



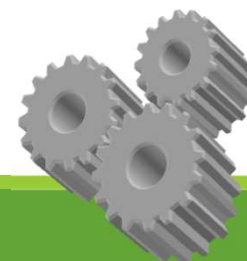
SZENT ISTVÁN
EGYETEM

ÉLELMISZERTUDOMÁNYI KAR, BUDAPEST

A pálinkakészítés műveletei és berendezései

Dr. Márki Edit

marki.edit@etk.szie.hu



SZIE-ÉTK, Élelmiszeripari Műveletek és Gépek Tanszék, 2018

A tárgy oktatásának menete

Előadók:

- A tárgy oktatásában résztvevők:
 - Dr. Márki Edit, egy. docens
 - Dr. Bánvölgyi Szilvia, egy. adjunktus

Előadások, számítási gyakorlatok (14 ó)

Laborgyakorlatok (4 ó) (2018. december 7-8.)

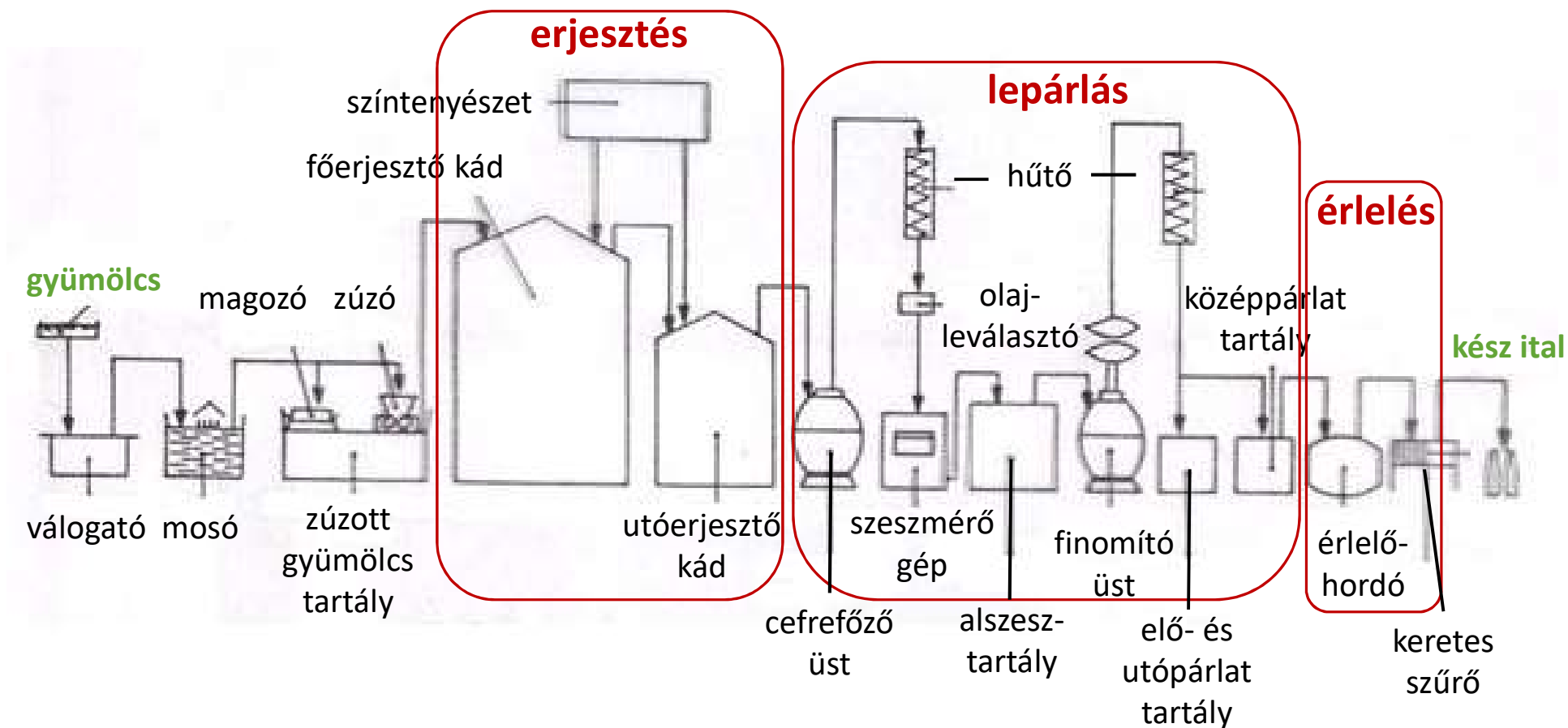
Írásbeli vizsga

- Elméleti rész (60 %)
- Számolás (40 %)

Ajánlott irodalom

- Fonyó Zsolt, Fábry György: Vegyipari művelettani alapismeretek, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2004. (létezik korábbi kiadás (1998), az is jó)
- Fábry György: Élelmiszeripari eljárások és berendezések, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 1995.
- Manczinger-Radnai: Vegyipari műveletek I., Budapesti Műszaki Egyetem jegyzete, J-6-860.
- Szabó Zoltán, Csury István, Hidegkúti Gyula: Élelmiszeripari műveletek és gépek, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1987.
- Békesi Zoltán, Csarnai Erzsébet: Házi pálinkafőzés, Mezőgazda Kiadó, 2010.

A pálinkakészítés gépei



A gyümölcspálinka-gyártás folyamatábrája

A pálinkagyártás fő műveletei

- Mosás, szártalanítás
- Aprítás
- Folyadékszállítás
- Keverés
- Szűrés
- Hőtani műveletek
- Anyagátadási műveletek (lepárlás)

Mosás, szártalanítás



A mosással szembeni követelmények

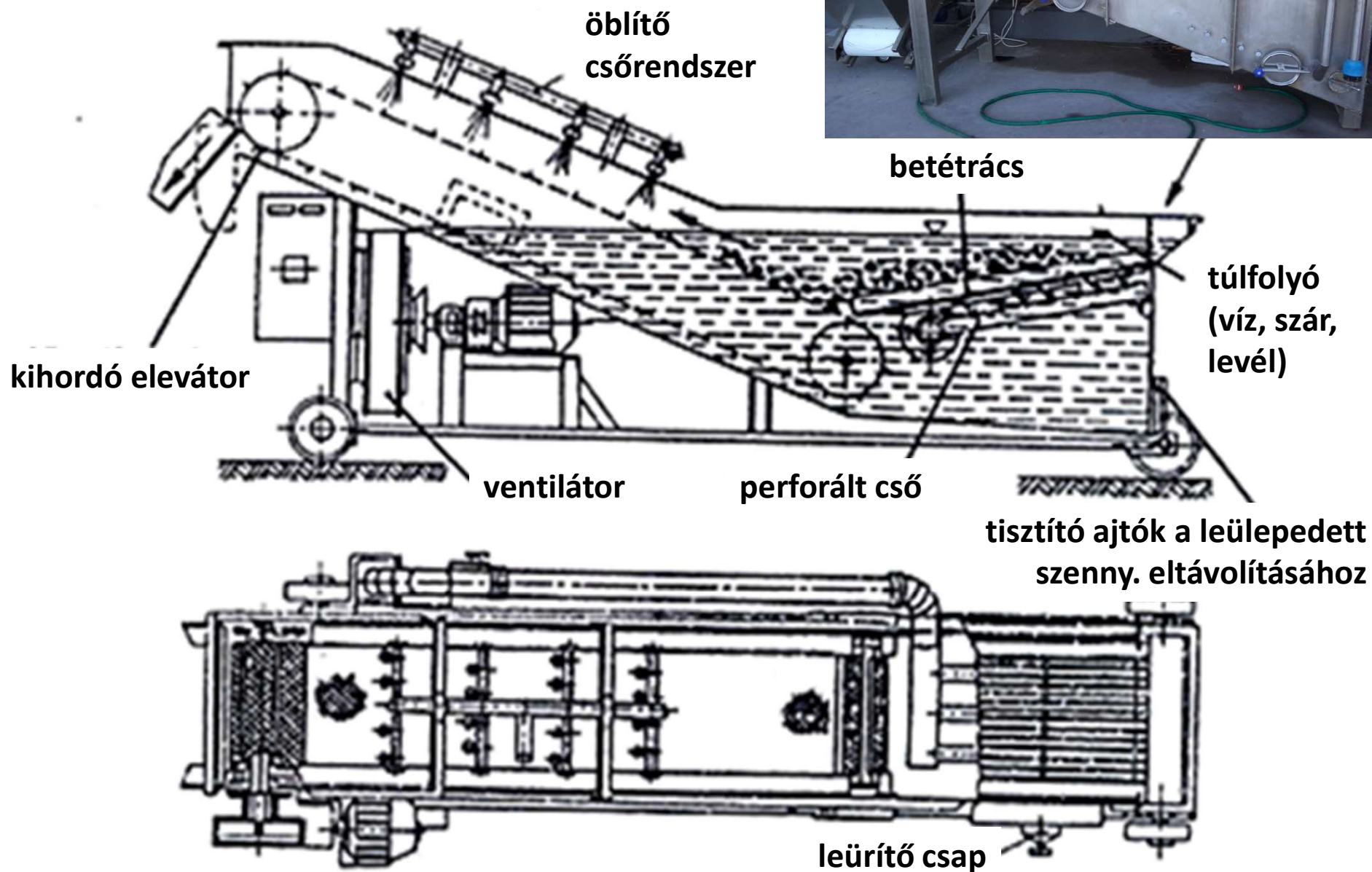
- hatékony, de emellett kíméletes legyen,
- ne okozzon nagy szárazanyag-vesztést (kilúgozódás),
- a kezdeti csíraszám jelentősen csökkenjen,
- érvényesüljön az ellenáram elve, a gazdaságos vízfogyasztás,
- a mosóvíz relatív sebessége kellően nagy legyen,
- az áztató-mosó szakaszt erős vízszugaras öblítő szakasz kövesse,
- a mosógép könnyen, gyorsan tisztítható legyen,
- a mosógép kis energiaigényű és megbízható legyen.

A mosóvízzel szembeni követelmények

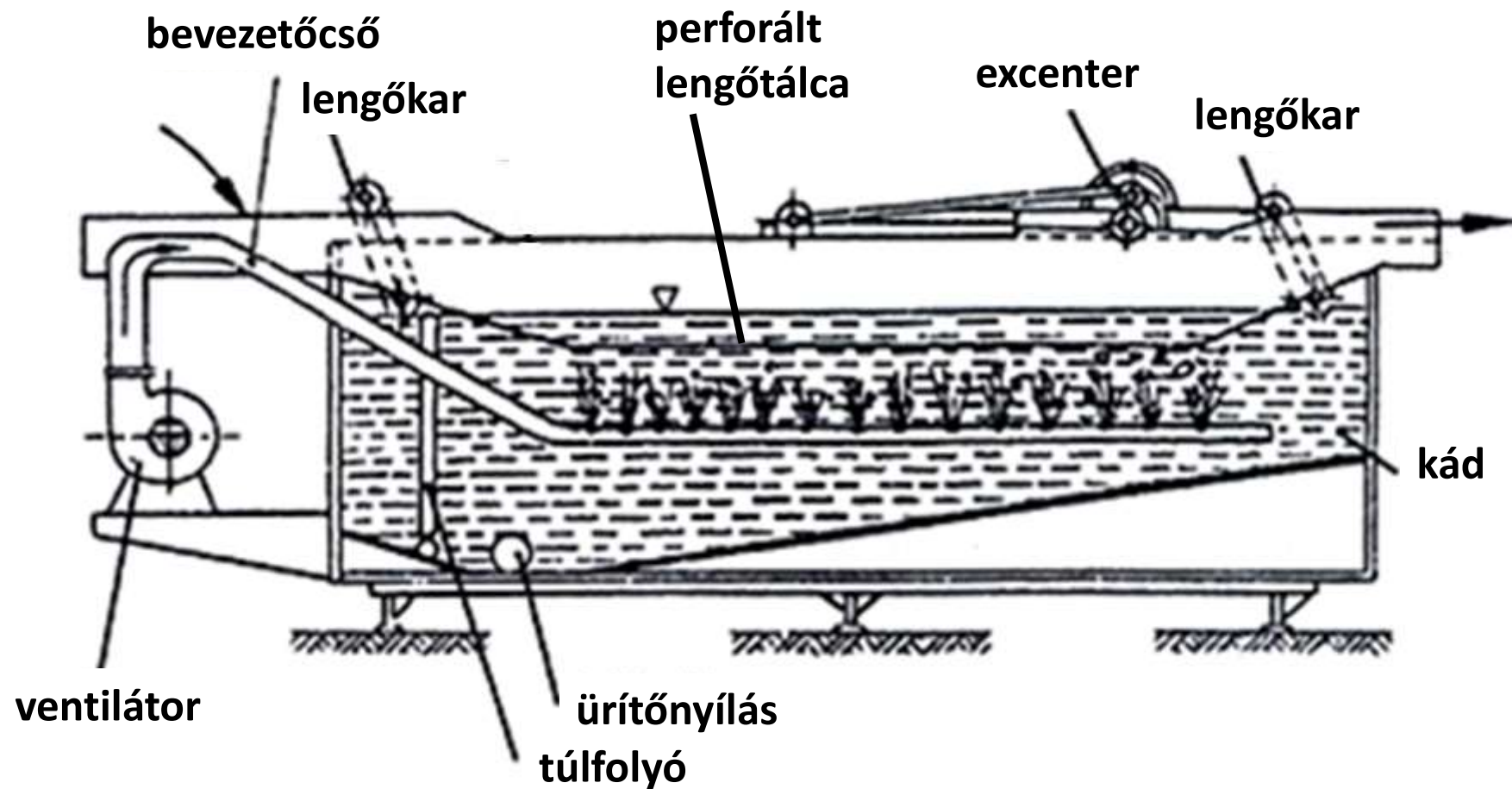
- ivóvíz minőség,
- megfelelő keménység (NK° 25),
- nem tartalmazhat mérgező anyagokat,
- mikrobiológiai állapot: korlátozott sz. koliform,
- a Fe^{++} , Mn^{++} ionok koncentrációja kisebb, mint 0,3 mg/l (együttesen).

A mosás művelete 3 fő részből áll: áztatás (előmosás), mosás, öblítés.

