

HYDROMECHANICKÉ PROCESY

Průtok porézní vrstvou (přednáška)

a)

b)

c)

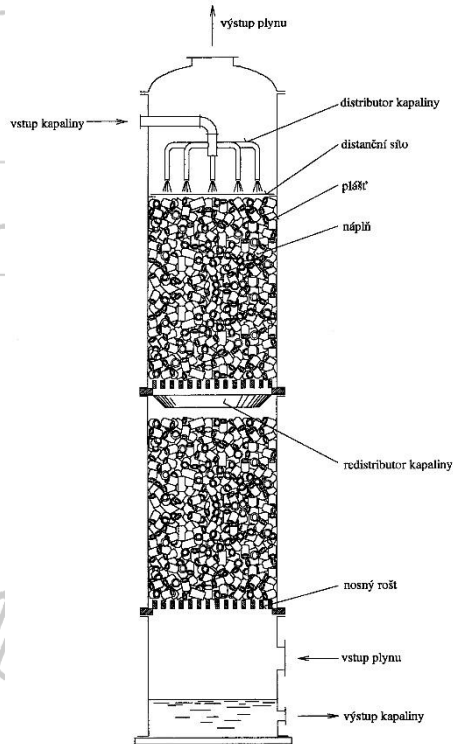
Prof. Ing. Tomáš Jirout, Ph.D.

(e-mail: Tomas.Jirout@fs.cvut.cz, tel.: 2 2435 2681)

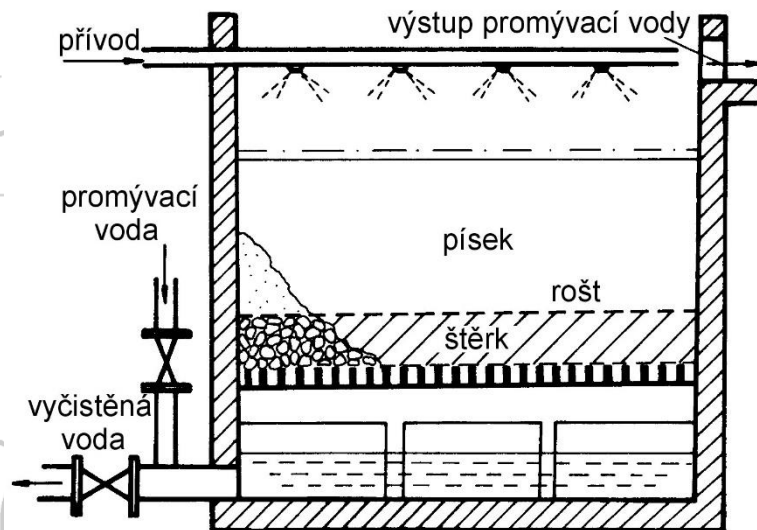
PRŮTOK PORÉZNÍ VRSTVOU

Průmyslové aplikace

Náplňové aparáty



Filtrační zařízení



- Porézní vrstva:**
- pórovitá přepážka (plst', keramika, papír)
 - zrnitá vrstva (písek, filtrační koláč)
 - náplň (kuličky, kroužky, sedla, tělíška)
 - výplň (pletivo, tvarované rošty, souvislá vrstva)

Charakteristické vlastnosti porézní vrstvy

Charakteristický rozměr částic

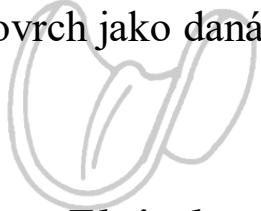
Monodisperzní materiály

Ekvivalentní průměr dané částice podle objemu je průměr kuličky, která má stejný objem jako daná částice:

a)

$$D_V = \sqrt[3]{\frac{6V_j}{\pi}}$$

Ekvivalentní průměr dané částice podle povrchu je průměr kuličky, která má stejný povrch jako daná částice:



$$D_A = \sqrt{\frac{A_j}{\pi}}$$

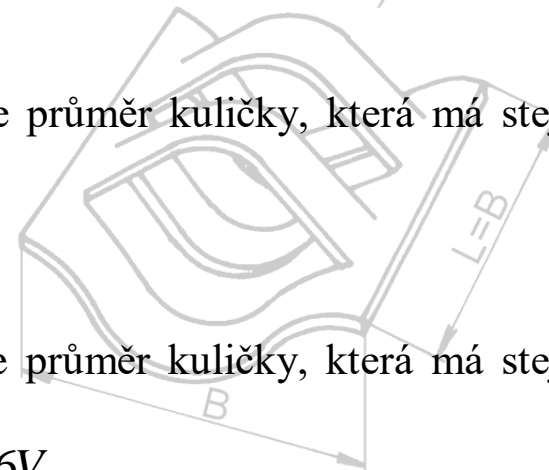
Ekvivalentní průměr podle specifického povrchu je průměr kuličky, která má stejný poměr povrchu k objemu jako uvažovaná částice:

d)

$$\frac{6\pi D_p^2}{\pi D_p^3} = \frac{A_j}{V_j}$$

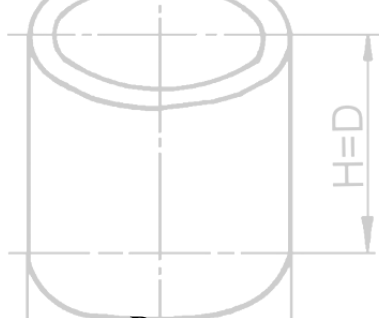
$$D_p = \frac{6V_j}{A_j}$$

f)

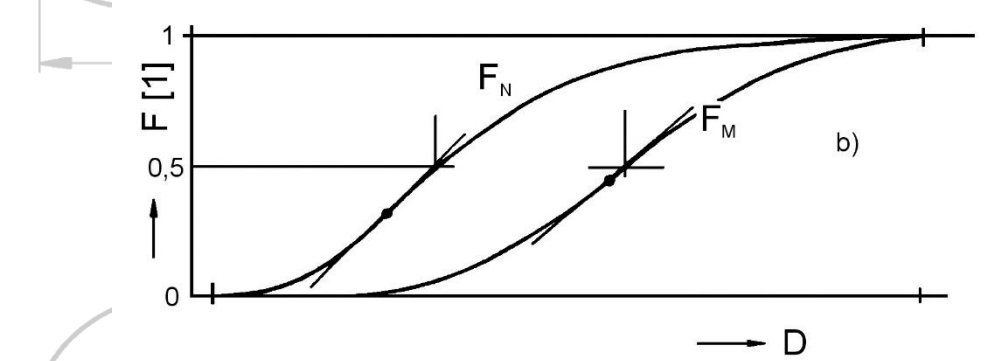
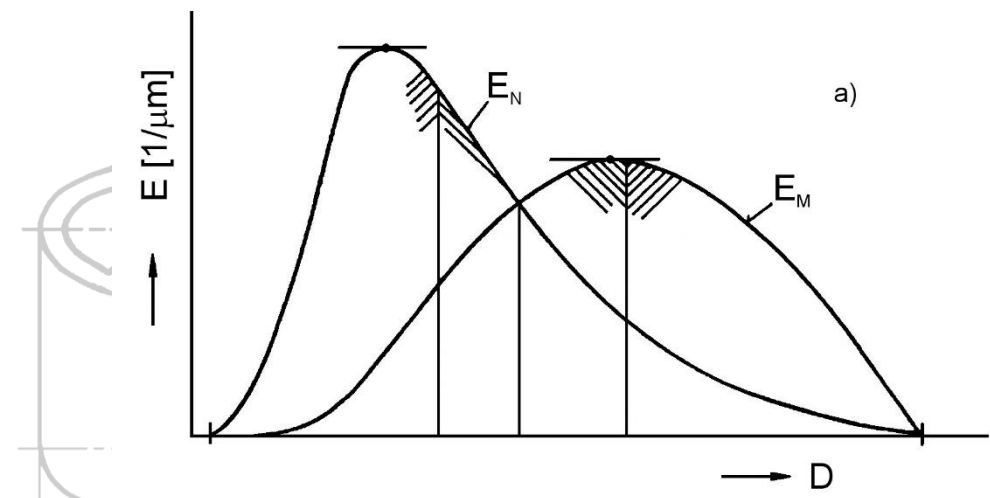


