

cvičení 2 – pracovní verze

SVM Servomechanismy

Ing. Radomír Mendřický, Ph.D.

- Průtoková rovnice

- Průtokové charakteristiky

- Krytí šoupátka

- Tlaková charakteristika

Průtoková rovnice

- Proudění
 - laminární (např. tenké dlouhé trubičky)
 - turbulentní (hydraulika – v servoventilu)

Laminární

$$\Delta p = R_L \cdot Q$$



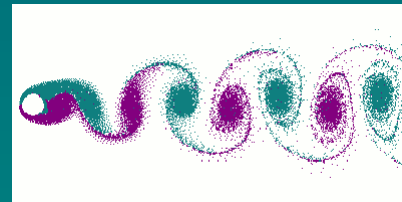
Turbulentní

$$\Delta p = R_T \cdot Q^2$$

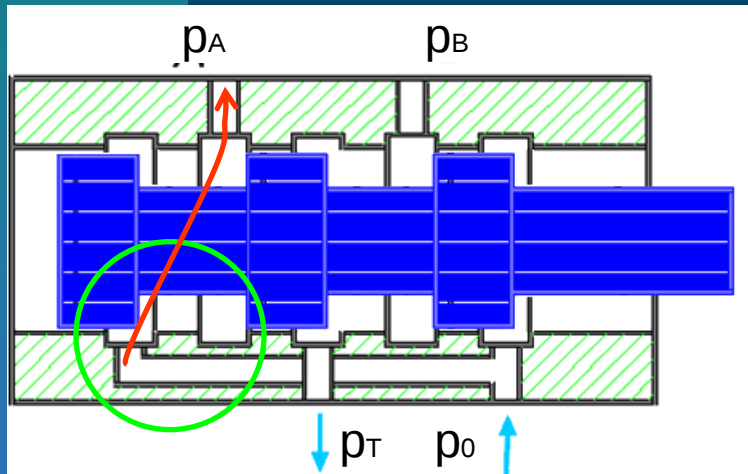


$$[p] = Pa$$

$$[Q] = m^3 \cdot s^{-1}$$



Průtoková rovnice



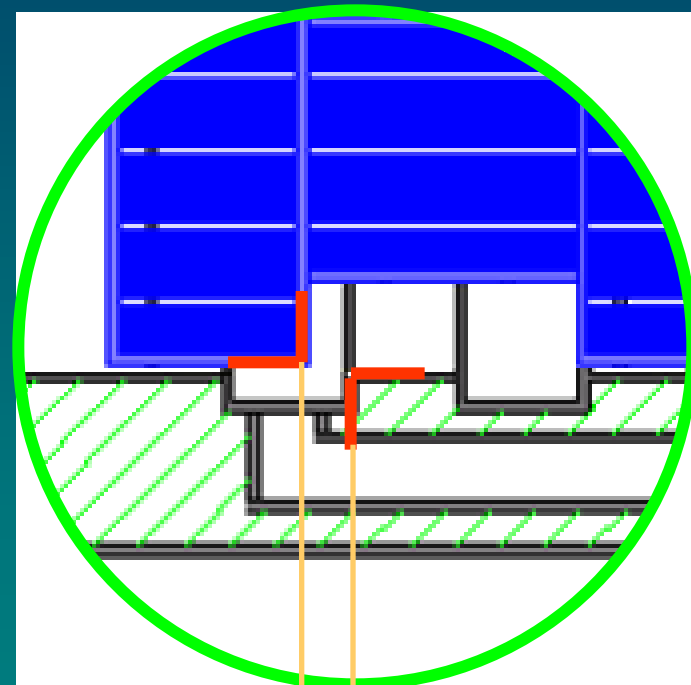
$p_T = 0$

Tlakový spád na hraně

$$p_0 - p_A = \Delta p = R_T \cdot Q^2$$

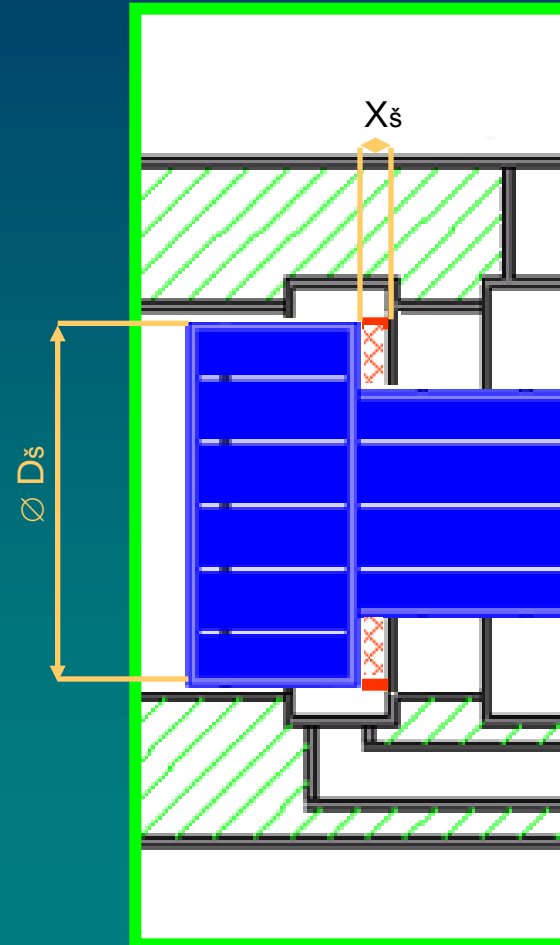
