

PŮDNÍ ZNAKY A VLASTNOSTI PŮD

Popis vyhodnocení souboru půdních znaků a vlastností spolu s poznáním režimu, ve kterém půdy vznikají je základním předpokladem správné klasifikace půd. Ačkoliv některé znaky nejsme schopni v terénu zjistit, mnohé jiné znaky lze zjistit pomocí jednoduchých technik a postupů.

PŮDNÍ ZNAKY

Hloubka půdy a humusového horizontu

Hloubka půdy – dána přítomností souvislého skalního podloží, výskytem souvislé, výrazně skeletovité vrstvy nebo trvalé hladiny podzemní vody v profilu. Konvenční hloubka je 150 cm, přičemž tato hloubka je zónou nejvýraznějšího kořenění většiny rostlin a biologické půdní aktivity.

Hloubka půdy	
pod 30 cm	mělká
30-60 cm	střední
60-120	hluboká
nad 120 cm	velmi hluboká
Hloubka humusového horizontu	
pod 18 cm	mělká
18-25 cm	střední
26-30 cm	hluboká
nad 30 cm	velmi hluboká

Hloubka půdy – omezena řadou dalších faktorů:

- charakter povrchu** – za podobných přírodních podmínek mají hlubší půdy tendenci být také staršími; avšak některé aluviální půdy mohou být hluboké, ale zároveň silně skeletovité. Sklon svahu – na svahu mají půdy tendenci být mělké, na úpatí svahu jsou půdy silnější (tzv. akumulační půdy)
- humidita** – v tropických podmínkách mohou být za stabilních podmínek půdy značně hluboké, v aridních podmínkách mají půdy tendenci být mělké.
- povaha matečného materiálu** – např. na vápenci mají půdy tendenci být mělké, neboť roztoky odstraňují většinu materiálu a zůstává pouze nerozpustné reziduum

Barva

Barva – jeden z nejdůležitějších půdních znaků. Variabilita zbarvení je výslednicí několika faktorů:

- matečný substrát
- minerální obsah
- množství a povaha organického materiálu
- půdní vlhkost

Matečný substrát - podle barvy půd můžeme usuzovat např. na povahu matečného substrátu, např. nachově červené zbarvení – u většiny permokarbonských sedimentů; hnědočervené zbarvení – terra rossa na vápencovém podloží; běložluté až okrové zbarvení – u některých

křídových sedimentů; teple hnědé – u třetihorních bazických vyvěřelých hornin; výrazně oranžově červené, narůžovělé nebo nafialovělé – u řady starých předkvartérních zvětralin. Zbarvení půdotvorného substrátu – může výrazně ovlivňovat i zbarvení celého půdního profilu a někdy i maskovat charakteristické zbarvení jednotlivých půdních horizontů.

Minerální obsah – za charakter zbarvení zodpovědné především oxidy a hydroxidy. Např. žlutohnědé zbarvení až červené zbarvení – přítomnost železitých oxidů, obvykle goethitu a hematitu (typické pro střední a spodní horizonty některých tropických půd). Minerál zodpovědný za většinu anorganického zbarvení v provzdušněných půdách je goethit – červenohnědé až žluté zbarvení.

Koncentrace organického materiálu – tendence k tmavnutí půd poblíž povrchu vzhledem k akumulaci organických látek. Intenzita tmavého zbarvení – odráží stupeň rozkladu organické půdní složky. Čím větší humifikace, tím tmavší zbarvení organické složky. Světější partie v ornicích – indikují přioranou spodinu. Zesvětlení ornice – ukazatel zejména vodní eroze.

Vlhkost půd – často dominantní v charakteru zbarvení. Ve směru od nejsušších půd po půdy nasáklé vodou vidíme změny v řadě: červené půdy – hnědé a žluté půdy – zelené a modré půdy. Skvrnitost a mramorování – charakteristické pro ovlivnění profilu sezónním převlhčením

Studium zbarvení půdních horizontů – např. nápadné zesvětlení až vybělení horizontů při různém stupni vyluhování. Horizonty obohacené – výrazně tmavší zbarvení v různých odstínech okrové, hnědé až rezivé barvy (způsobeno sloučeninami Fe). Šedavé zbarvení – obvykle díky železnatým sloučeninám vytvořeným v redukčních podmínkách (glejifikace); bílé nebo světlešedé zbarvení – může představovat usazeniny CaCO_3 nebo obohacení vysráženými solemi.