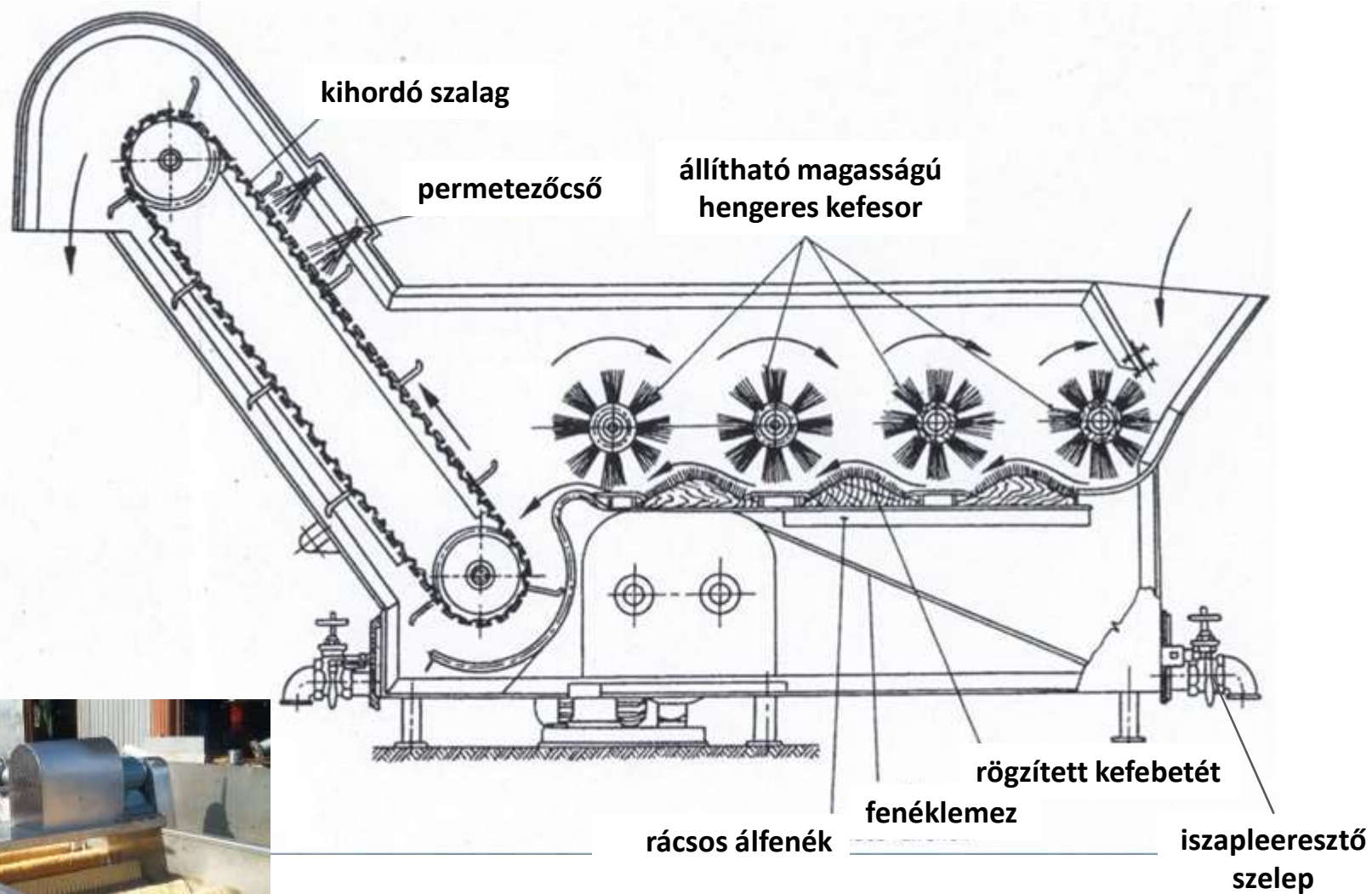
Légbefúvásos mosó



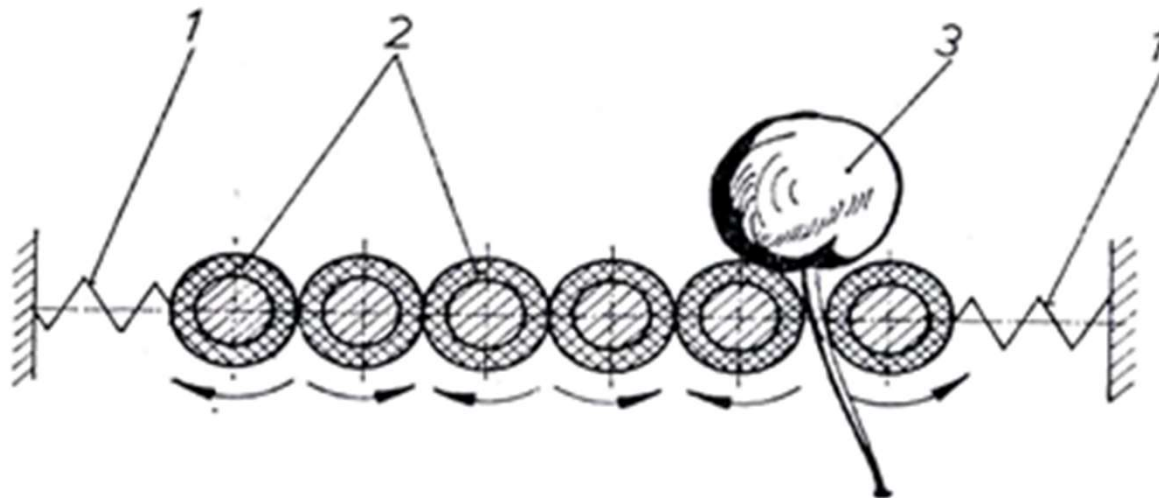
Lágytermékmosó



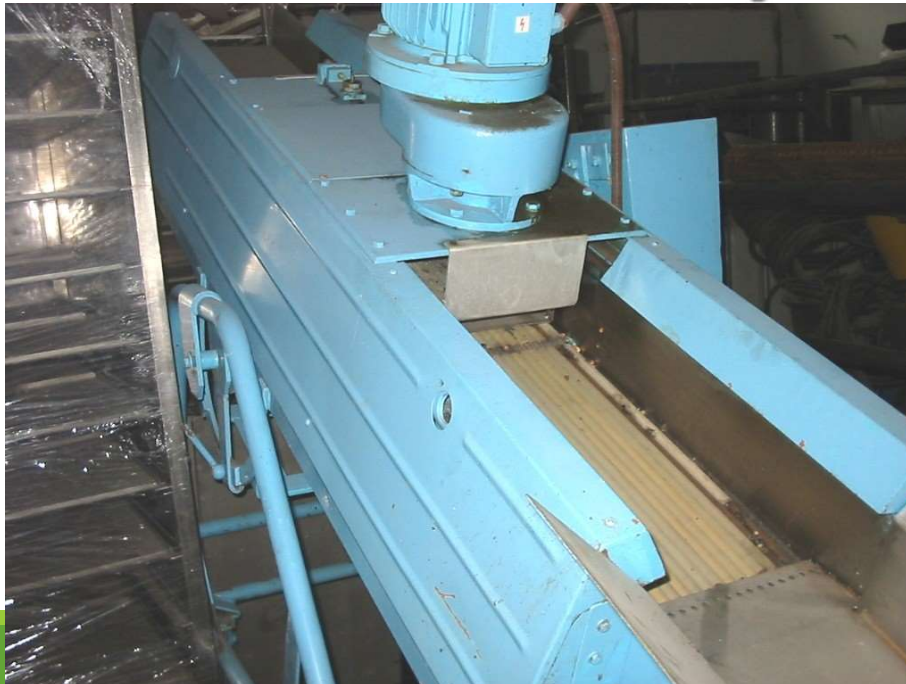
Forgókefés gyümölcsmosó



Gumihengeres szártépő

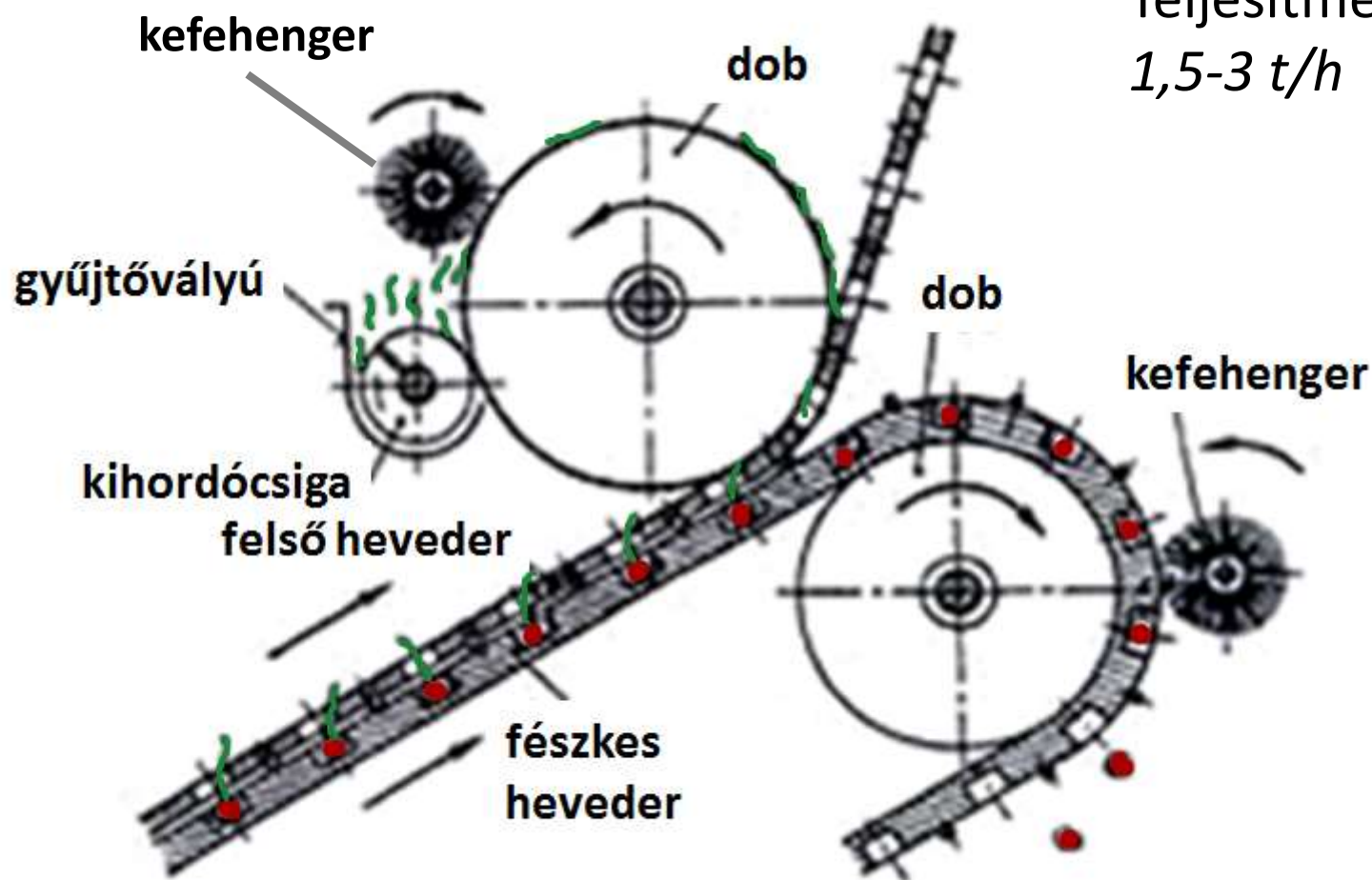


- 1 rugók
- 2 gumiköpennyel ellátott
forgó hengerek
- 3 gyümölcs behúzott szárral



Teljesítmény:
kb. 600-800 kg/h
Fordulatszám:
kb. 750 ford/perc

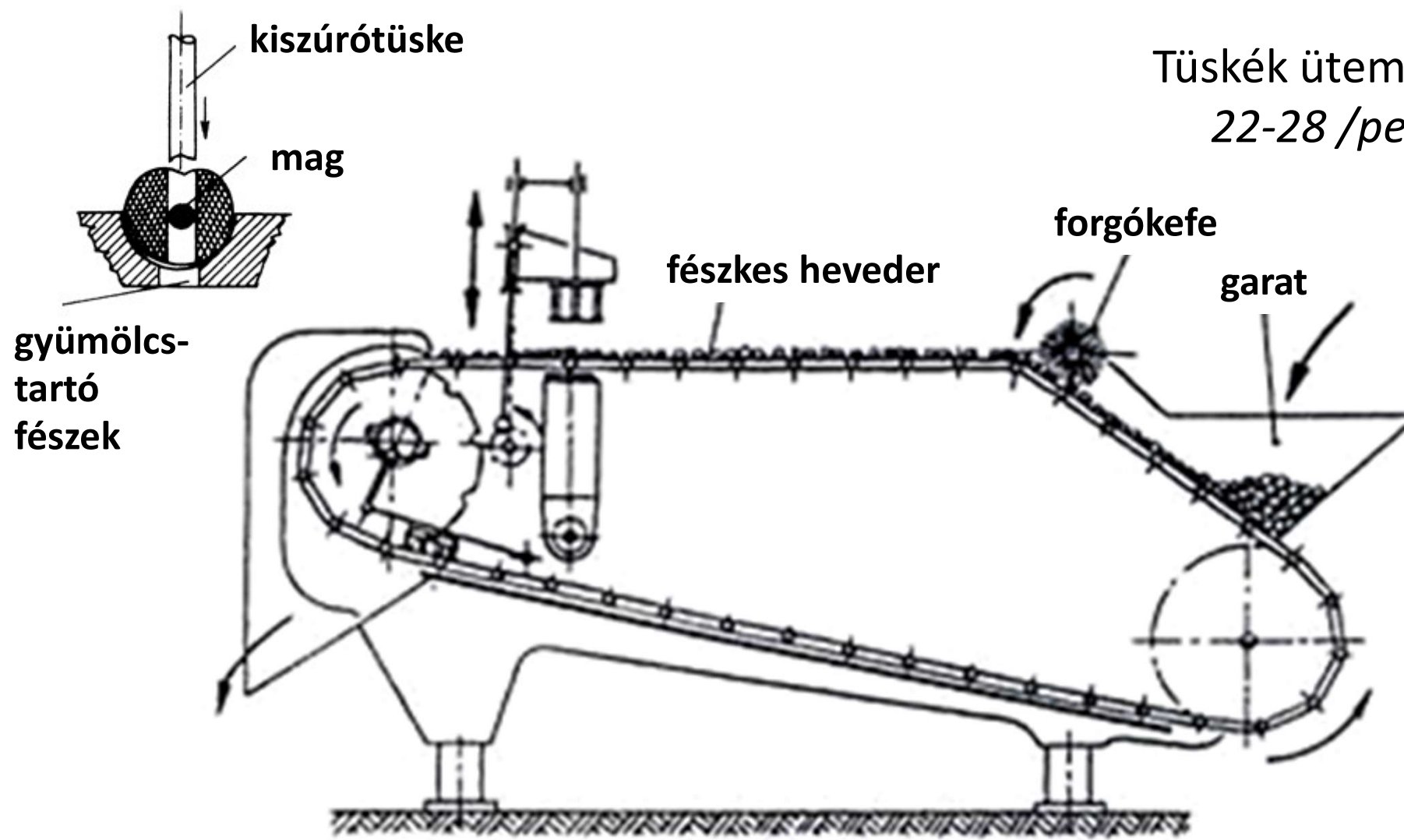
Hevederes szártépő



Teljesítmény:
1,5-3 t/h

Kiszúró magozógép

Tüskék üteme:
22-28 /perc



Aprítás



Aprítás

Aprítás célja: szilárd anyagok méretének csökkentése, értékes anyagok feltárása

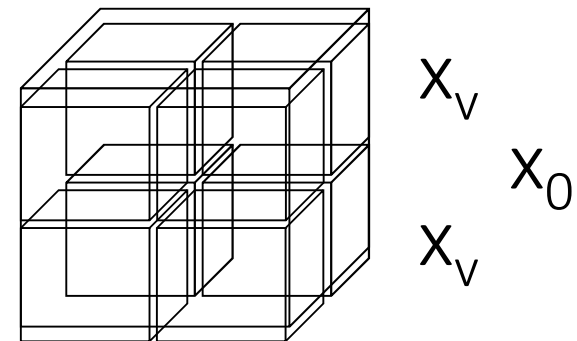
Az **aprítási fok** (A) az eredeti (X_0) és az aprított szemcseméret (X_v)

aránya: $A = \frac{X_0}{X_v}$

Pl. Kocka:

- X_0 kezdeti élhossz,
- X_v végső élhossz
- 8 db $X_v = X_0 / 2$ élhosszú kocka keletkezik
- Keletkező kockák száma (N): $N = A^3$

pl.: $A = 2$ $N = 2^3 = 8$, vagy ha $A = 3$ $N = 3^3 = 27$



Aprítás

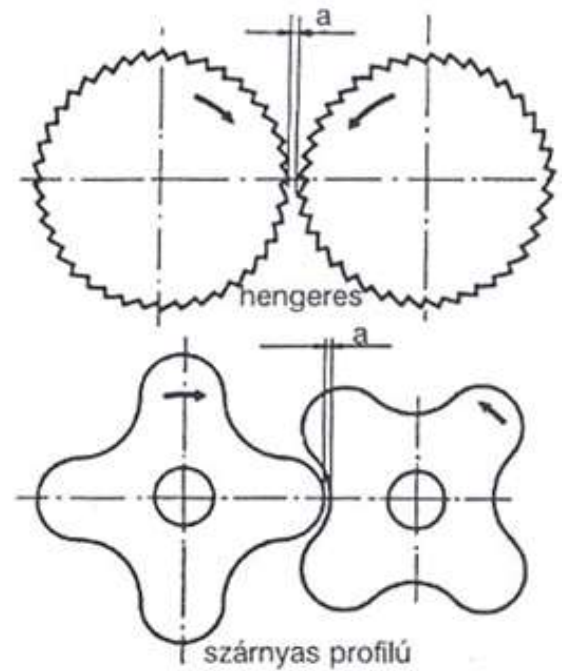
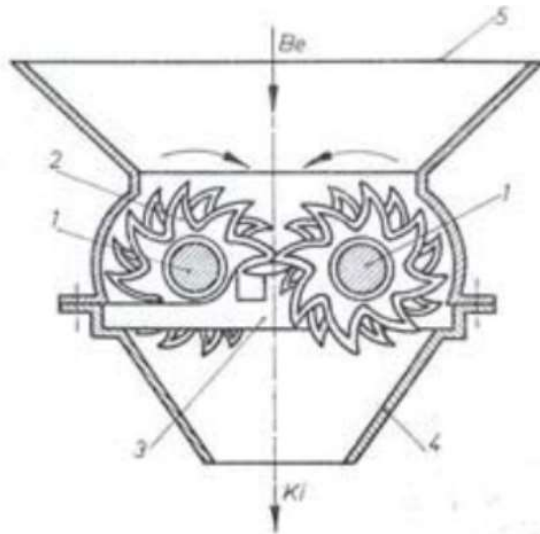
Az aprítás energiaigénye függ:

- Anyagi minőségtől (keménység, hőmérséklet)
- Aprítás mértékétől (minél nagyobb „N” annál több energia kell)

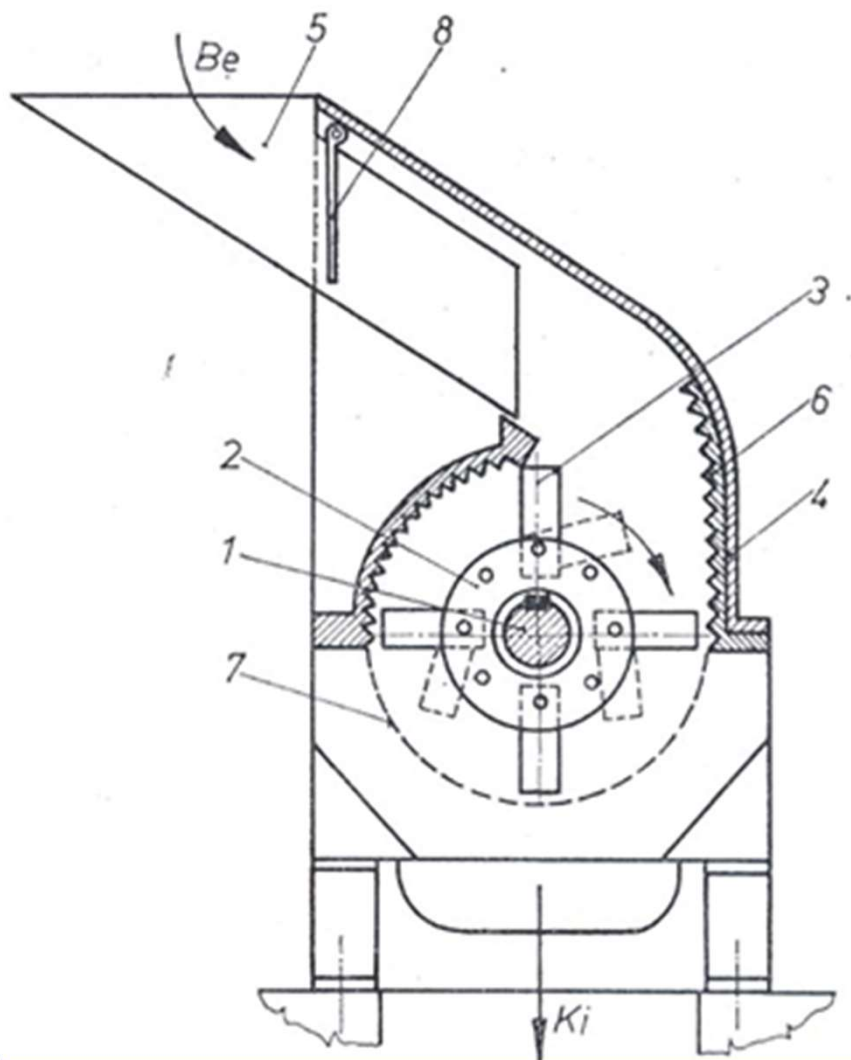
Az aprítást sok tényező befolyásolja, ezért nem lehet egzakt függvénykapcsolatot meghatározni. A függést kísérletekkel szokták leírni.



Fogas zúzó



Kalapácsos zúzó

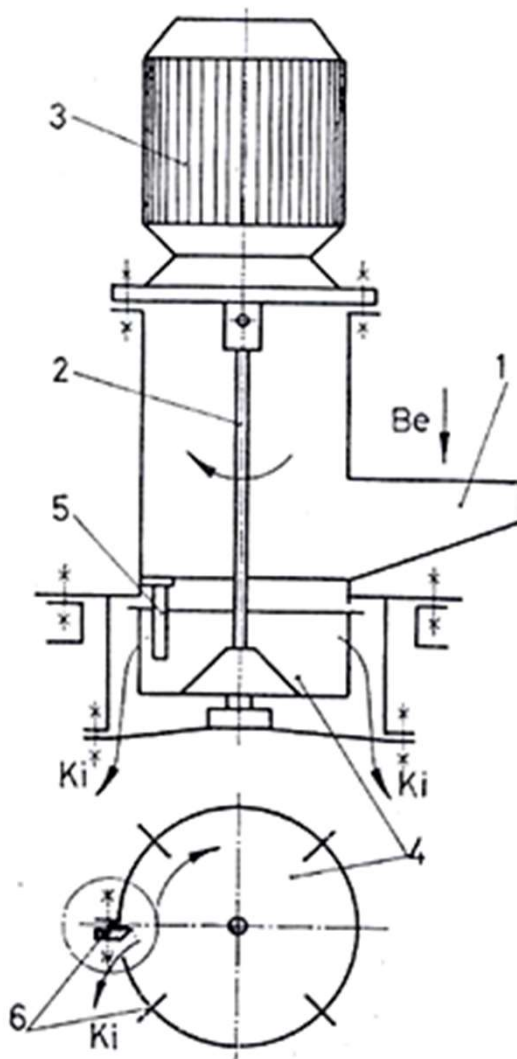


Fordulatszám:
min. 3000 ford/perc

1. tengely
2. rögzítőagy
3. kalapácsok
4. lemezház
5. garat
6. bordázott felület
7. cserélhető rosta
8. lengőajtó

Gyümölcsmaró gép

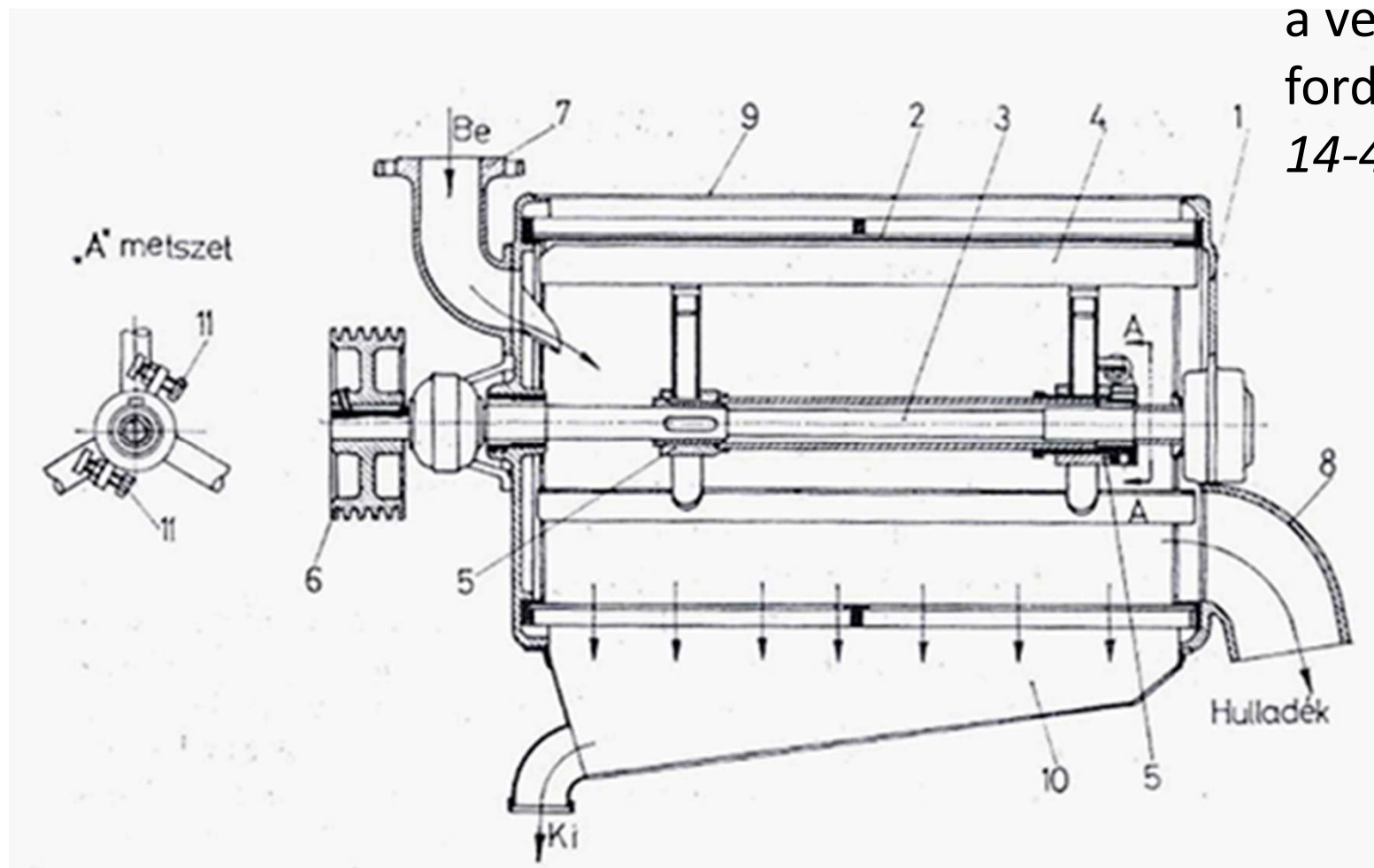
Fordulatszám:
1400 ford/perc



1. adagológarat
2. tengely
3. elektromotor
4. késtartó csésze
5. féklap
6. fogas kések

Centrifugál áttörő (passzírozó)

a verőléc
fordulatszáma:
14-40 ford/perc



1. fedél, 2. szitahenger, 3. tengely, 4. verőléc, 5. verőlécagy, 6. ékszíjtárcsa, 7. beömlőgarat, 8. hulladékelvezető csonek, 9. lemezburkolat, 10. légyűjtő vályú, 11. verőlécállító csavarok

Áramlástan

FLUIDUMOK ÁRAMLÁSA CSŐVEZETÉKEKBEN



Alapfogalmak

Fluidum: az áramló közeg vagy folyadék (cseppfolyós, inkompresszibilis), vagy gáz/gőz (légnemű, kompresszibilis) halmazállapotú. Együttes nevük **fluidumok**.

Stacionárius áramlás: Ha egy vezeték tetszés szerint kiválasztott keresztmetszetén az áthaladó fluidum tömege bármely időpillanatban ugyanannyi, az áramlást stacionáriusnak nevezzük.



