

Hydropedologie

Přednáška 4

Půdní textura

stanovení zrnitosti, klasifikace, vlivy

Půdní struktura

vznik, klasifikace, vlivy

Barva půd

kvantifikace odstínu, sytosti a tmavosti

Odběry půdních vzorků

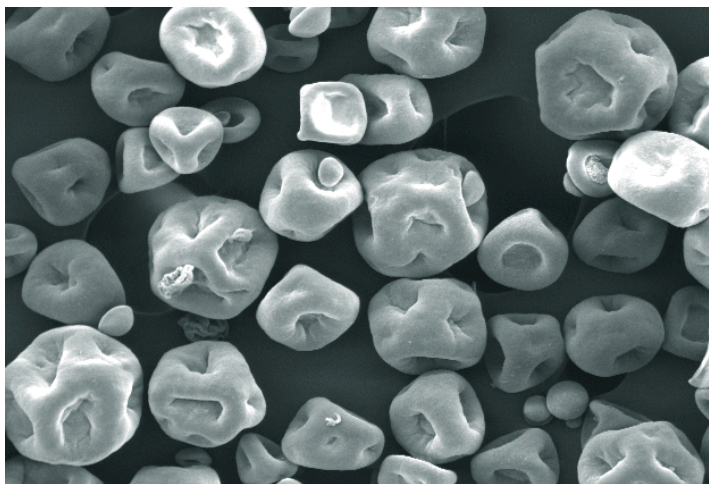


Půdní textura a půdní struktura

↙

zrnitost – %jíl, prach, písek

dáno, nelze ovlivnit



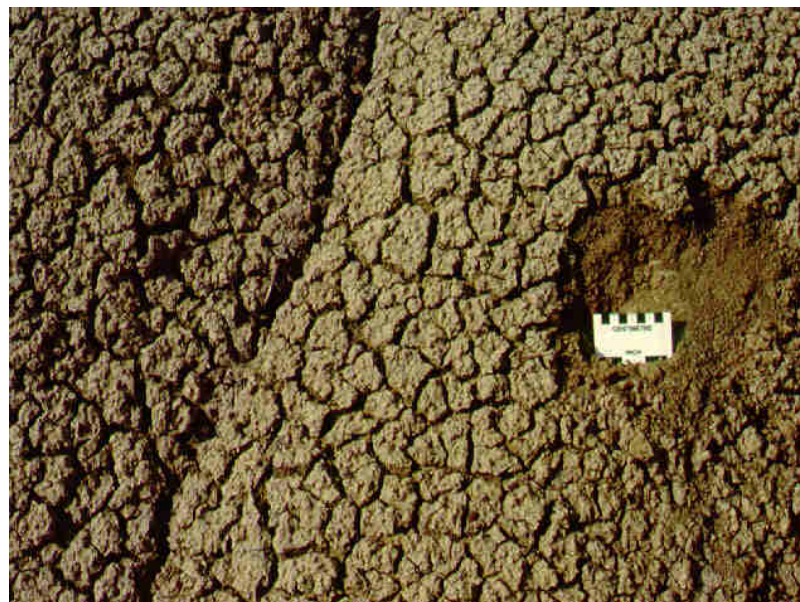
půdní druhy

↘

agregáty – prostorové uspořádání

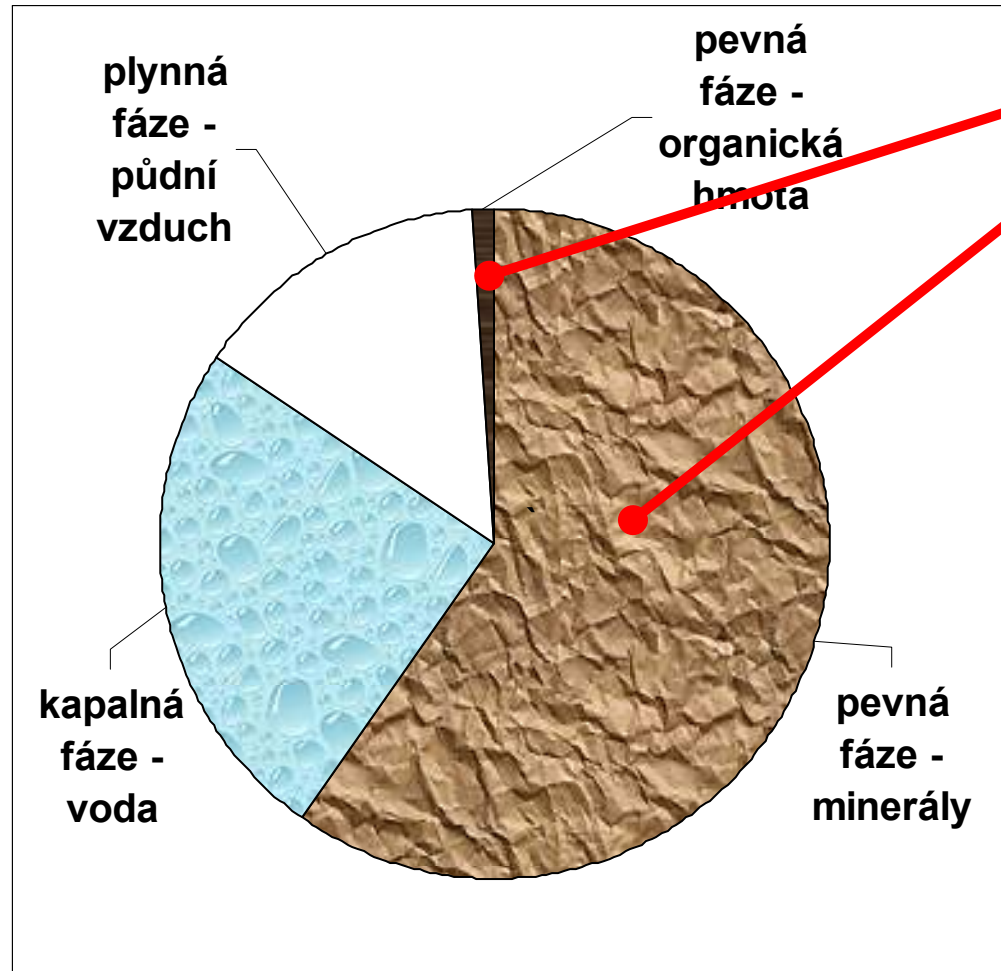
chemická vazba humusových složek na jílové částice

lze 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.**

půdní textura

půdní zrnitost je kvantitativní zastoupení zrn různých velikostí v půdě

- souhrn primárních i sekundárních minerálů
- anorganického původu
- vzniká půdotvornými pochody z matečných hornin

množství a povaha pevné části půd je dána složením, zrnitostí, stupněm a intenzitou zvětrávání substrátu

ovlivňuje nebo podmiňuje půdní vlastnosti a zpětně pedogenezi

půdní materiál tvoří minerální zrna různé velikosti a tvaru (pravidelná x nepravidelná, kulatá, zploštělá, tyčinkovitá, lístkovitá, oblá x ostrohranná)

půdní textura – zrnitost – půdní druhy

půdní zrna se dělí do tříd – **frakcí** podle jejich velikosti
v relativním měřítku lze provést představu velikosti:

sud



písek
(vrzavý, chrupající)
(2.00 - 0.05 mm, pedologie)
(2.00 - 0.063 mm, geotechnika)

talíř



prach (moučnatý)

(0.05 - 0.002 mm,
pedologie)
(0.063 - 0.002 mm,
geotechnika)

mince



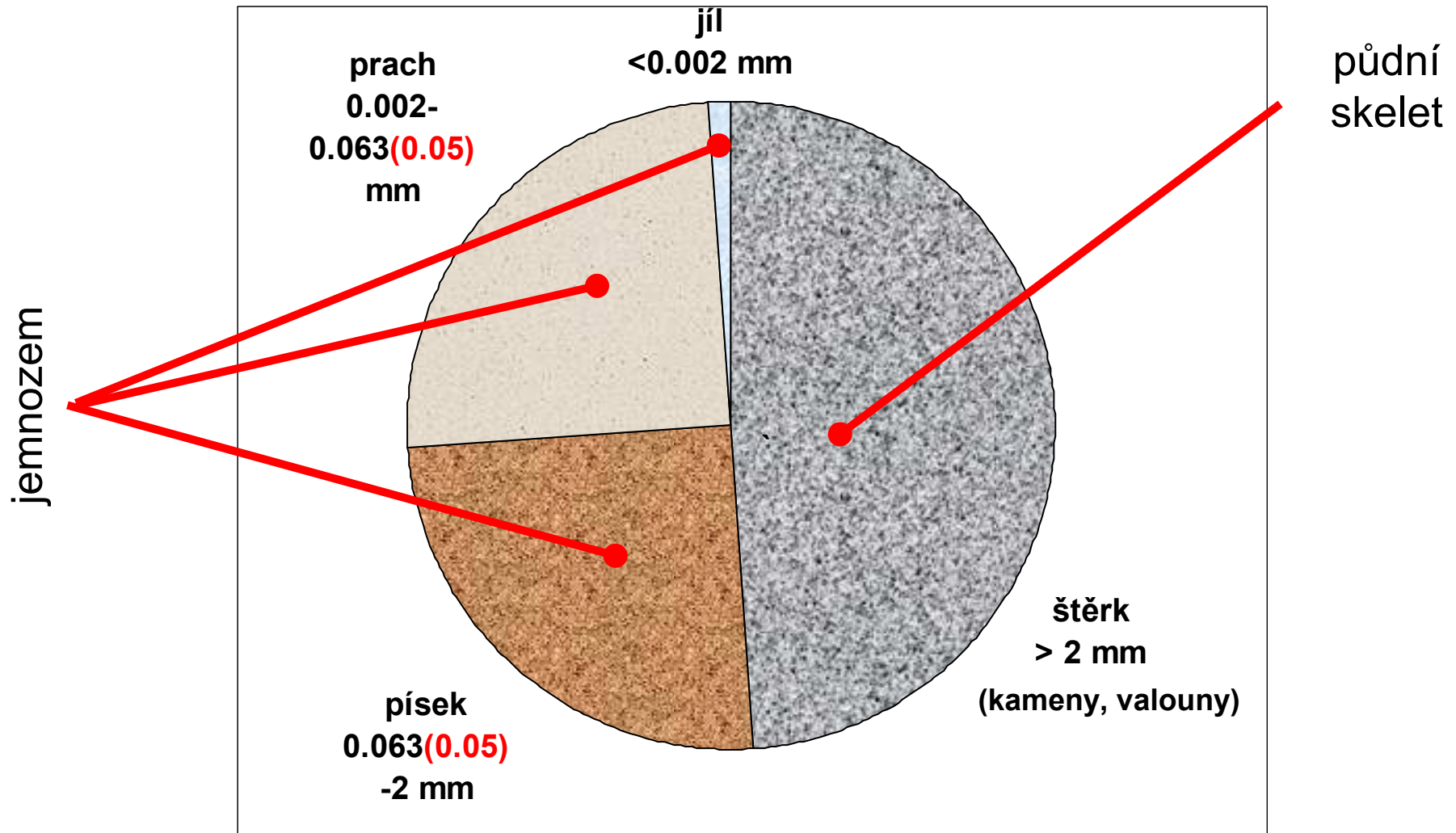
jíl
(lepivý)

