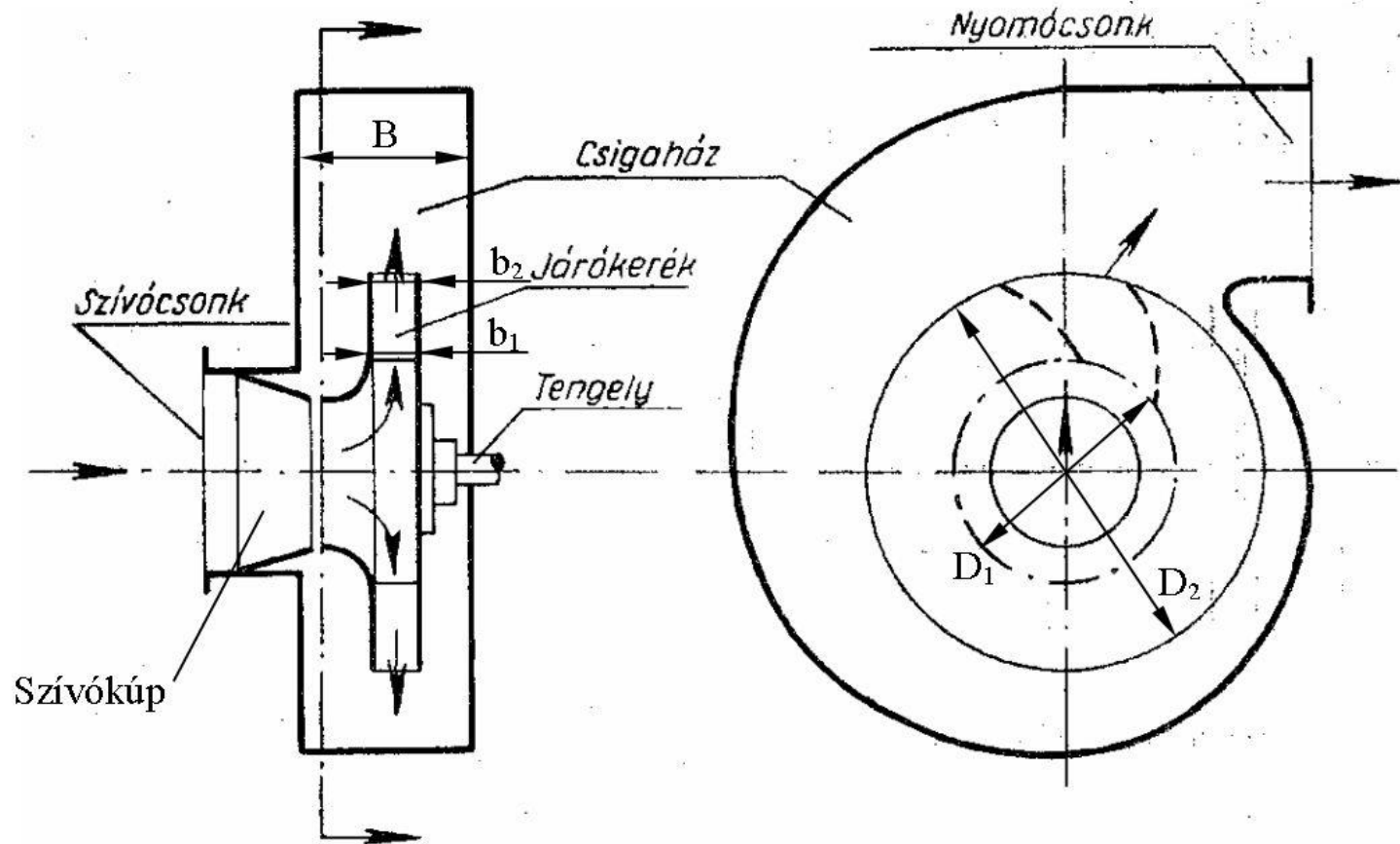
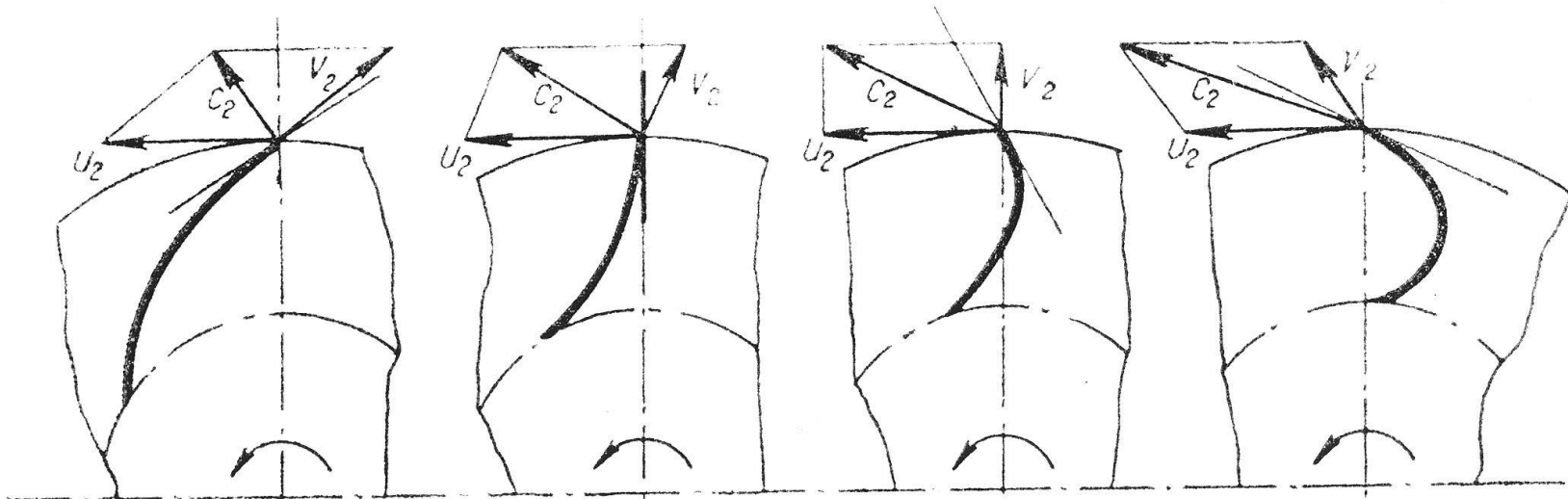


RADIÁLIS ÁTÖMLÉSŰ VENTILÁTOROK

Szerkezeti elemek





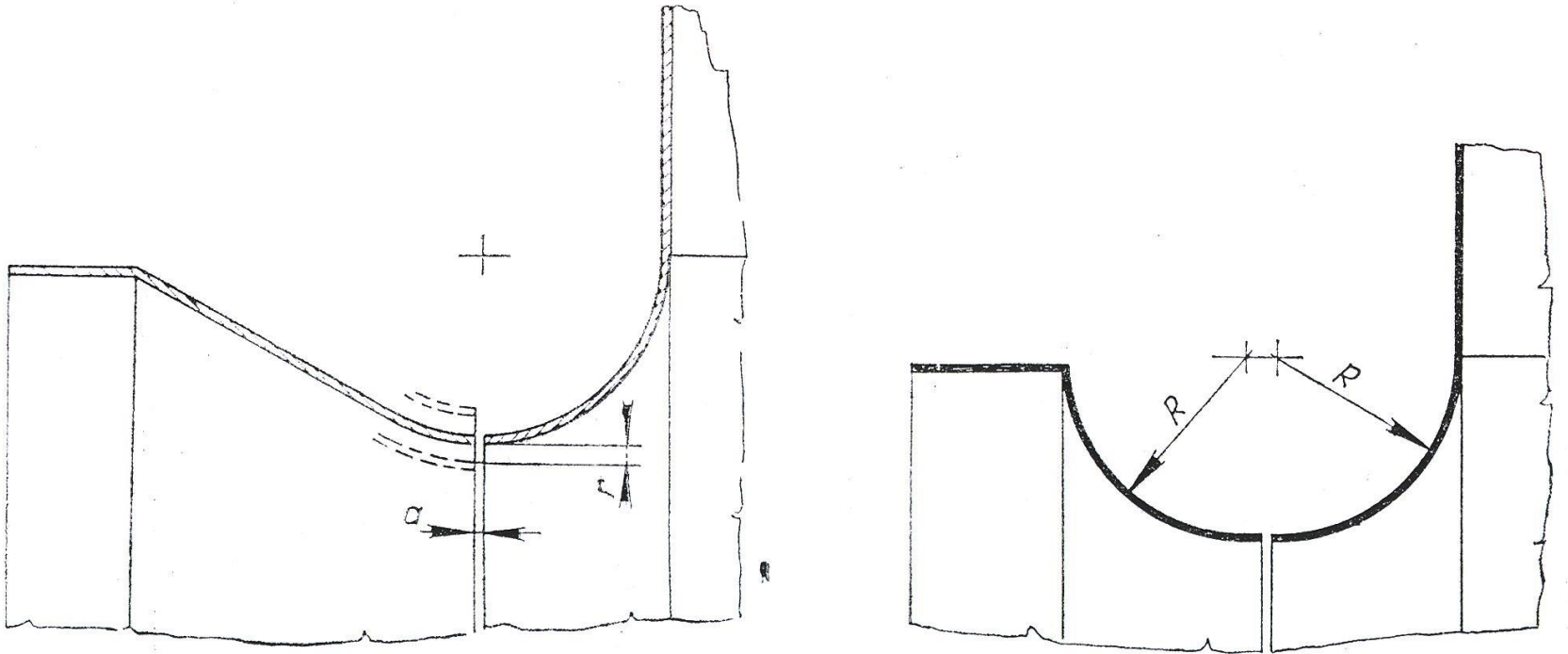
Lapátvég : Háttrahajló
 Kilépő rel seb Háttrahajló

