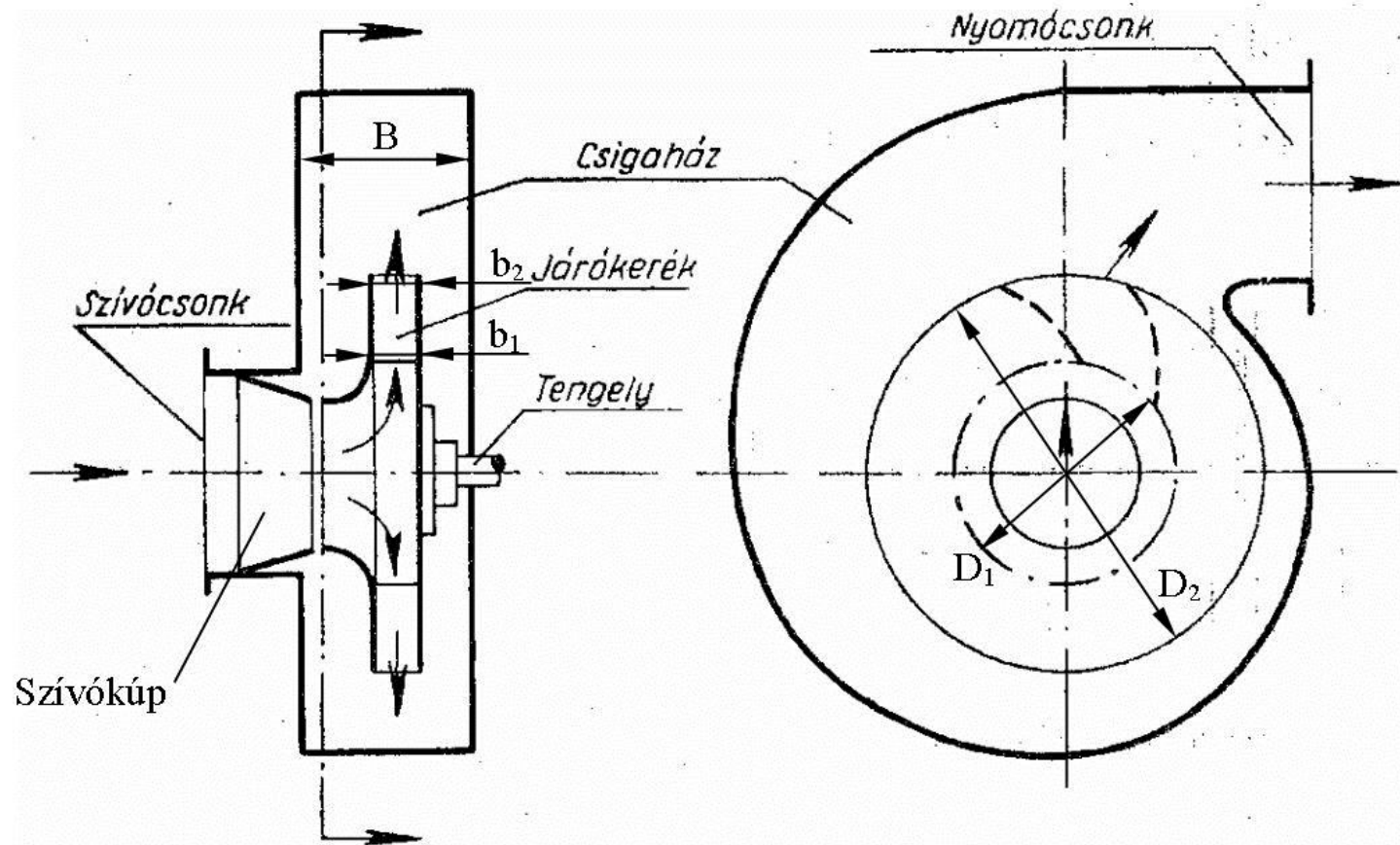
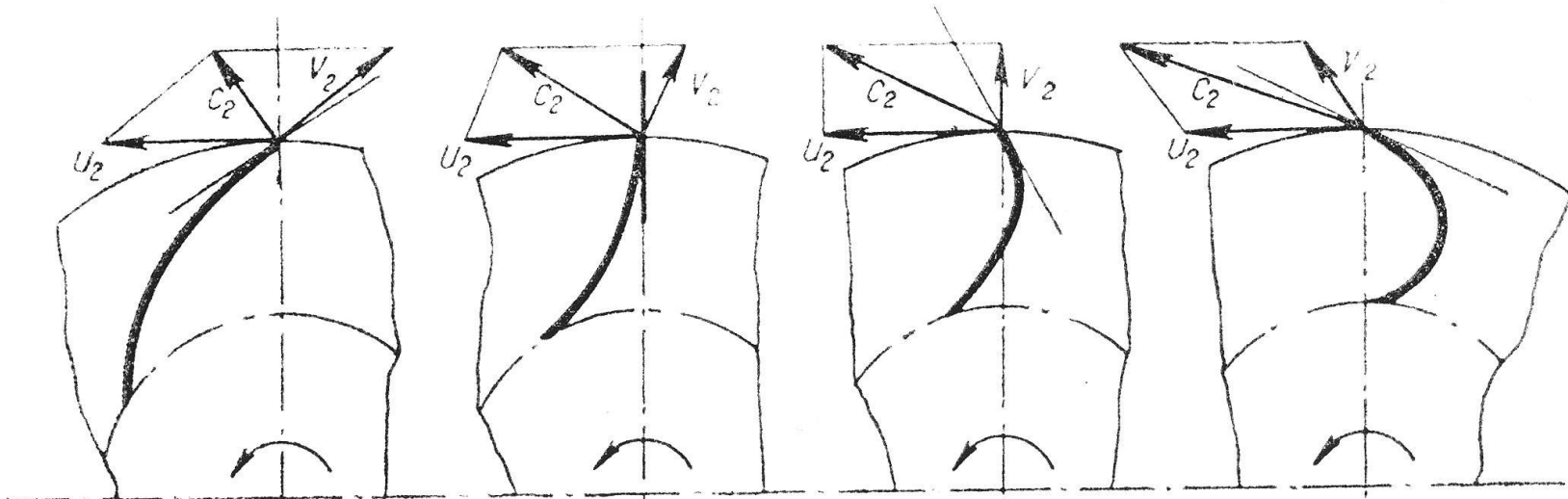


# **RADIÁLIS ÁTÖMLÉSŰ VENTILÁTOROK**

# Szerkezeti elemek





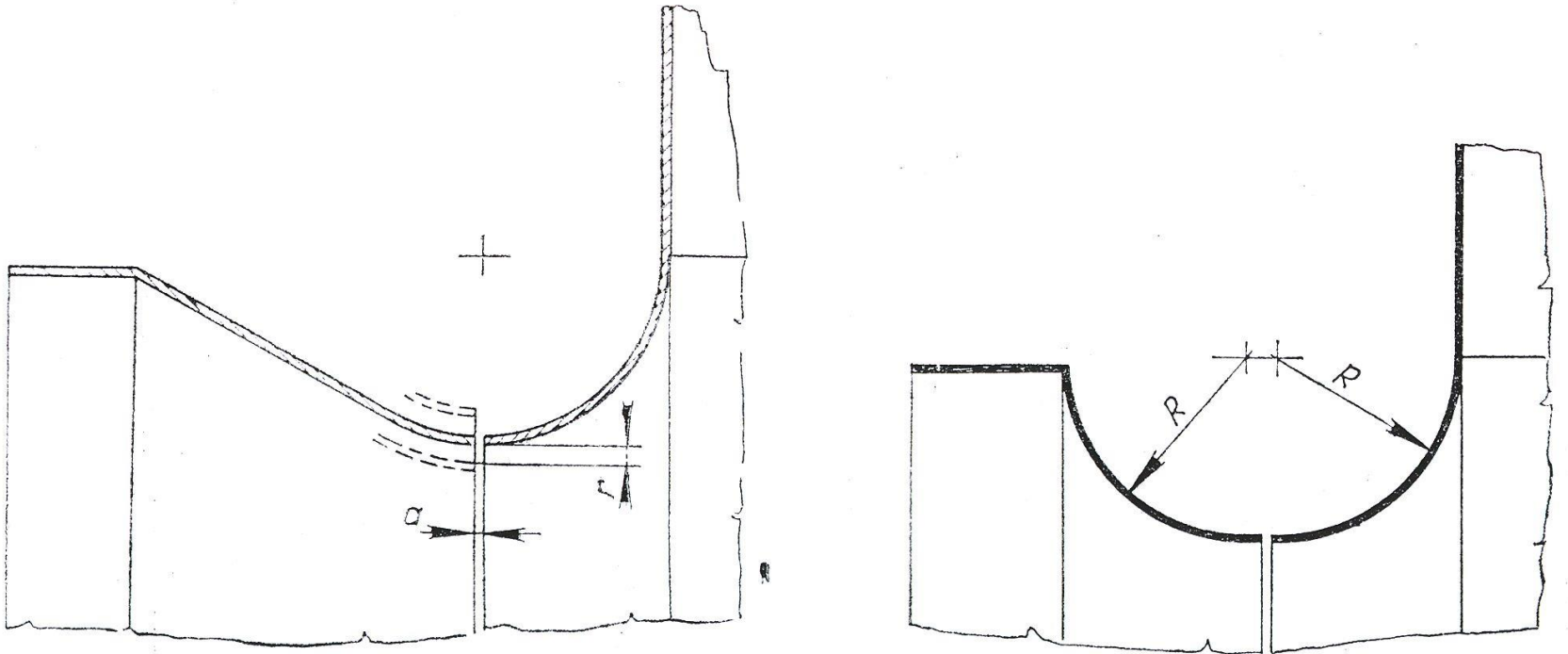
Lapátvég : Háttrahajló  
 Kilépő rel seb Háttrahajló

