

7. AXIÁLIS ÁTÖMLÉSŰ FORGÓGÉPEK TERVEZÉSE ÉS OPTIMALIZÁLÁSA

7.1. Tervezési lapátcirkuláció

$$\Delta p_{\ddot{o}} = \eta_h \Delta p_{\ddot{o}id} = p_{2\ddot{o}} - p_{1\ddot{o}}$$

$$p_{1\ddot{o}} = p_1 + \frac{\rho}{2} c_1^2 = \text{áll.}$$

$$p_{2\ddot{o}} = p_2 + \frac{\rho}{2} c_2^2$$

$$\frac{dp_2}{dr} = \rho \frac{\Delta c_u^2}{r}$$

$$c_2^2 = c_{2a}^2 + \Delta c_u^2$$

$$\eta_h \approx \text{áll.}$$

$$\eta_h \frac{d(\Delta p_{\ddot{o}id})}{dr} = \rho \frac{\Delta c_u^2}{r} + \frac{\rho}{2} \frac{d}{dr} (c_{2a}^2 + \Delta c_u^2) =$$

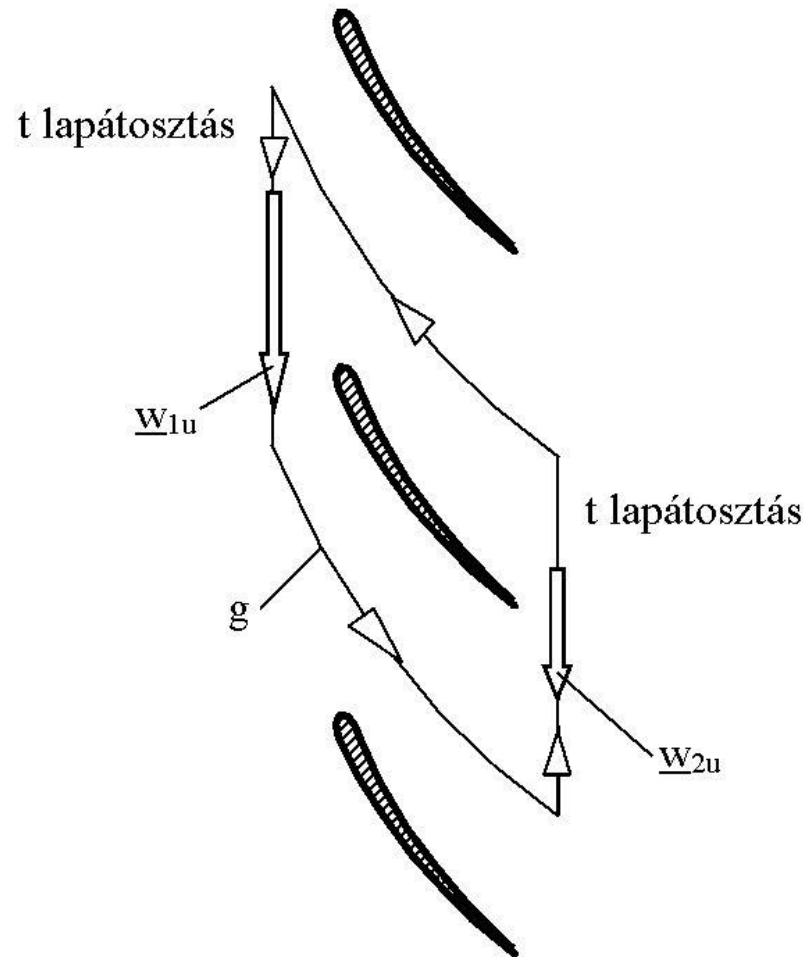
$$\rho \frac{\Delta c_u^2}{r} + \frac{\rho}{2} 2c_{2a} \frac{dc_{2a}}{dr} + \frac{\rho}{2} 2\Delta c_u \frac{d(\Delta c_u)}{dr}$$

$$\rho \frac{\Delta c_u^2}{r} + \frac{\rho}{2} 2\Delta c_u \frac{d(\Delta c_u)}{dr} = \rho \frac{\Delta c_u}{r} \left(\Delta c_u + r \frac{d(\Delta c_u)}{dr} \right) = \rho \frac{\Delta c_u}{r} \frac{d}{dr} (r \Delta c_u)$$

$$\eta_h \frac{d(\Delta p_{\ddot{o}id})}{dr} = \rho \frac{\Delta c_u}{r} \frac{d}{dr} (r \Delta c_u) + \rho c_{2a} \frac{dc_{2a}}{dr}$$

$$\eta_h \frac{d(\Delta p_{\ddot{o}id})}{dr} = \frac{\Delta p_{\ddot{o}id}}{\rho u^2} \frac{d(\Delta p_{\ddot{o}id})}{dr} + \rho c_{2a} \frac{dc_{2a}}{dr}$$

$$\boxed{\frac{d(\Delta p_{\ddot{o}id})}{dr} \left[\eta_h - \frac{\Delta p_{\ddot{o}id}}{\rho u^2} \right] = \rho c_{2a} \frac{dc_{2a}}{dr}}$$



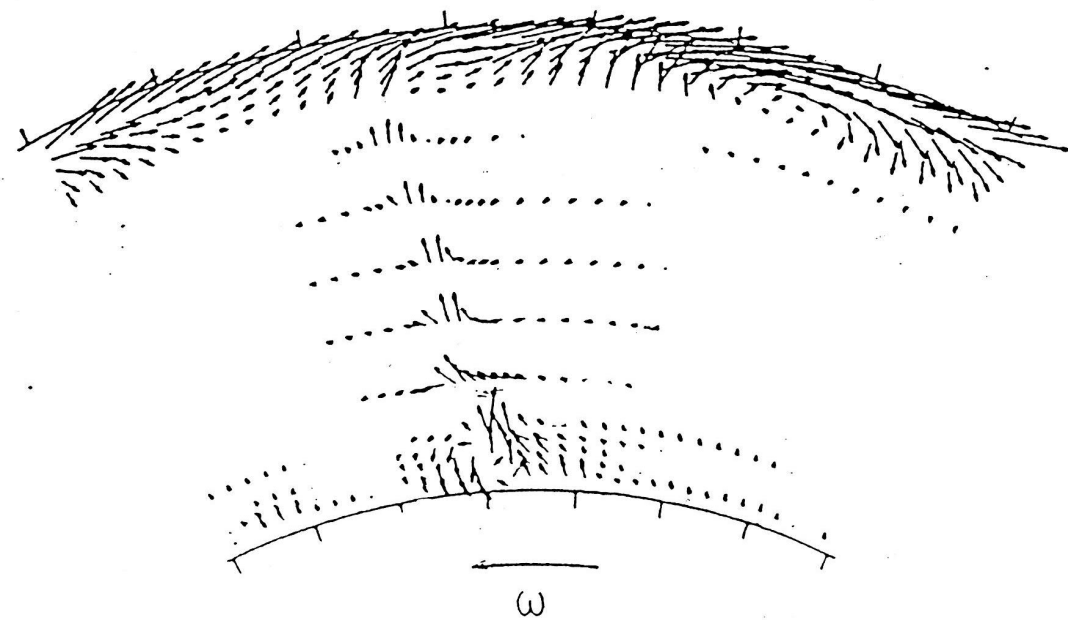
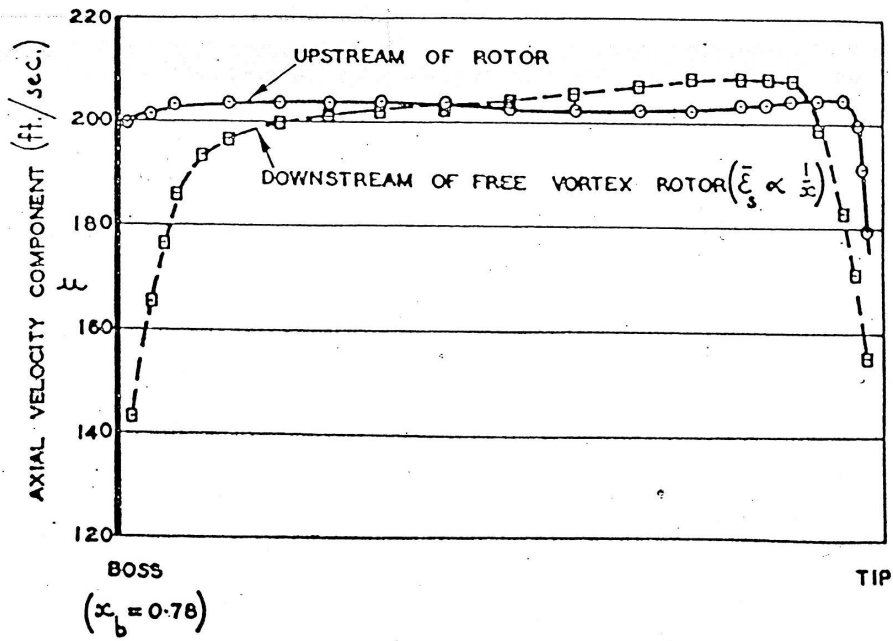
$$\Gamma = \oint_g \underline{w} d\underline{s} = t(w_{1u} - w_{2u}) = t \Delta c_u = \frac{2r\pi}{N} \Delta c_u = \frac{2r\pi}{N\rho u} \rho u \Delta c_u = \frac{2\pi}{N\rho\omega} \Delta p_{\ddot{o}id}$$

