

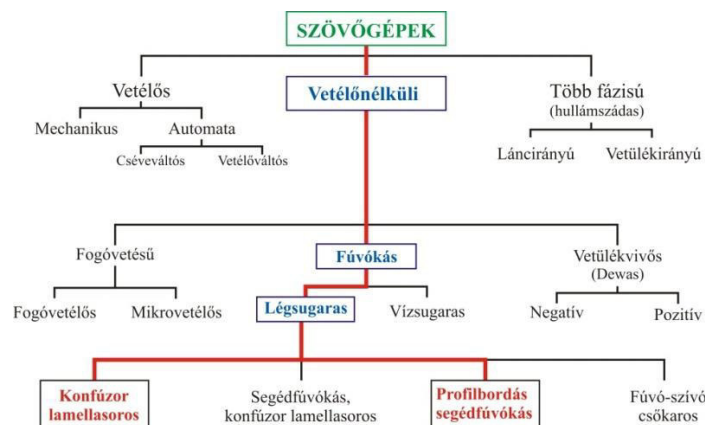
Szabó Lóránt²⁰¹

Sűrített levegő alkalmazása légsugaras szövőgépén és vetülécsatornájában kialakult légáram vizsgálata

Bevezetés

A pneumatika, a légáram számos textiltechnológiai műveletben kulcsfontosságúvá vált, az ipar csaknem minden területe több-kevesebb sűrített levegőt, ill. vákuumot igényel, amit gazdaságosan az egész gyártási területet behálózó központi levegőellátó rendszerrel célszerű kiszolgálni. A követelményeknek megfelelő levegő (sűrített, vákuum) előállításához szükséges energia költsége jelentős, emiatt a folyamat alapos ismeretére, elemzésére, a veszteségek csökkentésére van szükség. A mai értelemben vett korszerű ipari pneumatikát az 1950-es évektől szinte minden iparág egyre szélesebb körben alkalmazza, jelentősége napjainkban az automatizálás és az ipari robottechnika megjelenésével csak fokozódik. A pneumatikai alkalmazások a nyomásszint alapján rendszerezhetők, textiliparban leggyakrabban $p = 2-10$ bar nyomású levegőt használnak.

Az elmúlt 60 évben a szövőgépek vetülékbevitelére jelentősen megváltozott, a vetélős gépeket a vetélőnélküli (fogóvetélős, vetülékvivős, lég- és vízsugaras) szövőgépek váltották fel, amelyek vetülékbeviteli teljesítménye nagyságrendű növekedést eredményezett. A szövőgépek vetülékbeviteli elv szerinti csoportosítását az 1. ábra mutatja.



1. ábra. A szövőgépek csoportosítása a vetülékbeviteli elv alapján [²⁰²]

²⁰¹ A szerző elérhetősége: Óbudai Egyetem RKK KMI, szabo.lorant@rkk.uni-obuda.hu

²⁰² Szabó Rudolf: *Szövőgépek*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985. 9-11.

