

ÁRAMLÁSTANI MÉRÉSTECHNIKA

Dr. Vad János

Bevezetés. Áramlástan mérés szükségessége. Gyakorlati / ipari igények. Mérendő mennyiségek. A korszerű áramlásmérés szempontjai. Különleges megjegyzések. Időben átlagolt mérések: statikus, dinamikus, össznyomás. Szondák, módszerek. **Ipari esettanulmányok - rendszeresen.**

Manométerek. Sebesség nagyságának és irányának nyomás-alapú mérése. Anemométerek, hőszondák. Hőmérsékletmérés. Időben változó nyomások mérése. Akusztikai és vibrációs mérések. **Laborprojektek részletes definiálása.**

Laborbemutató: nyomás, sebesség, hőmérséklet mérésének eszközei. Pneumatikus mérések. Elektro-pneumatikus rendszerek. Szélcsatorna technikák. **Laborprojekt előkészítése, laborbejárás.**

Hődrótos áramlásmérés. Áramlások láthatóvá tétele. Lézeres áramlásmérés. Laser Doppler Velocimetry (LDV). Particle Image Velocimetry (PIV). **Laborbemutató. Laborprojekt.**

1. zárthelyi – “A” rész: elmélet, “B” rész: gyakorlati problémamegoldás. Sebességmérésre visszavezetett és szűkítőelemes tömegáram-mérés; összehasonlítás.

Laborprojektek

Különleges áramlásmérők: ultrahangos, magneto-hidrodinamikus, kapacitív keresztkorrelációs, Coriolis

Különleges áramlásmérők: vortex, rotaméter, turbinás, volumetrikus.

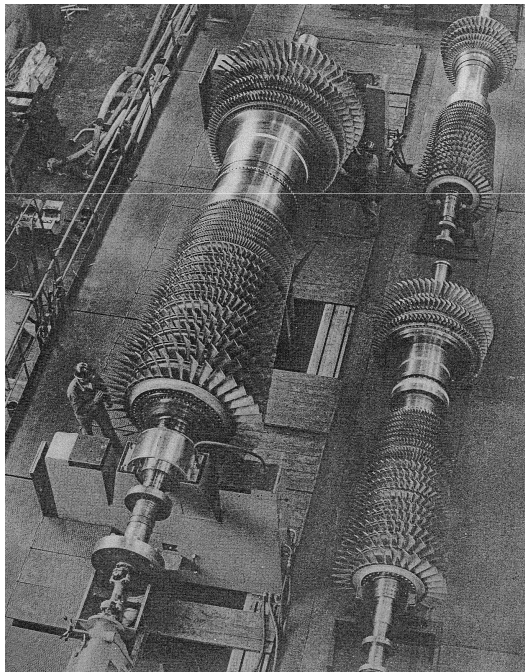
2. zárthelyi – “A” rész: elmélet, “B” rész: gyakorlati problémamegoldás. **A laborprojekt-eredmények prezentációja, laborbemutatóval egybekötve.**