Radiális
 Háttrahajló

Előrehajló
 Radiális

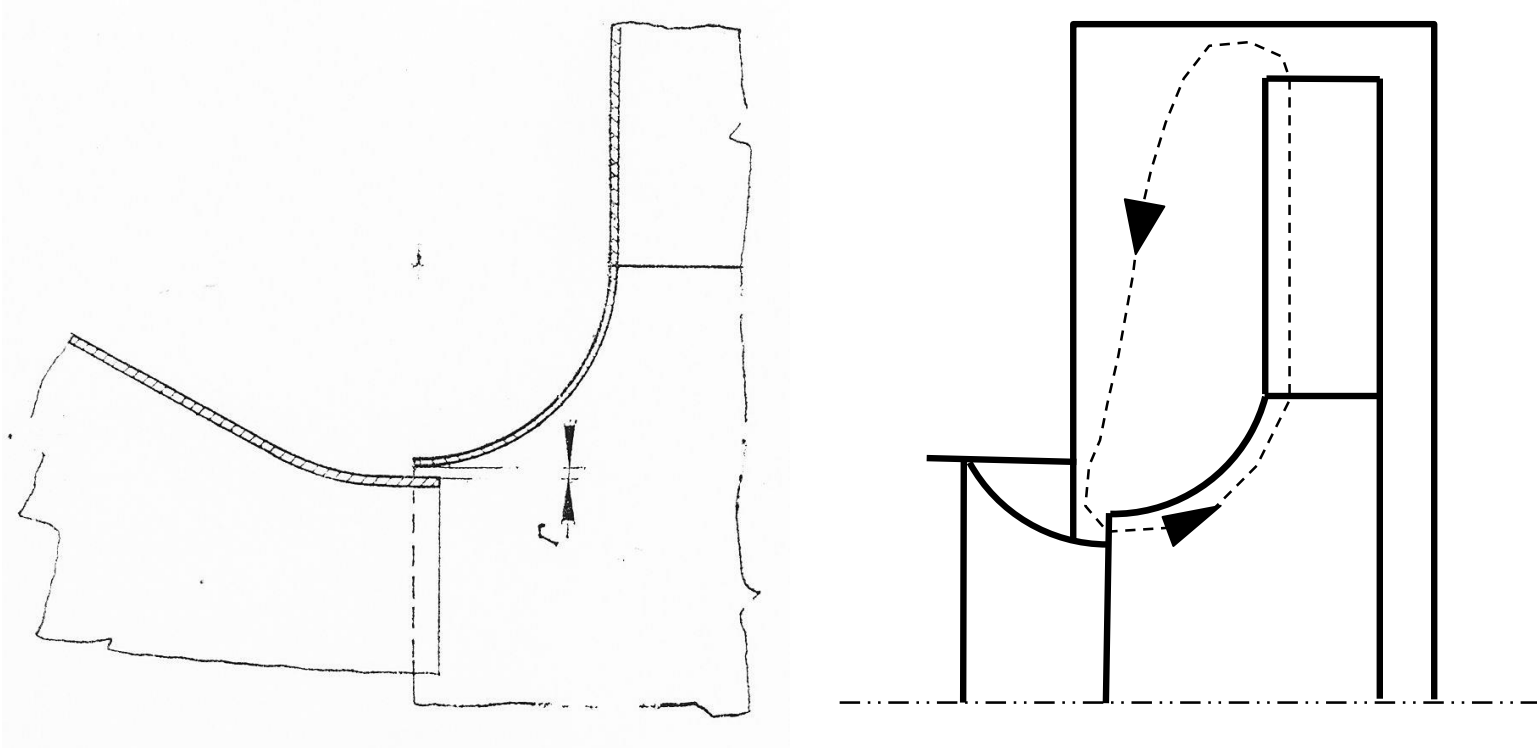
Előrehajló
 Előrehajló

Álló- és forgórész illesztése: tompán illesztett



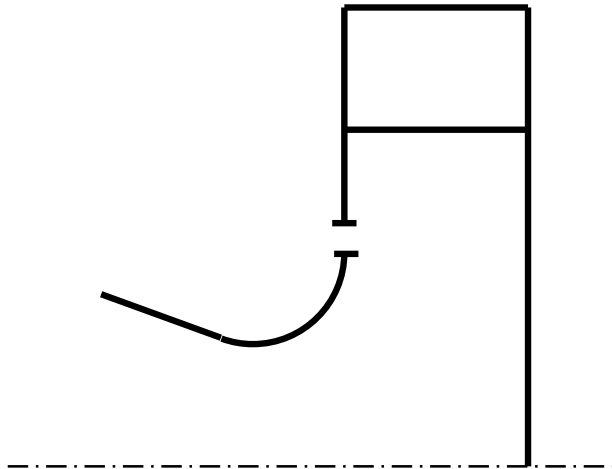
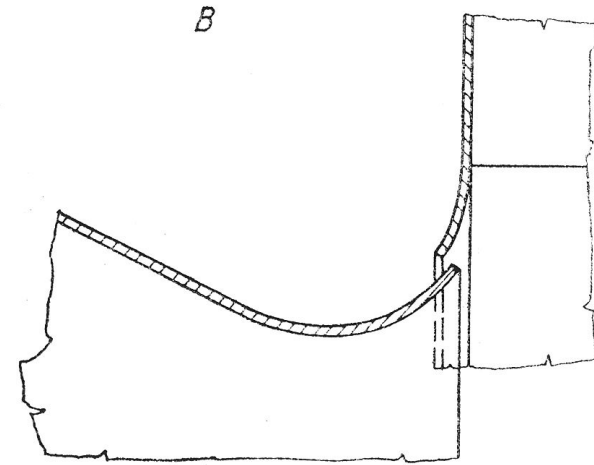
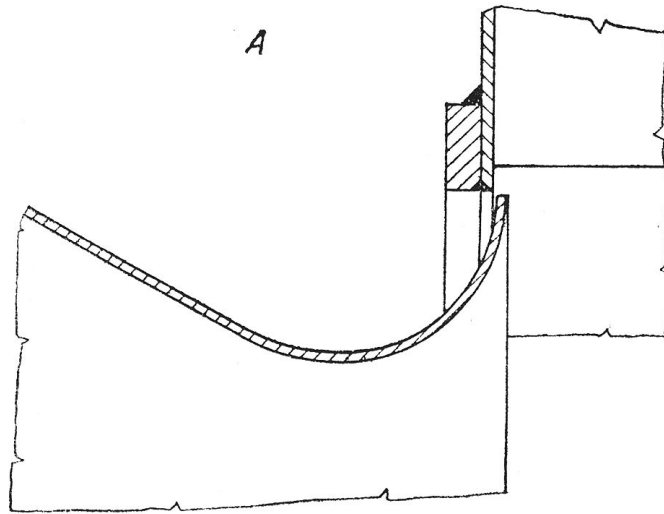
- + Legegyszerűbb megoldás
- Problémák: a rés nem körszimmetrikus:
 - az élek nem esnek a tengelyre merőleges síkba
 - a kör alakú élek eltérnek a pontos körtől

Radiális rés



- + a radiális résben kialakuló beáramlás nagy impulzusú légsugara frissíti a határréteget
- + a tengely axiális irányú hőtágulása nem változtatja meg a rés szabad keresztmetszetét
- elkészítése a tompa illesztésnél nagyobb pontosságot igényel

Axiális + radiális rés



Ha az axiális hőtágulás minimális, a beömlési lekerekítés részben vagy egészben a szívókúpon lehet.

+ Határréteg frissítő hatás.

Elő- és hátlap:

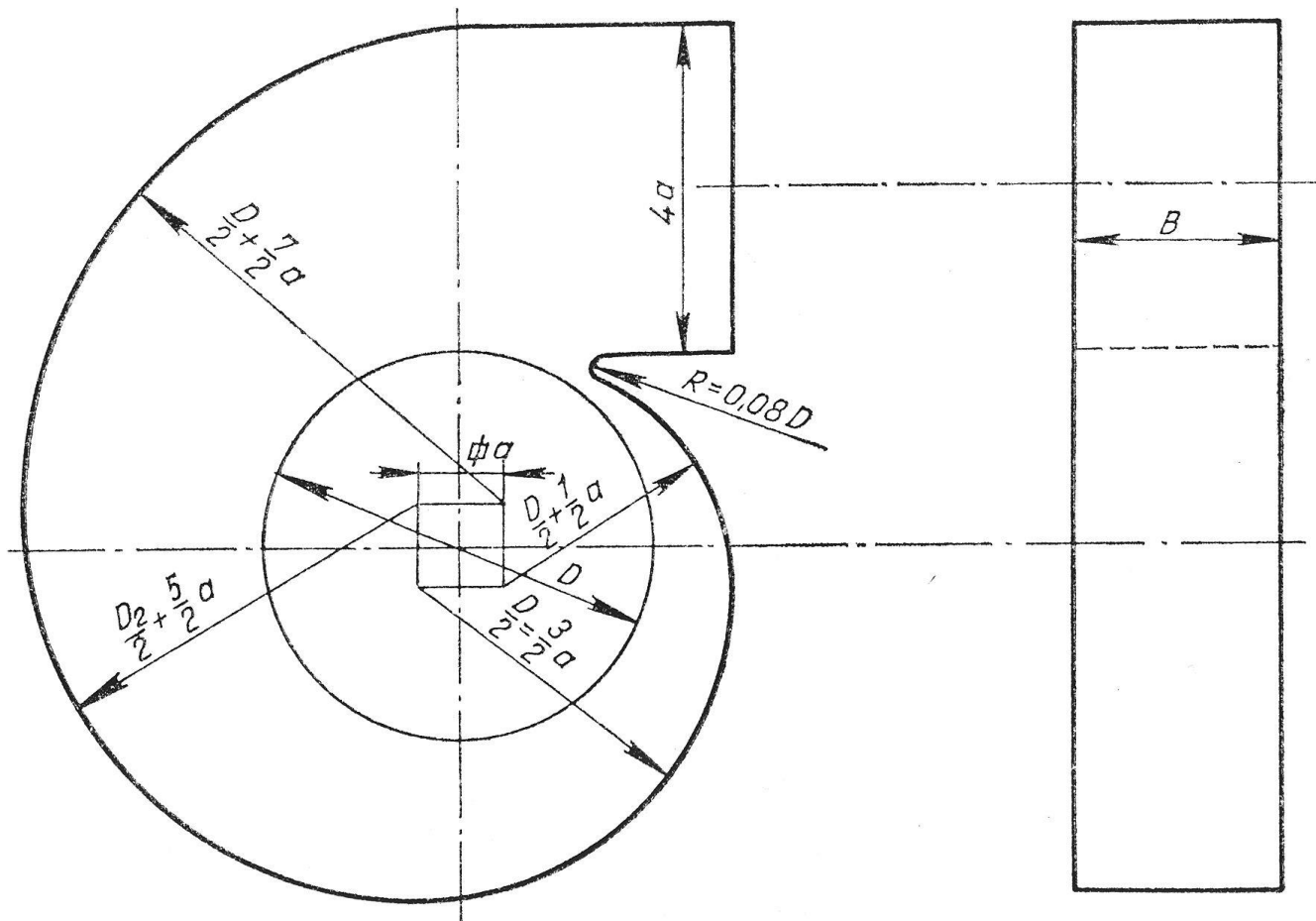
- Párhuzamos
- Kúpos előlap (növekvő sugár miatti lassulás ellen)

Csigaház:

- Rendszerint $v \sim 1/r$ (párhuzamos elő- és hátlap)
- Közelítés: $v_u \sim 1/r$ (súrl. mentes pot. áramlás)

Vagyis: áramvonalak logaritmikus spirál alakúak.
Csigaház kontúrja ehhez illeszkedjen.

De: ez csak közelítés, az optimális alak eltér.



Csigaház

Nyelvet beviszik a kilépő
keresztmetszetbe:
+ Szándékos leválás, diffúzorhatás
- Fokozott zajkeltés

A járókerék-lapátozás jellegzetességei

Abszolút:

- Instacionárius
- Örvénymentes (Thomson t.)

Relatív:

- Stacionárius
- Örvényes

Belépő sebesség rendszerint perdületmentes (kivétel: pl. előterelő).

Meridián (radiális) sebesség a kontinuitásból:

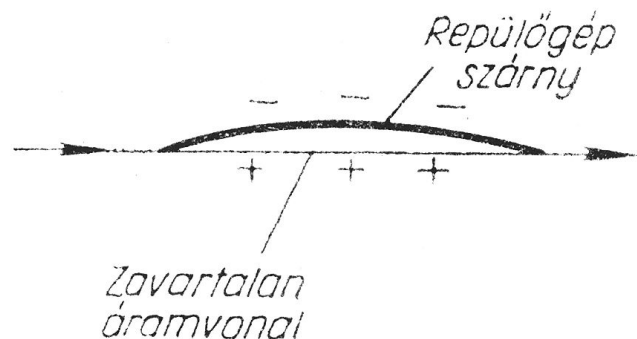
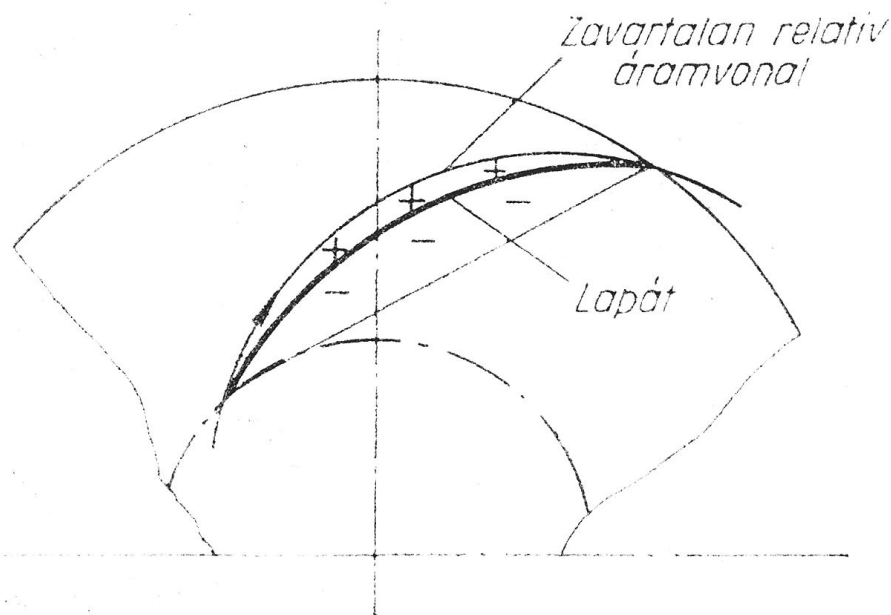
$$q_v = D_1 \cdot \pi \cdot b_1 \cdot v_{1r} = D_2 \cdot \pi \cdot b_2 \cdot v_{2r}$$

A járókerék-lapátozás jellegzetességei

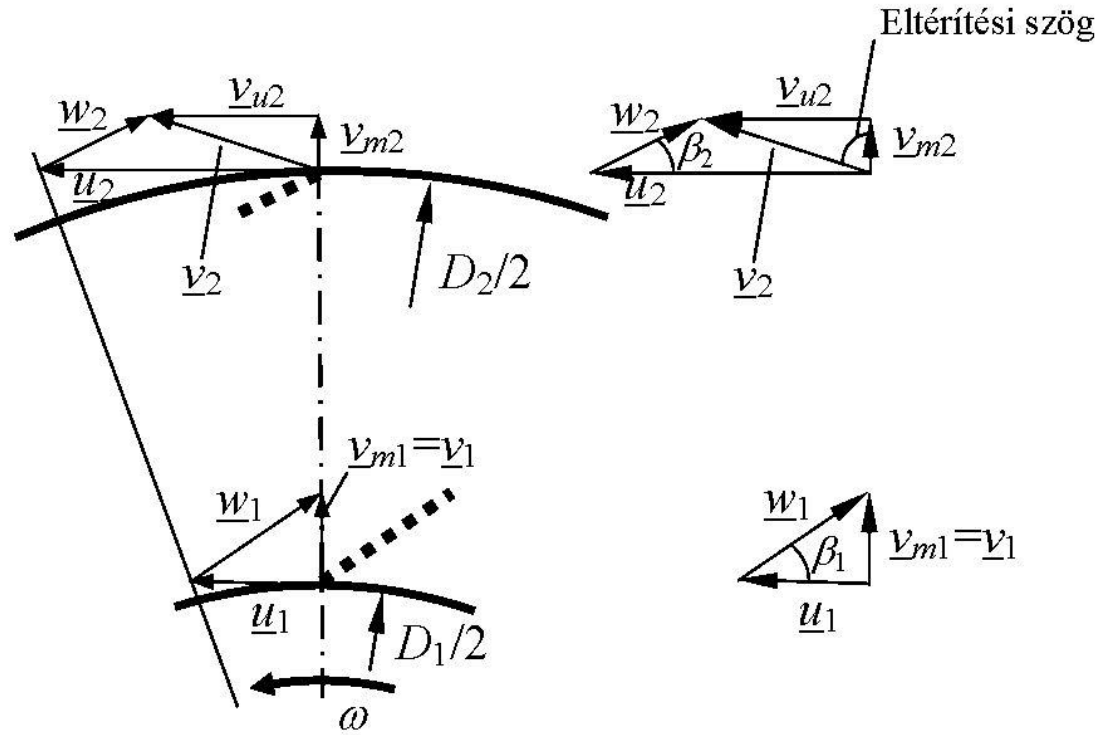
Végtelen sok, végtelen vékony lapát:
áramvonalak párhuzamosak a lapáttal.

