsán, I., Kovács, T., Lajos, T., Régert, T., Sebestyén, P.: “Prediction of Wind Load Acting on Telecommunication Masts”, *Proceedings of International Association for Bridge and Structural Engineering*, Budapest, 2006. Vol. 92 pp A-0324

Balczó, M., Szucsán, Z., Kalmár, G., Goricsán, I.: *Development of Sampling System for Investigations on Pollutant Transport*. *Gépészet* 2006. Budapest, 25–26. May 2006. (poszter) *Proceedings of Fifth Conference on Mechanical Engineering*, (CD-ROM) Budapest

University of Technology and Economics, National Technical Information Centre and Library, 2006.

Balogh M.: Repülőgépes mérések felhasználása az ALADIN számszerű időjárás-előrejelzési modellben, *Légtér*, 51. (2006) 3., 24–26 (ISSN 0133–3666)

Csécs, Á., Dr. Kristóf G.: CFD ANALYSIS OF MIXING PROCESS IN SEWAGE SLUDGE REACTOR TANKS. *CMFF’06, TUB Dept. Of Fluid Mechanics*, 2006.09.06., 631–638.

Csécés Á., Dr. Kristóf G., INVESTIGATION OF A THERMAL BATH SWIMMING POOL BY COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS. GÉPÉSZET 2006, TUB Faculty of Mechanical Engineering, 2006.05.25., ISBN 963 593 465 3

Csurgai, J., Zelenák, J., Lajos, T., Goricsán, I., Halász, L., Vincze, Á., Solymosi, J. (2006): Numerical simulation of transmission of NBC materials, AARMS Journal vol. 5. Issue 3., pp. 417–434

Goricsán, I., (2006): Novel estimation of the speed up over 2D escarpment with various angles of inclination, Proc. of CMFF'06, Vol. I., pp. 118–124, ISBN 963 06 0361 6

Horváth, Cs., Vad, J. (2006): „Development and Application of a Multi-Component Hot Wire Measuring System”, Proc. GÉPÉSZET'2006 Konferencia (Conference on Mechanical Engineering), Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, Hungary (CD-ROM) (ISBN 963 593 465 3)

Iváncsy, T., Suda, J.M., Kiss, I. & Berta, I. (2006): Novel ESP model for impulse energisation. Proc. 10th Int. Conf. Electrostatic Precipitation ICESP X, AUSTRALIA Cairns, 25–29 June, 2006. Paper No. 054.

Kadocsa, A., Kristóf, G. (2006): Belső égésű motorok befecskendezési folyamatának numerikus szimulációja; *Gép – Journal of Scientific Association of Machine Industry*, 11/2006, pp. 18–24

Kadocsa, A., Kristóf, G. (2006): Numerical simulation of flow field in a diesel injection nozzle; *Gépezet 2006 – Fifth National Conference of Mechanical Engineering*, Budapest, 25–26 May, ISBN 963 593 465 3

Kadocsa, A., Tatschl, R., Kristóf, G. (2006): Modelling of diesel injection process using a primary breakup approach; *Conference on Modelling Fluid Flow 2006*, Budapest, 6–9 September, ISBN 9634–20872

Kadocsa, A., Tatschl, R., Kristóf, G. (2006): Analysis of spray evolution in internal combustion engines using numerical simulation; *Journal of Computational and Applied Mechanics*, accepted for publication

Kristóf, G., Bányai, T., Rácz, N.: Development of computational model for urban heat island convection using general purpose CFD solver. 6th International Conference on Urban Climate, 822–825 Göteborg, Sweden, 2006 Jun.

Kristóf, G., Weidinger, T., Bányai, T., Rácz, N., Gál, T., Unger, J.: Városi hősziget által generált konvekció modellezése általános célú áramlástan szoftverrel – példaként egy szegedi alkalmazással 3. Magyar Földrajzi Konferencia konferencia kiadványában, MTA Budapest 2006. Szept.

Lajos, T., Balczó, M., Goricsán, I., Kovács, T., Rékert, T., Sebestyén, P., (2006): Prediction of wind load acting on telecommunication masts IABSE Symposium Budapest 2006. Paper 324 pp. 1–8.