Radiális  
 Háttrahajló

Előrehajló  
 Radiális

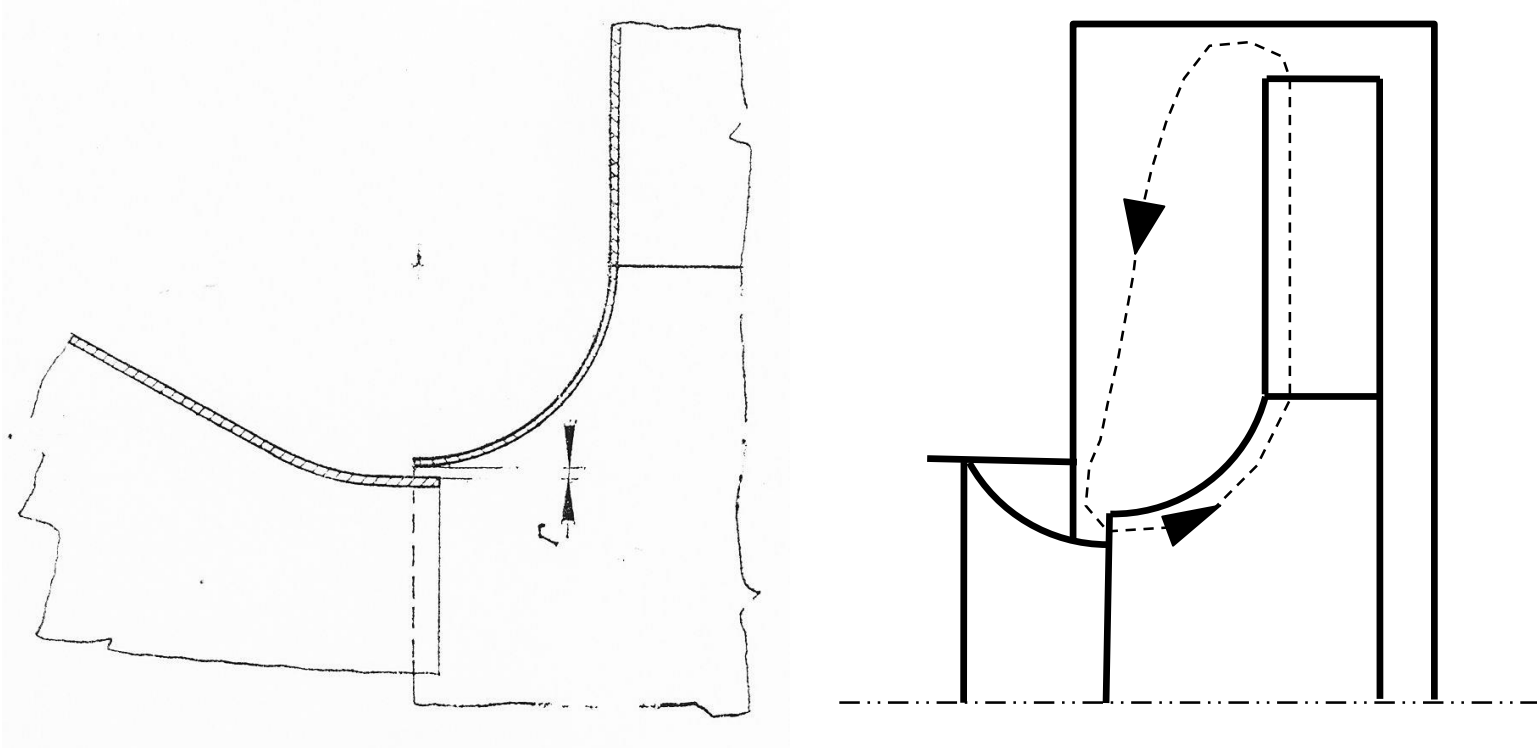
Előrehajló  
 Előrehajló

# Álló- és forgórész illesztése: tompán illesztett



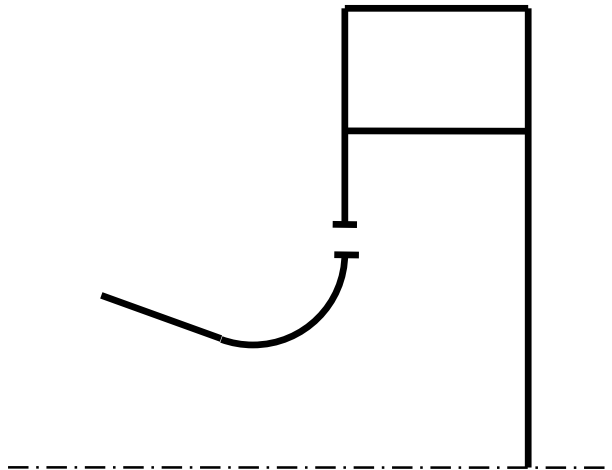
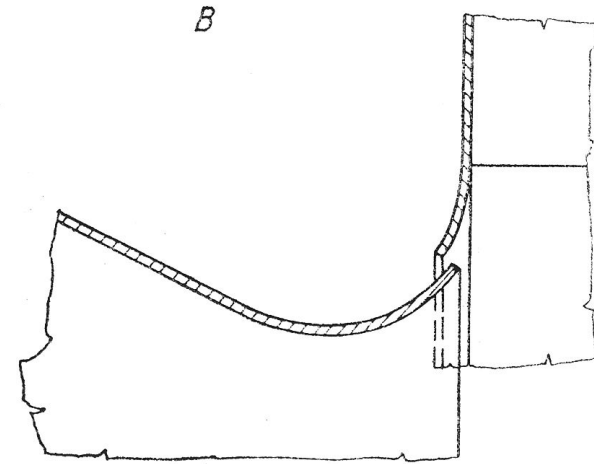
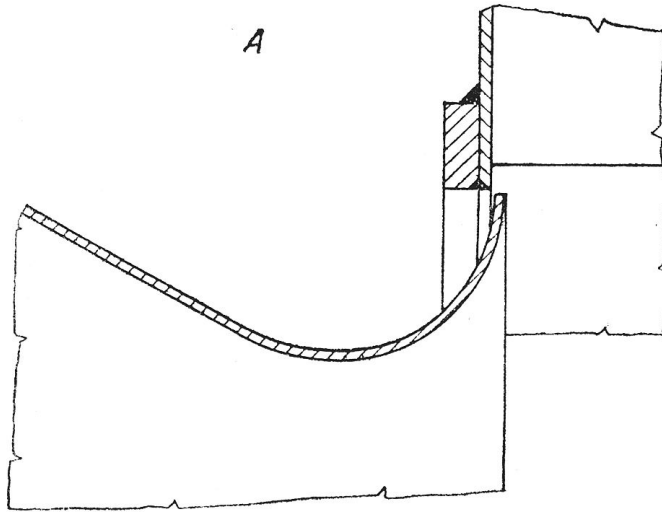
- + Legegyszerűbb megoldás
- Problémák: a rés nem körszimmetrikus:
  - az élek nem esnek a tengelyre merőleges síkba
  - a kör alakú élek eltérnek a pontos körtől

# 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:

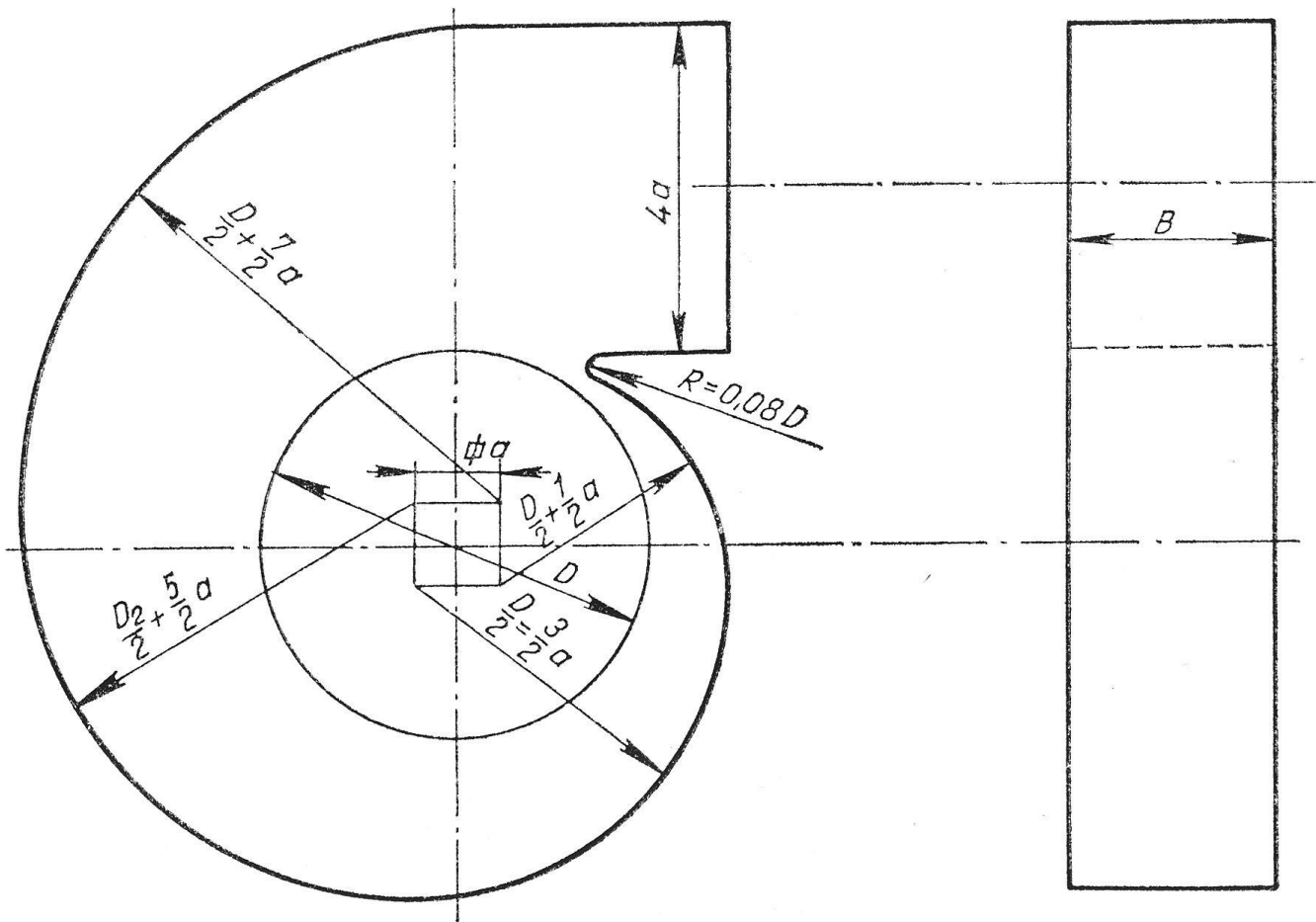
- Párhuzamos
- Kúpos előlap (növekvő sugár miatti lassulás ellen)

Csigaház:

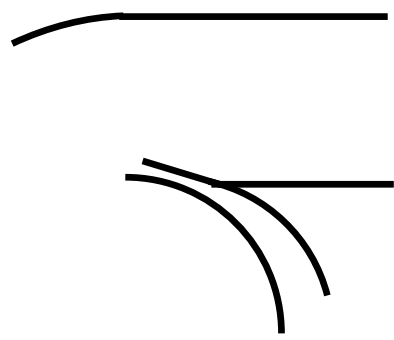
- Rendszerint  $v \sim 1/r$  (párhuzamos elő- és hátlap)
- Közelítés:  $v_u \sim 1/r$  (súrl. mentes pot. áramlás)

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:

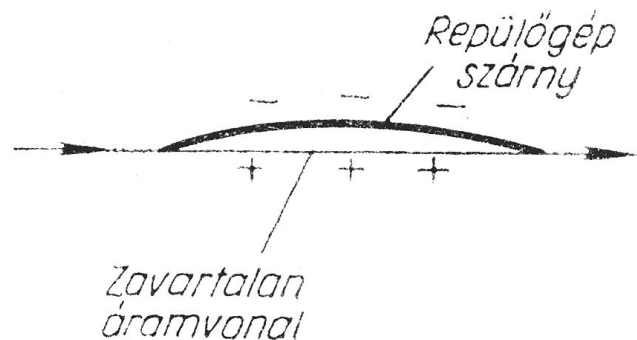
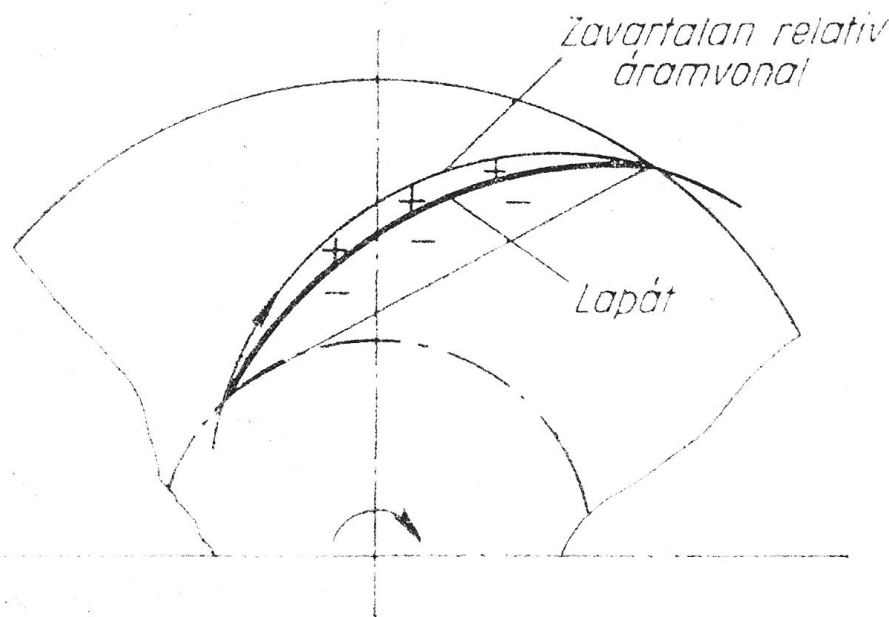
$$q_v = D_1 \cdot \pi \cdot b_1 \cdot v_{1r} = D_2 \cdot \pi \cdot b_2 \cdot v_{2r}$$

# A járókerék-lapátozás jellegzetességei

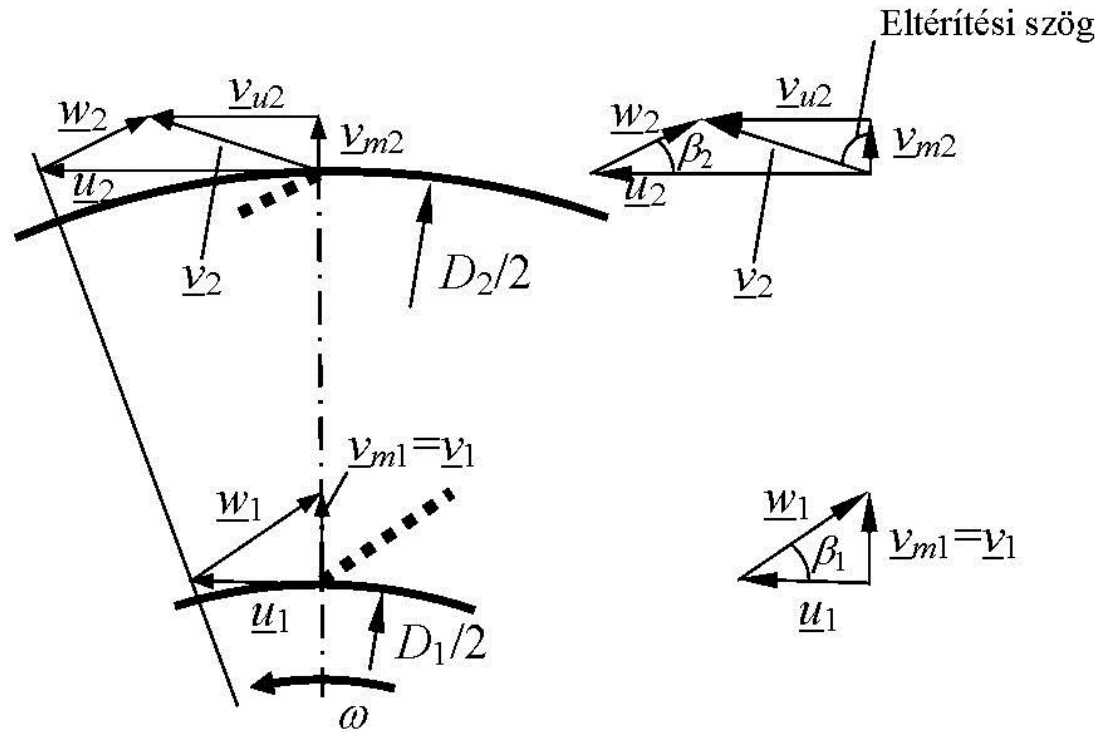
Végtelen sok, végtelen vékony lapát:  
áramvonalak párhuzamosak a lapáttal.

Véges  $\sim$ : nem párhuzamos.

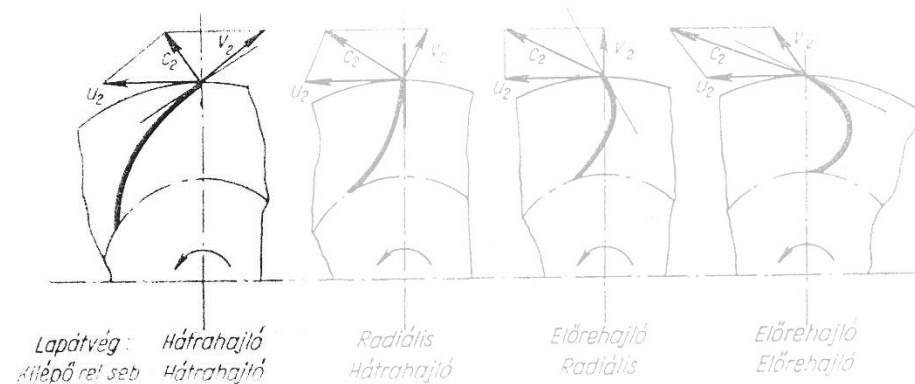
Ívelt középvonal a nyomáskülönbséghez.

