

# Hydropedologie

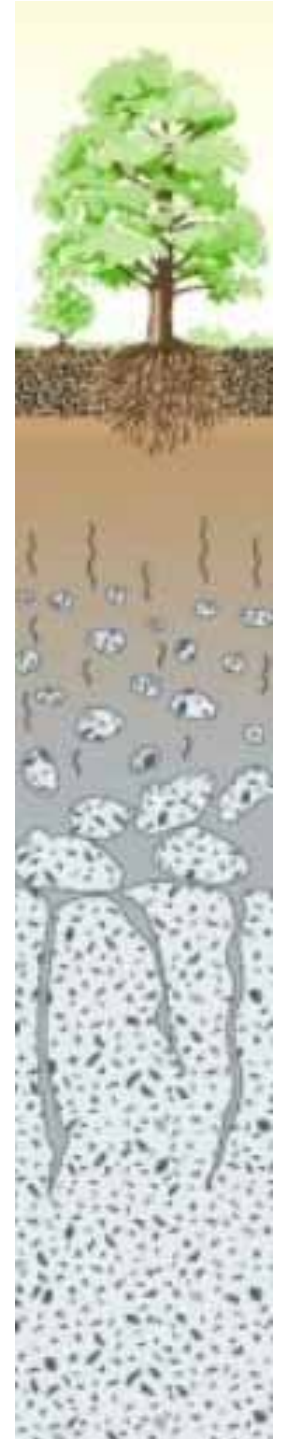
## *Přednáška 13*

### **Opakování**

nejpodstatnější látky z přednášek

**I. půdní fyzika**

**II. pedologie**



# Pravidla zkoušky

**ke zkoušce je povinností zápočet z  
laboratorních cvičení**

**zkouška je písemná – 2 hodiny**

(ústní část jen v nerozhodných případech)

**celkem 100 bodů – 3 části**

1. důležité otázky (viz tato přednáška) 3 x pedologie, 3 x hydroopedologie (tj. 6 x 7b=42b)
2. 1 x příklad (“Darcyho experiment”) = 6b
3. 2 x poznávání půdních typů, 2 x 6b = 12b
4. 10 x méně důležité otázky, 10 x 4b = 40b

Klasifikace 100-90 b = 1; 85-70 b = 2, 65-50 b = 3

90-85 b dozkoušení 1-2; 65-70 b dozkoušení 2-3

# Pravidla zkoušky

ke zkoušce postačuje jen papír a psací potřeby

**nejsou povoleny jakékoliv další pomůcky**

tj. např.:

- poznámky z přednášek,
- přenosné počítače,
- mobilní telefony (přehled o aktuálním čase bude zajištěn)
- kalkulačky (příklad lze spočítat ručně)
- a jiné...

ke zkoušce je nutné být přihlášen v systému KOS ČVUT, nepřítomnost při přihlášení na zkouškový termín (vyjma vážných osobních důvodů) bude klasifikována jako ***neprospěl***

# Důležité otázky

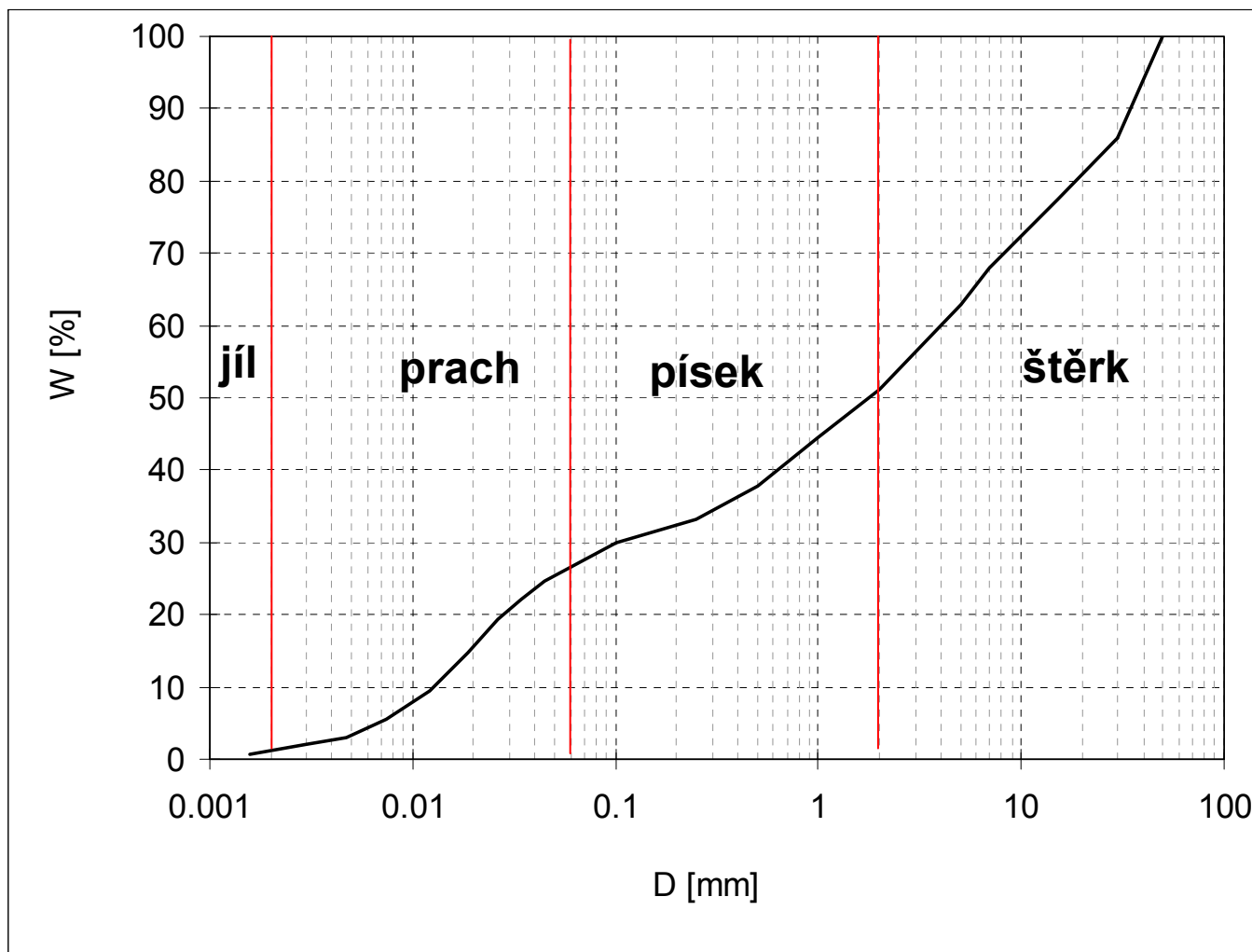
**nutné, nikoliv postačující!!**

## Půdní fyzika

1. Čára zrnitosti: definice, graf, standardní metody měření
2. Pórovitost: definice, jednotky, měření
3. Objemová hmotnost, měrná hmotnost: definice, jednotky, základní měření
4. Objemová vlhkost: definice, uveďte 3 způsoby měření
5. Retenční čára: definice, graf, způsoby měření
6. Darcyho zákon – popis standardního experimentu
7. Nasycená hydraulická vodivost  $K_s$ : definice dle potenciálu, jednotky
8. Darcy-Buckingham, funkce nenasycené hydraulické vodivosti: definice, graf
9. Richardsova rovnice – co popisuje, základní tvar parc. dif. rovnice
10. Dvouválcová metoda neustálené výtopové infiltrace: graf, vztah mezi infiltrační rychlostí a kumulativní infiltrací

# Čára zrnitosti

vypovídá o hmotnostním zastoupení dle velikosti zrn (nepřímo o velikosti pórů)  
součtová čára – hmotnostní podíl vzorku půdy menší než velikost zrna D



# metody ke stanovení zrnitosti

půdy a zeminy se označují podle převládající frakce  
pro exaktní stanovení frakcí se provádí **zrnitostní rozbor**

- agregáty se musí rozmělnit mechanicky
- půdní koloidy peptizovat (zamezit jejich srážení do shluků)

metody stanovení frakcí:

- **prosévání na sítích** o určitém průměru oka (nejmenší 0.1 mm)

- vysušení navážky – celková hmotnost
- pro dokonalé oddělení částic nutno provádět ve vodě
- soustava sítí svrchu od hrubého oka směrem dolů se oko zjemňuje (zmenšuje se velikost oka)
- na sítích se zachycují zrna v intervalu prostupnosti ok sousedních sítí
- omytí a vysušení propadů – zvažení
- jemná frakce  $<0.1$  se provádí hustoměrnou Casagrandeho metodou



# Hustoměrná metoda - Stokesův zákon

rychlost sedimentace částic je přímo úměrná čtverci velikosti zrna

tedy – čím větší částice jsou, tím rychleji v kapalině padají

$$v = \frac{2}{9} \frac{gr^2(\rho_z - \rho_o)}{\eta} \quad [\text{cm.s}^{-1}]$$

$g$  - tíhové zrychlení [ $\text{cm.s}^{-2}$ ]

$\rho_z$  – hustota částic [ $\text{g.cm}^{-3}$ ]

$\rho_o$  – hustota disperzního prostředí při dané teplotě [ $\text{g.cm}^{-3}$ ]

$\eta$  – viskozita disperzního prostředí [ $\text{g.cm}^{-3}.\text{s}^{-1}$ ]

**Zákon platí jen v laminární oblasti** dle Reynoldsova čísla pro kulové částice  $0.08 \text{ mm} > r > 0.001 \text{ mm}$ , tj. u šupinek jílu se jedná o **ekvivalentní poloměr**

# Charakteristiky pórů

Pórovitost  
(EN: porosity)

$$\rho = \frac{V_p}{V} \quad [-]$$

Vztah mezi  $\rho$ ,  $\rho_d$ ,  $\rho_s$

$$\rho = \frac{V - V_s}{V} = 1 - \frac{V_s}{V} = 1 - \frac{\rho_d}{\rho_s}$$

objem pórů =  $V_p$

obj. tuhé fáze =  $V_s$

hm. tuhé fáze =  $m_s$

Celkový objem =  $V$

$$V = V_s + V_p$$



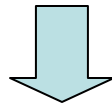
# Měření pórovitosti

- Výpočtem z měřených  $\rho_s$  a  $\rho_d$
- 

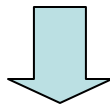
nebo

---

- Neporušený vzorek **dokonale** nasytit vodou Zjištění hmotnosti vody a půdy ( $m_{wsat} + m_s$ ) *vážením*



Vysušení při 105° C (65 ° C pro půdy s vysokým obsahem organické hmoty)



Zjištění hmotnosti vysušené půdy  $m_s$  *vážením*. Výpočet objemu vody = objemu plně nasycených pórů  $V_p = m_{wsat} / \rho_w$

---

**Hodnoty p: teoreticky  $0 < p < 1$**

**minerální půdy 0.26 – 0.8**

**organogenní půdy až 0.9**

---

# Objemová a měrná hmotnost

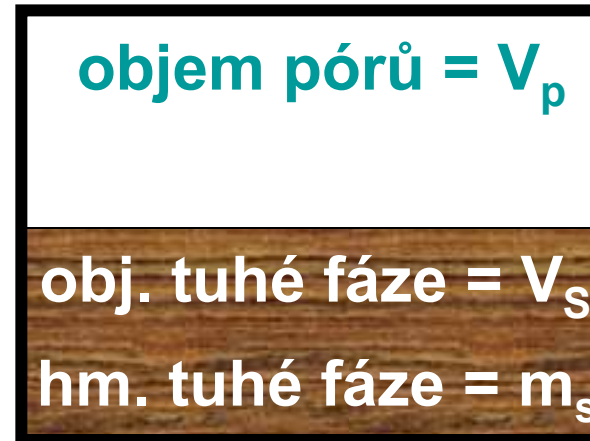
## Makroskopické charakteristiky **tuhé fáze**

Objemová hmotnost  
(EN: *bulk density*)

$$\rho_d = \frac{m_s}{V} \quad [M/ L^3]$$

Měrná hmotnost  
(EN: *particle density*)

$$\rho_s = \frac{m_s}{V_s} \quad [M/ L^3]$$

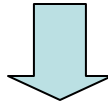


$$V = V_s + V_p$$

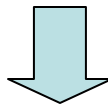
Celkový objem =  $V$

# Měření objemové hmotnosti $\rho_d$

Neporušené vzorky (např. do Kopeckého válečků)



Vysušení při 105° C (60 ° C pro půdy s vysokých obsahem organické hmoty)



Zjištění hmotnosti vysušené půdy  $m_s$ . Výpočet  $\rho_d$  z  $m_s$  a známého objemu válečku  $V$ . Jednotky obvykle  $\text{g/cm}^3$ .

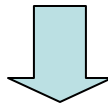
---

## Typické hodnoty $\rho_d$

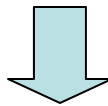
- většina půd 1.2 – 1.8  $\text{g/cm}^3$ .
- půdy s vysokým podílem org. hm. 0.5  $\text{g/cm}^3$ .
- horní limit 2.65  $\text{g/cm}^3$ .