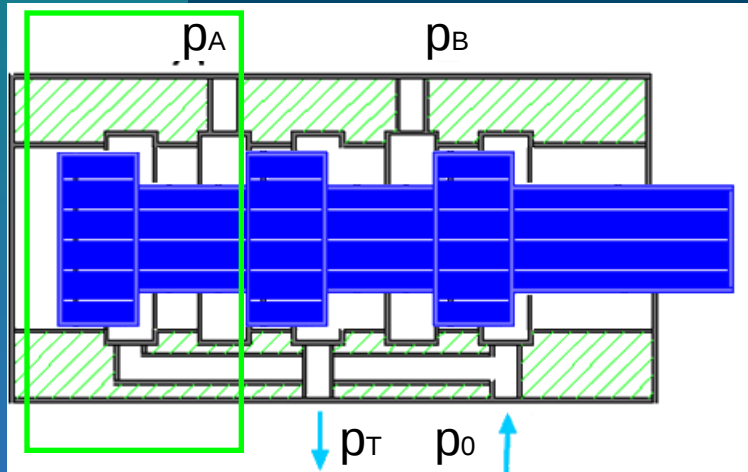
$$Q = \sqrt{\frac{\Delta p}{R_T}}$$

HRANA – hydraulický odpor R_T



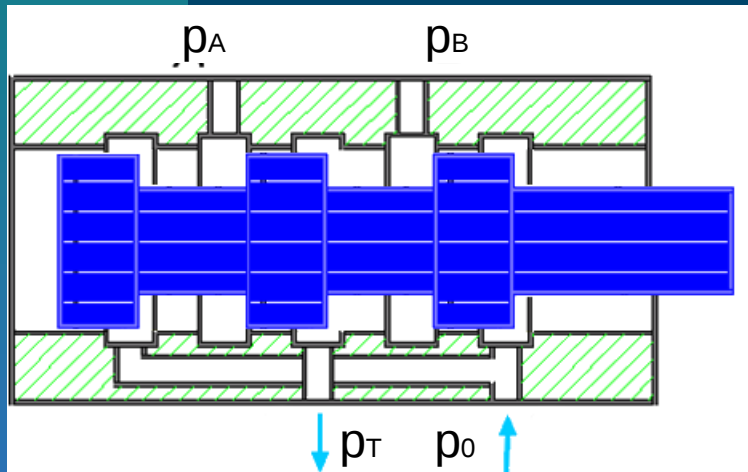
$x_s = \text{max cca } 1 \text{ mm}$

Průtoková rovnice



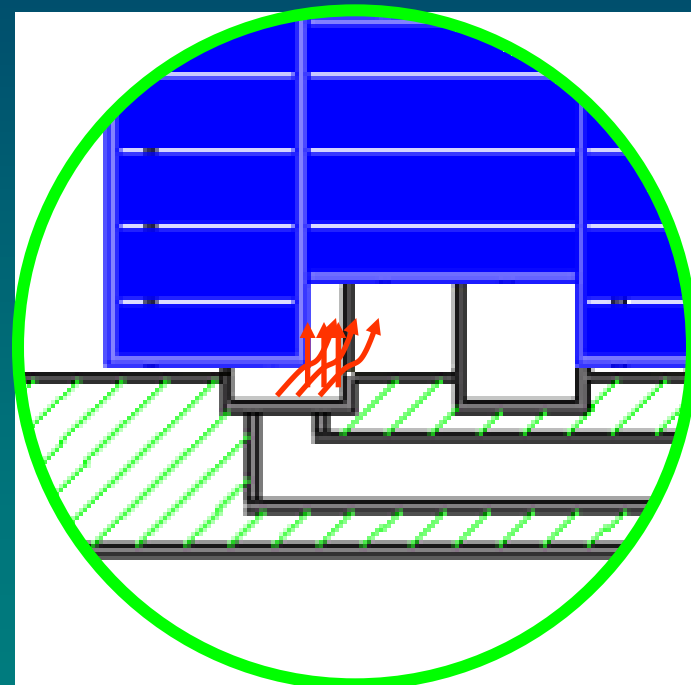
$$Q = \underbrace{\pi \cdot D_s \cdot x_s}_{S} \cdot \dots$$

Průtoková rovnice



$$Q = \pi \cdot D_{\check{s}} \cdot x_{\check{s}} \cdot \mu \cdot \dots$$

Průtokový součinitel μ



$\mu = 0,6 - 0,7$ dle typu šoupátka

Průtoková rovnice



Const. Průtoková rovnice

$$Q = \pi \cdot D_{\check{s}} \cdot x_{\check{s}} \cdot \mu \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho}} \cdot \sqrt{p_B}$$