A stacionárius áramlás jellemzői

Térfogatáram: W [m³/s]

Áramlási sebesség: v [m/s]

Tömegáram: w [kg/s]

Áramlási keresztmetszet: A [m²]

A fluidum sűrűsége: ρ [kg/m³]

Cső belső átmérője: D [m]

Fő összefüggések:

$$W = v \cdot A = \frac{w}{\rho}$$

$$A = \frac{D^2 \cdot \pi}{4}$$

$$w = v \cdot A \cdot \rho = W \cdot \rho$$

$$v = \frac{W}{A} = \frac{w}{A \cdot \rho}$$

Reynolds szám

Reynolds-szám (Re): az áramlás jellegét leíró dimenziómentes viszonyszám

$$Re = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\eta}$$

D – cső belső átmérője [m]

v – áramlási sebesség [m/s]

ρ – fluidum sűrűsége [kg/m³]

η – fluidum dinamikai viszkozitása [Pas]

A **Reynolds-szám** fizikai tartalma:

$$Re = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\eta} \cdot \frac{v}{v} = \frac{D \cdot v^2 \cdot \rho}{\eta \cdot v} \quad \left(= \frac{F_{\text{kinetikus}}}{F_{\text{súrlódási}}} \right)$$

Fluidumok belső súrlódása

A fluidumok belső súrlódását, vagy **viszkozitását** a *Newton-féle egyenlettel* értelmezzük*:

$$F = -\eta \cdot A \cdot \frac{dv}{dx}$$

ahol
F - súrlódási erő $\left[N = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \right]$

A - felület [m²]

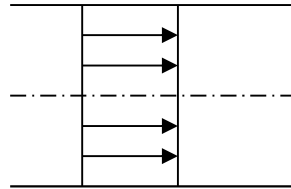
dv / dx - sebesség gradiens

η - newtoni viszkozitás, dimenziója:

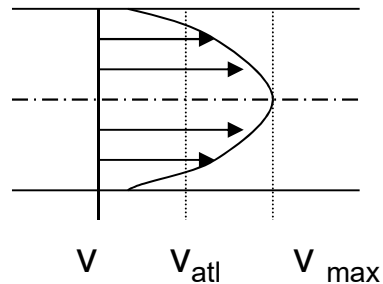
$$\eta = \frac{[F]}{[A]} \cdot \frac{[dx]}{[dv]} = \frac{N}{\text{m}^2} \cdot \frac{\text{m}}{\text{m/s}} = \text{Pa} \cdot \text{s} = \left[\frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}} \right]$$

Ideális és reális fluidum sebességprofilja csőben

1. Ideális

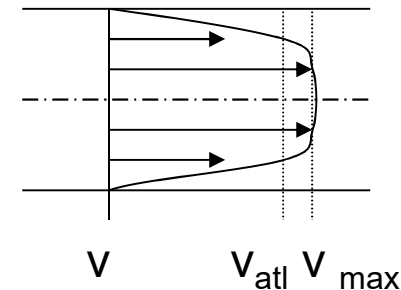


2.a Reális, lamináris
áramlás: $Re < 2320$



$$V_{atl} = \frac{V_{max}}{2}$$

2.b Reális, turbulens
áramlás: $Re > (5000) 10000$

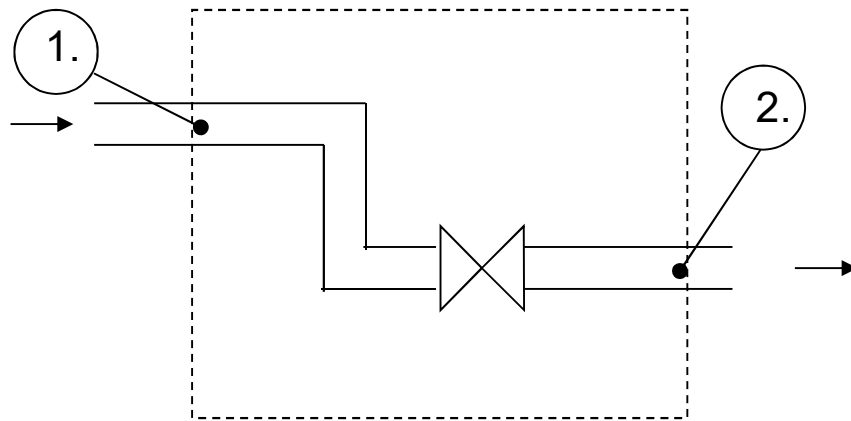


$$V_{atl} \approx V_{max}$$

Anyagmérleg áramló fluidumra

Anyagmegmaradás tétele

„A zárt vezetékben áramló fluidum tömegárama állandó”



$$W_1 = W_2$$

$$W_1 \cdot \rho_1 = W_2 \cdot \rho_2$$

Ha a fluidum folyadék :

$$\rho_1 = \rho_2$$

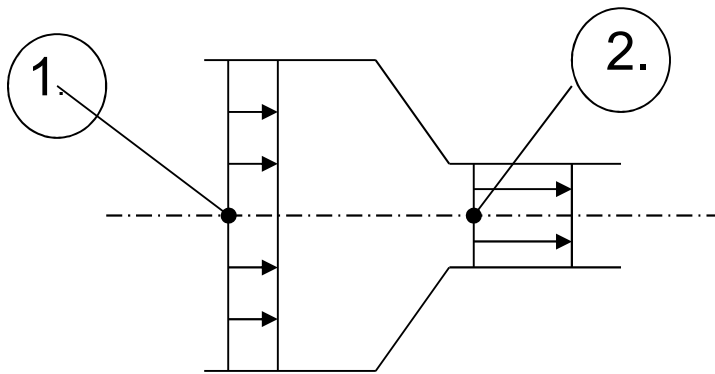
$$W_1 = W_2$$

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

$$v_2 = \frac{A_1}{A_2} \cdot v_1$$

Anyagmérleg áramló fluidumra

Például: Hogyan változik a sebesség, ha a keresztmetszet vagy a csőátmérő a felére csökken?



$$W_1 = W_2$$
$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

Ha A_2 fele A_1 -nek, akkor $v_2 = 2 \cdot v_1$
Ha D_2 fele D_1 -nek, akkor $v_2 = 4 \cdot v_1$

!!! Az anyagmérleg = folytonosság tétele, tömeg-, vagy anyagmegmaradás tétele, kontinuitás tétele !!!

Energiamérleg áramló fluidumra

Bernoulli tétele (energiamérleg): az áramló folyadék energiáinak összege a csővezeték minden pontján azonos.

Ideális (súrlódásmentesen áramló) fluidum mechanikai energiája 3 részre bontható:

Magassági: $\rho \cdot g \cdot h$

Nyomási: p

Sebességi: $\frac{v^2 \cdot \rho}{2}$

Reális (súrlódásos) fluidum esetén **súrlódási nyomásveszteség** (Δp_s) is fellép!

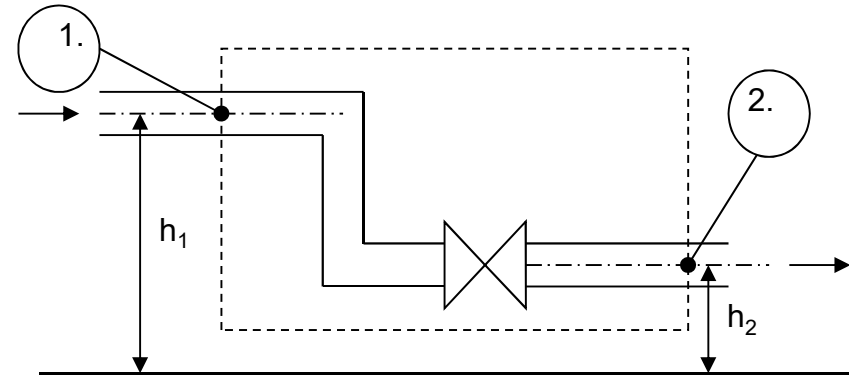


Bernoulli egyenlet (energiamérleg)

a.) **IDEÁLIS** fluidum esetén:

Legyen ($\rho_1 = \rho_2 = \rho$) ekkor:

$$\rho \cdot g \cdot h_1 + p_1 + \frac{v_1^2 \cdot \rho}{2} = \rho \cdot g \cdot h_2 + p_2 + \frac{v_2^2 \cdot \rho}{2}$$



b.) **REÁLIS** fluidum esetén:

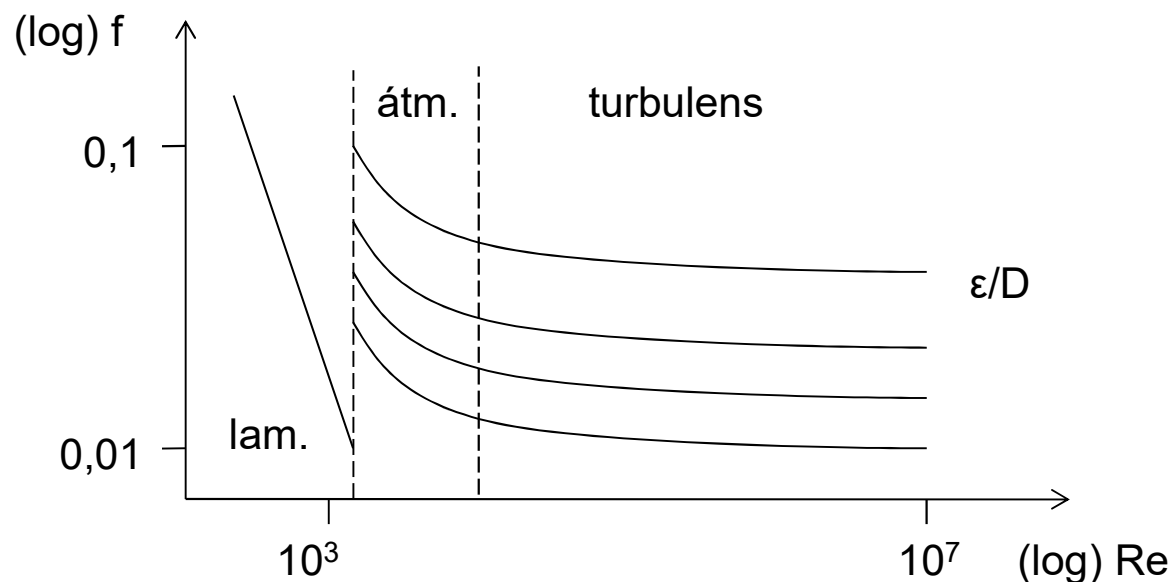
$$\rho \cdot g \cdot h_1 + p_1 + \frac{v_1^2 \cdot \rho}{2} = \rho \cdot g \cdot h_2 + p_2 + \frac{v_2^2 \cdot \rho}{2} + \Delta p_s \text{ [Pa]}$$

$$\Delta p_s = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2 \rho}{2}$$

Δp_s – súrlódási nyomásveszteség
 f – a csősúrlódási tényező

A csőúrlódási tényező

(log) f ~ (log) Re diagram



Lamináris áramlás:

$$Re < 2320$$

$$f = \frac{64}{Re}$$

Átmeneti tartomány:

$$2320 < Re < 10\,000$$

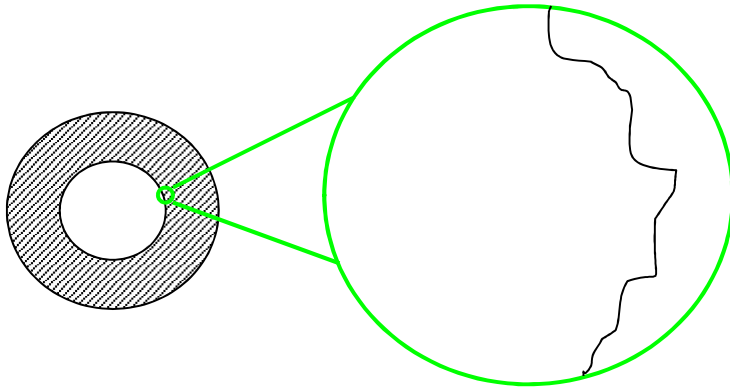
az f a Re és az ϵ/D függvénye

Kifejlett turbulencia:

$$10\,000 < Re$$

az f az ϵ/D függvénye

Kereskedelmi csövek érdessége

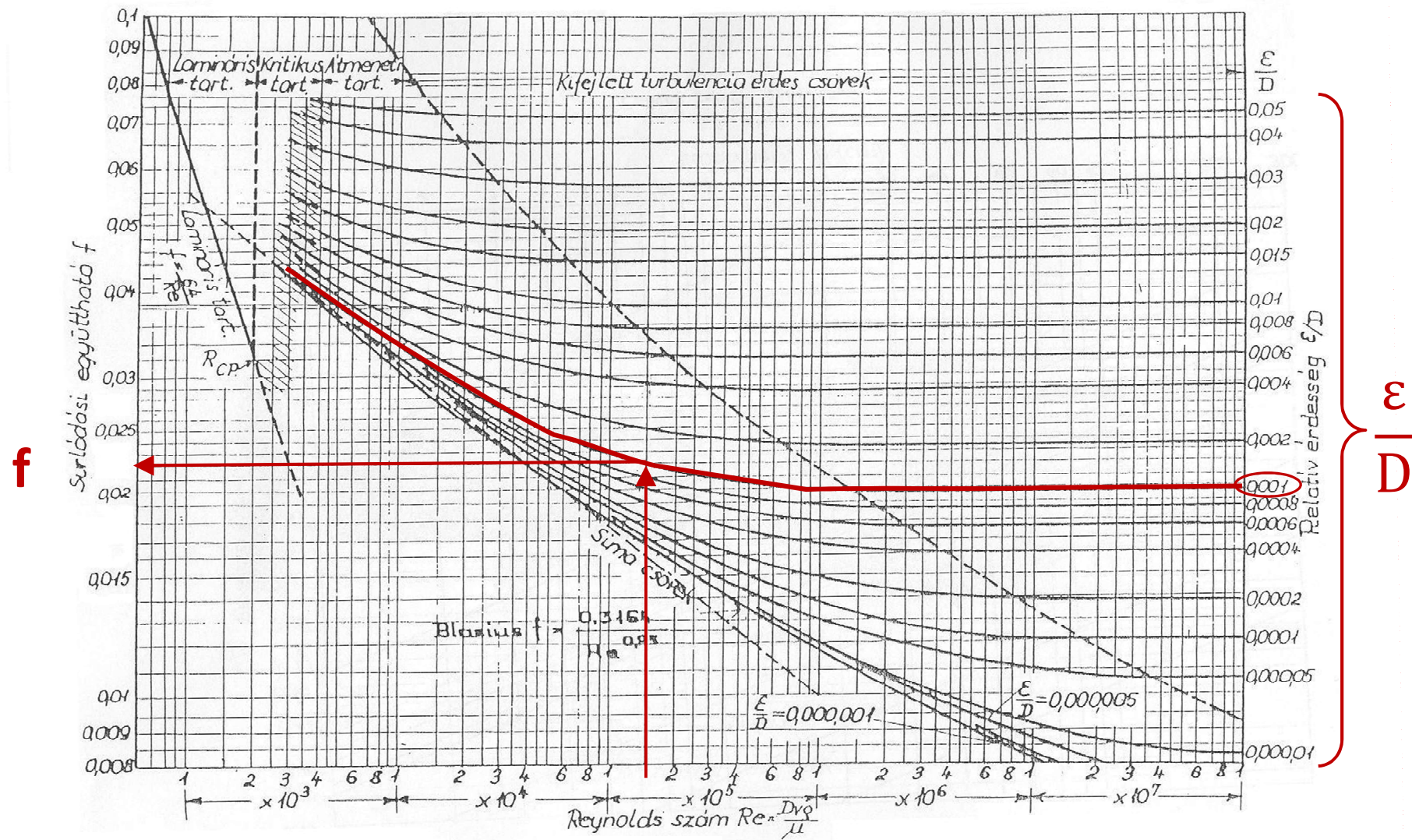


Csőérdesség	ε (m)
Húzott cső	$1.5 \cdot 10^{-6}$
Acélcső	$4.5 \cdot 10^{-5}$
Öntöttvas cső	$2.5 \cdot 10^{-4}$
Betoncső	$3.0 \cdot 10^{-4}$

Ha diagram nincs kéznél, a turbulens tartományra jó közelítéssel alkalmazhatjuk **Blasius formuláját**:

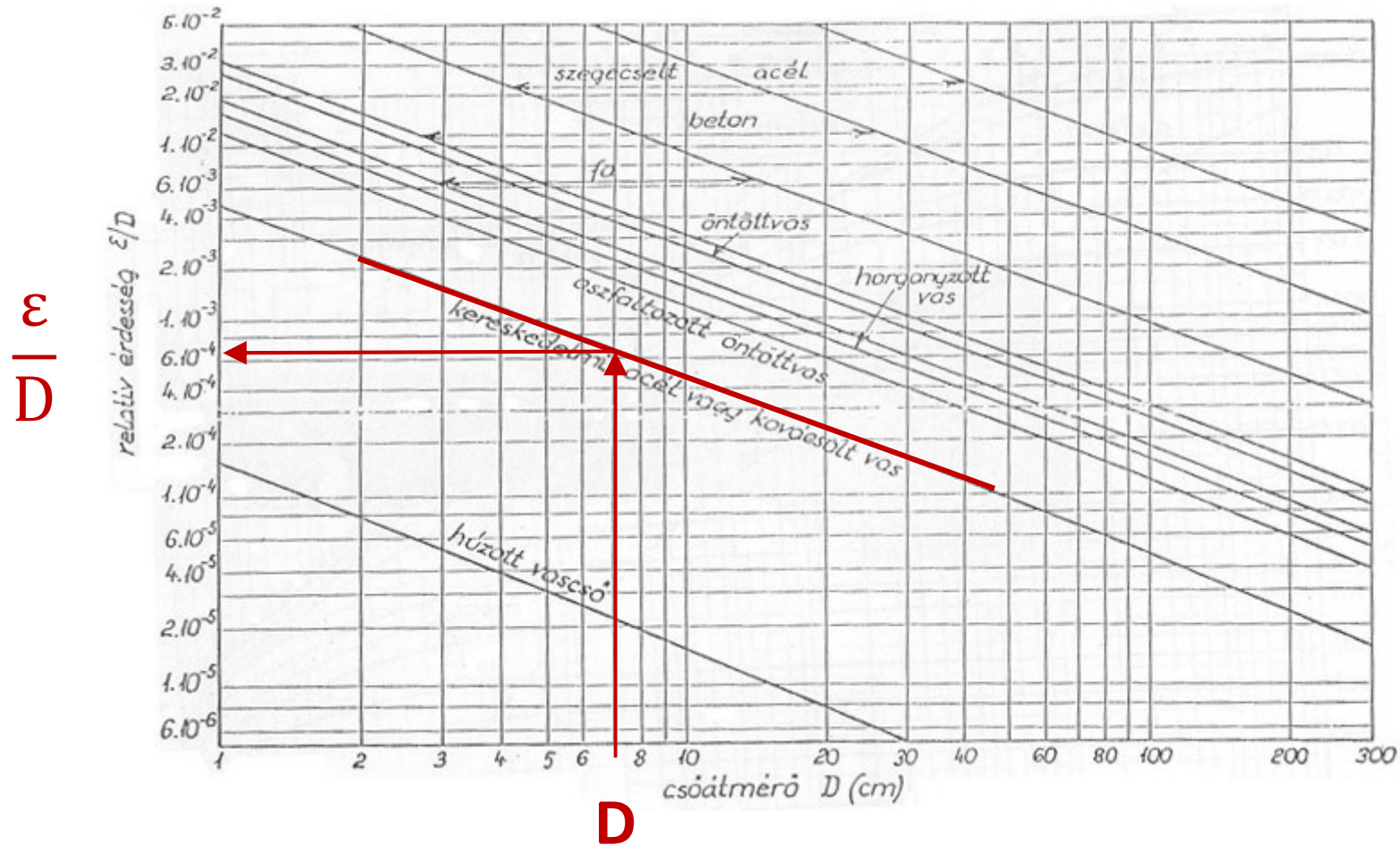
$$f = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}$$

f – Re diagram



Re

Csövek relatív érdessége diagram



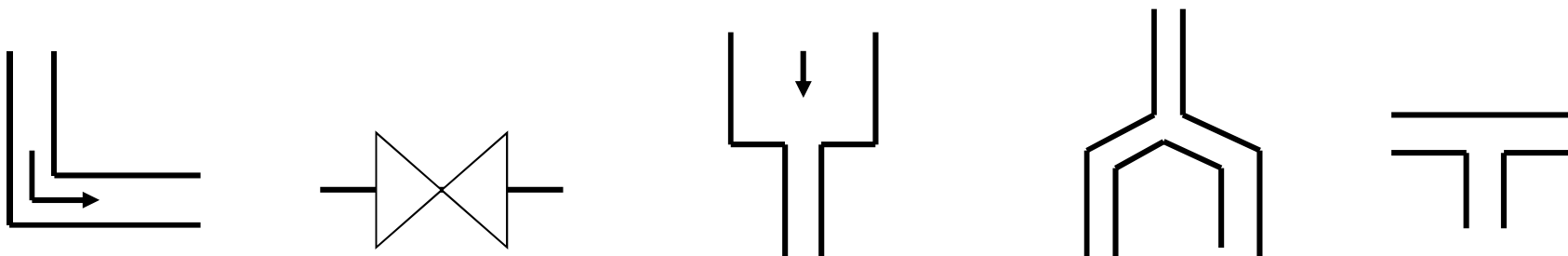
Egyenértékű csőátmérő és csőhossz

Nyomásveszteség azért keletkezik a vezetékben, mert súrlódás van.