Polydisperzní materiály

$$E = dF / dD$$



$$F = \int_0^D E dD = \int_{D_{\min}}^D E dD$$



Střední aritmetický rozměr dle počtu $D_{N,1}$:

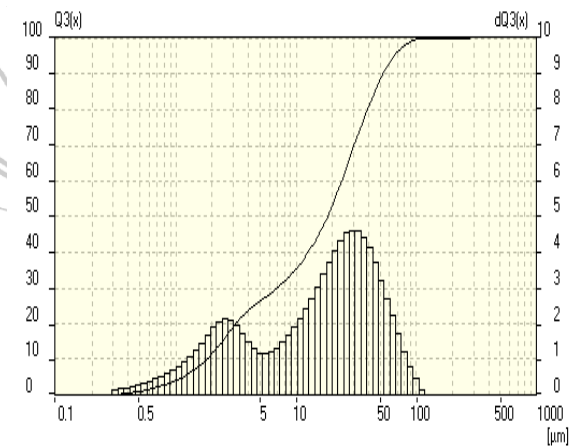
$$D_{N,1} = \frac{\sum N_i D_i}{N} = \int_{D_{\min}}^{D_{\max}} D E_N dD$$

Střední objemový rozměr dle počtu $D_{N,3}$:

$$D_{N,3}^3 = \frac{\sum N_i D_i^3}{N} = \int_{D_{\min}}^{D_{\max}} D^3 E_N dD$$

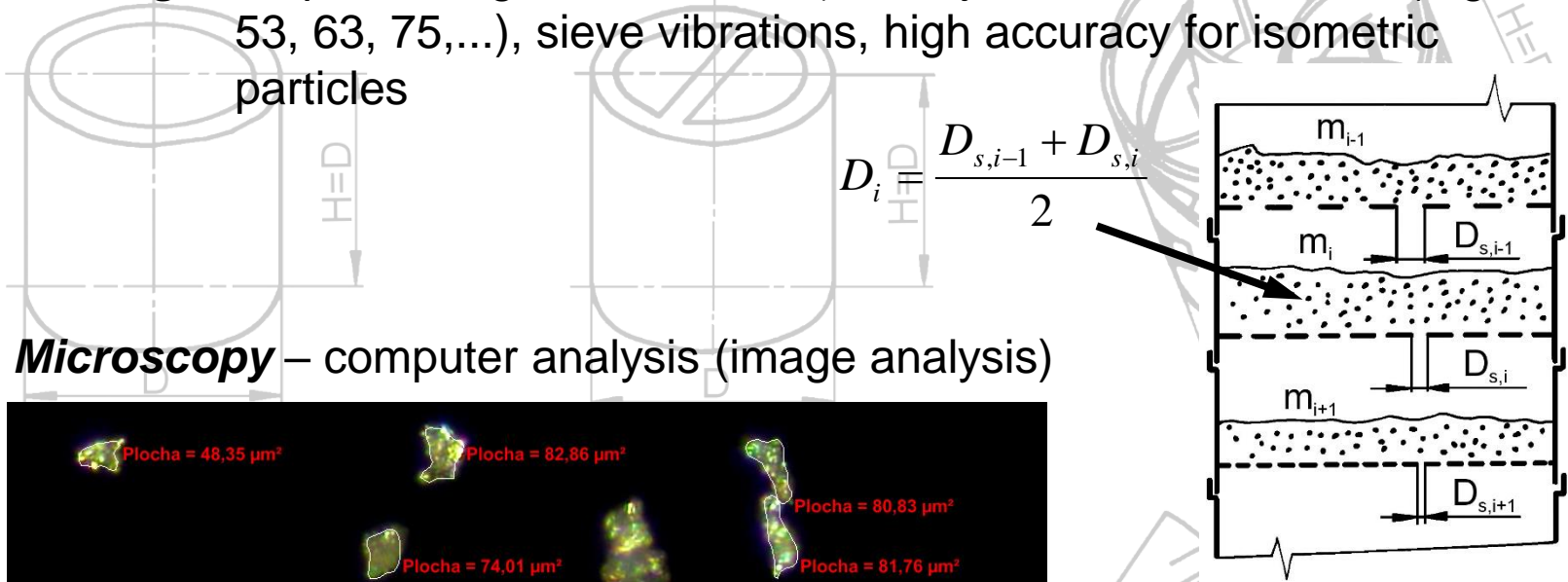
Střední objemový rozměr dle hmotnosti $D_{m,3}$:

$$D_{m,3}^3 = \frac{\sum m_i D_i^3}{m} = \sum x_i D_i^3 = \int_{D_{\min}}^{D_{\max}} D^3 E_M dD$$

