

E5040 Složky ŽP a jejich kontaminace

Pedosféra = půda – část 1

Jakub Hofman

Vlastnosti a atributy půd, půdní kvalita a zdraví, úrodnost a produktivita půdy, indikátory kvality půdy

Vlastnosti a atributy půdy

- **vlastnosti půd** souvisí s jejich funkcemi; změny → změny **půdních funkcí**
- vlastnosti jsou chápány jako charakteristiky **měřitelné v přesných termínech a mírách**, například textura, barva, teplota, pH, obsah C, respirace apod.
- **atributy půd** jsou charakteristiky obtížně měřitelné, hůře definovatelné
- nejužívanější atributy půdy:
 - úrodnost
 - produktivita
 - resilience
 - biodiverzita
 - kvalita a zdraví půdy
 - někdy se sem řadí i struktura půdy
 - lze sem zařadit i degradace půdy jako protipól kvality a zdraví

Úrodnost půdy

- schopnost poskytovat rostlinám životní podmínky pro růst a vývoj, podmínky, které mohou uspokojit jejich požadavky na vodu, živiny a půdní vzduch po celé vegetační období a tak zabezpečit jejich úrodu
- je určitý přirozený + uměle člověkem adjustovaný **potenciál** půdy nést rostlinnou produkci
- lze diskutovat pro jakou plodinu – různá plodina, různý výnos ... je tedy ta stejná půda jinak úrodná? co když je úrodnost stejná, ale změní se klima a tím i výnos? apod. → je to atribut relativní, specifický pro danou situaci, dané podmínky, pěstované plodiny a vklady do půdy při procesu jejího obhospodařování

Produktivita

- je definována výnosem rostlinné či živočišné produkce
- je ovlivňována úrodností + způsobem obhospodařování + nepůdními faktory (klima, počasí)
- je tedy mnohem širší atribut

Úrodnost půdy

- je dána celým souborem fyzikálních, biologických a chemických charakteristik celého půdního profilu: dostatečné množství živin, zejména N, P, K, Mg, Ca, optimální obsah stopových prvků (B, Cl, Co, Cu, Fe, Mn, S, Mo, Zn ...), dostatek humusu, dobrá struktura půdy umožňující provzdušnění a schopnost zadržet vláhu, optimální rozmezí pH, půdní mikroorganismy
- pseudo-hodnocení půdní úrodnosti = orientační stanovení rozpětí optimálních hodnot hlavních agrochemických vlastností z hlediska půdní úrodnosti - obsah organických látek, půdní reakce a obsah živin
- Pro pseudo-hodnocení půdní úrodnosti lze použít rozsahy hodnot hlavních agrochemických vlastností půd optimální pro růst rostlin.

Vlastnost	Optimální rozpětí hodnot pro ornou půdu	Poznámka
přijatelný fosfor	51 – 115 mg/kg	„vyhovující“ a „dobrý“ obsah ve výluhu dle Mehlicha III dle přílohy 5 vyhlášky č. 257/1998 Sb. ^a
přijatelný draslík	106 – 310 mg/kg	„vyhovující“ a „dobrý“ obsah ve výluhu dle Mehlicha III dle přílohy 5 vyhlášky č. 257/1998 Sb. ^a (platí pro půdu s 20 – 45 % částic < 10 μm)
přijatelný hořčík	106 – 265 mg/kg	„vyhovující“ a „dobrý“ obsah ve výluhu dle Mehlicha III dle přílohy 5 vyhlášky č. 257/1998 Sb. ^a (platí pro půdu s 20 – 45 % částic < 10 μm)
poměr K : Mg	pod 3,2	„dobrý“ a „vyhovující“ poměr dle Sáňka a Materna (2004)
přijatelný vápník	1401 – 3000 mg/kg	„střední“ a „dobrý“ obsah dle Sáňka a Materna (2004) (platí pro půdu s 20 – 45 % částic < 10 μm)
obsah uhličitanů	0,6 – 3 %	dle přílohy 5 vyhlášky č. 257/1998 Sb. ^a
pH	5,6 - 7,7	výměnné pH; rozsah dle přílohy 5 vyhlášky č. 257/1998 Sb. ^a
objemová hmotnost suché půdy	pod 1,4 g/cm ³	„výborný“ a „dobrý“ stav dle přílohy 8 vyhlášky č. 257/1998 Sb. ^a
pórovitost	nad 46 %	„výborný“ a „dobrý“ stav dle přílohy 8 vyhlášky č. 257/1998 Sb. ^a
obsah humusu	více než 2 %	„střední“, „dobrá“ a „velmi dobrá“ zásoba humusu dle Sáňka a Materna (2004); toto kritérium obsahu humusu odpovídá více než 1,2 % organického uhlíku
kvalita humusu – poměr huminových kyselin a fulvokyselin	1 - 3	dle Jandák a kol. (2001)
kvalita humusu – poměr C : N	kolem 10	dle Jandák a kol. (2001)
N minerální (NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻)	20 – 50 mg/kg	dle Jandák a kol. (2001)
kationtová výměnná kapacita	121 – 180 mmol/kg	„střední“ hodnota dle Sáňka a Materna (2004)
stopové prvky: bór molybden měď mangan zinek	0,6 – 1 mg/kg 6,8 – 7,8 mg/kg 0,8 - 2,7 mg/kg 10 – 100 mg/kg 1 – 2,5 mg/kg	„střední“ obsah dle Sáňka a Materna (2004) (platí pro půdu s 20 – 45 % částic < 10 μm)

^a Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 275/1998 Sb., o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků

Resilience a rezistence půdy

Resilience

- schopnost obnovit své vlastnosti po nějaké změně / narušení

Resistance

- schopnost odolávat vůči působícímu stresu
- pufrační kapacita půdy (používáno nejen ve vztahu s pH)
- při definování je třeba definovat vůči *čemu*, vůči jakému druhu stresu – není žádná obecná resilience/resistence půdy

Soil quality + soil health

- **půdní kvalita a půdní zdraví**
- není synonymum pro půdní úrodnost: dobrá kvalita půdy podmiňuje kvalitu produkce ale i např. kvalitu vody v terestrických ekosystémech
- mají mnoho definicí, které jsou někdy zaměňovány, někdy ne
- někdy je naopak jako půdní kvalita chápána "kvalita" půdy bez zřetele na její produkční schopnosti
- nejlepším řešením je spojovat je a uvádět dohromady: „půdní kvalita a zdraví“
- celá věda, hlavně Soil Science Society of America
- v souvislosti v tematickou ochranou půd v EU i definice Evropské komise

Půdní kvalita – definice pro účely E5040

**současná a do budoucna udržitelná schopnost
půdy fungovat jako živý systém uvnitř
ekosystému zabezpečující jeho důležité funkce a
služby, podporující biologickou produktivitu,
odolávající erozi, nesnižující či zlepšující kvalitu
ovzduší, podzemní a povrchové vody a
podporující zdraví rostlin, zvířat i lidí**



Indikátory půdní kvality

Musí vyhovovat těmto kritériím:

- korelace s procesy v ekosystémech (modelování)
- musí zahrnovat všechny (většinu) vlastnosti půd a tak být použitelné pro odhad vlastností, které se nedají snadno měřit
- musí být snadno měřitelné v terénu
- musí být citlivé na změny technologií a přírodních poměrů (klíma), avšak necitlivé na krátkodobé změny,
- soubor indikátorů musí zahrnovat již sledované charakteristiky

Pankhurst, C.E., Doube, B.M., Gupta, V.V.S.R. (1997): Biological indicators of soil health. CAB International, Wallingford. ISBN 0851991580.

Doran, J. W., Parkin, T. B. (1994): Defining and assessing soil quality. In: Defining soil quality for a sustainable environment. SSSA special publication number 35. SSSA, Inc., American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA, 1994, pp. 3 – 21.

Sáňka, M., Materna, J. (2004): Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR. Edice Planeta. Odborný časopis pro životní prostředí. Ročník XII, číslo 11/2004, ISSN 1213-3393.

Indikátory půdní kvality

- kvalitativní (např. půda je dobře oživená)
- kvantitativní (např. biomasa mikroorganismů je 1450 µg Cbio/g půdy)
- v terénu / v laboratoři
- složité analýzy pro vědce vs karty pro farmáře

Indicator	Poor	Medium	Good
<i>Earthworms</i>	0-1 worms in shovelful of top foot of soil. No casts or holes.	2-10 in shovelful. Few casts, holes, or worms.	10+ in top foot of soil. Lots of casts and holes in tilled clods. Birds behind tillage.
<i>Organic Matter Color</i>	Topsoil color similar to subsoil color.	Surface color closer to subsoil color.	Topsoil clearly defined, darker than subsoil.
<i>Organic Matter Roots/Residue</i>	No visible residue or roots	Some residue few roots	Noticeable roots and residue
<i>Subsurface Compaction</i>	Wire breaks or bends when inserting flag.	Have to push hard, need fist to push flag in.	Flag goes in easily with fingers to twice the depth of plow layer.
<i>Soil Tilth Mellowness Friability</i>	Looks dead. Like brick or concrete, cloddy. Either blows apart or hard to pull drill through.	Somewhat cloddy, balls up, rough pulling seedbed.	Soil crumbles well, can slice through, like cutting butter. Spongy when you walk on it.
<i>Erosion</i>	Large gullies over 2 inches deep joined to others, thin or no topsoil, rapid run-off the color of soil.	Few rills or gullies, gullies up to two inches deep. Some swift runoff, colored water.	No gullies or rills, clear or no runoff.
<i>Water Holding Capacity</i>	Plant stress two days after a good rain.	Water runs out after a week or so.	Holds water for a long period of time without puddling.
<i>Drainage, Infiltration</i>	Water lays for a long time, evaporates more than drains, always very wet ground.	Water lays for short period of time, eventually drains.	No ponding, no runoff, water moves through soil steadily. Soil not too wet, not too dry.
<i>Crop Condition (How well it grows)</i>	Problem growing throughout season, poor growth, yellow or purple color.	Fair growth, spots in field different, medium green color.	Normal healthy dark green color, excellent growth all season, across field.
<i>pH</i>	Hard to correct for desired crop.	Easily correctable.	Proper pH for crop.
<i>Nutrient Holding Capacity</i>	Soil tests dropping with more fertilizer applied than crops used.	Little change or slow down trend.	Soil tests trending up in relation to fertilizer applied and crop harvested.



http://soils.usda.gov/sqi/assessment/test_kit.html

http://soils.usda.gov/sqi/assessment/files/MD_card.pdf

Indikátory půdní kvality

- Příklad souboru vlastností půd využitelných jako indikátory kvality a zdraví půdy a vztah indikátorů k funkcím půdy

skupina indikátorů	indikátor	funkce půdy					lidské zdraví	odolnost proti erozi	komentář vztahu k funkci a stavu půdy
		kvalita ŽP		podpora produkce a kvality		odolnost proti erozi			
		kvalita vody	kvalita ovzduší	rostliny	živočichové				
fyzikální	textura	X	X	X			X	transport a zadržení vody a chemikálií	
	hloubka půdy, organominerálního horizontu a prokořenění	X		X			X	odhad produktivity a eroze	
	infiltrace a objemová hmotnost	X		X			X	potenciál pro vyluhování, produktivitu a erozi	
	retenční vodní kapacita	X	X	X	X		X	transport a odolnost vody	
chemické	organická hmota (C a N)	X		X		X		definuje půdní úrodnost, stabilitu a rozsah eroze	
	pH	X	X	X		X		definuje hranice biologické a chemické aktivity	
	elektrická vodivost	X	X	X	X	X		definuje hranice rostlinné a mikrobiální aktivity	
	extrahovatelný N, P, K	X		X				dostupnost živin pro rostliny, možnost ztráty N	
biologické	mikrobiální biomasa (C a N)	X		X				mikrobiální katalytický potenciál a časné varování při změnách v OM	
	mineralizovatelný dusík	X		X				odhad půdní produktivity a potenciální zásobárna N	
	respirace půdy	X	X	X				odhad mikrobiální aktivity	

**Fyzikálně-chemické vlastnosti: půdní
textura a struktura, půdní reakce a
sorpční komplex, půdní organická hmota
a další**

Vlastnosti půd

- Dělíme na fyzikální, chemické a biologické
- Podobně jsou rozděleny i **indikátory půdní kvality**
- **Fyzikální vlastnosti:** textura, struktura, specifická hmotnost, barva a teplota půdy, vlhkostní poměry
- **Chemické vlastnosti:** elementární složení, minerální složení, složení půdního roztoku a vzduchu, obsah a složení půdní organické hmoty, stav půdních koloidů a půdního sorpčního komplexu, půdní reakce, vodivost, redox potenciál
- **Biologické vlastnosti:** biomasa, počty, aktivita, přeměny dusíku, struktura společenstva
- **Technologické vlastnosti půdy:** koheze, adheze, konzistence, uléhavost, hutnost, orební odpor, bobtnání, kornatění, rozprašování apod.

Fyzikálně - chemické vlastnosti půd

- Tyto parametry je nutné stanovit při každém průzkumu půd (jak při monitoringu biologickém, tak při monitoringu obsahu kontaminantů), neboť tyto parametry ovlivňují sledované vlastnosti.
- Naopak po zásahu vnějšího faktoru do půdního prostředí se mohou měnit i tyto parametry. Pak se **mohou samy stát "endpointy"** a indikátory při hodnocení vlivu zásahu.
- Při sledování bioty v půdě mohou být tyto parametry samy o sobě stresovými faktory či působit stres navíc ke kontaminaci.

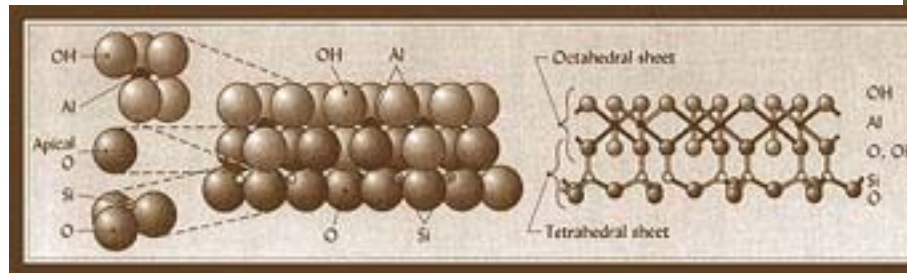
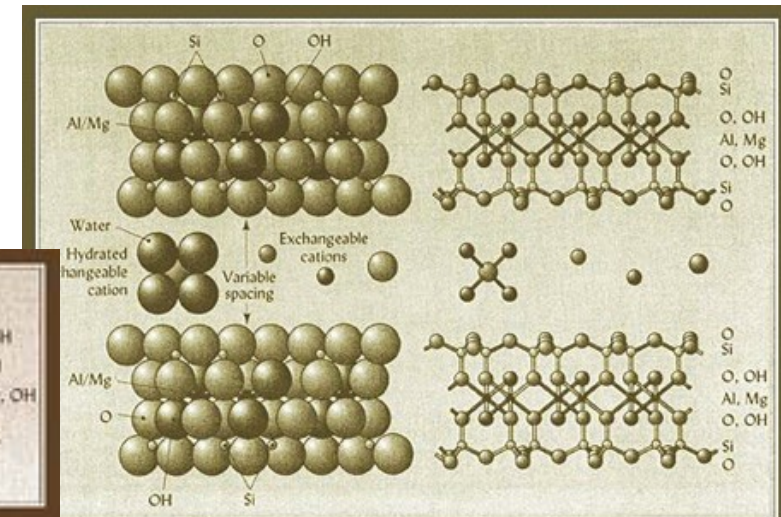
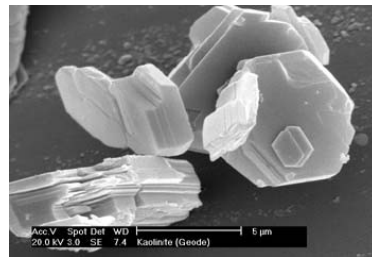
Fyzikálně - chemické vlastnosti půd

Sada parametrů při provádění rutinního monitoringu:

- zrnitost - půdní textura (obsah jílu, prachu, písku, půdní druh)
- pH [pH(H₂O) a pH(KCl)]
- CEC (kationtová výměnná kapacita, obsahy kationtů Ca, Mg, K a H)
- Nasycení sorpčního komplexu
- (S)OM, TOC, C_{org}
- N_{tot}
- Q_{4/6} + parametry humusu (HA:FA, c_{HL})
-

