

MECHANIKA HORNIN **A ZEMIN**

podklady k přednáškám

doc. Ing. Kořínek Robert, CSc.

Místnost: C 314

Telefon: 597 321 942

E-mail: robert.korinek@vsb.cz

Internetové stránky: fast10.vsb.cz/korinek

Proudění vody zeminami – propustnost zemin

Zeminou mohou obecně proudit různá media:

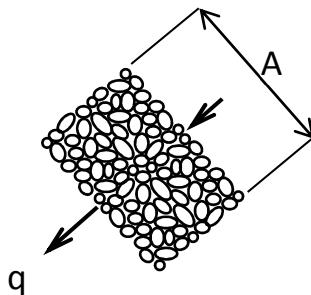
- hmotné částice: voda
jemné částice skeletu zeminy, ionty, rozpuštěné částice
plyn, podzemní vzduch (radon)
- energie: teplo
elektrický proud

Mechanika zemin řeší otázky proudění vody zeminami vyvolané gradientem hydraulické výšky.

Voda proudí pouze póry, které jsou různého tvaru a velikosti.

Rychlost je tedy místo od místa jiná.

Zjednodušení: zjišťujeme množství vody proteklé za jednotku času celou průřezovou plochou zeminy (póry i skelet).



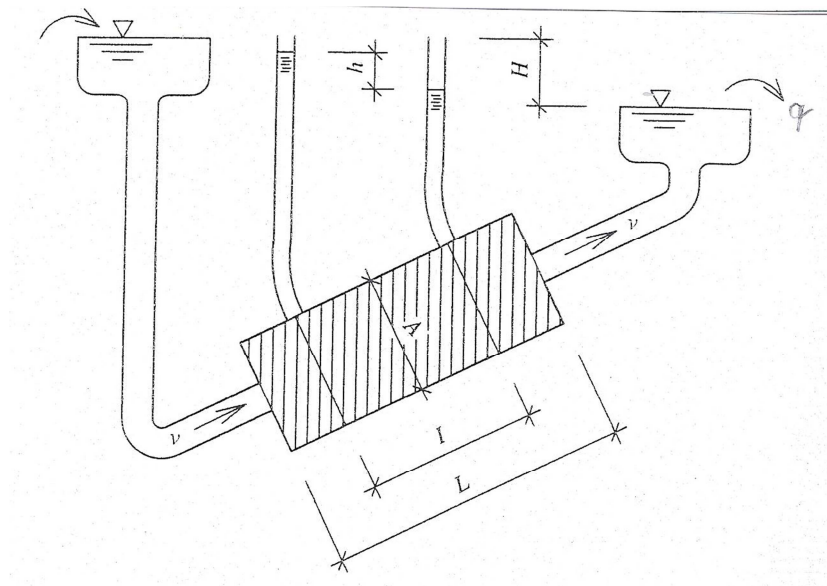
Rychlost průsaku:

$$V = \frac{q}{A} \left[\frac{m^3 \cdot s^{-1}}{m^2} \right] \equiv [m \cdot s^{-1}]$$

q – objem vody prosáklé za jednotku času [$m^3 s^{-1}$]

A – plocha průřezu kolmého na osu vzorku [m^2]

Darcyho zákon



$$q = k \cdot \frac{H}{L} \cdot A = k \cdot \frac{h}{l} \cdot A$$

$$\frac{q}{A} = k \cdot \frac{H}{L} = k \cdot \frac{h}{l}$$

$$V = k \cdot i$$

k – filtrační součinitel vyjadřuje vlastnost zeminy propouštět vodu při tlakovém gradientu. Je mírou odporu, který zemina při prosakování klade. Má rozměr rychlosti.