# Měření měrné hmotnosti $\rho_s$

Porušené vzorky



Vysušení při 105° C (60 ° C pro půdy s vysokým obsahem organické hmoty)



Zjištění hmotnosti vysušené půdy  $m_s$  vážením. Zjištění objemu tuhé fáze pyknometrem.

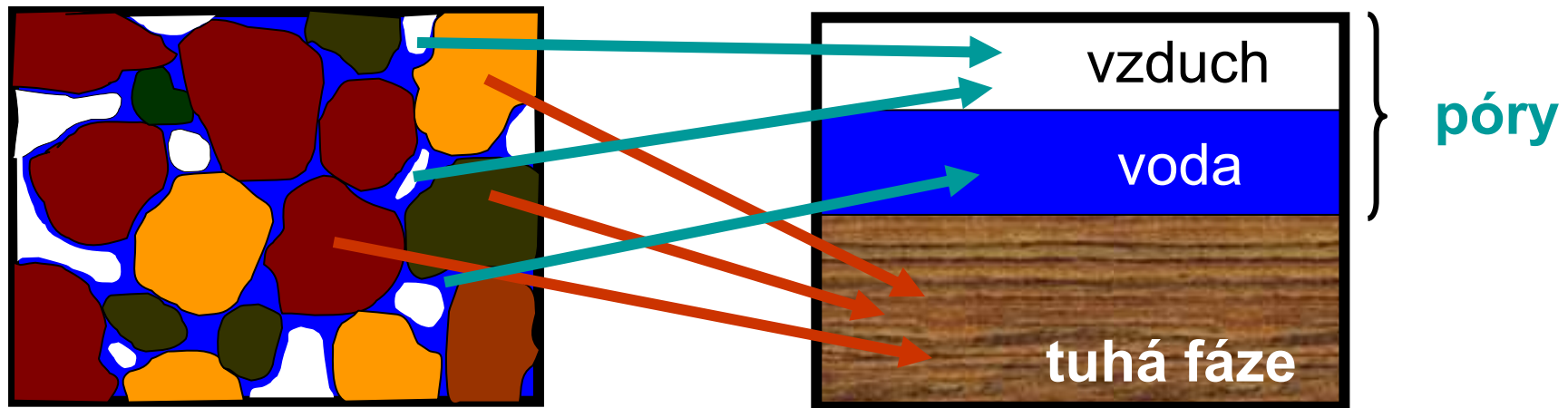
---

**Typické hodnoty  $\rho_s$**

- většina *minerálů* 2.65 g/cm<sup>3</sup>.

# Voda v půdě

## Vlhkost pórovitého prostředí

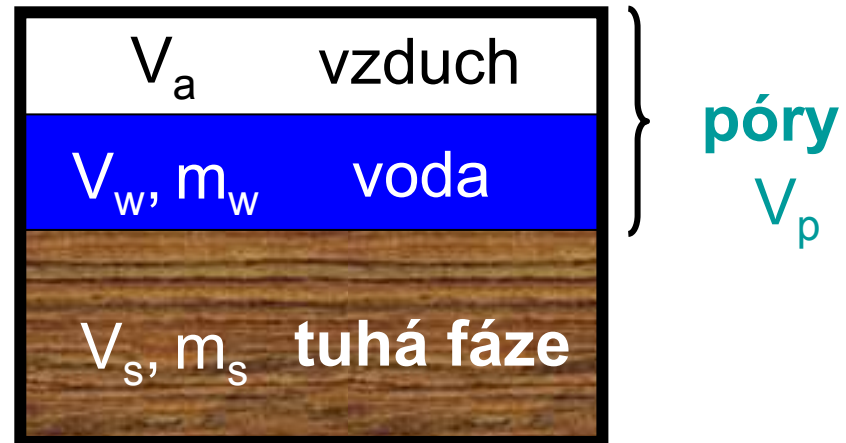


# Voda v půdě

Vlhkost pórovitého prostředí (*EN: water content, moisture*)

Objemová vlhkost  $\theta$  (*EN: volumetric water content*)

$$\theta = \frac{V_w}{V} \quad [-]$$



# Měření vlhkosti - metody

## **Přímá metoda – povinně znát**

Gravimetrická metoda

## **Metody s měřením potenciálu**

Odporová metoda

Tenzometrická metoda

## **Elektromagnetické metody**

Kapacitní metody (také FDR)

Reflektrometrické metody TDR

## **Radiometrické metody**

Neutronová sonda

Gamaskopická metoda

## **Metody dálkového průzkumu Země**

**znát principy  
metod (co se  
primárně měří)  
– přednáška č.6**

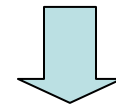
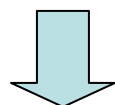
**+  
do jaké skupiny  
metoda patří**

# Gravimetrická metoda - postup

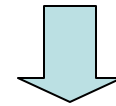
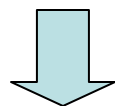
**Porušený vzorek**

**Neporušený vzorek objemu  $V$**

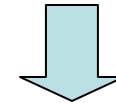
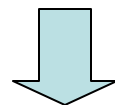
Zjištění hmotnosti vlhkého půdního vzorku  $m$  vážením



Vysušení při 105° C (60 ° C pro půdy s vysokým obsahem organické hmoty)



Zjištění hmotnosti vysušené půdy  $m_s$



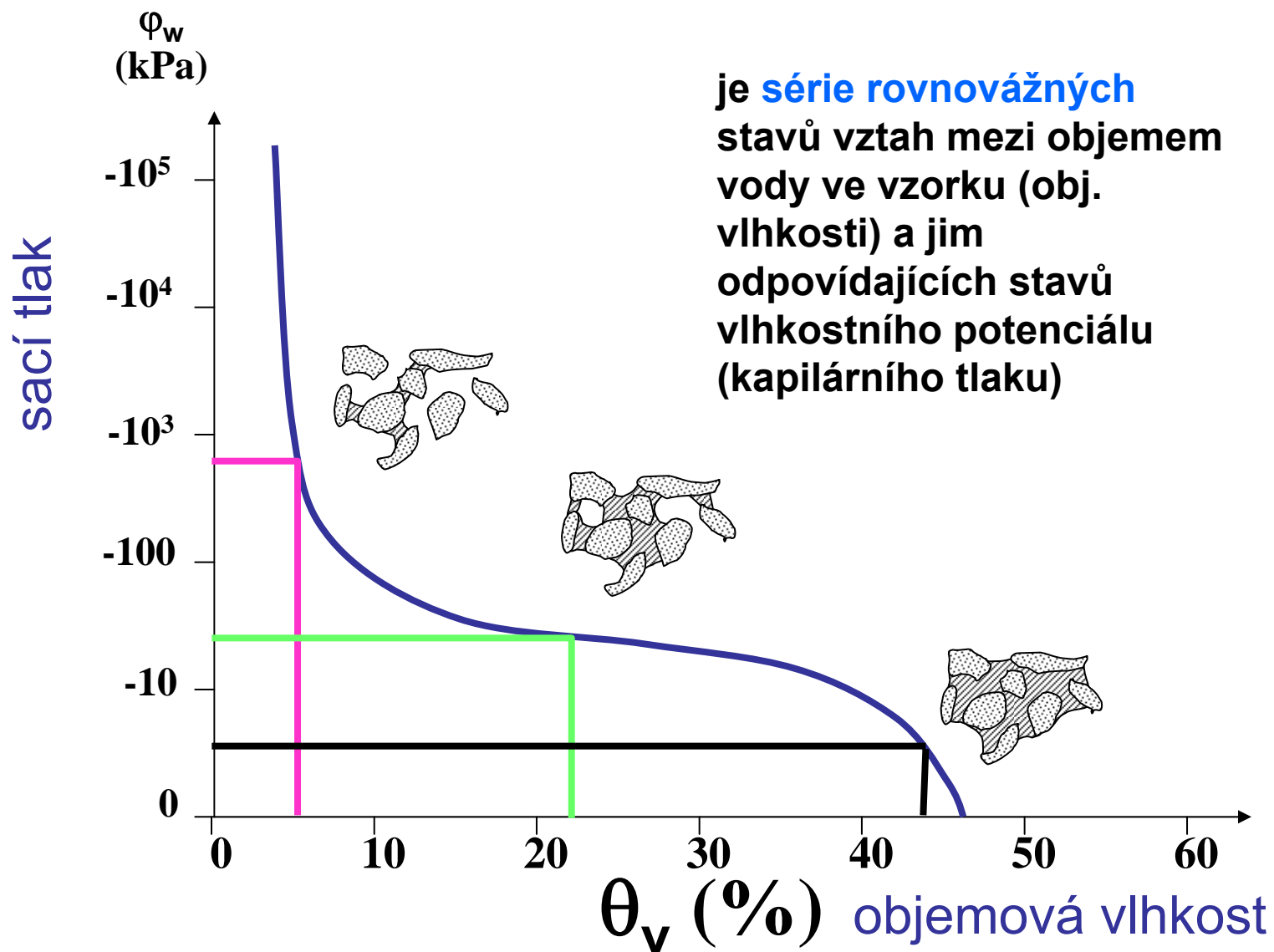
**Výpočet  $w$**

**Výpočet  $\theta$**



# Retenční čára půdní vlhkosti

převod sacího tlaku na vlhkost



# Retenční čára půdní vlhkosti – měření

tlaková výška půdní vody  $h$  je měřitelná při zachování hydraulické spojitosti mezi půdou a referenční (tj. srovnávací) hladinou volné vody – kontaktem je pórezní destička či kaolínová vrstva (nebobtnající jííl, vysoká vstupní hodnota vzduchu)

tlaková výška  $h$  působící na půdní vodu je svislá vzdálenost mezi hladinou volné vody a středem měřené vrstvičky půdy

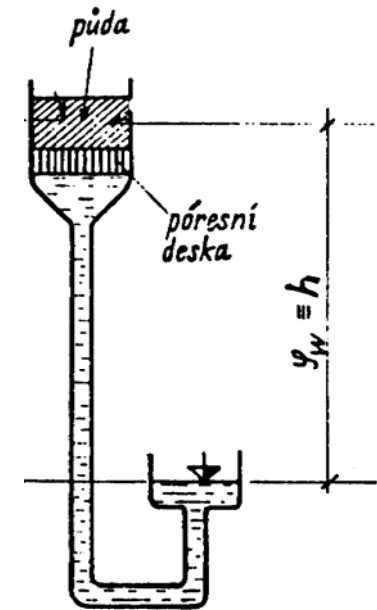
## princip podtlakového přístroje

když se zvětšuje  $|h|$  (tj. snižuje se nádoba s volnou hladinou), zemina se stále více odvodňuje, její vlhkost se snižuje

pokud je po delší dobu  $h = 0$ , zaplní se všechny póry vodou, vlhkost bude maximální, výška  $h$  odpovídá vlhkostnímu potenciálu  $\phi_w$ .

zároveň s měřením  $h$ , měříme vlhkost půdy (obvykle gravimetricky) – váženým a následným vysušením

tento proces se opakuje pro několik hodnot  $h$  (zvětšováním  $|h|$ ) po dostatečnou dobu pro každé  $h$ , tak aby byla dosažena rovnováha mezi půdní vlhkostí a kapilárním tlakem – **drenážní větev**



# Retenční čára půdní vlhkosti – měření

v rozmezí sacích tlaků  $10^4$  až  $1,5 \cdot 10^6$  Pa a i více se používá **přetlakový aparát**

místo podtlaku pod porézní destičkou se používá přetlaku vzduchu nad vzorkem a nad porézní destičkou – daleko **snadnější** než vytvořit podtlak je **vyvolat přetlak**

voda je z půdy odstraněna vytlačáním a výsledný efekt je stejný jako při stejně velkém podtlaku (sání). Důležitý je pouze rozdíl tlaku vzduchu a kapilárního tlaku.

měřicí aparatura uzpůsobena vysokým přetlakům a dlouhé době trvání experimentu. Masivní konstrukce tlakových nádob, těžké díly vysoce kvalitní kompresory.