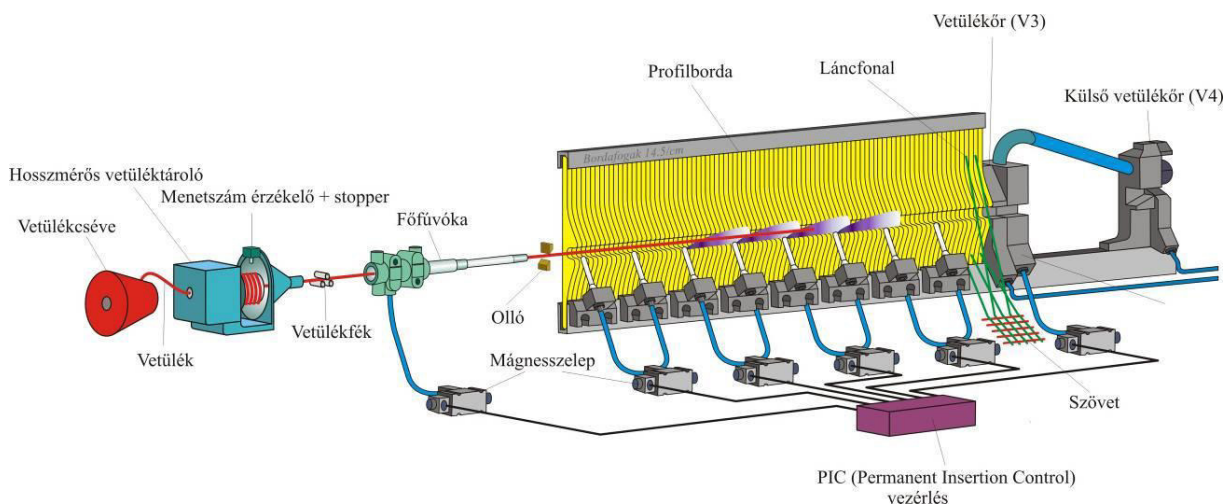
A profilbordás segédfűvókás gépek megjelenése a 70-es években nemcsak a légsugaras szövésben jelentett minőségi áttörést, hanem a nagy gépsebességek miatt a vezérlések a 80-as évektől a szövőgépen szükségessé tették a szövőgép fedélzeti számítógépről való elektronikus vezérlést is. A ma gyártott légsugaras szövőgépeket nagy teljesítményükön túlmenően a sokoldalú alkalmazhatóság, a magas szintű automatizáltság is jellemzi. Számuk világviszonylatban 250 000-re tehető.

A profilbordás segédfűvókás légsugaras szövőgépek bordaszélességének és lánc-sűrűségének növelésén túlmenően a láncfonalak igénybevételének csökkentése lehetővé vált.

A textiliparban a profilbordás segédfűvókás légsugaras szövőgépek széleskörűen elterjedtek, aminek okai:

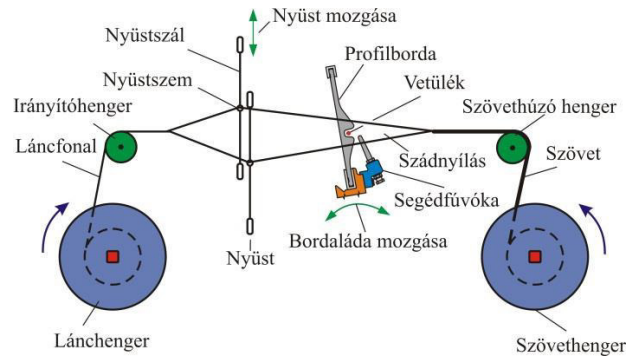
- a gép főtengelyének nagy fordulatszáma (700 -1200/min),
- a nagy bordaszélesség (max. 540 cm),
- az elérhető nagy vetülékbeviteli teljesítmény (3000 m/min),
- az egyszerű elektronikus vezérlésük,
- a sokféle vetülékre alkalmazhatók.

A vetülék a vetülékcsevéről a hossz mérős vetüléktárolóra fejtődik át. A vetüléktárolóról a fonal minden egyes esetben lemérve kerül bevetésre a profilborda vetülékcsatornájába. A főfűvóka gyorsítja fel a vetüléket, míg a segédfűvókák nagy légsebessége vezeti át a nyitott szádu láncfonalak között. A vetülékolló elvágja a vetülékfonalat, amikor befejeződött a bevetés. A 2. ábra a profilbordás vetülékbevitel fontosabb elemeit szemlélteti.