Lajos, T., Dr. Kristóf, G., Goricsán, I., Rácz, N.: Városklíma vizsgálatok a BME Áramlástan Tanszékén, hősziget numerikus szimulációja. VAHAVA projekt (A globális klímaváltozás hazai hatások és válaszok) zárókonferenciája 2006. március, Budapest Elektronikus kiadványanyag http://www.vahava.hu/file/Epiteszet_1.pdf

Lajos, T., Rékert, T., Nagy, L., Szélig, Á.: „Metallurgiai üstben kialakuló áramlás és zárványkirkódás modellezése az áramlások numerikus szimulációjával”, *Dunaferri Műszaki és Gazdasági Közlemények*, XLVI. Évf. 1. szám (141.). 2006. pp. 11–19.

Lajos, T., Rékert, T., Nagy, L., Szélig, Á.: Improving Steel Quality with CFD, *Fluent News*, 2006

Lajos, T., Vad, J. (Eds.) (2006): *Proceedings of Conference on Modelling Fluid Flow (CMFF'06)*, Volume I: ISBN 963 06 0361 6, Volume II: ISBN 963 06 0382 9

Lohász, M. M., Rambaud, P., Benocci, C. (2006): Flow Features in a fully developed ribbed Duct Flow as a Result of MILES *Flow, Turbulence and Combustion*, 77:59–7.6 DOI 10.1007/s10494–006–9037–3

Nagy, L., Rékert, T., Lajos, T., Szélig, Á. (2006): „Improving steel quality with CFD”, *Fluent News*, Vol. XV, Issue 2, summer, 2006. pp. 44–46

Nagy, L., Vad, J., Lohász, M. M.: RANS Simulation of RAF6 Airfoil. In: *Fifth Conference on Mechanical Engineering, Gépezet 2006*. Budapest: 2006. CD-ROM ISBN 963 593 465 3.

Németh, H., Kristóf, G., Sente, V., Palkovics, L., Advanced CFD simulation of a compressed air injection module, *Conference of Modelling Fluid Flow (CMFF 2006)* szeptember 6–9, 2006, Budapest. ISBN 963 420 872 X

Rábai, G., Vad, J., Lohász, M. (2006): „Axiális átömlesztésű lapátrácsok belépő áramképenek optimalizációja”, *GÉP*, LVII. Évf., 11. szám, pp. 29–32.

Rábai, G., Vad, J., Lohász, M. (2006): „Systematic Optimization of the Inlet Flow Condition for an Axial Flow Blade Cascade”, Proc. GÉPÉSZET'2006 Konferencia (Conference on Mechanical Engineering), Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, Hungary (CD-ROM) (ISBN 963 593 465 3)

Rácz, N., Kristóf, G.: Hősziget-cirkuláció kisminta méréseinek összehasonlítása saját fejlesztésű LES-modellel *Egyetemi Meteorológiai Füzetek* No. 20., Mérések a lokális skálától a globális folyamatokig,

Egyetemi Meteorológiai füzetek, Balatonalmádi 2006. augusztus

Régert, T.: „Experimental investigation of unsteady structures in turbulent flows”, Proceedings of Gépészet 2006 Conference, 2006, ISBN 963 593 465 3

Régert, T., Lajos, T.: (2006) „Description of 3D flow field inside wheelhouses of cars”, Proceedings of Conference on Modeling Fluid Flow 2006., pp. 578–585, ISBN 963 420 872 X

Régert, T., Lajos, T. (2006): Numerical simulation of flow in wheelhouse of cars. Journal of Computational and Applied Mechanics, 2006

Régert, T., Lajos, T. (2006): „The effect of wheels and wheelhouses on the aerodynamic forces acting on passenger cars”, Proceedings of MICROCAD conference, Miskolc, 2006., pp. 61–66

Régert, T., Nagy, L., Balczó, M., Molnár, B.: „Investigation of the characteristics of the boundary layer over an airfoil”, Proceedings of Conference on Modeling Fluid Flow 2006, 2006., pp. 225–232, ISBN 963 420 872 X

Régert, T., Nagy, L., Balczó, M., Molnár, B.: RANS Simulation of RAF6 Airfoil Investigation of the characteristics of the boundary layer over an airfoil, Conference on Modeling Fluid Flow 2006, 2006 In: Conference on Modeling Fluid Flow (CMFF'06). Budapest: 2006. p. 1139–1146.

Sági, L., Goricsán, I., Deme, S., Láng, E., Szepesi, Zs., (2006): Determining the source term for emission of hazardous material from the faces of the building, AARMS 5: (4) 689–702, ISSN 1588–8789

Suda, J. M., Iváncsy, T., Kiss, I. & Berta, I. (2006) Complex analysis of ionic wind in ESP modelling.