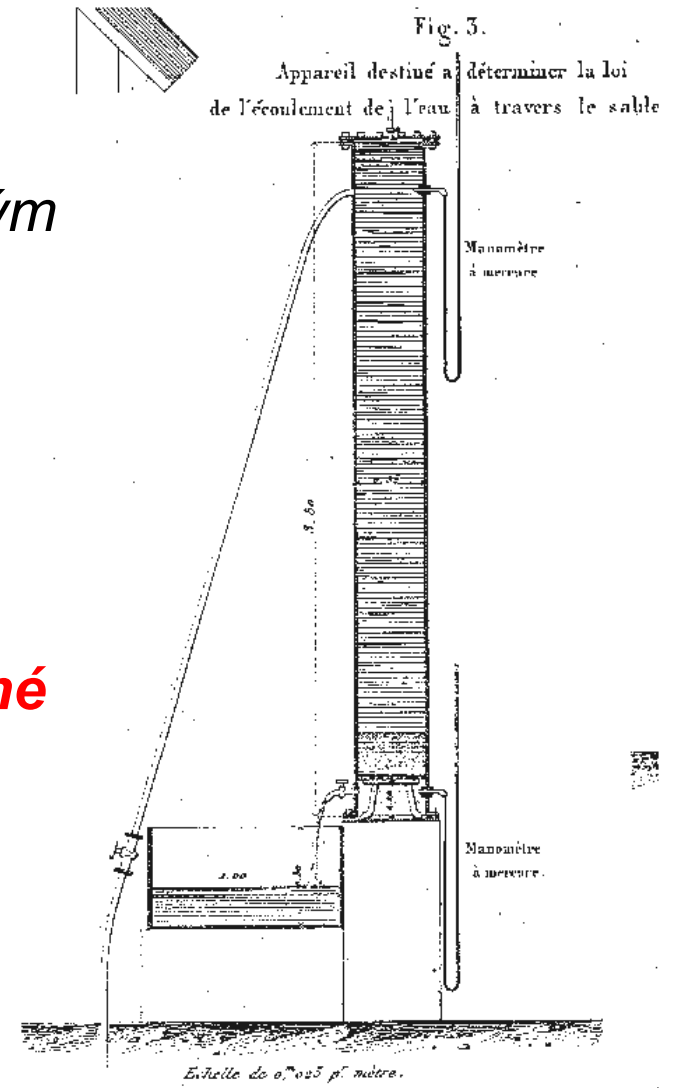
**předpoklad dokonalého hydraulického** spojení porézní destičky a půdy. Porézní destička musí mít vysokou vstupní hodnotu vzduchu tj. neztrácí vodu při rozsahu pracovních přetlaků do ní nesmí pronikat vzduch

*pro velmi vysoké hodnoty sacích tlaků proto se užívá rovnovážného vztahu mezi vlhkostí půdy a relativní vlhkostí vzduchu – stavová rovnice ideálního plynu*

# Darcyho zákon

Darcy zjistil, že *průtok vody* válcem naplněným pískem závisí na:

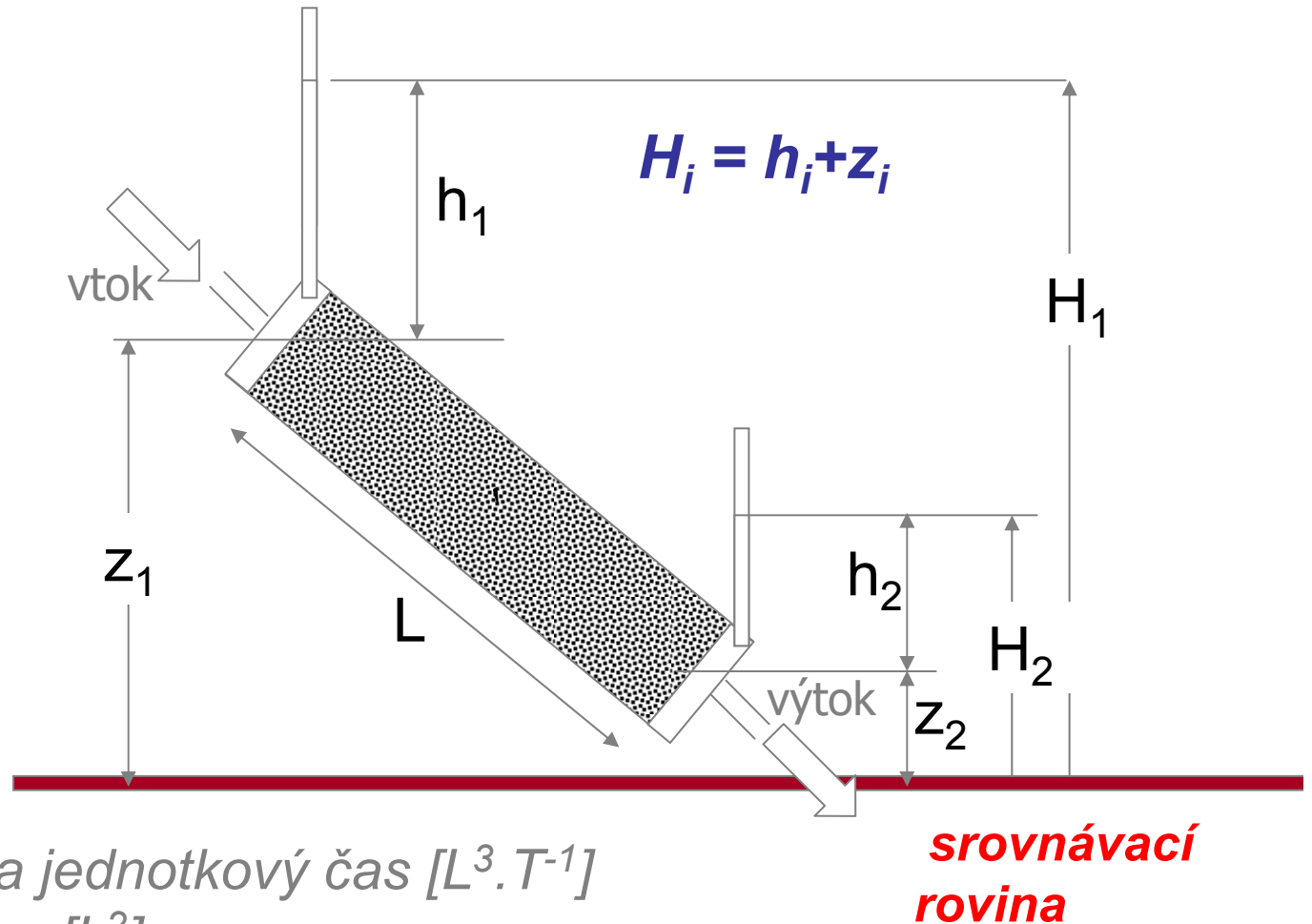
- **přímo úměrný rozdílu hydrostatických tlaků na počátku a konci válce**
- **nepřímo úměrný délce válce**
- **přímo úměrný ploše průřezu válce**
- **závislý na koeficientu lišícím se pro různé materiály**



**Koeficient  
nasycené  
hydraulické  
vodivosti  
 $K_s$**

**Darcyho  
zákon**  

$$Q = \frac{AK_s \Delta H}{L}$$



$Q =$  průtok vody za jednotkový čas [ $L^3 \cdot T^{-1}$ ]

$A =$  průtočný průřez [ $L^2$ ]

$K_s =$  nasycená hydraulická vodivost [ $L \cdot T^{-1}$ ]

$\Delta H = H_1 - H_2$  (rozdíl hydraulických výšek) [ $L$ ]

$L =$  délka vzorku [ $L$ ]

**platí pod hladinou  
podzemní vody**

$$q = -K_s \frac{dH}{dz} = -K_s \text{ grad } H$$

# Koeficient nasycené vodivosti $K_s$ (EN: saturated hydraulic conductivity)

Nejčastěji používané jednotky  $K_s$  [ $L \cdot T^{-1}$ ] jsou m/s, cm/d, cm/s

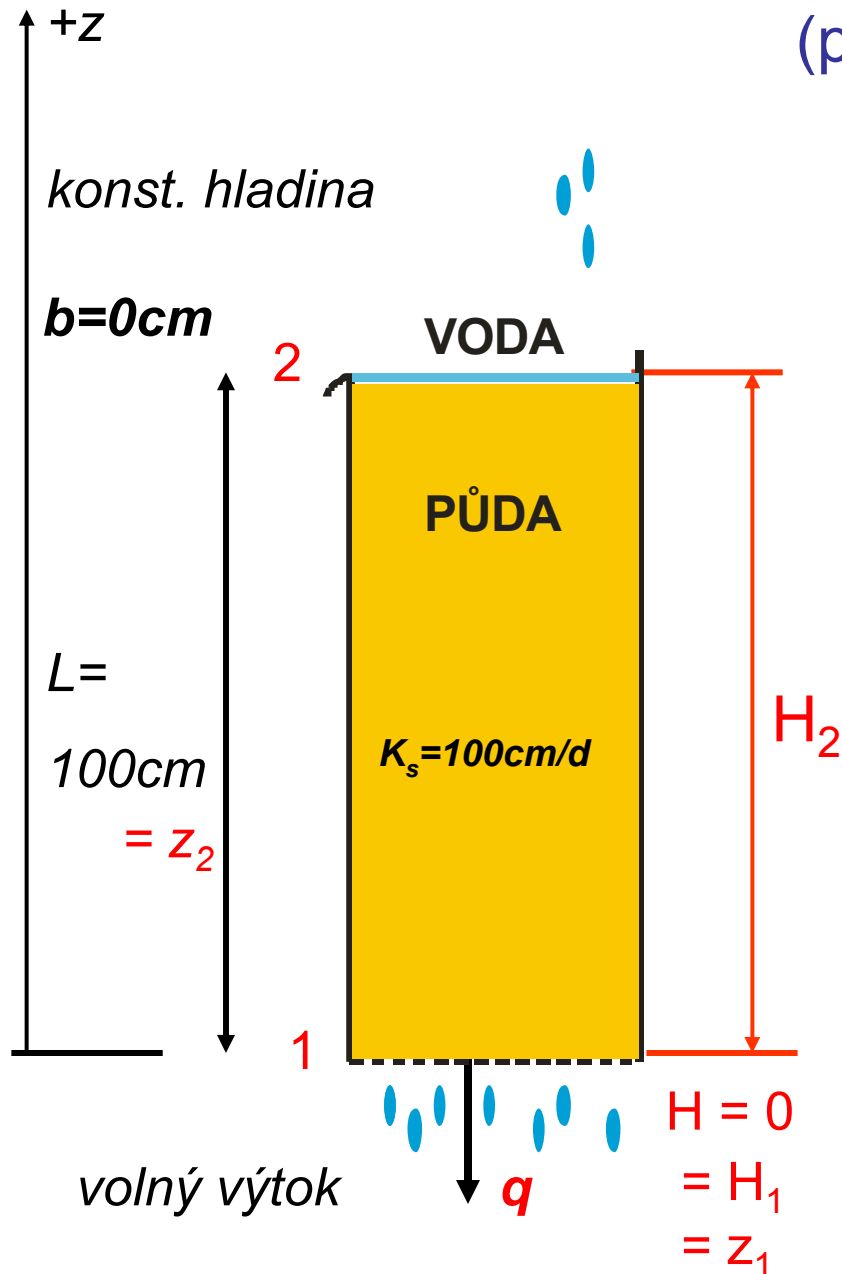
$K_s$  je charakteristikou vztahu půda-voda. Pouze vlastnosti půdy charakterizuje propustnost  $k$  (permeability):

$$k = K_s \nu \quad [L^2]$$

kde  $\nu$  je kinematičká viskozita

# Definice Ks dle potenciálu

(příklad 3):



$$\text{grad } H = \frac{H_2 - H_1}{z_2 - z_1} = \frac{100 - 0}{100 - 0} = 1,0$$

$q$  pomocí Darcyho zákona

$$q = -K_s \text{ grad } H = -K_s \cdot 1,0 = -K_s = -100\text{ cm/d}$$

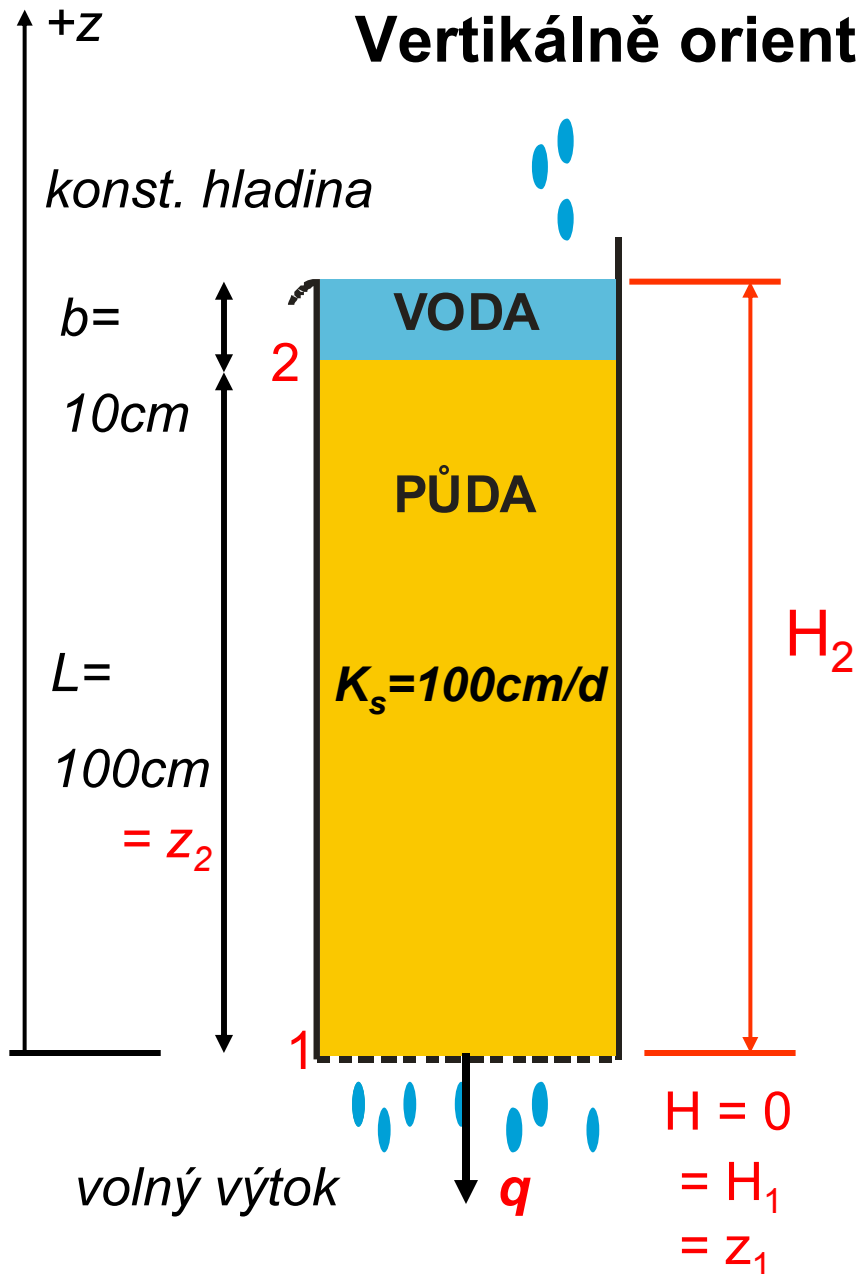
grad  $H = 1$  se nazývá **jednotkový gradient potenciálu**