Albedo půd – je určeno barvou půd. V semiaridních oblastech kácení lesů a eroze povrchových horizontů půd zvyšuje albedo (u světlejších půd vyšší) → snižuje se rychlost výparů a množství srážek.

Struktura půd

Struktura půd – je dána stmelením jednotlivých půdních částic do větších agregátů jílovou substancí, organickými látkami, sloučeninami železa aj. Na tvorbě půdní struktury se mohou podílet i objemové změny při střídavé vlhkosti. U lesních půd (jejich humusové horizonty) – důležitou roli hraje zooedafon (hlavně jeho exkrementy). Struktura půdy je charakterizována:

1. velikostí, tvarem a uspořádáním částic a agregátů
2. velikostí, tvarem a uspořádáním volných prostorů mezi částicemi a agregáty
3. kombinací charakteru půdních agregátů a prostorů mezi nimi udávající různé typy půdní struktury

Stabilita struktury – pevnost stmelení strukturních agregátů, nejvíce se projevuje ve vztahu k ovlhčení. Půdní struktura – často poukazuje na procesy, ke kterým v půdě dochází. Existují dokonce bezstrukturní stavy půd:

- a) **elementární stav půdní hmoty** – jednotlivé půdní částice netvoří agregáty (typický pro extrémně lehké půdy)
- b) **slinitý stav půdní hmoty** – jednotlivé částice jsou stmeleny v souvislou půdní masu (typický pro extrémně těžké půdy).

Půdní struktura ovlivňuje – propustnost, míru pronikání kořenů, infiltrační a perkolační rychlosti a erodovatelnost půd. Jednotlivé agregáty, **pedy**, tvoří několik základních tvarů struktur, přičemž ty hlavní jsou:

- a) **hrudovitá (granulární)** – nepravidelně kulovité agregáty, jejich plošný kontakt s ostatními agregáty je omezen. **Drobtová struktura** – pórovitá granulární struktura. Granulární a drobtovitá struktura – nejhojnější v horizontu A (zde jejich vytvoření pomáhají kořeny rostlin a půdní organismy. Částice jsou stmelovány působením organických koloidů (malé želatinovité částice se schopností vázat ionty). Jíly mohou spolu s hydroxidy Fe + Al vytvářet vazby. Multivalenční kationty Ca^{2+} , Mg^{2+} a Al^{3+} jsou schopny vázat se na více než jedni koloidální částici.

Vnitroagregátové vazby – výsledek činnosti organických sloučenin, vláken mycelií hub, kořenů rostlin a organických polymerů. **Charakter vazeb** závisí na velikosti agregátů:

1. do 5 μm – **základní úroveň** – převažují rezistentní elektrostatické síly
2. 5-250 μm – **mikroagregátová úroveň** - elektrostatické síly ovlivňuje obsah organického materiálu
3. > 250 μm – **makroagregátová úroveň** – vazba mezi agregáty závisí na povaze vegetace a vývoji kořenového systému. Tento typ vazby – nejvíce náchylný k porušení

- b) **kostková** – složena z přibližně stejně velkých bločků majících plošky, kterými se vážou s ploškami ostatních pedů. Podle tvaru rozeznáváme struktury: kostková, kostečková, polyedrická, hrubě polyedrická, drobně polyedrická. Vznik kostkové struktury - plošky jsou nejspíše stříhové plošky vzniklé v důsledku měnící se vlhkosti půdy.
- c) **prizmatická** – částice uspořádány vertikálně, každý ped je ohraničen planárními ploškami, které jsou v kontaktu s ploškami ostatních pedů. Vrchní ohraničení pedů je ploché. Podle velikosti rozlišujeme struktury: prizmatická, hrubě prizmatická, drobně prizmatická.
- d) **sloupcovitá** – liší se od prizmatické struktury zaoblenou horní ploškou pedů, což je způsobeno nabobtnáním v průběhu vlhnutí půdy. Vertikální plošky jsou výslednicí smršťování během schnutí (dehydratace), na nich mohou být malé rýhy nebo ohlasy vzniklé střídáním vlhkých a suchých podmínek.
- e) **deskovitá (čočkovitá, lentikulární)** – částice uspořádány v přibližně horizontálním směru. Vznik nejasný, roli zřejmě sehrává orientace částic matečného materiálu nebo proces usazování (např. kompakce). K vytvoření této struktury mohou přispět i procesy mrazového tání uvnitř půdního profilu. Dle velikosti rozlišujeme struktury: deskovitá, destičkovitá, lístkovitá.