Proc. 10th Int. Conf. Electrostatic Precipitation ICESP X, AUSTRALIA Cairns, 25–29 June, 2006. Paper No. 053.

Szente, V.: Comparison on different measurement methods on electro-pneumatic valves , Gépészet 2006, május 25–26, Budapest. ISBN 963 593 465 3

Tóth, P. Lohász, M. M. (2006): Large-Eddy Simulation of a Cylindrical Free Jet Near Field *Proceedings of Gépészet 2006 Conference, 25–26. May 2006, Budapest, Hungary*

Vad, J. (2006): „Analytical Modeling of Radial Fluid Migration in the Boundary Layer of Axial Flow Turbomachinery Blades”, Proc. 2006 ASME TURBO EXPO, Barcelona, Spain, ASME Paper GT2006–90523 (CD-ROM) (ISBN 0–7918–3774–2)

Vad, J., Kwedikha, A. R. A. (2006): „Experimental Investigation on an Axial Flow Wind Tunnel Fan by Means of On-Site Measurements”, Proc. GÉPÉSZET'2006 Konferencia (Conference on Mechanical Engineering), Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, Hungary (CD-ROM) (ISBN 963 593 465 3)

Vad J, Kwedikha A. R. A., Horváth, Cs.: Combined effects of controlled vortex design and forward blade skew on the three-dimensional flow in axial flow rotors. In: Conference on Modeling Fluid Flow (CMFF'06). Budapest: 2006. p. 1139–1146.

Vad, J., Kwedikha, A. R. A., Jaberg, H. (2006): „Effects of Blade Sweep on the Performance Characteristics of Axial Flow Turbomachinery Rotors”, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers – Part A: Journal of Power and Energy, Paper No. JPE249, Vol. 220, pp. 737–751. Impact factor (2006): 0.391

2007

Balogh M.: A felszínléggör-kölcsönhatások szám-szerűsítése kombinált talajnedvesség-előrejelző modell segítségével, Léggör, 52. (2007) 1., 30–35 (ISSN 0133–3666)

Balogh, M., Kristóf, G.: Automated grid generation for atmospheric dispersion simulations, microCAD 2007, International Scientific Conference, 2007

Goricsán, I., Balczó, M., Czáder, K., Rákai, A., Tonkó, Cs. (2007): Simulation of Flow in an Idealised City Using Various CFD Codes, Proc. of the 11th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, vol. 2. pp. 415–419, ISBN 978–1–873702–03–1

Halász, G., Gyüre, B., Jánosi, I. M., Szabó, K. G., Tél, T.: Vortex flow generated by a magnetic stirrer. American Journal of Physics, 2007: 75: 1092–1098.

Horváth, Cs., Vad, J.: Validation of a CFD simulation using a multi-component hot wire measurement. In: microCAD conference. Miskolc: 2007. p. 661–66.

Kosztin, B., Régert, T.: Investigation of the effect of open wheel rims on the flow field in wheelhouses of cars. Proceedings of MICROCAD 2007 conference, Miskolc, 2007. pp. 95–100

Kristóf, G., Rácz, N., Balogh, M.: Adaptation of pressure based CFD solvers for urban heat island convection problems. Under review process (submitted)

in 2007 dec) Boundary-Layer Meteorology UAQ2007 Special Issue

Kristof, G., Racz, N., Balogh, M.: CFD analyses of flow in stratified atmosphere, Physmod 2007, Orléans

Kristóf G, Rác N, Balogh M. 2007 EROFTAC Simulation of gravity waves and meso-scale atmospheric phenomena by using general purpose CFD solver Meeting of the AHS-PC of ERCOFTAC 2007 september

Kristóf, G., Rác, N., Bányai, T., Gál, T.: Unger J, Weidinger T. A városi hősziget által generált konvekció modellezése általános célú áramlástan szoftverrel – összehasonlítás kisminta kísérletekkel A 32. Meteorológiai Tudományos Napok előadásai. Országos Meteorológiai Szolgálat, Bp. (2006 nov.) Nyomtatásban 2007 jan.