**Hydraulická vodivost** je rovna objemovému toku

**při jednotkovém gradientu potenciálu**

# Příklad 1 :

Vertikálně orientovaný válec půdy:  $q=?$



1) Definujeme referenční úroveň a souřadný systém

2) Definujeme body 1 a 2 se známými takovými výškami  $H$

3) Určíme gradient  $H$

$$\text{grad } H = \frac{H_2 - H_1}{z_2 - z_1} = \frac{110 - 0}{100 - 0} = 1,1$$

4)  $q$  pomocí Darcyho zákona

$$q = -K_s \text{ grad } H = -100 \cdot 1,1 = \underline{\underline{-110\text{cm/d}}}$$



# Příklad 2

## Horizontálně orientovaný válec půdy: $q=?$

1) Definujeme referenční úroveň a souřadný systém, (x zleva doprava)

2) Definujeme body 1 (vtok) a 2 (výtok). Pak  $x_1 = 0$  a  $h_1 = 10$  cm,  $x_2 = 100$  cm,  $h_2 = 0$ ,  $z_1 = z_2 = 0$

3) Hydraulické výšky  $H_1 = h_1 + z_1 = 10$  cm,  $H_2 = h_2 + z_2 = 0$  cm

4) Určíme gradient  $H$

$$\text{grad } H = \frac{H_2 - H_1}{x_2 - x_1} = \frac{0 - 10}{100 - 0} = -0,1$$

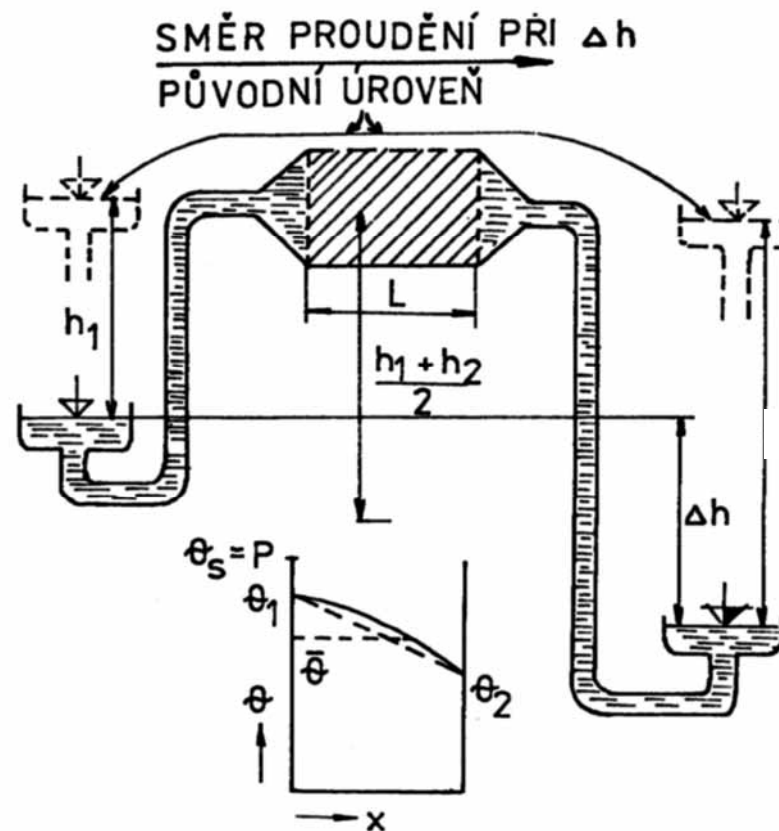
5) Darcyho zákon

$$q = -K_s \text{ grad } H = -100 \cdot (-0,1) = 10 \text{ cm/d}$$

# Darcy-Buckinghamův zákon

$$q = -K(\theta)\text{grad}H$$

kde  $q$  je objemový tok  
 $H$  je hydraulický potenciál



# Darcy – Buckinghamův zákon

D.B. zákon je modifikací Darcyho zákona ( $q = -K_s \text{ grad } H$ )

předpoklady:

1. **sílu** umožňující proudění v nenasyceném půdním prostředí je **součet kapilárního a gravitačního potenciálu**
2. **hydraulická vodivost** nenasyceného půdního prostředí je **funkcí vlhkosti půdy** nebo vlhkostního potenciálu

použijeme-li funkční závislost **nenasycené** hydraulické vodivosti na sací tlakové výšce **h**, pro vertikální proudění lze napsat

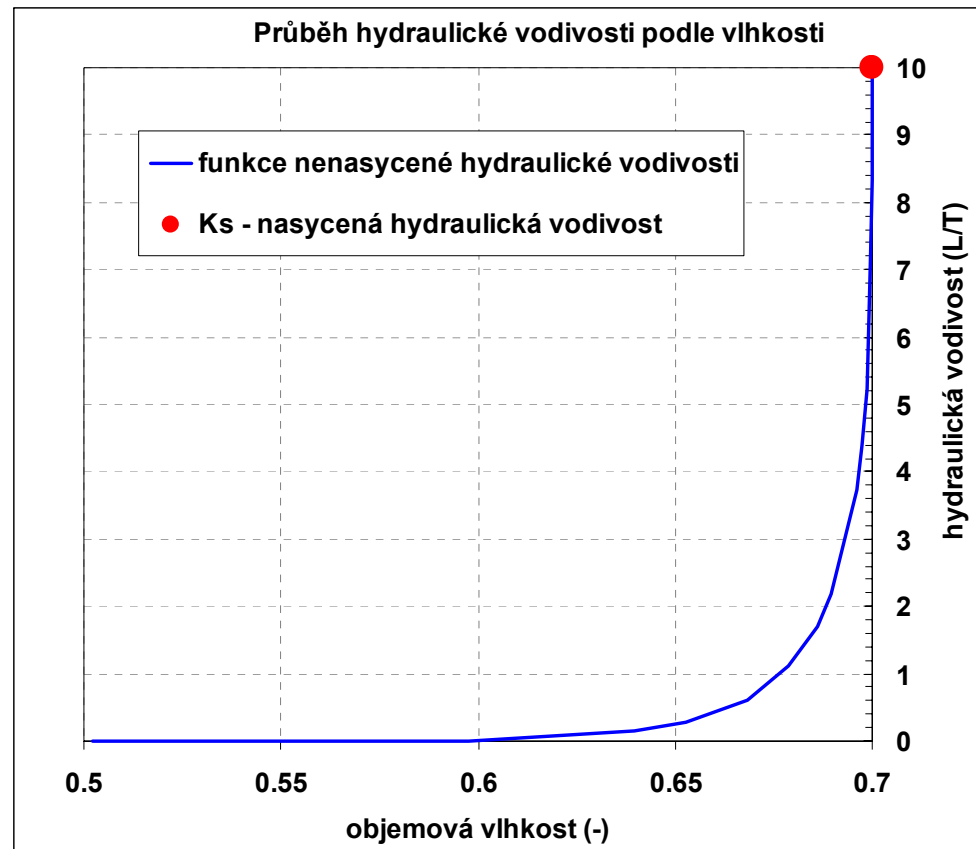
$$q = -K(h) \frac{\partial H}{\partial z} = -K(h) \frac{\partial(h+z)}{\partial z} = -K(h) \left( \frac{\partial h}{\partial z} + 1 \right)$$

# Funkce nenasycené hydraulické vodivosti

**funkce nenasycené hydraulické vodivosti**

**$K(\theta)$**  – část pórů nasycená vodou, část vzduchem

$$K(\theta) = K_s \cdot K_r(\theta)$$



# Nasyčené a nenasycené proudění

pro popis proudění musíme sestavit soustavu rovnic

- rovnice kontinuity
  - Darcyho (Darcy-Buckinghamův) zákon
- jejich sloučením vzniká tzv. **Richardsova** rovnice proudění

## Rovnice kontinuity

$$\frac{\partial q}{\partial z} + \frac{\partial \theta}{\partial t} + r = 0$$

změna toku “mezi stranami elementu” + změna vlhkosti v čase + odebrané množství vody z elementu (propad -  $r$ ) = 0  
(jednorozměrný tvar)

# Richardsova rovnice pro nenasycené proudění

Dosadíme-li rovnici kontinuity do Darcy-Buckinghamova zákona, dostáváme tzv. **Richardsovu rovnici**, podle níž můžeme vypočítat vlhkost nebo kapilární sací tlak během neustáleného nenasyceného proudění vody (ev. naopak)

pro jednorozměrné vertikální proudění, při zanedbání propadu  $r$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[ K(h) \left( \frac{\partial h}{\partial z} + 1 \right) \right]$$

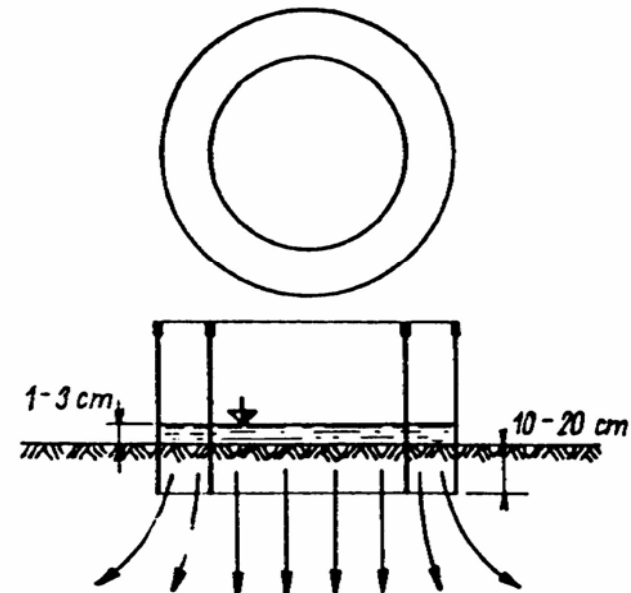
v tomto tvaru rovnici **nelze řešit**, jelikož obsahuje **dvě neznámé** proměnné ( $\theta$  a  $h$ ),

toto lze vyřešit zavedením funkce  $h(\theta)$  – retenční křivka, lze buď eliminovat  $\theta$  nebo  $h$