Véges \sim : nem párhuzamos.

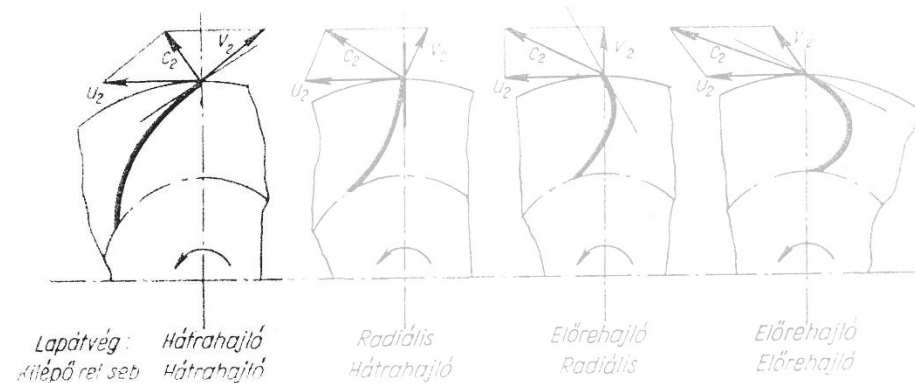
Ívelt középvonal a nyomáskülönbséghez.

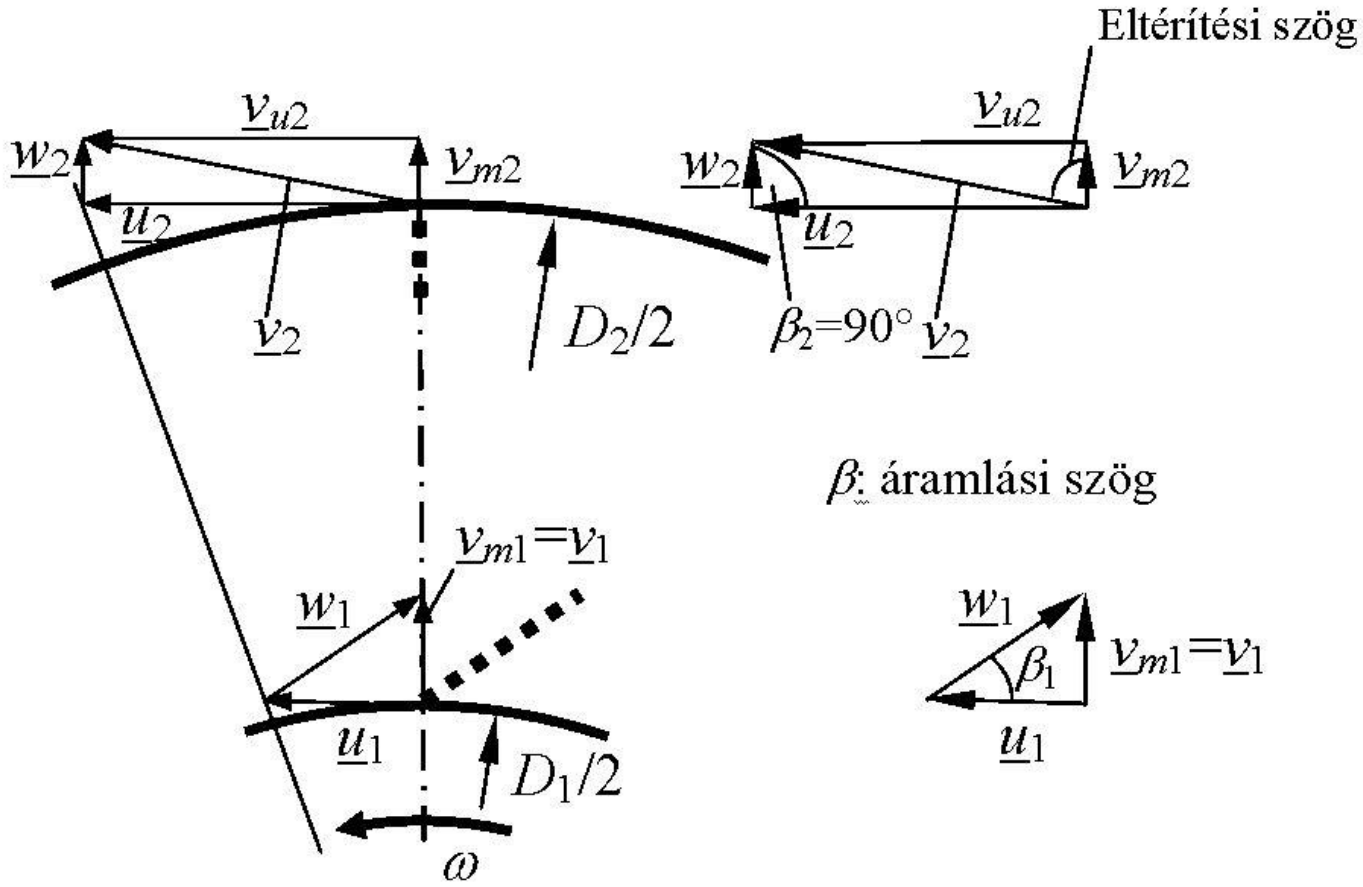


A lapátózás típusai

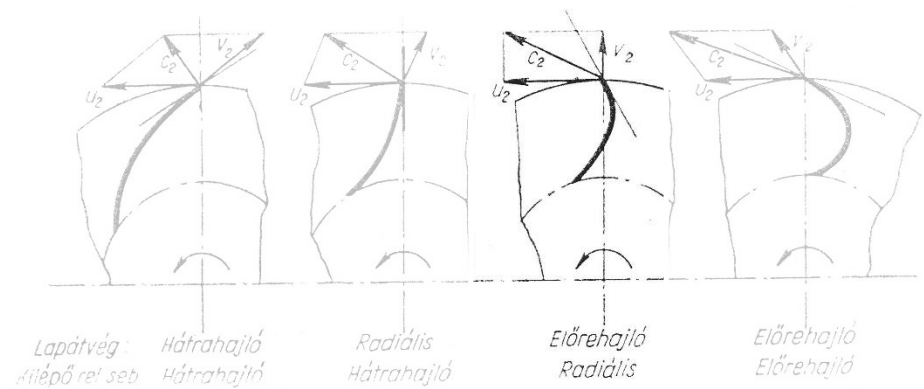


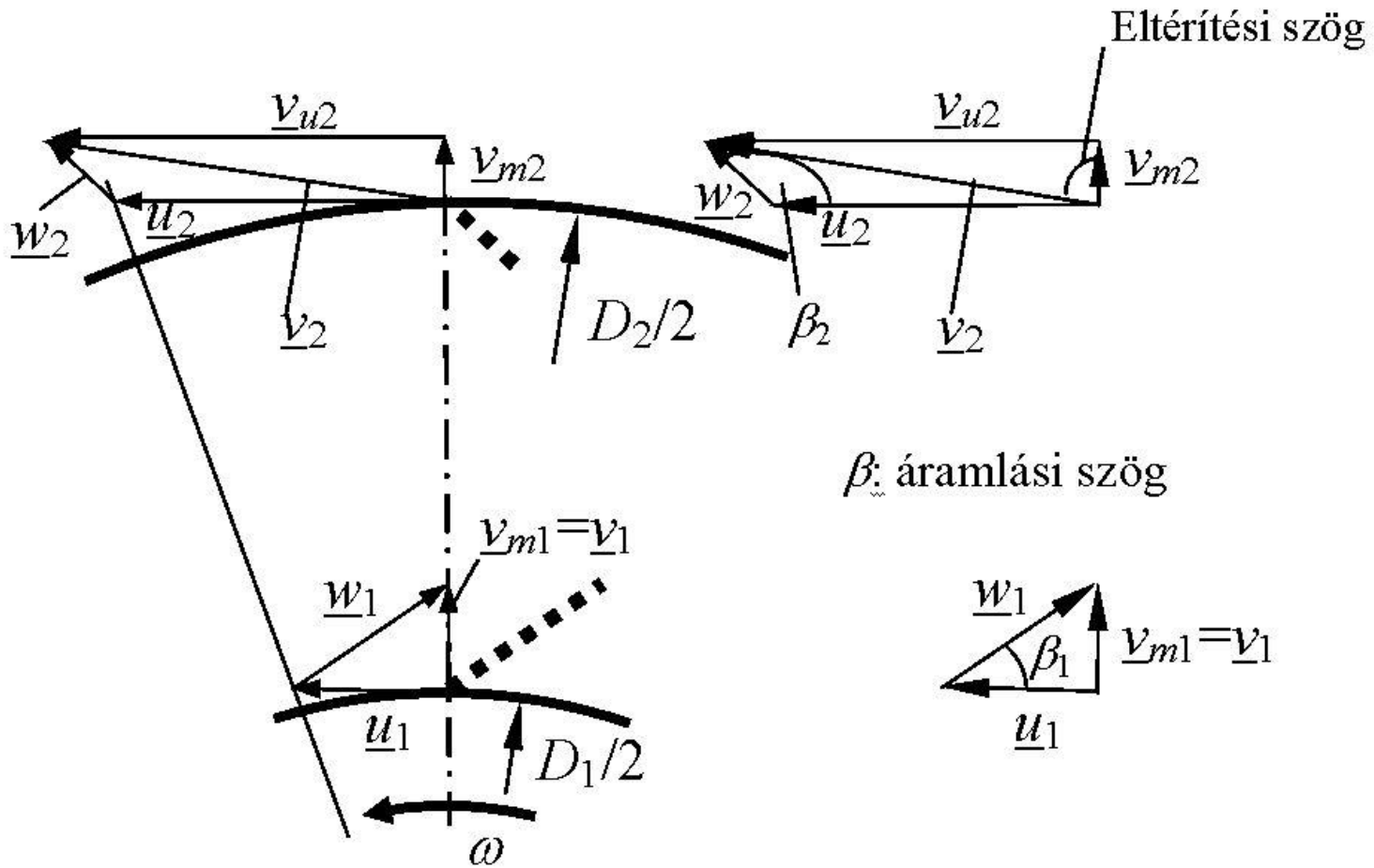
Hátrahajló



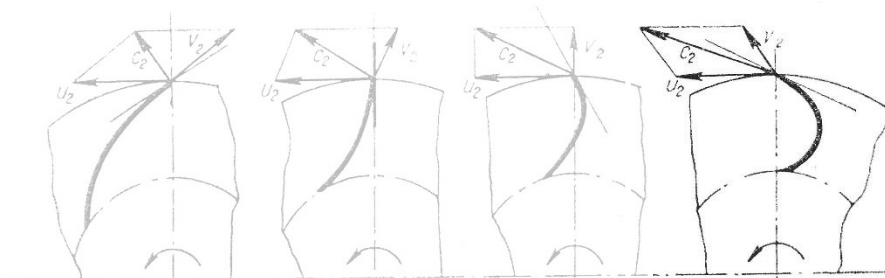


Radiális





Előrehajló



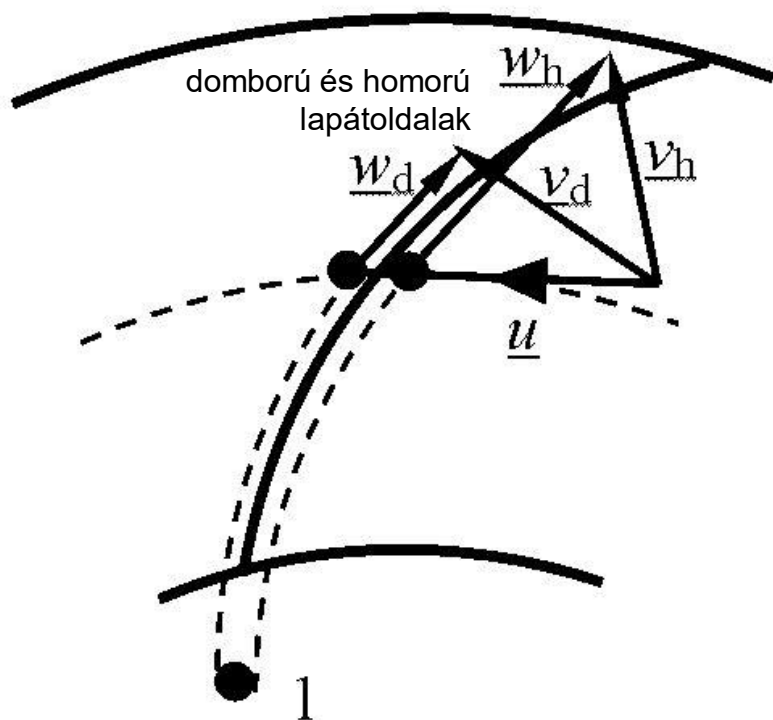
Lapátvég: Hátrahajló Hátrahajló Radiális Hátrahajló Előrehajló Radiális Előrehajló Előrehajló

Hogyan dönthető el szemrevételezéssel, milyen lapátozásról van szó?