Minerální složka půdy

- Pochází ze zvětralé horniny
- **Zvětrávání** – soubor procesů kdy se hornina rozpadá na minerály
- Zahrnuje fyzikální procesy (rozpad – vítr, voda, teplota, organismy) a chemické procesy (rozpouštění, oxidace, hydrolýza, hydratace, redukce – tedy vliv faktorů jako vody, kyslík, pH)
- Produktem jsou **sekundární jílové minerály (aluminosilikáty)** a rozpustné minerály, které spolu s rezistentními primárními minerály tvoří minerální podíl půdy



Zrnitost - půdní textura

- důležitý znak při posuzování půdy - ovlivňuje značně již vytváření půd a půdotvorné pochody i řadu jiných půdních vlastností prostřednictvím **poměru kapilárních a nekapilárních pórů**, který je odlišný u půd různé zrnitosti, jednak prostřednictvím **specifického povrchu**, závislého na velikosti půdních částic
- lze rozlišit **jemnozem a skelet**
 - **jemnozem** jsou zrna pod 2 mm a jde také o mezinárodně uznávanou velikost používanou v řadě půdně - ekotoxikologických metod.
 - nad 2 mm je půdní drť neboli **skelet**

Zrnitost - půdní textura

- **jemnozem** lze získat jednoduše pomocí 2 mm síta, další **frakce** se určují metodami pomocí sít, sedimentace, vyplavování atd.: pipetovací metoda, hustoměrná metoda
- výsledky jsou vyjadřovány jako % obsahu hmotnosti a na základě nich lze definovat **půdní druh**
- u nás se používá nejčastěji nováková klasifikační stupnice, založená pouze na obsahu frakce jílu (!)
- **fyzikální jíl** - frakce s průměrem zrn pod 2 μm (někdy 1 μm), dle některých mezinárodních stupnic je tato frakce chápána jako **jíl** a vyšší frakce (2 – 10 μm) pak už jako **jemný prach**
- **koloidní jíl** - frakce s průměrem zrn pod 0,1 μm , která má vlastnosti koloidů

poloměr koule	počet koule	celkový povrch
1 cm	1	12,6 cm ²
1 mm	10 ³	126 cm ²
0,1 mm	10 ⁶	1 260 cm ²
0,01 mm	10 ⁹	12 600 cm ²
0,001 mm (1 μm)	10 ¹²	126 000 cm ²
0,1 μm	10 ¹⁵	126 m ²

Zrnitost - půdní textura

- čtyři frakce půdních zrn (dle Kopecského):

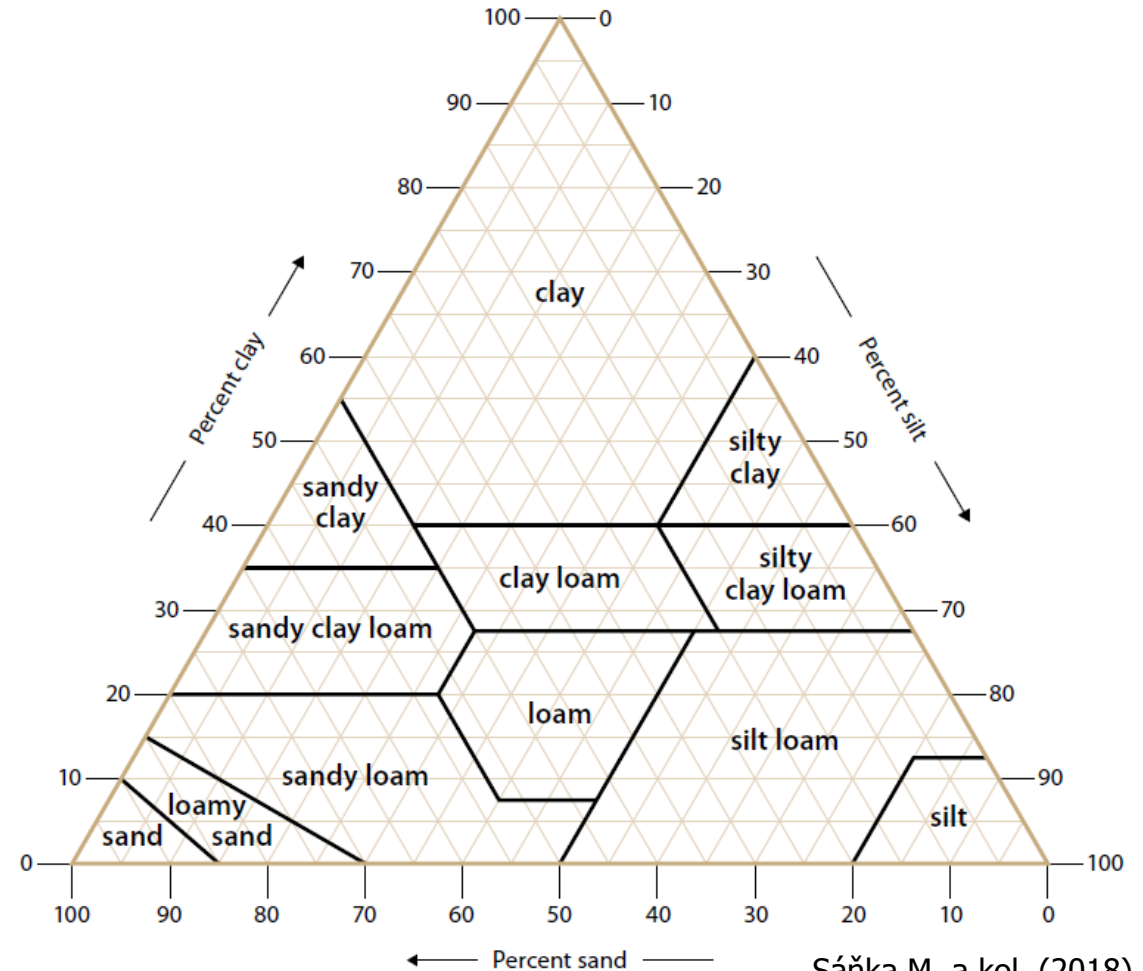
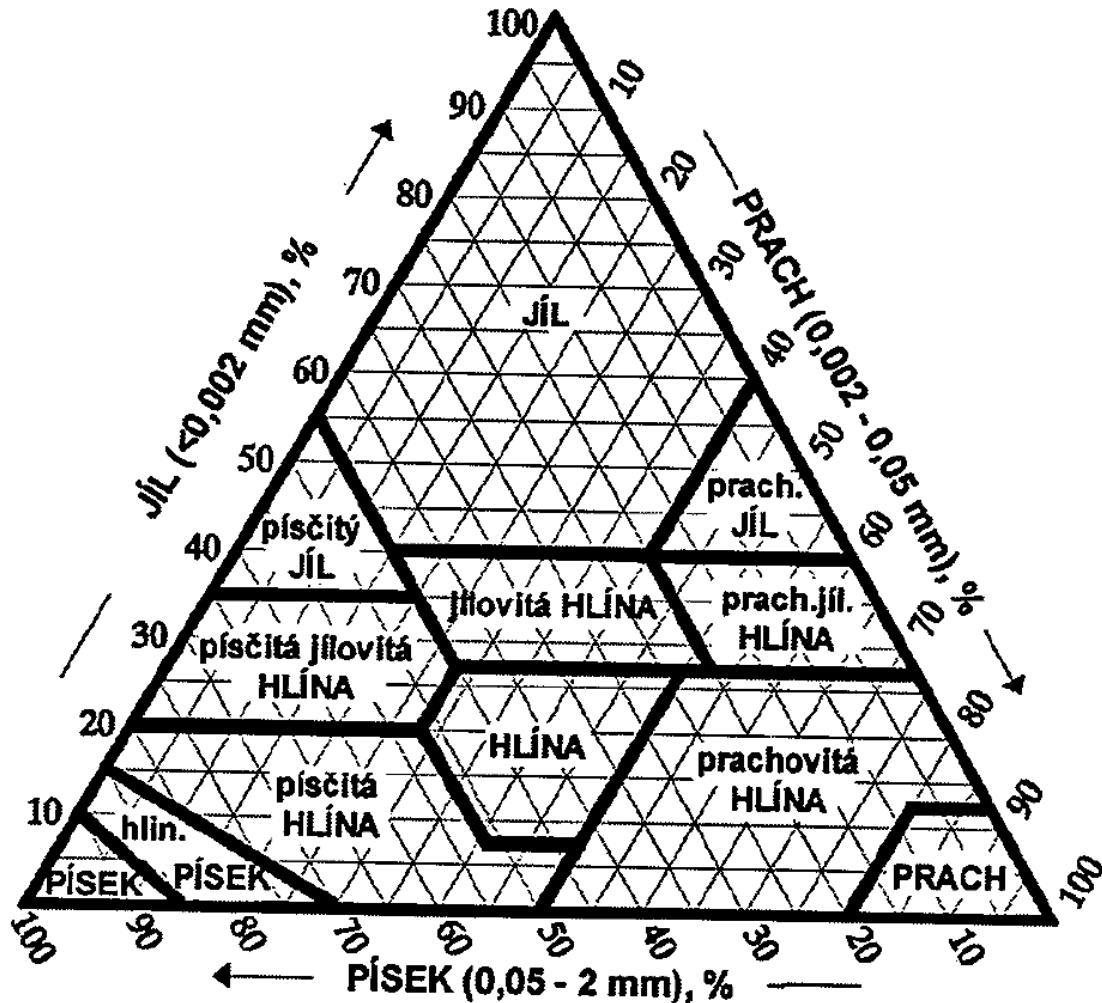
φ zrn [mm]	označení frakce		
pod 0,0001	koloidní jíl	I.kategorie (jílkaté částice)	jemnozem
pod 0,002	fyzikální jíl		
0,002 – 0,01	jemný prach		
0,01 – 0,05	prach		
0,05 – 0,1	práškový písek	III.kategorie	skelet
0,1 – 0,2	velmi jemný písek	IV.kategorie	
0,2 – 0,5	jemný písek		
0,5 – 2,0	střední písek		
2 – 16	drobný štěrč		
16 – 63	střední štěrč		
63 – 125	hrubý štěrč		
nad 125	kameny		

- Nováková klasifikační stupnice

PROCENTO JÍLNATÝCH ČÁSTIC < 0,01 mm	OZNAČENÍ PŮDNÍHO DRUHU		
0–10	písčítá	p	lehké
10–20	hlinitopísčítá	hp	
20–30	písčitohlinitá	ph	střední
30–45	hlinitá	h	
45–60	jílovitohlinitá	jh	těžké
60–75	jílovitá	jv	
> 75	jíl	j	

Zrnitost - půdní textura

- Klasifikace půd (TKSP) v ČR přejala systém USDA



Půdní struktura

- výsledek spojování fáze pevné, kapalné a plynné
- struktura ovlivňuje pórovitost, vzdušný, vodní režim půdy, biotu, osud polutantů a většinu dalších půdních procesů a vlastností
- půda může být výrazně až slabě strukturní, či dokonce nestrukturní.

Velikost agregátů:

- makroagregáty větší než 0,25 mm
- mikroagregáty menší než 0,25 mm

Půdní struktura

- **strukturní elementy** - základy půdní struktury, jejichž shlukováním (agregací) vznikají agregáty
- někdy hovoříme o **půdním organo-minerálním komplexu**
- strukturní elementy jsou do agregátů poutány silami molekulárními, či pomocí tmelů
 - tmel vzniká **přeměnou minerálních solů v gely**, často vyvolaná Ca^{2+} nebo Mg^{2+} ionty = **proces koagulace**; rozpad agregátů = **peptizace** (vyvolané Na^+ či K^+ ionty); koagulanty jsou půdní koloidy, huminové kyseliny, kyselina křemičitá apod.; úlohu v koagulaci hraje obsah CaCO_3 .
- kromě minerálních procesů vzniku struktury hrají nezanedbatelnou funkci i půdní organismy: mikroorganismy (sliz, polymery ...), houby (hyfy ..), kořínky rostlin, červi (žížalince) apod.

Půdní struktura

- půdní agregace je jeden z nejvýznamnějších faktorů kontrolujících mikrobiální aktivitu a obrát organického materiálu v půdě
- je-li narušena mikrostruktura a struktura půdy a tím i cirkulace vody půdním profilem, může docházet k závažným změnám v chování toxických látek
- půdní agregáty ovlivňují interakci enzymů s jejich substráty
- **díky svému integrujícímu charakteru a významu půdní struktury je dokonce navržena a chápána jako sumární indikátor pro půdní kvalitu**

KULOVITÁ	POLYEDRICKÁ	HRANOLOVITÁ (PRIZMATICKÁ)	DESKOVITÁ
• hrudovitá	• polyedrická	• hrubě priizmatická	• deskovitá
• hrudkovitá	• drobně polyedrická	• prizmatická	• destičkovitá
• drobtová		• drobně priizmatická	• lístkovitá
• jemně drobtová			
• práškovitá			

Půdní pórovitost

- **půda je pórovitě heterogenní látka**, póry v půdě dělíme na:
 1. **kapilární póry** - kapalina proudí laminárně; nejvýznamnější v transportních procesech; nejvýznamnější pro mikrobiální složku půdy a pro rhizosféru; zabezpečují půdní vlhkost (pro kořeny, mikroorganismy ...); oblast změn redox poměrů
 2. **nekapilární póry** - turbulentní proudění kapalin; sem se dostávají cizorodé látky a míse se

Pórovitost: $P (\%) = V_P / V_T \times 100$

Rozdělení půdních pórů podle velikosti a jejich typické zastoupení (% obj.) v základních skupinách podle půdního druhu (upraveno podle Rowell, 1994; in: Šimek, 2003)

DRUH PÓRŮ	VELIKOST (µm)	LEHKÁ PŮDA (% OBJ.)	STŘEDNÍ PŮDA (% OBJ.)	TĚŽKÁ PŮDA (% OBJ.)
nekapilární	> 50	20–30	10–15	5–15
semikapilární	0,2–50	5–15	20–25	15–20
kapilární	< 0,2	5–10	15–20	25–35
pórovitost	---	35–45	45–55	50–70

Sáňka M. a kol. (2018)

Objemová hmotnost a měrná hmotnost

Objemová hmotnost půdy

- je jednou z nejdůležitějších půdních vlastností, která ovlivňuje celý komplex fyzikálních podmínek v půdě
- hmotnost 1 cm³ půdy (v gramech) v přirozeném uložení po vysušení včetně pórů
- platí, že čím je vyšší hodnota objemové hmotnosti, tím je půda utuženější
- rostlinám škodí jak příliš kyprá, tak i příliš utužená půda - pro polní plodiny by se měla hodnota objemové hmotnosti půdy v ornici pohybovat od 1,2 do 1,5 g. cm³

Měrná hmotnost (specifická)

- bez pórů

MĚRNÁ HMOTNOST (g/cm ³)	HORIZONT
2,0	rašelinné horizonty
2,0-2,4	zrašelinělé horizonty
2,4-2,5	silně humózní horizonty
2,5-2,6	povrchové humózní horizonty
2,6-2,7	hlinité horizonty s humusem kolem 1 %
2,7-2,8	železem obohacené iluviální horizonty, a to i při obsahu org. látek 2-5 %

Doporučené hodnoty měrné hmotnosti a pórovitosti (Kutílek, 1978)

STRUKTURNÍ STAV HUMUSOVÉHO HORIZONTU	OBJEMOVÁ HMOTNOST SUCHÉ PŮDY (g.cm ⁻³)	PÓROVITOST (%)
výborný	> 1,2	> 54
dobrý	1,2-1,4	46-54
nevyhovující	1,4-1,6	39-46
nestruturní	1,6-1,8	31-39

Sáňka M. a kol. (2018)

Půdní sorpční komplex

- sorpční kapacita půd jako vlastnost výměny látek mezi půdním roztokem a povrchy částic
- **roli hrají půdní koloidy, organominerální komplex**

Koloidy v půdě:

- tzv. mobilní pevná fáze
- jemné částice 1 - 100 nm!; organické i anorganické; dnes tzv. NANOčástice
- jsou transportovány půdní vodou velmi lehce
- mohou fungovat jako "transportéry" nerozpustných látek ve vodě
- **velký aktivní povrch:**
 - jeden cm^3 má 10^{18} částic s průměrem 10 nm (koloid) má povrch 600 m^2
- vyskytují se ve formě solů či gelů (koagulace \leftrightarrow peptizace)
- jsou **hydrofilní** (huminové kyseliny, kys. křemičitá, hydroxidy železa a hliníku ...) a **hydrofóbní** (jílové minerály)

Půdní sorpční komplex

- na povrchu je tzv. adsorpční vrstva, v případě negativního komplexu, obsahuje kationty
- negativní náboj není v reálu zcela saturován, část elektrického potenciálu není kompenzována
- celková kapacita kationtů, které mohou být poutány na adsorpční vrstvy v půdě se nazývá **kationtová výměnná kapacita (KVK, CEC)**