2. ábra. Profilbordás légsugaras szövőgépek fontosabb funkcionális elemei

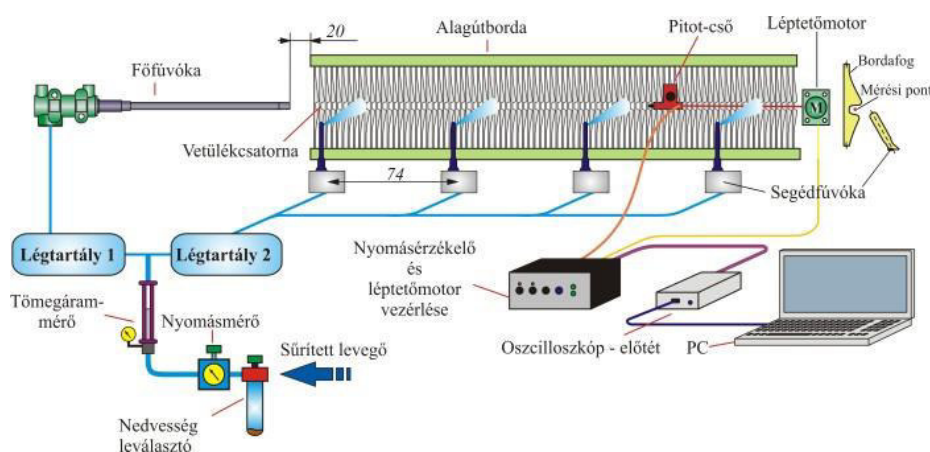
A profilbordás légsugaras szövőgépet előnyös tulajdonságuk fokozásáért jelenleg is dinamikusan fejlesztik. A „nyitott bordás szövési” [203] technológia esetén a vetüléket a beviteli körülményekhez pontosan igazított nagysebességű levegőárammal vetik be a tiszta, nyitott szádnilyásba. A légsugaras vetülékbefektetését szemlélteti az 3. ábra.



3. ábra. Profilbordás légsugaras szövőgép elrendezési vázlatja a főfűvóka irányából nézve
A szövőgépek fejlesztése során a vetülék bevetésének módja az évszázadok során szinte változatlan, a vetülékbeviteli mód változott a vetélőtől a sűrített levegőig. A profilbordás légsugaras szövőgépek vetülékcsatornájában bonyolult áramlási viszonyok mellett valósul meg a vetülék bevetése. Ezen tanulmány a légsebesség és vetüléksebesség kapcsolatát vizsgálja.

Mérőrendszer és mérési módszer

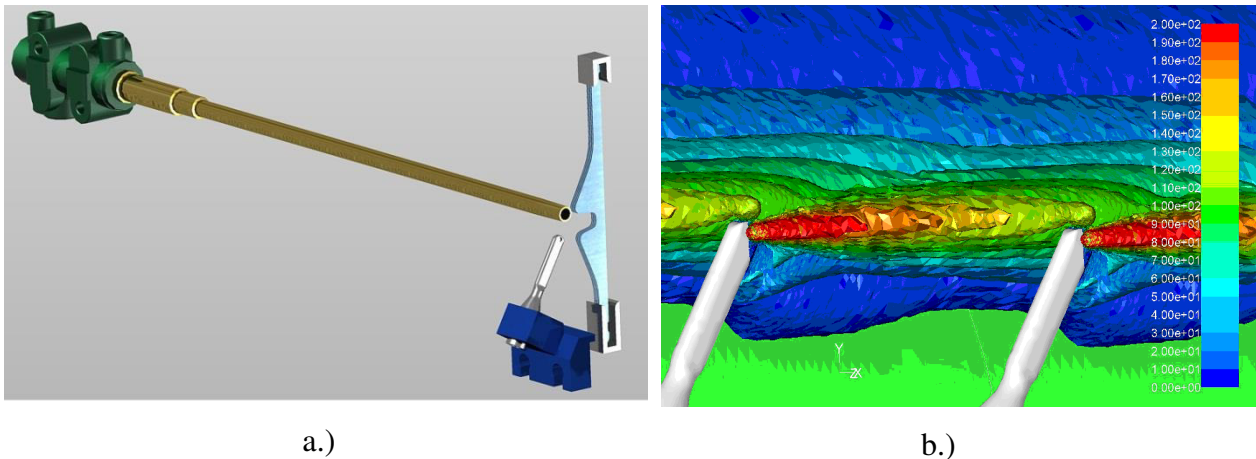
Az Óbudai Egyetem Textiltechnológiai Műhelyében a mérési sorozatokra összeállított mérőpad (4. ábra) alkalmas ipari vizsgálatok elvégzésére is.



