

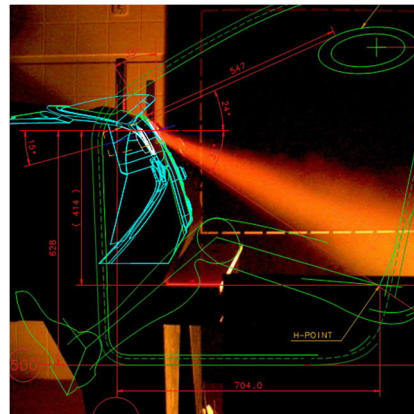
Gépészmérnök mesterszak (MSc)  
BMEGEÁTMGO1 Hő- és áramlástan

## MÉRÉSI SEGÉDLET

H07

Személyautó utastéri légbefúvók tesztelése  
Részveszteség és sebességtér mérése

felelős: Dr. Suda Jenő Miklós, Benedek Tamás



### Mérés tárgya:

Személyautó utastéri (műszerfali) légbefúvó egységek, melyek közül a mérés során 1 db egység tesztelendő. A légbefúvó egységek szokásos jelölései:

1.táblázat: A légbefúvók szokásos műszerfali pozíciójára utaló jelölés

„SL” side left vezetőoldali bal	„CL” center left középkonzol bal	„CR” center right középkonzol jobb	„SR” side right utasoldali jobb
---------------------------------------	--	--	---------------------------------------

### Mérés célja:

A kiválasztott légbefúvó egység tesztelése két fő részből áll:

- A teljesen lezárt légbefúvó előírt túlnyomás melletti részveszteségének kimérése.
- A teljesen lezárt, ill. nyitott légbefúvóból kiáramló levegő sebességterének mérése (hőgömbszondával), a szabadsugár által szállított levegő térfogatáramának kiszámítása

A fenti méréseket a gyártók által meghatározott tesztelési specifikáció követelményei szerint kell végezni és kiértékelni. A részveszteség érték alapján „megfelelő” („pass”) ill „nem megfelelő” („fail”) minősítést kell az adott légbefúvóhoz hozzárendelni, valamint a sebesség-eloszlását pedig egyenlőtlenségi fokkal jellemezni.

### Mérőberendezés, felhasznált eszközök:

- fúvó és fordulatszám-szabályozó (fúvó, frekvenciaváltó, potenciométer)
- csővezeték (D=59,4mm / 63mm, falvastagság s=1,8mm)
- átfolyó mérőperem (nyílásátmérő d=15mm)
- nyomásközlő vezetékek
- csillapítókamra
- TESTO sebességmérő hőgömbszonda
- 2db EMB-001 nyomásmérő (kérem, írják fel a használt nyomásmérő sorszámát)
- labor  $p_0$  légnyomás és  $t_0$  hőmérséklet (laborgép monitorján kijelzett érték)



1. ábra: A mérőberendezés (Figyelem, ez nem az aktuális összeállításról készült fotó!)

„A” személyautóhoz 2db CENTER +1 db SIDE



2.ábra: „A” személyautó légbefúvó egységek

„B” személyautóhoz 2db CENTER +2 db SIDE



3.ábra: „B” személyautó légbefúvó egységek

## Mérőberendezés

A légbefúvók terelőlamellákból, pillangószelepből és ezek manuális működtetéséhez szükséges elemekből állnak.

A pillangószelep manuális állításával lehet a teljes nyitás, ill. zárás közötti különböző kívánt légáteresztést létrehozni.

A függőleges és vízszintes terelőlamellák a légsugár utastérbeli irány-beállítását teszik lehetővé. A terelő lamellák állásait az alábbi kétjegyű számjel kód szerint adjuk meg. A kifúvónyílást szemből nézve a lamella állások kétszámjegyű kódja:

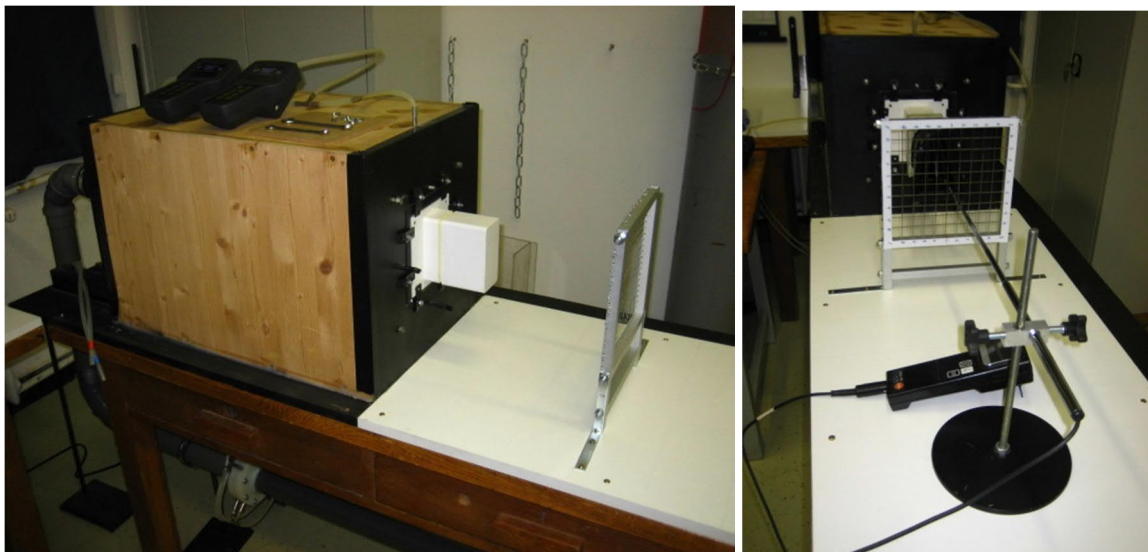
<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>
<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>
<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>

A légbefúvók a csillapítókamrához egy ún. befogó közdarabbal csatlakoznak.



4. ábra: Egyik légbefúvó (bal), befogó közdarabok (jobb)

A légsugár sebességterét TESTO hőgömbszondával mérjük.



5. ábra: Csillapító kamra kilépő oldala (bal), TESTO hőgömbszonda a sebesség-eloszlás méréshez (jobb)

## Légbefúvó résvesztésének ( $q_{V,rés(B)}$ ) és sebesség-eloszlásának ( $v$ ) meghatározása

A légbefúvókra a pillangószelep teljesen zárt állásában egy adott túlnyomás biztosítása mellett a gyártó egy határ (max.) résvesztés térfogatáramot enged csak meg. A zárt pillangószelep állás mellett továbbá a kiáramló levegő sugárra is előírja, hogy a levegősugár sehol nem lépheti túl a  $v_{limit}=0.55$  m/s sebességet a kifúvástól mért 100mm távolságban felvett, a légbefúvó tengelyére merőleges átáramlási keresztmetszeten.

	előírt túlnyomás $\Delta p$	max. megengedhető résvesztés $q_{V,rés(B), limit}$	max. megengedhető résáram sebesség $v_{limit}$
„A”	: 500 Pa	0,56 lit/sec	0,55 m/s
„B”	: 1.0 v.o.inch ( „1.0 inch of water gauge pressure differential” (249,174Pa≈250Pa)	0,08 m <sup>3</sup> /min	0,55 m/s

Magyarázat: „v.o. inch”: „vízoszlop inch” folyadékkitérésben adott nyomáskülönbséget jelöl (USA specifikáció miatt), amely átszámítandó Pa-ra.

Tehát mérnünk kell a térfogatáramot előírt túlnyomás biztosítása mellett és a sebességeloszlást.

A légbefúvók tesztjeit értékelni kell az alábbi módon:

- a  $q_{V,rés(B)}$  számértékének megadásával
- a  $q_{V,rés(B)}$  értékének a  $q_{V,rés(B), limit}$  %-os formában megadva
- szövegesen: „megfelelő” / „nem megfelelő”

## Csillapító kamra résvesztése

A csillapító kamra is (minimális mértékben) tömítetlen, így a kamra résvesztésével korrigálni kell mérési eredményünket.  $q_{V,rés(K)}$

Ehhez ki kell mérni először a lezárt kiáramlási keresztmetszetű csillapító kamra résvesztését a  $\Delta p$  túlnyomás függvényében, legalább 3-3 pontban a specifikáció által előírt  $\Delta p$  túlnyomás érték  $\pm \Delta p$  környezetében felvesszük a kamra résvesztés jelleggörbéjét.

$$q_{V,rés(K)} [m^3/s] = f(\Delta p)$$

A csillapító kamra résvesztése jó közelítéssel **lineáris** a túlnyomás függvényében, ha célszerű okokból a  $\Delta p = f(q_V)$  ábrázolásmódot választjuk. (ld. 7. ábra diagramját) Használjon a mérési pontokra illesztett egyenest, és tüntesse fel az egyenes egyenletét és  $R^2$  értékét!

## Légbefúvó résvesztése

A légbefúvót a csatlakozó idomával a csillapító kamra kilépő toldatára helyezve és fehér ragasztószalaggal gondosan rögzítve fentieket megismételjük úgy, hogy pillangószelepet manuálisan teljesen lezárjuk.

