



Environmentální hydraulika

Přednáška_6

2025_2026

Výsledky Testu_1

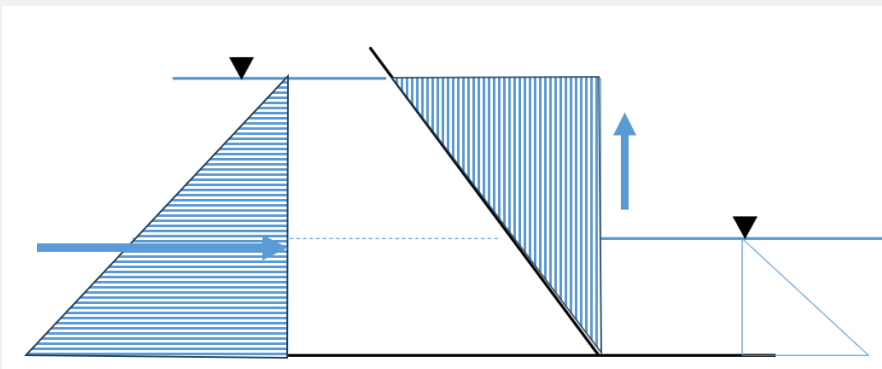
Studijní program BVH:

Správně: **4/31**

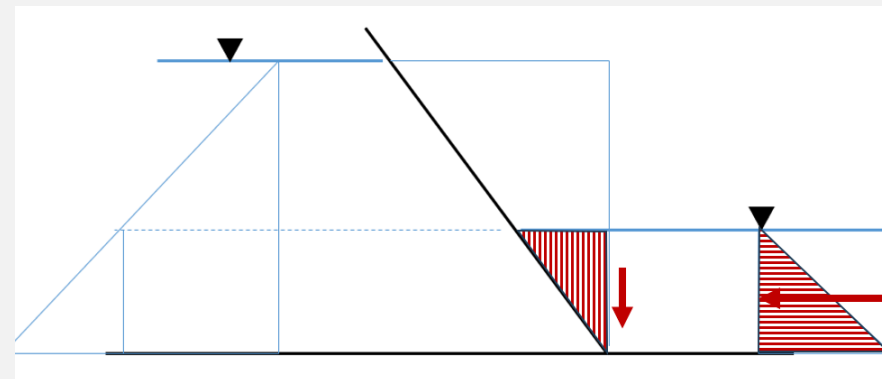
Studijní program BKRAJ

Správně: **10/36**

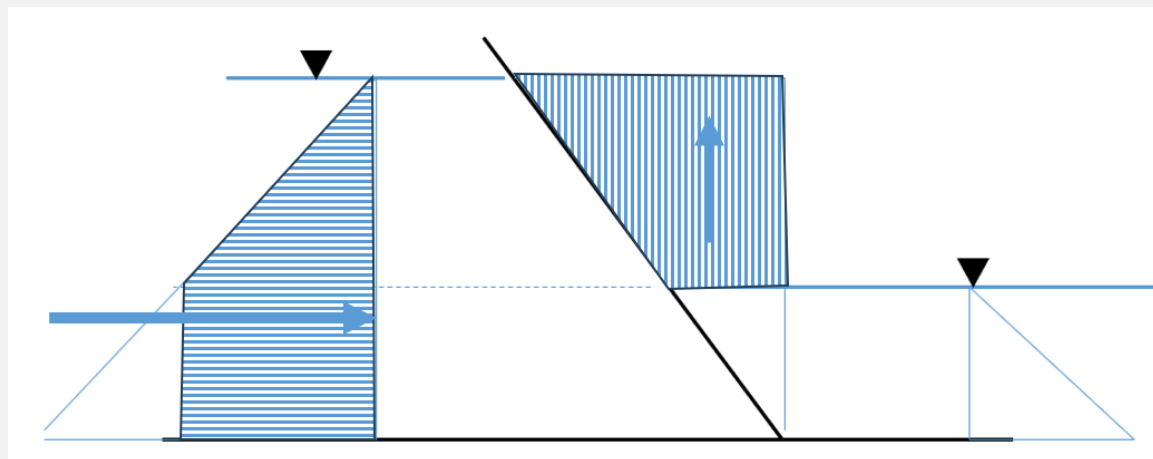
**Zatěžovací obrazce ve svislém
a vodorovném směru od „horní vody“**



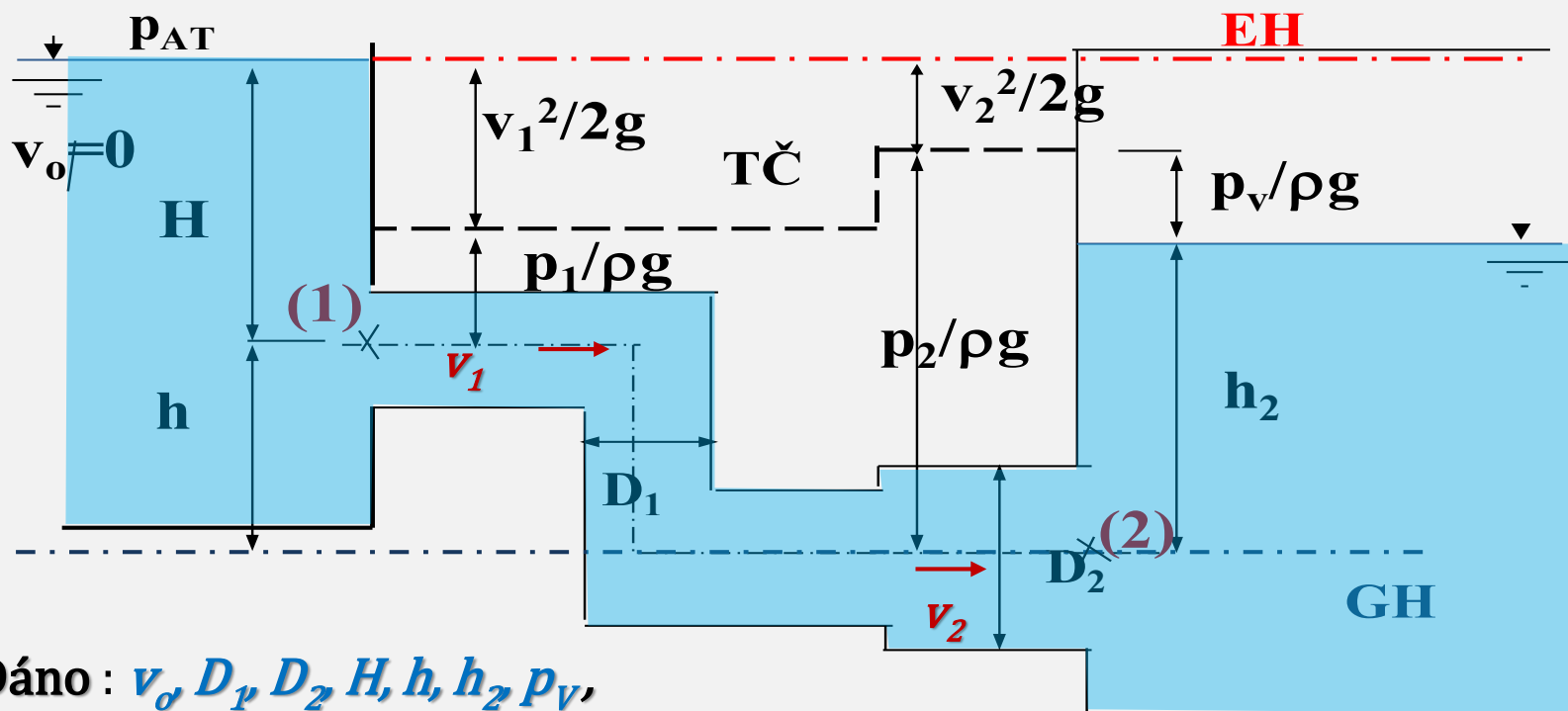
**Zatěžovací obrazce ve svislém
a vodorovném směru od „dolní vody“**



Výsledný zatěžovací obrazec ve svislém a vodorovném směru



- V proudové trubici se ***zvolí 2 průřezy***
- Zvolí se ***libovolná vodor. rovina*** (ekvipotenciální plocha nulového potenciálu)
- Sestaví se ***Bernoulliho rov.*** pro dva zvolené průřezy
- Případné doplnění o ***rovnici kontinuity***



Vypočtete : Q v_1 v_2

Vyneste tlakovou čáru a čáru energie.

$$h + H + \frac{p_{AT}}{\rho g} + \frac{v_0^2}{2g} = h_2 + \frac{p_V}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g}$$

ŘEŠENÍ :

Sestavení Bernoulliho rovnice pro (1) - (2)

$$h + H + \frac{p_{AT}}{\rho g} + \frac{v_o^2}{2g} = h_2 + \frac{p_V}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} \quad (*)$$

Z rovnice (*) vypočítáme rychlost v_2

$$v_2 = \sqrt{2g \cdot \left[(h + H + \frac{p_{AT}}{\rho g} + \frac{v_o^2}{2g}) - \left(h_2 + \frac{p_V}{\rho g} \right) \right]}$$

Průtok: $Q = v_2 \cdot S_2 \longrightarrow S_2 = \frac{\pi D_2^2}{4}$

Z rov. kontinuity : $Q = v_1 \cdot S_1 = v_2 \cdot S_2 \Rightarrow v_1 = v_2 \cdot S_2 / S_1$

$$v_1 = v_2 \frac{S_2}{S_1} = v_2 \frac{\frac{\pi D_2^2}{4}}{\frac{\pi D_1^2}{4}} = v_2 \frac{D_2^2}{D_1^2}$$

BERNOULLIHO ROVNICE PRO USTÁLENÉ PROUDĚNÍ SKUTEČNÉ KAPALINY

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

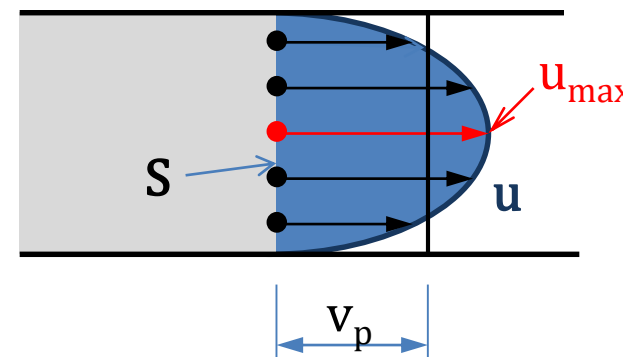
h_z celková
ztrátová výška

ZÁKLADNÍ VÝPOČETNÍ PRINCIPY USTÁLENÉHO TLAKOVÉHO PROUDĚNÍ V POTRUBÍ

- aplikace zákona zachování mechanické energie rovnice Bernoulliho pro ustálené proudění skutečné kapaliny (vazkost $\nu \neq 0$)
- aplikace zákona zachování hmoty rovnice spojitosti pro ustálené 1D proudění
- náhrada skutečného rozdělení rychlosti u v **příčném průřezu** profilu střední průřezovou rychlostí $\bar{v}$

CORIOLISOVO ČÍSLO α závisí na
nerovnoměrnosti rozložení rychlostí v
příčném profilu

(1-2) 1 turbulentní proudění
.... 2 laminární proudění



CELKOVÉ ZTRÁTY – při proudění skutečné kapaliny

Celková ztrátová výška (h_z) = ztrátová výška ztr. třením (h_T) + ztrátová výška ztrát místních (h_M)

Ztráty tření: vnitřní a o stěny potrubí

Darcy-Weisbachova rovnice

$$h_T = \lambda (f) \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

Při proudění skutečných kapalin vznikají hydraulické odpory v důsledku viskozity – tj. síly působící proti pohybu částic kapaliny (vzájemné tření mezi částicemi kapaliny a třením mezi proudící kapalinou a stěnami potrubí).

Ztráty místní: ohyb, rozšíření atd.

$$h_M = K_M(\zeta_M) \frac{v^2}{2g}$$

Překážky v proudu kapaliny a změny směru proudu (odbočky, armatury, měřící zařízení atd.) – vyvolávají víření, nebo odtržení proudu kapaliny od pevné stěny Dochází ke změně mechanické energie na jinou formu energie (tepelné...) ... tj. vznik místních ztrát, které jsou vázány na místo vzniku

ZTRÁTY TŘENÍM

Odpory proti pohybu kapalin jsou způsobené:

- třením mezi jednotlivými , různou rychlostí se pohybujícími, vrstvami kapaliny
- třením o pevné stěny

Toto tření je kvantitativně vyjádřeno tangenciálním napětím (smykovým) působí proti směru proudění

Ztráty třením, h_{zt} , které vyjadřujeme ztrátovou výškou, pro potrubí z **Darcy-Weisbachova vztahu**

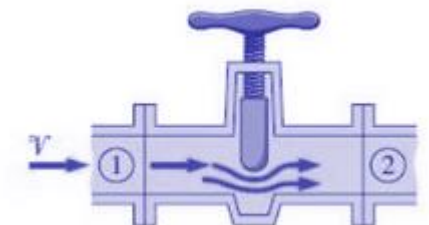
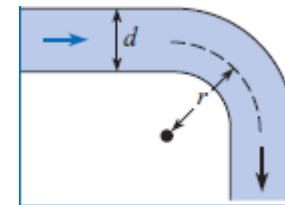
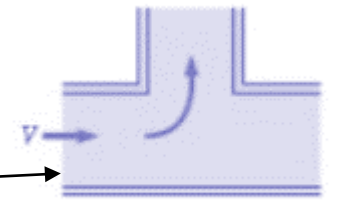
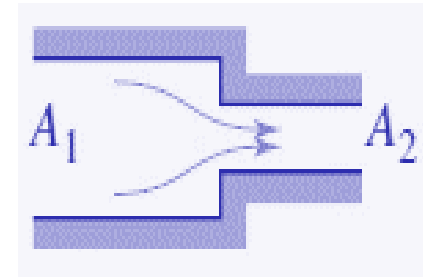
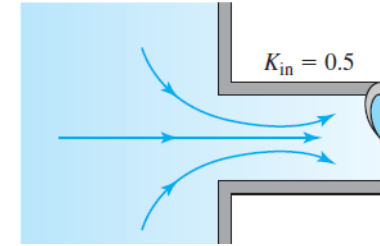
$$h_{zt} = \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$



MÍSTNÍ ZTRÁTY

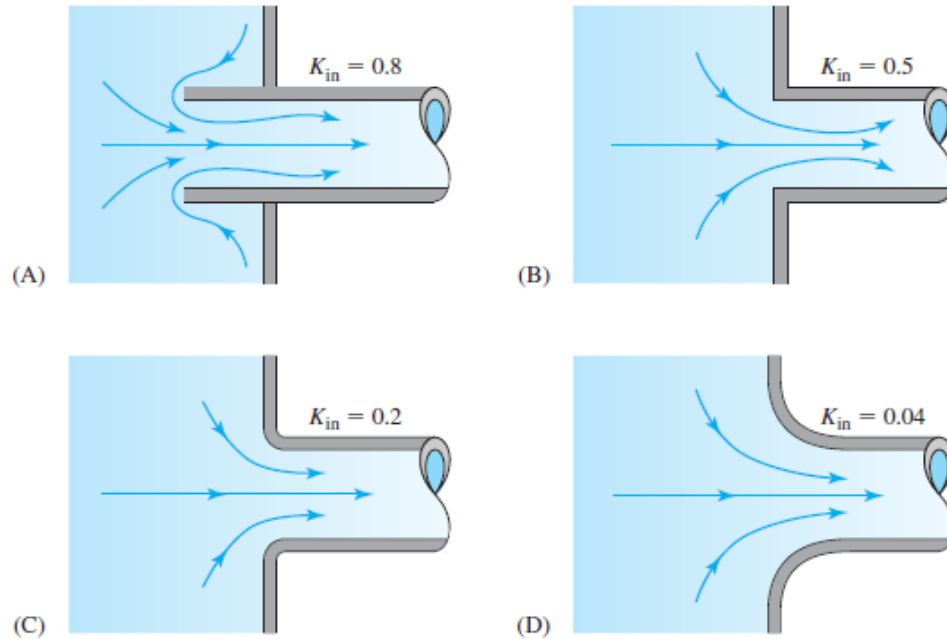
Potrubí:

- Vtok do potrubí
- Náhlé zúžení (rozšíření) potrubí
- Postupné rozšíření (zúžení) potrubí
- Změna směru potrubí
- Různé tvarovky na potrubí (rozdělení (spojení) proudu
- Uzávěry – regulaci Q (šoupě, ventil)
- Výtok z nádrže
- Venturimetr (měření průtoku)
- Další objekty (např. sací koš atd.)