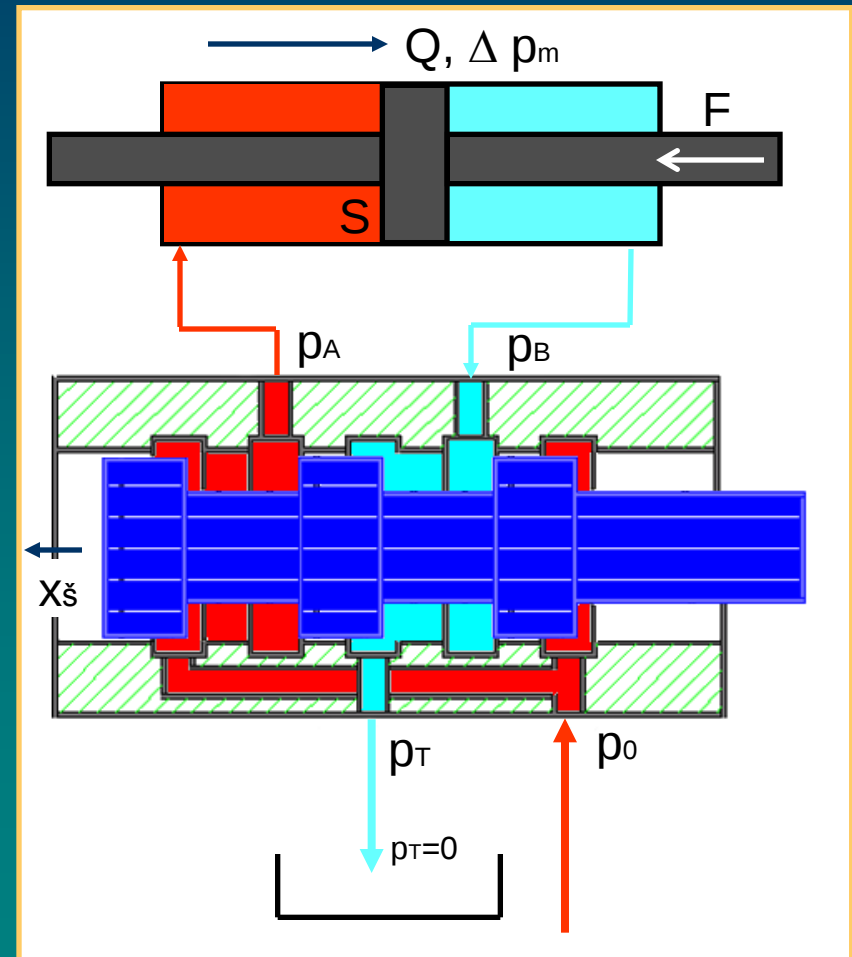
$$p_0 = p_A + p_B$$

$$Q = \pi \cdot D_{\check{s}} \cdot x_{\check{s}} \cdot \mu \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho}} \cdot \sqrt{p_0 - p_A}$$

Tlakový spád na motoru
úměrný síle (momentu)



$$p_A = \frac{1}{2}(p_0 + \Delta p_m) \quad p_B = \frac{1}{2}(p_0 - \Delta p_m)$$



Průtoková rovnice

$$Q = \pi \cdot D_{\check{s}} \cdot x_{\check{s}} \cdot \mu \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho}} \cdot \sqrt{p_0 - p_A}$$

Rozložení tlaků v obvodu v závislosti na vnější síle F , resp. tlakovém spádu na motoru

