

**Mendelova univerzita v Brně**  
**Agonomická fakulta**  
**Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin**

---



**Změna množství a kvality humusových látek  
u kambizemí po aplikaci kompostu**

Bakalářská práce

*Vedoucí práce:*

doc. RNDr. Lubica Pospíšilová, CSc.

*Vypracovala:*

Nikola Balšánová

---

Brno 2015



## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Zpracovatelka: **Nikola Balšánová**  
Studijní program: Zemědělská specializace  
Obor: Pozemkové úpravy a ochrana půdy  
Název tématu: **Změna množství a kvality humusových látek u kambizemí po aplikaci kompostu**  
Rozsah práce: 30-40 stran

Zásady pro vypracování:

1. Literární rešerše bude zaměřena na půdní úrodnost, množství a kvalitu humusových látek v půdě.
2. U tří vybraných subtypů kambizemí bude v průběhu dlouhodobých pokusů sledován obsah a kvalita humusových látek po aplikaci kompostu.
3. Výsledky budou statisticky zpracovány pomocí jednofaktorové analýzy.
4. Zjištěné hodnoty budou porovnány s dostupnou odbornou literaturou.
5. Bude vyhodnocen vliv aplikace kompostu na množství a kvalitu humusu v půdě.




Seznam odborné literatury:

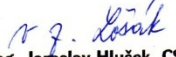
1. POSPÍŠILOVÁ, L. – TESAŘOVÁ, M. Effect of different cropping systems on the soil organic matter quality. In *The role of long-term field experiments in agriculture and ecological sciences*. Praha: VURV, 2005, s. 121. ISBN 80-86555-67-4.
2. POSPÍŠILOVÁ, L. – FASUROVÁ, N. – POKORNÝ, E. – JURICA, L. Chemical and optical characteristics of humic substances isolated from the South Moravian soils. In *Proceedings of the 14th meeting of IHSS*. 1. vyd. Moskva: Lomonosov Moscow State University, 2008, s. 457–460.
3. POSPÍŠILOVÁ, L. – TESAŘOVÁ, M. *Organický uhlík obhospodařovaných půd*. 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2009. 42 s. ISBN 978-80-7375-282-8.
4. FOUKALOVÁ, J. – POSPÍŠILOVÁ, L. – JANČEK, M. Relations between soil respiration, humus quality and cation exchange capacity in Selected subtypes of Chernozem in South Moravia region. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2007. sv. 2008, 1, č. 9, s. 83–89. ISSN 1211-8516.
5. FASUROVÁ, N. – POSPÍŠILOVÁ, L. Spectroscopic characteristics of humates isolated from different soils. *Soil and Water Research*. 2011. sv. 3, č. 6, s. 147–152. ISSN 1801-5395.

Datum zadání bakalářské práce: říjen 2013  
Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2015

  
**Nikola Balšánová**  
Autorka práce



  
**doc. RNDr. Lubica Pospíšilová, CSc.**  
Vedoucí práce

  
**prof. Ing. Jaroslav Hlušek, CSc.**  
Vedoucí ústavu

  
**prof. Ing. Ladislav Zeman, CSc.**  
Děkan AF MENDELU

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: **Změna množství a kvality humusových látek u kambizemí po aplikaci kompostu** vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....

podpis

### **Poděkování**

Poděkování bych ráda věnovala své vedoucí doc. RNDr. Lubici Pospíšilové, CSc. za poskytnuté odborné konzultace a rady, které mi byly přínosné při sestavování této práce. V neposlední řadě však také za projevenou ochotu ke spolupráci, trpělivost a přátelský přístup.

## **Abstrakt**

Cílem bakalářské práce *Změna množství a kvality humusových látek u kambizemí po aplikaci kompostu* je sledovat vliv aplikace kompostu na vlastnosti vybraných subtypů kambizemí při různém způsobu obhospodařování. Objektem studia byly – *kambizem modální* (Malonty, orba), *kambizem oglejená* (Desky, minimalizační zpracování půdy) a *kambizem modální* (Rapotín, trvalý travní porost). Zjištěné výsledky nám ukazují, že aplikace kompostu při klasické orbě ovlivnila půdní reakci, obsah organického uhlíku a obsah draslíku v půdě. Aplikace kompostu při minimalizačním zpracování půdy ovlivnila – půdní reakci, obsah organického uhlíku, obsah ve vodě rozpuštěného uhlíku a obsah fosforu, vápníku a hořčíku. Pod trvalým travním porostem byl ovlivněn obsah organického uhlíku, humusových látek, obsah ve vodě rozpuštěného uhlíku a bazální respiraci půdy.

***Klíčová slova:*** *kambizemě, způsob hospodaření, kompost*

## **Abstract**

The aim of bachelor thesis *Effects of compost application on humic substances content and quality in Cambisols* is to evaluate the effect of compost application on basic soil properties of selected subtypes of *Cambisols*. Cambisols were under different land use – *Haplic Cambisol* (Malonty, conventional tillage), *Pseudogleyic Cambisol* (Desky, minimum tillage) and *Haplic Cambisol* (Rapotín, permanent grassland). Results showed that compost application in conventional tillage system affected total organic carbon content, soil reaction and content of potassium in soil. Compost application in minimum tillage system affected total organic carbon content, soil reaction, water extractable carbon content and content of magnesium, calcium and phosphorus. Compost application in permanent grassland affected total organic carbon content, humic substances content, water extractable carbon content and basal soil respiration.

***Keywords:*** *Cambisols, type of land use, compost*

## Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>CÍL PRÁCE.....</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>LITERÁRNÍ PŘEHLED .....</b>	<b>11</b>
3.1	PŮDA .....	11
3.2	ÚRODNOST PŮDY .....	12
3.2.1	Půdotvorný substrát .....	14
3.2.1.1	Půdní typ .....	14
3.2.1.2	Půdní druh.....	15
3.2.2	Klima .....	16
3.2.3	Biologický faktor .....	17
3.2.4	Činnost člověka.....	18
3.2.5	Reliéf.....	18
3.2.6	Půdní organická hmota .....	19
3.3	PŮDNÍ ŽIVINY.....	25
3.3.1	Makroprvky .....	26
3.3.1.1	Uhlík .....	26
3.3.1.2	Dusík.....	27
3.3.1.3	Fosfor .....	28
3.3.1.4	Draslík.....	29
3.4	KOMPOST.....	30
3.5	REFERENČNÍ TŘÍDA KAMBISOLY .....	35
3.5.1	Kambizem.....	36
3.5.2	Humus kambizemí .....	37
<b>4</b>	<b>EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....</b>	<b>39</b>
4.1	OBJEKT STUDIA.....	39
4.1.1	Lokalita Malonty.....	39
4.1.2	Lokalita Desky .....	41
4.1.3	Lokalita Rapotín .....	43
4.2	METODY STUDIA.....	45
4.2.1	Zrnitostní složení půd .....	45

4.2.2	Půdní reakce.....	46
4.2.3	Vodivost vodního výluhu.....	47
4.2.4	Stanovení celkového obsah uhlíku, dusíku a poměr C/N.....	47
4.2.5	Frakcionace HL a poměr HK/FK.....	48
4.2.6	Absorbance humusových látek v UV-VIS oblasti spektra .....	48
4.2.7	Bazální respirace půdy.....	49
4.2.8	Stanovení mikrobiální biomasy .....	50
4.2.9	Stanovení přístupných živin metodou podle Mehlicha III.....	50
4.2.10	Obsah ve vodě rozpuštěného uhlíku (C <sub>we</sub> ) .....	52
4.2.11	Celkový obsah uhlíku a dusíku.....	53
4.2.12	Statistické zpracování dat .....	53
<b>5</b>	<b>VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ .....</b>	<b>54</b>
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>63</b>
	<b>Použitá literatura .....</b>	<b>64</b>
	<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>70</b>
	<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>71</b>
	<b>Seznam zkratk .....</b>	<b>73</b>
	<b>Přílohy.....</b>	<b>74</b>

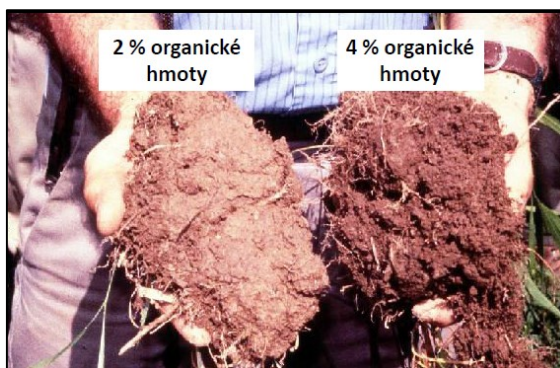


# 1 ÚVOD

Půda je jedním ze základních výrobních prostředků a zdroj existence lidské civilizace vůbec. Tvoří svrchní část pevného zemského povrchu – pedosféru a vzniká na tzv. kůře zvětrávání. Pevný zemský povrch vystavený účinkům vody a ovzduší poskytuje zvětralinu, ty samy o sobě půdou nejsou, avšak jsou nutným předpokladem jejího vzniku. Přistoupí-li ke zmíněným vlivům ještě činnost organismů (mikroorganismů, vegetace a edafonu), dochází teprve k tvorbě půdy (Tomášek, 2007).

Půda patří mezi neobnovitelné přírodní zdroje a je nezastupitelnou složkou životního prostředí. Bez ní by život na Zemi vyhasnul. A proto je nutné ji chránit. Půda tvoří životní prostor pro rostliny, zvířata i člověka na zemi. V půdě dochází k rozkladu a syntéze organických a minerálních látek, k jejich přeměně a výměnám energií, koloběhu živin, vody a dalších látek (Vopravil a kol., 2012).

Nejdůležitější vlastností půdy pro člověka je její úrodnost (viz Obrázek 1), tedy schopnost zabezpečovat nezbytnými podmínkami, jako jsou voda a živiny, existenci a reprodukci rostlin a v závislosti na nich i živočichů a lidí. Vzátaženo na zemědělsky využívané půdy – poskytovat sklizně pěstovaných plodin (Tomášek, 2007).



**Obrázek 1: Efekt rozdílného obdělávání půdy (<http://www.powershow.com>)**

## 2 CÍL PRÁCE

Cílem bakalářské práce je sledovat a vyhodnotit změny v množství a kvalitě humusových látek u kambizemí po aplikaci kompostu. Vybrané půdní subtypy kambizemí jsou na třech lokalitách v ČR a mají rozdílný způsob obhospodařování. *Kambizem modální* (Malonty) je obhospodařována klasickou orbou, *kambizem oglejená* (Desky) je obhospodařována minimalizačními technologiemi a *kambizem modální* (Rapotín) je pod trvalým travním porostem. Změny vlastností u těchto půd po aplikaci kompostu jsou hodnoceny v průběhu dlouhodobých pokusů v letech 2008 až 2013. Bakalářská práce byla vypracována s podporou projektu MZe ČR – NAZV QJ 1210263 „*Agrochemická opatření ke snížení vodní eroze na orné půdě s využitím zapravení organické hmoty*“.

## 3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 3.1 Půda

Půda je živý prostorový přírodní útvar s translokační, transformační a produkční schopností, která podmiňuje tvorbu biomasy. Ze systémového pohledu, který představuje nejširší definici, je půda považována za otevřený, komplexní, polyfunkční a polyfázový strukturní systém, který tvoří povrchovou část litosféry. Na vývoji a vzniku půd (viz Obrázek 2) se podílí řada půdotvorných faktorů (ty působí při vzniku půd přímo) – mateční hornina, klimatické poměry, podzemní voda, biologický činitel, kultivační činnost člověka, a podmínek (které působí nepřímo přes svůj vliv na půdotvorné faktory) – stáří krajiny a reliéf terénu. Vzájemným působením těchto faktorů a podmínek vznikají půdní typy a nižší klasifikační jednotky (Kozák a kol., 2009).

V 80. letech minulého století položili ruští půdoznalci základ pro dynamické pojetí půdy. Poprvé definoval půdu V. V. Dokučajev (In: Kozák a kol., 2009) jako samostatný přírodně-historický útvar, který vzniká a vyvíjí se zákonitým procesem v důsledku působení půdotvorných faktorů a podmínek.

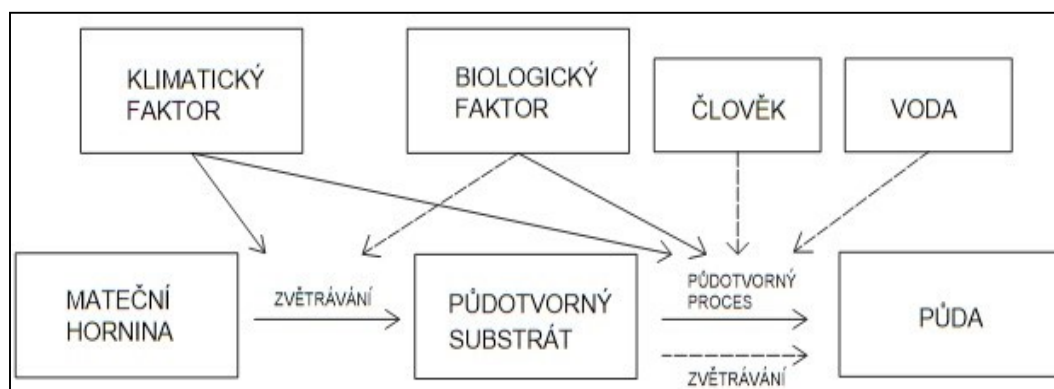
Půda je složena z minerálních částic různé velikosti, živých organismů i odumřelých zbytků, organických látek v různém stadiu rozkladných a syntetických přeměn a je prostoupena vzduchem a vodou.

Půda je velmi dynamický systém, který plní velké množství funkcí a poskytuje služby pro lidskou činnost a pro přežití ekosystémů. Podle návrhu směrnice Evropského parlamentu a Rady Evropy, kterou se vytváří rámec pro ochranu půdy, je půda v zásadě neobnovitelným zdrojem, její degradace může probíhat rychle, zatímco procesy jejího vytváření a regenerace jsou velmi pomalé (Kozák a kol., 2009).

Studiem půdy v širším pohledu se zabývá věda zvaná pedologie, která vychází z filozofických zásad setrvalého rozvoje:

- *zemědělství bez degradace a znečištění půdy a vody,*
- *zemědělství a lesnictví s nízkými vstupy,*

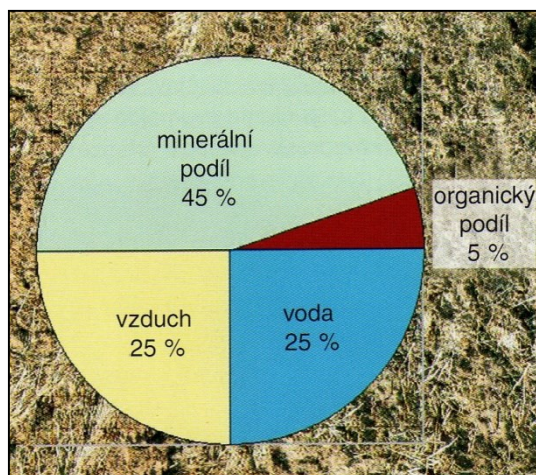
- *adaptace zemědělství a lesnictví k nepříznivým vlivům přírodních a lidských faktorů.*
- *aplikace moderních zemědělských systémů produkujících zdravé a levné potraviny,*
- *ochrana krajiny a podpora mimoprodukčních funkcí půdy.*



**Obrázek 2: Schéma vzniku půdy (Kozák, a kol., 2009)**

### 3.2 Úrodnost půdy

Půda by měla mít takové vlastnosti, aby mohla sloužit rostlinám za přirozené stanoviště a poskytovat jim podmínky k růstu. Tyto vlastnosti označujeme jako půdní *úrodnost*. Úrodnost je schopnost půdy poskytnout pěstovaným plodinám vhodné prostředí, dostatek živin a vody nutných k optimálnímu růstu a vývinu rostlin (viz Obrázek 3). Ve vztahu k pěstovaným plodinám a jejich výživě se každá půda vyznačuje řadou specifických vlastností. Z tohoto důvodu nelze úrodnost půdy charakterizovat jednou nebo několika vlastnostmi, ale je výsledkem složitého souboru znaků, které se navzájem ovlivňují. Některé z nich se nemění (zrnitostní složení půdy, fyzikální vlastnosti), jiné se mohou měnit vlivem povětrnostních podmínek (obsah vody, teplota, půdní kyselost aj.). Do značné míry lze působit na půdní úrodnost, protože některé půdní vlastnosti můžeme dobře ovlivňovat (zpracování půdy, zapravení organických hnojiv), jak uvádějí Hůla a Procházková (2008).



**Obrázek 3: Faktory ovlivňující půdní úrodnost**  
*(Hůla a Procházková, 2008, upravil: L. Neudert)*

Podle Richtera (1996) patří z hlediska úrodnosti mezi nejdůležitější vlastnosti zejména:

- *složení půdy,*
- *hloubka ornice,*
- *nadmořská výška,*
- *hloubka spodní vody,*
- *svahovitost a expozice terénu.*

Úrodnost půdy souvisí s následujícími faktory:

- *půdotvorný substrát,*
- *půdní typ,*
- *půdní druh,*
- *klima,*
- *biologický faktor,*
- *činnost člověka,*
- *reliéf,*
- *půdní organická hmota,*
- *živiny.*

### **3.2.1 Půdotvorný substrát**

Půdotvorný substrát, nebo také mateční hornina, je výchozí materiál pro vznik půdy a patří mezi nejdůležitější faktory ovlivňující její vývoj, charakter a úrodnost. Výchozí zdroj pro půdotvorný substrát jsou pevné horniny, jejich zvětraliny, sypké sedimenty nebo starší půdy. Nejčastěji se půdotvorné substráty třídí podle jejich geologického stáří. V podmínkách České republiky (ČR) jsou nezpevněné substráty většinou čtvrtohorního a z části také třetihorního stáří. Na konečné vlastnosti půdy má rozhodující vliv skladba, zrnitostní složení a chemické složení výchozího půdotvorného substrátu. Ten také rozhodujícím způsobem ovlivňuje vznik půdního typu (Němeček a kol., 1990; Vopravil a kol., 2012).

#### **3.2.1.1 Půdní typ**

Půda vzniká a vyvíjí se zvětráváním hornin a minerálů, působením fyzikálních, chemických a biologických faktorů. Jedná se o přírodní, trojrozměrný, dynamický útvar, který je složený z organické hmoty, minerálního podílu, vzduchu, vody a organismů (Zaujec a kol., 2009, Šimek, 2003 In: Altmann a kol., 2012).

Půdní typ je představen skupinou půd stejné povahy, produkce, přeměnami a ukládáním organických látek, se specifickým zvětráváním a syntézou minerálních a organo-minerálních sloučenin, stejným charakterem akumulace a migrace látek, se stejnou strukturou půdního profilu v kvalitativně podobných geografických podmínkách a s kvalitativně stejnorodým transformačním systémem. Přesná charakteristika půdního typu je tedy dána určitými diagnostickými horizonty, jejich sekvencí, anebo diagnostickými znaky. Přímý vliv na vznik diagnostického horizontu má půdotvorný proces a je přesně definován jako soubor vizuálních a analytických znaků s hraničními měřitelnými hodnotami (Němeček a kol., 2001 a 2011, In: Altmann a kol., 2012).

Pro všechny půdní typy je charakteristická určitá přirozená úrodnost, tedy kvalita a množství humusu, jeho rozmístění v půdním profilu a příslušný humusový režim. V průběhu pedogeneze je půdě dána přirozená úrodnost. Půdy stejného typu vznikly jedním dílčím půdotvorným pochodem, který vytvořil odpovídající diagnostický horizont, a v zásadě vyžadují podobná zúrodňovací opatření. Rovněž důležitý, při užší

klasifikaci půdního typu, je i vývoj dané půdy ve stejnorodých hydro-termických podmínkách geografického prostředí, na matečních substrátech podobného mineralogického složení a pod stejnou vegetací. Významným ukazatelem je půdní typ a jeho vlastnosti pro zemědělství. Obecně platí, že nejkvalitnějšími půdními typy jsou černozemě. Více než 45 % zemědělského půdního fondu tvoří kambizemě, které jsou v ČR nejrozšířenější (Altmann a kol., 2012).

### 3.2.1.2 Půdní druh

Mechanické složení, tj. procentické zastoupení jednotlivých velikostních frakcí zrn, dovoluje klasifikovat půdy na půdní druhy. Zrnitostní složení (textura) výrazně ovlivňuje konzistenční a technologické vlastnosti půd, zpracovatelnost, přilnavost, soudržnost a tím i půdní úrodnost. V praxi se často spojují tyto vlastnosti se zrnitostí. Půdy s vyšším obsahem písku se označují jako lehké, půdy s obsahem siltu jako střední a s obsahem jílu jako těžké. Tedy půdy lehce, středně a těžko obdělávatelné. Zrnitost půdy je morfologický znak, který ovlivňuje téměř všechny vlastnosti půdy, např. poměr vody a vzduchu, obsah a složení edafonu, velikost povrchové plochy a energie, kohezi a adhezi, chemické, fyzikálně-chemické a biochemické procesy v půdách (Jandák a kol., 2010).

