KRITÉRIA PRO HODNOCENÍ
produkčních a ekologických vlastností půd

Autoři:
Milan Sáňka
Radim Vácha
Šárka Poláková
Přemysl Fiala

Recenze:
Eduard Pokorný
Jakub Houška

Ministerstvo životního prostředí

Obsah

	Úvod	**5**
1.	**Cíle a potřeby hodnocení půd**	**7**
2.	**Funkce půdy**	**9**
2.1	Úvod	9
2.2	Produkce biomasy včetně zemědělství a lesnictví	10
2.3	Shromažďování, filtrování a transformace živin, látek a vody	11
2.4	Zásobárna biodiverzity jako stanovišť, druhů a genů	11
2.5	Fyzikální a kulturní prostředí pro lidi a lidské činnosti	12
2.6	Zdroj surovin	12
2.7	Působení jako zásobárna uhlíku	12
2.8	Archiv geologického a archeologického dědictví	13
3.	**Fyzikální vlastnosti**	**15**
3.1	Barva	15
3.1.1	Charakteristika	15
3.1.2	Stanovení a význam	15
3.1.2.1	Zemědělské půdy	15
3.1.2.2	Lesní půdy	16
3.1.3	Možnosti využití pro hodnocení půdy	17
3.2	Struktura	17
3.2.1	Charakteristika	17
3.2.2	Kritéria, stanovení a význam	17
3.2.3	Možnosti využití pro hodnocení půdy	17
3.3	Textura, skeletovitost	18
3.3.1	Charakteristika	18
3.3.2	Kritéria, stanovení a význam	18
3.3.2.1	Zemědělské půdy	18
3.3.2.2	Lesní půdy	21
3.3.3	Možnosti využití pro hodnocení půdy	21
3.4	Voda v půdě	22
3.4.1	Charakteristika	22
3.4.2	Kritéria, stanovení a význam	23
3.4.2.1	Zemědělské půdy	23
3.4.2.2	Lesní půdy	23
3.4.3	Možnosti využití pro hodnocení půdy	24
3.5	Konzistence půdy	24
3.5.1	Charakteristika	24
3.6	Novotvary	24
3.6.1	Charakteristika	24
3.7	Měrná hmotnost (specifická hmotnost, hustota) půdy	25
3.7.1	Charakteristika	25
3.7.2	Kritéria, stanovení a význam	25
3.7.3	Možnosti regulace měrné hmotnosti půd	26
3.8	Objemová hmotnost půdy	26
3.8.1	Charakteristika	26
3.8.2	Kritéria, stanovení a význam	26
3.8.2.1	Zemědělské půdy	26
3.8.2.2	Lesní půdy	27
3.8.3	Význam a možnosti regulace objemové hmotnosti půdy	28
3.9	Pórovitost	30
3.9.1	Charakteristika	30
3.9.2	Kritéria, stanovení a význam	31
3.9.3	Možnosti regulace pórovitosti půdy	33
3.10	Další fyzikální a hydrofyzikální vlastnosti půd	34
3.10.1	Charakteristika	34
4.	**Chemické a fyzikálně chemické vlastnosti**	**37**
4.1	Obsah organické hmoty	37
4.1.1	Charakteristika	37

4.1.2 Kritéria, stanovení a význam 37
4.1.2.1 Zemědělské půdy 37
4.1.2.2 Lesní půdy 38
4.1.3 Význam pro produkční funkce půdy 39
4.1.4 Význam pro ekologické funkce půdy 40
4.2 Půdní reakce 40
4.2.1 Charakteristika 40
4.2.2 Kritéria, stanovení a význam 40
4.2.3 Technická norma pro stanovení 41
4.2.4 Zakotvení v právních předpisech ČR 41
4.2.5 Využití a možnosti regulace pH půdy 41
4.3 Sorpční vlastnosti 42
4.3.1 Charakteristika 42
4.3.2 Kritéria, stanovení a význam 43
4.3.3 Technická norma pro stanovení 44
4.3.4 Využití a možnosti regulace sorpčních vlastností 44
4.4 Oxidačně–redukční potenciál půdy 44
4.4.1 Charakteristika 44
4.4.2 Stanovení a význam 45
4.4.3 Technická norma pro stanovení 45
4.4.4 Zakotvení v právních předpisech ČR 45
4.4.5 Využití a možnosti regulace oxidačně–redukčního potenciálu 45
4.5 Obsahy živin 45
4.5.1 Charakteristika 45
4.5.2 Kritéria, stanovení a význam 45
4.5.3 Technická norma pro stanovení 46
4.5.4 Zakotvení v právních předpisech ČR 46
4.5.5 Využití 46

5. Biologické vlastnosti 51
5.1 Charakteristika 51
5.2 Mikroedafon 51
5.3 Mezoedafon 51
5.4 Makroedafon, megaedafon 52
5.5 Význam hodnocení biologických vlastností půdy 52
5.6 Kritéria pro zemědělské půdy 53
5.7 Kritéria pro lesní půdy 57

6. Kontaminace půd 63
6.1 Charakteristika 63
6.2 Stanovení a význam 63
6.2.1 Obsahy rizikových prvků a perzistentních organických polutantů v zemědělských půdách 63
6.2.2 Vstupy rizikových prvků a perzistentních organických polutantů do půd aplikací hnojiv, pomocných půdních látek a rostlinných přípravků, kalů ČOV a vytěžených sedimentů 67
6.2.2.1 Vstupy aplikací hnojiv, pomocných půdních látek a pomocných rostlinných přípravků 67
6.2.2.2 Vstupy aplikací kalů z čistíren odpadních vod 68
6.2.2.3 Vstupy aplikací vytěžených sedimentů vodních toků a nádrží 69
6.3 Technická norma 70
6.4 Zakotvení v právních předpisech ČR 70
6.5 Možnosti regulace kontaminace půd 71

7. Bonitace a klasifikace půd 73
8. Literatura 86
9. Přílohy 88
Použité zkratky 97

Úvod

Půdou rozumíme tenkou svrchní vrstvu zemské kůry mezi geologickým substrátem a povrchem. Je tvořena minerálními částicemi, organickou hmotou, vodou, vzduchem a živými organismy (definice půdy dle návrhu směrnice o ochraně půdy EU). Půdu je však nutno též chápat jako základní součást přírodního bohatství, nenahraditelnou složku životního prostředí člověka a všech živých ekosystémů a jako limitující faktor udržitelného rozvoje společnosti. Půda je považována za neobnovitelný (resp. jen velmi těžko a nákladně obnovitelný) přírodní zdroj, který plní funkci produkční a současně klíčové funkce ekologické.

Je proto cílem každé společnosti, aby vytvořila podmínky pro udržitelné hospodaření s půdou, jejichž součástí musí být standardizované nástroje pro hodnocení stavu, kvality a vývoje půdy.

Cílem publikace je poskytnout v ucelené formě současná kritéria používaná pro hodnocení půd a to jak legislativně platná, tak i zpracovaná ve formě norem metodických předpisů nebo i z výstupů výzkumných úkolů, která jsou používána pro účel praktického hodnocení. Publikace tedy není komplexní učebnicí pedologie, zahrnující např. popis půdotvorných procesů nebo fyzikální, chemické a biologické procesy, ale spíše praktickou příručkou pro hodnocení stavu a vývoje půd v konkrétních podmínkách.

1. Cíle a potřeby hodnocení půd

Přístupy k hodnocení půd jsou uváděny jako holistické, nesoustředí se tedy jen na produkci, ale zahrnují veškeré funkce, kterými se půda podílí na plnění funkcí ekosystémových a z hlediska člověka také etických a kulturně historických. Přesto nelze říci, že by komplexně vyhodnocovaly vazby mezi půdou a ostatními složkami ekosystémů, především z hlediska biodiverzity a celkové funkce půdy v krajině. Takový přístup se prozatím jeví technicky nereálný, jelikož kvantifikace a interpretace by se dostala do nezvládnutelných rozměrů. Proto je třeba souběžně vyvíjet a využívat cílené přístupy.

Z hlediska uvedeného holistického přístupu formulovali autoři Doran a Parkin (1994) aktuální a výhledové cíle hodnocení půd takto:

1. Stanovení referenčních a prahových hodnot indikátorů kvality půdy v závislosti na klimatu, typu půdy a způsobu hospodaření. To současně vyžaduje standardizaci metod vzorkování, analýz a zpracování výsledků.

2. Vývoj praktického ukazatele pro hodnocení kvality půdy „on site“, jenž může být využit i k účelům ekonomicko–finančním.

3. Stanovení vlivu kvality půdy na růst rostlin, nutriční složení a potažmo zdravotní stav živočichů a člověka. Stanovení indikátorů kvality půdy, které mohou být vztaženy ke kvalitě potravin a zdraví.

4. Stanovení vlivů současných způsobů hospodaření a způsobů zohledňujících udržitelný rozvoj na půdní vlastnosti. V rámci toho vyhodnotit vlivy půdy na atmosféru (predikce globálních klimatických změn).

5. Vývoj metod a kritérií socioekonomického hodnocení půd a systémů hospodaření. Vyhodnotit potenciální vlivy zlepšování kvality půdy včetně vlivu na produktivitu, omezování kontaminace, sedimentaci, efektivnost při využívání živin, efektivitu energetických vstupů.

6. Specifikace biologických parametrů tvořících kvalitu půdy.

7. Vývoj metod „přesného zemědělství“, vývoj metod hospodaření, jež udržují nebo zvyšují biologickou diverzitu.

8. Vývoj metod dálkového průzkumu pro měření klíčových indikátorů kvality půdy a jejích změn.

2. Funkce půdy

2.1 Úvod

Definice jednotlivých funkcí půdy je náročnou problematikou, která je různými autory popisována mnohdy odlišně. Formálně nejvíce přijatelná je definice funkcí, která byla zpracována jako součást návrhu směrnice Evropského parlamentu a Rady EU, kterou se vytváří rámec pro ochranu půdy a mění se směrnice 2004/35/ES.

Tato směrnice vytváří rámec pro ochranu půdy a zachování schopnosti půdy plnit kterékoli z následujících environmentálních, ekonomických, sociálních a kulturních funkcí.

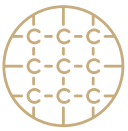
Přestože směrnice nebyla dosud legislativním procesem schválena, jsou její zásady na poli vědeckém a společenském všeobecně respektovány.

Jednotlivé funkce půdy jsou návrhem směrnice definovány jako:

produkce biomasy, včetně zemědělství a lesnictví

zdroj surovin

shromažďování, filtrování a transformace živin, látek a vody



působení jako zásobárna uhlíku

zásobárna biodiverzity, jako stanovišť, druhů a genů

archiv geologického a archeologického dědictví

fyzikální a kulturní prostředí pro lidi a lidské činnosti

Funkce půdy jsou směrnicí navrženy a definovány tímto způsobem, aby bylo možné co nejpřesněji popsat degradační procesy, které narušují schopnost půdy tyto funkce plnit.

2.2 Produkce biomasy včetně zemědělství a lesnictví

Produkční schopnost půdy je naprosto zásadní, jelikož půda je zdrojem rostlinné a potažmo i živočišné produkce. S produkční schopností půdy přímo souvisí půdní úrodnost, která je jedním z hlavních kvalitativních znaků půdy. Je to schopnost půdy vytvářet optimální podmínky pro růst a vývin rostlin v období vegetace. Úrodnost půdy je závislá na řadě vlastností – fyzikálních, chemických, mineralogických a biologických, které získává v průběhu svého vzniku a vývoje. Úrodná půda musí být takovou kombinací fyzikálních a chemických vlastností, které po celou vegetační dobu vytvářejí příznivý vodní, vzdušný a živinný režim. Potencionální úrodnost je určována přírodními podmínkami, za kterých se půda vytvořila a jejím genetickým vývojem. Tato potencionální úrodnost však existuje v čisté formě jen u půd přírodních (panenských), které nejsou ovlivněny lidskou činností.

Efektivní úrodnost půd je výsledkem dlouhodobého lidského snažení, jehož cílem je vytvoření kulturních půd s vysokou produkční schopností. Způsob, kterým je zvyšována potencionální úrodnost na úrodnost efektivní, se nazývá systematická kultivace. Efektivní úrodnost pak lze definovat jako součet úrodnosti přirozené a úrodnosti podmíněné kultivací (která je někdy označována jako úrodnost umělá). Nevhodným provedením kultivace může být však přirozená úrodnost snížena (např. zesílení eroze po vymýcení lesů, zhoršení půdní struktury soustavným pěstováním monokultur atd.).

V praxi je však nutno posuzovat úrodnost z užšího pohledu, tj. úrodnost pro jednotlivé typy plodin či dokonce jednotlivé odrůdy. V tom případě se jedná o produkční schopnost. Pro účely podpory zemědělské produkce byly zemědělské půdy rozděleny na příznivé oblasti (FA) a méně příznivé oblasti (LFA). Pro toto rozdělení byla použita ve všech zemích Evropy jednotná kritéria, kterými byla kvalita půdy, obyvatelstvo a nezaměstnanost oblasti, průmyslová výroba, chráněné oblasti a těžební oblasti. Pro Českou republiku byly dále oblasti podrobněji rozděleny: příznivé oblasti na oblasti s nejvyšší produktivitou a oblasti s vysokou produktivitou a méně příznivé oblasti na horské oblasti, ostatní oblasti a oblasti se speciálními omezeními.

V případě lesních půd je jejich kvalita a vývoj ovlivněn do značné míry druhovým složením pěstovaných lesů. V posledních stoletích došlo k výrazným změnám druhového zastoupení jednotlivých dřevin v lesích České republiky.

2.3 Shromažďování, filtrování a transformace živin, látek a vody

Obsahy makro- a mikroelementů jsou, spolu s pH, základním ukazatelem pro agrochemické hodnocení zemědělských půd a pro hodnocení stavu výživy lesních porostů. Obsahy se většinou stanovují jako přijatelná forma pro rostliny. Hlavními živinami jsou dusík, fosfor, draslík, vápník, hořčík, síra a železo. K agrochemicky sledovaným mikroelementům se řadí bór, mangan, měď, molybden a zinek. Průměrný obsah přístupných živin v půdě se snižuje a s tím pak narůstá plocha půd vyžadujících intenzivní hnojení. Velmi výrazně se snižuje obsah přístupného fosforu v orné půdě a ještě větší pokles je zaznamenán u přístupného draslíku. Většina orných půd je však dostatečně zásobena základními živinami. Trvalé travní plochy nejsou z mnoha důvodů příliš hnojeny, proto je jejich zásobenost živinami nižší.

Obsah vody v půdě je také jedním ze zásadních parametrů ovlivňujících růst rostlin. Aktuální zásoba vody v půdě závisí především na srážkách a výšce hladiny podzemní vody. Důležitá je však také vlastnost půdy vodu zadržovat. Tuto vlastnost nazýváme retenční schopností půdy. Ta je závislá především na textuře a struktuře. Tato retence vody se děje v krajině především zadržováním vody v povrchových depresích různé velikosti, v pokryvné vegetační a případně kulturní vrstvě povrchu krajiny (lužní lesy, mokřady, vhodná opatření agrotechnického charakteru, zasakovací pásy, průlehy, suché nádrže, limany), hlavně však v semikapilárních pórech půd a půdně–litologického prostředí. Retenční schopnost půdy má mimořádný význam na vznik a průběh povrchového odtoku a na snižování a retardaci kulminačních průtoků velkých vod.

Půda má také nezastupitelné místo při přeměnách rostlinných a živočišných zbytků. Rovněž transformuje dopadající záření, především krátkovlnné na dlouhovlnné, tepelné a je tak důležitým regulátorem teploty v biosféře.

2.4 Zásobárna biodiverzity jako stanovišť, druhů a genů

Půdní biota je taxonomicky mimořádně heterogenní. Tím pádem půda z hlediska biosféry působí jako nesmírně cenná zásobárna genetické informace. Půda také zajišťuje uchování a fungování mnoha ekosystémů. Ty ovlivňují procesy, jako je tvorba půdy, cykly živin nebo fixace dusíku. Dále se tyto organismy podílejí na tvorbě a stabilizaci půdní struktury, jsou zdrojem symbiotických hub a celkově přispívají ke zvyšování úrodnosti půd.

Organismy žijící v půdě běžně dělíme na mikrobiotu (organismy s horní hranicí o velikosti 0,2 mm, jako například: bakterie, aktinomycety, houby, řasy, sinice atd.), mezobiotu (organismy o velikosti od 0,2 mm do 10 mm, jako například: roztoči, chvostoskoci, roupice, hmyzenky, malé druhy stonožek, mnohonožek, atd.) a makrobiotu (organismy o velikosti nad 10 mm, kam řadíme většinu zástupců kroužkovců, stonožky, mnohonožky, měkkýše atd.). Pro jeden gram povrchového organominerálního A-horizontu je třeba počítat u bakterií s početnostmi desítek až stovek milionů buněk, u aktinomycet milionů buněk, v případě půdních hub to budou deseti či statisíce organismů a v případě řas, sinic a prvoků tisíce až desetitisíce jedinců. Velmi obtížně se zobecňují počty hlístic, chvostoskoků, roztočů a žížal, neboť na území České republiky se nacházejí lokality s až desetitisícinásobnými rozdíly v jejich početnosti.

Půdní organismy mají také mimo jiné schopnost biodegradace xenobiotických (cizorodých a potenciálně toxických) látek.

2.5 Fyzikální a kulturní prostředí pro lidi a lidské činnosti

Půda jako taková umožňuje zakládání staveb, ovlivňuje využití území a formování krajiny. V mnoha případech umožňuje likvidaci odpadů ze zastavěných území, slouží k uzemnění elektrických systémů. Má také velký hydrologický význam, jelikož umožňuje napájení pramenů vody a zároveň zadržuje vodu stékající z tvrdých nepropustných povrchů, jako je beton nebo asfalt.

Zároveň je půda zdrojem informací o vývoji krajiny nejen ve čtvrtohorách, ale i ve starších geologických obdobích. Využívají toho různé disciplíny, pro něž je půdní profil zdrojem mnoha užitečných informací. Patří mezi ně například klimatologie, geologie, geografie, geobotanika, zoologie, biogeografie, hygrologie a také archeologie. Půdní prostředí uchovává artefakty předešlých civilizací. Jako značně konzervativní prvek přírodního prostředí půda zachovává mnoho znaků a vlastností, které svědčí o podmínkách, za kterých se v minulosti tvořila, o dynamice procesů a režimů, které tehdy panovaly. V půdní matrici jsou konzervovány a jako paměť i antropogenních poměrů uchovávány různé objekty, jež mohou být studovány mnoha metodami a které při správné interpretaci napomáhají odkrývat především poměry v pleistocénu, holocénu i nástup lidských aktivit v krajině.

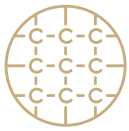
Půda tedy chrání před poškozením archeologické pozůstatky a slouží jako „záznamník" historie využití území a jednotlivých typů osídlení. Mimo jiné také uchovává svědectví o historii klimatických změn.

2.6 Zdroj surovin

Půda poskytuje celou řadu surovin, jako například písek, jíl, rašelinu nebo minerály. V mnoha zemích je půda významným stavebním materiálem.

Půda je předmětem vlastnictví a tudíž zbožím. I při dočasném útlumu intenzity zemědělské produkce existuje celospolečenský zájem na udržení produkční schopnosti či tzv. produkční pohotovosti půdy. Půda slouží také jako přirozená zásobárna vody a je mimo jiné také fyzikálním médiem pro nejrůznější socioekonomické aktivity člověka.

2.7 Působení jako zásobárna uhlíku



Uhlík a jeho zásoba v půdě je v posledních několika letech velmi diskutovaným tématem s nejistými závěry. Půda emituje a absorbuje atmosférické plyny – uvolňuje CO_2, metan a další plyny a současně slouží jako zásobárna uhlíku.

Na intenzitu skleníkového efektu má podstatný vliv obsah oxidu uhličitého v atmosféře, který se zvyšuje především spalováním fosilních paliv. Méně známo je, že na růstu koncentrace CO_2 v atmosféře se podílí také obdělávání půdy a způsob hospodaření v zemědělství. V posledních dvou desetiletích se stalo studium obsahu CO_2 v atmosféře předmětem celosvětového výzkumu, protože jeho rostoucí koncentrace zesiluje skleníkový efekt. Takto dochází k projevům oteplování a klimatologové hovoří o možné změně klimatu a dopadech na všechny složky lidské činnosti, včetně zemědělství. Zatímco měření koncentrace uhlíku v atmosféře je poměrně přes-

né, zjišťování, kolik uhlíku je v půdách a kolik v oceánu, je zatíženo velkými nejistotami. Jedním ze způsobů, jak snížit množství skleníkových plynů, které unikají do atmosféry, je zvýšení obsahu půdní organické hmoty.

Organickou hmotu v půdě představuje primární organická hmota, tvořená nerozloženými organickými zbytky a organickou hmotou v různém stádiu rozkladu a dále vlastní humusové látky. Obsah organické hmoty v půdě může být vyjádřen v různých formách, obsah primární organické hmoty bývá nejčastěji odvozen od hodnoty obsahu organického uhlíku nebo oxidovatelného uhlíku. Kvalita primární organické hmoty může být posouzena např. na základě obsahu vodorozpustného uhlíku nebo uhlíku rozpustného v horké vodě. Za posledních padesát let se v půdách mírného pásu v důsledku kultivace snížil obsah uhlíku v organických látkách o 20 až 40 %.

Pro tuto problematiku je velmi zásadní způsob kultivace půd. Ta může totiž určovat převahu buď anaerobních nebo aerobních podmínek v půdě a tím pádem pak ovlivňuje i rychlost a směr mineralizace organické hmoty v půdě, jejímiž hlavními produkty jsou CO_2 a H_2O.

2.8 Archiv geologického a archeologického dědictví

Půda je archivem přírodního a civilizačního vývoje. Je svědectvím a výsledkem tisícileté kultivační činnosti našich zemědělských předků. Jsou v ní ukryty paleontologické a archeologické artefakty, stejně tak jako bezprostřední výsledky dlouhodobé kultivační činnosti, kterými mohou být například agrární neboli selské terasy, protierozní meze, přídatná umělá úrodnost některých taxonů půd atd. Vazby společenských komunit na půdu podmínily z velké části podobu dnešní krajiny a tímto způsobem je půda jako celek propojena i s takovými entitami, jako je například národní identita, povědomí domova jednotlivce a ztotožnění lidské společnosti s krajinou, ve které žije. Podoba krajiny v jednotlivých územích je dána primárně jejím současným využíváním půdy a tímto způsobem má právě půda zásadní vliv na charakterističnost krajiny a dává jí tak nezaměnitelnou podobu.

3. Fyzikální vlastnosti

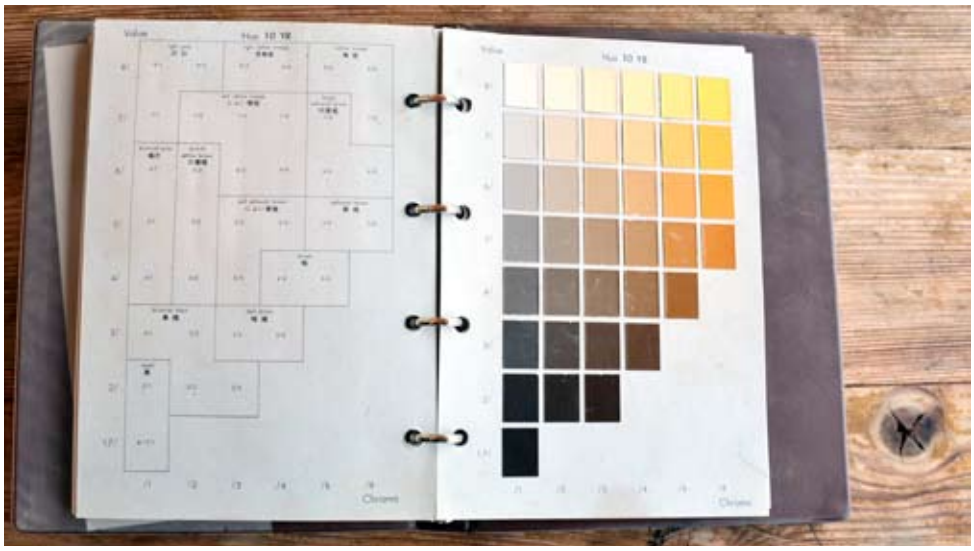
3.1 Barva

3.1.1 Charakteristika

Barva je důležitou charakteristikou při popisu půdního profilu. Vztahuje se k individuálním diagnostickým horizontům. Rozhodujícím činitelem určujícím barvu půdy v povrchových humusových horizontech je obsah organické hmoty, v podpovrchových a substrátových horizontech je to pak přítomnost minerálů a oxidoredukční podmínky.

Zjišťuje se odhadem nebo přesněji podle Munsellovy barevné škály, kde je srovnáváním se stanovenými stupnicemi určována barva (hue), sytost (chroma) a odstín (value).

Obrázek 3.1
Munsellova barevná stupnice



3.1.2 Stanovení a význam

3.1.2.1 Zemědělské půdy

Zabarvení jednotlivých vrstev (horizontů) půdního profilu je důsledkem půdotvorných faktorů a u zemědělských půd významně i typem a intenzitou kultivace. Pokud má humusový horizont vyšší mocnost, než je hloubka kultivace (např. černice, některé černozemě), je ornice obvykle barevně málo odlišitelná od

podorničí. U většiny orných zemědělských půd vznikla ornice kultivací a homogenizací původního humusového horizontu a části hlouběji uloženého horizontu (B, E, C). Tak se vytvořil relativně ostrý barevný přechod mezi ornicí a podorničím. Orniční horizont má většinou zabarvení v odstínech mezi šedavě hnědou a černou podle obsahu organické hmoty, barva hlubších horizontů je výsledkem pedogenetických procesů a mineralogického složení substrátu.

Nečastější zastoupení barev podle Munsellovy barevné škály je v kategorii 10YR (od černé přes hnědou a žlutavě hnědou ke světlým šedavým odstínům).