1 - granule
2 - částice
3 - micela
4 - dvojitá elektrická vrstva

5 - adsorbované kationty
6 - difusní vrstva
7 - adsorpční vrstva
8 - adsorpční potenciál iontů

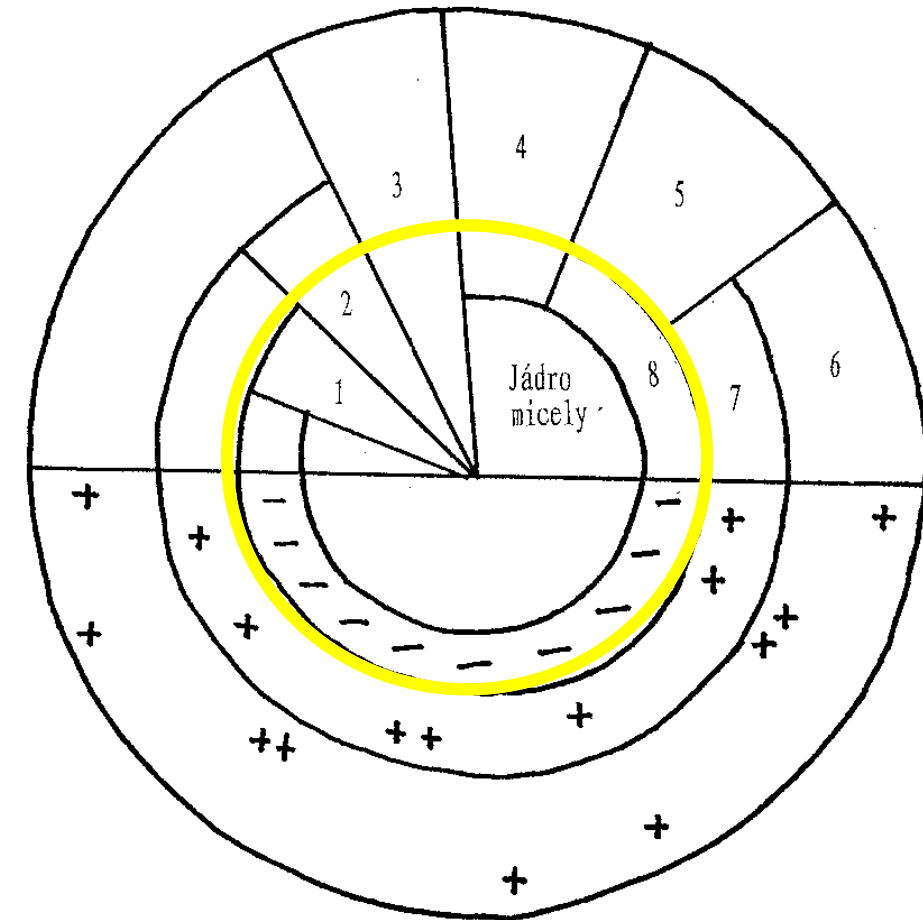


Schéma struktury půdního koloidu
(podle Gorbunova)

Půdní sorpční komplex

- **CEC** je tedy suma chemických ekvivalentů kationtů vodíku, draslíku, vápníku a hořčíku
- **výměna iontů v půdě** je proces, při němž se vyměňují ionty absorbované na površích půdních minerálních a organominerálních koloidů s ionty z okolního půdního roztoku
- Pokud je v půdě vysoká kationtová výměnná kapacita, dochází ke kumulaci živin jako jsou K, Ca, Mg ve formě sice přístupné organismům, ale ve formě chráněné před vyplavováním z půdy.

Půdní sorpční komplex

- **Sorpční nasycení se označuje V**, vypočteme jako procentuální zastoupení iontů Ca^{2+} , Mg^{2+} a K^{+} (někdy se tato suma označuje "S") v celkové hodnotě KVK (ta se někdy označuje "T") - S/T (%)
- Udává podíl výměnných bazických kationtů v % z celkové sorpční kapacity.
- K hodnocení výsledků lze užít následující stupnici

Kritéria pro hodnocení hodnot celkové sorpční kapacity (T) a nasycenosti sorpčního komplexu bazickými kationty (V)

HODNOCENÍ	HODNOTA T (mmol/kg)	HODNOCENÍ	HODNOTA V (%)
velmi nízká	< 80	extrémně nenasycená	< 30
nízká	80–130	nenasycená	30–50
střední	130–240	slabě nasycená	50–75
vysoká	240–300	nasycená	75–90
velmi vysoká	> 300	plně nasycená	90–100

Sáňka M. a kol. (2018)

Nutriční vlastnosti půdy

- Pro zhodnocení obsahu prvků v půdě lze užít následující klasifikační tabulky, přičemž na mmol chemických ekvivalentů na kg půdy se přepočítají tyto koncentrace vydělením 39,1 pro draslík a 12,5 pro hořčík:

Kritéria hodnocení obsahu P, K a Mg (Melich 3, dle přílohy č. 3 vyhl. č. 275/1998 Sb., ve znění pozdějších předpisů)

ORNÁ PŮDA

OBSAH	FOSFOR (mg.kg ⁻¹)		DRASLÍK (mg.kg ⁻¹)			HOŘČÍK (mg.kg ⁻¹)		
			PŮDA			PŮDA		
	SP ¹⁾	ICP-OES ²⁾	LEHKÁ	STŘEDNÍ	TĚŽKÁ	LEHKÁ	STŘEDNÍ	TĚŽKÁ
nízký	< 50	< 55	< 100	< 105	< 170	< 80	< 105	< 120
vyhovující	51–80	56–85	101–160	106–170	171–260	81–135	106–160	121–220
dobrý	81–115	86–125	161–275	171–310	261–350	136–200	161–265	221–330
vysoký	116–185	126–200	276–380	311–420	351–510	201–285	266–330	331–460
velmi vysoký	> 185	> 200	> 380	> 420	> 510	> 285	> 330	> 460

Sáňka M. a kol. (2018)

Půdní reakce

- patří k nejvýznamnějším fyzikálně chemickým vlastnostem půd
- charakterizuje její genetické vlastnosti, směr a intenzitu půdních procesů, určuje složení a stupeň biologické aktivity i úrodnost půdy, ovlivňuje rozpustnost a translokaci některých prvků a sloučenin (např. hliníku, železa, fosforu, karbonátů) a osud rizikových polutantů
- půdní reakce se označuje číslem **pH**, které je záporným logaritmem koncentrace vodíkových iontů
- **aktivní pH** - pH půdního roztoku a stanoví se vodním výluhem - $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ - představuje okamžitý stav volných hydroxoniových iontů v půdním roztoku, nepoutaných sorpčním komplexem
- **výměnné pH** - ionty vázané sorpčním komplexem; stanoví se výluhem neutrální solí (KCl) - $\text{pH}(\text{KCl})$ - vždy nižší než aktivní pH – používá se pro potřeby agrochemie

Půdní reakce

Kritéria pro hodnocení půdní reakce výměnné (příloha č. 3 k vyhl. č. 275/1998 Sb., ve znění pozdějších předpisů)

HODNOTA pH	PŮDNÍ REAKCE
< 4,5	extrémně kyselá
4,6–5,0	silně kyselá
5,1–5,5	kyselá
5,6–6,5	slabě kyselá
6,6–7,2	neutrální
7,3–7,7	alkalická
> 7,7	silně alkalická

Pro lesní půdy je možno využít následující kritéria (Rejšek, 1999)

HODNOTA pH (KCl)	HODNOTA pH (H ₂ O)	PŮDNÍ REAKCE
< 3,0	< 3,5	velmi silně kyselá
3,0–4,0	3,5–4,4	silně kyselá
4,1–5,0	4,5–5,5	středně kyselá
5,1–6,0	5,6–6,5	mírně kyselá
6,1–7,0	6,6–7,2	neutrální
> 7,0	> 7,2	mírně alkalická

Sáňka M. a kol. (2018)

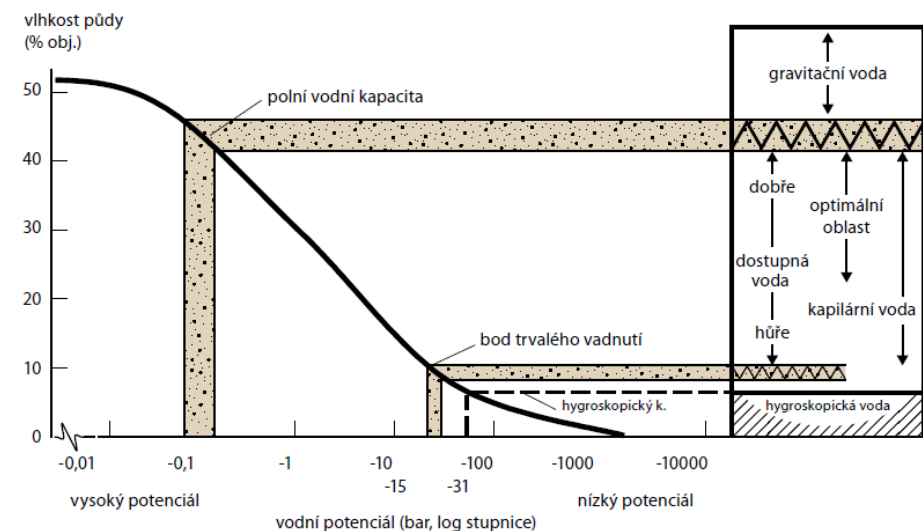
Půdní voda

- voda je potřeba pro fungování většiny metabolických procesů; optimální vlhkost "spouští" fungování mikroorganismů; vytváří mikroprostředí pro mikroorganismy v pórech a na povrchích částic; ovlivňuje výměnu plynů v půdě; ovlivňuje přístupnost nutrientů; ovlivňuje teplotu půdy
- plná vodní kapacita – všechny póry jsou zaplněny vodou, rovná se tedy pórovitosti
- retenční vodní kapacita (polní vodní kapacita) – obsah vody v půdě po ztrátě vody gravitační čili obsah vody zadržovaný v kapilárních pórech
- bod vadnutí - obsah vody, při kterém již rostliny nejsou schopny překonat síly poutající molekuly vody v půdě
- maximální kapilární vodní kapacita - schopnost půdy zadržovat vodu pro potřeby rostlin

Půdní voda

Měření půdní vlhkosti:

- **WHC** (water holding capacity) - česky retenční vodní kapacita či maximální vodní kapacita = maximální množství vody, které udrží půda po nadměrném zavlažení
- udává se jako ml/g suš.
- pro standardizaci podmínek v půdně - ekotoxikologických testech se užívá ovlhčování na XX % WHC (např. 60%, 80% apod.)
- často je alternativou vyjádření pomocí vlhkostního potenciálu – tlak, pF



Organická hmota v půdě

- kromě živých organismů se v půdě vyskytuje ještě neživá organická hmota
- odumřelá rostlinná hmota (kořeny, zbytky rostlinných těl, opad), zbytky odumřelých organismů v různém stupni rozkladu, tuky, vosky, sacharidy, N či P obsahující organické látky a nově vzniklá hmota
- dohromady ji označujeme zkratkou **SOM** (Soil Organic Matter)
- množství této hmoty je různé u jednotlivých typů půd např. v listnatém lese vyšší než na pastvině, a obvykle se pohybuje od 1 do 5 % (vyjádřeno jako uhlík); akumuluje se více v lesních půdách, než v zemědělských
- **organický uhlík v půdě se značí TOC, C_{org} či C_{ox}** a jeho množství lze odvodit od množství humusu (dělením 1,724; humus obsahuje 58% uhlíku)
- uhlík v půdě ovlivňuje jak její biologické, tak i fyzikálně chemické procesy a je stěžejní pro aktivity organismů jako zdroj živin - podmínkou **půdní úrodnosti**
- význam pro procesy záleží na dostupnosti uhlíku (lehká frakce ...)

Vstupy organické hmoty do půd

- lužní les: cca 5,6 t / ha / rok
- smrkový les: cca 4,9 t / ha / rok
- jen odumírání kořenů v lesním porostu: 1-2 t / ha / rok
- posklizňové zbytky: cca 1 t / ha / rok u okopanin, 3,5 u obilovin a až 15 t / ha / rok u travních porostů !!!
- složení vstupu organické hmoty:
 - 50-90% voda, 10-50% sušina
 - sacharidy 60%, lignin 0-30%, tuky, vosky 5%, bílkoviny 10%
 - C 44%, O 40%, H 8%, popeloviny 8%
 - jednodušší cukry a org. látky, pryskyřice, tuky, vosky a třísloviny, celulóza a hemicelulóza, lignin, org. dusíkaté látky, popeloviny
- rozložitelnost klesá: cukry, proteiny > bílkoviny > hemicelulóza > celulóza > tuky, vosky > lignin

Organická hmoty v půdě

Měření

- nejjednodušší – **Loss on Ignition (LOI)** – několik hod v 360-380°C
- oxidace uhlíku – chemická (mokrá) – **Cox**; suchá (přístrojová) - **TOC**

Number	Title	Scope, sample material	Principle
ISO 10694:1995	Soil quality – Determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis)	All types of air dried soil samples	The carbon is oxidised to CO ₂ by heating the soil to at least 900°C in a flow of oxygen-containing gas. The amount of CO ₂ released is then measured by titrimetry, gravimetry, conductometry, gas chromatography or using an infrared detection method, depending on the apparatus used.
ISO 14235:1998	Soil quality – Determination of organic carbon by sulfochromic oxidation	All types of air dried soil samples	The organic carbon is oxidised in a mixture of potassium dichromate solution and sulphuric acid at a temperature of 135 °C. The dichromate ions are reduced to Cr ³⁺ . The intensity of the green colour is measured spectrophotometrically. As the oxidation of one carbon atom of the organic matter procedures four electrons, there is a direct relationship between the Cr ³⁺ and the organic carbon. The method is calibrated using glucose.



Organická hmota v půdě

- Většina půd jsou půdy minerální, tj. obsah uhlíku je několik procent
- Půdy organické mají obsah uhlíku až desítky procent

C_{org} (%)	Humus (%)	Označení obsahu
< 0,6	< 1	velmi nízký
0,6 - 1,1	1,0 - 2,0	nízký
1,2 - 1,7	2,1 - 3,0	střední
1,8 - 2,9	3,1 - 5,0	vysoký
> 2,9	> 5,0	velmi vysoká

Organická hmota v půdě

- **C:N** - číslo < 10 považováno za ukazatel dobré kvality humusu. Čím je číslo větší než 10, tím je humus méně kvalitní.
- **Poměr huminových kyselin a fulvokyselin (HK:FK, HA:FA)** je spolehlivějším ukazatelem kvality. Obecně lze shrnout, že hodnoty vyšší než 1 má humus s příznivou humifikací s tendencí akumulace. Hodnoty menší než 1 naznačují nižší tvorbu humusu.
- **$Q_{4/6}$** - barevný kvocient humusových látek (poměr extinkcí měřených při 465 a 665 nm), vyjadřující jejich relativní stupeň kondenzace. $Q_{4/6}$ naznačuje u hodnot nižších než 4,0, že převládají huminové kyseliny, především šedé. Hodnoty $Q_{4/6}$ rovnající se hodnotě 4,0 odpovídají stejnému obsahu HK a FK v půdě. Hodnoty vyšší než 4,5 naznačují, že v půdě je vyšší obsah FK.