Důležitou roli hraje charakter půdotvorného substrátu (minerální části pevné fáze půdy) a rychlost zvětrávání. Nejlépe se morfologické znaky genetických horizontů vyvíjejí na středně těžkých hlinitých substrátech. Ve štěrkovitých a kamenitých substrátech je jejich vývoj málo zřetelný. Na jílovitých substrátech pak pomalý. V důsledku závislosti zvětrávání na velikosti částic jsou rozdíly v mineralogickém složení různých velikostních frakcí zrn (Jandák a kol., 2010). Klasifikaci půdních druhů provádíme zrnitostním rozbohem ve frakci jemnozemě (< 2 mm) a hodnotíme podle zastoupení:

- *jílu (< 1  $\mu\text{m}$ , < 2  $\mu\text{m}$ ),*
- *prachu (< 1 či 2 – 50  $\mu\text{m}$ ),*
- *písku (50 – 2000  $\mu\text{m}$ ),*
- *jílnatých částic (< 0,01 mm).*

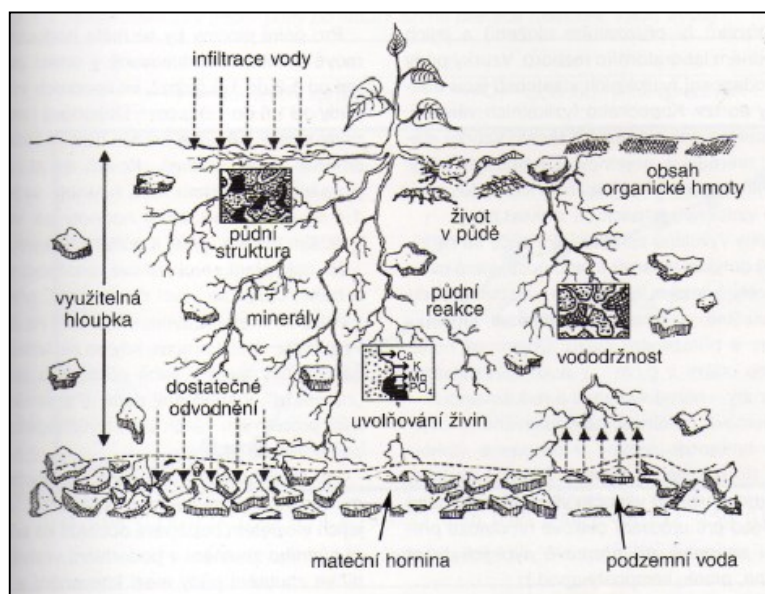
Zastoupení půdních druhů podle komplexního průřezu půd v ČR uvádíme v Tabulce 1.

**Tabulka 1: Zastoupení půdních druhů podle komplexního průzkumu půd v ČR (Jandák a kol., 2010)**

Půdní druhy ČR	% ZPF
Písčité až hlinitopísčité (lehké půdy)	19
Písčitohlinité až hlinité (půdy středně těžké)	59
Jílovitohlinité až jíly (půdy těžké)	17
Silně štěrkovité až kamenité	5

### 3.2.2 Klima

Dalším důležitým faktorem, který významně ovlivňuje směr, intenzitu a rychlost zvětrávání a pochodů v půdě a tím i půdní úrodnost, je klima (viz Obrázek 4). Na teplotě a rozvržení množství srážek během roku závisí, zda vlivem vzlínající vody dochází k vynášení látek (v suchém neboli aridním klimatu převládá výpar), nebo k vyluhování (ve vlhkém neboli humidním klimatu převládá infiltrace). Při tvorbě půd se podnebí neboli klimatický faktor, uplatňuje určujícím způsobem (Němeček a kol., 1990).



**Obrázek 4: Infiltrace vody do půdy a její vliv na půdní úrodnost (Hůla a Procházková, 2008)**



Na území ČR jsou klimatické podmínky dány polohou v mírném klimatickém pásmu, i přes to se mohou podnebné poměry jednotlivých částí území podstatně lišit. Projevuje se to v rozdílném vývoji půd na daném území. V zeměpisných šířkách ČR závisí klima především na nadmořské výšce, na expozici území k převládajícímu vzdušnému proudění i na dalších faktorech. Klimatický charakter je dán především průměrnými teplotami území a jejich průběhem během roku, dále pak ročním srážkovým úhrnem a jejich roční distribucí. Výrazně uplatňovat se může mocnost a délka trvání sněhové pokrývky a výše zmíněný větrný režim. Klima ČR lze označit za subkontinentální na východě a subatlantické na západě. S ohledem na interakci s jinými faktory a podmínkami půdotvorného procesu jsou vztahy mezi klimatem a půdotvorbou značně složité. Přesto lze zjednodušeně konstatovat, že klima teplé oblasti je příznivé černozemnímu (popřípadě zasolovacímu) půdotvornému procesu, klima mírně teplé oblasti pochodu vnitro-půdního zvětrávání a illimerizačnímu procesu a chladné klima nejčastěji podmiňuje podzolovací pochod (Tomášek, 2007).

### **3.2.3 Biologický faktor**

Podle Tomáška (2007) působí biologický faktor především prostřednictvím vegetace, která je jediným dodavatelem organické hmoty. Dále to je půdní edafon, hlavně půdní mikroorganismy, které jsou podmínkou tvorby humusu. Organický podíl obsahuje jak část živou, tak část neživou a má rozhodující vliv na vývoj půd a její úrodnost. Jedná se o dynamickou složku s rychlým tokem látek a energií, která určuje charakter vývoje půd. Živá složka zahrnuje půdní organismy patřící do rostlinné i živočišné říše. Mezi mikroflóru počítáme nižší rostliny – bakterie, aktinomycety, houby (zejména plísňe) a řasy. Půdní živočichy – zooedafon, dále dělíme na mikroedafon, který zahrnuje půdní prvoky, nálevníky, některé červy, a na makroedafon, který zahrnuje živočišné skupiny, jako jsou červi (žížaly), členovci (chvostoskok, stonožky, roztoči), měkkýši a někteří obratlovci (hmyzožravci a hlodavci). Na zpracování odumřelé organické hmoty má významný podíl edafon. Mechanicky i chemicky svou aktivitou edafon rozmělnuje a nakypřuje výchozí substrát, urychluje koloběh živin, přemísťuje a mísí organické zbytky s minerální složkou. Vliv vegetace na pedogenezi je však vyšší než vliv edafonu (Tomášek, 2007; Vopravil a kol., 2012). Neživá složka (organická hmota) – vzniká odumřením rostlin a živočichů žijících v půdě i na jejím povrchu (Sotáková, 1982).

### 3.2.4 Činnost člověka

Vliv člověka na půdu se může projevat různým způsobem (viz Obrázek 5). Pozitivní působení spočívá v růstu mocnosti půdy a jejího prohumóznění a v pozitivních fyzikálních, fyzikálně-chemických a biologických změnách půdních vlastností. V negativním smyslu slova přináší kultivační činnost člověka nežádoucí úbytek humusu v ornici, zvyšuje riziko vodní a větrné eroze, zhutňování, kontaminaci cizorodými a xenobiotickými látkami.



**Obrázek 5: Dvě varianty zpracování půdy ke kukuřici**  
(Hůla a Procházková, 2008, foto: I. Hirtman)

### 3.2.5 Reliéf

Velký vliv na vývoj půdy má nadmořská výška a tvar terénu. Podle nadmořské výšky rozlišujeme tzv. výškové stupně – nížiny a hornatiny. Tvary terénu jsou různé – *příkrý, mírný, rovinatý, konkávní nebo konvexní*. Proto v depresních polohách, kde dochází k akumulaci transportované zeminy, je větší pravděpodobnost zamokření a hydromorfního vývoje půdy. Zcela jinak se bude vyvíjet půda na příkrém svahu. Svažitost ovlivňuje erozi půdy i stupeň vláhy v půdě. Se svažitostí se zmenšuje ovlhčení

půdy a vzrůstá povrchový odtok. Důležitou roli hraje i orientace (expozice) ke světovým stranám. Půda na severním svahu, který je chladnější, se bude chovat jinak než na stejném svahu s teplou jižní expozicí (Vopravil a kol., 2012).

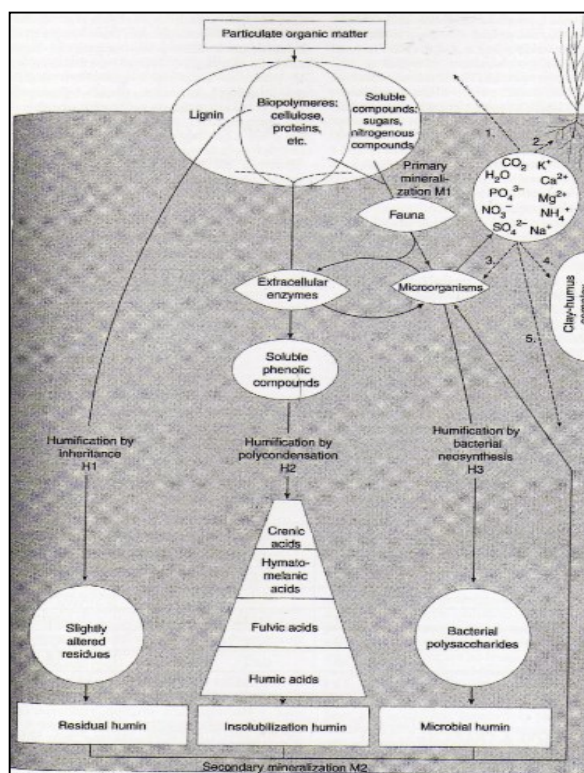
### 3.2.6 Půdní organická hmota

Jak bylo uvedeno v kapitole „Biologické faktory“, je půdní organická hmota hlavním zdrojem energie a živin pro většinu mikroorganismů a rostlin. Dělíme ji na část živou a neživou. I při relativně nízkém obsahu v půdě ovlivňuje organická hmota fyzikální a chemické vlastnosti půd více, než by se dalo očekávat. Na humifikované látky v organické hmotě připadá třetina i více celkové kationové výměnné kapacity a jejich kvalita a obsah ovlivňují další půdní vlastnosti (retenci vody, pórovitost, stabilitu půdních agregátů), jak uvádí Šimek (2003) a Altmann a kol. (2012). Zbytky rostlinných a živočišných organismů, které jsou v různém stupni rozkladu, se v širším slova smyslu považují za humusotvorný materiál. Je v půdě nebo na půdě a v různém stupni je s půdou smísen. Humus je ta část organické hmoty, která prošla procesem humifikace. Dále zde nacházíme látky rozdrobené, rozpuštěné i živé organismy. Složení půdní organické hmoty je dynamické a neustále se mění. Jednotlivé složky je často velmi složité oddělit. Neživá organická hmota tvoří většinou více než 90 % organického podílu půd, na živé organismy připadají obvykle méně než 4 hmotnostní procenta (Šimek, 2003). Rozlišujeme tři základní procesy vzniku půdní organické hmoty:

- ***mineralizace,***
- ***rašelinění (ulmifikace) a uhelnatění,***
- ***humifikace.***

***Mineralizace*** je nejkrajnějším procesem přeměny organických látek v půdě. Je to jejich úplný rozklad, proces vede k přeměně organické hmoty na jednoduché složky ( $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $NH_3$  a oxidy různých prvků). Probíhá při vyšších teplotách a za příznivých vlhkostních poměrů, tedy za nižšího obsahu vody, v silně provzdušených půdách lehčího charakteru. Při těchto podmínkách se silně rozvíjí činnost aerobních bakterií, které rozkládají organickou hmotu na výše uvedené složky. V těchto podmínkách se humus netvoří. Pokud se vyskytnou dočasné podmínky pro jeho tvorbu, je rychle rozkládán (Jandák a kol., 2010). Podrobně procesy mineralizace studoval Gobat et al (2004), který rozděluje

mineralizaci na dva typy, na mineralizaci primární (M1) a mineralizaci sekundární (M2) – viz Obrázek 6. V průběhu M1 jsou rozkládány cukry, tuky, aminokyseliny, polysacharidy a proteiny, které se ve formě  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  uvolňují do ovzduší, nebo slouží jako zdroj živin ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_3^{2-}$ ) rostlinám a mikroorganismům. Rovněž mohou být vázány na půdní sorpční komplex ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}^+$ ), případně mohou být vyplaveny z půdy do podzemních vod ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ). Primární M1 je tedy relativně rychlá, trvá týdny až několik let. Procesy humifikovaných organických zbytků označujeme jako M2 a tento proces je velmi pomalý (1 – 3 % z celkového množství humusových látek v půdě ročně). Humusové látky (HL) jsou velmi rezistentní a doba jejich mineralizace (rozkladu) je odhadována na desetiletí až století.

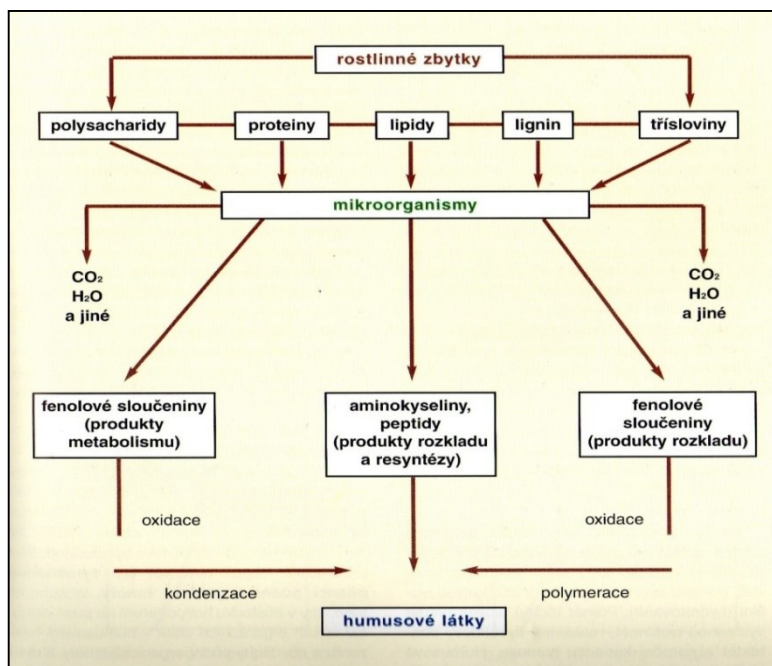


**Obrázek 6: Typy mineralizace a humifikace POH;**  
*modifikováno podle Gobat et al. (2004)*

**Rašelinění** a uhelnatění je druhým extrémem procesu přeměn organické hmoty v půdě. Rašelinění a uhelnatění probíhá za výrazně omezeného přístupu vzduchu, případně při anaerobních podmínkách, při nedostatečné oxidaci. Také se při tomto procesu

uplatňuje vysoká vlhkost, nízká teplota, kyselá reakce a nedostatek asimilovatelných živin. Rašelinění a uhelnatění organické hmoty je převážně procesem biochemickým a enzymatickým, jak uvádí Němeček a kol. (1990).

**Humifikace** je převážně anaerobní proces, při němž se tvoří „pravý“, nebo také „vlastní“, humus (viz Obrázek 7). Humifikace je soubor mikrobiologických, hlavně pak enzymatických a biochemických pochodů, při nichž se z meziproduktů rozkladu organické hmoty tvoří nové látky, které souborně označujeme jako huminové. Pro humifikaci je charakteristický rozklad a následná syntéza (polymerace) organického materiálu, výsledkem je vznik humusových látek (humusu). Jsou to látky koloidního charakteru, které se od sebe liší barvou, kyselostí, rozpustností/pohyblivostí, stabilitou, stupněm kondenzace a polymerace. Charakterizuje je vyšší obsah uhlíku k obsahu dusíku (10 : 1). Mají hnědou až černohnědou barvu a vlastnosti koloidů (Zaujec a kol., 2009; Jandák a kol., 2010).



**Obrázek 7: Tvorba humusu (Hůla a Procházková, 2008)**

V půdě plní humusové látky nezastupitelnou úlohu, protože spolu s anorganickým podílem vytváří organo-minerální komplexy a tím ovlivňují půdní chemismus a vazbu živin. Humusové látky představují soubor tmavě zbarvených organických dusíkatých

polyfunkčních látek kyselinové povahy, převážně koloidního charakteru, s vysokou molekulovou hmotností a relativně odolných vůči mikrobiálnímu rozkladu.

Skupinové a frakční složení humusu souvisí s chemickým složením humusových látek (HL) a daným půdním typem. Přesná chemická charakteristika je značně komplikovaná, protože se jedná o látky heterogenní, vysokomolekulární a koloidní povahy. Poprvé Oden (1919) a Tjurin (1951) využili známé rozpustnosti humusových látek v alkáliích a rozdělili humusové látky na skupiny v půdě různě sorbované a skupiny různě kondenzované. Ponormajová (1975) tento postup upravila a dělí humusové látky na skupiny podle chemických vlastností a formy vazby na minerální podíl na:

- ***HK a FK vázané na vápník a pohyblivé sesquioxidy,***
- ***HK a FK pevně vázané na minerální část půdy,***
- ***humíny (tj. nerozpustný nehydrolyzovatelný zbytek POH),***
- ***látky rozpustné v alkoholu (lipidy),***
- ***nespecifické sloučeniny a část HL uvolňujících se z půdy při dekalcinaci,***
- ***volné HK a FK rozpustné v 0,1M NaOH bez předchozí dekalcinace.***

Podle Kononové a Bělčikové (1963) rozumíme pod frakčním složením rozdělení humusových látek na specifické humusové látky (humínové nebo sekundární látky), nespecifické humusové látky (nehumínové nebo primární látky) a na meziproducty rozkladu. Nespecifické látky zahrnují organické sloučeniny, které jsou lehce rozložitelné a snadno odbouratelné mikroorganismy. Řadíme sem například organické sloučeniny, glycidy, bílkoviny, třísloviny, pektiny, vosky, tuky, pryskyřice. Tyto látky tvoří energetickou a živinnou zásobu půdy a na rozdíl od specifických humusových látek nejsou tmavě zbarveny. Podmínkou biologické aktivity půdy je tedy přítomnost nespecifických humusových látek. Tyto látky tvoří 10 – 15 % z celkové organické hmoty. Specifické humusové látky tvoří cca 85 – 90 % z celkové organické hmoty v půdě a jsou tvořeny vysokomolekulárními organickými sloučeninami. Jsou charakterizovány většinou tmavým zbarvením a vysokou biologickou rezistencí. Chemická skladba těchto látek není doposud dostatečně známa. Jejich třídění je založeno na základě jejich fyzikálních vlastností, rozpustnosti v kyselinách nebo zásadách, barvy, optických vlastnostech aj. Mezi specifické humusové látky řadíme *fulvokyseliny, humínové kyseliny, hymatomelanové kyseliny, humíny a humusové uhlí* (viz Obrázek 8).





Obrázek 8: Základní složky humusu (<http://af.czu.cz/penizek/prednasky.pdf>)

**Huminové kyseliny** (HK) – hromadí se v místě vzniku a jsou tmavé barvy. Typická je pro ně dobrá rozpustnost v louhu. Ve vodě jsou velmi slabě rozpustné. V kyselinách jsou nerozpustné. Základní složku huminových kyselin tvoří aromatické jádro fenolického nebo chinoidního typu s účastí cyklických a alifatických dusíkatých sloučenin. Elementární složení huminových kyselin závisí na půdním typu, podmínkách humifikace a chemickém složení rostlinných zbytků. Nejčastěji se pohybuje v rozmezí: uhlík 52 – 62 %, vodík 2,8 – 5,8 %, dusík 1,7 – 4,9 % a kyslík 31 – 39 %. Bylo dokázáno, že molekula huminové kyseliny obsahuje karboxylové skupiny (COOH) a hydroxylové nebo fenolové skupiny (OH). Při vyšším pH prostředí se více funkčních skupin zúčastňuje výměnných reakcí. S vodou vytváří huminové kyseliny koloidní roztoky. S jednomocnými kationty, jako jsou např.  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Li^+$ ,  $NH_4^+$ , vytváří lehce rozpustné soli. S dvoj- a trojmocnými kationty tvoří ve vodě nerozpustné soli. Následkem toho se huminová kyselina účastní jako stmelovací látka při tvorbě půdních agregátů a nemigruje rychle půdním profilem (vyjma půdy nasycené iontem Na). Huminové kyseliny se vyznačují vysokou sorpční schopností (průměrně 400 – 600 mmol/100g HK) a mají porézní stavbu. Molekulová hmotnost se pohybuje v rozmezí 5 000 – 600 000 (Orlov, 1985). Hatcher (2003) předpokládá, že huminové kyseliny představují organické supra-molekuly s cyklickou stavbou a vlastnostmi kyselin, které vznikají transformací rostlinných biopolymerů (Klimo, 1990; Piccolo, 2002; Pospíšilová a Tesařová, 2009).

**Hymatomelanové kyseliny** – svými vlastnostmi se podobají huminové kyselině. Tento pojem zavedli Hoope a Seyber (In: Sotáková, 1982) a označili jím látky, které se izolují z „nově vytvořených“ huminových kyselin alkoholovou extrakcí (Orlov, 1985). Mohou vznikat z huminových kyselin nebo při syntéze lehce rozložitelných organických zbytků, resp. při oxidačně redukčním rozkladu humusových látek, za přítomnosti kyslíku a při určité vlhkosti. Má podobné vlastnosti jako huminová kyselina, rozdíl je v chemickém složení (má vyšší obsah C – nad 60 %) a v jednodušší stavbě makromolekuly. Obsahují funkční skupiny  $-COOH$ ,  $-OH$ ,  $-OCH_3$  (Pospíšilová a Tesařová, 2009; Klimo, 1990).

**Fulvokyseliny (FK)** – mají žlutou až hnědou barvu, lehce se přemísťují v půdním profilu, protože jsou velmi pohyblivé. Charakteristická je pro ně dobrá rozpustnost ve vodě, minerálních kyselinách, louzích i v roztocích hydrolytických zásaditých solí. Oproti huminovým kyselinám se liší jednodušší stavbou makromolekuly i celkovým složením. Silně kyselé roztoky FK mají pH v rozmezí 2,6 – 2,8. Obsahují 40 – 52 % uhlíku, 4 – 6 % vodíku, 2 – 6 % dusíku a 40 – 48 % kyslíku. Obsah popelovin kolísá v rozmezí 2 – 8 %. Výměnný vodík karboxylových skupin představuje hodnotu 600 – 900 mmol/100g FK. Fulvokyseliny jsou dobře rozpustné ve vodě a agresivně působí na minerální část půdy, kterou zároveň ochuzují o živiny a koloidní látky. Molekulová hmotnost je 200 až 50 000 (Pospíšilová a Tesařová, 2009; Zaujec a kol., 2009).

**Huminy a humusové uhlí** – představují silně karbonizovanou organickou hmotu, která je pevně vázána na minerální podíl půdy, z tohoto důvodu se ani mnohonásobnou extrakcí alkáliemi z dekalcinované (zbavené vápníku) půdy nadají získat. Huminy jsou často označovány jako nerozpustné formy huminových kyselin. Humusové uhlí je nejstarší, vývojově kulminující složka produktů humifikace. Jedná se o zuhelnatělou hmotu tmavé barvy bohatou na uhlík a dusík, která nepeptizuje, nehydrolyzuje, nerozpouští se, ani se nezúčastňuje půdotvorného procesu, a proto ztratila funkci pravého humusu (Pospíšilová a Tesařová, 2009).



