

M6

LÉGSZŰRŐK NYOMÁSVESZTESÉGÉNEK ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATA

UTOLJÁRA MÓDOSÍTVÁ: 2014.11.23.

A MÉRÉS CÉLJA

A laboratóriumi mérés során egy adott személyautóban alkalmazott különböző típusú légszűrőket kell összehasonlítani. A gyári légszűrő mellett általában igen sokféle légszűrőt vásárolhatunk az autónkba, melyek (a sportlégszűrőt kivéve) kialakításukban többnyire igen hasonlóak, de árukban igen eltérők lehetnek. Ezért a „Melyik légszűrőt válasszam?” általában nehéz feladat.

A mérés során a különböző légszűrőket a rajtuk átáramló levegő térfogatárama függvényében kimért $\Delta p'_F = f(q_V)$ nyomásveszteség jelleggörbék alapján tudjuk értékelni.

$$\Delta p'_F = p_{F,elött} - p_{F,után}$$

A légszűrők ζ_F veszteségtényezője is kiszámítható a következő kifejezés alapján:

$$\zeta_F = \frac{\Delta p'_F}{\frac{\rho}{2} \cdot v_F^2} = \frac{p_{F,elött} - p_{F,után}}{\frac{\rho}{2} \cdot \left(\frac{q_V}{A_F}\right)^2}, \text{ ahol}$$

$\Delta p'_F$ [Pa] : átáramlás irányban szűrő előtti ($p_{F,elött}$) és utáni ($p_{F,után}$) nyomáskülönbség,

v_F [m/s] : referencia átlagsebesség,

A_F [m²] : referencia keresztmetszet, főáramlásra merőleges $A_F = A \times B$ keresztmetszet

q_V [m³/s] : a szűrőn átáramló közeg térfogatárama

ρ [kg/m³]: levegő sűrűsége (p_0 , T_0 környezeti adatok alapján gáztörvényből)

A fenti mennyiségeket legalább három különböző gyártmányú légszűrőre a szűrőn átáramló levegő térfogatárama (q_V) függvényében kell vizsgálni, majd a mért, ill. számított értékeket közös, összehasonlító diagramban ábrázolni. Ugyanahhoz a személyautóhoz való, összesen 7 féle, különböző gyártó által gyártott 6 féle normál és 1 sportlégszűrő áll a hallgatók rendelkezésére, mindegyikből legalább 2-2 db. A mérés célja, hogy a mérésvezető által

kiválasztott légszűrőkről – azokat közös diagramban ábrázolva és kiértékelve – összehasonlító elemzést adjunk.

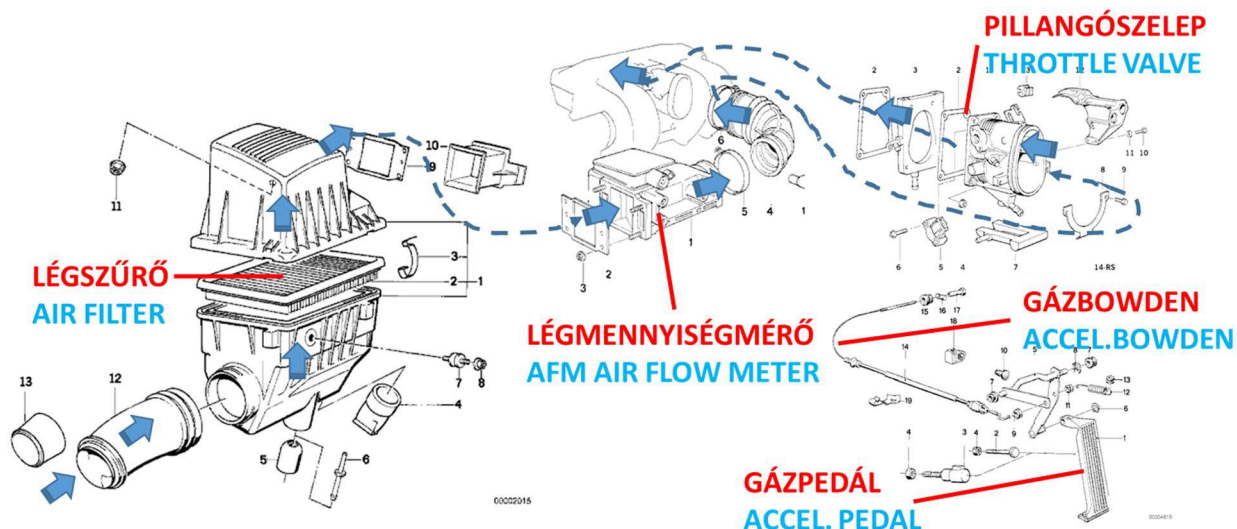
SZEMÉLYAUTÓ ADATOK

| | |
|-------------------|--|
| Típus: | BMW 318iS (E30) 1990/01 |
| Motorkód: | M42B18 |
| Motor adatok: | 1796 cm ³ , 4henger, 16 szelep, DOHC |
| Teljesítmény: | P _{max} = 100 kW / 136le @ 6000rpm |
| Nyomaték: | M _{max} =172 Nm @ 4600rpm |
| Fordulatszám: | n _{alapjárat} = 850±40 rpm n _{töltés} = 6500±40 rpm |
| Légmennyiségmérő: | Bosch 0280202203 |
| Vezérlés: | DME M1.7 (Motronic) |

MIHEZ KELL LEVEGŐ?

A benzin üzemű belsőégésű motorok esetében az üzemanyag legjobb hatásfokú elégetéséhez a megfelelő sztöchiometriai arányú ($\lambda=1$) levegő és üzemanyag keverék biztosítása szükséges. Ehhez az ún. motorvezérlő egység (MCU - Motor Control Unit) és a digitális motor elektronika (DME - Digital Motor Electronic) végzi az üzemanyag-befecskendezés („injection timing”) szabályozását a motor által beszívott levegő mennyiségének függvényében. Az itt alkalmazott légszűrőn tehát az alapjáratú és maximális közötti motorfordulatszám-tartomány által meghatározott, változó mennyiségű levegő áramlik át. A gázpedállal a motor szívóoldali légbeömlő idomán lévő (dupla) pillangószelep tányérjának szögállását változtatjuk teljesen zárt – nyitott állások között.