- Radiális: a házba benézve a kilépő élek alapján
- Előrehajló:
 - kisebb húr hossz
 - jelentősen nagyobb lapátszám
 - az elő- és hátlap párhuzamos
 - körív-lemezlapát

Megnevezés	Hátrahajló lapátozású járókerék	Előrehajló lapátozású járókerék
Átmérőviszony D_2/ D_1	1.3 – 1.8	1.1 – 1.3
Lapátszám N	6 - 12	25 - 48
Lapátszélesség b_1/ b_2	1.0 – 1.5	1.0

Lapátműködés



Feltételezés: végtelenül vékony lapát

$$\underline{v} = \underline{w} + \underline{u}$$

$$\underline{rot} \underline{v} = \underline{rot} \underline{w} + \underline{rot} \underline{u} = \underline{rot} \underline{w} + 2\underline{\omega}$$

Örvénymentes beszívás \rightarrow a lapátcsatornában is örvénymentes:

$$\underline{rot} \underline{v} = \underline{0} = \underline{rot} \underline{w} + 2\underline{\omega}$$

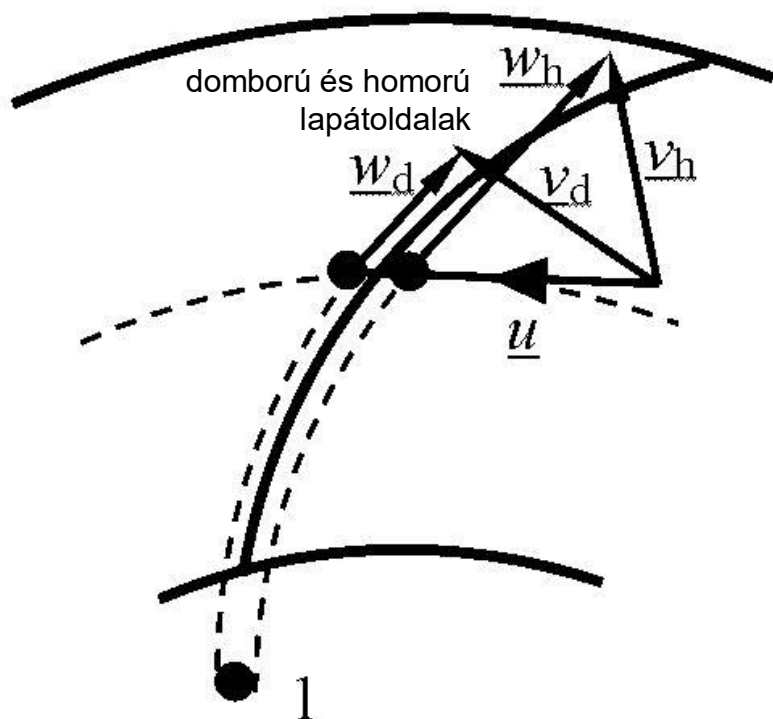
$$\underline{rot} \underline{w} = -2\underline{\omega}$$

Ezáltal:

$$-\underline{w} \times \underline{rot} \underline{w} = 2\underline{w} \times \underline{\omega} = \underline{g}_{Coriolis}$$

így a vonatkozó vonalintegrálok kiejtik egymást.

Lapátműködés



Bernoulli:

$$p_1 + \frac{\rho}{2} w_1^2 + \rho U_1 = p_d + \frac{\rho}{2} w_d^2 + \rho U_d$$

$$p_1 + \frac{\rho}{2} w_1^2 + \rho U_1 = p_h + \frac{\rho}{2} w_h^2 + \rho U_h$$

Egymásból kivonva:

$$p_d - p_h = \frac{\rho}{2} (w_h^2 - w_d^2)$$

A lapát működéséből adódóan:

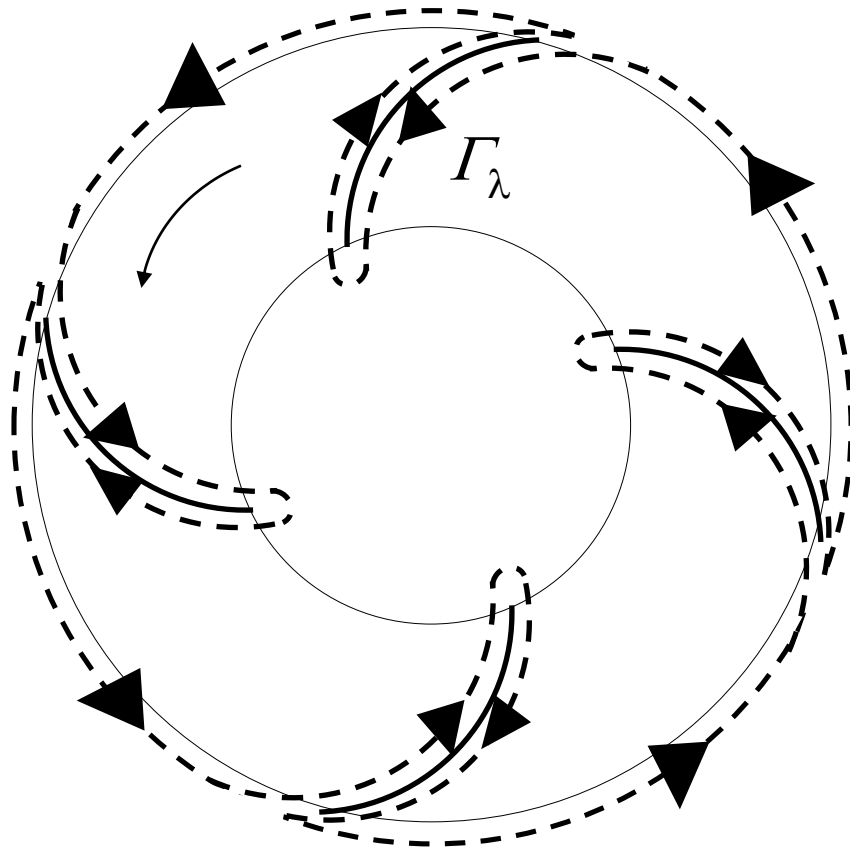
$$p_d > p_h \quad \text{ezért} \quad w_h > w_d$$

vagyis a lapát szingularitásként működik (sebességugrás).

Ezért a cirkuláció:

$$\Gamma_\lambda = \oint \underline{v} ds \neq 0$$

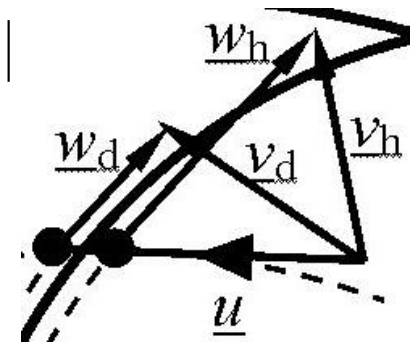
$$\Delta p_{\text{oid}} = \rho(v_{2u}u_2 - v_{1u}u_1)$$



Stokes alapján: $\oint \underline{w} ds = \int \underline{rot} w dA$

$$-|w_{2u}|2r_2\pi - N\Gamma_\lambda = -2\omega(r_2^2\pi - NA_\lambda)$$

mivel $|w_{2u}| = |u_2 - v_{2u}|$



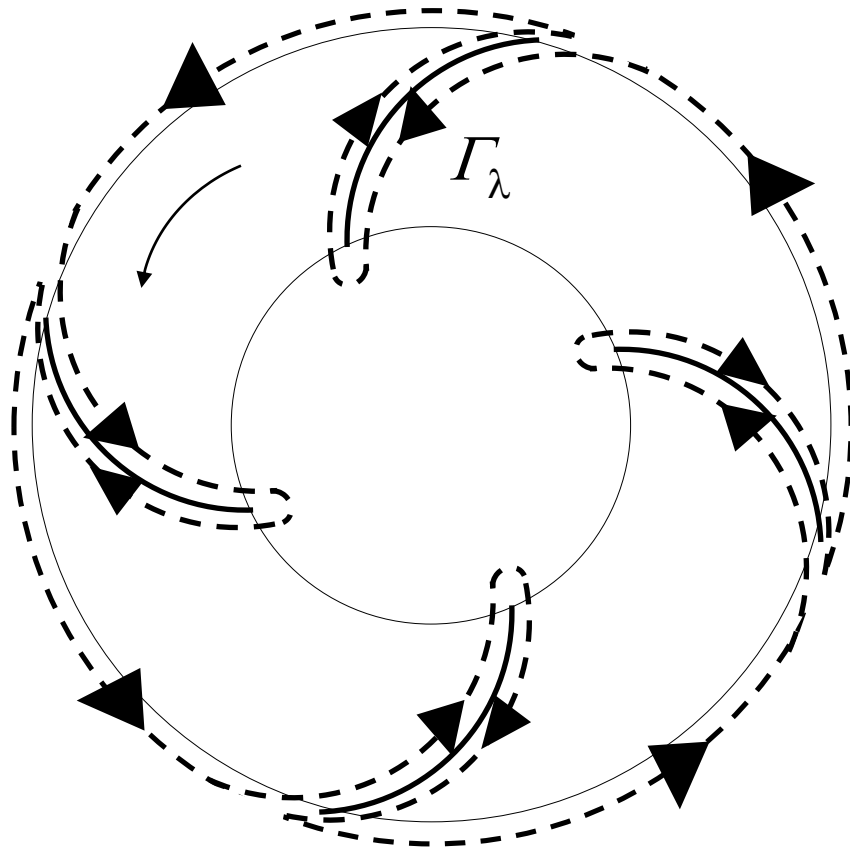
+ Lapátvastagság elhanyagolása

$$u_2 2r_2\pi - v_{2u} 2r_2\pi + N\Gamma_\lambda = 2\omega r_2^2\pi$$

mivel $u_2 = \omega r_2$

$$v_{2u} 2r_2\pi = N\Gamma_\lambda$$

$$\Delta p_{\text{oid}} = \rho(v_{2u}u_2 - v_{1u}u_1)$$



$$v_{2u} 2r_2 \pi = N\Gamma_\lambda \quad / \cdot \rho\omega/2\pi$$

$$\rho v_{2u} u_2 = \frac{\rho\omega}{2\pi} N\Gamma_\lambda$$

$$\Delta p_{\text{oid}} = \rho v_{2u} u_2 = \frac{\rho\omega}{2\pi} N\Gamma_\lambda$$

Vagyis ahhoz, hogy a lapátozás
össznyomás-növekedést hozzon
létre, a lapátok körül cirkulációnak
kell megvalósulnia.