4. ábra. Mérőpad összeállítása

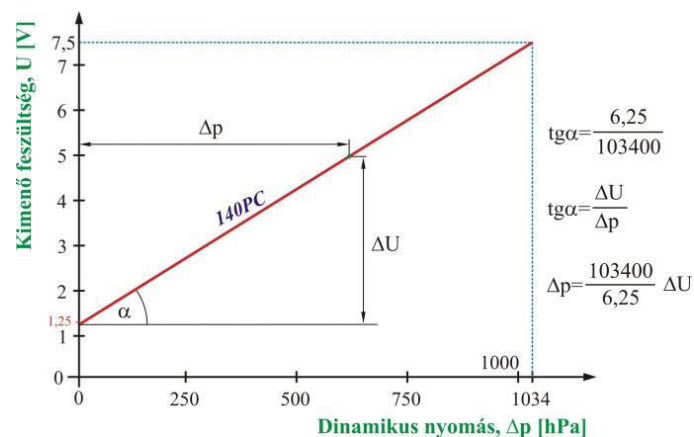
²⁰³ Jungbecker, P.–Seide, G.–Gries, T.: Reduction of energy consumption in air-jet weaving. *Melliand International*, 2011/1. sz. 32.

Az egylyukú segédfűvókák egymástól 74 mm-re helyezkednek el a nyitott borda mentén, négyes csoportokban működtetve (4. ábra). Mérések során a főfűvóka gyorsító csövének vége 20 mm-re helyezkedik el a profilborda előtt, amely megegyezik a gyártó általi ajánlással. Az első segédfűvóka 5 mm-re van a bordaládán a nyitott borda elejétől mérve. A vetülékcsatornában a léptető motorral 0,18 m/s állandó sebességgel mozgatott a dinamikus nyomást érzékelő Pitot-cső pontja azonos a mérési helyekkel (4. ábra). A 5.a. ábra a légáramot létrehozó fő- és segédfűvókát illusztrálja, míg a 5.b. ábra a vetülékcsatornában kettő segédfűvóka általa létrehozott légáram szimulációs képét mutatja.



5.ábra. Vetülékcsatorna szimulációs modellje és a szimulált légárama

A 140PC nyomásérzékelő a dinamikus nyomással arányos villamos jelet állít elő. A nyomásérzékelő karakterisztikájából (6. ábra) meghatározható a villamos feszültségváltozással arányos dinamikus nyomás.



6. ábra. 140PC nyomásérzékelő hitelesítési diagramja

A nyomásérzékelő által mért dinamikus nyomás nagysága:

$$\Delta p = \frac{\Delta U}{6,25} \cdot 1,034 \cdot 10^5, \quad (1)$$

ahol:

Δp - a légsebességgel arányos dinamikus nyomásváltozás [Pa],

ΔU - a dinamikus nyomással arányos elektromos feszültségváltozás [V].

A dinamikus nyomásból a (2) összefüggése alapján számolható a kialakult légsebesség a vetülékcsatorna mérési pontjában:

$$u = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}, \quad (2)$$

ahol:

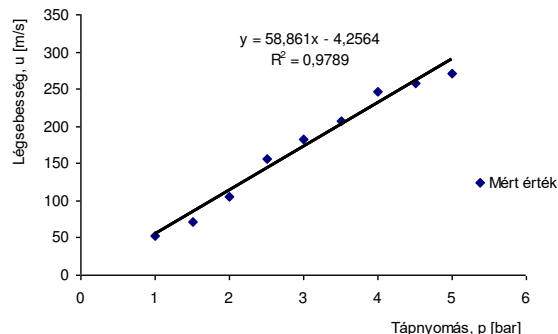
u - az áramlási sebesség a mérés helyén [m/s],

ρ - az áramló levegő sűrűsége a vetülékcsatornában p_0 légköri nyomáson

[$1,2 \text{ kg} / \text{m}^3$].