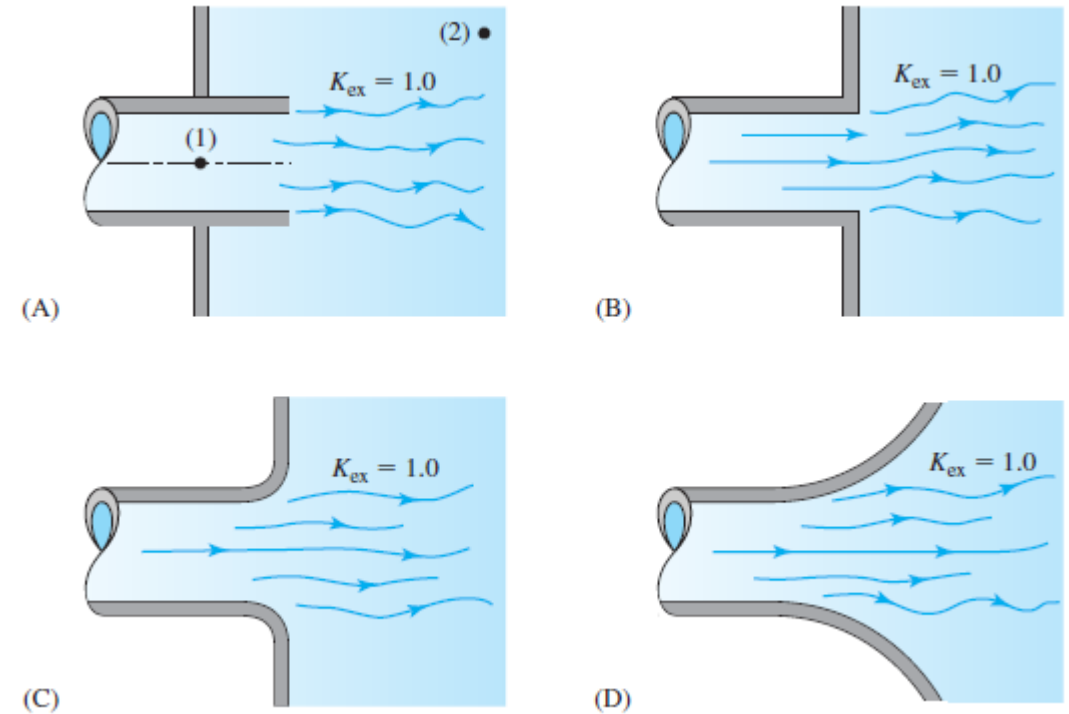


MÍSTNÍ ZTRÁTY

koef. místní ztráty pro vtok
(závisí na konfiguraci vtoku)

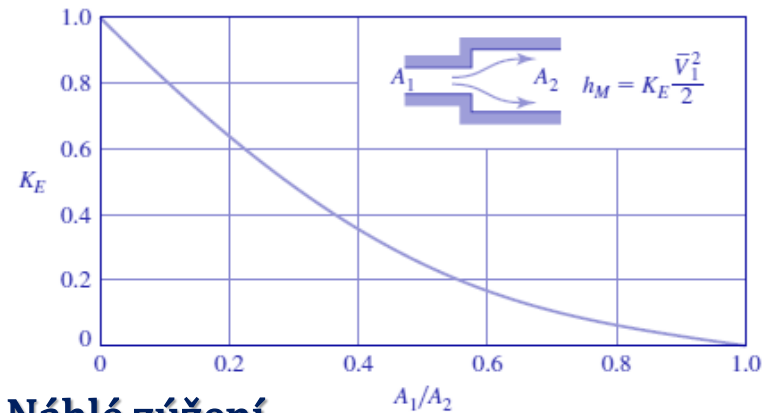


koef. místní ztráty pro výtok z potrubí
(nezávisí na konfiguraci vtoku)

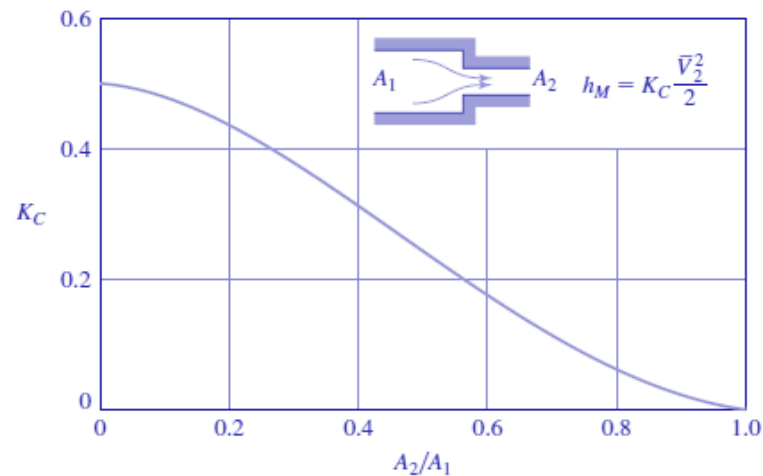


MÍSTNÍ ZTRÁTY

Náhlé rozšíření

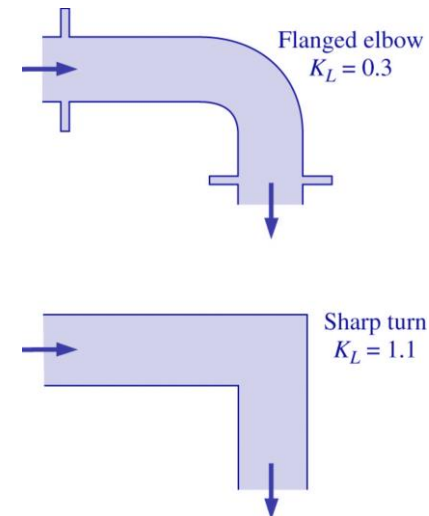
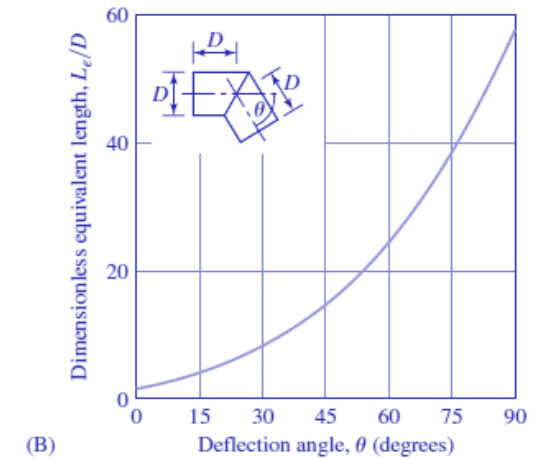
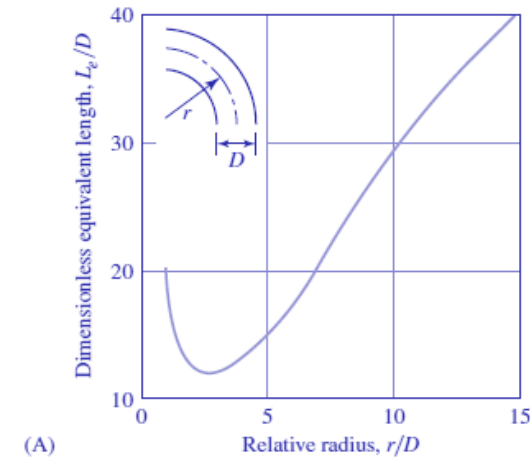


Náhlé zúžení



!!!- je nezbytné vědět ke kterému průřezu budou místní ztráty vztahovány !!!

Ohyb potrubí



HYDRAULICKÉ ODPORY (ZTRÁTY) -

-Zahrnuty všechny účinky, které způsobují rozptyl energie (změna mech. en. na jiný druh energie)

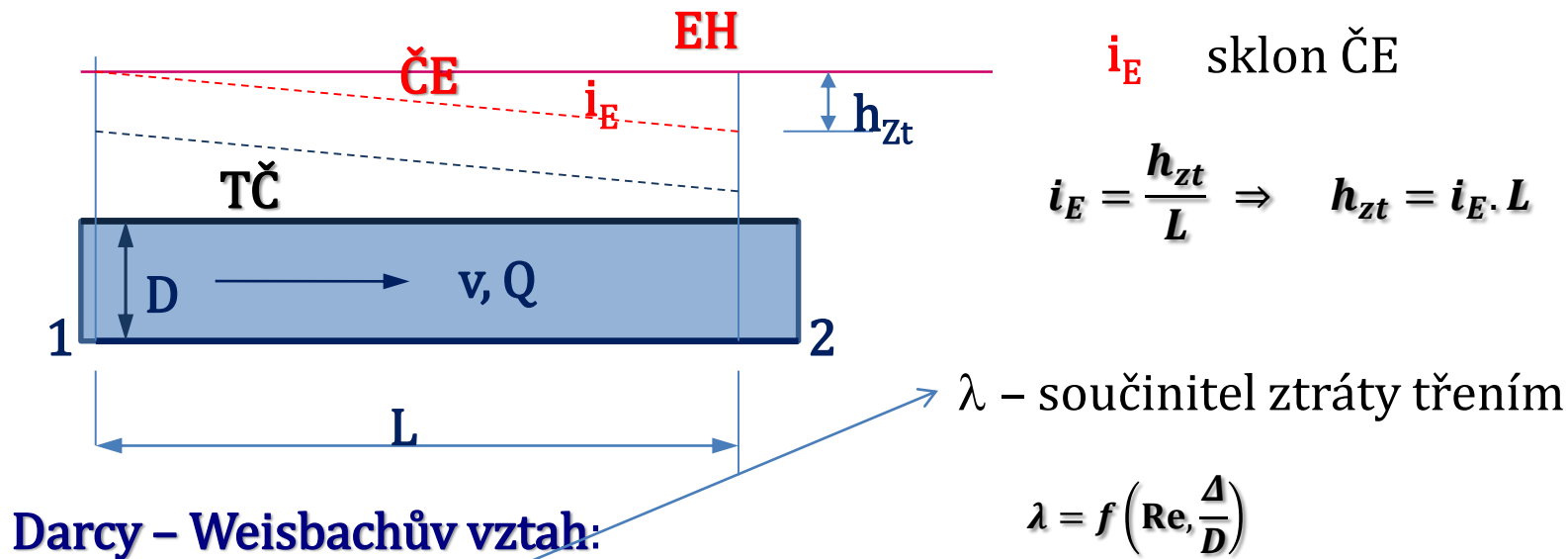
Rozptýlenou energii (ztrátovou) vztahujeme na jednotku tíhy:

Dle fyzikální podstaty dělíme ztráty (odpory) na dva typy:

- ztráty třením

- ztráty místní

Ztráty třením – jak se projevují na průběhu ČE a TČ



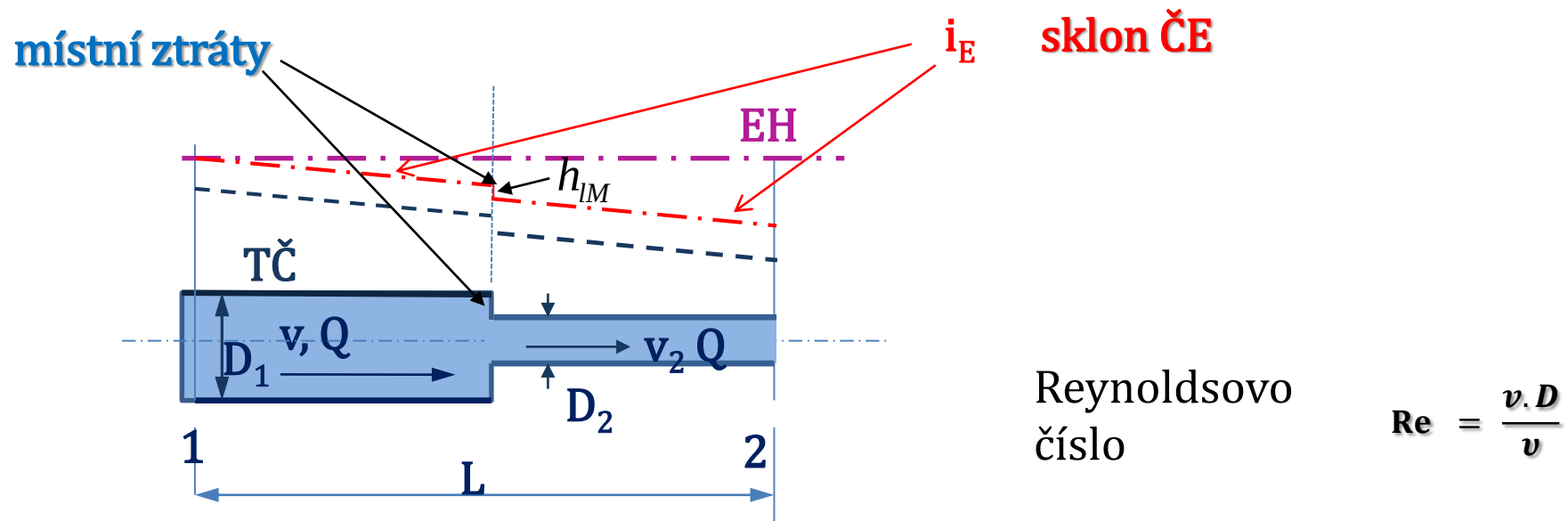
$$h_{zt} = \lambda \frac{l}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (m)$$