(< 0.002 mm,
geotechnika)
(< 0.002 mm,
geotechnika)

zrnitostní kategorie

štěrk, písek, prach, jíł

stanoví se jako rozdíly % zastoupení hmotnosti mezi hraniční velikostí zrn



zrnitostní kategorie

půdní skelet > 2 mm

půdní skelet způsobuje štěrkovitost, kamenitost až skeletovitost půd

1-10% skeletu	půdy slabě štěrkovité
10-30% skeletu	půdy středně štěrkovité
30-75% skeletu	půdy silně štěrkovité nebo kamenité
>75% skeletu	půdy skeletové

skeletem se především zabývá geotechnika - pro informaci:

zaoblené	/	ostrohranné
>200 mm: balvany	/	bloky
200-63 mm: valouny	/	hrubé kameny
63-20 mm: hrubý štěrk	/	střední kameny
20-6.3 mm: střední štěrk	/	jemné kameny
6.3-2 mm: jemný štěrk (štěrčík)		

zrnitostní kategorie - jemnozem

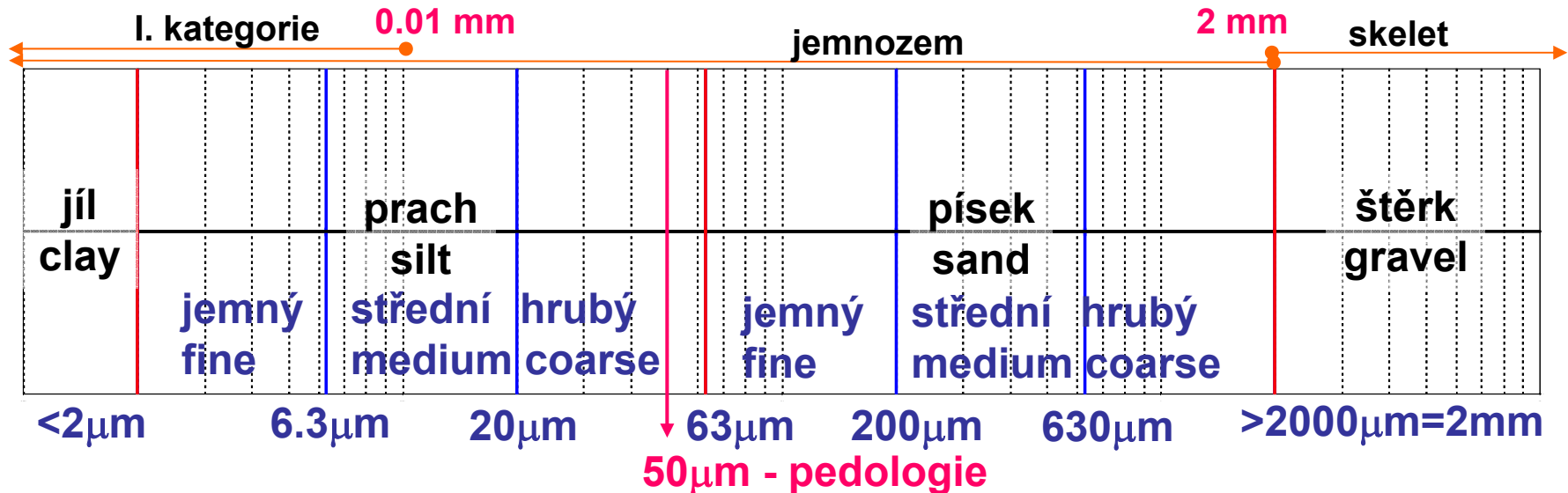
původní frakce podle Kopeckého plavícího přístroje:
zrna <0.01 mm označována jako **I. kategorie**

zrna > 2 mm – **skelet**

zemina bez skeletu se nazývá **jemnozem**

částice < 0.002 mm (< 2 μ m) – fyzikální jíl

částice < 0.0001 mm (<0.1 μ m) – koloidní jíl



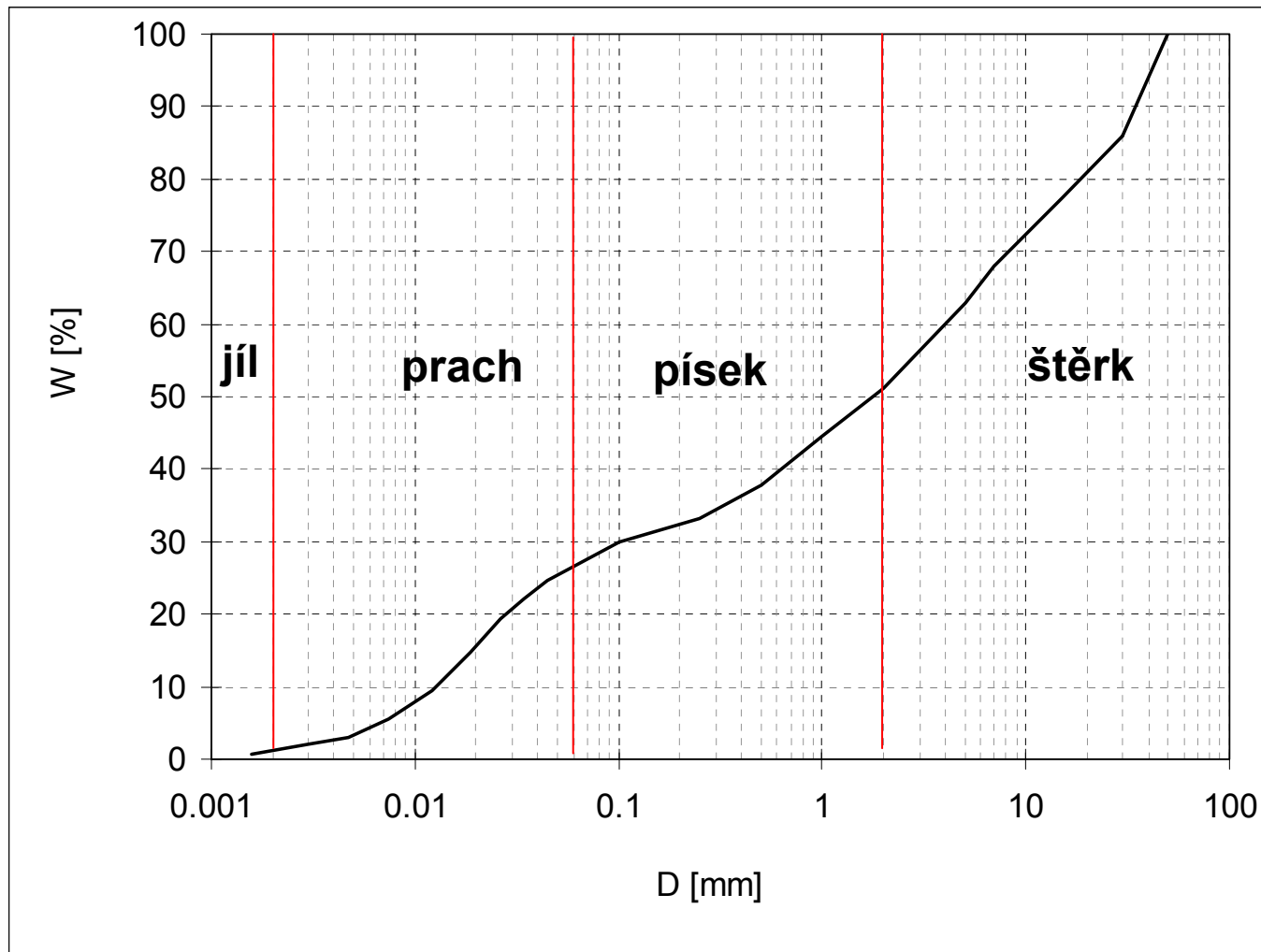
frakce (kategorie) dle Kopeckého (1928)

I: 0.01mm ("jíl"), **II: 0.01-0.05 mm** ("prach"),

III: 0.05-0.1 mm ("práškovitý písek), **IV: 0.1-2 mm** (písek)