Propustnost vody – podmíněna také strukturou. Dobře vyvinutá **drobtová struktura** s množstvím dobře propojených volných prostor – **propouštění vody všemi směry**. **Kostková struktura** – pravidelný tvar předurčuje větší množství malých prostor mezi pedy, opět **možný pohyb vody všemi směry**. **Prizmatická + sloupcovitá struktura** – volné prostory mezi pedy

s dominantně vertikální orientací – především vertikální pohyb vody. **Deskovitá struktura** – nejasně vymezené prostory mezi pedy, dominantní laterální pohyb vody.
Typ struktury může kolísat v závislosti na typu horizontu:

A-horizonty – převážně **drobtovitá struktura**

B-horizonty – často **prizmatická**

C-horizonty – často **kostková struktura**

Půdní mikromorfologie

Mikromorfologická stavba půd se vyznačuje třemi složkami:

- a) **plazma** – koloidní složka ($< 2 \mu\text{m}$) a rozpuštěné částice, která tvoří skeletová zrna. Je to ta část půdy, která se během tvorby půdy může přemisťovat, měnit a/nebo koncentrovat. Plazma se často vyskytuje v podobě povlaků (obecně **kutany**). Rozlišujeme jílovité povlaky (**argilany**), písčito-siltovité povlaky (**skeletany**), ale i povlaky oxidů, hydroxidů a oxyhydroxidů Fe a Al. Vznik jednotlivých typů povlaků:

Jílovité povlaky – vznik postupným ukládáním jílovitých částic, ty se ukládají paralelně nebo tangenciálně k povrchu, čímž se tvoří sled vrstviček. Tyto povlaky – velmi křehké, nestálé, u mnohých vznik *in situ* jako výsledek přestavby uvnitř vlhkých horizontů nebo tam, kde rychlost zvětrávání je tak velká, že takto vzniklé jílovité částice se ukládají přímo v místě, kde vznikly.

Povlaky oxidů a hydroxidů Fe a Al – často spojeny s organickou složkou, především ve středních horizontech podzolů.

Siltovité povlaky – vznik z detritického siltu

Kalcitové povlaky – vznik pomalým růstem kalcitových krystalů z prosakujících půdních roztoků. Pokud se vyvíjejí tyto povlaky dostatečně dlouho, mohou se vzájemně spojit a vytvořit masivní karbonát.

Povlaky chalcedonu a opálu – vznik v semiaridních oblastech, kde mohou půdní roztoky obsahovat velké množství SiO_2 .

- b) **skelet** – obsahuje detritické minerální fragmenty a sekundární krystalické a amorfní tvary, které se obvykle nepřemisťují, nekonztrují nebo nemění v půdotvorném procesu.
- c) **prostory mezi částicemi a uvnitř plazmy (voidy)** – mohou poukazovat na dřívější i současné půdotvorné procesy uvnitř profilu. Mnoho arktických a alpských půd, obvykle spojených s mrazem tříděnými půdami, obsahují bublinovité póry nebo dutinky. Některé z dutinek – vznik díky jehličkovitým krystalům, ale většina se vysvětluje zvlhčením půdy a vytlačením vzduchu během mrznutí vlhké půdy.

Textura půd (zrnitostní složení)

Textura půdy – často také **zrnitostní složení** – jeden z nejvýznamnějších znaků. Je dáno zastoupením jednotlivých velikostně rozdílných minerálních částic. Pro půdu má největší význam jejich obsah v tzv. jemnozemi, tj. sumě minerálních částic pod 2 mm v průměru. U vzorků jemnozeme se provádí většina půdních rozborů.

Trojúhelníkové diagramy – využití pro rychlou texturní klasifikaci půd → srovnání zastoupení písčité, prachovité a jílovité složky (v %).

Hlinité půdy – tyto půdy mají nejlepší fyzikální a chemické vlastnosti pro zemědělskou kultivaci – umožňují snadný průsak vody a její udržení pro růst rostlin, stejně jako odpovídající množství živin.