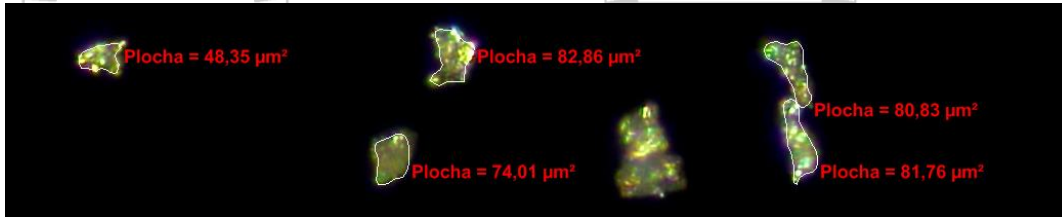


Particle size analysis (measurement)

- **Sieving** – for particles greater than 45 μm , adjacent sieve sizes $\sqrt[4]{2}$ (e.g. 45, 53, 63, 75,...), sieve vibrations, high accuracy for isometric particles



- **Microscopy** – computer analysis (image analysis)



- **Sedimentation** – 1 μm \div 1 mm, settling (sedimentation) velocity analysis

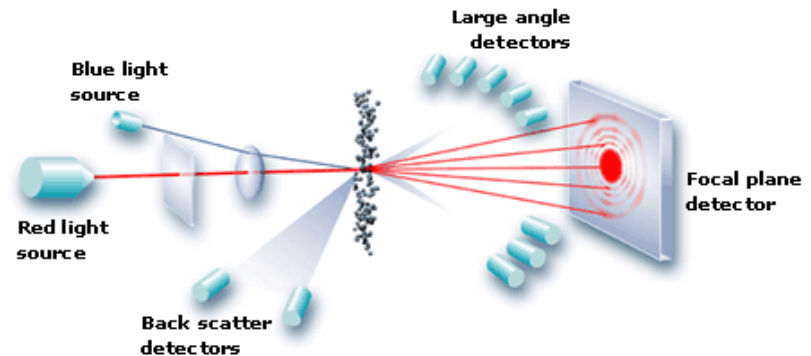
(stop watch, sampling, sedimentation balances, light absorption - sedigraph, X-ray absorption)

- **Laser diffraction** – 1 nm \div 1 mm

d)

e)

www.malvern.com



Porózita (mezerovitost) vrstvy

Porózita neboli mezerovitost ε je definována jako poměr objemu mezer (pórů) mezi částicemi k celkovému objemu vrstvy:



a)

NÁRYS				
PŮDORYS				
ε	0,476	0,3954	0,3019	0,2595

Specifický povrch

Absolutní specifický povrch (hustota povrchu vrstvy) a je povrch částic v objemové jednotce celé vrstvy V :

$$a = \frac{A}{V}$$

Vlastní specifický povrch a_V je poměr povrchu částic A k objemu pevné fáze V_s (částic):

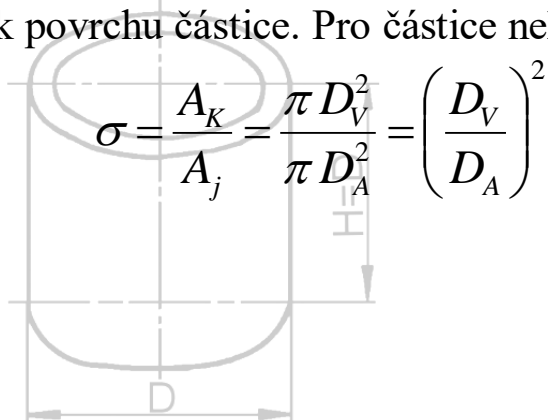
$$a_V = \frac{A}{V_s}$$

d)

f)