Čára zrnitosti

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

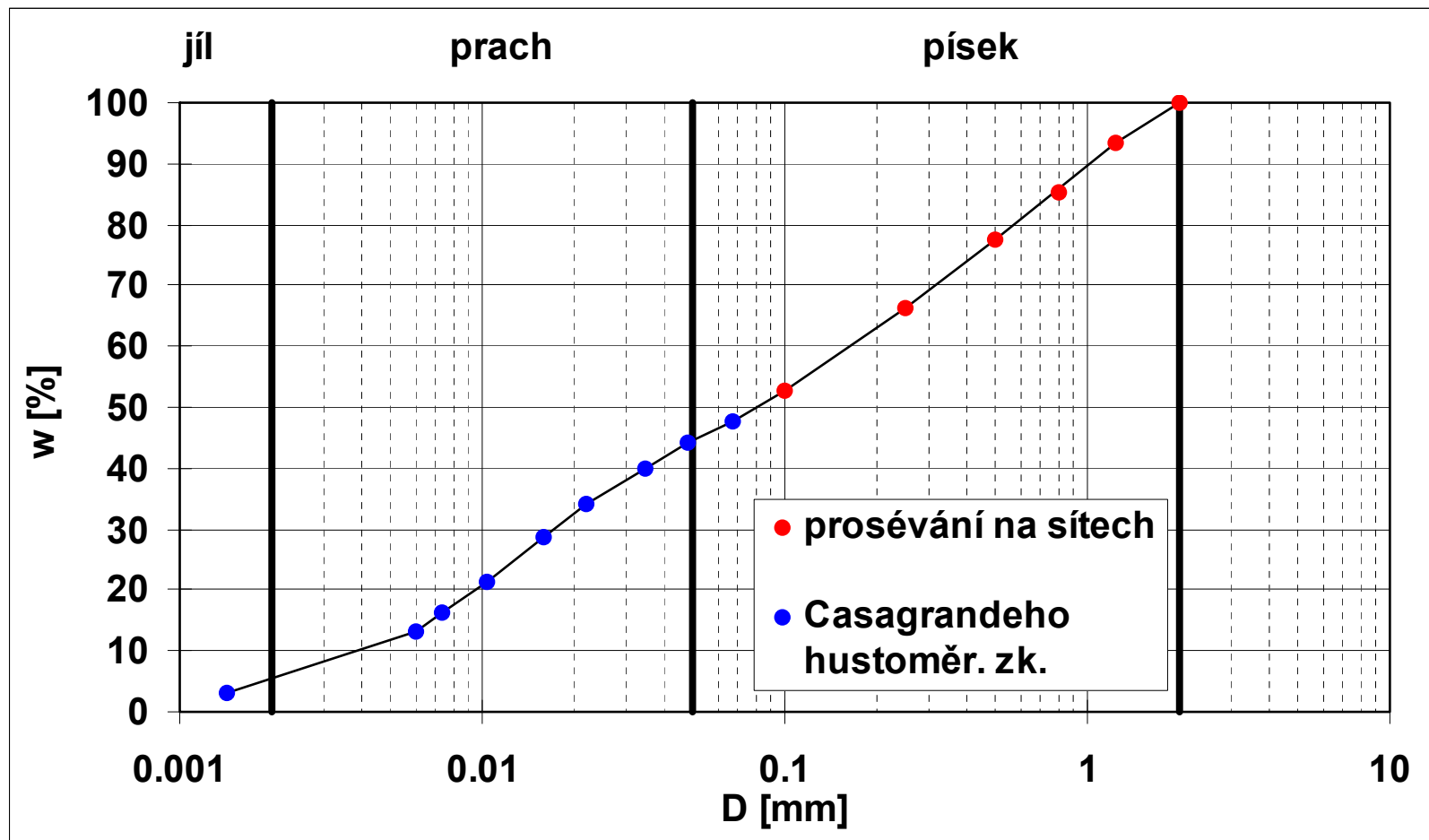


Čára zrnitosti - jemnozem

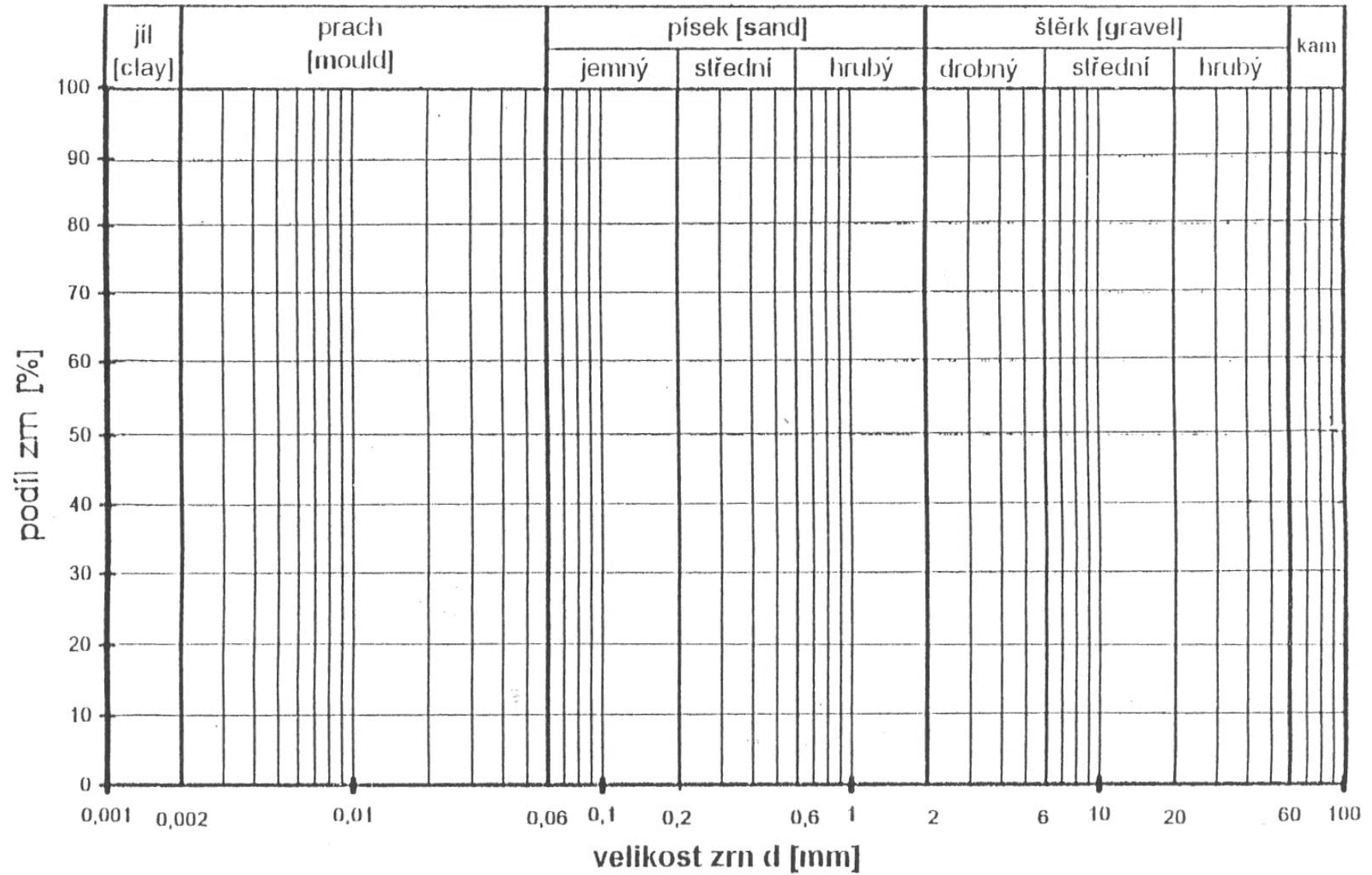
nejběžnější kombinace metod stanovení:

prosévání na sítích (písek)

a Casagrandeho hustoměrná zkouška (prach, jíł)



ČÁRA ZRNITOSTI



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 zmenšuje (zmenšuje se velikost oka)
- na sítích se zachycují zrna v intervalu prostupnosti ok susedních 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

$$v = \frac{2}{9} \frac{gr^2(\rho_s - \rho_o)}{\eta}$$

r – poloměr zrna [cm]

g - tíhové zrychlení [cm.s⁻²]

ρ_s – hustota částic [g.cm⁻³]

ρ_o – hustota disperzního prostředí při dané teplotě [g.cm⁻³]

η – dynamická viskozita disperzního prostředí [g.cm⁻¹.s⁻¹]

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

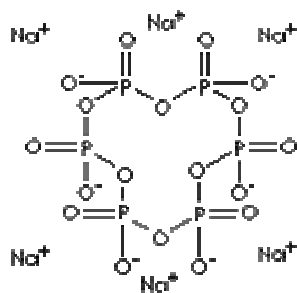
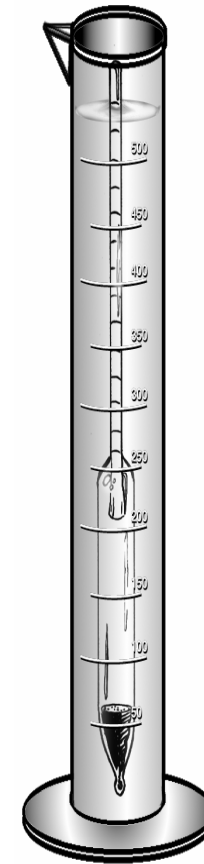
Hustoměrná metoda

měříme v určitých časových intervalech hustotu suspenze,

vlivem různě rychlé sedimentace klesá postupně hustota suspenze, lze výpočtem zjistit procentuální zastoupení částic

jíl v suspenzi

usazený prach



peptizační činidlo k zamezení jejich srážení jemných částic

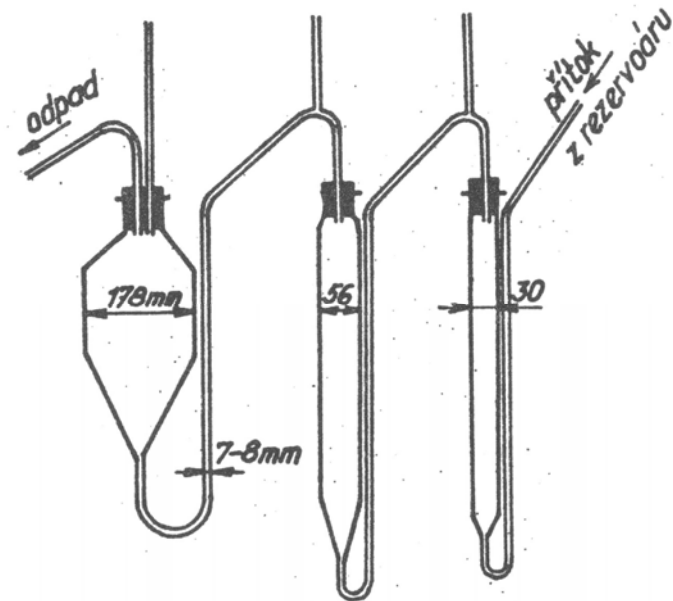
hexametafosforečnan sodný $(\text{NaPO}_3)_6$

time	reading	temp.	viscosity	D	w	W
t	R	T	η	mm	%	%
min		$^{\circ}\text{C}$				
0.5	28.5	25	0.00943	0.04468	48.2	24.7
1	25.4	25	0.00943	0.03457	43.3	22.1
2	22.1	25	0.00943	0.02650	38.0	19.4
5	16.4	25	0.00943	0.01880	28.8	14.7
15	10.0	25	0.00943	0.01205	18.4	9.4
45	5.3	25	0.00943	0.00741	11.0	5.6
120	2.2	25	0.00943	0.00472	6.0	3.1
300	1.4	23	0.00943	0.00301	4.1	2.1
1140	-0.2	23	0.00943	0.00157	1.5	0.8

metody ke stanovení zrnitosti

-metoda vyplavovací

pomocí plavícího aparátu působí vodní proud proti usazovací rychlosti půdních částic
tři válce o různém průměru – 3 různé rychlosti – 3 různé frakce + 1 nejjemnější frakce odplavena – výpočtový doplněk



Kopeckeho vyplavovací aparát

Kutílek a kol. 1994

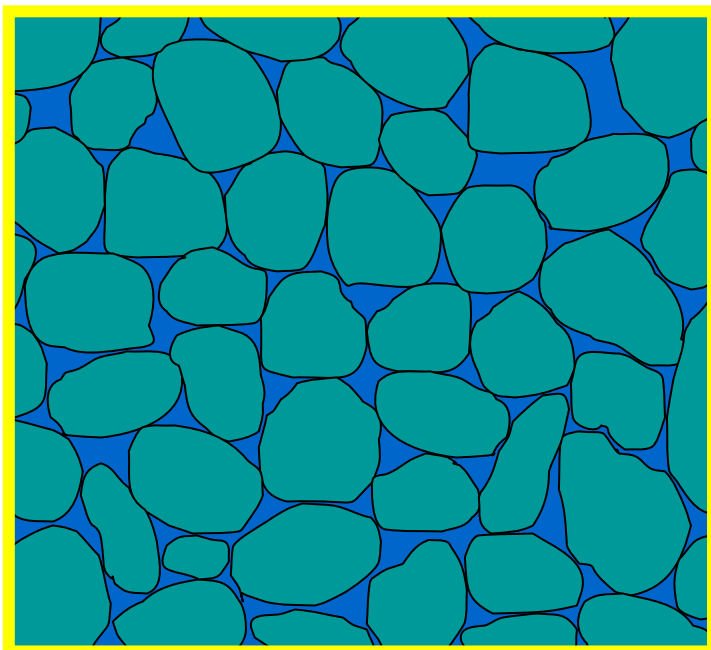
-metoda dekantační

opakovaná sedimentace, protřepání, po vypočítané době se sedimentující suspenze svrchu válce odpustí až po hloubku h , $v=h/t$ protřepání, dolití na původní objem a opakování, vážením zbytku se zjistí požadovaná frakce odpovídající rychlosti v , vhodné pro stanovení jílu