A  $\Delta p$  túlnyomás függvényében, legalább 3-3 pontban a specifikáció által előírt  $\Delta p$  érték  $\pm$  környezetében felvesszük a kamra + légbefúvó résvesztés jelleggörbét.

$$q_{V,rés(K+B)} [m^3/s] = f(\Delta p)$$

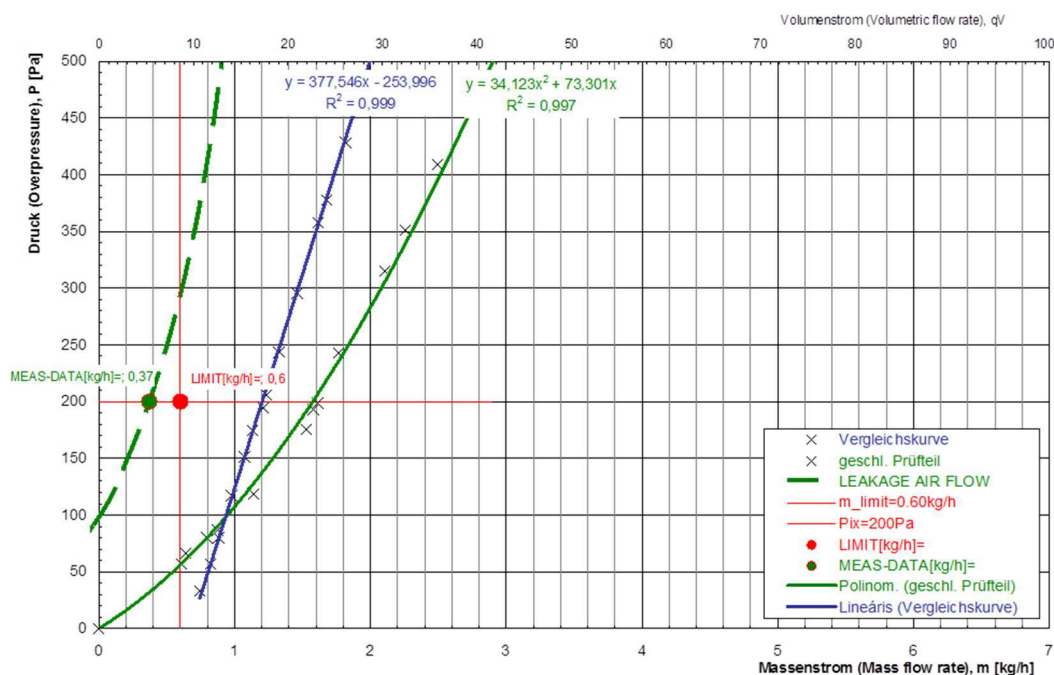
A csillapító kamra + légbefúvó résvesztése jó közelítéssel **másodfokú** a túlnyomás függvényében, ha hasonló módon a  $\Delta p = f(q_V)$  ábrázolásmódot választjuk. (ld. 6. ábra diagramját) Használjon a mérési pontokra illesztett másodfokú polinomot, és tüntesse fel az egyenletét és  $R^2$  értékét!

A fenti két mérés alapján magának a légbefúvónak a résvesztése a mérési pontokra illesztett közelítő egyenleteknek a specifikációban megadott pontos  $\Delta p$  túlnyomás értéken vett különbsége:

$$Q_{V,rés(B)} = Q_{V,rés(K+B)} - Q_{V,rés(K)}$$

Mivel ez számított érték, így „A” autó esetében pontosan 500Pa ill. „B” autó esetében pontosan 1.0 v.o.inch túlnyomás esetén kiszámítható és értékelhető a légbefúvó résvesztése.

Az alábbi 6. ábrán egy minta(!) mérési eredményt mutatunk be, melyhez hasonló diagramon kell ábrázolni a saját mérési eredményeket is a kiválasztott 1db légbefúvó egységre.



6. ábra: Résvesztesség diagram (Minta! Más „C” autógyártó légbefúvójára vonatkozik!)