7.1.1. Sugár mentén állandó ideális össznyomás-növekedésre (ÁLLANDÓ LAPÁTCIRKULÁCIÓRA) történő tervezés (Free vortex design)

$$\frac{d(\Delta p_{\text{oid}})}{dr} = 0 \Rightarrow \rho c_{2a} \frac{dc_{2a}}{dr} = 0 \Rightarrow c_{2a}(r) = \text{áll.}$$

ELŐNYEI:

- Matematikailag könnyen kezelhető
- Axiális sebességprofil átrendeződése minimális
- Kilépő élről leúszó örvények minimalizálása: minimális 3D effektusok



KORLÁTAI, HÁTRÁNYAI:

- Agynál \Rightarrow mérsékelt teljesítmény
- Nagyobb sugarakon \Rightarrow mérsékelt teljesítmény

$$\Delta p_{\text{oid}}(r) = (\rho u \Delta c_u)(r) = \text{áll.}$$

- Erősen elcsavart lapát
- Csökkenő lapáthúr

KLASSZIKUS MÓDSZER

7.1.2. Sugár mentén változó ideális össznyomás-növekedésre (VÁLTOZÓ LAPÁTCIRKULÁCIÓRA) történő tervezés (Controlled vortex design, non-free vortex design)

KORSZERŰ SZEMLÉLET

Lakshminarayana (1996): "the myth that the free-vortex blading has the lowest losses has been replaced by a more systematic optimisation".

(MÁS RÉSZT: ez a tárgyalásmód csak a tervezési üzemállapotra vonatkozik! Csak a tervezési üzemállapotban működik úgy a gép, ahogyan terveztük.)

SUGÁR MENTÉN NÖVEKVŐ TERVEZÉSI CIRKULÁCIÓ

$$q_V = \int_{d/2}^{D/2} c_{2a}(r) 2\pi r dr$$

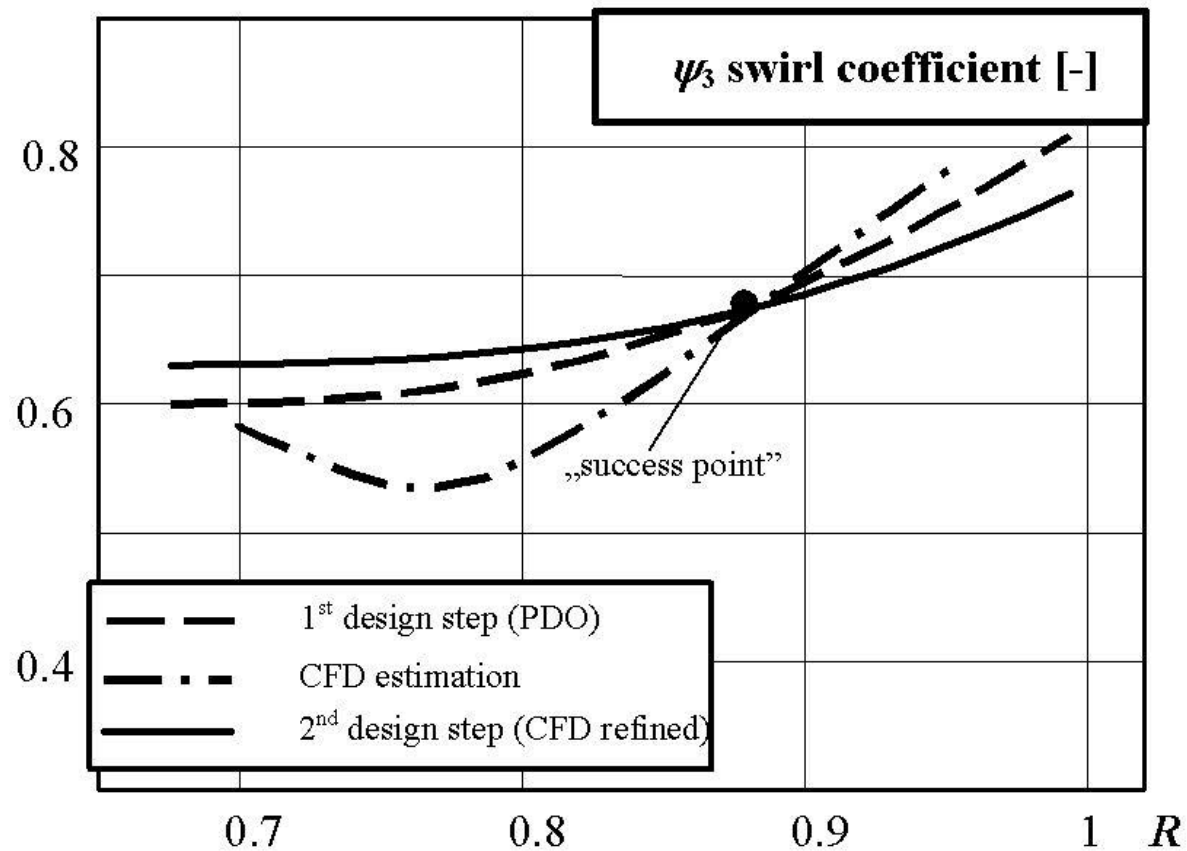
$$\overline{\Delta p_{\ddot{o}}} = \eta_h \frac{1}{q_V} \int_{d/2}^{D/2} \Delta p_{\ddot{o}id}(r) c_{2a}(r) 2\pi r dr$$