Lauder, B., Vad, J. (2007): „CMFF06 Special Issue of IJHFF”, International Journal of Heat and Fluid Flow, doi: 10.1016/j.ijheatfluidflow.2007.04.005. Vol. 28, p. 541. Impact factor (2006): 1.391

Lohász, M. M., Rambaud P., Benocci C. (2007). Conditional averaging of the fully developed stationary ribbed duct flow using Q criteria in *Progress in Turbulence II.*, eds. Martin Oberlack, George Khujadze, Silke Günther, Tanja Weller, Michael Frewer, Joachim Peinke and Stephan Barth, *Proceedings of the iTi Conference in Turbulence 2005*, pages:285–288 DOI 10.1007/978-3-540-32603-8_58

Podboy, G. G., Krupar, M. J., Sutliff, D. L., Horváth, Cs.: Shock characteristics measured upstream of both a forward-swept and an aft-swept fan. In: ASME Turbo Expo 2007: Power for Land, Sea and Air. Montreal: 2007.

Rábai, G., Vad, J. (2007): „Aerodynamic Study on Linear Cascades of Straight, Arc-Swept and Twisted Blades”, *Periodica Polytechnica, Mechanical Engineering Series* (elfogadva)

Rábai, G., Vad, J., Lohász, M. M. (2007), „Aerodynamic Study on Linear Cascades of Straight, Arc-Swept and Twisted Blades”, *Proc. 7th European Conference on Turbomachinery Fluid Dynamics and Thermodynamics (ETC'07)*, Athens, Greece, pp. 589–598

Rác, N., Kristóf, G., Weidinger, T., Balogh, M.: Simulation of gravity waves and model validation to laboratory experiments, 6th International Conference on Urban Air Quality, Cyprus, 2007

Régert, T., Goricsán, I., Balczó, M., Czáder, K., Lajos, T., (2007): Use of detection of coherent flow structures for better understanding of 3D flow fields in urban environment. *Proceeding of International Workshop of*

Physical Modelling of Flow and Dispersion Phenomena (Physmod) pp. 185–190, ISBN 2–913454–32–1.

Regert, T., Lajos, T.: (2007) Description of flow field in the wheelhouses of cars. *International Journal of Heat and Fluid Flow* 28 (4): 616–629 Sp. Iss. SI

Régert, T., Lajos, T.: Effect of wheels on the aerodynamic characteristics of cars. *Electronic Proceedings of the EAEC 2007 11th European Automotive Congress*, Budapest, 2007

Régert, T., Lajos, T., Goricsán, I., Balczó, M.: Use of detection of coherent flow structures for better understanding of 3D flow fields in urban environment. *Proceedings of Physmod 2007 Conference*, Orleans, France, pp 185–190 2007

Régert, T., Lajos, T., Schwarczkopf, A.: The effect of wheels on the characteristics of an Ahmed body. *Proceedings of the European Automotive CFD Conference*, July, Frankfurt, pp. 57–67, 2007

Régert, T., Lajos, T., Szegény, P., Gausz, T., Nagy, L.: Application of an effective description procedure for interpreting 3D flow fields past a helicopter fuselage. *Proceedings of the International Aerospace CFD Conference*, June, Paris, 2007

Régert, T., Goricsán, I., Balczó, M., Czáder, K., Lajos, T. (2007): Use of Detection of Coherent Flow Structures for Better Understanding of 3D Flow Fields in Urban Environment, *Proc. of PHYSMOD 2007 International Workshop on Physical Modelling of Flow and Dispersion Phenomena*, pp. 185–190 ISBN 2–913454–32–1

Tóth, P., Lohász, M. M. (2007): Effects of the Grid Resolution on the Large-Eddy Simulation of Cylindrical Free Jet *Proceedings of MicroCAD'2007, Miskolc, Hungary*

Vad, J., Kwedikha, A. R. A., Horváth, Cs., Balczó, M., Lohász, M. M., and Régert, T., (2007): „Aerodynamic Effects of Forward Blade Skew in Axial Flow Rotors of Controlled Vortex Design”, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers – Part A: Journal of Power and Energy*, Paper No. JPE420, Vol. 221, pp. 1011–1023. Impact factor (2006): 0.392

Vad, J., Morlin, B. (2007): „Fluid Mechanical Model for Formation of Mineral Wool Fibers Applied in Polymer Composites”, *Materials Science Forum*, Vol. 537 – 538, pp. 269–276. Impact factor (2005): 0.602

Vincze, M., Kozma, P., Gyüre, B., Jánosi, I. M., Szabó, K. G., Tél, T.: Amplified internal pulsations on a stratified exchange flow excited by interaction between a thin sill and external seiche. *Physics of Fluids*, 2007: 19: 108108.