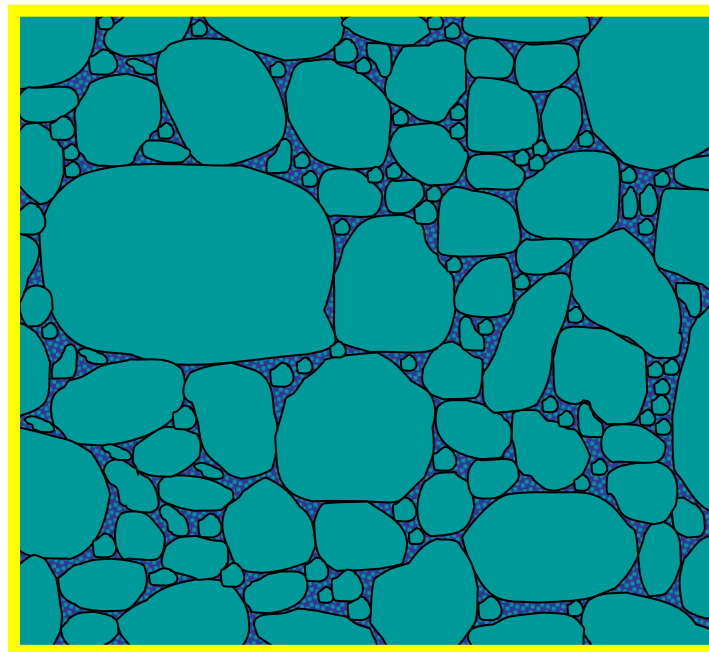
půdní textura – zrnitost – půdní druhy

půda může mít

jednu frakci

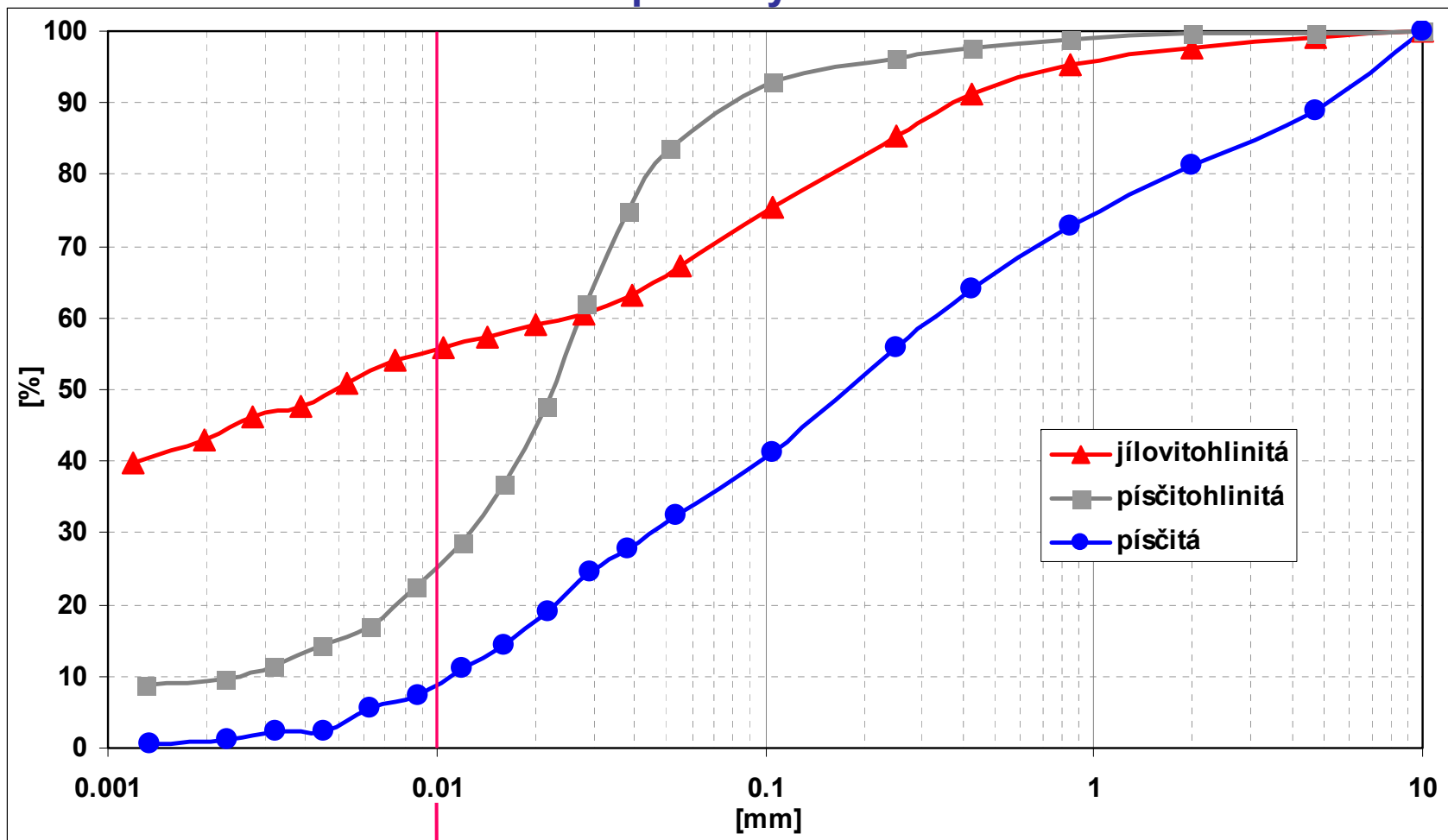


spektrum frakcí



Čára zrnitosti

příklady

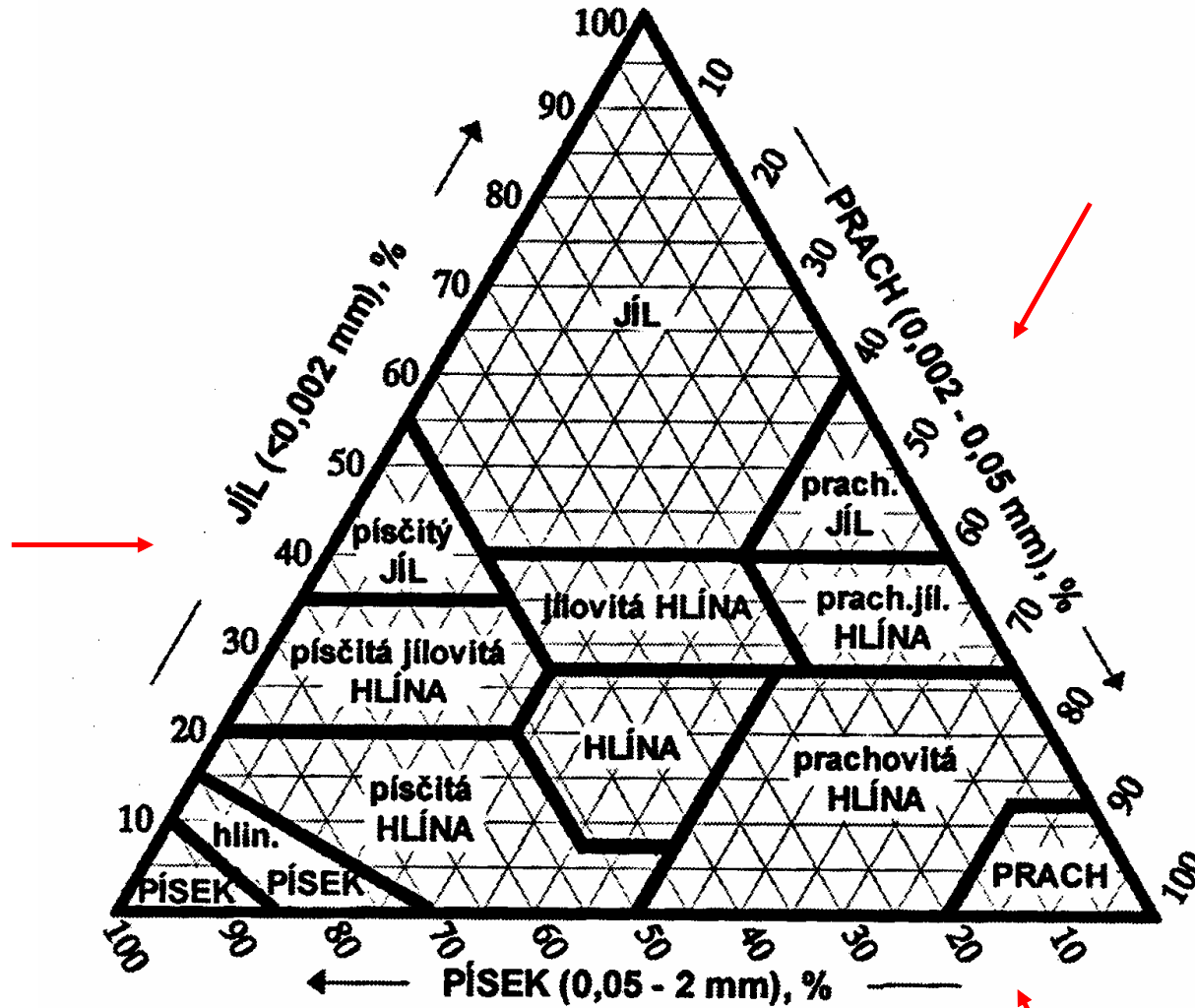


I. kategorie dle Nováka

Klasifikace zrnitosti – půdní druhy dle Nováka

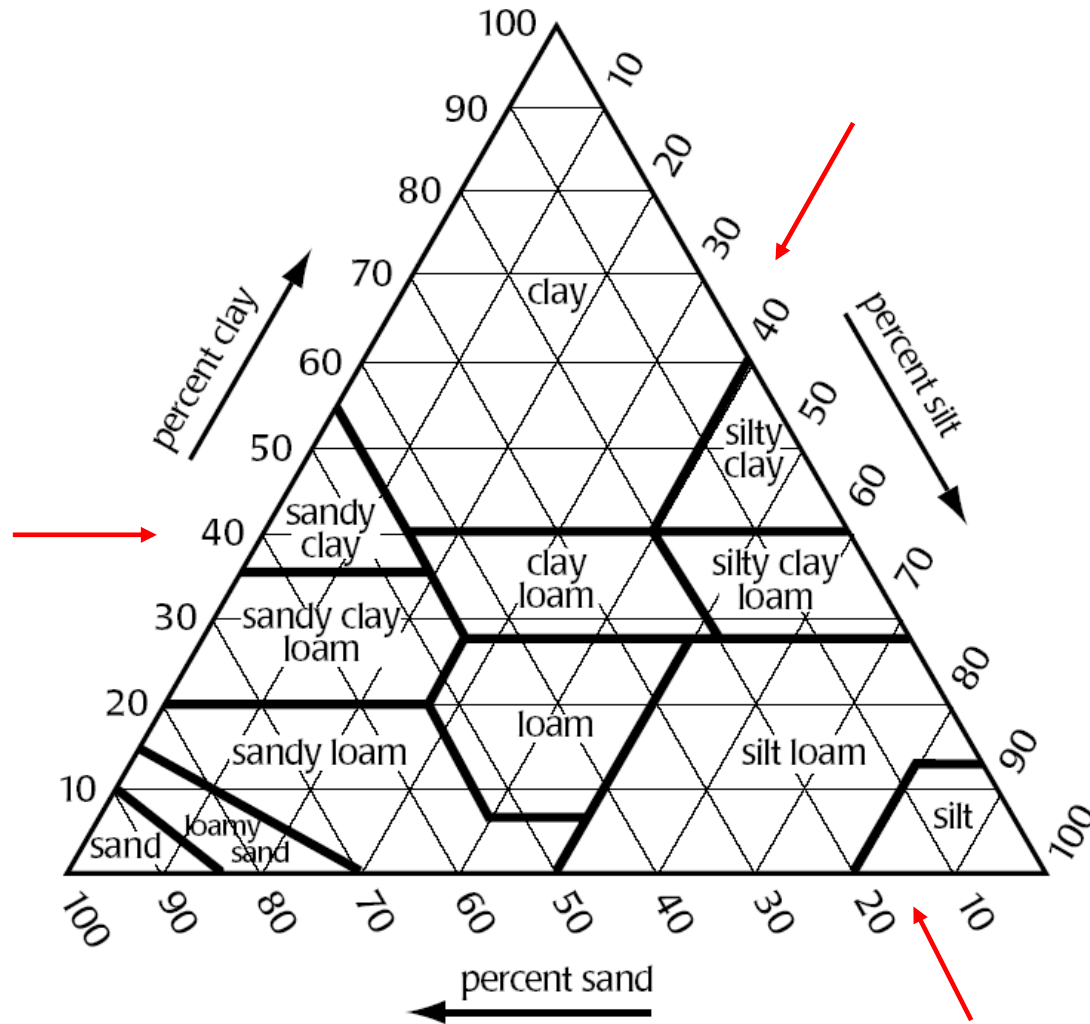
obsah I. kategorie < (0,01 mm) v %	pojmenování	makroskopický posudek
0 – 10	píščitá	ani za mokra se částice nespojují
10 – 20	hlinitopíščitá	částice se za mokra spojují, nelze však vyválet hádka
20 – 30	píščitohlinitá	lze vyválet hádka, snadno se rozpadá, skřípe mezi prsty
30 – 45	hlinitá	lze vyválet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

Půdní druhy podle zrnitosti



Trojúhelníkový diagram zrnitosti půd (NRSC USDA)