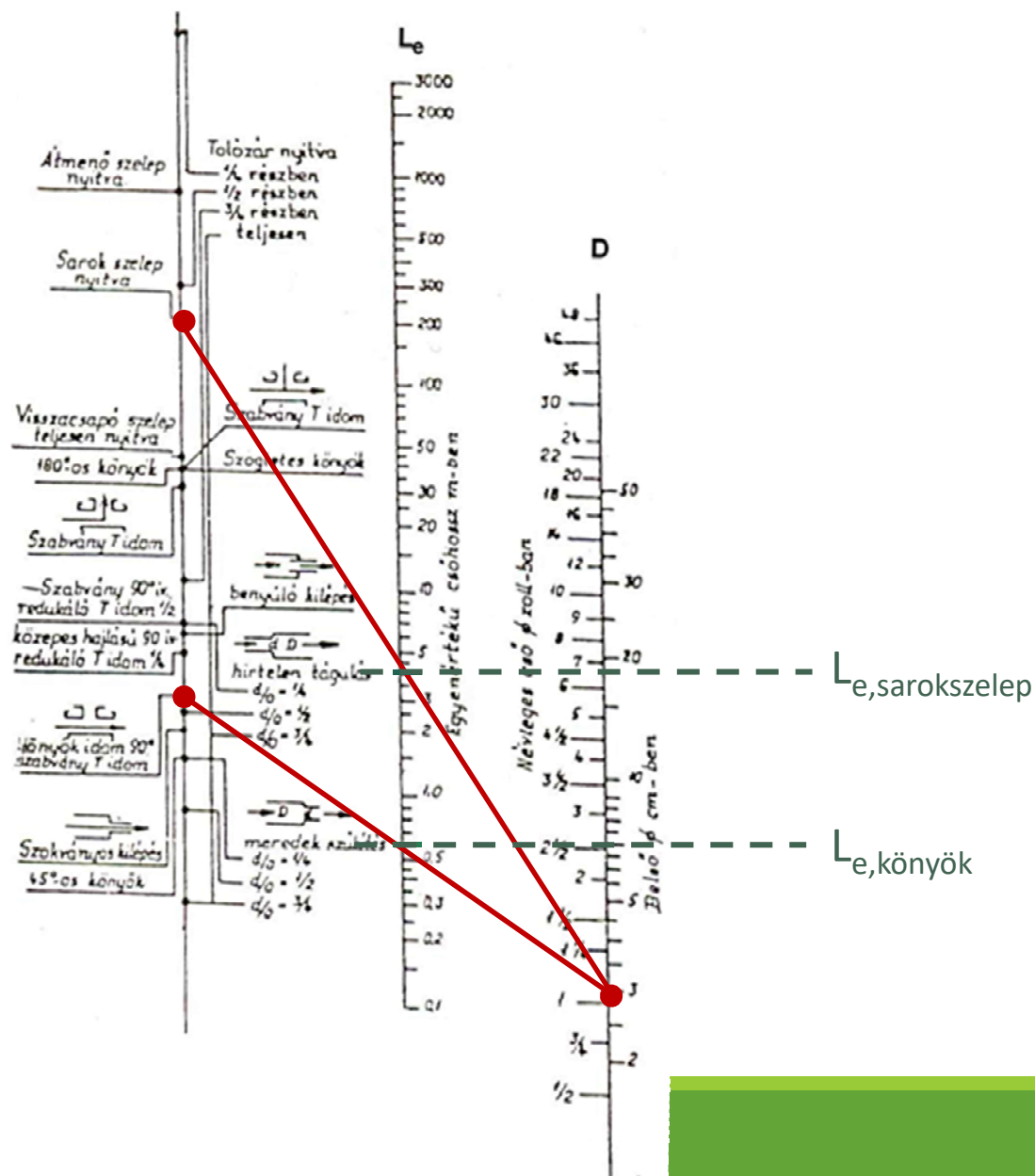
- A nem körkeresztmetű vezeték ún. **egyenértékű átmérője (De)**:

$$D_e = 4 \cdot \frac{A}{K} = 4 \cdot \frac{\text{áramlási keresztmetszet}}{\text{nedvesített kerület}}$$

- A csővezetékbe beépített idomok (könyök, szelep, szűkítés stb.) nagyobb súrlódási veszteséget okoznak, mint az ugyanolyan hosszú egyenes csőszakasz.



Egyenértékű csőhossz meghatározása



Fluidumok szállítása

A szivattyú nettó teljesítménye:

$$P = W \cdot \Delta p_{\text{sziv}} \quad \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot \text{Pa} = \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{s}} = \text{Watt} \right]$$

A szivattyú által biztosított nyomáskülönbség (Δp_{sziv}) három tagból tevődhet össze:

$$\begin{aligned} \text{1. Veszteségi tag : } \Delta p_{\text{veszt}} &= \Delta p_{\text{S}} + \Delta p_{\text{kin}} \\ &= f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2 \cdot \rho}{2} + \frac{v^2 \cdot \rho}{2} \\ &= \left(1 + f \cdot \frac{L}{D} \right) \cdot \frac{v^2 \cdot \rho}{2} \end{aligned}$$

Fluidumok szállítása

2. Magassági tag : $\Delta p_{\text{mag}} = \Delta h \cdot \rho \cdot g$

3. Nyomási tag : Δp_{nyom}

A fluidum szállításához szükséges, a szivattyú által biztosított **nettó teljesítmény** általános esetben:

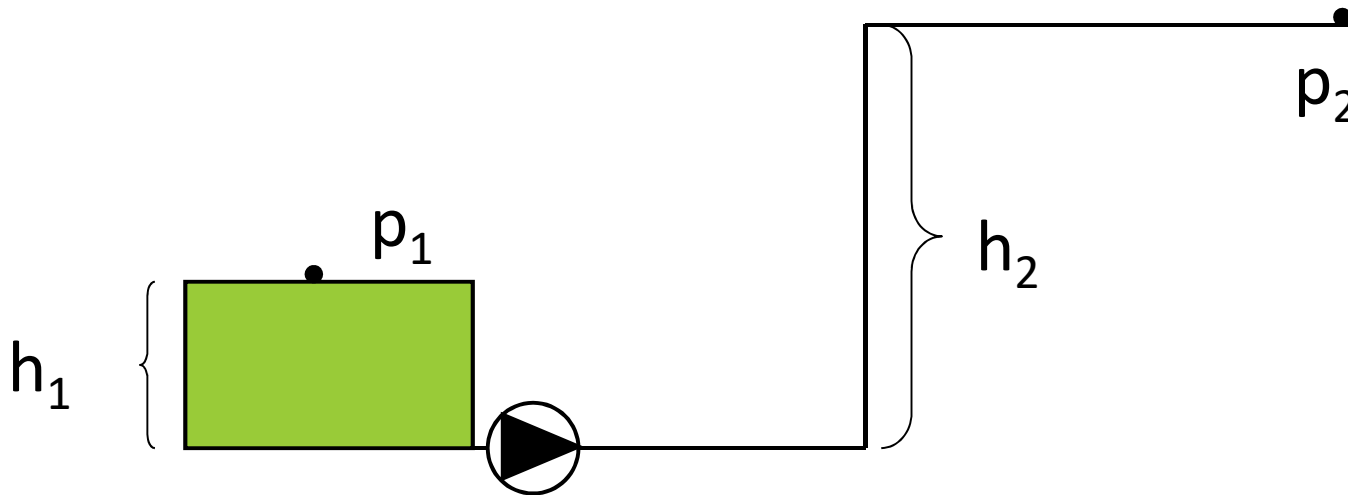
$$P = W \cdot \Delta p_{\text{sziv}} = W \cdot (\Delta p_{\text{mag}} + \Delta p_{\text{nyom}} + \Delta p_{\text{veszt}})$$

A motor **bruttó teljesítménye** az η_{sziv} hatásfokkal:

$$P_{\text{br}} = \frac{P}{\eta_{\text{sziv}}}$$

A Bernoulli egyenlet kiegészítése

A szivattyú által biztosított nyomáskülönbséget negyedik tagként hozzáadjuk a fluidum kiindulási energiájához.



$$h_1 \cdot \rho \cdot g + p_1 + \frac{v_1^2 \cdot \rho}{2} + \Delta p_{\text{sziv}} = h_2 \cdot \rho \cdot g + p_2 + \frac{v_2^2 \cdot \rho}{2} + \Delta p_s \quad [\text{Pa}]$$

(Ebben az esetben $v_1 = 0 \text{ m/s}$)

Folyadékszállítás berendezései

SZIVATTYÚK

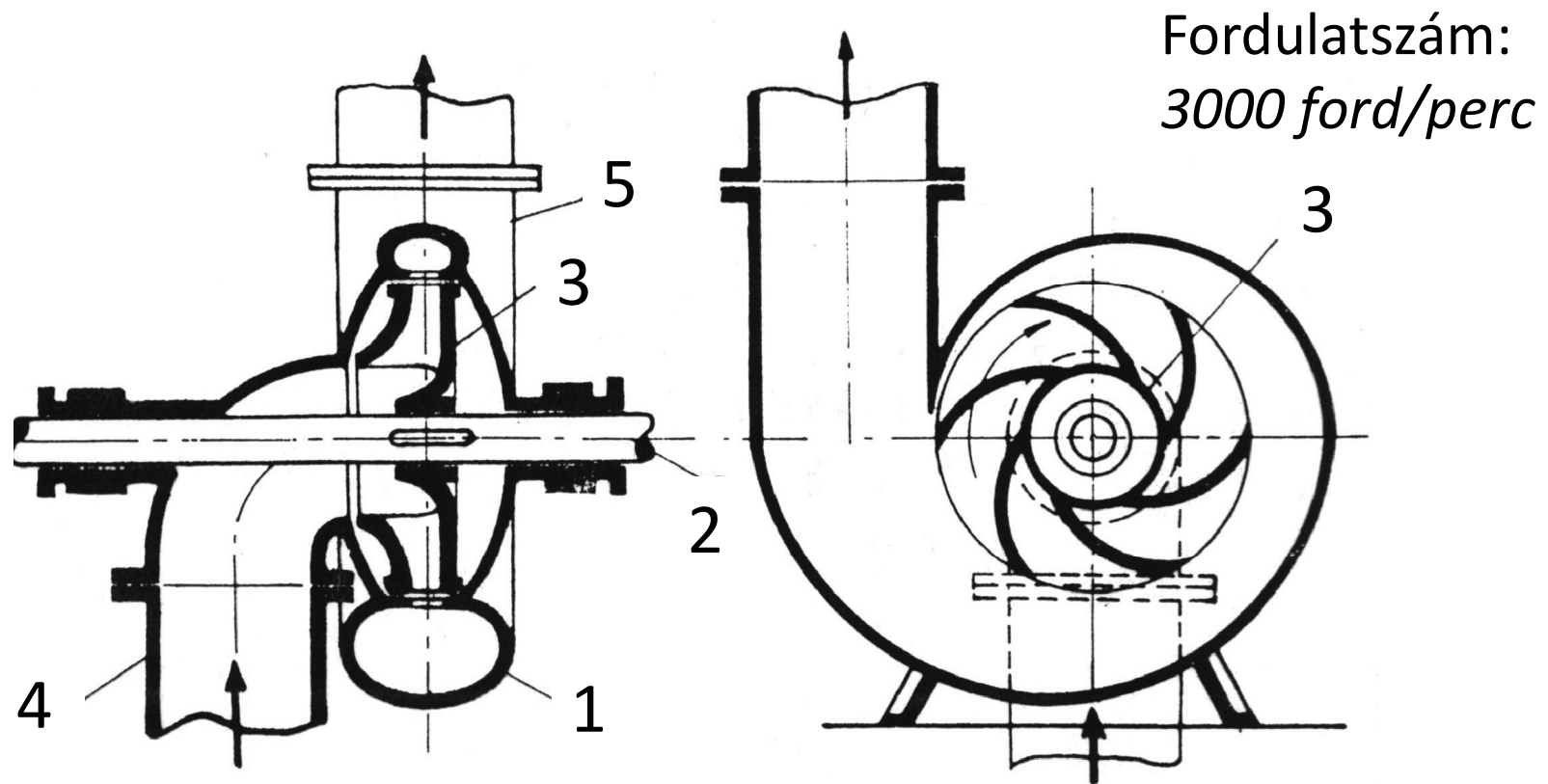


Folyadékszállítás - szivattyúk

Csoportosítás:

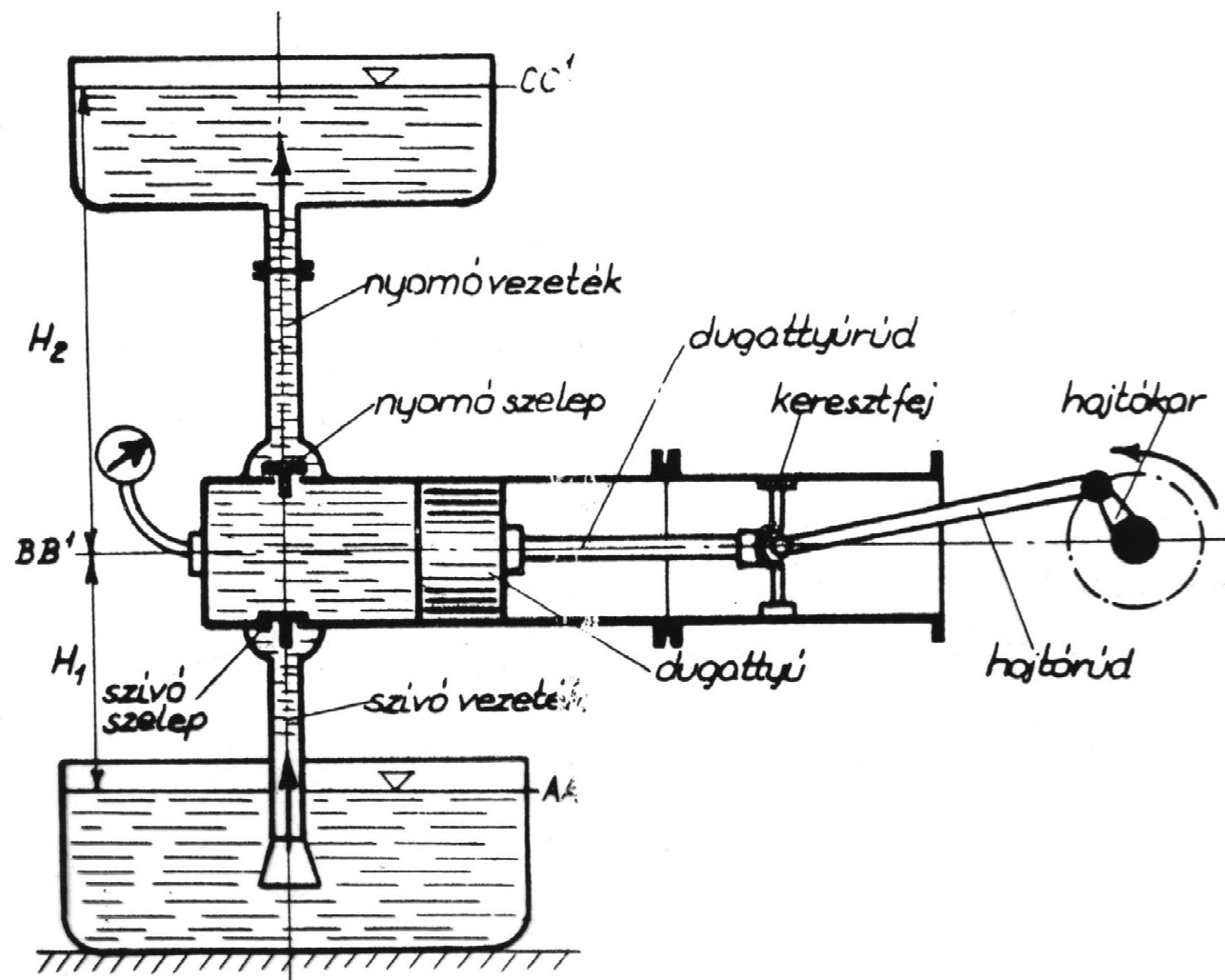
- Áramlástechnikai (pl. turbinaszivattyú= centrifugálszivattyú)
- Térfogatkiszorításos (pl. dugattyús, fogaskerék, membránszivattyú)

Turbina szivattyú (csigaházas kivitelben)