# Infiltrační pokus – dvouválcová metoda

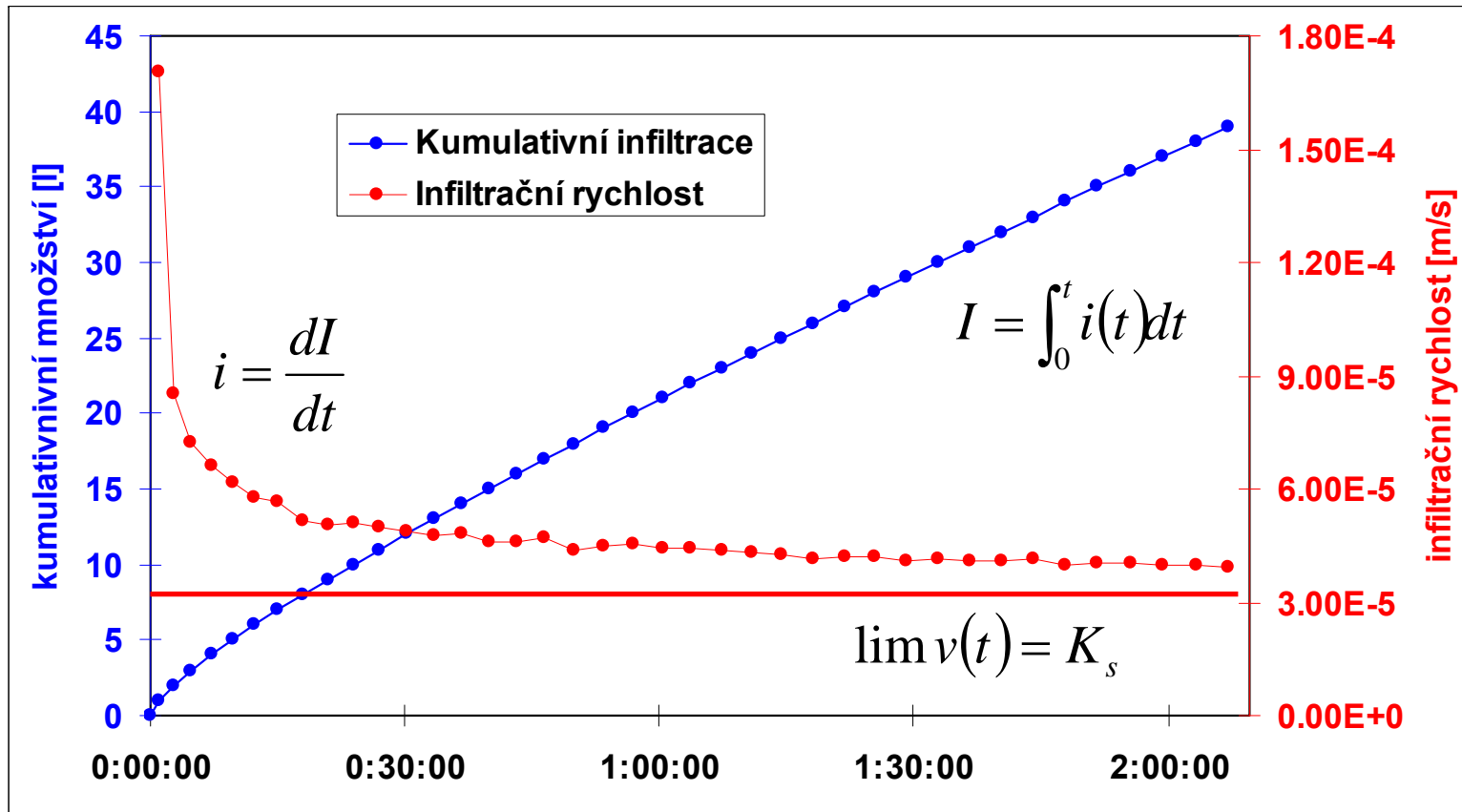
## postup pro 1D (jednodimenzionální) infiltraci:

- **Soustředné válce** zapuštěné do půdy
- Povrch půdy uvnitř menšího válce opatříme **hrotem** (hřebíkem)
- V čase  $t = 0$  **zalití vnitř. válce** a **mezikruží vodou**, zatopení hrotu
- Po **poklesu hladiny** uvnitř vnitřního válce **na úroveň špičky hrotu**, **dolítí známé dávky** vody
- **Opakováním postupu** se hladina udržuje na kvazi stálé úrovni
- Zaznamenávají se časy vynoření hrotu a objem dávek
- **Ze záznamů časů a objemů a známé plochy vnitřního válce lze snadno spočítat časové průběhy infiltrační rychlosti a kumul. infiltrace**



# Infiltrační pokus – dvouválcová metoda

infiltrační rychlost se během pokusu ustaluje - z počátečního nenasyceného stavu postupně sytíme vodou poloprostor pod válcem zvyšujeme  $\theta$  až  $\theta_s$  na a dosahujeme k proudění při **jednotkovém gradientu** Pro  $t$  blíží se limitně nule platí  $i(t) \rightarrow \infty$ . Pro velmi dlouhý čas, teoreticky pro  $t \rightarrow \infty$  je  $v \rightarrow K_s$ .





# Důležité otázky

**nutné, nikoliv postačující!!**

## Pedologie

1. Půdní formace – vyjmenujte 5 faktorů pedogeneze a napište, který je nezávislý
2. Co je půdní textura, základní dělení, kategorie
3. Co je půdní struktura, základní dělení, jak je ovlivňována
4. Procesy fyzikálního zvětrávání
5. Procesy chemického zvětrávání
6. Označení základních horizontů
7. Vyjmenujte alespoň 3 diagnostické horizonty a popište k jakým procesům v nich dochází (povrchové, podpovrchové) dle vašeho výběru
8. Jílové minerály, základní stavební struktura, vlastnosti
9. Co jsou to koloidy, jejich význam pro půdu
10. Popište princip elektrické dvojvrstvy

# Půdotvorné faktory

- Mateční substrát
- Podnebí, klima
- Působení organismů
- Topografie
- **Čas - nezávislý**

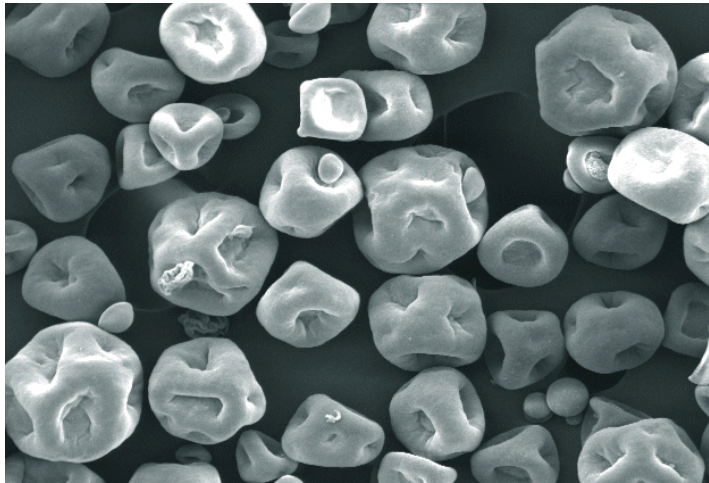


# Půdní textura a půdní struktura

↙

**zrnitost – %jíl, prach, písek**

dáno, nelze ovlivnit



půdní druhy

↙

**agregáty – prostorové  
uspořádání**

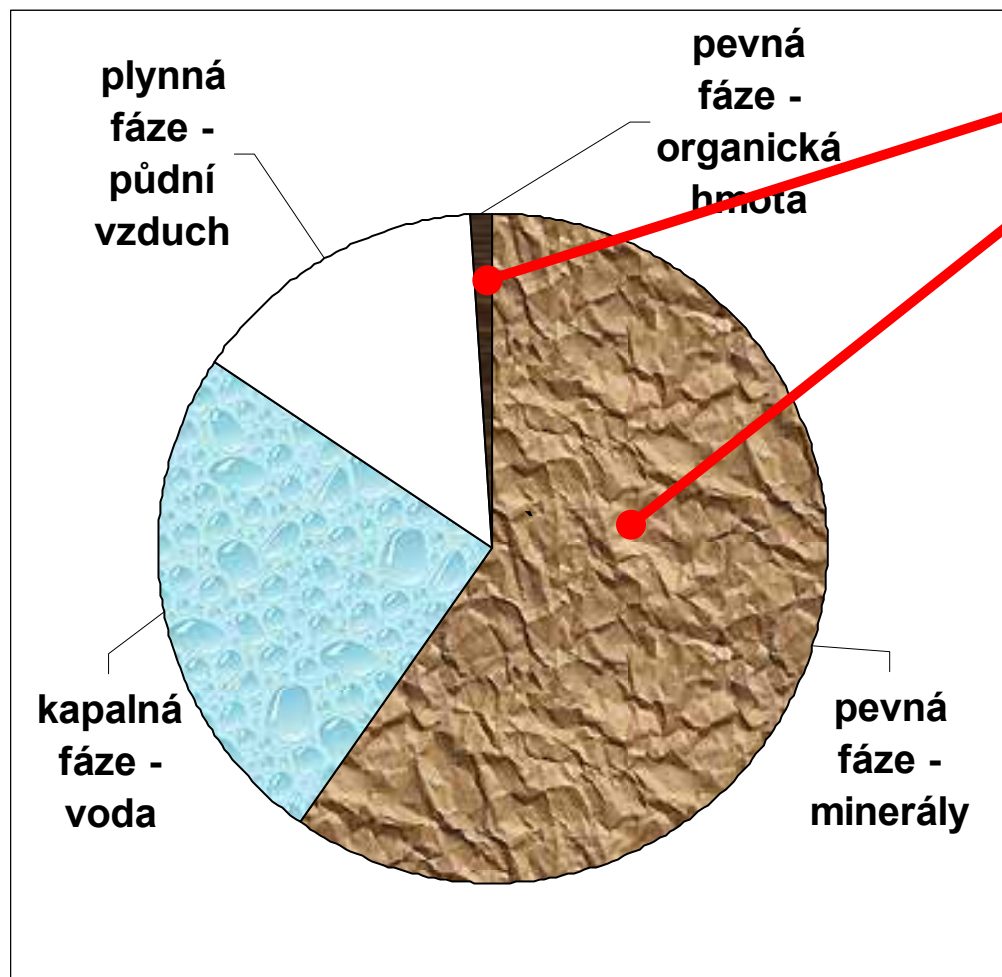
chemická vazba humusových  
složek na jílové částice

Ize ovlivnit pozitivně i negativně



půdní typy

# textura a struktura jsou parametry



**pevné fáze půdy**

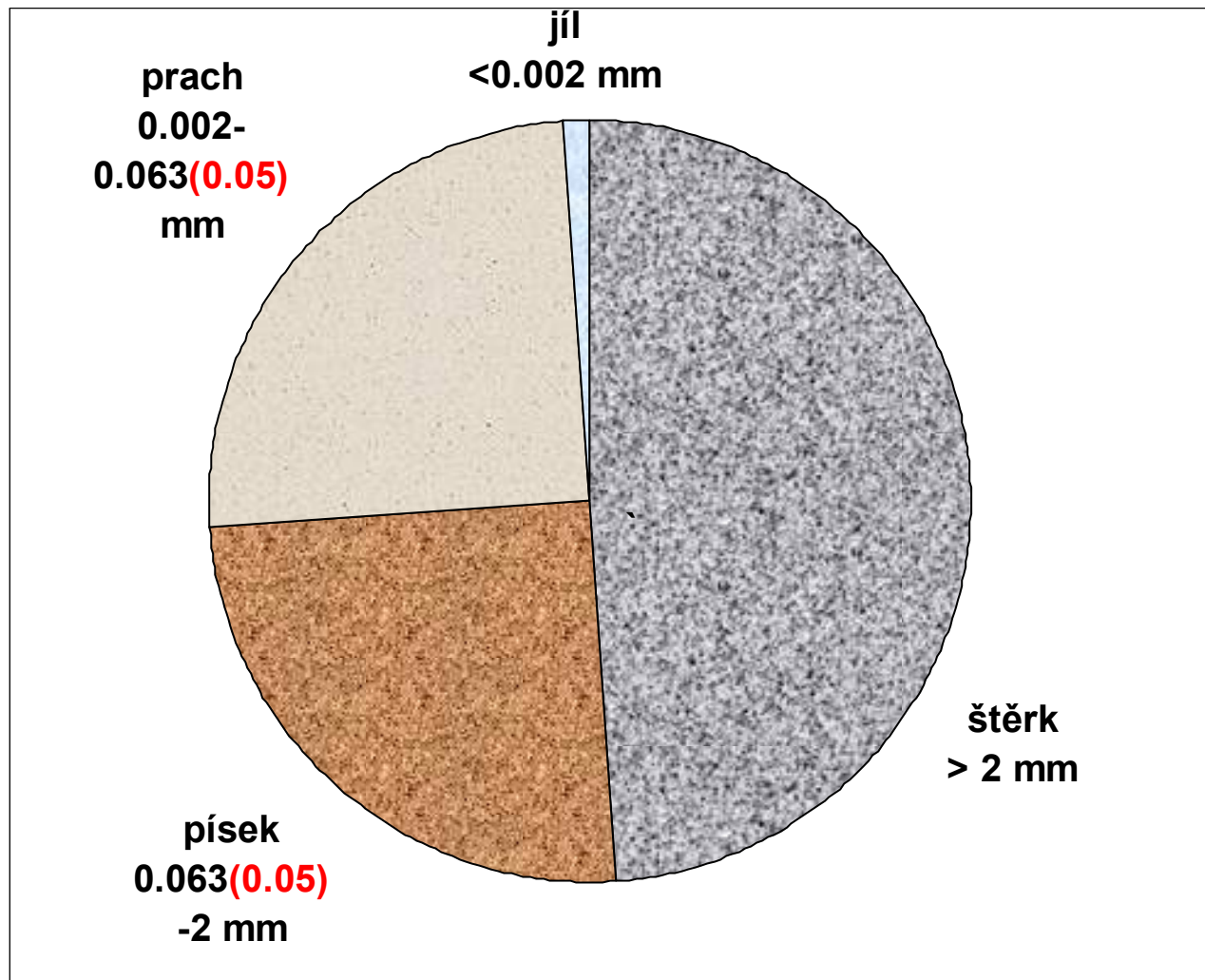
**textura se týká pouze minerální části pevné fáze**