### 3.3 Půdní živiny

Za zdroj živin v půdě považujeme mateční horninu, půdní organickou hmotu, hnojiva a ostatní hnojivé hmoty, popř. zbytky rostlin a půdní živěny. Živiny z matečních hornin se dostávají do půdy zvětráváním. Intenzita zvětrávání hornin a zastoupení živin v matečních horninách ovlivňují celkový obsah živin v půdě neboli tzv. minerální sílu půdy. Především hnojením může být potlačen vliv matečních hornin na minerální sílu půd. Minerální síla přímo neovlivňuje výživu rostlin, neboť z celkového jejich obsahu v půdě je rostlinám přístupný jen velmi malý podíl živin. Tento podíl se většinou pohybuje u hořčíku a fosforu do 5 %, u draslíku do 10 % celkového obsahu – viz Tabulka 2.

**Tabulka 2: Třídění půd podle minerální síly (Novák, 1954 In: Zaujec a kol., 2009)**

Živiny	Hmotn. %				
	nedostatečný	malý	dostatečný	dobrý	nadbytečný
CaO	< 0,64	0,64 – 3,3	3,3 – 6,4	6,4 – 19,1	> 19,1
K <sub>2</sub> O	< 0,72	0,72 – 2,2	2,2 – 3,6	3,6 – 7,2	> 7,2
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	< 0,07	0,07 – 0,23	0,23 – 0,31	0,31 – 0,81	> 0,81
MgO	< 0,43	0,43 – 2,1	2,1 – 4,31	4,31 – 12,9	> 12,9

Významným zdrojem živin jsou minerální hnojiva. Takto účelně dodáváme živiny do půdy s cílem zvýšení obsahu přístupných živin, nikoli rozšíření celkové zásoby živin v půdě. Z tohoto důvodu má většina hnojiv živiny v rozpustných formách. V průmyslových hnojivech přivádíme v současné době na 1 ha zemědělské půdy v průměru 100 kg dusíku (N), 33 kg fosforu (P) a 67 kg draslíku (K). Menší množství dusíku se dostává do půdy atmosférickými srážkami (deštěm, sněhem, mlhou), které v našich podmínkách činí 5 až 20 kg.ha<sup>-1</sup> ročně, popř. síry a některých dalších živin (Baier a Baierová, 1985).

### 3.3.1 Makroprvky

Makroprvky, nebo také makroživiny, jsou prvky, jejichž obsah v zemské kůře obvykle přesahuje  $1 \text{ g.kg}^{-1}$ . Řadíme sem *uhlík, vodík, kyslík, dusík, fosfor, síra, vápník, hořčík, draslík a chlor* (Šimek, 2003).

Německý biolog J. Liebig (1840), zabývající se fyziologií rostlin, si všiml, že rozhodující prvek pro růst rostlin je ten, který se v prostředí nachází v minimu, resp. kterého je nedostatek. Na základě zjištění tohoto faktu definoval tzv. Liebigův zákon minima – viz Obrázek 9 (Laštůvka a Krejčová, 2000).



Obrázek 9: *Liebigův zákon minima* (<http://www.priroda.cz>)

#### 3.3.1.1 Uhlík

Uhlík je základem života na Zemi a také ústředním prvkem veškeré biomasy. Všechny organické látky obsahují uhlík. Velký význam v cyklu uhlíku hrají mikroorganismy, což platí i pro půdní mikroorganismy. Úlohou mikroorganismů je zabezpečit rozklad (mineralizaci) odumřelých tkání všech organismů. Tím se uhlík, dusík a ostatní živiny opět zpřístupňují pro nové organismy a tvorbu nové biomasy. Půdy obsahují velké množství uhlíku. Brady a Weill (1999) uvádějí, že v organických látkách je v půdě vázáno

asi 2400 Pg (= petagram, 1Pg =  $10^{15}$  g) uhlíku. Vedle organických sloučenin se v půdách vyskytuje uhlík také v anorganických látkách, především v uhličitanech (Brady a Weil, 1999). Mnoho faktorů ovlivňuje množství uhlíku (i dusíku) v půdě, k nejvýznamnějším patří teplota a srážky. Při vyšších teplotách dochází k rychlejšímu rozkladu organických látek, a tedy k nižšímu obsahu uhlíku. V půdách s vyšší vlhkostí bývá větší obsah uhlíku. Obsah uhlíku je dále ovlivňován kultivací, agrotechnikou a hnojením (Šimek, 2003).

### **3.3.1.2 Dusík**

Dusík je jedna z hlavních živin, je nepostradatelný pro tvorbu biomasy a životní funkce buněk všech organismů. Je to jedna ze složek biomolekul včetně bílkovin (je nezbytným prvkem všech aminokyselin), ribonukleových (RNA) a deoxyribonukleových (DNA) kyselin, chlorofylu, chitinu, peptidoglykenů (tvořících buněčné stěny) a dalších látek včetně enzymů (Šimek, 2003). Celkový obsah dusíku v půdě se pohybuje v rozmezí od 0,02 až do 0,40 %. Vyšší podíl můžeme najít v rašelinných půdách. Ornice v ČR obsahují okolo 0,10 – 0,20 % dusíku. Nejlépe jsou dusíkem zásobeny černozemě a hnědozemě.

Hlavním zdrojem dusíku v půdě jsou organické dusíkaté látky dodávané do půdy ve formě organických hnojiv, rostlinné zbytky a vzdušný dusík poutaný hlízkovými bakteriemi. Převážná část půdního dusíku se nachází z 95 až 99 % v organických vazbách, zbytek ve formě minerální (nitrátové a amoniakální), přístupné pro rostliny. Převod z minerální formy do organické a naopak je závislý především na mikrobiální činnosti půdy, na fyzikálním a chemickém stavu půdy, ale i na povětrnostních podmínkách. Mikrobiální činností se z organických látek za příznivých podmínek ročně uvolňuje (mineralizuje) do forem přístupných rostlinám 60 až 160 kg minerálního dusíku ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) na 1 hektar. Amoniakální dusík  $\text{NH}_4^+$  vzniká amonizačními procesy, nitrifikačními procesy je přeměněn na nitrátový dusík  $\text{NO}_3^-$ . Rychlost mineralizace organicky vázaného dusíku je dána poměrem C/N, jak uvádějí Baier a Baierová (1985). Při užším poměru se dusík uvolňuje rychleji. Rozsah mineralizace organického dusíku je ovlivňován především:

- *půdní reakcí a živinným režimem půdy,*
- *množstvím organické hmoty,*

- *vodním, vzdušným a teplotním režimem půdy,*
- *jejím složením, zejména poměrem C/N.*

Nedostatečné zásobení rostlin dusíkem má za následek snížení obsahu dusíkatých látek v rostlině a rostliny se slabě vyvíjí. Barva listů se mění od bledě zelené do žluté podle stupně nedostatku N (viz Obrázek 10). Při delším nedostatku dusíku spodní listy žloutnou a zasychají. Pokud dojde k přehnojení dusíkem, rostliny jsou tmavě zelené, ale do generativní fáze nastupují později (Zimolka a kol., 2008; Richter a Hlušek, 1999).



**Obrázek 10: Deficit dusíku u kukuřice (<http://web2.mendelu.cz>)**

### **3.3.1.3 Fosfor**

Celkové množství fosforu v půdě se obvykle pohybuje od 0,03 do 0,13 %, ojediněle do 0,20 %. Větší část fosforu je v půdě v pevné fázi (v anorganických a organických vazbách), pouze malý podíl je rozpuštěn v půdním roztoku, popř. výměně sorbován. Anorganické vazby bývají pro rostliny většinou těžko dostupné. Pouze dihydrogen-fosforečnan vápenatý  $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2]$ , rozpustný ve vodě, je lehce přístupný pro rostliny. Hydrogen-fosforečnan vápenatý  $[\text{CaHPO}_4]$  je méně přístupný a fosforečnan vápenatý  $[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]$  je těžko přístupný. Do určité míry je dostupnost fosforu podmíněna i druhem rostlin. Některé druhy plodin mají schopnost opatřovat si fosfor i z hůře přístupných forem. Bohaté prokořenění rostlin může výrazně zvýšit příjem fosforu.

Na významu nabývá i půdní vlhkost, neboť při nedostatku vláhy se výživa fosforem zhoršuje. U nás je velké množství půd nedostatečně zásobeno přístupným fosforem.

Projevy nedostatku fosforu jsou zpočátku nenápadné. Je omezen rozvoj kořenů u rostlin a dochází k méně intenzivnímu rozvoji nadzemní fytomasy – viz Obrázek 11 (Zimolka a kol., 2008; Richter a Hlušek, 1999).



**Obrázek 11: Deficit fosforu u mladých rostlin kukuřice (<http://web2.mendelu.cz>)**

#### **3.3.1.4 Draslík**

V půdě může celkový obsah draslíku dosáhnout až 2,50 %. Je silně závislý na přítomnosti jílových minerálů, které jsou hlavními nosiči draslíku a na složení mateční horniny. Zpravidla vyšší obsah draslíku mají jílovité půdy než půdy písčité. Draslík se nachází v půdě v různých vazbách. Z hlediska přístupnosti pro rostlinu vymezuje tyto skupiny a formy:

- **nevýměnný,**
- **výměnný,**
- **vodorozpustný.**

Vodorozpustný draslík je pro rostliny z půdního roztoku lehce přijatelný, zároveň je to nejlabilnější forma, která snadno podléhá vyplavování. Výměnný draslík, poutaný

fyzikálně-chemickým sorpčním komplexem, tvoří zásobárnu této živiny, ze které se postupně uvolňuje do půdního roztoku, nedochází tedy k výraznějšímu nepříznivému zvýšení koncentrací solí a je chráněn před vyplavením. Čím méně draslíku ve výměnném stavu půda obsahuje, tím je vazba výměnného draslíku na půdní koloidy pevnější (Baier a Baierová, 1985).

Při nedostatku draslíku je pro rostliny typický omezený vývoj listů a postupně se mění celý habitus rostliny (viz Obrázek 12). Již mírný nedostatek způsobuje omezenou tvorbu bílkovin, cukru a škrobu v rostlinách. Větší nedostatek draslíku se projevuje postupným zasycháním okrajů starších listů, které nekrotizují v proužcích, postupně se spojují do velkých ploch, až celý list odumře (Zimolka a kol., 2008).



**Obrázek 12: Deficit draslíku – zaschnutí habitu pšenice ozimé**  
(<http://web2.mendelu.cz>)

### **3.4 Kompost**

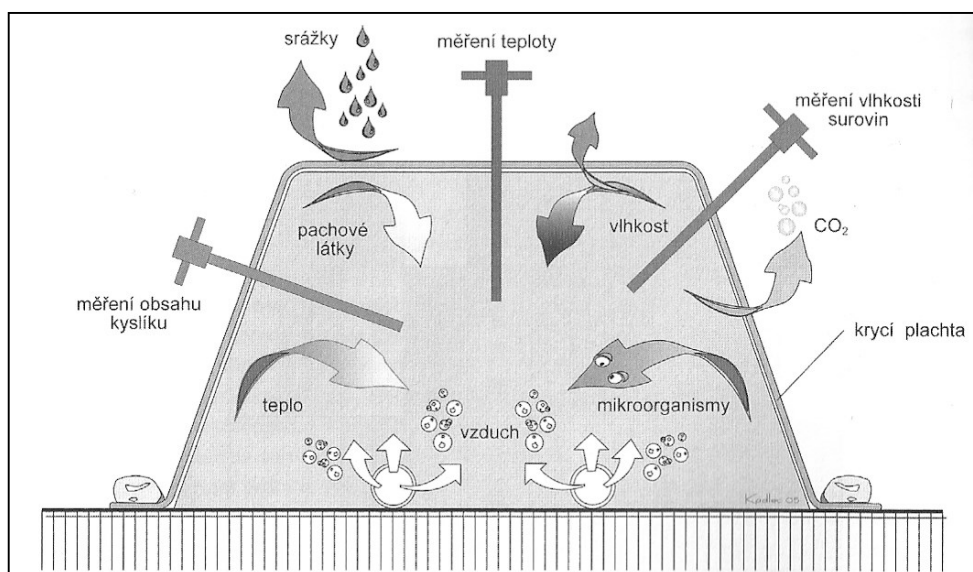
Přeměna organické hmoty na kompost představuje biochemický proces v aerobním nebo anaerobním prostředí. Podle zvoleného režimu se liší průběh procesu, složení přítomných mikroorganismů a produkty metabolismu. Každý režim má své výhody i nevýhody. Anaerobní proces probíhá bez přístupu vzdušného kyslíku a výsledným produktem metabolismu bakterií je metan. U aerobního procesu, který vyžaduje dostatečné množství vzduchu, je výsledkem stabilizovaná surovina – kompost. Proces se



označuje i jako aerobní kompostování a je podstatně rychlejší než anaerobní proces. Čas potřebný pro přeměnu organických odpadů na stabilizovaný kompost závisí na několika faktorech. Dobu rozkladu organických surovin ovlivňuje především poměr C/N, vlhkost, teplota, obsah kyslíku v zakládce a charakter kompostované biomasy. Délka periody kompostování závisí na předpokládaném použití výsledného produktu. V některých případech není potřeba zcela stabilizovaný kompost, např. při aplikaci kompostu v dostatečné době před setím, která zaručí jeho dozrání na poli. Obecně platí, že méně zralé komposty jsou dobrým zdrojem rostlinných živin, naopak dokonale vyztřelé komposty zvyšují účinek minerálních hnojiv. Úplného rozkladu a stability organických látek je možné dosáhnout obvykle při ideálních kompostovacích podmínkách během několika týdnů, ale doporučuje se tuto periodu prodloužit na dobu delší než 2 měsíce. Podrobnou charakteristiku jednotlivých fází kompostování uvádí Filip (2006).

K zajištění optimálního průběhu kompostovacího procesu je zapotřebí monitorovat určité fyzikálně-chemické, chemické a mikrobiologické vlastnosti zpracovávaných surovin, resp. kompostu – teplotu, vlhkost, obsah kyslíku, stabilita a zralost kompostu, chemické a mikrobiologické vlastnosti vzniknutého kompostu – viz Obrázek 10.

Plíva a kol. (2009) uvádějí, že celý proces se zjednodušeně vyjadřuje obecnou rovnicí:

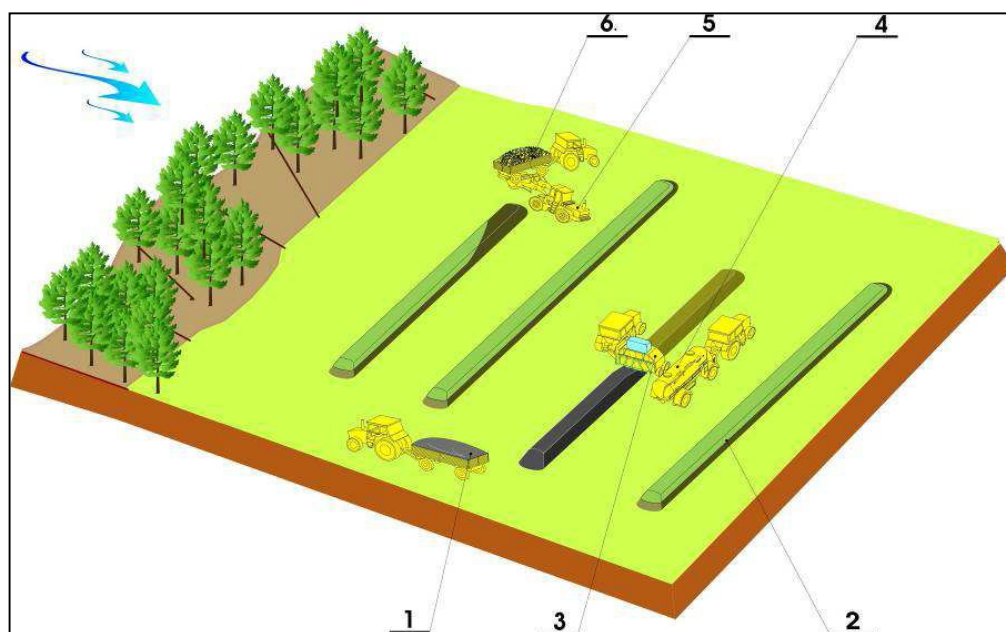


**Obrázek 13: Hodnoty monitorované při kompostování (Plíva a kol., 2009)**

Účelem kompostování (viz Obrázek 14) není úplná biodegradace všech složek. Měla by proběhnout jen v takovém rozsahu, aby se kompostované suroviny biologicky stabilizovaly, tzn., že by již neměly dále podléhat biodegradaci a nemohou v nich započít patogenní procesy, jako např. hniloba. Kompost, biologicky dobře stabilizovaný produkt, již žádným způsobem neohrožuje vodu, půdu, ovzduší, je možno jej zapravit do půdy, protože nevykazuje známky toxicity. V půdě může proběhnout další biodegradace až do konečného stupně (Altman a kol., 2012).

Podle Procházkové (2011) je pro aerobní kompostování nutné zabezpečit vhodné podmínky rozvoje organismů:

- *vhodný poměr C/N – optimální hodnota (20 – 35) / 1,*
- *optimální vlhkost směsi 40 – 65 %,*
- *vhodné chemické složení, správný poměr mezi organickými a anorganickými látkami, přípustný rozsah cizorodých látek,*
- *optimální přívod vzduchu,*
- *vhodnou granulometrii částic a strukturou surovin (drcení, štěpkování).*



Obrázek 14: Ukázka kompostování přímo na poli (Plíva, 2009)



Rozdělení kompostů (Richter a Hlušek, 1999):

- *podle tvarování – na přeorávku, krechťové*
- *podle místa, kde jsou vyrobeny – statkové a průmyslové*
- *podle doby – krátkodobé a dlouhodobé.*

**Statkové komposty** obohacují půdu organickou hmotou, která je důležitá při recyklaci živin. Zakládají se v zemědělském provozu ve formě krechtů, s výškou 160 – 180 cm a šířkou základny 3 až 4 m. Za zdroj lze považovat všechny organické odpady ze zemědělské výroby (sláma, bramborová nať, listí ze stromů, řepkovina, makovina, poškozená krmiva, stařina luk, drn apod.). Následně se přidávají různé anorganické hmoty (rybniční bahno, zemina, odpadní vápna, popely, zemina po praní cukrovky). Jako mikrobiální substrát používáme hnůj, kejdu nebo močůvku (viz Obrázek 15). Kompost se zakládá na urovnané a utužené ploše. První vrstva je tvořena savým materiálem, nejčastěji 20 – 30cm vrstvou slámy, na kterou se vrství další komponenty. Buď ihned při zakládání kompostu (náročné na ruční práci), nebo po předchozím uložení do vrstev pomocí mechanizačních prostředků, se provádí důkladné promíchání organické hmoty se zemínou. Kompost chráníme před vyschnutím zálivkou (vodou, kejdou, močůvkou) tak, aby zrání uvnitř hromady probíhalo při teplotě zhruba 45 °C (teplota by neměla překročit 60 °C). Během zrání, které obvykle trvá 3 – 4 měsíce, je zapotřebí provést 3krát až 4krát zálivku. Během doby zrání je potřeba materiál alespoň 1 – 2krát překopat. Při použití těžce rozložitelné organické hmoty trvá zrání 1 – 2 roky.



**Obrázek 15: Překopávka kompostu s aplikací kejdy skotu (Kovaříček a kol., 2012)**

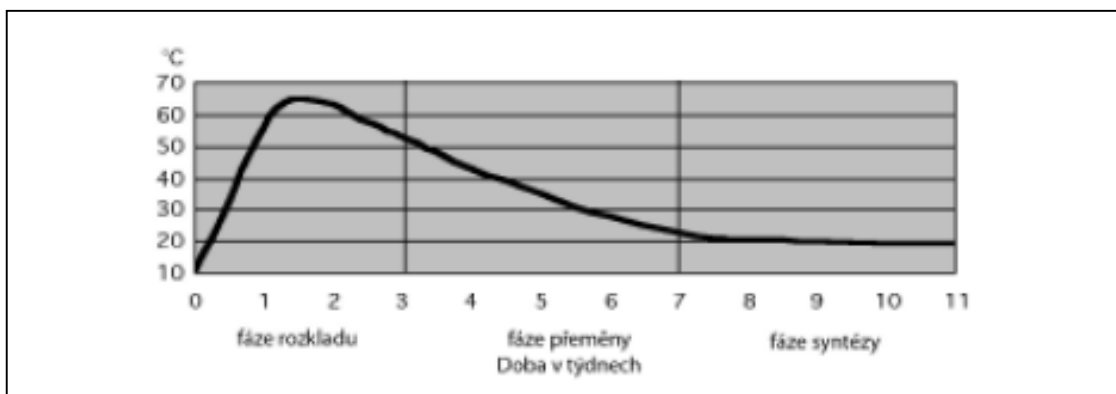
**Průmyslové komposty** se vyrábějí ve speciálních závodech – kompostárnách – průmyslovým způsobem, s využitím různých druhů odpadních mimozemědělských hnojivých hmot. Surovinami jsou jednak přírodní zdroje (rybniční bahno, kapucín, rašelina) a různé průmyslové a městské odpadní látky s dostatečným obsahem organických látek a živin, které musí vyhovovat požadavkům ČSN.

**Speciální komposty** mají vyhraněné fyzikálně-chemické a biologické vlastnosti, které odpovídají potřebám zahradnických kultur. Podle druhu organické hmoty, ze které jsou vyráběny, jsou odvozeny jejich názvy – např. listovka, rašelinovka, pařeništní zemina, drnovka aj., jejich využití je omezeno pouze na zahradnictví (Richter a Hlušek, 1999).

Jedním z nejdůležitějších kritérií pro použití odpadů ke kompostování je obsah těžkých kovů v nich. Mezi nejběžněji se vyskytující patří Pb, Cr, Cd, As a jiné. Proto odpady s možným výskytem těchto prvků, používáme pro přípravu kompostů opatrně (např. rybniční bahno, kanalizační kaly a kaly z čištění odpadních vod).