A lapáattervezés fejlődésének lépései

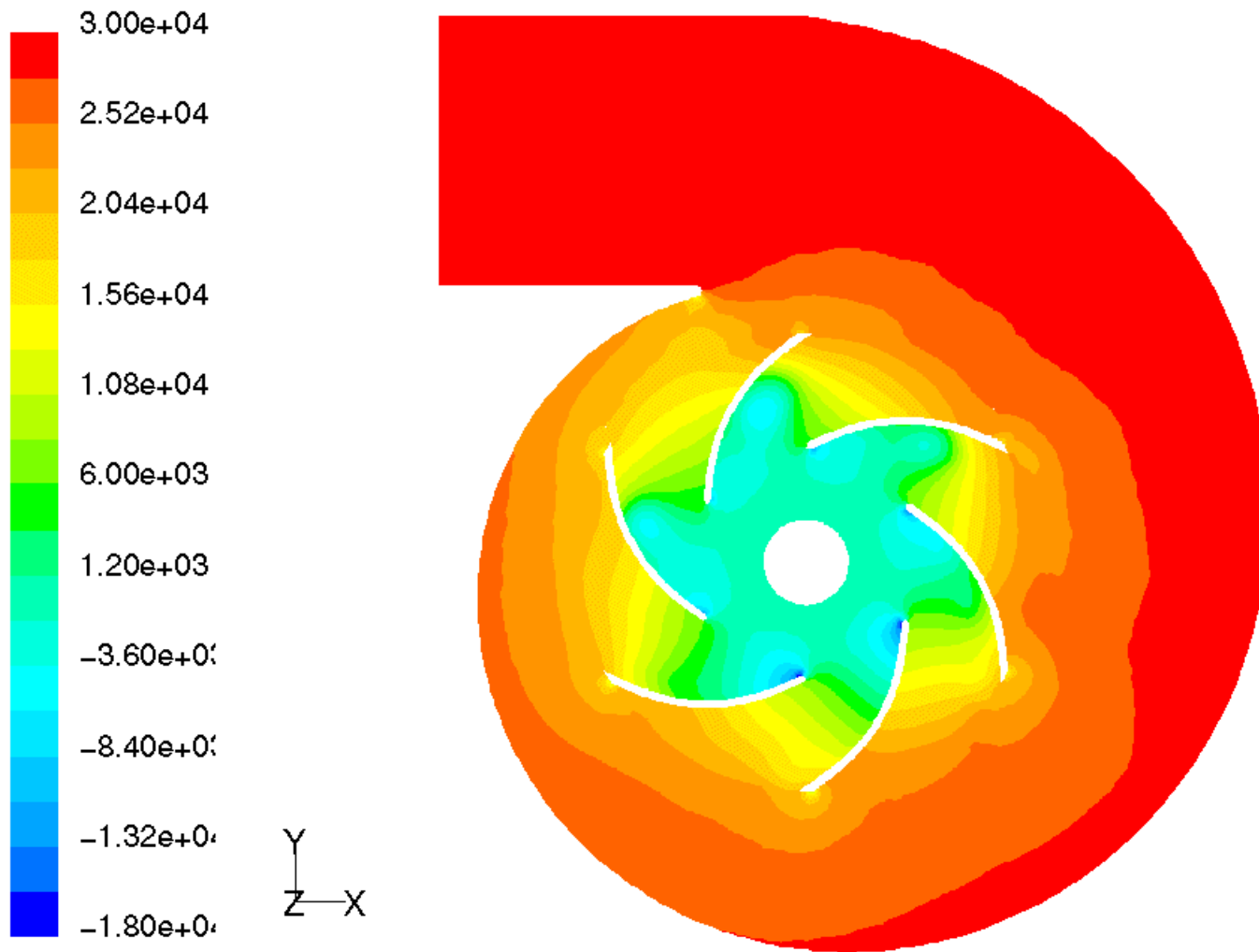
A/ Alaptervezés

B/ + Tapasztalati korrekciók

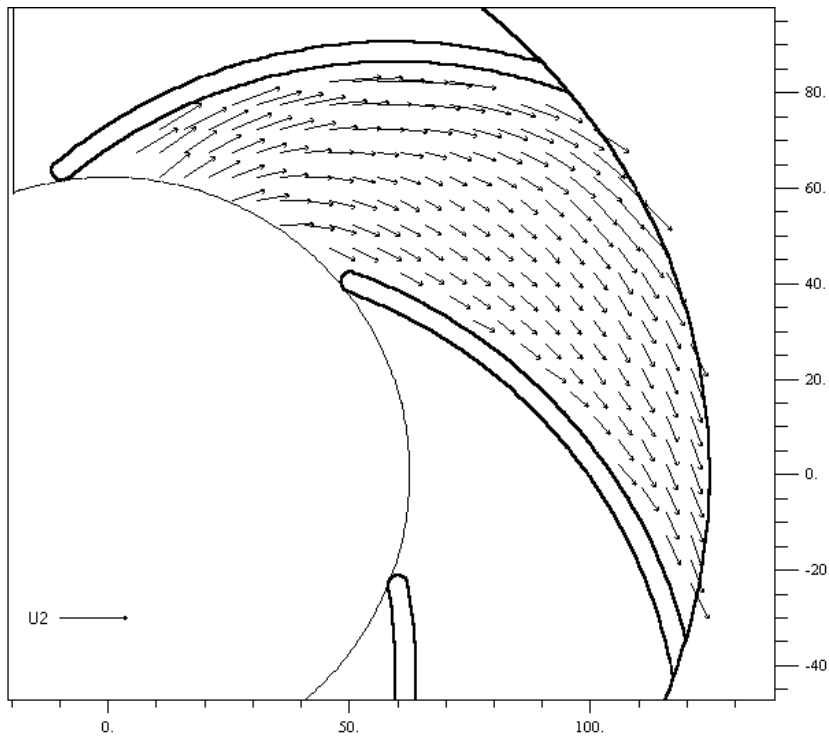
C/ Szingularitások módszere

D/ + A súrlódás hatásának figyelembe vétele

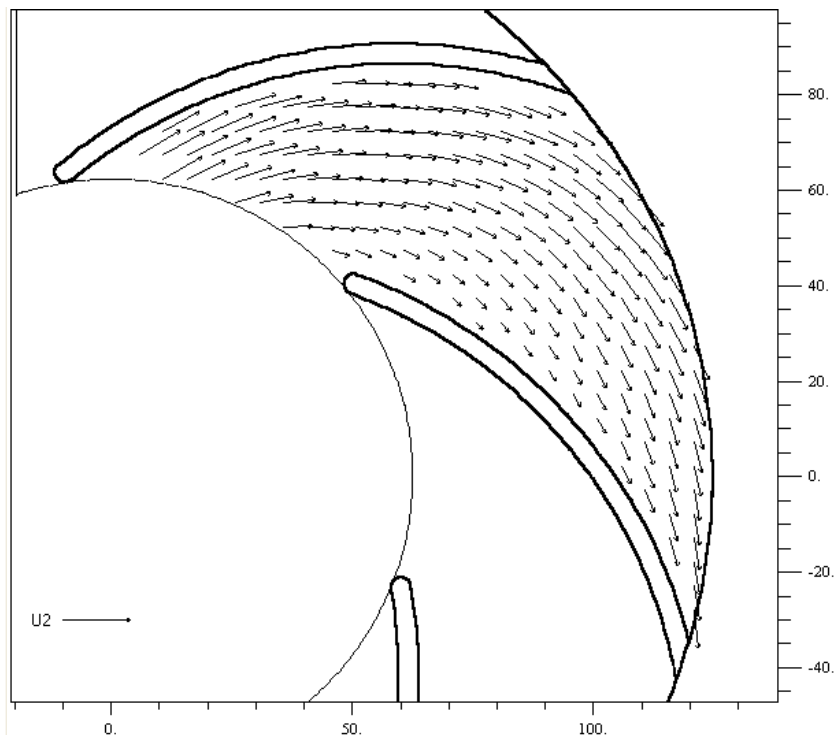
E/ Jelenlegi gyakorlat: CFD alapú tervezés



Contours of Static Pressure (pascal) (Time= 1.5000×10^{-1})



PIV mérés

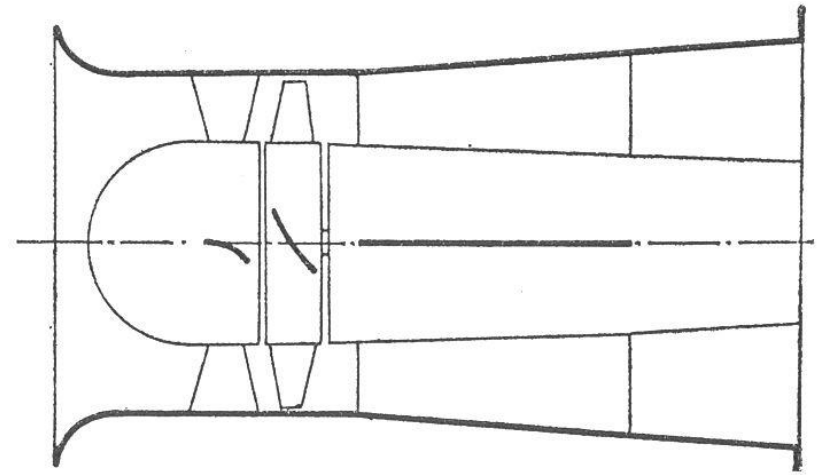
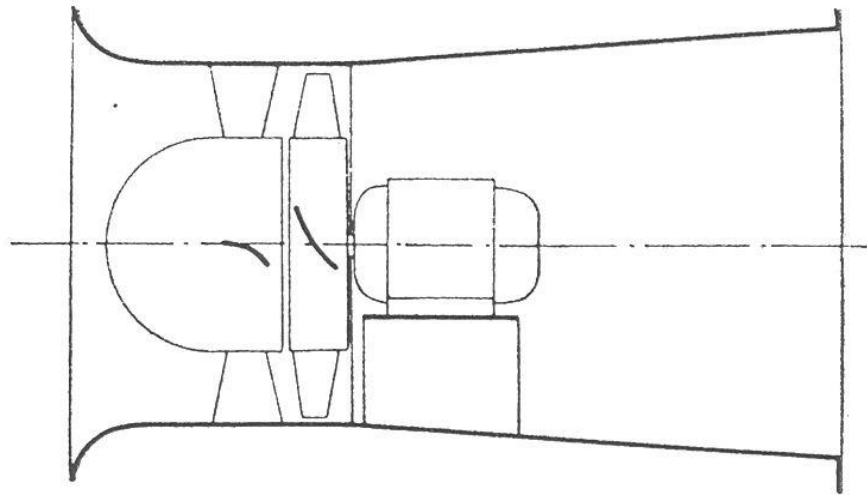
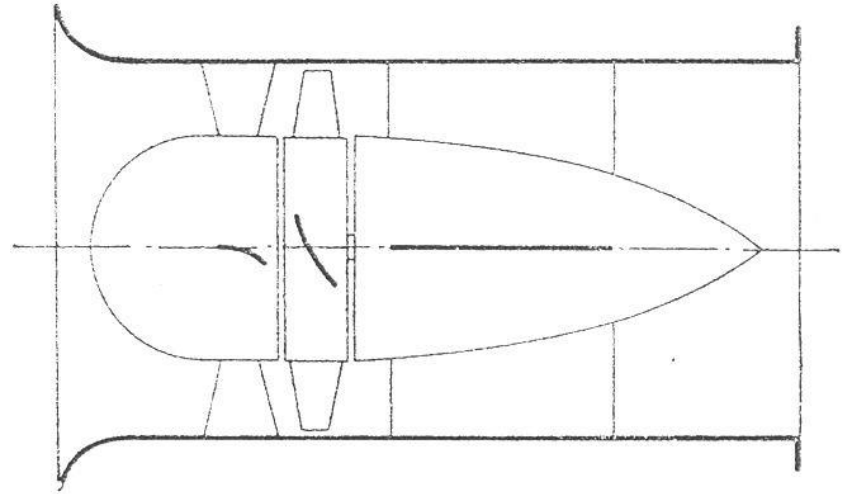
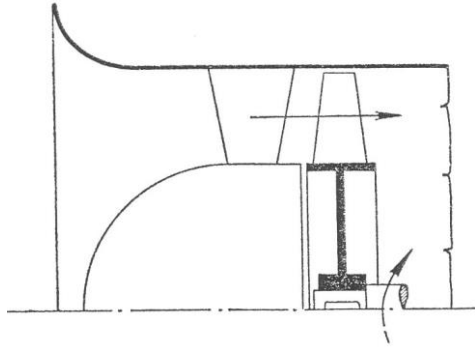