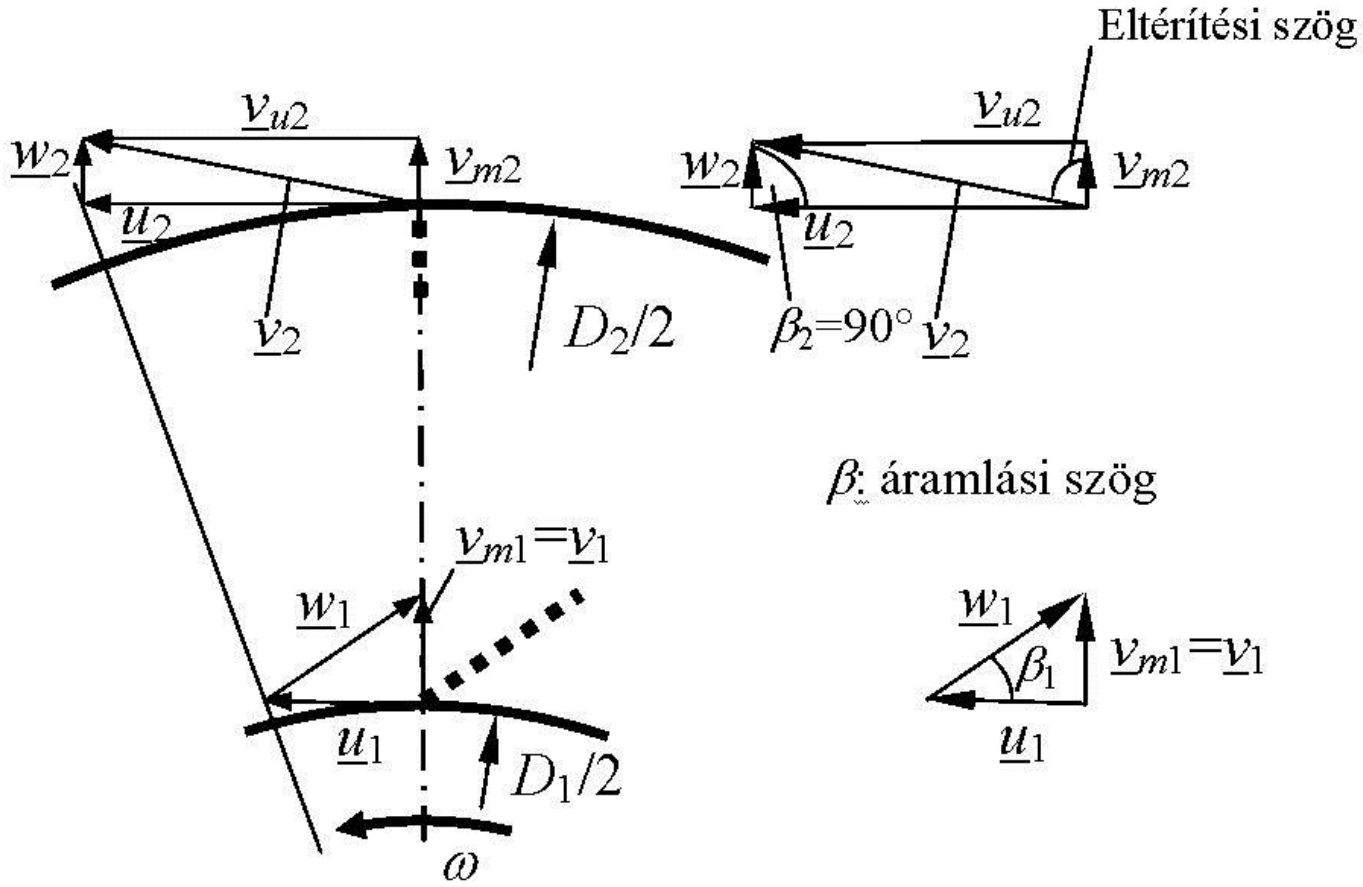


# A lapátózás típusai

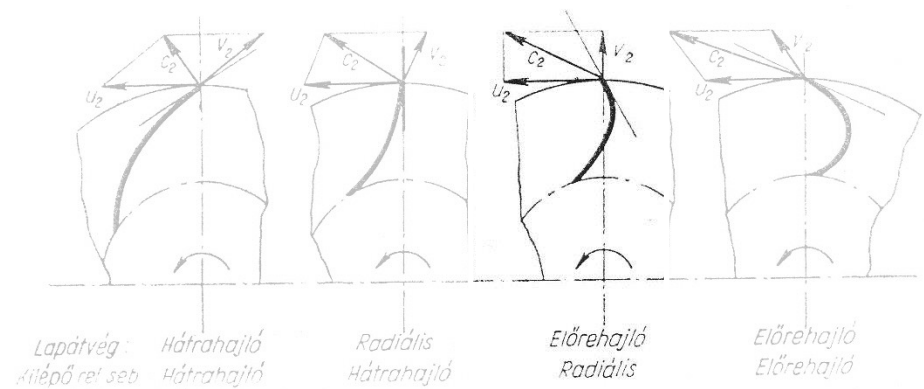


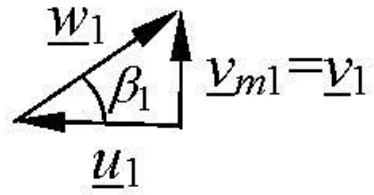
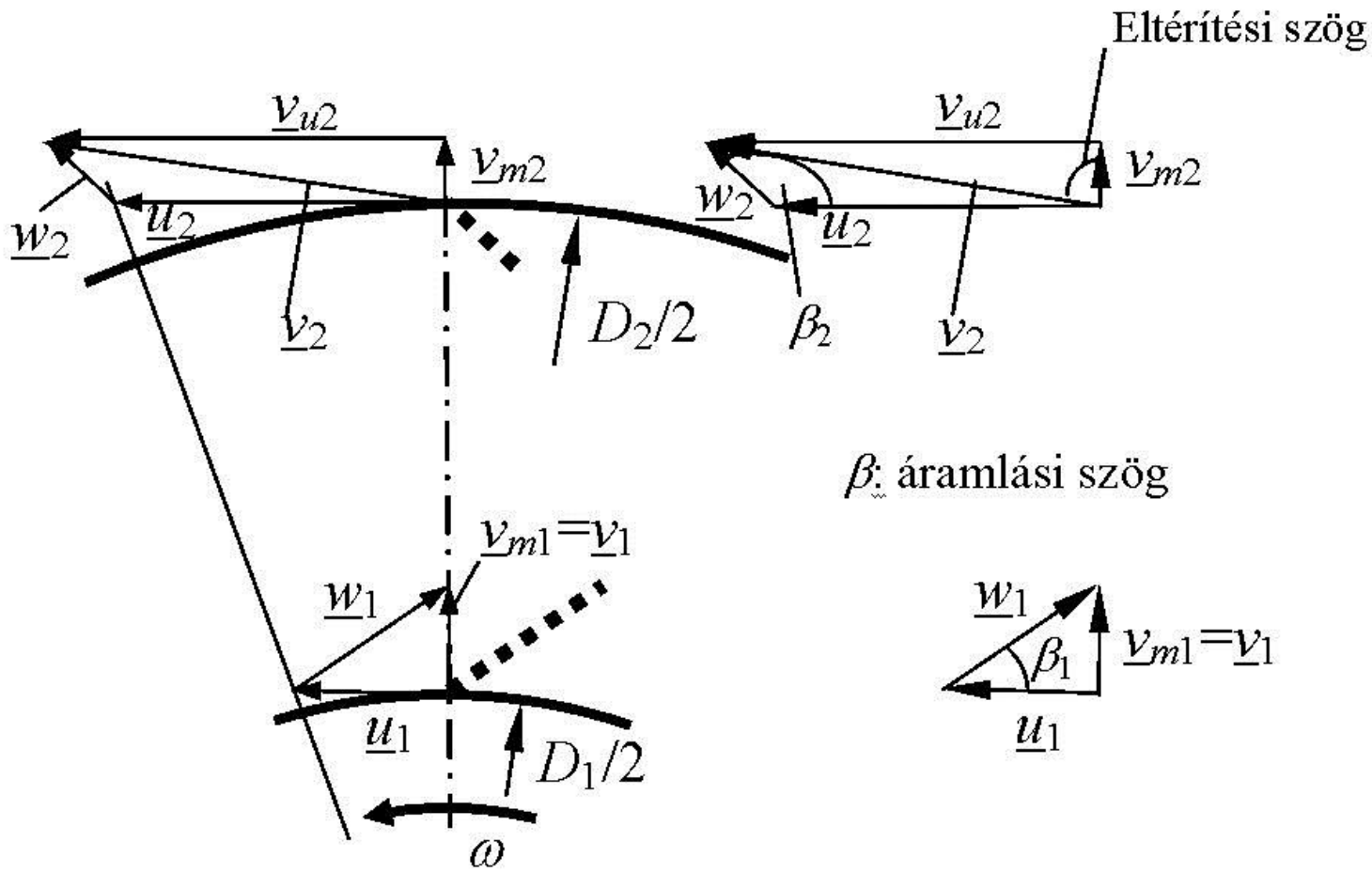
## Hátrahajló



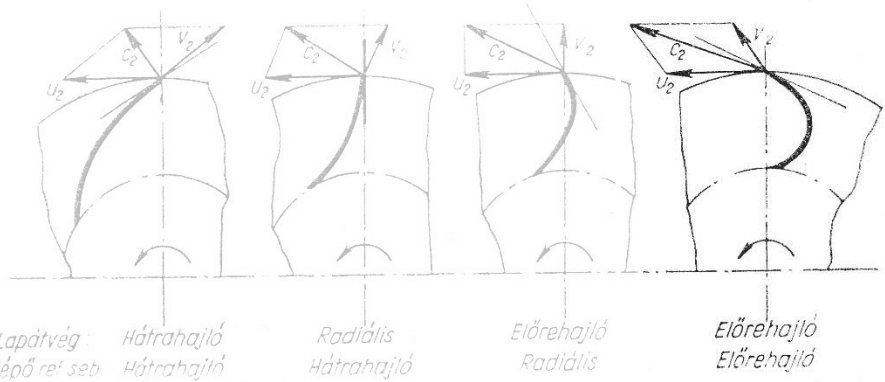


# Radiális





Előrehajló

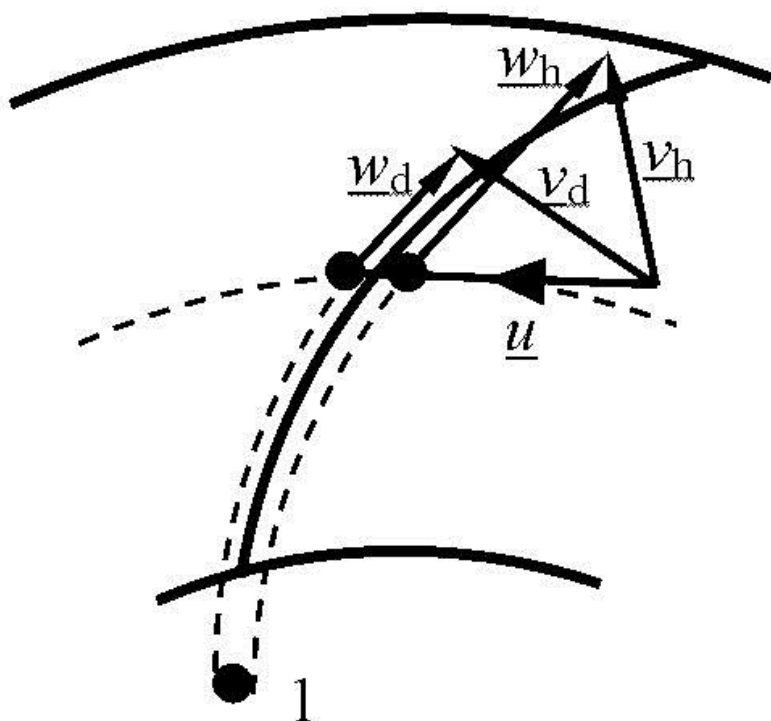


# Hogyan dönthető el szemrevételezéssel, milyen lapátozásról van szó?

- 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



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

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

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

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

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

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

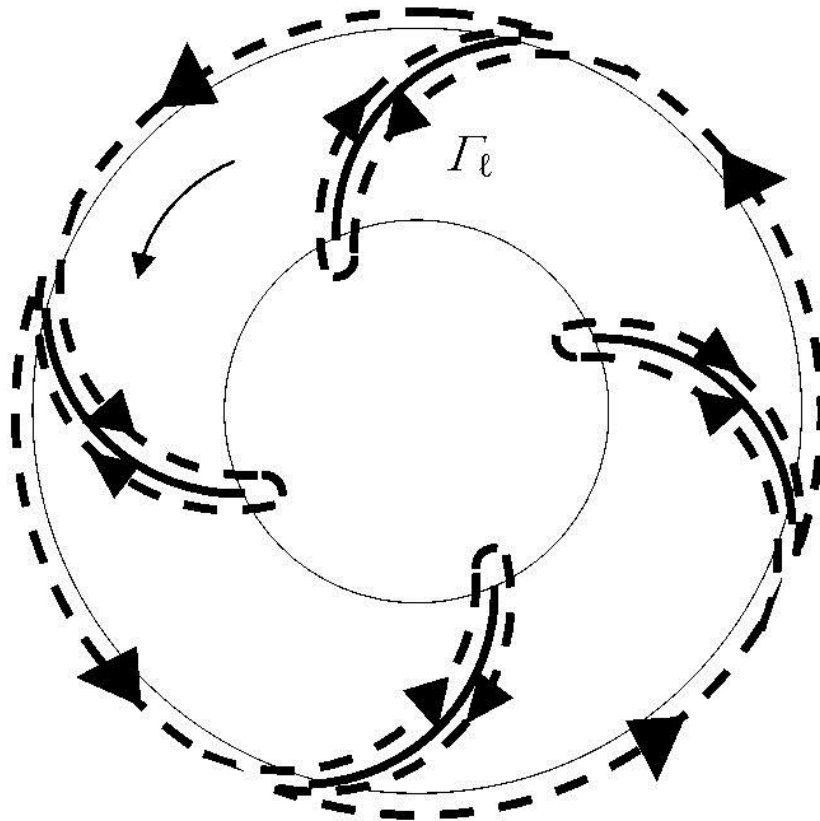
$$p_1 + \frac{\rho}{2} w_1^2 + \rho U_1 = p_h + \frac{\rho}{2} w_h^2 + \rho U_h$$