Lepší kvalitu kompostů je možno zajistit průmyslovými hnojivy, průmyslovými odpady apod. Během zrání je potřeba komposty ošetřovat, přehazovat a prokalovat, aby se urychlil průběh humifikace. Dlouhotrvající anaerobiózou nesmí dojít k poškození mikroflóry.

Hlavní zásadou kompostování je provzdušňování kompostu a vytváření aerobních podmínek. Mikroorganismy, přeměňující organickou hmotu při kompostování, mají značné nároky na kyslík a produkují oxid uhličitý. Je zapotřebí, aby technologie kompostování umožnila výměnu plynů mezi zrajícím kompostem a okolím tak, aby v kompostu byl dostatek čerstvého vzduchu s kyslíkem (vzdušného kyslíku). Minimálně 6 objemových procent by měl být obsah vzdušného kyslíku ve vzdušných pórech zrajícího kompostu. Nově založený kompost by neměl být převlhčený. Naopak se vyžaduje, aby byl porézní, kyprý a musí obsahovat dostatek kyslíku pro počáteční nastartování procesu (Plíva a kol., 2009). Správný průběh teploty kompostování uvádíme na Obrázku 16.



Obrázek 16: Správný průběh teploty při kompostování (Hejátková a kol., 2007)

### 3.5 Referenční třída kambisoly

Půdy s typickým výrazným braunifikovaným či pelickým diagnostickým horizontem, vytvořeným v hlavním souvrství svahovin z přemístěných zvětralin zpevněných či pevných hornin nebo v analogickém souvrství jiných substrátů (šterkopísky, zahliněné písky), se širokou škálou zrnitosti, acidifikace a vyluhování, s možností výskytu všech typů nadložního humusu a několika typů humózních horizontů, jako např. melanický, andický, umbrický (Kozák a kol., 2009). Další subtypy kambizemí uvádíme na Obrázku 17.

7. KAMBISOLY	KAMBIZEM KA	<ul style="list-style-type: none"> <li>m modální</li> <li>l luvícká</li> <li>n melanická</li> <li>u umbrická</li> <li>b andická</li> <li>j chromická</li> <li>g oolejená</li> <li>q glejová</li> <li>f fluvická</li> <li>v vyluhovaná</li> <li>d dvstrická</li> <li>t litická</li> <li>r arenická</li> <li>p pelická</li> <li>y psefitická</li> <li>s rankerová</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>e<sup>+</sup> eubazická</li> <li>a<sup>+</sup> mesobazická</li> <li>z<sup>+</sup> podzolovaná</li> <li>n<sup>+</sup> mělce melanická</li> <li>u<sup>+</sup> mělce umbrická</li> <li>g<sup>+</sup> slabě oglejená</li> <li>q<sup>+</sup> slabě (hluboko) glejová</li> <li>x<sup>+</sup> hořečnatá</li> <li>b<sup>+</sup> eutrofní</li> <li>d<sup>+</sup> Subvarieta: oligotrofní</li> <li>m<sup>+</sup> Subvarieta: mesotrofní</li> </ul>	
	PELOZEM PE	<ul style="list-style-type: none"> <li>m modální</li> <li>n melanická</li> <li>g oolejená</li> <li>v vyluhovaná</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>n<sup>+</sup> mělce melanická</li> <li>g<sup>+</sup> slabě oglejená</li> <li>e<sup>+</sup> eubazická</li> <li>a<sup>+</sup> mesobazická</li> <li>d<sup>+</sup> Subvarieta: oligotrofní</li> <li>m<sup>+</sup> Subvarieta: mesotrofní</li> </ul>	

Obrázek 17: Subtypy kambizemí a pelozemí (<http://klasifikace.pedologie.cz>)

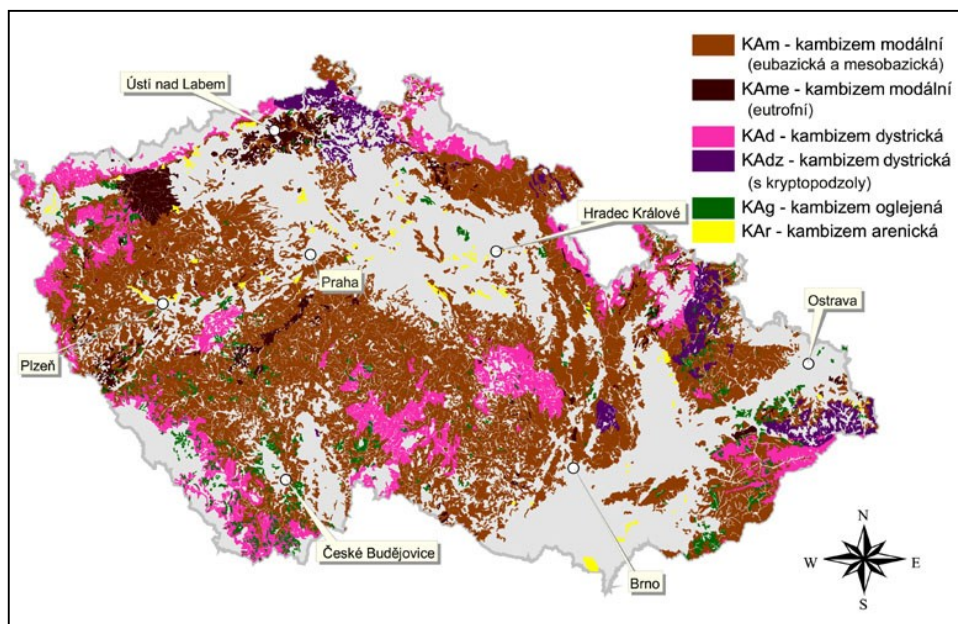
### 3.5.1 Kambizem

Půda se stratigafií O-Ah nebo Ap-Bv-IIC, s kambickým hnědým (braunifikovaným) horizontem, vyvinuté v hlavním souvrství svahovin sedimentárních, metamorfických a magmatických hornin, ale i jim odpovídajících souvrstvích, v nezpevněných lehčích až středně těžkých sedimentech. V kambickém horizontu i výrazněji vyvinuté pedy postrádají jílové povlaky neboli argilany ([www.pedologie.cz](http://www.pedologie.cz)).

Kambizemě jsou nejrozšířenějším půdním typem na našem území. Jsou zastoupeny jak v pahorkatinách a vrchovinách, tak i v horách, méně se uplatňují v nížinách. Převažuje klima humidnější, mírně teplé, roční úhrn srážek se obvykle pohybuje mezi 500 až 900 mm, průměrná roční teplota mezi 4 až 9 °C.

Původní vegetaci tvořily listnaté lesy (dubohabrové až horské bučiny). Jako matečný substrát se uplatňují téměř všechny horniny skalního podkladu (ruly, žuly, svory, pískovce, čediče, fylity, břidlice, „odvápňené“ opuky a jiné). Kambizemě jsou nejvíce rozšířeny mezi 450 až 800 m n. m. a vázány nejčastěji na členitý reliéf: svahy, vrcholy, hřbety apod. Poměrně časté jsou však na terasových štěrcích a píscích, které se nejvíce uplatňují v nízkých rovinatých polohách. Kambizemě se vyskytují v různých nadmořských výškách, s tím jsou spojeny rozdílné klimatické poměry, které ovlivňují jejich vývoj. Proto rozlišujeme kambizemě nižších (300 – 600 m n. m.) a vyšších (600 – 1000 m n. m.) poloh. V důsledku rychlejší mineralizace obsahují kambizemě nižších poloh méně humusu, do 3 % v ornici, ale také více jílu než horské půdy. Vyznačují se vyššími hodnotami pH/KCl (nad 5,0) a vyšší nasyceností půdního sorpčního komplexu, nad 50 %, (horské zpravidla méně než 50). Kvalita humusu směrem do nižších oblastí vzrůstá. Skeletnatost kambizemí má tyto zákonitosti: od bazických ke kyselým horninám obsah skeletu stoupá, nižší obsah je zaznamenán u metamorfovaných hornin; do hloubky profilu nemusí obsah a velikost skeletu stoupat (Zaujec a kol., 2009).

Při vzniku kambizemí je hlavním půdotvorným pochodem intenzivní vnitropůdní zvětrávání. Vývojově jsou to mladé půdy, které by v méně členitých terénních podmínkách přešly po delší době v jiný půdní typ – hnědozem, illimerizovanou půdu, podzol aj. Dříve byly v klasifikačních systémech tyto půdy značeny jako slabě podzolované (Tomášek, 2007). Zastoupení kambizemí je uvedeno na Obrázku 18.



Obrázek 18: Mapa výskytu kambizemí v ČR (<http://klasifikace.pedologie.cz>)

### 3.5.2 Humus kambizemí

Kambizemě jsou nejrozšířenějším půdním typem v ČR. Vyskytují se v oblastech pahorkatin, vrchovin, pohoří, v různých nadmořských výškách a klimatických podmínkách, i na odlišných matečních horninách. Vzhledem k značnému rozšíření kambizemí v různých geografických polohách rozlišujeme kambizemě nižších poloh v nadmořské výšce 300 – 600 m a kambizemě vyšších poloh v nadmořské výšce nad 600 m. Rozdílné vlhkostní a teplotní poměry, pestrost matečních hornin ovlivnily značnou odlišnost mocnosti humusového horizontu, humóznosti celého profilu, vlastností a složení humusových látek. Nejrozšířenějšími substráty jsou vícevrstevné svahoviny, často štěrkovité až kamenité. Je zde poměrně intenzivní koloběh látek. Přeměna organických zbytků je spjata s tvorbou většího množství nízkomolekulárních organických sloučenin, fulvokyselin a huminových kyselin s nižším stupněm kondenzace. Nízkomolekulární organické sloučeniny a fulvokyseliny v profilu migrují, ne však do velké hloubky, neutralizují se volnými  $R_2O_3$  a dvojmocnými kationty. Na poutání organických látek v humusovém horizontu se často podílejí jílové minerály. Nízkomolekulární organické sloučeniny a fulvokyseliny se aktivně účastní vnitropůdního zvětvávání, podílí se na mobilizaci  $R_2O_3$ , na hnědnutí, tvorbě a přeměně jílu. Při vyšší biologické aktivitě kambizemí nižších poloh je výraznější mineralizace a přesto slabší

akumulace humusu. S nižší akumulací humusu souvisí i menší tvorba nízkomolekulárních organických sloučenin. Slabší vyluhování podporuje větší akumulaci biogenních prvků, jejich intenzivnější koloběh a to nejen při kultivaci. Při podstatně nižší biologické aktivitě kambizemí vyšších poloh se akumuluje větší množství organických látek. Nedostatečná mineralizace umožňuje tvorbu nízkomolekulárních organických sloučenin, které pronikají hluboko do půdního profilu. Pro tento typ kambizemí je charakteristická slabá akumulace biogenních prvků, nenasycenost půdního koloidního komplexu na kationty, intenzivní vyluhování a při nízké intenzitě kultivace i slabší biologický koloběh látek.

Kvůli značně odlišným podmínkám, ve kterých se kambizemě vyskytují, je i značně kolísavý obsah humusu, který odpovídá 0,8 – 3,9 %  $C_{ox}$ . S podmínkami tvorby kambizemí souvisí i nevyrovnané zastoupení humusových látek v profilu. Z charakteristiky kvalitativního složení humusu vyplývá, že převládají fulvokyseliny, poměr  $C_{HK}/C_{FK}$  představuje průměrnou hodnotu 0,75 v humusovém horizontu a v hlubších částech profilu klesá až na 0,1 – 0,3. Zvýšený obsah fulvokyselin a nízkomolekulárních organických sloučenin ve větších hloubkách dokazuje jejich migraci. Frakční složení humusových látek kambizemí ukazuje výraznou migraci nízkomolekulárních organických sloučenin v profilu. Intenzita migrace stoupá od nasycených půd přes kyselé až po podzolované. Z agronomického hlediska představují kambizemě velmi rozmanitou skupinu s nejrůznějšími limitujícími činiteli úrodnosti. V popředí stojí celková hloubka profilu, mocnost humusového profilu, obsah humusu a jeho složení. Vyžadují pozornost vzhledem k organickému podílu, kyselosti a ochraně proti erozi (Sotáková, 1982).

## 4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### 4.1 Objekt studia

Níže uvádíme charakteristiku přírodních a půdních poměrů na vybraných lokalitách. Dlouhodobé pokusy jsou zaměřeny na sledování vlivu kompostu a změnu chemických, fyzikálních a biologických vlastností. Objektem studia jsou tři subtypy kambizemí s rozdílným způsobem obhospodařování:

- *kambizem modální (Malonty) – klasická orba,*
- *kambizem oglejená (Desky) – minimalizace,*
- *kambizem modální (Rapotín) – trvalý travní porost.*

#### 4.1.1 Lokalita Malonty

**Půdní typ: kambizem modální (KAm)**

**Poloha:** Obec Malonty se nachází v okrese Český Krumlov, jihočeský kraj, 10 km jihovýchodně od Kaplice

**Reliéf:** střední část svahu

**Využití:** orná půda – porost pšenice

**Klimatický region:** MT3

**Půdotvorný substrát:** rula

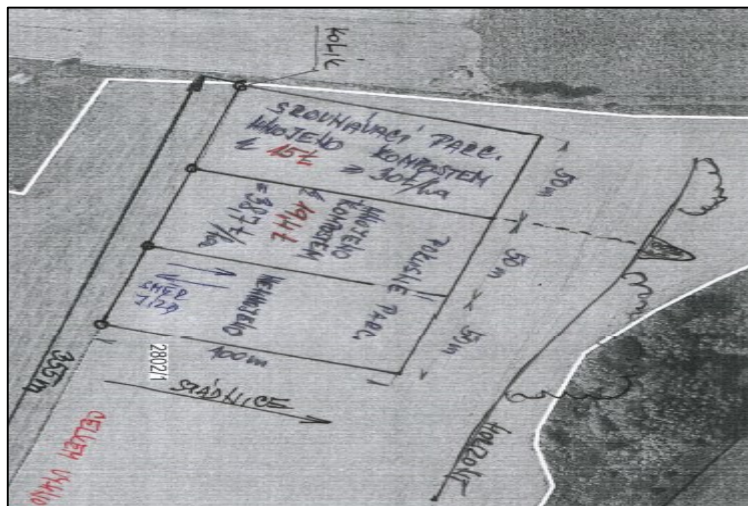
**Podzemní voda:** nedosažena

**Popis půdního profilu:**

- **Ap (0 – 30 cm)** – humusový orniční horizont, půda má práškovou strukturu, vlhá, písčitohlinitá, bez karbonátů, s hojnou příměsí skeletu o průměru 5 – 15 mm, přechod podle utužení a prokořenění
- **Bv (30 – 60 cm)** – kambický horizont, půda je bezstrukturní, vlhá, s vysokým obsahem písčitých částic, skeletu o průměru 30 – 50 mm, slídy, bez karbonátů, přechod podle barvy a utužení



- **BCg (60 – 90 cm)** – přechod podle substrátu, půda bezstrukturní, lepivá, bez karbonátů, s vysokým obsahem skeletu o průměru 30 – 50 mm i větší kameny, náznaky oglejení ve spodní části a přechod podle barvy a vlhkosti
- **C (více než 90 cm)** – rula



Obrázek 19: Schéma založených pokusných parcel na pozemku Za farou (Malonty)



Obrázek 20: Půdní profil kambizemě modální  
(KAm, Malonty, foto a popis profilu: Pospíšilová, 2012)



#### 4.1.2 Lokalita Desky

**Půdní typ: kambizem oglejená (KAg)**

**Poloha:** obec Desky se nachází v okrese Český Krumlov, jihočeský kraj, 6 km od obce Malonty

**Reliéf:** horní část mírného svahu

**Využití:** orná půda – porost pohanky

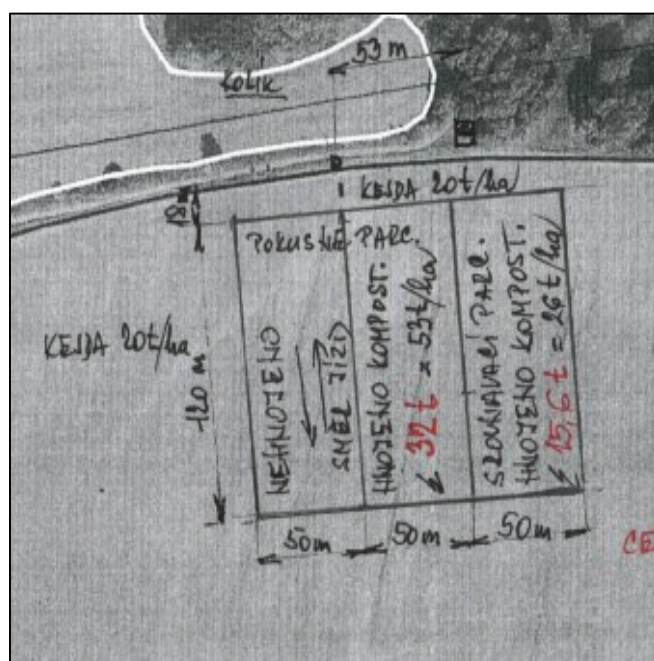
**Klimatický region:** MT3

**Půdotvorný substrát:** rula

**Podzemní voda:** nenalezena

**Popis půdního profilu:**

- **Ap (0 – 20 cm)** – orníční horizont, práškovitá struktura, vlhák, silně prokořeněná, hlinitá, s hojnou příměsí skeletu a o průměru 10 – 15 mm, bikarbonátů, přechod podle utužení a prokořenění
- **Bvg (20 – 60 cm)** – kambický mramorovaný horizont s redoximorfními znaky, mramorování, drobtovitá struktura, mokrá, půda hlinitá s vyšším obsahem skeletu o průměru do 20 mm, silně utužená, bez karbonátů, přechod do substrátu podle barvy
- **BCg (60 – 80 cm)** – přechod do substrátu, výrazně redukční znaky a mramorování, mokrá, nezřetelná struktura, půda hlinitopísčité se značnou příměsí skeletu o průměru 50 mm i více
- **C (více než 80 cm)** – rula



Obrázek 21: Schéma pokusných parcel na pozemku U váhy (Líčov – Desky)



Obrázek 22: Půdní profil kambizemě oglejené  
(KAg, Desky, foto a popis profilu: Pospíšilová, 2012)

### 4.1.3 Lokalita Rapotín

**Půdní typ: kambizem modální (KAm)**

**Poloha:** obhospodařované plochy se nachází v okolí osady Nové Losiny v oblasti Přemyslovského sedla

**Reliéf:** horní část svahu

**Využití:** trvalý travní porost (TTP)

**Klimatický region:** B8

**Půdotvorný substrát:** svorová rula

**Podzemní voda:** nedosažená

**Popis půdního profilu:**

- **Ad (0 – 8cm)** – drnový horizont, hlinitá, ojediněle jemná příměs skeletu, zrnitá struktura, silně prokořeněná, vlhá, hnědé barvy
- **Ao (8 – 30cm)** – ochrický humusový horizont, hnědý horizont, drobtovitá struktura, středně prokořeněná, vlhá, příměs skeletu, písčitohlinitý přechod podle barvy a obsahu skeletu, četné chodby červů a dešťovek
- **Bv (30 – 50 cm)** – kambický horizont rezavohnědé barvy se středním obsahem skeletu, písčitohlinitý, s nevýraznou polyedrickou strukturou
- **Bc (více než 50 cm)** – silně skeletovitý, písčitý, rozpad svorové ruly



**Obrázek 23: *Pokusná plocha kambizemě modální***  
***(KAm, Rapotín, foto a popis profilu: Pospíšilová, 2012)***



**Obrázek 24: *Půdní profil kambizemě modální***  
***(KAm, Rapotín, foto a popis profilu: Pospíšilová, 2012)***

## 4.2 Metody studia

U sledovaných subtypů kambizemí (KAm – Malonty, KAg – Desky a KAm –Rapotín) byly hodnoceny tyto parametry:

- *zrnitostní složení půdy,*
- *půdní reakce,*
- *vodivost vodního výluhu,*
- *celkový obsah uhlíku a dusíku a poměr C/N,*
- *kvalita humusu (HK/FK),*
- *bazální respirace půdy,*
- *množství mikrobiální biomasy,*
- *obsah živin,*
- *obsah ve vodě rozpuštěného uhlíku (C<sub>we</sub>),*
- *obsah ve vodě rozpuštěného dusíku (N<sub>we</sub>).*

### 4.2.1 Zrnitostní složení půd

Zrnitostním rozbořem půdy získáváme údaje o poměrném (procentickém) zastoupení částic určité velikosti. Je základem klasifikace pro rozdělení půd na zrnitostní třídy (půdní druhy). Zrnitostní rozbor našich půdních vzorků byl proveden *pipetovací* metodou, kterou řadíme do metod tzv. „neopakované sedimentace“. Princip spočívá v odběru vzorku určitého objemu suspenze v daný sedimentační čas a z určité hloubky. Čas odebrání se musí rovnat času, který je nezbytný k usazení stanovované frakce. Podrobný postup stanovení uvádí Hraško (1962). Hodnocení bylo provedeno podle Nováka (1953) – viz Tabulka 3.

**Tabulka 3: Klasifikační stupnice dle Nováka (1953) In: Vopravil a kol., (2010)**

Kategorie	Charakteristika	Označení	Obsah částic > 0,01 mm	Půdy
1.	písčítá zemina	p	0 – 10	lehké
2.	hlinitopísčítá	hp	10 – 20 %	lehké
3.	písčítóhlinitá	ph	20 – 30 %	střední
4.	hlinitá	h	30 – 45 %	střední
5.	jílovitohlinitá	jh	45 – 60 %	těžké
6.	jílovitá	jv	60 – 75 %	těžké
7.	jíl	j	> 75 %	těžké

#### 4.2.2 Půdní reakce

Půdní reakce, nebo také kyselost půdy, se řadí mezi důležité ukazatele půdního prostředí. Má dopad na růst rostlin, složení mikrobiálních společenstev, rozpustnost a dostupnost prvků, humifikační proces, pedogenezi půd, pohyblivost těžkých kovů apod. Rozlišujeme dva typy půdní reakce:

- **aktivní** (pH/H<sub>2</sub>O) – stanoví se ve vodním výluhu,
- **výměnná** (pH/KCl nebo pH/CaCl<sub>2</sub>) – stanoví se ve výluhu uvedených solí.