Organická hmota v půdě

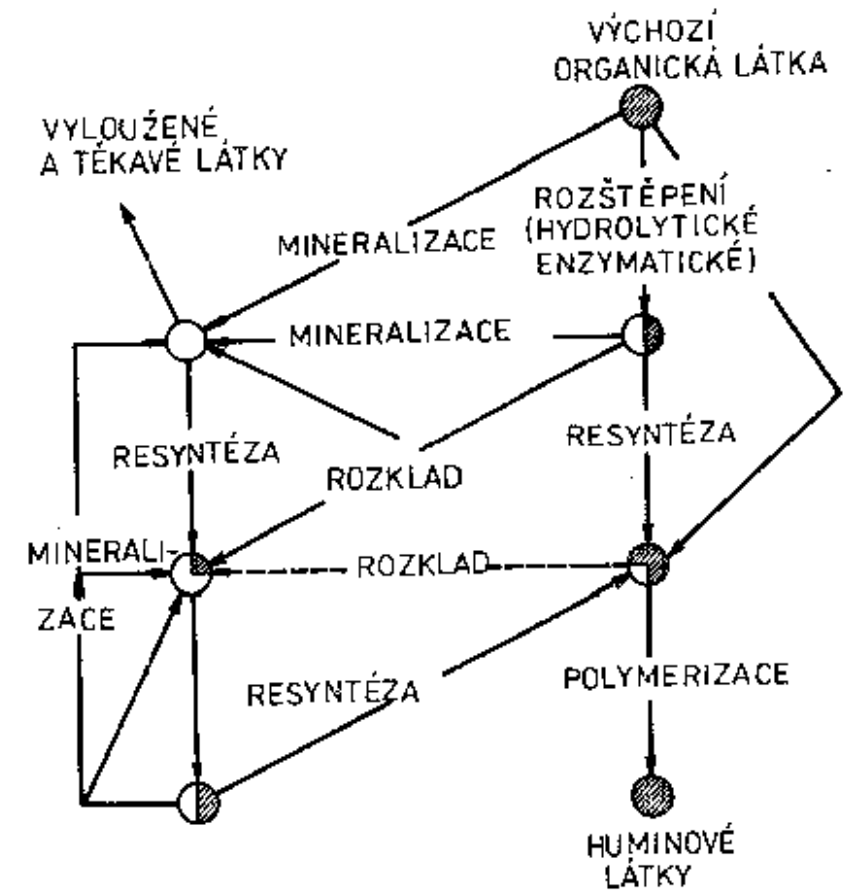
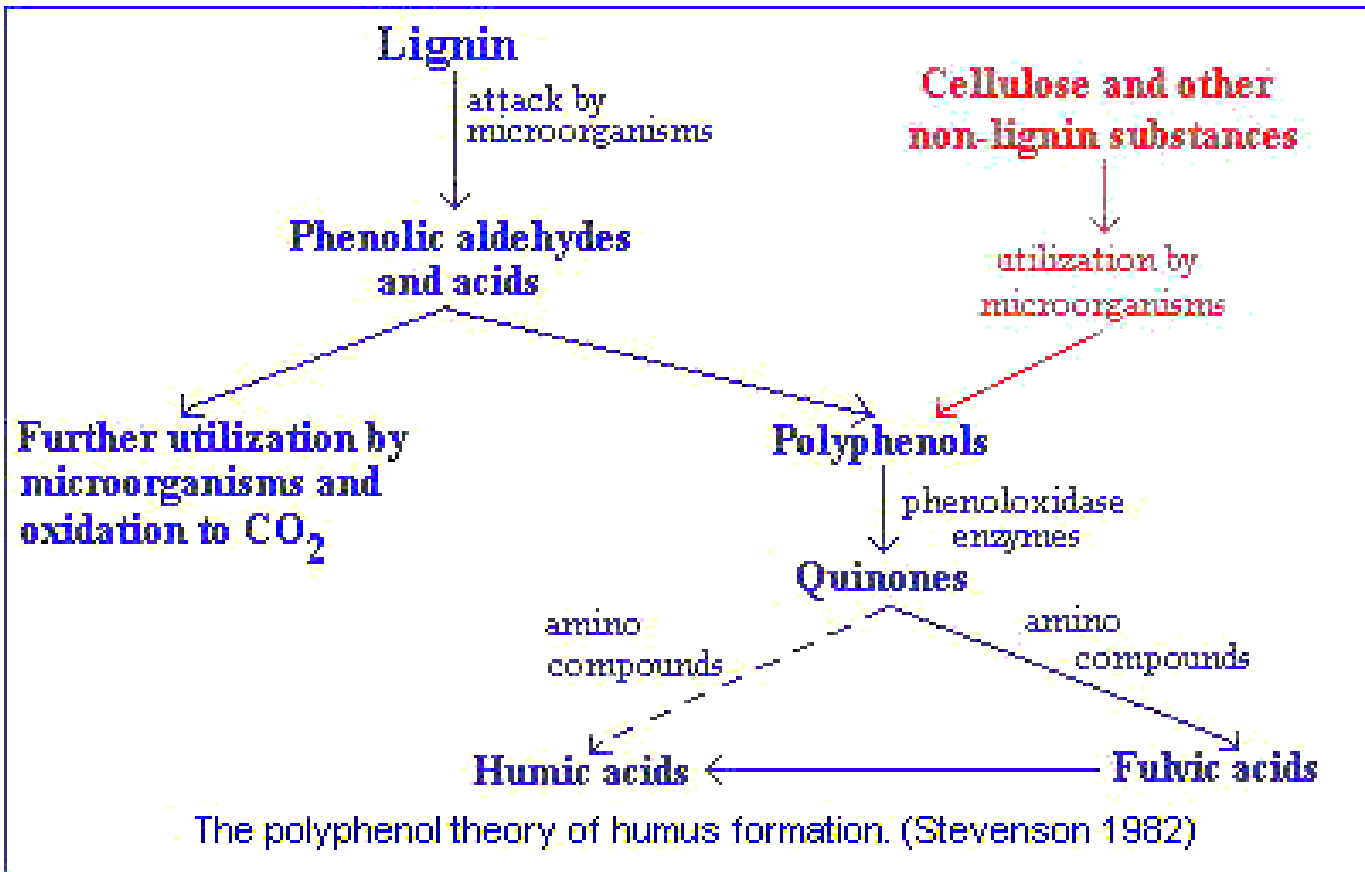
Přeměny organické hmoty

- **mineralizace** na jednoduché sloučeniny (H_2O , CO_2 , N_2O_5 , SO_2 , CH_4 , NH_3 apod.)
- **humifikace** - postupný proces; soubor rozkladných a syntetických pochodů

HUMIFIKACE

- vyluhování vodou, oxidace vzdušným kyslíkem, působení enzymů z odumírajících organismů (vznik tmavých melaninů atd.), rozměňování organických zbytků, následné promíchávání s anorganickou komponentou půdní faunou, biotická oxidace bakteriemi a houbami a další řada procesů
- Významné pro humifikační proces jsou živé organismy, nejvíce mikrobiální biomasa.
- Humus lze parametrizovat pomocí: C_{org} , C:N, HA:FA, $\text{Q}_{4/6}$ apod.

Humifikační proces



7. Schéma humifikačního procesu.

Humifikační proces

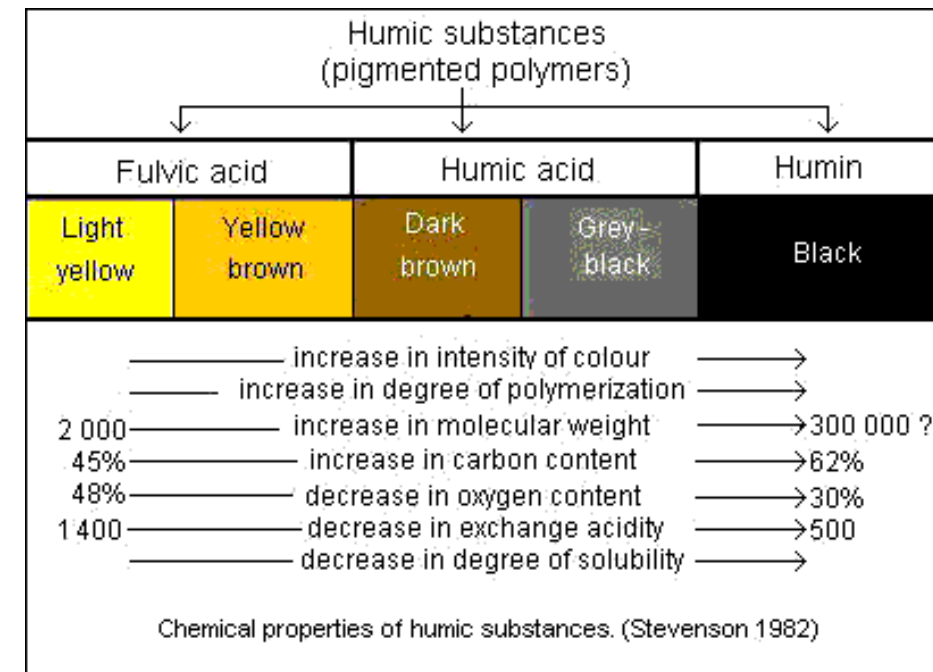
- Humifikací nově vzniklé látky jsou amorfny, tmavě zbarvené a koloidní povahy. Tyto **humínové látky** (tvořící 80 - 90 % humusu) dělíme na tři skupiny:

1) **fulvokyseliny (FK, FA)**

2) **humínové kyseliny (HK, HA)**

3) **humíny**

- jedna skupina přechází v druhou plynulými přechody
- HA můžeme ještě rozdělovat na hmatomelanové, šedé a hnědé.
- navzájem se liší obsahem C, H, O, N a charakteristických skupin = FA mají méně C, N, H a více O než HA
- tyto látky se dělí na základě rozpustnosti v NaOH či $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ a HCl
- Kromě humínových látek obsahuje humus v užším slova smyslu ještě nehumínové látky (12-15%), zahrnující téměř všechny organické sloučeniny od jednoduchých až po složité.



Tabulka 1: Srovnání složení a zastoupení funkčních skupin půdních fulvokyselin (FA) a humínových kyselin (HA). Tabulka pochází z Tan (2003) a má dvě části, pod každou je uvedeno z jakých zdrojů Tan data čerpal.

Typ huminových látek	Zastoupení prvků (%)				Atomové poměry			
	C	H	O	N	H/C	O/H	O/C	N/C
Fulvokyseliny (FA)	30,9 - 38,0	36,0 - 42,8	22,8 - 30,8	0,7 - 1,5	0,947 - 1,301	0,533 - 0,824	0,653 - 0,997	0,022 - 0,046
Humínové kyseliny (HA)	34,5 - 43,4	36,4 - 43,5	16,9 - 24,6	1,4 - 3,1	0,802 - 1,352	0,055 - 0,559	0,421 - 0,594	0,048 - 0,077

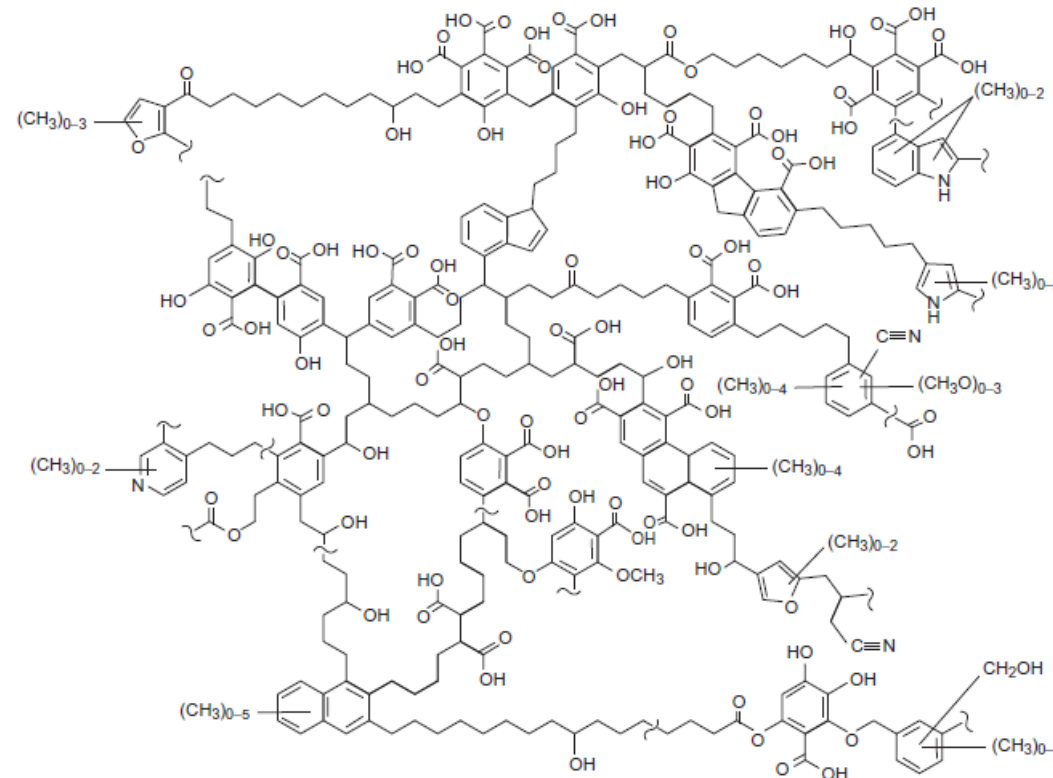
Zdroj: souhrn 13 různých studií

Typ huminových látek	Zastoupení funkčních skupin (%)			Aromaticita (%)	Alifaticita (%)
	alifatické	aromatické	karboxylové		
Fulvokyseliny (FA)	61,6	20,7	17,7	25,2	74,8
Humínové kyseliny (HA)	37,3	51,6	11,1	58,0	42,0

Zdroj: dřívější studie Tan

Humifikační proces

Z chemického hlediska se jedná o polyaromatické kondenzované uhlovodíky s četnými hydroxylovými, chinonovými, alkoxy- a karboxy- skupinami, přičemž fulvokyseliny jsou menší molekulové hmotnosti (1000 - 30 000), často je tvoří i jeden aromatický kruh s různými substituenty. Z ligninu vznikají látky aromatické a uhlovodíky alifatické vznikají hlavně z proteinů, aminokyselin, sacharidů apod.



Kleber M. (2010): Advances in understanding the molecular structure of soil organic matter: Implications for interactions in the environment. *Advances in agronomy*, 106:77-142. DOI: 10.1016/s0065-2113(10)06003-7

Figure 14 A 2D chemical structure for HA. From Schulten and Schnitzer (1997), Fig. 1, p. 119. With permission of the publisher.