1. BEVEZETÉS

1.1. Az áramlástan mérés célja

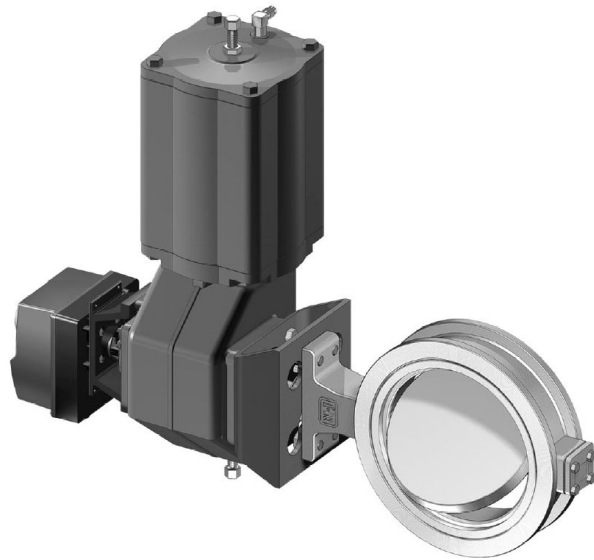
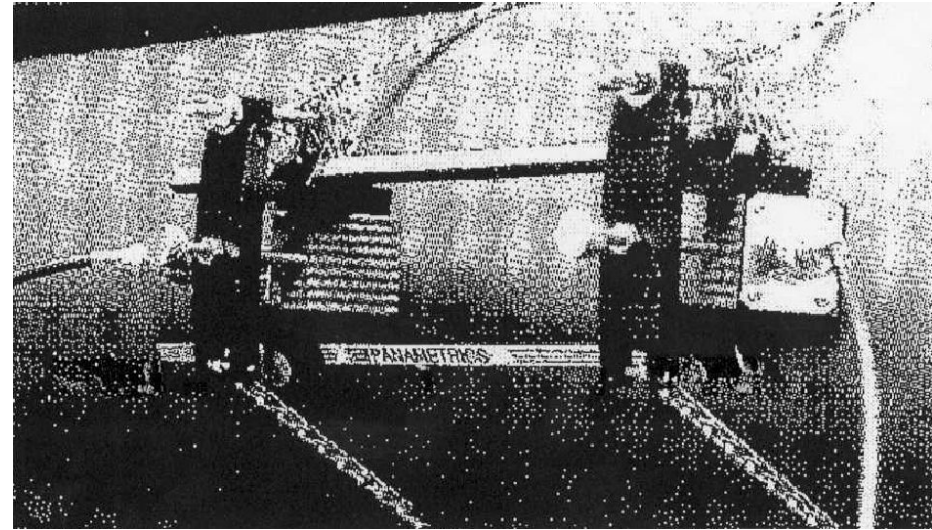
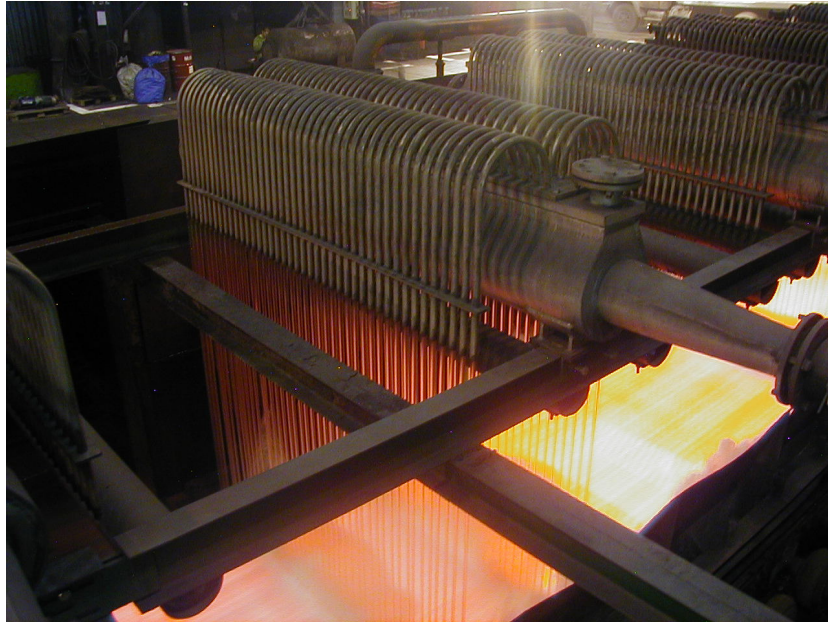
1.1.1. Globális (integrál) jellemzők

Áramlástechnikai gépek és a csatlakozó rendszer üzemének általános megítélése, hibafeltárás (eseti vizsgálatok)



Tömegáram:

$$q_m = \int_{A_{duct}} \rho \underline{v} \cdot \underline{dA} \approx \rho \sum_{i=1}^n v_{\perp i} \Delta A_i$$