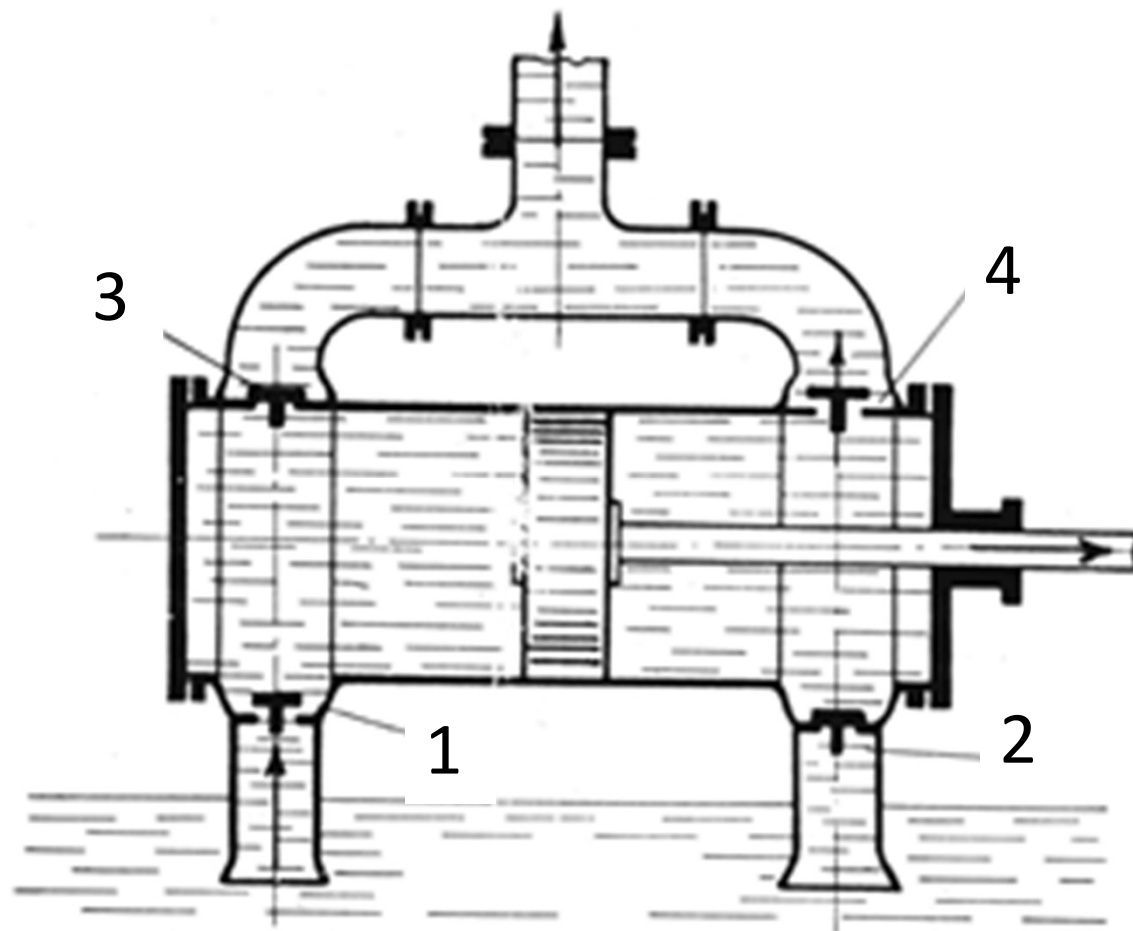


1. Szivattyú ház 2. tengely 3. járókerék 4. szívócsonk 5. nyomócsonk

Egyszeres működésű (Simplex) dugattyús szivattyú

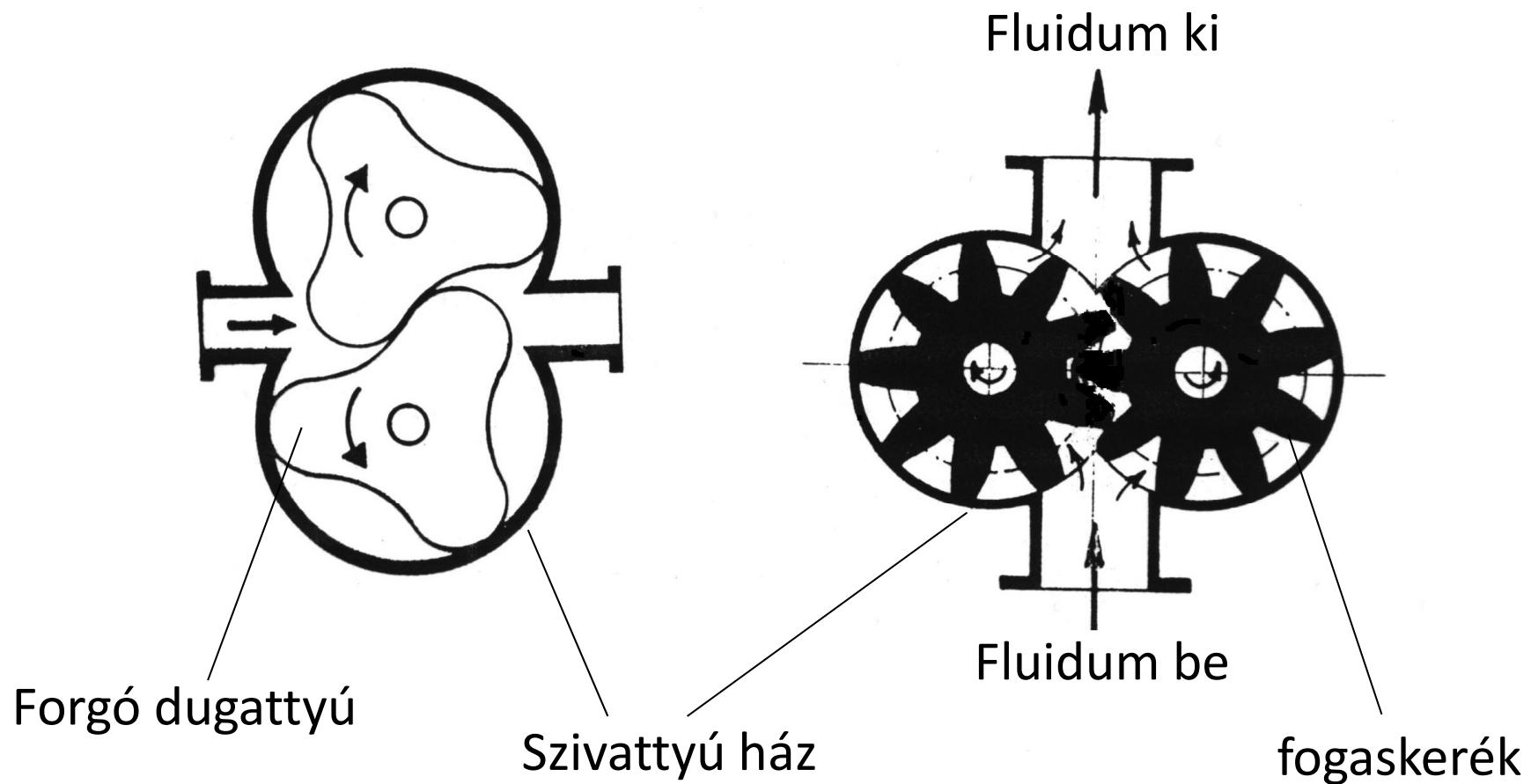


Kétszeres működésű dugattyús szivattyú

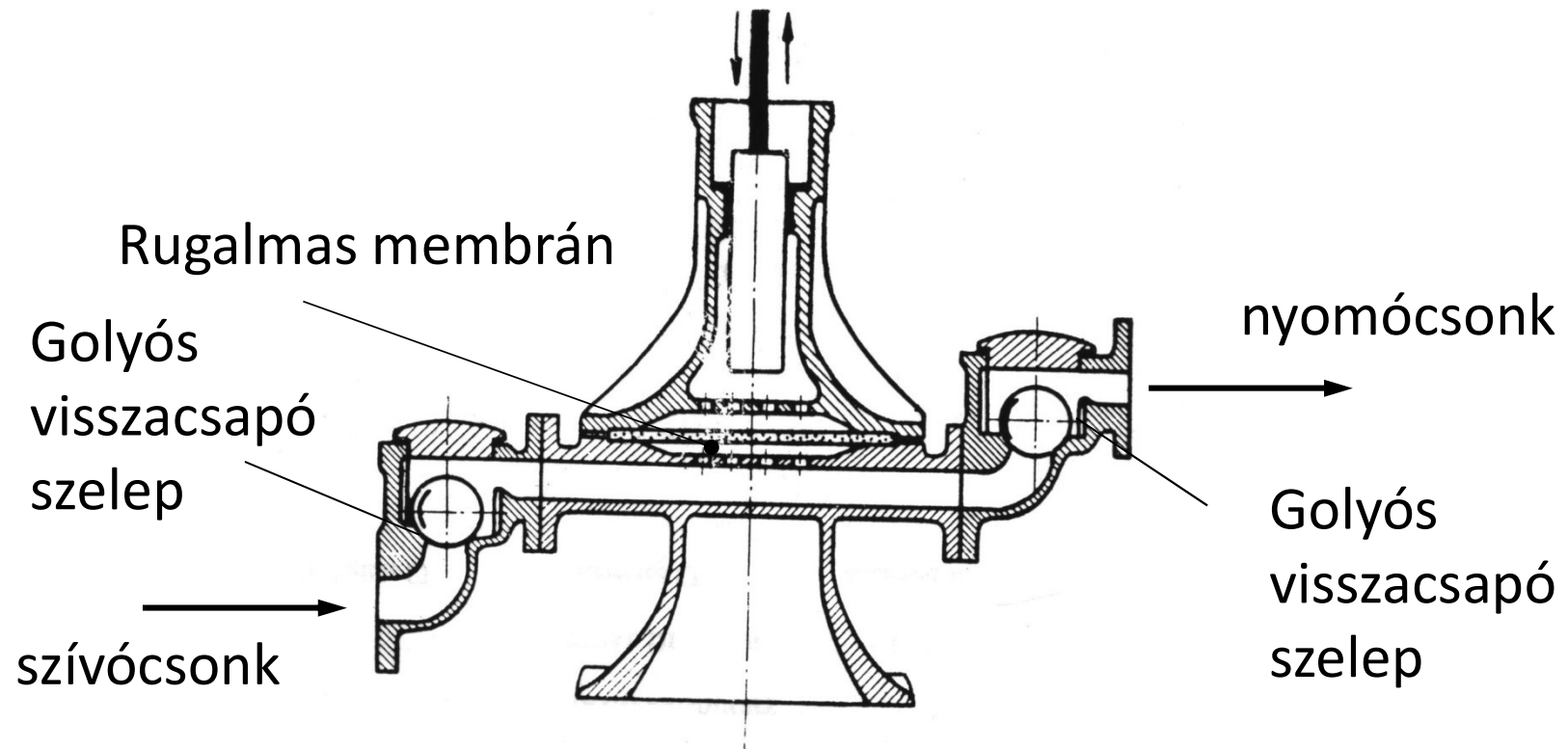


1. és 2. szívószelep, 3. és 4. nyomószelep

A forgódugattyús és a fogaskerék szivattyú



Membrán szivattyú



Keverés



Keverés definíciója

Keverésen különböző anyagok egymásban való eloszlását és minél egyenletesebb eloszlását értjük.

A keverőgépekben sztochasztikus, azaz időben véletlenszerű folyamatok mennek végbe.

A tökéletes keverék szerkezetét a sakktáblával lehet illusztrálni.



Keverés céljai

- Homogenizálás
- Hőcsere elősegítése
- Anyagátadás elősegítése
- Szerkezetkialakítás, emulzió, szuszpenzió készítése
- Biológiai változások elősegítése

Kevert anyagok:

Közeg/kevert anyag	Folyadék	Gáz	Szilárd
Folyadék	Emulzió	Csepp/köd	-
Gáz	Buborék	-	-
Szilárd	szuszpenzió	por	porkeverék

Feladatok

1. Folyadék vizsgálata és keverő típus kiválasztás (technológia alapján)
2. Keverő teljesítményszükségletének meghatározása, keverőmotor kiválasztás alapja
3. A kívánt homogenitás eléréséhez szükséges idő meghatározása (tapasztalati úton)

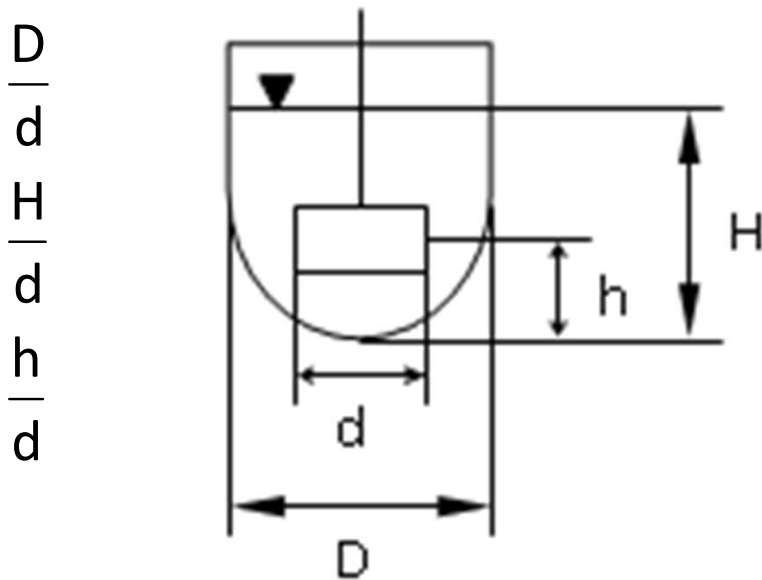
Keverés dimenziómentes számai

Keverési Reynolds-szám:
$$Re = \frac{d^2 \cdot n \cdot \rho}{\eta}$$

Euler-szám: keverés **teljesítményszükségletét** jellemző dimenziómentes szám, amely függ:

- Készülék geometriai kialakításától
- Hidrodinamikai viszonyoktól

$$Eu = \frac{P}{d^5 \cdot n^3 \cdot \rho}$$



P - a keverés (nettó) teljesítményszükséglete [W]

d - a keverő átmérője [m]

n - a keverő fordulatszáma [1/s]

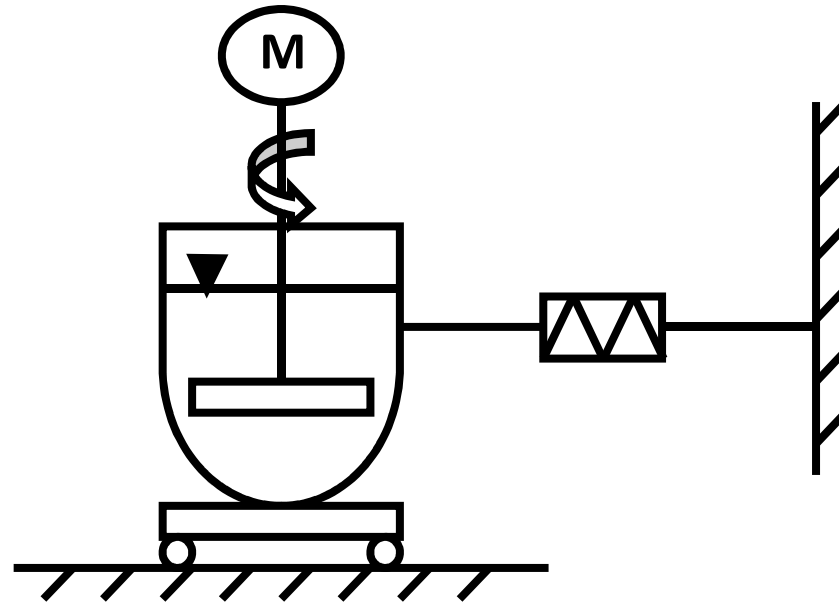
ρ - a kevert anyag sűrűsége [kg/m³]

η - a kevert anyag viszkozitása [Pa·s]

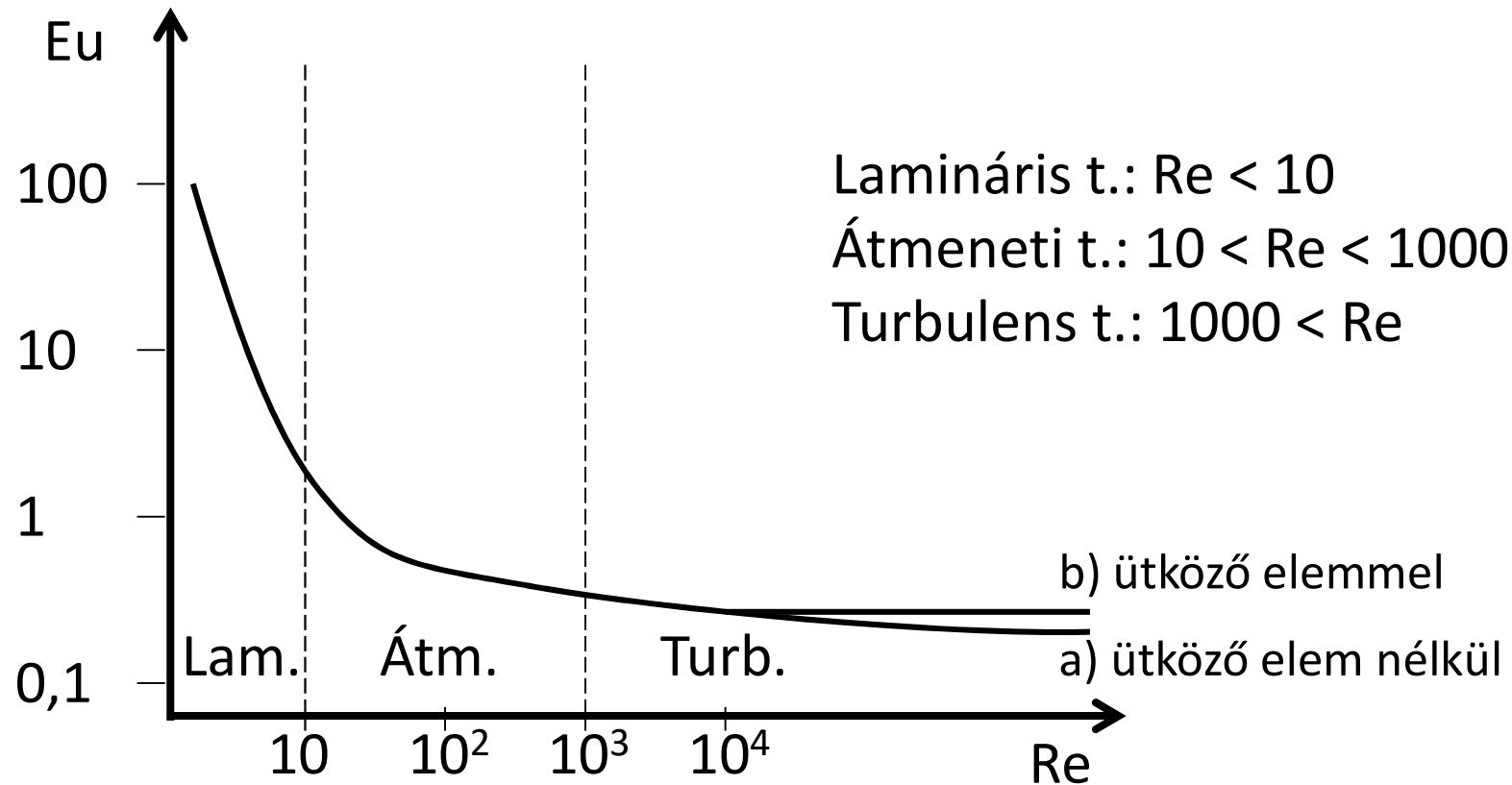
Teljesítményszükséglet meghatározása

Függ a keverő típusától, geometriai adatoktól

Teljesítményszükséglet mérése:



Eu – Re diagram



$$P = Eu \cdot d^5 \cdot n^3 \cdot \rho$$

Méreteknövelés

$$Re_{\text{kicsi}} = Re_{\text{nagy}}$$

$$Eu_{\text{kicsi}} = Eu_{\text{nagy}}$$

$$(D/d)_{\text{kicsi}} = (D/d)_{\text{nagy}}$$

$$(H/d)_{\text{kicsi}} = (H/d)_{\text{nagy}}$$

$$(h/d)_{\text{kicsi}} = (h/d)_{\text{nagy}}$$

Keverők típusai

Sokféle műszaki megoldás

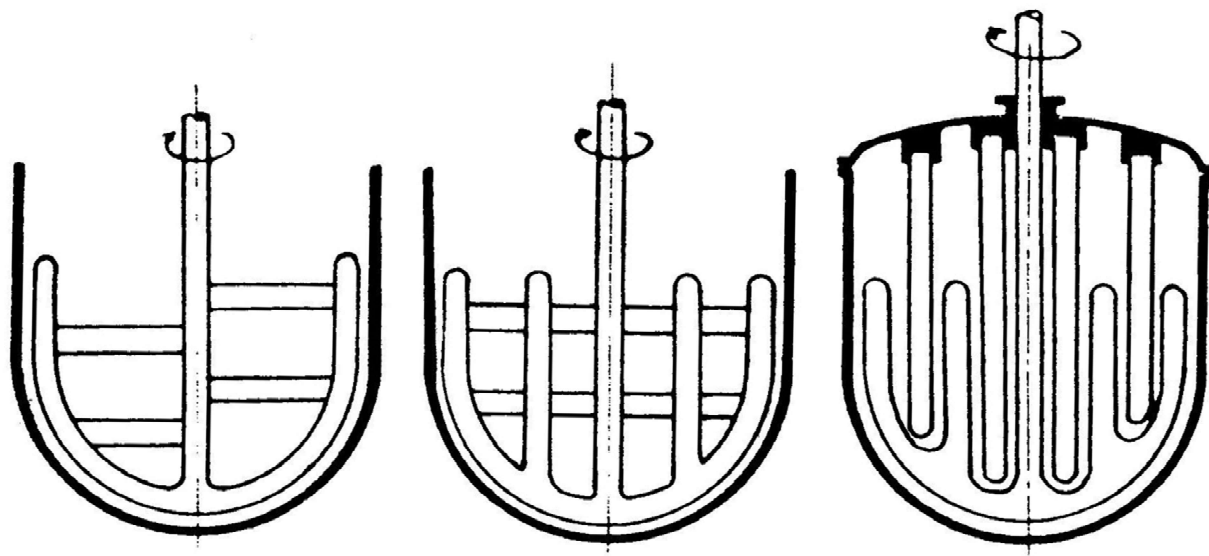
Döntő jelentőségű a legnagyobb tömegű/térfogatú, általában folyadék állapotú anyag

Általában a keverők függőleges tengelyre szerelt, forgó mozgású keverőelemes szerkezetek.



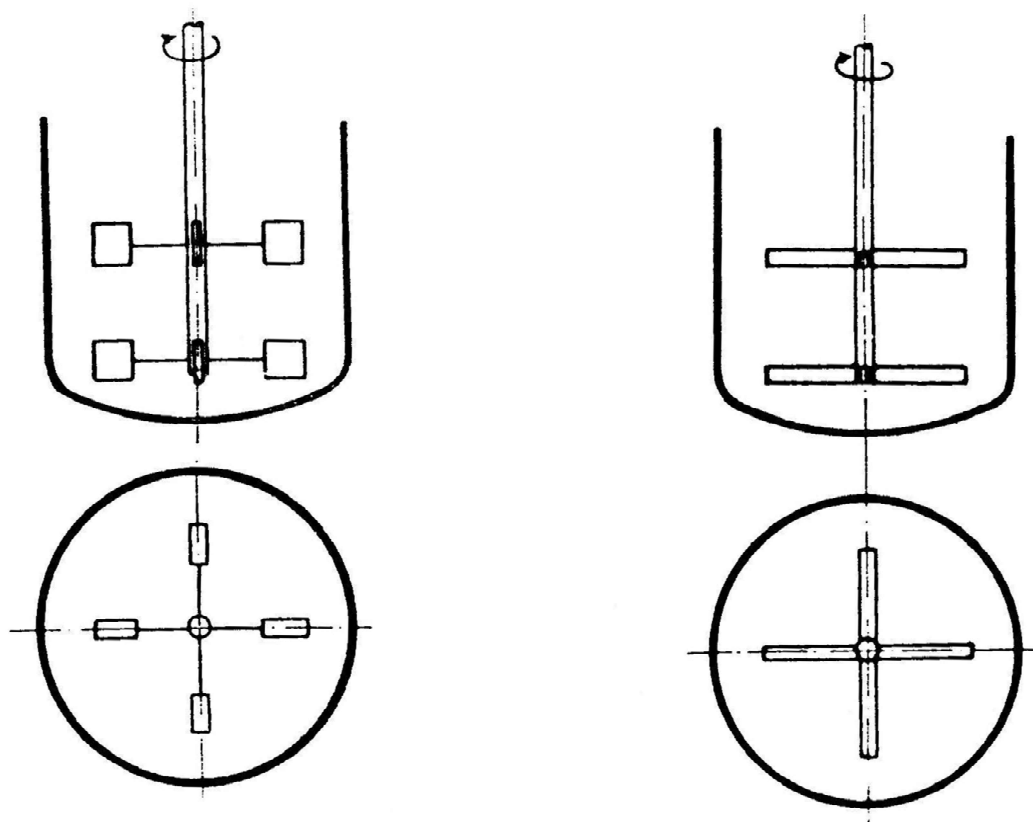
Lassú fordulatú keverők (kavarók)

($n = 20 - 50$ ford/min)

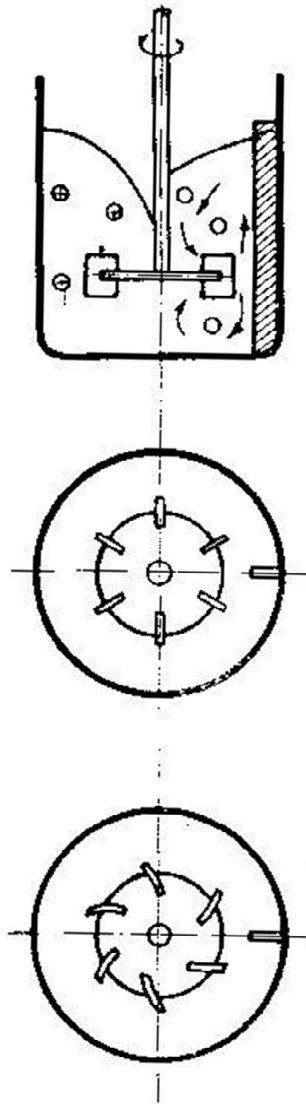


Többkarú lapátos és lapkeverők

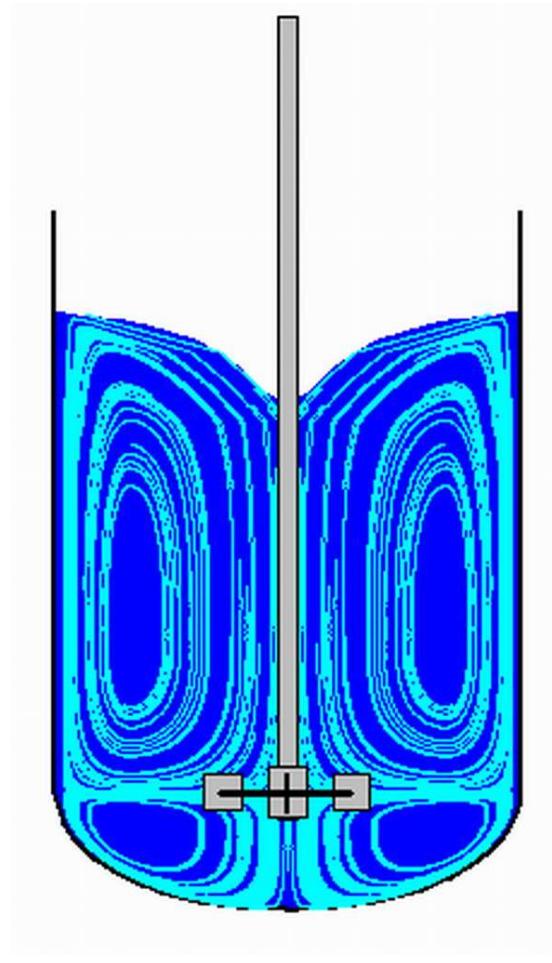
($n = 100 - 500$ ford/min)