Sféricita

Sféricita je definována jako poměr povrchu kuličky o stejném objemu jako částice k povrchu částice. Pro částice nekulového tvaru je sféricita vždy číslem menším než jedna.

$$\sigma = \frac{A_K}{A_j} = \frac{\pi D_V^2}{\pi D_A^2} = \left(\frac{D_V}{D_A} \right)^2$$


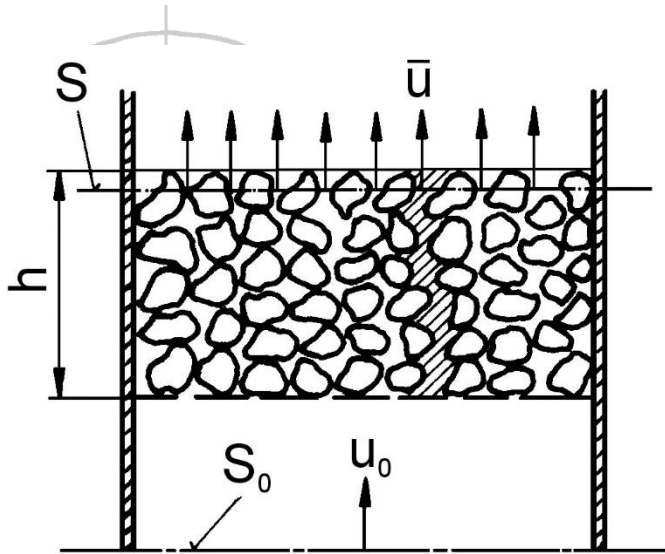
a)



d)

Druh náplně	Poróznost ε	Specifický povrch a [m ² ·m ⁻³]	Sféricita σ
keramické Raschigovy kroužky			
8 x 8 x 1,5	0,64	570	0,488
10 x 10 x 1,5	0,7	440	0,428
15 x 15 x 2	0,7	340	0,399
25 x 25 x 3	0,74	200	0,374
35 x 35 x 4	0,78	140	0,363
50 x 50 x 5	0,785	90	0,335
ocelové Raschigovy kroužky			
8 x 8 x 0,3	0,90	630	0,181
10 x 10 x 0,5	0,88	500	0,217
15 x 15 x 0,5	0,92	350	0,167
25 x 25 x 0,8	0,92	220	0,163
50 x 50 x 1	0,95	110	0,12
keramické Pallovy kroužky			
25 x 25 x 3	0,74	220	–
35 x 35 x 4	0,76	165	–
50 x 50 x 5	0,78	120	–
60 x 60 x 6	0,79	96	–
kovové nebo polypropylenové Pallovy kroužky			
15 x 15 x 0,4	0,9	380	–
25 x 25 x 0,6	0,9	235	–
35 x 35 x 0,8	0,9	170	–
50 x 50 x 1	0,9	108	–
keramická Berlova sedélka			
12,5 x 12,5	0,68	460	0,37
25 x 25	0,69	260	0,32
38 x 38	0,7	165	0,31
50 x 50	0,73	120	–
keramická sedélka Intalox			
12,5	0,78	625	–
19	0,77	335	–
25	0,775	255	–
38	0,81	195	–
50	0,79	118	–

Jednofázový průtok porézní vrstvou



$$e_z = \lambda \frac{h \bar{u}^2}{d_e^2}$$

$d_e = 4 \frac{S}{O} = 4 \frac{Sh}{Oh} \approx 4 \frac{V_p}{A}$

$$u_o S_o = \bar{u} S \Rightarrow \bar{u} = \frac{S_o}{S} u_o$$

b)

$$d_e = 4 \frac{V_p}{A} = 4 \frac{\varepsilon}{a}$$

c)

$$\bar{u} = \frac{S_o h}{Sh} u_o = \frac{V}{V_p} u_o = \frac{u_o}{\varepsilon}$$

$$Re = \frac{\bar{u} d_e \rho}{\mu} = \frac{u_o \cdot 4 \varepsilon \rho}{\varepsilon \mu a} = \frac{2}{3} \frac{u_o D_p \rho}{(1 - \varepsilon) \mu} = \frac{2}{3} Re'$$

d)