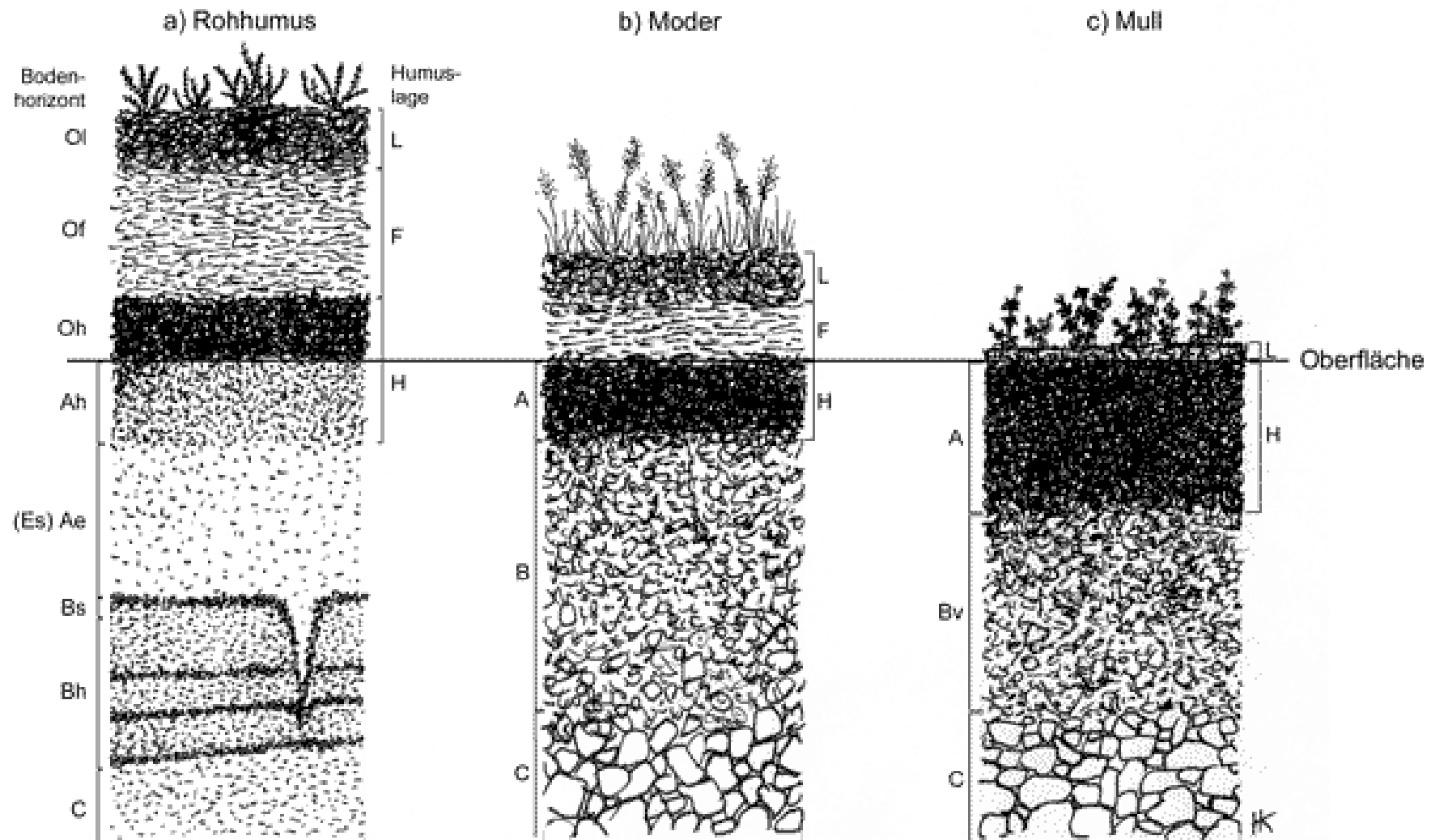
Humifikační proces

- přeměny jsou postupné a jsou různé stupně rozkladu podle podmínek v půdě a působení organismů. Proto tedy můžeme hovořit o **vývojových stádiích humifikace, formách humusu**:
- **Mor** se tvoří za nepříznivých podmínek pro rozklad a transformaci humusu, převážně na kyselých, minerálně chudých půdách v chladném a vlhkém klimatu. K tvorbě moru přispívá kyselý opad jehličí a hromadění odumřelých částí acidofilních druhů rostlin přízemní vegetace. Na rozkladu organické hmoty se v rozhodující míře podílejí houby a plísně. Činnost zooedafonu je značně omezená, většinou se vyskytují jen roztoči a chvostoskoci. Nedochozí k intenzivnějšímu prohumóznění svrchní části minerální půdy. Typický je plstovitý mykogenní horizont drti Fm, často propletený kořeny, s vrstevntou strukturou. Horizont měli H je nestrukturní, je většinou ostře oddělený od humózního horizontu A. Podobně je tomu i u hydrogenního humusového horizontu Oh.
- **Mul** vzniká za velmi příznivých podmínek pro rozklad a transformaci organických zbytků. Tvoří se pod listnatými nebo smíšenými porosty, hlavně v mírném až teplém klimatu, na půdách dobře zásobených živinami, propustných, na povrchu čerstvě vlhkých až vlhkých, někdy i přechodně zamokřených. Mul je charakteristický dobře vyvinutým humózním horizontem A, který bývá černohnědý až hnědočerný. Nad ním může ležet horizont opadanky L, někdy i zoogenní horizont Fz, případně zoogenní horizont měli Hz. Celková mocnost horizontů F a H je však menší než 2 cm. Organická hmota je do humózního horizontu A vpravována činností půdních organismů, obzvláště žížal. Důsledkem velmi intenzivní činnosti zooedafonu, bakterií a aktinomyct je rychlý rozklad organické hmoty, takže v určitém ročním období může humózní horizont A vystupovat až na povrch. Velké množství exkrementů půdních živočichů, především dešťovek, přispívá k tvorbě krupnaté až drobtovité struktury svrchní části humózního horizontu A.

Humifikační proces

- **Moder** zaujímá přechodné postavení mezi morem a mullem. Moru je podobný akumulací částečně až dobře humifikovaného organického materiálu na povrchu půdy. Mulu je podobný vyšší aktivitou půdní fauny a dominantní zoogenní dekompozicí v horizontu drti Fz. Tento horizont je většinou dobře vyvinutý a je tvořen částečně rozloženými rostlinnými zbytky, které mají nesoudržnou až kyprou strukturu. Exkrementy půdní fauny jsou časté. Hojní jsou členovci, dešťovky se mohou vyskytovat jen ojediněle. Pokud se vyskytuje mycelium hub, přispívá k tvorbě mírně vrstevnaté struktury. Většinou se vytváří i humusový horizont měli Hh. Je nestrukturní a bývá obohacen o minerální částice. Není ostře oddělen od humózního horizontu A. Moder vzniká v příznivějších klimatických a půdních podmínkách, než je tomu u moru, a to jak pod jehličnatými, tak pod listnatými porosty.

Organická hmota v půdě



Oživení půd, typy organismů a jejich role v půdě

Oživení půd

Earthworms (?): Flandres ca. 1350
from. J. Rombke



Fig. VI.: The earliest known drawing of a tardigrade by Goeze in 1773.



JRC (2010): European Atlas of Soil Biodiversity.
<https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/atlas-soil-biodiversity>

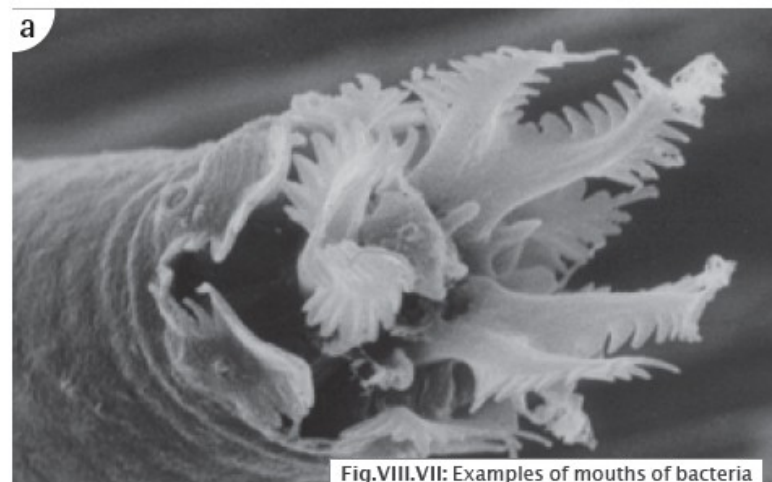
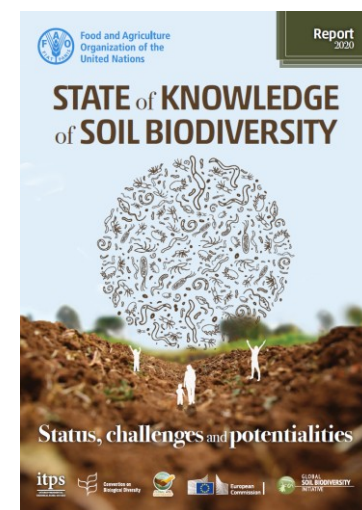


Fig.VIII.VII: Examples of mouths of bacteria feeding nematodes. (HvM)

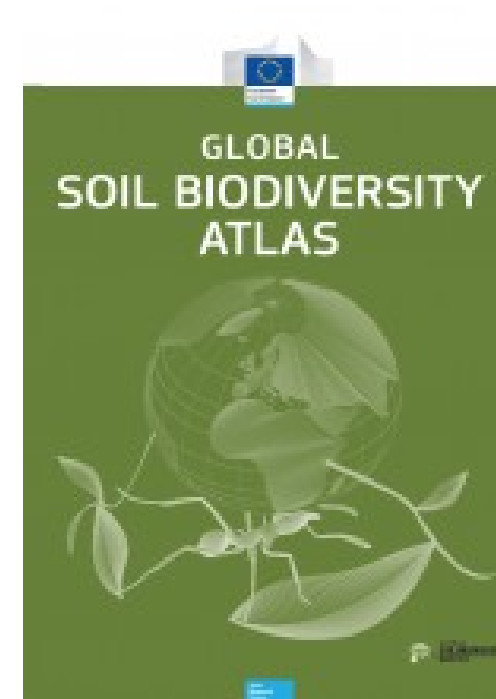
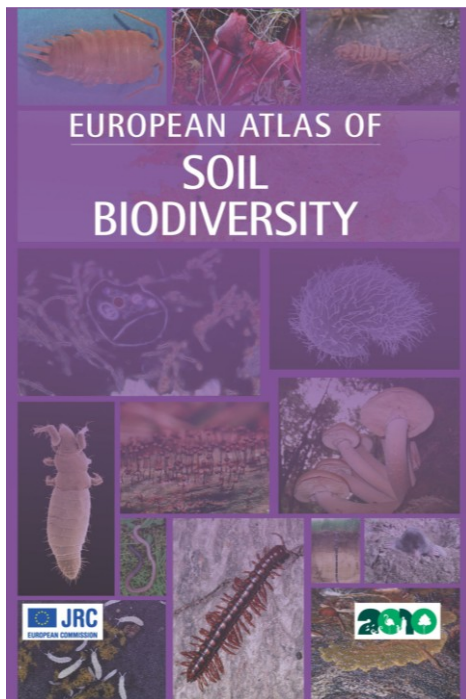
Oživení půd

- FAO, ITPS, GSBI, SCBD and EC. 2020. State of knowledge of soil biodiversity - Status, challenges and potentialities, Report 2020. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb1928en>
- <https://www.globalsoilbiodiversity.org/>



Oživení půd

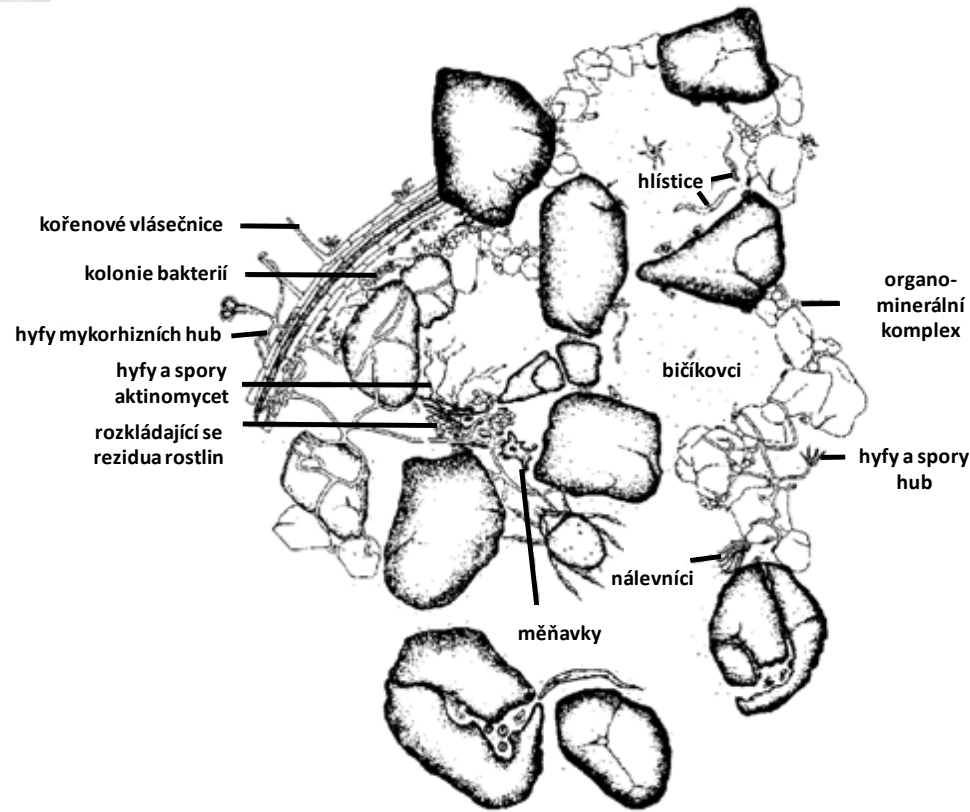
- JRC (2016): Global Soil Biodiversity Atlas.
<https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/global-soil-biodiversity-atlas>
- JRC (2010): European Atlas of Soil Biodiversity.
<https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/atlas-soil-biodiversity>



Oživení půd

Půda je živá hmota !!!

1 g = vlastně celý ekosystém



FAO
Food and Agriculture
Organization of the
United Nations

World
Soil Da

**SOIL IS
ALIVE!**

Soil is home to more than 25% of our planet's biodiversity

25%

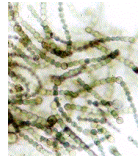
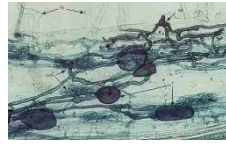
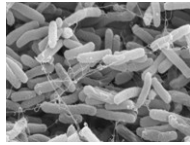
Yet, we know only 1% of this universe

1%

FAO, ITPS, GSBI, SCBD and EC. 2020. State of knowledge of soil biodiversity - Status, challenges and potentialities, Report 2020. Rome, FAO.

<https://doi.org/10.4060/cb1928en>

Oživení půd



mikroorganismy:

90 % celkové biomasy a aktivit !

Table 2. Composition of a Soil of a Grassland on Dry Weight Base

Soil	{ mineral soil 94% { organic matter 6%	{ dead org. m. 85% { living org. m. 15%	{ living roots 8.5% { edaphon 6.5%	bacteria + actinomycetes	50%
				fungi	25%
				worms	14%
				macrofauna	5%
				mesofauna	2.5%
				microfauna	3.5%

From Dunger, W., *Tiere in Boden*, Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt, 1984, 265 pp. With permission.

bezobratlí:

největší abundance mají hlístice, roztoči, chvostokoci, roupice,



Oživení půd

edafon = soubor organismů přítomných v půdě celými těly

- fytoedafon - řasy, bakterie, houby, aktinomyce
- zooedafon - prvoci, červi, měkkýši, savci, členovci
- euedafon – všechna stádia v půdě (žížala) - geobionta
- protoedafon – jen některá stádia (chroust) - geofila
- hemiedafon – může žít i mimo půdu (chvostoskok) - geofila
- pseudedafon – v půdě se jen ukrývají - geoxena
- tychedafon – v půdě jen náhodně (záplavy) - geoxena

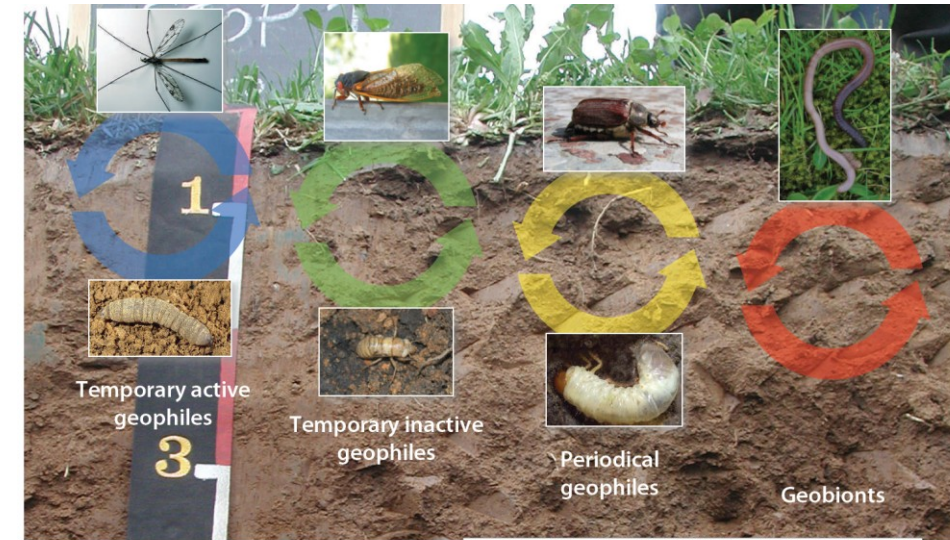


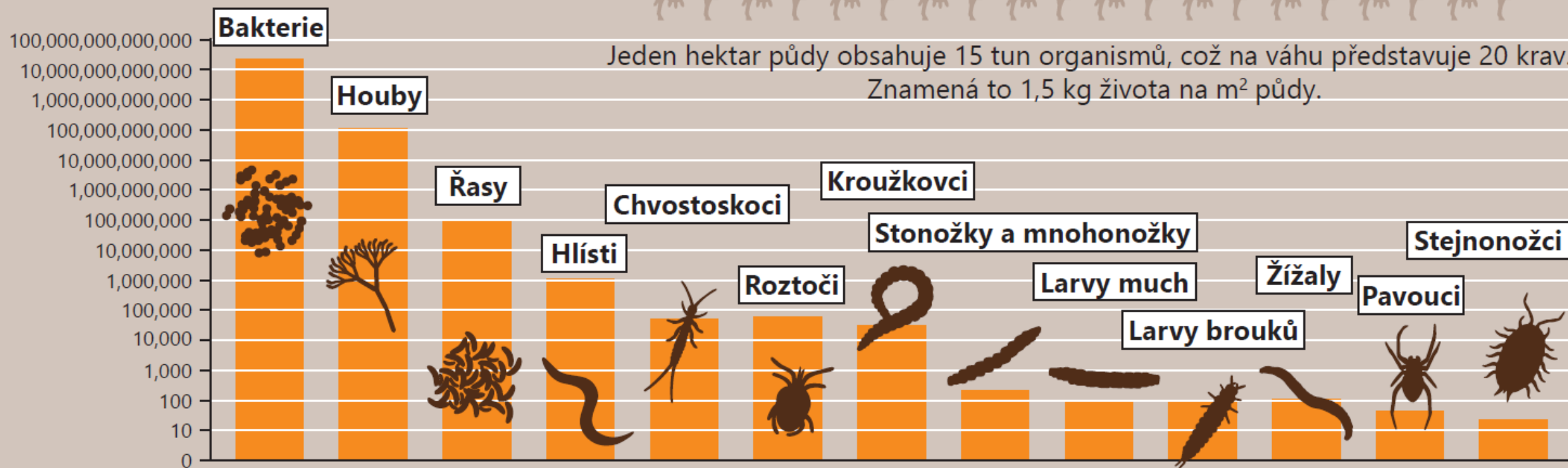
Fig. 7.10: The main four groupings that can be formed of soil invertebrates, depending on their life strategies and how closely they are linked with soil. The image contains examples of organisms from each group, showing both the larval and adult stages of each organism where applicable. Alternative terminology that is also used refers to temporary, transient and permanent edafon. The meanings are synonymous with those listed above. (A, D, LW and GY)