Nyitott, centrifugális, lapátos keverő és áramlásképe

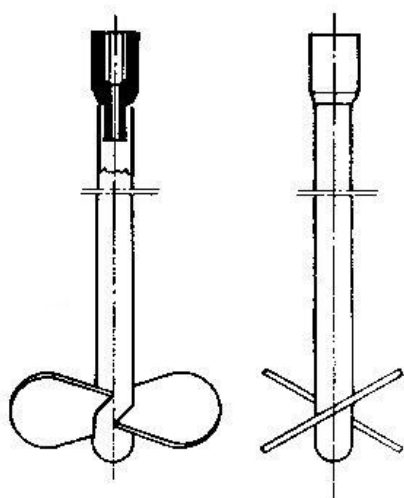


($n = 100 - 500$ ford/min)

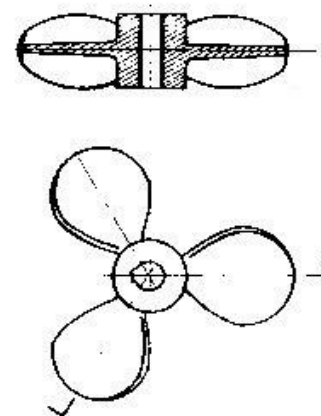


Propellerkeverők

Propellerkeverő



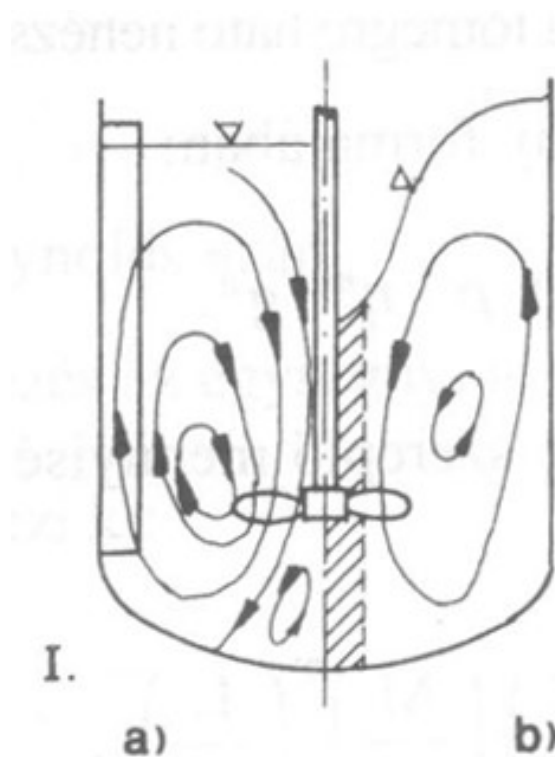
Három szárnyú
propellerkeverő



($n = 15 - 1500$ ford/min)

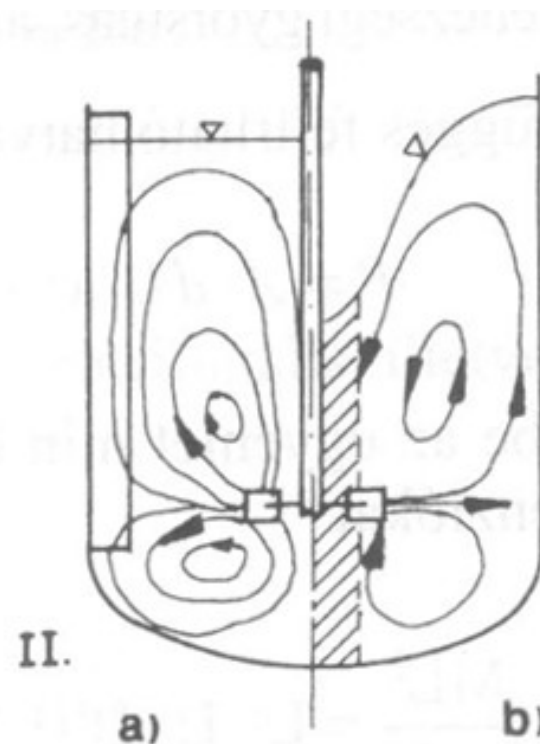
Torlólap hatása

Propeller keverő



a) torlólappal

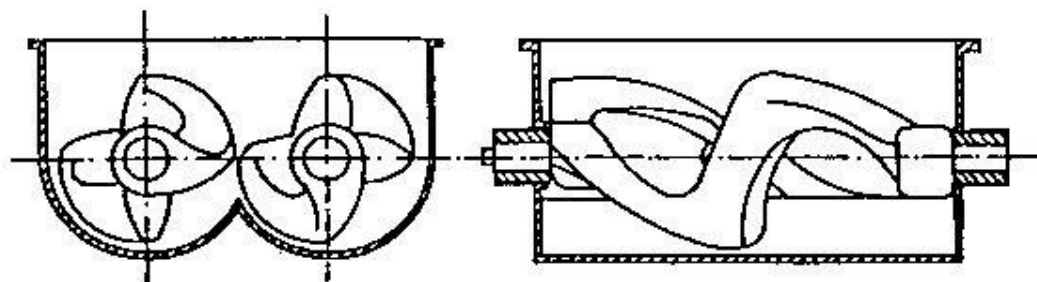
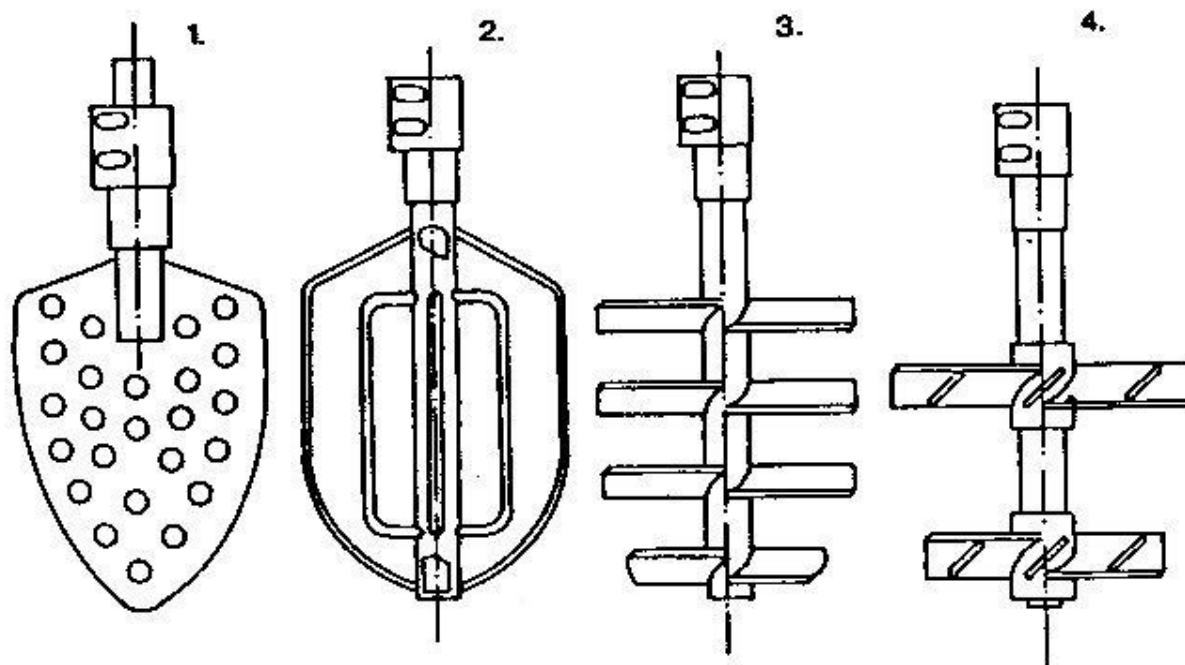
Lapátos tárcsás keverő



b) torlólap nélkül

Egyéb keverő kialakítások

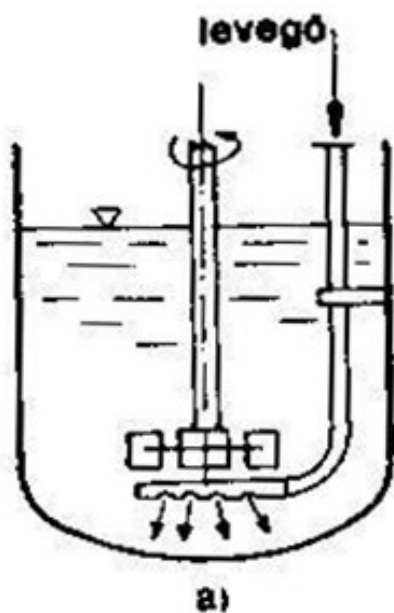
- 1: viszkózus
folyadékhoz
- 2: habosításhoz
- 3, 4: függőleges
áramláshoz



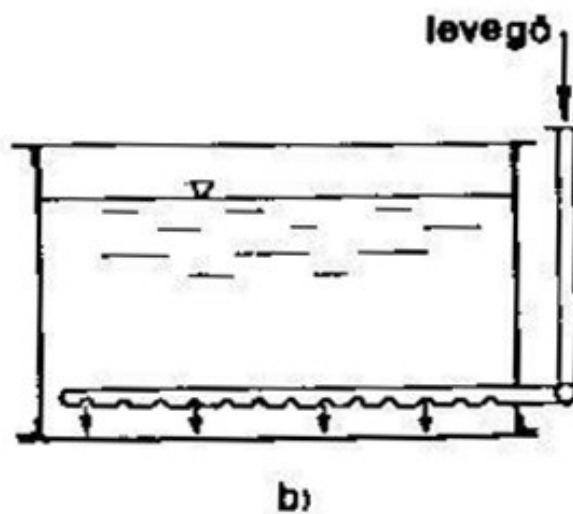
Z-karos dagasztó

Gázdiszpergálás és pneumatikus keverés

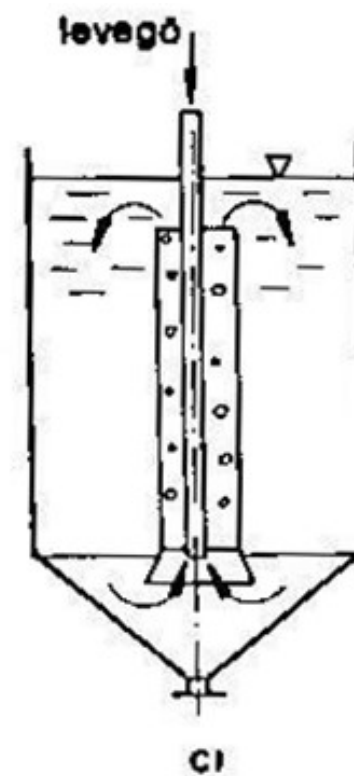
Turbókeverő
gázdiszpergáló
perforált csővel



Perforált csöves
pneumatikus
keverő



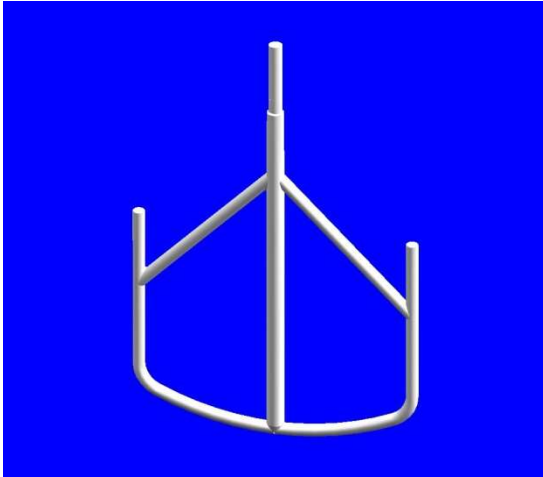
Vezetőcsöves
pneumatikus
keverő



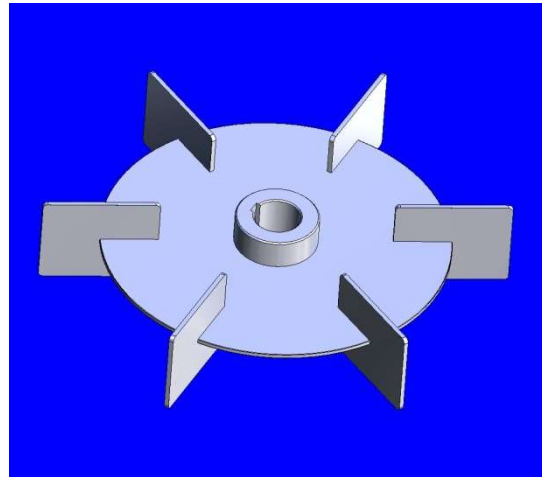
Példák a jelenleg forgalomban lévő keverőkre

forrás: Agisys Kft.

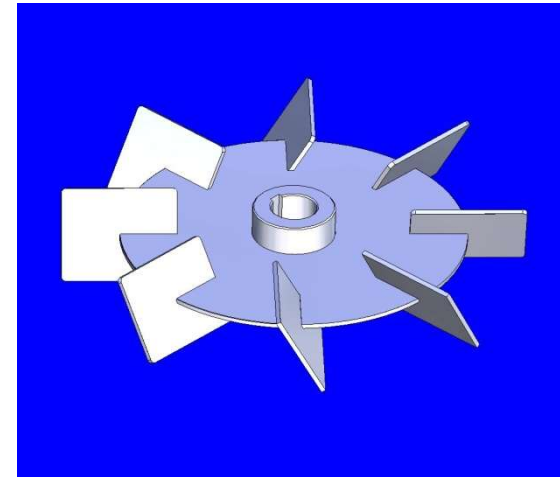
Anker



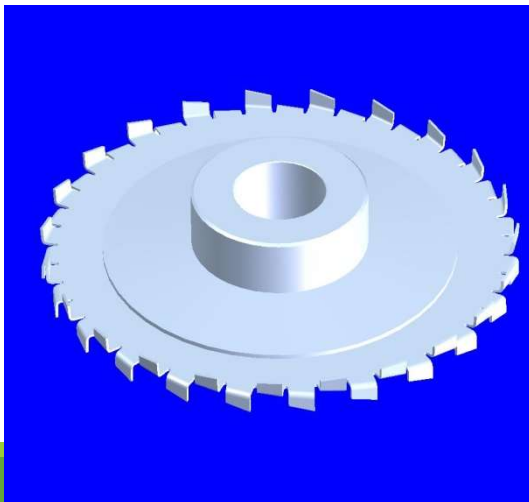
Turbina



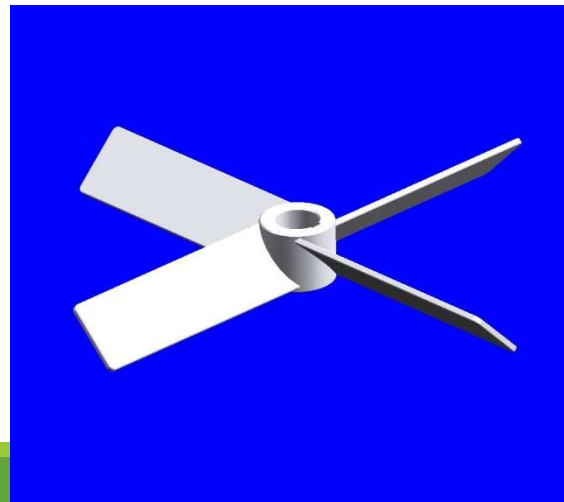
AX turbina



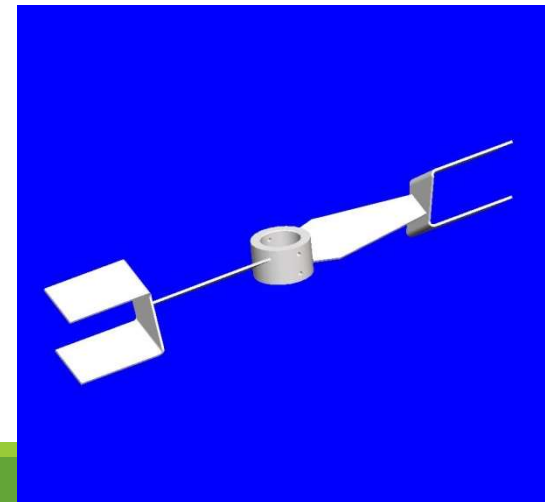
Dissolver



Ferdekaros



Intermig

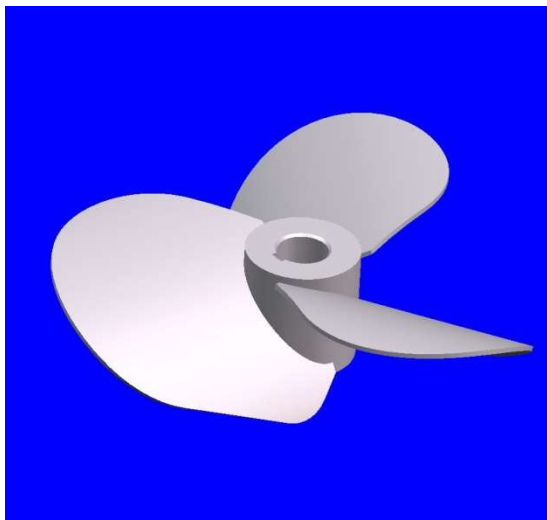


Példák a jelenleg forgalomban lévő keverőkre

forrás: Agisys Kft.

Beszerezésre váró keverők

Propeller



Számítási feladatok

ÁRAMLÁSTAN ÉS KEVERÉS



Számítási feladatok – áramlástan1

Vízszintes csőben ideális folyadék áramlik. A d_1 átmérőjű helyen a folyadék sebessége 5 m/s, nyomása 3 bar, sűrűsége 1000 kg/m³. Írja fel a Bernoulli törvényt, és számítsa ki a p_2 nyomást a $d_2=0,5 \cdot d_1$ átmérőjű helyre!

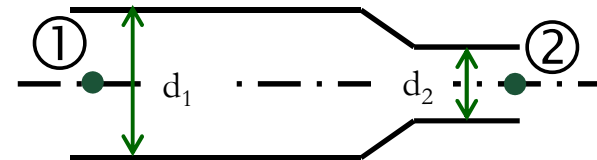
Adatok:

$$v_1 = 5 \text{ m/s}$$

$$p_1 = 3 \text{ bar}$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$d_2 = 0,5 \cdot d_1$$



Bernoulli egyenlet:

$$\cancel{h_1 \cdot \rho \cdot g} + p_1 + \frac{v_1^2 \cdot \rho}{2} = \cancel{h_2 \cdot \rho \cdot g} + p_2 + \frac{v_2^2 \cdot \rho}{2}$$

$$h_1 = h_2 \rightarrow h_1 \cdot \rho \cdot g = h_2 \cdot \rho \cdot g$$

$$p_1 + \frac{v_1^2 \cdot \rho}{2} = p_2 + \frac{v_2^2 \cdot \rho}{2}$$

Számítási feladatok – áramlástan1

Folytonossági tétel: $A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$

$$\frac{\cancel{d_1^2} \cdot \cancel{\pi}}{\cancel{4}} \cdot v_1 = \frac{\left(\frac{1}{2} \cdot \cancel{d_1}\right)^2 \cdot \cancel{\pi}}{\cancel{4}} \cdot v_2$$

$$v_1 = \frac{1}{4} \cdot v_2$$

$$v_2 = 4 \cdot v_1 = 4 \cdot 5 = 20 \text{ m/s}$$

Bernoulli egyenlet:

$$p_1 + \frac{v_1^2 \cdot \rho}{2} = p_2 + \frac{v_2^2 \cdot \rho}{2}$$

$$3 \cdot 10^5 + \frac{25 \cdot 1000}{2} = p_2 + \frac{400 \cdot 1000}{2}$$

$$p_2 = 1,125 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Ha a sebesség megnő, a nyomás lecsökken!

Számítási feladatok – áramlástan2

Milyen magasan kell elhelyezni egy állandóan 1 m-es vízszintmagasságú nyitott víztartályt egy másik tartály fölött ahhoz, hogy a felső tartály aljára csatlakozó, a két tartályt összekötő függőleges, 2 cm átmérőjű horganyzott vas csővezetéken keresztül $2,2 \text{ m}^3/\text{h}$, 20°C -os víz folyjon be az alsó, zárt tartályba, melyben az állandó túlnyomás $2,5 \cdot 10^4 \text{ Pa}$. A 20°C -os víz sűrűsége $998,4 \text{ kg/m}^3$, dinamikai viszkozitása $10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$.

