

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

---



**Transformace vybraných půdních vlastností  
po aplikaci půdních kondicionérů**

Diplomová práce

*Vedoucí práce:*

doc. RNDr. Lubica Pospíšilová, CSc.

*Vypracovala:*

Bc. Nikola Balšánová

---

Brno 2017



## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

Zpracovatelka: **Bc. Nikola Balšánová**  
Studijní program: Zemědělská specializace  
Obor: Rozvoj venkova  
Název tématu: **Transformace vybraných půdních vlastností po aplikaci půdních kondicionérů**  
Rozsah práce: 50-60

Zásady pro vypracování:

1. Literární rešerše bude zaměřena na dotační politiku, kvalitu půdy a její úrodnost. Dále budou charakterizovány vybrané půdní kondicionéry a jejich vliv na kvalitu a úrodnost půd.
2. Na vybrané lokalitě s aplikací kondicionérů budou odebrány půdní vzorky a provedeny analýzy fyzikálních a chemických vlastností půdy.
3. Výsledky budou statisticky zpracovány pomocí ANOVA – jeden faktor.
4. Vyhodnotíme vliv půdních kondicionérů na parametry kvality půdy.
5. Zjištěné výsledky budou porovnány s dostupnou literaturou.

Seznam odborné literatury:

1. POSPÍŠILOVÁ, L. – VLČEK, V. – HYBLER, V. – HÁBOVÁ, M. – JANDÁK, J. Application of soil conditioners in sandy soils. In *15th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM*. 2. vyd. Sofia: STEF92 Technology Ltd., 2015, s. 35–40. ISSN 1314-2704.
2. ŽIVNA, T. – POSPÍŠILOVÁ, L. – DRÁPELOVÁ, I. Obsah labilních frakcí uhlíku ve vybraných přírodních humusových látkách. In HNILÍČKA, F. *Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin 2013*. 1. vyd. Praha: VÚRV, v.v.i., ČZU v Praze, 2013, s. 235–238. ISBN 978-80-7427-131-1.
3. VLČEK, V. – POSPÍŠILOVÁ, L. – HYBLER, V. – JANDÁK, J. The effect of soil conditioners onto physical properties of soils of arid regions. In *Soil management in sustainable farming systems*. 1. vyd. Troubsko, ČR: VUPT, s.r.o., 2014, s. 147–150. ISBN 978-80-86908-32-8.
4. POKORNÝ, E. – POSPÍŠILOVÁ, L. – VLČEK, V. – DENEŠOVÁ, O. Variabilita obsahu humusu v ornici CEI za roky 1988 – 1996. In *Pedologické dny*. Praha: ČZU, 2004, s. 56–58. ISBN 80-213-1248-3.
5. VLČEK, V. – HYBLER, V. – POSPÍŠILOVÁ, L. – JANDÁK, J. Vliv lignitu, zeolitu a agrisorbu na vybrané chemické vlastnosti půdy. *Agrochémia : Agrochemistry*. 2014. sv. XVIII (54), č. 1, s. 21–25. ISSN 1335-2415.
6. ALTMANN, V. – BADALÍKOVÁ, B. – BARTLOVÁ, J. – BURG, P. – HŮLA, J. – JELÍNEK, A. – KOVAŘÍČEK, P. – MIMRA, M. – PLÍVA, P. – POSPÍŠILOVÁ, L. – ROY, A. – VLÁŠKOVÁ, M. – ZEMÁNEK, P. *Využití kompostu pro optimalizaci vodního režimu v krajině*. 1. vyd. Náměšť nad Oslavou: ZERA – Zemědělská a ekologická regionální agentura, 2013. 101 s. ISBN 978-80-87226-26-1.

Datum zadání diplomové práce: říjen 2015

Termín odevzdání diplomové práce: duben 2017



**Bc. Nikola Balšánová**  
Autorka práce



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



**doc. Ing. Petr Škarpa, Ph.D.**  
Vedoucí ústavu



**doc. Ing. Pavel Ryant, Ph.D.**  
Děkan AF MENDELU

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci:

### **Transformace vybraných půdních vlastností po aplikaci půdních kondicionérů**

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 a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon 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**

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí mé diplomové práce, **doc. RNDr. Lubici Pospíšilové, CSc.**, za přínosné informace, rady a čas, který mi věnovala. V neposlední řadě bych také ráda poděkovala celé své rodině za oporu a podporu během studia.