3.1.2.2 Lesní půdy

U lesních půd je na zonálních, tedy nejrozšířenějších stanovištích vytvořen třífázový půdní profil. Na povrchu je nadložní organický horizont tvořený organickým materiálem z opadu jehlic, listů, plodů a jeho součástí – větví, případně kmenů a odumřelých pozůstatků bylinného patra. Tento horizont se dělí na subhorizonty **L** – opadanka (hrabanka), **F** – fermentační (drť) a **H** – humifikační (měl). Jejich přítomnost/nepřítomnost je ovšem ovlivněna rychlostí rozkladu, podle něhož se utváří příslušná forma nadložního humusu. Minerální část půdních profilů je tvořena organominerálním horizontem A s mocností obvykle do 10 cm. Barva tohoto horizontu je ovlivněna humusem, tedy konečným produktem rozkladného procesu organického materiálu vzniklým polymerizací produktů rozkladu. Pod tímto horizontem je minerální horizont B, označovaný jako horizont vnitropůdního zvětrávání. Barva tohoto horizontu je ovlivněna převažujícím půdotvorným procesem – hnědnutím, podzolizací, illimerizací ovlivněnou proudící a stagnující vodou, případně dalšími procesy. U půd s výrazným procesem podzolizace nebo illimerizace se nad horizontem B nachází světlejší (vybělený) horizont E. Spodní část půdních profilů je tvořena horizontem navazujícím a vyvinutým z půdotvorného, geologického substrátu v popisech označovaným písmenem C. Jeho barva je ovlivněna mineralogickým složením mateční horniny.

Obrázek 3.2, 3.3

Sled diagnostických horizontů u podzolu modálního (horský podzol) a detail nadložního organického horizontu, forma – surový humus s hrabankou, drtí a mělí

3.1.3 Možnosti využití pro hodnocení půdy

Využitelnost spočívá v použití měřítka pro odhad obsahu organické hmoty v půdě. Současně je barva jedním z kritérií používaných v taxonomii půd a v rozlišení diagnostických horizontů.

V typologii lesních půd je barva důležitým indikátorem procesů, které v půdě probíhají a klasifikační systémy se o vybarvení profilů lesních půd opírají.

3.2 Struktura

3.2.1 Charakteristika

Hodnotí se velikost, tvar, vyvinutost, stav povrchu půdních agregátů a poměr jejich rozměrů, tj. výšky, šířky a délky. Je určována faktory fyzikálními (vysychání, zvlhčování, mrznutí, tání), chemickými (mineralogická skladba, chemické vazby, tvorby agregátů), biologickými (působení kořenů, půdních živočichů, a mikroorganismů a jejich výměšků – exsudátů). Stanovuje se pro jednotlivé horizonty.

3.2.2 Kritéria, stanovení a význam

Struktura není kvantifikována. Základní typy půdní struktury uvádí tabulka 3.1.

Tabulka 3.1
Základní typy struktury půdy

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

3.2.3 Možnosti využití pro hodnocení půdy

Vzhledem k subjektivnímu charakteru určování struktury je využití této vlastnosti pro legislativní předpisy problematické. V obecném popisu půd by však charakteristika strukturního stavu neměla chybět.

To platí i pro lesní půdy. Přesto jsou základní typy struktury dosti charakteristickou vlastností určitých typů lesních půd.

Obrázek 3.4
Typická drobtovitá struktura černozemí

3.3 Textura, skeletovitost

3.3.1 Charakteristika

Textura neboli zrnitost udává velikost a poměrné zastoupení jednotlivých půdních frakcí. Zrnitost se velmi významně podílí na průběhu pedogenetických procesů, ale i na agronomické a ekologické charakteristice půdy. Používají se různé klasifikace zrnitosti. V ČR se doposud nejčastěji používá jednoduchá a praktická Novákova klasifikace. Přesnější klasifikace je uvedena v rámci Taxonomického klasifikačního systému půd ČR (Němeček, 2011).

Na základě výsledků laboratorních rozborů je možné půdu přesně zařadit do skupiny zrnitosti podle poměru jednotlivých frakcí. V terénu se zrnitost odhaduje prstovou zkouškou a k vyjádření se používá klasifikační stupnice zrnitosti. Zařazením půdy podle zrnitosti je dán půdní druh.

3.3.2 Kritéria, stanovení a význam

3.3.2.1 Zemědělské půdy

Podle různých klasifikací je hodnoceno zastoupení jednotlivých zrnitostních tříd (frakcí). V ČR se používá Novákova klasifikace půdní zrnitosti (tabulka 3.2). Kritéria pro hodnocení zrnitostního rozboru jsou pak dána v tabulce 3.3.

Tabulka 3.2
Novákova klasifikace půdního druhu

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

Tabulka 3.3
Kritéria hodnocení zrnitostního rozboru

VELIKOST ZRN	NÁZEV FRAKCE	ZPŮSOB STANOVENÍ
< 0,001 mm	jíl	přímo
0,001–0,01 mm	jemný a střední prach	dopočtem
< 0,01 mm	jílnaté částice	přímo
0,01–0,05 mm	hrubý prach	přímo + dopočtem
0,05–0,25 mm	jemný písek	dopočtem
0,25–2,00 mm	střední písek	přímo

V mezinárodní taxonomii WRB a taxonomii USDA je používána klasifikace textury hodnocením poměru frakcí jemnozemě (< 2mm) podle trojúhelníkového diagramu WRB.

Podle zastoupení:

jíl (J)	(< 0,01 mm, < 0,002 mm)
prach (R)	(0,001 nebo 0,002–0,05 mm)
písek (P)	(0,05–2 mm)

Kombinací uvedených frakcí je možno specifikovat 12 texturních tříd, sdružených v 5 třídách:

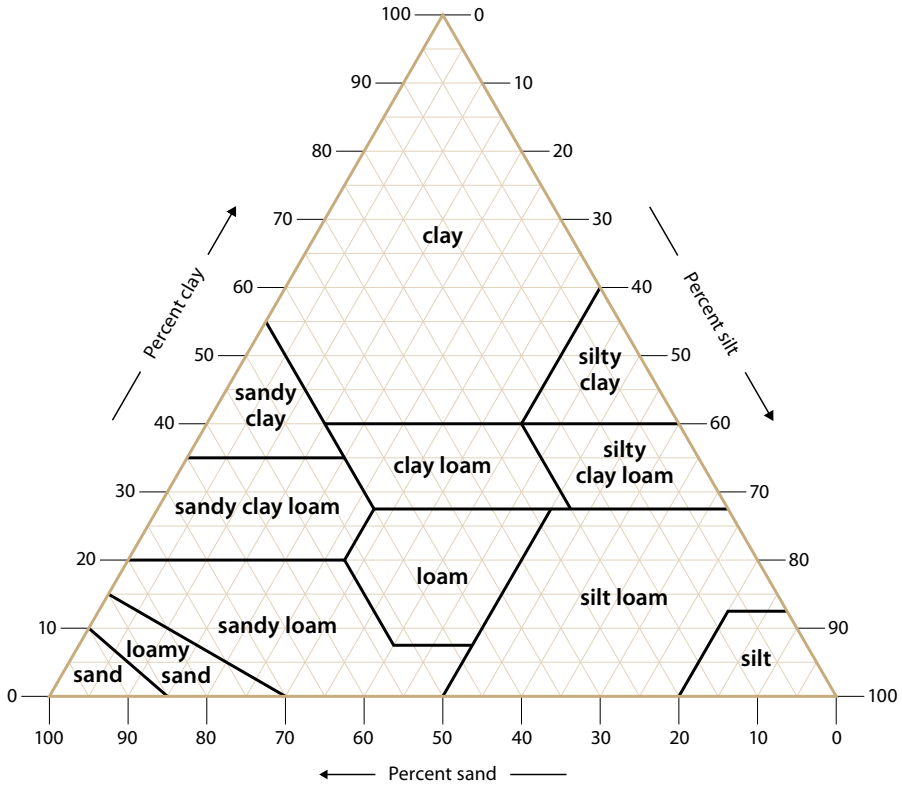
P, hP	lehká zemina	(1)
pH	lehčí střední zemina	(2)
H, rH, R	střední zemina	(3)
pjH, jH, rjH	těžká zemina	(4)
pJ, rJ, J	velmi těžká zemina	(5)

Zastoupení půdních druhů na souboru pozorovacích ploch bazálního monitoringu půd udává tabulka 3.4.

Tabulka 3.4
Počty pozorovacích ploch bazálního monitoringu půd v jednotlivých kategoriích půdního druhu (Kňákal, 2000)

HORIZONT	DRUH PŮDY							CELKEM
	p	hp	ph	h	jh	jv	j	
	počet							
ornice	0	27	45	85	16	1	1	218
podorničí	3	23	33	72	27	8	1	214
spodina	15	16	28	52	23	8	3	188

Obrázek 3.5
Trojúhelníkový diagram zrnitosti půd (USDA)



Skeletovitost je hodnocena samostatně podle objemového zastoupení částic:

2–4 mm	hrubý písek
4–30 mm	štěrk
> 30 mm	kameny
> 300 mm	balvany

Klasifikace pro skeletovitost je používána v TKSP i v systému bonitace půd (tabulka 3.5, příloha č. 4 k vyhlášce č. 327/1998 Sb., v platném znění):

Tabulka 3.5
Klasifikace skeletovitosti

	OBSAH SKELETU	
půda bezskeletovitá s příměsí skeletu	do 10 %	0
půda slabě skeletovitá	10–25 %	1
půda středně skeletovitá	25–50 %	2
půda silně skeletovitá	nad 50 %	3
0,05–0,25 mm	jemný písek	dopočtem
0,25–2,00 mm	střední písek	přímo

3.3.2.2 Lesní půdy

Pro část lesních půd má značný význam právě příměs hrubších částic – skeletu. Ten pak velmi značně ovlivňuje jak půdotvorné procesy, tak i úrodnost půdy. V horských oblastech je možno se setkat s podklady tvořenými jen skeletem a organickým horizontem. Zde mluvíme o půdách dvoufázových, kde je pod nadložním organickým horizontem slabě vyvinut skeletový A-horizont s následujícím C-horizontem. V lesnické praxi se jedná o extrémní stanoviště zpravidla ponechaná přirozenému vývoji.

Podrobnější členění přináší ČSN 72 1001 v tabulce 3.6 níže.

Tabulka 3.6
Podrobnější rozdělení skeletu podle ČSN 72 1001

VELIKOST ČÁSTIC V MM	NÁZEV
2–8	drobný štěrk
8–32	střední štěrk
32–128	hrubý štěrk
128–256	kameny
> 256	balvany
0,25–2,00 mm	střední písek

K roztřídění jemnozemě i jílovitých frakcí se používá klasifikace podle Nováka, stejně jako pro půdy zemědělské.

3.3.3 Možnosti využití pro hodnocení půdy

Půdní druh je důležitý parametr, který ovlivňuje i další vlastnosti půdy. Využitelnost je především jako jedna z charakteristik úrodnosti půd (jeden z parametrů charakterizujících hlavní půdní jednotku v kódu bonitované půdně ekologické jednotky – BPEJ) a dále jako kritérium třídění pro použití diferencovaných limitů obsahů rizikových látek a obsahů živin v půdě.

Textura je též parametrem, který vstupuje do metodických postupů výpočtu zranitelnosti půd.

3.4 Voda v půdě

3.4.1 Charakteristika

Obsah vody v půdě je zásadní parametr ovlivňující růst rostlin. Aktuální zásoba vody v půdě závisí především na srážkách a výšce hladiny podzemní vody. Důležitá je však vlastnost půdy zadržovat vodu, jež závisí především na textuře a struktuře. K popisu této charakteristiky se používají půdní hydrolimity:

- 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 zadržený 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).

V terénu se vlhkost určuje pocitem, který zemina vyvolává stiskem v dlani.

Používá se stupnice:

1. vyprahlá	tvrdé půdní agregáty nebo suchý prach
2. suchá	drobnější agregáty, pevné, těžko se drtí
3. vlahá	v dlani se drolí, ale nelepí ani nemaže, vyvolává pocit chladu
4. vlhká	mezi prsty se maže a lepí, prsty se při hnětení zvlhčují
5. mokrá	při hnětení kašovatí, ale neroztéká se, povrch se silně leskne od vody
6. zbahnělá	roztéká se mezi prsty

Vlhkost je též důležitým doprovodným znakem pro charakteristiku barvy a konzistence.

3.4.2 Kritéria, stanovení a význam

3.4.2.1 Zemědělské půdy

Existují pouze orientační hodnoty rozsahů hydrolimitů. Tabulka 3.7 uvádí průměrné hodnoty půd ČR pro maximální kapilární vodní kapacitu stanovovanou rozborem neporušeného půdního vzorku. Schematicky je znázorněno rozložení hydrolimitů v závislosti na vodním potenciálu na obrázku 3.6.

Tabulka 3.7

Průměrné hodnoty maximální kapilární vodní kapacity pro jednotlivé druhy půdy. Výsledky hodnocení programu bazálního monitoringu půd (Kňákal, 2000)

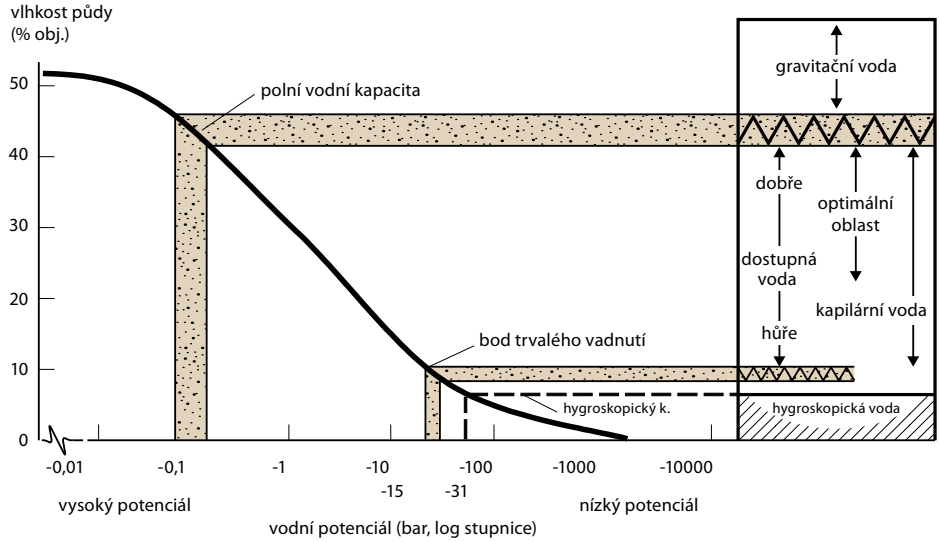
HORIZONT	DRUH PŮDY							CELKEM
	p	hp	ph	h	jh	jv	j	
maximální kapilární vodní kapacita v %								
ornice	nd	30,73	34,87	35,24	37,77	41,26	46,48	35,07
podorničí	26,90	29,73	30,37	34,00	36,84	41,94	44,83	33,79
spodina	25,59	29,46	31,24	34,58	36,00	39,92	52,79	33,73

nd = nedefinováno (žádná plocha k dispozici)

Obrázek 3.6.

Vztah půdní vlhkosti a vodního potenciálu a půdní hydrolimity ve středně těžké půdě

V pravé části obrázku jsou uvedeny kategorie půdní vody s ohledem na její přístupnost pro rostliny (upraveno podle: Brady, 1990 in: Šimek, 2003).



3.4.2.2 Lesní půdy

Rozložení vody a jednotlivé její formy v lesních půdách nejsou ovlivněny obděláváním, jsou dány přirozenými procesy, do jisté míry však závisí na hospodářských zásazích, druhovém složení porostů, probír-

kách, způsobu mýtních těžeb i na rozsáhlejších kalamitách. Schopnost lesních půd přijímat a zadržovat vodu je do značné míry ovlivněna mocností a kvalitou materiálu organického horizontu. Množství vody zadržované v silnějších vrstvách surového humusu v horských oblastech se pohybuje řádově ve stovkách m^3 ha^{-1}.

3.4.3 Možnosti využití pro hodnocení půdy

Využitelnost půdních hydrolimitů je pro praxi omezená, protože se standardně nestanovují. Důležité je uplatnění ve výzkumu a pokusnictví.

V zahraniční legislativě se pro správní rozhodování nepoužívají.

3.5 Konzistence půdy

3.5.1 Charakteristika

Udává stupeň vzájemného poutání částic mezi sebou a lpění zeminy na cizích předmětech. Klasifikuje se podle:

a) stupně lepivosti	nelepivá → silně lepivá
b) stupně plasticity	neplastická → silně plastická
c) stupně pevnosti	kyprá → velmi tuhá

3.6 Novotvary

3.6.1 Charakteristika

Novotvary se v půdě vyskytují jako produkty chemických, fyzikálně–chemických a biologických procesů. Významným novotvarem na písčitých substrátech při uplatnění procesu podzolizace je ortštejn – stmelenec. U semihydromorfních a hydromorfních půd jsou typickým novotvarem železité a manganové konkrece (bročky). U půd na spraších se vyskytují konkrece uhličitanu vápenatého, tzv. cicváry. Jsou zde důležitým diagnostickým znakem nejen pro kalcikový horizont, ale také pro posouzení mocnosti eroze na černozemích – v normálních podmínkách se cicváry nacházejí v hloubce 80–120 cm. Pokud je najdeme v menší hloubce, je povrch oderodován, pokud ve větší, je akumulován.

Obrázek 3.7
Novotvary – konkrece vzniklé v semihydromorfních půdách

3.7 Měrná hmotnost (specifická hmotnost, hustota) půdy

3.7.1 Charakteristika

Měrná hmotnost (specifická hmotnost, hustota) je obecně definována jako poměr hmotnosti k objemu p=m/V. Měrná hmotnost půdy vyjadřuje hmotnost daného objemu půdy bez půdního vzduchu (půdních pórů). Uvádí se zpravidla v g/cm^3.

3.7.2 Kritéria, stanovení a význam

Měrná hmotnost půdy závisí obecně na hmotnosti přítomných prvků, to znamená na mineralogickém složení půdy a obsahu organické hmoty. Měrná hmotnost minerálních půd je zpravidla vyšší než měrná hmotnost půd s vyšším obsahem organické hmoty. Pro naše půdy byly průměrné hodnoty měrné hmotnosti (výsledky bazálního monitoringu půd ÚKZÚZ) stanoveny na úrovni 2,6–2,7 g/cm^3 s tím, že rozpětí hodnot se pohybuje v intervalu 1,8–2,92 g/cm^3.

Obecně je měrná hmotnost nižší v půdních horizontech s vyšším obsahem organické hmoty, tedy u humusových (drnových) horizontů zemědělských půd a nadložních organických horizontů lesních půd (L, F, H), a vyšší v hlubších minerálních horizontech.

Měrnou hmotnost půdy stanovujeme na porušeném vzorku, podmínkou je dokonalé vytěsnění půdního vzduchu (dociluje se zpravidla vařením půdních částic ve vodě), objem půdních částic bez obsahu vzduchu je nutné stanovit (pyknometr).

Technická norma pro stanovení: ISO 11508.

Zakotvení v právních předpisech ČR: Měrná hmotnost půdy není obsažena v právních předpisech ČR, neexistují doporučené hodnoty. K dispozici jsou orientační hodnoty měrné hmotnosti půd.

Tabulka 3.8
Orientační měrné hmotnosti v definovaných půdních horizontech (Honsa, Kňákal, 1999)

MĚRNÁ HMOTNOST (g/cm³)	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 %

3.7.3 Možnosti regulace měrné hmotnosti půd

Jedná se o hodnotu s velmi malou proměnlivostí (např. výkyvy v obsahu organické hmoty), její ovlivnění se realizuje nepřímo (zejména v humusových horizontech zemědělských půd) např. aplikací organických hnojiv nebo materiálů, které se do půd dostávají ve vysokých dávkách (např. vytěžené sedimenty, vyhláška č. 257/2009 Sb.).

3.8 Objemová hmotnost půdy

3.8.1 Charakteristika

Objemová hmotnost je obecně definována jako poměr hmotnosti tělesa k objemu tělesa, včetně pórů, mezer a dutin. V případě objemové hmotnosti půdy je to poměr hmotnosti půdy k jejímu objemu v neporušeném stavu. Uvádí se zpravidla v g/cm^3, respektive v t/m^3. V případě půdy, která je materiálem pórovitým, je vždy objemová hmotnost znatelně nižší než měrná hmotnost.

3.8.2 Kritéria, stanovení a význam

3.8.2.1 Zemědělské půdy

Objemová hmotnost půdy je důležitou veličinou k posouzení pedokompakce – utužení půdy. Její hodnoty jsou ovlivněny výskytem půdních pórů, mezer, zrnitostí, strukturou půdy a vlhkostí. Objemová hmotnost půdy se prakticky stanovuje jako objemová hmotnost redukovaná (stanovená po vysušení vzorku). Porušený půdní vzorek se odebírá zpravidla do Kopeckého válečků (100 cm^3). Úzký poměr mezi objemovou hmotností a měrnou hmotností indikuje vysoký stupeň zhutnění půdy. Široký poměr (daný nízkou objemovou hmotností) naopak indikuje vysokou pórovitost půdy, a tedy menší míru pedokompakce. Obecně je objemová hmotnost nižší u půd organických a menší u půd minerálních. To je dáno nejen nižší hmotností vlastních částic (určujících i hodnotu měrné hmotnosti), ale zejména výskytem většího množství půdních pórů a mezer v organickém materiálu. Pro naše půdy byly průměrné hodnoty objemové hmotnosti (výsledky bazálního monitoringu půd ÚKZÚZ) stanoveny na hodnotu 1,46 g/cm^3, přičemž hodnoty kolísaly v intervalu 0,41–1,90 g/cm^3.

Tabulka 3.9
Hodnoty objemové hmotnosti pro jednotlivé druhy půdy – výsledky hodnocení programu bazálního monitoringu půd (Kňákal, 2000)

HORIZONT	DRUH PŮDY							CELKEM
	p	hp	ph	h	jh	jv	j	
objemová hmotnost redukovaná (g/cm^3)								
ornice	nd	1,40	1,34	1,40	1,45	1,17	1,30	1,39
podorničí	1,53	1,52	1,52	1,51	1,46	1,39	1,26	1,50
spodina	1,57	1,55	1,54	1,49	1,54	1,51	1,31	1,50

nd = nedefinováno (žádná plocha k dispozici)

3.8.2.2 Lesní půdy

V případě lesních půd je nutné hodnotit hodnoty objemové hmotnosti striktně v rámci jednotlivých horizontů, protože hodnoty se mohou výrazně lišit. Průměrné hodnoty zjištěné ÚKZÚZ (Fiala, 2013) jsou uvedeny v tabulce níže.

Tabulka 3.10
Průměrné hodnoty objemové hmotnosti v horizontech lesních půd (Fiala, 2013)

SUBHORIZONTY NADLOŽNÍHO ORGANICKÉHO HORIZONTU	OBJEMOVÁ HMOTNOST (g/cm^3)
L (horizont opadanky)	0,03–0,2
F (horizont fermentační)	0,10–0,25
H (horizont humusový)	0,20–0,35
Horizonty minerální	
Ah	0,95–1,35
B	1,30–1,80

Tabulka 3.11
Referenční hodnoty objemové hmotnosti (redukované) lesních půd (Grunda, 1995)

PŮDA	OBJEMOVÁ HMOTNOST (g/cm^3)
Půdy lužního lesa	
– horizont A	0,75–1,20
– horizont Ag	1,13–1,42
Kyselá hnědá lesní půda	
– subhorizont F + H	0,15
– horizont A	1,27
– horizont (B)	1,48
Půda lužního lesa	
– - 5 cm	0,82–1,02
– - 25 cm	1,19–1,42

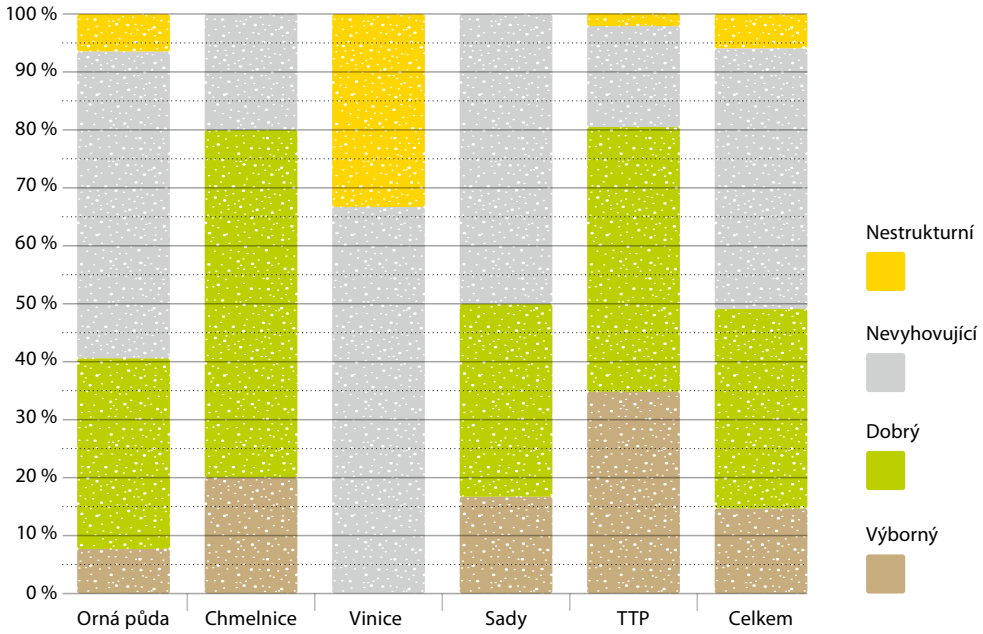
Technická norma pro stanovení: není, zpravidla se používají interní metody při stanovení fyzikálních charakteristik půd z Kopeckého válečků.

Zakotvení v právních předpisech ČR: K hodnocení strukturního stavu humusového horizontu středně těžkých a těžkých půd (Kutílek, 1978). Na nedodržení hodnot se nevztahuje žádná forma restrikce nebo nutnosti realizace nápravných opatření.

Tabulka 3.12
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
nestrukturní	1,6–1,8	31–39

Obrázek 3.8
Procentické vyjádření strukturního stavu půdy organominerálních horizontů (ornice) pozorovacích ploch bazálního monitoringu půd podle kultury a objemové hmotnosti redukované



3.8.3 Význam a možnosti regulace objemové hmotnosti půdy

Objemová hmotnost půdy jako indikátor utužení půdy (pedokompakce) je v praxi využívanou charakteristikou. Její měření je možné v laboratorních podmínkách, nebo orientačně přímo v terénu, měřením penetračního odporu při použití penetrometru. Naměřené hodnoty mohou být vyhodnoceny např. podle údajů Arshada et al. (1996).