Půdní druhy podle zrnitosti

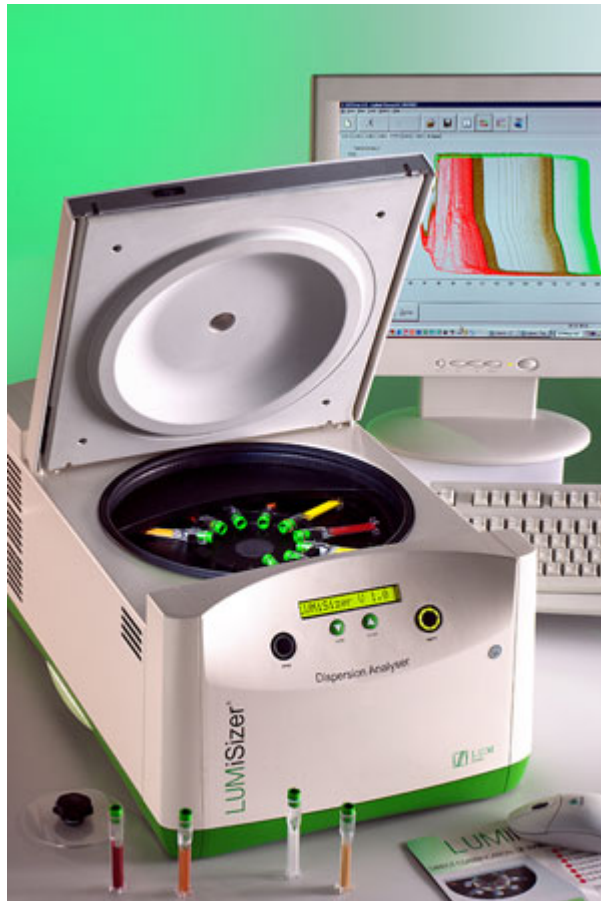


Trojúhelníkový diagram zrnitosti půd (NRSC USDA)

Moderní metody pro stanovení zrnitosti

analytické fotoodstředování

infravětlem je prosvětlována zkumavka – rovinný paprsek určuje v časových okamžicích hustotu suspenze po délce zkumavky – “obdobu zrychleného casagrandeho hustomě naležato”



Dopplerův elektroforézní rozptyl světla



další moderní metody např: photon correlation spectroscopy (PCS) , Differential Mobility Analysis (DMA)

Zrnitost a povrch částic

- plocha povrchu zrn na jedn.objem
 - 1 g písku $\sim 0.1 \text{ m}^2$
 - 1 g prachu $\sim 1 \text{ m}^2$
 - 1 g jílu $\sim 10\text{-}1000 \text{ m}^2$

nejmenší



největší

Jemný jíl má
cca $\sim 10\ 000\times$
větší povrch
než středně
zrnitý písek o
stejně
hmotnosti

- větší povrch – větší elektrický náboj k udržení vody a živin
- hrubé zrnité půdy mají větší póry
jemnozrnné půdy mají celkově větší povrch

plocha
povrchu části

dostupnost
živin

plasticita

soudržnost

bobtnání



Efekty zrnitosti

jíl

prach

písek

velikost částic

Efekty zrnitosti

velikost pórů

rychlost

vsaku

provzdušnění



jíl

prach

písek

velikost částic

Vztah zrnitosti k procesům

	písek	prach	jíl
udržení vody	nízké	střední	vysoké
provzdušnění	dobré	střední	slabé
odvodnění	rychlé	pomalé	velmi pomalé
udržení živin	pomalé	střední	vysoké

Klasifikace zrnitosti – podle obtížnosti obdělávání

písčité půdy (lehké) – obsahují méně než 25% I. kategorie, velmi snadno obdělávatelné, vysoce provzdušněné, vysychavé, nízká vodní kapacita, dobrý tepelný režim, vysoká mikrobiální činnost, rychlá oxidace, chudé na humus, živiny vyplavovány-nízká sorpce

hlinité půdy (středně těžké) - obsahují 25-45% I. kategorie, při dobrém strukturním stavu mají optimální fyzikální, chemické a biologické vlastnosti, vodní kapacita a provzdušněnost je vyhovující, propustnost a infiltrace srážek je střední – závisí na struktuře, dostatečná sorpce, soudržnost a normálně i vhodná vlhkost

jílovité půdy (těžké) - obsahují nad 45% I. kategorie, málo propustné pro vzduch i vodu, vysoká vodní kapacita, malá provzdušněnost, trpí zamokřením, ulehavostí, mikrobiální činnost je omezena, nevyhovující teplotní režim, vlivem zamokření, studené, snadno se rozbírají, bobtnají a pomalu vysychají; mají vysokou sorpci, fyzikální a chemické vlastnosti jsou silně závislé i na mineralogickém složení fyzikálního jílu

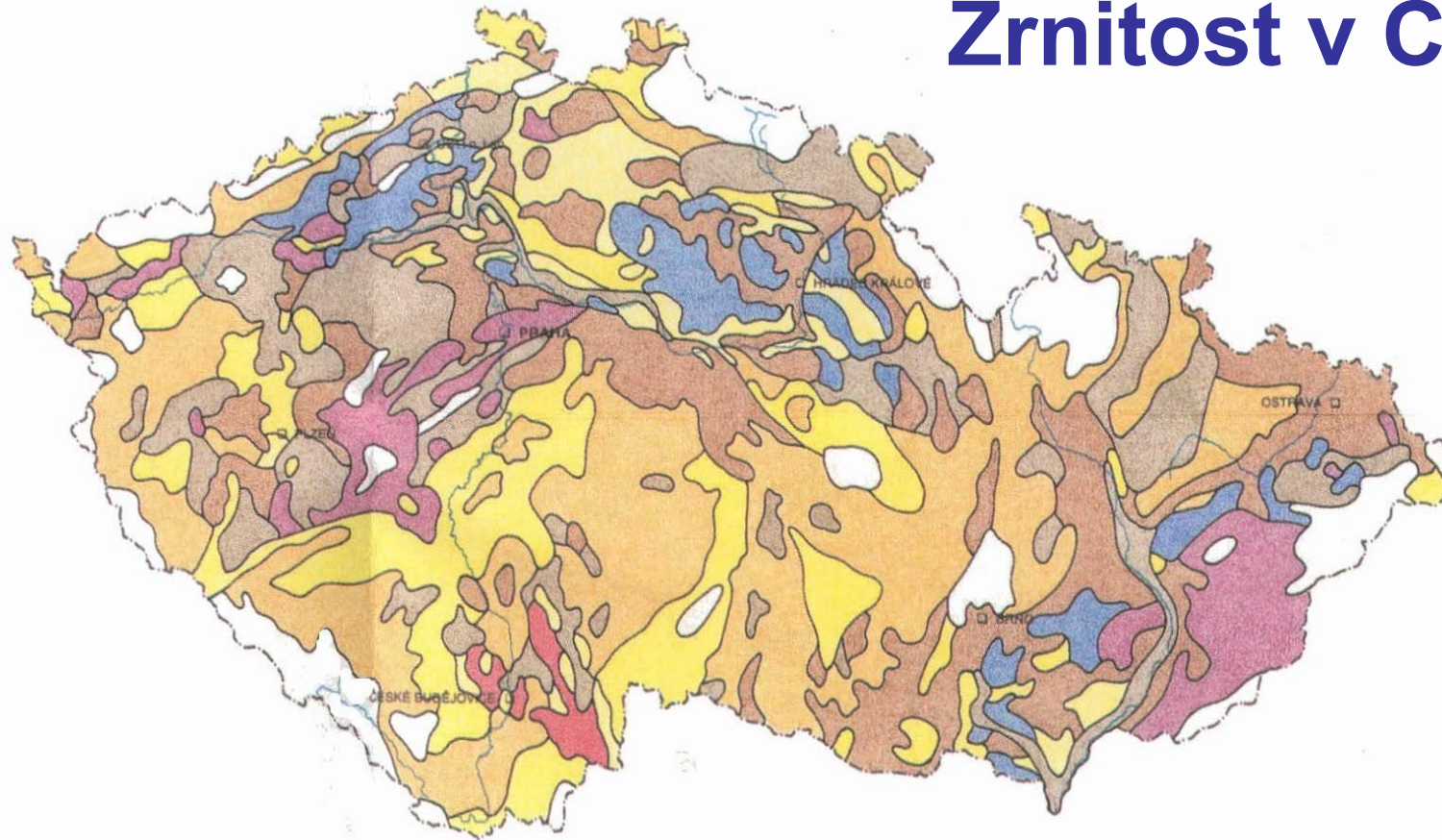
Význam půdní zrnitosti

- ovlivňuje pedogenezi
 - homogenita/heterogenita substrátu -> **nejvyvinutější půdy na zrnitostně vyrovnaných** substrátech (všechny frakce), ev. na substátech hlinitopísčitých x **hrubozrnné a homogenní pedogenezi zpomalují nebo ruší**
 - pohyb vody (tj. vyluhovanost půdního profilu na základě zrnitosti substrátu)
- ovlivňuje chemické, fyzikální a biotické vlastnosti půdy
 - (např. povrch – el. náboj, propustnost vody, provzdušněnost)

Význam půdní zrnitosti

- rostlinná skladba
 - hrubozrnné nebo homogenní půdy: písčité (ostřice, metlice), jílovité (rákos), štěrky - sutě (tařice, lomikámen)
 - vhodnost pro kulturní plodiny: jílovité p. – boby, pšenice; hlinité – cukrová řepa, ječmen; písčité – brambory, žito
- pro kultivační úpravy
 - pískování jílovitých půd, slínování písčitých p.
- význam má i z důvodu jednoduchosti a přesnosti stanovení
 - např. pro odhad hydraulických charakteristik půd (retenční čára, hydraulická vodivost) pomocí pedotransferových funkcí

Zrnitost v ČR



převažující druh



- 1-písčítý
- 2-hlinitopísčítý
- 3-písčitohlinitý
- 4-hlinitý se zastoupením prachu

- 5-hlinitý
- 6-zahliněné a zajižené písky
- 7-jílovitohlinitý
- 8-jílovitý – jíly
- 9-štěrkovitý a kamenitý

Půdní struktura

- primární prostorové uspořádání půdy do shluků se nazývá **agregáty** nebo **pedony**
- spojující činitelé jsou **kořeny rostlin** (jejich výměšky), **organická hmota** a **jílové částice**,
- půdy **sypké, písčité a kamenité** suti **agregáty nevytvářejí**
- nejdůležitějším faktorem dobré půdní struktury je **organická hmota**
- **stabilitou agregátů** se rozumí jejich odolnost vůči rozpadu vnějšími vlivy, zásadním vlivem je **cementace - zpevnění**

