

## Primer:

Pretok mleka v cevi: Mleko teče po cevi premera 2.5 cm pri 21°C. Ali je strujanje laminarno ali turbulentno, če je pretok mleka 0.12 cm<sup>3</sup>/min.

Iz priročnika dobimo podatke:

$$\rho = 1029 \text{ kg/m}^3$$

$$\eta = 2.1 \text{ cP}$$

$$\eta = 2.1 \text{ cP} = 2.1 \cdot 10^{-3} \text{ Ns/m}^2 \text{ (Pa.s)}$$

$$\Phi_V = 0.12 \text{ cm}^3/\text{min} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = \pi D^2/4 = 4.9 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\text{Kontinuitetna enačba: } v = \Phi_V/A = 4.1 \text{ m/s}$$

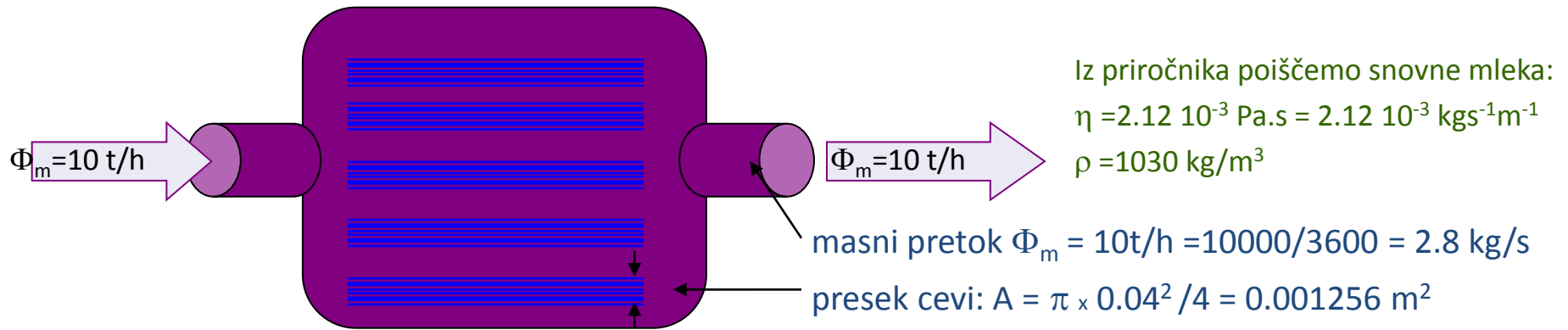
$$\text{Re} = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\eta} = \frac{0.025 \text{ m} \cdot 4.1 \text{ m/s} \cdot 1029 \text{ kg/m}^3}{2.1 \cdot 10^{-3} \text{ Ns/m}^2} = 50230$$

Re število je brez dimenzijsko!

Pri računanju moramo paziti, da uporabimo enotni sistem enot.

### Primer: Dimenzioniranje toplotnega menjalnika za hlajenje mleka

Mleko se v toplotnem menjalniku ohladi iz 20°C na 3°. Pretok mleka skozi menjalnik je 10 t/h. Toplotni menjalnik se sestoji iz cevi premera 4 cm. Izračunaj koliko cevi je treba vgraditi v menjalnik, da bo pretok zagotavljal Re število 4000.



volumski pretok  $\Phi_v = \Phi_m / \rho = (2.8 \text{ kg}/\text{s}) / (1030 \text{ kg}/\text{m}^3) = 0.0027 \text{ m}^3/\text{s}$

povprečna hitrost toka skozi eno cev:  $v = \frac{\text{Re} \cdot \eta}{\rho \cdot D} = \frac{\text{kg}}{\text{s} \cdot \text{m}} \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \cdot \frac{1}{\text{m}^2} = \frac{\text{m}}{\text{s}}$