2008 (MÁJUSIG/ UNTIL MAY)

- Bíró, I., Szabó, K. G., Gyüre, B., Jánosi, I. M., Tél, T.: Power-law decaying oscillations of neutrally buoyant spheres in continuously stratified fluid. *Physics of Fluids*, 2008 (to appear – megjelenés előtt).
- Dunai, L., Hegedűs, I., Kollár, L., Lajos, T.: A dunai újvárosi Pentele híd erőtanai méretezéséhez kapcsolódó elméleti és kísérleti vizsgálatok. *Magyar Tudomány* 2008/4: 394–409.
- Horváth, Cs., Vad, J. (2008): „High Resolution Velocity Measurements Upstream and Downstream of fan Axial Flow Fan Rotor”, Proc. GÉPÉSZET’2008 Konferencia (Conference on Mechanical Engineering), Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, Hungary (CD-ROM)
- Kristóf, G., Szabó, K. G., Dr. Réger, T.: A PGV–213 típusú gőzfejlesztők köpenyterében kialakuló kétfázisú áramlás szimulációja. *Nukleon* (megjelenés előtt).
- Kristóf, G., Szabó, K. G., Dr. Réger, T.: A VVER–440 típusú gőzfejlesztők köpenyterében kialakuló kétfázisú áramlás szimulációja. *Magyar Energetika* (megjelenés előtt).
- Lohász, M. M., Rambaud P., Benocci C. (2008): Large-Eddy Simulation of Heat Transfer in High Blockage Ribbed Duct *LES in Science and Technology, Poznan, 21–22 April 2008*
- Lukács, E., Réger, T., Nagy, L.: Study of the strain field in the wake of an airfoil. *microCAD 2008 International Scientific Conference 20–21 March 2008*. pp. 37–42.
- Nagy, L., Tóth, P., Lohász, M. M., Csécs Á. (2008): FLUENT Benchmark on an AMD Athlon64 Single and Dual Core White Box HPC Cluster *Section E: Fluid and Heat Engineering, pages:43–48, Proceedings of MicroCAD’2008, 20–21 March 2008 Miskolc, Hungary*
- Nagy, L., Lohász, M. M., Réger, T., Vad, J. (2008): „Hybrid/Zonal RANS/LES Computation of fan Airfoil”, Proc. GÉPÉSZET’2008 Konferencia (Conference on Mechanical Engineering), Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, Hungary (CD-ROM) (elfogadva)
- Tóth, P., Lohász, M. M. (2008): Anisotropic Grid Refinement Study for LES in *Quality and Reliability of Large-Eddy Simulations ERCOFTAC Series Vol.:12 eds. Meyers, Johan; Geurts, Bernard; Sagaut, Pierre Proceedings of the Conference QLES2007, 24–26 October 2007 Leuven*
- Tóth, P., Lohász, M. M. (2008): Grid Dependency Experiments of the Kelvin-Helmholtz Vortices in a Large-Eddy Simulation *Section E: Fluid and Heat Engineering, pages:61–66, Proceedings of MicroCAD’2008, 20–21 March 2008 Miskolc, Hungary*
- Vad, J. (2008): „Advanced Flow Measurements”. Egyetemi jegyzet, Műegyetemi Kiadó
- Vad, J. (2008): „Aerodynamic Effects of Blade Sweep and Skew in Low-Speed Axial Flow Rotors at the Design Flow Rate: an Overview”, Part A: *Journal of Power and Energy*, Paper No. JPE471, 2008, 222, pp. 69–85.
- Vad, J., Horváth, Cs. (2008): „The Impact of the Vortex Design Method on the Stall Behavior of Axial Flow Fan and Compressor Rotors”, Proc. 2008 ASME TURBO EXPO, Berlin, Germany, ASME Paper GT2008–50333 (CD-ROM) (elfogadva)

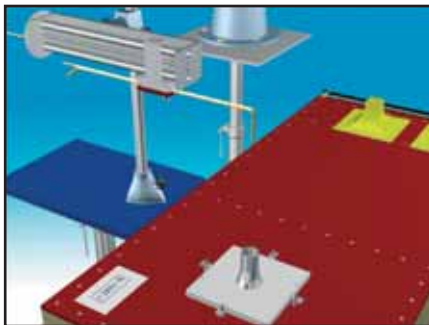
LABORATÓRIUMI MÉRÉSEK AZ ÁRAMLÁSTAN TÁRGYHOZ LABORATORY MEASUREMENTS FOR THE FLUID MECHANICS COURSE