$$k = m \cdot 10^{-n} [m \cdot s^{-1}]$$

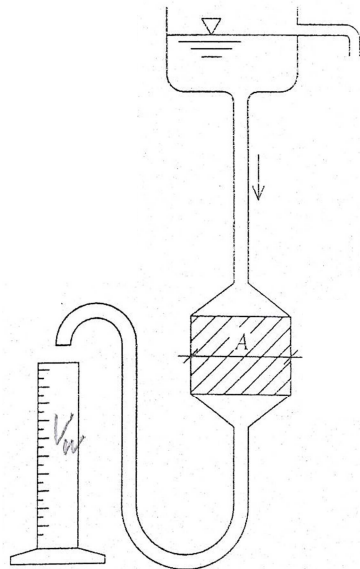
i – hydraulický spád je poměr rozdílu tlakových výšek ve dvou průřezích zkušební vzorku (H, h) a délky průsakové dráhy (L or l)

$$i = \frac{H}{L} = \frac{h}{l} [-]$$

Určení filtračního součinitele

A. Laboratorní metody

A.1 Propustoměr s konstantním hydraulickým spádem



$$V_w = v \cdot A \cdot t$$

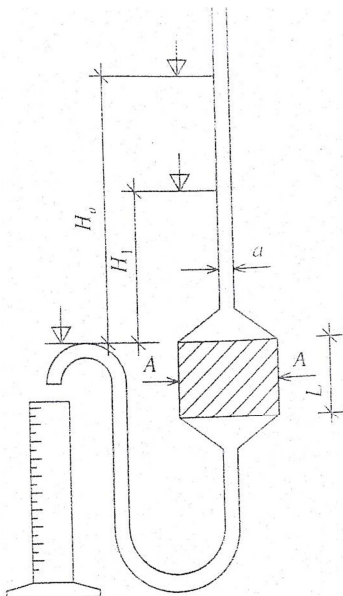
$$V_w = k \cdot i \cdot A \cdot t$$

$$V_w = k \cdot A \cdot t \cdot \frac{H}{L}$$

$$k = \frac{V_w \cdot L}{A \cdot t \cdot H} [m \cdot s^{-1}]$$

dy [m³]