Mérési adatok biztosítása
folyamatirányításhoz és automatizáláshoz

Térfogatáram:

$$q_V = \int_{A_{duct}} \underline{v} \, dA$$

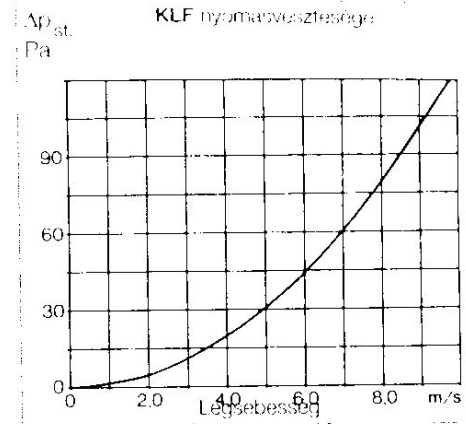
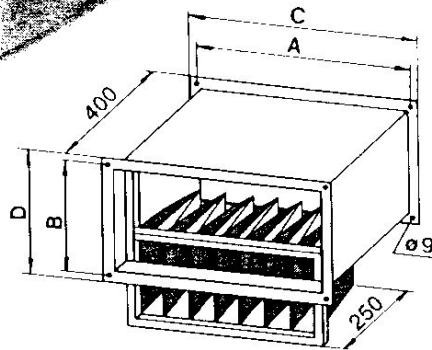
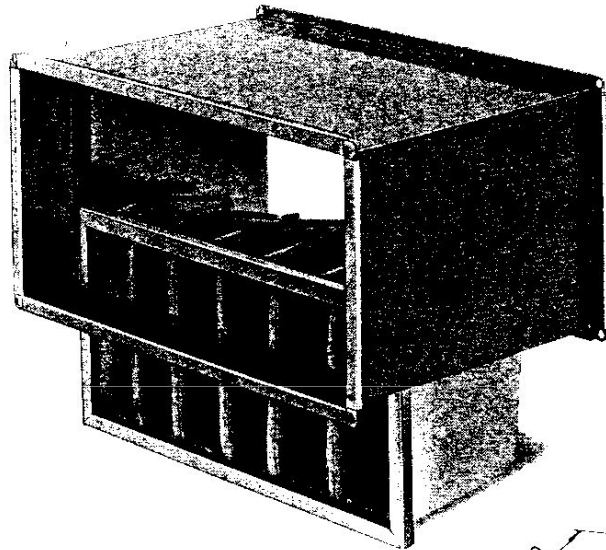
1.1.2. Lokális jellemzők, az áramlási szerkezet jellemzése

Hibafeltárás, üzemállapot ellenőrzése



Mérési adatok biztosítása ipari folyamatirányításhoz

KLF



□ Nyomásvesztés KLF-nél

A légszűrő tiszta állapotban a fenti diagram szerint nyomásvesztést okoznak. Ezt a ventilátor kiválasztásánál figyelembe kell venni.