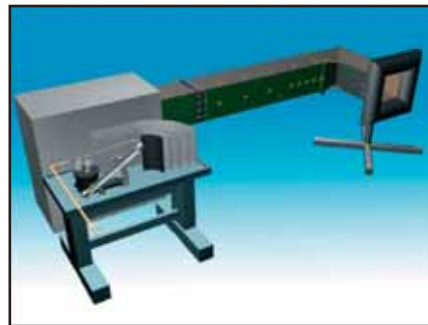
1. ábra. Érdes henger ellenállástényezője
Fig. 1: Drag coefficient of rough cylinder



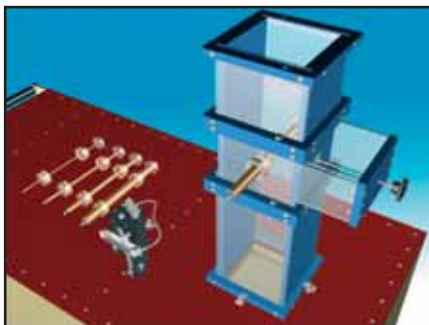
5. ábra. Radiális szabadsugár
Fig. 5: Radial free jet



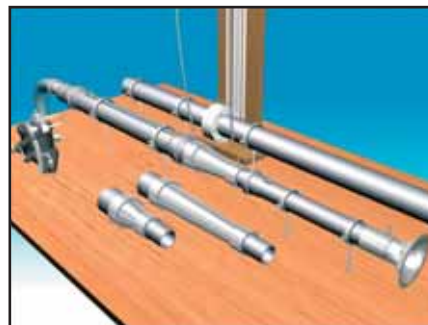
2. ábra. Szabadsugár-vizsgálat
Fig. 2: Investigation on free jet