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

$$p_d > p_h \quad w_h > w_d$$

$$\text{Lapát = szingularitás: } \Gamma_\ell = \oint \underline{v} ds \neq 0$$

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



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

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

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



+ Lapátfelület elhanyagolása  $\triangle h$

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

$$v_{2u} 2r_2\pi = N\Gamma_\ell \quad (\text{mivel } u_2 = \omega r_2)$$

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

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



# A lapáattervezés fejlődésének lépései

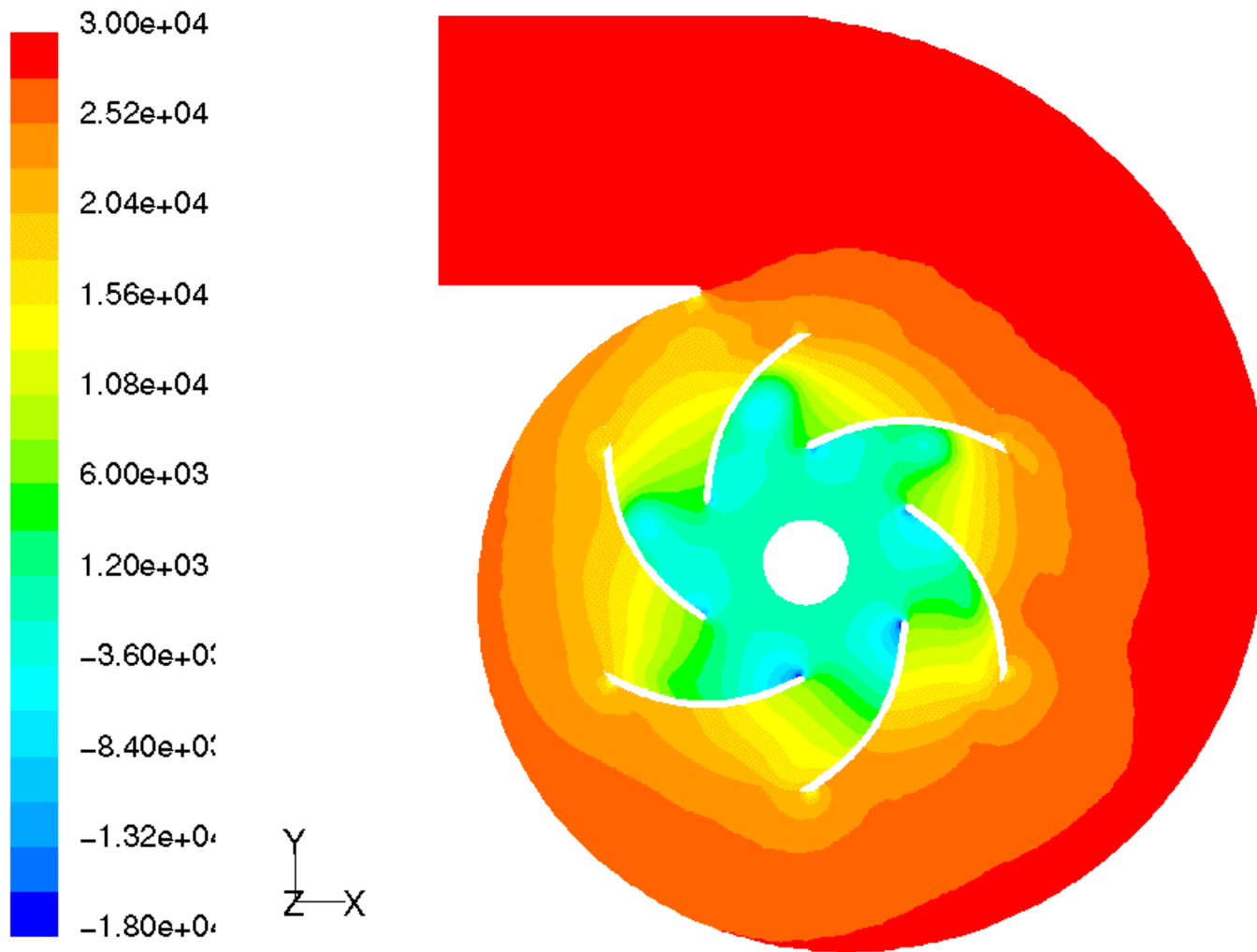
A/ Alaptervezés

B/ + Tapasztalati korrekciók

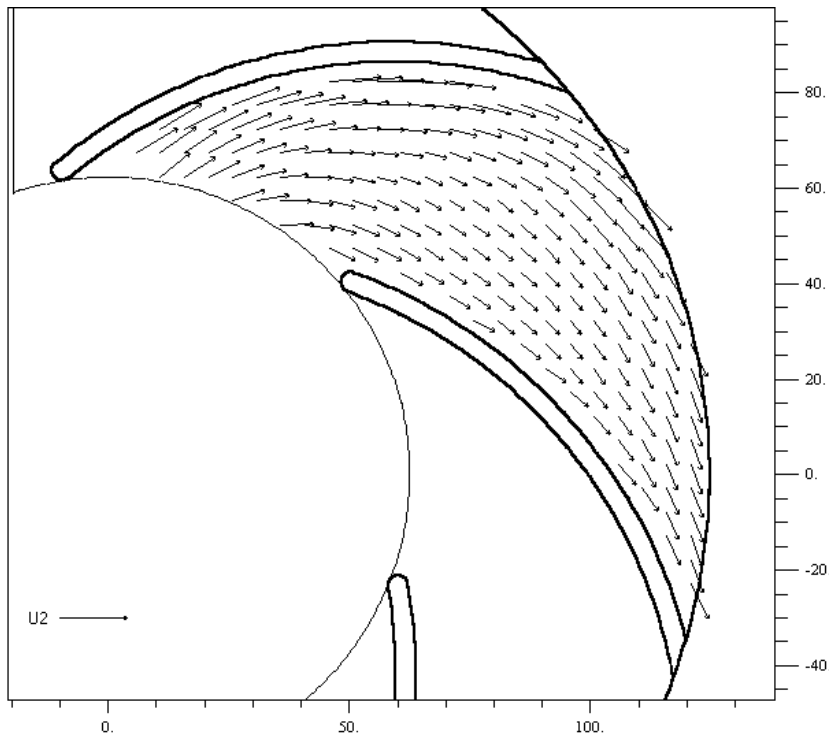
C/ Szingularitások módszere

D/ + A súrlódás hatásának figyelembe vétele

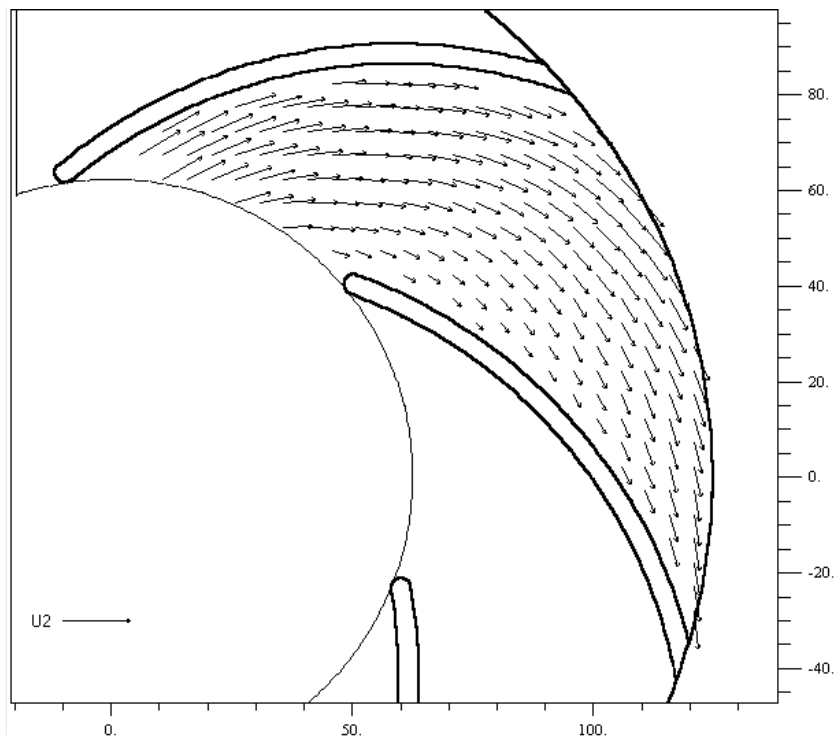
E/ Jelenlegi gyakorlat: CFD alapú tervezés



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



**PIV mérés**

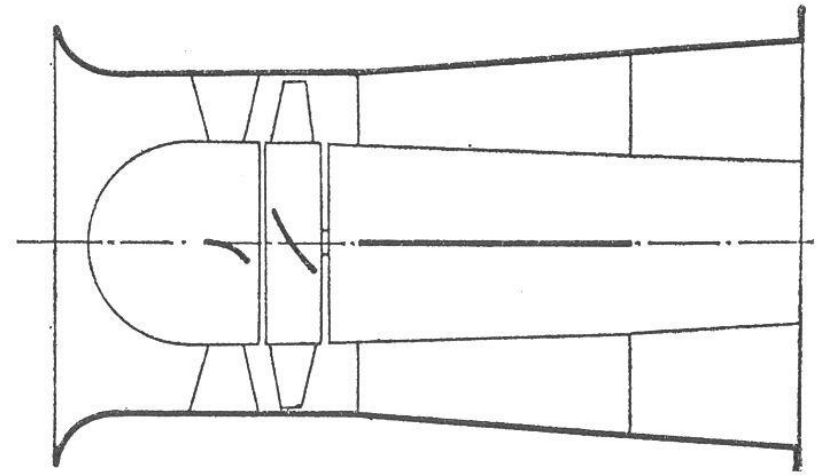
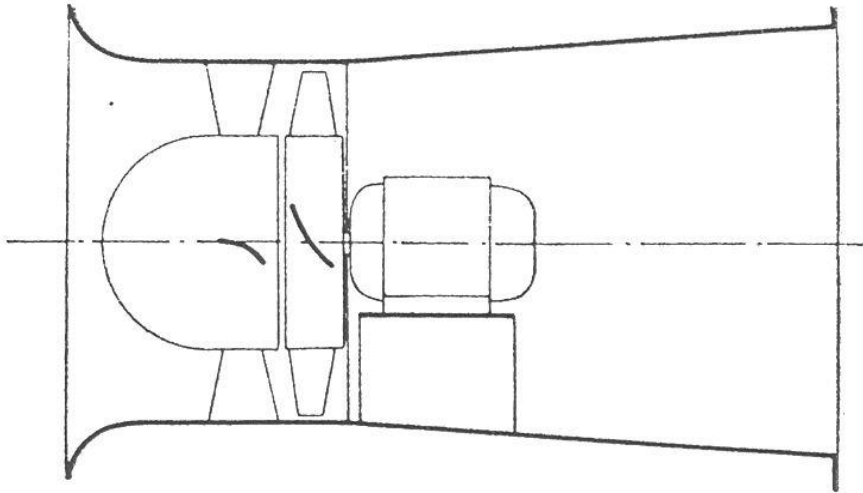
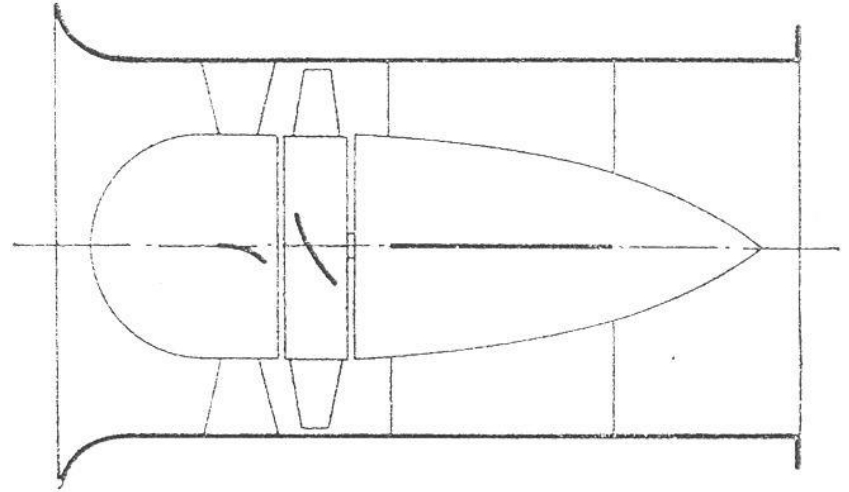
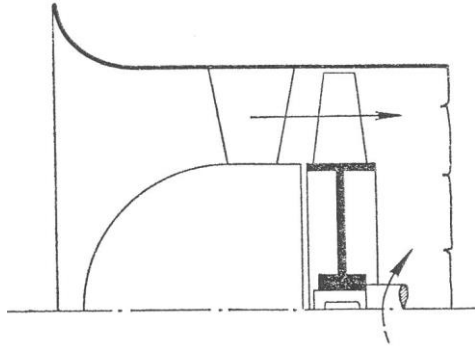