Ezt a motor szívóoldalán beszívott levegő mennyiségét (q_m [kg/s]) mérni szükséges. A DME szabályozza a légtömegáram-mérő (AFM: Air Flow Meter, ún. torlólapos mérő) által és a gázpedál-állás és főtengelyállás szögjeladói stb. által mért adatok alapján a befecskendezett üzemanyag mennyiségét egy előzetesen kimért befecskendezési mennyiség térkép („injection map”) alapján. A levegő hőmérséklet mérése (a sűrűség és ennek segítségével az aktuális légtömegáram meghatározáshoz) a légmennyiségmérőben lévő hőfilm szondával történik.



MIÉRT KELL LÉGSZŰRŐ?

A légszűrő alkalmazásának elsődleges célja, hogy az égéshez szükséges, a motor által beszívott levegőt megszűrjük a különböző szennyező, ill. kopást okozó részecskéktől. (Afrikai kivitel légszűrőháza pl. további ciklon előszűrőt is tartalmaz a papírszűrő előtt, a nagyobb szemcsék leválasztásához.)

A légszűrők alkalmazásának elsődleges feladata, hogy a teljes motor fordulatszám-tartományban a leválasztandó d_p porszemcse mérettől függő minél nagyobb, ún. $\eta(d_p)$ frakció leválasztási hatásfokkal tisztítsa a levegőt.

Másodsorban a veszteségteljesítmény minimalizálása miatt olyan légszűrőt célszerű alkalmazni, amely minél kisebb fojtást okoz a motor szívóoldalán.

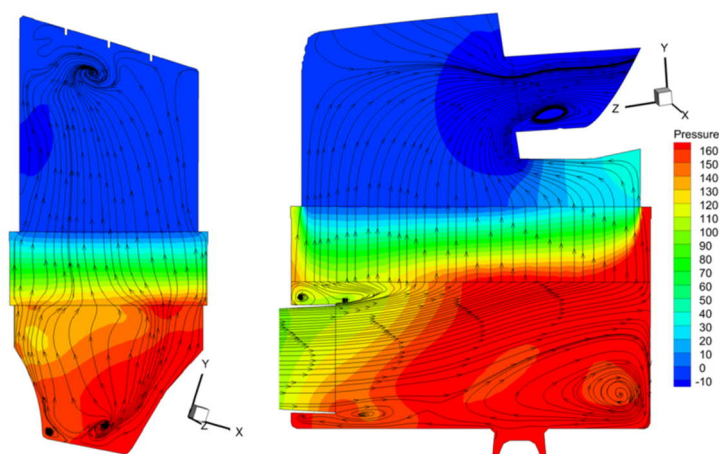
Tehát általában az a jobb légszűrő, amely jobb leválasztási hatásfokot és kisebb $\Delta p_F'$ nyomásvesztés árán valósít meg adott térfogatáramon.

Természetesen az ár, élettartam / visszatisztíthatóság, alkalmazási terület (személyautó normál üzem, motorsport) stb. sok más paraméterek is befolyásolják a megfelelő légszűrő kiválasztását.

KÖVETKEZMÉNY:

A légszűrő átáramlás irányban előtti ill. utáni nyomás különbsége, amely jelen esetben a $\Delta p_F'$ nyomásvesztés miatt a $P_{\text{motor}}[\text{W}]$ motorteljesítménynek egy része azon elvész. A légszűrő $P_{\text{veszt},F}$ veszteségteljesítménye a mérés alapján kiszámítható minden jelleggörbe pontban:

$$P_{\text{veszt},F} = \Delta p_F' \cdot q_v$$



Nyomáseloszlás és áramvonalak a légszűrőházban (numerikus szimuláció)

A fordulatszámfüggő $P_{\text{motor}} = f(n)$ teljesítménygörbe az adott személyautóra ismert. Hogy a szűrő veszteségteljesítménye hány %-a a motorteljesítménynek adott fordulatszámon, azt jellemezhetjük egy relatív veszteségteljesítmény ($P_{\text{rel}}[\%]$) mennyiséggel.

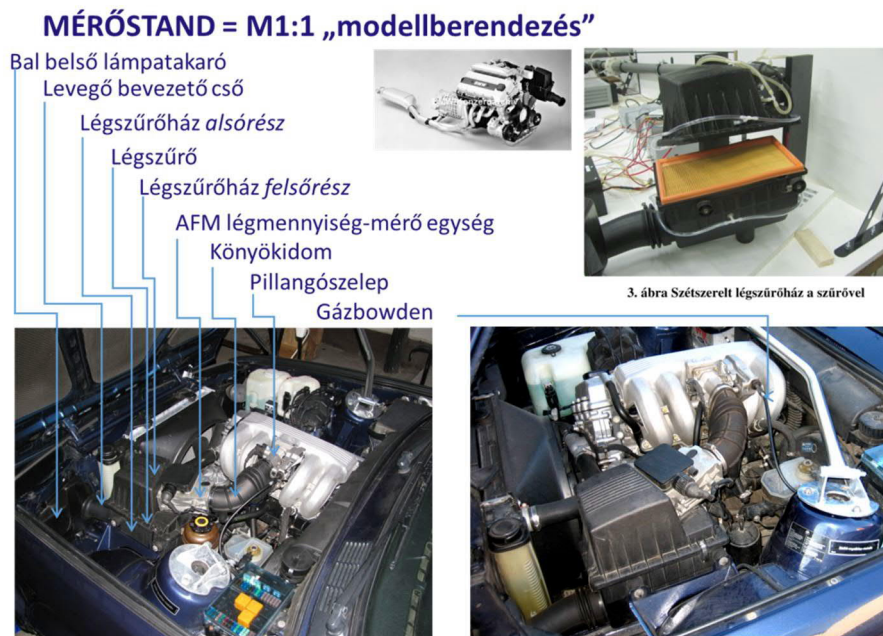
$$P_{\text{rel}} = P_{\text{veszt},F} / P_{\text{motor}}$$

Így kimérhető a $P_{\text{rel}} = f(n)$ fordulatszám-tól függő értékekből álló jelleggörbéje (pl. %-ban).

Az $n_{\text{alapj\acute{a}rat}} \leq n \leq n_{\text{t\acute{u}lt\acute{a}s}}$ közötti üzemi motor fordulatszám-tartománya meghatározza a szűrőn átáramló levegő térfogatáramát, tehát különböző n -hez q_v és $\Delta p_F'$ mért értékek tartoznak, melyek meghatározása a mérési feladat.