$\text{Re} = \rho \times v \times D / \eta = (1030 \times v \times 0.04) / 2.12 \times 10^{-3} = 4000 \Rightarrow v = 0.21 \text{ m}/\text{s}$

volumski pretok skozi eno cev:  $\Phi_v = A \times v = 0.001256 \text{ m}^2 \times 0.21 \text{ m}/\text{s} = 0.26 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

Število cevi = zahtevani pretok mleka / pretok mleka skozi eno cev:  $2.7 \times 10^{-3} / 0.26 \times 10^{-3} = 11$

Primer:

Izračun faktorja trenja:

Po jekleni cevi premera 0.4 m in je dolga 10 m se pretaka voda s pretokom 349.1 L/s. Temperatura vode je 10°C. Določi faktor trenja in padec tlaka zaradi trenja tekočine ob stene cevi!

Snovne lastnosti vode določimo iz priročnika:

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

$$\eta = 1.3 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

Relativna hrapavost odčitamo iz tabele:

$$\varepsilon/D = 0.000046/0.4 = 0.000115$$

Povprečne hrapavosti  $\varepsilon$  komercialnih cevi

Steel tube	0.0460 mm
Wrought iron tube	0.0450 mm
Copper tubing	0.0015 mm
Glass tubing	0.0001 mm
Polythene	0.0010 mm
Flexible P.V.C.	0.2000 mm
Rigid P.V.C.	0.0050 mm
Cast iron tube	0.2600 mm
Concrete tube	2.0000 mm (0.3-3)
Galvanised iron	0.1500 mm
Wood stave	0.18-0.9 mm

Temp. (°C)	Viscosity (N s m <sup>-2</sup> )	Specific heat (kJ kg <sup>-1</sup> °C <sup>-1</sup> )	Density (kg m <sup>-3</sup> )
0	1.87 x 10 <sup>-3</sup>	4.23	1000
4	1.53 x 10 <sup>-3</sup>	4.23	1000
16	1.16 x 10 <sup>-3</sup>	4.19	1000
27	0.87 x 10 <sup>-3</sup>	4.19	998
38	0.68 x 10 <sup>-3</sup>	4.19	992
66	0.43 x 10 <sup>-3</sup>	4.19	977
93	0.30 x 10 <sup>-3</sup>	4.19	965
100	0.28 x 10 <sup>-3</sup>	4.18	958

$$A = \pi \times 0.4^2 / 4 = 0.1256 \text{ m}^2$$

$$\text{Povprečna hitrost toka: } v = \Phi_v / A = 349.1 \times 10^{-3} \times 4 / \pi \times 0.4^2 = 2.778 \text{ m/s}$$

$$Re = \rho \times v \times D / \eta = (1000 \times 2.778 \times 0.4) / 1.3 \times 10^{-3} = 854\,784$$

Primer: Izračunaj padec tlaka v cevi

Po cevovodu s premerom 5 cm teče olivno olje s pretokom  $0.1 \text{ m}^3/\text{min}$ . Izračunaj padec tlaka zaradi tekočinskega trenja, če je dolžina cevovoda 170 m in temperatura olivnega olja  $20^\circ\text{C}$ .

170 m

$$A = \pi \times 0.05^2 / 4 = 0.196 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Iz priročnika odčitamo snovne lastnosti olivnega olja pri  $20^\circ\text{C}$

$$\rho = 910 \text{ kg/m}^3$$

$$\eta = 84 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s (N}\cdot\text{s/m}^2)$$

$$\text{Povprečna hitrost toka: } v = \Phi_v / A = [0.1/60 \text{ (m}^3/\text{s)}] / 1.96 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 = 0.85 \text{ m/s}$$

$$\text{Re} = \rho \times v \times D / \eta = (910 \times 0.85 \times 0.05) / 84 \cdot 10^{-3} = 460$$

Laminaren tok:

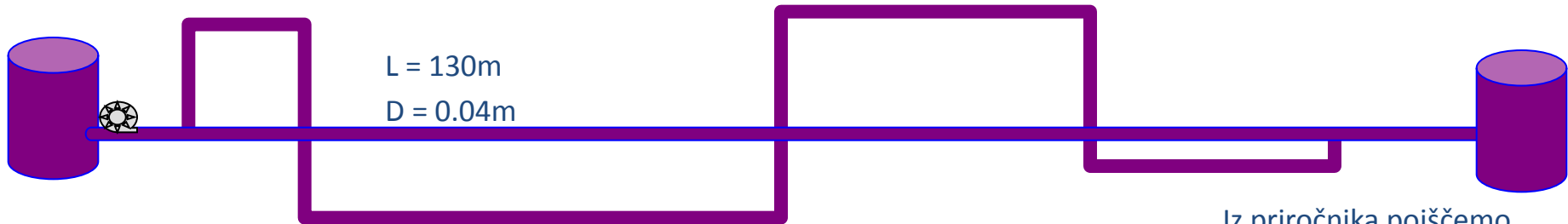
$$f = 64 / \text{Re} = 0.139 \text{ (Moddy-jev diagram- ne obsega tega območja)}$$

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

$$\Delta P = 0.139 \cdot \frac{910 \cdot 0.85^2}{2} \cdot \frac{170}{0.05} = 155361 \text{ Pa}$$

## Primer: črpanje mleka

Ocenite potrebno moč črpalke za črpanje mleka pri 20°C po 130 m dolgi horizontalni jekleni cevi premera 4 cm, če je povprečna hitrost toka v cevi 2.7 m/s. Pri tem upoštevajte energetske izgube zaradi viskoznega trenja mleka ob steno cevi, energetske izgube na zaradi kolen in ventilov na cevovodu pa zanemari!



preseki cevi:  $A = \pi \times 0.04^2 / 4 = 1.26 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

Povprečna hitrost:  $v = 2.7 \text{ m/s}$

volumski pretok  $\Phi_v = v \times A = 1.26 \times 10^{-3} \times 2.7 = 3.4 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

$Re = \rho \times v \times D / \eta = (1030 \times 2.7 \times 0.04) / 2.12 \times 10^{-3} = 5.2471 \times 10^4$

### Turbulentni tok

Kinetična energija  $\Delta P_k: \frac{\rho \cdot v^2}{2} = \frac{1030 \cdot 2.7^2}{2} = 3.754 \cdot 10^3 \text{ Pa}$