Reynoldsovo číslo

$$\text{Re} = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

Ztráty třením se projevují na průběhu ČE a TČ plynulým poklesem

MÍSTNÍ ZTRÁTY – jak se projevují na průběhu ČE a TČ



místní ztráty – výpočet ztrátové výšky

$$h_{lM} = K_{lM} \frac{v^2}{2g}$$

koef. místních ztrát (ζ)

místní ztráty se projevují na průběhu ČE a TČ skokem

BERNOULLIHO ROVNICE PRO SKUTEČNOU KAPALINU

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha v_2^2}{2g} + \sum_{i=1}^k h_{zmi} + \sum_{j=1}^l h_{ztj}$$

k – počet úseků se stejným průměrem D

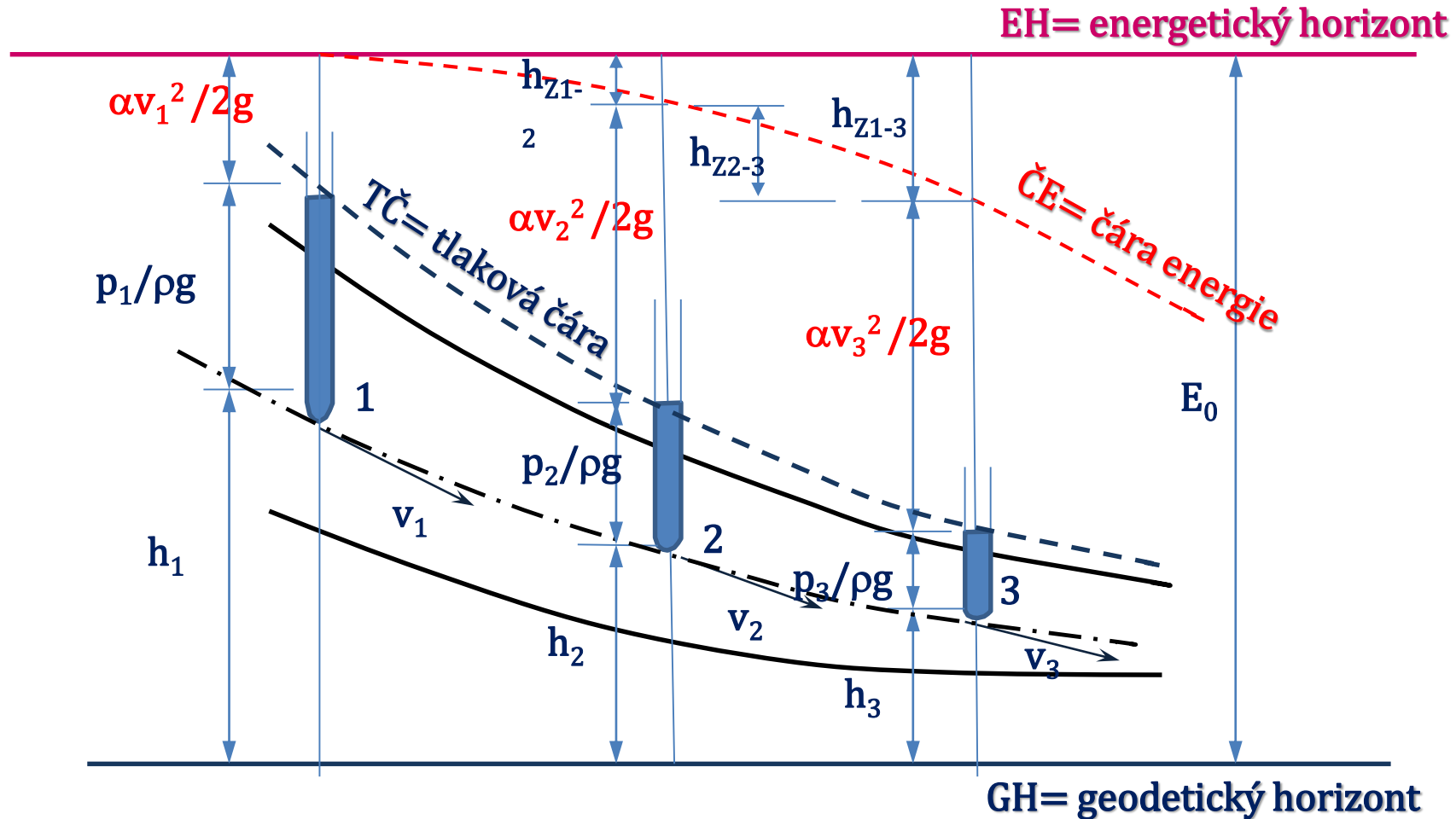
l – počet místních ztrát

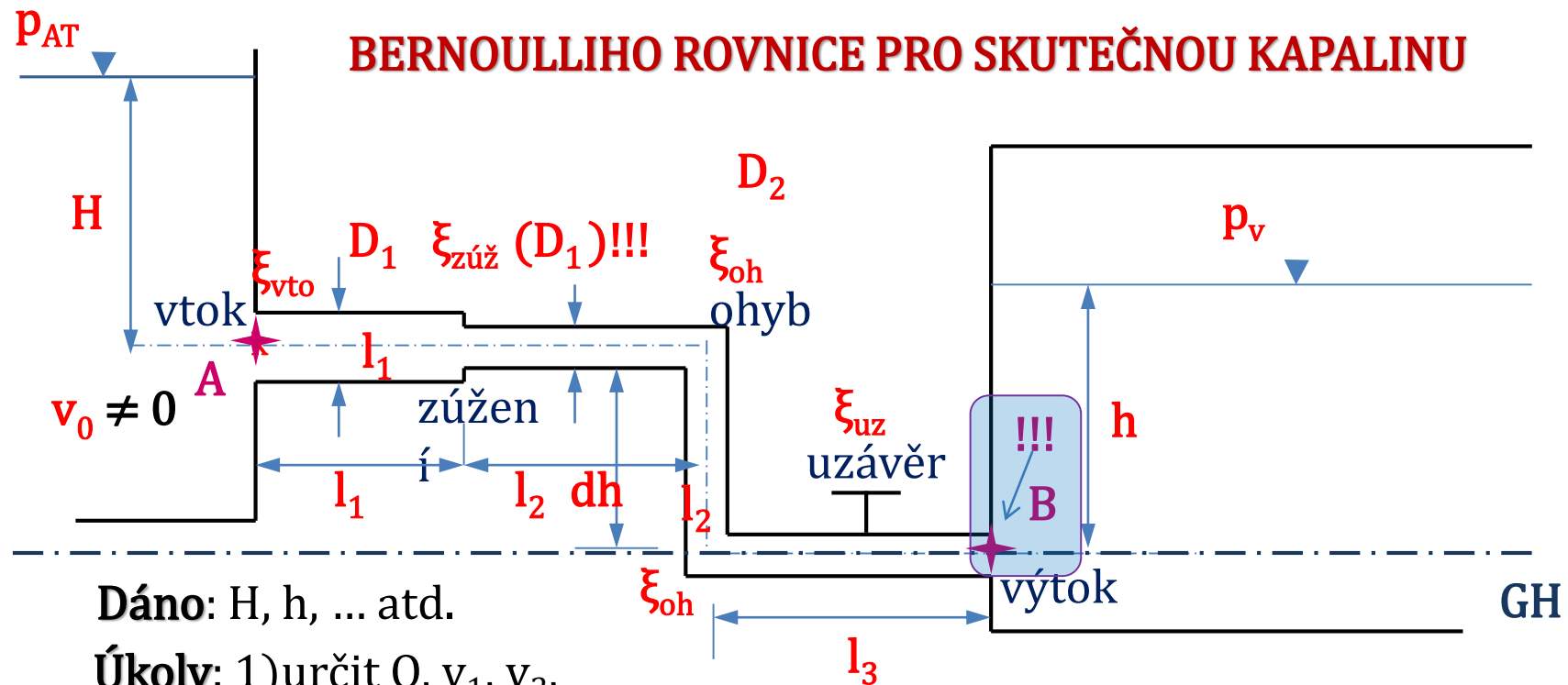
Určení ztrát pro jeden úsek – např. - dvě místní ztráty a ztráta třením

$$\text{1. úsek} \quad (\zeta_{vtok} + \zeta_{zúž} + \lambda_1 \frac{l_1}{D_1}) \frac{\alpha v_1^2}{2g}$$

BERNOULLIHO ROVNICE PRO SKUTEČNOU KAPALINU

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha v_2^2}{2g} + \sum h_{zmi} + h_{ztj}$$





1. Volba GH.
2. Volba (**A**) a (**B**).
3. Sestavení Bernoulliho rovnice pro průřezy (A) a (B).
4. Dělení na **úseky** (části potrubí se stejným průměrem).
- 5. Určení ztrát v jednotlivých úsecích.**
6. Dosazení do B.R. Využití rovnice kontinuity.
7. Výpočet v a Q
8. Vynesení **ČE** a **TČ**

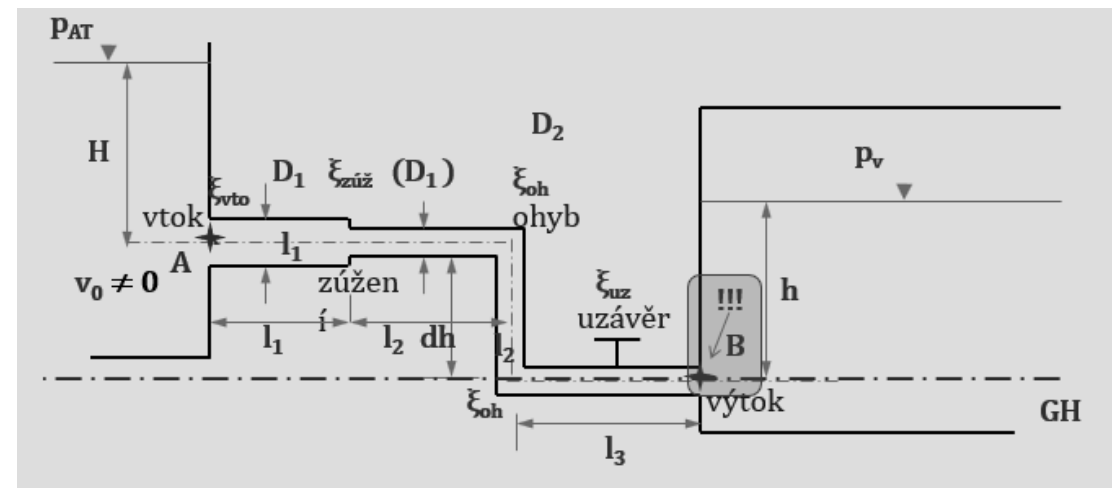
Sestavení **Bernoulliho rovnice** pro (A) a (B)

$$dh + H + \frac{p_{at}}{\rho g} + \frac{v_0^2}{2g} = 0 + h + \frac{p_v}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + \sum_{i=1}^k h_{zmi} + \sum_{j=1}^l h_{zti}$$

Dělení na úseky

1. úsek $(\zeta_{vtok} + \zeta_{zúž} + \lambda_1 \frac{l_1}{D_1}) \frac{\alpha v_1^2}{2g}$

2. úsek $(2 \cdot \zeta_{oh} + \zeta_{uz} + \lambda_2 \frac{l_2 + dh + l_3}{D_2}) \frac{\alpha v_2^2}{2g}$



Použití rovnice kontinuity

$$Q = v_1 S_1 = v_2 S_2 \rightarrow$$

$$v_2 = \frac{S_1}{S_2}$$

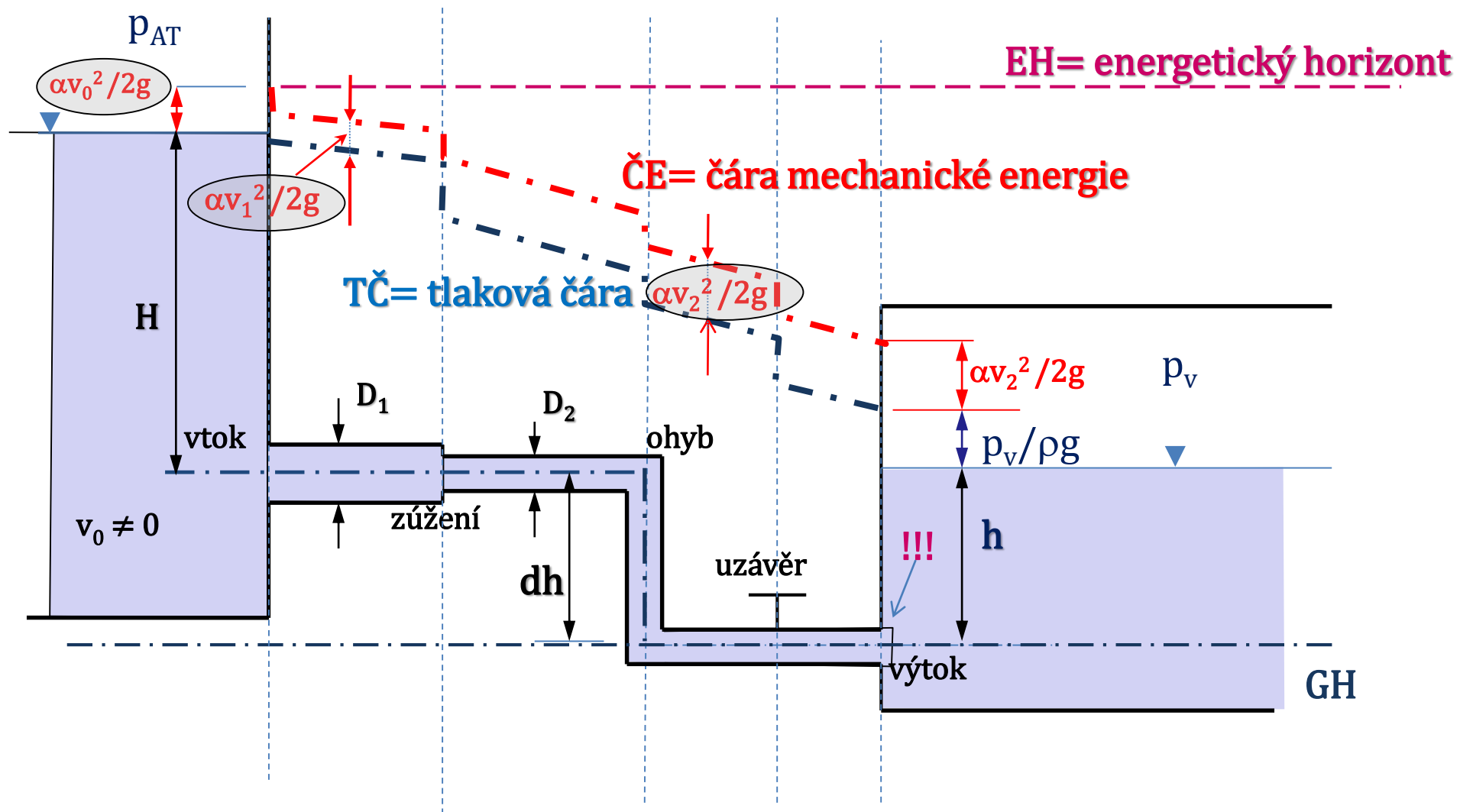
Určení ztrát

$$S_1 = \frac{\pi D_1^2}{4} \quad S_2 = \frac{\pi D_2^2}{4}$$

$$v_2 = v_1 \frac{D_1^2}{D_2^2}$$

BERNOULLIHO ROVNICE – (skutečná kapalina)

vynesení ČE a TČ

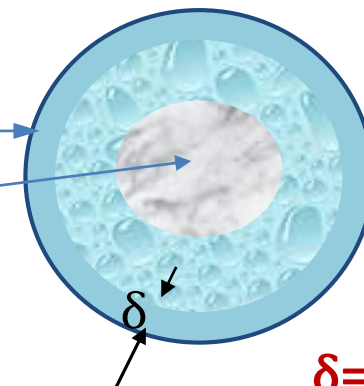


TURBULENTNÍ PROUDĚNÍ

- a) **vazká podvrstva** ($\tau = \tau_L$; $\tau_T = 0$) – laminární režim
- b) **přechodná oblast**
- c) **turbulentní jádro** ($\tau = \tau_T$; $\tau_L = 0$)

tloušťka vazké podvrstvy :

$$\delta = 33.4 \frac{D}{Re \lambda^{1/2}}$$

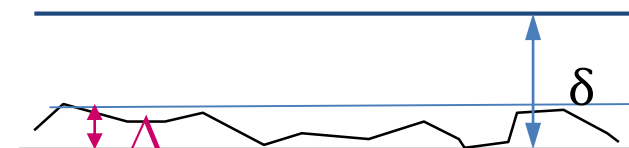
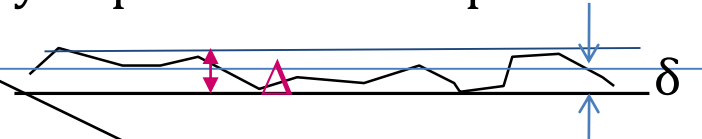


$$\delta = f(D, Re, \lambda)$$

tloušťka vazké podvrstvy závisí přímo úměrně na D a nepřímo úměrně na Re a λ :