$$p_0 = p_A + p_B$$

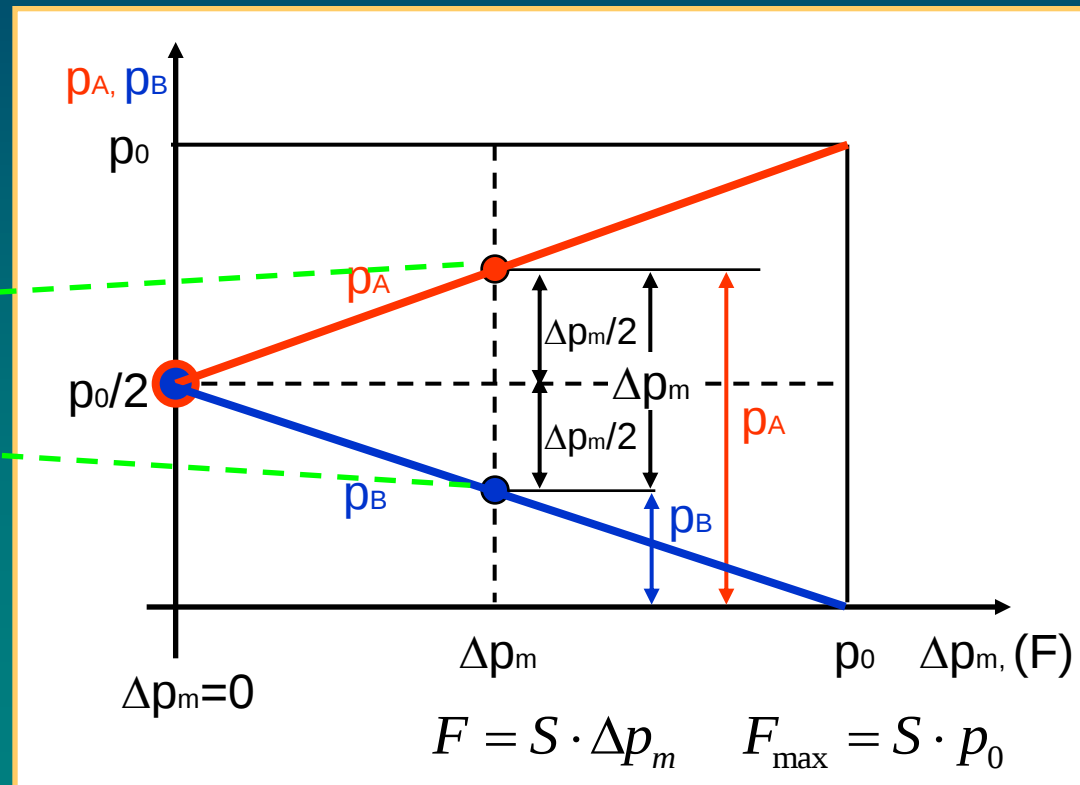
$$\Delta p_m = p_A - p_B$$

$$p_A = \frac{1}{2}(p_0 + \Delta p_m)$$

$$p_B = \frac{1}{2}(p_0 - \Delta p_m)$$

$$p_0 - p_A = p_0 - \frac{p_0}{2} - \frac{\Delta p_m}{2} =$$

$$= \frac{1}{2}(p_0 - \Delta p_m)$$



Průtoková rovnice

$$Q = \pi \cdot D_s \cdot x_s \cdot \mu \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho}} \cdot \sqrt{\frac{p_0 - \Delta p_m}{2}}$$

$$Q = K_{SV} \cdot x_s \cdot \sqrt{p_0 - \Delta p_m}$$

Průtoková rovnice

= průtok v závislosti na zatěžovacím tlaku

Konstanta servoventilu

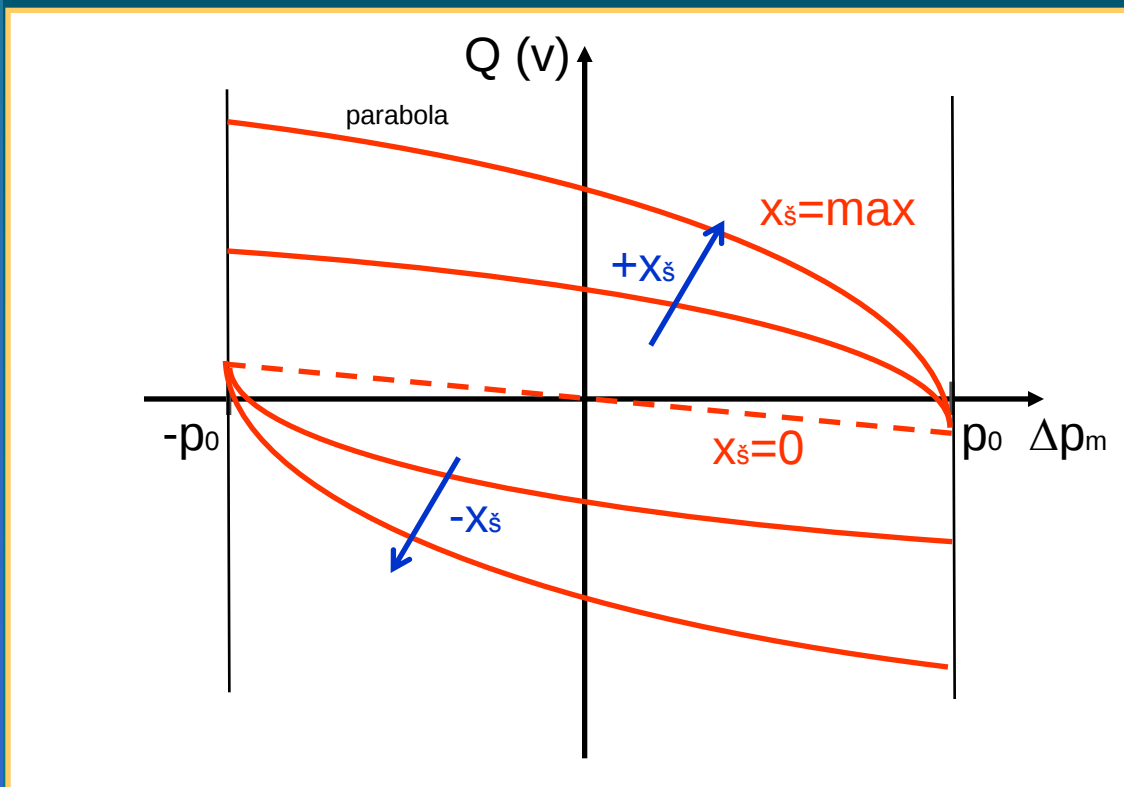
$$K_{SV} = \frac{\pi \cdot D_s \cdot \mu}{\sqrt{\rho}}$$