■ Tartozék

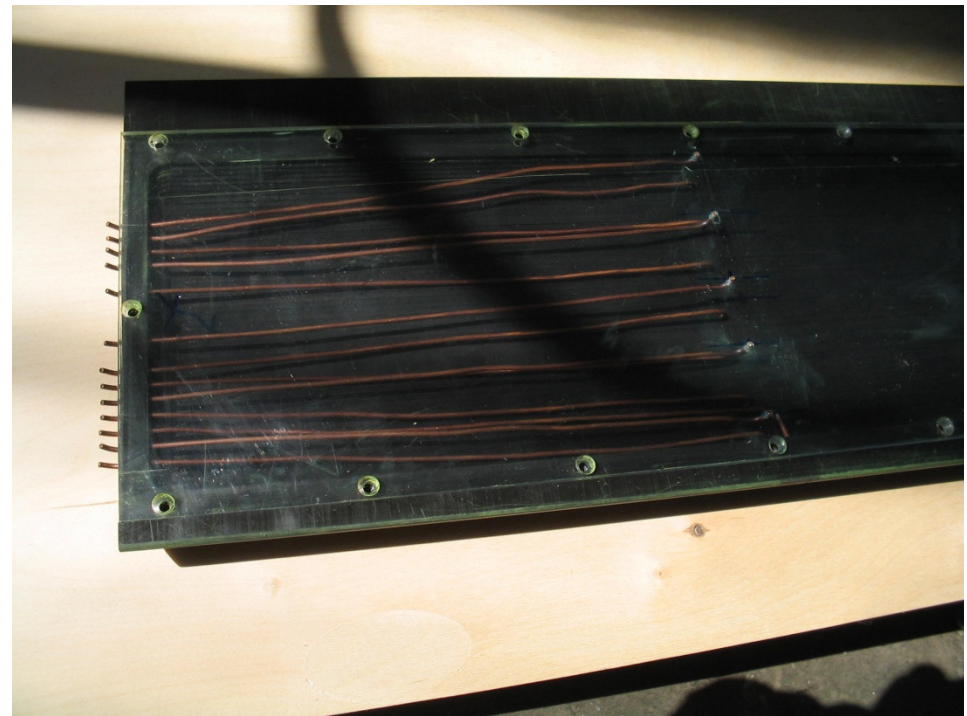
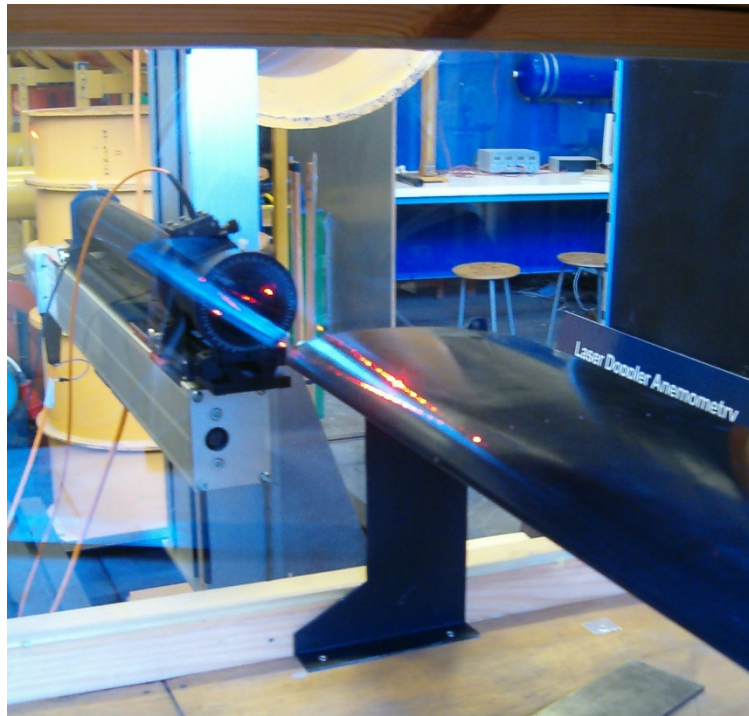
Nyomáskülönbség kapcsoló

DDS

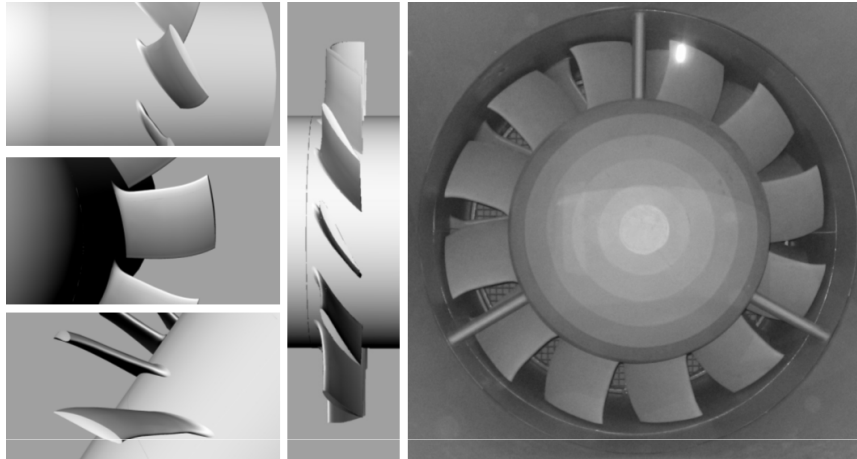
Rend.szám 0445

Légszűrők felügyeletét szolgáló
komplett mérő-kapcsoló egység:
mérési tartomány 100-1000 Pa-ig.