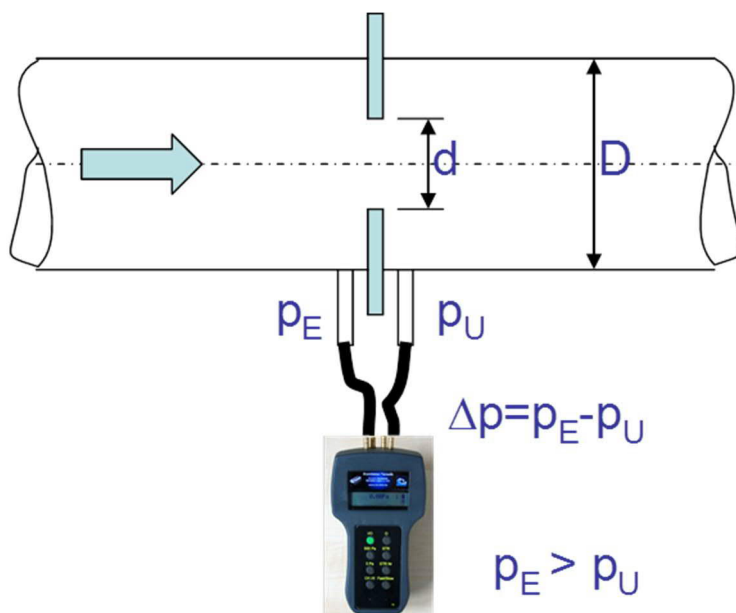
Jelmagyarázat

- kék folytonos vonal: kamra résvesztesség jelleggörbe
- zöld folytonos vonal: kamra + légbefúvó résvesztesség jelleggörbe
- - - zöld szaggatott vonal: légbefúvó résvesztesség jelleggörbe (különbség)
- piros folytonos vonalak: határértékek állandó vonalai
- piros jelölő: határértékeket jelző vonalak metszéspontja
- zöld jelölő: légbefúvó résvesztése a kívánt túlnyomáson

A fenti mennyiségek kiszámításához tehát mérnünk kell a térfogatáramot és a csillapító kamra túlnyomását. Ehhez egy-egy EMB-001 típ. nyomásmérőt használunk.

### Térfogatáram mérése átfolyó mérőperem segítségével

A fűvó nyomóoldalára egy átfolyó mérőperemet tartalmazó térfogatáram-mérő csőszakasz csatlakozik. A csővezeték belső átmérője  $D=59,4\text{mm}$  (DN63:  $D_{\text{külső}}=63\text{mm}$ , falvastagság  $s=1,8\text{mm}$ ). A  $d=15\text{mm}$  nyílásátmérőjű mérőperem előtti ( $p_E$ ) és utáni ( $p_U$ ) nyomás különbségét ( $\Delta p$ ) a mérőperem sarokmegcsapolásaira (4-4 db) kapcsolt körvezetékekkel mérjük az egyik EMB-001 típusú nyomásmérővel.



7.ábra: Átfolyó mérőperemes térfogatáram mérés ( $D=$

A  $q_v$  [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] térfogatáram meghatározása az alábbi mérőperem képlet alapján történik:

$$q_v = C \cdot \varepsilon \frac{1}{\sqrt{1-\beta^4}} \frac{d^2 \pi}{4} \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}, \text{ ahol}$$

$C$	átfolyási tényező
$\varepsilon$	expanziós szám
$\beta$	a mérőperem átmérőviszonya ( $\beta=d/D$ )
$d$	a mérőperem furatátmérője
$D$	a mérőszakasz belső csőátmérője
$\Delta p$	a mérőperemen két oldalán mért nyomásesés
$\rho$	az áramló közeg sűrűsége

A mennyiségek értékei S.I. -ben írandók be a képletbe.

Az átfolyási tényező értéke nem ismert, kiszámítása a csőbeli áramlásra jellemző Reynoldszám ( $Re_D$ ) és a mérőperem geometriai adatai alapján számítható az alábbi összefüggésből:

$$C = 0,5961 + 0,0261\beta^2 - 0,216\beta^8 + 0,000521 \cdot \left(\frac{10^6 \beta}{Re_D}\right)^{0,7} + (0,0188 + 0,0063A) \cdot \beta^{3,5} \cdot \left(\frac{10^6}{Re_D}\right)^{0,3} + 0,011 \cdot (0,75 - \beta) \left(2,8 - \frac{D}{25,4}\right)$$

ahol

$$A = \left( \frac{19000\beta}{Re_D} \right)^{0,8}$$

Reynolds-szám:  $Re_D = \frac{v \cdot D}{\nu} = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu}$ , ahol a levegő  $\nu$  kinematikai ill.  $\mu$  a dinamikai viszkozitása ( $\nu = \frac{\mu}{\rho}$ ) pl. Lajos Tamás: Az áramlástan alapjai tankönyv (2008) 1.2.4 lecke a 34. oldalon található összefüggéséből környezeti adatok alapján számítható az aktuális T laborhőmérséklet alapján.

$$\mu = \mu_0 \frac{T_0 + T_s}{T + T_s} \left( \frac{T}{T_0} \right)^{\frac{3}{2}}, \quad \text{ahol } T_0=273,16\text{K}, \mu_0=17,1 \cdot 10^{-6}\text{kg/(m}\cdot\text{s)} \text{ és } T_s=122\text{K}.$$

Az  $\varepsilon$  expanziós szám ( $\rho$ =áll. feltétellel):  $\varepsilon=1$  közelítő értéke használható a mérések során.