A.2 Propustoměr s proměnným hydraulickým spádem



Pro měrný průsak q [m³s⁻¹] platí

$$d_q = a \cdot dH$$

$$d_q = A \cdot v \cdot dt = A \cdot k \cdot \frac{H}{L} \cdot dt$$

z rovnosti výrazů a po úpravě

$$k = \frac{a \cdot L}{A \cdot t} \ln \frac{H_0}{H_1}$$

B. Orientační stanovení k z empirických vztahů a zrnitosti

B1. Podle Hazena

$$k = 116 \cdot d_{10}^2 \text{ [cm} \cdot \text{s}^{-1}\text{]}$$

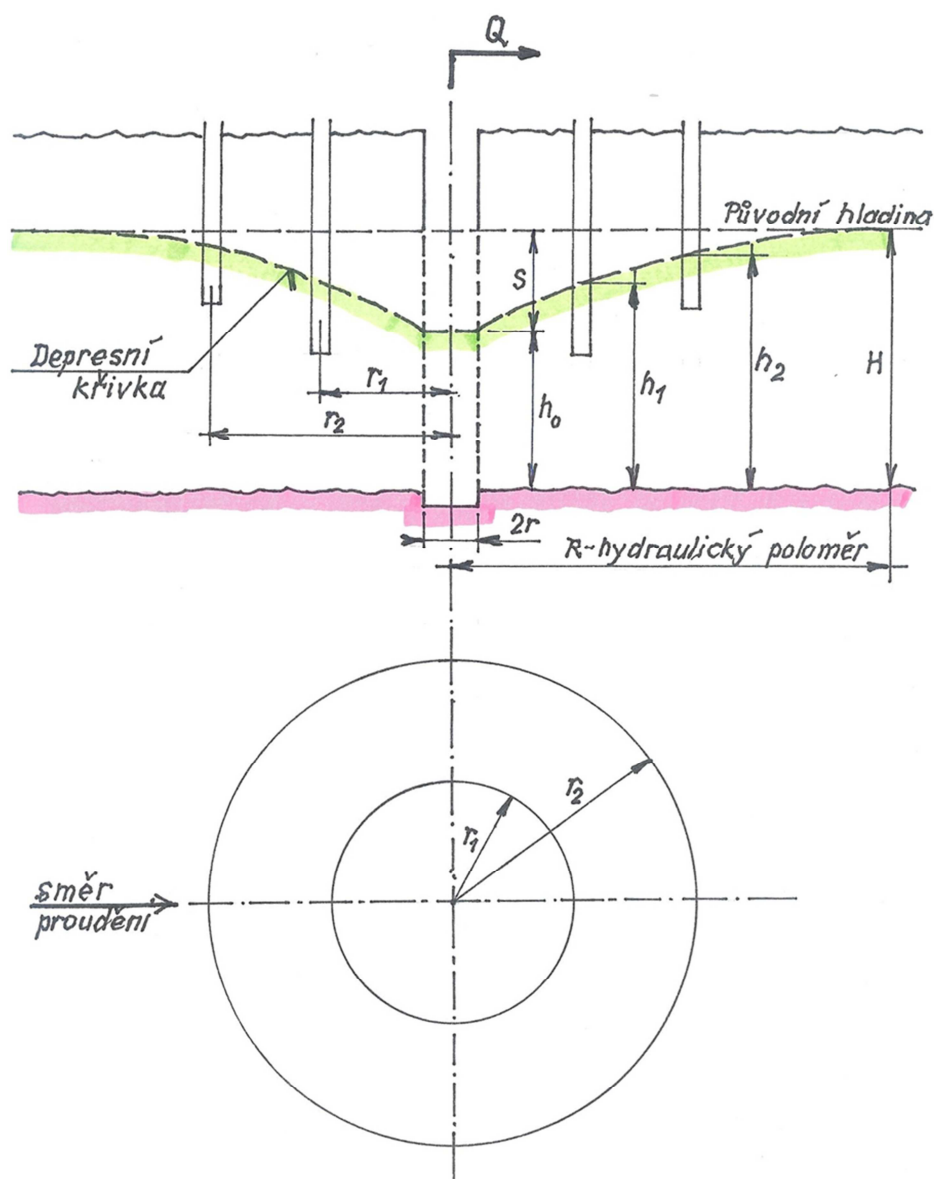
B2. Podle Terzaghiho

$$k = 200 \cdot d_{10}^2 \cdot e^2$$

d_{10} – účinný průměr zrn při 10% propadu

e – číslo pórovitosti

C. Stanovení k z terénní zkoušky – čerpací zkouška



Po úpravě získáme rovnici depresní křivky

Z rovnice depresní křivky lze navrhnout:

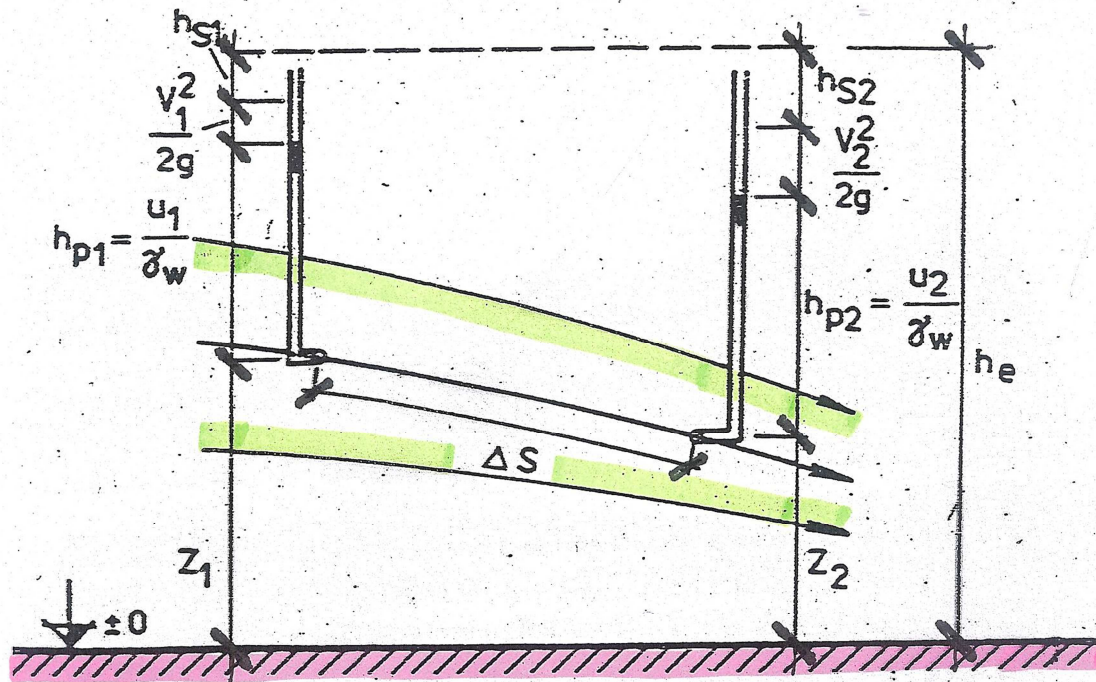
- podpovrchové odvodnění stavebních jam se základovou spárou pod úrovní podzemní vody
- určit zpětně filtrační součinitel
- dopředu určit Q [m^3s^{-1}] pro meze $x = R$, $z = H$.

Orientační hodnoty propustnosti

příklady druhů zemin	relativní propustnost zeminy podle ČSN 73 6850	přibližné rozmezí filtračního součinitele k [m.s^{-1}]	třída zeminy podle ČSN 73 1001	
jíly jílovité hlíny	velmi nepropustná	$< 10^{-10}$	F6	
			F7	
			F8	
hlíny jílovité hlíny písčité písčité jíly	nepropustná	$10^{-8} - 10^{-10}$	F2	
			F4	
			F5	
hlinité písky a štěrky jílovité písky a štěrky písčité a štěrkovité hlíny	málo propustná	$10^{-6} - 10^{-8}$	S4	
			F1	S5
			F3	G4
			G5	
písky a štěrky s příměsí jemnozrnné zeminy (5 až 15%)	propustná	$10^{-4} - 10^{-6}$	S3	
			G3	
Čisté písky a štěrky, písčité štěrky, písky a štěrky s příměsí jemnozrnné zeminy (< 5%)	velmi propustná	$> 10^{-4}$	S1	G1
			S2	G2

Proudový (průsakový) tlak

Zemina klade odpor proti pohybu vodních částic, resp. prosakující voda vyvozuje silový účinek na částice zeminového skeletu, označovaný jako proudový (průsakový) tlak



Bernoulliho rovnice

$$h_e = z_1 + \frac{u_1}{\gamma_w} + \frac{v_1^2}{2g} + h_{s1} = z_2 + \frac{u_2}{\gamma_w} + \frac{v_2^2}{2g} + h_{s2}$$

h_e – energetická výška [m],

$\gamma_w \cdot h_e$ – celkové množství energie v počátečním bodě proudění [$\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$],

h_s – ztrátová výška [m],

$\gamma_w \cdot h_s$ – energie spotřebovaná na překonání odporů při proudění [$\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$],