Izgube zaradi viskoznega trenja: odčitamo hrapavost

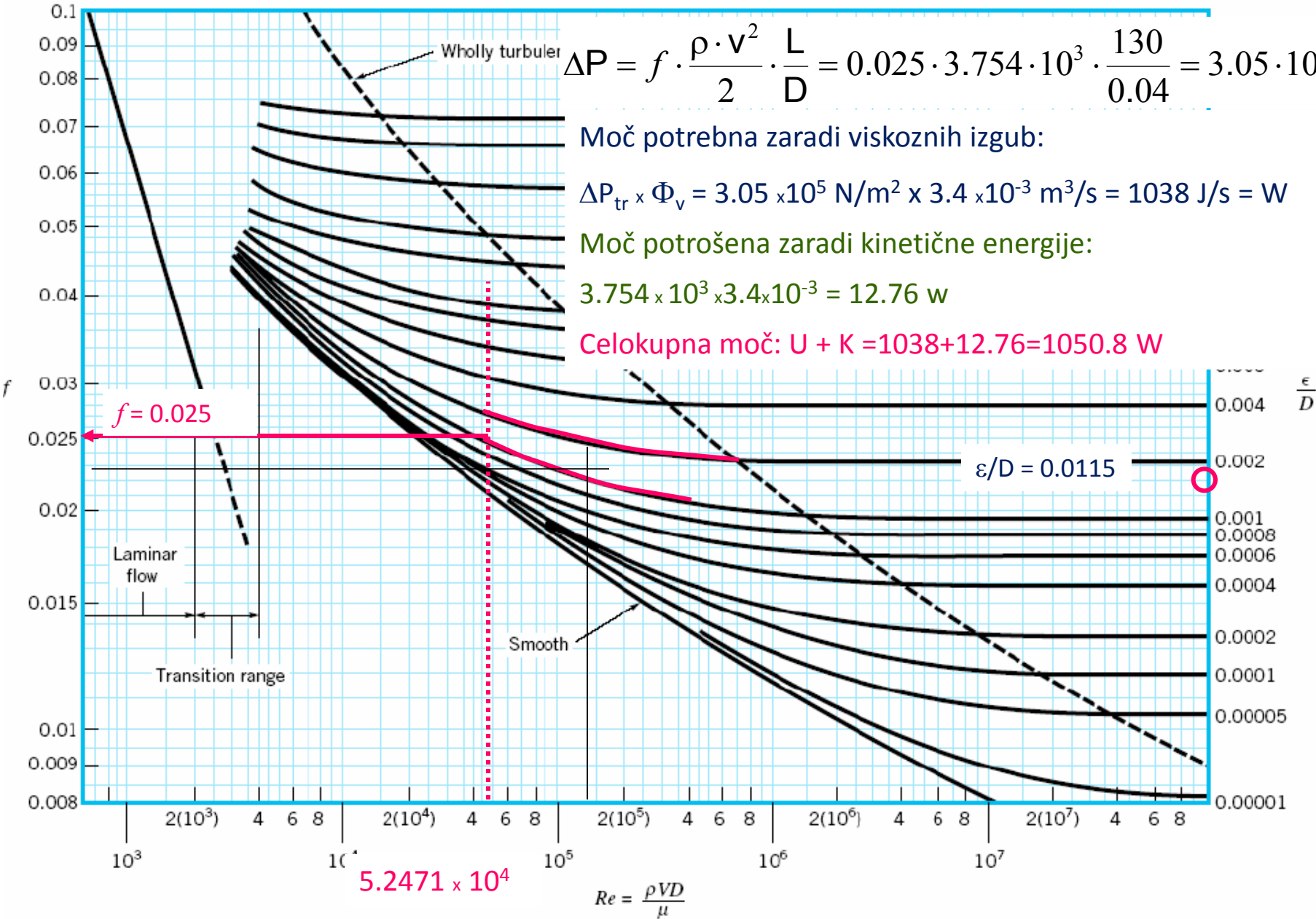
$\varepsilon = 0.000046 \text{ m} \Rightarrow \varepsilon/D = 0.000046/0.04 = 0.0115$

Friksijski faktor, faktor trenj,  $f$

določimo iz Moodyjevega diagrama

Iz priročnika poiščemo  
snovne lastnosti mleka:  
 $\eta = 2.12 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$   
 $\rho = 1030 \text{ kg/m}^3$

Steel tube	0.0460 mm
Wrought iron tube	0.0450 mm
Copper tubing	0.0015 mm
Glass tubing	0.0001 mm
Polythene	0.0010 mm
Flexible P.V.C.	0.2000 mm
Rigid P.V.C.	0.0050 mm
Cast iron tube	0.2600 mm
Concrete tube	2.0000 mm (0.3-3)
Galvanised iron	0.1500 mm
Wood stave	0.18-0.9 mm



$$\Delta P = f \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \cdot \frac{L}{D} = 0.025 \cdot 3.754 \cdot 10^3 \cdot \frac{130}{0.04} = 3.05 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Moč potrebna zaradi viskoznih izgub:

$$\Delta P_{tr} \times \Phi_v = 3.05 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \times 3.4 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 1038 \text{ J/s} = \text{W}$$

Moč potrošena zaradi kinetične energije:

$$3.754 \times 10^3 \times 3.4 \times 10^{-3} = 12.76 \text{ W}$$

Celokupna moč:  $U + K = 1038 + 12.76 = 1050.8 \text{ W}$