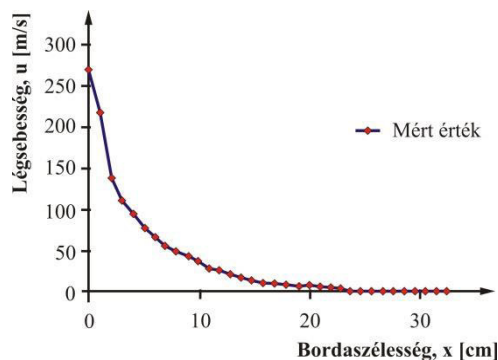
Mérési eredmények

A főfűvóka tápnyomásának növelésével a profilborda belépési keresztmetszetében a légsebesség szintén növekszik (7. ábra).



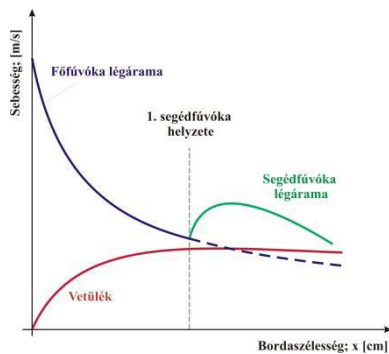
7. ábra. Légsebesség növekedése a borda belépési keresztmetszetében a tartálynymás függvényében

A 8. ábra a bordaszélesség kezdeti szakaszában a főfűvóka által létesített légsebességek mért értékeit tartalmazza 5 bar tartálynymás esetén.



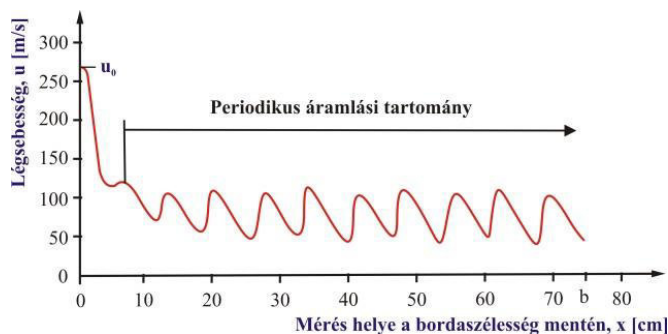
8. ábra. Az alagútborda tengelyében a főfúvóka által létrehozott légsebesség alakulása 5 bar tartálynymás esetén

A 8. ábrából kitűnik, hogy a főfúvóka gyorsan csökkenő légáramát fenn kell tartani a hatékony vetülék bevetése érdekében. Szakirodalom [²⁰⁴] alapján a 8. ábra szemlélteti az első segédfúvóka által létesített fenntartott légáramot.



9. ábra. Vetülék sebessége a fő- és az első segédfúvóka légáramának hatásában

Laboratóriumi körülmények között növelve a bordaszélesség mentén a működtetett segédfúvókák számát a 10. ábrán látható sebesség lefutás adódik.



10. ábra. A főfúvóka és 10 segédfúvóka által létrehozott légsebesség eloszlás $p = 5$ bar tartálynymás esetén

²⁰⁴ Ishida, T.–Chikaoka, K.: Textile Industry and Technical Innovation from the Viewpoint of the Jet Looms at the ITMA 83, *JTN Part*, 1984/1. sz. 70.

Mérési eredmények feldolgozása

A profilborda belépési keresztmetszetében a légáram sebessége $u_0 = 270,83 \text{ m/s}$ volt 5 bar tartálynomás esetén, majd exponenciálisan 22 cm távolság után közel nullára csökkent (8. ábra).