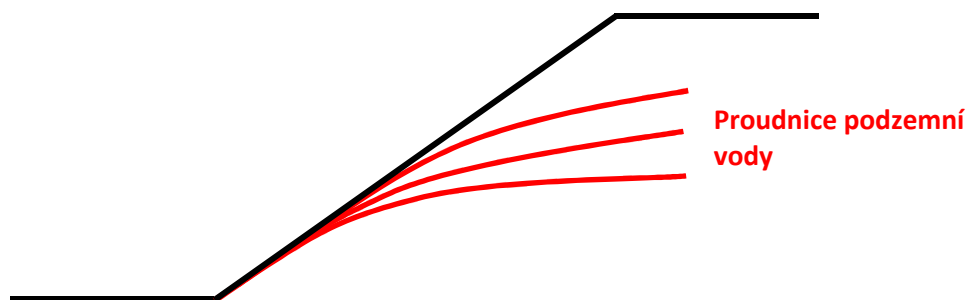
rozdíl součtu polohové a tlakové energie

$$\Delta E = \gamma_w \cdot (h_{s2} - h_{s1}) = \gamma_w \cdot \Delta h_s = \gamma_w \cdot \left(z_1 + \frac{u_1}{\gamma_w} - z_2 - \frac{u_2}{\gamma_w} \right)$$

Ztráta energie na jednotkové délce dráhy vodního proudu je měrný proudový tlak:

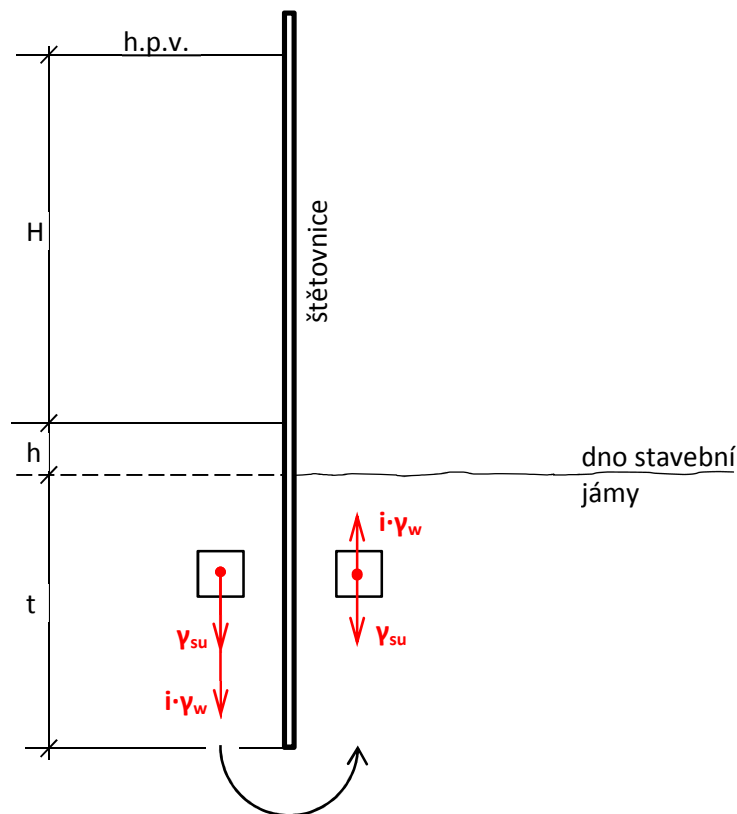
Celkový proudový tlak (síla) na obecný objem V:

Negativní důsledky silových účinků proudící vody



Sufóze – oslabování skeletu zeminy vyplavováním hlinité a jílovité frakce silovým účinkem proudící vody.