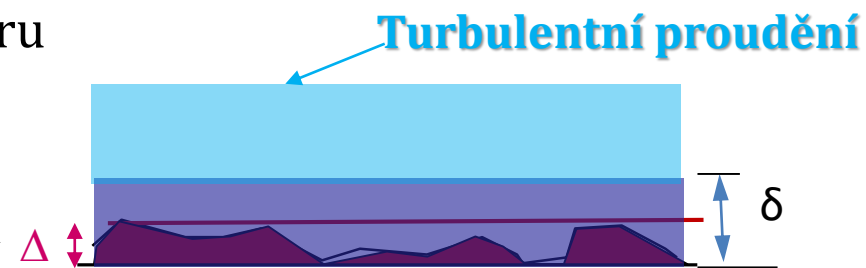
DRSNOST

- 1) **absolutní** výška výstupků nerovností povrchů



- 2) **hydraulická** drsnost – ekvivalentní písková drsnost o takové výšce výstupků Δ , aby v kvadratické oblasti zůstala ztráta třením shodná s hodnotou na skutečném potrubí

- 3) **relativní** - poměr hydraulické drsnosti a charakter. rozměru
 Δ/D , Δ/r , Δ/R , D/Δ

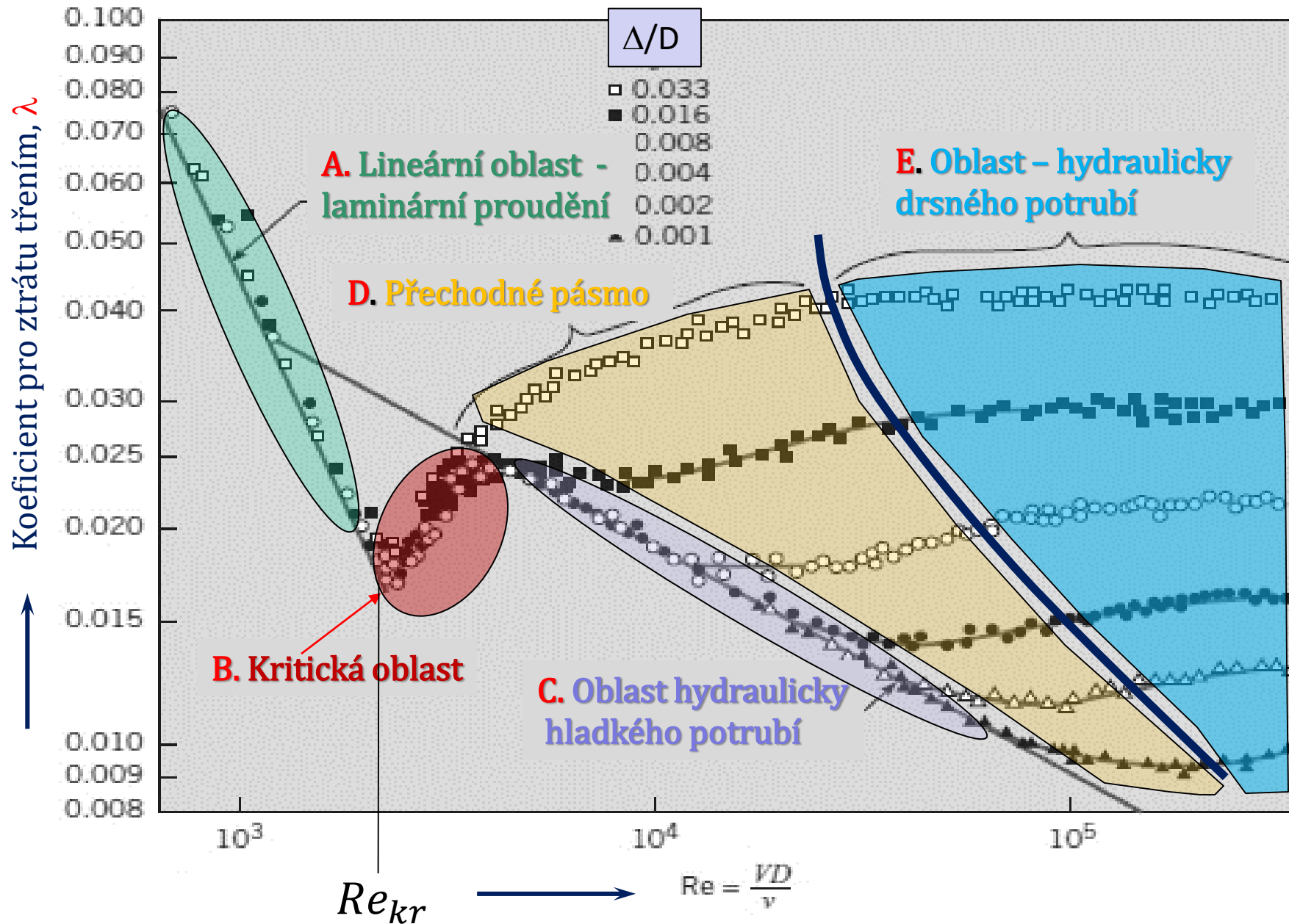


δ - laminární podvrstva

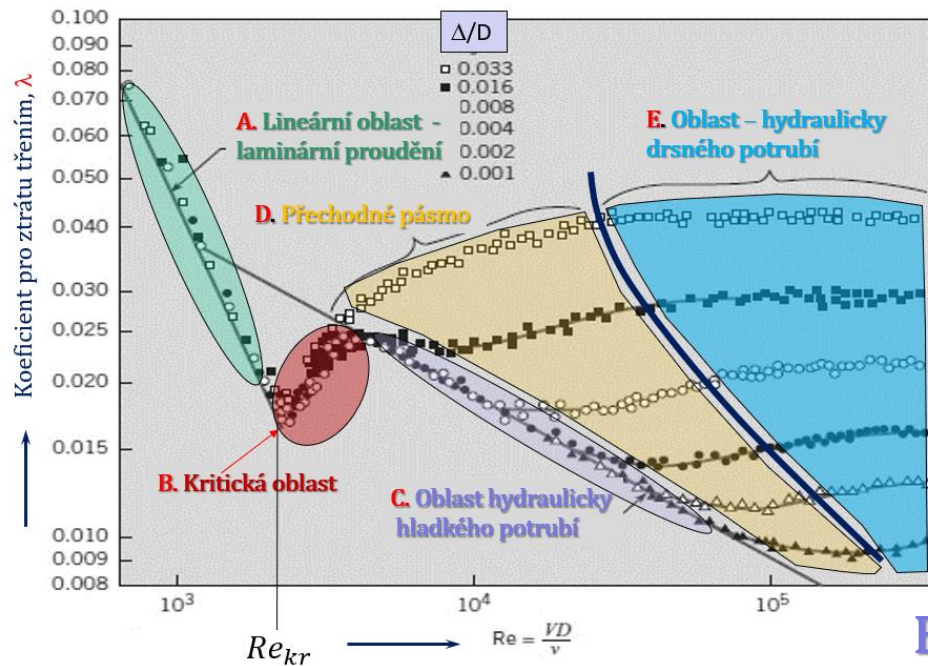
DRSNOSTI (Δ) pro technicky vyráběná potrubí

druh potrubí	stav potrubí	Δ [mm]
<i>Azbestocementové</i>	nové	0,5
	použité	1
<i>Ocelové bezešvé</i>	nové	0,01 – 0,02
	staré	0,3
<i>Litinové</i>	nové	0,01-0,016
	zrezivělé	2-3
<i>Plastové</i>	nové	0,001-0,003
	staré	0,01-0,015
<i>Betonové</i>	nové	0,15-0,5
	staré	1-3

Nikuradseho diagram



Johann
Nikuradse
(1894-1979)



A. Lineární oblast – laminární režim – **Hagen-Poiseuillův zákon** přímka $\lambda = f(Re)$

(až $Re = 2320$) $\lambda = 64/Re$

B. Kritická oblast – přechod lamin. a turb. režim
 $\lambda = f(Re)$ nestabilita - přechod z lam. do turb. pr. skokem

Frenkel $\lambda = 2,7/Re^{0,53}$

C. Oblast hydraulicky hladkého potrubí ($\delta > 5 \cdot \Delta$)

Blasiova přímka $\lambda = 0,3164/Re^{0,25}$

$Re \ 4000 \ \dots \ 10^5$

$\lambda = f(Re)$

D. Přechodná oblast – ohraničená Blasiovou přímkou a křivkou, na které ($\delta = 5 \cdot \Delta$)
Coolebrook-Whiteův vztah)

$\lambda = f(Re, r/\Delta)$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left[\frac{\Delta}{3,71 \cdot D} + \left(\frac{6,81}{Re} \right)^{0,9} \right]$$

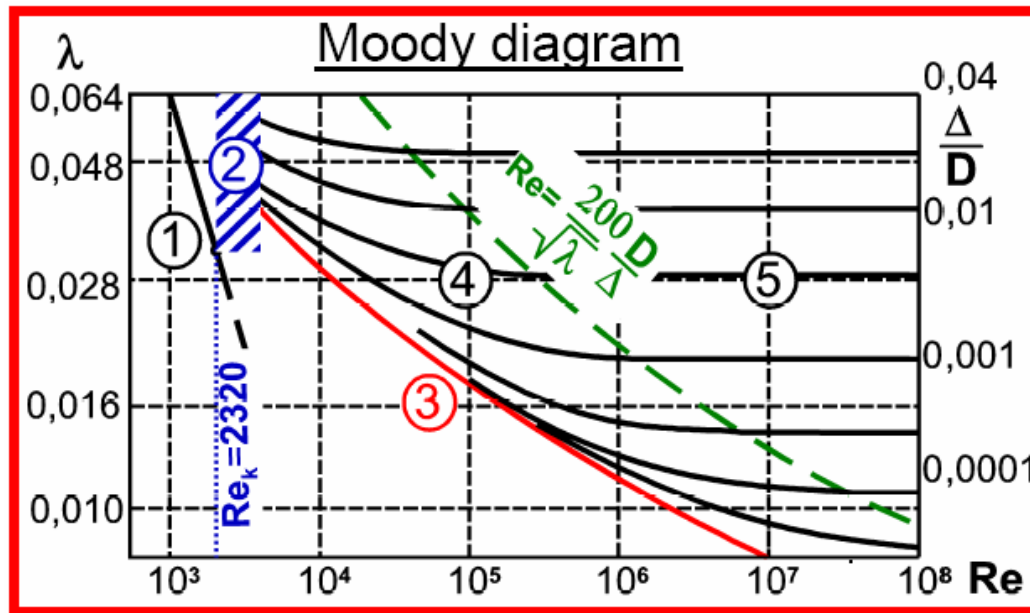
($\delta = \Delta/5$)

E. Oblast kvadratických odporů – **hydraulicky drsné potrubí** – s plně rozvinutým turbulentním prouděním ($\delta < \Delta/5$)

Nikuradse

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \log \left[\frac{3,71 D}{\Delta} \right]$$

$\lambda = f(r/\Delta)$



1) **Lineární oblast** – laminární režim – Hagen-Poiseuillův z. ... $\lambda=f(Re)$

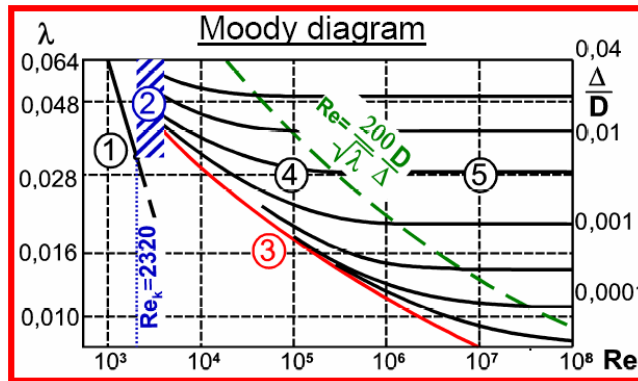
2) **Kritická oblast** –přechod lam. a turb. pohybu ($Re\ 2300 - 5000$) $\lambda=f(Re)$
nestabilita – přechod z lam. do turb. r. skokem

3) **Hydraulicky hladké potrubí** - $\delta > 5\Delta$

δ se zmenšuje s rostoucím Re – potrubí může být při malých rychlostech hydr. hl. a při vysokých v hydr. drsné uplatňuje se plně vazkost kapaliny
.... $\lambda=f(Re)$ Blasiova přímka

4) **Přechodné pásmo** – ohraničené Blasiovou přímkou a křivkou, na které $\Delta/\delta = 5$.
... $\lambda=f(Re,\Delta/D)$

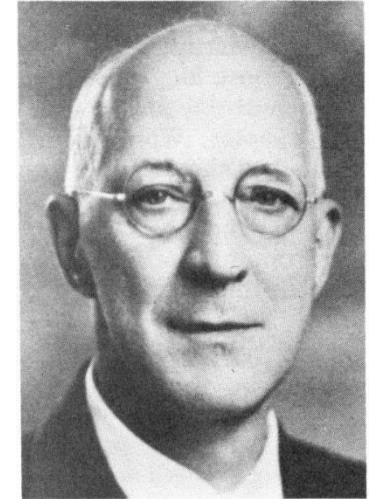
5) Oblast kvadratických odporů – **hydraul. drsné potrubí** s plně rozvinutým turb. prouděním $\delta < \Delta/5$
.... $\lambda=f(\Delta/D)$



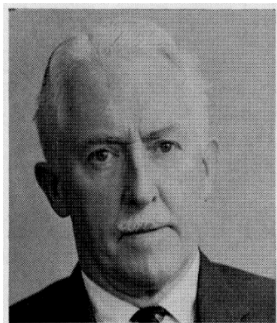
TECHNICKÉ PRŮMYSLOVÉ POTRUBÍ

- Odlišná drsnost od rovnoměrné pískové drsnosti
- přechodná oblast není zvlněna; náhradní drsnost Δ_n

Pro výpočet technického potrubí **Colebrook-White**



Lewis Moody, 1944



Cyril F. Colebrook, 1939

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left[\frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{\lambda}} + \frac{\Delta}{3,7 D} \right]$$

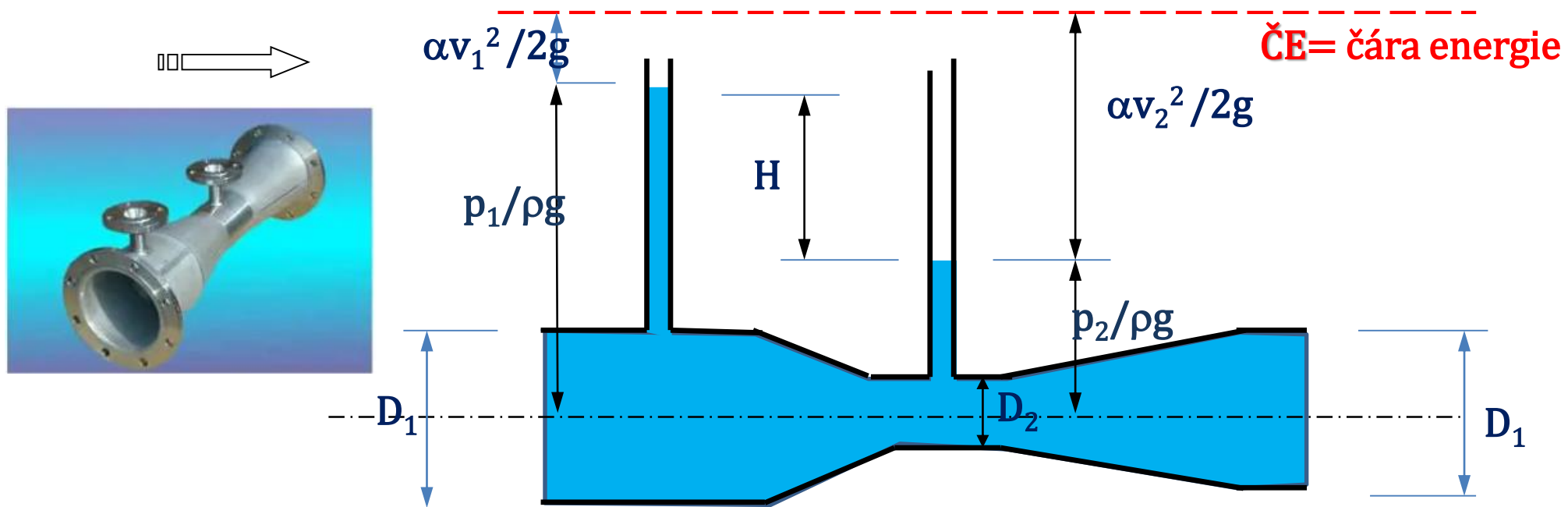
Grafické zpracování **Moodyho diagram**

Pro **malé Re** – první člen v závorce převyšuje druhý a 2. člen $\rightarrow 0$

Při **vysokých hodnotách Re** zůstane v závorce jen 2. člen a 1. člen $\rightarrow 0$