ELŐNYEI:

- A lapátterhelése mérsékelhető
- A lapát a teljes magasság mentén hatékonyan kihasználható
⇒ fokozható a gépek fajlagos légtechnikai teljesítménye
- Közel állandó lapátszögű, illetve állandó húr hosszú lapátok tervezhetőek

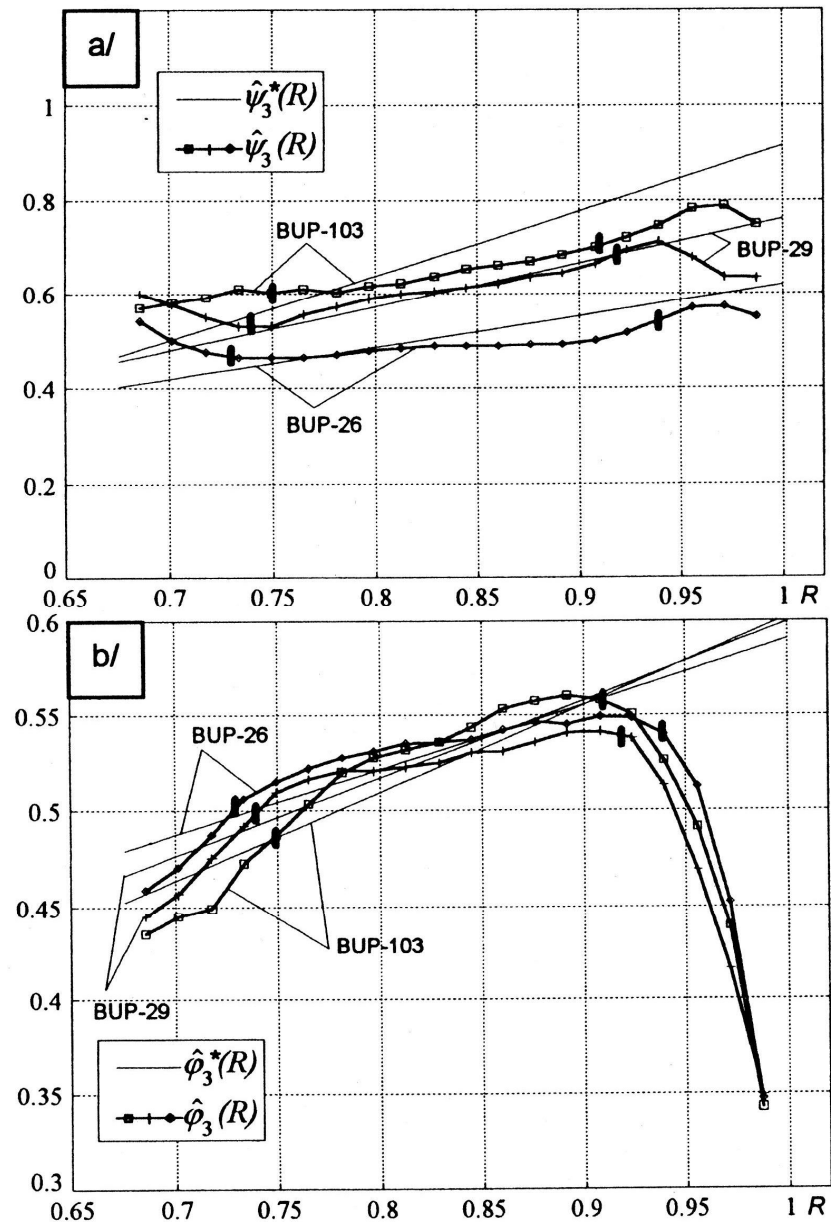
KORLÁTAI, HÁTRÁNYAI:

- Matematikailag bonyolultabb kezelésmód \Leftrightarrow számítógépes tervezői szoftver

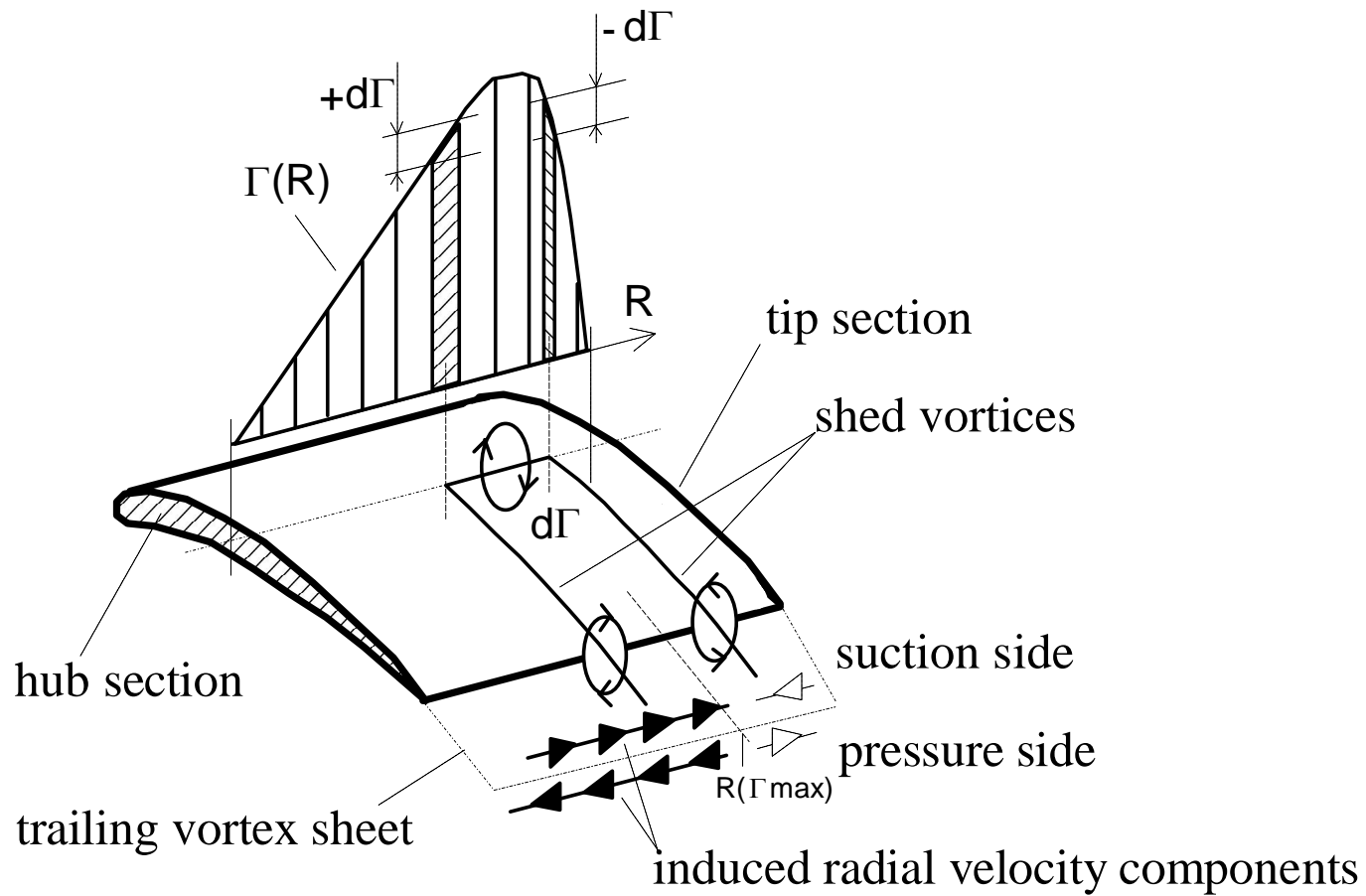


- Az axiális sebességprofil átrendeződése \Leftrightarrow más veszteségforrásokhoz képest nem kritikus