**FLUENT szimuláció**

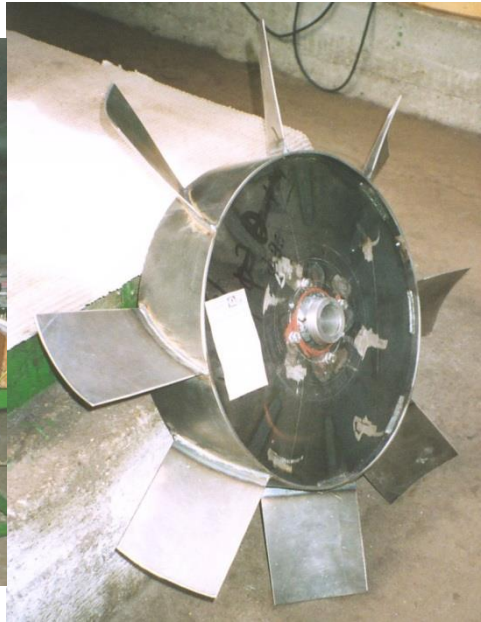
# **AXIÁLIS ÁTÖMLÉSŰ VENTILÁTOROK**

# 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.



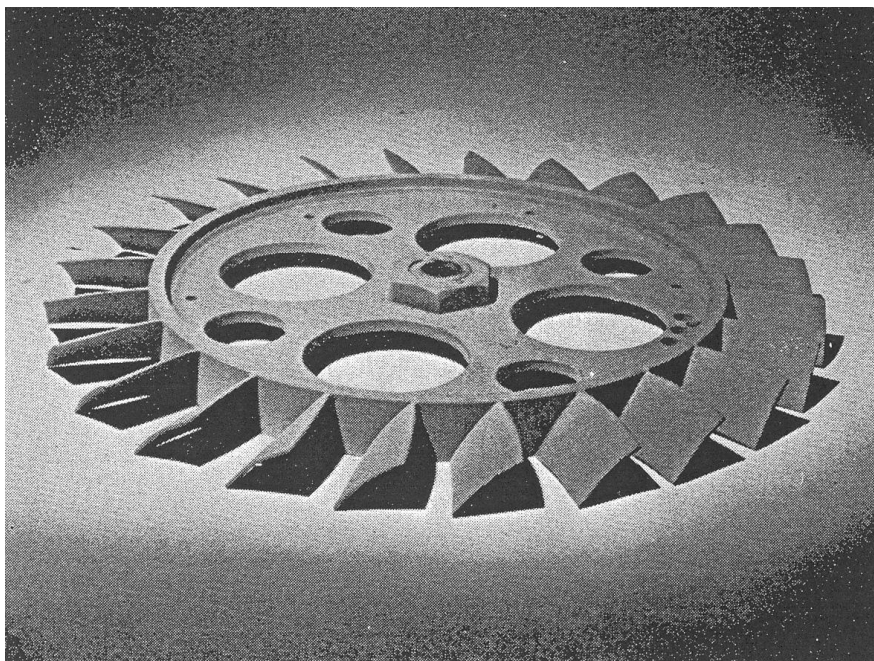
Lemezlapátos járókerék  
orrkúppal és orrkúp nélkül,  
közvetlen hajtás, utóterelő





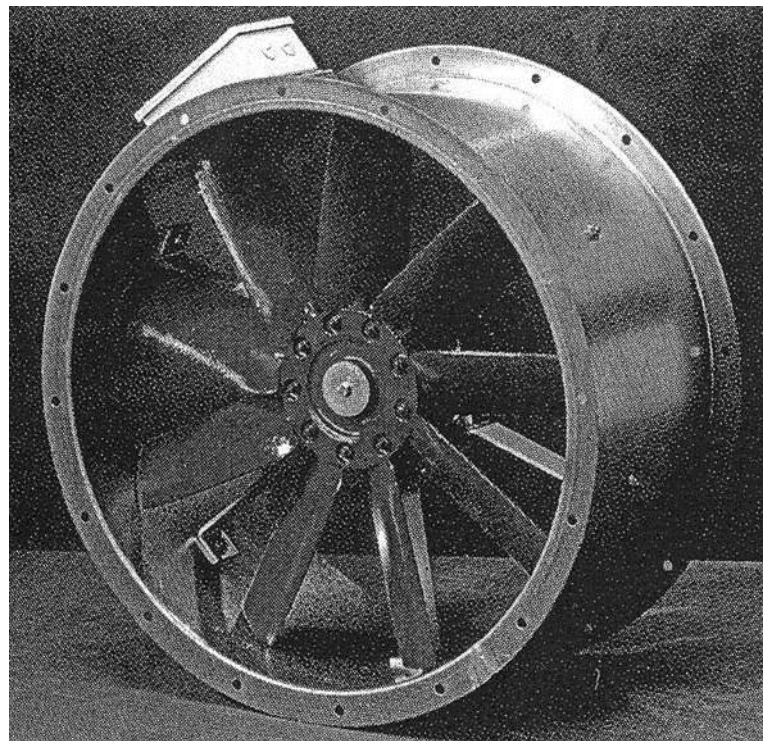
Profilos lapátosú járókerék  
orrkúppal, közvetett hajtás,  
profilos lapátosú utóterelő

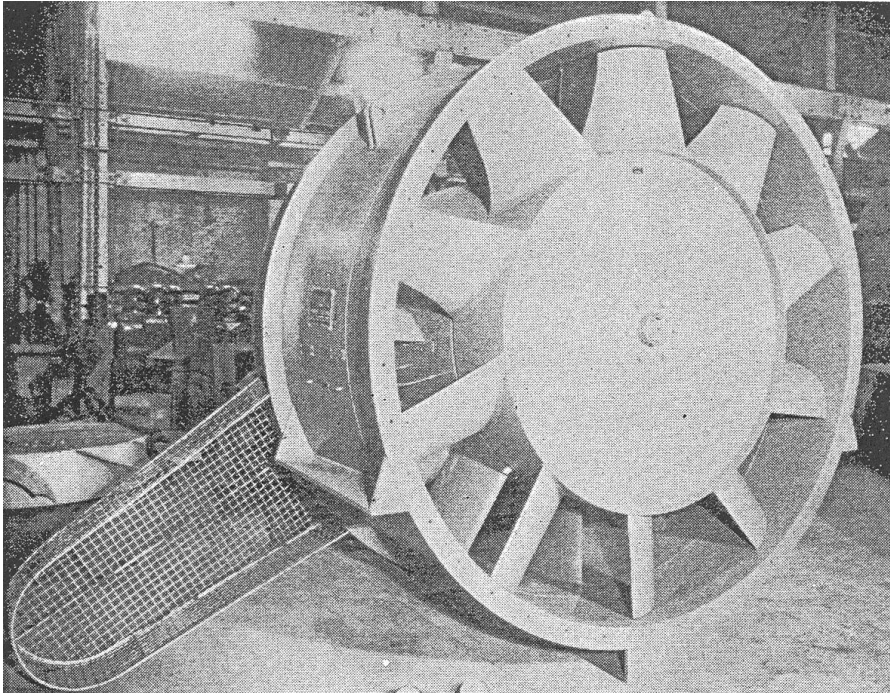




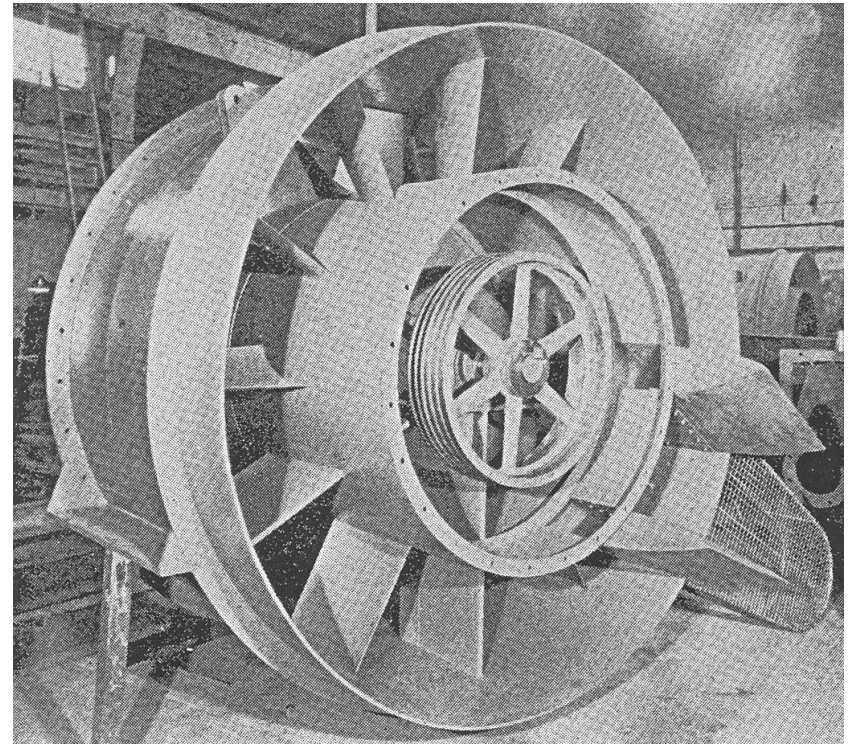
Lemezlapátos járókerék

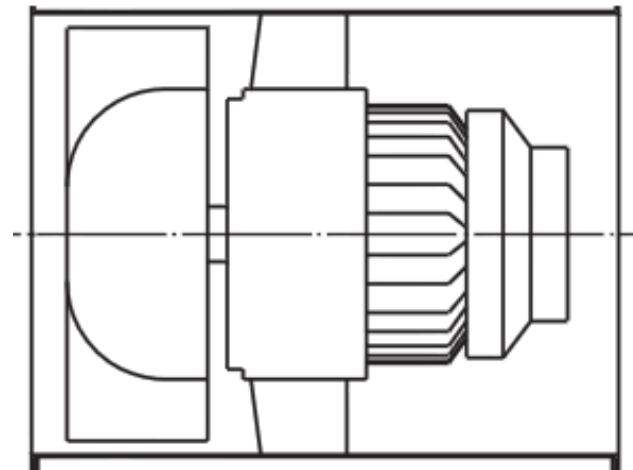
Állítható szögű profilos lapátos járókerék