**struktura je závislá na minerální a organické části p.f.**

# zrnitostní kategorie

štěrk, písek, prach, jíł

stanoví se jako rozdíly % zastoupení hmotnosti mezi hraniční velikostí zrn



## Klasifikace zrnitosti – půdní druhy dle Nováka

obsah I. kategorie < (0,01 mm) v %	pojmenování	makroskopický posudek
0 – 10	<b>píščitá</b>	ani za mokra se částice nespojují
10 – 20	<b>hlinitopíščitá</b>	částice se za mokra spojují, nelze však vyválet hádka
20 – 30	<b>píščitohlinitá</b>	lze vyválet hádka, snadno se rozpadá, skřípe mezi prsty
30 – 45	<b>hlinitá</b>	lze vyválet hádka
45 – 60	<b>jílovitohlinitá</b>	po stisknutí vlhké zeminy lesk, mastnost prstů
60 – 75	<b>jílovitá</b>	silná mastnost, lepkavost
nad 75	<b>jíl</b>	vysoká mastnost, lepkavost

# Základ struktury - mikroagregáty

- částice se na sebe vážou, protože organické látky a některé minerály jsou “lepivé”
  - **biologické zdroje:** polysacharidy, bílkoviny, bakteriální “lepidla”, huminové kyseliny-polymerizace na minerální zrna (není trvalé)
  - **mineralogické zdroje:**
    - povlaky amorfni povahy 1-10 nm na povrchu minerálů – cementace (**sesqui**)oxidy
    - karbonáty, silikáty (**jílové částice**),
    - **koagulované půdní koloidy**
    - **sedimentární mateční substráty** obsahující mikroagregáty



# Charakterizace půdní struktury

- *Typ:* Tvar agregátů (půda se do nich rozpadá)  
hrudkovitá, kostkovitá, sloupkovitá, lístkovitá
- *Velikost:*
  - jemná (mikroagregáty) <0.25 mm
  - hrubá (makroagregáty) >0.25 mm
- *Stupeň strukturovanosti:*
  - nestrukturní, slabě strukturní, s vyvinutou strukturou
- *Obecně*
  - mnoho jílu → silná struktura, velké bloky
  - mnoho org. hmoty → hrudkovitá struktura



# Fyzikální procesy zvětrávání

- Zmrazovací cykly
- Zvlhčování a vysychání
- Expanze a smršťování
- Exfoliace a odlehčení

heslovitý popis každého  
způsobu zvětrávání  
viz přednáška č. 2

# Chemické zvětrávání (Biogeochemické zvětrávání)

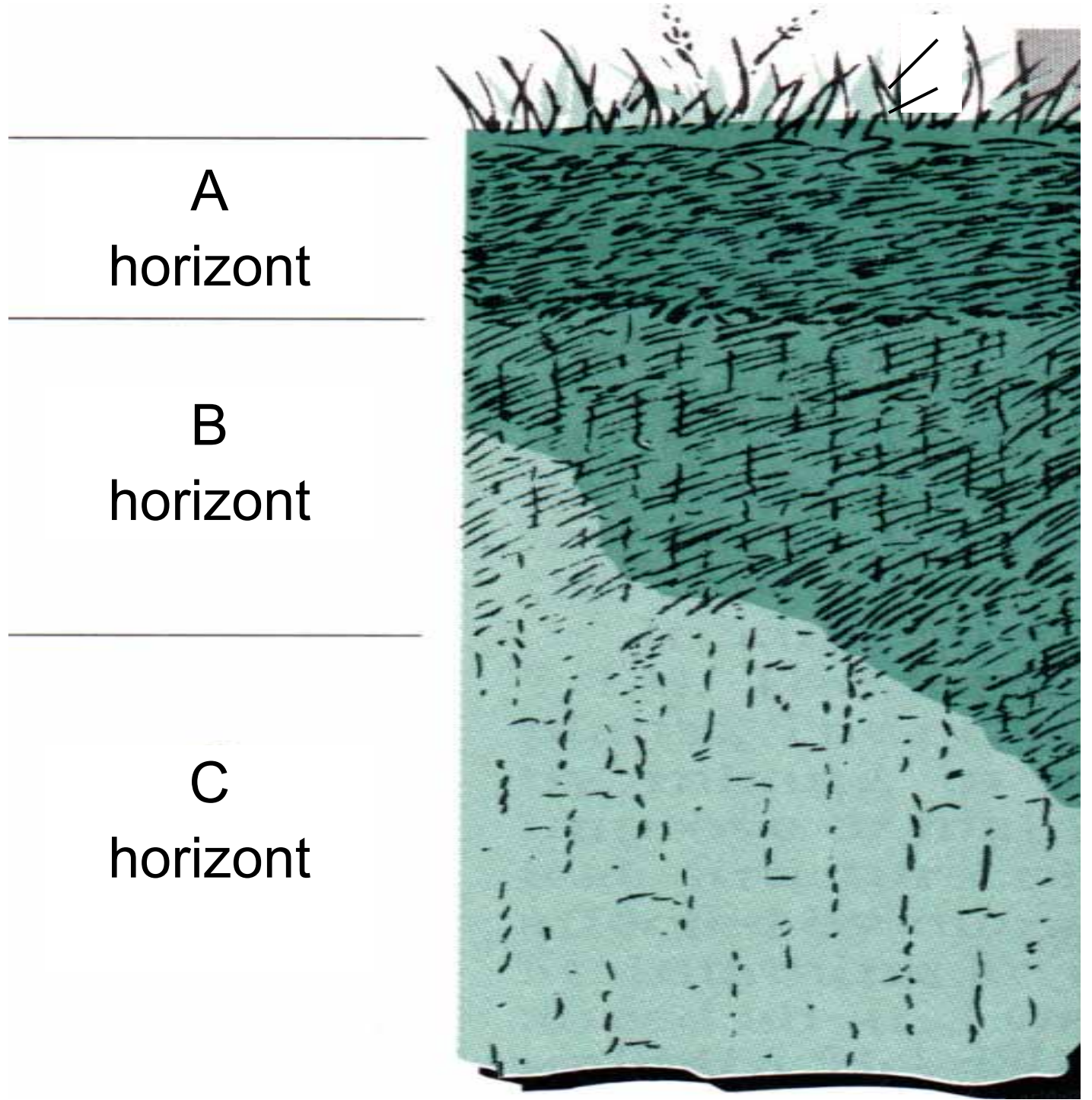
1. Hydratace
2. Hydrolýza
3. Rozpouštění
4. Oxidace-redukce REDOX

Všechny způsoby  
vyžadují přítomnost  
vody!!!



heslovitý popis každého  
způsobu zvětrávání  
viz přednáška č. 12

# Označení základních horizontů



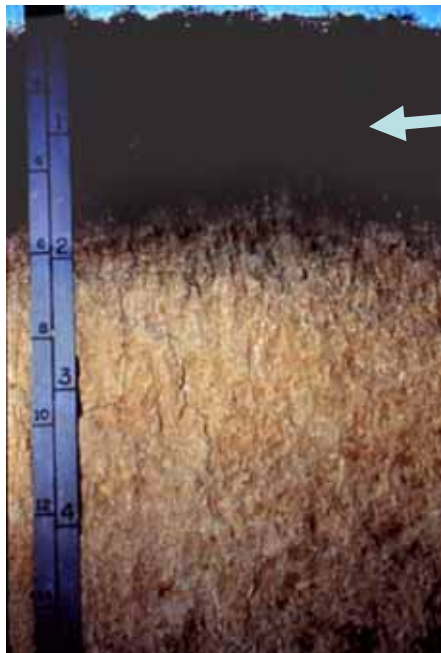
# *Označení základních horizontů*

- **O** Horizont nadložního humusu (tvořený pouze **O**rganickou hmotou)
  - **A** Povrchový horizont, půda s vysokým obsahem organické hmoty
  - **E** Eluviální (vybělený) podpovrchový horizont, kde dochází k vyplavování (**E**luviation)
  - **B** podpovrchový horizont (většinou dochází k depozici)
  - **C** Nejméně zvětralý (a nejhlubší) půdní horizont
- 
- **R** Skalní podklad (**R**ock)

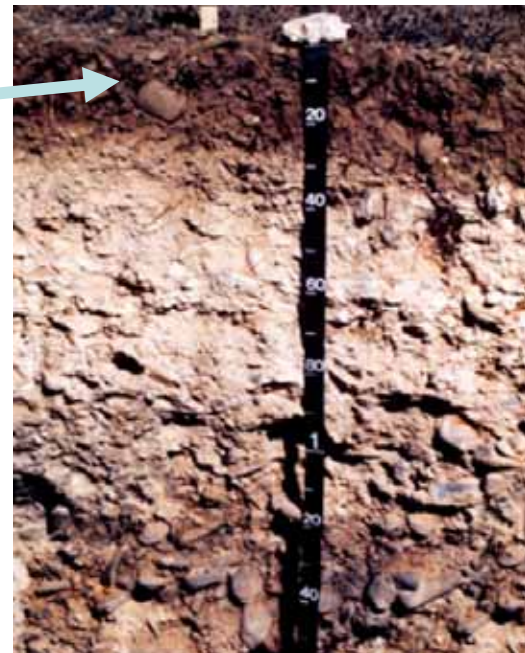
# Organominerální povrchové horizonty (epipedony):

**Iniciální** : mladý, mělký světle zbarvený horizont, vyvinutý na silikátových až karbonátových substrátech.

**Molický** (*WRB Mollic*) : hluboký, tmavě zbarvený povrchový horizont, sorpčně nasycený (rozlišuje se dále na **černický**, **melanický**)



← molický horizont →



# Organominerální povrchové horizonty (epipedony):

**Umbrický** - > 0.1 m (při obdělávání >0.25), tmavý, sorpčně nenasycený



← Umbrický horizont

**Antropický** (*WRB Anthropic epipedon*): povrchový horizont uměle vytvořený, nebo plně přetvořený s libovolným zbarvením.

**Orniční:** Ap vytvořen orbou a běžnou kultivací

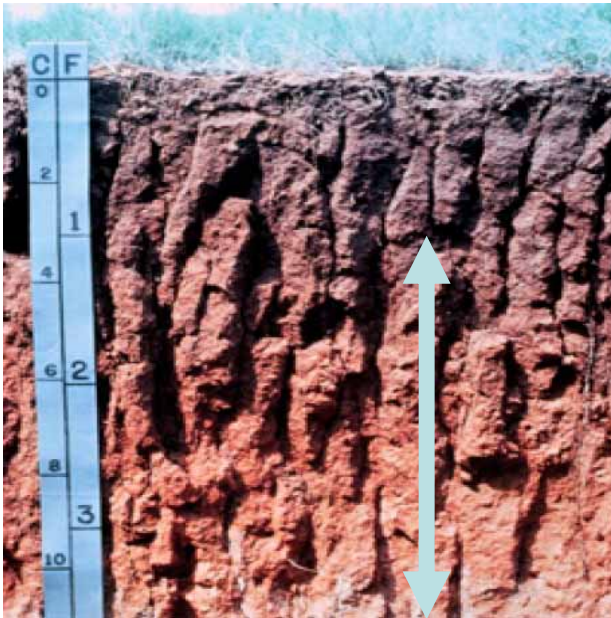
**Drnový:** vytvořen činností travní vegetace v původně lesním porostu



# Podpovrchové horizonty:

**Luvické, (argilické), Bt** (*WRB: Argic*): jílem obohacené horizonty s iluviálními povlaky koloidů. Polyedrická nebo prismatická struktura s povlaky jílu. **Bn** – natrický = vysoké Na, **Btg** – oglejený. Převládá hnědá matrice.

M.S.16



Luvický Bt



Natrický horizont Bn

**M.S.16**

Je mocný nejméně 15cm. Na povrchu strukturních elementů se vytváří argilany. Jsou to povlaky orientovaných koloidů (někdy se tyto povlaky vytváří na povrchu elementárních částic, např. při lamelové akumulaci jílu na píscích, které pak tvoří arenické subtypy). Jílem obohacený Bt-horizont vznikající při lessivaci (illimerizaci) je zrnitostně jemnější a těžší než ochuzený El-horizont nad ním ležící.