FLUENT szimuláció

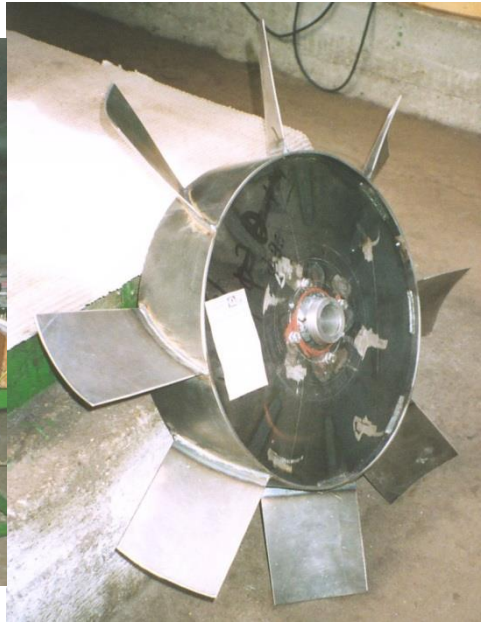
AXIÁLIS ÁTÖMLÉSŰ VENTILÁTOROK

Konstrukciók

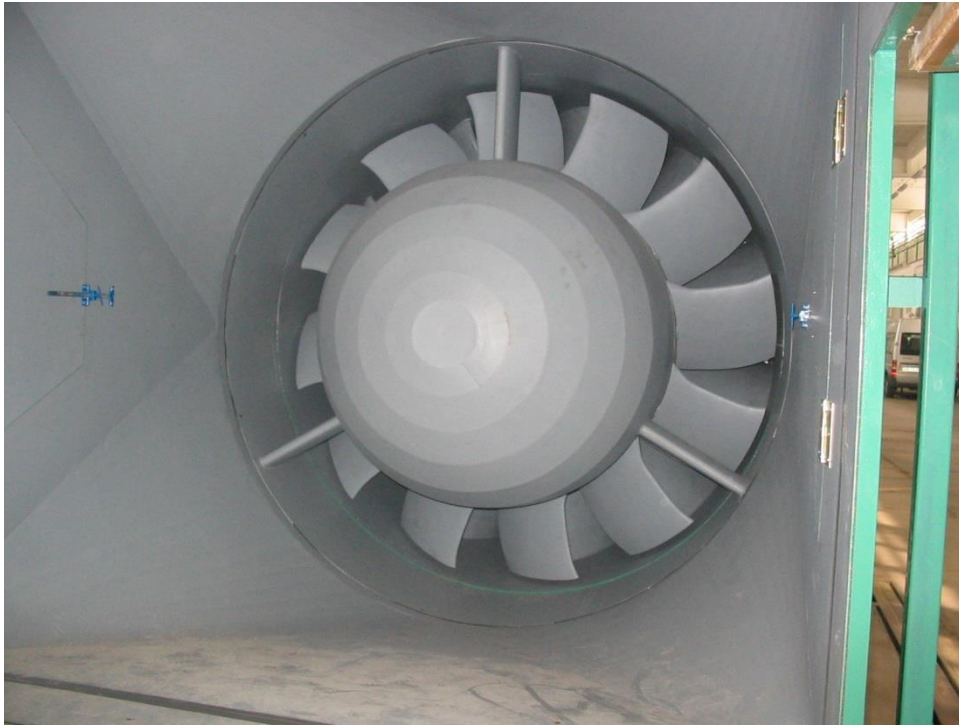
- Lemezlapátos – Profilos lapátos
- Terelő nélküli – Elő- vagy utóterelős
- Orrkúppal (forgó vagy álló) – Orrkúp nélkül
- Légréssel – légrés nélkül
- Közvetlen – közvetett hajtású
- Diffúzor nélkül – agydiffúzorral és / vagy külső diffúzorral



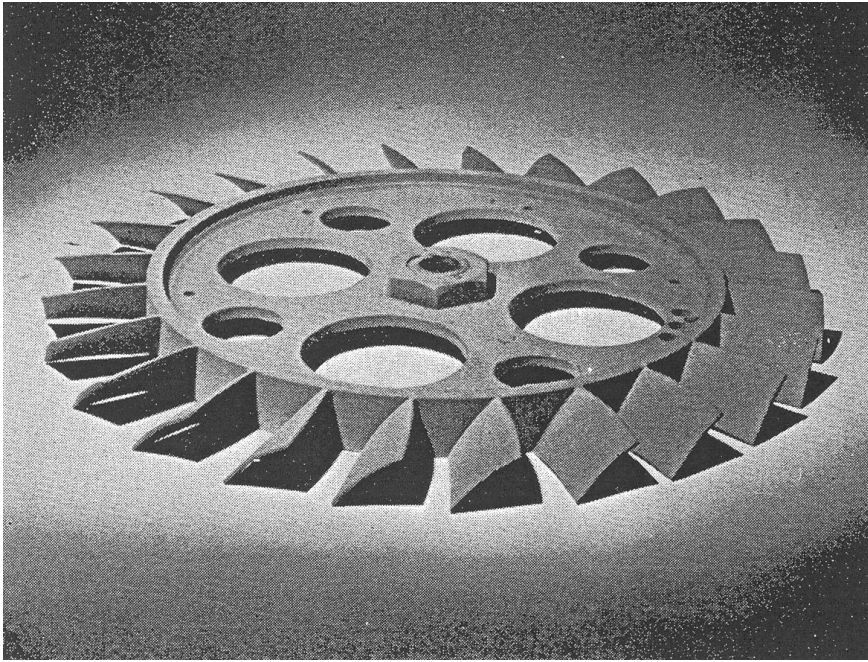
Előterelő elrendezés diffúzor nélkül, agydiffúzorral, külső diffúzorral és agydiffúzor nélkül, külső- és agydiffúzorral.



Lemezlapátos járókerék
orrkúppal és orrkúp nélkül,
közvetlen hajtás, utóterelő

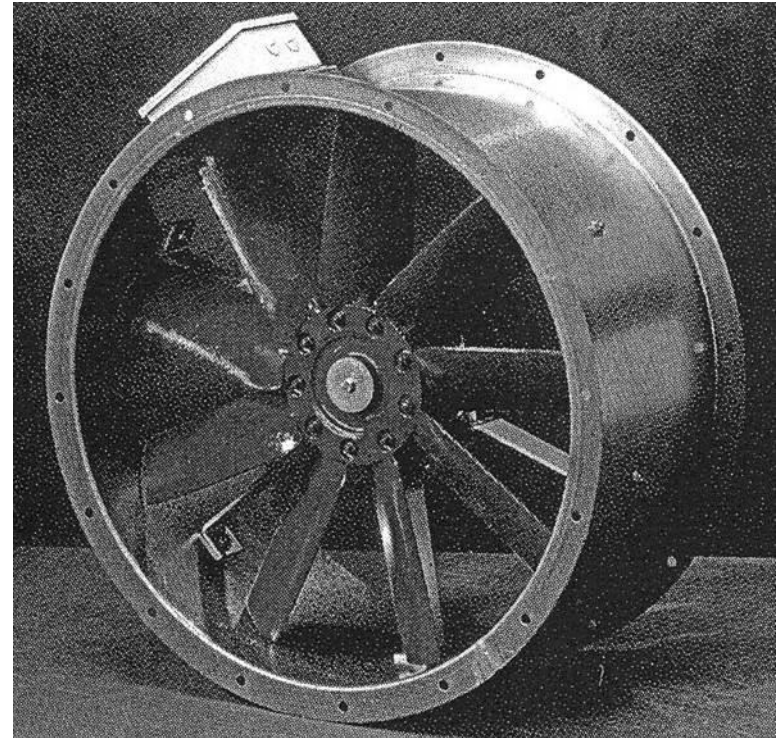


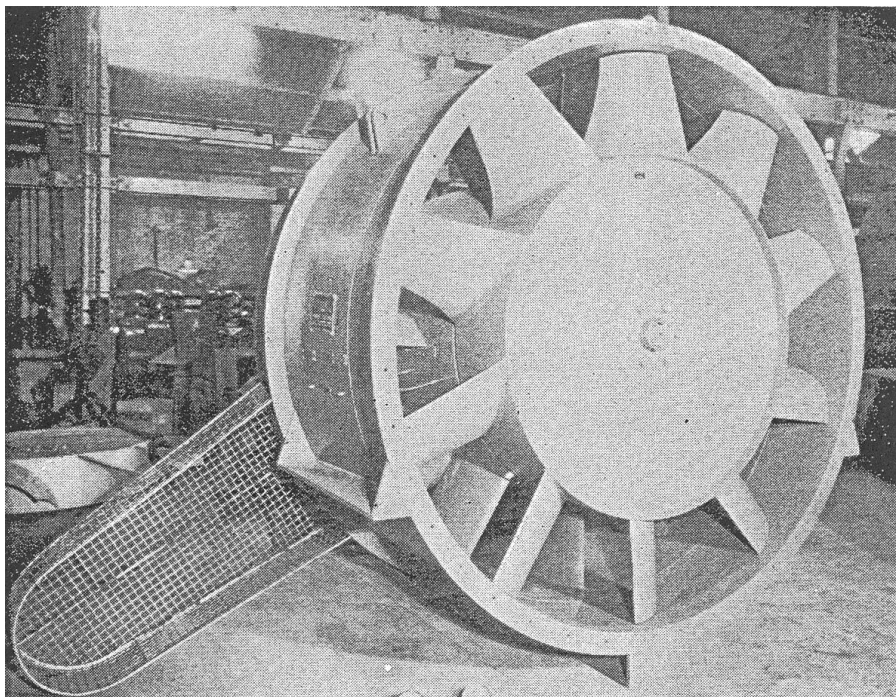
Profilos lapátosú járókerék
orrkúppal, közvetett hajtás,
profilos lapátosú utóterelő



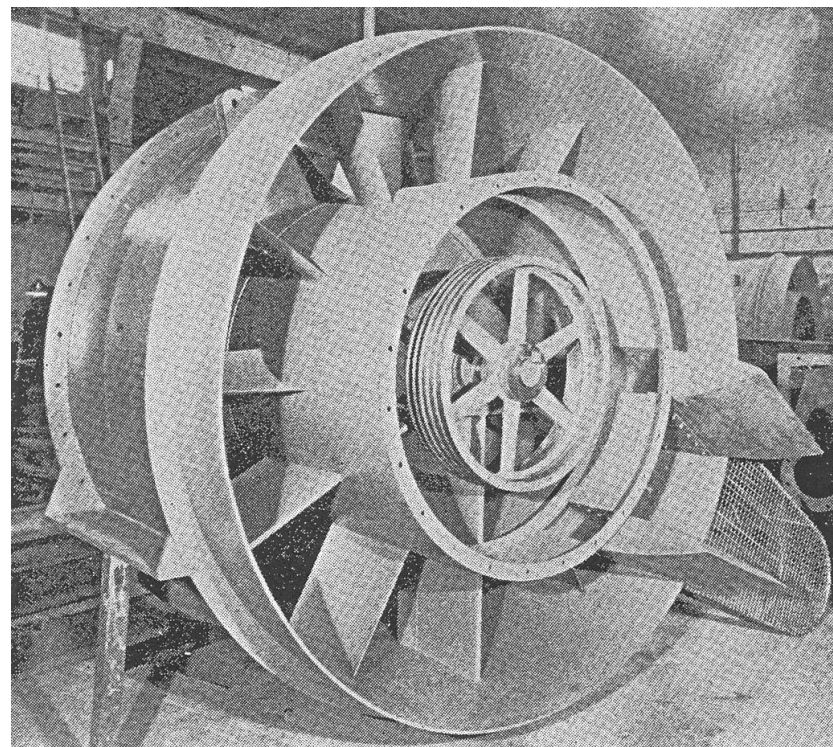
Lemezlapátos járókerék

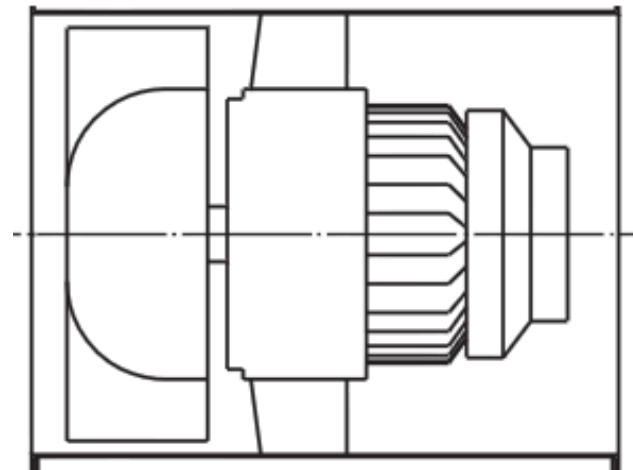
Állítható szögű profilos lapátos járókerék