Tabulka 3.13
Třídy penetračního odporu (Arshad et al., 1996)

TŘÍDA	PENETRAČNÍ ODPOR (Mpa)
extrémně nízký	< 0,01
velmi nízký	0,01–0,1
nízký	0,1–1
střední	1–2
vysoký	2–4
velmi vysoký	4–8
extrémně vysoký	> 8

Utužení půdy má celou řadu negativních dopadů (stagnace vody na povrchu půdy, omezený přístup vzduchu, omezení biodiverzity atd.), zásadním negativním faktorem pro zemědělství je omezení růstu kořenů rostlin. Utužení půdy je možno předcházet správnou agrotechnikou, omezením počtu přejezdu techniky po pozemku (zejména v nevhodných termínech, např. po dešti), snížením tlaku na jednotku plochy (volba pneumatik), dodáváním organické hmoty do půd, využíváním meziplodin atd. Tabulka 3.14 udává orientační minimální hodnoty objemové hmotnosti půdy, omezující růst kořenů rostlin.

Tabulka 3.14
Přibližné limity hodnot objemové hmotnosti, které již, v závislosti na půdním druhu (kategorie USDA), omezují růst kořenů rostlin (Arshad et al., 1996)

PŮDNÍ DRUH (TEXTURA)	MINIMÁLNÍ HODNOTA OBJEMOVÉ HMOTNOSTI PRO OMEZENÍ RŮSTU KOŘENŮ (g/cm³)
písčitá, hlinitopísčitá	1,8
velmi jemné písky a hlinité písky	1,77
písčitohlinitá	1,75
hlinitá, hlinitojílovitopísčitá	1,70
jílovitohlinitá	1,65
jílovitopísčitá	1,60
prachovitá, prachovitohlinitá	1,55
prachovitojílovitohlinitá	1,50
prachovitojílovitá	1,45
jíl	1,40

Obr. 3.9
Stagnace vody na povrchu půdy je následkem technogenního zhutnění půd

Optimální hodnoty objemové hmotnosti půdy pro pěstování vybraných druhů rostlin (Šarapatka et al., 2002) mohou být posouzeny podle tabulky:

Tabulka 3.15
Optimální hodnoty objemové hmotnosti půdy pro polní plodiny

PLODINA	g/cm³	PLODINA	g/cm³
brambory	1–1,2	kukuřice, pšenice	1,1–1,3
cukrovka	1–1,3	slunečnice, jetel	1,2–1,3
hrách	1,1–1,2	ječmen, žito, oves, len	1,2–1,4

3.9 Pórovitost

3.9.1 Charakteristika

Pórovitost je definována jako objem všech prostor mezi pevnými částicemi půdy. Vyjadřuje se v procentech a její hodnota v půdách se v průměru pohybuje od 40–60 %. Póry se dělí do tří skupin: na nekapilární (vyplněny vzduchem, voda z nich odtéká gravitací), semikapilární (vyplněny vodou a vzduchem) a kapilární (zaplněny vodou, která je zadržována vzlínáním). Jejich orientační hodnoty v půdě uvádí tabulka 3.16:

Tabulka 3.16
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

3.9.2 Kritéria, stanovení a význam

Pórovitost půdy vyjadřuje poměr mezi celkovým objemem pórů a celkovým objemem půdy (resp. neporušeného půdního vzorku). Celkový objem pórů zjistíme odečtením objemu pevných půdních částic (zpravidla stanovených pomocí pyknometru) od celkového objemu vzorku v neporušeném stavu (většinou odebraného do Kopeckého válečků o objemu 100 cm^3).

Pórovitost ovlivňuje bezprostředně zadržování a pohyb vody v půdě a míru provzdušnění půdy.

Logicky je hodnota pórovitosti redukována následkem zhutnění půd (pedokompakce, viz objemová hmotnost půdy). Poměr mezi půdním vzduchem a půdní vodou je přímo závislý na hodnotách nasycení půdy vodou. Poměr nekapilárních a kapilárních pórů je určující pro hodnoty minimální vzdušné kapacity půd, stavu kdy jsou všechny kapilární póry nasyceny vodou (Rejšek, 1999). Složení půdního vzduchu se od atmosférického vzduchu liší poměrem kyslíku a oxidu uhličitého (dýchací procesy kořenů rostlin a půdní mikroflóry), vlastní hodnoty uvádí tabulka (Vráblíková and Slavík, 1994). Rozdílem tlaků O_2 a CO_2 v půdě a atmosféře dochází k uvolňování CO_2 z půdy do atmosféry.

Tabulka 3.17
Složení atmosférického a půdního vzduchu (Vráblíková a Slavík, 1994)

VZDUCH	OBSAH %		
	O_2	CO_2	N_2
atmosférický	20,95	0,03	79,00
půdní	< 20,60	> 0,20	79,00

Hodnoty pórovitosti půd ČR, stanovené pro jednotlivé půdní druhy na základě bazálního monitoringu půd ÚKZÚZ (Kňákal, 2000).

Tabulka 3.18
Průměrné hodnoty pórovitosti zemědělských půd – plochy bazálního monitoringu zemědělských půd (Kňákal, 2000)

HORIZONT	DRUH PŮDY							CELKEM
	p	hp	ph	h	jh	jv	j	
	pórovitost v %							
ornice	nd	46,35	49,26	47,08	45,25	55,25	50,72	47,45
podorničí	42,40	43,06	43,58	43,75	45,81	48,99	53,30	44,32
spodina	42,58	42,64	42,75	44,36	43,40	44,05	49,97	44,34

nd = nedefinováno (žádná plocha k dispozici)

Přibližné hodnoty pórovitosti lesních půd, rozdělené pro nadložní organické subhorizonty a minerální horizonty stanovil v ÚKZÚZ Fiala (2006).

Tabulka 3.19
Přibližné hodnoty pórovitosti lesních půd (Fiala, 2006)

SUBHORIZONTY NADLOŽNÍHO ORGANICKÉHO HORIZONTU	PÓROVITOST (%)
L (horizont opadanky)	60–95
F (horizont fermentační)	50–70
H (horizont humusový)	40–60
horizonty minerální	
Ah	35–55
B	26–45

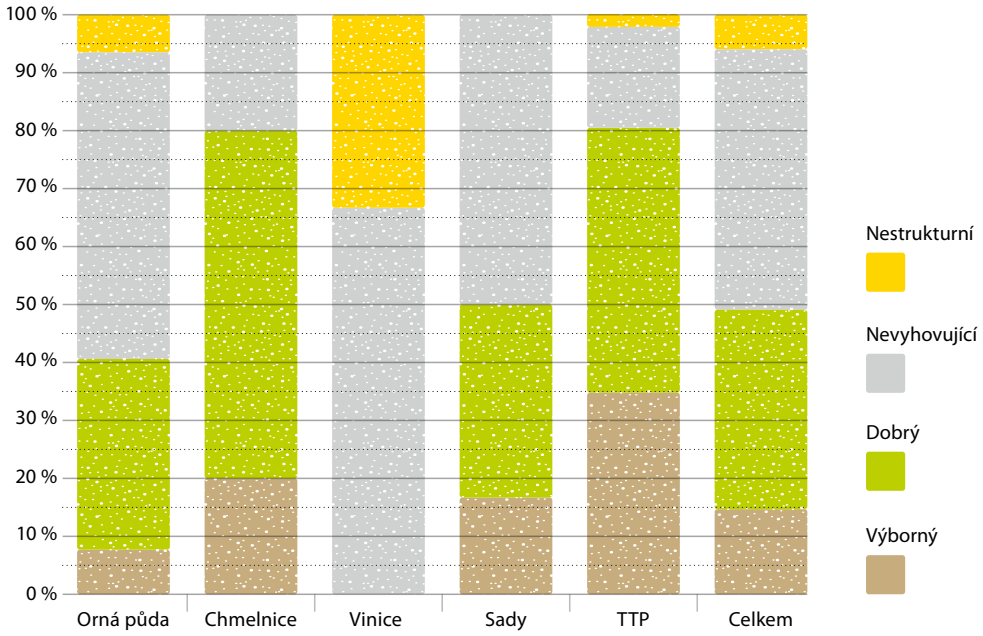
Technická norma pro stanovení: není, zpravidla se používají interní metody při stanovení fyzikálních charakteristik půd z Kopeckého válečků.

Zakotvení v právních předpisech ČR: Hodnocení strukturního stavu humusového horizontu středně těžkých a těžkých půd (Kutílek, 1966). Na nedodržení hodnot se nevztahuje žádná forma restrikce nebo nutnosti realizace nápravných opatření.

Tabulka 3.20
Doporučené hodnoty měrné hmotnosti a pórovitosti (Kutílek, 1996)

STRUKTURNÍ STAV HUMUSOVÉHO HORIZONTU	OBJEMOVÁ HMOTNOST REDUKOVANÁ (g/cm³)	PÓROVITOST
výborný	> 1,2	< 54
dobrý	1,2–1,4	46–54
nevyhovující	1,4–1,6	39–46
nestrukturní	1,6–1,8	31–39

Obrázek 3.10
Procentické vyjádření strukturního stavu půdy organominerálních horizontů (ornice) pozorovacích ploch bazálního monitoringu půd podle kultury a pórovitosti



3.9.3 Možnosti regulace pórovitosti půdy

Hodnoty pórovitosti půdy jsou určující pro obsah půdní vody, půdního vzduchu, ovlivňují růst kořenů rostlin, mikrobiální činnost půd apod. Hodnoty pórovitosti jsou prakticky využívány pro stanovení např. kritických hodnot, při kterých půda ztrácí uvedené půdní funkce, následkem nadměrného technogenního utužení. Kombinované mezní hodnoty kritických vlastností zhutnělých půd byly vypracovány ve VÚMOP (Lhotský, 2000; in: Šarapatka et al., 2002).

Tabulka 3.21
Kritické vlastnosti zhutnělých půd tříděné dle půdního druhu (Lhotský, 2000)

UKAZATEL	j	jv, jh	h	ph	hp	p
objem. hmotnost (g/cm^3)	> 1,35	> 1,40	> 1,45	> 1,55	> 1,60	> 1,70
pórovitost (%)	< 48	< 47	< 45	< 42	< 40	< 38
min. vzdušnost (%)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
penetrační odpor (MPa) při vlhkosti (%)	2,8–3,2 28–24	3,3–3,7 24–20	3,8–4,2 18–16	4,5–5,0 15–13	5,5 12	6,0 10

3.10 Další fyzikální a hydrofyzikální vlastnosti půd

3.10.1 Charakteristika

Jedná se o vlastnosti, které úzce souvisí s již popsanými pojmy (maximální vodní kapilární kapacita, provzdušněnost), nebo se v běžné zemědělské praxi využívají okrajově a jejich význam směřuje více do oblasti výzkumu (teplota půdy, vodivost, infiltrační schopnosti).

Maximální vodní kapilární kapacita (MVKK)

Hodnota MVKK představuje množství vody (% objemu), které je neporušený půdní vzorek (zpravidla formou Kopeckého válečků) schopen pojmout kapilárními silami v procesu vzlínání a toto množství vody udržet během odsávání. Proces odsávání odstraní vodu, která je považována za nekapilární. Stanovení se může použít např. při určení trvale přemokřených půd, kdy je hodnota objemové vlhkosti vyšší než hodnota MVKK (Rejšek, 1999). Vysoká hodnota MVKK (stejně jako extrémně nízká) indikuje spíše horší fyzikální stav půd (nízký poměr nekapilárních pórů) a vyskytuje se zejména u utužených a málo strukturních půd. Hodnoty MVKK z hlediska vododržnosti půdních horizontů uvádí tabulka 3.22.

Tabulka 3.22
Hodnocení půdní vododržnosti lesních půd pomocí hodnot MVKK (Rejšek, 1999)

MVKK	PŮDNÍ HORIZONT
< 5	velmi slabě vododržný
5–10	slabě vododržný
10–30	vododržný
30–50	silně vododržný
> 50	velmi silně vododržný

Provzdušněnost půdy má úzký vztah k hodnotám pórovitosti a udává momentální obsah vzduchu v půdě při dané vlhkosti (% objemová nebo relativní). Další odvozené charakteristiky jsou např. minimální vzdušná kapilární kapacita (obsah vzduchu v půdě při nasycení vodou na hodnotu maximální kapilární kapacity), při vysokých hodnotách minimální vzdušné kapacity se jedná o půdy vysychavé s nízkou hodnotou vododržnosti.

Tabulka 3.23
Hodnocení minimální vzdušené kapacity lesních půd (Rejšek, 1999)

A_{MKK} (%)	MINIMÁLNÍ VZDUŠNÁ KAPACITA	PŮDNÍ HORIZONT
< 5	velmi nízká	neprovzdušněný
5–10	nízká	slabě provzdušněný
10–20	střední	středně provzdušněný
20–40	vysoká	silně provzdušněný
> 40	velmi vysoká	velmi silně provzdušněný

Podrobnější obecné informace a údaje o fyzikálních vlastnostech půdy vztažené k půdním typům (hlavní půdní jednotce a kódu BPEJ dle bonitace zemědělských půd) lze najít na stránkách VÚMOP viz: http://bpej.vumop.cz.

4. Chemické a fyzikálně chemické vlastnosti

4.1 Obsah organické hmoty

4.1.1 Charakteristika

Základní složkou organické hmoty v půdě je uhlík, a to ve formě organické i anorganické. Koloběh uhlíku je jedním ze zásadních cyklických jevů na Zemi, s nezastupitelnou úlohou půdy a vegetace. V porovnání celkových zásob je sice půda daleko za horninami a vodami, avšak zásoba uhlíku v půdě je nejméně stabilní a může tak ovlivňovat celkový uhlíkový cyklus.

Obsah organické hmoty (humusu) v půdě je velmi důležitým parametrem ovlivňujícím úrodnost půdy i funkci půdy v ekosystému.

Důležitým parametrem je kvalitativní složení humusu, které se pro zemědělské půdy vyjadřuje poměrem uhlíku k celkovému dusíku v půdě nebo poměrem huminových kyselin a fulvokyselin. U poměru uhlíku k celkovému dusíku (C : N) je číslo < 10 považováno za ukazatele dobré kvality humusu. Nízké hodnoty (7 a méně) však mohou svědčit o závažných antropogenních poruchách vedoucích ke vzniku labilních organických látek a jejich nadměrné mineralizaci. Čím je číslo větší než 10, tím je humus méně kvalitní. Poměr huminových kyselin a fulvokyselin je spolehlivějším ukazatelem kvality. Např. u podzolových půd se tento poměr pohybuje do 0,5, u černozemních půd je většinou větší než 2.

4.1.2 Kritéria, stanovení a význam

4.1.2.1 Zemědělské půdy

Obsah humusu se vyjadřuje v % a v humusovém horizontu normálních zemědělských půd (vyjma organické půdy) se pohybuje od několika desetin procenta až po 5 %, i více. Základní klasifikaci půd podle obsahu humusu udává tabulka 4.1 a 4.2.

Obsah humusu se zjišťuje v terénu odhadem (podle barvy humusového horizontu, půdního typu, erozně-akumulačních poměrů) a laboratorně stanovením oxidovatelného organického uhlíku (C_{OX}), který se vynásobí přepočítacím koeficientem 1,724 na humus. Tento přepočet platí za předpokladu, že humus obsahuje 58 % uhlíku.

Tabulka 4.1
Hodnocení obsahu humusu

OBSAH HUMUSU V %	ZÁSOBA HUMUSU
< 0,5	extrémně nízká
0,5–1,0	velmi nízká
1,0–2,0	nízká
2,0–3,0	střední
3,0–5,0	dobrá
> 5,0	velmi dobrá

Tabulka 4.2
Hodnocení obsahu humusu v půdách lehkých a ostatních (Prax, 1995)

PŮDY	OBSAH HUMUSU V PŮDÁCH (% HMOTNOSTNÍ)	
	LEHKÉ	STŘEDNÍ A TĚŽKÉ
bezhumózní	0	0
slabě humózní	< 1	< 2
středně humózní	1–2	2–5
silně humózní	> 2	> 5

4.1.2.2 Lesní půdy

Obsah, forma a distribuce organických látek v půdním profilu patří k parametrům, které nejvíce odlišují lesní půdy od zemědělských.

Výživa porostů, jejich stabilita, produkce i funkce jsou ovlivněny množstvím a kvalitou materiálu v nadložním organickém horizontu).

Pro posuzování tohoto horizontu je vypracována celá řada různých klasifikací. Základem je však klasické třídění na mor (surový humus), moder a mul.

Mor (surový humus) je forma humusu vznikající při zbrzděném rozkladu organické hmoty, což se projevuje výrazným rozčleněním organického horizontu na alespoň 3 jasně oddělené vrstvy:

- hrabanku (A_{oo}, L) – tvořenou nerozloženými, nebo nepatrně rozloženými zbytky opadu, bez dalších příměsí,
- drť (A_{o1}, F) – směs polorozložených částic, často bez možnosti identifikovat výchozí materiál, zpravidla obsahuje i houbové hyfy a zbytky jemných kořínků,
- měl (A_{o2}, H) – amorfní materiál, tvořený převážně vlastním humusem, většinou ostře oddělený od povrchu minerální půdy.

Zásoba surového humusu v porostech typických pro výskyt tohoto nadložního horizontu (smrčiny vyšších poloh) se pohybuje mezi 80 a 100 t sušiny na 1 hektar. Menší akumulace je zjišťována ve smrkových monokulturách v nižších polohách, naopak vyšší, až do více než 200 $t.ha^{-1}$, na stanovištích náchylných k rašelinění. Důležité je, že podíl spalitelných látek v tomto materiálu dosahuje až 90 %.

Moder se většinou vyskytuje v listnatých porostech v příznivějších podmínkách. Ukazuje však na poněkud zpomalený postup rozkladu ústrojných zbytků. Od moru se liší tím, že nelze od sebe oddělit vrstvu drtě a hrabanky, měl se mísí s povrchem minerální půdy.

Zásoba moderu je většinou do 30 t suš.ha^{-1}, jen ve smrkových porostech za příznivých podmínek v nižších polohách může být zásoba vyšší. Obsah spalitelných látek je cca 50 %.

Mul. Na podzim je jasně patrná hrabanka, další dva subhorizonty splývají, během vegetační doby je zpravidla na povrchu půdy směs dosud nerozloženého opadu a drtě i měli, mísící se především činností členovců s povrchem minerální půdy. Je charakteristickou humusovou formou pro lesní půdy s nejčilejším metabolismem, pod listnatými porosty např. v lužních lesích.

Zásoba tohoto typu organického horizontu je většinou do 10 t suš.ha^{-1} se spalitelným podílem zpravidla pod 30 %.

Obsah humusu v minerálních horizontech lesních půd je ovlivněn materiálem z nadložního organického horizontu. V porostech, kde se tvoří surový humus, je zpravidla podíl humusových látek v povrchových vrstvách minerální půdy nižší, při hladkém průběhu rozkladu organických zbytků a intenzivním koloběhu látek podíl půdního humusu stoupá.

Je nutno upozornit na dosti běžnou nepřesnost v označování. Často se povrchová vrstva organické hmoty pod lesními porosty označuje jako humusová vrstva a materiál, ze kterého se skládá jako humus. Pod jedním názvem tak vystupují dvě odlišné věci. Jednak organický materiál z opadu a odumřelých složek biomasy z lesního ekosystému v různém stavu rozkladu a dále humus jako látka vznikající polymerizací produktů rozkladu do minerálních částí půdních profilů. Pro odlišení je tedy vhodné v lesnické terminologii používat názvu nadložní (organický) horizont, aby se předešlo nejednotnému výkladu.

4.1.3 Význam pro produkční funkce půdy

Obsah organické hmoty je jedním z nejdůležitějších ukazatelů kvality půdy pro zemědělské využití.

Ztráty organické hmoty jsou nejvážnějším projevem degradace zemědělského půdního fondu. Hodnocení obsahu humusu (organické hmoty) by mělo sloužit k vyhodnocení potřeb dodávek organické hmoty organickými hnojivy a též k vyhodnocení provádění protierozních opatření a k případnému vyhodnocení jejich účinnosti. Obsah organické hmoty je jedním z možných kritérií pro zpracování diferencovaných hodnot limitních obsahů rizikových prvků v půdě.

Pro hodnocení lesní půdy je rozhodující především forma nadložního humusu. Je do značné míry ovlivněna i hospodařením (druhová skladba, intenzita probírek). Je však nutno zdůraznit, že jen do jisté míry. Například ve smrčinách vyšších poloh je tvorba surového humusu přirozeným jevem. Za zásadní přínos půdní organické hmoty pro funkce produkční i ekologické je možno považovat:

- je energetickým zdrojem pro mikroorganismy a rezervoárem živin (zejména dusíku, fosforu a síry),
- podporu tvorby půdní struktury vazbou půdních částic do agregátů, což zlepšuje fyzikální vlastnosti půdy, infiltraci vody a je prevencí proti zhutňování půdy,
- zvyšování pufrační kapacity půd, což ji vytváří odolnější vůči acidifikaci,
- vazbu negativně nabitých částic na organickou hmotu zabraňující vymývání důležitých kationtů, zejména vápníku, hořčíku a draslíku.

4.1.4 Význam pro ekologické funkce půdy

Určitý obsah organické hmoty v půdě je pro dobrou funkci nezbytný, tedy i k pěstování rostlin. Záleží na složení organické hmoty a na vzájemné souhře všech ostatních fyzikálních, chemických a biologických vlastnostech půdy. Organická hmota ovlivňuje jak fyzikální, tak chemické vlastnosti půd mnohem více, než by odpovídalo jejímu relativně nízkému obsahu v půdě. Ztráta organického uhlíku obsaženého v půdě může omezit schopnost půdy poskytovat živiny důležité pro udržitelnou rostlinnou výrobu, méně organického uhlíku znamená také méně potravy pro živé organismy vyskytující se v půdě. Kvalita a obsah půdní organické hmoty také zásadně ovlivňuje zadržování živin a stabilitu půdních agregátů; snižování jejího obsahu zhoršuje vodní infiltrační kapacitu půdy.

Zemědělské i lesní půdy jsou považovány za významný rezervoár uhlíku a stále mají potenciál pro jeho další ukládání, čímž mohou přispět ke snižování negativních dopadů rostoucích koncentrací CO_2 v atmosféře. Globální potenciál pro sekvestraci uhlíku v půdě spočívá spíše v zachování rozsáhlých lesních ekosystémů. V podmínkách intenzivního zemědělství a omezených možností změn hospodaření je však potenciál sekvestrace nízký.

4.2 Půdní reakce

4.2.1 Charakteristika

Půdní reakce je jednou z velmi důležitých vlastností půdy, ovlivňující rozpustnost sloučenin v půdním roztoku, příjem živin rostlinami atd. V lesních půdách má vliv na biochemické půdní procesy a příjem živin autotrofními organizmy. Stanoví se jako pH půdy a hodnota pH (pondus Hydrogenii) vyjadřuje (ve vodných roztocích) záporný dekadický logaritmus aktivity vodíkových iontů. Podle půdní reakce se půdy dělí na kyselé, neutrální a zásadité.

4.2.2 Kritéria, stanovení a význam

Půdní reakce se stanovuje zpravidla jako:

- aktivní (pH_{H_2O}), vyjadřující aktuální formu, obsah vodíkových iontů ve vodném výluhu, respektive v půdní suspenzi,
- výměnná (pH_{KCl}, pH_{CaCl_2}), vyjadřující schopnost půdy měnit pH roztoků neutrálních solí. V prostředí roztoků neutrálních solí dochází k vytěsnění a výměně vodíkových iontů za ionty solí (proto pH výměnné). Hodnota výměnné reakce je proto nižší (kyselejší reakce) ve srovnání s hodnotou aktivní reakce. Ke stanovení se používá většinou 1mol/1 KCl nebo 0,01 mol/1 $CaCl_2$,
- hydrolytická, schopnost půdy měnit reakci hydrolyticky štěpitelných solí, udává se v mmol/100 g, v praxi se však tato metoda používá jen zřídka.

Stanovení pH půdy se provádí dvěma základními způsoby:

- kolorimetricky, využívající acidobazické indikátory, měnící zabarvení v různých oblastech pH. Změna barvy se může provádět vizuálně, případně s využitím fotometrických metod. Stanovení se využívá zejména přímo v terénu, dnes je nezřídka nahrazeno využitím přenosných pH metrů,
- potenciometricky, metoda využívá měření potenciálového rozdílu mezi indikační a srovnávací elektrodou, metoda využívá při měření kalibraci dle standardů.

4.2.3 Technická norma pro stanovení

ISO DIS 10390 (1992): Soil Quality – Determination of pH. International Organization for Standardization.

4.2.4 Zakotvení v právních předpisech ČR

Vyhláška MZe ČR č. 275/1998 Sb., o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků, ve znění pozdějších předpisů.

Tabulka kategorizuje hodnoty půdní reakce, dle vyhlášky č. 275/1998 Sb.

Tabulka 4.3
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

Tabulka 4.4
Pro lesní půdy je možno využít následující kritéria (Rejšek, 1999)

HODNOTA pH (KCl)	HODNOTA pH (H_2O)	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

4.2.5 Využití a možnosti regulace pH půdy

Jak již bylo uvedeno, hodnota pH půdy ovlivňuje biochemické půdní procesy a příjem živin organizmy, zejména rostlinami. Dále je významná z hlediska mobility potenciálně rizikových prvků v půdách, kdy obecně platí, že v oblasti kyselejší reakce se mobilita rizikových prvků zvyšuje (zejména Cd, Zn, Ni). Výjimkou je As s opačnou závislostí mobility na pH (jeho mobilita roste v oblasti neutrální až mírně zásadité). Regulace hodnoty pH půdy proto může ovlivnit nejen příjem živin rostlinami, ale i transfer rizikových prvků z půdy do rostlin. V oblastech se zvýšenými obsahy Cd v půdě je nutno hodnotě půdní reakce věnovat zvýšenou pozornost. V lesních půdách dochází v oblastech silně kyselé půdní reakce k růstu mobility Al, který může působit toxicky na růst rostlin (blokuje příjem P).

V následující tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty pH zemědělských půd v krajích ČR (výsledky agrochemického zkoušení zemědělských půd, ÚKZÚZ, 2010–2015).