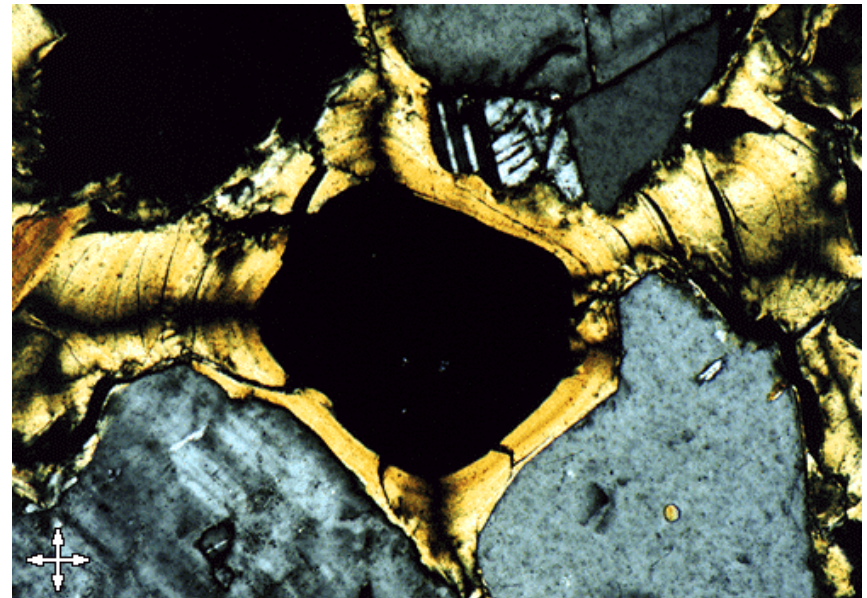
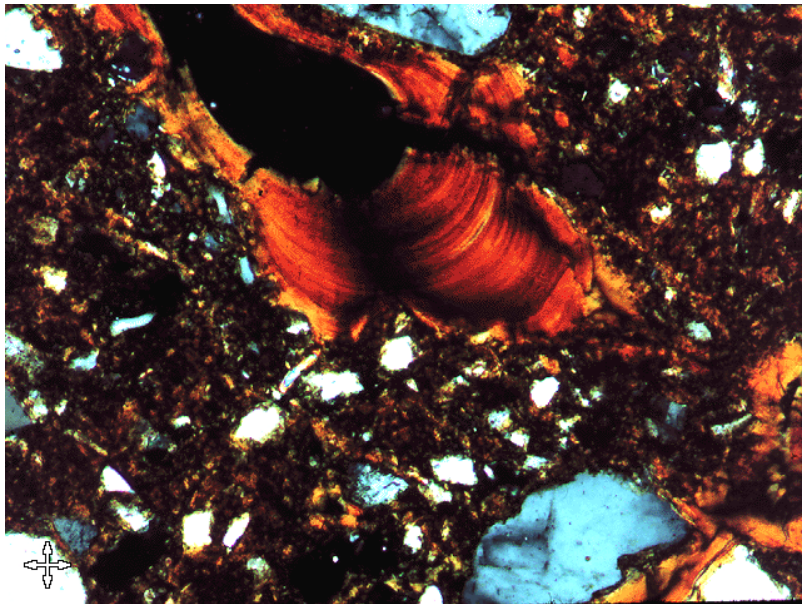
The argic horizon (from L. argilla, white clay) is a subsurface horizon which has a distinctly higher clay content than the overlying horizon. The textural differentiation may be caused by an illuvial accumulation of clay, by predominant pedogenetic formation of clay in the subsoil or destruction of clay in the surface horizon, by selective surface erosion of clay, by biological activity, or by a combination of two or more of these different processes. Sedimentation of surface materials which are coarser than the subsurface horizon may enhance a pedogenetic textural differentiation. However, a mere lithological discontinuity, such as may occur in alluvial deposits, does not qualify as an argic horizon.

Michal Snehota; 5.12.2005



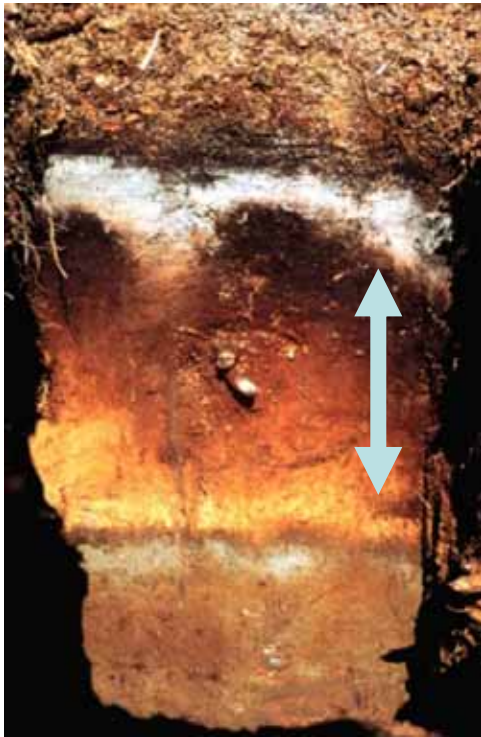
# Podpovrchové horizonty:

Luvické, (argilické) horizonty – mikroskopické snímky jílových povlaků



# Podpovrchové horizonty:

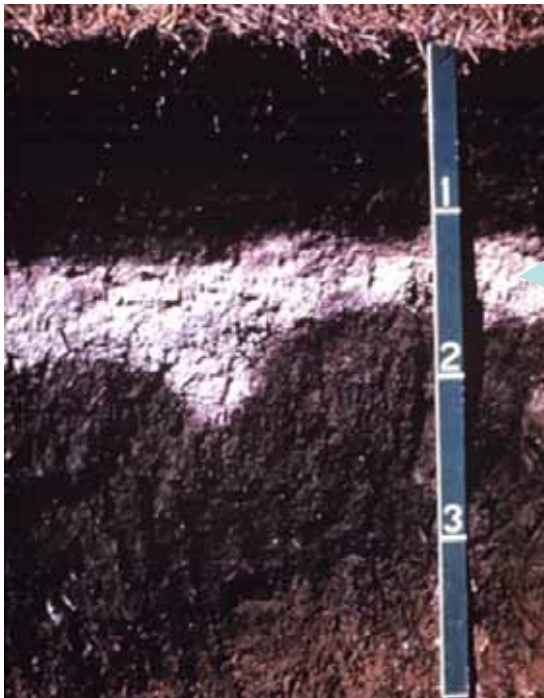
**Spodické Bs** (*WRB: Spodic*): horizont akumulace translokovaných nízkomolekulárních organických látek, hliníku a železa (Bs, Bhs, Bh). Je to výsledek procesu podzolizace, tj. peptizace humusu, uvolňování hliníku a příp. také železa, migrace tohoto materiálu perkolujícími vodami a jeho imobilizace a uložení. Ve svrchní části Bs-horizontu se mohou vytvářet pevné železité kůry, v oblastech s letním prosycháním, kdy písčité částice jsou stmelovány hydroxidy Fe.



**Spodický Bs horizont**

# Podpovrchové horizonty:

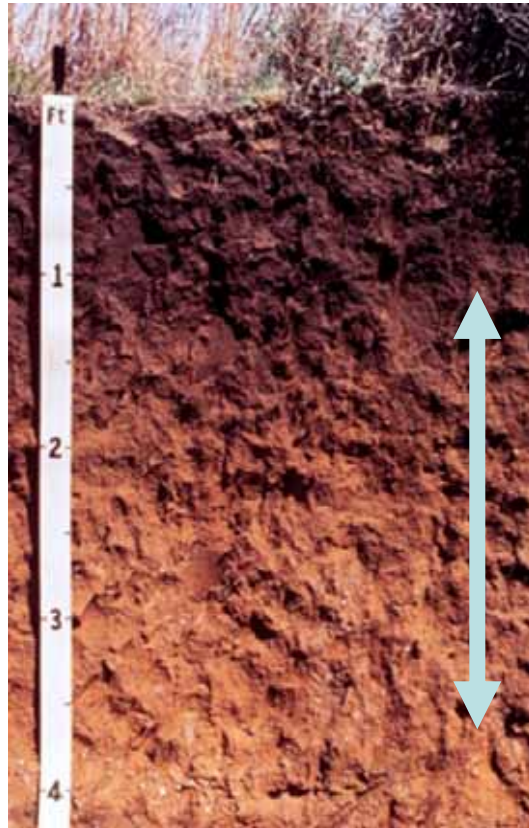
**Vybělený albický E** (*WRB: Albic*): - : převážně podpovrchový diagnostický horizont ležící pod O-horizontem nebo A-horizontem (pokud jsou přítomné). Je světlejší barvy jak horizonty nad a pod ním ležící. Je ochuzený o vyluhované minerální a organické koloidy, sesquioxidy, soli nebo jejich kombinace. Chybí mu nebo má jen velmi tenké povlaky na pískových a prachových zrnech. Má sníženou sorpční kapacitu oproti horizontům nad a pod ním ležícím.



Albický horizont

# Podpovrchové horizonty:

**Kambické Bv** (*WRB: Cambic*): je charakteristický alterací (změnou) bez iluviace. Převažuje chemické zvětrávání prvotních minerálů, přičemž se uvolňuje Fe, Mn, Al (hnědnutí-brunifikace). Bez výraznější akumulace humusu, iluviace a sesquoxidů (maximálně volný Al u dystrických kambizemí). Barva převážně hnědá až rezivě hnědá (ne rezivá).

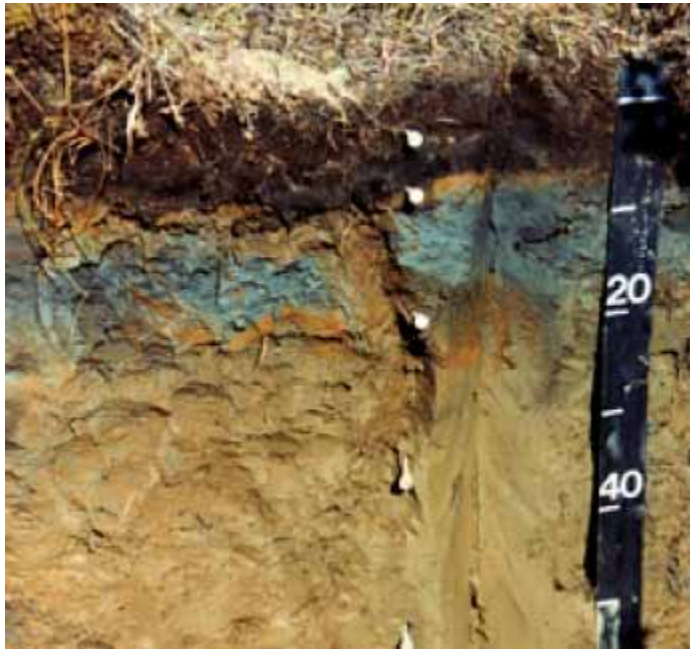


**Kambický horizont  
Bv**



# Podpovrchové horizonty:

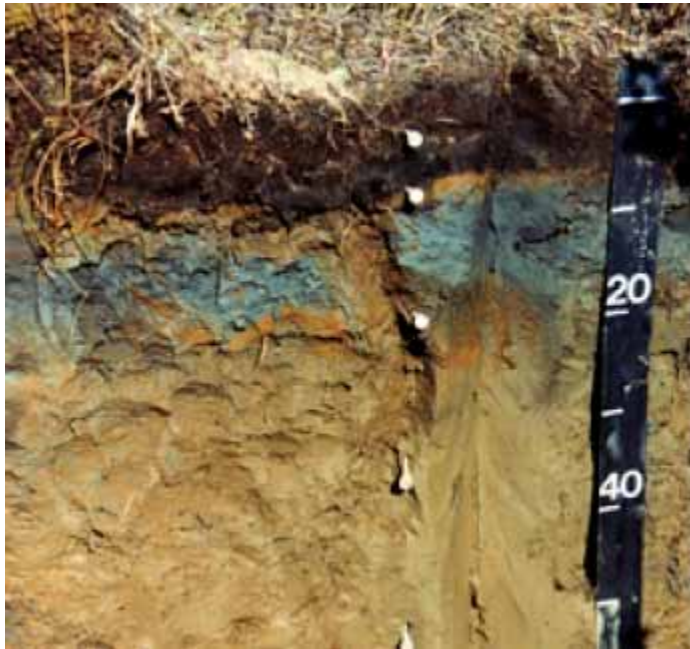
- glejové, reduktomorfní



**horizonty vytvářející se v dlouhodobě v nasycené zóně**  
-glejový, reduktomorfní Gr: pouze světle šedá až zelenavě šedá – modrošedá  
- dtto s rezivými novotvary – v horizontu rezavé rourky kolem kořenů

# Poznávání půdních typů

- glejové, reduktomorfní



**horizonty vytvářející se v dlouhodobě v nasycené zóně**  
-glejový, reduktomorfní Gr: pouze světle šedá až zelenavě šedá – modrošedá  
- dtto s rezivými novotvary – v horizontu rezavé rourky kolem kořenů

# Poznávání půdních typů – 2x

## Černozem



**Ap**

Tmavošedá hlinitá zemina výrazně drobtové struktury, drobivá

**A**

Tmavošedá hlinitá hornina, krupnaté struktury, soudržná

**A/Cca**

Plavošedá hlinitá zemina, slabě vápenitá, polyedrické struktury, soudržná; žilky uhličitanu vápenatého, krotoviny