A MÉRŐBERENDEZÉS LEÍRÁSA

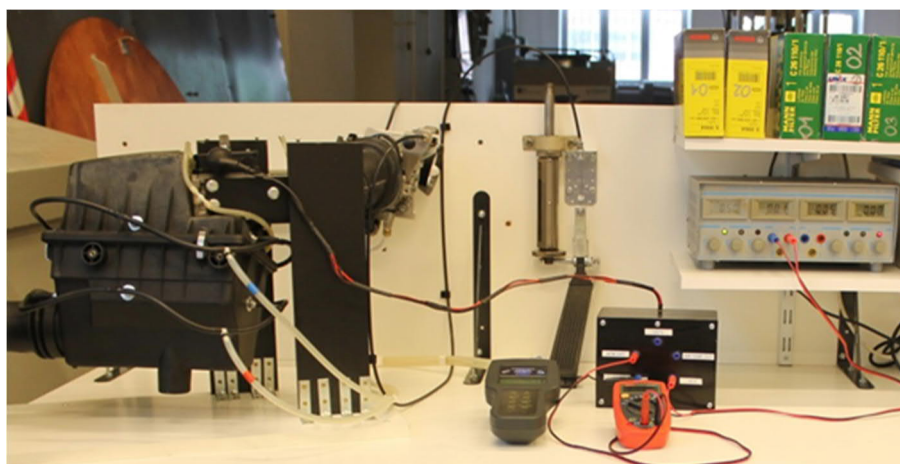
A mérőberendezésünk a valóság M1:1 méretarányú mása. **(Kérjük, hogy a mérés során vigyázzanak a mérőberendezés részegységeik és légszűrők épségére!)** A mérőberendezés a személyautóban is meglévő, azzal azonos beépített gyári részegységekből áll. Egyedül a motort „helyettesíti” egy radiális ventilátor, amellyel a kívánt mennyiségű levegő átszívható a rendszeren.



Az alábbi ábrán látható a mérőberendezésről készült fénykép. A baloldalon látható a légszűrő ház (alsó + felső házrész), amelybe – szétszerelés után a légszűrők behelyezhetők.

Kérjük, a szűrő ki/beszerelésekor ügyeljenek az alsó/felső házrészeket összekapcsoló fémkapcsokra és a szűrő előtt/utáni statikus nyomás kivezetések épségére!

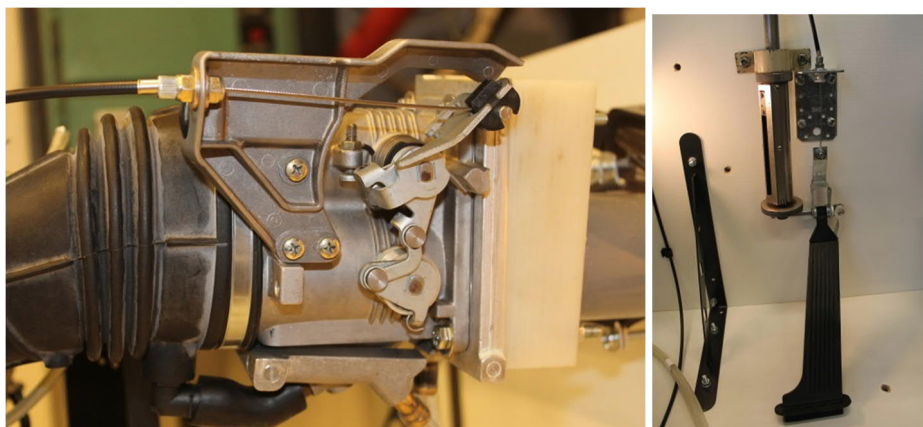
A radiális ventilátor szívóoldalára csatlakoztatott rendszer részei áramlás irányban (ld. még a 2. oldali gyári ábrát is): a szabadból a levegő a légszűrőházon (binnen a légszűrőn) áramlik keresztül, majd az ún. torlólapos légmennyiségmérő eszközön és egy dupla pillangószelepen keresztül a hozzá csatlakoztatott csővezetéken jut a ventilátor szívócsonkjáig.



Légszűrő mérőberendezés

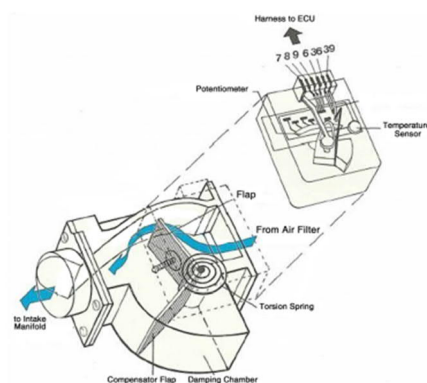
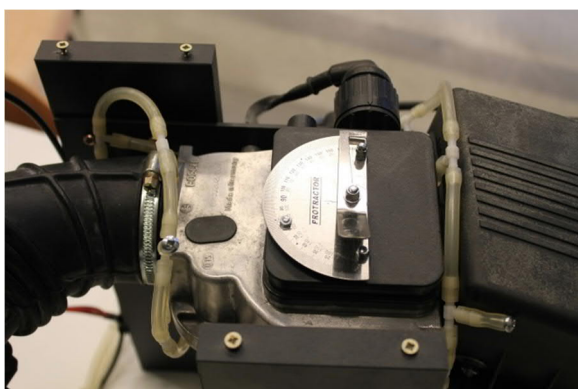
A radiális ventilátor bekapcsolása után a szűrőn átáramló levegő mennyisége (ahogy a valóságban is) a gázpedálhoz csatlakoztatott gázbowden által teljes zárás és teljes nyitás között mozgatott dupla pillangószeleppel változtatható. A dupla pillangószelep alapállása zárt,

ekkor a bekapcsolt, max. fordulatszámon járó radiális ventilátorral a rendszer minimális résvesztését is figyelembe véve közel zérus a légszűrőn átáramló levegő térfogatárama.



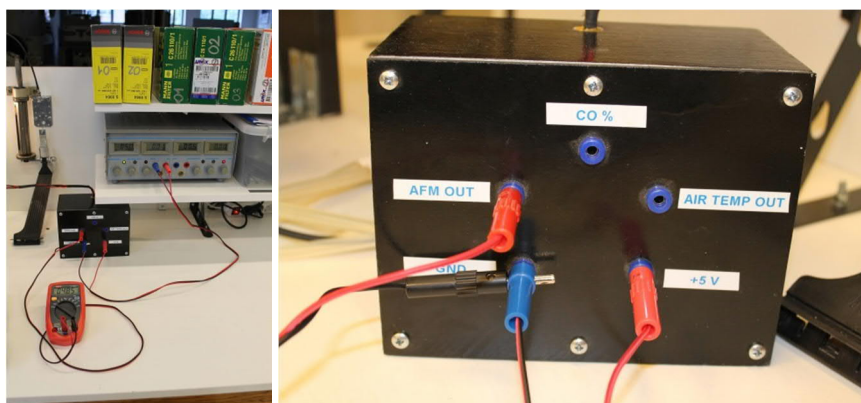
Dupla pillangószelep (bal) és gázpedál kézi bowden mozgató szerkezettel

A szűrőn átáramló térfogatárama a Bosch gyártmányú, egyedi kialakítású ún. torlólapos légmennyiségmérő nyomáskülönbség hatására elforduló torlólapjának szögállásával arányos.