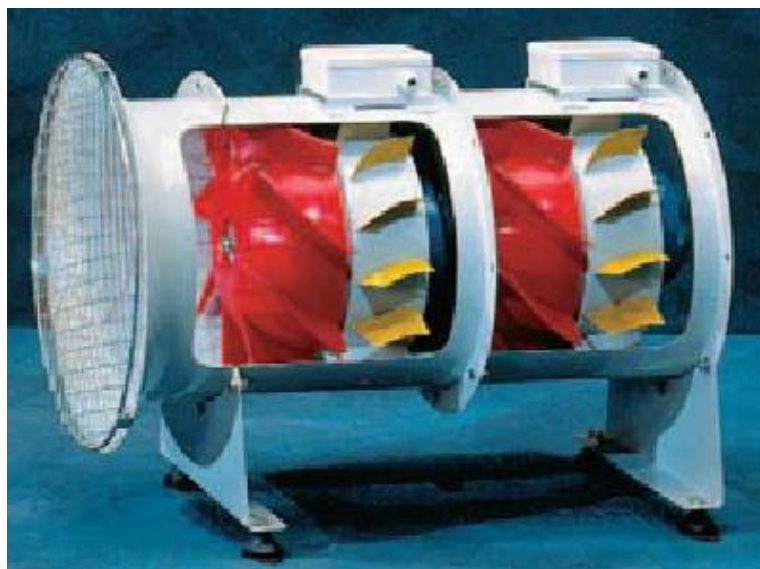


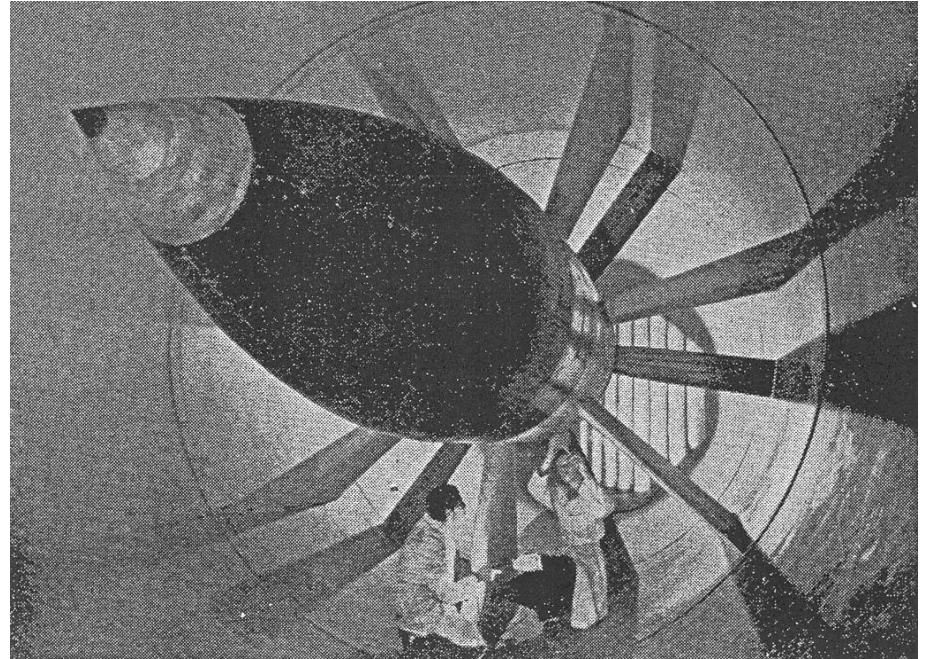
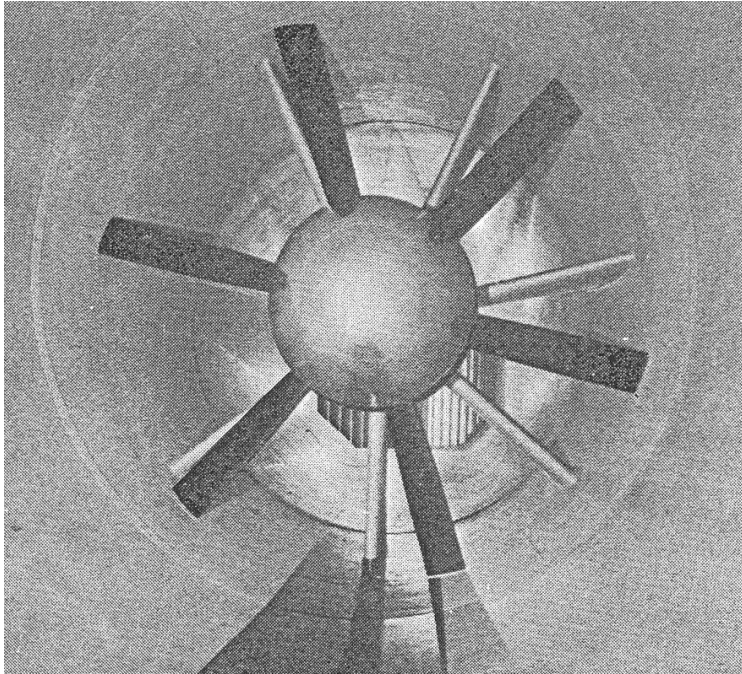
Közvetett hajtású utóterelő ipari ventilátor





Közvetlen hajtású utóterelő félaxiális ventilátor,
egy- és többfokozatú





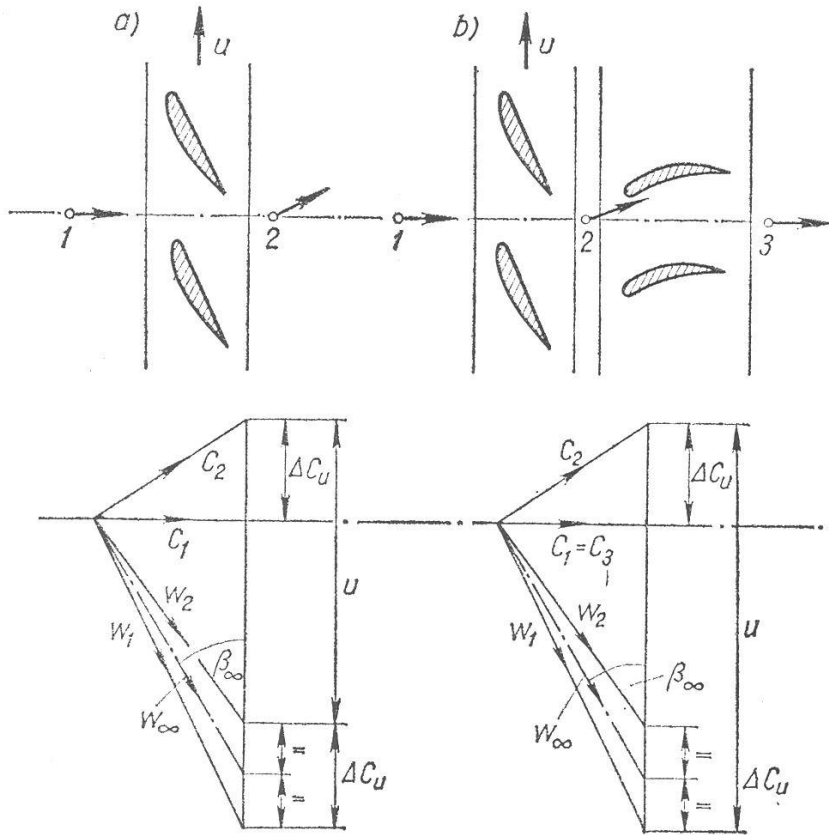
Közvetlen hajtású szélcsatorna-ventilátor
agydiffúzorral

Axiális ventilátorok össznyomás-növekedése

$$\Delta p_{\text{öid}} = \rho(v_{2u}u_2 - v_{1u}u_1)$$

$$r_1 \approx r_2, u_1 \approx u_2$$

$$\Delta p_{\text{öid}} = \rho u(v_{2u} - v_{1u}) = \rho u \Delta v_u$$

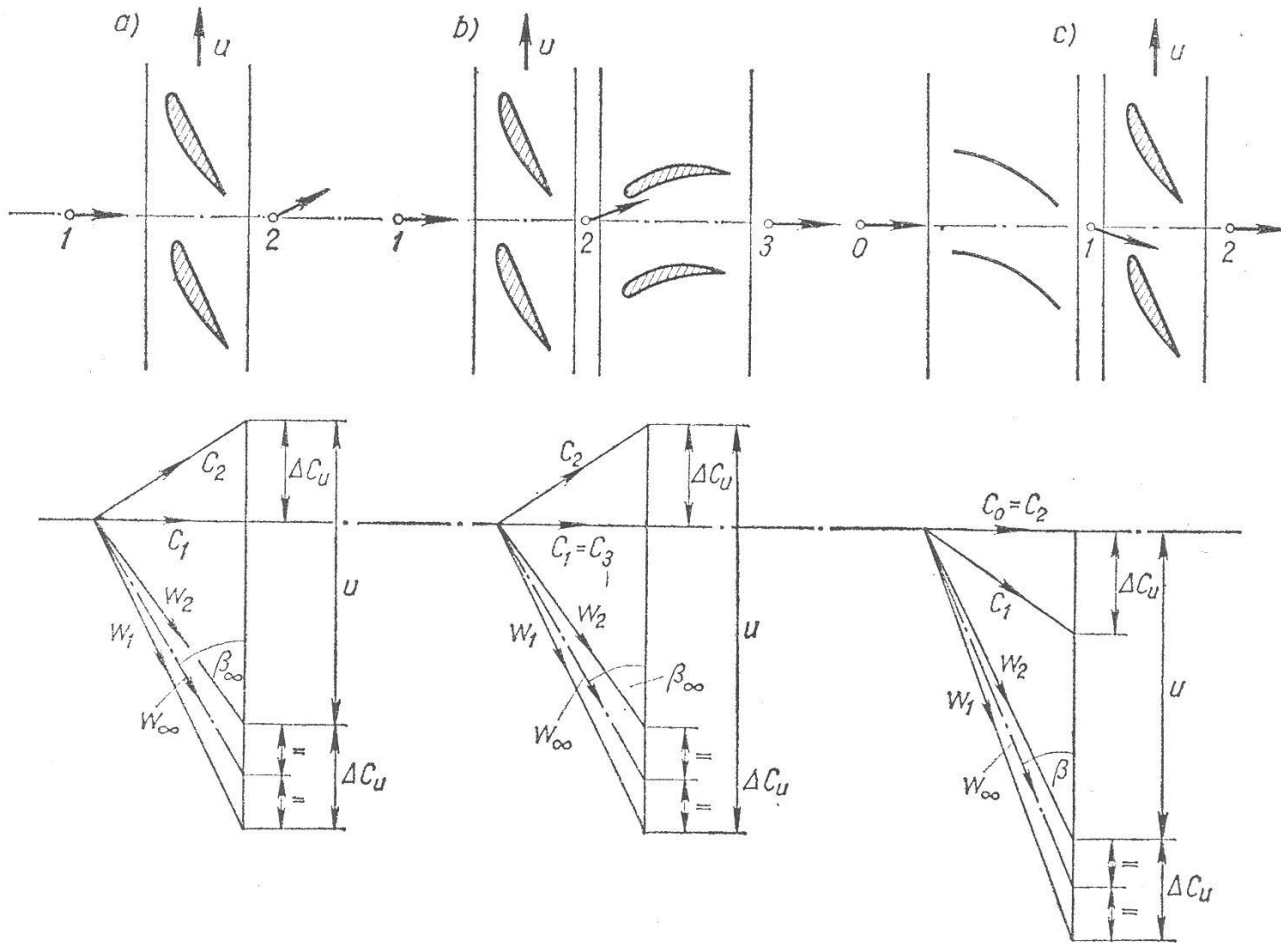


Járókerék lapátrács
lassító: $w_2 < w_1$

Utóterelő lapátrács
lassító: $c_3 < c_2$

$$w_\infty^2 = c_1^2 + \left(u - \frac{\Delta c_u}{2} \right)^2$$

$$\beta_\infty = \text{arc tg} \frac{c_1}{u - \frac{\Delta c_u}{2}}$$



Előterelő lapátrács
 gyorsító: $c_1 > c_0$

$$w_\infty^2 = c_0^2 + \left(u + \frac{\Delta C_u}{2} \right)^2 \quad \beta_\infty = \text{arc tg} \frac{c_0}{u + \frac{\Delta C_u}{2}}$$

Reakciófok: $\tau = \Delta p_{st} / \Delta p_{\ddot{o}}$

Utóterelő elrendezésre

$$\tau = (\Delta p_{st \text{ járókerék}} + \Delta p_{st \text{ utóterelő}}) / \Delta p_{st \text{ összes}}$$

$$\tau_{jk} < 1$$

Előterelő elrendezésre

$$\tau = (\Delta p_{st \text{ járókerék}} - \Delta p_{st \text{ előterelő}}) / \Delta p_{st \text{ összes}}$$

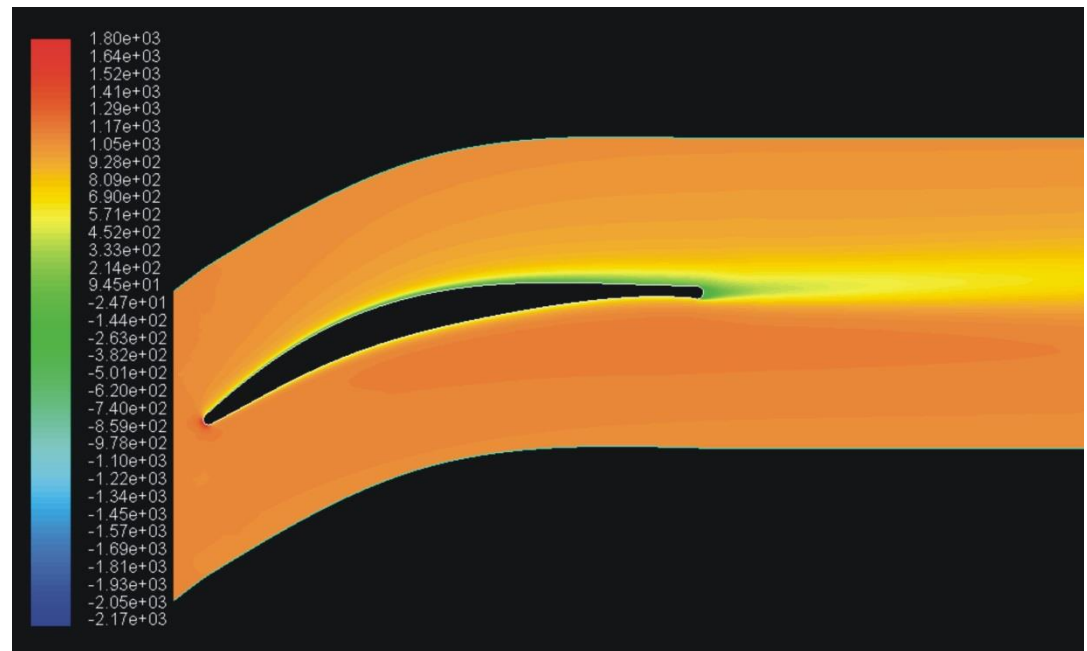
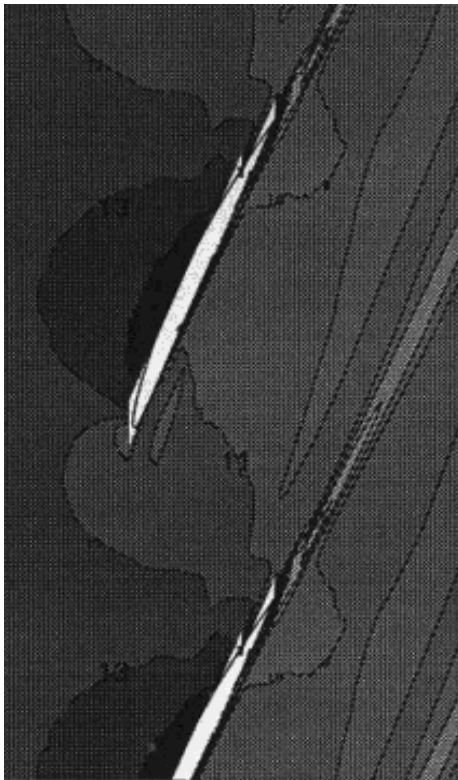
$$\tau_{jk} > 1$$

De: w_{∞} nagyobb \rightarrow adott u -val nagyobb $\Delta p_{\ddot{o}}$

Veszteségforrások:

Járókerék súrlódási vesztesége: elsősorban a szívott lapátoldal lassuló szakaszán, a határrétegben.