Hrubě písčité půdy – v létě se rychle ohřívají, umožňují rychlý průsak vody, mají však slabou schopnost vodu zadržet, jsou tedy snadno vyluhovatelné, s nedostatkem živin.

Jemně písčité a prachovité půdy – vhodné ke kultivaci, avšak náchylné k erozi.

Jílovité půdy – obsahují dostatečné množství živin, jejich odvodnění je však špatné – půdy jsou za vlhka silně nasáklé vodou, za sucha tvrdé, rozpraskané. Zpevnění snižuje infiltrační rychlosti a zvyšuje povrchový odtok. Velmi těžké jílovité půdy mohou být využity ke kultivaci v případě dodání organické složky a sádry.

Kamenité půdy – těžko obdělávatelné, náchylné k vysychání, nedostatečné zadržování živin.

Zjišťování textury - v laboratoři nejdříve odstranění organické složky pomocí H_2O_2 , následuje sítování a různé sedimentační techniky pro zjištění jemné frakce. Minerální půdy – dispergace v hexametafosfátu sodném $(NaPO_3)_6$.

Podle obsahu frakce pod 0,01 mm - % v jemnozemi (podle V. Nováka)		
lehké	písčité	0-10
	hlinitopísčité	10-20
střední	písčitohlinité	20-30
	hlinité	30-45
těžké	jílovitohlinité	45-60
	jílovité	60-75
	jílové	nad 75

Podle trojúhelníkového klasifikátoru	
lehké	Písek – P, hlinitý písek – hP
středně lehčí	Písčitá hlína – pH
střední	Hlína – H, prachovitá hlína rH, prach – R
střední těžší	Písčitá jílovitá hlína pjH, jílovitá hlína - jH
	Prachovitá jílovitá hlína – rjH
těžké	Písčitý jíl – pJ, jíl – J, prachovitý jíl – rJ

Skeletovitost

Skeletovitost – udává se v objemových procentech	
žádná	pod 5
příměs	5-10
slabá	11-25
střední	26-50
silná	51-75
velmi silná	nad 75
Velikost skeletu (průměr v mm)	
hrubý písek	2,1-4,0
štěrk	4,1-30,0
kamení	30,1-300,0
bloky	nad 300,0

Velikostní kategorie **hrubého písku** – ve dvou hlavních kategoriích:

- a) **grus** – polyedrické, ostrohranné částice, charakteristické pro zvětraliny hlubinných vyvřelin (např. žul), ale také výlevných vyvřeliny (diabasy) nebo i metamorfitů (ortoruly)
- b) **kies** – vyznačuje se zaobleným, hladkým povrchem částic, typický pro zrnitostně lehké zvětraliny a písčité kvartérní usazeniny

Vlhkostní poměry

Půda	Znaky
vyprahlá	beze známek vlhkosti
suchá	nevyvolává pocit chladu
vlahá	vyvolává pocit chladu, ruku neovlhčuje
vlhká	ruku ovlhčuje
mokrá	voda odkapává

Konzistence

Udává stupeň vzájemného poutání částic mezi sebou a lpění zeminy k cizím předmětům. Podle **pevnosti půdy** dělíme na:

Půda	Znaky
Kyprá	nesoudržná, rozsypavá
drobivá	rozpadavá mírným tlakem ruky
soudržná	rozpadavá větším tlakem ruky
tuhá (u ornice ulehlá)	nedrtitelná rukou, ostří nástroje proniká
velmi tuhá	ostří nástroje neproniká

Možnost klasifikace i podle:

- **stupně plasticity**: neplastická → silně plastická
- **stupně lepivosti**: nelepivá → silně lepivá

Novotvary

Za novotvary označujeme druhotné útvary, které se v půdním profilu vytvořily během půdotvorného procesu. Jsou zpravidla charakteristické pro jednotlivé půdní horizonty. Rozlišujeme novotvary:

- a) **vzniklé akumulací CaCO_3**
 - pseudomycelia
 - žilky
 - shluky
 - cicváry
- b) **vzniklé přemístěním jílu a volného Fe_2O_3 (illimerizace)**
 - poprašky
 - koloidní povlaky
 - pruhy
- c) **vzniklé přemístěním volného Fe_2O_3 (podzolizace)**

