

# VODOHOSPODÁŘSKÉ INŽENÝRSTVÍ

Katedra Hydrauliky a hydrologie Fakulty stavební ČVUT

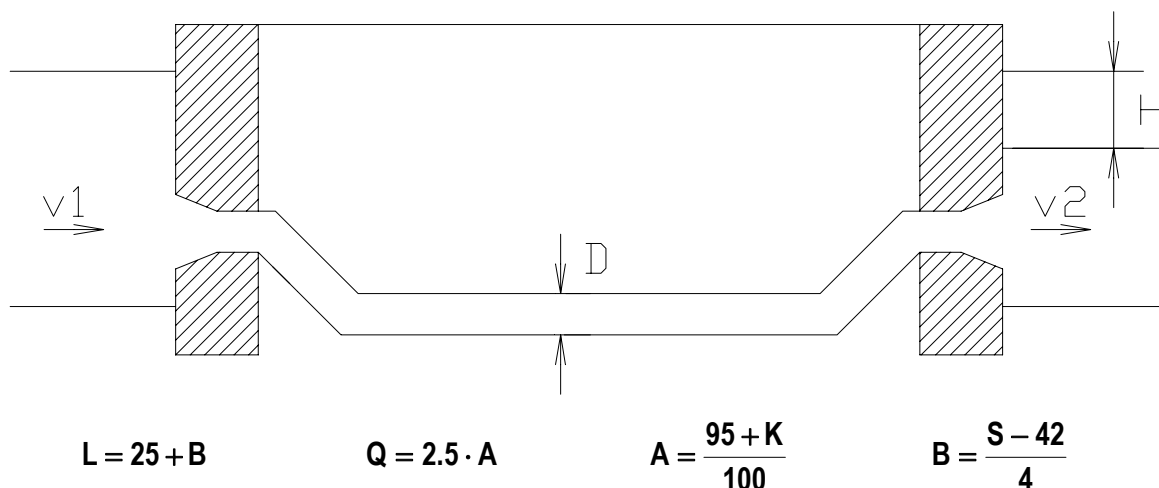
Jméno :

Skupina :

Školní rok : 2010/2011

## Úloha č.3

Navrhněte řešení shybky pod tělesem silnice. Shybka má délku  $L$ , změny směru budou provedeny jako ostré. Rychlost v korytě před shybkou je  $v_1 = 0.2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  a za shybkou  $v_2 = 0.3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Teplotu vody uvažujte  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $\nu = 1.31 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ). Vzduší hladiny shybkou  $H$  nesmí při návrhovém průtoku  $Q$  přesáhnout hodnotu  $0.85 \text{ m}$ .



### Postup řešení :

1. Nejprve je třeba sestavit Bernoulliho rovnici pro profily před a za shybkou

$$H_1 + \frac{p_a}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} = H_2 + \frac{p_a}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + \sum Z \quad (1)$$

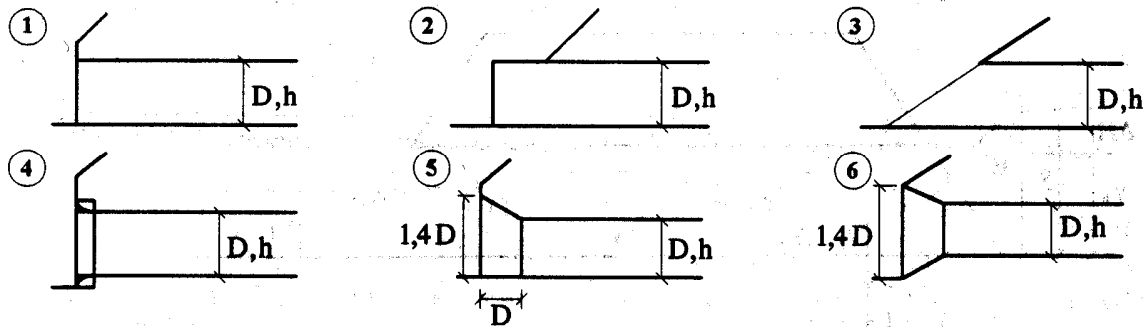
kde  $H_1$  a  $H_2$  jsou úrovně hladiny před a za shybkou [m],  $p_a$  je hodnota atmosférického tlaku [Pa],  $v_1$  a  $v_2$  jsou rychlosti proudění v korytě před a za shybkou,  $\rho$  měrná hmotnost vody [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ],  $g$  je tíhové zrychlení [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ] a  $\sum Z$  jsou celkové ztráty (třením a místní) [m].