Naše stanovení půdní reakce bylo provedeno potenciometricky. Po vložení elektrody do výluhu nebo suspenze vzorku byly přímo odečteny hodnoty půdní reakce (Zbiral a kol., 1997; Vopravil a kol., 2010). Kritéria pro hodnocení půdní reakce jsou uvedena v Tabulce 4.

**Tabulka 4: Kritéria hodnocení aktivní a výměnné půdní reakce (Jandák, 2003)**

pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	hodnocení
< 4,9	< 4,5	silně kyselá
5,0 – 5,9	4,6 – 5,5	kyselá
6,0 – 6,9	5,6 – 6,5	slabě kyselá
7,0	6,6 – 7,2	neutrální
7,1 – 8,0	>7,2	slabě alkalická
8,1 – 9,4	/	alkalická
> 9,4	/	silně alkalická

### 4.2.3 Vodivost vodního výluhu

Měřením specifické vodivosti vodního výluhu půdy byla stanovena hodnota tohoto parametru. Nejdříve je připravena suspenze v poměru půdy a vody 1 : 5. Tato suspenze se profiltruje a na základě zvýšení specifické elektrické vodivosti vyjádřené v  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , resp.  $\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$  se hodnotí tento ukazatel půdy. Podrobný postup uvádí Zbíral a kol. (1997) a Pokorný a kol. (2007). Vyhodnocení je provedeno dle Tabulky 5.

**Tabulka 5: Hraniční hodnoty konduktivity (Pokorný a kol., 2007)**

Hraniční hodnoty	
$< 30 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	Většina zemědělských půd, normální intenzita hnojení, minimální zatížení solemi.
$30 - 60 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	Minerálně bohaté půdy, středně vysoká intenzita hnojení, bez negativních účinků hnojení.
$60 - 120 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	Půdy s vysokým vyhnojením na minerálně bohatých substrátech, zvýšený obsah solí.
$> 120 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	Vysoké zatížení půd solemi s možnými negativními účinky na růst rostlin.

### 4.2.4 Stanovení celkového obsah uhlíku, dusíku a poměr C/N

**Organický uhlík** v půdě byl stanoven na mokré cestě metodou tzv. oxidimetrické titrace podle Walkley–Blacka (1934) v modifikaci Nováka–Pelíška (In: Jandák, 2003). Princip spočívá v oxidaci organického uhlíku kyslíkem oxidantu (dvojjchromanu draselného) v prostředí kyseliny sírové. Zoxidovaný zbytek uhlíku je stanoven z kvanta oxidačního činidla spotřebovaného při titraci. Podle Orlova (1985) byl stanoven přepočten obsah organického uhlíku na humus následovně:

$$\text{Humus (\%)} = \% \text{Corg} \cdot 1,724$$

Koeficient 1,724 byl vypočítán za předpokladu, že v humusu je pouze 58 % uhlíku (Welte, 1963). Podrobný postup stanovení uvádějí Pospíšilová a Tesařová (2009). Hodnocení bylo provedeno podle Tabulky 6.



**Tabulka 6: Tabulka hodnocení obsahu humusu (Pokorný a kol., 2007)**

Hodnocení obsahu humusu	Humus (%)
velmi vysoký	více než 5
vysoký	3 – 5
střední	2 – 2,9
nízký	1 – 1,9
velmi nízký	méně než 1

**Celkový obsah dusíku** byl v našich půdních vzorcích stanoven podle Kjeldahla. Vzorek je rozložen varem s kyselinou sírovou a vzniklé  $\text{NH}_4^+$  ionty se ve formě  $\text{NH}_3$  predestilují po alkalizaci do roztoku  $\text{H}_2\text{SO}_4$  nebo  $\text{H}_3\text{BO}_3$ . Následně se stanoví zachycený  $\text{NH}_3$ , např. titrací (Zbiral a kol., 1997 In: Pokorný a kol., 2007).

**Poměr C/N** je dalším doporučovaným kritériem kvality půdy a organické hmoty. Pokud je hodnota tohoto poměru větší než 14, jedná se o velmi nízkou zásobu celkového dusíku v půdě. Pokud je tato hodnota menší než 5, jedná se o velmi vysokou zásobu uhlíku v půdě. Tento poměr nám primárně také identifikuje stupeň humifikace a odbouratelnost sekundárních humusových látek (Jandák a kol., 2010).

#### **4.2.5 Frakcionace HL a poměr HK/FK**

Pro stanovení frakcí humusových látek jsme využili zkrácenou metodu frakcionace podle Kononové–Bělčíkové (1963). Princip metody je založen na rozrušování stabilních vápenatých, hořečnatých, případně železitých a hlinitých humátů pufrovaných pyrofosfátem sodným. Touto metodou bylo stanoveno množství HL, HK a FK u sledovaných vzorků a zjištěn poměr HK/FK, který je využíván jako ukazatel kvality humusových látek. Dle Orlova (1985) byl vypočítán stupeň humifikace z frakčního složení humusu jako poměr sumy HK a celkového organického uhlíku v půdě krát 100 a udává se v procentech. Podrobný postup stanovení uvádí Jandák (2003).

#### **4.2.6 Absorbance humusových látek v UV-VIS oblasti spektra**

Metoda UV-VIS spektra HL je kritériem pro posouzení kvalitu humusových látek. Měření absorbance HL vychází z platnosti Lambert–Beerova zákona. Výsledkem měření je stanovení barevných indexů, charakterizujících stupeň kondenzace HL. Barevné indexy ( $Q_{4/6}$ ) vypočítáme jako poměr absorbance při 464 a 665 nm (Orlov, 1985). Nízkých hodnot, 3 – 4, dosahují hodnoty barveného indexu pro vysoce kondenzované

humínové látky jako HK. Vysoké jsou charakteristické hodnoty pro méně kondenzované fulvokyseliny, tj. 9 – 10. Kvalita HL vzrůstá s narůstajícím obsahem huminových kyselin. Humusové látky s poměrem HK : FK vyšším než 1,5 : 1 lze považovat za vysoce kvalitní humusové látky. Oproti tomu jsou u kvalitních HL hodnoty barevného indexu nízké ( $Q_{4/6} < 4$ ). Měření bylo provedeno na UV-VIS spektrometru VARIAN CARY 50 Probe s optickým vláknem. Barevná křivka byla stanovena v rozpětí od 300 – 700 nm. Rychlost snímání se pohybuje okolo 1200 nm/min (Pospíšilová 2012). Parametry využitého spektrofotometru Varian Cary 50 Probe uvádíme v Tabulce 7.

**Tabulka 7: Parametry přístroje UV-VIS spektrometr Varian Cary 50 Probe (Pospíšilová, 2012)**

Start (nm)	700
Stop (nm)	300
X Mode	Nanometry
Y Mode	Absorbance
UV-VIS skenovací rychlost (nm/min)	1200
UV-VIS interval měření dat (nm)	1
UV-VIS průměrný čas (sec.)	0,05
Optický režim	Dvojitý paprsek
Základní korekční linie	ANO
Cyklický režim	NE

#### 4.2.7 Bazální respirace půdy

Respirace je významným indikátorem zdraví půdního ekosystému. Mikanová et al. (2010) uvádějí, že respirační aktivita se řadí mezi nejpoužívanější měřítka aktivity půdní mikroflóry. Mineralizace organických látek půdní mikroflórou je vyjádřena jako produkce CO<sub>2</sub>, respektive jako spotřeba O<sub>2</sub> a jedná se o nejobecnější

projev biologické činnosti půdy. Bazální respirace (BRP) je aktuální respirační aktivita půdních mikroorganismů, která ukazuje fyziologický stav vnějších faktorů na mikrobiologickou komunitu v půdě. Rychlost bazální respirace je popsána jako množství uvolněného CO<sub>2</sub> nebo spotřebovaného O<sub>2</sub> za jednotku času bez přídavku substrátu (web2.mendelu.cz; www.eagri.cz ).

V našich půdních vzorcích byla bazální respirace stanovena absorpcí na NaOH po 24 hodinách při teplotě 25 °C. Nadbytek NaOH byl stanoven titrační metodou. Pro měření byly použity čerstvě odebrané vzorky, které se následně musely přesít přes síto o průměru 2 mm. Za důležitý indikátor respirace se považuje schopnost mikroorganismů využívat lehce rozložitelnou organickou hmotu (glukózu) a tím je do určité míry postihnuta mineralizační schopnost mikroorganismů. Porovnáním potenciální respirace s bazální respirací nám podává obraz o využitelnosti organických látek půdních vzorků (Anderson and Domsch, 1978a, 1978b).

#### **4.2.8 Stanovení mikrobiální biomasy**

Množství mikrobiální biomasy bylo stanoveno fumigačně extrakční metodou (CFE – chloroform fumigation extraction) podle Vance et al (1987). Princip metody je takový, že čerstvě odebrané půdní vzorky přesejeme přes síto o průměru oka 5 mm a nasytíme na 65 % polní vodní kapacity. Asi 2 týdny necháme inkubovat při teplotě 20 °C a poté provedeme mikrobiální analýzu. Inkubovaný vzorek (12,5 g suché zeminy) extrahujeme při laboratorní teplotě 50 ml 250 mM K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (cca 1 hod) a profiltrujeme. Fumigace trvala 24 hodin a jako fumigant byl použit CHCl<sub>3</sub> bez alkoholu. Celkový obsah mikrobiálního organického uhlíku (Cmic) byl stanoven titračně, jak uvádějí Vance et al. (1987) a Vranová et al. (2009).

#### **4.2.9 Stanovení přístupných živin metodou podle Mehlicha III**

Obsah živin (Ca, Mg, K, P) byl stanoven metodou podle Mehlicha III. Obsah fosforu byl stanoven extrakcí kyselým roztokem, který obsahoval fluorid amonný. Kyselá reakce vyluhovacího roztoku je dána kyselinou dusičnou a kyselinou octovou. Fosfor se tvoří po vyluhu půdy kyselým roztokem nebo kyselým roztokem mléčnanu vápenatého. Spektrofotometricky, jako fosfo-molybdenová modř, se v půdním extraktu stanoví obsah

fosforu. Pro stanovení obsahu draslíku byl využit kyselý roztok octanu amonného a pomocí emisní spektrometrie byl stanoven obsah draslíku. Pro stanovení obsahu vápníku a hořčíku jsme využili rovněž loužení kyselým roztokem a atomovou absorpční spektrofotometrií (Pokorný, 2007). Kritéria hodnocení obsahu živin dle Mehlicha III uvádíme v Tabulkách 8 – 11.

**Tabulka 8: Kritéria hodnocení obsahu fosforu podle Mehlicha III**

*(Klement a kol., 2012)*

Obsah	Fosfor (mg.kg <sup>-1</sup> )
nízký	do 50
vyhovující	51 – 80
dobrý	81 – 115
vysoký	116 – 185
velmi vysoký	nad 185

**Tabulka 9: Kritéria hodnocení obsahu draslíku podle Mehlicha III**

*(Klement a kol., 2012)*

Obsah	Draslík (mg.kg <sup>-1</sup> )		
	lehká půda	střední půda	těžká půda
nízký	do 100	do 105	do 170
vyhovující	101 – 160	106 – 170	171 – 260
dobrý	161 – 275	171 – 310	261 – 350
vysoký	276 – 380	311 – 420	351 – 510
velmi vysoký	nad 380	nad 420	nad 510

**Tabulka 10: Kritéria hodnocení obsahu hořčíku podle Mehlicha III***(Klement a kol., 2012)*

Obsah	Hořčík (mg.kg <sup>-1</sup> )		
	lehká půda	střední půda	těžká půda
nízký	do 80	do 105	do 120
vyhovující	81 – 135	106 – 160	121 – 220
dobrý	136 – 200	161 – 265	221 – 330
vysoký	201 – 285	266 – 330	331 – 460
velmi vysoký	nad 285	nad 330	nad 460

**Tabulka 11: Kritéria hodnocení obsahu vápníku podle Mehlicha III***(Klement a kol., 2012)*

Obsah	Vápník (mg.kg <sup>-1</sup> )		
	lehká půda	střední půda	těžká půda
nízký	do 1000	do 1100	do 1700
vyhovující	1001 – 1800	1101 – 2000	1701 – 3000
dobrý	1801 – 2800	2001 – 3300	3001 – 4200
vysoký	2801 – 3700	3301 – 5400	4201 – 6600
velmi vysoký	nad 3700	nad 5400	nad 6600

#### 4.2.10 Obsah ve vodě rozpuštěného uhlíku (C<sub>we</sub>)

Stanovení obsahu ve vodě rozpuštěného (labilního) uhlíku vychází z extrakce půdního vzorku demineralizovanou vodou. Navážka vzorku byla suspendována do 100 ml demineralizované vody, protřepávána a po odstředění (15 minut při 3000 ot./min) byl supernatant zfiltrován přes membránový filtr S-PAK<sup>TM</sup> firmy Millipore o velikosti pórů 0,45 µm (ČSN EN 12260). Ve filtrátu byl stanoven taktéž dusík (ČSN EN 1484). Celkový organický uhlík a dusík byly detekovány metodou vysokoteplotního (720 °C) katalytického spalování s chemiluminiscenční detekcí oxidů dusíku ve spalinách a se spektrometrickou detekcí CO<sub>2</sub> v infračervené oblasti na analyzátoru Shimadzu TOC-VCSH s autosamplerm ASI-5000 (Pospíšilová, 2012).

#### **4.2.11 Celkový obsah uhlíku a dusíku**

Stanovení celkového uhlíku a dusíku bylo provedeno na elementárním analyzátoru LECO TruSpec CN, který umožňuje současné stanovení uhlíku a dusíku v pevných vzorcích (LECO, 1994; ČSN ISO 10694, 1998; Pospíšilová, 2012).

#### **4.2.12 Statistické zpracování dat**

Pro statistické zpracování dat byla využita jedno-faktorová analýza dat (Anova – jeden faktor). Sleduje se rozdíl průměrů mezi dvěma nezávislými skupinami pomocí nepárového testu. Pomocí kritéria  $F$  se testuje, zda se průměry v sledovaných skupinách liší. Kritérium  $F$  zohledňuje variabilitu výběrových poměrů a zároveň přirozenou variabilitu, která je závislá na náhodné proměnné (Bedáňová, 2008).

## 5 VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ

### Kambizem modální (Malonty, orba)

- V roce 2012 byl zjištěn obsah jílnatých částic 20,48 % (**Ap 0 – 30 cm**), proto se jedná o písčitohlinitou půdu. Horizont **Bv (30 – 60 cm)** obsahuje 10,94 % jílnatých částic, jedná se o lehkou půdu hlinitopísčitou. Horizont **BC (60 – 90 cm)** obsahuje 14,38 % jílnatých částic, jedná se o lehkou půdu hlinitopísčitou. Horizont **C (> 90 cm)** obsahuje 12,58 % jílnatých částic, jedná se o lehkou půdu hlinitopísčitou – viz Tabulka 12.
- Před aplikací kompostu v roce 2012 byla v ornici (**Ap 0 – 30 cm**) stanovena slabě kyselá aktivní půdní reakce ( $\text{pH}/\text{H}_2\text{O} = 6,26$ ). V horizontech **Bv**, **BC** a **C** je taktéž slabě kyselá aktivní reakce ( $\text{pH}/\text{H}_2\text{O} = 6,63$ ,  $\text{pH}/\text{H}_2\text{O} = 6,75$  a  $\text{pH}/\text{H}_2\text{O} = 6,24$ ). Výměnná půdní reakce byla ve všech horizontech kyselá – viz Tabulka 13.
- Konduktivita je velmi nízká, půda je nezasolená, její hodnoty v půdních horizontech jsou následující: **Ap** –  $0,06 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ , **Bv** –  $0,02 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ , **BC** –  $0,02 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  a v horizontu **C** –  $0,04 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  – viz Tabulka 13.
- Obsah  $C_{\text{org}}$  v ornici **Ap (0 – 30 cm)** byl 2,13 %, obsah humusu je tedy 3,67 %, což vypovídá o vysokém obsahu humusu. Obsah humusu klesá s hloubkou a dosahuje hodnot mezi 0,4 až 0,3 %, což je velmi nízký obsah – viz Tabulka 15.
- Obsah HL dosahoval 0,6 %, z toho  $\text{HK} = 0,3 \%$  a  $\text{FK} = 0,3 \%$ . Kvalita humusových látek daná poměr  $\text{HK}/\text{FK}$  je 1 a jejich obsah je vyrovnaný. Jedná se o fulvátně-humátní typ humusu. Hodnota barevného indexu  $Q_{4/6}$  je 5, jedná se proto o mladé humusové látky. Stupeň humifikace je nízký, činí 14,10 % – viz Tabulka 15.
- Absorbance HL v UV-VIS oblasti spektra je uvedena na Obrázku 26. Jak je patrné z obrázku, vyšší absorbance je v oblasti 465 nm (kde absorbují světlo FK) a nižší v oblasti 665 nm (kde absorbují světlo HK). Humusové látky u kambizemě modální (Malonty) měly nižší absorbanci než u kambizemě oglejené (Desky) v oblasti 465 nm (oblast FK), což ukazuje na vyšší obsah FK na lokalitě Desky (KAg). Celkově byl obsah HL u kambizemě modální (Malonty) nižší než u kambizemě oglejené (Desky), což potvrzují i výsledky frakčního složení HL na obou lokalitách – viz Tabulka 15 a 25 a Obrázek 25.
- Celkový obsah C a N stanovený na elementárním analyzátoru LECO v roce 2012 je uveden v Tabulce 18. Z výsledků je patrný vyšší poměr C/N v ornici KAm (Malonty).

- Množství ve vodě rozpuštěného uhlíku dosahovalo v roce 2012 vyšších hodnot (9,53 mg/l) v porovnání s následujícím rokem – viz Tabulka 20 a 21.
- Bazální respirace dosahovala hodnot 2,45  $\mu\text{g/g}$ , což je hodnota střední – viz Tabulka 20.
- Množství mikrobiální biomasy bylo nízké (62,4  $\mu\text{g/g}$ ) v porovnání s hodnotami po aplikaci kompostu (více než 180  $\mu\text{g/g}$ ) – viz Tabulka 20 a 21.
- Po aplikaci kompostu v roce 2013 byla v ornici **Ap (0 – 20 cm)** na variantě kontrola aktivní půdní reakce slabě kyselá (pH/H<sub>2</sub>O = 6,40). Na variantě s kompostem byla půdní reakce méně kyselá (tj. hodnoty pH vyšší). Na obou variantách ji však hodnotíme jako slabě kyselou. Podobná situace byla u výměnné půdní reakce a příznivějších hodnot bylo dosaženo po aplikaci kompostu. Hodnotíme ji podle Vopravila a kol. (2010) jako kyselou na obou variantách pokusu – viz Tabulka 14.
- Vodivost nevykazovala výrazné změny po aplikaci kompostu, zjištěné hodnoty jsou nízké (0,02 mS.cm<sup>-1</sup>) a půda je nezasolená – viz Tabulka 14.
- Na jaře i na podzim v roce 2013 byl obsah C<sub>org</sub> na kontrole **Ap (0 – 20 cm)** vysoký a činil 1,88 % a 1,73 %. Obsah humusu je tedy vyšší než 3 %, což vypovídá o vysokém obsahu humusu. Po aplikaci kompostu hodnoty obsahu humusu vzrostly až na 4 % – viz Tabulka 16.
- Obsah živin před aplikací kompostu v roce 2012 je v Tabulce 13 a hodnotíme ho následovně:
 

P = 85,20 mg/kg -> značí dobrý obsah fosforu v půdě,

K = 153,50 mg/kg -> značí vyhovující obsah draslíku v půdě,

Ca = 1612,00 mg/kg -> značí vyhovující obsah vápníku v půdě,

Mg = 91,10 mg/kg -> značí nízký obsah hořčíku v půdě.
- V roce 2013 byl podobný obsah HL na jaře (0,54 %) i na podzim (0,58 %) na variantě kontrola v horizontu Ap (0 – 20 cm). Převahu ve frakčním složení měly fulvokyseliny a poměr HK/FK byl 0,7. Jedná se o humátně-fulvátní typ humusu. Hodnota barevného indexu Q<sub>4/6</sub> byla kolem 7 a indikuje převahu fulvokyselin. Po aplikaci kompostu byl v ornici podobný obsah HL na kontrole (0,57 %). Ve frakčním složení převládaly fulvokyseliny a poměr HK/FK je 0,8. Jedná se o humátně-fulvátní typ humusu. Hodnota barevného indexu Q<sub>4/6</sub> je v průměru 6,5 a indikuje převahu fulvokyselin – viz Tabulka 16.