Adatok:

$$h_f = 1 \text{ m}$$

$$d_b = 2 \text{ cm}$$

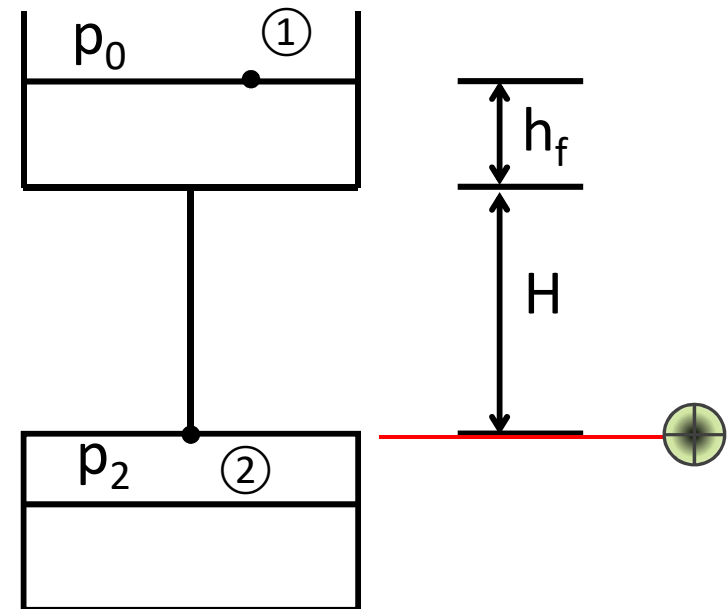
$$W = 2,2 \text{ m}^3/\text{h} = 6,1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$p_{\text{túl}} = 2,5 \cdot 10^4 \text{ Pa} \quad p_{\text{túl}} = p_2 - p_0$$

$$\rho = 998,4 \text{ kg/m}^3$$

$$\eta = 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

$$H = ?$$



Számítási feladatok – áramlástan2

Bernoulli egyenlet:

$$h_1 \cdot \rho \cdot g + p_1 + \frac{v_1^2 \cdot \rho}{2} = h_2 \cdot \rho \cdot g + p_2 + \frac{v_2^2 \cdot \rho}{2} + \Delta p_{\text{surl}}$$

$$h_1 = h_f + H; \quad p_1 = p_0; \quad v_1 = 0$$

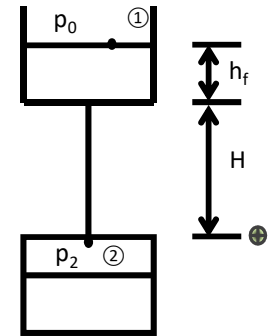
$$h_2 = 0; \quad p_2 = p_0 + p_{\text{túl}}$$

$$\Delta p_{\text{surl}} = f \cdot \frac{L}{d_b} \cdot \frac{v^2 \cdot \rho}{2}$$

itt $L = H$

$$(h_f + H) \cdot \rho \cdot g + p_0 = p_0 + p_{\text{túl}} + \frac{v_2^2 \cdot \rho}{2} + f \cdot \frac{H}{d_b} \cdot \frac{v_2^2 \cdot \rho}{2}$$

$$(h_f + H) \cdot \rho \cdot g = p_{\text{túl}} + \frac{v_2^2 \cdot \rho}{2} \cdot \left(1 + f \cdot \frac{H}{d_b} \right)$$



Számítási feladatok – áramlástan2

Sebesség meghatározása:

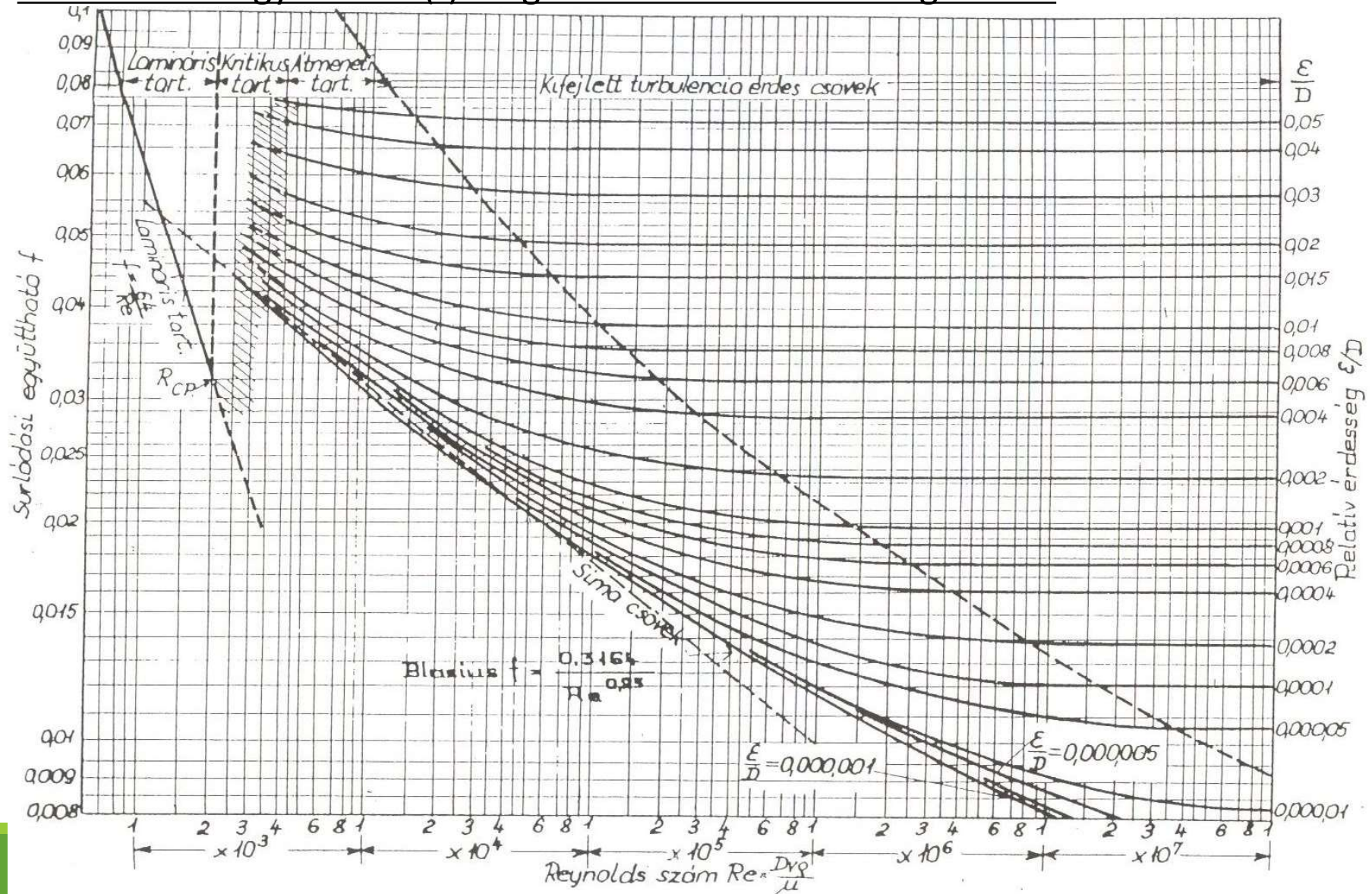
$$v_2 = \frac{W}{A}$$

$$A = \frac{d_b^2 \cdot \pi}{4} = \frac{0,02^2 \cdot \pi}{4} = 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$v_2 = \frac{6,1 \cdot 10^{-4}}{3,14 \cdot 10^{-4}} = 1,945 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

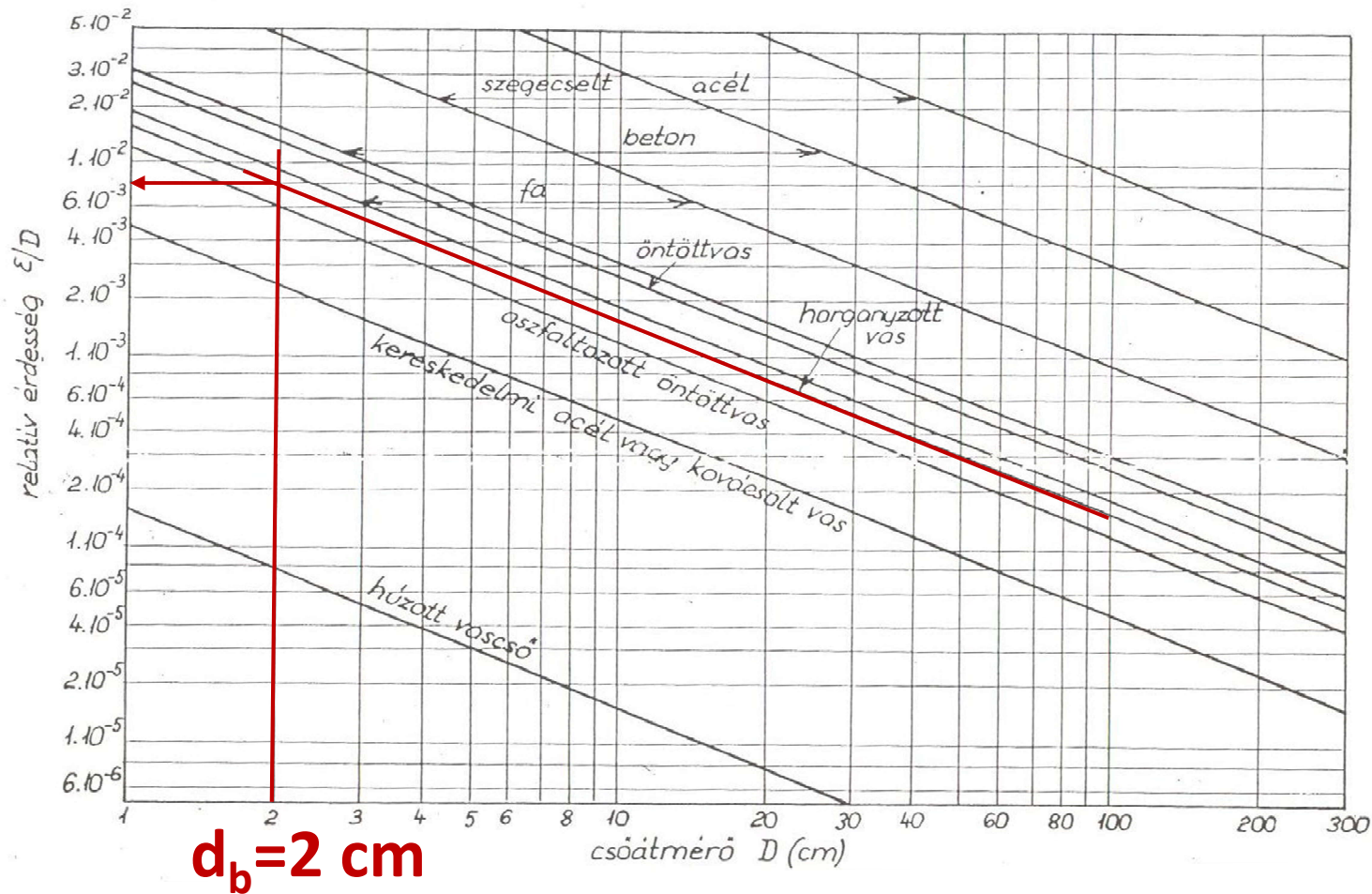
Számítási feladatok – áramlástan2

Csősúrlódási együttható (f) meghatározása: $f \sim Re$ diagramból



Számítási feladatok – áramlástan2

Csősúrlódási együttható (f) meghatározása:



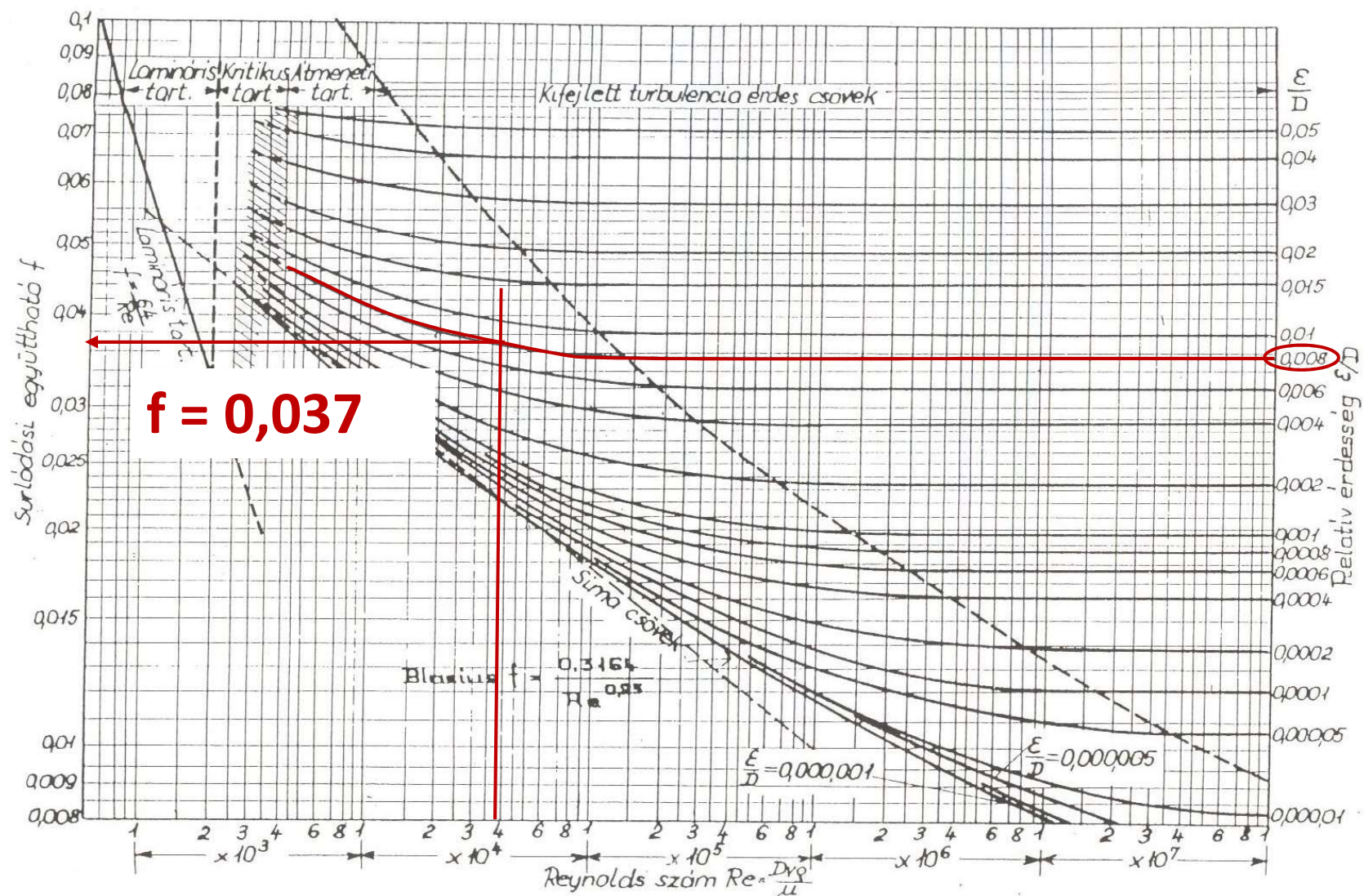
Számítási feladatok – áramlástan2

Re szám meghatározása:

$$\text{Re} = \frac{d_b \cdot v \cdot \rho}{\eta} = \frac{0,02 \cdot 1,945 \cdot 998,4}{10^{-3}} = 3,88 \cdot 10^4$$

Mivel Re szám > 10000 → az áramlás turbulens

Számítási feladatok – áramlástan2



$$Re = 3,88 \cdot 10^4$$

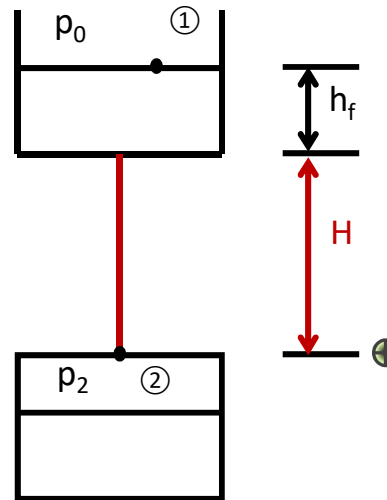
Számítási feladatok – áramlástan2

Egyszerűsített Bernoulli egyenlet:

$$(h_f + H) \cdot \rho \cdot g = p_{\text{túl}} + \frac{v_2^2 \cdot \rho}{2} \cdot \left(1 + f \cdot \frac{H}{d_b} \right)$$

$$(1 + H) \cdot 998,4 \cdot 9,81 = 2,5 \cdot 10^4 + \frac{1,945^2 \cdot 998,4}{2} \cdot \left(1 + 0,037 \cdot \frac{H}{0,02} \right)$$

$$H = 2,71 \text{ m}$$



Számítási feladatok – áramlástan3

Egy nagyméretű tartályból egy 75 mm belső átmérőjű kereskedelmi acélcsövön $25 \text{ m}^3/\text{h}$, 1200 kg/m^3 sűrűségű és $1,7 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ dinamikai viszkozitású folyadékot kell átszívni. A kezdő és végpont közötti szintkülönbség 24 m. A csőhossz 112 m. A vezetékben 2 szelep és 5 derékszögű könyök van. Mekkora szívóteljesítmény kell, ha a szivattyú hatásfoka 60 %?

Adatok:

$$d_b = 75 \text{ mm}$$

$$W = 25 \text{ m}^3/\text{h} = 6,94 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

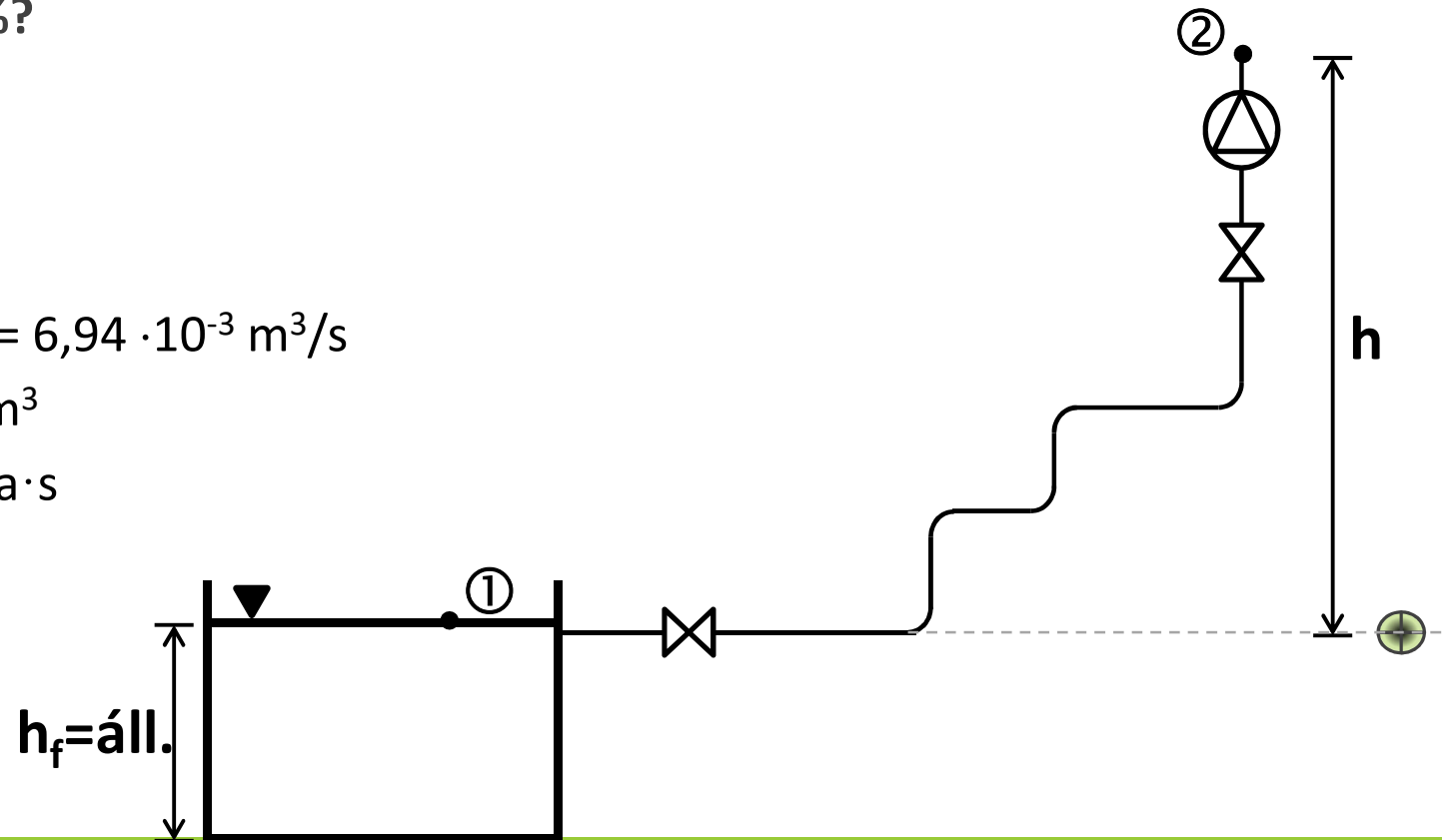
$$\rho = 1200 \text{ kg/m}^3$$

$$\eta = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

$$h = 24 \text{ m}$$

$$L = 112 \text{ m}$$

$$\eta_{\text{sziv}} = 0,6$$



Számítási feladatok – áramlástan3

Szivattyú nettó teljesítménye:

$$P_{\text{netto}} = W \cdot \Delta p_{\text{sziv}} = W(\Delta p_{\text{helyz}} + \Delta p_{\text{nyom}} + \Delta p_{\text{veszt}})$$

$$\Delta p_{\text{helyz}} = \rho \cdot g \cdot (h_2 - h_1) = 1200 \cdot 9,81 \cdot (24 - 0) = 2,825 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$\Delta p_{\text{nyom}} = p_2 - p_1 = p_0 - p_0 = 0 \text{ Pa}$$

$$\Delta p_{\text{veszt}} = \Delta p_{\text{mozg}} + \Delta p_{\text{surl}} = \frac{v^2 \cdot \rho}{2} + f \cdot \frac{L_{\text{e,össz}}}{d_b} \cdot \frac{v^2 \cdot \rho}{2} = \frac{v^2 \cdot \rho}{2} \cdot \left(1 + f \cdot \frac{L_{\text{e,össz}}}{d_b} \right)$$

sebesség meghatározása:

$$A = \frac{d_b^2 \cdot \pi}{4} = \frac{0,075^2 \cdot \pi}{4} = 4,418 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