- vybělená zrna
- rezivé povlaky na zrnech
- zvlněné pruhy
- ortštejn
- d) vzniklé vlivem převlhčení**
- 1. výsledek oxidace a akumulace
 - manganičité povlaky
 - železito-manganičité konkrerce, bročky
 - rezivé skvrny a povlaky
 - bahňák (železivec)
- 2. výsledek redukce
 - šedé skvrny a povlaky
 - mramorování
- e) vzniklé biologickou činností**
 - krotoviny
 - chodby po dešťovkách
 - chodby po kořenech
 - humusové skvrny
- f) vzniklé pohyby půdní masy**
 - skluzné plochy

Prokořenění

Prokořenění půdy, především v povrchových horizontech – významné pro posouzení celkového fyzikálního stavu půdy a její biologické činnosti. Studuje se:

- a) charakter, hloubka a hustota prokořenění
- b) uplatnění jednotlivých rostlinných ekologických skupin v půdním krytu (jednoletky, dvouletky, trvalky, trávy, dřeviny apod.)

Oživení

Studium chodeb po kořenech rostlin, chodby po dešťovkách, krotoviny, chodby vytvořené drobnými zvířaty (krtek, hraboš, sysel...).

PŮDNÍ VLASTNOSTI

- zjištění většinou analyticky, v laboratoři. Výjimka – **zrnitost**, kterou rozpoznáváme v terénu, poté laboratorně ověřujeme. Zatímco půdní znaky jsou charakterizovány popisně, půdní vlastnosti jsou kvantifikovány.

1. FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI

Zrnitost (viz výše)

Měrná hmotnost půdy (MH)

Představuje hmotnost 1 m³ pevné, neporézní zeminy (pevná fáze půdy) v tunách (t.m⁻³). Průměrná hmotnost našich minerálních půd se pohybuje kolem 2,6-2,7 t.m⁻³, u organických půd klesá pod 1,5 t.m⁻³.

Objemová hmotnost (OH)

Udává hmotnost 1 m³ půdy v jeho přirozeném uložení (t.m⁻³). Je vždy nižší než měrná hmotnost. Závisí na půdních vlastnostech: zrnitosti, struktuře, vlhkosti, pórovitosti. Objemová hmotnost minerálních půd kolísá mezi 0,8-1,8 t.m⁻³, u organických půd většinou mezi 0,2-0,3 t.m⁻³.

Pórovitost (P)

Vyjadřuje celkové procentuální množství volného prostoru, který není vyplněný pevnými částicemi půdy. Důležité je zastoupení jednotlivých typů pórů podle velikosti, a tedy rozlišujeme:

- a) pórovitost nekapilární (PN)
- b) pórovitost semikapilární (PS)
- c) pórovitost kapilární (PK)

Z dalších fyzikálních a hydrofyzikálních vlastností: maximální kapilární vodní kapacita (MKVK), propustnost půdy pro vodu, vododržnost.

2. CHEMICKÉ VLASTNOSTI

Obsah humusu

Důležitý parametr ovlivňující úrodnost půdy i funkci půdy v ekosystému. Zjišťuje se stanovením oxidovatelného organického uhlíku (C_{OX}) a vynásobením přepočítacím koeficientem 1,724 na humus. Tento přepočet platí v případě, že humus obsahuje 58 % C.

Obsah humusu (%) (C_{OX} [%] . 1,7, kde C_{OX} = obsah spalitelného uhlíku)	
velmi nízký	pod 1,0
nízký	1,0-2,0
střední	2,1-3,0
vysoký	3,1-5,0
velmi vysoký	nad 5,0

Složení humusu	
Poměr huminových kyselin k fulvokyselinám	
nepříznivé	pod 1,0
střední	1,0-1,1
příznivé	nad 1,1

Poměr **C : N** – významný ukazatel kvality humusu. V našich podmínkách – obvykle od 7,1 do 17,1. Čím nižší poměr C : N, tím je kvalita humusu příznivější. Číslo < 10 značí dobrou kvalitu humusu. Poměr **huminové kyseliny : fulvokyseliny** – také ukazatel kvality humusu. U podzolových půd je poměr do 0,5, u černozemních půd většinou > 2,0.