- Statistické zpracování dat ukázalo, že průkazné rozdíly jsou v obsahu HL, HK a FK mezi roky 2012 a 2013. Významný je tedy vliv ročníku – viz Tabulka 15 a 16.
- Absorbance HL v UV-VIS oblasti spektra po aplikaci kompostu v roce 2013 je dána Obrázkem 26. Vyšší hodnoty byly dosaženy na variantě s kompostem po srovnání s kontrolou.
- Poměr C/N je na variantě kontrola 9,4 a na variantě kompost 10,59 a je tedy střední. Hodnoty poměru jsou v ornici vyhovující a půdní mikroorganismy nestrádají nedostatkem dusíku – viz Tabulka 19.
- Ve vodě rozpuštěný uhlík v roce 2013 dosahoval středních hodnot na obou variantách (5,6 mg/l na variantě kontrola a 5,0 mg/l na variantě kompost). Ve vodě rozpuštěný dusík dosahoval hodnot 1,11 mg/l na variantě kontrola a 1,39 mg/l na variantě kompost. Obsah ve vodě rozpuštěných organických látek obsahujících uhlík a dusík byl vyrovnaný a neprojevil se nárůst jejich obsahu v půdě – viz Tabulka 21 a 22.
- V roce 2013 bazální respirace půdy (BRP) na variantě kontrola dosahovala hodnot 1,2  $\mu\text{g/g}$  a na variantě kompost 1,16  $\mu\text{g/g}$ , tedy vyrovnané hodnoty a vliv kompostu na respiraci nebyl zjištěn – viz Tabulka 21.
- Množství mikrobiální biomasy bylo v roce vysoké na obou variantách pokusu (198,33  $\mu\text{g/g}$  – kontrola, 186,64  $\mu\text{g/g}$  – kompost). Hodnoty jsou vyrovnané a lze říct, že nárůst biomasy nebyl způsoben aplikací kompostu – viz Tabulka 21.
- Obsah živin na variantě kontrola v roce 2013 je v Tabulce 14 a hodnotíme ho následovně:
  - P = 75,20 mg/kg -> značí vyhovující obsah fosforu v půdě,
  - K = 137,40 mg/kg -> značí vyhovující obsah draslíku v půdě,
  - Ca = 1239,00 mg/kg -> značí vyhovující obsah vápníku v půdě,
  - Mg = 73,50 mg/kg -> značí nízký obsah hořčíku v půdě.
- Obsah živin na variantě kompost v roce 2013 je uveden v Tabulce 14 a hodnotíme ho následovně:
  - P = 67,10 mg/kg -> značí vyhovující obsah fosforu v půdě,
  - K = 178,10 mg/kg -> značí dobrý obsah draslíku v půdě,
  - Ca = 1194,00 mg/kg -> značí vyhovující obsah vápníku v půdě,
  - Mg = 74,80mg/kg -> značí nízký obsah hořčíku v půdě.

U sledovaného obsahu živin výrazně vzrostl pouze obsah draslíku.

### **Lokalita Desky (kambizem oglejená)**

- V roce 2012 ornice Ap (0 – 20 cm) podle obsahu jílnatých patří mezi písčitohlinitý půdní druh půdy (25,80 % jílnatých částic). Horizont Bvg (20 – 60 cm) obsahuje 24,60 % jílnatých částic, jedná se taktéž o střední půdu písčitohlinitou. Horizont BC (60 – 80 cm) obsahuje 19,88 % jílnatých částic, jedná se o lehkou půdu hlinitopísčitou. Horizont C (>80 cm) obsahuje 15,46 % jílnatých částic, jedná se o lehkou půdu hlinitopísčitou – viz Tabulka 12.
- V roce 2012 byla v ornici Ap zjištěna slabě kyselá aktivní půdní reakce (pH/ H<sub>2</sub>O = 5,95). V horizontu Bvg je reakce slabě kyselá (pH/H<sub>2</sub>O = 6,20). V horizontu BC a C je kyselá (pH/ H<sub>2</sub>O = 5,95 a 4,60). Výměnná reakce v horizontu Ap byla neutrální (pH/KCl = 6,69). V horizontu Bvg byla kyselá (pH/KCl = 4,70). V horizontech BC a C byla silně kyselá (pH/KCl = 4,10 a pH/KCl = 3,40) – viz Tabulka 23.
- Konduktivita je velmi nízká, půda je nezasolená. V horizontu Ap je vodivost 0,06 mS.cm<sup>-1</sup>, Bvg je 0,04 mS.cm<sup>-1</sup>, BC je 0,04 mS.cm<sup>-1</sup> a C je 0,05 mS.cm<sup>-1</sup> – viz Tabulka 23.
- Obsah Corg byl v roce 2012 v horizontu Ap 2,18 %, tj. 3,76 % humusu, což vypovídá o vysokém obsahu. V horizontu Bvg je Corg 0,97 %, obsah humusu je tedy 1,67 %, jedná se o nízký obsah humusu. Horizont BC má Corg 0,45 %, obsah humusu je tedy 0,78 % a horizont C má Corg 0,39 %, obsah humusu je tedy 0,67 % a oba horizonty mají velmi nízký obsah humusu – viz Tabulka 25.
- Obsah HL byl 0,85 %, z toho HK = 0,45 % a FK = 0,4 %. Kvalita humusových látek, tedy poměr HK/FK je 1,13, jedná se o fulvátně-humátní typ humusu. Kvalita humusu je vysoká. Obsah HK převažuje nad FK. Hodnota barevného indexu Q<sub>4/6</sub> je 4,80 a indikuje vyšší střední kvalitu HL. Stupeň humifikace je vyšší střední, činí 20,64 % – viz Tabulka 25.
- Porovnání absorpance HL v UV-VIS oblasti spektra u sledovaných kambizemí je uvedeno na Obrázku 25. Vyšší absorpance byla u KAg v porovnání s ostatními kambizeměmi, jak v oblasti 465 nm (oblast FK), tak v oblasti 665 nm (HK). Potvrzují to i výsledky frakčního složení HL na obou lokalitách – viz Tabulka 16 a 26 a Obrázek 25.

- Celkový obsah C a N stanovený na elementárním analyzátoru LECO v roce 2012 před aplikací kompostu je uveden v Tabulce 29. Z výsledků je patrný vyšší poměr C/N v ornici KAg (Desky), optimální hodnoty jsou 10 : 1.
- Množství ve vodě rozpuštěného uhlíku dosahovalo v roce 2013 vyšších hodnot (6,15 – 6,4 mg/l) v porovnání s předcházejícím rokem – viz Tabulka 28 a 31.
- Bazální respirace dosahovala hodnot 3,1  $\mu\text{g/g}$ , což je hodnota vyšší než u KAm (Malonty) – viz Tabulka 20 a 28.
- Množství mikrobiální biomasy bylo vyšší než u KAm (Malonty) a dosahovalo 158,90  $\mu\text{g/g}$  – viz Tabulka 28.
- Obsah živin před aplikací kompostu v roce 2012 je v Tabulce 23 a hodnotíme ho následovně:
  - P = 64,60 mg/kg -> značí vyhovující obsah fosforu v půdě,
  - K = 248,30 mg/kg -> značí dobrý obsah draslíku v půdě,
  - Ca = 1385,00 mg/kg -> značí vyhovující obsah vápníku v půdě,
  - Mg = 103,10 mg/kg -> značí nízký obsah hořčíku v půdě.
- V roce 2013, po aplikaci kompostu, byla v ornici Ap (0 – 20 cm) na variantě kontrola aktivní půdní reakce slabě kyselá (pH/H<sub>2</sub>O = 6,30). Na variantě s kompostem byla půdní reakce méně kyselá (tj. hodnoty pH vyšší). Na obou variantách ji však hodnotíme jako slabě kyselou. Výměnná reakce na kontrole v ornici dosahovala pH/KCl = 5,10 a značí kyselou půdní reakci. Na variantě kompost byla pH/KCl = 6,00, což značí slabě kyselou půdní reakci – viz Tabulka 24.
- Vodivost nevykazovala výrazné změny po aplikaci kompostu, zjištěné hodnoty jsou nízké (0,03 mS.cm<sup>-1</sup>) a půda je nezasolená – viz Tabulka 24.
- Na jaře i na podzim v roce 2013 byl obsah Corg vysoký. Na kontrole Ap (0 – 20 cm) byl 2,03 %, obsah humusu je tedy 3,5 %, což vypovídá o vysokém obsahu humusu. Po aplikaci kompostu vzrostl obsah Corg na 2,33 % a obsah humusu je tedy 4,02 %. Jedná se o vysoký obsah. Na podzim ve stejném roce byl obsah humusu cca. 3,62 % – viz Tabulka 26.
- V roce 2013 na variantě kontrola byl obsah HL v ornici 0,58 % HL, z toho HK = 0,26 % a FK = 0,32 %. HK/FK je 0,81 %, jedná se o humátně-fulvátní typ humusu. Na podzim na stejné variantě byly hodnoty nepatrně nižší. Hodnota barevného indexu Q<sub>4/6</sub> byla kolem 7 a indikuje nám převahu fulvokyselin. Po aplikaci

kompostu byl obsah HL velmi podobný (0,51 % HL, z toho 0,26 % HK a 0,35 % FK). Poměr HK/FK byl 0,74 %, jedná se o humátně-fulvátní typ humusu. Na podzim na stejné variantě bylo dosaženo 0,58 % HL, z toho 0,23 % HK a 0,35 % FK. HK/FK je 0,66 %, jedná se o humátně-fulvátní typ humusu. Hodnota barevného indexu  $Q_{4/6}$  je podobná jako u kontroly, cca 7, a indikuje převahu fulvokyselin – viz Tabulka 26.

- Porovnání absorbcí HL v UV-VIS oblasti spektra po aplikaci kompostu je uvedeno na Obrázku 27. Vyšší absorpance je patrná po aplikaci kompostu.
- Ve vodě rozpuštěný uhlík dosahoval středních hodnot 6,15 mg/l na variantě kontrola a 6,40 mg/l na variantě kompost. Ve vodě rozpuštěný dusík dosahoval středních hodnot 1,49 mg/l na variantě kontrola a 1,77 mg/l na variantě kompost. Po aplikaci kompostu došlo k nárůstu ve vodě rozpuštěných organických látek obsahujících uhlík a dusík – viz Tabulka 22.
- Poměr C/N je na variantě kontrola 9,23 a na variantě kompost 10,13 a je tedy střední. Hodnoty jsou vyhovující pro orné půdy a půdní mikroorganismy nestrádají nedostatkem dusíku – viz Tabulka 30.
- Bazální respirace (BRP) na variantě kontrola dosahovala hodnot 1,48  $\mu\text{g/g}$  a na variantě kompost 1,42  $\mu\text{g/g}$ . Hodnoty jsou vyrovnané a aplikace kompostu neměla výrazný vliv na nárůst půdní respirace.
- Množství mikrobiální biomasy po aplikaci kompostu bylo vyrovnané a dosahovalo hodnot 220 – 230  $\mu\text{g/g}$ . Nebyl zjištěn výrazný vliv kompostu na obsah mikrobiální biomasy – viz Tabulka 31.
- Obsah živin na variantě kontrola 2013 je uveden v Tabulce 24 a hodnotíme ho následovně:  
P = 65,10 mg/kg -> značí vyhovující obsah fosforu v půdě,  
K = 311,90 mg/kg -> značí vysoký obsah draslíku v půdě,  
Ca = 1182,00 mg/kg -> značí vyhovující obsah vápníku v půdě,  
Mg = 109,70 mg/kg -> značí vyhovující obsah hořčíku v půdě.
- Obsah živin na variantě kompost 2013 je uveden v Tabulce 24 a hodnotíme ho následovně:  
P = 95,30 mg/kg -> značí dobrý obsah fosforu v půdě,  
K = 252,30 mg/kg -> značí dobrý obsah draslíku v půdě,  
Ca = 1553,00 mg/kg -> značí vyhovující obsah vápníku v půdě,  
Mg = 112,80 mg/kg -> značí vyhovující obsah hořčíku v půdě.

Lze konstatovat, že aplikací kompostu byl ovlivněn obsah fosforu, vápníku a hořčíku.

### **Lokalita Rapotín (kambizem modální)**

- Ochrický humusový horizont Ao řadíme mezi střední půdy, písčitohlinité, s obsahem jílových částic 21,4 % – viz Tabulka 40.
- V roce 2008 byla aktivní půdní reakce  $\text{pH}/\text{H}_2\text{O} = 6,50$  a je slabě kyselá. Výměnná půdní reakce  $\text{pH}/\text{KCl} = 5,70$  a je také slabě kyselá – viz Tabulka 33.
- Podle tabulky č. 5. je konduktivita velmi nízká, půda je nezasolená, hodnota konduktivity je  $0,04 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  – viz Tabulka 33.
- Obsah organického uhlíku  $\text{C}_{\text{org}} = 1,43 \%$ , obsah humusu je tedy 2,52 %, což vypovídá o středním obsahu humusu – viz Tabulka 34.
- Obsah HL byl 0,62 %, z toho HK = 0,22 % a FK = 0,4 %. Kvalita humusových látek, tedy poměr HK/FK je 0,55, jedná se o humátně-fulvátní typ humusu. Hodnota barevného indexu  $\text{Q}_{4/6}$  je 7,3 tedy vysoká a indikuje vyšší obsah fulvokyselin. Stupeň humifikace je nízký, činí 15,4 % – viz Tabulka 34.
- Na jaře 2011 u varianty kontrola byl obsah organického uhlíku  $\text{C}_{\text{org}} 2,53 \%$ , obsah humusu je tedy 4,36 %, což vypovídá o vysokém obsahu humusu. Po aplikaci kompostu vzrostl obsah organického uhlíku na 2,74 %, obsah humusu je tedy 4,72 %, což vypovídá o vysokém obsahu humusu – viz Tabulka 35.
- Obsah HL u varianty kontrola byl 0,72 %, z toho HK = 0,25 % a FK = 0,47 %. Poměr HK/FK je 0,53 %, jedná se o humátně-fulvátní typ humusu. Na variantě kompost obsah HL mírně vzrostl (0,85 % HL, z toho HK = 0,34 % a FK = 0,51 %. HK/FK je 0,67 %, jedná se o humátně-fulvátní typ humusu. Hodnota barevného indexu  $\text{Q}_{4/6}$  je vyšší než 6, tedy vysoká, a indikuje převahu fulvokyselin – viz Tabulka 35.
- Byly zjištěny statisticky průkazné rozdíly u obsahu  $\text{C}_{\text{org}}$ , HL, HK, FK – viz Tabulka 35. Výsledky indikují silný vliv ročníku na obsah sledovaných parametrů.
- Poměr C/N je na variantě kontrola 11,3 a na variantě kompost 11,1 a je tedy střední. Protože se jedná o půdu pod trvalým travním porostem, hodnotíme tento poměr jako vyhovující – viz Tabulka 38 a 39.
- Ve vodě rozpuštěný uhlík dosahoval hodnot 11,17 mg/l na variantě kontrola a 15,84 mg/l na variantě kompost. Varianta kompost obsahovala více rozpuštěného uhlíku. Ve vodě rozpuštěný dusík dosahoval hodnot 1,08 mg/l na variantě kontrola

a 1,28 mg/l na variantě kompost. Varianta kompost obsahovala více rozpuštěného dusíku – viz Tabulka 22.

- Bazální respirace (BRP) dosahovala na variantě kontrola hodnot 4,02  $\mu\text{g/g}$  a na variantě kompost 5,41  $\mu\text{g/g}$ . Aplikace kompostu ovlivnila bazální respiraci půdy, došlo k jejímu růstu – viz Tabulka 22.
- Množství mikrobiální biomasy na kontrole bylo 136,89  $\mu\text{g/g}$ , Na variantě kompost bylo 141,24  $\mu\text{g/g}$ . Byl tedy zjištěn nárůst obsahu mikrobiální biomasy po aplikaci kompostu – viz Tabulka 22.
- Obsah živin v roce 2011 na variantě kontrola je uveden v Tabulce 36. Lze ho hodnotit následovně:
  - P = 67,10 mg/kg -> značí vyhovující obsah fosforu v půdě
  - K = 178,40 mg/kg -> značí vyhovující obsah draslíku v půdě
  - Ca = 1194,00 mg/kg -> značí vyhovující obsah vápníku v půdě
  - Mg = 74,80 mg/kg -> značí nízký obsah hořčíku v půdě
- Obsah živin v roce 2011 na variantě kompost je uveden v Tabulce 37. Lze ho hodnotit následovně:
  - P = 75,20 mg/kg -> značí vyhovující obsah fosforu v půdě
  - K = 137,40 mg/kg -> značí dobrý obsah draslíku v půdě
  - Ca = 1239,00 mg/kg -> značí vyhovující obsah vápníku v půdě
  - Mg = 73,50 mg/kg -> značí nízký obsah hořčíku v půdě

Výrazný vliv kompostu na obsah živin u kambizemě modální pod TTP (Rapotín) nebyl zjištěn.

## Diskuze

Vybrané subtypy kambizemí byly podrobně zkoumány z hlediska vlivu kompostu na jejich základní fyzikální a chemické vlastnosti a obsah živin. Dále byla sledována závislost, jak aplikace kompostu ovlivňuje vlastnosti půd při různých způsobech obhospodařování dané půdy (klasická orba, minimalizační technologie a zatravnění). *Kambizem modální* (Malonty, orba) – aplikace kompostu vedla ke zlepšení půdní reakce (rozdíly nejsou statisticky průkazné). Výrazně bylo ovlivněno frakční složení humusových látek (rozdíly jsou statisticky průkazné). Byl zjištěn statisticky významný vliv ročníku na obsah humusu a humusových látek v půdě. Po aplikaci kompostu se zvýšil obsah draslíku v půdě. Rozdíly v obsahu mikrobiální biomasy a u bazální respirace nebyly statisticky průkazné.

*Kambizem oglejená* (Desky, minimalizační zpracování půdy) měla méně kyselou reakci po aplikaci kompostu (rozdíly nejsou statisticky průkazné). Výrazně bylo ovlivněno frakční složení humusových látek (rozdíly jsou statisticky průkazné). Byl zjištěn statisticky významný vliv ročníku na obsah humusu a humusových látek v půdě. Po aplikaci kompostu se zvýšil obsah fosforu, vápníku a hořčíku v půdě. Rozdíly v obsahu mikrobiální biomasy a u bazální respirace nebyly statisticky průkazné.

*Kambizem modální* (Rapotín, TTP) – aplikace kompostu ovlivnila obsah humusu a frakční složení humusových látek (rozdíly jsou statisticky průkazné). Byl zjištěn statisticky významný vliv ročníku na obsah humusu a humusových látek v půdě. Po aplikaci kompostu se zvýšil obsah draslíku v půdě. Byly zjištěny rozdíly u obsahu mikrobiální biomasy a u bazální respirace půdy v porovnání s kontrolou.

Závěrem můžeme konstatovat, že způsob obhospodařování zkoumaných kambizemí měl vliv na výsledný efekt aplikovaného kompostu.

## 6 ZÁVĚR

V souladu s cílem práce byl sledován vliv aplikace kompostu na vlastnosti *kambizemí*. Zjištěné výsledky nám dovolují formulovat tyto závěry:

1. ***Kambizem modální*** (Malonty, orba) – aplikace kompostu pozitivně ovlivnila tyto půdní vlastnosti: reakci půdy, celkový organický uhlík, obsah draslíku.
2. ***Kambizem oglejená*** (Desky, minimalizace) – aplikace kompostu pozitivně ovlivnila tyto půdní vlastnosti: půdní reakci, organický uhlík, obsah ve vodě rozpuštěného uhlík, obsah fosforu, vápníku a hořčíku.
3. ***Kambizem modální*** (Rapotín, trvalý travní porost) – aplikace kompostu pozitivně ovlivnila tyto půdní vlastnosti: obsah organického uhlíku, obsah humusových látek, obsah ve vodě rozpuštěného uhlíku a bazální respiraci.
4. Způsob obhospodařování měl vliv na výsledný efekt aplikace kompostů, nejvíce změn půdních vlastností bylo zjištěno pod TTP.
5. Statistické zpracování dat ukázalo na významný vliv ročníku na sledované parametry půdy.



## Použitá literatura

ALTMANN V., BURG P., BADALÍKOVÁ B., BARTOLOVÁ J., HŮLA J., JELÍNEK A., KOVAŘÍČEK P., MIMRA M., PLÍVA P., POSPÍŠILOVBA L., ROY A., VLÁŠKOVÁ M. & ZEMÁNEK P., 2012: *Využití kompostu pro optimalizaci vodního režimu v krajině*. Náměšť nad Oslavou: ZERA – Zemědělská a ekologická regionální agentura, o.s., 101 s. ISBN 978-80-87226-26-1.

ANDERSON J. P. E. & DOMSCH K. H., 1978a: *Mineralization of bacteria and fungi in chloroform – fumigated soils*. Soil Biol. Biochem 10: 207 – 213.

ANDERSON J. P. E. & DOMSCH K. H., 1978b: *A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soil*. Soil Biol. Biochem 10: 215 - 221.

BAIER J. & BAIEROVÁ V., 1985: *Abeceda výživy rostlin a hnojení*. Praha: SZN, 360 s.

BRADY C. N. & WEILL R. R., 1999: *The nature and properties of soil*. Prentice – Hall, New Jersey, 881 s.

FILIP J., 2008: *Odpadové hospodářství*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 116 s. ISBN 80-7157-608-5.

GOBAT J. M., ARGNO M. & MATTHEY W., 2004: *The Living soil. Fundamental of Soil Sci and Soil biology*. Science Publishers Inc., Enfield (NH), USA, 603 s.

HATCHER P., 2003: *New paradigm for SOM chemistry based on analytical developments in understanding the structural components*. In: Mechanism and regulativ of organic matter stabilization in soil. München: Technical University, 23 s.

HEJÁTKOVÁ K., DVORSKÁ I., JALOVECKÝ J., KOHOUTEK A., KOLLÁROVÁ M., MIČÁNKOVÁ K., PLÍVA P., VALENTOVÁ L. & VORLÍČEK Z., 2007: *Metodická pomůcka Kompostování přebytečné travní biomasy*. Náměšť nad Oslavou: ZERA – Zemědělská a ekologická regionální agentura, o. s., 76 s. ISBN 80-903548-6-6

HRAŠKO J., 1962: *Rozbory pôd*. Bratislava: Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry, 335s.

HŮLA J. & PROCHÁZKOVÁ B., 2008: *Minimalizace zpracování půdy*. Praha: Profi Press, 248 s. ISBN 978-80-86726-28-1.

JANDÁK J., 2003: *Cvičení z půdoznalství*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 92 s. ISBN 80-7157-733-2.

JANDÁK J., POKORNÝ E. & PRAX A., 2010: *Půdoznalství*. 3. vyd. Brno: Mendelova univerzita, 143 s. ISBN 978-80-7375-445-7.

KLEMENT V., SMATANOVÁ M. & TRÁVNÍK K., 2012: *Padesát let agrochemického zkoušení zemědělských půd v České republice. Čtyřicet let dlouhodobých výživářských pokusů v ÚKZÚZ*. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský ÚKZÚZ, 96 s. ISBN 978-80-7401-062-0.

KLIMO E., 1990: *Lesnická pedologie*. Brno: VŠZ, 259 s. ISBN 80-7157-007-9.

