



**Agronomická
fakulta**

Vítězslav Vlček

Hydropedologie



Ústav Agrochemie, půdoznalství,
mikrobiologie a výživy rostlin

Fyzikální vlastnosti půd, kapilarita

S – půda jako celek:

V_S, m_S

Z – tuhá fáze (pevné částice):

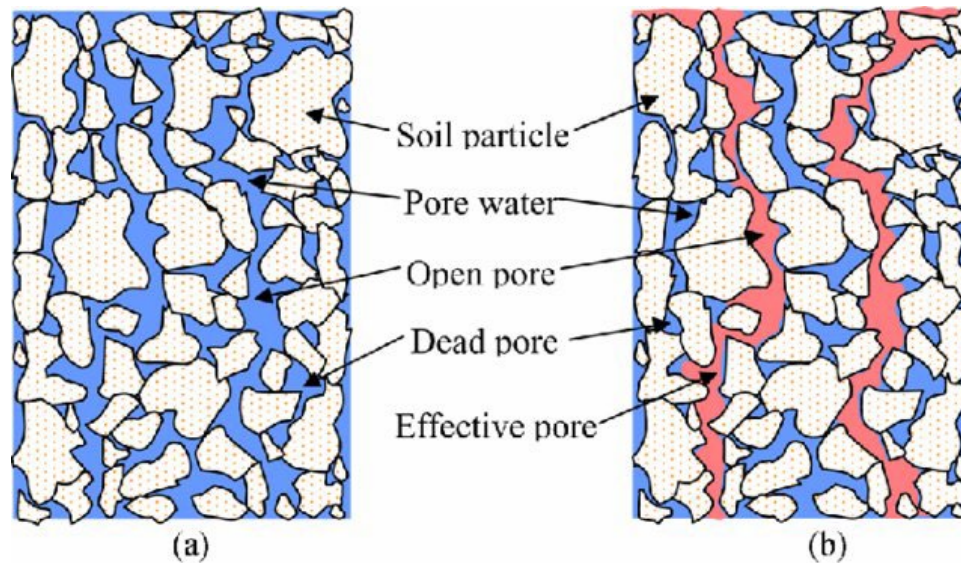
V_Z, m_Z

W – kapalná fáze (půdní roztok):

V_W, m_W

A – plynná fáze (půdní vzduch):

V_A, m_A



Měrná hmotnost (zdánlivá hustota tuhé fáze půdy) ρ_s je hmotnost jednotkového objemu (hustota) tuhé fáze půdy.

$$\rho_s = m_z / V_z \text{ (kg.m}^{-3}\text{; g.cm}^{-3}\text{)}$$

Měrná hmotnost závisí na obsahu různých minerálů a organických látek (humusu).

Nejvíce zastoupenými nerosty v minerálním podílu většiny půd je křemen a křemičitany.

Průměrná měrná hmotnost půdy je proto blízká jejich měrné hmotnosti **2650 kg.m⁻³** , tj. **2,65 g. cm⁻³**. Tuto hodnotu snižuje větší obsah humusu, naopak zvyšuje obsah těžkých minerálů, především oxidů železa.

Minerál	ρ , [g.cm ⁻³]
Kremeň	2,65
Orthoklas	2,53 – 2,58
Plagioklasy	2,67 – 2,74
Muskovit	2,76 – 3,00
Biotit	2,70 – 3,10
Mikroklín	2,55
Kalcit	2,60 – 2,80
Dolomity	2,80 – 2,90
Amfiboly a Augity	2,90 – 3,40

Minerál	ρ , [g.cm ⁻³]
Kaolinit	2,58 – 2,67
Halloizit	2,00 – 2,20
Illit	2,50 – 2,70
Montmorillonit	2,00 – 2,30
Nontronit	2,27 – 2,30
Hematit	4,90 – 5,30
Pyrit	4,90 – 5,20
Limonit	3,40 – 4,00

Objemová hmotnost redukována (objemová hmotnost zeminy po vysušení)

je hmotnost objemové jednotky (hustota) půdy v neporušeném stavu, po vysušení do konstantní hmotnosti.