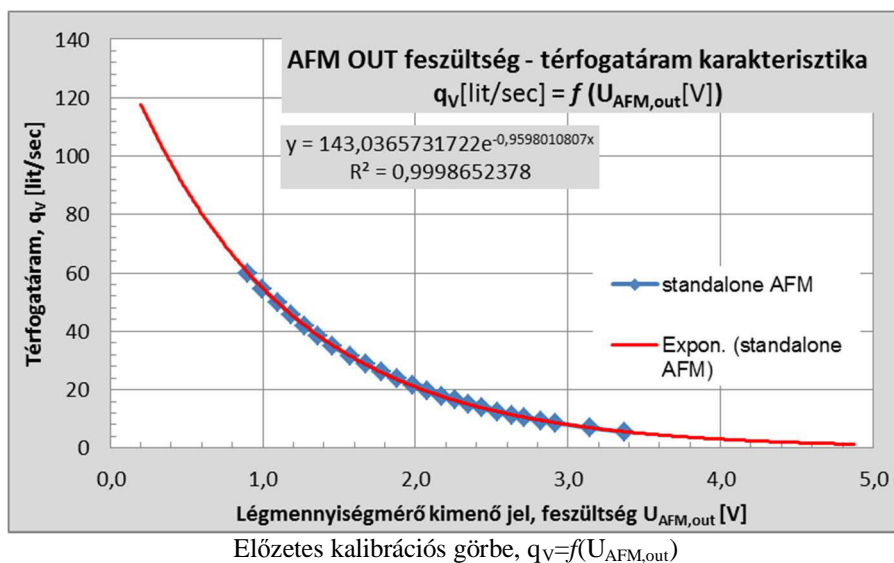
Torlólapos légmennyiségmérő, szögállás mutatóval

A légmennyiségmérőt állandó 5V feszültséggel tápláljuk egy labor tápegységgel. A torlólap szögállása (α) egy mutatóról szemre is leolvasható, de pontosabb, ha a mérőegység $U_{AFM,out}=0.000-5.000V$ közötti kimenő jelét jegyezzük fel a kimenő jel vezetékekre kapcsolt multiméterről. A mérés során mind a torlólap szemre leolvasott szögállása, mind a kimenő feszültség jel leolvasandó, mért mennyiség. **(A szögmutatóhoz TILOS kézzel hozzányúlni!)**



Légmennyiségmérő tápfeszültség („+5V”; „ground”) és kimenő jel („ $U_{AFM,out}$ ”) csatlakozó doboz

A légmennyiségmérőt előzetesen egy szabványos átfolyó mérőperemhez kalibráltuk, így az alábbi kalibrációs görbe alapján akár α , akár $U_{AFM,out}$ jel alapján kiszámítható a térfogatáram.

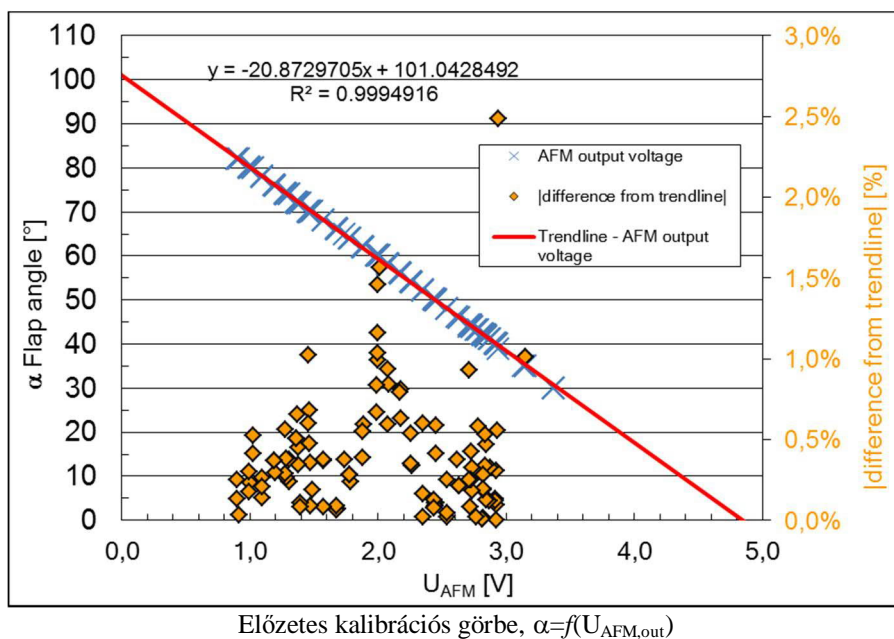


A légmennyiségmérő $U_{AFM,out}[\text{V}]$ kimenő feszültségjele alapján a q_v [liter/sec] térfogatáramra való átszámítás a mérési pontokra illesztett trendvonal egyenletével számítható:

$$q_v = 143,0365731722 \cdot e^{-0,9598010807 \cdot U}$$

Figyelem, a képlet alapján számítva [liter/sec]-ben kapjuk meg térfogatáram értéket!

Ábrázolandó még a légmennyiségmérő torlólapjának szemre leolvasott szögelfordulása is a kimenő feszültségjel függvényében: $\alpha[^\circ] = f(U_{AFM,out})$. Az $\alpha=0^\circ$ jelenti a zárt állapot. Korábban kimért adatokkal (ld. alábbi diagram) össze kell hasonlítani a saját méréseket.