KONONOVÁ M. M. & BĚLČIKOVÁ N. P., 1963: *Uskorennyj metod opredelenija sostava gumusa mineralnych počv*. In: *Organičeskoje veščestvo počvy*. Moskva, 228 - 234

KOZÁK J., 2009: *Atlas půd České republiky*. Praha: ČZU Praha, 149 s. ISBN 978-80-213-2008-6.

KOVAŘÍČEK P. A KOL., 2012: *Agronomická opatření ke snížení vodní eroze na orné půdě s využitím zapravení organické hmoty (04/2012–12/2016)*. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR, Národní agentura pro zemědělský výzkum, 67 s.

LAŠTŮVKA Z. & KREJČOVÁ P., 2000: *Ekologie*. Brno: Konvoj, 184 s. ISBN 80-85615-93-2.

NĚMEČEK J., 2011: *Taxonomický klasifikační systém půd České republiky*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 94 s. ISBN 978-80-213-2155-7.

NOVÁK V., 1953: *Základy rozboru a výzkumu půd*. Praha: SNP, 70 s.

ODEN S., 1919: *Die Huminsäuren, chemisme, physikalische und bodenkundliche For - schul.* Kolloid – chem. Beihefte 11, 75 – 260

ORLOV D., 1985: *Chimija počv* (Soil chemismy). Moskva, MGU, 376 s.

PICCOLO A., CELANO G. & CONTE P., 2002: *Methods of isolation and characterization of humic substances to study their interactions with pesticides.* In: Proceeding of conference Pesticide/Soil Interactions, Paris, 103 – 116.

PLÍVA P., 2009: *Kompostování v pásových hromadách na volné ploše.* Praha: Profi Press, 136 s. ISBN 978-80-86726-32-8.

POKORNÝ E., ŠARAPATKA B. & HEJÁTKOVÁ K., 2007. *Metodická pomůcka Hodnocení kvality půdy v ekologicky hospodařícím podniku.* Náměšř nad Oslavou: ZERA – Zemědělská a ekologická regionální agentura, o. s., 28 s. ISBN 80-903548-5-8.

POSPÍŠILOVÁ L. & TESAŘOVÁ M., 2009: *Organický uhlík obhospodařovaných půd: Organiccarbon in arablesoils: původní vědecká práce.* Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 42 s. ISBN 978-80-7375-282-8.

POSPÍŠILOVÁ L., 2012: *Nedegradační metody studia kvality přírodních humusových látek.* 3. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 155 s. ISBN 978-80-7375-662-2.

POSPÍŠILOVÁ L., 2013: *Charakteristika přírodních a půdních poměrů na vybraných lokalitách, které jsou součástí projektu NAZV QJ 1210263 „Agrochemická opatření ke snížení vodní eroze na orné půdě s využitím zapravení organické hmoty“.* Brno: Mendelova univerzita v Brně, 35 s. ISBN 978-80-7375-900-1.

PROCHÁZKOVÁ B., 2011: *Minimalizační technologie zpracování půdy a možnosti jejich využití při ochraně půdy a krajiny: uplatněná certifikovaná metodika.* Brno: Mendelova univerzita, 39 s. ISBN 978-80-7375-524-9.

RICHTER R. & HLUŠEK J., 1994: *Výživa a hnojení rostlin: (I. obecná část).* Brno: VŠZ v Brně, 171 s. ISBN 80-7157-138-5.

RICHTER R., 1996: *Půdní úrodnost.* Praha: Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství České republiky, 34 s. ISBN 80-7105-110-1.

ŠIMEK M., 2003: *Základy nauky o půdě*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Biologická fakulta, 151 s. ISBN 80-7040-630-5.

ŠIMEK M., 2003: *Základy nauky o půdě*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Biologická fakulta, 131 s. ISBN 80-7040-629-1.

SOTÁKOVÁ S., 1982: *Organická hmota a úrodnost' půdy*. Bratislava: Příroda, 234 s.

TJURIN T. V., 1951: *Metodika analyza sravnitel'novo izučeni'ja sostava gumusa*. In: Trudy počv . Instituta 38, 5 - 21

TOMÁŠEK M., 2007: *Půdy České republiky*. Praha: Česká geologická služba, 67 s., ISBN 978-80-7075-688-1.

VANCE E. D., BROOKERS P. C. & JENKINSON D. S., 1987: *An extraction method for measureing soil microbial biomass C*. Soil Biology and Biochemistry 19: 703 – 707.

VRANOVÁ V., FORMÁNEK P., REJŠEK K. & KOSZA L., 2009: *Selected kinetic parameters of soil microbial respiration in the A horizon od differently managed mountain forests and meadows of Moravian – Silesian Beskids Mts*. Euroasian Soil Science 3 (42): 318 – 325.

VOPRAVIL J., 2010: *Půda a její hodnocení v ČR*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 148 s. ISBN 978-80-87361-05-41.

VOPRAVIL J., KHEL T., NOVÁK P., VRABCOVÁ T., ZÁHORA J., MOUDRÝ J., MOUDRÝ J., FLORIÁN M., KLEMENT V. & POLÁKOVÁ Š., 2012: *Vzdělávací modul Ochrana životního prostředí půda*. Náměšť nad Oslavou: ZERA – Zemědělská a ekologická regionální agentura, o. s., 158 s. ISBN 978-80-87226-15-5.

WALKLEY A. & BLACK T. A., 1934: *An exhamination of Degtjarev method for determining soil organic matter and a propřed modification of the chromic acid titration method*. Soil Sci. 37, 1934.

WELTE E., 1963: *Der Ab-, Auf- und Umbau der Humusstoffeimbodenund seine Bedeutung fur die Bodenfruchtbarkeit*. Bodenkultur 14, 1963, č. 2: 97–111.

ZAUJEC A., 2009: *Pedológia a základy geológie*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 397 s.

ZBÍRAL J., HONSA I. & MALÝ S., 1997: *Jednotné pracovní postupy*. Brno: UKZUS, 150 s.

ZIMOLKA J., 2008: *Kukuřice: hlavní a alternativní užitkové směry*. Praha: Profi Press, 200 s. ISBN 978-80-86726-31-1.

### **Internetové zdroje**

BEDÁŇOVÁ, 2008: *Analýza rozptylu (Anova)*. Databáze online [2015-04-24]. Dostupné na: <http://cit.vfu.cz/statpotr/POTR/Teorie/Predn3/ANOVA.htm>

GRUVER J., 2010: *Understanding Soil Organic Matter*. Databáze online [2015-05-02]. Dostupné na:

<http://www.powershow.com/view/27164e->

[MzJmN/Understanding\\_Soil\\_Organic\\_Matter\\_powerpoint\\_ppt\\_presentation](http://www.powershow.com/view/27164e-MzJmN/Understanding_Soil_Organic_Matter_powerpoint_ppt_presentation)(<http://www.powershow.com/view/27164e->

[MzJmN/Understanding\\_Soil\\_Organic\\_Matter\\_powerpoint\\_ppt\\_presentation](http://www.powershow.com/view/27164e-MzJmN/Understanding_Soil_Organic_Matter_powerpoint_ppt_presentation)

KINTL A., ELBL J. & PLOŠEK L., 2014: *Odpadní voda – Hnojivá závlaha pro zemědělce?* Databáze online [2015-04-13]. Dostupné na:

<http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=2640>

KOZÁK J., NĚMEČEK K. & BORŮVKA L., 2004: *Taxonomický klasifikační systém půd ČR*. Databáze online [2015-01-28]. Dostupné na:

[http://klasifikace.pedologie.cz/index.php?action=showReferencniTrida&id\\_categoryNode=31](http://klasifikace.pedologie.cz/index.php?action=showReferencniTrida&id_categoryNode=31)

[http://klasifikace.pedologie.cz/index.php?action=showMapy&id\\_categoryNode=31](http://klasifikace.pedologie.cz/index.php?action=showMapy&id_categoryNode=31)

<http://klasifikace.pedologie.cz/index.php?action=showSystematickySoupis>

RICHTER R & HŘIVNA L., 2005: *Pšenice ozimá*. Databáze online [2015-04-22]. Dostupné na:

[http://web2.mendelu.cz/af\\_221\\_multitext/hnojeni\\_plodin/images/obilniny/psenice\\_ozima/obr\\_4.bmp](http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/hnojeni_plodin/images/obilniny/psenice_ozima/obr_4.bmp)

RICHTER R., 2004: *Symptomy nedostatku a nadbytku dusíku*. Databáze online [2015-04-22]. Dostupné na:

[http://web2.mendelu.cz/af\\_221\\_multitext/vyziva\\_rostlin/images/biogenni\\_prvky/n/defin\\_kukurice\\_1.jpg](http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/images/biogenni_prvky/n/defin_kukurice_1.jpg)

RICHTER R., 2004: *Symptomy nedostatku a nadbytku fosforu*. Databáze online [2015-04-22]. Dostupné na:

[http://web2.mendelu.cz/af\\_221\\_multitext/vyziva\\_rostlin/images/biogenni\\_prvky/p/defin\\_p\\_kukurice\\_8.jpg](http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/images/biogenni_prvky/p/defin_p_kukurice_8.jpg)

## Seznam obrázků

Obrázek 1: <i>Efekt rozdílného obdělávání půdy</i> ( <a href="http://www.powershow.com">http://www.powershow.com</a> ).....	9
Obrázek 2: <i>Schéma vzniku půdy</i> (Kozák, a kol., 2009).....	12
Obrázek 3: <i>Faktory ovlivňující půdní úrodnost</i> .....	13
Obrázek 4: <i>Infiltrace vody do půdy a její vliv na půdní úrodnost</i> .....	16
Obrázek 5: <i>Dvě varianty zpracování půdy ke kukuřici</i> .....	18
Obrázek 6: <i>Typy mineralizace a humifikace POH;</i> .....	20
Obrázek 7: <i>Tvorba humusu</i> (Hůla a Procházková, 2008).....	21
Obrázek 8: <i>Základní složky humusu</i> ( <a href="http://af.czu.cz/penizek/prednasky.pdf">http://af.czu.cz/penizek/prednasky.pdf</a> ).....	23
Obrázek 9: <i>Liebigův zákon minima</i> ( <a href="http://www.priroda.cz">http://www.priroda.cz</a> ).....	26
Obrázek 10: <i>Deficit dusíku u kukuřice</i> ( <a href="http://web2.mendelu.cz">http://web2.mendelu.cz</a> ).....	28
Obrázek 11: <i>Deficit fosforu u mladých rostlin kukuřice</i> ( <a href="http://web2.mendelu.cz">http://web2.mendelu.cz</a> ).....	29
Obrázek 12: <i>Deficit draslíku – zaschnutí habitu pšenice ozimé</i> ( <a href="http://web2.mendelu.cz">http://web2.mendelu.cz</a> ) .....	30
Obrázek 13: <i>Hodnoty monitorované při kompostování</i> (Plíva a kol., 2009).....	31
Obrázek 14: <i>Ukázka kompostování přímo na poli</i> (Plíva, 2009).....	32
Obrázek 15: <i>Překopávka kompostu s aplikací kejdy skotu</i> (Kovaříček a kol., 2012).....	33
Obrázek 16: <i>Správný průběh teploty při kompostování</i> (Hejátková a kol., 2007).....	35
Obrázek 17: <i>Subtypy kambizemí a pelozemí</i> ( <a href="http://klasifikace.pedologie.cz">http://klasifikace.pedologie.cz</a> ).....	35
Obrázek 18: <i>Mapa výskytu kambizemí v ČR</i> ( <a href="http://klasifikace.pedologie.cz">http://klasifikace.pedologie.cz</a> ).....	37
Obrázek 19: <i>Schéma založených pokusných parcel na pozemku Za farou</i> (Malonty)....	40
Obrázek 20: <i>Půdní profil kambizemě modální</i> .....	40
Obrázek 21: <i>Schéma pokusných parcel na pozemku U váhy</i> (Líčov – Desky).....	42
Obrázek 22: <i>Půdní profil kambizemě oglejené</i> .....	42
Obrázek 23: <i>Pokusná plocha kambizemě modální</i> .....	44
Obrázek 24: <i>Půdní profil kambizemě modální</i> .....	44
Obrázek 25: <i>UV-VIS spektra HL na lokalitách Malonty, Desky, Rapotín</i> .....	78
Obrázek 26: <i>Absorbance na variantách kontrola a kompost na lokalitě Malonty</i> .....	78
Obrázek 27: <i>Absorbance na variantách kontrola a kompost na lokalitě Desky</i> .....	82
Obrázek 28: <i>UV-VIS spektra HL na variantách kontrola a kompost na lokalitě Rapotín</i> .....	85

## Seznam tabulek

Tabulka 1: <i>Zastoupení půdních druhů podle komplexního průzkumu půd v ČR (Jandák a kol., 2010)</i> .....	16
Tabulka 2: <i>Třídění půd podle minerální síly (Novák, 1954 In: Zaujec a kol., 2009)</i> .....	25
Tabulka 3: <i>Klasifikační stupnice dle Nováka (1953) In: Vopravil a kol., (2010)</i> .....	46
Tabulka 4: <i>Kritéria hodnocení aktivní a výměnné půdní reakce (Jandák, 2003)</i> .....	46
Tabulka 5: <i>Hraniční hodnoty konduktivity (Pokorný a kol., 2007)</i> .....	47
Tabulka 6: <i>Tabulka hodnocení obsahu humusu (Pokorný a kol., 2007)</i> .....	48
Tabulka 7: <i>Parametry přístroje UV-VIS spektrometr Varian Cary 50 Probe (Pospíšilová, 2012)</i> .....	49
Tabulka 8: <i>Kritéria hodnocení obsahu fosforu podle Mehlicha III</i> .....	51
Tabulka 9: <i>Kritéria hodnocení obsahu draslíku podle Mehlicha III</i> .....	51
Tabulka 10: <i>Kritéria hodnocení obsahu hořčíku podle Mehlicha III</i> .....	52
Tabulka 11: <i>Kritéria hodnocení obsahu vápníku podle Mehlicha III</i> .....	52
Tabulka 12: <i>Zrntostní složení lokalit Malonty a Desky</i> .....	74
Tabulka 13: <i>Půdní reakce, vodivost a obsah živin v roce 2012 na lokalitě Malonty</i> .....	74
Tabulka 14: <i>Půdní reakce, vodivost a obsah živin v roce 2013 na lokalitě Malonty</i> .....	74
Tabulka 15: <i>Frakční složení humusových látek, stupeň humifikace a barevný index (<math>Q_{4/6}</math>) v roce 2012 na lokalitě Malonty</i> .....	75
Tabulka 16: <i>Frakční složení humusových látek, stupeň humifikace a barevný index (<math>Q_{4/6}</math>) v roce 2013 na variantách kontrola a orba na lokalitě Malonty</i> .....	75
Tabulka 17: <i>Statistické hodnocení obsahu HL, HK, FK na lokalitě Malonty</i> .....	76
Tabulka 18: <i>Celkový obsah uhlíku, dusíku, poměr C/N v roce 2012 na lokalitě Malonty</i> .....	77
Tabulka 19: <i>Obsah organického uhlíku, celkového dusíku a poměr C/N v roce 2013 na lokalitě Malonty</i> .....	77
Tabulka 20: <i>Množství uhlíku rozpuštěného ve vodě, mikrobiálního uhlíku a bazální respirace v roce 2012 na lokalitě Malonty</i> .....	77
Tabulka 21: <i>Množství organického uhlíku, uhlíku rozpuštěného ve vodě, mikrobiálního uhlíku a bazální respirace v roce 2013 na variantách kontrola a kompost na lokalitě Malonty</i> .....	77



Tabulka 22: <i>Organický uhlík, ve vodě rozpuštěný uhlík, ve vodě rozpuštěný dusík, mikrobiální uhlík a bazální respirace lokalit Malonty, Desky a Rapotín</i> .....	78
Tabulka 23: <i>Půdní reakce, vodivost a obsah živin v roce 2012 na lokalitě Desky</i> .....	79
Tabulka 24: <i>Půdní reakce, vodivost a obsah živin v roce 2013 na lokalitě Desky</i> .....	79
Tabulka 25: <i>Frakční složení humusových látek, stupeň humifikace a barevný index (<math>Q_{4/6}</math>) v roce 2012 na lokalitě Desky</i> .....	79
Tabulka 26: <i>Frakční složení humusových látek, stupeň humifikace a barevný index (<math>Q_{4/6}</math>) v roce 2013 na variantách kontrola a kompost na lokalitě Desky</i> .....	79
Tabulka 27: <i>Statistické hodnocení obsahu HL, HK, FK na lokalitě Desky</i> .....	80
Tabulka 28: <i>Množství uhlíku rozpuštěného ve vodě, mikrobiálního uhlíku a bazální respirace v roce 2012 na lokalitě Desky</i> .....	80
Tabulka 29: <i>Celkový obsah uhlíku, dusíku, poměr C/N v roce 2012 na lokalitě Desky</i> .....	81
Tabulka 30: <i>Obsah organického uhlíku, celkového dusíku a poměr C/N v roce 2013 na lokalitě Desky</i> .....	81
Tabulka 31: <i>Množství organického uhlíku, uhlíku rozpuštěného ve vodě, mikrobiálního uhlíku a bazální respirace v roce 2013 na variantách kontrola a kompost na lokalitě Desky</i> .....	81
Tabulka 32: <i>Množství uhlíku rozpuštěného ve vodě, mikrobiálního uhlíku a bazální respirace v roce 2012 na lokalitě Desky</i> .....	81
Tabulka 33: <i>Půdní reakce a vodivost na v roce 2008 lokalitě Rapotín</i> .....	82
Tabulka 34: <i>Celkový obsah Corg, frakční složení humusu, stupeň humifikace a barevný index (<math>Q_{4/6}</math>) v roce 2008 na lokalitě Rapotín</i> .....	82
Tabulka 35: <i>Celkový obsah Corg, frakční složení humusu, stupeň humifikace a barevný index (<math>Q_{4/6}</math>) v roce 2011 na lokalitě Rapotín</i> .....	82
Tabulka 36: <i>Obsah živin v roce 2011 na variantě kontrola na lokalitě Rapotín</i> .....	83
Tabulka 37: <i>Obsah živin v roce 2011 na variantě kompost na lokalitě Rapotín</i> .....	83
Tabulka 38: <i>Celkové množství uhlíku, dusíku a C/N na lokalitě Rapotín</i> .....	83
Tabulka 39: <i>Celkové množství uhlíku, dusíku a C/N na lokalitě Rapotín</i> .....	83
Tabulka 40: <i>Vybrané půdní vlastnosti v humusovém horizontu v lokalitě Rapotín</i> .....	83
Tabulka 41: <i>Statistické hodnocení obsahu Corg, HL, HK, FK na lokalitě Rapotín (<math>n = 41</math>, <math>\alpha = 0,05</math>, <math>N_{krit} = 3,021</math>; Anova 2012/2013)</i> .....	84

## **Seznam zkratek**

BRP...bazální respirace

C<sub>mic</sub>...mikrobiální organický uhlík

C<sub>org</sub>...celkový organický uhlík

C<sub>w</sub>...ve vodě rozpuštěný uhlík

ČR...Česká republika

ČSN...česká technická norma

DNA...deoxyribonukleová kyselina

FK...fulvokyseliny

HK...humusové kyseliny

HL...humusové látky

KA...kambizem

N<sub>w</sub>...ve vodě rozpuštěný dusík

Pg...petagram

POH...půdní organická hmota

RNA...ribonukleová kyselina

## Přílohy

**Tabulka 12: Zrnitostní složení lokalit Malonty a Desky**

vzorky	Obsah částic [ %]						
	2,00–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,001	< 0,001	< 0,01	< 0,05
Malonty Ap (0–30 cm)	41,06	24,04	14,42	14,20	6,28	20,48	34,90
Malonty Bv (30–60 cm)	47,77	29,19	12,10	7,14	3,80	10,94	23,04
Malonty BC (60–90 cm)	42,22	31,38	12,02	5,04	9,34	14,38	26,40
Malonty C (>90 cm)	46,79	29,71	10,92	3,20	9,38	12,58	23,50
Desky Ap (0–20 cm)	28,48	27,68	18,04	18,10	7,70	25,80	43,84
Desky Bvg (20–60 cm)	31,86	28,08	15,46	13,88	10,72	24,60	40,06
Desky BC (60–80 cm)	29,96	32,36	17,80	8,18	11,70	19,88	37,68
Desky C (>80 cm)	42,44	29,38	12,72	4,94	10,52	15,46	28,18

**Tabulka 13: Půdní reakce, vodivost a obsah živin v roce 2012 na lokalitě Malonty**

2012	pH/H <sub>2</sub> O	pH/KCl	Vodivost	P	K	Ca	Mg
			mS.cm <sup>-1</sup>	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Malonty (KAm)							
Ap (0–30 cm)	6.26	5.06	0.06	85.20	153.50	1612.00	91.10
Bv (30–60 cm)	6.63	4.96	0.02				
BC (60–90 cm)	6.75	4.82	0.02				
C (>90 cm)	6.24	4.58	0.04				

**Tabulka 14: Půdní reakce, vodivost a obsah živin v roce 2013 na lokalitě Malonty**

2013	pH/H <sub>2</sub> O	pH/KCl	Vodivost	P	K	Ca	Mg
			mS.cm <sup>-1</sup>	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Malonty (KAm, Ap 0–20 cm)							
orba – kontrola	6.40	5.10	0.02	75.20	137.40	1239.00	73.50
orba – kompost	6.50	5.20	0.02	67.10	178.10	1194.00	74.80

**Tabulka 15: Frakční složení humusových látek, stupeň humifikace a barevný index ( $Q_{4/6}$ ) v roce 2012 na lokalitě Malonty**

	<i>Corg</i> (%)	<i>HL</i> (g/kg)	<i>HK</i>	<i>FK</i>	<i>HK/FK</i>	<i>Sh</i> (%)	$Q_{4/6}$
2012	%	%	%	%		%	
<i>Malonty Ap (0–30 cm)</i>	2.13	0.6	0.3	0.3	1	14.10	5.00
<i>Malonty Bv (30–60 cm)</i>	0.44						
<i>Malonty BC (60–90 cm)</i>	0.37						
<i>Malonty C (&gt;90 cm)</i>	0.26						

**Tabulka 16: Frakční složení humusových látek, stupeň humifikace a barevný index ( $Q_{4/6}$ ) v roce 2013 na variantách kontrola a orba na lokalitě Malonty**