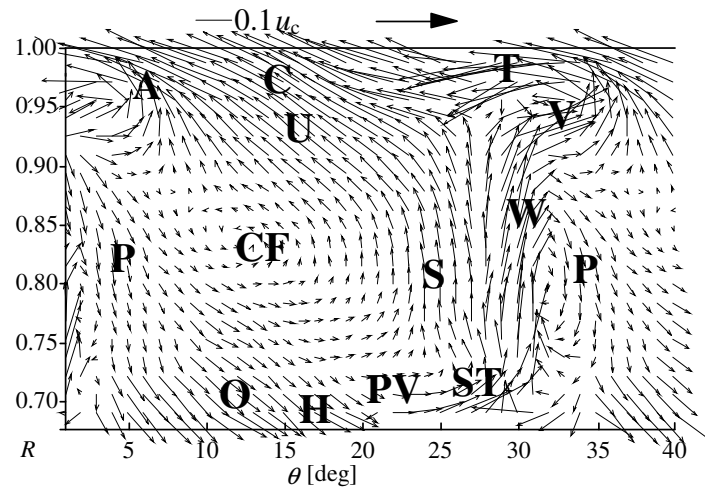
Mérés-alapú kutatás-fejlesztés (K+F)



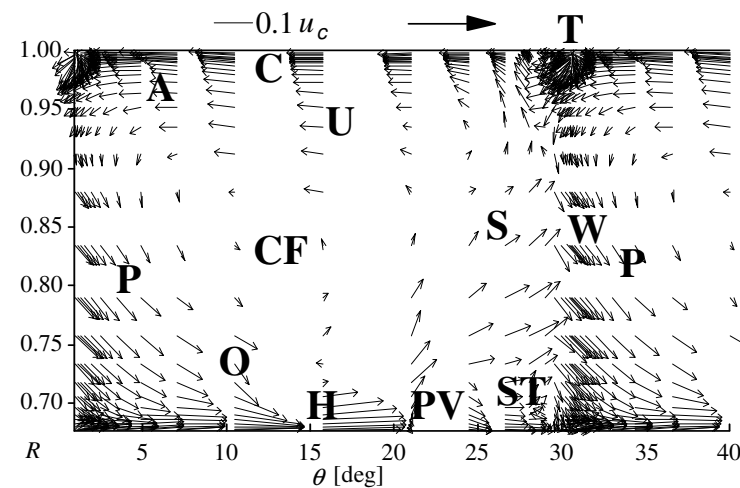
Numerikus áramlástan (Computational Fluid Dynamics, CFD) eszközök mérési validációja



LDA:



CFD:



1.2. Tárgyalt mennyiségek

Ipari alkalmazásokhoz és K+F-hez kötődően:

Globális jellemzők:

- Térfogatáram
- Tömegáram

Lokális jellemzők:

Skalárjellemzők:

- Nyomás (időben átlagolt és ingadozó)
- Hőmérséklet
- Másik fázis koncentrációja

Vektorjellemzők:

- Sebesség (időben átlagolt és ingadozó)

1.3. “Igényes áramlásmérés”: mitől “igényes”?

Igény	Példák műszerezettségre
“Kis” mérési bizonytalanság	Lézer Doppler Anemometria (LDA): sebességmérés 0.1 % relatív bizonytalansággal
“Széles” mérési tartomány	LDA gyors adatgyűjtő kártyával ellátva, előjeles sebesség mérésére: 0 m/s-től szuperszónikus áramlásig
“Nagy” térbeli felbontás	LDA: mérőtérfogat mérete: 0.1 mm nagyágrendű (\Leftrightarrow Prandtl-cső)
“Nagy” időbeli felbontás időfüggő folyamatok vizsgálatára (pl. turbulencia)	Hődrótos áramlásmérés (Constant temperature anemometry: CTA) (\Leftrightarrow Prandtl-cső)

“Nagy” irányérzékenység vektorjellemzők mérésekor	LDA: interferencia-csíkozat: definiálja a mért sebességkomponens irányát (\Leftrightarrow Prandtl-cső)
“Kis” irányérzékenység skalárjellemzők mérésekor	Prandtl-cső a dinamikus nyomás méréséhez: irányérzéketlen $\pm 15^\circ$ tartományban (ez hátrány, ha a sebességadatból térfogatáramot számítunk)
Többkomponensű mérések	1D, 2D, 3D LDA és CTA, PIV, stereo PIV
Mérsékelt kalibrációs igény / nincs kalibráció (stabil belső paraméterek)	LDA: NINCS kalibráció, “black box”: NEM SZABAD állítani (\Leftrightarrow CTA)
Könnyen használható, “plug and play”	Szárnylapátos anemométer (\Leftrightarrow LDA)