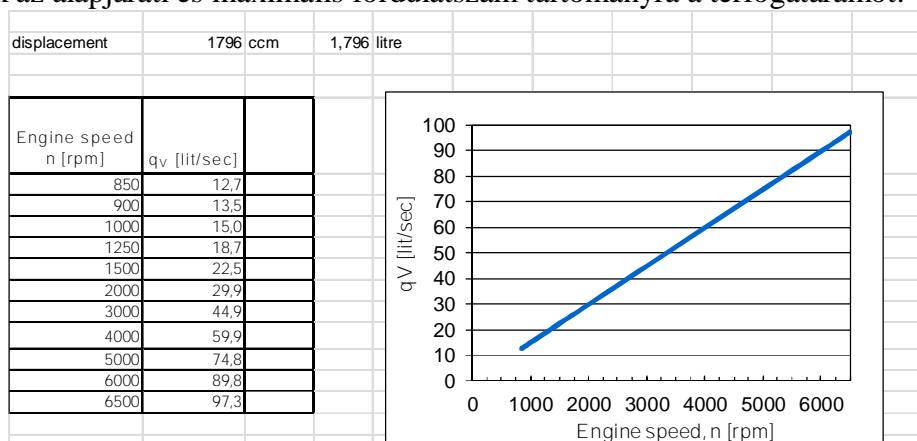
LÉGMENNYISÉG

Tudni szeretnénk, hogy az adott beszívott levegőmennyiség milyen motor főtengely fordulatszámhoz tartozik. A motor volumetrikus hatásfokát 100%-nak tekintve a motoradatok (DOHC, 4 henger, 16szelep, $V=1796 \text{ cm}^3 = 1,796 \text{ liter}$) alapján a légmennyiség kiszámítható:

$$q_v [\text{liter/sec}] = 0,5 \cdot V [\text{liter}] \cdot (1/60) \cdot n [\text{ford/min}]$$

Kérem, ügyeljenek a képletben alkalmazott mértékegységekre! q_v : [liter/sec]; V : [liter]; n : [ford/min].

Ábrázoltuk az alapjáratú és maximális fordulatszám tartományra a térfogatáramot.

**MOTORTELJESÍTMÉNY**

A motorra jellemző, fordulatszám-függő teljesítménygörbe a vizsgált autóra sajnos csak képként ismert.

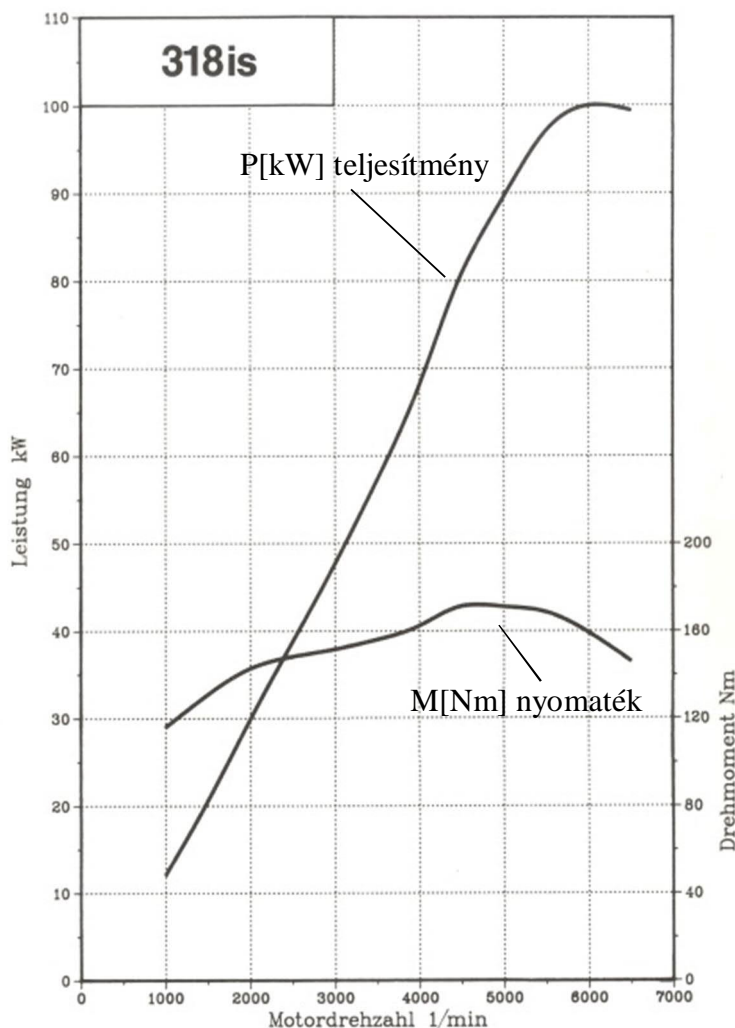
$$P_{\text{motor}} [\text{kW}] = f(n [\text{ford/min}])$$

A képről adott n [rpm] fordulatszám esetén leolvasott P [kW] teljesítményérték alapján ki lehet számolni, hogy a légszűrő veszteségteljesítménye az aktuális motorteljesítménynek épp hány százalékát emészti fel:

$$P_{\text{rel}} = P_{\text{veszt,F}} / P_{\text{motor}} \quad [\%]$$

A teljesítménygörbe a könnyebb kezelhetőség miatt egyenessel is közelíthető.

A mérőberendezés radiális ventilátora csak a motor üzemi tartomány alsó felének megfelelő légmennyiséget képes átszívni a rendszeren, így a teljes szűrő karakterisztika nem mérhető ki, de extrapolálható.



A MÉRÉSHEZ HASZNÁLT ESZKÖZÖK

Légszűrők:

Az eredeti „gyári”, a BMW márkakereskedésekben vásárolható légszűrő mellett igen sokféle gyártó hasonló légszűrője kapható. A „Melyiket válasszam?” kérdésre a felhasználó (autó tulajdonos) általában nehezen tud válaszolni, mert árban és kialakításban is igen eltérőek ezek a szűrők. A méréshez összesen 7 légszűrőből 2-2db áll rendelkezésre. A mérés során ezek közül három különböző gyártó légszűrőjét kell kiválasztani és lemérni az adott mérőcsoportnak. A szűrők minden paraméterét, típusát, gyári számát stb. fel kell jegyezni, a szűrők dobozán lévő sorszámmal együtt. Választható gyártók, típusok:



A rendelkezésre álló légszűrők adatai (gyártó, típus, cikkszám, ár, geometria)

| Név | Cikkszám | Ár [Ft] |
|---------------------------------------|------------------|-------------|
| BMW | 13721715881 | 5821 + ÁFA |
| Mann Filter | C26110/1 | 5633 + ÁFA |
| Bosch | 1457429964 | 2830 + ÁFA |
| Mahle Knecht | LX105 | 3149 + ÁFA |
| Racer | R3152 | 2135 + ÁFA |
| Tecneco | AR334PM | 2389 + ÁFA |
| Unix | P161 H13-02-2564 | 1130 + ÁFA |
| K&N | 33-2059 | 17849 + ÁFA |
| K&N Recharger Air Filter Cleaning Kit | 99-5000EU | 3519 + ÁFA |