6. ábra. Könyökidom veszteségtényező
Fig. 6: Elbow loss coefficient



3. ábra. Henger körüli áramlás
Fig. 2: Flow around cylinders



7. ábra. Diffúzorok hatásfoka
Fig. 7: Efficiency of diffusers



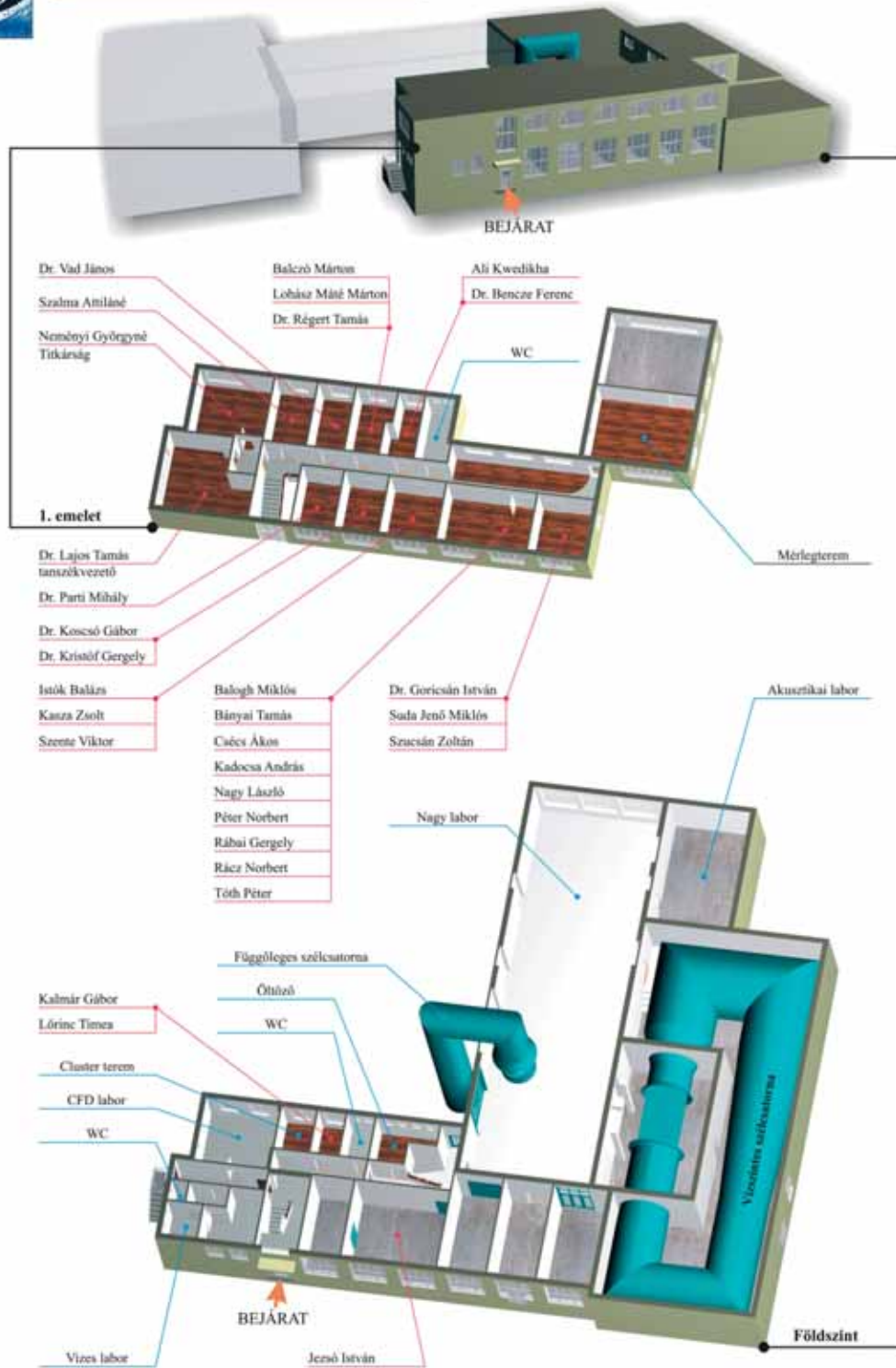
4. ábra. Testre ható erő
Fig. 4: Drag force acting on bodies

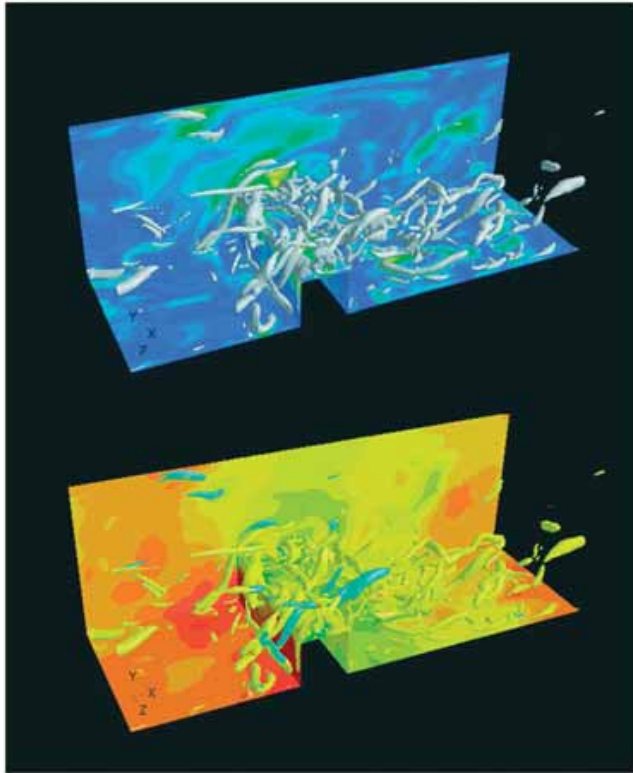


8. ábra. Radiális ventilátor jelleggörbe
Fig. 8: Characteristic curve of radial fan