Megbízható üzem széles alkalmazási körben: nehéz körülmények között (poros, forró, nedves, agresszív ipari környezet)	S-szonda (\Leftrightarrow LDA)
Más módszerekkel nem elérhető zónák mérése, távoli mérés	Lézer vibrométer (\Leftrightarrow piezoelektromos gyorsulásmérő)
A mérendő áramlás „mérsékelt” megzavarása: „érintésmentes”, „nem-beavatkozó”, „nem-invazív” technika	Ultrahangos áramlámérő (\Leftrightarrow Szilárdtest-szondák)
A mérendő berendezés minimális módosítási igénye	Lézer vibrométer, ultrahangos áramlámérő (\Leftrightarrow átfolyó mérőperem)

Elektronikus kimenőjel az adatok igényes bemutatásához és folyamatirányításhoz	Elektronikus nyomásszenzor (\Leftrightarrow U-csöves manométer)
Számítógéppel támogatott, automatizált mérés (kalibráció, mozgatás, adatgyűjtés, adatfeldolgozás, adattárolás, adatmegjelenítés...)	Particle Image Velocimetry (PIV) (\Leftrightarrow Prandtl-cső)
“Mérsékelt” költségek	Prandtl-cső (\Leftrightarrow LDA)

1.4. Igényes áramlásmérés: általános tudnivalók

A/ Mérési módszerek: a követelmények szerint

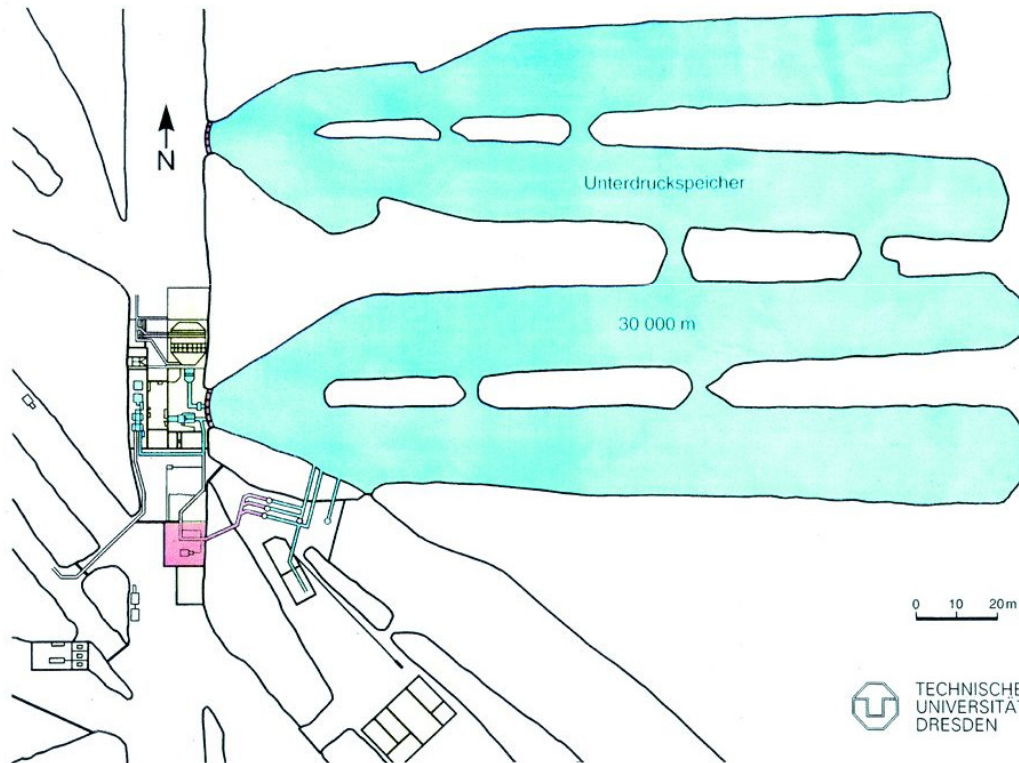
Sebességmérés:

Technika	Prandtl-cső	1-komponensű CTA vagy LDA	2- komponensűLDA
Mérés	Átlagsebesség nagysága, pontoszerű	1 átlag (és ingadozó) sebesség- komponens, pontoszerű	2 sebesség- komponens, pontoszerű
Költség nagysr.	0.5 kEUR	25 kEUR	100 kEUR

Technika	3-komponensű LDA	2-komponensű PIV	Stereo PIV
Mérés	3 sebesség- komponens, pontoszerű	2 sebesség- komponens, síkban	3 sebesség- komponens, síkban
Költség nagysr.	200 kEUR	200 kEUR	400 kEUR

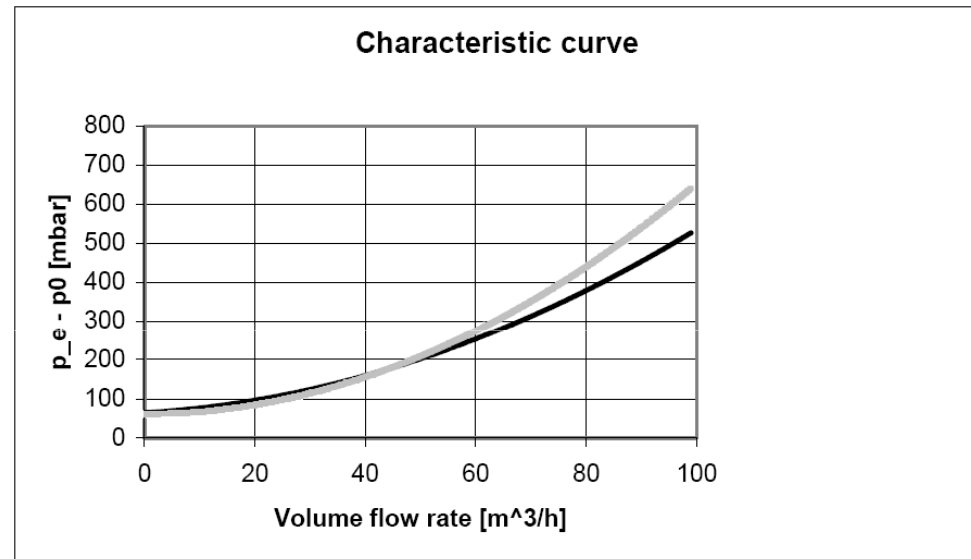
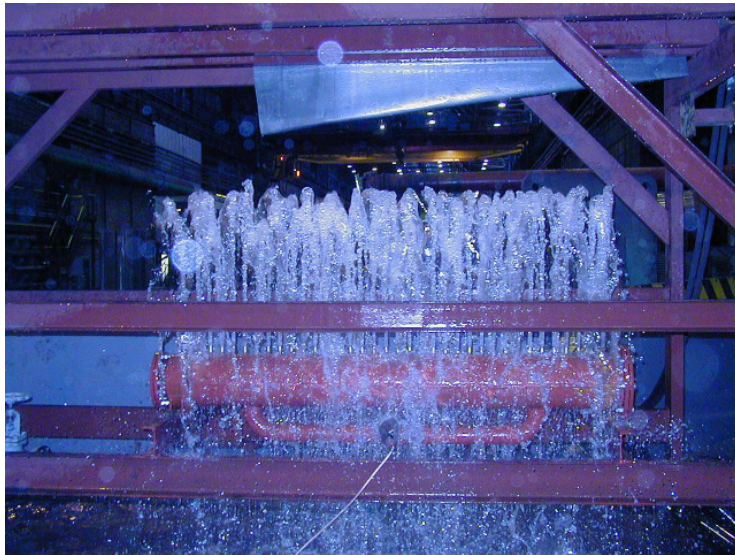
B/ “Igényes” csak HA: a teljes kísérleti eljárás és kiértékelés is igényes