Szűrőfelület papír lamellák adatai

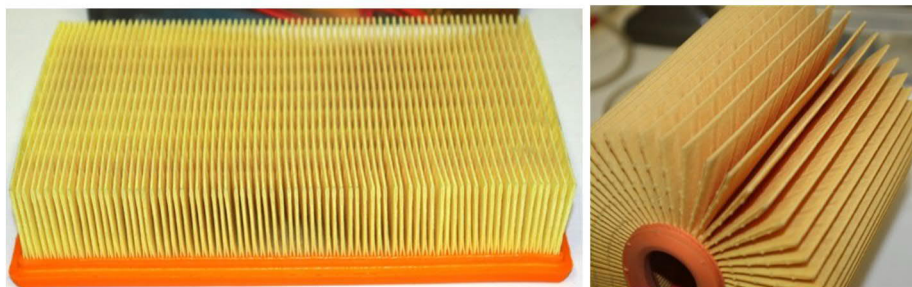
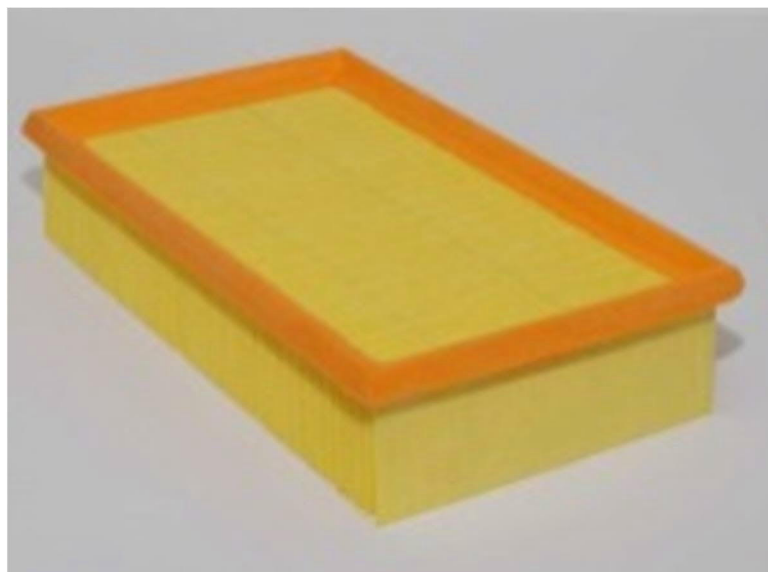
| | | | hosszúság | szélesség | magasság | lamella pár |
|---|--------------|------------------|-----------|-----------|----------|-----------------------|
| | Név | Cikkszám | a [mm] | b [mm] | h [mm] | n_{lam} [db] |
| 1 | Mann Filter | C26110/1 | 245 | 137 | 48 | 86 |
| 2 | Bosch | 1457429964 | 243 | 137 | 47 | 75 |
| 3 | Mahle Knecht | LX105 | 240 | 137 | 47 | 75 |
| 4 | Racer | R3152 | 243 | 138 | 48 | 88 |
| 5 | Tecneco | AR334PM | 240 | 137 | 48 | 92 |
| 6 | Unix | P161 H13-02-2564 | 240 | 137 | 46 | 74 |
| 7 | K&N | 33-2059 | 118 | 232 | 19,4 | 19 |

FIGYELEM! A fenti, méreteket és lamella számokat tartalmazó táblázatban lévő adatokat kérjük a mérés során lemérni, ellenőrizni! A táblázat hibás adatokat tartalmazhat!

Ezen kívül lemérendő az $A_F = A \times B$ a szűrő effektív (szabad átáramlást biztosító) téglalap alakú keresztmetszete, lemérendő: A [m] szélesség és B [m] hosszúság méretek.

NORMÁL („PANEL”) LÉGSZŰRŐK:

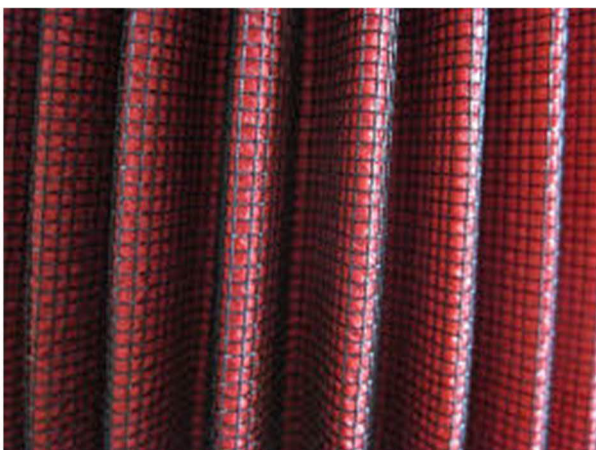
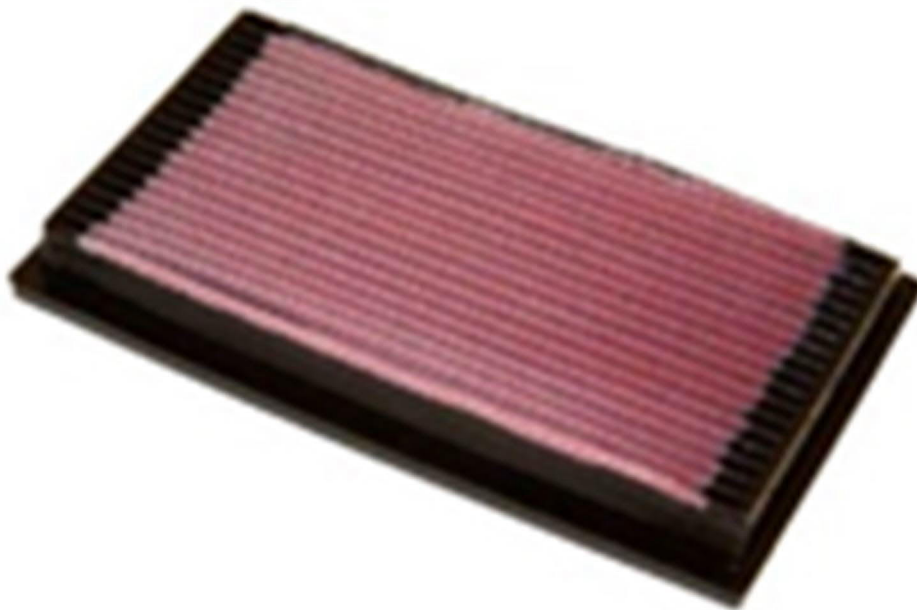
Rendelkezésre álló típusok:
„BOSCH”; „MANN”; „MAHLE-KNECHT”; „UNIX”; „TECNECO”; „RACER”