	<i>Corg</i>	<i>HL</i>	<i>HK</i>	<i>FK</i>	<i>HK/FK</i>	$SH=HL/C*100$	$Q_{4/6}$
<i>Malonty (KAm, Ap 0–20 cm)</i>	%	%	%	%		%	
<i>jaro 2013</i>							
<i>orba – kontrola</i>	1.88	0.54	0.2	0.3	0.7	28.7	7.5
<i>orba – kompost</i>	2.33	0.57	0.3	0.3	0.8	24.5	7
<i>podzim 2013</i>							
<i>orba – kontrola</i>	1.73	0.58	0.2	0.4	0.5	33.5	6.5
<i>orba – kompost</i>	1.88	0.53	0.2	0.3	0.7	28.2	6

**Tabulka 17: Statistické hodnocení obsahu HL, HK, FK na lokalitě Malonty**

*(n = 3, α = 0,05, Nkrit = 4,303; Anova 2012/2013)*

Malonty (2012/2013)

Anova: jeden faktor						
Faktor						
Výběr	Počet	Součet	Průměr	Rozptyl		
HL (kontrola)		3	1.5	0.5	0	
HL (kompost)		3	1.83	0.61	0.0001	
Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota P	F krit
Mezi výběry	0.01815	1	0.01815	<b>363</b>	4.47E-05	7.708647422
Všechny výběry	0.0002	4	5E-05			
Celkem	0.01835	5				
<i>Výběr</i>	<i>Počet</i>	<i>Součet</i>	<i>Průměr</i>	<i>Rozptyl</i>		
HL (kontrola)		3	1.5	0.5	0	
HL (kompost)		3	1.83	0.61	0.0001	
<i>Zdroj variability</i>	<i>SS</i>	<i>Rozdíl</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Hodnota P</i>	<i>F krit</i>
Mezi výběry	0.01815	1	0.01815	<b>363</b>	4.47E-05	7.708647422
Všechny výběry	0.0002	4	5E-05			
Celkem	0.01835	5				
<i>Výběr</i>	<i>Počet</i>	<i>Součet</i>	<i>Průměr</i>	<i>Rozptyl</i>		
HK (kontrola)		3	0.75	0.25	0	
HK (kompost)		3	0.93	0.31	0.0001	
<i>Zdroj variability</i>	<i>SS</i>	<i>Rozdíl</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Hodnota P</i>	<i>F krit</i>
Mezi výběry	0.0054	1	0.0054	<b>108</b>	0.000484	7.708647422
Všechny výběry	0.0002	4	5E-05			
Celkem	0.0056	5				
<i>Výběr</i>	<i>Počet</i>	<i>Součet</i>	<i>Průměr</i>	<i>Rozptyl</i>		
FK (kontrola)		3	0.75	0.25	0	
FK (kompost)		3	0.91	0.303333	3.33E-05	
<i>Zdroj variability</i>	<i>SS</i>	<i>Rozdíl</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Hodnota P</i>	<i>F krit</i>
Mezi výběry	0.004267	1	0.004267	<b>256</b>	8.92E-05	7.708647422
Všechny výběry	6.67E-05	4	1.67E-05			
Celkem	0.004333	5				

**Tabulka 18: Celkový obsah uhlíku, dusíku, poměr C/N v roce 2012 na lokalitě Malonty**

2012	C	N	C/N
	(%)	(%)	
Malonty (KAm)			
Ap (0–30 cm)	2,02	0,177	11,40

**Tabulka 19: Obsah organického uhlíku, celkového dusíku a poměr C/N v roce 2013 na lokalitě Malonty**

	Hloubka	Corg	Nt	C/N
2013	cm	%	%	
Malonty (KAm)				
orba – kontrola	0–20	1.88	0.2	9.4
orba – kompost	0–20	2.33	0.22	10.59

**Tabulka 20: Množství uhlíku rozpuštěného ve vodě, mikrobiálního uhlíku a bazální respirace v roce 2012 na lokalitě Malonty**

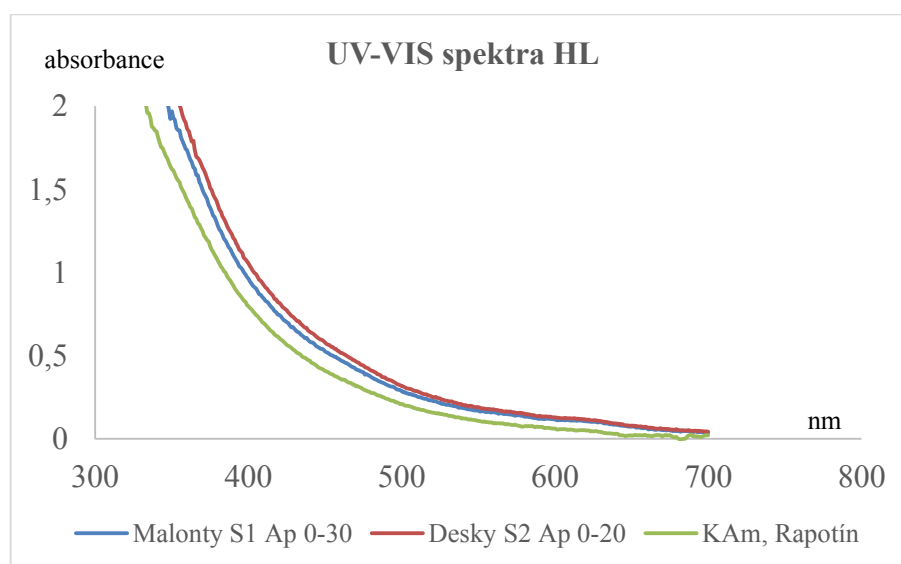
	Cw	Cmic	BRP
	mg/l	μgC/ g <sup>-1</sup>	μg C g <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup>
Malonty – jaro 2012 Ap (0–30 cm)	9.53	62,40	2,45

**Tabulka 21: Množství organického uhlíku, uhlíku rozpuštěného ve vodě, mikrobiálního uhlíku a bazální respirace v roce 2013 na variantách kontrola a kompost na lokalitě Malonty**

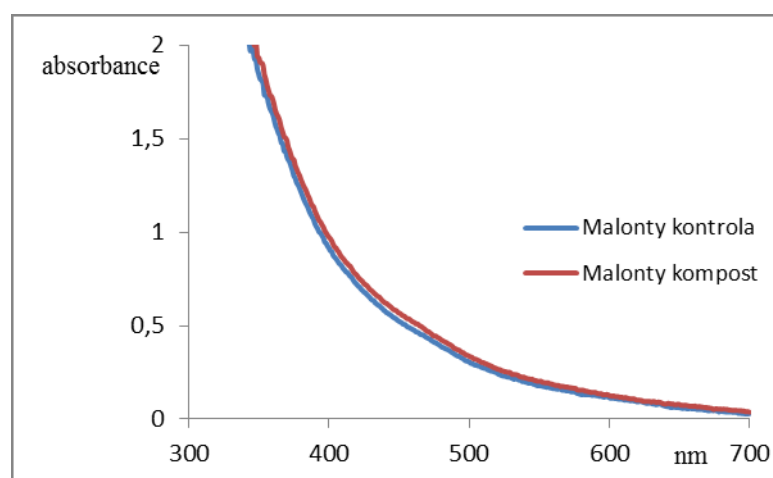
	Hloubka	Corg	Cw	Cmic	BRP
Malonty–jaro 2013					
orba – kontrola	0–20	1,88	5.6	198,33	1,2
orba – kompost	0–20	2,33	5	186,64	1,16

**Tabulka 22: Organický uhlík, ve vodě rozpuštěný uhlík, ve vodě rozpuštěný dusík, mikrobiální uhlík a bazální respirace lokalit Malonty, Desky a Rapotín**

	Hloubka (cm)	Corg (%)	Cwe (mg/l)	Nwe mg/l	Cmic μg/g	BRP μg/g
Rapotín (Kontrola, 2008)	2 – 30 cm	1,43	11,17	1,08	136,89	4,02
Rapotín (kompost, 2010)	2 –30 cm	1,73	15,84	1,28	141,24	5,41
Desky (kontrola –minim)	0–20	1,85	7,61	1,49	144,58	1,59
Desky ( kompost – minim)	0–20	2,4	7,94	1,77	160	1,33
Malonty (orba – kontrola)	0–20	2	6,31	1,11	105,62	3,11
Malonty (orba – kompost)	0–20	1,95	8,24	1,39	162,34	2,87



**Obrázek 25: UV-VIS spektra HL na lokalitách Malonty, Desky, Rapotín**



**Obrázek 26: Absorbance na variantách kontrola a kompost na lokalitě Malonty**

**Tabulka 23: Půdní reakce, vodivost a obsah živin v roce 2012 na lokalitě Desky**

2012	pH/H <sub>2</sub> O	pH/KCl	Vodivost mS.cm <sup>-1</sup>	P mg/kg	K mg/kg	Ca mg/kg	Mg mg/kg
Desky (KAg)							
A (0–20 cm)	5.95	6.69	0.055	64.60	248.30	1385.00	103.10
Bvg (20–60 cm)	6.20	4.70	0.04				
BC (60–80 cm)	5.95	4.10	0.035				
C (> 80 cm)	4.60	3.40	0.045				

**Tabulka 24: Půdní reakce, vodivost a obsah živin v roce 2013 na lokalitě Desky**

2013	pH/H <sub>2</sub> O	pH/KCl	Vodivost mS.cm <sup>-1</sup>	P mg/kg	K mg/kg	Ca mg/kg	Mg mg/kg
Desky (KAg, Ap 0–20 cm)							
minim – kontrola	6.30	5.10	0.03	65.10	311.9 0	1182.00	109.7 0
minim – kompost	6.40	6.00	0.03	95.30	252.3 0	1553.00	112.8 0

**Tabulka 25: Frakční složení humusových látek, stupeň humifikace a barevný index (Q<sub>4/6</sub>) v roce 2012 na lokalitě Desky**

2012	Corg	HL	HK	FK	HK/FK	SH=HL/C*100	Q <sub>4/6</sub>
Desky (KAg)	%	%	%	%		%	
Ap (0–20 cm)	2,18	0.85	0.45	0.4	1,13	20,64	4,80
Bvg (20–60 cm)	0,97						
BC (60–80 cm)	0,45						
C (> 80 cm)	0,39						

**Tabulka 26: Frakční složení humusových látek, stupeň humifikace a barevný index (Q<sub>4/6</sub>) v roce 2013 na variantách kontrola a kompost na lokalitě Desky**

Desky (KAg, Ap 0–20 cm)	Corg	HL	HK	FK	HK/FK	SH=HL/C*100	Q <sub>4/6</sub>
jaro 2013	%	%	%	%		%	
minim – kontrola	2.03	0.58	0.26	0.32	0.81	28.57	7.5
minim – kompost	2.33	0.51	0.26	0.35	0.74	21.89	7
podzim 2013							
minim – kontrola	1.8	0.43	0.19	0.34	0.56	23.89	6.6
minim – kompost	2.1	0.58	0.23	0.35	0.66	27.62	6



**Tabulka 27: Statistické hodnocení obsahu HL, HK, FK na lokalitě Desky**

*(n = 3, α = 0,05, Nkrit = 4,303; Anova 2012/2013)*

KAg, Desky

Anova: jeden faktor						
Faktor						
Výběr	Počet	Součet	Průměr	Rozptyl		
HL (kontrola)	3	1.35	0.45	0.0025		
HL (kompost)	3	1.74	0.58	0.0012		
Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota P	F krit
Mezi výběry	0.02535	1	0.02535	13.7027	0.020804	7.708647
Všechny výběry	0.0074	4	0.00185			
Celkem	0.03275	5				
Výběr	Počet	Součet	Průměr	Rozptyl		
HK (kontrola)	3	0.74	0.246667	3.33E-05		
HK (kompost)	3	0.87	0.29	0.0003		
Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota P	F krit
Mezi výběry	0.002817	1	0.002817	16.9	0.014721	7.708647
Všechny výběry	0.000667	4	0.000167			
Celkem	0.003483	5				
Výběr	Počet	Součet	Průměr	Rozptyl		
FK (kontrola)	3	0.61	0.203333	0.002033		
FK (kompost)	3	0.87	0.29	0.0003		
Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota P	F krit
Mezi výběry	0.011267	1	0.011267	9.657143	0.035956	7.708647
Všechny výběry	0.004667	4	0.001167			
Celkem	0.015933	5				

**Tabulka 28: Množství uhlíku rozpuštěného ve vodě, mikrobiálního uhlíku a bazální respirace v roce 2012 na lokalitě Desky**

2012	Cw g/kg	Cmic μgC/ g <sup>-1</sup>	BRP μg C g <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup>
Desky Ap (0–20 cm)	0,22	158,9	3,1

**Tabulka 29: Celkový obsah uhlíku, dusíku, poměr C/N v roce 2012 na lokalitě Desky**

2012	C	N	C/N
	(%)	(%)	
Desky (KAg)			
Ap (0–20 cm)	2,15	0,196	11,00

**Tabulka 30: Obsah organického uhlíku, celkového dusíku a poměr C/N v roce 2013 na lokalitě Desky**

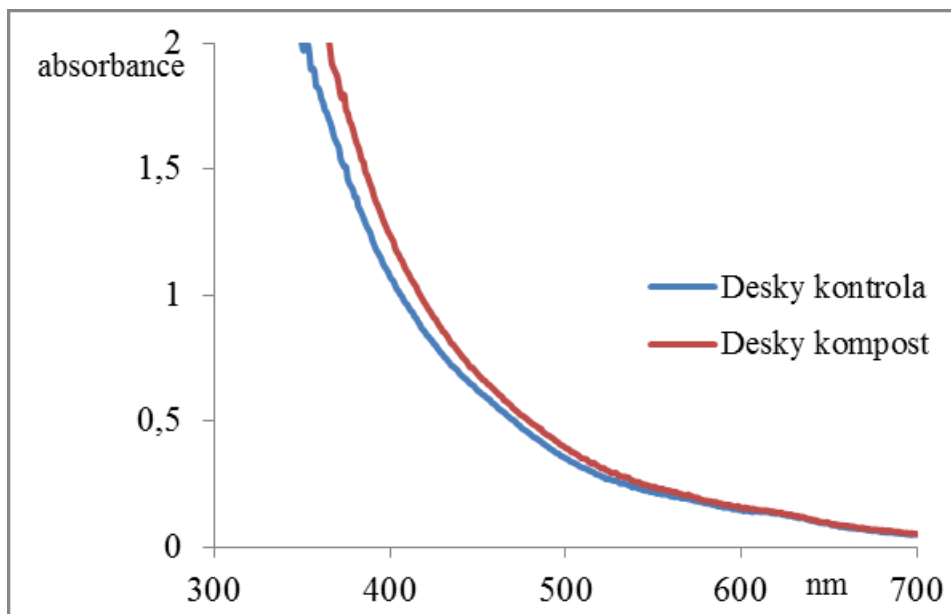
	Hloubka	Corg	Nt	C/N
2013	cm	%	%	
	Desky (minim – kontrola)	0–20	2.03	0.22
minim – kompost	0–20	2.33	0.23	10.13

**Tabulka 31: Množství organického uhlíku, uhlíku rozpuštěného ve vodě, mikrobiálního uhlíku a bazální respirace v roce 2013 na variantách kontrola a kompost na lokalitě Desky**

	Hloubka	Corg	Cw	Cmic	BRP
Desky (KAg)	cm	%	mg/l	μg/g	μg/g
jaro 2013					
minim – kontrola	0–20	2,03	6.15	227,96	1,48
minim – kompost	0–20	2,33	6.4	219,06	1,42

**Tabulka 32: Množství uhlíku rozpuštěného ve vodě, mikrobiálního uhlíku a bazální respirace v roce 2012 na lokalitě Desky**

	Cw	Cmic	BRP
2012	mg/l	μgC/ g <sup>-1</sup>	μg C g <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup>
Desky Ap (0–20 cm)	10.65	158,9	3,1



Obrázek 27: Absorbance na variantách kontrola a kompost na lokalitě Desky

Tabulka 33: Půdní reakce a vodivost na v roce 2008 lokalitě Rapotín

2008	pH/H <sub>2</sub> O	pH/KCl	Vodivost mS.cm <sup>-1</sup>
Rapotín (KAm)	6,50	5,70	0,04

Tabulka 34: Celkový obsah Corg, frakční složení humusu, stupeň humifikace a barevný index ( $Q_{4/6}$ ) v roce 2008 na lokalitě Rapotín

Lokalita	Horizont cm	Corg	Suma HL	Suma HK	Suma FK	HK/FK	Sh	Q <sub>4/6</sub>
		%	mg/kg	mg/kg	mg/kg		%	
Rapotín kontrola	2 – 30	1,43	6,2	2,2	4	0,55	15,4	7,3

Tabulka 35: Celkový obsah Corg, frakční složení humusu, stupeň humifikace a barevný index ( $Q_{4/6}$ ) v roce 2011 na lokalitě Rapotín

jaro 2011	Corg	humus	HL	HK	FK	HK/FK	Sh	Q <sub>4/6</sub>
	%	%	g/kg	g/kg	g/kg		%	
Rapotín kontrola	2,53	4,37	7,2	2,5	4,7	0,53	9,86	6,8
Rapotín kompost	2,74	4,73	8,5	3,4	5,1	0,67	12,4	6

**Tabulka 36: Obsah živin v roce 2011 na variantě kontrola na lokalitě Rapotín**

2011 kontrola	P mg/kg	K mg/kg	Ca mg/kg	Mg mg/kg
Rapotín (KAm)	67,10	178,10	1194,00	74,80

**Tabulka 37: Obsah živin v roce 2011 na variantě kompost na lokalitě Rapotín**

2011 kompost	P mg/kg	K mg/kg	Ca mg/kg	Mg mg/kg
Rapotín (KAm)	75,20	137,40	1239,00	73,50

**Tabulka 38: Celkové množství uhlíku, dusíku a C/N na lokalitě Rapotín**

kontrola	C %	N %	C/N
Rapotín (KAm)	2,53	0,224	11,3

**Tabulka 39: Celkové množství uhlíku, dusíku a C/N na lokalitě Rapotín**

kompost	C %	N %	C/N
Rapotín (KAm)	2,74	0,241	11,1

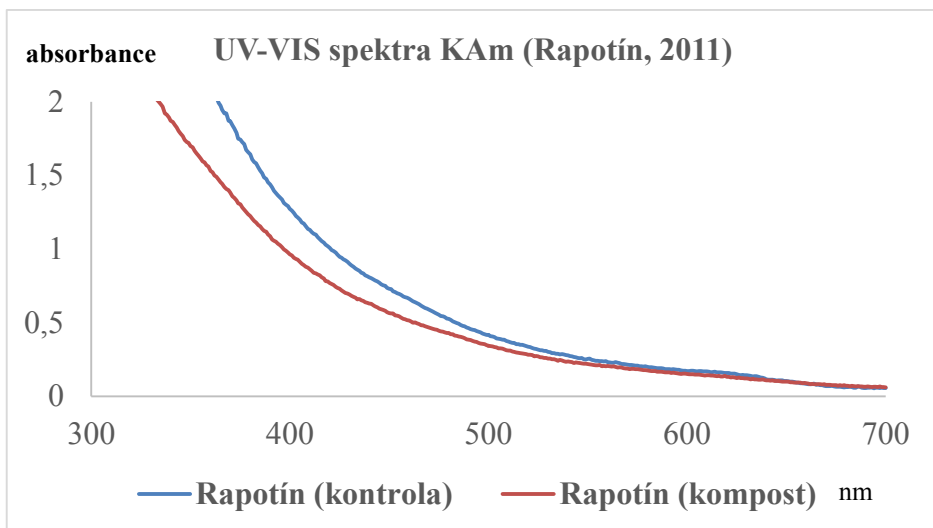
**Tabulka 40: Vybrané půdní vlastnosti v humusovém horizontu v lokalitě Rapotín**

jíl	prach	písek	jíl.č.
%	%	%	%
9,4	32,8	57,9	21,4

**Tabulka 41: Statistické hodnocení obsahu Corg, HL, HK, FK na lokalitě Rapotín  
( $n = 41$ ,  $\alpha = 0,05$ ,  $N_{krit} = 3,021$ ; Anova 2012/2013)**

Anova: jeden faktor (KAm, Rapotín)

Výběr	Počet	Součet	Rozptyl		
Corg 2011	41	63.9075	0.0198391		
Corg 2008	41	57.05	0.0247178		
<i>Zdroj variability</i>	<i>SS</i>	<i>Rozdíl</i>	<i>F</i>	<i>Hodnota P</i>	<i>F krit</i>
Mezi výběry	0.5734793	1	<b>25.7414351</b>	2.4801E-06	3.960352
Všechny výběry	1.7822762	80			
Celkem	2.3557556	81			
Výběr	Počet	Průměr	Rozptyl		
HL 2011	41	4.3512195	1.10206098		
HL 2008	41	6.104878	0.43247561		
<i>Zdroj variability</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Hodnota P</i>	<i>F krit</i>
Mezi výběry	63.044024	63.044024	<b>82.1668574</b>	6.558E-14	3.960352
Všechny výběry	61.381463	0.7672683			
Celkem	124.42549				
Výběr	Počet	Průměr	Rozptyl		
HK 2011	41	1.8439024	0.20702439		
HK 2008	41	2.095122	0.12597561		
<i>Zdroj variability</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Hodnota P</i>	<i>F krit</i>
Mezi výběry	1.2937805	1.2937805	<b>7.77045338</b>	0.00663203	3.960352
Všechny výběry	13.32	0.1665			
Celkem	14.61378				
Výběr	Počet	Průměr	Rozptyl		
FK2011	41	2.5414634	0.4519878		
FK 2008	41	3.9902439	0.27990244		
<i>Zdroj variability</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Hodnota P</i>	<i>F krit</i>
Mezi výběry	43.02878	43.02878	<b>117.582604</b>	2.2483E-17	3.960352
Všechny výběry	29.27561	0.3659451			
Celkem	72.30439				



**Obrázek 28:** *UV-VIS spektra HL na variantách kontrola a kompost na lokalitě Rapotín*