### ITERÁCIÓ

Mivel a C átfolyási tényező értéke a csőbeli Reynolds-szám függő, azt pedig áramlási sebesség hiányában nem tudjuk meghatározni, így  $q_V$  kiszámítása iterációs feladat.

Az iteráció menete:

Az  $\alpha$  átfolyási számot az átfolyási tényező (C) és az átmérőviszony ( $\beta$ ) alapján az alábbi összefüggés definiálja:

$$\alpha = \frac{C}{\sqrt{1 - \beta^4}}$$

Az átfolyási számra 0. iterációs lépésként kiindulásul felvett érték legyen:  $\alpha' = 0,6$ .

$$\alpha' = \frac{C'}{\sqrt{1 - \beta^4}} = 0,6$$

(Tapasztalat azt mutatja, hogy ha  $0,6 \div 0,8$  közötti értéket veszünk fel kiindulásnak, akkor a szokásos átfolyási számhoz közeli kiinduló érték miatt gyorsan (akár 1-2-3 lépésben bekonvergál az iteráció.)

Ennek ismeretében a mérési eredményekből

- az első közelítéses  $q_V'$  térfogatáram,
- majd az ebből számolt csőbeli átlagsebesség  $v_{cs\ddot{o}}' = q_V' / A_{cs\ddot{o}}$ ,
- majd ez alapján a csőbeli  $Re_D'$  Reynolds-szám

meghatározható, és ebből számítható a következő iterációs lépés számára szükséges  $\alpha''$  (ill.  $C''$ ) értéke. Annyi iterációs lépést kell végezni, míg az  $\alpha$  átfolyási szám (de a C, vagy akár célszerűen a  $q_V$  értékét is figyelhetjük) két iterációs lépés közötti eltérése kisebb, mint legalább pl. 0,1% (pl.  $\Delta\alpha < 0,1\%$  feltételt állítunk be)!

### A csillapító kamra túlnyomásának mérése

Az 1. ill. 5. ábrán látható a csillapító kamra 4 db nyomásmegcsapolási pontjához csatlakozó körvezetékkel a  $p_0$  légközi nyomáshoz viszonyított kamra nyomást (túlnyomást) egy másik EMB-001 típ. nyomásmérővel mérjük.

### Áramlási sebesség-eloszlás mérése:

Választani lehet, hogy a zárt pillangószelep melletti résáramlás sebességterét ellenőrizzük, vagy **nyitott pillangószelep állásban nagyobb térfogatáramon kiáramló légsugár sebességterét** térképezzük fel. A tapasztalat szerint a laborban a hallgatói mérések alatt a sok mérőstand miatt viszonylag nagy a huzat, így a 0,1m/s sebességek mérése kivitelezhetetlen, így a **nyitott pillangószelep állásban nagyobb térfogatáramon kiáramló légsugár sebességterét mérjük és értékeljük ki a hallgatói mérések során.**

- a) **teljesen zárt pillangószelep** esetben a légsugár sebessége sehol nem lehet  $v_{\text{limit}}=0,55\text{m/s}$  értéknél nagyobb. A sebességmérés az ún. hógömb szondával történik, a sebesség kijelzett értékének  $0.01\text{m/s}$  pontossággal történő rögzítésénél ügyeljenek az ingadozások „szemre átlagolására”.
- b) **teljesen nyitott pillangószelep** esetben: a **terelőlamellák bármely állásában** elvégezhető: adott, állandó  $q_v$  térfogatáramú levegőt (az EMB-001 típusú nyomásmérőben lévő érzékeny szilikon membránt védendő kb. max.  $6500\text{Pa}$  mérőperemen mért nyomáskülönbség mellett!) átfújva a légbefúvón a légbefúvó által létrehozott ún. szabadsugár sebességterét kell kimérni és annak egyenletességét jellemezni. A sebességmérés egy TESTO hógömbszondával történik. A sebesség kijelzett értékének rögzítésénél ügyeljenek az ingadozások „szemre átlagolására”.

Mindkét esetben a légsugárban szállított légmennyiség ( $q_v$  térfogatáram) is kiszámítandó, hiszen pontonkénti sebességmérésen alapuló térfogatáram-mérést végeztünk. A kimérendő terület:

- légbefúvó képzeletbeli tengelyére merőleges (x,y) síkban, kifúvástól  $100\text{mm}$  távolságban. Azaz a kifúvási keresztmetszet középpontjától a TESTO hógömbszonda gömb mérőfejének középpontja legyen  $100\text{mm}$  távolságban.
- ( $\Delta x=20\text{mm}; \Delta y=20\text{mm}$ ) osztásközzel az (x,y) síkban négyzet részkeresztmetszetek súlypontjában mérjük a sebességet a TESTO hógömbszondával.