Nelineární vztah (PR) můžeme zobrazit jako soustavu křivek - dostaneme soustavu parabol, tzv. pole zatěžovacích charakteristik

Průtokové charakteristiky

- Závislost průtoku Q na tlakovém spádu na motoru Δp_m (zatěžovacím tlaku)
- Parametrem bude zdvih šoupátka

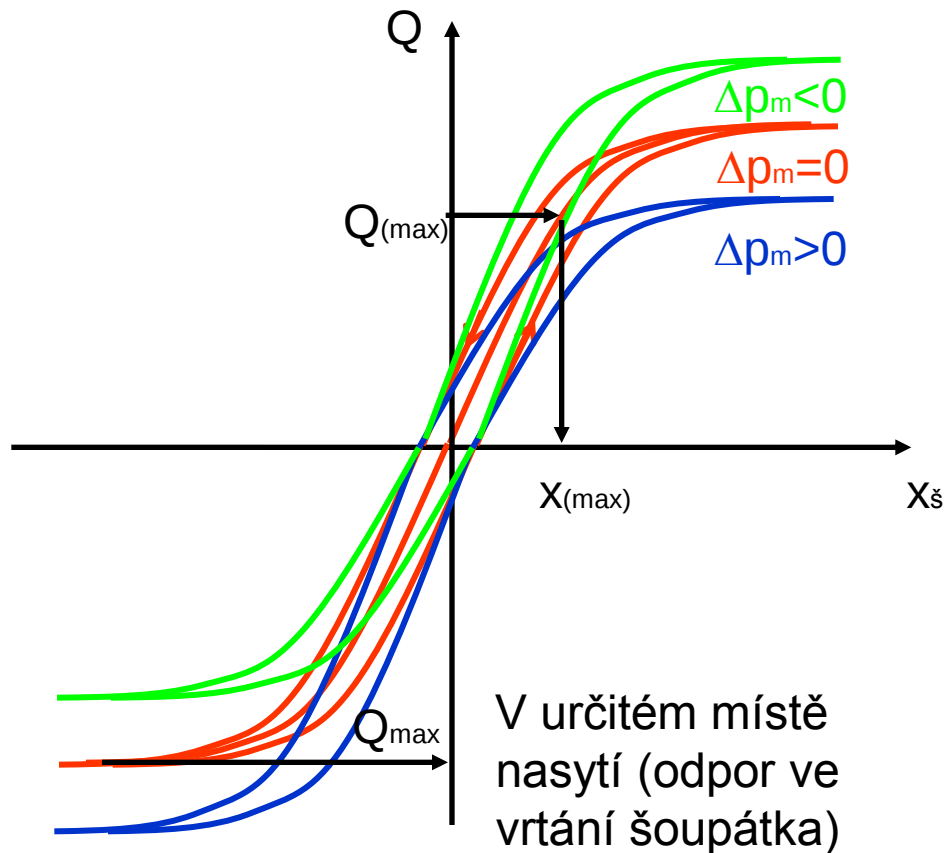


při $x_s=0$

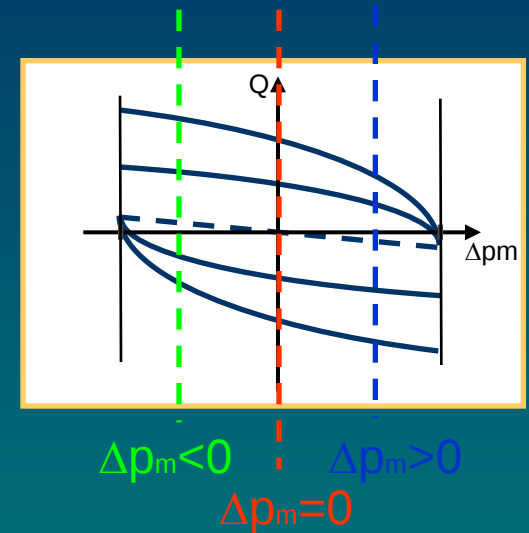
- trochu prosakuje (vůle, nedokrytí, zaoblení hran)
- laminární proudění

$$\Delta p = R_L \cdot Q$$

Průtokové charakteristiky



V určitém místě
nasytí (odpor ve
vrtání šoupátka)