BERNOULLIHO ROVNICE PRO SKUTEČNOU KAPALINU

VENTURIMETR - měření průtoku



$$p_1/\rho g + \alpha v_1^2/2g = p_2/\rho g + \alpha v_2^2/2g$$

$$p_1/\rho g - p_2/\rho g = H = \alpha v_2^2/2g - \alpha v_1^2/2g$$

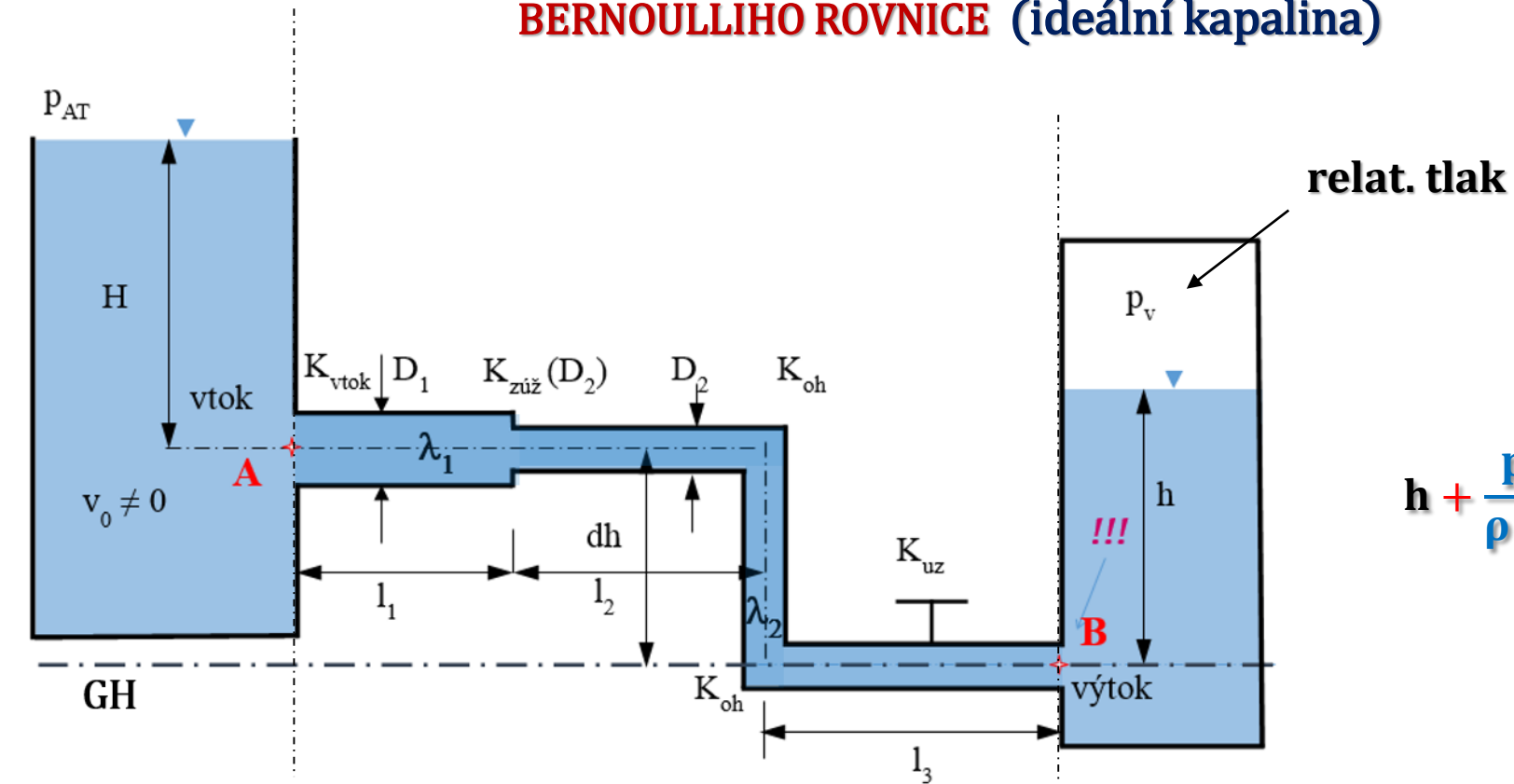
$$(m = S_2/S_1)$$

$$Q = v_1 S_1 = v_2 S_2$$

$$v_1 = v_2 \frac{S_2}{S_1}$$

$$Q = S_2 \mu_v \sqrt{2gH}$$

BERNOULLIHO ROVNICE (ideální kapalina)



$$h + \frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} = \text{konst.}$$

$$(dh) + \left[H + \frac{p_{AT}}{\rho g} + \frac{v_0^2}{2g} \right] = 0 + \left[h + \frac{p_v}{\rho g} + \frac{p_{AT}}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} \right]$$

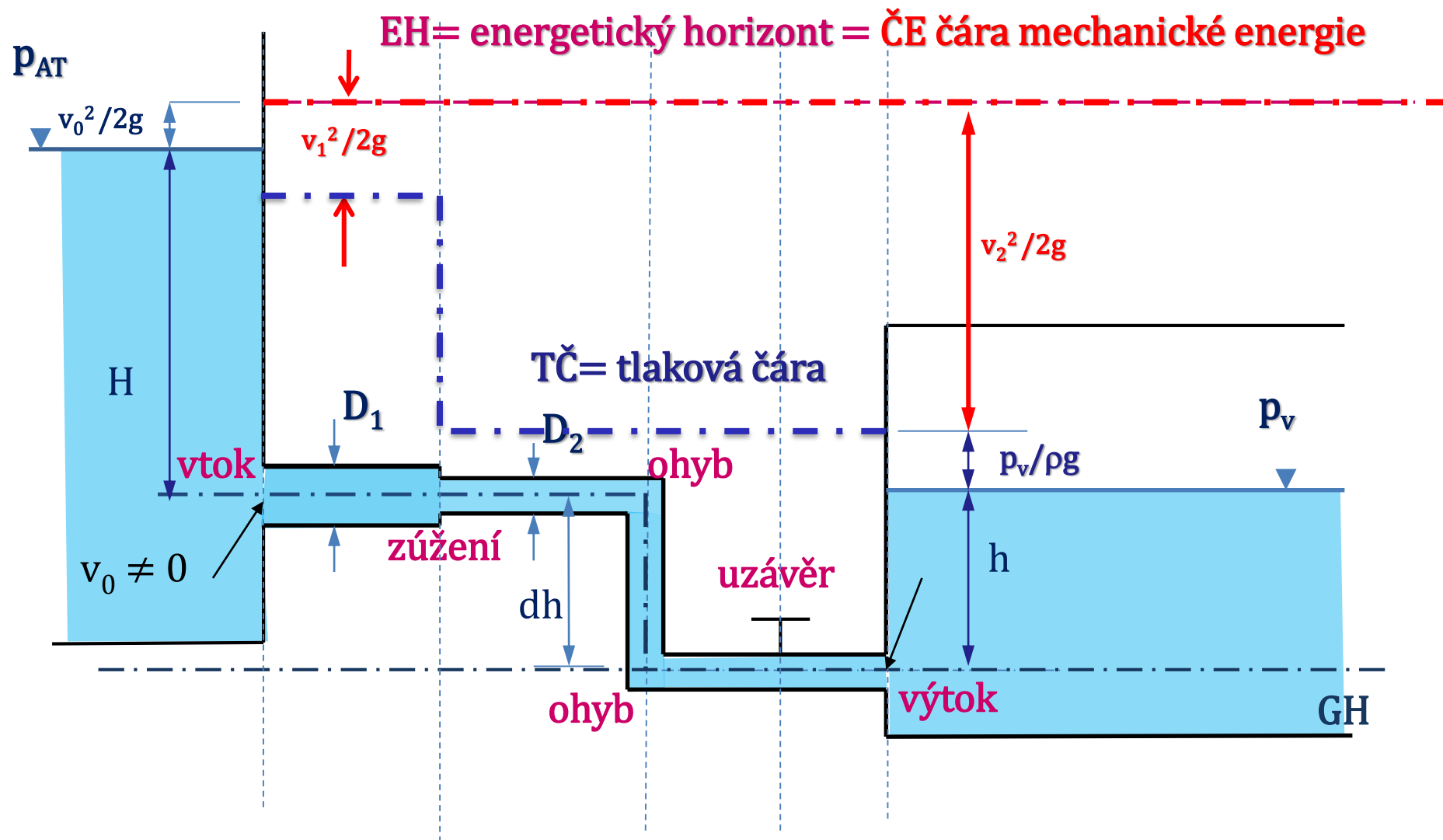
polohová výška

tlaková výška

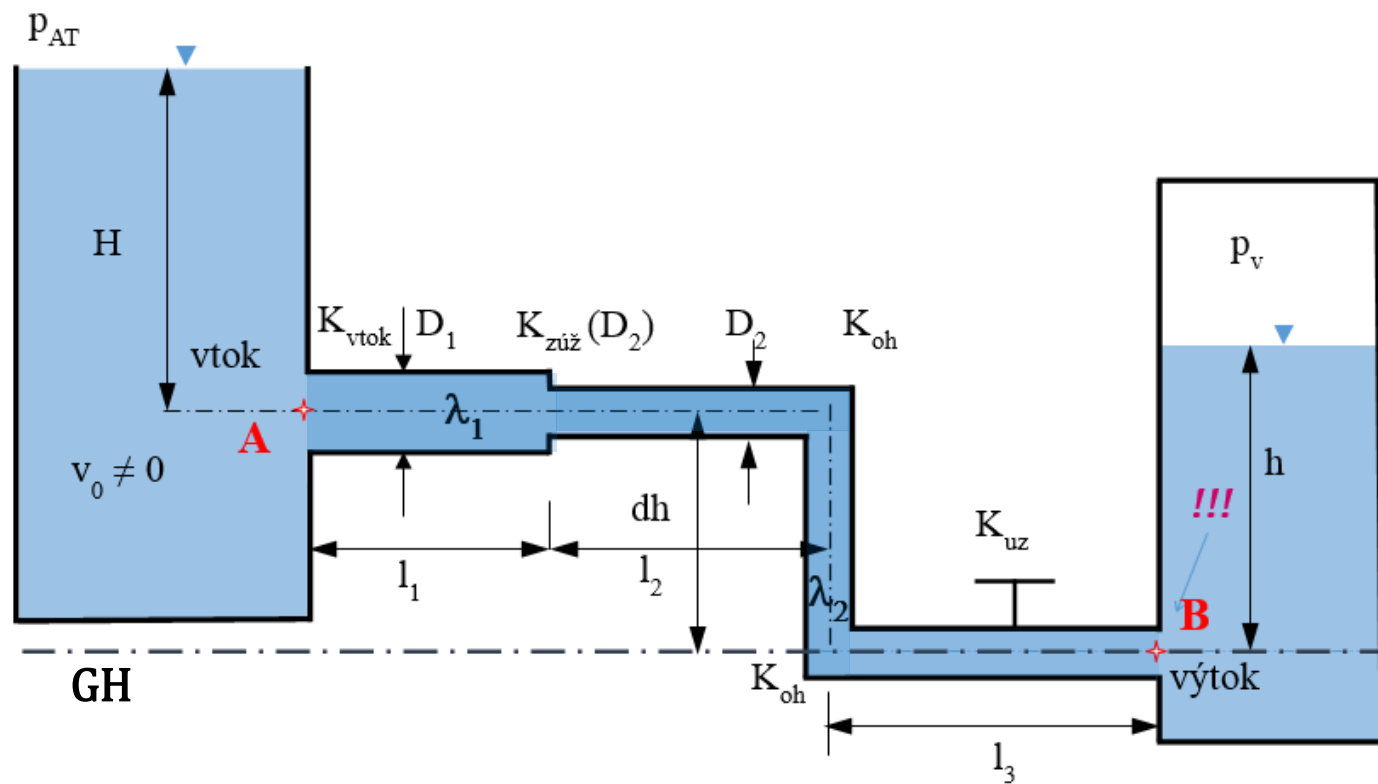
rychlostní výška

BERNOULLIHO ROVNICE (ideální kapalina)