A levegősugár sebesség eloszlás jellemzésére kérem, ábrázolja az alábbiakat:

- 1) **sebességeloszlás térkép**:  $v(x,y)$  [m/s] a mért keresztmetszetben,
- 2) **dimenzióatlan sebességeloszlás térkép**:  $v_{\text{rel}}(x,y)=v_i/v_{\text{átlag}}$  [%], amely a mért keresztmetszet átlagsebességéhez képesti relatív sebesség-eloszlás térkép,
- 3) **Egyenlőtlenégi fok**: eddigi tanulmányai, ismeretei stb. alapján definiálja a mért síkbeli sebesség-eloszlás jellemzésére egy egyenlőtlenégi fokot, és adja meg az egyenlőtlenégi fok kiszámításának módját és értékét, vagy ábrázolja ezt a mennyiséget is a mérési keresztmetszeten egyenlőtlenégi fok térképként,
- 4) **a sebességmérés alapján a légsugár térfogatáramának kiszámítása, és a mérőperemes méréssel való összevetése**

Az ábrázolt térképeken használjon a bemutatott mennyiségre műszakilag releváns beosztású szintvonalas/szintfelületes ábrázolásmódot! Ne felejtse el minden mért és számított értéket táblázatos formában is megadni, névvel mértékegységgel!

CL-07	VELOCITY v [m/s]	$q_v=$	3,34	[lit/s]	FAIL	$v_{\text{átlag}}=$	0,10	m/s	CL-07	EVALUATION (PASS/FAIL)	WHISTLE=	1
	-80 -60 -40 -20 0 20 40 60 80									-80 -60 -40 -20 0 20 40 60 80		
80	0 0 0 0 0 0 0 0 0									PASS PASS PASS PASS PASS PASS PASS PASS		
60	0 0 0 0 0 0 0 0 0									PASS PASS PASS PASS PASS PASS PASS PASS		
40	0 0,01 0,06 0,07 0,09 0,02 0,01 0 0									PASS PASS PASS PASS PASS PASS PASS PASS		
20	0 0,09 0,28 0,53 0,44 0,03 0,02 0,01 0									PASS PASS PASS PASS PASS PASS PASS PASS		
0	0 0,04 0,11 0,32 0,23 0,05 0,04 0,01 0									PASS PASS PASS PASS PASS PASS PASS PASS		
-20	0 0,01 0,03 0,12 0,11 0,05 0,03 0,04 0									PASS PASS PASS PASS PASS PASS PASS PASS		
-40	0 0,02 0,05 0,12 0,69 0,62 0,08 0,02 0									PASS PASS PASS PASS FAIL FAIL PASS PASS		
-60	0 0,01 0,03 0,09 0,89 0,74 0,09 0,02 0									PASS PASS PASS PASS FAIL FAIL PASS PASS		
-80	0 0,01 0,05 0,09 0,69 1,06 0,08 0,04 0									PASS PASS PASS PASS FAIL FAIL PASS PASS		

8.ábra: Sebességeloszlás adatok (zárt pillangószelepre) (Minta! Más „C” autógyártó légbefúvójára vonatkozik!)



### A nyomáskülönbségek mérése: digitális nyomásmérővel (EMB-001)

Az EMB-001 típ. kétsatornás nyomásmérőt célszerű a leghosszabb (15s-os) átlagolási idő „S” slow állásba kapcsolni.

#### A két csatorna nyomáskivezetéseinek kiosztása

A nyomásmérő műszer két csatornájára (CH I, CH II) a nyomásközlő vezetékeket a készülék első oldalán elhelyezett kivezetésekre kell rácsatlakoztatni az alábbi ábra (+)/(-) kiosztása szerint.



A műszer kijelzőjén mindig csak az egyik nyomástávodó által mért nyomáskülönbség értéket jeleníti meg (előjellel), a távadók között a CH I/II csatornaváltó kezelőgomb megnyomásával lehet váltani.

9.ábra: EMB-001 típusú nyomásmérő

### Sebességmérés hógömbszondával (TESTO)

**Beschreibung**

**Batteriefach** (optional) für 9V-Blockbatterien Alkal-Mangan REC 6 LR 61 oder tauglicheren Akku

**Anschlußbuchse für Steckersonde**

**Größtmögliche LCD-Anzeige** für 2-Mehrwerte gleichzeitig

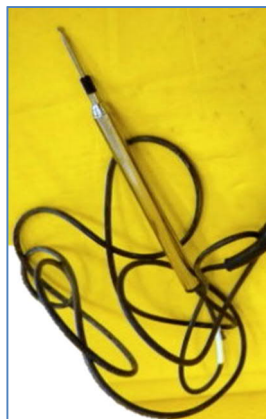
**Ein-Aus-Taste**

**Steuerung der zeitlichen bzw. punktuellen Mittelwertbildung von Strömungssensoren**

**Mittelwertbildung Taste**  
Durch wiederholtes Betätigen werden die Rohdaten nach: Momentanwerte im Display gehalten (HOLD); MAX-Werte aufgerufen; Mittelwertbildung aufgerufen; die Mittelwertbildung (MEAN) angewählt und die Batteriespannung angezeigt.