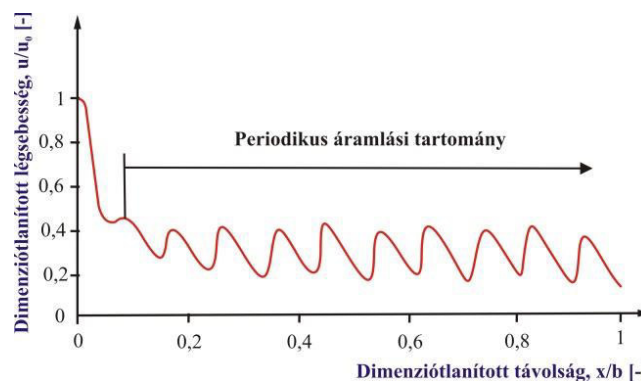
Az első segédfúvóka hatását a borda kezdetétől 3 cm-re kezdi kifejteni. A segédfúvókából kilépő légáramnak 2,5 cm holttere van a bordacsatorna tengelyéhez képest az áramlás kúposága és a segédfúvóka elhelyezése miatt.

A főfúvóka légárama az U-alakú nyitott bordacsatornában segédfúvókákkal tartható fenn. Növelve a bordaszélesség mentén a működtetett segédfúvókák számát megállapítható, hogy az első segédfúvóka légáramától a profilborda vetülékcsatornájában az áramlási mező periodikusnak és a főfúvóka légáramától függetlennek tekinthető (10. ábra).

A légsebesség nagysága a profilborda vetülékcsatornájának tengelyében két tényezőtől függ:

- a fúvókákat működtető tápnyomástól,
- a borda kezdetétől mért távolságtól.

Az általános áramlási viszonyok leírásához a légsebesség lefutását a borda belépési keresztmetszetében mérhető maximális u_0 sebességgel a bordaszélesség mentén az x távolságot a vizsgált bordaszakasz $b = 74,8 \text{ cm}$ hosszával dimenziótlánítva. Az így kapott dimenziótlánított sebességeloszlást a 11. ábra szemlélteti a dimenziótlánított távolság függvényében.



11. ábra. Dimenziótlánított légsebesség eloszlás a bevetés tengelye mentén

Diszkrét mérésekhez Fourier közelítés alkalmazása

A dimenziótlánított sebességváltozás a profilborda tengelyében nem fejezhető ki zárt formulával, ezért a diszkrét mérési adatok Fourier függvénysorral közelítést használva a légsebesség meghatározható a vetülékcsatorna bármely helyén.



Periodikus $f(x)$ függvény Fourier sora általánosan felírható:

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} \left(a_k \cos \frac{2k\pi}{p}x + b_k \sin \frac{2k\pi}{p}x \right) \quad x \in (0, p) \quad (3)$$

ahol:

a_k és b_k : Fourier együtthatók

$$a_k = \frac{2}{p} \int_0^p f(x) \cos \frac{2k\pi}{p}x dx \quad b_k = \frac{2}{p} \int_0^p f(x) \sin \frac{2k\pi}{p}x dx \quad (4)$$

Ebben a diszkrét $k = 0$ esetben határozható meg a_0 Fourier együttható:

$$a_0 = \frac{2}{p} \int_0^p f(x) dx \Rightarrow \frac{a_0}{2} = \frac{\int_0^p f(x) dx}{p} \cong \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} u_i, \quad (5)$$

ahol:

n azonos távolságú mérési pontok száma, $n = 935$ [-]

u_i mért sebességek a borda mentén adott lépésközzel, $i \cdot \Delta x$ ($\Delta x = 0.08$ cm) [m/s].

$$a_k = \frac{1}{u_0} \frac{2}{n} \sum_{i=0}^{n-1} u_i \cos \frac{2\pi k i}{n} \quad \text{és} \quad b_k = \frac{1}{u_0} \frac{2}{n} \sum_{i=0}^{n-1} u_i \sin \frac{2\pi k i}{n} \quad k = 1, 2, \dots, r-1. \quad (6)$$