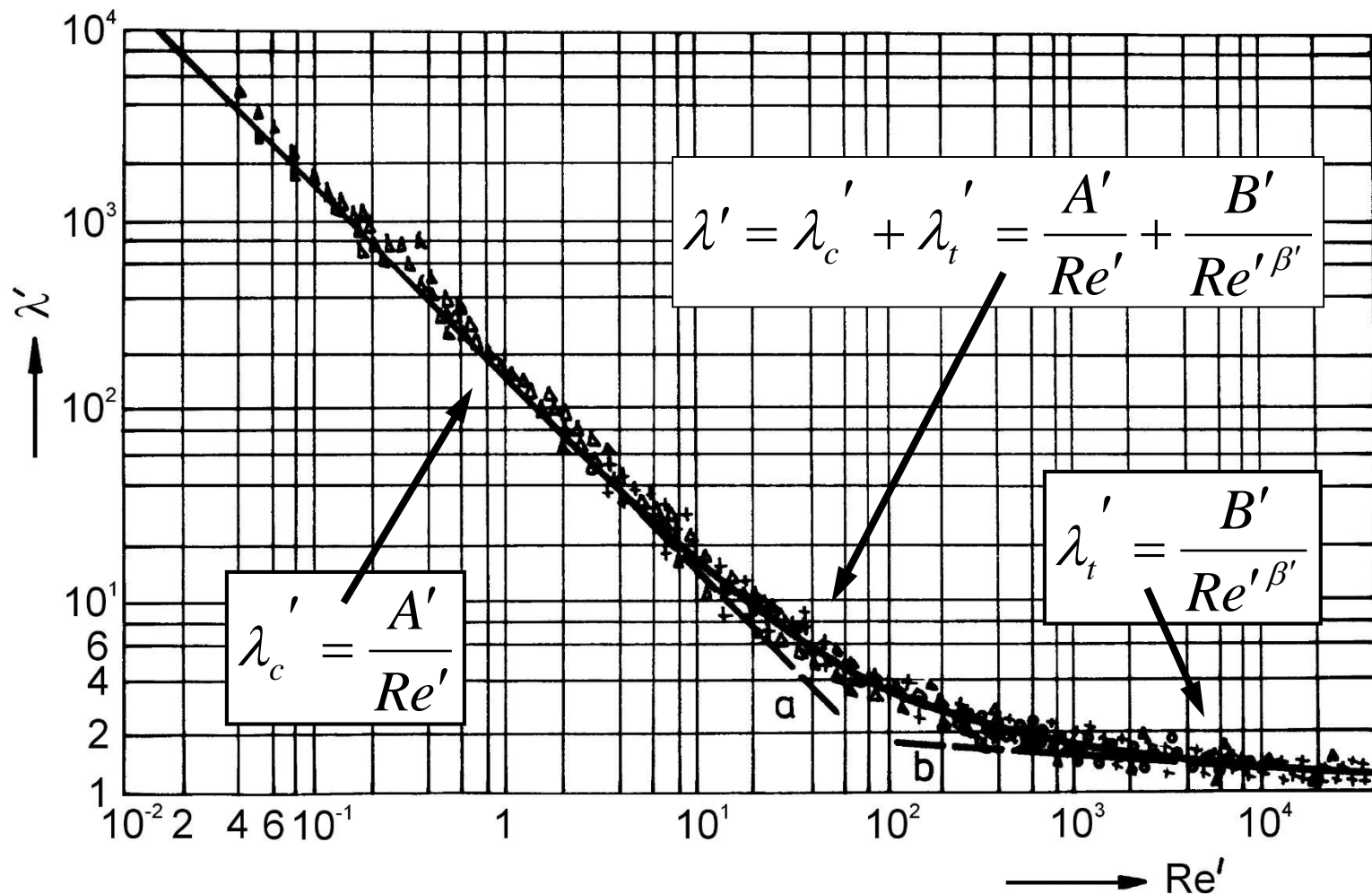
$$Re' = \frac{u_o D_p \rho}{(1 - \varepsilon) \mu}$$

e)

$$e_z = \lambda' \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon^3} \frac{h}{D_p} u_o^2$$