**Anschlußbuchse für Temperaturfühler**  
Strömungssonden

TESTO 491 kézi kijelzőegység



**0635.1549**  
Ø 4 mm  
**0635.1049**  
(mit Teleskop)  
Ø 4 mm

**Thermische Sensoren**  
Medienring Heizpatrone

Der Heizpatrone funktioniert nach demselben Prinzip wie die Heizpatrone, hat jedoch im Gegensatz zum fest parabolisierbaren Kugelsensoren eine maximale Empfindlichkeit in einer bestimmten Strömungsrichtung. Er eignet sich daher besonders für Kanalmessungen.

Der Heizpatrone hat eine deutlich geringere Masse als die Kugel und wird dadurch wesentlich schneller (Sowohl Heizpatrone als auch Temperaturkompensations-NTC liegen tiefer, um eine optimale Ansprechzeit zu garantieren).

**Thermische Sensoren**  
Allgemeine Gebrauchsinstruktion

Bei thermischen Strömungssensoren (vor allem bei Kugelsensoren) tragen die Richtungen zum Maßergebnis bei. Dies erklärt, daß bei Einsetzen in nicht geradlinige Strömungen aufgrund der entstehenden Verwirbelungen um die Sonde herum, Differenzen zu Maßergebnissen gegenüber Flügelsonden auftreten können. In solchen Fällen würde der thermische Strömungssensoren höhere Maßwerte anzeigen als ein Flügelsonde.

Dies ist besonders bei der Messung in Kanälen zu beachten. Je nach Ausrichtung des Kanals ist das Maß zu gering mit und nicht geraden Strömungen zu rechnen (Quadrante, Dreif, Vierfel). Messen Sie nach Möglichkeit in einem geraden Kanalstück entfernt von Krümmern, Ventilen, Verzweigungen etc.

Die Rohdaten sollten vor der Maßnahme 100 und hinter 40 gendling sein. Mit einem eingebundenen Geschwindigkeitssensoren sich diese Angaben auf 4.0 D vor und 4.0 hinter der Maßnahme (D = kleiner Kanalabstand)

TESTO 0635.1549 hógömb szonda fej

**testo**

**STRÖMUNGSMESSUNG**  
Übersicht: Wählen Sie für Ihre Anwendung die optimale Strömungssonde

**Einströmungsrichtungen**

**Strömungsgeschwindigkeit**

**testo**

**STRÖMUNGSMESSUNG**  
Thermische Sensoren

Technische Daten

**Strömung:** 0... 20 m/s (optimal: 0... 5 m/s)  
**Temperatur:** -20... +70 °C  
**Genauigkeit:** ± 0,2 m/s  
(22 °C) ± 0,03 m/s + 0,5 % v. Mx  
2... 10 m/s  
± 0,2 m/s + 0,5 % v. Mx

**Temp.kompensierung:** ± 0,2 % v. Mx/°C  
**Ansprechzeit:** 4 Sekunden  
**Geometrie:** Kugel, Ø 2,5 mm

**Strömung:** 0... 20 m/s (optimal: 0... 5 m/s)  
**Temperatur:** -20... +70 °C  
**Genauigkeit:** ± 0,2 m/s  
(22 °C) ± 0,03 m/s + 3,0 % v. Mx  
2... 20 m/s  
± 0,2 m/s + 0,5 % v. Mx

**Temp.kompensierung:** ± 0,2 % v. Mx/°C  
**Ansprechzeit:** 15 Sekunden  
**Geometrie:** Sondenspitze Ø 10 mm

**testo**

**STRÖMUNGSMESSUNG**  
Thermische Sensoren

Medienring Heizpatrone

Aufbau einer Heizpatrone

**Mögliche Abweichungen aufgrund von Verkippen oder Verdrehen:**  
Ein Kugelsensor wird von der Haltestange verkippt (gemäß Abbildung). Aufgrund der verwehrenden Rückströmung von der Haltestange zur Kugelspitze kommt es zu unterschiedlichen Meßwerten.

Diese Abweichung ist nicht eliminierbar, kann jedoch minimiert werden.  
Hinterhergehende Abbildung gilt bei einer Geschwindigkeit von ca. 2 m/s.

**testo**

**STRÖMUNGSMESSUNG**  
Thermische Sensoren

Medienring Heizpatrone

Der Heizpatrone funktioniert nach demselben Prinzip wie die Heizpatrone, hat jedoch im Gegensatz zum fest parabolisierbaren Kugelsensoren eine maximale Empfindlichkeit in einer bestimmten Strömungsrichtung. Er eignet sich daher besonders für Kanalmessungen.