Tabulka 4.5
Průměrné hodnoty pH půdy v krajích ČR

KRAJ	PRŮMĚRNÁ HODNOTA pH	PODÍL PŮD V %	
		REAKCE KYSELÁ (DO 5,5)	REAKCE ALKALICKÁ (NAD 7,2)
Středočeský	6,4	20,51	19,29
Jihočeský	5,6	50,55	0,22
Plzeňský	5,6	46,75	0,15
Karlovarský	5,6	55,39	0,33
Ústecký	6,6	13,32	34,52
Liberecký	5,8	37,98	1,37
Královéhradecký	6,3	19,56	10,36
Pardubický	6,0	29,83	7,19
Vysočina	5,6	50,32	0,63
Jihomoravský	6,7	12,55	41,19
Olomoucký	6,3	19,96	10,85
Zlínský	6,2	20,00	10,51
Moravskoslezský	5,8	35,38	1,11
Česká republika	**6,1**	**31,70**	**11,86**

Proti acidifikaci (okyselování) půd působí pufrační mechanizmy půd, které pro vymezené intervaly hodnot pH udává Ulrich (1983, 1991):

pufrační oblast $CaCO_3$	pH 8,6–6,2
pufrační oblast silikátů, bez uhličitanů	pH > 5
pufrační oblast kationtové výměny	pH 5,0–4,2
pufrační oblast Al	pH 4,2–3,8
pufrační oblast Al a Fe	pH 3,8–3,2
pufrační oblast Fe	pH < 3,2

4.3 Sorpční vlastnosti

4.3.1 Charakteristika

Sorpční vlastnosti půd vyjadřují schopnost půdy zadržovat živiny a ostatní (příp. rizikové) prvky a látky. V půdním prostředí dochází nejčastěji k procesu sorpce (navýšení koncentrace látky) na fázovém rozhraní pevná látka – kapalina. Sorbent je látka, na které dochází k poutání sorbátu, který se na sorbentu kumuluje. Sorpce je obecný termín, který zahrnuje několik základních skupin, významné jsou:

adsorpce	vazba na vnějším nebo vnitřním povrchu sorbentu
absorpce	vazba uvnitř sorbentu
chemisorpce	vazba vzniká chemickou reakcí mezi sorbentem a sorbátem (např. vznik (ne)rozpustných solí)
kapilární kondenzace	dochází ke kondenzaci sorbátu ve vnitřních prostorech sorbentu, charakterem se jev blíží adsorpci, dobou ustanovení rovnováhy se však blíží absorpci

4.3.2 Kritéria, stanovení a význam

Hodnoty sorpčních vlastností půdy (charakteristiky sorpčního komplexu) se stanoví nejčastěji jako:

- KVK – kationtová výměnná kapacita (T) je hodnota udávající množství iontů, které je půda schopna poutat při pH 7 (resp. jiné zvolené hodnotě pH); vyjadřuje se v mmol/100 g zeminy,
- S – suma bazických kationtů v sorpčním komplexu; vyjadřuje se v mmol/100 g zeminy,
- V – nasycenost sorpčního komplexu bazickými kationty, vyjadřující procentický podíl bazických iontů v sorpčním komplexu, tzn. V = (S/T) x 100.

Možno je dále stanovit podíl jednotlivých bazických kationtů (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}) v sorpčním komplexu.

Kritéria pro hodnocení celkové sorpční kapacity (T) zemědělských půd jsou uvedena v tabulce. 4.6 (dříve jako součást vyhlášky o AZZP).

Tabulka 4.6
Kritéria pro hodnocení celkové sorpční kapacity (T) zemědělských půd

HODNOCENÍ	SORPČNÍ KAPACITA (mmol/kg)
nízká	< 120
střední	121–180
vysoká	> 180

Podrobnější kritéria pro hodnocení hodnot celkové sorpční kapacity (T) a nasycenosti sorpčního komplexu bazickými kationty (V) uvádí tabulka níže.

Tabulka 4.7
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

Pro hodnocení lesních půd lze využít kritéria v tabulkách 4.8 a 4.9.

Tabulka 4.8
Kritéria pro hodnocení celkové sorpční kapacity (T) lesních půd (Lesprojekt, 1985)

HODNOCENÍ	HODNOTA T (mmol/kg)
velmi nízká	< 8
nízká	8–12,5
střední	12,5–25
vysoká	25–35
velmi vysoká	> 35

Tabulka 4.9
Kritéria pro hodnocení nasycenosti sorpčního obsahu bazickými kationty (V) lesních půd (Lesprojekt, 1985)

HODNOCENÍ	HODNOTA V (%)
extrémně nenasycená	< 10
vysoce nenasycená	10–30
mírně nenasycená	30–50
nenasycená	50–75
vysoce nasycená	75–90
plně nasycená	> 90

4.3.3 Technická norma pro stanovení

DIN ISO 13536 Soil quality – Determination of the potential cation exchange capacity and exchangeable cations using barium chloride solution buffered at pH 8,1 (ISO 13536: 1995).

ČSN ISO 11260 Kvalita půdy – stanovení kationtové výměnné kapacity při pH půdy a výměnných kationtů za použití roztoku chloridu barnatého. Český normalizační institut, 1998.

4.3.4 Využití a možnosti regulace sorpčních vlastností

Sorpční vlastnosti půdy rozhodují o schopnosti půdy zadržovat živiny v půdním prostředí a imobilizovat rizikové látky. Regulace spočívá zejména v obohacení půdy půdní organickou hmotou s vysokým stupněm humifikace (mělce rozložená organická hmota vlastnosti sorpčního komplexu půd příliš nezlepší), případně v aplikaci pomocných půdních látek organického nebo anorganického charakteru nebo např. vytěžených sedimentů s vyšším obsahem organické hmoty nebo jílových minerálů.

4.4 Oxidačně-redukční potenciál půdy

4.4.1 Charakteristika

Redox potenciál půdy (Eh) charakterizuje oxidační a redukční podmínky v půdním prostředí a je faktorem pro posouzení stability různých forem kovů (Kozák, 1991, in: Cibulka a kol., 1991). Udává se v milivoltech (mV) a vyjadřuje rozdíl napětí mezi dvěma elektrodami, umístěnými v půdě (resp. půdním roztoku).

4.4.2 Stanovení a význam

Stanovuje se pomocí speciálních elektrod (dvě elektrody, nebo nověji jedna kombinovaná elektroda). Vhodnější je použití přímo v terénu, protože podmínky se mohou rychle měnit, odběr porušeného půdního vzorku a jeho převoz jsou méně vhodnou formou.

4.4.3 Technická norma pro stanovení

Pro půdy existuje norma ISO 11271 Soil quality – Determination of redox potential – Fied method (ISO 11271: 2002). Obdobně pro vody existuje norma ČSN 75 7367 Jakost vod – Stanovení oxidačně – redukčního potenciálu.

4.4.4 Zakotvení v právních předpisech ČR

Není v právních předpisech ČR.

4.4.5 Využití a možnosti regulace oxidačně-redukčního potenciálu

Oxidačně–redukční potenciál má významný vliv na přeměny sloučenin Fe, Mn a S v půdě (Němeček et al., 1990). U Fe mají v oxidačně–redukčních podmínkách největší význam formy Fe^{2+} a Fe^{3+}, volné oxidy a hydroxidy, fosfáty, sulfidy a komplexní sloučeniny s organickými látkami. Mn je v půdě zastoupen ve dvou- nebo čtyřmocné formě iontů, oxidů nebo karbonátů. U půd s obsahem síranů dochází v redukčních podmínkách k jejich přeměně na sulfidy. Oxidačně–redukční podmínky mohou ovlivnit i formu a obsah rizikových prvků. V černých a rezivých akumulacích reoxidovaných hydratovaných (hydr)oxidů Fe a Mn v hydromorfních půdách byl zjištěn zvýšený výskyt Co, Ni, Cu a Zn. Na chování rizikových prvků v půdách má rovněž vliv rozpouštění Fe a Mn oxidů (zvýšení mobility rizikových prvků), vznik karbonátů a sulfidů Fe v redukčních podmínkách může vést naopak ke snížení jejich mobility.

Vlastní regulace oxidačně–redukčního potenciálu půd je poměrně obtížná, závisí výrazně na momentálních podmínkách. V dlouhodobější perspektivě ji lze výrazně ovlivnit melioračními opatřeními.

4.5 Obsahy živin

4.5.1 Charakteristika

Obsahy základních živin (N, P, K, Mg, Ca) a stopových živin (B, Fe, Mn, Cu, Mo, Zn) jsou určující z hlediska úrodnosti půd a jsou sledovány v rámci Agrochemického zkoušení zemědělských půd (AZZP), které provádí ÚKZÚZ. Hlavní živiny se stanovují ve formách přijatelných pro rostliny (Mehlich 3).

4.5.2 Kritéria, stanovení a význam

V zemědělských půdách se stanovují přijatelné živiny v současné době metodou Mehlich 3, stopové prvky Cu, Zn, Mn a Fe v extrakčním roztoku DTPA–TEA podle Lindsaye a Norvella a B extrakcí půdy vodou za varu podle Bergera a Truoga. Ke stanovení uvedených stopových prvků lze využít i univerzální extrakční roztoky, např. Mehlich 3. Obsahy celkového N se stanoví upravenou metodou podle Kjeldahla, metodou NIRS nebo stanovením na elementárním analyzátoru (podle Dumase).

V lesních půdách se stanoví obsahy celkového dusíku (N_{tot}) a spalitelného uhlíku (C_{ox}) metodou NIRS případně na elementárním analyzátoru (C, N). Obsahy P, K, Ca, Mg a dalších prvků v extraktu HNO_3 (c = 2mol) v organickém horizontu. V minerálních horizontech se zjišťují obsahy prvků v extraktu HNO_3 (c = 2mol) a přijatelné živiny metodou Mehlich 3.

4.5.3 Technická norma pro stanovení

Mehlich 3 a stanovení stopových prvků – metoda platná v rámci AZZP (Zbíral et al., 2016), celkový N (Zbíral et al., 2011).

4.5.4 Zakotvení v právních předpisech ČR

Příloha č. 2 (Metody používané pro chemické, fyzikální a mikrobiologické rozbory zemědělských půd a lesních pozemků) a příloha č. 3 (Kritéria pro hodnocení výsledků chemických rozborů zemědělských půd) k vyhlášce č. 275/1998 Sb., o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků, ve znění pozdějších předpisů.

4.5.5 Využití

Informace o aktuálním stavu základních živin v půdě na základě výsledků AZZP je zásadní pro každý subjekt hospodařící na zemědělské půdě. Současně jsou pro potřeby MZe a MŽP poskytována strategická data o dynamice zásobenosti půd živinami. Pro interpretaci obsahů živin v půdě jsou výsledky chemických rozborů kategorizovány a zakotveny v legislativě (tabulka 4.10 – 4.15).

Tabulka 4.10

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

TRVALÉ TRAVNÍ POROSTY

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	< 25	< 25	< 70	< 80	< 110	< 60	< 85	< 120
vyhovující	26–50	26–55	71–150	81–160	111–210	61–90	86–130	121–170
dobrý	51–90	56–100	151–240	161–250	211–300	91–145	131–170	171–230
vysoký	91–150	101–165	241–350	251–400	301–470	146–220	171–245	231–310
velmi vysoký	> 150	> 165	> 350	> 400	> 470	> 220	> 245	> 310

SADY A VINICE (SPECIÁLNÍ KULTURY)

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	< 55	< 60	< 100	< 125	< 180	< 80	< 105	< 170
vyhovující	56–100	61–110	101–220	126–250	181–310	81–180	106–225	171–300
dobrý	101–170	111–185	221–340	251–400	311–490	181–320	226–365	301–435
vysoký	171–245	186–265	341–500	401–560	491–680	321–425	366–480	436–580
velmi vysoký	> 245	> 265	> 500	> 560	> 680	> 425	> 480	> 580

CHMELNICE

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	< 155	< 170	< 170	< 220	< 290	< 135	< 160	< 210
vyhovující	156–220	171–240	171–275	221–370	291–400	136–210	161–250	211–300
dobrý	221–290	241–315	276–400	371–515	401–570	211–300	251–350	301–395
vysoký	291–390	316–425	401–560	516–650	571–680	301–400	351–460	396–530
velmi vysoký	> 390	> 425	> 560	> 650	> 680	> 400	> 460	> 530

[1)] stanovení spektrofotometricky

[2)] stanovení metodou ICP–OES

Tabulka 4.11

Kritéria pro hodnocení obsahu uhličitanů v půdách (dle přílohy č. 3 vyhl. č. 275/1998 Sb., ve znění pozdějších předpisů)

% UHLIČITANŮ	HODNOCENÍ OBSAHU UHLIČITANŮ
0	žádný
0,1–0,5	nízký
0,6–3,0	střední
3,1–5,0	vysoký
> 5,0	velmi vysoký

Tabulka 4.12

Kritéria pro hodnocení obsahu přijatelného vápníku v půdě

PŮDA / OBSAH VÁPNÍKU (mg/kg)			HODNOCENÍ
LEHKÁ	STŘEDNÍ	TĚŽKÁ	
< 500	< 900	< 1600	velmi nízký
501–1000	901–1400	1601–2100	nízký
1001–1600	1401–2100	2101–2800	střední
1601–2100	2101–3000	2801–3900	dobrý
> 2100	> 3000	> 3900	vysoký

Tabulka 4.13
Hodnocení poměru obsahu K : Mg (hmotnostní)

POMĚR K:Mg	HODNOCENÍ
< 1,6	dobrý
1,6–3,2	vyhovující
> 3,2	nevyhovující

Tabulka 4.14
Kritéria pro hodnocení obsahu stopových prvků v orné půdě (Neuberg, 1990)

PRVEK	PŮDNÍ DRUH	OBSAH V ZEMINĚ (mg/kg)		
		NÍZKÝ	STŘEDNÍ	VYSOKÝ
Bór (B) Berger-Truog	L	< 0,40	0,40–0,70	> 0,70
	S	< 0,60	0,60–1,00	> 1,00
	T	< 0,80	0,80–1,50	> 1,50
Molybden (Mo)1) Grigg	L	< 6,40	6,40–7,00	> 7,00
	S	< 6,80	6,80–7,80	> 7,80
	T	< 7,20	7,20–8,20	> 8,20
Měď (Cu) Lindsay-Norvell	L, S, T	< 0,80	0,80–2,70	> 2,70
Mangan (Mn) Lindsay-Norvell	L, S, T	< 10	10–100	> 100
Zinek (Zn) Lindsay-Norvell	L, S, T	< 1,00	1,00–2,50	> 2,50

Poznámky:
[1)] vyjádřeno tzv. molybdenovým číslem Moc = pH (KCl) + 10 × Mo (v mg/kg zeminy), L = půda lehká; S = půda střední; T = půda těžká.

Tabulka 4.15
Kritéria pro hodnocení obsahu stopových prvků v orné půdě, po extrakci metodou Mehlich 3 (Zbíral, 2016)

PRVEK	PŮDNÍ DRUH	OBSAH V ZEMINĚ (mg/kg)		
		NÍZKÝ	STŘEDNÍ	VYSOKÝ
Bór (B)	L	< 0,55	0,56–0,75	> 0,75
	S	< 0,70	0,71–1,00	> 1,00
	T	< 0,85	0,86–1,40	> 1,40
Měď (Cu)	L, S, T	< 1,6	1,61–4,50	> 4,50
Mangan (Mn)	L, S, T	< 30,0	30,1–200	> 200
Zinek (Zn)	L, S, T	< 2,2	2,21–5,00	> 5,00
Železo (Fe)	L, S, T	< 60,0	60,0–420	> 420

Poznámka:
L = půda lehká; S = půda střední; T = půda těžká.

Hodnocení obsahu živin v lesních půdách je procesem dynamickým, kdy je nutné hodnotit nejen vlastní půdu, ale také typ lesního společenstva. Na rozdíl od zemědělských půd se v lesních půdách stanovuje obsah hlavních živin i v (pseudo)celkovém obsahu po rozkladu lučavkou královskou, a to v organickém horizontu lesních půd, kde se tak sleduje celková zásoba prvků. Podrobné údaje o stavu výživy lesních půd jsou k dispozici např. ve studii Fialy a kol., 2013.

5. Biologické vlastnosti

5.1 Charakteristika

Obsah organických látek v našich půdách se pohybuje přibližně v rozsahu 1–6 % z celkové hmotnosti půdy. Z toho cca 80–90 % tvoří mrtvou organickou hmotu. Živá složka tedy tvoří zhruba 15 % celkové půdní organické hmoty, z čehož v půdě porostlé vegetací tvoří více než polovinu kořeny rostlin a zbytek připadá na edafon – půdní organizmy. Výskyt edafonu v půdě je velmi nerovnoměrný. Nerovnoměrnost výskytu se týká jak času, kdy se mění mikroklimatické podmínky a dostupnost živin a zdrojů (nejdynamičtěji a nejrychleji se rozvíjející složkou edafonu jsou bakterie), tak samozřejmě i prostoru. Podle jednotlivých skupin půdní mikroflóry dosahují průměrné počty od několika miliónů až po stovky miliard jedinců na 1 m^2, což odpovídá hmotnosti 1–100 g a v optimálních podmínkách dokonce 15–1000 g biomasy na 1 m^2. Sledujeme–li vertikální distribuci v prostoru dle údajů různých autorů, najdeme bez ohledu na různé půdní druhy a typy nejvíce organismů ve vrstvě půdy zhruba do 10 cm, maximálně do 30 cm. Organismy, vyskytující se v této vrstvě představují zhruba 75 až 90 % veškeré biomasy organismů v půdě, do hloubky 50 cm je to až 95 %.

5.2 Mikroedafon

Největší role v koloběžích látek v půdě připadá na mikroorganismy tvořící tzv. mikroedafon, především z důvodu obrovského aktivního povrchu jejich těla v poměru k objemu a jejich velké rychlosti rozmnožování. Nejpočetnější a nejdynamičtější složkou půdních mikrobních společenstev mikroedafonu, tedy organismů menších než 100 µm, jsou autotrofní a heterotrofní bakterie, včetně sinic a aktinomycet. Další význačnou skupinou v této kategorii jsou houby (eukaryotické mikroorganismy), respektive mikromycety s celou řadou fyziologických, genetických a morfologických forem. Obě tyto skupiny mikroedafonu jsou hlavními hegemony rozkladných a transformačních procesů v půdě. Mezi mikroorganismy v půdě najdeme také řasy, které reprezentují eukaryotické autotrofy. Dále prvoky, eukaryotické mikroorganismy konzumující bakterie. Tito predátoři regulují početnost bakteriálních populací, aktivizují jejich fyziologický stav tím, že nedovolí útlum jejich aktivit po nahromadění metabolitů bakteriálního metabolismu, čímž urychlují rozklad organických látek. Největší výhodou mikroorganismů je obrovský souhrnný aktivní povrch jejich buněk, neboť právě zde se odehrávají veškeré výměny a toky látek mezi nimi a vnějším prostředím. Celková plocha povrchu buněk bakterií v půdě do hloubky 30 cm může na ploše jednoho hektaru dosahovat až 600 ha, u mikromycet až 470 ha.

5.3 Mezoedafon

Drobní živočichové o velikosti od 100 µm do cca 0,5 cm tvoří mezoedafon. Patří sem především drobní členovci (roztoči, chvostoskoci, hlístice). Někteří požírají půdní mikroorganismy, nebo to jsou saprofágové živící se s pomocí mikrobů svého zažívacího traktu polorozloženými organickými zbytky. Vyskytují se zde i koprofágové živící se výkaly. Důležitou složkou jsou živočichové, kteří rozmělňují mrtvou organickou hmotu na jemné částice, a tak zvětšují povrch dostupný pro činnost mikroedafonu.

5.4 Makroedafon, megaedafon

Rozkladu detritu se dále účastní různé skupiny makroedafonu a megaedafonu, které můžeme bez problémů pozorovat pouhým okem. Patří sem např. roupice, larvy hmyzu, plži, myši, hraboši, krtci a hryzci, nejpočetnější jsou žížaly. Význam žížal pro půdu spočívá v jejich působení při rozkladu primární organické hmoty. Jde zejména o produkci exkrementů, ve kterých jsou minerální částice promíchávány s rozloženými organickými zbytky a mikroflórou, která napomáhá transformaci organické hmoty v trávicím traktu žížal. Důležité je, že vytvářejí chodbičky v půdě, jejichž souhrnná délka na jednom hektaru může činit až 4000 km. Tím napomáhají lepšímu vsakování srážkové vody, ale také většímu provzdušnění, což umožňuje lepší přístup vzduchu například k fixátorům vzdušného dusíku. Žížaly pozitivně ovlivňují strukturu i mikrostrukturu půdy a podílejí se tím na udržení půdní úrodnosti. Makroedafon rozmělňuje mrtvou organickou hmotu hlavně mechanicky na drobnější částečky a mísí je s minerálními částicemi. Dále se podílí na tvorbě půdní mikrostruktury. Odkládá do půdy a na její povrch strukturně stabilní exkrementy, aktivně hloubí chodby, transportuje minerální částice na povrch půdy a organickou hmotu naopak až do hloubky (do minerálního půdního horizontu). Jejich činností jsou jednotlivé složky půdy promíchávány, převraceny a jejich trusem a výměšky jsou částice rozloženého detritu slepovány a dále obohacovány minerálními látkami.

Žížaly mají pro plnění funkcí půd nezastupitelnou úlohu: napomáhají při rozkladu primární organické hmoty, pozitivně působí při tvorbě půdní struktury, významně ovlivňují infiltrační a retenční schopnost půd.

5.5 Význam hodnocení biologických vlastností půdy

Výhody biologického hodnocení:

- hodnotí kvalitu půdy z hlediska ekosystémových funkcí a úrodnosti, pro což pouze chemická analýza nestačí,

- jde o krok dále než chemická analýza – ukazuje důsledky znečištění,
- reflektuje nejen několik chemicky sledovaných polutantů, ale všechny látky přítomné v efektivních koncentracích,
- integruje výsledné působení celé směsi přítomných polutantů,
- integruje vliv dalších stresových faktorů v půdě, nejen polutantů,
- reflektuje z hlediska rizik skutečně relevantní (biodostupné) frakce polutantů.

Nevýhody biologického hodnocení:

- živé systémy mají vysokou variabilitu a výsledky metod jsou variabilnější než chemické analýzy,
- organismy jsou citlivé na ekologické faktory, což může překrýt vliv polutantů,
- ne všechny faktory působící na organismy jsou sledovány – někdy nejasné příčiny výsledků,
- k některým polutantům či v určitých podmínkách jsou modelové organismy tolerantní – žádné biologické efekty ani ve vysokých koncentracích,
- biologické metody nejsou vhodné pro volatilní a rychle degradabilní polutanty – než jsou provedeny biologické metody, dojde k jejich významné redukci ve vzorcích,
- výsledky nelze vztahovat k rizikům pro zdraví lidí a chemickou kvalitu rostlinné produkce,
- pro výsledky zatím neexistují univerzální, nebo legislativně definované limity.

5.6 Kritéria pro zemědělské půdy

Pro vysokou variabilitu se rozsahy základních biologických parametrů obecně většinou neuvádějí, pokud jsou uvedeny, měly by být vztaženy k určitým podmínkám, které je zásadně ovlivňují (roční období, kultura, obsah organické hmoty, vodní režim aj.). S tímto předpokladem a současně s uvážením výhod a nevýhod je třeba nahlížet na kritéria pro hodnocení biologických vlastností půdy. Legislativně dosud nejsou tato kritéria stanovena. Nepřímo jsou vybrané půdně biologické parametry využity pro účel hodnocení využitelnosti odpadů na povrchu terénu pomocí ekotoxikologických testů (příloha č. 10.2 vyhlášky č. 294/2005 Sb., v platném znění). Tyto ekotoxikologické testy mohou být výjimečně aplikovány na půdu, pokud je legitimní, aby byla zařazena do odpadů.

Pro účel hodnocení mikrobiologických vlastností půdy jsou k dispozici doporučené referenční hodnoty, které je nutno považovat za orientační informace o rozsahu a průměrných hodnotách hlavních mikrobiologických parametrů. Jedná se zejména o výsledky šetření bazálního monitoringu půd ÚKZÚZ, výsledky projektu NAZV (VG20102014026) a dále o výsledky šetření švýcarského a rakouského monitoringu půd (Tabulka 5.3.). Z literárních údajů (Gregorich, 1994) vyplývá, že C_{bio} tvoří 1–5 % z C_{org} (w/w), N_{bio} 1–6 % z N_{tot} (w/w). Za optimálních laboratorních podmínek je rychlost C mineralizace 3–30 $\mu g.g^{-1}.d^{-1}$ v minerálních půdách a 150–800 $\mu g.g^{-1}.d^{-1}$ v organických vrstvách. Odpovídající N mineralizace je v rozsahu 0.3–2.5 $\mu g.g^{-1}.d^{-1}$ v minerálních půdách a 3.0–15 $\mu g.g^{-1}.d^{-1}$ v organických vrstvách.