vynesení ČE A TČ

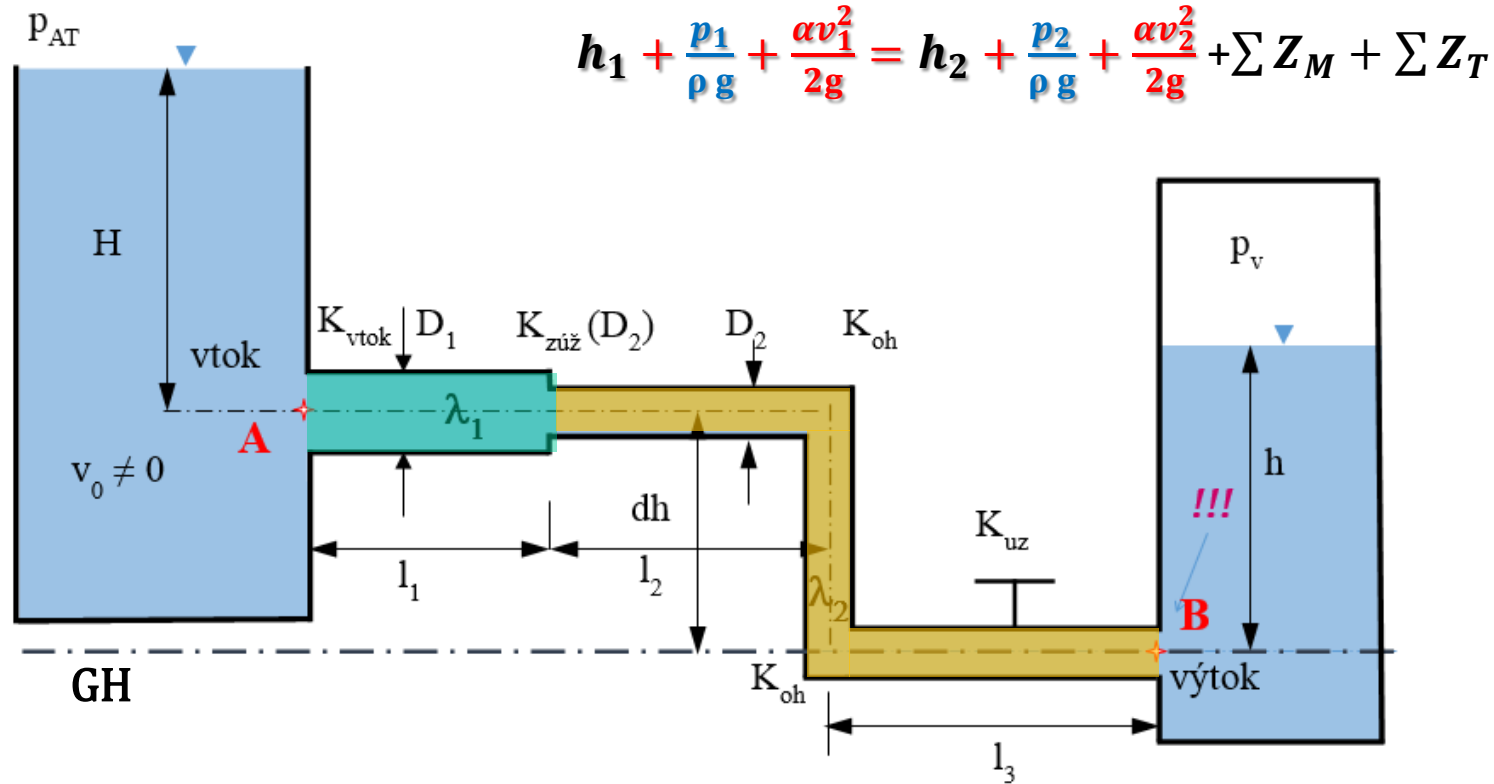


BERNOULLIHO ROVNICE – skutečná kapalina



$v_1 = ?$ $v_2 = ?$ $Q = ?$

BERNOULLIHO ROVNICE – skutečná kapalina

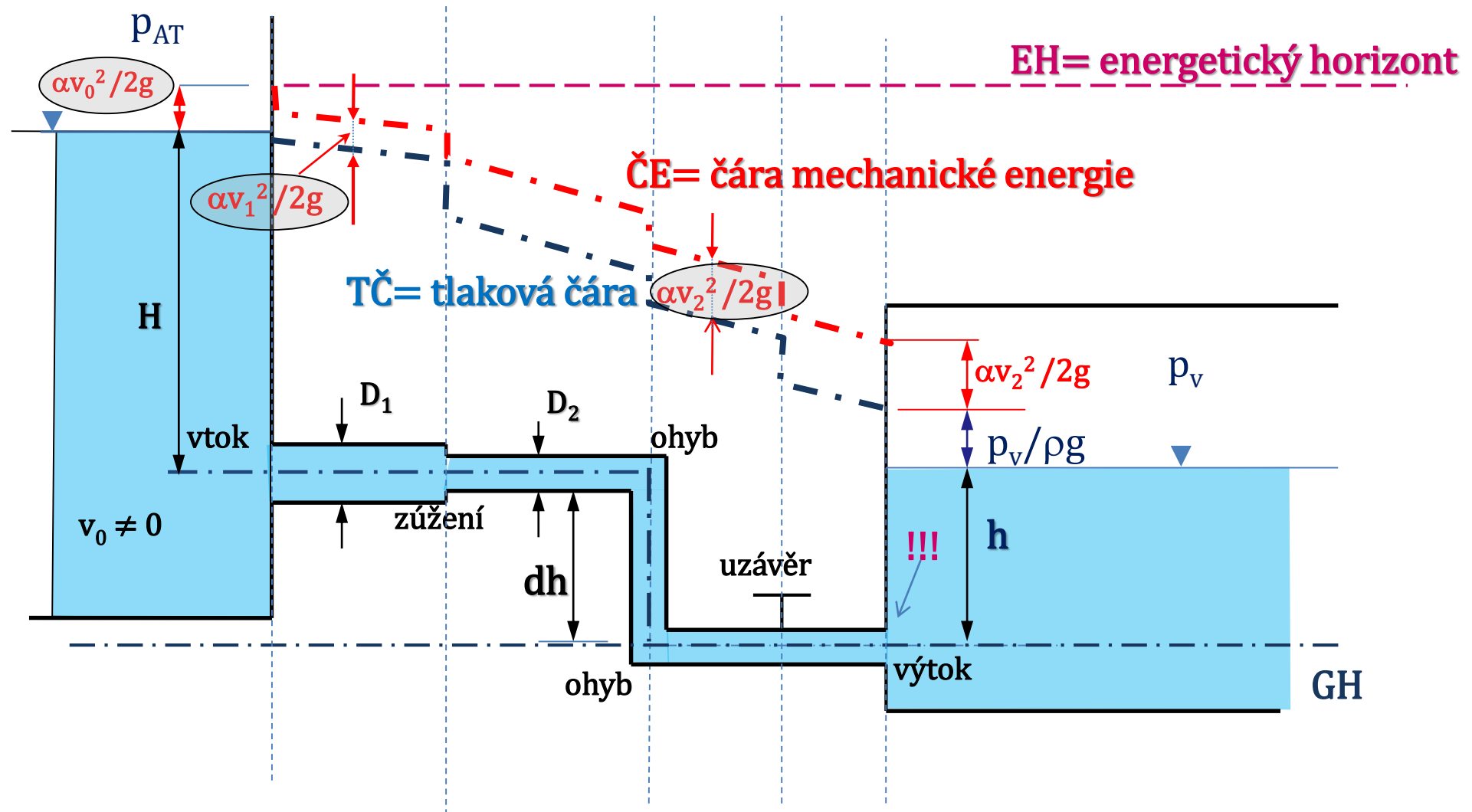


$$\begin{aligned} (dh) + \cancel{H} + \cancel{\frac{p_{AT}}{\rho g}} + \frac{\alpha v_0^2}{2g} &= \\ = 0 + h + \cancel{\frac{p_{gt}}{\rho g}} + \frac{p_v}{\rho g} + \frac{\alpha v_2^2}{2g} &+ (K_{vtok} + \lambda_1 \frac{l_1}{D_1}) \frac{\alpha v_1^2}{2g} + (K_{zúž} + 2 \cdot K_{oh} + K_{uz} + \lambda_2 \frac{(l_2 + dh + l_3)}{D_2}) \frac{\alpha v_2^2}{2g} \end{aligned}$$

$$v_1 = ? \quad v_2 = ? \quad Q = ? \quad Q = v_1 \cdot S_1 = v_2 \cdot S_2 \quad \longrightarrow \quad v_1 = \frac{v_2 S_2}{S_1}$$

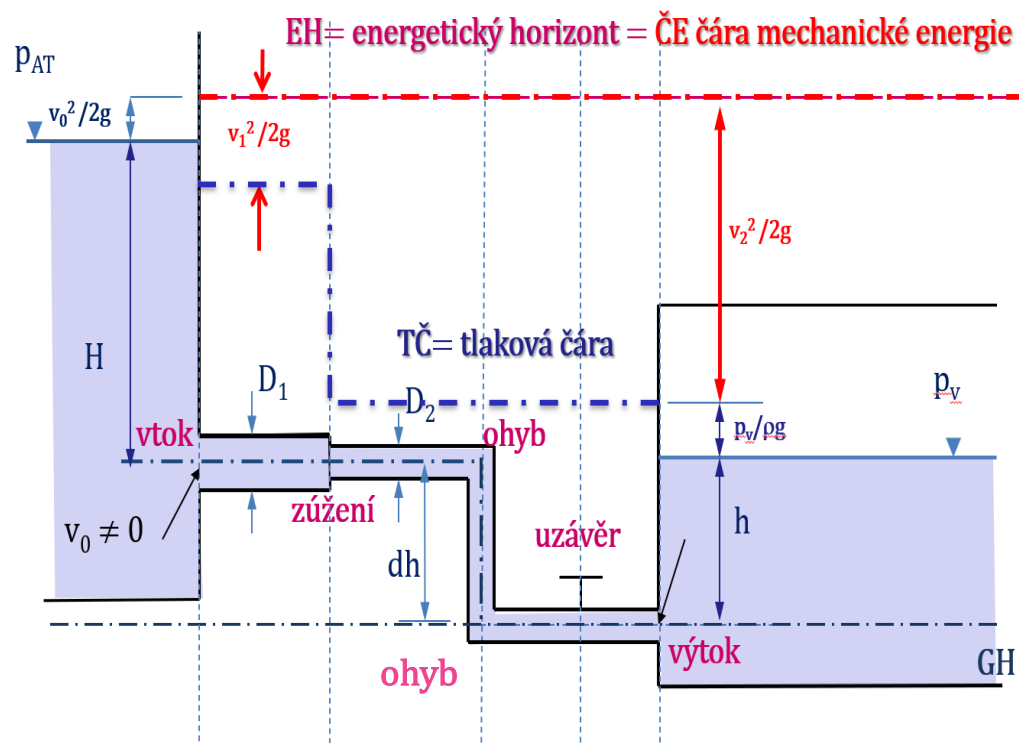
BERNOULLIHO ROVNICE – (skutečná kapalina)

vynesení ČE a TČ

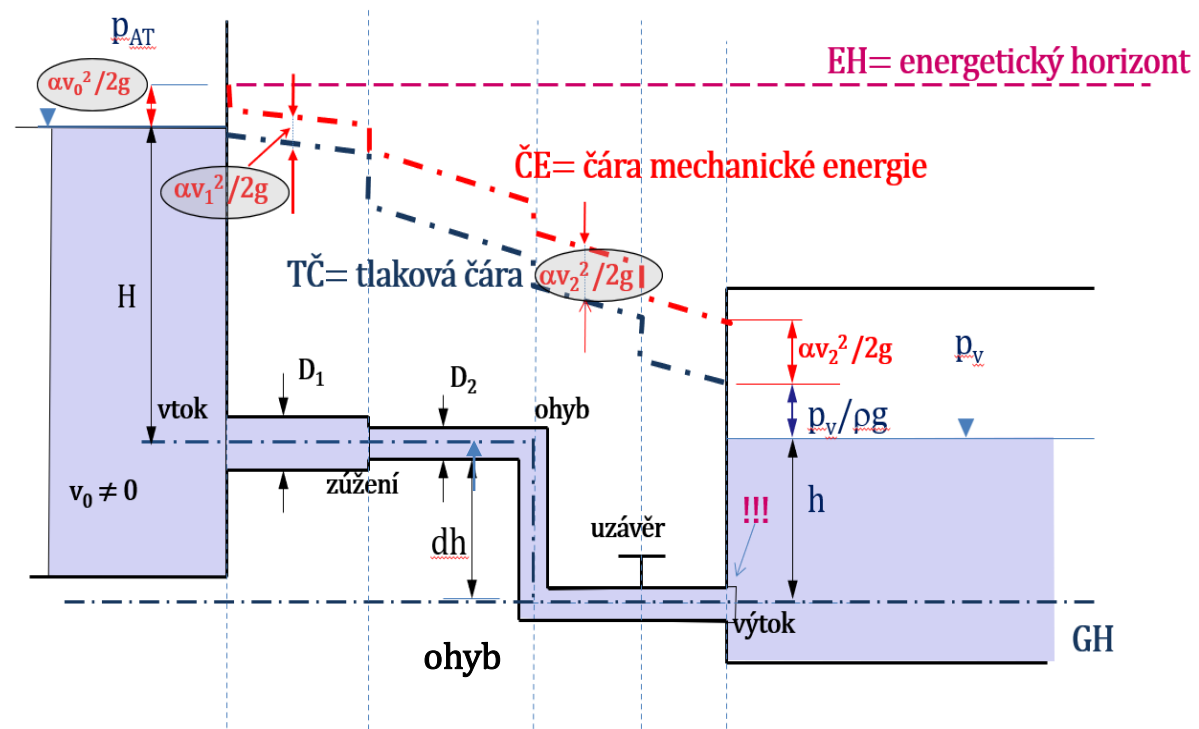


Porovnání TČ a ČE pro ideální a skutečnou kapalinu

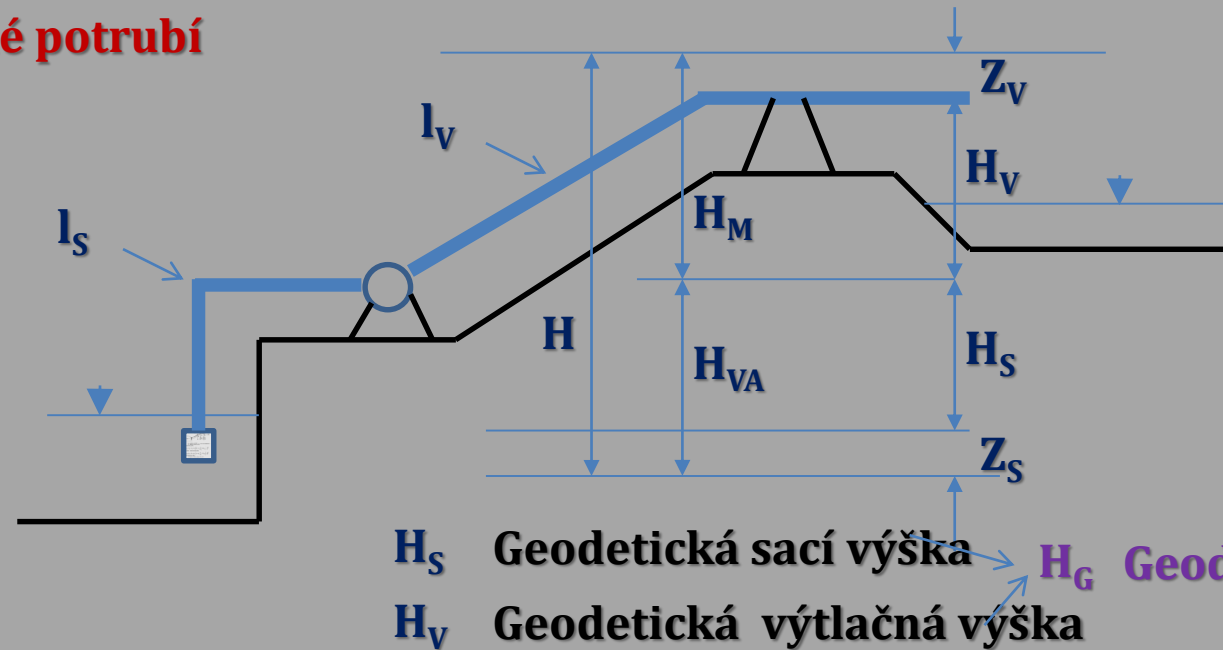
Aplikace B.R. - ideální kapalina



Aplikace B.R. - skutečná kapalina



Nasávací a výtlačné potrubí



Vakuometrická výška

$$H_{VA} = H_S + Z_S = H_S + \left[\alpha + \lambda_s \frac{l_s}{D_s} + \sum \zeta_{i,s} \right] \frac{v_s^2}{2g}$$

Na výtlačku ... manometrická výška

$$H_{MAN} = H_V + Z_V = H_V + \left[\alpha + \lambda_v \frac{l_v}{D_v} + \sum \zeta_{i,v} \right] \frac{v_v^2}{2g}$$

Celková dopravní výška

$$H = H_{VA} + H_{MAN} = H_G + Z_S + Z_V$$

Výkon čerpadla

$$P_V = \frac{\rho Q H}{102\eta} \quad (\text{KW})$$

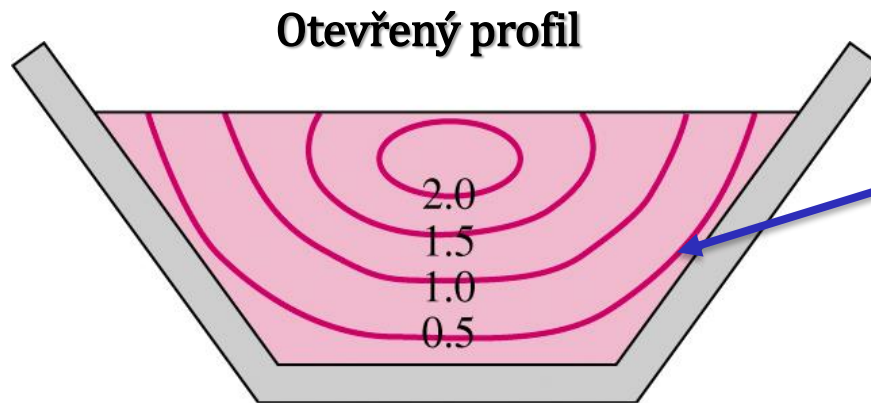


Proudění s volnou hladinou

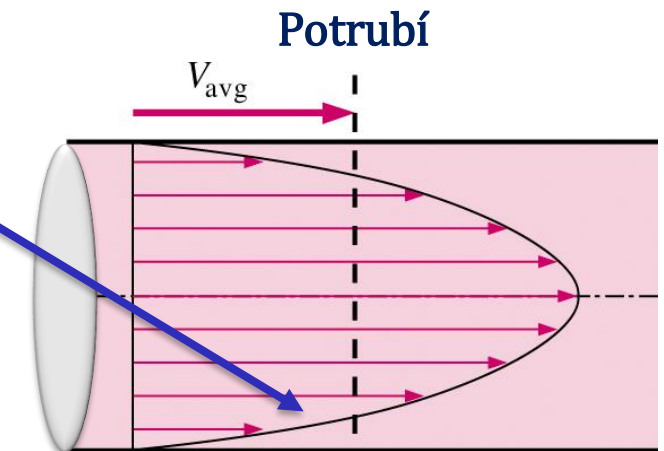
PROUDĚNÍ V OTEVŘENÝCH PROFILECH



- Je charakterizováno volnou hladinou (s atmosférickým tlakem).
- **Přírodní** : řeky, potoky.
- **Umělé**: zavlažovací (odvodňovací) kanály, kanalizační potrubí, atd..