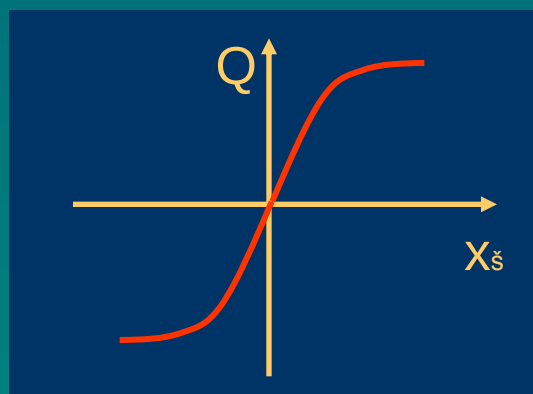
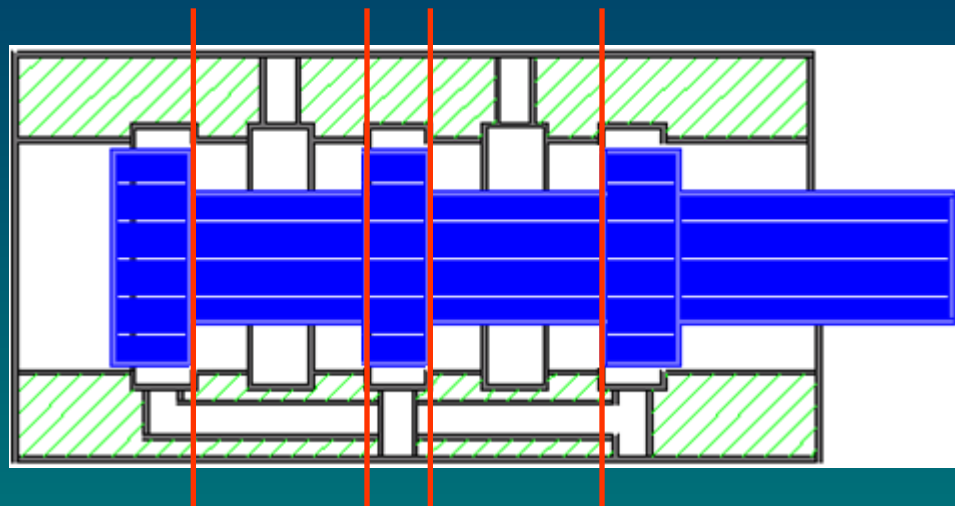


Ve skutečnosti hystereze
(do 3%)

– pasivní odpory

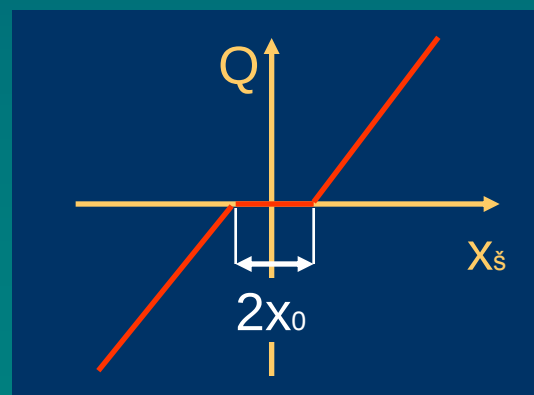
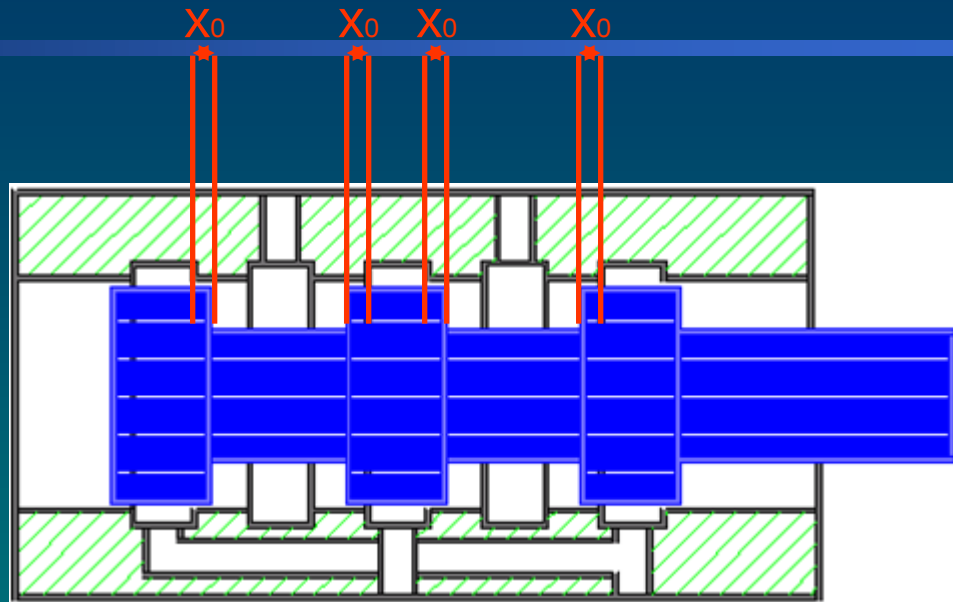
Krytí šoupátka