+ **orgány vyšších rostlin** - různorodý materiál, doplňování humusového materiálu

Oživení půd

PŮDY HEMŽÍCÍ SE ŽIVOTEM

Počet živých organismů v 1 m³ svrchní půdy v mírném klimatu, logaritmické měřítko



Oživení půd

- není rovnoměrné

Fig. 1.2: This highly simplified figure aims to give some idea of the distribution of organisms vertically through the soil profile. It is clearly an oversimplification and in fact microorganisms such as bacteria (c) and protozoa (e) are distributed throughout the soil profile, although with the highest biomass being found near the soil surface which is richer in organic matter. The two collembolans are adapted for living at different soil depths with the species shown in (a) being more adapted for living on or near the soil surface and that shown in (b) being more adapted to living at deeper levels. These differences are discussed in more detail in Section IX. Earthworms are also found in greater numbers closer to the soil surface but can also be found down to depths of 1 metre or more and form three different ecological groups which are discussed in more detail in Section XIII. Fungi are also found throughout the soil profile but are particularly common close to the soil surface where there is higher concentrations of organic matter as well as numerous plant roots with which they can form symbiotic relationships (f). This figure only shows a very few selected organisms. Many more organism groups make the soil their home as this atlas will make clear. (JRC)



JRC (2010): European Atlas of Soil Biodiversity.
<https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/atlas-soil-biodiversity>

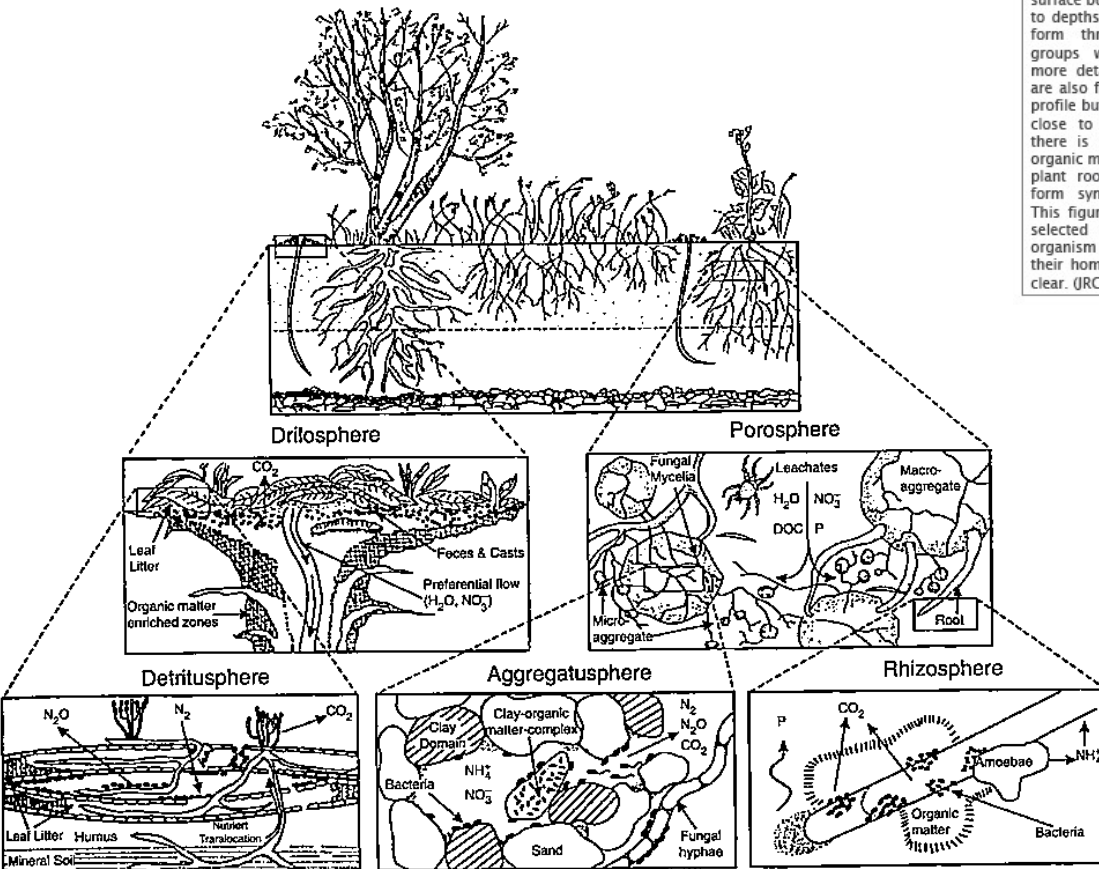


FIGURE 6.4. Arenas of activity in soil systems. These “hot spots” of activity may be less than 10% of the total soil volume, but represent more than 90% of the total biological activity in most soils worldwide (from Beare *et al.*, 1995, reprinted with permission).

Bargett R. (2005): The Biology of Soil: A Community and Ecosystem Approach. ISBN 9780198525028

Velikost půdní bioty

the
ber

UN FAO, 2020

MEGAFUNA
Toads, moles, beavers, rabbits and badgers are the principal agents of soil turnover and distribution.

MACROFAUNA
Several centimeters
Earthworms, termites, ants, millipedes and woodlice help with soil drainage and aeration.

MESOFUNA
Less than 2 mm
Microscopic invertebrates such as collembolans, diplura, proturans, nematodes, mites and tardigrades are biological regulators of decomposition.

MICROFAUNA AND MICROORGANISMS
1-100 Micrometers
Bacteria, protozoans, fungi and nematodes are the smallest and most numerous organisms in the soil. That are responsible of biogeochemical processes.

Community

Table 1.1: The soil biota can be divided into three groups.

Smaller \longrightarrow Larger

Microfauna/flora

Size range 1-100 μm

Bacteria

100 billion cells from
10,000 species

Fungi

50 km of hyphae from 100's
of species

Protozoa

100,000 cells from 100's of
species

Nematodes

10,000 individuals from
100's of species

Mesofauna

Size range 100 μm – 2 mm

Tardigrades

Collembola

Mites

Combined 1,000's individuals
from 100's of species

Macro/Megafauna

Size range > 2 mm

Earthworms

Ants

Woodlice

Centipedes

Amphibians and reptiles

Mammals

Birds

Combined 100's individuals
from 10's of species

JRC (2010): European Atlas of Soil Biodiversity.

<https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/atlas-soil-biodiversity>

Skladba půdního oživení

- 1) Producenti** – autotrofní organismy – vychází z minerálních látek a energii získávají ze světla – fotoautotrofie (vyšší rostliny, sinice, řasy) či oxidace anorganických látek – chemolitotrofie (některé bakterie)
- 2) Primární konzumenti** – fytofágie, fytotrofie – konzumují rostlinnou biomasu (různé larvy, brouci, krtonožky, někteří pavouci a roztoči, rostlinní parazité - hlístice)
- 3) Sekundární konzumenti** – karnivoři, predátoři – požírají fytotrofní organismy – dravý hmyz, pavouci a roztoči, stonožky
- 4) Rozkladači, destruenti, saprofágové** – živí se odumřelým organickým materiálem – v půdě nejpočetnější skupina – dekompozice - koloběh prvků a látek

Funkce bioty v půdě

PŮDNÍ BIOTA = PŘEDPOKLAD PŮDY

Již v původní definici půdy zakladatele pedologie Dokučajeva je činnost půdních organismů chápána jako **klíčová pro vznik a fungování půdy**

Biota je v půdě nezbytná pro:

- ekosystémové funkce půdy
- půdotvorné procesy
- půdní úrodnost
- dekompozice a přeměny organické hmoty
- cykly živin
- vodní a vzdušný režim půd
- atd. atd.

Funkce bioty v půdě



Funkce bioty v půdě

Dekompozice

- **Půdní fauna** – mechanické zpracování mrtvé organické hmoty: rozmělnění, zvětšení povrchu, promíchání s minerálními částicemi (i vlastním průchodem přes trávící trakt), transport v půdě, umožnění vzniku organominerálního komplexu a půdní struktury
- **Mikroorganismy** – rozklad a mineralizace organické hmoty (opad, odumřelé kořeny, dřevo, odumřelá těla živočichů a mikroorganismů ...) na jednodušší sloučeniny a minerální látky, které jsou přístupné pro primární produkci
- Obě skupiny jsou velmi propojené v potravních a dalších vztazích

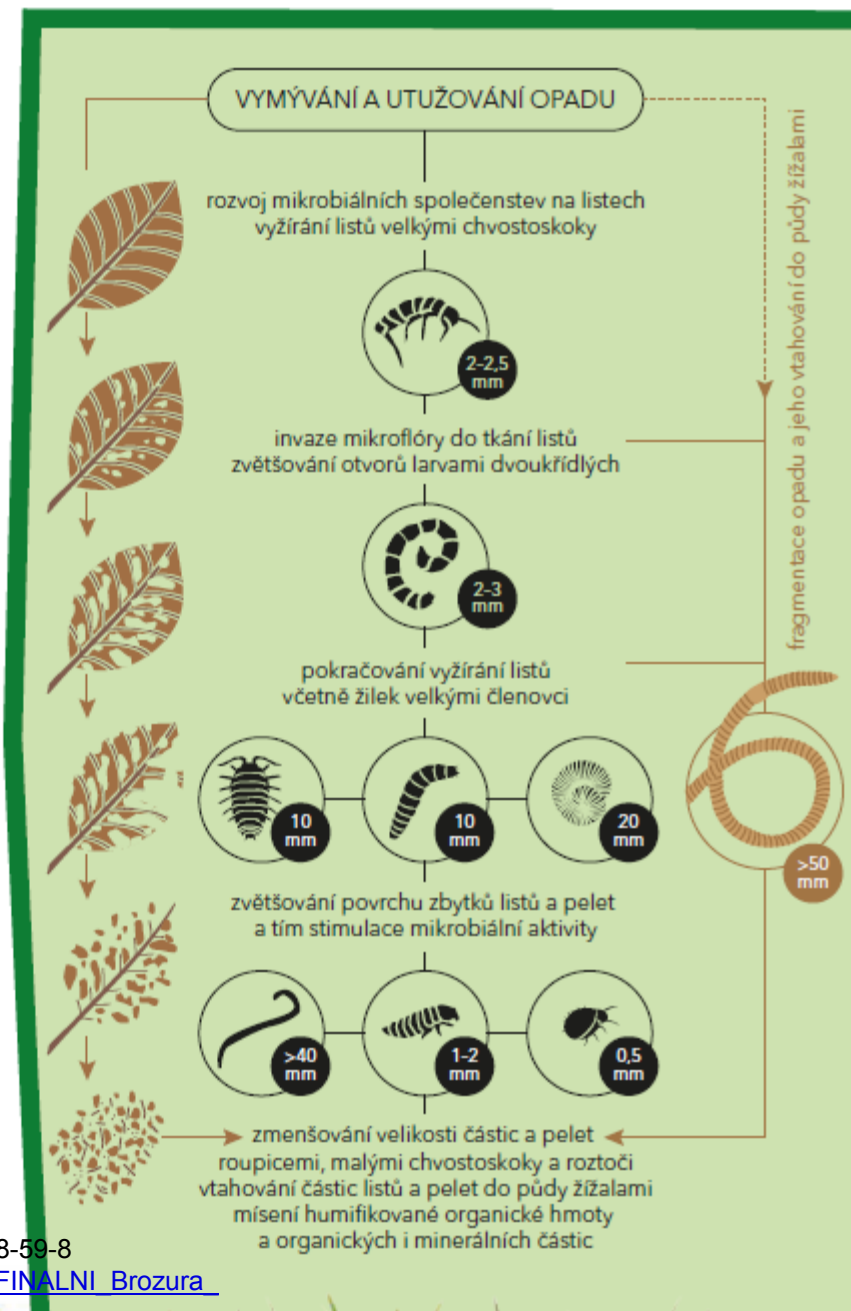
Funkce bioty v půdě

Dekompozice



Schématický postup rozkladu listového opadu.

Na rozkladu se podílí řada mikroorganismů, živočichů, a také extracelulární (= vněbuněčné) enzymy produkované edafonem. V průběhu rozkladu se mění kvalita rozkládajícího se opadu a tomu se přizpůsobuje i složení rozkladného společenstva, organická hmota se přesouvá z povrchu do hlubších vrstev půdy, snižuje se postupně poměr C:N detritu, velké molekuly organických látek se jejich částečnou degradací zmenšují, podíl bakteriálního vůči houbovému rozkladnému společenstvu postupně narůstá a část původní organické hmoty je nakonec mineralizována na nejjednodušší sloučeniny. S postupujícím rozkladem se vymývají minerální živiny a organické zbytky se utužují. (zdroj: Gobat a kol., 2004)



Řada různých metod

Table 5-1: Simple indicators of soil biodiversity. Meas.= measurability

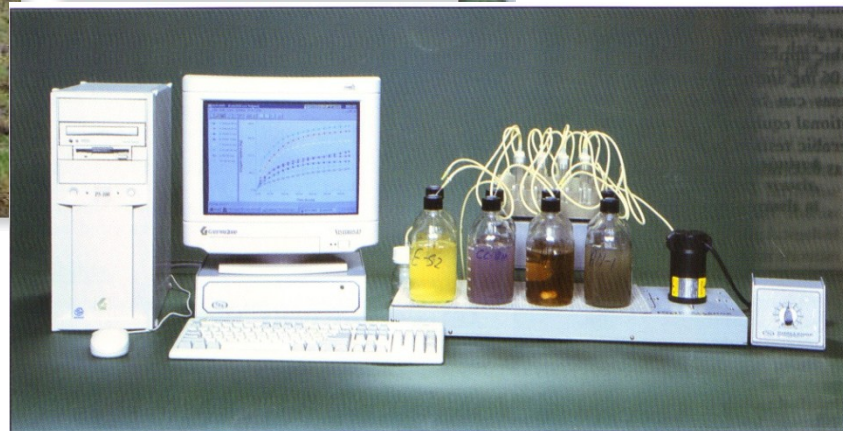
Functional group	Organisms	Indicator	Method	Standard	Sensitivity to soil type	Sensitivity to land use	Meas..
Microbial Decomposers	Microorganisms	Biomass / activity	SIR, fumigation-extraction ATP concentration, initial rate of mineralisation of glucose	Yes Yes	Good	Good	Good
		Activity	Respiration rate/quotient/ratio, Nitrification, N mineralisation, C mineralisation Denitrification N-fixation Mycorrhizae (% of root colonised)	Yes Yes No No No	Good Medium Medium Good Good	Medium Medium Medium Medium Good	Good
		Enzymatic activity	Dehydrogenase activity Other enzymatic activity tests: phosphatase, sulphatase, etc. Enzyme index	Yes No No	Good Good Very good	Good Good Very good	Medium Good
		Diversity	Culture-dependent methods: direct count, community-level physiological profiles Culture independent methods: fatty acids analysis, nucleic acid analysis	No No	Poor Poor	Poor Very good	Good Good (technical)
Biological regulators	Protists, nematodes	Abundance and Diversity	Culture-dependent methods: direct count (diversity index, functional or trophic diversity) Culture independent methods: fatty acids analysis, nucleic acid analysis	Yes	Good	Very good	Low (time, expertise)
	Microarthropods (springtails, mites)	Counting	Litter-bag technique (colonisation capacity) Soil coring	No	Good	Good	Low (time, expertise)
		Abundance and Diversity	Community composition, ecological groupings	Yes	Very good	Very good	Low (time, expertise)
Soil ecosystem engineers	Earthworms, isopods	Abundance Diversity	Species richness, diversity, evenness	Yes (ongoing)	Very good	Good	Good (low expertise, simple)

EC (2010): Soil biodiversity: functions, threats and tools for policy makers.