## **Abstrakt**

Diplomová práce se zaměřuje na sledování a hodnocení transformačních změn půdních vlastností po aplikaci vybraných půdních kondicionérů. Největší pozornost je věnována zrnitostně středním a lehkým půdám (kambizemě a regozemě), u kterých v důsledku nízkého obsahu humusu a intenzivní mineralizace dochází k narušení kvality a snížení půdní úrodnosti. Půdní pomocné látky (kondicionéry) jako kompost, PRP-SOL, zeolit a lignit, aplikované na těchto půdách, vedly k pozitivním transformacím sledovaných půdních parametrů. Statisticky průkazné rozdíly byly zjištěny u obsahu humusu. Aplikace zeolitu a lignitu vedla k poklesu obsahu živin v důsledku jejich sorpce.

***Klíčová slova:*** *půdní kondicionéry, regozem arenická, kambizem modální*

## **Abstract**

Diploma thesis is focused on evaluation of changes in selected soil properties after soil conditioners amendment. Object of study were *Dystric Arenosol Aeolic* and *Haplic Cambisol*. These soil types have usually low humus content and quality and low fertility because of high mineralization rate. Soil conditioners (compost, PRP-SOL, Zeolite and Lignite) were applied with aim to improve their properties. Statistically significant differences were found in humus content. Zeolite a Lignite application caused degreasing of nutrients because of sorption effect.

***Keywords:*** *soil conditioners, Dystric Arenosol Aeolic, Haplic Cambisol*

## Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>CÍL PRÁCE.....</b>	<b>11</b>
<b>LITERÁRNÍ PŘEHLED</b>		
<b>3</b>	<b>SYSTÉM KONTROLY PODMÍNĚNOSTI.....</b>	<b>12</b>
3.1	Indikátory kvality půdy.....	16
<b>4</b>	<b>PŮDNÍ POMOCNÉ LÁTKY.....</b>	<b>18</b>
4.1	První generace PPL.....	19
4.2	Druhá generace PPL .....	23
4.3	Třetí generace PPL.....	25
4.4	Význam PPL .....	28
<b>EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST</b>		
<b>5</b>	<b>OBJEKT STUDIA .....</b>	<b>30</b>
5.1	Lokalita Svárov .....	30
5.2	Lokalita Hodonín .....	34
<b>6</b>	<b>METODY STUDIA .....</b>	<b>40</b>
6.1	Fyzikální vlastnosti .....	40
6.1.1	Stanovení zrnitostního složení .....	40
6.1.2	Stanovení vodostálosti půdních agregátů .....	42
6.2	Chemické vlastnosti.....	43
6.2.1	Stanovení přístupných živin.....	43
6.2.2	Půdní reakce.....	45
6.2.3	Stanovení obsahu humusu .....	46
6.3	Biologické vlastnosti.....	46
6.3.1	Stanovení množství mikrobiální biomasy.....	46
6.3.2	Bazální respirace půdy.....	47
6.3.3	Statistické zpracování dat .....	48
<b>7</b>	<b>VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ .....</b>	<b>49</b>
7.1	Aplikace kompostu a PRP-SOL .....	49

7.1.1	Fyzikální vlastnosti .....	49
7.1.2	Chemické vlastnosti .....	49
7.1.3	Biologické vlastnosti.....	51
7.2	Aplikace zeolitu a lignitu .....	51
7.2.1	Fyzikální vlastnosti .....	51
7.2.2	Chemické vlastnosti .....	51
<b>8</b>	<b>DISKUZE .....</b>	<b>54</b>
<b>9</b>	<b>ZÁVĚRY.....</b>	<b>55</b>
	<b>POUŽITÁ LITERATURA.....</b>	<b>56</b>
	<b>INTERNETOVÉ ZDROJE.....</b>	<b>61</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>64</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>65</b>
	<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>66</b>