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

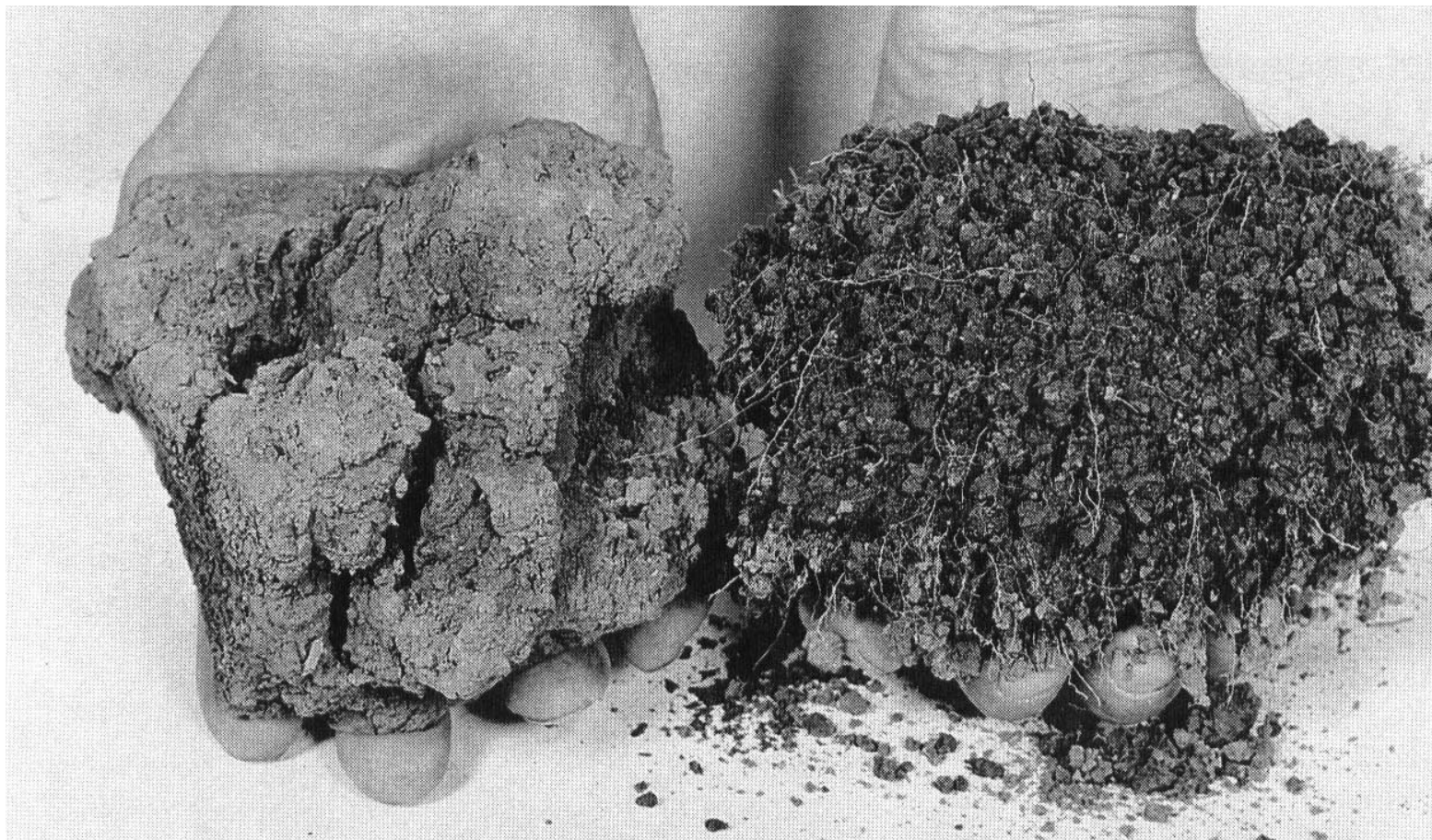
Charakterizace půdní struktury

- *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

Půdní struktura -makroagregáty

- vznikají **shlukováním mikroagregátů**
- **vlivem objemových změn** při vysychání půdy, mráz, dehydratace,
- **kořenový systém** – drobení + mírné zhutňování (optimální 1-5 mm, je viditelná při orbě, vliv kořenové zóny na humifikaci)
- **živočichové** – dešťovky, zpevňování exkrementy
- na drobení agregátů má vliv **obdělávání půdy**

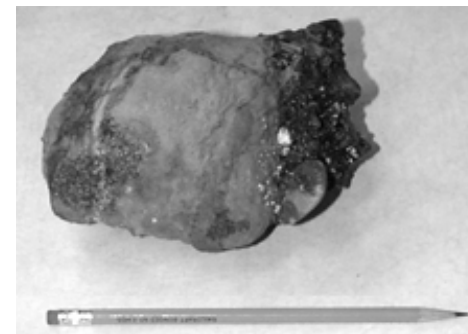
vliv kořenů na stabilitu půdy



zdroj: Sulzman

Stupeň vývoje struktury

- **Půdy nestrukturní**
nejsou patrné agregáty,
půdní hmota rozdrobena



do libovolně velkých náhodných útvarů

- **Půdy se slabě vyvinutou strukturou**

struktura je patrná až při rozdrobování urýpnutých hrud
podíl nestrukturního materiálu převládá

- **Půdy strukturní (s vyvinutou strukturou)**

agregáty se velmi snadno od sebe oddělují, jsou pevné
a ve vodě zcela stabilní

Třídy půdní struktury

- **I. třída (např. drobtovitá, hrudovitá)**

všechny tři osy jsou stejně dlouhé, tvar zaoblený (svrchní horizonty u zatravněných ploch)

kulaté humózní agregáty 1-10 mm, různá pevnost stmelení, stálá pórovitost, prostupné pro kořeny rostlin a příjem živin

- **II. třída (např. kostkovitá, polyedrická)**

všechny tři osy jsou stejně dlouhé, plochy a hrany jsou zřetelné (střední horizonty střední nebo jemné textury) – ostrohranné mnohostěny

vznik bobtnáním a smršťováním půdní hmoty

polyedrická - jemně (do 10 mm), hrubě (nad 10 mm)

Třídy půdní struktury

- **III. třída (např. sloupcovitá, prizmatická)**

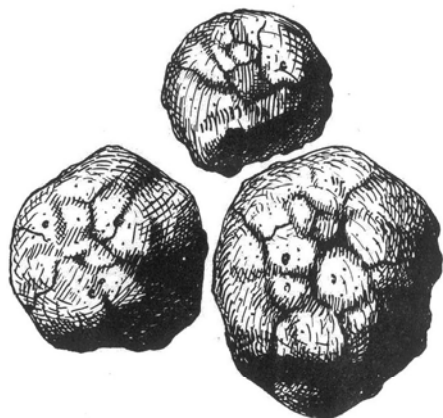
svislá osa je protažena (soloňce, střední a spodní horizonty jemnozrných půd)

voda a vzduch vnikají do půdy vertikálně v uspořádaných volných prostorech, snadný přístup rostlin, sloupce potaženy často jílovým povlakem – uzavření pórů, podstatná část půdy může být neaktivní pro výměnu vody

- **IV. třída (např. lístkovitá)**

vodorovné osy jsou protaženy (střední horizonty jemné struktury), vznik účinky mrazu, seskupování do střepin, častá u půd těžkých, jílovitých, obdělávaných na podzim, soudržnost závisí na tmelících látkách

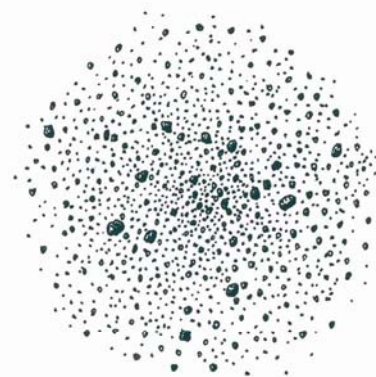
Třídy půdní struktury



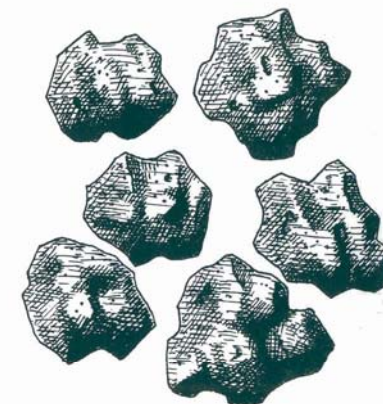
hrudovitá



hrudkovitá



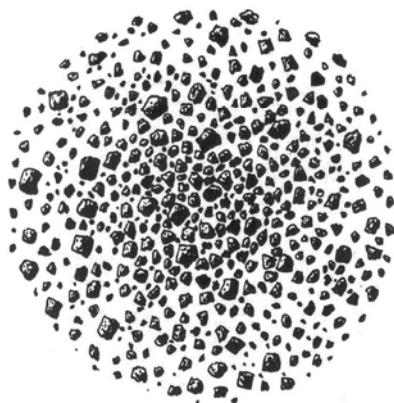
práškovitá



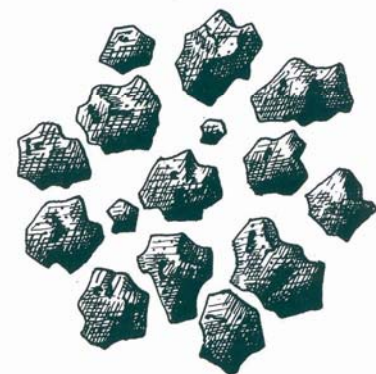
hrubě polyedrická



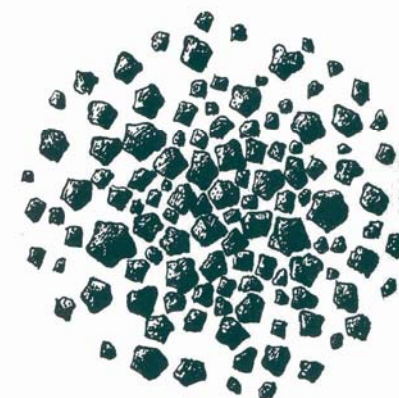
drobtová (zrnitá)



jemně drobtová (zrnitá)

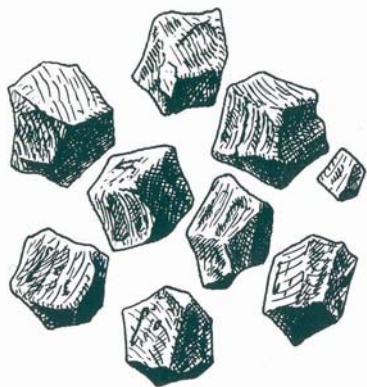


polyedrická



drobně polyedrická
krupnatá

Třídy půdní struktury



kostková

II.

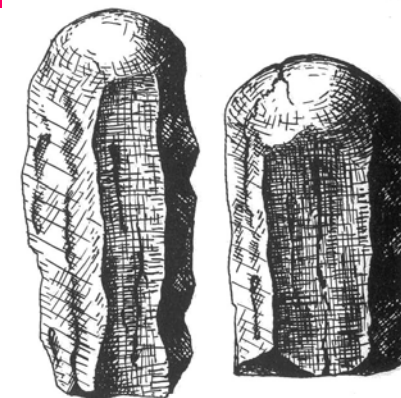


kostečková

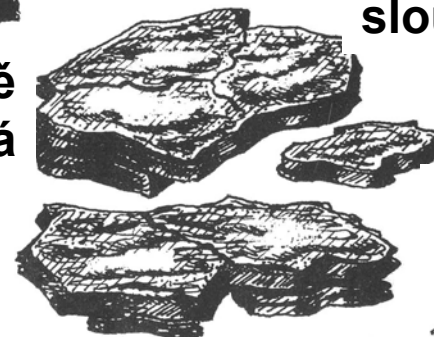


**drobně
prizmatická**

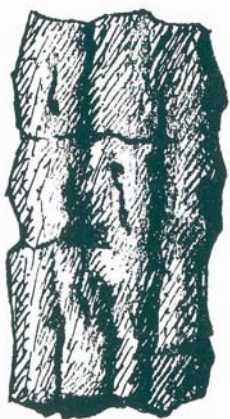
III.



sloupcovitá

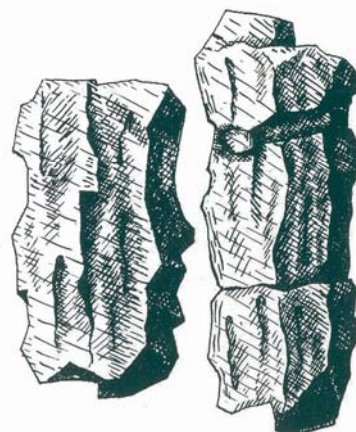


deskovitá



hrubě prizmatická

III.



prizmatická



destičkovitá

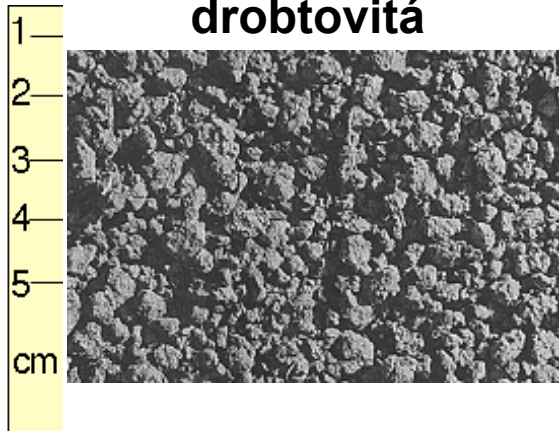
IV.