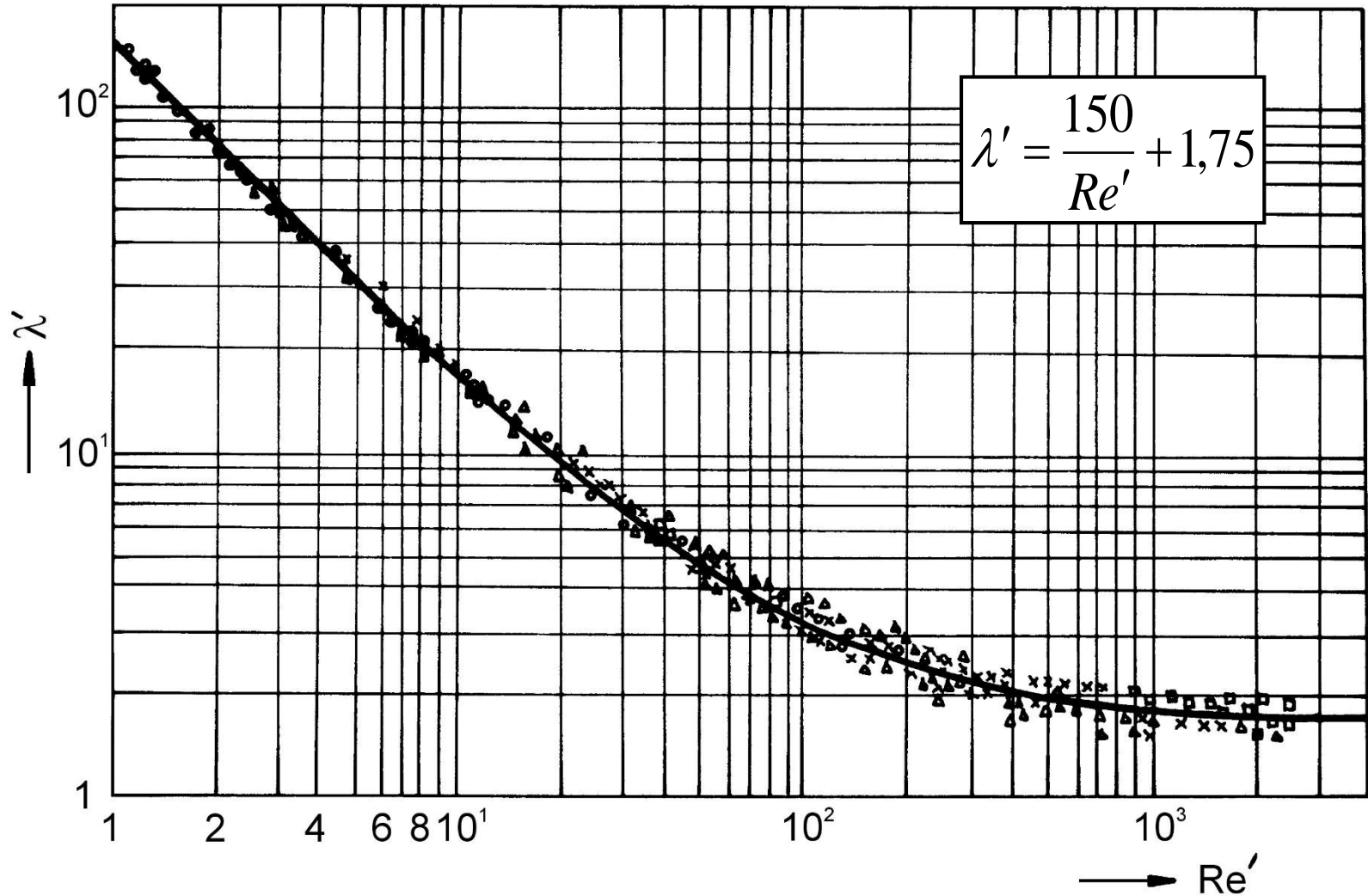
Závislost součinitele tření λ' při jednofázovém průtoku monodisperzní vrstvou kulových částic na Reynoldsově čísle Re'

($A' = 160; B' = 3,1; \beta' = 0,1$)