Její hodnota je závislá na měrné hmotnosti a na podílu pórů v půdě.

$$\rho_d = m_z / V_s \text{ (kg.m}^{-3}\text{; g.cm}^{-3}\text{)}$$

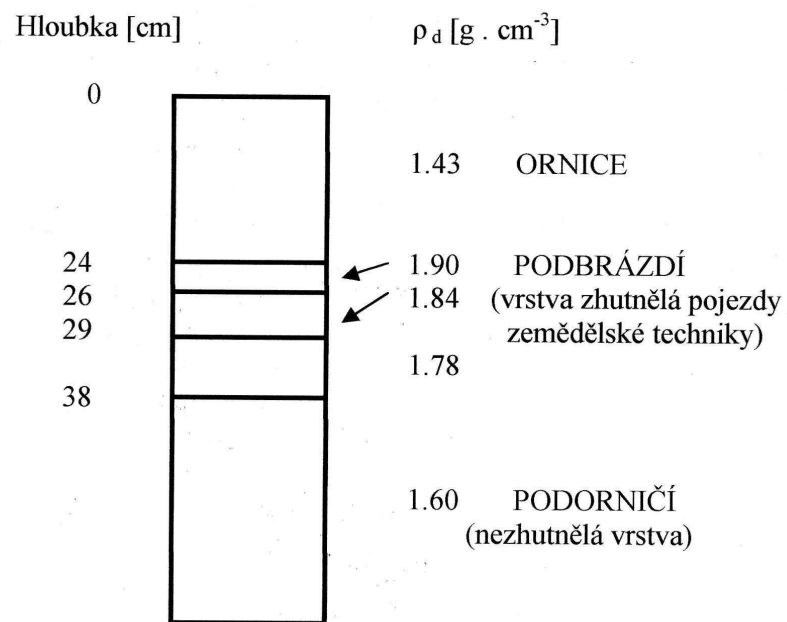
V humózním horizontu se nejčastěji pohybuje v rozmezí 1200 – 1600 kg.m⁻³, v podpovrchových horizontech tato hodnota zpravidla vzrůstá na 1600 – 1800 kg.m⁻³.

Objemová hmotnost redukovaná indikuje kyprost či ulehlost půdy.

**Kritické hodnoty objemové hmotnosti redukované
podle Lhotského (1984) v kg/m³**

půdní druh	J	JV, JH	H	PH	HP	P
ρ_d kritické	>1350	>1400	>1450	>1550	>1600	>1700

Příklad změn objemové hmotnosti redukované v profilu orné půdy.