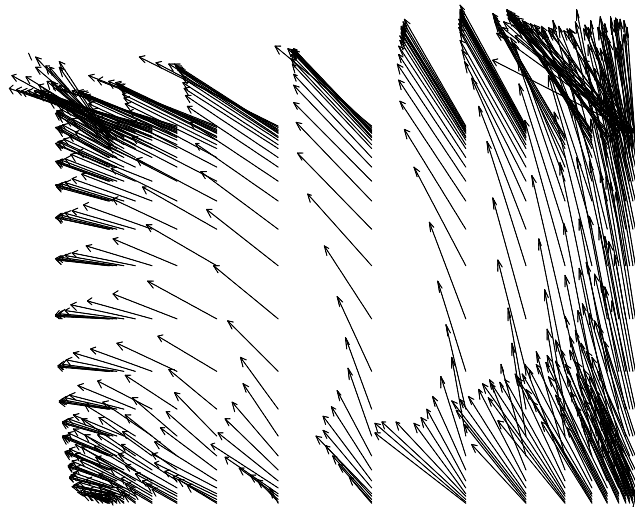
$$\frac{d(\Delta p_{\ddot{o}id})}{dr} \left[\eta_h - \frac{\Delta p_{\ddot{o}id}}{\rho u^2} \right] = \rho c_{2a} \frac{dc_{2a}}{dr}$$



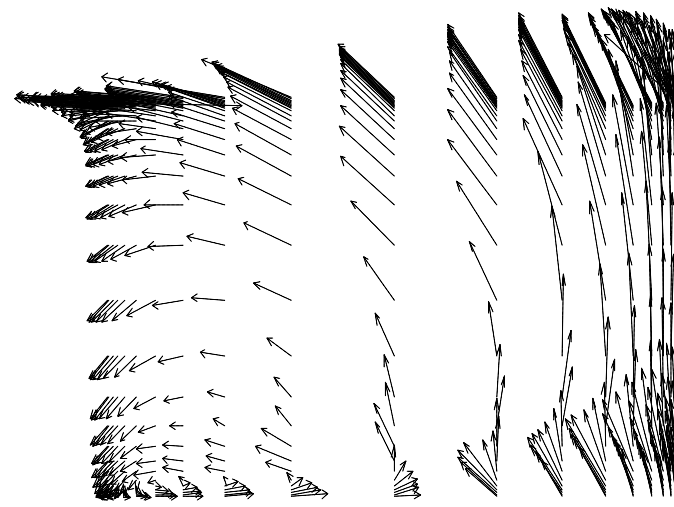
- Leúszó örvények \Rightarrow 3D áramlás



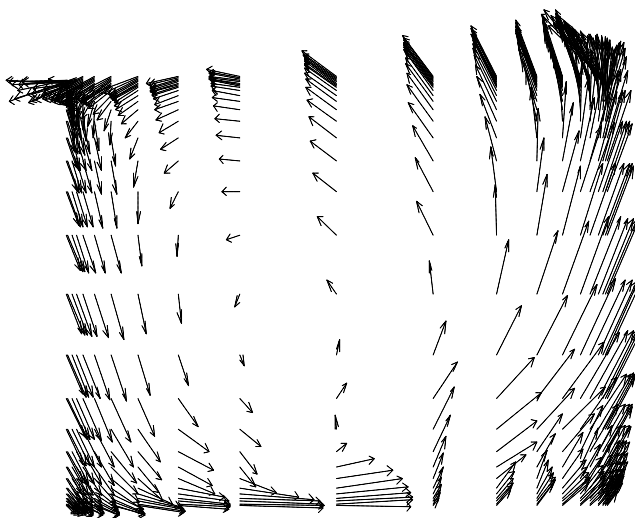
0.22 X:



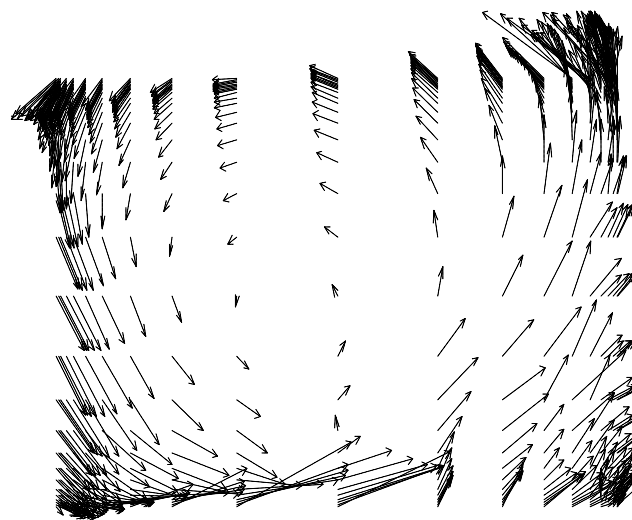
0.50 X:



0.78 X:



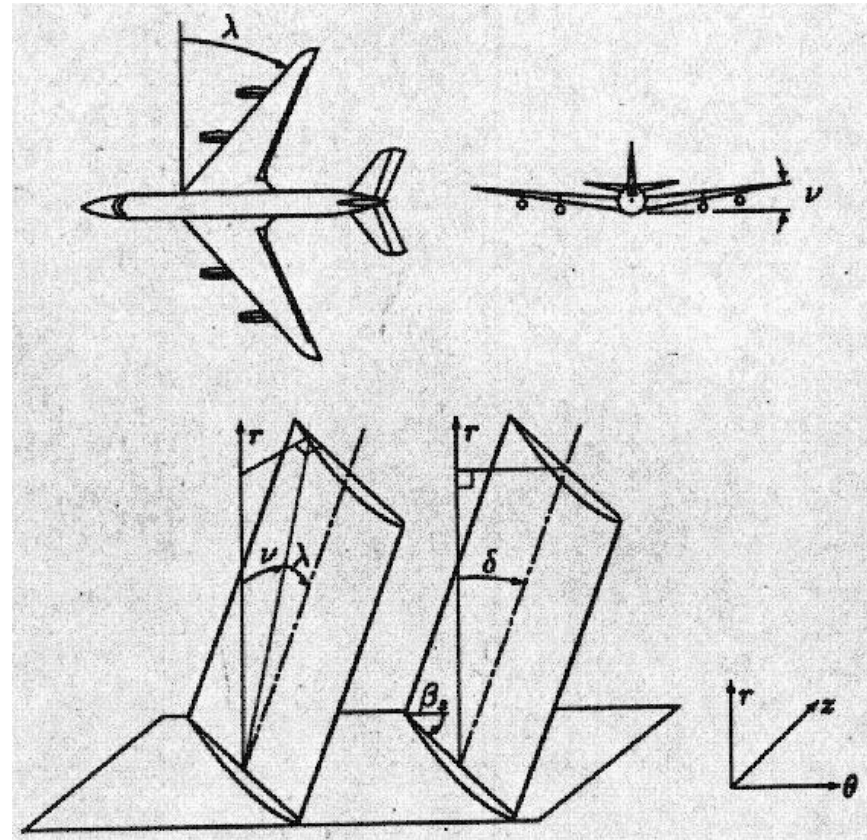
1.06 X:

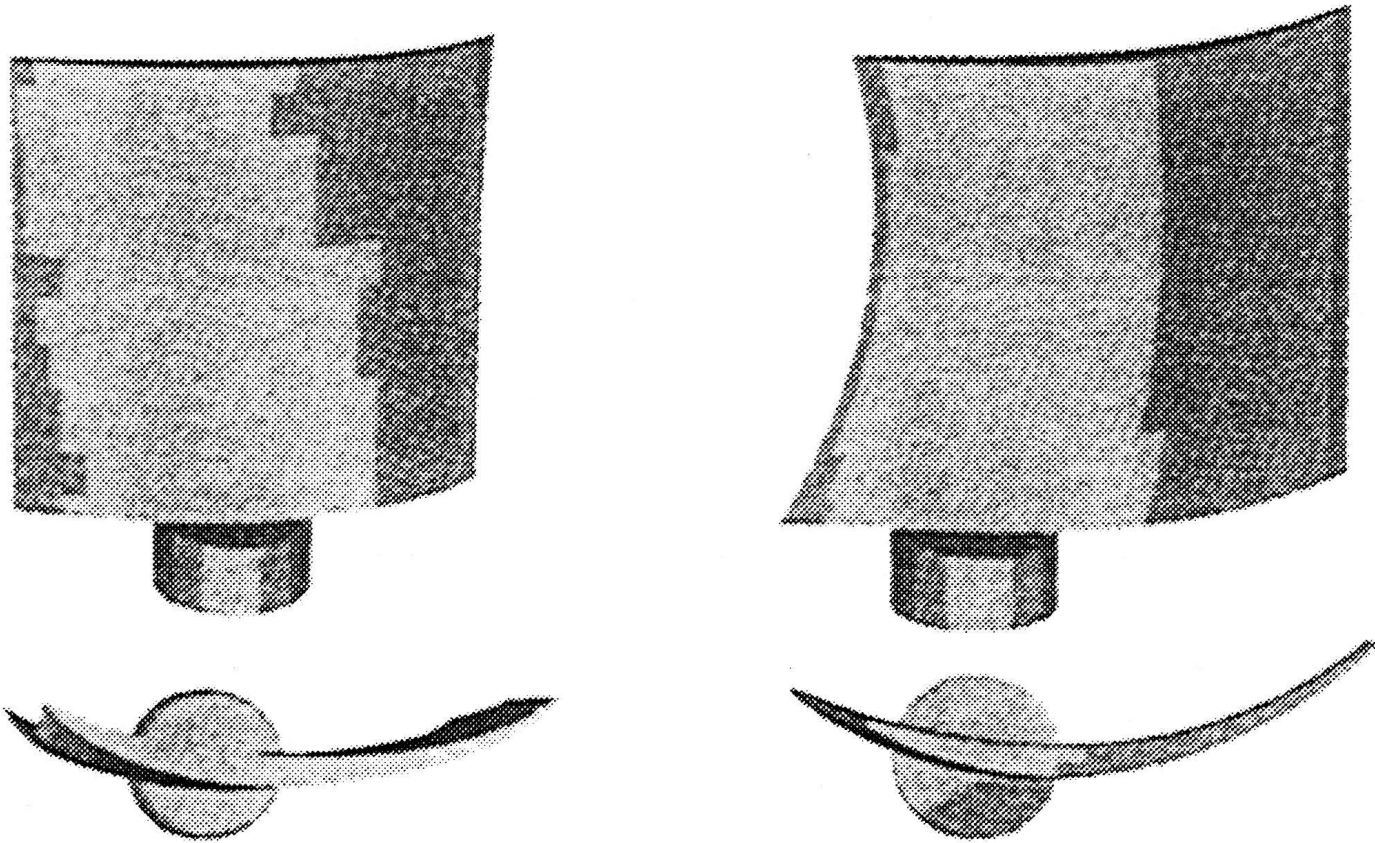


7.2. A lapát-felfűzési vonal kialakítása

7.2.1. Lapátmetszet-felfűzési technikák

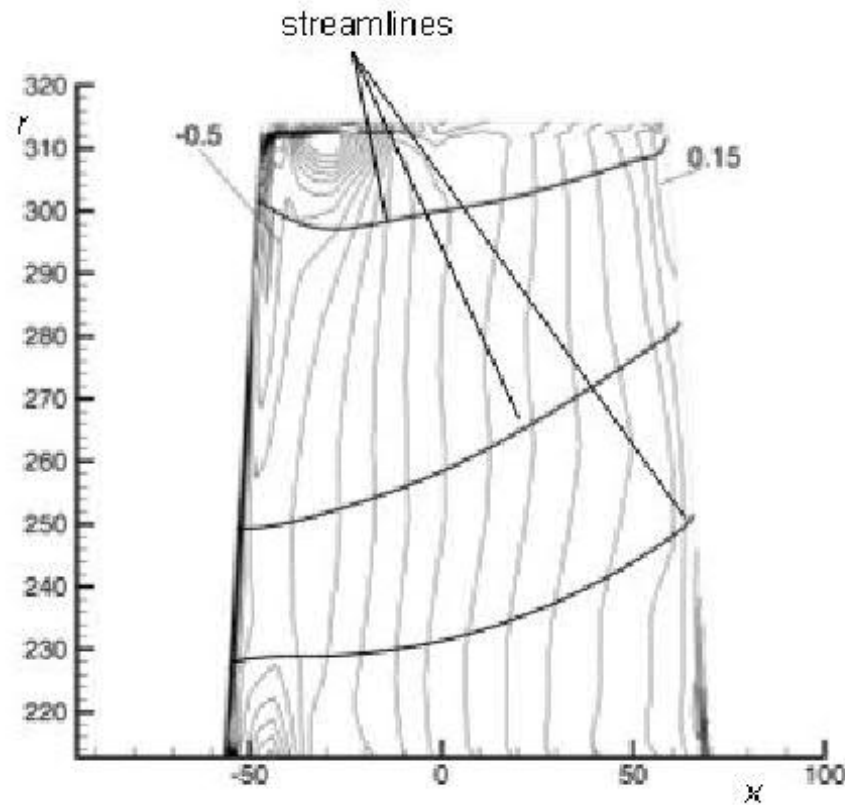
- Nyílazás
- V-állás
- Ferdítés



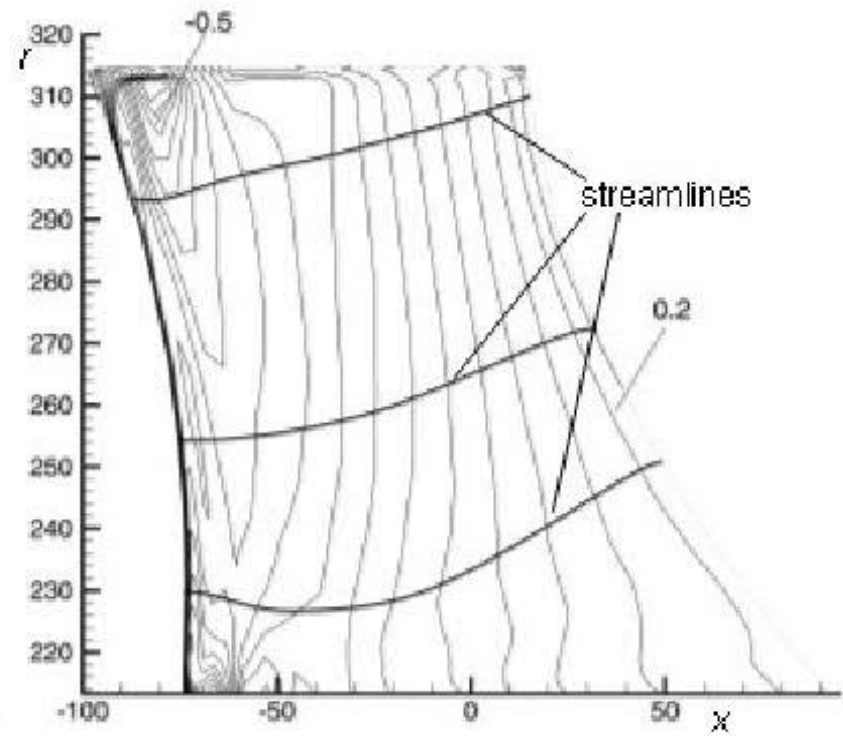


Pozitív nyílazás (belépő él)