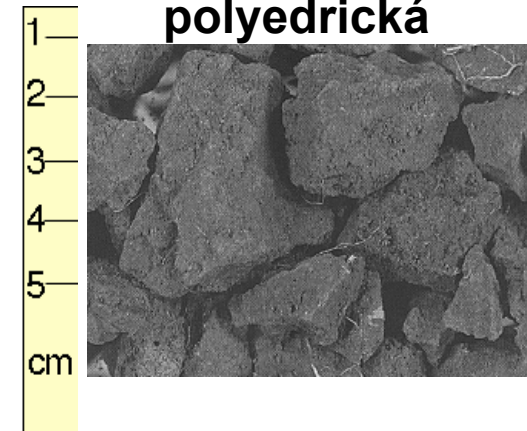
lístkovitá

Příklady strukturovaných půd

drobtovitá



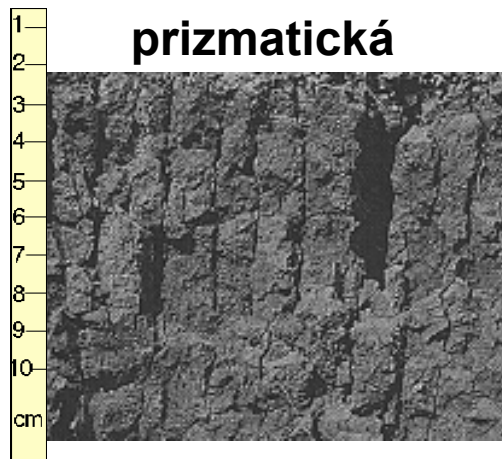
polyedrická



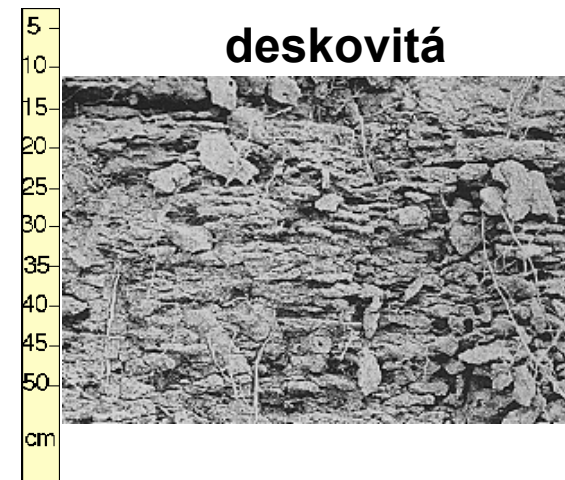
sloupcovitá



prizmatická

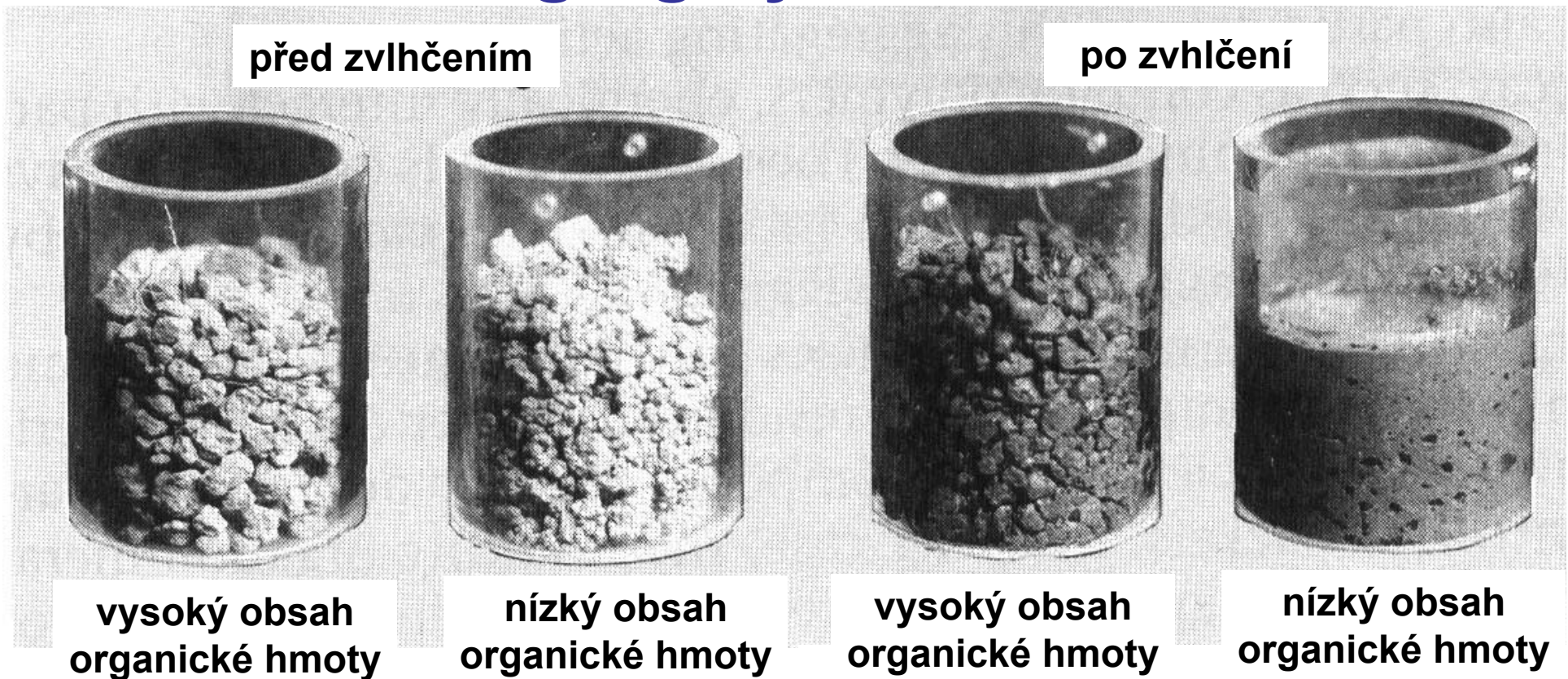


deskovitá



zdroj: Sulzman

Agregáty a voda



zdroj: Sulzman

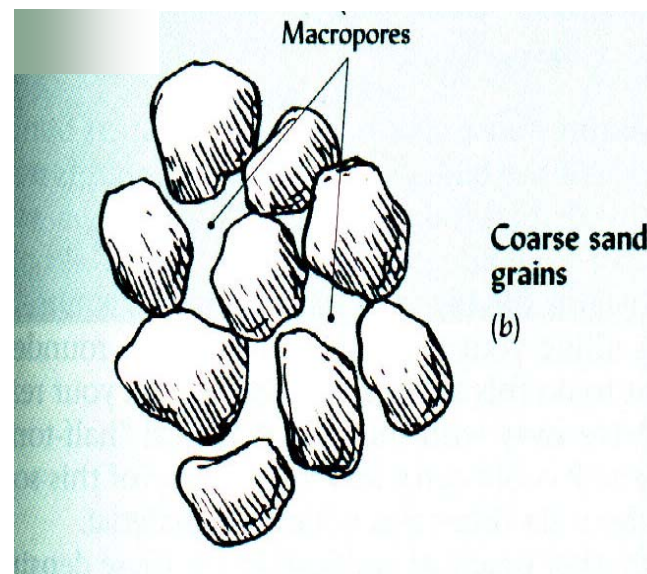
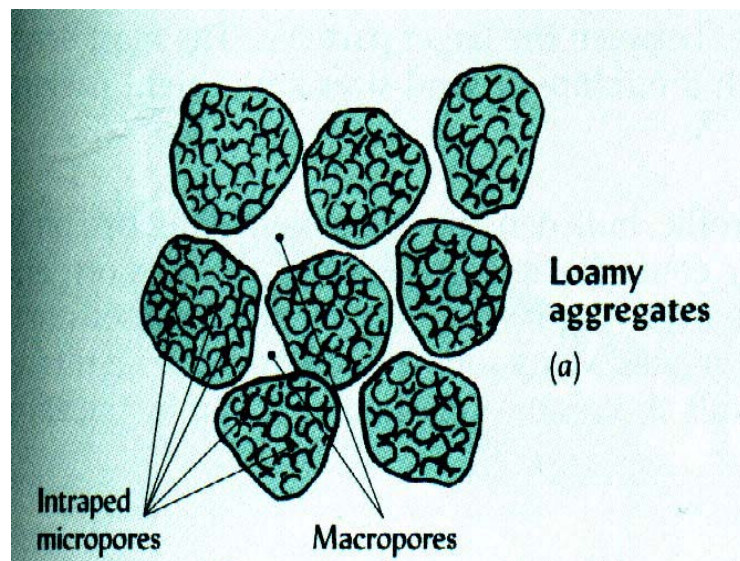
agregáty jsou **ve vodě stabilní**
ve **strukturní půdě** probíhá **infiltrace** vody **účinněji**
nestabilní agregáty-náhodné shluky **půdy-pseudoagregáty**

Klasifikace půd podle obsahu humusu

půdy	obsah humusu v půdách (% hmotnostní)	
	lehké půdy	střední a těžké půdy
bezhumózní	0	0
slabě humózní	< 1	< 2
středně humózní	1 – 2	2 – 5
silně humózní	> 2	>5

Aggregáty a půdní póry

- Agregáty obsahují mnoho malých pórů, meziagregátové prostory vyplňují velké póry



zdroj: Sulzman

- zvyšují pórovitost, infiltrační a drenážní schopnost, retenční kapacitu půdy pro vodu, provzdušněnost
- snižují povrchový odtok, erodovatelnost

Podmínky pro zvyšování stability půdních agregátů

1. Nízká narušenost - neblahý vliv zhutnění a orby
2. Množství kořenů
3. Vysoký obsah biomasy půdních hub
4. Vysoký obsah organické hmoty
5. Vysoký obsah jílových minerálů

Cesty ke zlepšení půdní struktury

- snížení narušování půdy
- práce na půdní ploše jen za sucha
- zakrývání povrchu - mulč
- přihnojování – hnůj, kompost, odpady ze sklizně
- rotace plodin, víceleté pícniny
- umělé zlepšení – polymery na bázi přírodních tmelů

Barva půd

důležitý diagnostický znak pro rozlišení
půdních typů, diagnostických horizontů



Barva půd

organická hmota – dle množství a povahy:

černá – hnědočerná - šedá

oxidované sloučeniny železa a manganu (oxidy, hydroxidy) –

hnědé – červené – černohnědé - hnědočerné

redukované sloučeniny železa (silikáty, oxidy a hydroxidy, karbonáty, fosfáty a sulfidy)

zelenavé, žlutavé, modravé, šedé až černé odstíny

Barva půd

vliv na teplotu půdy – absorpci slunečního záření →

s teplotou souvisí vlhkost půd → intenzivnější oživení půd

intenzita a odstíny jsou též závislé na zrnitosti

obecně organická hmota ztmavuje barvy

vlhkost mění odstín (např. šedá/modrá x červená / hnědá)

rozdělení zbarvení půdního profilu

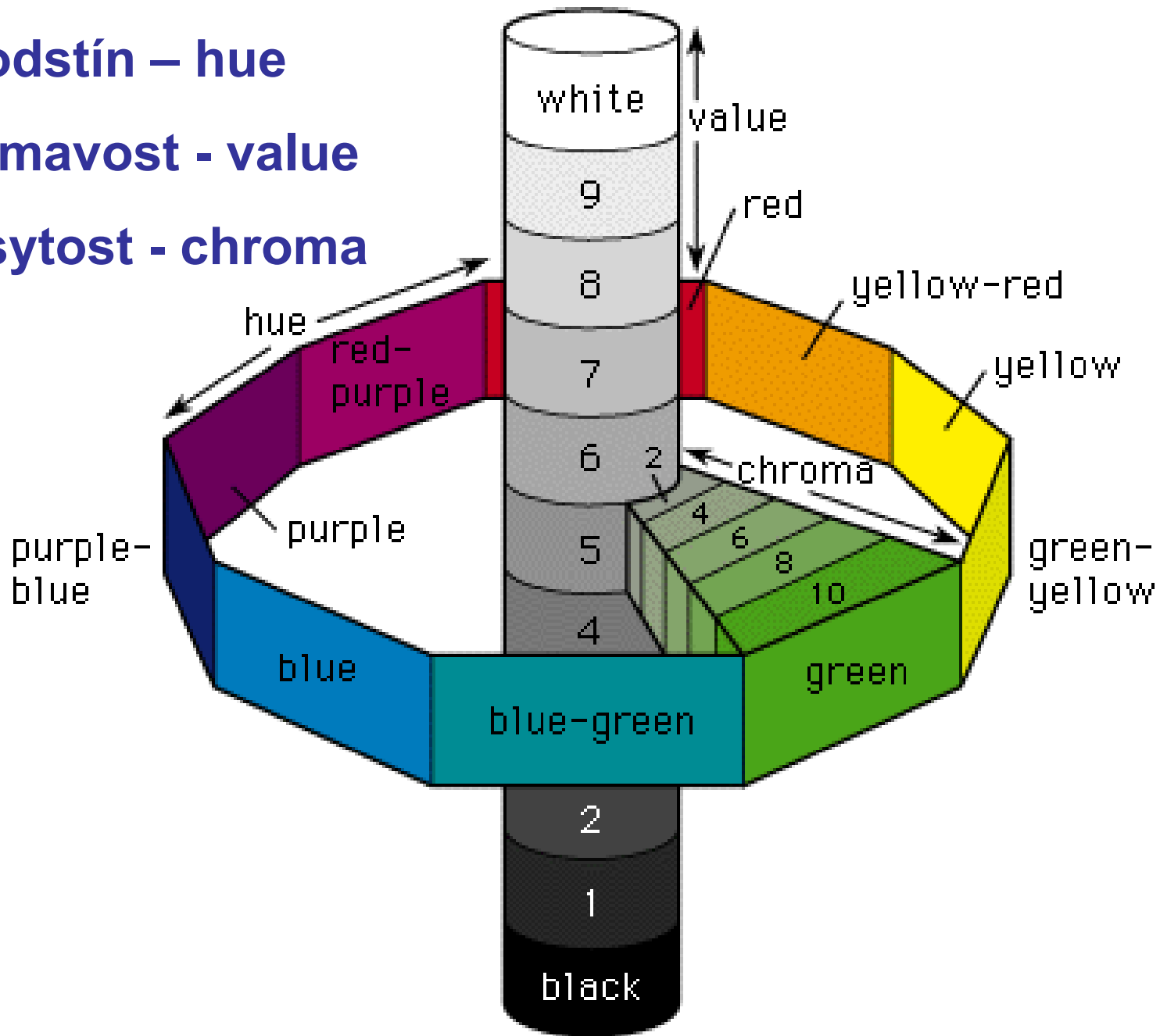
- stejnoměrné (např. humózní horizonty černozemě, hnědozemně)
- smouhované
- mramorované, skvrnitě (glejsoly)
- záteky (luvisoly)

- normovaný barevný systém

odstín – hue

tmavost - value

sytość - chroma

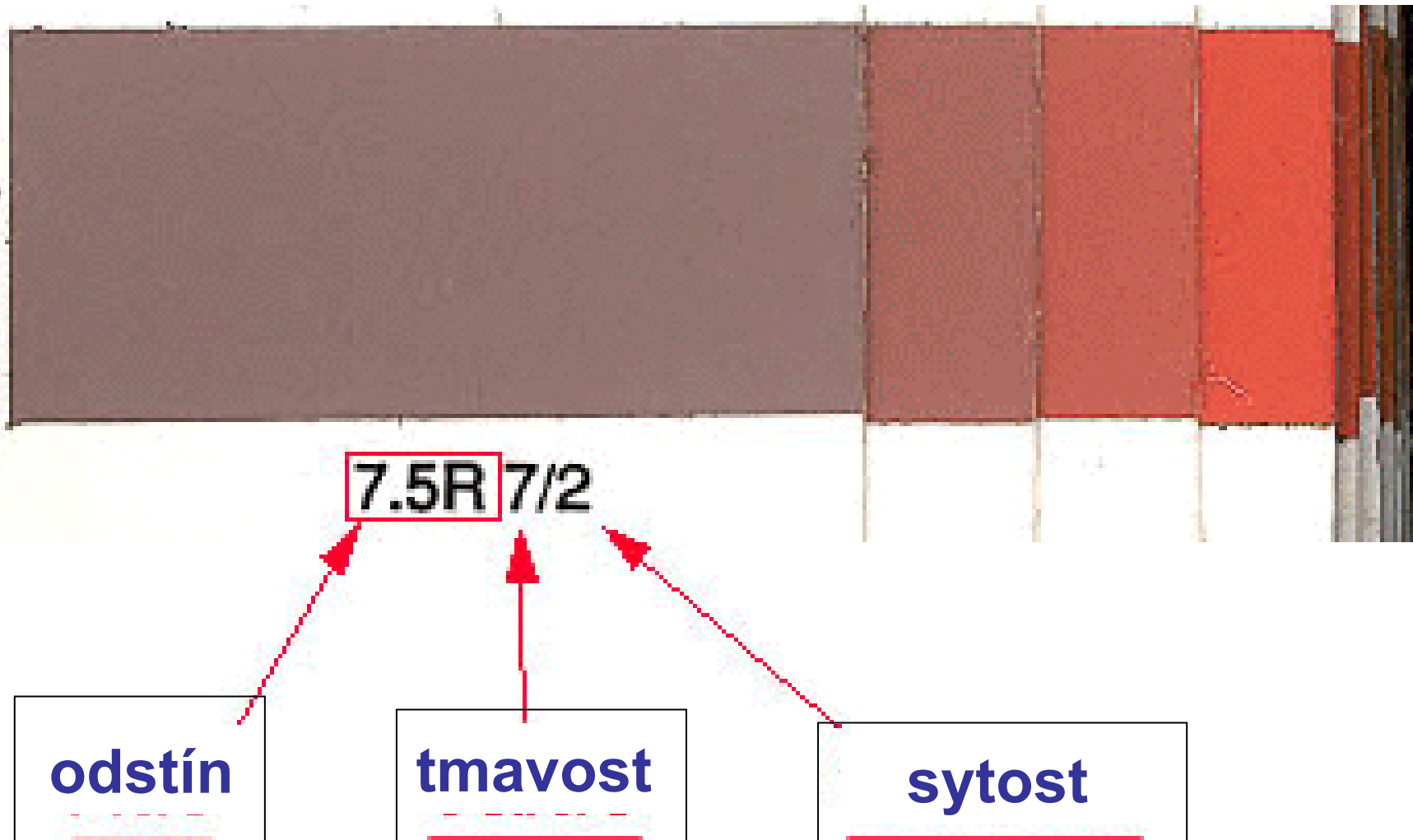


Barva

“kvantifikována” pomocí Munsellova systému

- Odstín (např. **5R**) označuje **základní odstín**; neříká jak je barva tmavá
- Tmavost (např. 5R **5/**) říká jak tmavá je půda: (**0 nejtmavší**) může indikovat okamžitý stav vlhkosti (tmavý = mokrý) a množství organické hmoty
- Sytost (např. 5R **5/8**) vypovídá o intenzitě barvy (**0 = šedá**). Indikuje hydrologický režim (dobře odvodněné půdy = $\uparrow O_2$ = sytější barvy)

Barva



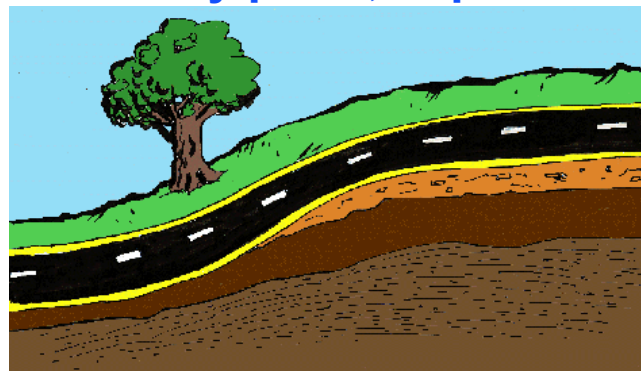
Munsellovo číslo barvy obsahuje informaci o půdě

Možnosti popisu půdního profilu a odběry vzorků

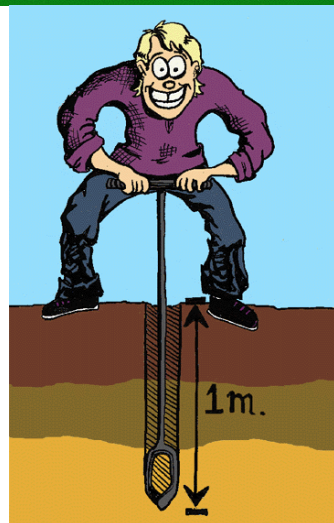
Kopaná
sonda



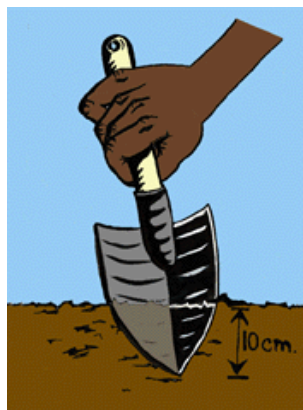
obnažený profil, např. silniční zářez



vrtání



povrchový odběr
lopatkou
nebo odběrákem



Jak odebírat půdní vzorky

porušené (čára zrnitosti) - je odebírán volný “sypký” materiál
neporušené (pórovitost, vlhkost) – do válečků “vtlačena” půda

zachována struktura

Nejprve získat povolení vykopat jámu
Dodržovat zásady bezpečnosti práce
Znát průběhy inženýrských sítí



Florida, USA



New Mexico, USA

Použitá literatura

Kutílek, M., Kuráž, V., Císlarová, M. Hydropedologie, skriptum ČVUT 1994

Císlarová, M. Inženýrská hydropedologie, skriptum ČVUT 2001

Fitzpatrick, Soils: Their formation, classification and distribution

Sulzman E.W. : CSS 305 Principles of Soil Science:
http://cropandsoil.oregonstate.edu/classes/css305/lecture_sc_hed.html

Basics of Soil Science: <http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/globe/>

Smolíková, L. Pedologie I. díl, skriptum University Karlovy. 1982

*Přednášky kurzu Hydropedologie vznikly v autorském kolektivu:
Ing. Martin Šanda, PhD a Ing. Michal Sněhota, PhD
Kat. hydromeliorací a krajinného inženýrství, F. stavební ČVUT*