Der Heizpatrone hat eine deutlich geringere Masse als die Kugel und wird dadurch wesentlich schneller (Sowohl Heizpatrone als auch Temperaturkompensations-NTC liegen tiefer, um eine optimale Ansprechzeit zu garantieren).

**Thermische Sensoren**  
Allgemeine Gebrauchsinstruktion

Bei thermischen Strömungssensoren (vor allem bei Kugelsensoren) tragen die Richtungen zum Maßergebnis bei. Dies erklärt, daß bei Einsetzen in nicht geradlinige Strömungen aufgrund der entstehenden Verwirbelungen um die Sonde herum, Differenzen zu Maßergebnissen gegenüber Flügelsonden auftreten können. In solchen Fällen würde der thermische Strömungssensoren höhere Maßwerte anzeigen als ein Flügelsonde.

Dies ist besonders bei der Messung in Kanälen zu beachten. Je nach Ausrichtung des Kanals ist das Maß zu gering mit und nicht geraden Strömungen zu rechnen (Quadrante, Dreif, Vierfel). Messen Sie nach Möglichkeit in einem geraden Kanalstück entfernt von Krümmern, Ventilen, Verzweigungen etc.

Die Rohdaten sollten vor der Maßnahme 100 und hinter 40 gendling sein. Mit einem eingebundenen Geschwindigkeitssensoren sich diese Angaben auf 4.0 D vor und 4.0 hinter der Maßnahme (D = kleiner Kanalabstand)

10.ábra: TESTO sebességmérő, katalógus adatok

**Környezeti adatok rögzítése:**

A légnyomás és hőmérséklet adatokat a szélcsatorna labor számítógép monitorján kell leolvasni, melyekből a közeg sűrűsége számítható a gáztörvény alapján.

$$\rho_{lev} = \frac{P_0}{R \cdot T_0}$$

ahol  $p_0$  [Pa] helyi légköri nyomás  
 $T_0$ [K]=273,16 +  $t_0$  [°C] levegő hőmérséklet  
 $R=287$  J/(kgK) levegő specifikus gázállandó.

---

## MÉRÉSI JEGYZŐKÖNYV

**1. Alapvető tartalmi/formai követelmények:**

- mérés dátuma, helye
- mérést végzők felsorolása
- mérési jegyzőkönyvet készítő(k) neve
- mérés címe, célja
- mérőberendezés adatai, aktuális kialakításának vázlata, fénykép (ha készült)
- mérés során felhasznált eszközök / berendezések megnevezése, típusa, száma, jelzete stb.
- a tesztelt légbefúvó egység adatai
- egyszer mért környezeti nyomás és hőmérséklet adatok
- a jegyzőkönyvnek minden mért és leolvasott adatot táblázatos formában tartalmaznia kell (mennyiség neve, mértékegysége, számértéke)

**2. A mérési jegyzőkönyvnek a fenti alapvető követelményeken túl legalább az alábbi diagramokat stb. kiértékeléssel kell tartalmaznia:**

- Résvesztesség diagram
- Sebességtér térkép (dimenziós, dimenziótlan)
- Egyenlőtlenégi fok adat és/vagy térkép
- Légsugárban szállított térfogatáram
- Hibaszámítás

Jegyzőkönyv leadási határidő: a mérést követő hét vasárnap éjfélig.

A tanszéki honlapon elérhető POSEIDON rendszerbe kell feltölteni, valamint kérem, hogy emailen ([suda@ara.bme.hu](mailto:suda@ara.bme.hu)) is küldjék el elektronikus formátumban (PDF).

A mérési jegyzőkönyvnek egyetlen PDF file-nak kell lennie, amelynek minden szükséges információt, adatot, táblázatot, diagramot, képet stb. tartalmaznia kell.

Konzultálni előzetes egyeztetés alapján van lehetőség.

Határidőre leadott jegyzőkönyv igény esetén egy alkalommal javítható, +1hét beadási határidővel.

Budapest, 2014. április

Dr. Suda Jenő Miklós adjunktus, mérésfelelős

Áramlástan Tanszék, [www.ara.bme.hu](http://www.ara.bme.hu), [suda@ara.bme.hu](mailto:suda@ara.bme.hu), +36-1- 463-3465

További infó:

[http://www.ara.bme.hu/oktatas/tantargy/NEPTUN/BMEGEATMG01/2013-2014-II/labor/MSc\\_H07/](http://www.ara.bme.hu/oktatas/tantargy/NEPTUN/BMEGEATMG01/2013-2014-II/labor/MSc_H07/)