Tabulka 5.1

Mikrobiální parametry v půdách bazálního půdního monitoringu UKZÚZ a CHKO. Deskriptivní statistika fyzikálně-chemických a mikrobiálních parametrů na 33 plochách orných půd. (Sáňka et al., 2000)

PARAMETR	PRŮMĚR	MEDIÁN	MINIMUM	MAXIMUM	O/TTP
T (mmol/kg)	208,0	195,0	100,0	500,0	+
jílnaté částice (<0,01 mm)	35,2	36,1	16,0	68,7	-
C_{org} (mg/g)	16,1	14,6	9,5	31,2	+
N_{tot} (mg/g)	1,69	1,63	1,11	3,28	+
C/N	9,55	9,41	7,81	13,7	-
pH (KCl)	6,11	6,20	4,10	7,50	+
C_{bio} (µg/g)	205,0	182,0	92,0	669,0	+
N_{bio} (µg/g)	56,0	50,0	16,0	143,0	+
C_{bio}/N_{bio}	3,81	3,72	1,81	8,25	-
C_{bio}/C_{org} (%)	1,28	1,15	0,72	2,50	+
RES (µgCO_2 – C/(g.h)	0,79	0,68	0,28	1,51	+
qCO_2(µgCO_2 – C/(mgC_{bio}.d))	101,0	95,8	38,6	197,0	+
AMO (NH_4^+ – N/(g.d))	4,05	3,15	1,32	9,24	+
SNA (ngNO_2 – N/(g.h))	481	377	19,0	1568,0	-
bakterie (n/g)	$1{,}72.10^8$	$1{,}74.10^8$	$5{,}59.10^7$	$3{,}34.10^8$	-
délka hyf (m/g)	0,39	0,35	0,06	1,21	-

Poznámky:
T – maximální sorpční kapacita, jíl – obsah jílnatých částic v %, C_{org} – organický uhlík, N_{tot} – celkový dusík, C_{bio} – uhlík mikrobiální biomasy stanovený fumigačně-extrakčně, N_{bio} – dusík mikrobiální biomasy stanovený fumigačně-extrakčně, RES – bazální respirace, qCO_2 – metabolický koeficient, AMO – anaerobní amonifikace, SNA – krátkodobá nitrifikační aktivita, bakterie – počty bakterií mikroskopicky, délka hyf – délka hyf půdních hub mikroskopicky, O/TTP – znaménko (+) indikuje parametry ve kterých se signifikantně liší orné půdy a půdy trvalých travních porostů

Tabulka 5.2

Kritéria pro výsledky mikrobiálních parametrů půdy založená na 10. percentilu pro 100 fluvizemí hodnocených v projektu VG20102014026 (Sáňka a kol., 2014)

MIKROBIÁLNÍ PARAMETR	JEDNOTKY	KRITÉRIUM Půdu lze podezřívat z nízké biologické kvality, pokud je průměrný výsledek konkrétního parametru v testované půdě nižší než:	
		ORNÁ PŮDA N = 75 pH = 4,7–8,1 TOC = 0,5–2,5 % JÍL (<10 µm) = 10–66 %	TRVALÉ TRAVNÍ POROSTY N = 25 pH = 4,9–7,6 TOC = 0,8–8,5 % JÍL (<10 µm)= 11–68 %
mikrobiální biomasa (C_{bio})	µg $C_{bio}.g_{suš.}^{-1}$	135	130
bazální respirace (BR)	µg CO_2-$C.g_{suš.}^{-1}.h^{-1}$	0,20	0,20
substrátem indukovaná respirace (SIR)	µg CO_2-$C.g_{suš.}^{-1}.h^{-1}$	2,0	2,5
specifická bazální respirace (BR/C_{bio})	µg CO_2-$C.mg_{Cbio}^{-1}.h^{-1}$	0,7	0,8
specifická substrátem indukovaná respirace (SIR/C_{bio})	µg CO_2-$C.mg_{Cbio}^{-1}.h^{-1}$	5	6
potenciální amonifikace (PAMO)	µg NH_4^+-$N.g_{suš.}^{-1}.h^{-1}$	0,9	1,0
potenciální oxidace amoniaku (PAO)	µg NO_2^--$N.g_{suš.}^{-1}.h^{-1}$	0,008	0,009

Tabulka 5.3

Hodnoty 10. percentilu pro mikrobiální parametry fluvizemí monitorovaných centrem RECETOX v letech 1997–2001 (Hofman a kol., 2004)

MIKROBIÁLNÍ PARAMETR	JEDNOTKY	ORNÁ PŮDA N = 11 pH = 7,3–8,1 TOC = 0,8–1,8 % JÍL (<10 µm) = 5–33 %	TRVALÉ TRAVNÍ POROSTY N = 42 pH = 4,2–,9 TOC = 1,5–3,2 % JÍL (<10 µm)= 13–20 %
mikrobiální biomasa (C_{bio})	µg $C_{bio}.g_{suš.}^{-1}$	134	930
bazální respirace (BR)	µg CO_2-$C.g_{suš.}^{-1}.h^{-1}$	0,2	0,7
substrátem indukovaná respirace (SIR)	µg CO_2-$C.g_{suš.}^{-1}.h^{-1}$	1,4	5,2
specifická bazální respirace (BR/C_{bio})	µg CO_2-$C.mg_{Cbio}^{-1}.h^{-1}$	0,2	0,6
specifická substrátem indukovaná respirace (SIR/C_{bio})	µg CO_2-$C.mg_{Cbio}^{-1}.h^{-1}$	4,9	4,0

Tabulka 5.4

Minimální hodnoty mikrobiálních parametrů pro orné a travní půdy monitorované ÚKZÚZ (Poláková a kol., 2010)

MIKROBIÁLNÍ PARAMETR	JEDNOTKY	ORNÁ PŮDA N = 75 pH = 4,2–7,6 TOC = 0,8–3,4 % JÍL (< 2 µm) = 6–60 %	TRVALÉ TRAVNÍ POROSTY N = 22 pH = 3,8–6,5 TOC = 1,7–4,3 % JÍL (< 2 µm) = 6–23 %
mikrobiální biomasa (C_{bio})	µg $C_{bio}.g_{suš.}^{-1}$	73,5	190
bazální respirace (BR)	µg CO_2-$C.g_{suš.}^{-1}.h^{-1}$	0,34	0,78
substrátem indukovaná respirace (SIR)	µg CO_2-$C.g_{suš.}^{-1}.h^{-1}$	2,3	4,5
potenciální oxidace amoniaku (PAO)	µg NO_2-$N.g_{suš.}^{-1}.h^{-1}$	0,034	0,006

Tabulka 5.5

Výsledky mikrobiálních parametrů z monitoringu půd Švýcarska, 220 ploch na orné půdě (Oberholzer et al., 1999)

PARAMETR	MEDIAN	PERCENTIL 2,5	PERCENTIL 97,5
C_{bio} fumigační extrakční metoda, ($\mu.g^{-1}$)	518	285	1232
bazální respirace µg$CO_2.g^{-1}.d^{-1}$	42	25	92
C_{org}	1,8	1,1	3,1
pH (H_2O)	6,7	5,7	8.2
pH ($KCaCl_2$)	6,1	4,6	7,3

Tabulka 5.6

Průměrné hodnoty C_{bio} z projektů sledování mikrobiologických vlastností rakouských půd (Kandeler, 1997, BZI–Bodenzustandsinventur, IM–Integrated Monitoring)

PROJEKT	KULTURA	POČET PLOCH (N)	C_{BIO} (METODOU SUBSTRÁTEM INDUKOVANÁ RESPIRACE) MEDIAN ($\mu.g^{-1}$)
BZI Oberösterreich	orná	76	609,76
BZI Burgenland	orná	30	552,08
BZI Oberösterreich	TTP	61	2774,82
IM Zöbelboden	les (Ah-horizont)	64	3852,2

Tabulka 5.7

Kritéria pro výsledky testování půd pomocí ekotoxicity (Sáňka a kol., 2014)

Kritéria pro výsledky testování půd pomocí testů ekotoxicity založená na výsledcích 90. percentilu pro 100 fluvizemí hodnocených v projektu VG20102014026. Před porovnáním s kritérii musí být výsledky testů pro hodnocenou půdu vyjádřeny jako inhibice vůči kontrole (viz výpočty v příloze 5.6). Zjednodušeným způsobem (prosté srovnání výsledku s kritériem ze 4. sloupce tabulky bez použití statistiky) lze ekotoxicitu vyhodnotit pouze tehdy, není–li relativní směrodatná odchylka (RSD) konkrétních parametrů pro testovanou půdu vyšší než hodnoty uvedené ve 3. sloupci tabulky. Pokud je variabilita vyšší, nesmí být půda zhodnocena zjednodušeným postupem, ale musí být provedeno statistické porovnání výsledků daného parametru pro testovanou půdu s kritérii uvedenými v 5. sloupci tabulky.

TEST	PARAMETR	PRO HODNOCENÍ BEZ POUŽITÍ STATISTIKY MUSÍ BÝT U TESTOVANÉ PŮDY RELATIVNÍ SMĚRODATNÁ ODCHYLKA PŮVODNÍCH VÝSLEDKŮ PARAMETRU:	KRITÉRIA PRO SROVNÁNÍ BEZ STATISTIKY Půdu lze podezřívat z ekotoxicity, pokud je inhibice větší než:	KRITÉRIA PRO STATISTICKÉ SROVNÁNÍ[a] Půdu lze podezřívat z ekotoxicity, pokud je (INH+ 2,35 × $\frac{SD_{INH.}}{2}$) větší než:
chvostoskok *F. candida*	Inhibice přežívání dospělců	max 30 %	25 %	50 %
	Inhibice reprodukce	max 30 %	40 %	70 %
	Inhibice specifické reprodukce	max 40 %	30 %	70 %
roupice *E. crypticus*	Inhibice přežívání dospělců	max 50 %	45 %	80 %
	Inhibice reprodukce	max 60 %	70 %	90 %
	Inhibice specifické reprodukce	max 60 %	60 %	90 %
salát *L. sativa*	Inhibice délky kořínku	max 20 %	40 %	60 %

Poznámky:

[a] Jde o jednostranný jednovýběrový Studentův t-test na hladině významnosti 0,05. Hodnota 2,35 je kritická hodnota Studentova t-rozdělení $t_{0,95}$ s počtem stupňů volnosti = 3 (tj. n – 1). Jmenovatel pod SD_{Inh} je $\sqrt{n}$, tedy 2. Postup je založený na tom, že vzorek vyhovující limitu, musí být pod limitem včetně horní meze intervalu spolehlivosti, je inspirováno sdělením MŽP (2011).

5.7 Kritéria pro lesní půdy

Pro lesní půdy jsou uvedeny tabulkové referenční hodnoty vybraných mikrobiologických a biochemických vlastností, šetřených na území České republiky. Údaje jsou rozděleny podle dřeviny převládající na šetřeném stanovišti – na stanoviště se smrkem a bukem a podle lesního vegetačního stupně (lvs) (Fiala et al., 2015).

Tabulka 5.8
Smrkové porosty

	RES	RSS	SRS	MiQC	qC	SRS-MiQC	AMO	RKR u
horizont fermentační								
min	6,57	21,7	64,8	0,21	2,33	37	18	0,15
max	18,9	67,4	225	0,94	10,9	118	39	0,20
ø	12,7	41,3	155	0,58	6,26	74	27	0,17
3. lvs	11,8	67	192	0,86	3,2	53	39	0,17
4. lvs	14,3	45	172	0,67	6,1	74	30	0,18
5. lvs	12,0	31	129	0,43	6,7	72	20	0,16
6. lvs	12,0	34	116	0,49	6,2	58	21	0,16
7. lvs	6,6	37	179	0,61	2,3	63	28	0,18
8. lvs	11,1	31	125	0,24	10,4	117	19	0,19
horizont humifikační								
min	2,47	9,84	32	0,20	1,3	31	7,24	0,15
max	8,89	22,3	100	0,69	8,9	81	30,1	0,21
ø	5,15	14,6	54	0,49	4,7	47	15,6	0,17
3. lvs	3,6	17,6	74	0,60	2,2	46	26,2	0,16
4. lvs	5,3	14,8	55	0,51	4,8	49	14,9	0,17
5. lvs	4,8	11,0	40	0,56	4,4	37	7,2	0,19
6. lvs	5,5	13,0	45	0,48	4,6	37	13,0	0,17
7. lvs	2,4	13,0	61	0,56	1,3	31	30,0	0,15
8. lvs	6,2	17,0	56	0,26	7,5	67	13,0	0,20
horizont organominerální								
min	0,37	1,00	3	0,24	1,5	17	0,72	0,10
max	1,87	5,44	19	0,76	8,8	61	4,52	0,17
ø	0,88	2,10	8	0,47	3,9	34	2,13	0,14
3. lvs	0,42	1,22	7	0,43	3,2	52	0,71	0,15
4. lvs	0,67	1,50	5	0,52	4,4	32	1,65	0,17
5. lvs	0,74	1,37	7	0,48	4,0	36	2,02	0,14
6. lvs	1,05	2,47	10	0,47	3,0	27	2,30	0,14
7. lvs	1,87	5,44	19	0,57	2,6	27	3,50	0,11
8. lvs	1,24	3,08	13	0,26	4,3	47	3,90	0,12

Tabulka 5.9
Bukové porosty

	RES	RSS	SRS	MiQC	qC	SRS-MiQC	AMO	RKR u
horizont fermentační								
min	5,6	17,5	101	0,50	2,72	46,5	29	0,08
max	19,3	113	625	1,45	12,4	275	87	0,18
ø	14,6	58	322	0,88	5,5	122	49	0,15
2. lvs	13,5	86	450	1,20	4,5	145	50	0,16
3. lvs	12,0	69	349	0,96	4,0	126	47	0,15
4. lvs	21,6	62	332	1,03	7,7	117	60	0,15
5. lvs	10,4	38	293	0,63	4,8	134	38	0,14
6. lvs	12,4	42	200	0,60	5,4	87	46	0,18
horizont humifikační								
min	2,92	7,39	25,0	0,30	2,1	32,4	9,69	0,10
max	9,38	25,9	227,0	1,14	7,3	223	40,1	0,16
ø	5,8	15,3	83,7	0,77	5,1	71	21,0	0,14
2. lvs	–	–	–	–	–	–	–	–
3. lvs	6,0	16,0	72,7	0,60	6,2	70	21,0	0,15
4. lvs	6,4	16,0	83,6	1,03	4,5	57	22,0	0,14
5. lvs	4,9	14,0	107,0	0,70	5,1	104	20,0	0,12
6. lvs	5,4	13,0	46,0	0,60	3,7	32	22,0	0,13
horizont organominerální								
min	0,46	1,05	3,77	0,28	1,2	23	0,99	0,08
max	3,22	6,44	54,0	1,22	5,4	111	12,7	0,18
ø	1,1	2,61	20,5	0,75	3,3	48	4,6	0,13
2. lvs	1,6	4,1,0	49,4	0,93	2,8	87	12,5	0,11
3. lvs	1,8	2,1,0	12,6	0,72	3,5	37	2,9	0,13
4. lvs	1,3	2,5,0	17,9	0,75	3,3	40	2,8	0,14
5. lvs	1,2	2,7,0	22,1	0,78	3,4	57	5,0	0,11
6. lvs	1,0	2,3,0	8,2	0,54	2,7	23	4,0	0,11

Jednotky:

OZNAČENÍ	JEDNOTKA	PROCES
RES	$\mu gCO_2\text{-}C.g^{-1}.h^{-1}$	bazální respirace titračně
RSS	$\mu gO_2.g^{-1}.h^{-1}$	bazální respirace OxiTop
SRS	$\mu gO_2.g^{-1}.h^{-1}$	substrátem indukovaná respirace OxiTop
MiQC	%	MBC/C_{ox}
QC	$\mu gCO_2\text{-}C.h^{-1}mgMBC^{-1}$	RS/MBC
SRS_ MiQC	$\mu gO_2.h^{-1}mgMBC^{-1}$	SRS/MBC
AMO	$\mu gNH_4^+\text{-}N.g^{-1}.d^{-1}$	anaerobní amonifikace
RKR u	h^{-1}	specifická růstová rychlost

Tabulka 5.10
Smrkové porosty

	URE	AGL	AGM	B4F	BGL	DCB	SUL	XPN	4FF
	$\mu gNH_4^+\text{-}N.g^{-1}.d^{-1}$	nmol $MUF.g^{-1}.h^{-1}$							
horizont fermentační									
min	16,3	38	677	454	767	91,8	64,0	291	3656
max	56,9	119	2 081	1 226	1 991	293	224	858	12 773
ø	37,4	76	1 173	857	1 200	177	132	542	8 194
3. lvs	45,0	119	1 324	921	1 027	222	159	519	9 045
4. lvs	41,0	78	1 252	673	1 321	165	97	469	6 868
5. lvs	20,0	74	1 121	1 226	998	144	102	667	–
6. lvs	27,0	66	1 145	947	1 140	92	161	663	10 768
7. lvs	55,0	38	1 115	1 131	1 117	293	152	387	10 697
8. lvs	34,0	–	875	1 102	958	–	223	679	9 246
horizont humifikační									
min	3,2	42	328	327	291	41,0	67,0	225	1842
max	18,1	95	1 042	1 263	956	265	624	765	12 066
ø	6,7	58	546	702	630	110	215	537	6 652
3. lvs	12,0	95	1 042	801	956	152	177	769	8 965
4. lvs	10,0	55	557	509	666	134	102	530	4 698
5. lvs	7,0	54	456	628	357	79	110	390	
6. lvs	9,0	45	509	839	505	41	379	474	10 089
7. lvs	18,0	47	332	870	599	71	420	426	8 526
8. lvs	4,0	–	457	1 173	666	–	392	672	8 936
horizont organominerální									
min	0,00	0,6	46,2	68,7	55,4	6,63	20,8	45,0	786
max	6,0	32,1	184	575	173	47,8	453	199	8 772
ø	2,0	9,1	110	259	116	19,1	118	104	2 564
3. lvs	1,0	1,0	46	201	83	11	64	76	1 400
4. lvs	2,1	6,0	99	159	112	20	38	88	1 285
5. lvs	1,0	6,0	160	294	116	14	74	119	–
6. lvs	1,6	9,0	141	336	130	14	185	128	3 316
7. lvs	6,0	32,0	184	575	167	34	453	199	5 702
8. lvs	1,4	–	81	398	107	–	217	94	5 942

Poznámky:
URE – ureáza; AGL – α-glukosidáza; AGM – chitináza; B4F – fosfodiesteráza; BGL – glukosidáza; DCB – cellobiosidáza; SUL – arylsulfatáza; XPN – β- xylosidáza; 4FF – fosfomonoesteráza.

Tabulka 5.11
Bukové porosty

	URE	AGL	AGM	B4F	BGL	DCB	SUL	XPN	4FF
	$\mu gNH_4^+\text{-}N.g^{-1}.d^{-1}$	nmol $MUF.g^{-1}.h^{-1}$							
horizont fermentační									
min	17,1	18	543	417	669	117	174	105	1 826
max	127	136	2 068	1 183	2 183	366	951	716	17 172
ø	67	83	1 246	854	1 467	211	398	430	7 685
2. lvs	45	–	1 242	861	1 986	–	657	315	2 377
3. lvs	68	45	1 001	795	1 301	203	240	433	9 318
4. lvs	84	93	1 367	723	1 432	242	385	401	6 544
5. lvs	61	136	1 311	1 123	1 220	166	510	459	7 952
6. lvs	62	136	1 373	1 042	1 409	166	439	512	10 257
horizont humifikační									
min	4,39	15	146	338	270	50,1	116	120	3 010
max	60,7	64	1 366	1 057	975	94,4	1 034	979	9 883
ø	23,5	35	593	673	539	64,8	459	317	6 637
2. lvs	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3. lvs	26,0	15	495	669	571	59,0	296	474	6 796
4. lvs	28,0	31	538	548	438	75,0	421	179	4 979
5. lvs	19,0	64	772	880	646	50,0	740	304	7 879
6. lvs	17,0	64	721	802	617	50,0	619	336	8 215
horizont organominerální									
min	2,03	0,00	14,7	107	34,4	0,00	16,2	24	419
max	15,3	22,8	524	523	808	97,9	715	110	2 742
ø	6,6	7,8	190	261	203	20,8	279	66	1 628
2. lvs	14,0	–	479	367	678	–	441	95	1 750
3. lvs	6,0	8,0	96	210	135	33	180	64	1 210
4. lvs	4,0	15,0	133	213	116	4	217	43	1 255
5. lvs	7,0	17,0	205	341	141	16	456	67	2 315
6. lvs	6,0	17,0	221	318	139	16	386	78	2 356

Poznámky:
URE – ureáza; AGL – α-glukosidáza; AGM – chitináza; B4F – fosfodiesteráza; BGL – glukosidáza; DCB – cellobiosidáza; SUL – arylsulfatáza; XPN – β- xylosidáza; 4FF – fosfomonoesteráza.

6. Kontaminace půd

6.1 Charakteristika

Kontaminace půd se vztahuje k negativnímu působení obsahu potenciálně rizikových prvků (RP) a perzistentních organických polutantů (POP) v zemědělských půdách. Zvýšená zátěž těmito prvky a sloučeninami ohrožuje základní funkce půdy, kvalitu potravního řetězce, nebo přímo zdraví osob, které se na kontaminovaném pozemku pohybují. Maximálně přípustné obsahy znečišťujících látek jsou v ČR stanoveny legislativně a dotýkají se přímo zemědělských půd.

Další oblastí, které se tato problematika dotýká a je legislativně ošetřena, jsou vstupy do zemědělských půd aplikací hnojiv, kalů z čistíren odpadních vod (ČOV) a vytěžených sedimentů vodních toků a nádrží.

Pro lesní půdy nejsou prozatím odvozeny žádné legislativně závazné hodnoty. Rizika, vyplývající z kontaminace lesních půd, se vztahují spíše k ohrožení aktivity půdních mikroorganismů (redukce rozkladu organické hmoty), nikoliv k ohrožení potravních řetězců, jako v případě půd zemědělských. Pro potřeby orientačního hodnocení kontaminace lesních půd, zejména pokud je požadováno hodnocení ekologických rizik, byly zpracovány referenční hodnoty obsahů rizikových prvků a rizikových látek v lesních půdách (Borůvka a kol., 2014).

6.2 Stanovení a význam

6.2.1 Obsahy rizikových prvků a perzistentních organických polutantů v zemědělských půdách

V legislativě ČR jsou od roku 2016 novelou zákona č. 334/1992 Sb., o ochraně ZPF zavedeny pojmy preventivní a indikační hodnoty obsahů rizikových prvků a rizikových látek v půdě. Na rozdíl od předchozího systému limitů se jedná o systém tzv. diferencovaných limitů (vedle úrovně limitu – preventivní – indikační, jsou limitní hodnoty diferencovány podle půdních vlastností, expozičních cest a analytických metod). Zákon č. 334/1992 Sb. definuje úrovně limitních hodnot takto:

Preventivní hodnoty představují horní hranice obsahů rizikových látek a rizikových prvků stanovené prováděcím právním předpisem.

Indikačními hodnotami se rozumí obsahy rizikových látek nebo rizikových prvků v zemědělské půdě, při jejichž překročení dochází k ohrožení zdravotní nezávadnosti potravin nebo krmiv, přímému ohrožení zdraví lidí nebo zvířat při kontaktu s půdou a negativnímu vlivu na produkční funkci zemědělské půdy, stanovené prováděcím právním předpisem.

Účelem preventivních hodnot je především zamezení nežádoucího zvyšování obsahů rizikových látek v půdě prostřednictvím aplikací kalů ČOV a sedimentů, případně dalších látek do půdy. Indikační limity

jsou pak již signálem vzniku potenciálního rizika a při jejich překročení by mělo být riziko specifikováno. Prozatím nebyla zavedena úroveň tzv. asanačních limitů, při jejichž překročení je nutno přistoupit k přímé akci (asanaci, remediaci).

Systém preventivních a indikačních hodnot je stanoven vyhláškou č. 153/2016 Sb., o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy a o změně vyhlášky č. 13/1994 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu.

Limitní hodnoty obsahů rizikových prvků jsou ve vyhlášce stanoveny jako tzv. pseudototální obsahy (ve výluhu lučavky královské) jako mobilní obsahy (někdy charakterizované též jako rostlinami přijatelné obsahy) ve výluhu 1M NH_4NO_3. Obsahy POP jsou hodnoceny jako jejich celkové koncentrace v půdě.

Konkrétní hodnoty limitů jsou uvedeny v následujících tabulkách, dle přílohy č. 1 k vyhlášce č. 153/2016 Sb.

Tabulka 6.1

Preventivní obsahy rizikových prvků v zemědělské půdě zjištěné extrakcí lučavkou královskou (mg.kg^{-1} sušiny)

KATEGORIE PŮD	Preventivní hodnota[1)]										
	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg[2)]	Ni	Pb	V	Zn
běžné půdy[3)]	20	2,0	0,5	30	90	60	0,3	50	60	130	120
lehké půdy[4)]	15	1,5	0,4	20	55	45	0,3	45	55	120	105

Poznámky:
[1)] Hodnoty se netýkají půd geogenně anomálních, na které mají být použity sedimenty podle právních předpisů o používání sedimentů na zemědělské půdě.
[2)] Celkový obsah.
[3)] Běžné půdy: písčitohlinité, hlinité, jílovitohlinité a jílovité půdy, které zaujímají převážnou část zemědělsky využívaných půd. Jedná se o půdy s normální variabilitou prvků, s normálním půdním vývojem v různých geomorfologických podmínkách, včetně půd na karbonátových horninách.
[4)] Lehké půdy: půdy vzniklé na velmi lehkých a chudých matečních horninách, jako jsou písky a štěrkopísky. Při vymezení těchto půd se vychází ze zastoupení jemných částic (> 0,01 mm), které tvoří maximálně 20 %. Tyto půdy se vyznačují velmi nízkou absorpční kapacitou.

Tabulka 6.2

Preventivní hodnoty obsahů rizikových látek v zemědělské půdě (mg.kg^{-1} sušiny)

LÁTKA	PREVENTIVNÍ HODNOTA
polycyklické aromatické uhlovodíky	
Σ PAU[1)]	1,0
chlorované uhlovodíky	
Σ PCB[2)]	0,02
Σ DDT[3)]	0,075
HCB[4)]	0,02
HCH (Σ α + β + γ)[4)]	0,01
PCDD/F[4)]	5,0[5)]
nepolární uhlovodíky	
uhlovodíky C10–C40[4)]	100

Poznámky:
[1)] Σ PAU (suma antracenu, benzo(a)antracenu, benzo(b)fluorantenu, benzo(k)fluorantenu, benzo(a)pyrenu, benzo(ghi)perylenu, fenantrenu, fluorantenu, chrysenu, indeno(123-cd)pyrenu, naftalenu, pyrenu);
[2)] Σ PCB (suma kongenerů 28 + 52 + 101 + 118 + 138 + 153 + 180);
[3)] Σ DDT (suma DDT, DDE, DDD (o´,p´– ap´,p´-izomerů);
[4)] HCB, HCH, PCDD/F a C10–C40 se sledují při důvodném podezření z jejich výskytu (např. předchozí znečištění půdy z výroby);
[5)] Hodnota mezinárodního toxického ekvivalentu I-TEQ PCDD/F (ng.kg^{-1} sušiny).

Tabulka 6.3

Indikační hodnoty, při jejichž překročení může být ohrožena zdravotní nezávadnost potravin nebo krmiv (mg.kg^{-1} sušiny)

RIZIKOVÝ PRVEK	PŮDNÍ DRUH	pH/$CaCl_2$	INDIKAČNÍ HODNOTA	
			EXTRAKCE LUČAVKOU KRÁLOVSKOU	EXTRAKCE NH_4NO_3
As	–	–	40,0	1,0
Cd	–	≤ 6,5	1,5	–
	běžné půdy[1)]	> 6,5	2,0	0,1
	lehké půdy[2)]	> 6,5	2,0	0,04
Ni	–	≤ 6,5	150	–
	–	> 6,5	200	–
	–	–	–	1,0
Pb	–	–	300	1,5
Hg[3)]	–	–	1,5	–

Poznámky:
[1)] Běžné půdy: písčitohlinité, hlinité, jílovitohlinité a jílovité půdy, které zaujímají převážnou část zemědělsky využívaných půd. Jedná se o půdy s normální variabilitou prvků, s normálním půdním vývojem v různých geomorfologických podmínkách, včetně půd na karbonátových horninách.
[2)] Lehké půdy: půdy vzniklé na velmi lehkých a chudých matečních horninách, jako jsou písky a štěrkopísky. Při vymezení těchto půd se vychází ze zastoupení jemných částic (> 0,01 mm), které tvoří maximálně 20 %. Tyto půdy se vyznačují velmi nízkou absorpční kapacitou.
[3)] Celkový obsah.