Převažující typ jílového minerálu

kaolinitický	kaolinit, halloisit – dvojrstevné,
--------------	------------------------------------

	nebobtnavé jílové minerály (zejména kaolinit je charakteristický pro staré zvětralinu a půdy)
illitický	illit, vermikulit (tzv. hydroslídy) – trojvrstevné, slabě bobtnavé jílové minerály (illit je nejčastějším jílovým minerálem v našich půdách)
montmorillonitický	montmorillonit – trojvrstevný, silně bobtnavý jílový minerál (relativně častý v křídových slínovcích a některých terciérních jílech)
allofanický	alofán – amorfni jílový minerál (u nás vzácný, typický pro tzv. andosoly – půdy na zvětralinách kyselých efuziv)

Jednotlivé minerály se v půdách nevyskytují samy, ale v tzv. asociacích, např. illit-montmorillonit.

Minerální síla půdotvorného substrátu

Půdotvorný substrát můžeme podle minerální síly dělit na:

- horniny a zeminy s vysokým obsahem jedné nebo více minerálních živin, příp. organických látek
- sedimenty se středně vysokým až vysokým obsahem CaCO_3
- horniny a zeminy středně až málo výživné s nízkým obsahem vápna až nevápnité
- horniny a zeminy s nepatrným podílem živin

Obsah karbonátů

Obsah karbonátů (%)	
žádný až velmi nízký	pod 0,3
nízký	0,3-3,0
střední	3,1-25,0
vysoký	25,1-60,0
velmi vysoký	nad 60,0

Výměnná půdní reakce

Charakterizuje ionty vázané sorpčním komplexem a stanoví se výluhem neutrální soli (KCl)

Výměnná půdní reakce (pH/KCl)	
silně kyselá	pod 4,5
kyselá	4,6-5,5
slabě kyselá	5,6-6,5
neutrální	6,6-7,2
alkalická	nad 7,2

Sorpční vlastnosti

Jedna z nejdůležitějších vlastností půd z hlediska vazby původních i dodávaných živin v půdě a z hlediska vazby potenciálních kontaminujících látek.

1. **Celková sorpční kapacita – T** – největší množství kationtů v milimolech nebo chemických ekvivalentech, které může poutat 1 kg zeminy
2. **Množství sorbovaných bází – S** – množství bazických kationtů (Ca, Mg, K, Na) v 1 kg zeminy
3. **Nasycenost sorpčního komplexu v % - V** – podíl výměnných bazických kationtů v % z celkové sorpční kapacity:

$$V = \frac{S \cdot 100}{T}$$

Výměnná sorpční kapacita (T hodnota – mmol/100g)	
velmi nízká	pod 8
nízká	8-12,5
střední	12,5-25
vysoká	25-35
velmi vysoká	nad 35

Nasycení sorpčního komplexu (V hodnota - %)	
extrémně nenasycený	pod 30
nenasycený	30-50
slabě nasycený	51-75
nasycený	75-90
plně nasycený	91-100

Typ zasolení

Zasolení závisí na zvýšeném obsahu rozpustných minerálních látek (zejména na obsahu solí jednomocných kationtů) v substrátu, půdě a podzemní vodě a na charakteru klimatu. Zasolení se v našich klimatických podmínkách může uplatňovat v suchém (semiaridním) klimatu, při výparném vodním režimu půdy. K umělému zasolení může dojít i při použití závlah, hlavně mineralizovanou vodou, nadbytečným používáním minerálních hnojiv, solením vozovek apod. Typy zasolení:

- a) síranové – se zvýšeným obsahem CaSO_4
- b) sodové – se zvýšeným obsahem Na_2CO_3
- c) chloridové – se zvýšeným obsahem NaCl

Zasolení – většinou smíšeného charakteru (např. síranovo-sodové). Nejneprůzračnější je vysoký obsah Na v půdě.

Stupeň zasolení – rozlišujeme tři stupně:

1. **Nízký stupeň zasolení** – nemá podstatný vliv na stav půdy a vegetace
2. **Střední stupeň zasolení** – již se zřetelně projevuje ve stavu půdy a vegetace
3. **Vysoký stupeň zasolení** – výrazná destrukce půdy, vylučuje výskyt běžné vegetace (pouze sporadický výskyt slanomilných rostlin – halofytů)

V našich půdách – zasolení není časté.