Többnyire 5% alatt



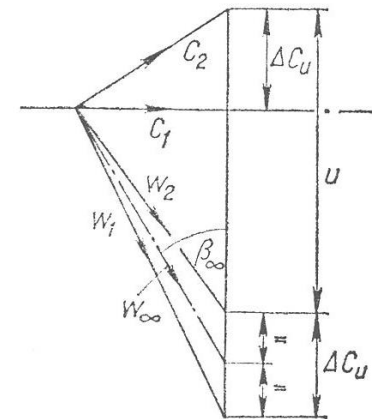
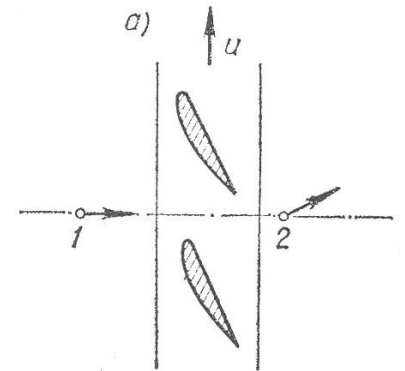
Járókerék súrlódási vesztesége (profilveszteség)

$$\Delta p_{\text{öid}} = \rho u (v_{2u} - v_{1u}) = \rho u \Delta v_u$$

$$\frac{\Delta p'_{jk}}{\Delta p_{\text{öid}}} = \frac{w_{\infty m}}{u_m} \frac{1}{\sin(\beta_{\infty m} + \delta)} \frac{c_{em}}{c_{fm}}$$

c_e : ellenállástényező
 c_f : felhajtóerő-tényező

Veszteségek számítása a középsugáron (közelítés)

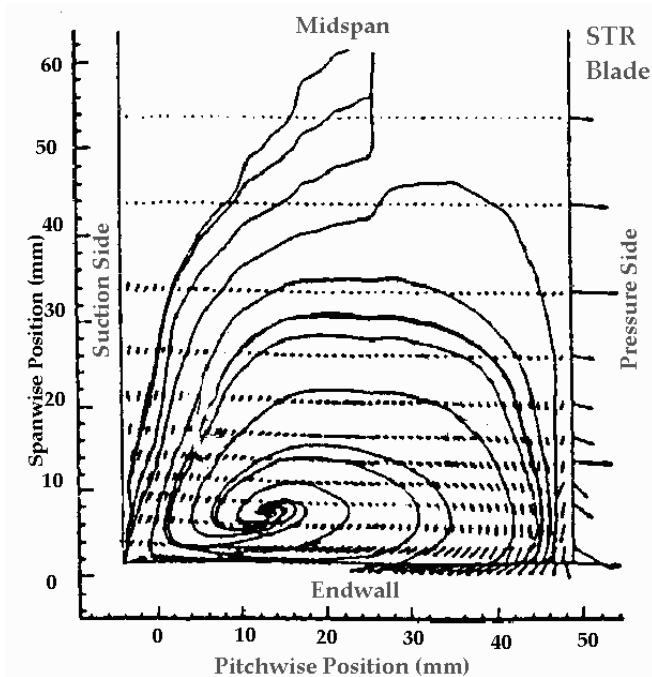


$$\delta = \frac{D}{D_{\text{von}}} = \frac{4\sqrt{\Psi_{\text{ö}}}}{\sqrt{\Phi}}$$

átmérőtényező

Szekunder veszteség

Klasszikus szemlélet:



Kompresszor-lapátrácsban a gyűrűfal közelében kimért szekunder örvény

Profilos lapátozásnál

$$c_{esz} = 0.018 c_f^2$$

Ívelt lemezlapátozásnál

$$c_{esz} = 0.025 c_f^2$$

c_{em} -hez hozzáadva

Korszerűbb szemlélet: a teljes áramlás 3D, a „szekunder áramlások” nincsenek elkülönítve.

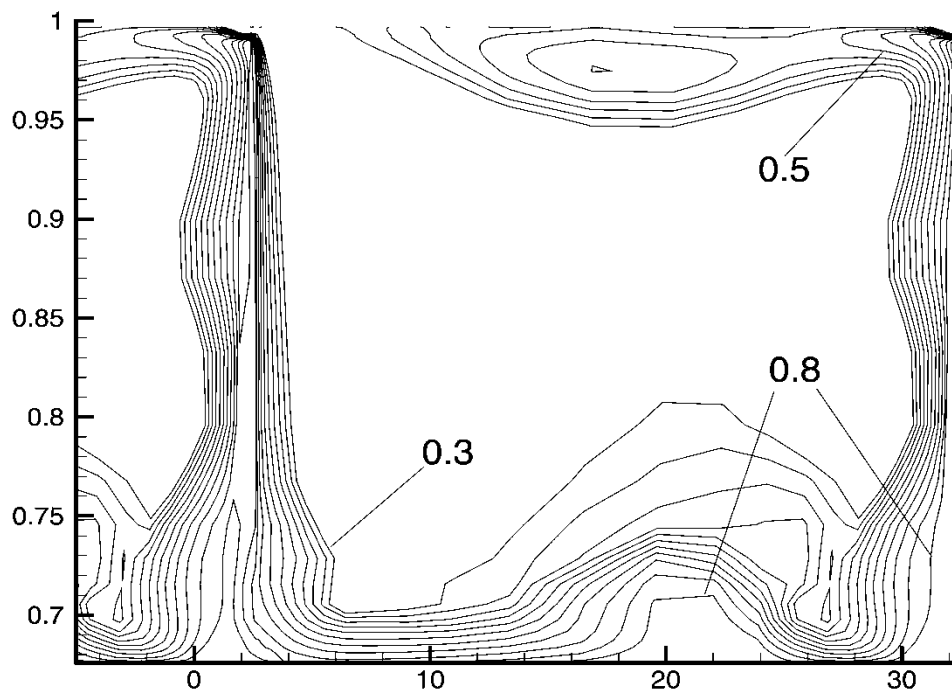
**Gyűrűellenállás: agy+burkolat palástján súrlódás.
Tapasztalati, konstans tényezők.**

Profilos lapátózásnál

$$\frac{\Delta p_{gy}}{\Delta p_{oid}} = 0.02$$

Ívelt
lemezlapátózásnál

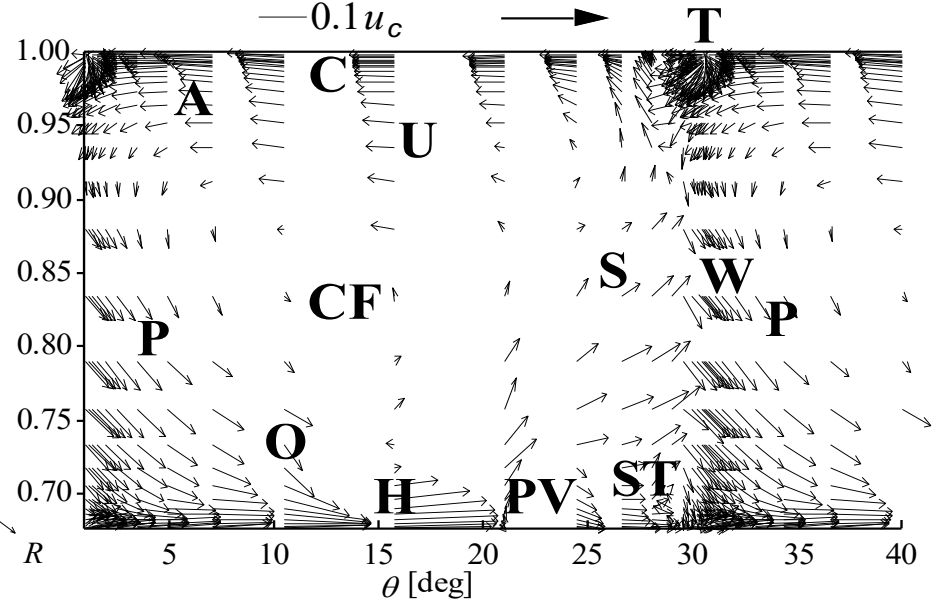
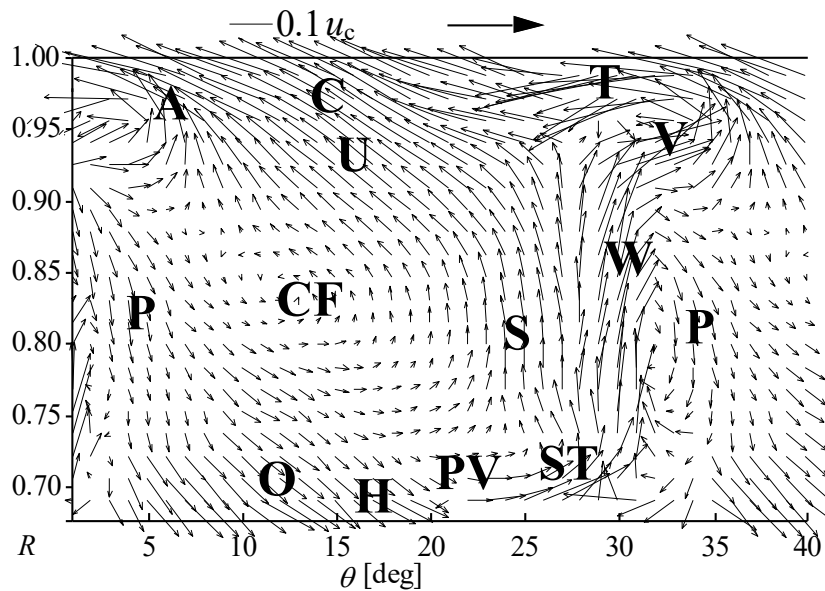
$$\frac{\Delta p_{gy}}{\Delta p_{oid}} = 0.03$$



**Járókerék-lapátcsatorna mögötti számított
össznyomásveszteség-tényező eloszlás**

Résveszteség: kb. 1 % lapátmagasságyi légrés veszteségét a szekunder és a gyűrűveszteség már tartalmazza, a további:

$$\frac{\Delta p_{rés}}{\Delta p_{öid}} = 2.5 \left(\frac{s}{h} - 0.01 \right) \quad (s: \text{résméret}, h: \text{lapátmagasság})$$



Járókerék lapátcsatornája mögötti szekunder áramlás vektordiagramja (LDA és CFD)

Elő- és utóterelő rács vesztesége: rel. seb. kisebb mint a járókeréken, így a veszteség is kisebb, kb. 3%

$$c_e = 0.016 \quad \text{Súrlódási}$$

$$c_{esz} = 0.018 c_f^2 \quad \text{Szekunder}$$

Forgási veszteség: csak terelőlapát nélküliben, vagy ha nem a tervezési pontban dolgozik. Érintőirányú seb. komp. négyzetéből, kb. 10%.

Elkerülése pl. 2 szembeforgó jk., nagy Δp_{\circ} , de drága és komplikált.

Diffúzorveszteség:

Csőbe: lapátgyűrű és a csőkeresztmetszet eltér, diffúzor vagy Borda-Carnot

Szabadba: kilépési veszteség, diffúzor a sebességcsökkentésre

Veszteségek összegzése (profilos lapát; szekunder-, gyűrű-, résveszteség):

$$\frac{\Delta p'}{\Delta p_{\circ id}} = \frac{w_{\infty m}}{u_m} \frac{1}{\sin(\beta_{\infty m} + \delta)} \frac{c_{em} + c_{esz}}{c_{fm}} + 0.02 + 2.5 \left(\frac{s}{h} - 0.01 \right)$$