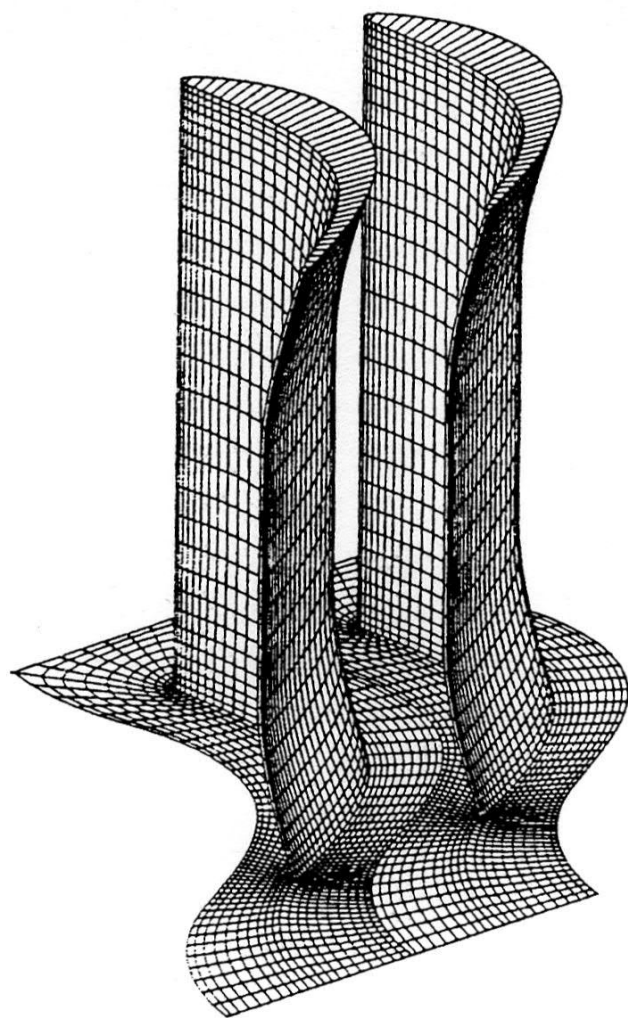
USW - SS



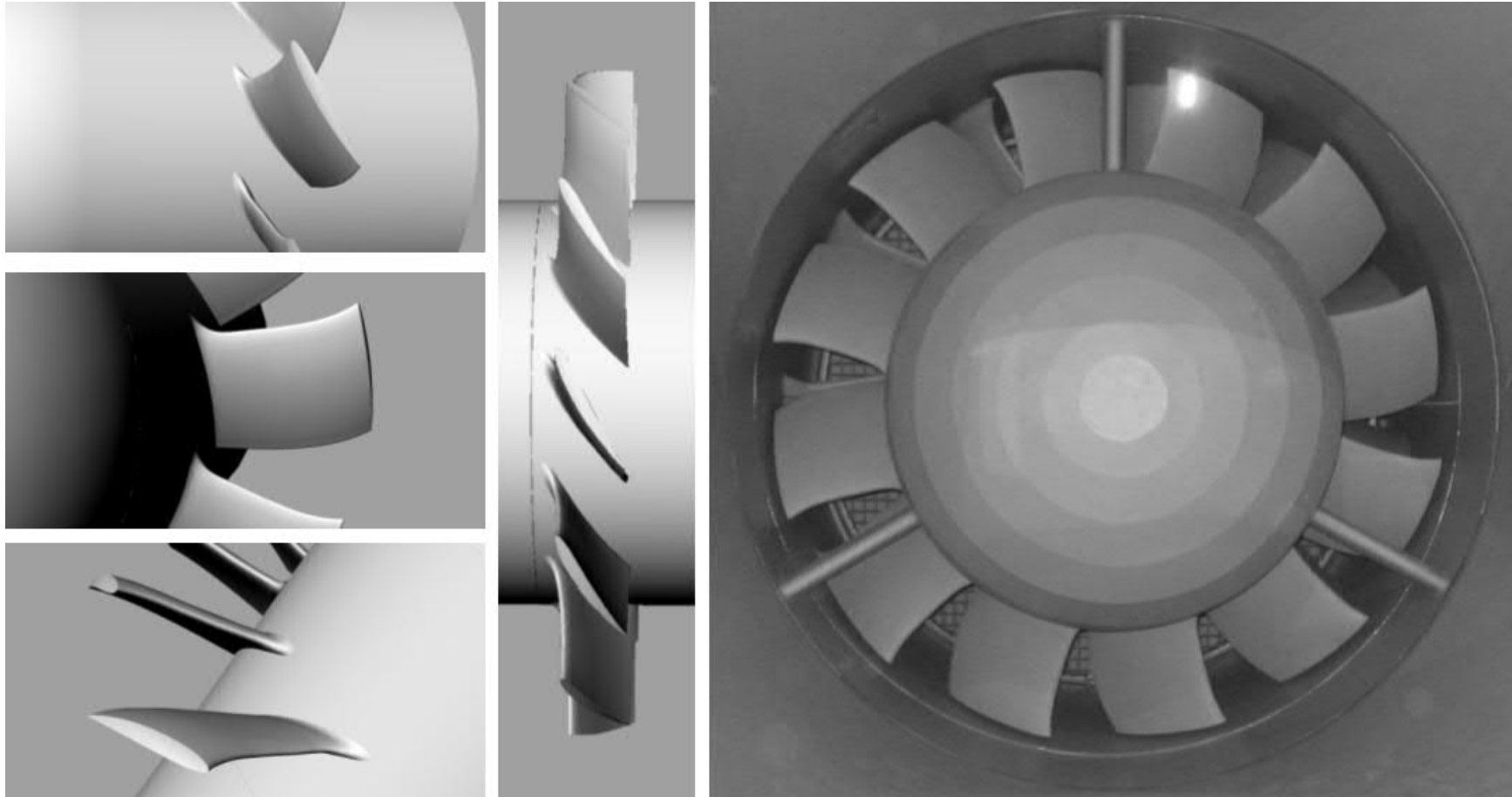
FSW1 - SS



Nyilazatlan és előrenyilazott lapát



Pozitív V-állás



Kerületi irányú előferdítés

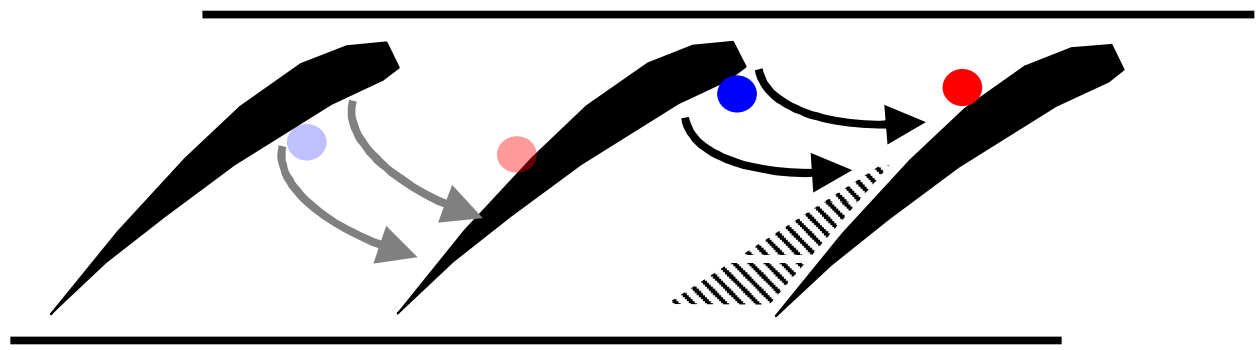
7.2.2. Kedvező hatások

A/ Pozitív nyílazás és/vagy pozitív V-állás a gyűrűfalak közelében: veszteségek csökkentése, hatásfok-javítás

- Mérsékli a falközeli lapátmetszetek terhelését
- A lapáatterhelés a kilépő él felé tolódik el.

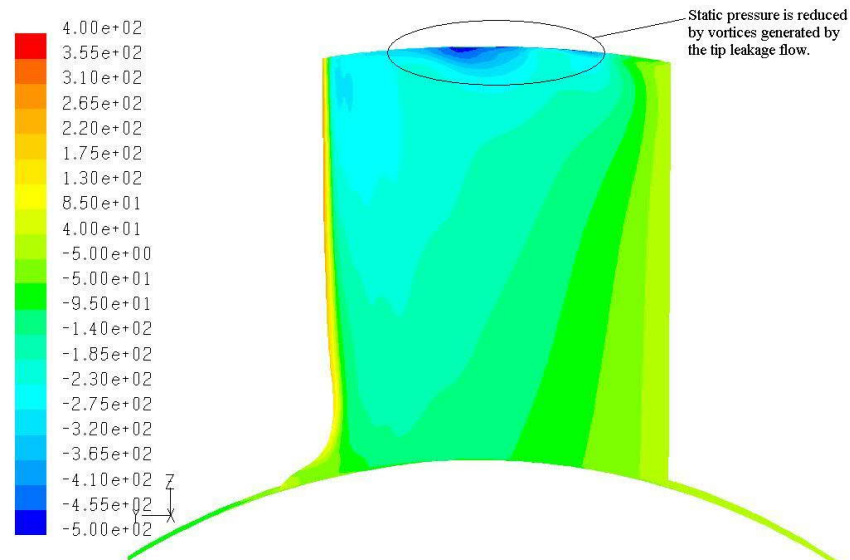