2. Protože atmosférický tlak působí stejně v obou profilech, můžeme ho vykrátit. Po vyčíslení rozdílu úrovní hladin  $H_1 - H_2$  dostaneme

$$H = \frac{v_2^2}{2 \cdot g} - \frac{v_1^2}{2 \cdot g} + \sum Z \quad (2)$$

3. Před tím než vyčíslíme ztráty, musíme provést návrh shybky. Ten spočívá ve zvolení typu vtoku do shybky, ve volbě typů kolen a především v návrhu potrubí (typ a průměr). Na základě návrhu se vyhodnocují ztráty místní a ztráty třením. K jejich vyčíslení se využijí následující tabulky či obrázky.

Typy možného provedení vtoku do shybky (stejně jako propustku) jsou na následujícím obrázku

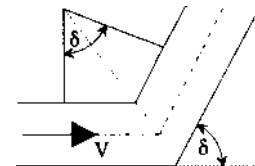


Pro hodnoty součinitele ztrát na vtoku pro jednotlivé typy platí

Typ vtoku	1	2	3	4	5	6
$\xi_{VT}$	0.4 – 0.5	0.8 – 0.9	0.7 – 0.8	0.05 – 0.1	0.1 – 0.15	0.3 – 0.4

Součinitel místní ztráty v koleně  $\xi_{OK}$  se stanovuje podle tabulky

$\delta$	15°	30°	45°	60°	90°
Hladké potrubí	0.04	0.13	0.24	0.47	1.13
Drsné potrubí	0.06	0.17	0.32	0.68	1.27



Hydraulickou drsnost potrubí  $\Delta$  lze stanovit podle následující tabulky

Druh potrubí	Stav potrubí	$\Delta$ [m]
Ocelové svařované	Nové	0.00003 – 0.0001
	Mírně zrezivělé	0.0003 – 0.0007
	Zrezivělé	0.0008 – 0.0015
	Silně zrezivělé	0.002 – 0.003
Betonové	Nové	0.00001 – 0.00005
	Po použití	0.0003 – 0.0008
	Po dlouhé době provozu	0.001 – 0.003

4. Nyní je třeba vyjádřit ztráty. Ztráty třením se stanoví podle rovnice Darcy-Weisbachovy.

$$Z_t = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot S^2} \quad (3)$$

V rovnici je  $\lambda$  součinitel tření,  $L$  délka potrubí [m],  $D$  navržený průměr potrubí [m],  $v$  je rychlost proudění v potrubí [m.s<sup>-1</sup>].

Pro součinitel tření  $\lambda$  platí

$$\lambda = \text{fce}(\text{Re}, \frac{\Delta}{D}) = \text{fce}(\frac{v \cdot D}{\nu}, \frac{\Delta}{D}) \quad (4)$$

kde  $\text{Re}$  je bezrozměrné Reynoldsovo číslo závislé na rychlosti proudění  $v$ , průměru potrubí  $D$  a kinematické viskozitě  $\nu$  [m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>]. Ke stanovení relativní drsnosti potrubí je třeba znát hodnotu hydraulické drsnosti potrubí  $\Delta$ , respektive relativní drsnosti  $\Delta/D$ . Závislost  $\lambda$  na obou členech ukazuje Moodyho diagram. Pro přesnější stanovení součinitele ztrát třením v případě, že  $\text{Re} > 4 \cdot 10^3$ , je možné použít rovnici Colebrook-Whiteovu, u které je nutné použít iterační postup (pro první odhad  $\lambda$  je vždy nutné použít Moodyho diagram).

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left[ \frac{2.51}{\text{Re} \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{\Delta}{3.71 \cdot D} \right] \quad (5)$$