Normál (ún. panel) papír légszűrők kialakítása, szűrőfelület részletei

SPORT LÉGSZŰRŐK:

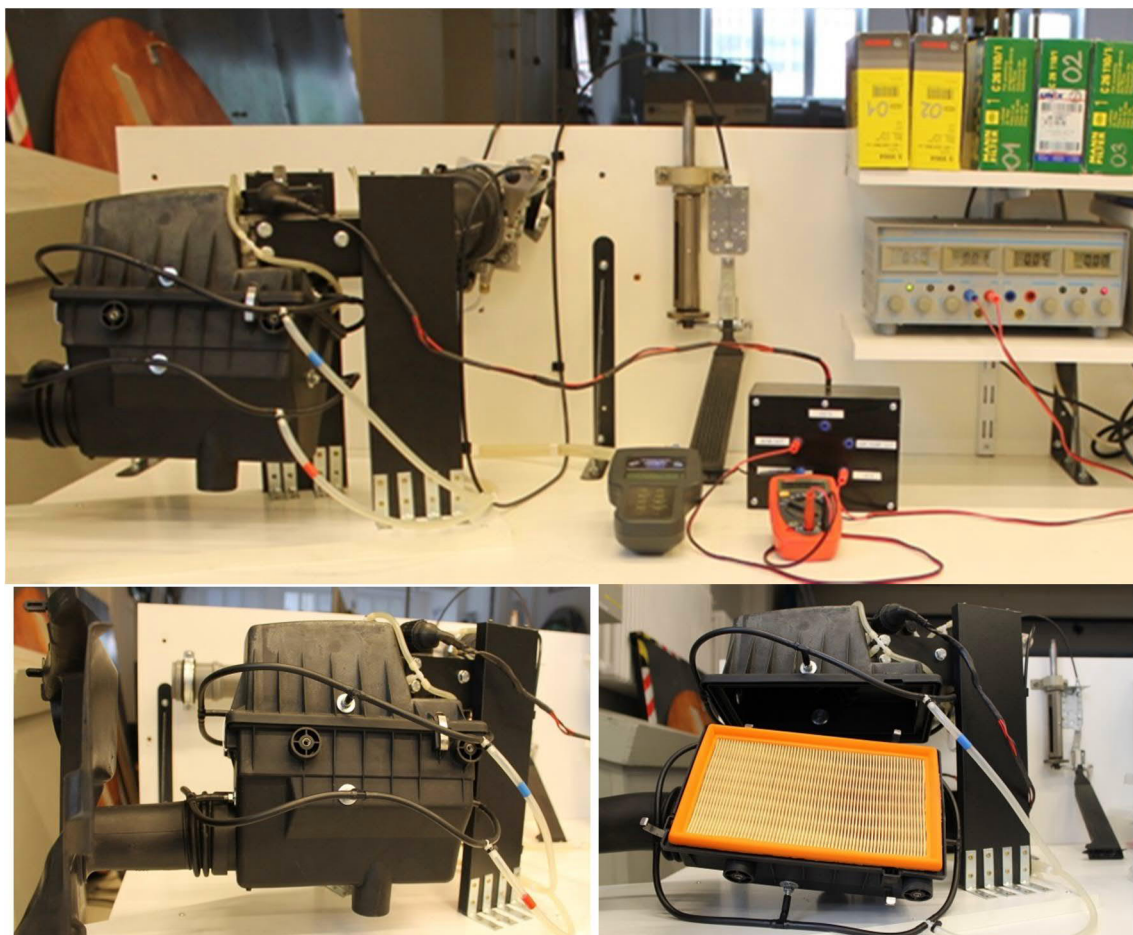
Rendelkezésre álló típusok:
„K&N”



Sportlégszűrő kialakítása, szűrőfelület/szálak részletei

Nyomásmérő: EMB-001 típ. kézi digitális nyomásmérő a légszűrő előtti és utáni nyomás különbségének méréséhez. -A légszűrő nyomáskülönbsége a légszűrő házon a szűrő előtti, ill. utáni szűrőház oldalfalakon kialakított 4db - 4db statikus nyomásmérő pontokra kapcsolt (alábbi képen piros, ill. kék jelzetű) nyomásközlő szilikon körvezetékekkel mérhető. A körvezetékeket az EMB-001 típusú kézi digitális nyomásmérő megfelelő (+, -) nyomáscsatlakozóira kell kapcsolni.

(Kérem, írják fel a használt nyomásmérő típusát, és sorszámát!)



Labor tápegység: állandó 5.0V tápfeszültség biztosítása a légmennyiségmérő számára
(Kérem, írják fel a használt eszköz típusát, számát stb.!)

Multiméter: a légmennyiségmérő egység 0.000-5.000V kimenő feszültségjelének 2 v. 3 tizedesjegyre kijelzett értékének mérésére.
(Kérem, írják fel a használt eszköz típusát, számát stb.!)

Közegadatok: a labor p_0 légnyomás és t_0 hőmérséklet a labor számítógép monitorján kijelzett és leolvasott érték, hacsak a mérésvezető oktató mást nem mond.

MÉRÉSI JEGYZŐKÖNYVBEN A KIÉRTÉKELÉS SORÁN ÁBRÁZOLANDÓ DIAGRAMOK (minden mért szűrő közös diagramban!)

(A mérést vezető oktató eltérhet az alábbiaktól!)

NYOMÁSVESZTESÉG JELLEGGÖRBÉK

- 1) Nyomásveszteség a térfogatáram függvényében $\Delta p'_F = f(q_V)$
 $\Delta p'_F$ [Pa]; q_V [m³/s] vagy [lit/sec]
- 2) Nyomásveszteség a szűrési sebesség függvényében $\Delta p'_F = f(v_F)$
 ahol $v_F = q_V / A_F$ [m/s], ahol A_F [m²] a szűrőfelület:
 $A_F = A \times B$ a szűrő effektív (szabad áramlást biztosító) téglalap alakú keresztmetszete (lemérendő. A[m] szélesség és B[m] hosszúság)
 v_F [m/s]; A_F [m²]

VESZTESÉGTÉNYEZŐ JELLEGGÖRBÉK

- 3) Veszteségtényező a térfogatáram függvényében $\zeta_F = f(q_V)$
 ζ_F [-]; q_V [m³/s] vagy [lit/sec]
- 4) Veszteségtényező a szűrési sebesség függvényében $\zeta_F = f(v_F)$
 ahol $v_F = q_V / A_F$ [m/s]