**Cca**

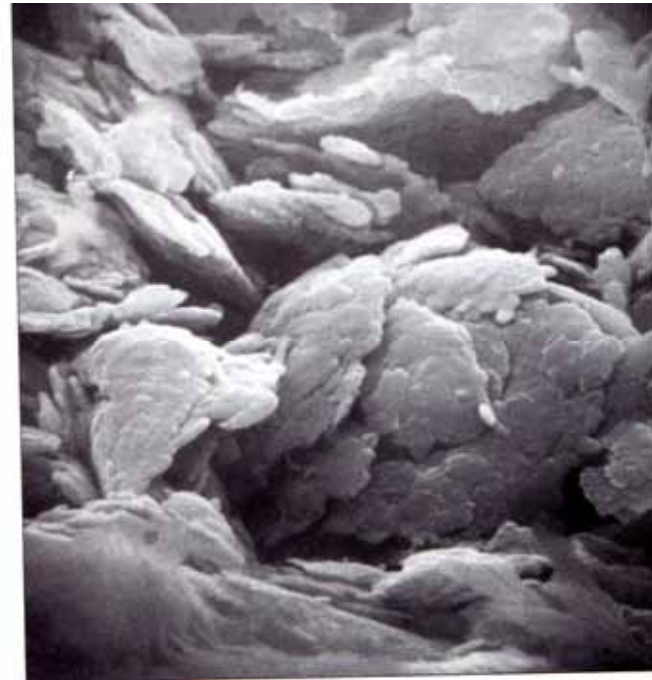
Plavá vápnitá spraš, hojné žilky uhličitanu vápenatého, krotoviny

**Určete půdní typ, referenční třídu – její základní rysy – vznik, charakteristiky, využití**



# Jílové minerály

- Produkty **zvětrávání** hornin (sekundární minerály)

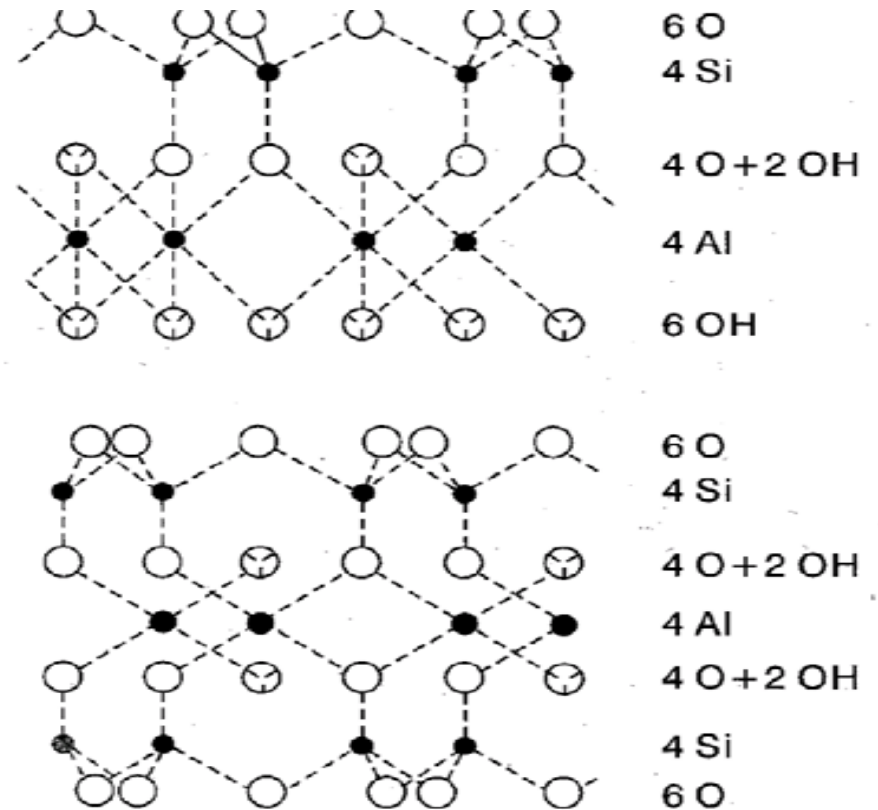


- Povrchový náboj: poutání iontů, ovlivňuje plasticitu a adhezi půdy, některé bobtnají

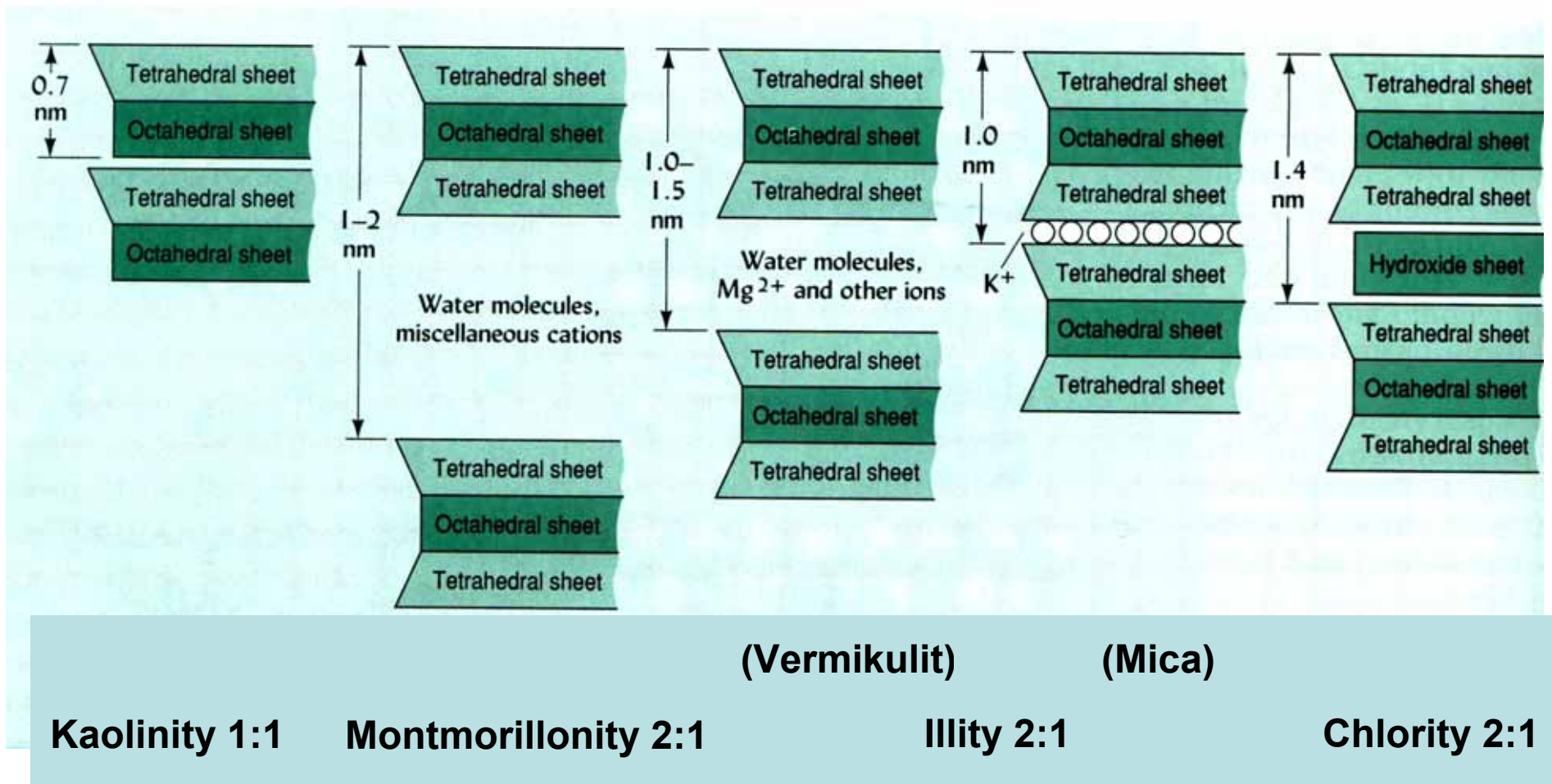


# Struktura jílových minerálů

Jílové minerály jsou tvořeny oktaedrovými a tetraedrovými vrstvičkami složenými v různém pořadí



# Typy jílových minerálů souhrn



# Koloidy

- vznikají půdotvornými procesy, především zvětráváním
- je to směs částecek různého tvaru a velikosti s příměsí organických látek - polydisperzní soustava.
- v soustavě jsou zastoupeny částěčky (disperzní podíl) a volné prostory mezi těmito částěčkami - póry vyplněny vodnými roztoky a vzduchem (disperzní prostředí).

# Koloidy

- **Vlastnosti koloidů = chemické vlastnosti půdy (poutají vodu, ionty)**
- Průměr < 2 μm
- Velký povrch > 10 m<sup>2</sup>/g (vnější)  
až 800 m<sup>2</sup> (vnější + vnitřní)



# Koloidy

**Koloidy (podle náboje)**

Acidoidy (adsobují kationty)

Bazoidy (adsorbují anionty)

**Amfolytoidy (náboj závisí na pH)**

pH ↓ ... bazoidy

pH ↑ ...acidoidy

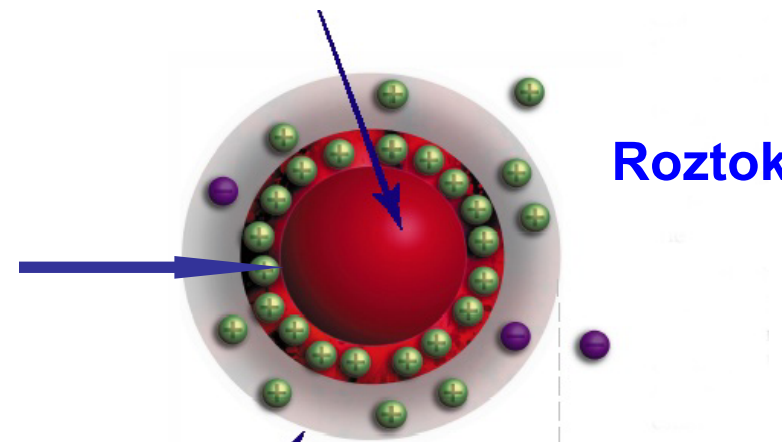
Sternova vrstva

Difuzní vrstva

Jádro – negativní náboj

Roztok

Acidoidní koloid



M.S.25 Soil Colloid Surface Charge and Dispersion

While much was being done during the late 1800s and early 1900s on exchange reactions, acidity, mineralogy, sodicity, and organic matter chemistry, another group of scientists were making major breakthroughs in basic science relevant to soil chemistry, which led to major contributions in understanding soil as a surface. For example, Reuss in 1807 discovered that by passing an electrical current through a porous diaphragm, the water moved through the capillaries to the cathode and the flow of water stopped immediately when the electric current was switched off. Reuss was puzzled with the phenomenon but had no explanation. In 1879, Helmholtz reproduced the phenomenon and provided the following explanation (which is essentially the same as accepted today by soil chemists, with some improvement): Water in a capillary is comprised of free-water and bound-water adjacent to the capillary walls, forming what is called the "Double Layer". Helmholtz postulated that the double layer consisted of two water layers. One layer located directly at the surface (which is very thin in comparison to the total double layer thickness) carrying negative charges, contains water that is rigidly attached to the capillary wall. The second, much thicker layer of water molecules (hence the term "double") carries positive charges that move toward the negative pole under an applied potential. In doing so the charges carry with them water molecules through the thicker part of the double layer.

Another major contribution to soil chemistry was that of Walther Herman Nernst, a physical chemist. In 1889, Nernst (Nobel Laureate) was trying to understand the chemical reactions proceeding in a battery. Nernst showed that the electrical current produced by a chemical reaction could be used to calculate the free energy change in the chemical reaction involved in producing the current. This led to the development of the Nernst Equation, which allowed Nernst to relate the electrical potential of a surface to its chemical potential. In 1910, a Frenchman named Gouy and in 1913 an Englishman named Chapman, independently produced the Gouy-Chapman or diffuse double layer model, to describe ion accumulation at a surface. The Gouy-Chapman model treated a charged surface as a capacitor while allowing for random thermal motion (i.e., diffusion) to counteract electrostatic effects. The major weakness of this theory was the assumption that what we presently know as ions were considered to be infinitely small point charges. In addition, Helmholtz's description of the two water phases in the double layer was ignored. Specific knowledge about ions, e.g., shape, size, charge make up, etc., became available after 1919 when Niels Bohr (Nobel laureate) first proposed his description of the properties of atoms. In 1924, Otto Stern revised the diffuse double layer model to incorporate Helmholtz's biphasic double layer description. The Stern description allowed for ions to approach the surface within a certain minimum distance forming a size-limited compact layer. Adding to the above, the description of the atomic bond in 1930 by Linus Pauling (Noble laureate) completed the picture of the so called triphasic properties of soil mineral surfaces: inner-sphere chemical complexes, outer-sphere physical complexes, and weak diffuse double layer physical complexes.

In 1941, Derjaguin and Landau, and in 1948, Verwey and Overbeek, independently produced what is known today as DLVO theory. This theory was based only on the diffuse double layer (Gouy-Chapman) model, ignoring the improvements of the biphasic nature described by strict double layer. However, the DLVO theory contributed significantly to the soil chemist's understanding of soil colloid dispersion, and how parameters such as cation type and valence, ionic strength, surface charge, and pH were quantitatively involved in predicting soil dispersion.

# Elektrická dvojvrstva

- k povrchu koloidů se záporným nábojem jsou přitahovány kationty - odpuzovány anionty
- kationty vytvářejí kolem koloidu prostorovou obálku
- kladným nábojem se neutralizuje náboj povrchu
- vzniklý útvar se nazývá **elektrická dvojvrstva**

# Elektrická dvojvrstva