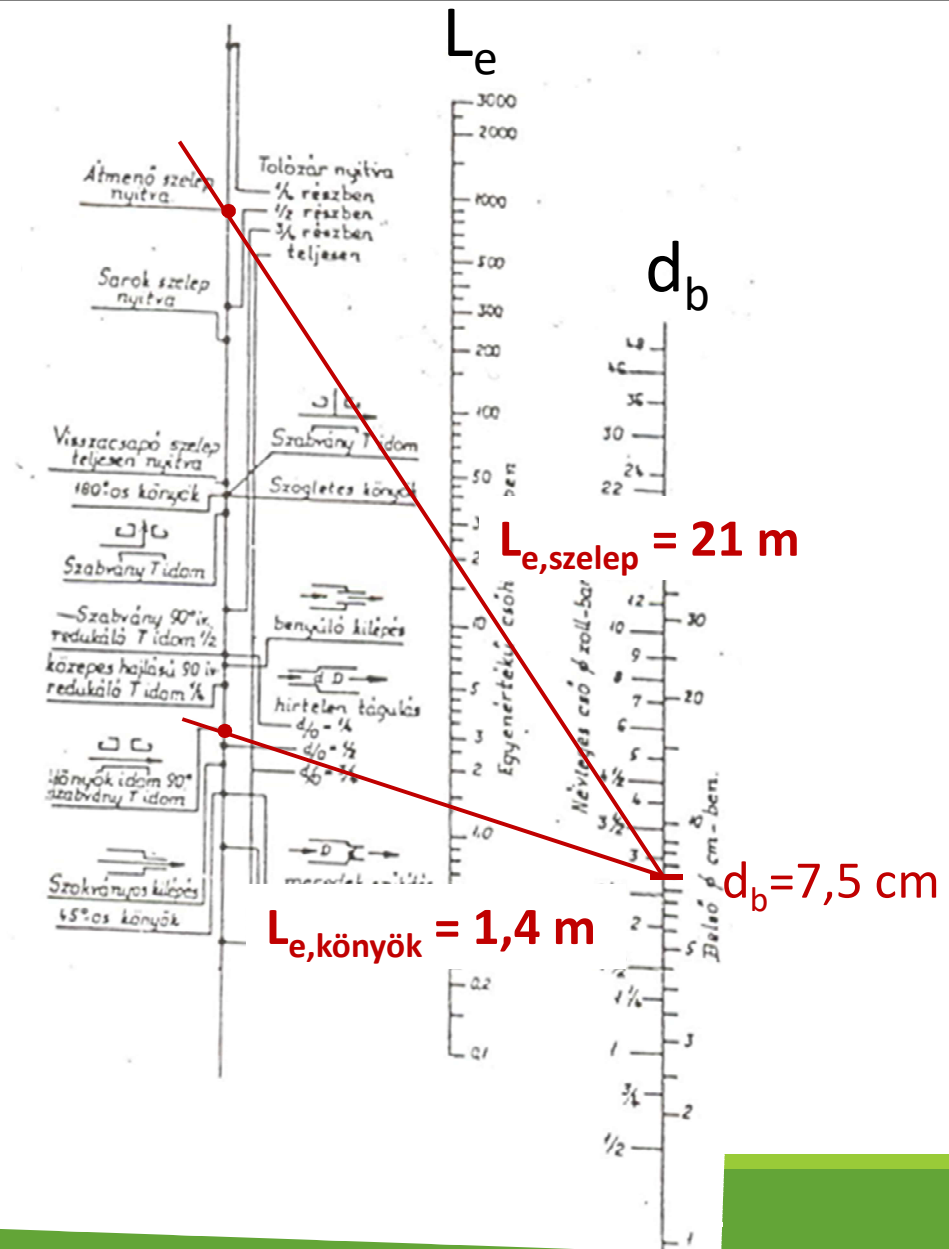
$$v = \frac{W}{A} = \frac{6,94 \cdot 10^{-3}}{4,418 \cdot 10^{-3}} = 1,57 \text{ m/s}$$

Számítási feladatok – áramlástan3

Egyenértékű csőhossz ($L_{e,össz}$) meghatározása:

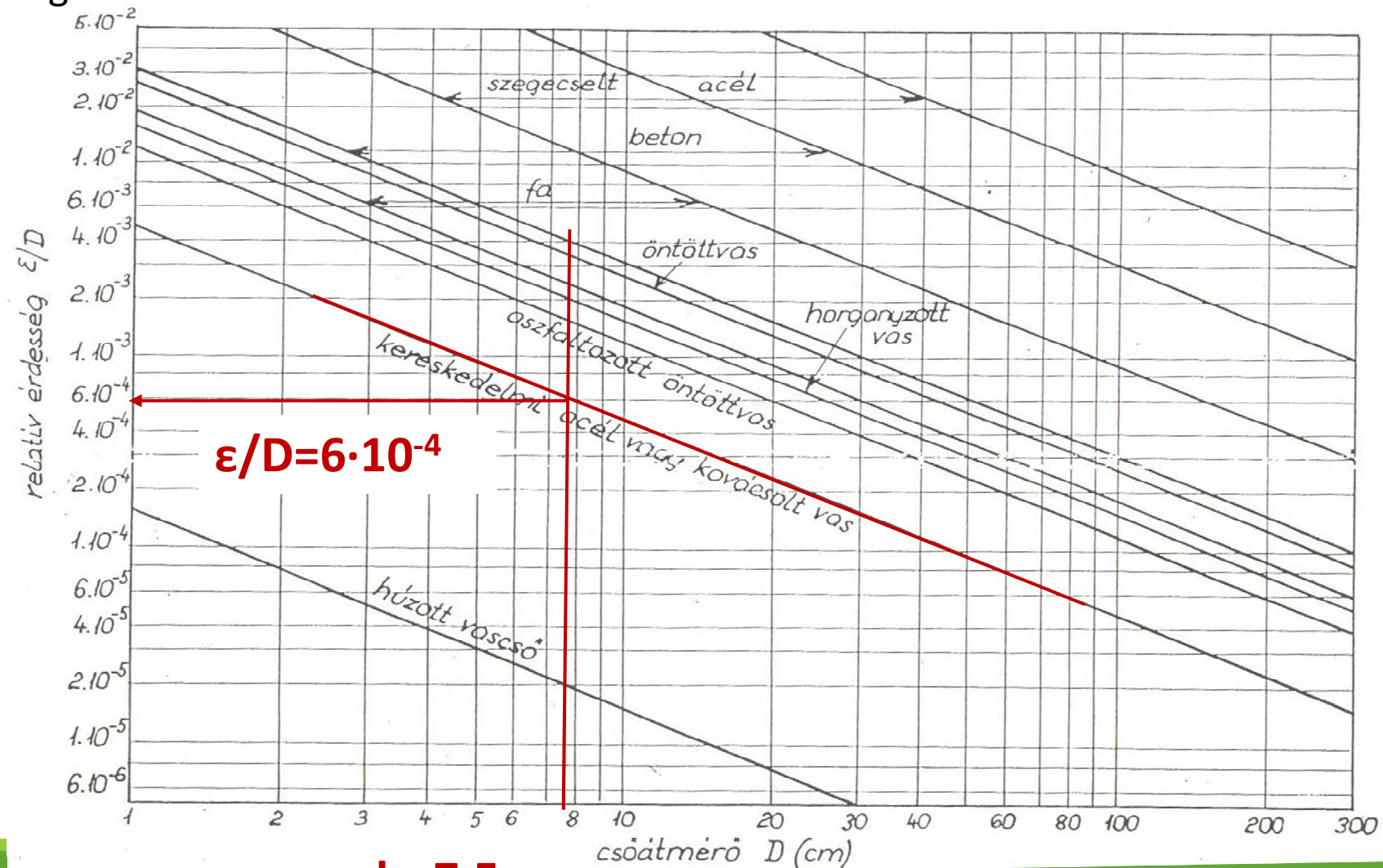
$$L_{e,össz} = L + 2 \cdot L_{e,szelep} + 5 \cdot L_{e,könyök}$$

$$L_{e,össz} = 112 + 2 \cdot 21 + 5 \cdot 1,4 = 161 \text{ m}$$



Számítási feladatok – áramlástan3

Csőúrlódási tényező (f) meghatározása: Csőérdesség meghatározása: $\varepsilon/D \sim D$ diagramról

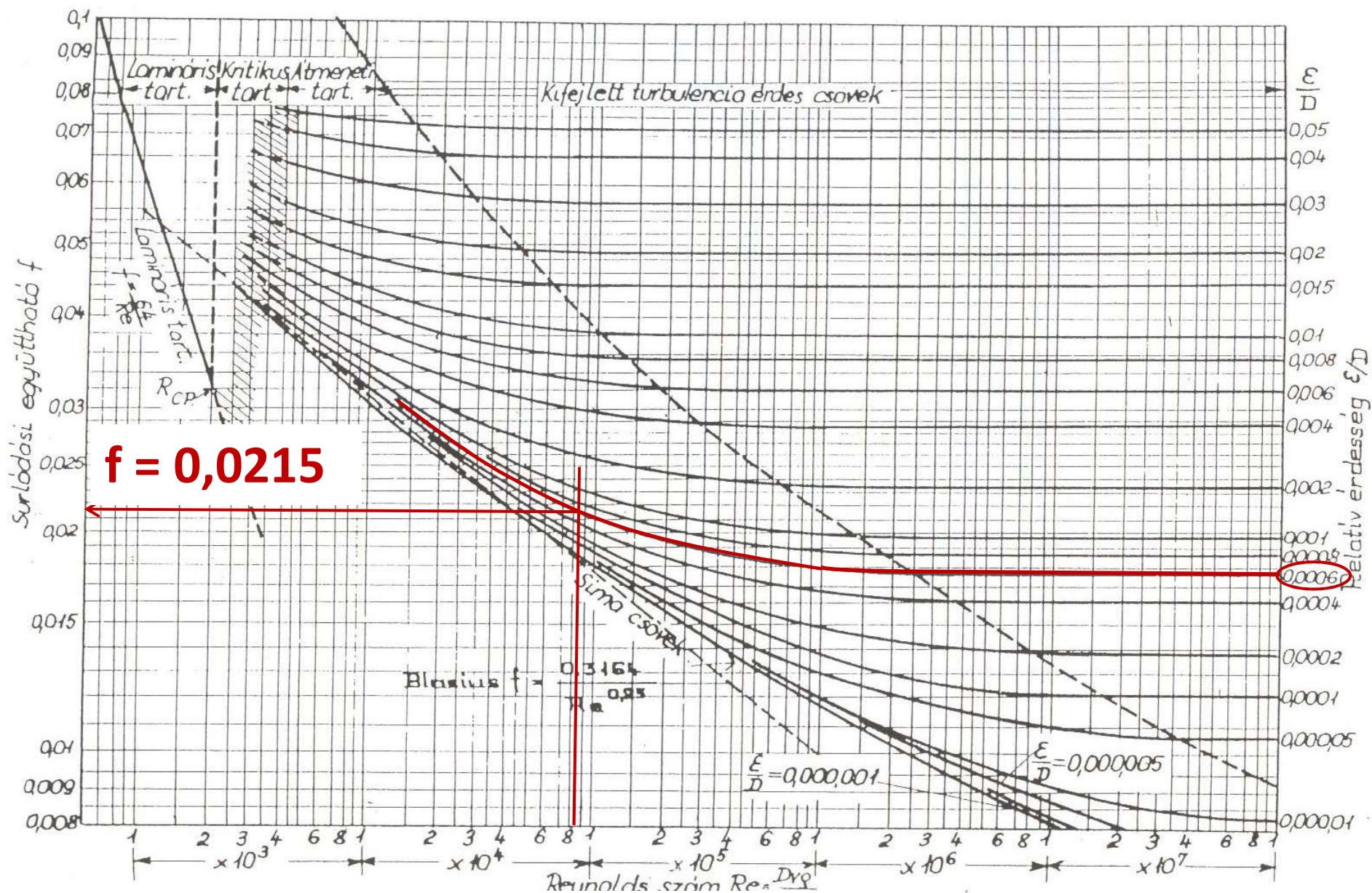


$d_b = 7,5$ cm

Számítási feladatok – áramlástan3

Csősúrlódási tényező meghatározása: $f \sim Re$ diagramról ε/D függvényében

$$Re = \frac{d_b \cdot v \cdot \rho}{\eta} = \frac{0,075 \cdot 1,57 \cdot 1200}{1,7 \cdot 10^{-3}} = 83117 = 8,31 \cdot 10^4$$



$$Re = 8,31 \cdot 10^4$$

Számítási feladatok – áramlástan3

Csősúrlódási tényező: $f = 0,0215$ ($Re = 8,31 \cdot 10^4$ és $\varepsilon/D = 6 \cdot 10^{-4}$)

$$\Delta p_{\text{veszt}} = \frac{v^2 \cdot \rho}{2} \cdot \left(1 + f \cdot \frac{L_{e,\text{össz}}}{d_b} \right) = \frac{1,57^2 \cdot 1200}{2} \cdot \left(1 + 0,0215 \cdot \frac{161}{0,075} \right) = 6,97 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

Számítási feladatok – áramlástan3

A szivattyú nettó teljesítménye:

$$\begin{aligned} P_{\text{netto}} &= W(\Delta p_{\text{helyz}} + \Delta p_{\text{nyom}} + \Delta p_{\text{veszt}}) \\ &= 6,94 \cdot 10^{-3} (2,825 \cdot 10^5 + 0 + 6,97 \cdot 10^4) \end{aligned}$$

$$P_{\text{netto}} = 2446,01 \text{ W} = 2,45 \text{ kW}$$

A szivattyú bruttó teljesítménye:

$$P_{\text{bruttó}} = \frac{P_{\text{netto}}}{\eta_{\text{sziv}}} = \frac{2,45}{0,6} = 4,1 \text{ kW}$$

Számítási feladatok – keverés

Sűrű paradicsomlevet 90 1/perc fordulatszámmal keverünk egy zománcozott anker keverővel ellátott 1090 mm átmérőjű bepárlóban. Mekkora teljesítményű motor kell, ha a motor hatásfoka 80 % és az indítási teljesítmény-szükséglet háromszoros? A paradicsomlé sűrűsége 1800 kg/m^3 , dinamikai viszkozitása $1,5 \cdot 10^{-2} \text{ Pa} \cdot \text{s}$.

Adatok:

$$n = 90 \text{ 1/perc} = 1,5 \text{ 1/s}$$

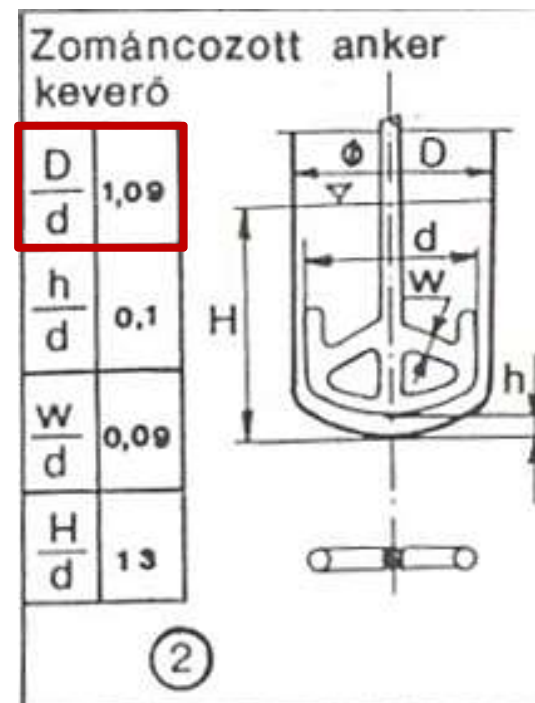
$$D = 1090 \text{ mm} = 1,09 \text{ m}$$

$$\eta_m = 80 \% = 0,8$$

$$\rho_{\text{par}} = 1800 \text{ kg/m}^3$$

$$\eta_{\text{par}} = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

$$\frac{D}{d} = 1,09 \Rightarrow d = \frac{D}{1,09} = \frac{1,09}{1,09} = 1 \text{ m}$$



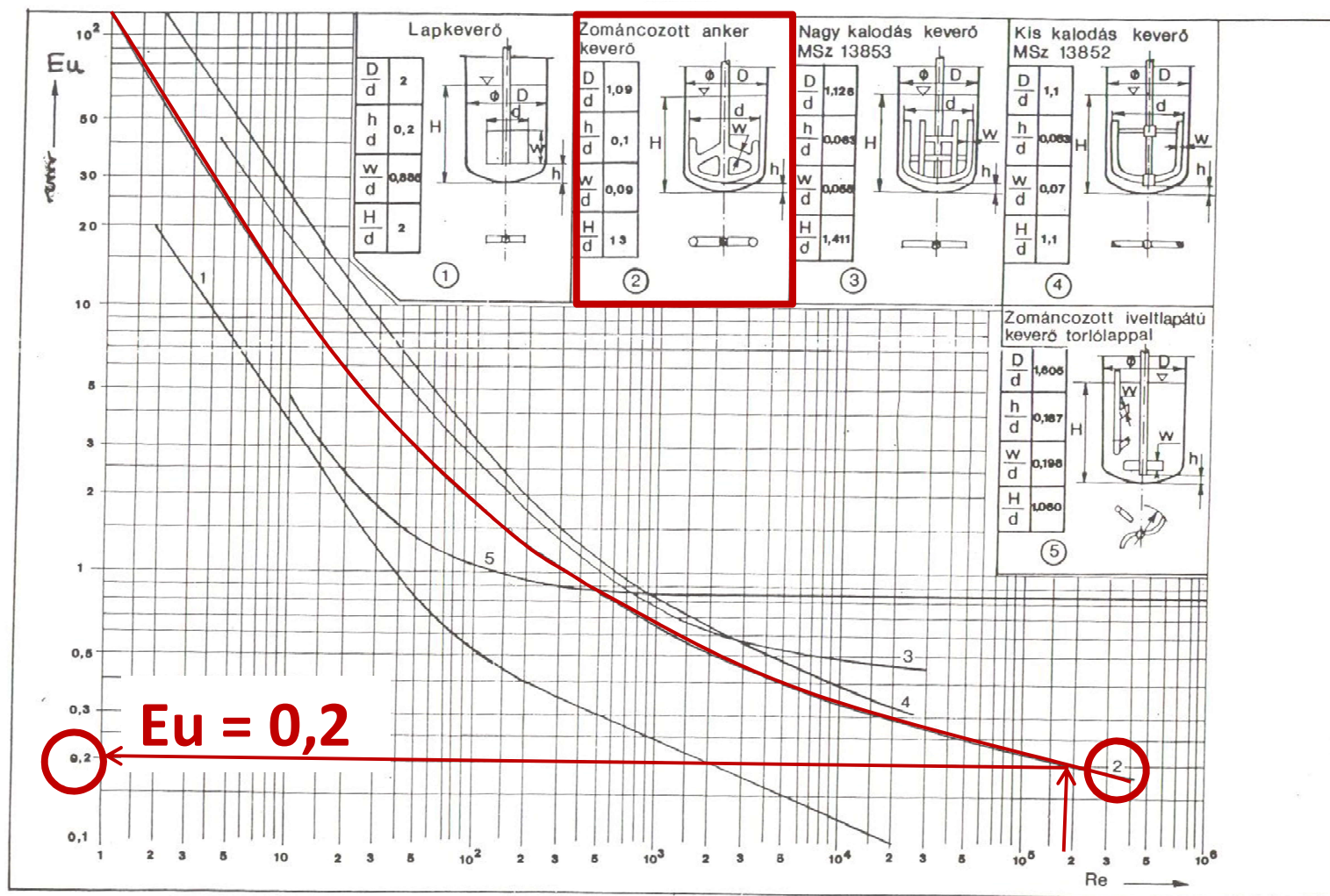
Számítási feladatok – keverés

Keverési Re szám meghatározása:

$$\text{Re}_{\text{kev}} = \frac{d^2 \cdot n \cdot \rho}{\eta} = \frac{1^2 \cdot 1,5 \cdot 1800}{1,5 \cdot 10^{-2}} = 1,8 \cdot 10^5$$

Euler szám meghatározása: $\text{Eu} \sim \text{Re}$ diagramról

Számítási feladatok – keverés



$$Re_{kev} = 1,8 \cdot 10^5$$

Számítási feladatok – keverés

Euler szám (diagramról): $Eu = 0,2$

A keverőmotor teljesítménye:

$$P_{\text{eff}} = Eu \cdot d^5 \cdot n^3 \cdot \rho \cdot \frac{1}{\eta_m}$$

$$P_{\text{eff}} = 0,2 \cdot 1^5 \cdot 1,5^3 \cdot 1800 \cdot \frac{1}{0,8} = 1518,75 \text{ W}$$

$$P_{\text{indito}} = 3 \cdot P_{\text{eff}}$$

$$P_{\text{indito}} = 3 \cdot 1518,75 = 4556,25 \text{ W} = 4,56 \text{ kW}$$

Köszönöm a figyelmet!