Rozdělení rychlostí



SROVNÁNÍ PROUDĚNÍ V OTEVŘENÝCH PROFILECH A V POTRUBÍ

Otevřené profily	Potrubí
Musí být „ volná hladina “	Bez volné hladiny
Nad volnou hladinou je atmosférický tlak	Hydraulický tlak
Gravitační síla - proudění	Tlaková síla - proudění
TČ – totožná s volnou hladinou	TČ –nad (většinou) nebo pod potrubím
Plocha průtočného průřezu – dána geometrií průřezu a polohou volné hladiny	Plocha průtočného průřezu je dána rozměry potrubí (obvykle kruhový průřez)
Relativní drsnost v průtočném profilu se mění s polohou hladiny	Relativní drsnost je fixována na druh potrubí a průměr (poloměr)

PROUDĚNÍ V OTEVŘENÝCH PROFILECH - laminární x turbulentní proudění

- Stejně jako v potrubí závisí režim proudění na Reynoldsově čísle

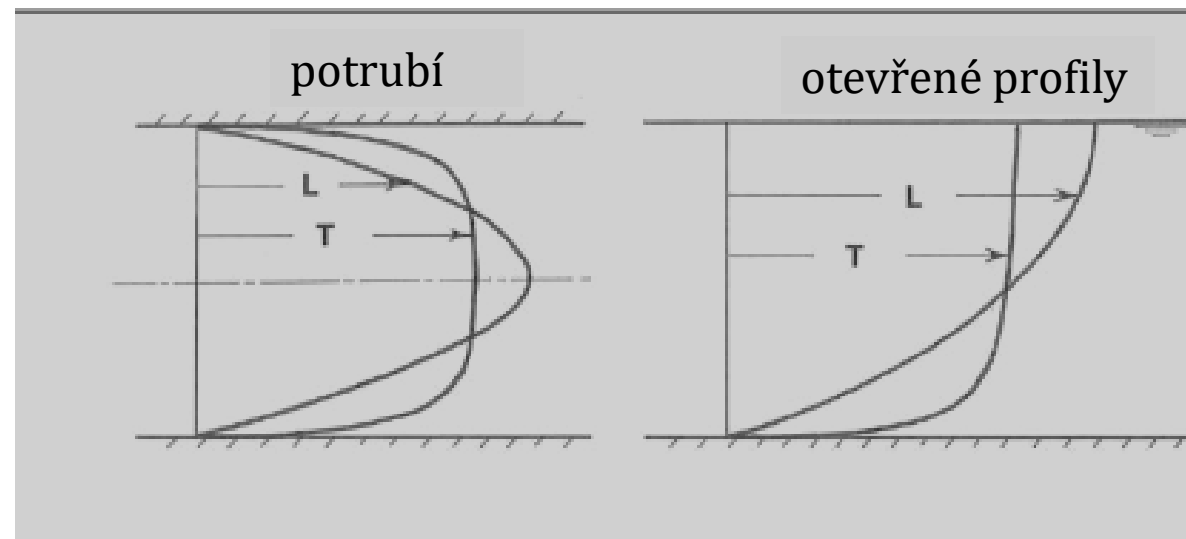
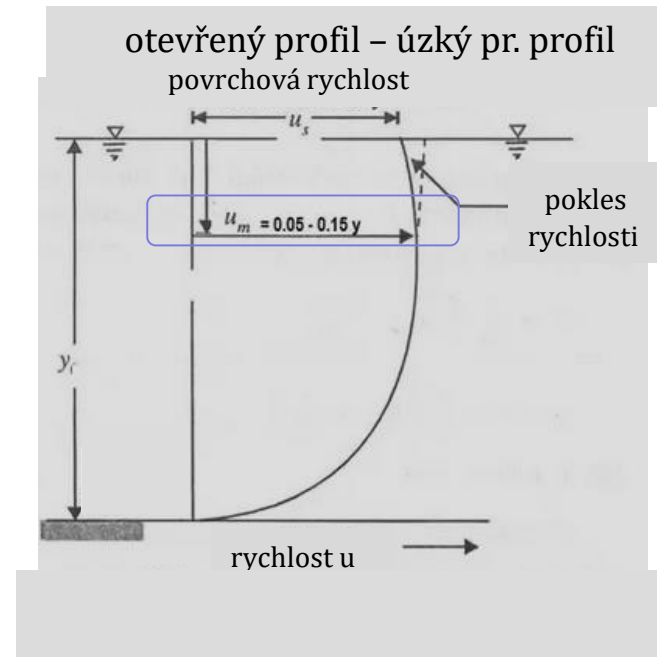
- $Re = \frac{\rho v R_H}{\mu} = \frac{v R_H}{\nu}$

■ kde

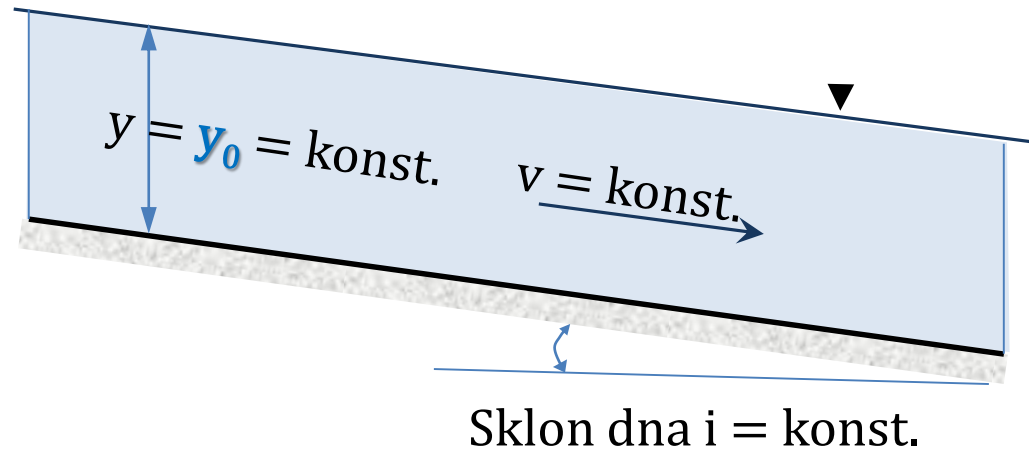
- ρ = měrná hmotnost; μ = dynamická viskozita;
 ν = kinematická viskozita;
- v = průměrná rychlost;
- R_h = hydraulický poloměr

$$Re_{KR} = 580$$

- a) Laminární proudění: $Re < 580$
- b) Přechodné proudění: 580-1000
- c) Turbulentní proudění: $Re > 1000$



Normální hloubka – y_0 - je hloubka při rovnoměrném proudění

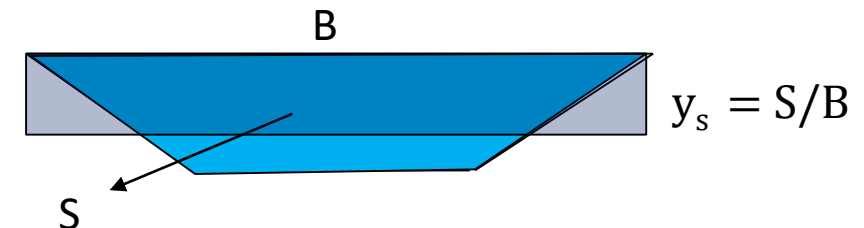


Překážka v korytě vodního toku (např. změna sklonu dna, změna příčného profilu aj. způsobí, že se mění hloubka a dochází ke změně režimu proudění na nerovnoměrné)

Froudovo číslo: je poměr setrvačné a gravitační síly

$$Fr = \frac{v^2}{g \cdot y_s} \qquad Fr_* = \frac{v}{\sqrt{g \cdot y_s}}$$

y_s - střední hloubka v průtočném profilu



DĚLENÍ PROUDĚNÍ PODLE VELIKOSTI - Froudova čísla

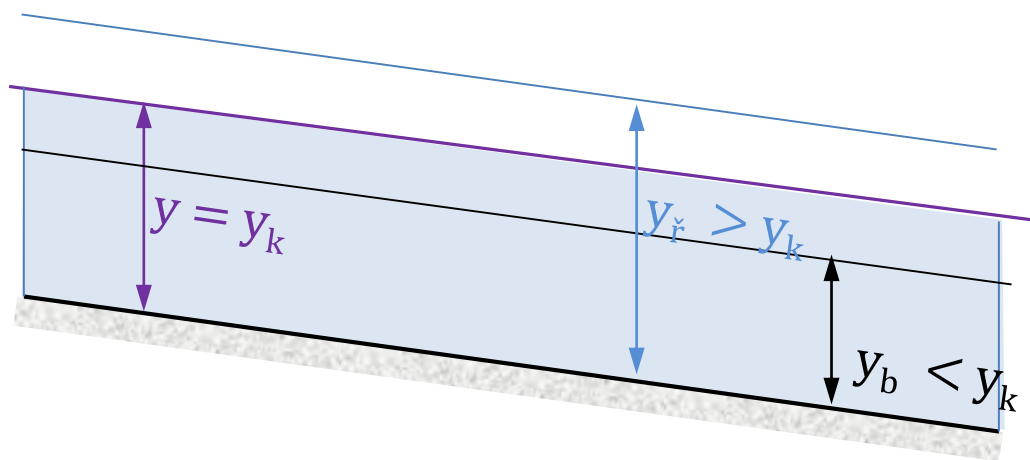
a) **říční** (podkritické) menší rychlosti, větší hloubky ($y > y_K$)

$$Fr < 1$$

b) **bystřinné** (nadkritické) - velké průřezové rychlosti s malými hloubkami ($y < y_K$)

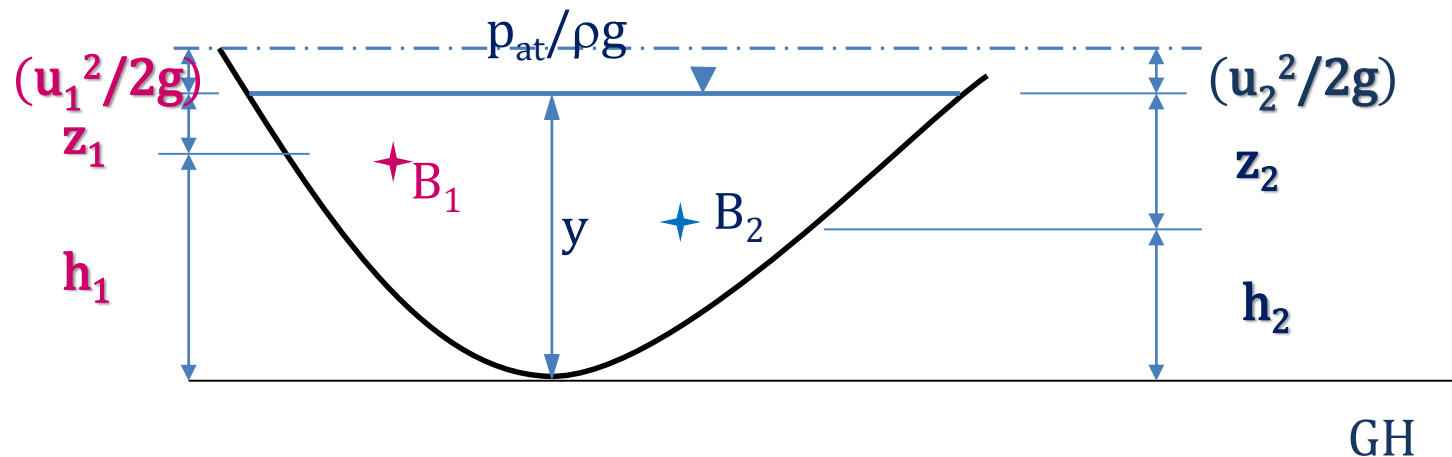
$$Fr > 1$$

c) **kritické** $y = y_K$; $Fr = 1$



PROUDĚNÍ IDEÁLNÍ KAPALINY S VOLNOU HLADINOU

Energetická výška průřezu



$$E_1 = h_1 + (p_1/\rho_1 \cdot g) + (u_1^2/2g) = h_1 + z_1 + (u_1^2/2g) = y + (u_1^2/2g)$$

$$E_2 = h_2 + (p_2/\rho_2 \cdot g) + (u_2^2/2g) = h_2 + z_2 + (u_2^2/2g) = y + (u_2^2/2g)$$

PRO CELÝ PRŮŘEZ:

Použijeme-li rovnici kontinuity

$$E = y + (\alpha v^2/2g)$$



$$E = y + (\alpha Q^2/2g S^2)$$



Měrná (specifická) **energie průřezu** - množství energie, které náleží jednotce tíže kapaliny, protékající určitým průřezem, vztažené k nejnižšímu bodu průřezu.

$$E_D = y + \frac{\alpha v^2}{2g} = y + \frac{\alpha Q^2}{2g S^2}$$

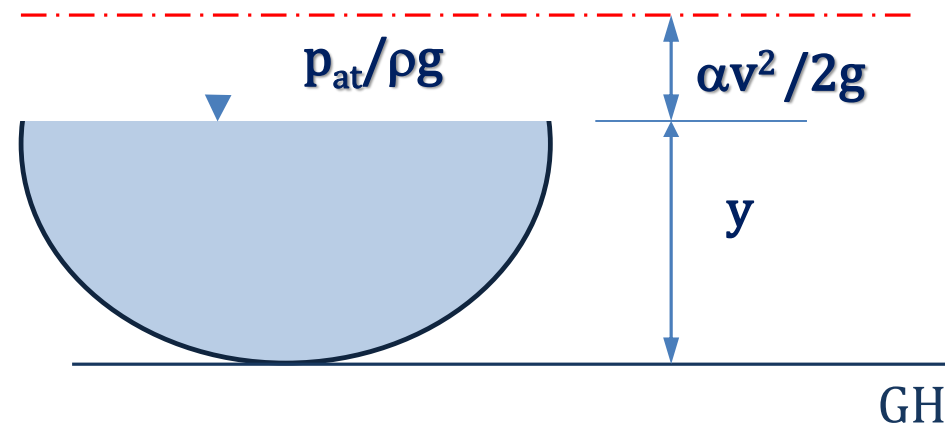
y - hloubka v nejnižším bodě dna průtoč. průřezu

DEFINICE KRITICKÉHO POHYBU

Kritické proudění

A) - je proudění, při kterém protéká daným průtočným průřezem konst. množství vody ($Q = \text{konst.}$) s vynaložením minima energie ($E_D = E_{D\min}$).