SZŰRŐRE HATÓ ERŐ JELLEGGÖRBÉK

- 5) Kiszámítandó a szűrőre ható erő is a térfogatáram függvényében $F_F = f(q_V)$
 ahol $F_F = \Delta p'_F \cdot A_F$ [N]
- 6) Szűrőre ható erő a szűrési sebesség függvényében $F_F = f(v_F)$

VESZTESÉGTELJESÍTMÉNY JELLEGGÖRBÉK

- 7) Szűrő veszteségteljesítménye a térfogatáram függvényében $P_{\text{veszt},F} = f(q_V)$
 $P_{\text{veszt},F} = \Delta p'_F \cdot q_V$ [W]
- 8) Szűrő veszteségteljesítménye a szűrési sebesség függvényében $P_{\text{veszt},F} = f(v_F)$
- 9) Szűrő veszteségteljesítménye a fordulatszám függvényében $P_{\text{veszt},F} = f(n)$

RELATÍV VESZTESÉGTELJESÍTMÉNY JELLEGGÖRBÉK

- 10) Térfogatáram függvényében $P_{\text{rel}}[\%] = f(q_V)$
- 11) Szűrési sebesség függvényében $P_{\text{rel}}[\%] = f(v_F)$
- 12) Fordulatszám függvényében $P_{\text{rel}}[\%] = f(n)$

A fentiek közül a mérésvezető oktató által előírt diagramok segítségével értékelje, hasonlítsa össze szövegesen is a 3 kimért szűrőt a vizsgált paraméterek függvényében!

Adjon választ a 3 légszűrő mérései alapján a „*Melyiket válasszam?*” kérdésre!

A MÉRÉS KIÉRTÉKELÉSE:

A mérési jegyzőkönyvnek az alábbi mennyiségeket kell tartalmaznia táblázatos formában:

- kimért légszűrők adatai (név, típus, gyártó, termékszám, Nr., főméretek: A; B; a;b;h;n)
- légmennyiségmérő torlólap szögállás $\alpha [^\circ]$
- légmennyiségmérő kimenő feszültségjel $U_{AFM,out} [V]$
- légszűrő nyomáskülönbség $\Delta p'_F [Pa]$
- gázbowden-hossz, a beállítón leolvasott pozíció $l [mm]$

A kiértékelés során a mért mennyiségekből számolt értékeket is táblázatos formában meg kell adni, mindenhol a számításhoz alkalmazott összefüggéssel.

A mért ill. számított eredmények kiértékelését diagramok formájában kell elkészíteni. Közös diagramban kell ábrázolni a valamennyi kimért légszűrő mérési eredményeit, hogy azok összehasonlító elemzését megkönnyítsük.

A mérési jegyzőkönyvnek tartalmaznia kell mérési hibaszámítást. Ehhez megadjuk az X_i mért mennyiségeket és azok δX_i bizonytalanságait, melyek ismeretében alkalmazni tudják a hibaterjedés ismert összefüggését.

(A mérést vezető oktató eltérhet az alábbiaktól!)

| | | |
|---------------------|--|------------------------------------|
| $X_1 = \Delta p'_F$ | a digitális manométer nyomásmérési bizonytalansága | $\delta \Delta p'_F = \pm 2 Pa$ |
| $X_2 = U_{AFM,out}$ | a multiméter feszültségmérési bizonytalansága | $\delta U_{AFM,out} = \pm 0,001 V$ |
| $X_3 = p_0$ | a környezeti nyomásmérés bizonytalansága | $\delta p_0 = \pm 100 Pa$ |
| $X_4 = T_0$ | a környezeti hőmérsékletmérési bizonytalansága | $\delta T_0 = \pm 0,1 K$ |
| $X_5 = \alpha$ | légmennyiségmérő torlólap szögállás | $\delta \alpha = \pm 0,5 ^\circ$ |
| $X_6 = l$ | gázbowden-hossz | $\delta l = \pm 0,5 mm$ |

A hibaszámítás eredményét meg kell adni a közölt diagramokban és táblázatokban, illetve az eredmények szöveges kiértékelésében kérem, térjenek ki a hibaszámítás eredményeire és az ebből levonható következtetésekre.

A mérés során nem szabad megfeledezni

- A mérőberendezés bekapcsolása előtt, illetve általában a mérőberendezés üzeme során mindig meg kell győződni a balesetmentes használat feltételeinek teljesüléséről. A bekapcsolásról, illetve a mérés közben végrehajtott változtatásokról a berendezés környezetében dolgozókat figyelmeztetni kell.
- Minden mérési alkalommal a légköri nyomás és teremhőmérséklet feljegyzéséről a mérés előtt és után is!
- A felhasznált mérőműszerekről leolvasott értékek mértékegységének és a vonatkozó egyéb tényezők feljegyzéséről.
- A felhasznált mérőműszerek típusának, gyártási számának feljegyzéséről!
- A mérőműszerről leolvasott mennyiségek és a további számításoknál felhasznált mennyiségek mértékegységének egyeztetéséről.
- A nyomásmérő bekötésénél figyelmesen kell eljárni a csatlakozók "+" illetve "-" ágának és a méréshatár kiválasztásánál. Általában mindegyik (folyadékkal töltött ill. digitális) manométer típusnál, de kiemelten a ferdecsőes manométernél, figyelni kell arra, hogy a nyomásmérő csatlakozó csomópontja a szilikon csövet óvatosan, "ráközelítve", a mérőfolyadék szál viselkedését figyelemmel kísérve kell felhelyezni. Ha bekötőcsövek tömör rögzítése előtt a mérőfolyadék szál kitérése megközelíti a maximális kitérést, akkor méréshatárt kell változtatni a műszeren. Ha ez nem lehetséges, akkor nagyobb nyomások mérésére alkalmas műszert kell választani a méréshez. Ellenkező esetben a mérőfolyadék egy része a bekötőcsőbe áramlik, meghamisítva esetleg teljesen lehetetlenné téve a mérést.
- A nyomásközlő szilikon csöveket mérés előtt, esetleg közben is célszerű ellenőrizni, nehogy repedés, szakadás legyen rajtuk, mert lyukas mérőcső esetén az összes addigi mérési eredmény kárba vész. Az ellenőrzést szemrevételezéssel, vagy nyomástartási próbával végezhetjük el. A hallgatói mérések intenzív használata miatt a csövek kritikus pontjai a műszerekre ill. a nyomáskivezetésekre történő csatlakoztatás helyei.

Irodalom

- Lajos T.: Az áramlástan alapjai (2008) fejezetei: 6. Áramlástani mérések, 10. Hidraulika
- A légszűrő gyártók honlapjai.