Tabulka 6.4

Indikační hodnoty, při jejichž překročení může být podezření z ohrožení růstu rostlin a produkční funkce půdy (mg.kg^{-1} sušiny)

PRVEK	STRUKTURA	pH/$CaCl_2$	INDIKAČNÍ LIMIT (mg/kg)	
			LUČAVKA	1MOL/L NH_4NO_3
Zn		–	400	–
		–	–	20
Ni		≤ 6,5	150	–
		> 6,5	200	–
		–	–	1,0
Cu		< 5	150	–
		5,0–6,5	200	–
		> 6,5	300	–
		–	–	1,0

Tabulka 6.5

Indikační hodnoty rizikových prvků, při jejichž překročení může být ohroženo zdraví lidí a zvířat (mg.kg^{-1} sušiny)

RIZIKOVÝ PRVEK	INDIKAČNÍ HODNOTA (EXTRAKCE LUČAVKOU KRÁLOVSKOU)
AS	40
Cd	20
Pb	400
Hg[1)]	20

Poznámka:
[1)] Celkový obsah

Tabulka 6.6

Indikační hodnoty rizikových látek, při jejichž překročení může být ohroženo zdraví lidí a zvířat (mg.kg^{-1} sušiny)

RIZIKOVÁ LÁTKA	INDIKAČNÍ HODNOTA
BENZO(A)PYREN	0,5
Σ PAU[1)]	30
Σ PCB[2)]	1,5
Σ DDT[3)]	8,0
HCB	1
HCH (Σ α + β + γ)	1
PCDD/F[4)]	100[5)]

Poznámka:
[1)] ΣPAU – polycyklické aromatické uhlovodíky (antracen, benzo(a)antracen, benzo(b)fluoranthen, benzo(k) fluorantlien, benzo(a)pyren, benzo(ghi)perylen, fenantren, fluorantlien, chrysen, indeno(l,2,3-cd)pyren, naftalen, pyren);
[2)] Σ PCB kongenerů- 28 + 52 + 101 + 118 + 138 + 153 + 180;
[3)] Σ DDT, DDE, DDD (o', p'– ap', p' -izomerů);
[4)] Hodnota mezinárodního toxického ekvivalentu (I-TEQ PCDD/F);
[5)] (ng.kg^{-1} sušiny).

6.2.2 Vstupy rizikových prvků a perzistentních organických polutantů do půd aplikací hnojiv, pomocných půdních látek a rostlinných přípravků, kalů ČOV a vytěžených sedimentů

6.2.2.1 Vstupy aplikací hnojiv, pomocných půdních látek a pomocných rostlinných přípravků

Limitní obsahy rizikových prvků a perzistentních organických polutantů v hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech uvádí novelizace vyhlášky MZe č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva z roku 2017 následovně:

Minerální hnojiva, pomocné půdní látky, pomocné rostlinné přípravky

Tabulka 6.7

Minerální hnojiva s fosforečnou složkou, u nichž je hmotnostní zlomek celkového fosforu jako P_2O_5 5 % a více

mg/kg P_2O_5	mg/kg HNOJIVA			
Cd	Pb	Hg	As	Cr
50	15	1	20	150

Tabulka 6.8

Minerální hnojiva s fosforečnou složkou, u nichž je hmotnostní zlomek celkového fosforu jako P_2O_5 menší než 5 %, ostatní minerální hnojiva neobsahující fosfor, pomocné půdní látky, pomocné rostlinné přípravky

mg/kg HNOJIVA, POMOCNÉ PŮDNÍ LÁTKY, POMOCNÉ ROSTLINNÉ PŘÍPRAVKY				
Cd	Pb	Hg	As	Cr
1[1)]	10	1	20	50

Tabulka 6.9

Minerální vápenatá a vápenatohořečnatá hnojiva

mg/kg HNOJIVA, POMOCNÉ PŮDNÍ LÁTKY, POMOCNÉ ROSTLINNÉ PŘÍPRAVKY				
Cd	Pb	Hg	As	Cr
1,5	30	0,5	20	50

Tabulka 6.10

Popele ze samostatného spalování biomasy

mg/kg SUŠINY					
Cd	Pb	Hg	As	Cr	suma PAU
5	50	0,5	20	50	20[2)]

Poznámky:
[1)] 5mg/kg u hnojiv, obsahujících pouze Zn jako součást určující typ;
[2)] Σ PAU (suma antracenu, benzo(a)antracenu, benzo(b)fluorantenu, benzo(k)fluorantenu, benzo(a)pyrenu, benzo(ghi)perylenu, fenantrenu, fluorantenu, chrysenu, indeno(123-cd)pyrenu, naftalenu, pyrenu).

Organická hnojiva, substráty, statková hnojiva

Tabulka 6.11
Substráty

mg/kg SUŠINY								
Cd	Pb	Hg	As	Cr	Cu	Mo	Ni	Zn
2[1)]	100	1	20	100	100	5[2)]	50	300

Tabulka 6.12
Organická a statková hnojiva se sušinou nad 13 %

mg/kg SUŠINY								
Cd	Pb	Hg	As	Cr	Cu	Mo	Ni	Zn
2	100	1	20	100	150	20	50	600

Tabulka 6.13
Organická a statková hnojiva se sušinou nejvýše 13 %

mg/kg SUŠINY								
Cd	Pb	Hg	As	Cr	Cu	Mo	Ni	Zn
2	100	1	20	100	250	20	50	1200

Poznámky:
[1)] 1 mg/kg pro substráty určené k pěstování zeleniny a ovoce;
[2)] 5 mg/l pro typové substráty 19.1., 19.2. a 19.3. Neplatí pro substráty používané v zahradnictví vyjma těch, které jsou používány k pěstování zeleniny a ovoce.

Organominerální hnojiva

U organomineráního hnojiva dle složení hnojiva a způsobu jeho použití se uplatní limity pro minerální nebo organická hnojiva.

6.2.2.2 Vstupy aplikací kalů z čistíren odpadních vod

Vyhláška MŽP č. 437/2016 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě uvádí limitní hodnoty pro půdu, na kterou má být kal aplikován a dále limitní hodnoty pro kal ČOV. Tímto postupem je zohledněn požadavek nezatěžovat vstupy znečišťujících látek půdy, které jsou již zatíženy nad úroveň pozaďových hodnot.

Tabulka 6.14
Mezní hodnoty vybraných rizikových prvků a látek v půdě pro aplikaci kalů ČOV dle vyhlášky č. 437/2016 Sb.

MEZNÍ HODNOTY KONCENTRACÍ PRVKŮ A LÁTEK V EXTRAKTU LUČAVKOU KRÁLOVSKOU V mg/kg SUŠINY V PŮDĚ													
	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	Be	Co	V	PCB	PAU
běžné půdy	20	0,5	90	60	0,3*	50	60	120	2	30	130	0,02	1,0
písky, hlinité písky, štěrkopísky	15	0,4	55	45	0,3*	45	55	105	1,5	20	120	0,02	1,0

Poznámka:
*Celkový obsah metodou AMA

Hodnoty rizikových prvků a perzistentních organických polutantů v kalech ČOV, určených k aplikaci na zemědělskou půdu jsou následující.

Tabulka 6.15

Mezní hodnoty vybraných rizikových prvků a perzistentních organických polutantů v kalech ČOV dle vyhlášky č. 437/2016 Sb.

MEZNÍ HODNOTY KONCENTRACÍ V mg/kg SUŠINY V KALU (RP EXTRAKT LUČAVKOU KRÁLOVSKOU)											
ukazatel	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	AOX[1)]	PCB[2)]	PAU[3)]
koncentrace	30	5	200	500	4*	100	200	2500	500	0,6	10

Poznámky:
*Celkový obsah metodou AMA
[1)] AOX – suma organicky vázaných halogenovaných látek;
[2)] Σ PCB (suma kongenerů 28 + 52 + 101 + 118 + 138 + 153 + 180);
[3)] Σ PAU (suma antracenu, benzo(a)antracenu, benzo(b)fluorantenu, benzo(k)fluorantenu, benzo(a)pyrenu, benzo(ghi)perylenu, fenantrenu, fluorantenu, chrysenu, indeno(123-cd)pyrenu, naftalenu, pyrenu).

6.2.2.3 Vstupy aplikací vytěžených sedimentů vodních toků a nádrží

Vyhláška MZe a MŽP č. 257/2009 Sb. využívá shodný postup jako vyhláška o použití upravených kalů na zemědělské půdě, uvádí limitní hodnoty v půdě ve smyslu preventivních limitů a dále limitní hodnoty v sedimentu, určeném k aplikaci na zemědělskou půdu. Vyhláška věnuje zvýšenou pozornost i perzistentním organickým polutantům.

Tabulka 6.16

Limitní hodnoty rizikových prvků a perzistentních organických polutantů v půdě, určené k aplikaci vytěžených sedimentů, dle vyhlášky č. 257/2009 Sb.

	UKAZATEL												
TEXTURA PŮDY	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	V	Zn	PCB[1)]	PAU[2)]
běžné	20	2	0,5	30	90	60	0,3*	50	60	130	120	0,02	1,0
lehké	15	1,5	0,4	20	55	45	0,3*	45	55	120	105	0,02	1,0

Poznámky:
*Celkový obsah metodou AMA
[1)] ΣPCB (suma kongenerů 28 + 52 + 101 + 118 + 138 + 153 + 180);
[2)] Σ PAU (suma antracenu, benzo(a)antracenu, benzo(b)fluorantenu, benzo(k)fluorantenu, benzo(a)pyrenu, benzo(ghi)perylenu, fenantrenu, fluorantenu, chrysenu, indeno(123-cd)pyrenu, naftalenu, pyrenu).

Hodnoty rizikových prvků a perzistentních organických polutantů v kalech ČOV, určených k aplikaci na zemědělskou půdu, jsou následující.

Tabulka 6.17
Limitní hodnoty rizikových prvků a perzistentních organických polutantů v sedimentu, určeném k aplikaci na zemědělskou půdu, dle vyhlášky č. 257/2009 Sb.

UKAZATEL	LIMITNÍ HODNOTA (mg/kg SUŠINY)
AS	30
Be	5
Cd	1
Co	30
Cr	200
Cu	100
Hg	0,8*
Ni	80
Pb	100
V	180
Zn	300
BTEX[1)]	0,4
PAU[2)]	6
PCB7[3)]	0,2
uhlovodíky C10–C40	300
DDT (včetně metabolitů)	0,1

Poznámky:
*Celkový obsah metodou AMA
[1)] BTEX – suma benzenu, toluenu, ethylbenzenu a xylenu;
[2)] Σ PAU (suma antracenu, benzo(a)antracenu, benzo(b)fluorantenu, benzo(k)fluorantenu, benzo(a)pyrenu, benzo(ghi)perylenu, fenantrenu, fluorantenu, chrysenu, indeno(123-cd)pyrenu, naftalenu, pyrenu);
[3)] Σ PCB (suma kongenerů 28 + 52 + 101 + 118 + 138 + 153 + 180).

6.3 Technická norma

Technické normy jsou uvedeny v jednotlivých legislativních předpisech.

6.4 Zakotvení v právních předpisech ČR

Vyhláška č. 153/2016 Sb., o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy a o změně vyhlášky č. 13/1994 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu.

Vyhláška č. 377/2013 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv, ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška MŽP ČR č. 437/2016 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě.

Vyhláška MZe a MŽP ČR č. 257/2009 Sb., o používání sedimentů na zemědělské půdě.

6.5 Možnosti regulace kontaminace půd

Obsah znečišťujících látek v půdách je možné regulovat aplikací vstupů do půd v souladu s platnou legislativou.

Obrázek 6.1
Úhyn lesních porostů následkem imisní zátěže

7. Bonitace a klasifikace půd

V České republice má pedologický průzkum a klasifikace půd značnou tradici a vysokou úroveň. Z hlediska množství a podrobnosti poskytovaných údajů patří bezesporu k nejdokonalejším v Evropě. První rozsáhlé údaje o úrodnosti půd, chemismu, fyzikálních vlastnostech, typologii a morfogenezi poskytl program komplexního průzkumu zemědělských půd. Na základě těchto výsledků pak byla provedena bonitace půd a vytvoření systému bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ).

Hlavní etapy průzkumu zemědělských půd lze charakterizovat takto (blíže např. Němec, 2001):

- Tereziánský katastr, Josefský katastr (od 18. stol.);
- komplexní průzkum zemědělských půd – probíhal v letech 1961–1970;
- bonitace zemědělského půdního fondu – probíhala v letech 1971–1980, v současnosti probíhá průběžná aktualizace;
- agrochemické zkoušení zemědělských půd (1961–1980 s pětiletou periodou; 1981–1989 s tříletou periodou; 1990+ se šestiletou periodou);
- registr kontaminovaných ploch – součást agrochemického zkoušení půd od roku 1990;
- bazální monitoring zemědělských půd – zahájen v roce 1992, pokračuje dosud.

Systém bonitace – klasifikace dle BPEJ – je v ČR legislativně zakotven. Vychází ze starší klasifikace (geneticko-agronomická klasifikace půd) a novelou vyhlášky č. 327/1998 Sb., kterou se stanoví charakteristika bonitovaných půdně ekologických jednotek a postup pro jejich vedení a aktualizaci, byl uveden do souladu se současně platným taxonomickým klasifikačním systémem půd ČR (Němeček a kol., 2011). Soupis a charakteristika BPEJ je součástí uvedené vyhlášky. Pětimístný kód BPEJ charakterizuje především produkční vlastnosti půd a používá se pro hodnocení z hlediska zemědělské výroby. Podkladem pro praktické využívání BPEJ je zpracování systému do map v měřítku 1 : 5000 a jejich digitalizace. Takto je možno každému produkčnímu bloku i každé parcele v katastru evidence nemovitostí přiřadit příslušný kód BPEJ. Schéma kódu BPEJ je znázorněno na obrázku 7.1.

Obrázek 7.1
Schéma kódu BPEJ

Přiřazení kódu bonitované půdně ekologické jednotky ke každému pozemku se používá zejména k účelům:

- stanovení úřední ceny zemědělské půdy;
- zařazení do stupně třídy ochrany zemědělského půdního fondu pro účel rozhodování o odnětí půdy ze ZPF (Vyhláška č. 48/2011 Sb., o stanovení tříd ochrany);
- hodnocení úrodnosti zemědělské půdy;
- zpracování projektů pozemkových úprav;
- sestavování územních plánů a v krajinném plánování;
- realizace dotační politiky v zemědělství;
- vyřizování restitučních nároků.

Procentické zastoupení jednotlivých tříd ochrany z celkové rozlohy ZPF v ČR ukazuje následující tabulka.

Tabulka 7.1
Procentické zastoupení tříd ochrany z rozlohy ZPF ČR

třída I	třída II	třída III	třída IV	třída V
21,87	19,40	20,56	18,02	20,15

Podrobně o problematice bonitace půd pojednávají publikace a webové stránky Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy a Státního pozemkového úřadu.

Systém bonitace je ve své pedologické části (hlavní půdní jednotka – HPJ) založen na systematické taxonomii půd. V ČR platí taxonomický klasifikační systém půd TKSP (Němeček a kol., 2011), který je kompatibilní se světovým klasifikačním systémem (WRB). Oba systémy jsou zpracovány jednotně pro lesní i zemědělské půdy. Klasifikační systém TKSP má taxonomické jednotky:

- referenční třída (15 referenčních tříd);
- půdní typ (26 půdních typů);
- půdní subtyp;
- varieta;
- forma.

Níže je uveden základní přehled půdních typů a subtypů a stručná charakteristika jednotlivých půdních typů dle TKSP. Podrobnější charakteristika subtypů a diagnostických horizontů je uvedena v publikaci Taxonomický klasifikační systém půd ČR (Němeček a kol., 2011).

Taxonomický klasifikační systém půd ČR – půdní typy a subtypy

LITOZEM	
litozem modální	LIm

RANKER	
ranker modální	RNm
ranker umbrický	RNu
ranker melanický	RNn
ranker kambický	RNk
ranker podzolový	RNz
ranker dystrický	RNd
ranker suťový	RNs
ranker litický	RNt

RENDZINA	
rendzina modální	RZm
rendzina melanická	RZn
rendzina kambická	RZk
rendzina rubifikovaná	RZj
rendzina vyluhovaná	RZv
rendzina litická	RZt
rendzina suťová	RZs

PARARENDZINA	
pararendzina modální	PRm
pararendzina melanická	PRn
pararendzina kambická	PRk
pararendzina rubifikovaná	PRj
pararendzina oglejená	PRg
prarendzina vyluhovaná	PRv
pararendzina litická	PRt
pararendzina suťová	PRs
pararendzina arenická	PRr
pararendzina pelická	PRp

PODZOL	
podzol modální	PZm
podzol humusový	PZh
podzol histický	PZo
podzol oglejený	PZg
podzol glejový	PZq
podzol litický	PZt
podzol arenický	PZr
podzol rankerový	PZs

FLUVIZEM	
fluvizem modální	FLm
fluvizem stratifikovaná	FLi
fluvizem kambická	FLk
fluvizem oglejená	FLg
fluvizem glejová	FLq
fluvizem karbonátová	FLc
fluvizem psefitická	FLy
fluvizem arenická	FLr
fluvizem pelická	FLp

KOLUVIZEM	
koluvizem modální	KOm
koluvizem oglejená	KOg
koluvizem karbonátová	KOc
koluvizem arenická	KOr
koluvizem pelická	KOp

SMONICE	
smonice modální	SMm

ČERNOZEM	
černozem modální	CEm
černozem luvická	CEl
černozem černická	CEx
černozem karbonátová	CEc
černozem arenická	CEr
černozem pelická	CEp
černozem vertická	CEb

ČERNICE	
černice modální	CCm
černice fluvická	CCf
černice glejová	CCq
černice arenická	CCr
černice pelická	CCp
černice organozemní	CCo
černice slancová	CCs

ŠEDOZEM	RGp
šedozem modální	SEm
šedozem luvická	SEl
šedozem oglejená	SEg

HNĚDOZEM	
hnědozem modální	HNm
hnědozem luvická	HNl
hnědozem rubifikovaná	HNj
hnědozem oglejená	HNg
hnědozem karbonátová	HNc
hnědozem pelická	HMp

LUVIZEM	
luvizem modální	LUm
luvizem rubifikovaná	LUj
luvizem oglejená	LUg
luvizem dystrická	LUd
luvizem arenická	LUr

KAMBIZEM	
kambizem modální	KAm
kambizem luvická	KAl
kambizem melanická	KAn
kambizem umbrická	KAu
kambizem andická	KAb
kambizem rubifikovaná	KAj
kambizem fluvická	KAf
kambizem oglejená	KAg
kambizem glejová	KAq
kambizem vyluhovaná	KAv
kambizem dystrická	KAd
kambizem litická	KAt
kambizem arenická	KAr
kambizem pelická	KAp
kambizem psefitická	KAy
kambizem rankerová	KAs

PSEUDOGLEJ	
pseudoglej modální	PGm
pseudoglej luvický	PGl
pseudoglej kambický	PGk
pseudoglej glejový	PGq
pseudoglej hydroeluviovaný	PGw
pseudoglej vyluhovaný	PGv
pseudoglej dystrický	PGd
pseudoglej pelický	PGp
pseudoglej planický	PGpl

PELOZEM	
pelozem modální	PEm
pelozem melanická	PEn
pelozem oglejená	PEg
pelozem vyluhovaná	PEv

ANDOZEM	
andozem modální	ADm

KRYPTOPODZOL	
kryptopodzol modální	KPm
kryptopodzol oglejený	KPg
kryptopodzol glejový	KPq
kryptopodzol litický	KPt
kryptopodzol arenický	KPr
kryptopodzol rankerový	KPs

REGOZEM	
regozem modální	RGm
regozem oglejená	RGg
regozem glejová	RGq
regozem karbonátová	RGc
regozem vyluhovaná	RGv
regozem dystrická	RGd
regozem psefitická	RGy
regozem arenická	RGr
regozem pelická	RGp

STAGNOGLEJ	
stagnoglej modální	SGm
stagnoglej histický	SGo
stagnoglej pelický	SGp
stagnoglej planický	SGpl

GLEJ	
glej modální	GLm
glej fluvický	GLf
glej hydroeluviální	GLw
glej povrchový	GLe
glej akvický	GLq
glej kambický	GLk
glej histický	Glo
glej pelický	GLp
glej planický	GLpl
glej arenický	GLr
glej sulfidický	GLy

SOLONČAK	
solončak modální	SKm
solončak slancový	SKc

KULTIZEM	
kultizem hortická	KU
kultizem kypřená	KU
kultizem rigolovaná	KU

ORGANOZEM	
organozem fibrická	ORf
organozem mesická	ORm
organozem saprická	ORs
organozem humolitová	ORh
organozem glejová	ORq
organozem litická	ORt
organozem sulfidická	ORy

SLANEC	
slanec modální	SCm
slanec soloďový	SCd

ANTROPOZEM
antropozem humózní
antropozem hlubokohumózní
antropozem překrytá
antropozem terasovaná
antropozem urbická
antropozem pelická
antropozem arenická
antropozem redukovaná
antropozem thionická
antropozem kontaminovaná
antropozem intoxikovaná
antropozem oglejená
antropozem skeletovitá
antropozem glejová

RANKER – RN

Půdy se stratigrafií O–Ah (možné i Am, Au) nebo Ap–Cr–R, vyvinuté ze skeletovitých rozpadů hornin či ze skeletovitých bazálních souvrství silikátových hornin s více než 50 % skeletu. U suťových rankerů možná tvorba melanických (u ultrabazických hornin) či umbrických horizontů. Slabá tvorba podpovrchových horizontů indikuje přechody k vyvinutějším půdám. Jsou rozšířeny rozptýleně po celém území pahorkatin a hornatin.

RENDZINA – RZ

Půdy se statigrafií O–Ah či Am nebo Ap–Crk–Rk, vyvinuté ze skeletovitých rozpadů karbonátových hornin. Zejména u suťových a povrchově odvápněných rendzin dochází k tvorbě tmavých melanických horizontů. Tvorba kambického horizontu (reziduálních produktů terra fusca a rossa) indikuje přechody ke kambisolům a luvisolům. Na území ČR jsou rendziny zastoupeny pro nízký výskyt vápenců pouze v omezené míře.

ANDOZEM – AD

Půdy s andickými diagnostickými znaky, se stratigrafií O nebo AP–An–Ba–C. Vyčerpávající charakteristika je podána u referenčních tříd. Podrobné třídění neuvádíme, neboť tyto půdy nebyly dosud v ČR identifikovány.

PARARENDZINA – PR

Půdy z rozpadů a z bazálních i mělkých hlavních souvrství karbonáto-silikátových zpevněných hornin, skeletovité, se stratigrafií O–Ah (Am) nebo Ap–Crk–Rk. Postupné vyluhování a příp. málo mocná vrstva hlavního souvrství vytváří předpoklady k přechodu ke kambizemi. Vyskytují se lokálně v různých klimatických podmínkách, hlavně v oblastech křídových a flyšových zpevněných sedimentů.

LITOZEM – LI

Půdy velmi slabě vyvinuté, mělké, kompaktní skála do 0,1m. Stratigrafie O–Ah–(Cr)–R. Výskyt na malých plochách pahorkatin a hornatin.

PELOZEM – PE

Půdy se stratigrafií O–Ah nebo Ap–Bp–IIC s kambickým pelickým horizontem. Vznikl pedoplazmací slabě zpevněných jílů a slínů a v hlavním souvrství svahovin jílovitě zvětrávajících břidlic. Podmínkou je, aby obsah jílu (>1μm) v převážné části pelického horizontu dosáhl hodnot charakteristických pro velmi těžké půdy (pJ, rJ, J). Tento horizont má plazmatickou, resp. profyricko-plazmatickou stavbu matrice s tlakově orientovanými partiemi na povrchu a uvnitř pedů. Nejrozšířenějšími formami nadložního humusu je mul a moder. Vedle tvorby běžného horizontu Ah možná tvorba melanického horizontu. Tyto půdy nedosahují oligobazické stadium acidifikace. Rozšíření těchto půd je dáno substráty, které zmírňují proces vyluhování a zvyšují tendence k oglejení.

STAGNOGLEJ – SG

Představuje pseudoglej s velmi dlouhou periodou povrchového převlhčení profilu, se stratigrafií Ot–Ahg či At–Gro–Bm–Cg. Pod hydrogenním nadložím a humusovým horizontem se vytváří horizont, který svědčí o dlouhodobém převlhčení – šedý glejový horizont s rourkovitými novotvary, který přechází do mramorovaného redoximorfního horizontu. I u těchto půd se mohou vyskytnout planosolické znaky.

Tato půda se vytváří v lokálních podmínkách dlouhodobějšího povrchového oglejení než pseudoglej.

FLUVIZEM – FL

Půdy se stratigrafií O–Ah nebo Ap–M–C, charakterizované pouze fluvickými znaky (vrstevnatost, nepravidelné rozložení organických látek s obsahem až i > 0,3 % do hloubky 0,6 m). Tvorba kambického horizontu je obtížně prokazatelná, v profilu lze nalézt i novotvary podobné argilanům, které vznikají při vsakování vody při záplavě. Půdy se vytvářejí v nivách řek a potoků z povodňových sedimentů.

SOLONČAK – SK

Půda s výskytem salického horizontu s vodivostí > 16 $mS.cm^{-1}$ do 80 cm a s obsahem solí vyvolávajícími vodivost > 8 $mS.cm^{-1}$ ve svrchních 30 cm, se sekvencí horizontů Ah–S–Cs. Výjimečně se může vyskytovat na jižní Moravě.

KOLUVIZEM – KO

Půdy se stratigrafií Ap–Az vznikající akumulací erozních sedimentů ve spodních částech svahů a ve konkávních prvcích svahů a terénních průlezích. Mocnost akumulovaného humusového horizontu musí překračovat 0,25 m. Dosud nebyly tyto půdy mapovány. Jejich vymezení pomůže při hodnocení skutečné eroze a identifikace datování odlesnění.