<https://core.ac.uk/display/29245351>

Řada různých metod

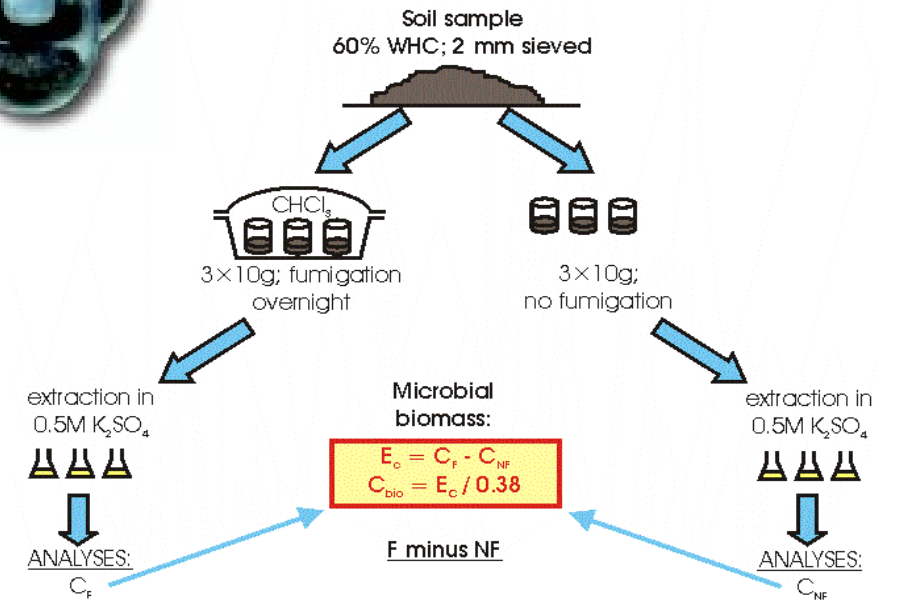
Advantağ
Disadvan
use in stc



Example of operation using IMC... increasing results



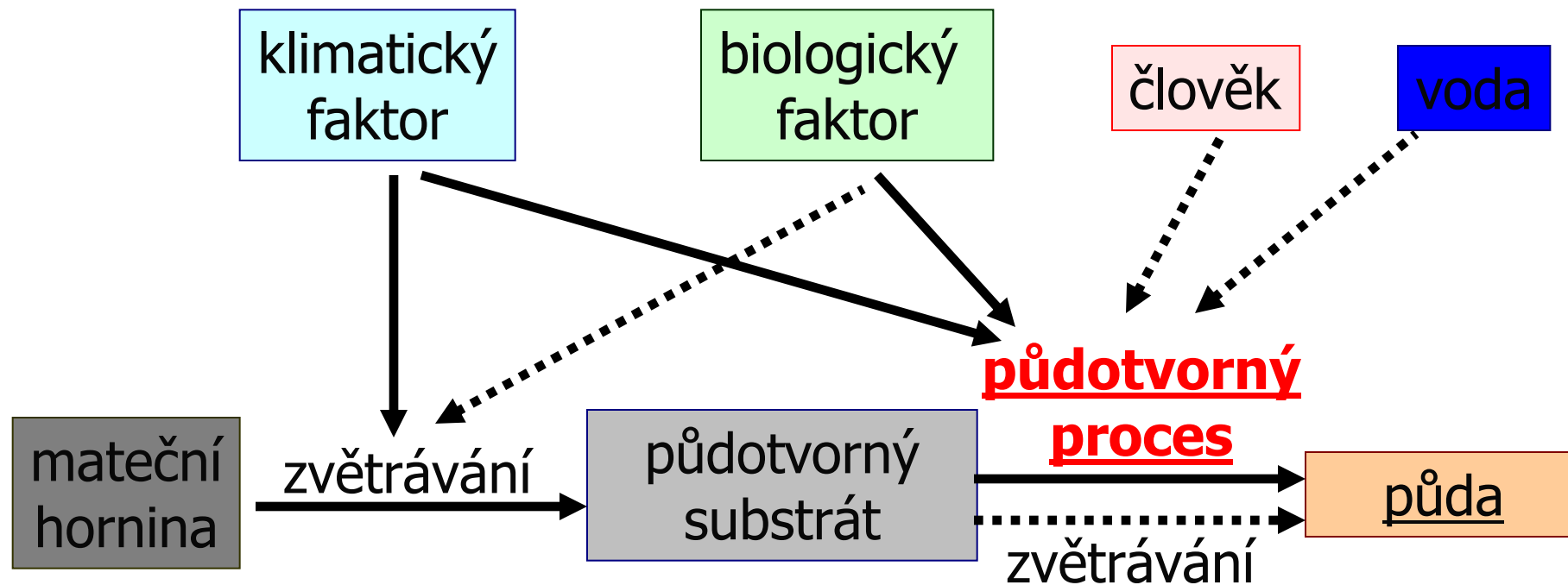
Fig. 8.10: Collection of microarthropods using the Berlese-Tullgren funnel method. (CG)



Půdotvorný proces, půdní profil, horizonty, klasifikace půd

Půdotvorný proces

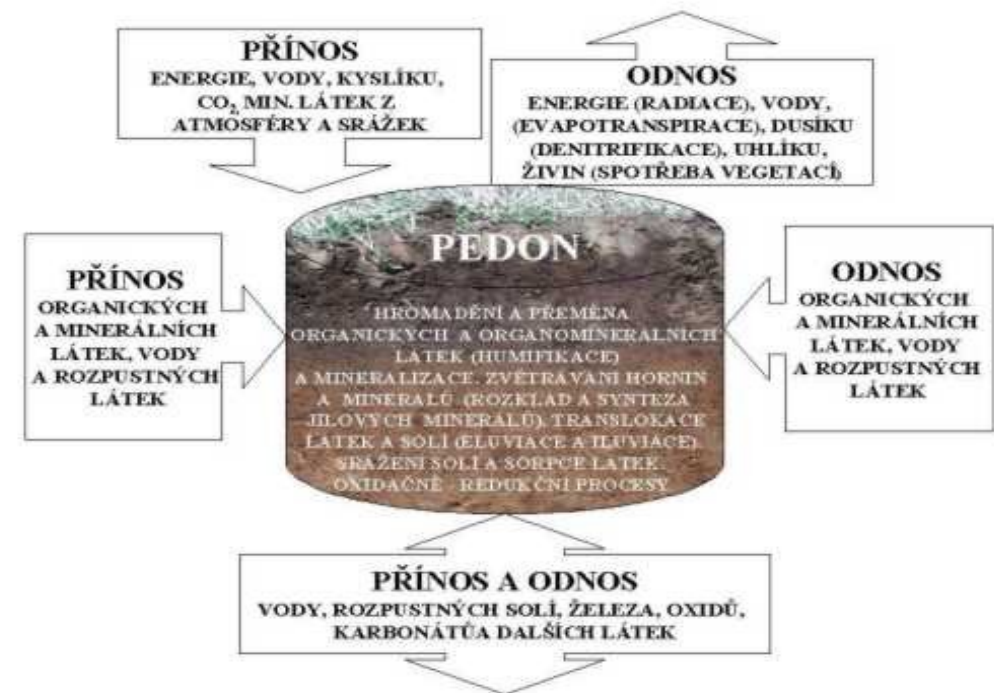
- zvětrávání (zejména kombinace mechanických a chemických procesů) vede ke vzniku půdotvorného substrátu a není ještě zahrnováno do půdotvorného procesu
- půdotvorný proces zahrnuje významně činnost organismů



Podmínky půdotvorného procesu: - čas (100' až 1000' let)
- reliéf (např. svah)

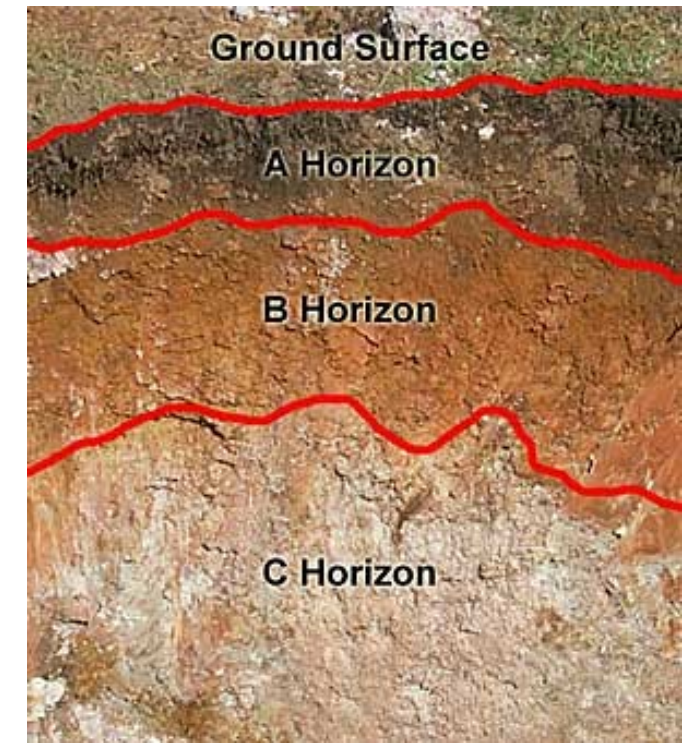
Půdotvorný proces

- **Přeměny (transformace)** – např. přeměna primárních minerálů na sekundární, rozklad organické hmoty ...
- **Přemíst'ování hmoty (translokace)** – např. ionty v profilu, částice ...
- **Obohacování** – např. opad organické hmoty, přísun rozpuštěných látek ...
- **Ztráty** – např. vymývání, eroze ...
- tzv. **mikroprocesy**:
rubefikace, brunifikace, humifikace, mineralizace, rašelinění, tvorba skvrnitosti, pedoturbace, pedokompakce, pedokoncentrace, chelatace, eluviace, iluviace, (de)karbonatizace, salinizace, alkalizace, acidifikace ...
- tzv. **makroprocesy**
např. kambizemní, podzolizace



Půdní profil

- vrstvy horizontů – pedologické určení horizontů a jejich hranic
- na orných půdách výrazný rozdíl vrstev způsobený člověkem – orničí a podorničí (spodina) – neodpovídá horizontům
- u lesních půd významná hranice mezi nadložními organickými horizonty a organominerálním horizontem



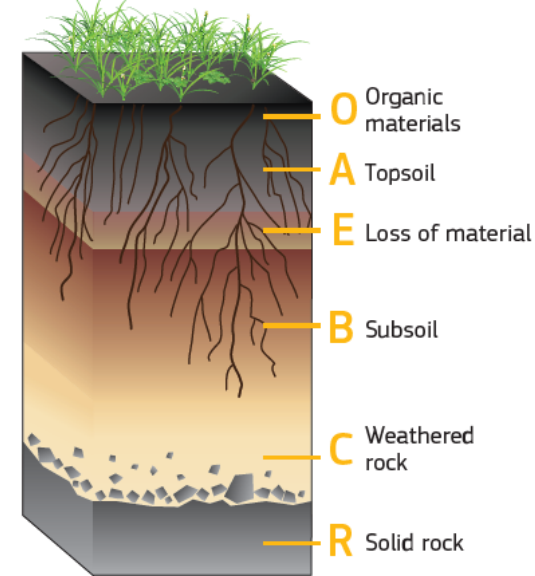
Půdní profil

JRC (2016): Global Soil Biodiversity Atlas.

<https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/global-soil-biodiversity-atlas>

Diagnostické horizonty

- Organické horizonty
 - Organominerální povrchové horizonty
 - Podpovrchové diagnostické horizonty
 - Půdotvorný substrát
-
- <https://klasifikace.pedologie.czu.cz/index.php?action=showKategorieHorizonty>



⚠ A hypothetical soil profile showing the main horizons in a typical mineral soil and their relation to parent material, root development and soil-forming processes. The E horizon occurs in soils when materials such as clay, iron and aluminium have been destroyed or flushed to deeper layers by percolating water. E horizons are usually lighter in colour (but not always) and have a coarser texture. Other possible horizon codes are L (sediments deposited in a body of water) and W (presence of water layers). (LJ)

O Horizon

An organic horizon composed primarily of recognizable organic material in various stages of decomposition.

A Horizon

The surface horizon: Composed of various proportions of mineral materials and organic components decomposed beyond recognition.

E Horizon

Zone of eluviation: Mineral horizon resulting from intense leaching and characterized by a gray or grayish brown color.

B Horizon

Zone of illuviation: Horizon enriched with minerals, e.g., clay, organic materials, or carbonates, leached from the A or E horizons.

C Horizon

Horizon characterized by unweathered minerals that are the parent material from which the soil was formed.

R Horizon

Bedrock.



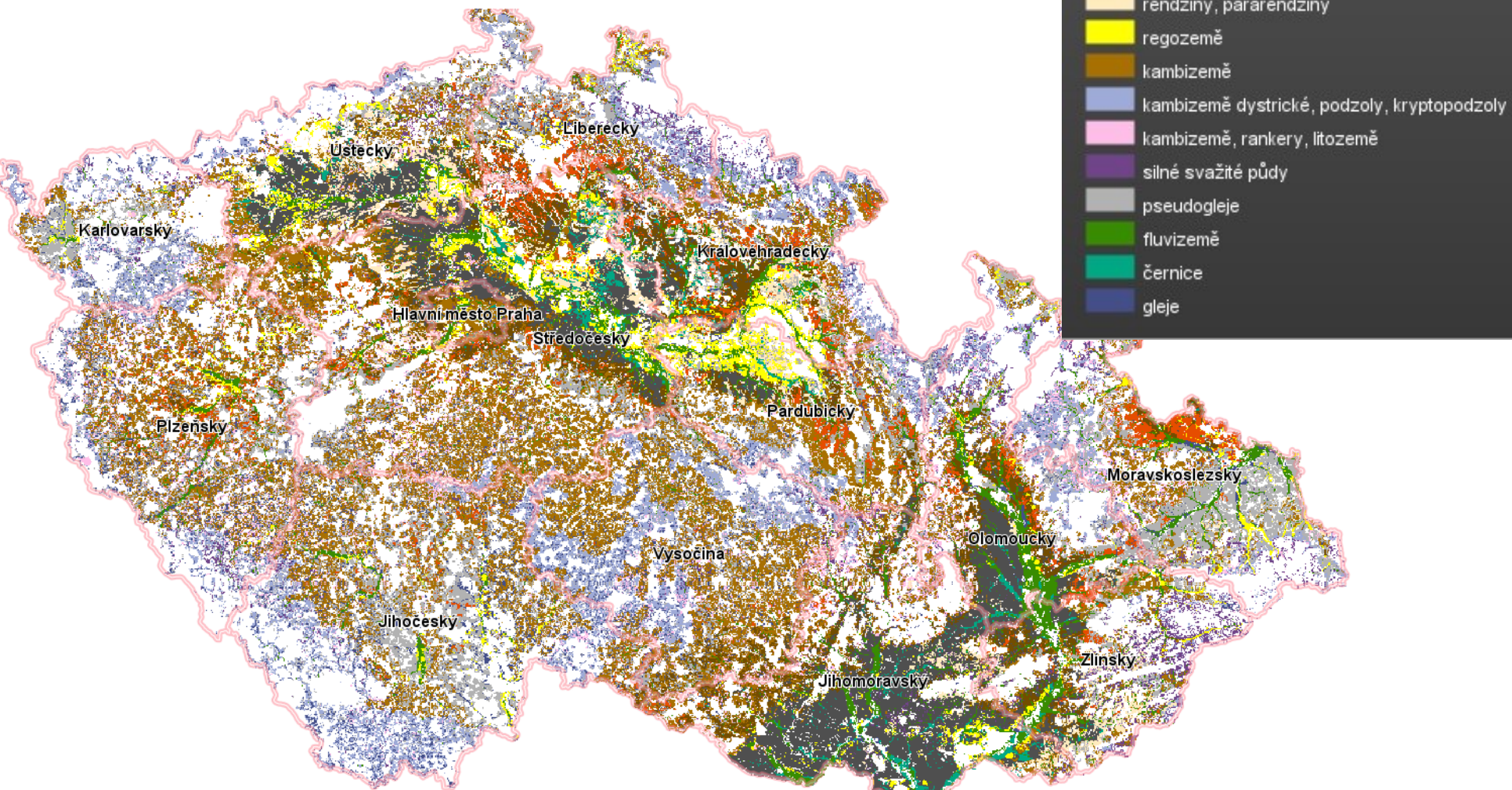
Klasifikace půd v ČR <http://klasifikace.pedologie.czu.cz>