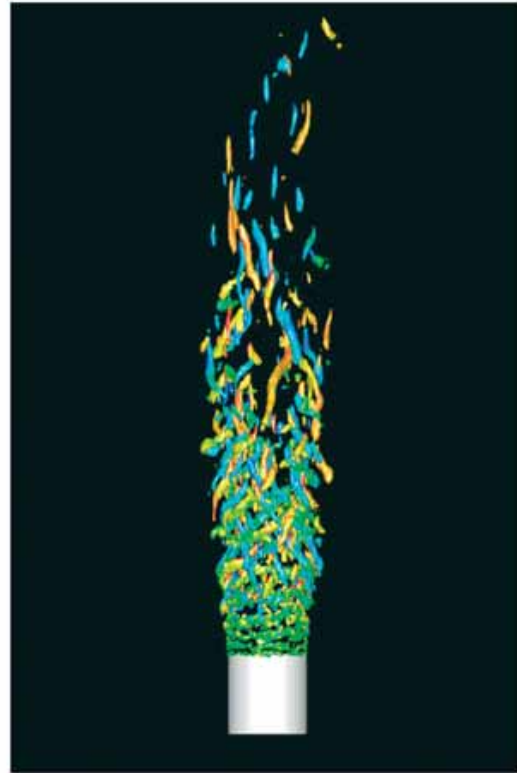


Áramlástan Tanszék BME AE épület

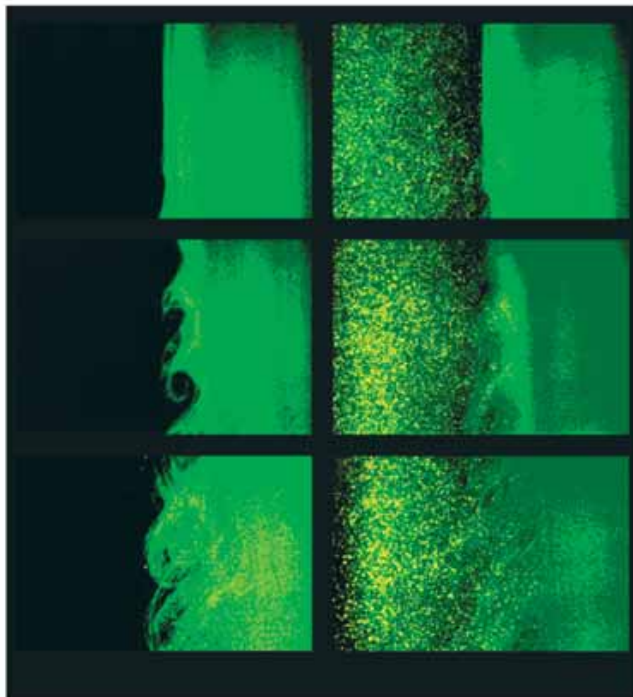




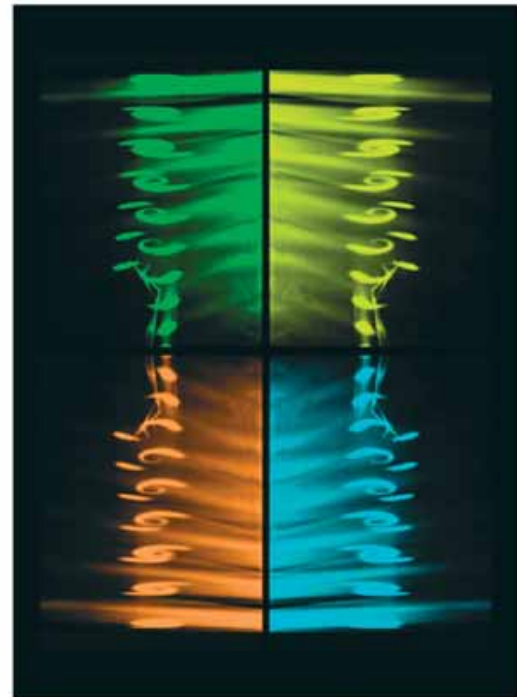
Lohász M. M.:
*Koherens áramlási struktúrák bordával érdesített csatornában**
*Coherent structures developing in a ribbed duct**



Tóth P.:
Szabadsugár áramlási tere - LES eredmény
Free jet modeled using Large-Eddy Simulations



Suda J. M.:
*Egy- és kétfázisú nyíróréteg-áramlás **
*Shear layers of one and two phase flows **



Suda J. M.:
*Andy Warhol csigalépcsője – indukált örvények**
*Andy Warhol spiral staircase – induced vortices**

*A képek kiállítva: „Faszination Strömung” kiállításon (Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 2005. 11. 21–12. 02.), ill. Conference on Modelling Fluid Flow (Budapest 2006, Flow Visualization Gallery).

*These pictures were exhibited: „Faszination Strömung” (Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 2005. 11. 21–12. 02.), and Conference on Modelling Fluid Flow (Budapest 2006, Flow Visualization Gallery).