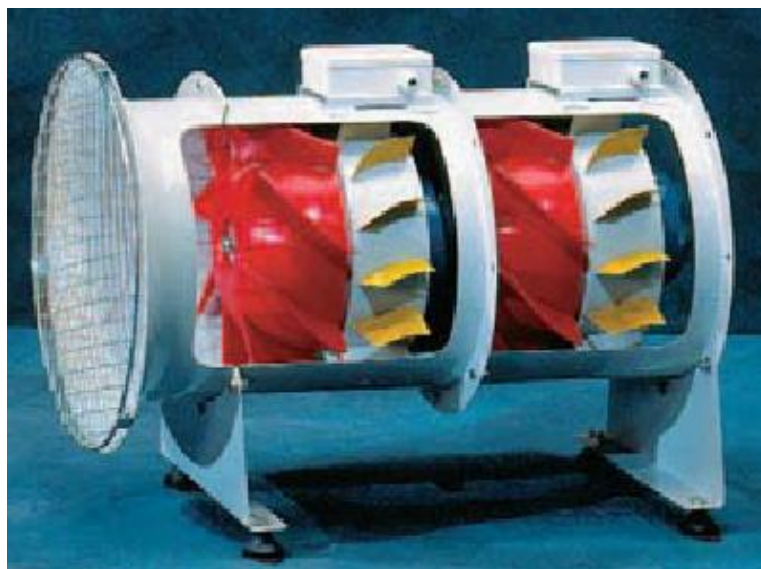


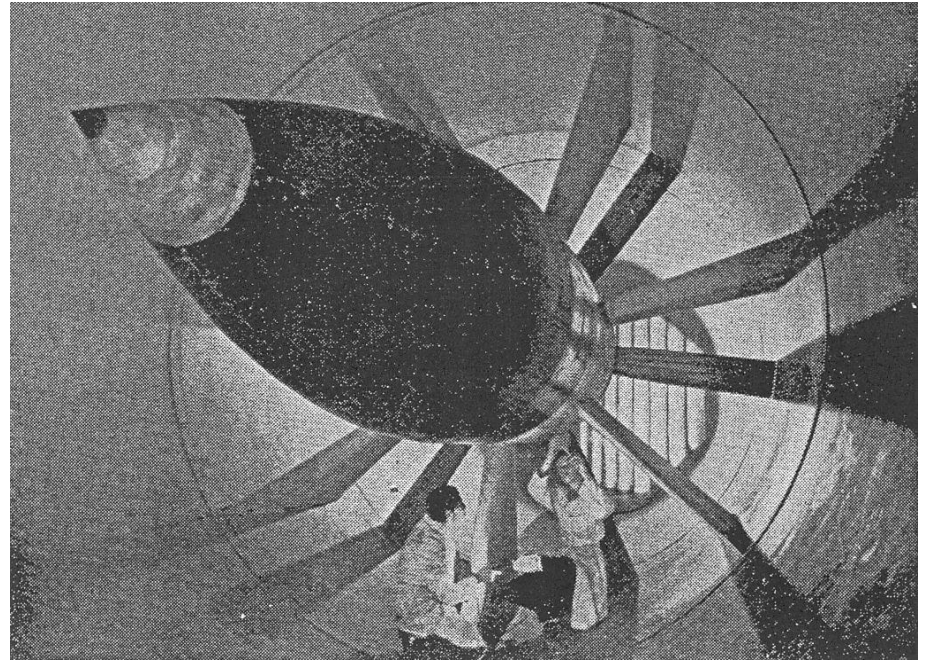
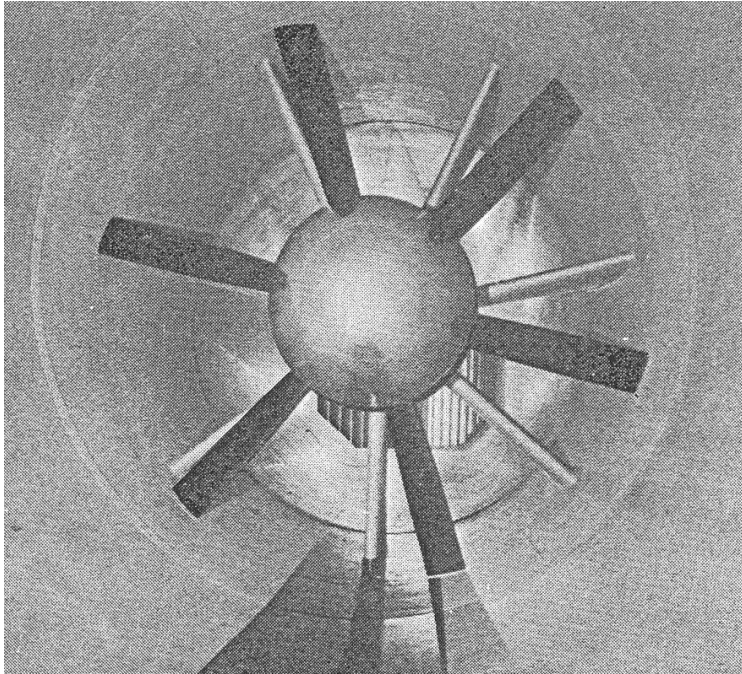
Közvetett hajtású utóterelő ipari ventilátor





Közvetlen hajtású utóterelő félaxiális ventilátor,  
egy- és többfokozatú





Közvetlen hajtású szélcsatorna-ventilátor  
agydiffúzorral

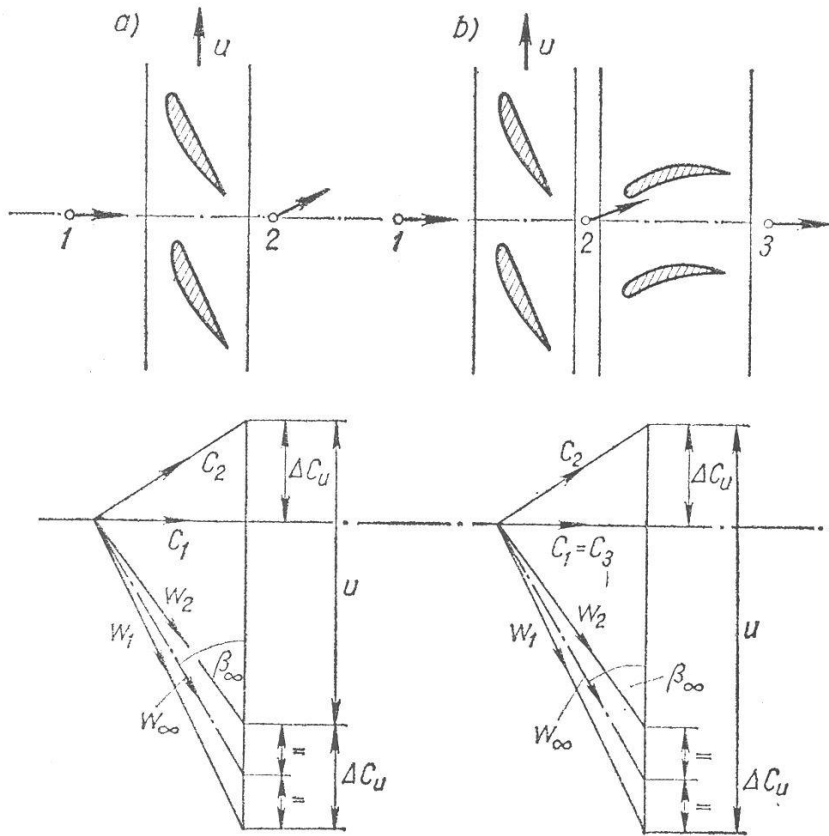


# Axiális ventilátorok össznyomás-növekedése

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

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

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



Járókerék lapátrács Előterelő lapátrács

lassító:  $w_2 < w_1$     lassító:  $c_3 < c_2$   
 $w_\infty^2 = c_1^2 + \left(u - \frac{\Delta c_u}{2}\right)^2$