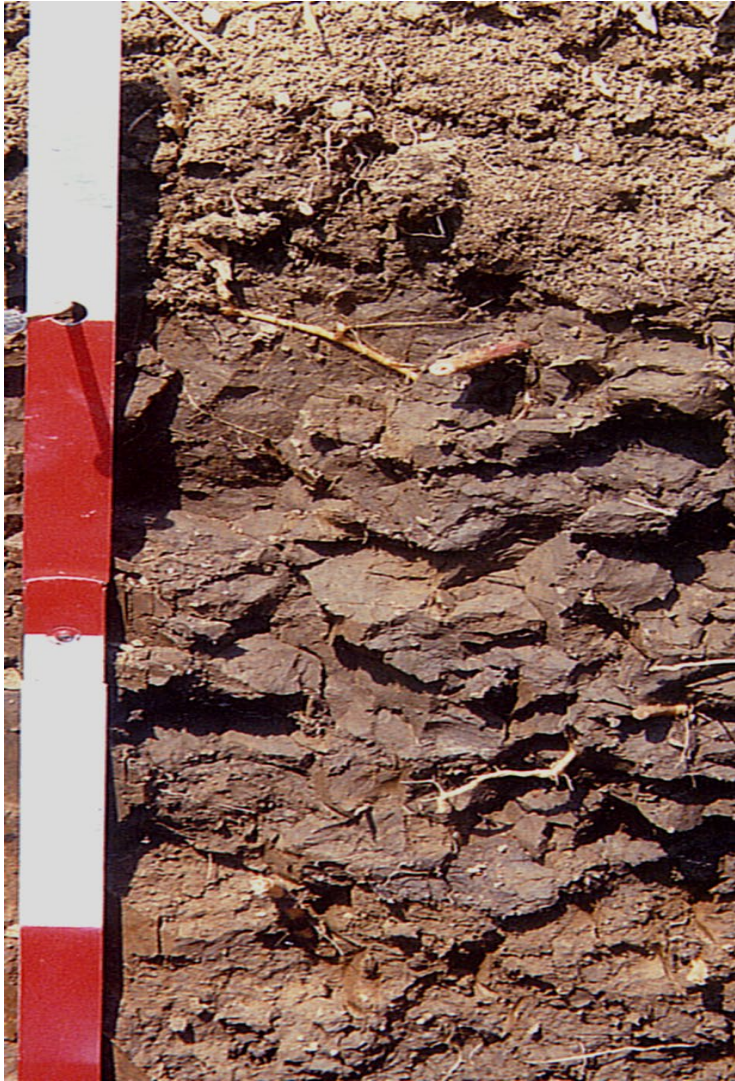


Foto E. Pokorný

- Používá se také při přepočtu obsahu živin (prvků, organické hmoty) v mg.kg^{-3} sušiny vzorku na kg.ha^{-1} (případně t.ha^{-1}).

$$y = \frac{m \cdot x \text{ [mg.kg}^{-1}\text{]}}{1\,000\,000} \text{ [kg.ha}^{-1}\text{]}$$

Hmotnost ornice na ploše 1 ha:

$$m = A \cdot h \cdot \rho_d \text{ [kg]}$$

A – plocha [m^2]

h – hloubka ornice [m]

ρ_d – objemová hmotnost suché zeminy (redukovaná) [kg.m^{-3}]

$$y = \frac{A \cdot h \cdot \rho_d \cdot x \text{ [mg.kg}^{-1}\text{]}}{1\,000\,000} \text{ [kg.ha}^{-1}\text{]}$$

Objemová hmotnost neredukovaná (objemová hmotnost vlhké zeminy) je hmotnost objemové jednotky (hustota) půdy v neporušeném stavu za okamžité vlhkosti, tj. s póry vyplněnými momentním obsahem vody a vzduchu. Její hodnota je závislá na měrné hmotnosti, na podílu pórů v půdě a míře jejich zaplnění vodou.

$$\rho_w = m_s / V_s \text{ (kg.m}^{-3}\text{; g.cm}^{-3}\text{)}$$

Je to hodnota nestálá, která se mění během roku v závislosti na vlhkostních poměrech v půdě.

Půdní pórovitost.

Prostory půdy nezaplňené tuhou fází nazýváme půdní póry. Poměr objemu pórů V_p k celkovému objemu půdy V_s v přirozeném uložení se nazývá **pórovitost půdy**:

$$P = V_p / V_s \cdot 100 (\%)$$

Můžeme ji vypočítat z měrné hmotnosti a objemové hmotnosti redukované:

$$P = (\rho_s - \rho_d) / \rho_s \cdot 100 (\%)$$

Celková pórovitost zemědělských půd se ve svrchních vrstvách pohybuje většinou v rozmezí 40–60 %.

U půd silně humózních a rašelinných může dosahovat více jak 70–80 %.

Ve spodních vrstvách klesá na 30–40 %, u půd zamokřených (glejových) i pod 30 %.

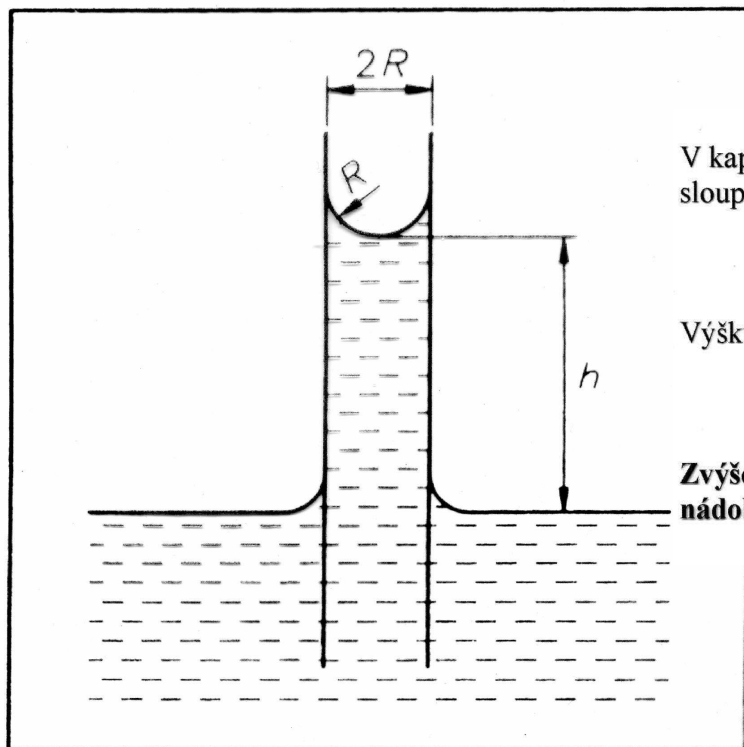
Celková pórovitost, podobně jako objemová hmotnost reduková, vyjadřuje míru kyprosti či ulehlosti půdy.