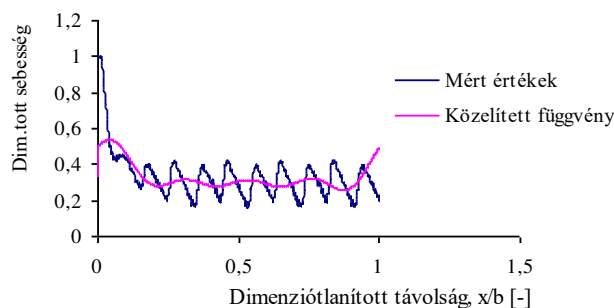
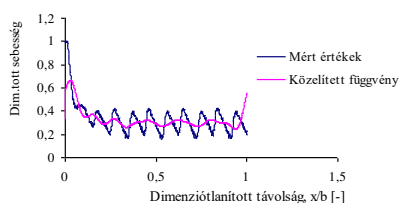
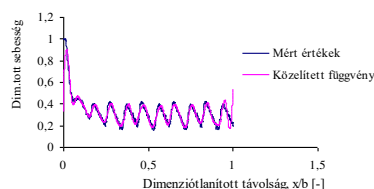
Bevezetve az $y = x/b$ helyettesítést, a közelített dimenzióatlan légsebesség eloszlás a borda tengelye mentén:

$$\frac{u(y)}{u_0} \cong \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{r-1} \left[a_k \cdot \cos\left(\frac{2\pi k}{n}y\right) + b_k \cdot \sin\left(\frac{2\pi k}{n}y\right) \right] \quad (7)$$

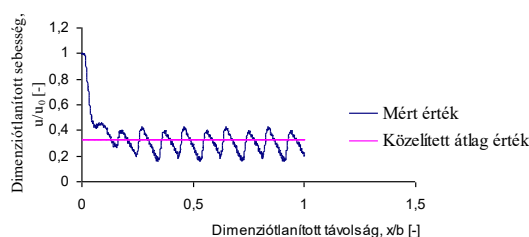
$$x \in (0, p)$$

A különböző fokú közelítéseket a 12. ábrák mutatják a vetülékcsatornában mért légsebességekből származtatott dimenzióatlanított sebességeloszlásra a dimenzióatlanított távolság függvényében. A közelítő program Excel makro nyelven íródott [205].

²⁰⁵ Szabó Lóránt: Pneumatic weft insertion of profile reed in air jet looms. *IJCELIT 2010*, Budapest, 119.

Közelítés foka (r): $r = 5$ **12.a. ábra. Fourier approximáció $r = 5$ közelítési fokokkal**Közelítés foka (r): $r = 10$ **12.b. ábra. Fourier approximáció $r = 10$ közelítési fokokkal**Közelítés foka (r): $r = 20$ **12.c. ábra. Fourier approximáció $r = 20$ közelítési fokokkal**

A 12.c. ábrából megállapítható, hogy $r \geq 20$ közelítési fokot alkalmazva az áramlási sebesség változása a vetülécsatorna tengelyében Fourier sorral jól közelíthető. A vetüléket a légcsatornában a légáram „effektív” értéke szállítja. Az $r = 1$ közelítési fokkal közelítve a légsebesség átlaga nyerhető (13. ábra).

Közelítés foka (r): $r = 1$ 



13. ábra. Dimenziótlanított sebességváltozás a dimenziótlanított távolság függvényében
folyamatos légáram esetén $p = 5$ bar tartálynomás esetén

A közelített dimenziótlanított sebességérték $u/u_0 = 0,33[-]$ 5 bar tartálynomás esetén a dimenziótlanítás értékkel $u_0 = 270,83$ m/s - mal történt.

Összefoglalás

A vizsgálati eredmények felhasználásával a légsebesség „effektív” értéke, $u_{eff} = 89,38$ m/s -ra adódott. Ez a légsebesség fenn tudja tartani a vetülékfonal 50 – 80 m/s-os repülési sebességét a profilborda vetülékcatornájában. A kidolgozott közelítéssel bármely alkalmazott tartálynomás esetén meghatározható a légáram „effektív” értéke, amely a vetülékfonalat befekteti a nyitott szádnyílásba, ugyanis $u_0 = f(p)$.