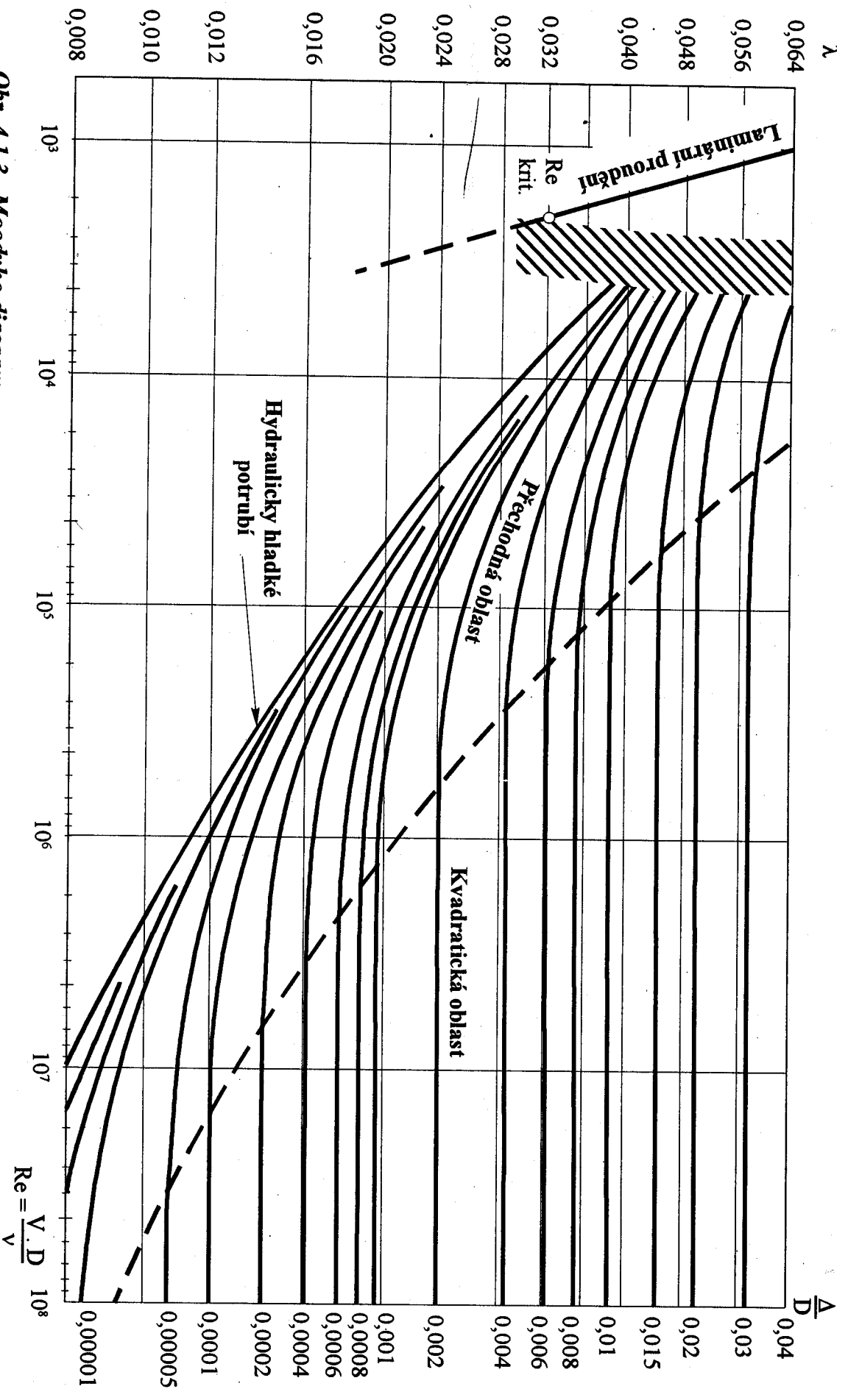
5. Ztráty místní se vyskytují v daném případě na vtoku do shybky, v kolenech a na výtoku z potrubí do koryta (v tomto případě se používá hodnota součinitele místní ztráty  $\xi_{vY} = 1$ ).

$$\sum Z_m = (\xi_{vT} + 4 \cdot \xi_{oK} + \xi_{vY}) \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} = (\xi_{vT} + 4 \cdot \xi_{oK} + \xi_{vY}) \cdot \frac{Q^2}{2 \cdot g \cdot S^2} \quad (6)$$

6. Celkové ztráty, které jsou součtem ztrát třením a místních, musí být menší než maximální zadané vzdutí  $H$

$$\sum Z = Z_t + \sum Z_m < H + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} - \frac{v_2^2}{2 \cdot g} \quad (7)$$

V případě, že nerovnost nevychází, je třeba vhodně zvětšit průměr potrubí. Na druhou stranu, pokud součet místních ztrát a ztrát třením vychází o hodně menší než maximální vzdutí  $H$ , potrubí je zbytečně předimenzováno. Hydraulicky sice návrh vyhoví, ale řešení je neekonomické. V tomto případě je potřeba navrhnout určité zmenšení průřezu.



Obr. 4.1.3 Moodyho diagram