Kritické hodnoty pórovitosti (%) podle Lhotského (1984)

půdní druh	J	JV, JH	H	PH	HP	P
P kritické	< 48	< 47	< 45	< 42	< 40	< 38

Pro funkci pórů je významná jejich velikost. Póry se třídí zpravidla podle druhu a velikosti sil, které působí na vodu v nich obsaženou.

Kapilární póry jsou ty, v nichž je voda ovládána kapilárními silami. Ty vodu zadržují v dané hloubce a umožňují její pohyb z hladiny podzemní vody proti působení gravitace. V těchto pórech probíhají chemické, fyzikálně-chemické a biologické pochody. Ve strukturních půdách se nachází téměř výhradně **uvnitř agregátů**.



V kapiláře vystoupí kapalina do takové výšky h , při které hydrostatický tlak odpovídající sloupci kapaliny výšky h je stejný jako kapilární tlak. Má-li kapalina hustotu ρ , pak platí:

$$h\rho g = 2\sigma / R. \quad (\sigma - \text{povrchové napětí})$$

Výšku h při kapilární elevaci vypočítáme podle vztahu:

$$h = 2\sigma / \rho g R.$$

Zvýšení volné hladiny v kapiláře vzhledem k volnému povrchu kapaliny ve vnější nádobě je nepřímo úměrné poloměru kapiláry.

Nekapilární póry charakterizuje neomezené působení gravitace na vodu, která se v nich volně pohybuje směrem do nižších vrstev a na její místo se dostává vzduch. Významně se podílejí na výměně plynné fáze mezi půdou a ovzduším.

Ve strukturních půdách se nachází především **mezi agregáty**.

Klasifikace, charakteristiky a funkce jednotlivých pórů. (podle Brewera, 1964)

Třídy pórů	Typy pórů	Průměr (mm)	Charakteristika a funkce
Makropóry	Makropóry	> 0,08	Nachází se mezi pedy, vody nimi prosakuje, prostředí pro kořeny a edafon
Mikropóry	Mezopóry	0,03-0,08	Pohyb vody kapilárními silami, prostředí pro houby a kořenové vlášení
	Mikropóry	0,005-0,03	Nachází se uvnitř pedů, obsahují vodu využitelnou rostlinami, prostředí pro bakterie
	Ultramikropóry	0,0001-0,005	Spojené s jíly, obsahují vodu nevyužitelnou rostlinami, není již prostředí pro většinu mikroorganismů
	Kryptopóry	< 0,0001	Není prostředím ani pro mikroorganismy, velmi malé pro větší molekuly

Kapalná fáze půdy

Adsorpční koeficienty plynů ve vodě

Plyn	Teplota °C			
	0	10	20	30
vzduch	0,029	0,023	0,019	0,016
CO ₂	1,713	1,194	0,878	0,665
H ₂ S	4,670	3,399	2,582	2,037
CH ₄	0,056	0,042	0,033	0,028

Osmotický tlak vs. koncentrace solí

Osmotický tlak narůstá s rostoucí koncentrací roztoku, liší se ale i v závislosti na druhu soli:

0,1 molu hroznového cukru vyvolá osmotický tlak 2,43 atmosféry, 0,1 molu NaCl ale vyvolá osmotický tlak 4,9 atmosféry,

Jestliže je tedy osmotický tlak půdního roztoku vyšší než sací tlak kořenů, stává se voda v takovém roztoku rostlinami nepřístupnou a lze ji nazvat „mrtvou“ vodou...

Koncentrace navíc ovlivňuje výšku kapilárního zdvihu...

Homoiohydratické organismy vs. poikilohydratické organismy...

Řasy, plísně – až 200 atmosfér

Kulturní rostliny až 35 atmosfér

Pohyb vody v půdním profilu směrem dolů je závislý na:

- Množství a spojitosti nekapilárních pórů – obojí závisí na struktuře
- Hydrataci iontů
- Odporu vzduchových bublin – tzn. vliv barometrického tlaku