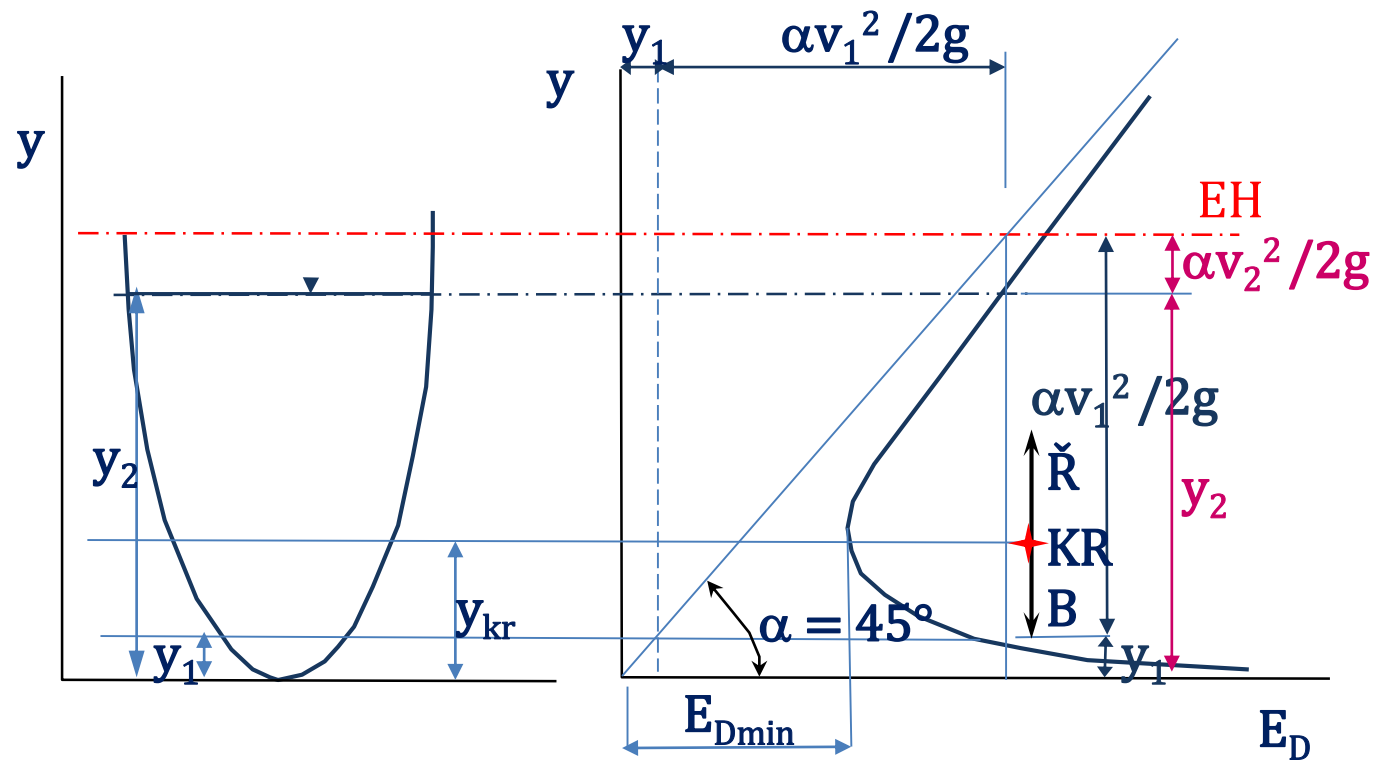
B) - proudění, při kterém průtočným průřezem při dané měrné energii průřezu E_d ($E_d = \text{konst.}$), protéká maximální průtok ($Q_{\max}$)



VÝSKYT KRIT. HLOUBKY: stupeň ve dně; změna sklonu dna; přepad přes jez

Určení kritické hloubky y_k

Definice A - kritického proudění tj. $Q = \text{konst.}$ a $E_D = E_{D\min}$



URČENÍ KRIT. HLOUBKY y_K : Z PODM. MINIMA FUNKCE

Definice A

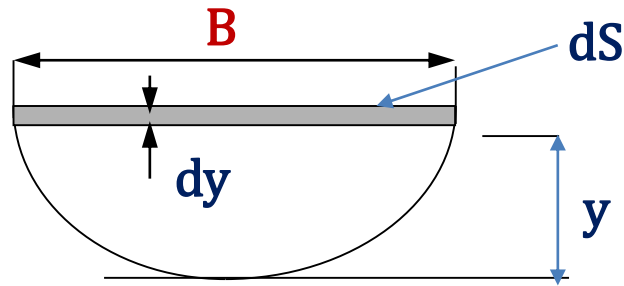
$$E_D = y + \frac{\alpha v^2}{2g} = y + \frac{\alpha Q^2}{2g S^3}$$

Z podmínky minima funkce

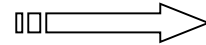
$$\frac{dE_D}{dy} = 0$$

$$0 = 1 - \frac{\alpha Q^2 \frac{dS}{dy}}{g S^3}$$

$$B = dS/dy$$



$$0 = 1 - \frac{\alpha Q^2 B}{g S^3}$$



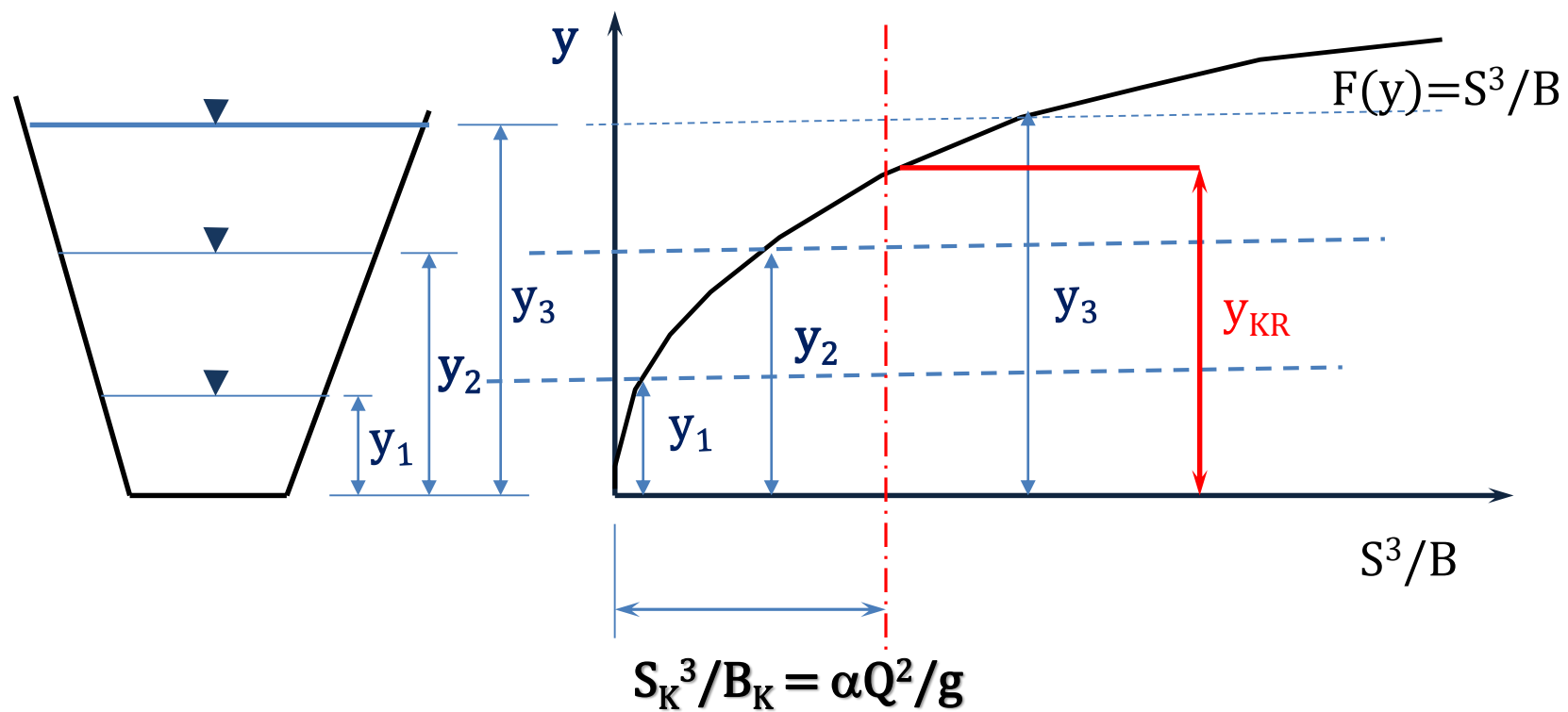
$$\frac{S_K^3}{B_K} = \frac{\alpha Q^2}{g}$$



URČENÍ KRIT. HLOUBKY U OBECNÉHO PROFILU

a) pomocí $E_D = f(y)$

b) " S^3/B

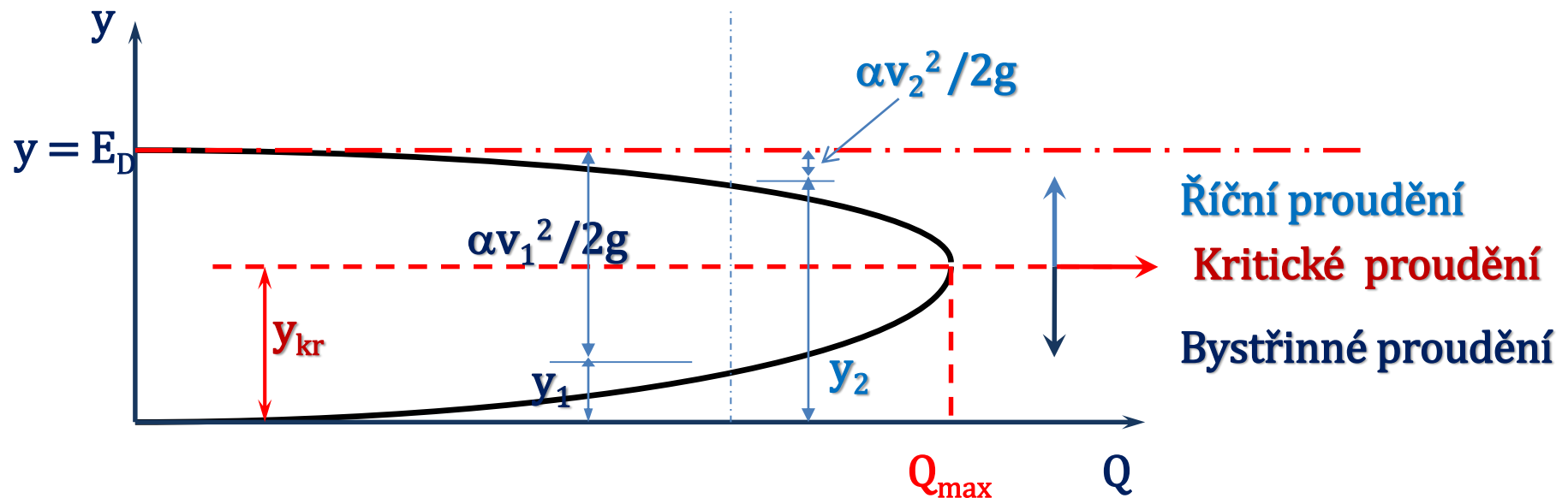


URČENÍ KRIT HLOUBKY (dle druhé definice)- y_k

Dle **definice B** -kritického proudění $E_D = \text{konst.} \dots\dots\dots Q=Q_{\max}$

Kochova křivka (parabola průtoku)

$$E_D = y + \frac{\alpha v^2}{2g} = y + \frac{\alpha Q^2}{2 g S^2} \quad \Rightarrow \quad Q = S \sqrt{\left(\frac{1}{\alpha}\right) \cdot 2g \cdot (E_D - y)}$$





PROUDĚNÍ V OTEVŘENÝCH PROFILECH

Rovnoměrné proudění v otevřených profilech

$$Q = \text{konst.} \quad v = \text{konst.} \Rightarrow S = \text{konst.} \quad y = \text{konst.}$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = 0 ; \quad \frac{\partial Q}{\partial x_i} = 0 ; \quad \frac{\partial v}{\partial t} = 0 ; \quad \frac{\partial v}{\partial x_i} = 0 ;$$

Dělení koryt vodních toků podle tvaru průtočného profilu :

prizmatické kanály - konst. geometrické vlastnosti po délce toku

neprizmatické kanály → **pravidelné** proměnný tvar po délce, změny lze matematicky definovat jako fce S resp. O

nepravidelné

přirozená koryta - nepravidelný tvar měnící se po délce toku

Dělení průtočných průřezů kanálů a vodních koryt

jednoduché (obdélník, trojúhelník, lichoběž. ...)

složené (kromě dna lze nalézt ještě jednu vodorovnou část)

přirozené

CHARAKTERISTIKY POUŽÍVANÉ PŘI VÝPOČTECH ROVNOMĚRNÉHO PROUDĚNÍ S VOLNOU HLADINOU

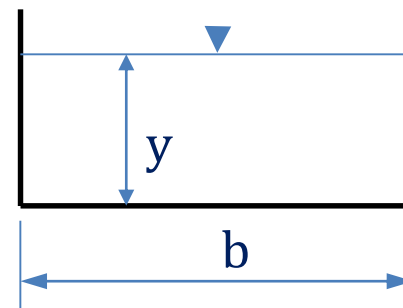
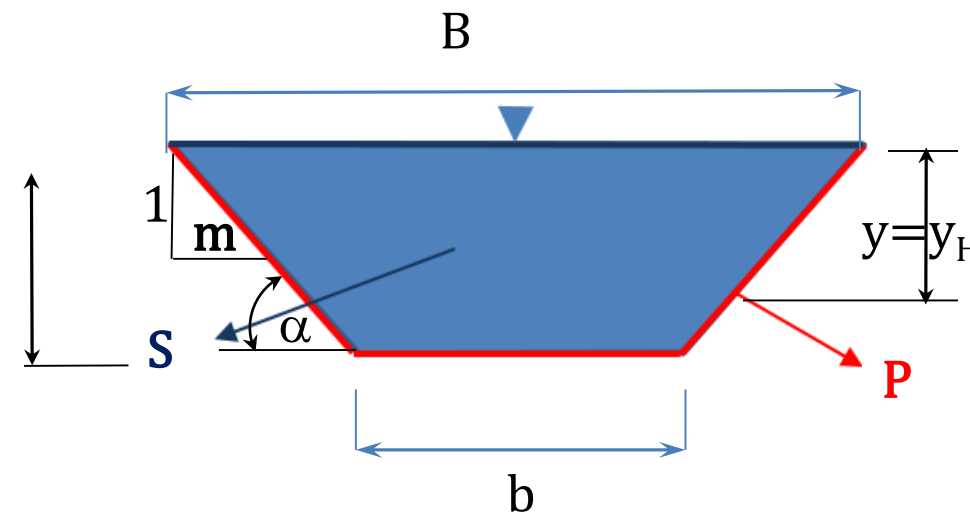
- a) Geometrické charakteristiky
- b) Hydraulické charakteristiky

ZÁKLADNÍ GEOMETRICKÉ CHARAKTERISTIKY

- rozměry průtokového profilu (šířka ve dně, šířka v hladině, sklon svahů, průměr atd.)
- průtočná plocha ... **S**
- omočený obvod ... **O**
- hydraulický poloměr ... **R**
- šířka v hladině ... **B**
- podélný sklon ... **i**
- hloubka ... **y**

Obdélníkový profil :

$$S = b \cdot y ; \quad O = b + 2 \cdot y ; \quad B = b$$





Konec

Přednášky_6