⇒ Mérsékelhető a gyűrűfalak közelében a nyomott és a szívott oldalak közötti nyomásgradiens.

- Szekunder áramlások mérséklése
- A lapátto leválási hajlamának mérséklése
- A légrés-áramlás és a hozzá kötődő veszteségek mérséklése

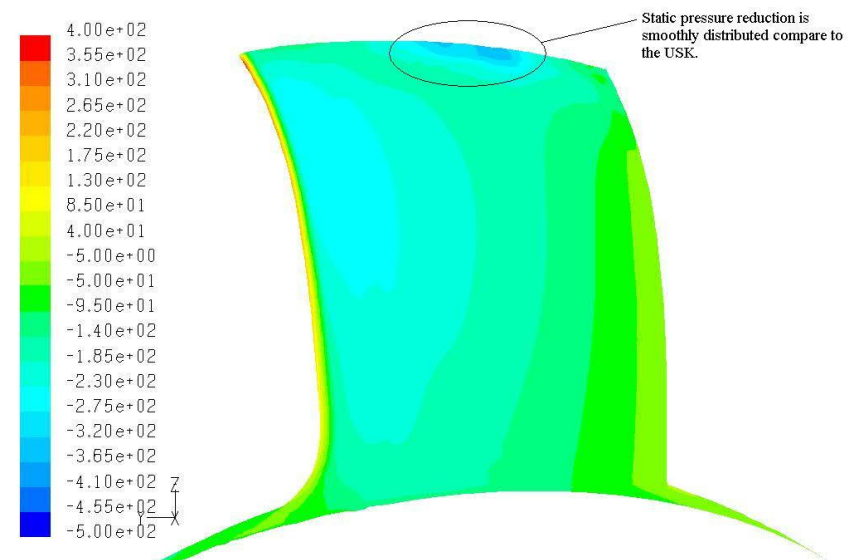


Nyilazással

Nyilazás nélkül



Contours of Static Pressure (pascal) Apr 26, 2004
 FLUENT 6.1 (3d, segregated, S-A)



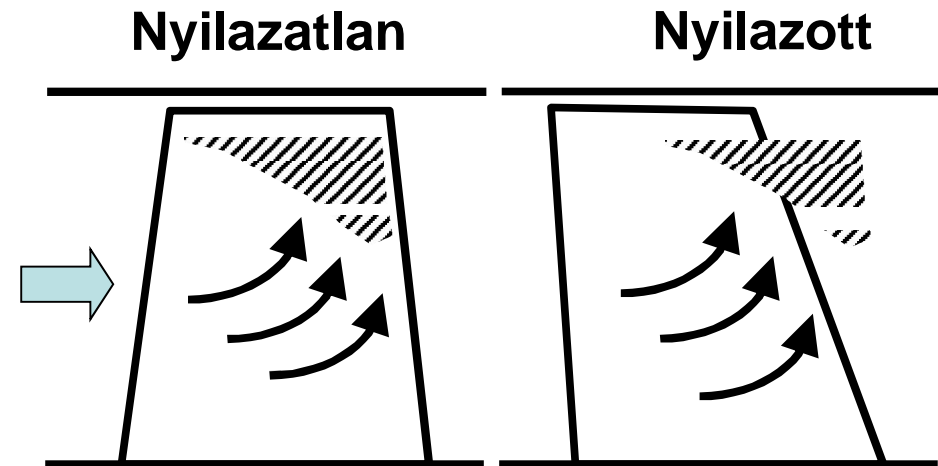
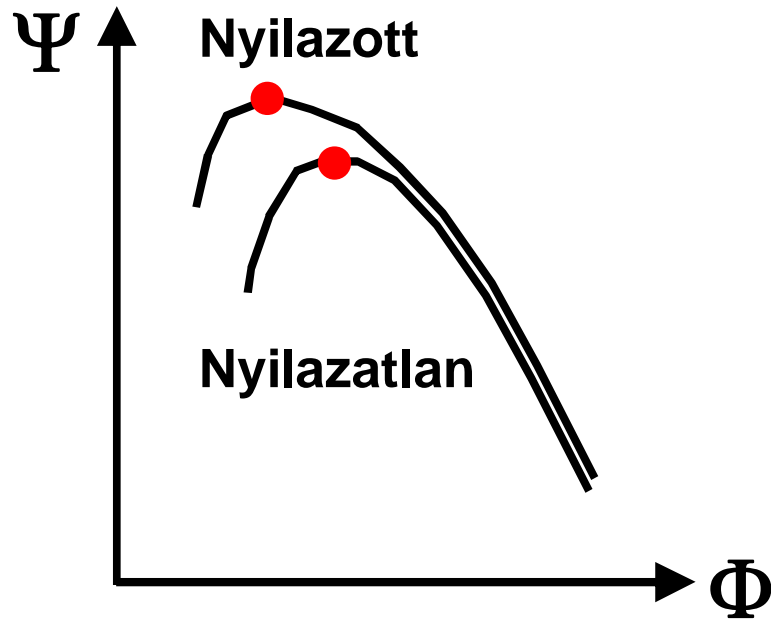
Contours of Static Pressure (pascal) Apr 26, 2004
 FLUENT 6.1 (3d, segregated, S-A)