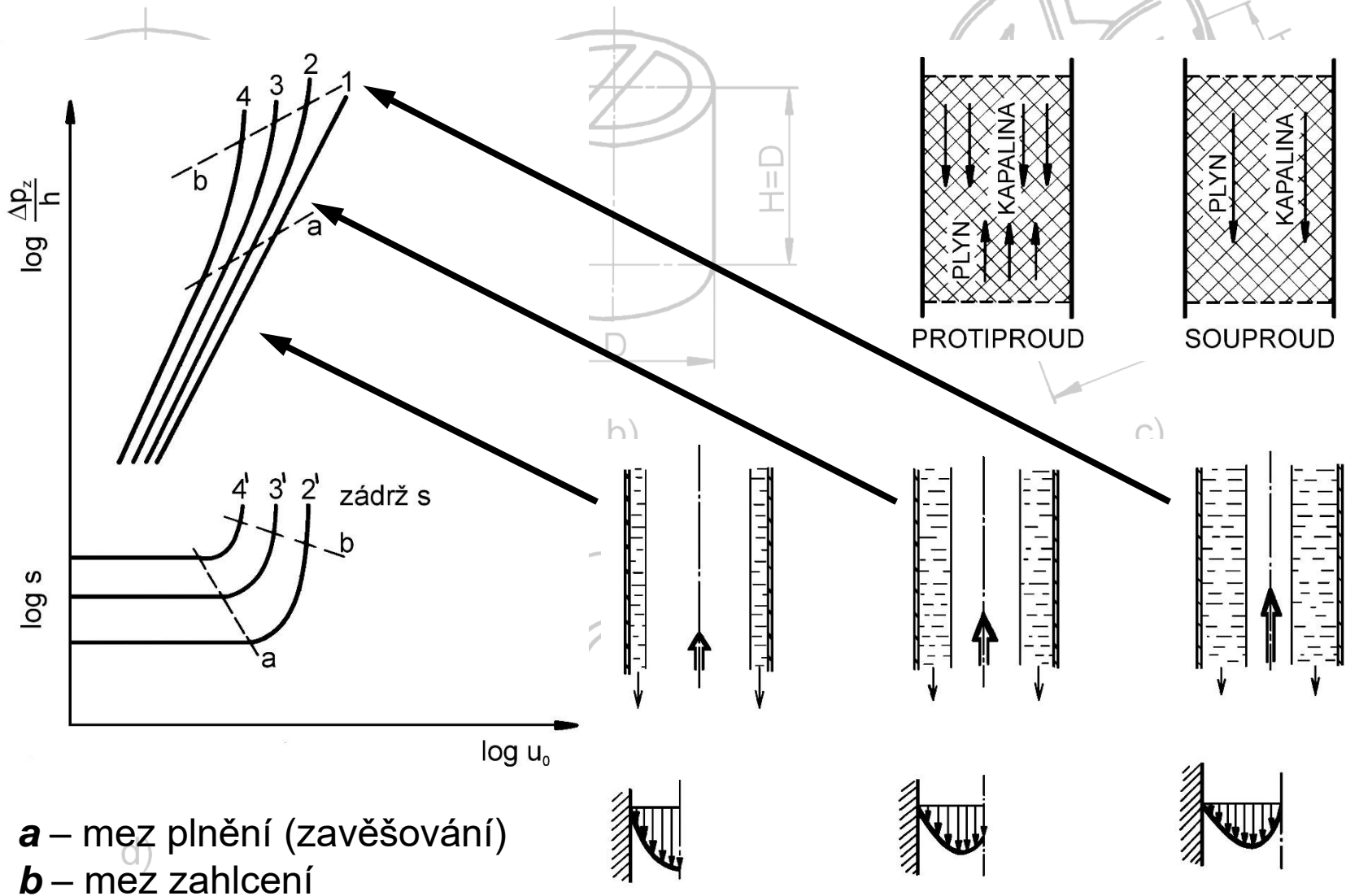


Hrubozrnné materiály – Ergunova rovnice

($A' = 150$; $B' = 1,75$; $\beta' = 0$)



Dvoufázový průtok porézní vrstvou



Výpočet rychlosti zahlcení a tlakové ztráty při dvoufázovém průtoku