Nulové krytí



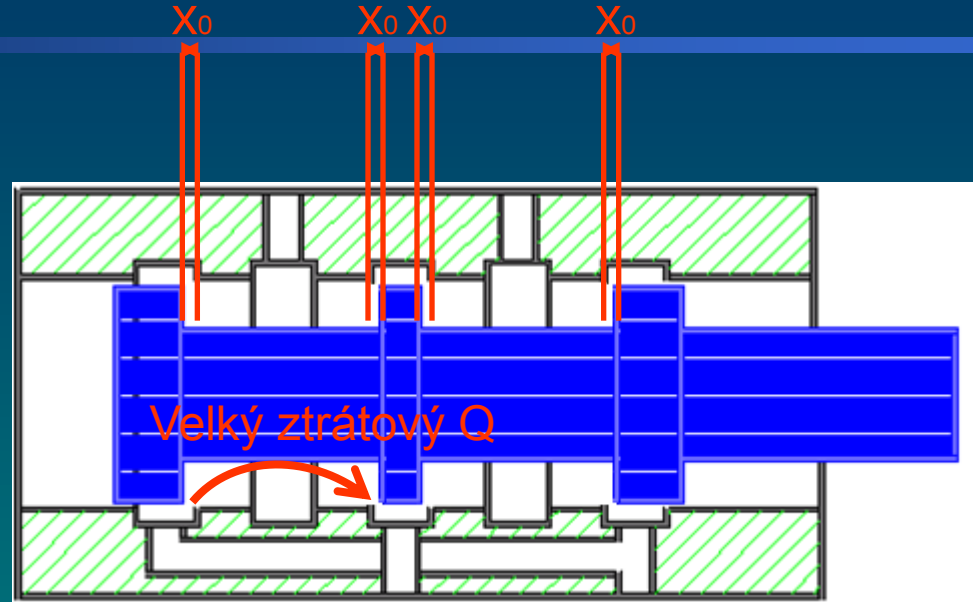
Krytí šoupátka

Překrytí šoupátka

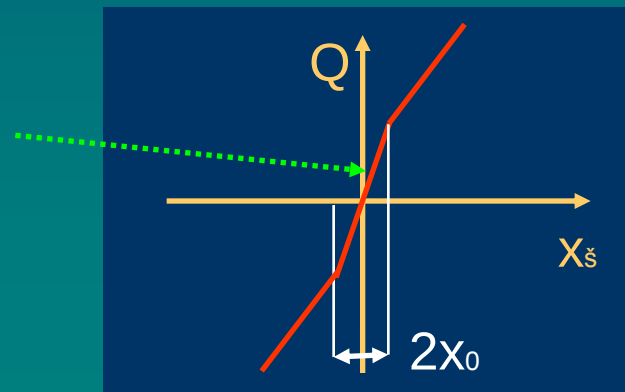


Krytí šoupátka

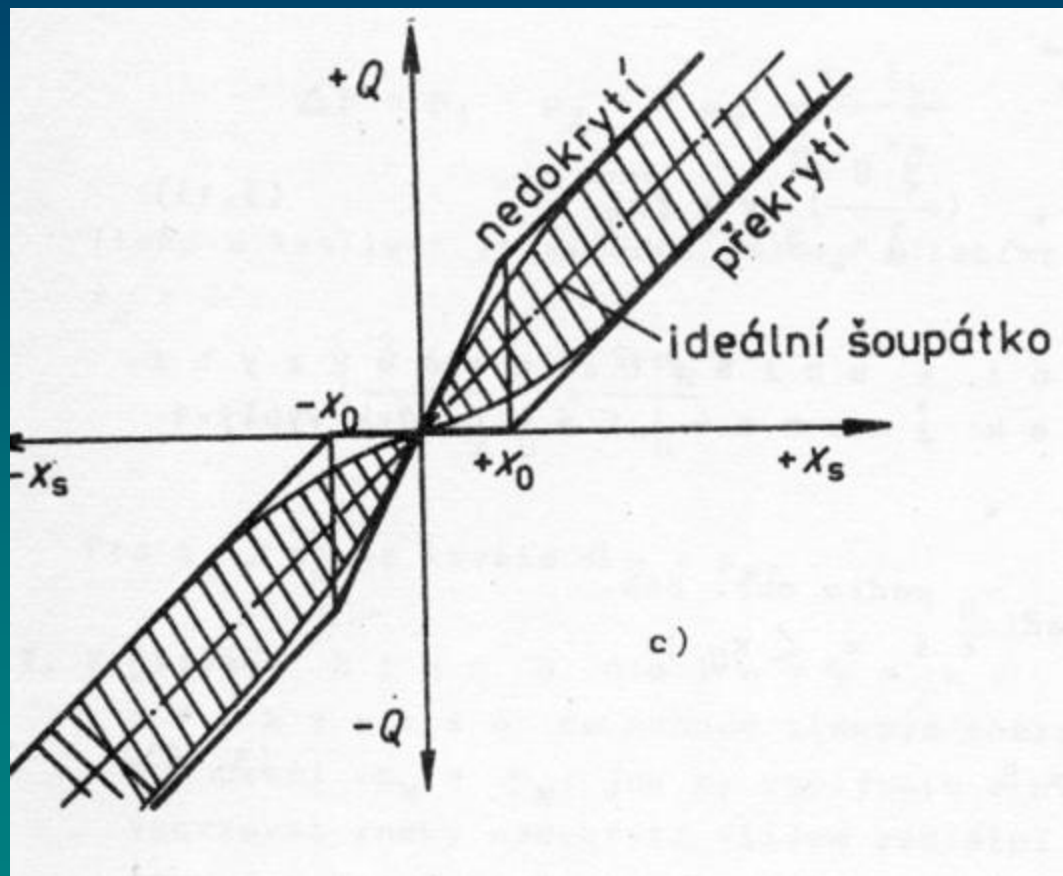
Nedokrytí (utopení)
šoupátka



V místě nedokrytí –
strmější charakteristika

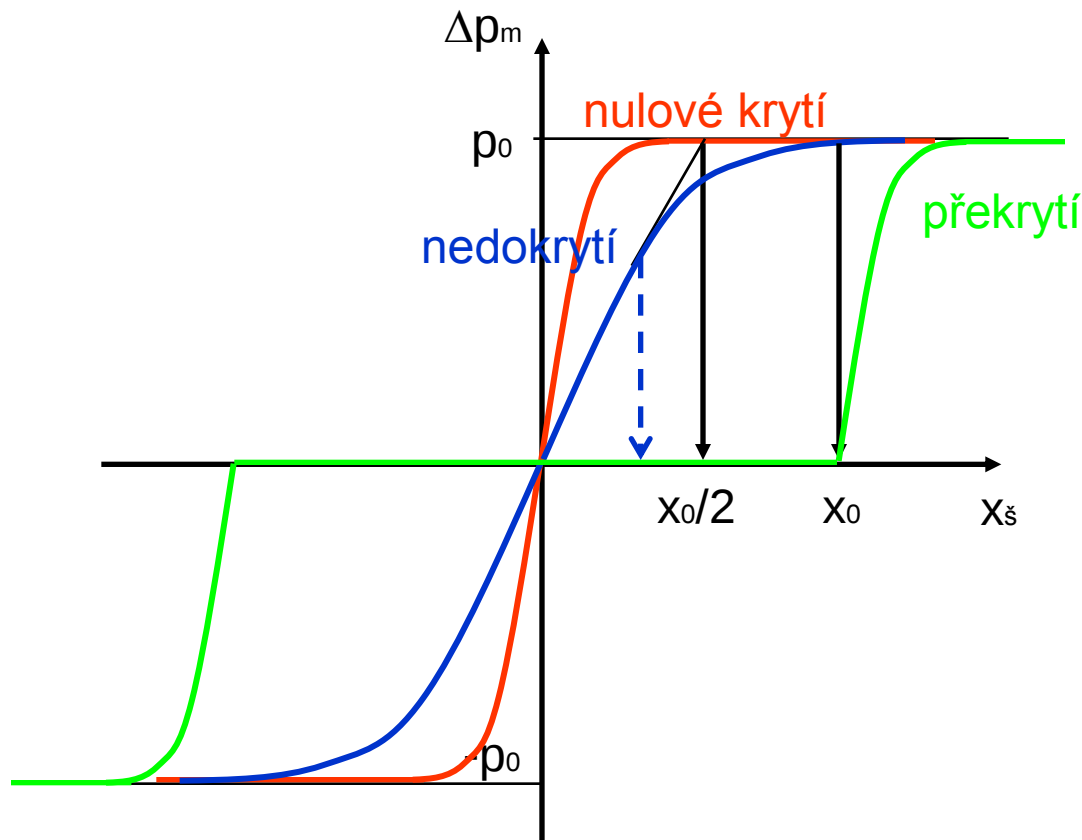


Krytí šoupátka



Průtoková charakteristika šoupátka při nedokrytí a překrytí

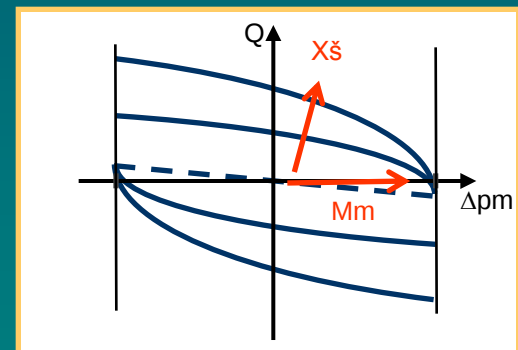
Tlaková charakteristika



- Z definice: $Q = 0$
- Má veliký význam pro citlivost šoupátka
- Mnohem strmější než průtoková ch.
(0,1-0,2 mm x 1–2 mm)
- Nedokryté šoupátko – char-ka je plošší – stejně se projevuje opotřebené šoupátko – pro stejnou změnu tlaku (moment) je nutné větší vychýlení šoup. – menší citlivost!

Tlumení

- při $x_s = 0$ malé tlumení – špatně se reguluje
- při $x_s > 0$ větší sklon křivky v průtokové char. – větší tlumení
- nárůst zatížení - větší tlumení



Konec