Statikus nyomáseloszlás a szívott oldalon

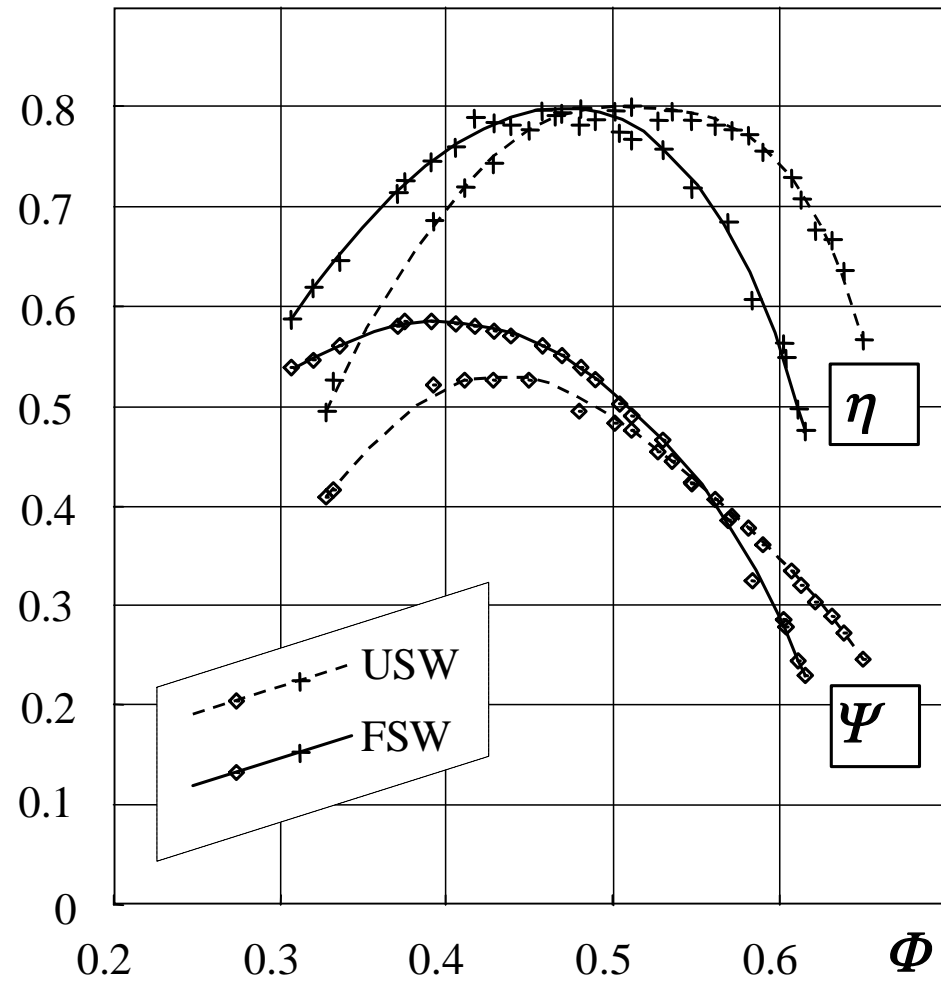
B/ Előrenyilazás, előreferdítés

Az össznyomás-csúcs fokozása

Leválásmentes üzemállapot-tartomány kiterjesztése

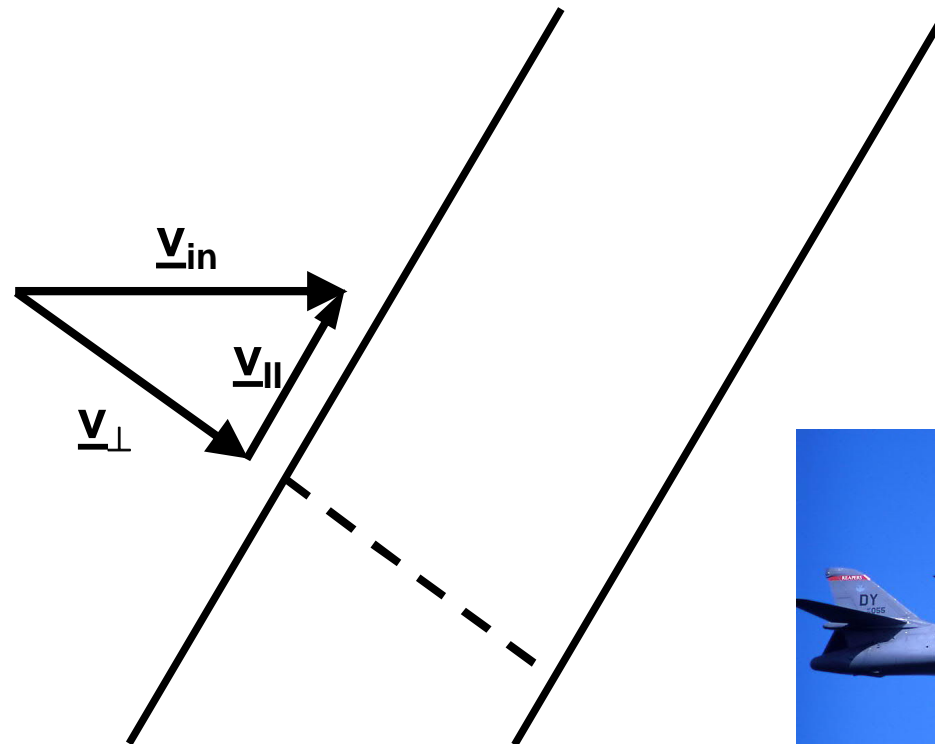


A pangó közeg kiürülése



C/ Nyilazás

Lökéshullám-veszteségek mérséklése / elkerülése



$$Ma_{in} > 1$$

$$Ma_{\perp} < 1$$

**Nincs
lökéshullám**



D/ Nyílazás, kerületi ferdítés Zajcsökkentés