Kritický hydraulický spád



Levá strana štetovnice

$$\gamma'' = (1 - n) \cdot (\gamma_s - \gamma_w) + i \cdot \gamma_w$$

Pravá strana štetovnice

$$\gamma'' = (1 - n) \cdot (\gamma_s - \gamma_w) - i \cdot \gamma_w$$

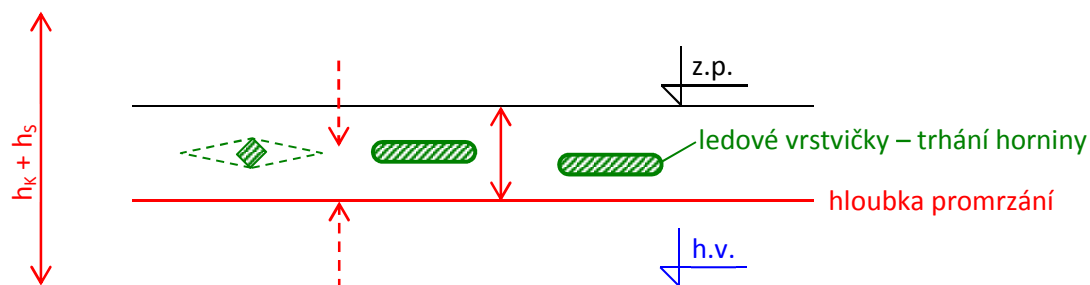
Pokud $i \cdot \gamma_w = (1 - n) \cdot (\gamma_{su} - \gamma_w)$ pak zemina má nulovou objemovou tíhu a hydraulický spád se nazývá kritický

Hloubka zaražení štetovnice

Ve skutečnosti nutno zarazit štetovnici hlouběji, aby zemina měla nulovou objemovou tíhu, např. $\gamma'' = 5 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-3}$

Promrzání zemin

Mechanismus promrzání



Důsledky:

- zvětšení objemu (zvýšení povrchu)

$$\Delta h = 0,09 \cdot n \cdot h$$

n – pórovitost ($n = 0,35$)

h – hloubka (mocnost promrzající vrstvy ($h = 100$ cm))

$$\Delta h = 0,09 \cdot 0,35 \cdot 100 = 3,15 \text{ cm}$$

- projevy sání vlhkosti do zeminy

Množství vody, které vzline do zmrzlé vrstvy za dobu T na jednotku plochy

$$Q = k \cdot \frac{h_K + h_S - h}{h} \cdot \left(\frac{m}{s} \cdot \frac{m}{m} \cdot s = \frac{m^2}{m} = \frac{m^3}{m^2} \right)$$

- sání vody je jak od volné hladiny, tak i z povrchu

- je umožněno prakticky stálou přítomností volné vody

průměr kapiláry [mm]	1,57	0,24	0,15	0,10
teplota mrznutí vody [°C]	-6,4	-13,3	-14,6	-18,5

Hloubka promrzání

nadmořská výška [m]	< 250	250 – 400	400 – 700	700 – 900
hloubka promrzání [m]	0,75 – 0,85	0,8 – 0,9	0,9 – 1,1	1,1 – 1,3

V našich poměrech 0,8 – 1,2 m.

Promrzání sypkých zemin

Znaky:

- Důsledky:
- vznik krystalů ledu v pórech bez trhání zeminy
 - vzline jen málo vody
 - zvýšení povrchu je zanedbatelné
 - po rozmrznutí voda rychle odteče

Sypké zeminy (g + s) hodnotíme jako nenamrzavé

Promrzání jemnozrnných zemin

Znaky:

- Důsledky:
- trhání zeminy, sání vody a zvětšení objemu
 - komunikace vody od hladiny (i povrchu) do zmrzlé vrstvy
 - zemina se obohacuje o vodu, která při tání hůře odtéká

- Při tání záleží na:
- rychlosti tání
 - délce trvání tání

Hodnocení zemin z hlediska namrzavosti:

Minerály: nejvíce namrzavé – kaolinity, nejméně namrzavé – montmorillonity

Jíly: obecně jsou hodnoceny jako namrzavé až silně namrzavé

Stejnozrnné zemin: jsou namrzavé, pokud obsahují > než 10% zrn < 0,002 mm

Nestejnozrnné zemin: jsou namrzavé, pokud obsahují > než 3% zrn < 0,002 mm

Obecně:

Namrzavé jsou zemin, které obsahují > 30% zrn < 0,06 mm

Nenamrzavé jsou zemin, které obsahují < 15% zrn < 0,06 mm

Nejisté z hlediska namrzavosti jsou zemin, které obsahují 15 – 30% zrn < 0,06 mm

Scheiblovo kritérium namrzavosti zemin