ČERNOZEM – CE

Hlubokohumózní (0,4 m – 0,6 m) půdy s černickým horizontem Ac, vyvinuté z karbonátových sedimentů. Jsou to sorpčně nasycené půdy s obsahem humusu 2,0–4,5 % (od nejlehčích přes nejtypičtější středně těžké k těžkým) v horizontu Ac. Vytvořily se v sušších a teplejších oblastech B 1–3, Ko 1–2(3), Ku 1–3.1–2 v podmínkách ustického vodního režimu, ve vegetačním stupni 1–2 m ze spraší, písčitých spraší a slínů. Stratigrafie modálního profilu Ac–A / Ck–K–Ck, černozemě luvické Ac–Bth–BCk–Ck.

SLANEC – SC

Půdy se sekvencí horizontů Ah–Es–Bn–BC–C, s vybělený horizontem, ve kterém se vytváří humusový horizont a s natrickým horizontem s nasyceností VNa 15–30 %, SAR > 15, pH 9–10 do 80 cm. Na území ČR jejich výskyt nebyl dosud potvrzen.

ČERNICE – CC

Hlubokohumózní (> 0,3 m) semihydromorfní půdy vyvinuté z nezpevněných karbonátových nebo alespoň sorpčně nasycených substrátů s černickým horizontem Acen, s třetím stupněm hydromorfismu, indikovaným vyšším obsahem humusu než mají okolní černozemě a redoximorfními znaky v humusovém horizontu (bročky) a v substrátu (skvrnitost). Vyskytují se v depresních polohách černozemních oblastí a na těžších substrátech v relativně humidnější oblasti rozšíření černozemních půd B 2–7, Ko 2–3, Ku 3–4,2. Na rozdíl od černozemí (Ustolls, ST) jsou na mapách Evropy řazeny k feozemním (Phaeozems WRB=Udolls+Aquolls St). Stratigrafie: Acn–Acg–Cg.

ŠEDOZEM – SE

Půdy s hlubokým (> 0,3 m), šedým melanickým (degradovaným černickým) horizontem v jílem ochuzené části profilu Ame až půdy, u kterých se akumulace humusu omezuje na současnou ornici, nebo dokonce půdy s výraznějším eluviálním horizontem. Pro všechny je však společný výskyt luvického horizontu s tmavými argilany – Bth. Nacházíme je lokálně na periferii rozšíření černozemí ze spraší. Stratigrafie: Ap–Ame–Bth–Ck, Ap–Bth–Ck, Ap–Ev–Bth–Ck.

SMONICE – SM

Půdy vyvinuté ze smektitických jílů v suchých oblastech B 1–2, Ko 1–2, Ku 2–4,2, s event. příměsí lehčího materiálu při povrchu, s vertickými znaky (trhliny, klínovité pedy, šikmé skluzné plochy) a s mocným (40–60 cm) tirsovým humusovým horizontem. Stratigrafie: Ap–As–As / Ck–Ck. Výskyt pouze v severozápadních Čechách a na jižní Moravě.

HNĚDOZEM – HN

Půdy s profilem diferencovaným na mírně vysvětlený eluviální horizont Ev postrádající výrazně deskovitou–lístkovitou strukturu, přecházející bez jazykovitých (prstovitých či klínovitých) zátěků do homogenně hnědého, luvického horizontu s výraznými hnědými povlaky pedů (polyedrů–prizmat); mikromorfologicky mohou být tyto povlaky pedů a pórů identifikovány jako silně orientované, dvojlom vyvolávající argilany. Texturní diferenciace u modálního subtypu činí na homogenních substrátech alespoň 1,5. Luvický horizont přechází pozvolna u bezkarbonátových a ostře u karbonátových substrátů do půdotvorného substrátu. Formou nadložního humusu je mul až moder. Pod ním leží horizont Ah. Ornice zemědělsky využívaných půd se vytvořila z horizontů akumulace humusu a slabě eluviovaného horizontu. Jsou to půdy sorpčně nasycené v horizontu Bt (vM nad 60 %) u zemědělsky využívaných půd v celém profilu. U lesních půd může nasycenost v horizontu Ev klesnout pod 50 %. Obsah humusu v ornicích zemědělských půd je nízký – v průměru 1,8 %. Hnědozemě se vytvořily hlavně v rovinatém či mírně zvlněném reliéfu ze spraší prachovic a polygenetických hlín pod původními doubravami a habrovými doubravami. Svérázné půdy, které řadíme k hnědozemím, vznikly z eolickým materiálem obohacených reziduí zvětrávaných vápenců (terra fusca, rossa). Výskyt hnědozemí spadá do klimatických regionů B 3–5 (6), Ko 2–3 a Ku 3–4.2–3 (4), do vegetačního stupně 1–2 (3). Areál jejich rozšíření je tedy na hranici ustického a udického hydrického režimu půd. Stratigrafie půdního profilu: O–Ah nebo Ap–(Ev)–Bt–B / C–C či Ck.

KAMBIZEM – KA

Půdy se stratigrafií O–Ah nebo Ap–Bv–IIC, s kambickým hnědým (braunifikovaným) horizontem, vyvinutým převážně v hlavním souvrství svahovin magmatických, metamorfických a zpevněných sedimentárních hornin, ale i jim odpovídajících souvrstvích, např. v nezpevněných lehčích až středně těžkých sedimentech. I výrazněji vyvinuté pedy v kambickém horizontu postrádají jílové povlaky – argilany. Půdy se vytvářejí hlavně ve svažitých podmínkách pahorkatin, vrchovin a hornatin, v menší míře (sypké substráty) v rovinatém reliéfu. Vznik těchto půd z tak pestrého spektra substrátů podmiňuje jejich velkou rozmanitost z hlediska trofismu, zrnitosti a skeletovitosti, při uplatnění více či méně výrazného profilového zvrstvení zrnitosti, skeletovitosti, jakož i chemických (biogenní prvky, stopové, potenciálně rizikové prvky) a fyzikálních vlastností (ulehlost bazálního souvrství, ovlivňující laterální pohyb vody v krajině). V hlavním souvrství dochází obecně k posunu zrnitostního složení do střední kategorie v relaci k bazálnímu souvrství, k čemuž přispívá i jejich obohacení prachem.

Půdy se dále vyskytují v širokém rozmezí klimatických a vegetačních podmínek, v klimatických regionech B 2–8, Ko 2–8, Ku 3–6.2–4 (5) a vegetačních stupních 2–6 u eubazických a mesobazických kambizemí a B 8–10, Ko 4–9, Ku 6–8.5–7 a vegetačních

stupních až 6–7 u oligobazických (dystrických) kambizemí. Původními společenstvy jsou listnaté a smíšené lesy (dub, buk, jedle), u oligobazických i jedle a smrk. Vyznačují se mesickým až frigickým teplotním a udickým až perudickým hydrickým režimem. Výskyt půd v takto širokém rozmezí klimatických a vegetačních podmínek určuje diference v akumulaci humusu a jeho kvalitě, ve vyluhování půdního profilu, zvětrávání, braunifikaci – v interakci s vlastnostmi substrátů.

Podle specifických substrátových, klimatických a vegetačních podmínek nalézáme u kambizemí veškeré formy nadložního humusu. Vedle běžného horizontu Ah je možný vznik melanického, umbrického i andického humusového horizontu, určujícího variety až subtypy kambizemí. Směrem k chladnějším a humidnějším oblastem narůstá obsah humusu v ornicích (1–6 %) i v horizontech Bv (0,4 až více než 1,0 %). Spolu s tím se při narůstání acidifikace snižuje poměr HK : FK, zvyšuje se podíl slaběji vázaných HK a volných, agresivních FK, migrujících do horizontu Bv a zvyšuje se rovněž barevný kvocient Q 4/6 jako indikátor slabé kondenzace humusových látek. Obsah a kvalita humusu stoupá od nejlehčích k těžším půdám a půdám z eutrofních substrátů.

Široká škála substrátů a klimatických podmínek se odráží v nasycenosti sorpčního komplexu. Podle nasycenosti VM v horizontu Bv můžeme půdy zařadit k eu – (VM > 60 %, V > 50 % les), meso – (VM > 60–30 % zemědělské, 50–20 % lesní půdy) až oligobázickému (VM < 30 % zemědělské, V > 20 % lesní půdy) stadiu. V diagnostice těchto stadií nám pomáhá nasycenost sorpčního komplexu výměnným hliníkem (VAl > 30 % u oligobazického stadia). Acidifikace se odráží i v nárůstu amorfního FeO a na pH závislé KVK.

GLEJ – GL

Půdy se stratigrafií Ot–At až T–Gro–Gr, charakterizované reduktomorfním glejovým diagnostickým horizontem v hloubce do 0,6 m a zrašeliněnými horizonty akumulace organických látek. Podle relace mocnosti a hloubky výskytu výrazně redukovaného horizontu Gr, glejových horizontů s oxidovanými partiemi a event. znaků hydroeluviování, příp. pak podle vývoje hydrogenních až organických hydrogenních horizontů identifikujeme rozdíly ve vodním režimu, ke kterému vývoj půdy dospěl. Podle znaků tohoto vývoje rozeznáváme subtypy. Svérázně se vyvíjejí gleje na extrémních substrátech. Gleje z těžkých substrátů mohou mít planosolické znaky. U glejů z lehkých substrátů se reduktomorfní znaky vyvíjejí slabě.

REGOZEM – RG

Půdy se stratigrafií O–Ah–C nebo Ap–C vyvinuté ze sypkých sedimentů, a to hlavně písků (v rovinatých částech reliéfu), kde minerálně chudý substrát (křemenné písky apod.) či krátká doba pedogeneze zabraňuje výraznějšímu vývoji profilu. Vyskytují se však i na jiných substrátech, v tomto případě zejména v polohách, kde vývoj půd je narušován vodní erozí (na středních i těžkých substrátech).

KRYPTOPODZOL – KP

Půdy se stratigrafií O–Ah nebo Ap–Bsv–C, se seskvioxidickým spodickým horizontem, který má rezivo–žlutorezivou barvu. Vyznačuje se nízkou objemovou hmotností (> 1,0 g.cm^{-3}) a vysokou kyprostí v důsledku tvorby zaoblených mikroagregátů, vzniklých stmelením částic jílu a prachu uvolněným amorfním FeO. Má veškeré znaky spodického horizontu bez iluviální akumulace Fe.

Humusovou formou je nejčastěji mor a přechody k moderu. Jsou to půdy silně kyselé (VM < 30 % u zemědělských, V < 20 % u lesních půd) s velmi výrazným uvolněním volných oxidů Fe

a Al a s vysokou nasyceností Al (> 30 %). Vytvářejí se v horských podmínkách v krycím a v hlavním souvrství přemístěných zvětralin lehčího zrnitostního složení (žul, pískovců apod.), (z části na píscích nižších poloh). Jejich areál rozšíření v horských podmínkách spadá do chladných a vlhkých oblastí klimatických regionů B 9–10, Ko 8–9, Ku 7–8, v 6.–7. lesním vegetačním stupni. Horské kryptopodzoly jsou charakterizovány perudickým vodním a frigidním teplotním režimem. Vznikly pod smíšenými porosty s převahou buku, smrku a jedle.

PODZOL – PZ

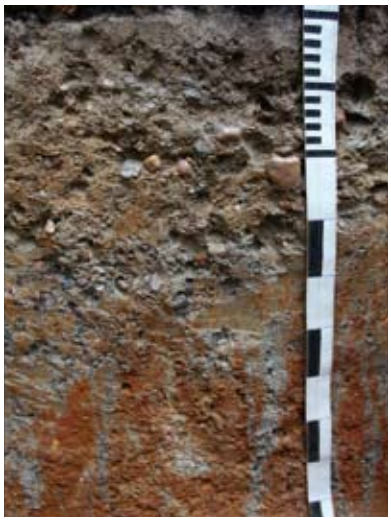
Půdy se stratigrafií O–Ah nebo Ap–Ep–Bhs–Bs–C s profilem výrazně diferencovaným na vybělený (albický) horizont Ep (někdy infiltrovaným humusem zbarven šedě) a iluviální seskvioxidický až humusosekvioxidický spodický horizont. Tento spodický horizont je charakterizován výplní intergranulárních pórů matrice z hrubozrnných částic amorfními, černohnědými (svrchní část) a rezivými (spodní část) koloidy. Humusovou formou je převážně surový humus. Vytvářejí se ve dvou ekologicky odlišných oblastech:

- na svahovinách přemístěných zvětralin hornin dávajících lehčí zvětraliny (žuly, pískovce apod.), obsahujících nejen hlavní, ale i krycí souvrství;
- na píscích nižších poloh.

Výskyt horských podzolů spadá do klimatických regionů B 9–10, Ko 8–9, Ku (7) 8 a lesního vegetačního stupně 7.–9., s frigickým

teplotním a perudickým vodním režimem, nikdy neprosychají. V přirozených lesích zde převládal smrk (až kleč). Podzoly nižších poloh nalézáme pod bory v klimatických regionech B 2, Ko 3–5, Ku 4–5.2–3, v 3.–5. lesním vegetačním stupni, s mesickým udickým hydrotermickým režimem a občasným prosycháním profilu.

Podzoly jsou půdy s výrazně nenasyceným sorpčním komplexem (VM < 30 % u zemědělských a V < 20 % u lesních půd), s vysokou nasyceností Al (> 30 %) a tvorbou sekundárních Al–chloritů, s výraznou migrací komplexů Fe, Mn, Al s organickými kyselinami o malé molekule. Vyznačují se vysokým podílem KVK závislé na pH. Obsah humusu je vysoký nejen v humusovém horizontu (v ornicích > 4–5 %), ale i v Bhs (> 5 %). Obsah humusu u podzolů nižších poloh z písků je nižší, ale hromadění v Bhs výrazné. Při prosýchání profilu podzolů nižších poloh může vznikat ortštejn.



PSEUDOGLEJ – PG

Půdy se stratigrafií O–Ahn či Ap–En–Bmt–BCg–C nebo O–Ahn či Ap–Bm–BCg–C. Jsou charakterizovány výskytem výrazného mramorovaného, redoximorfního diagnostického horizontu. U půd vyvinutých z luvizemí nalézáme nad ním vybělený horizont s velkým výskytem výrazných nodulárních novotvarů. V tomto případě vznikl mramorovaný horizont transformací luvického horizontu a je proto označen Bmt. U ostatních půd vznikl mramorovaný horizont transformací kambického braunifikovaného horizontu nebo pelického kambického horizontu; v posledním případě jej označujeme Bmp. Nodulární novotvary nacházíme obecně blízko povrchu půdy (Ahn). Mizí při laterálním vyluhování, které může přeměnit En na Ew. Existují pseudogleje z těžkých substrátů, kdy nad mramorovaným pelickým horizontem nalézáme ostře

oddělenou světlou lehčí vrstvu či vybělený horizont vzniklý ferolytickým rozpadem jílu. Tyto půdy jsou řazeny k planosolům. Humusovou formou je nejčastěji moder a morový moder, někdy hydromoder. Humusový horizont a ornice mají zvýšený obsah humusu ve srovnání s okolními anhydromorfními půdami. V ornicích se obsah humusu pohybuje v rozmezí 2,5–3,5 %. Pseudogleje jsou půdami eubazickými (VM > 60 % u zemědělských, V 20–50 % u lesních půd) v horizontu Bm, se zvýšeným zastoupením amorfního FeO. Připouští se výskyt oligobazických pseudoglejů.

Pseudogleje se vytvářejí buď z pedogenně (z luvizemí) či litogenně zvrstvených, příp. nepropustných (pelických, písčitojílovitých) substrátů. Nalézáme je v rovinatých částech reliéfu humidnějších oblastí–v klimatických regionech B 6–9, Ko 3–7, Ku 4–7.(3)4–5, ve vegetačním stupni 2.–7. Jsou to půdy s udickým, periodicky akvickým vodním režimem.

LUVIZEM – LU

Půdy s profilem diferencovaným na výrazně vybělených (albický) eluviální horizont El s výraznou destičkovitou až lístkovitou strukturou. Přechází často jazykovitými záteky (až klíny), ve kterých lze mikromorfologicky potvrdit rozrušování argilanů, do luvického horizontu Btd (degradovaný Bt). Tento horizont vykazuje vysvětlené povrchy pedů, střídající se s pedy s hnědými argilany. Mikromorfologicky zjišťujeme, že vybělené i hnědé argilany jsou charakterizovány výrazným dvojlomem. Texturní diferenciace modálního subtypu je na homogenních substrátech >2,2. Luvický horizont pozvolna přechází do substrátu.

Původním společenstvem na těchto půdách byl listnatý les (dub, buk, habr, lípa). Nadložní humus je reprezentován hlavně moderem.. Pod ním leží pouze několik centimetrů mocný horizont Ah. Ornice zemědělských půd vznikla z uvedených horizontů a ze svrchní části albického horizontu. Proto je světlá, s velkou náchylností k erozi.

Při vysokém nasycení sorpčního komplexu v horizontu Btd obvykle nad 50 % (VM), může docházet v eluviálním horizontu k výrazné acidifikaci a poklesu vM i pod 30 %, při tvorbě Al–chloritů. I při poklesu pH KCl (pH $CaCl_2$) v horizontu Btd pod 5 u okyselených luvizemí je však nasycenost sorpčního komplexu VM vždy vyšší než 30 %. Jinak by půda musela být řazena mezi alisoly (WRB). Acidifikace a příp. i časté oglejení se projevují zvýšeným obsahem amorfního volného železa (FeO). Obsah humusu v ornicích zemědělských půd činí 1,7 až 2,2 % a zvyšuje se při nárůstu acidifikace a oglejení.

Tyto půdy se vytvářejí hlavně v rovinách a v mírně zvlněném reliéfu (jinak by podlehly erozi). Vytvářejí se z prachovic, polygenetických hlín, místy i z lehčích, eolickým materiálem obohacených substrátů. Jejich výskyt spadá do klimatických regionů B 6–7 (8), Ko 3–5 (6), Ku 4–5.3–4, vegetačního stupně 2.–5. V areálu jejich rozšíření se uplatňuje udický hydrický a mesický termický režim. Stratigrafie profilu: O–Ah nebo Ap–El–Btd–BC–C.

ANTROPOZEM – AN

Půda vytvářená či vytvořená z člověkem nakupených substrátů získaných při těžební a stavební činnosti. Charakter půd je dán jednak vlastnostmi původního materiálu, jednak antropogenním vrstvením či mísením materiálu, dále pak usměrněním procesu pedogeneze po rekultivacích, sledujících úpravy půdních vlastností pro zemědělské, lesnické, rekreační využití. Pouhé navrstvení materiálů vytváří pouze antropické substráty (haldy, výsypky, deponie). Specifické podmínky se mohou vytvářet po rekultivaci skládek odpadů.

KULTIZEM – KU

Půdy vzniklé kultivační činností člověka, která svým vlivem přesahuje vytvoření ornice a běžné zlepšování jejích vlastností minerálním a organickým hnojením, zpracováním půdy. Dále se jedná o půdy, u kterých meliorační zásahy přesahují vliv úprav vodního režimu odvodněním, drenáží či závlahou. Výrazné úpravy půdy běžnými agrotechnickými a melioračními zákroky hodnotíme na úrovni antropických subtypů půd.

Kultizemě vznikají při mimořádném zapravování zúrodňovacích materiálů do ornice, dále pak hloubkovým kypřením, rigolováním, zapravením izolačních fólií apod. U těchto půd můžeme identifikovat podle zachovaných profilových znaků, příp. ze zbytků horizontů rozvlečených antropogenní turbací, že půda vznikla in situ.

ORGANOZEM – OR

Půdy charakterizované holorganickým horizontem T o mocnosti > 0,5 m s výjimkou případů tvorby hor. T nad pevnou skálou. Jsou dále klasifikovány podle převládající rozloženosti horizontu T.

Subtypy podmíněné antropogenní činností:

humózní	s překryvem materiálu z humusových horizontů o mocnosti do 0,3 m
hlubokohumózní	s překryvem materiálů z humusových horizontů o mocnosti nad 0,3 m
překrytá	s překryvem materiálů lepších zrnitostních a jiných vlastností než má většinový substrát bez výrazného prohumóznění
terasovaná	s terasovou úpravou terénu
urbická	ze substrátů obsahujících zbytky stavebních materiálů
pelická	z těžkých materiálů – zrnitost 4–5
arenická	z lehkých materiálů – zrnitost 1
redukovaná	se znaky redukčních procesů v důsledku emise CH4 na skládkách s obsahem sirníků
kontaminovaná	s obsahem persistentních kontaminantů překračujícím svrchní hranici variability pozadí
intoxikovaná	s obsahem persistentních kontaminantů překračujících sanační limity
oglejená	s výrazně redoximorfními znaky v důsledku převlhčení
skeletovitá	odvaly kamenolomů
glejová	s reduktoforními znaky v důsledku převlhčení

8. Literatura

1. ARSHAD, M. A. a COEN, G. M. Characterization of soil quality: Physical and chemical criteria. American Journal of Alternative Agriculture, 1996, 7, s. 5–12.
2. BORŮVKA, L. a kol. Srovnávací hodnoty pro hodnocení kontaminace lesních půd. Certifikovaná metodika. Praha, 2014.
3. BLUM, A. Social and collaborative forestry. In: Burley, F.: Encyclopedia, s. 1121–1131.
4. ČERNÝ, M. a GLÜCKAUFOVÁ, D. Vicekriteriální rozhodování za neurčitosti. Praha: Academia, 1987, s. 146.
5. DELUCCHI, M. A conceptual framework for estimating the climate impacts of land-use change due to energy crop programs. Biomass and Bioenergy, 2001, vol. 35, s. 2337–2360. ISSN 0961-9534.
6. DORAN, J. W. a PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: Defining soil quality for a sustainable environment. SSSA special publication number 35. Madison, Wisconsin, USA, 1994, s. 3–21.
7. DORAN, J. W. a PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: Defining soil quality for a sustainable environment. SSSA special publication number 35. Madison, Wisconsin, USA, 1994, s. 3–21.
8. EEA. TERM 08 EU+AC – Land take by transport infrastructure. European Environmental Agency, 2002, s 5.
9. FIALA a kol. Průzkum výživy lesa na území České republiky 1996–2011, Brno: ÚKZÚZ, 2013, s. 148.
10. FIALA, P., REININGER, D., SAMEK, T. a MALÝ, S. Vybrané mikrobiologické vlastnosti lesních půd pod bukem a smrkem. Zprávy lesnického výzkumu, 2015, s. 287–298.
11. FROUZ, J. Interakce půdní fauny a mikroflóry a jejich význam pro přeměny organické hmoty v půdě. Vesmír, 2010, s. 490–492.
12. GRUNDA, B. Objemová hmotnost půdy v půdní mikrobiologii, Lesnictví – Forestry, 1995, s. 38–41
13. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2006, first update 2007. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome.
14. JANDERKOVÁ, J., MACKOVČIN, P., ŠEFRNA, L., MACKŮ, J., SÁŇKA, M., TOMÁŠEK, M. a NOVÁK, P. Systém komplexního hodnocení půd. Závěrečná zpráva VaV MŽP. Brno: AOPK ČR, 2000.
15. JANDERKOVÁ, J., MACKŮ, J., SÁŇKA, M. a ŠEFRNA, L. Ověření systému komplexního hodnocení půd na modelovém území. Závěrečná zpráva úkolu F08 MŽP. Brno: AOPK ČR, 2001.
16. JANDERKOVÁ, J., MACKŮ, J., SÁŇKA, M. a ŠEFRNA, L. Ověření systému komplexního hodnocení půd na modelovém území. Závěrečná zpráva úkolu F08 MŽP. Brno: AOPK ČR, 2001.
17. KŇÁKAL, P. Fyzikální vlastnosti hodnocené na pozorovacích plochách bazálního monitoringu půd. Interní zpráva ÚKZÚZ. Liberec: ÚKZÚZ, 2000.
18. KUTÍLEK, M. Vodohospodářská pedologie. Praha: SNTL, 1978
19. LARSON, W. E. a PIERCE, F. J.: Coservation and enhancement of soil quality. In: Evaluation for sustainable land management in the developing world. Bangkok: vol.2 IBSRAM Proc. 12, Int. Board for Soi Res and Management, 1991.
20. LOVELAND, P. J. a THOMPSON, T.R.E. Identification and development of a set of national indicators for soil quality. Research and Development Project Record P5-053/PR/02. Environment Agency, Rio House, Waterside Drive, Aztec West, Almondsbury BRISTOL, BS32 4UD. ISBN 1 85705 667 1.
21. MARENDIAK, D., KOPČANOVÁ, L. a LEITGEB, S. Polnohospodárska mikrobiológia. Praha: Príroda, 1987, s. 444.
22. MAŤAŠ, E.: Ochrana prírody a krajiny a jej miesto v biologickom plánovaní. In: kolektiv autorů. Lesnícky výskum a výchova vedeckých pracovníkov v ČSSR. Zvolen: zborník z konferencie mladých vedeckých pracovníkov a ašpirantov v lesnom hospodárstve ČSSR, 1980, s. 125–138.
23. Ekologie lesů. Metodiky. Brandýs nad Labem, Lesprojekt, 1985, s. 365.
24. NĚMEC, J. Bonitace a oceňování zemědělské půdy České republiky. Praha: VÚZE, 2001, ISBN 80-85898-90-X.