Előterelő lapátrács  
 gyorsító:  $c_1 > c_0$

$$\beta_\infty = \arctg \frac{c_1}{u - \frac{\Delta c_u}{2}}$$

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

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

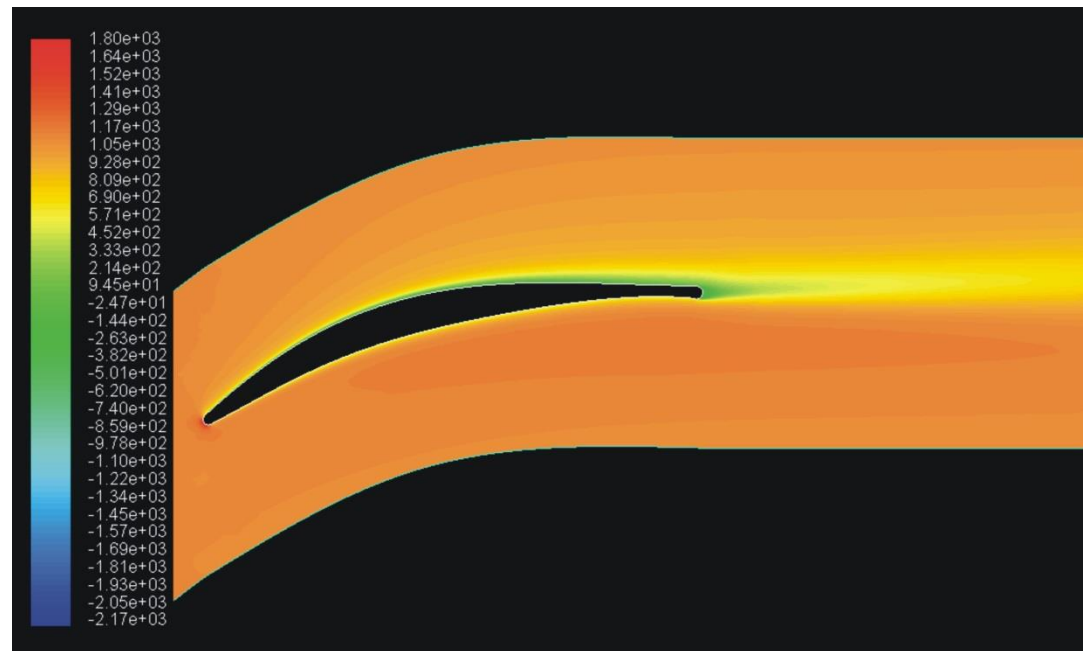
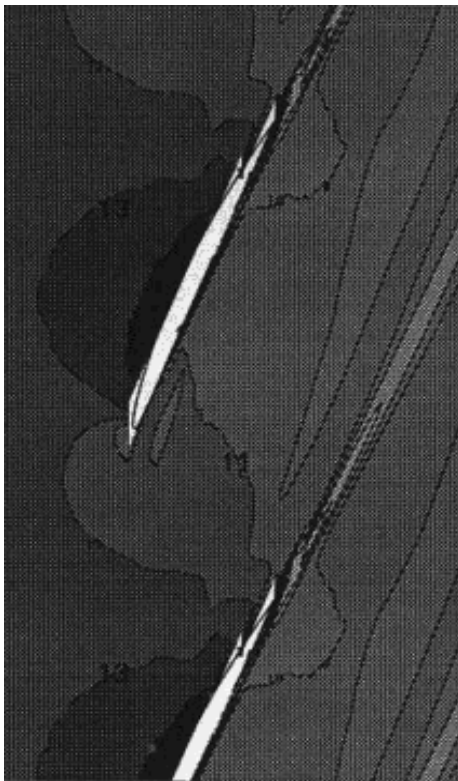
$$\tau_{jk} > 1$$

De:  $w_{\infty}$  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*





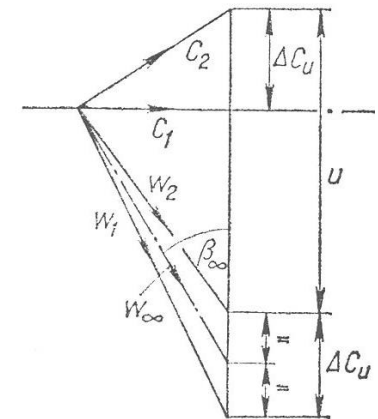
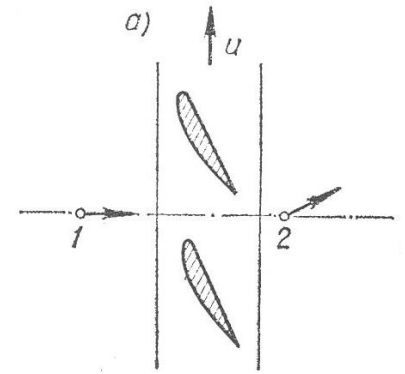
## Járókerék súrlódási vesztesége (profilveszteség)

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

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

$c_e$  : ellenállástényező  
 $c_f$  : felhajtóerő-tényező

Veszteségek számítása a középsugáron (közelítés)

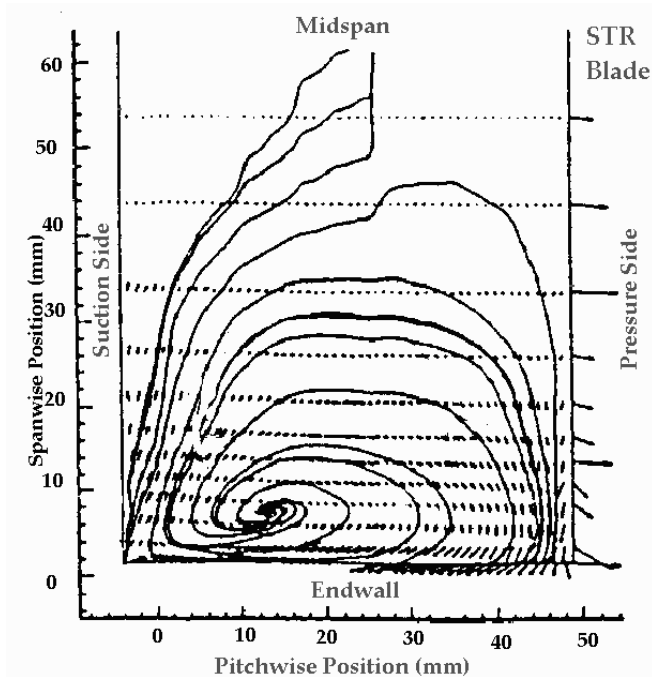


$$\delta = \frac{D}{D_{\text{von}}} = \frac{4\sqrt{\Psi_{\text{ö}}}}{\sqrt{\Phi}}$$

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.**

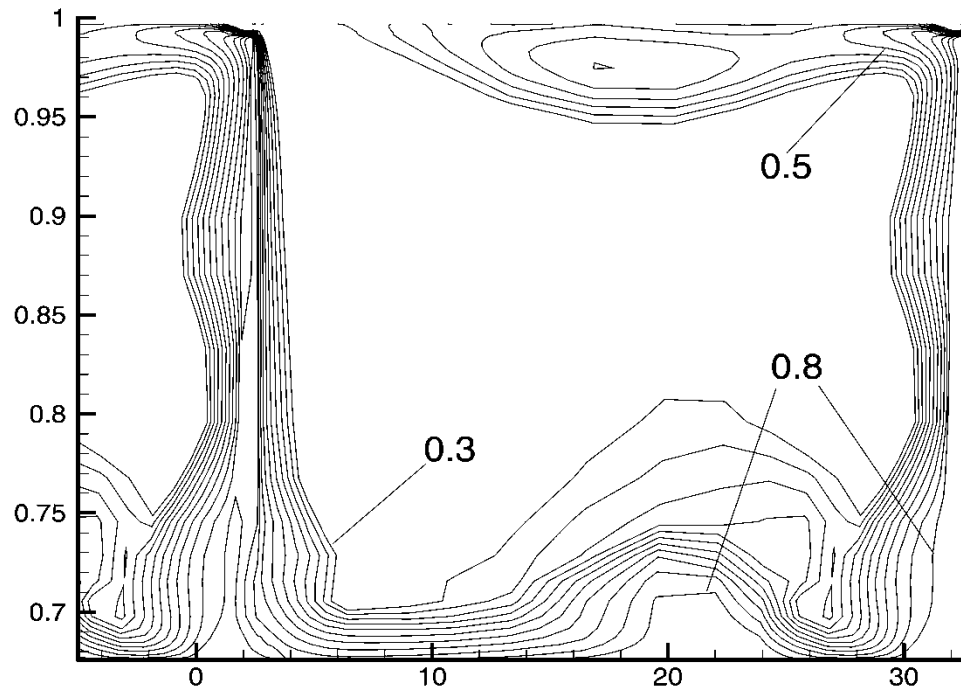
**Gyűrűellenállás: agy+burkolat palástján súrlódás.  
Tapasztalati, konstans tényezők.**

Profilos lapátózásnál

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

Ívelt  
lemezlapátózásnál

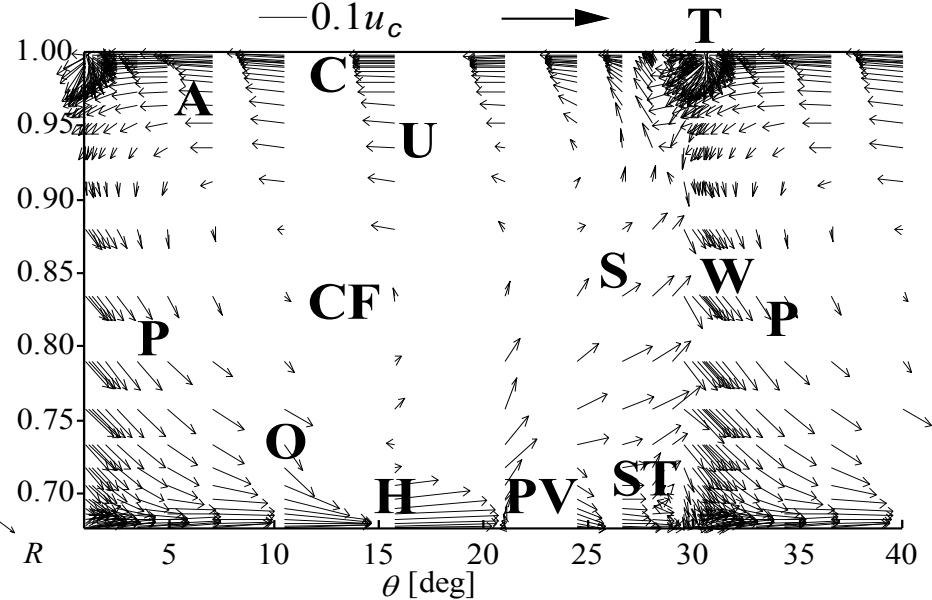
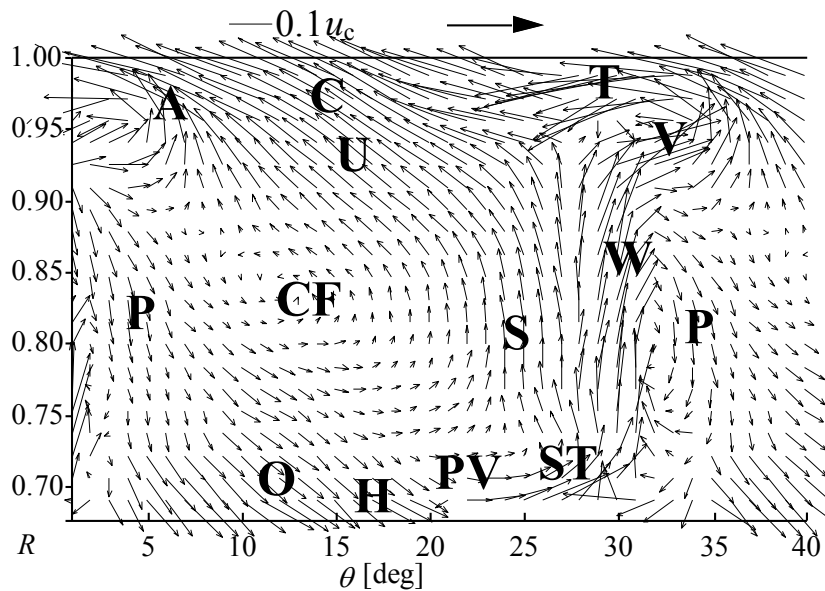
$$\frac{\Delta p_{gy}}{\Delta p_{oid}} = 0.03$$



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

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

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



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  $\Delta p_{\circ}$ , 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):

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