TKSP – taxonomický klasifikační systém půd

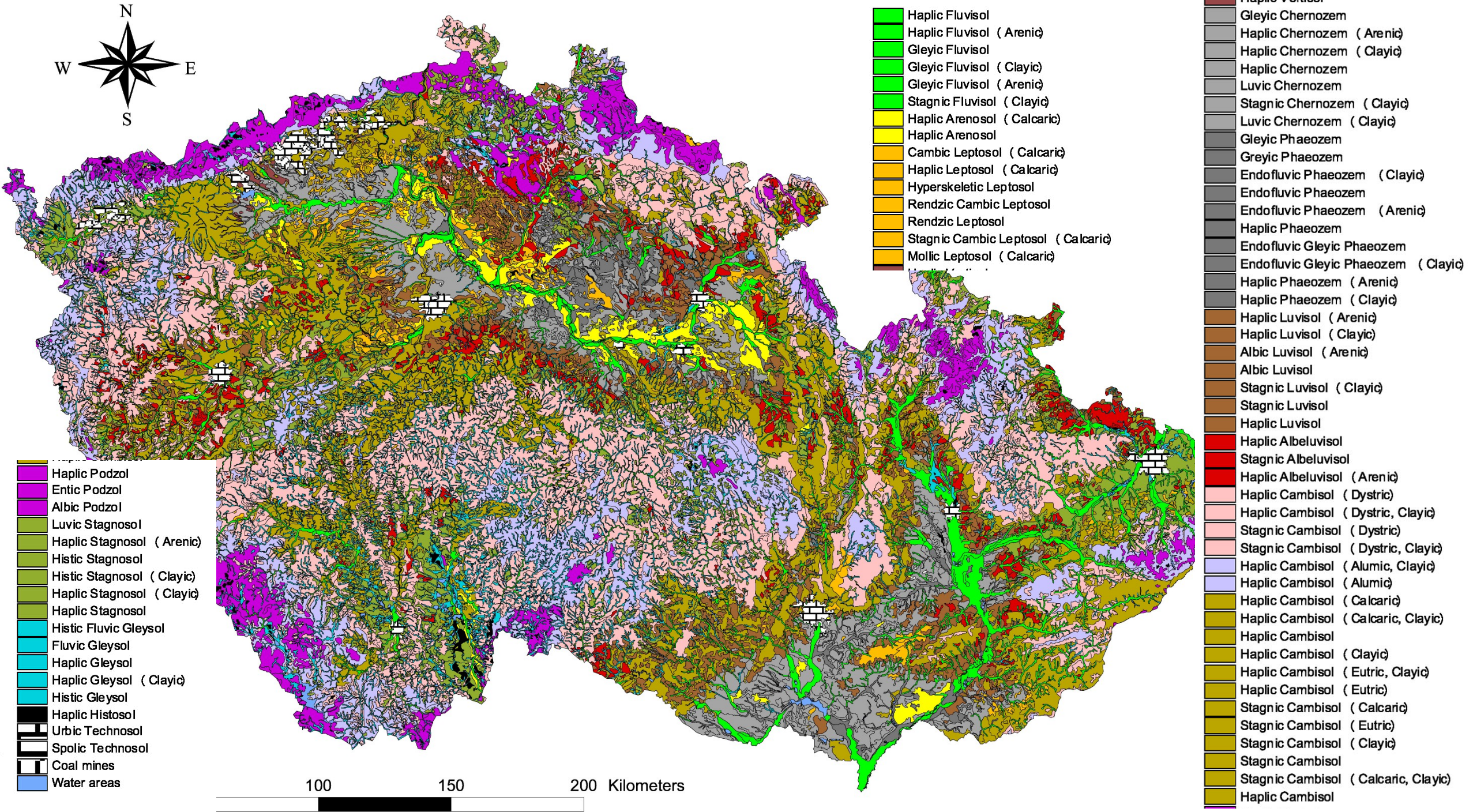
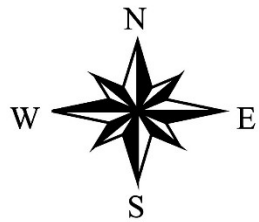
- referenční třídy půd (-sol)
 - velké skupiny půd podle hlavních rysů jejich vývoje
 - i v zahraničních klasifikačních systémech (WRB), české půdy lze s nimi korelovat
- půdní typy
 - hlavní oporné jednotky klasifikačního systému
 - charakterizované určitými diagnostickými horizonty a jejich sekvencemi nebo diagnostickými znaky
- subtypy
 - výrazné modifikace typu podle znaků v hloubce níže 0,20 – 0,25 m
 - např. modální, melanická, umbrická ...
- variety, fáze, formy

Klasifikace půd v ČR



skupina půd	půdní typ
1. leptosoly	litozem li
	ranker rn
	rendzina rz
	pararendzina pr
2. regosoly	regozem rg
3. fluvisoly	fluvizem fl
	koluvizem ko
4. vertisoly	smonice sm
5. černosoly	černozem ce
	černice cc
6. luvisoly	šedozem se
	hnědozem hn
	luvizem lu
7. kambisoly	kambizem ka
	pelozem pe
8. andosoly	andozem ad
9. podzosoly	kryptopodzol kp
	podzol pz
10. stagnosoly	pseudoglej pg
	stagnoglej sg
11. glejsoly	glej gl
12. natrisoly	slanec sc
13. salisoly	solončak sk
14. organosoly	organozem or
	kultizem ku
15. antroposoly	antrozem an

<https://mapy.vumop.cz/>
<https://geoportal.gov.cz/web/guest/map>
<https://mapy.geology.cz/pudy/>



- Haplic Podzol
- Entic Podzol
- Albic Podzol
- Luvic Stagnosol
- Haplic Stagnosol (Arenic)
- Histic Stagnosol
- Histic Stagnosol (Clayic)
- Haplic Stagnosol (Clayic)
- Haplic Stagnosol
- Histic Fluvic Gleysol
- Fluvic Gleysol
- Haplic Gleysol
- Haplic Gleysol (Clayic)
- Histic Gleysol
- Haplic Histosol
- Urbic Technosol
- Spolic Technosol
- Coal mines
- Water areas

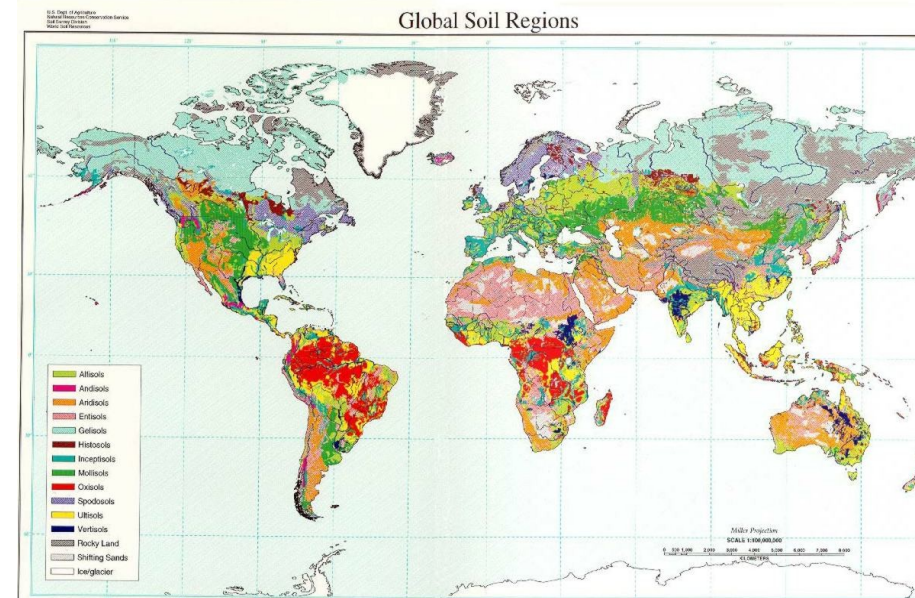
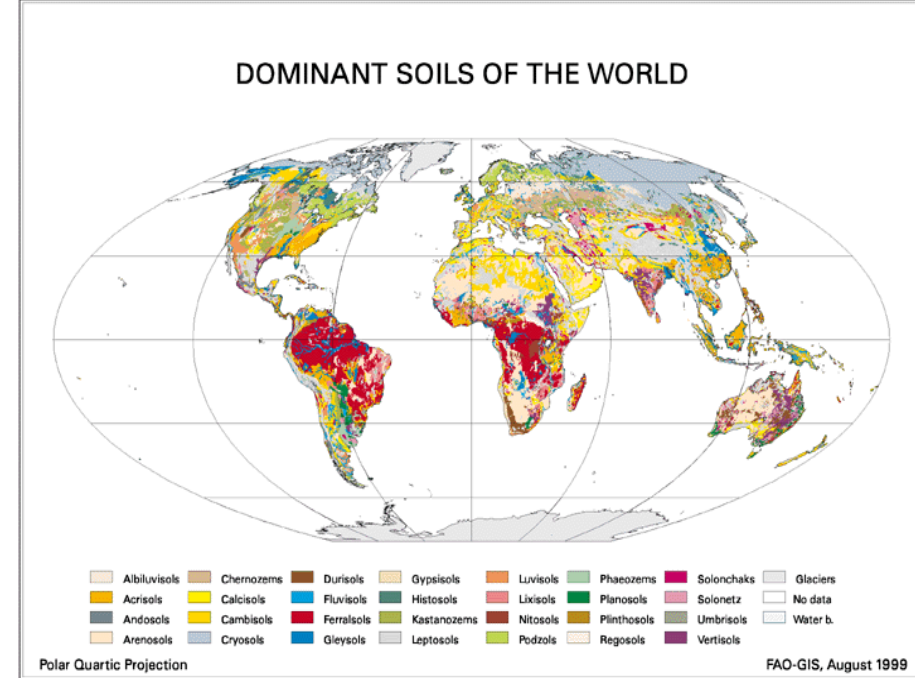
- Haplic Fluvisol
- Haplic Fluvisol (Arenic)
- Gleyic Fluvisol
- Gleyic Fluvisol (Clayic)
- Gleyic Fluvisol (Arenic)
- Stagnic Fluvisol (Clayic)
- Haplic Arenosol (Calcaric)
- Haplic Arenosol
- Cambic Leptosol (Calcaric)
- Haplic Leptosol (Calcaric)
- Hyperskeletal Leptosol
- Rendzic Cambic Leptosol
- Rendzic Leptosol
- Stagnic Cambic Leptosol (Calcaric)
- Mollic Leptosol (Calcaric)

- Haplic Vertisol
- Gleyic Chernozem
- Haplic Chernozem (Arenic)
- Haplic Chernozem (Clayic)
- Haplic Chernozem
- Luvic Chernozem
- Stagnic Chernozem (Clayic)
- Luvic Chernozem (Clayic)
- Gleyic Phaeozem
- Greyic Phaeozem
- Endofluvic Phaeozem (Clayic)
- Endofluvic Phaeozem
- Endofluvic Phaeozem (Arenic)
- Haplic Phaeozem
- Endofluvic Gleyic Phaeozem
- Endofluvic Gleyic Phaeozem (Clayic)
- Haplic Phaeozem (Arenic)
- Haplic Phaeozem (Clayic)
- Haplic Luvisol (Arenic)
- Haplic Luvisol (Clayic)
- Albic Luvisol (Arenic)
- Albic Luvisol
- Stagnic Luvisol (Clayic)
- Stagnic Luvisol
- Haplic Luvisol
- Haplic Abeluvisol
- Stagnic Abeluvisol
- Haplic Abeluvisol (Arenic)
- Haplic Cambisol (Dystric)
- Haplic Cambisol (Dystric, Clayic)
- Stagnic Cambisol (Dystric)
- Stagnic Cambisol (Dystric, Clayic)
- Haplic Cambisol (Alumic, Clayic)
- Haplic Cambisol (Alumic)
- Haplic Cambisol (Calcaric)
- Haplic Cambisol (Calcaric, Clayic)
- Haplic Cambisol
- Haplic Cambisol (Clayic)
- Haplic Cambisol (Eutric, Clayic)
- Haplic Cambisol (Eutric)
- Stagnic Cambisol (Calcaric)
- Stagnic Cambisol (Eutric)
- Stagnic Cambisol (Clayic)
- Stagnic Cambisol
- Stagnic Cambisol (Calcaric, Clayic)
- Haplic Cambisol



Klasifikace půd mezinárodní

- World Reference Base of Soil Resources - WRB
- <http://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-classification/world-reference-base/en/>
- Soil Taxonomy
- <https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/main/soils/survey/class/>
- převody systémů
- <https://klasifikace.pedologie.czu.cz/index.php?action=showPorovnanTaxonomii>

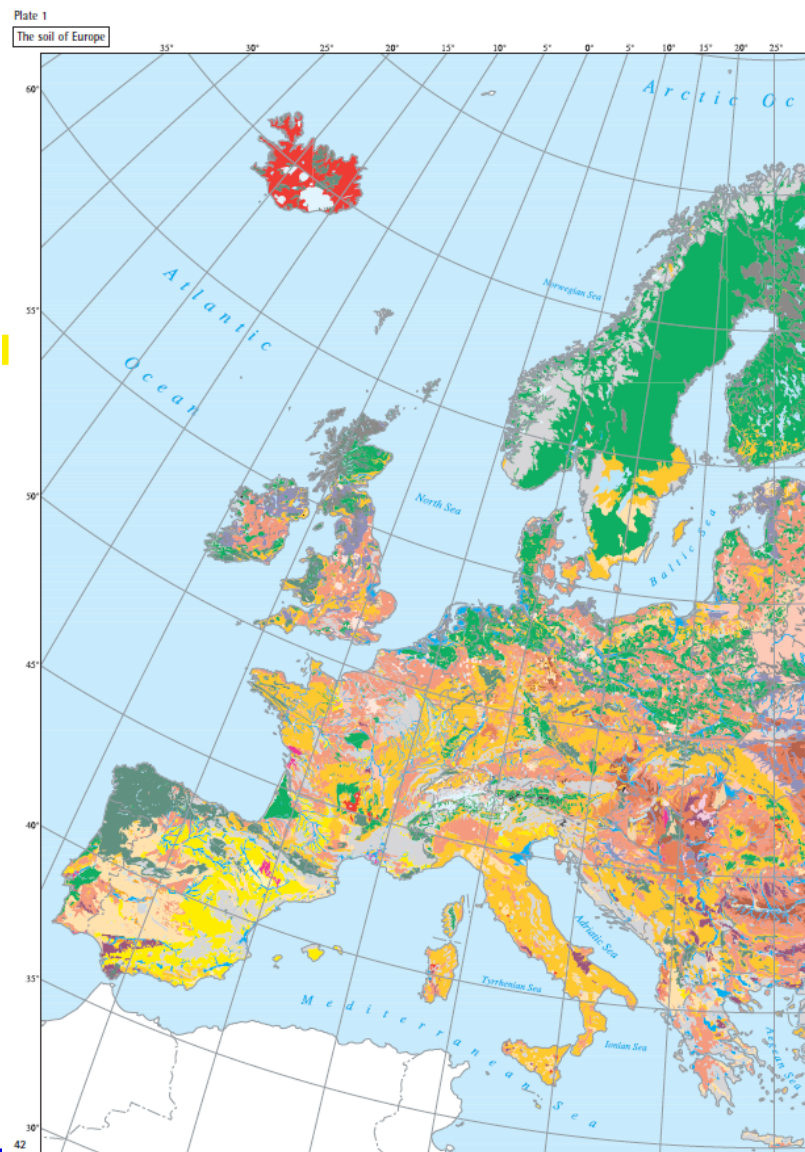


Klasifikace půd mezinárodní

CHERNOZEMS

Soil with a deep, dark surface horizon that is rich in organic matter and secondary calcium carbonate concentrations in the deeper horizons (from the Russian for *chern*, black, and *zemlja*, earth).

Soil having a very dark brown or blackish surface horizon with a significant accumulation of organic matter, a high pH and having calcium carbonate deposits within 50 cm of the lower limit of the humus rich horizon. Chernozems show high biological activity and are typically found in the long-grass steppe regions of the world, especially in Eastern Europe, Ukraine, Russia, Canada and the USA. Chernozems are amongst the most productive soil types in the world.



Left: The main source of the high organic content of Chernozems is the annual decay of grass;

Below: the dark surface soil material is generally mixed to significant depths by the high biological activity; The map shows the location of areas in Europe where Chernozems are the dominant soil type.

Cover 9 % of Europe.