25. NĚMEČEK, J. a kol. Průzkum zemědělských půd ČSSR (souborná metodika), 1 díl. MZVŽ, 1967.
26. NĚMEČEK, J. a kol. Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. Praha: ČZU Praha, 2011, druhé, upravené vydání, s. 94.
27. NEUBERG, J., et al. Metodiky pro zavádění výsledků výzkumu do zemědělské praxe. Komplexní metodika výživy rostlin. Praha: ÚVTIZ, 1990.
28. PEARCE, D. W. a TURNER, R. K. Economics of Natural Resources and the Environment. Harvester Wheatsheaf, Hemel Hempstead, 1990.
29. POLÁKOVÁ, Š. a kol. Kontrola a monitoring cizorodých látek v potravních řetězcích (zpráva za rok 2010). Brno: ÚKZÚZ, 2010.
30. REJŠEK, K. Lesnická pedologie. Učební texty. Brno: nakladatelství MZLU, 1999, ISBN 80-7157-352-3.
31. SÁŇKA, M. a MATERNA, J. Indikátory kvality zemědělských a lesních půd ČR. MŽP ČR: edice Planeta, č. 11/2004, ročník XII, 2004.
32. SÁŇKA, M., PAVKA, P., PLAČEK, K. a KALIVODOVÁ, K. (2008). Hodnocení stavu a vývoje kvantitativní ochrany půdy ve Středočeském kraji. Zpráva pro KÚ Středočeského kraje, duben 2006.
33. SÁŇKA, M., HOFMAN, J., VÁCHA, R., ČUPR, P., ČECHMÁNKOVÁ, J., SÁŇKA, O., MIKEŠ, O., SKÁLA, J., HORVÁTHOVÁ, V., ŠINDELÁŘOVÁ, L., VAŠÍČKOVÁ, J. a NEČASOVÁ, A. Metodické postupy k omezení vstupu rizikových látek do rostlinné produkce v oblastech postižených periodickými povodněmi. VÚMOP, 2014, ISBN 978-80-87361-39-9.
34. SEJÁK, J. a kol. Oceňování pozemků a přírodních zdrojů. Grada Publishing, 1999, s. 256.
35. SEJÁK, J. Návrh metodiky oceňování životodárných funkcí vodních a jiných ekosystémů, Vodní hospodářství, č. 10, 1998
36. SEJÁK, J.: Ekonomické ocenění ekologických funkcí přírody. Rukopis, 1999, s. 13.
37. SCHMIDT, M. W. I. et al. Nature, 2011, s. 49–56, 4 7 8 Macmillan Publishers Limited.
38. ŠIMEK, M. Skleníkové plyny v půdě 1, 2. Vesmír, 2011, roč. 87, ISSN 600-604, 674–677.
39. Vyhláška č. 275/1998 Sb., o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků, ve znění pozdějších předpisů.
40. Vyhláška č. 153/2016 Sb., o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy a o změně vyhlášky č. 13/1994 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu.
41. Vyhláška č. 377/2013 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv, ve znění pozdějších předpisů.
42. Vyhláška č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva ve znění pozdějších předpisů.
43. Vyhláška MŽP ČR č. 437/2016 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě.
44. Vyhláška MZe a MŽP ČR č. 257/2009 Sb., o používání sedimentů na zemědělské půdě.
45. Vyhláška MZe ČR č. 327/1998 Sb., kterou se stanoví charakteristika bonitovaných půdně ekologických jednotek a postup pro jejich vedení a aktualizaci, ve znění pozdějších předpisů.
46. Vyhláška č. 48/2011 Sb., o stanovení tříd ochrany.
47. Vyhláška č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu, ve znění pozdějších předpisů.
48. TŮMA, I. a ZÁHORA, J. Koloběh uhlíku a role půdních organismů v něm. Zpracováno jako výukový materiál v rámci řešení projektu SONDAR. Brno: 2014.
49. USDA-NRCS. Keys to soil taxonomy. 10th ed., USDA-NRCS, 2010, s. 332.
50. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. Rome: FAO, 2014.
51. ZBÍRAL, J., MALÝ, S. a VÁŇA, M. a kol. Jednotné pracovní postupy – Analýza půd III. Brno: ÚKZÚZ, 2011. ISBN 978-80-7401-044-6.
52. ZBÍRAL, J., ČIŽMÁROVÁ, E., OBDRŽÁLKOVÁ, E., RYCHLÝ, M., VILAMOVÁ, V., SRNKOVÁ, J. a ŽALMANOVÁ, A. Jednotné pracovní postupy – Analýza půd I. Brno: ÚKZÚZ, 2016, vydání čtvrté. ISBN 978-80-7401-123-8.

9. Přílohy

Příloha 1

Základní vlastnosti zemědělských půd – výsledky bazálního monitoringu zemědělských půd ČR, polních zkoušek a pokusů

Příloha 2

Obsahy biogenních a potenciálně rizikových prvků v lesních půdách – výsledky průzkumu výživy lesa na území ČR 1996–2011

Příloha 3

Referenční hodnoty kontaminace lesních půd ČR potenciálně rizikovými prvky a perzistentními organickými polutanty

PŘÍLOHA 1

Základní vlastnosti zemědělských půd – výsledky bazálního monitoringu zemědělských půd ČR, polních zkoušek a pokusů

Tabulka 1

Obsah organické hmoty a sorpční vlastnosti – základní statistika podle půdních typů – ornice (výsledky BMZP)

Černice				
	Co_x	T	S	V
stř. hodnota	2,38	36,63	34,64	95,74
medián	2,23	36,75	33,71	98,13
minimum	1,65	23,70	23,70	86,73
maximum	3,41	49,33	47,45	100,00
počet	4	4	4	4

Černozem				
	Co_x	T	S	V
stř. hodnota	1,58	24,47	22,70	92,49
medián	1,60	24,64	22,88	94,60
minimum	0,71	10,80	10,40	75,45
maximum	2,02	32,93	31,53	100,00
počet	20	20	20	20

Hnědozem				
	Co_x	T	S	V
stř. hodnota	1,32	20,47	17,52	84,91
medián	1,24	19,70	17,33	86,03
minimum	0,87	12,63	8,98	60,35
maximum	3,35	47,60	41,00	100,00
počet	39	39	39	39

Kambizem				
	Co_x	T	S	V
stř. hodnota	1,64	18,84	13,27	69,82
medián	1,42	17,25	11,46	70,69
minimum	0,77	8,60	0,83	3,23
maximum	3,19	55,68	49,83	100,00
počet	64	64	64	64

Luvizem				
	Co_x	T	S	V
stř. hodnota	1,26	15,25	11,81	77,15
medián	1,28	15,00	12,53	78,05
minimum	0,98	11,30	7,33	57,73
maximum	1,47	17,80	15,33	96,00
počet	13	13	13	13

Fluvizem				
	Co_x	T	S	V
stř. hodnota	1,59	23,01	19,61	83,72
medián	1,53	22,34	18,36	81,86
minimum	1,05	11,40	9,15	64,05
maximum	2,51	35,20	33,65	100,00
počet	20	20	20	20

Glej				
	Co_x	T	S	V
stř. hodnota	2,38	22,79	16,96	73,71
medián	1,76	22,39	16,69	74,30
minimum	1,16	13,18	9,00	54,70
maximum	4,08	37,75	30,93	97,75
počet	11	11	11	11

Pseudoglej				
	Co_x	T	S	V
stř. hodnota	1,86	20,49	14,64	70,07
medián	1,67	18,43	12,55	69,73
minimum	1,16	12,98	5,90	36,10
maximum	3,13	35,73	32,75	91,63
počet	17	17	17	17

Rendzina				
	Co_x	T	S	V
stř. hodnota	1,27	21,18	20,64	97,90
medián	1,33	23,54	22,46	100,00
minimum	0,79	8,88	8,88	91,60
maximum	1,62	28,75	28,75	100,00
počet	4	4	4	4

Regozem				
	Co_x	T	S	V
stř. hodnota	0,87	10,23	7,13	68,84
medián	1,02	10,00	5,60	72,70
minimum	0,50	7,15	4,18	41,63
maximum	1,15	14,68	10,35	85,98
počet	5	5	5	5

Tabulka 2

Obsah organické hmoty a sorpční vlastnosti – základní statistika podle půdních typů – podorničí (výsledky BMZP)

Černice				
	Co_x	T	S	V
stř. hodnota	1,66	36,59	33,96	94,40
medián	1,50	35,63	33,45	94,33
minimum	1,00	20,90	20,73	88,95
maximum	2,64	54,23	48,23	100,00
počet	4	4	4	4

Černozem				
	Co_x	T	S	V
stř. hodnota	1,07	22,34	21,12	95,02
medián	1,14	22,70	20,34	95,64
minimum	0,37	11,18	10,15	85,00
maximum	1,64	29,53	28,35	100,00
počet	20	20	20	20

Hnědozem				
	Co_x	T	S	V
stř. hodnota	0,70	21,04	18,44	87,12
medián	0,64	21,25	18,48	86,95
minimum	0,35	11,25	9,53	66,58
maximum	1,98	45,70	39,75	100,00
počet	39	39	39	39

Kambizem				
	Co_x	T	S	V
stř. hodnota	0,76	15,55	10,67	65,90
medián	0,62	14,79	8,61	66,99
minimum	0,24	4,28	0,95	10,25
maximum	1,83	54,28	51,03	100,00
počet	64	64	64	64

Luvizem				
	Co_x	T	S	V
stř. hodnota	0,59	14,65	11,45	77,30
medián	0,43	14,78	11,38	79,83
minimum	0,21	9,88	6,73	61,40
maximum	1,19	22,78	19,73	95,75
počet	13	13	13	13

Fluvizem				
	Co_x	T	S	V
stř. hodnota	1,06	22,13	18,83	82,64
medián	1,04	22,60	16,50	84,28
minimum	0,41	7,40	5,10	45,33
maximum	1,64	37,83	36,05	100,00
počet	21	21	21	21

Glej				
	Co_x	T	S	V
stř. hodnota	0,92	17,24	12,20	67,99
medián	0,87	16,70	11,78	68,05
minimum	0,41	9,53	5,05	38,65
maximum	1,77	26,68	23,40	93,50
počet	11	11	11	11

Pseudoglej				
	Co_x	T	S	V
stř. hodnota	0,92	18,07	12,49	65,95
medián	0,79	16,30	10,13	66,23
minimum	0,37	10,23	6,33	44,78
maximum	1,99	32,65	30,00	94,23
počet	17	17	17	17

Rendzina				
	Co_x	T	S	V
stř. hodnota	0,83	23,90	23,42	98,46
medián	0,74	23,83	23,83	100,00
minimum	0,39	16,80	16,80	93,83
maximum	1,46	31,15	29,23	100,00
počet	4	4	4	4

Regozem				
	Co_x	T	S	V
stř. hodnota	0,35	7,13	6,02	79,55
medián	0,31	8,10	5,63	88,10
minimum	0,23	2,00	1,20	51,55
maximum	0,57	11,15	10,45	93,28
počet	5	5	5	5

Tabulka 3

Popisná statistika pro podzimní obsahy nitrátového a amonného dusíku v půdě (výsledky BMZP)

DUSÍK	KULTURA	HORIZONT	POPISNÁ STATISTIKA (mg.kg^{-1} SUŠ.)				
			ARITMET. PRŮMĚR	MEDIÁN	MIN	MAX	POČET VZORKŮ
nitrátový dusík $N\text{-}NO_3$	orná půda	ornice	9,9	8,2	0	50,4	423
		podorničí	8,3	6,5	0	63,2	423
	trvalé travní porosty	svrchní vrstva	3,5	2,3	0	13,5	44
		spodní vrstva	2,3	1,2	0	12,2	44
amonný dusík $N\text{-}NH_4$	orná půda	ornice	2,8	1,8	0	28,4	423
		podorničí	2,3	1,3	0	39,5	423
	trvalé travní porosty	svrchní vrstva	4,6	4,4	0,5	11,2	44
		spodní vrstva	3,0	2,1	0,3	10,5	44

Tabulka 4

Popisná statistika pro jarní a podzimní obsahy minerálního dusíku v půdě (výsledky polních zkoušek ÚKZÚZ)

DOBA ODBĚRU	HLOUBKA ODBĚRU	POPISNÁ STATISTIKA (mg.kg^{-1} SUŠ.)				
		ARITMET. PRŮMĚR	MEDIÁN	MINIMUM	MAXIMUM	POČET VZORKŮ
brzy na jaře	0–30 cm	9,4	7,6	0,6	157,9	936
	30–60 cm	8,4	7,2	0,3	74,3	936
před zámrzem	0–30 cm	11,7	9,6	0,7	113,4	918
	30–60 cm	8,3	6,7	0,2	48,0	908

Tabulka 5

Popisná statistika pro obsahy minerálního dusíku v půdě (výsledky lyzimetrických stanovišť ÚKZÚZ na orné půdě)

DUSÍK	HLOUBKA ODBĚRU	DOBA ODBĚRU	POPISNÁ STATISTIKA (mg.kg^{-1} SUŠ.)				
			ARITMET. PRŮMĚR	MEDIÁN	MIN	MAX	POČET VZORKŮ
$N\text{-}NO_3$	40 cm	před zámrzem	11,2	9,5	0	84,8	256
		brzy na jaře	9,4	7,1	0	105,0	261
$N\text{-}NH_4$	40 cm	před zámrzem	4,4	2,8	0	43,7	256
		brzy na jaře	4,4	2,8	0	35,1	261
Nmin	40 cm	před zámrzem	15,6	13,0	0,9	85,6	256
		brzy na jaře	13,8	10,6	1,1	76,4	261
$N\text{-}NO_3$	60 cm	před zámrzem	7,5	5,5	0	54,5	256
		brzy na jaře	8,5	6,1	0	64,3	261
$N\text{-}NH_4$	60 cm	před zámrzem	3,5	1,8	0	45,3	256
		brzy na jaře	3,3	1,8	0	41,5	260
Nmin	60 cm	před zámrzem	11,0	8,9	0	56,0	256
		brzy na jaře	11,8	9,0	1,6	76,9	261
$N\text{-}NO_3$	80 cm	před zámrzem	4,8	3,5	0	40,1	251
		brzy na jaře	6,7	4,9	0	77,6	258
$N\text{-}NH_4$	80 cm	před zámrzem	3,1	1,4	0	74,3	251
		brzy na jaře	3,0	1,3	0	38,0	256
Nmin	80 cm	před zámrzem	7,9	6,3	0	80,0	251
		brzy na jaře	9,7	7,6	0,6	77,9	258

PŘÍLOHA 2

Obsahy biogenních a potenciálně rizikových prvků v lesních půdách – výsledky průzkumu výživy lesa na území ČR 1996–2011

Tabulka 1

Obsahy přístupných forem hlavních biogenních prvků v minerálním horizontu pod jehličnatými porosty (mg.kg^{-1}), (Fiala a kol., 2013)

OBSAH	N_{tot}	P	K	Ca	Mg
nedostatečný	< 0,05	< 60	< 30	< 90	< 20
nízký	0,06–0,10	61–190	31–45	91–250	21–40
vyhovující	0,11–0,15	191– 320	46–60	251–560	41–80
vysoký	0,16–0,20	321–450	61–90	561–1 120	81–140
luxusní	> 0,20	> 450	> 90	> 1 120	> 140

Poznámka:
N_{tot} (%) P, K, Ca, Mg (mg.kg^{-1}) ve výluhu Mehlich III.

Tabulka 2

Obsahy přístupných forem hlavních biogenních prvků v minerálním horizontu pod listnatými porosty (mg.kg^{-1}), (Fiala a kol., 2013)

OBSAH	N tot	P	K	Ca	Mg
nedostatečný	< 0,07	< 70	< 40	< 190	< 25
nízký	0,08–0,12	71–190	41–60	191–500	26–50
vyhovující	0,13–0,17	191– 310	61–90	501–950	51–90
vysoký	0,18–0,22	311–430	91–120	951–1 530	91–150
luxusní	> 0,22	> 430	> 120	> 1 530	> 150

Poznámka:
N_{tot} (%) P, K, Ca, Mg (mg.kg^{-1}) ve výluhu Mehlich III.

Tabulka 3

Obsahy extrahovatelné formy prvků v nadložním organickém horizontu pod jehličnatými porosty (mg.kg^{-1}, výluh HNO_3; c = 2 mol), (Fiala a kol., 2013)

OBSAH	Mn	Fe	Zn	Cu	Pb
velmi nízký	< 300	< 4 100	< 30	< 9	< 50
nízký	301–600	4 100–6 400	31–45	10–14	51–90
střední	601–1 200	6 401–9 100	46–60	15–19	91–130
vysoký	1 201–2 000	9 101–12 500	61–75	20–24	131–170
velmi vysoký	> 2 000	> 12 500	> 76	> 24	> 170

Poznámka:
Mn, Fe, Zn, Cu, Pb (mg.kg^{-1}, výluh HNO_3; c = 2 mol).

Tabulka 4

Obsahy extrahovatelné formy prvků v nadložním organickém horizontu pod listnatými porosty. (mg.kg^{-1}, výluh HNO_3; c = 2 mol), (Fiala a kol., 2013)

	Mn	Fe	Zn	Cu	Pb
velmi nízký	< 600	< 4 000	< 40	< 8	< 40
nízký	601–1 300	4 001–6 800	41–60	9–13	41–80
střední	1 301–2 000	6 801–9 700	61–80	14–18	81–120
vysoký	2 001–3 000	9 701–12 900	81–100	19–23	121–160
velmi vysoký	>	> 12 900	> 100	> 23	> 160

Poznámka:
Mn, Fe, Zn, Cu, Pb (mg.kg^{-1}, výluh HNO_3; c = 2 mol).

PŘÍLOHA 3

Referenční hodnoty kontaminace lesních půd ČR potenciálně rizikovými prvky a perzistentními organickými polutanty

Referenční hodnoty byly získány vzorkováním a půdním průzkumem v rámci projektu NAZV QI112A201

v síti 120 ploch na lesní půdě v celé ČR. Jsou stanoveny na základě 90% kvantilu získaného souboru dat a představují hranici, **při jejímž překročení již lze obsah daného prvku považovat za zvýšený s potenciálními negativními dopady na lesní ekosystém**.

Kategorie lesních porostů

Vzhledem k odlišnostem přírodních podmínek, rozdílu obsahu organické hmoty v lesní půdě a zdrojů znečištění jsou referenční hodnoty uváděny pro několik kategorií lesních porostů v závislosti na půdním typu (kat. 1), vegetačním stupni (kat. 2–6) a druhovém složení lesního porostu (kat. 2–5):

kategorie 1	fluvizemě bez ohledu na zařazení do lesního vegetačního stupně (dále LVS), především listnaté lužní lesy v nížinách)
kategorie 2	lesy s převahou* jehličnatých dřevin v 1.–3. LVS
kategorie 3	lesy s převahou* listnatých dřevin a lesy smíšené v 1.–3. LVS
kategorie 4	lesy s převahou* jehličnatých dřevin ve 4.–6. LVS
kategorie 5	lesy s převahou* listnatých dřevin a lesy smíšené ve 4.–6. LVS
kategorie 6	lesy v 7.–8. LVS bez rozlišení druhového složení

Poznámka:
* Za lesy s převahou jehličnatých resp. listnatých dřevin považujeme v tomto případě porosty se zastoupením příslušného typu dřevin v korunové vrstvě 70 % a více.

Půdní vrstvy

Obsahy rizikových prvků v jednotlivých vrstvách lesních půd se liší. Kontaminace obvykle přichází od svrchních vrstev s atmosférickou depozicí (atmogenní znečištění). Některé rizikové prvky jsou běžnou součástí hornin a jejich obsahy rychle stoupají s hloubkou půdního profilu (litogenní původ). Z tohoto důvodu jsou referenční hodnoty uváděny pro následující půdní vrstvy:

F + H	nadložní organický horizont (humusová vrstva) tvořený částečně rozloženými zbytky opadu a další organické hmoty. Horizont F + H může mít v různých ekosystémech různou mocnost. Proto jsou pro něj, kromě obsahu rizikových prvků vztažených na jednotku hmotnosti ($mg.kg^{-1}$), uváděny rovněž hodnoty na jednotku plochy ($mg.m^{-2}$) převedené na základě kvantitativního odběru.
0–2 cm	svrchní vrstva minerální půdy obvykle s významným zastoupením humusových látek a organické hmoty – často jde o tzv. organominerální horizont Ah
2–10 cm	svrchní vrstva minerální půdy, obvykle bez výrazného výskytu organické hmoty, zóna prokořenění stromové a bylinné vegetace
10–20 cm	minerální půda, zóna prokořenění stromové vegetace

Tabulka 1

Referenční hodnoty obsahu rizikových prvků v lesních půdách

PŮDNÍ VRSTVA	KATEGORIE POROSTU	As[1] (mg.kg^{-1})	Cd[1] (mg.kg^{-1})	Pb[1] (mg.kg^{-1})	Zn[1] (mg.kg^{-1})	Hg[2] (mg.kg^{-1})
F + H	1	13,7	0,29	33,8	40,5	–
	2	17,7	0,55	103,1	71,5	0,5
	3	19,2	1,13	108,2	114,6	0,37
	4	18,9	0,52	114,1	75,6	0,42
	5	44,1	1,14	238,3	134,6	0,48
	6	36,4	0,92	191	53,9	0,45
0–2 cm	1	31,6	0,64	28,2	123	0,17
	2	21,4	0,27	79,3	54,9	0,36
	3	26,6	0,68	127,3	91,5	0,49
	4	35,8	0,27	108,2	65,2	0,46
	5	58,9	0,71	248,1	131,4	0,47
	6	64,3	0,4	127,8	64,4	0,28
2–10 cm	1	31,7	0,57	32,4	128,2	0,18
	2	23,8	0,09	28,5	55,5	0,07
	3	20,9	0,26	55,5	63,4	0,12
	4	46,6	0,14	54,3	95,5	0,14
	5	56,4	0,25	91,8	107,7	0,15
	6	59,1	0,14	72,2	57,7	0,19
10–20 cm	1	31,3	0,38	31,7	116,3	0,16
	2	23,1	0,1	22,8	54,9	0,07
	3	18,1	0,18	27,3	73,2	0,1
	4	29,3	0,14	35,4	99,5	0,13
	5	43,2	0,28	54,4	109,9	0,13
	6	56,1	0,13	43,7	72,7	0,19

Poznámky:
[1] pseudototální obsahy stanovené ve výluhu lučavkou královskou;
[2] celkové obsahy rtuti (AMA).

Tabulka 2

Referenční hodnoty zásoby rizikových prvků v nadložním organickém horizontu lesních půd

PŮDNÍ VRSTVA	KATEGORIE POROSTU	As[1] (mg.m^{-2})	Cd[1] (mg.m^{-2})	Pb[1] (mg.m^{-2})	Zn[1] (mg.m^{-2})	Hg[2] (mg.m^{-2})
F + H	1	–	–	–	–	–
	2	45,7	1,43	228,7	130,5	1,31
	3	34,4	1,44	190,5	175,2	0,82
	4	77,9	1,87	667,1	274,6	1,86
	5	201,2	2,85	1006,5	328,5	2,23
	6	158,9	3,51	823,6	194,3	1,96

Poznámky:
[1] pseudototální obsahy stanovené ve výluhu lučavkou královskou;
[2] celkové obsahy rtuti (AMA).

Tabulka 3

Referenční hodnoty obsahu perzistentních organických polutantů v lesních půdách

PŮDNÍ VRSTVA	KATEGORIE POROSTU	BENZO-A-PYREN (µg.kg^{-1})	ENDOSULFAN (µg.kg^{-1})	HEXACHLOR BENZEN (µg.kg^{-1})	SUMA PAU (µg.kg^{-1})	SUMA DDX (µg.kg^{-1})	SUMA PCB (µg.kg^{-1})
F + H	1	–	121,9	–	–	–	–
	2	354	132,6	3,8	5 276	208,2	2,8
	3	285	96,3	3,7	3 859	130	9,1
	4	220	138,3	0,5	3 040	27,1	1,8
	5	341	54	1,6	5 472	31,9	3,6
	6	259	81,7	2,6	4 696	37,5	27,4
0–2 cm	1	138	25,6	–	1 338	221,6	35,2
	2	198	37,7	0,8	2 803	115,9	0,2
	3	250	6,8	0,1	2 821	134,4	8,5
	4	194	11,6	0,9	2 489	55,7	2,2
	5	341	15,7	0,1	6 262	38,6	5,5
	6	68	15,1	0,4	1 520	98,4	0,1
2–10 cm	1	161,8	–	0,7	1 576	118,2	1
	2	8,5	–	–	146	–	–
	3	46	0,1	–	543	40,7	0,5
	4	11,5	14,8	–	183	1,4	–
	5	35,1	8,7	–	618	3,4	–
	6	6,1	–	–	149	10,1	–
10–20 cm	1	75,1	–	0,7	730	70,4	–
	2	–	4,3	–	37	0,5	0,1
	3	5,1	1,2	–	103	0,3	2,1
	4	–	4,7	–	58	0,8	–
	5	6,3	8,7	–	127	0,1	1,1
	6	3,1	1,3	–	78	0	–

Poznámky:
PAU polycyklické aromatické uhlovodíky;
DDx suma DDT a jeho metabolitů;
PCB polychlorované bifenyly;
– Chybějící hodnoty půdní vrstvy F + H v kategorii 1 jsou způsobeny nedostatečným množstvím povrchového humusu pro analýzu, v ostatních případech jde o hodnoty látky pod mezí detekce.

Použité zkratky

AZZP Agrochemické zkoušení zemědělských půd
BPEJ Bonitovaná půdně ekologická jednotka
HPJ Hlavní půdní jednotka
CHKO Chráněná krajinná oblast
ISO International Organization for Standardization (mezinárodní normotvorná organizace)
MZe Ministerstvo zemědělství
MŽP Ministerstvo životního prostředí
NAZV Národní agentura pro zemědělský výzkum
POP Persistentní organické polutanty
RECETOX Centrum pro výzkum toxických látek v prostředí (Research Centre for Toxic Compounds in the Environment)
RP Rizikové prvky
TKSP Taxonomický klasifikační systém půd
ÚKZÚZ Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
USDA United States Department of Agriculture (Federální ministerstvo zemědělství USA)
VÚMOP Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy
WRB World Reference Base (mezinárodní klasifikační systém půd)
ZPF Zemědělský půdní fond

Kritéria pro hodnocení produkčních a ekologických vlastností půd

Vydalo Ministerstvo životního prostředí, se sídlem Vršovická 1442/65, Praha 10

www.mzp.cz

Autoři: Milan Sáňka (Masarykova univerzita), Radim Vácha (Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.), Šárka Poláková a Přemysl Fiala (Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský)

Recenzenti: Eduard Pokorný, Jakub Houška

Fotografie: Milan Sáňka (str. 17–18, 51 , 54, 79–87), Radim Vácha (str. 20, 27, 32, 73, 84, 85 a 87), Přemysl Fiala (str. 18)

Ilustrační fotografie – pixabay.com, licence CC0 Public Domain, www.depositphotos.com.

Grafický návrh a sazba: Ministerstvo životního prostředí

Vytisklo P.O.S. FACTORY, s.r.o., se sídlem Jilmová 2685/10, Praha 3

v nákladu 300 kusů

Praha, 2018

Vydání první

Publikace neprošla stylistickou korekturou.

© Ministerstvo životního prostředí, Praha 2018

ISBN 978-80-7212-627-9

Ministerstvo životního prostředí

Praha 2018