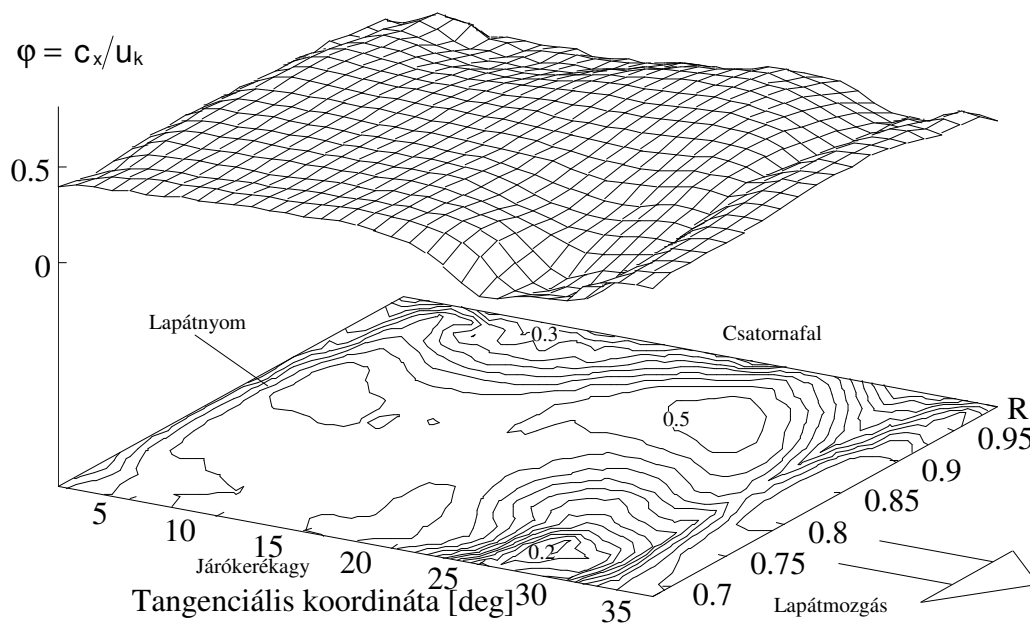
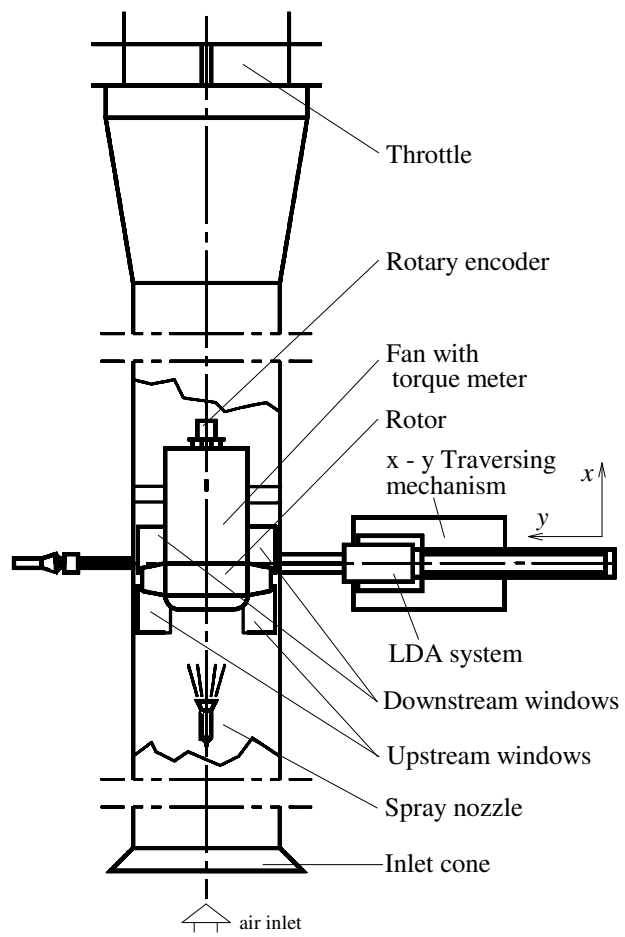
- Hangsebesség feletti szélcsatorna:



- Belsőégésű tesztmotor

C/ Paradoxon: „Tudnunk kell az eredményt, mielőtt nekikezdünk.”
“Elmélet nélkül hallgatnak a tények.”





D/ Az információ adta lehetőségek teljeskörű kihasználása