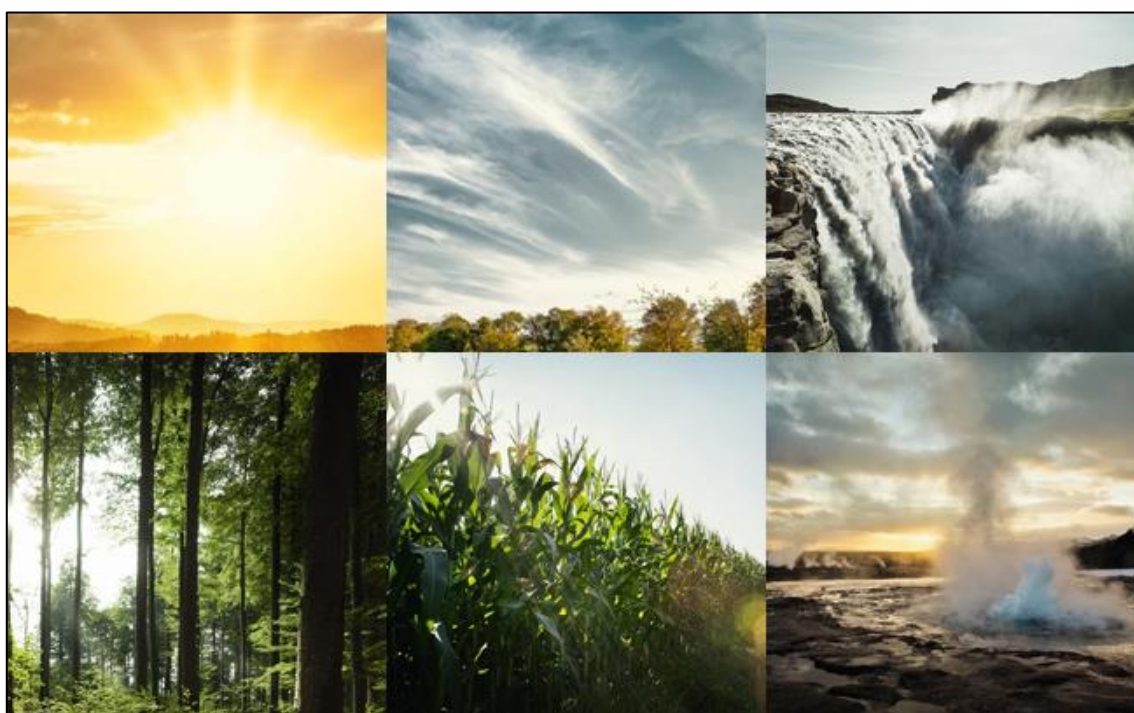
# 1 ÚVOD

Obnovitelné zdroje využívá lidstvo od dávné minulosti a do nedávné doby stačily potřebu člověka pokrýt. Avšak populační růst způsobil, že v průběhu 19. století přestaly obnovitelné zdroje dostačovat k pokrytí požadované spotřeby. Obavy z vyčerpání zdrojů fosilních paliv se objevují od konce 19. století a narůstá nutnost začít využívat obnovitelné zdroje energie. V této souvislosti nezaostává ani Česká republika (dále jen ČR). Projevuje se to hlavně v zákonech o životním prostředí (č. 17/1992 Sb. o životním prostředí, č. 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů). Zákony definují přírodní zdroje jako zdroje mající schopnost se na jedné straně spotřebovávat, na druhé straně úplně nebo alespoň částečně se obnovovat. Pod pojmem obnovitelné zdroje rozumíme obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, **energie půdy**, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu a energie bioplynu, jak uvádí Diviš (2015) – viz Obrázek 1.

Hledání příčin, které způsobily, že dochází k drancování přírodního bohatství a snižování přirozené úrodnosti půd, je velmi obtížné a hodnocení složité. Příčiny zodpovědné za tento stav jsou rozmanité. Základními problémy jsou na jedné straně vztah k půdě, na které hospodaříme a na straně druhé trvale udržitelné hospodaření. Není třeba zdůrazňovat, že jednoznačná orientace na tvorbu zisku a nekoncepční zásahy do systému hospodaření velmi negativně ovlivňují naše půdy. Důležitým faktorem, který v posledním desetiletí nabírá na významu, je počasí. Dochází k výrazným změnám zejména v rozložení srážek během roku, což vede k těžko udržitelné stabilitě výnosů a ovlivňuje efektivitu zemědělské výroby. Otázkou zůstává i fakt, zdali jsou zemědělci na tuto skutečnost připraveni, jak flexibilně jsou schopni reagovat a řešit tyto negativní dopady. Jasně je, že intenzivní zemědělská výroba a nerespektování přirozených procesů způsobují, že půda není schopna eliminovat nepříznivé srážkové a živinné poměry do takové míry, jak tomu bylo dříve. Ani při nejlepší snaze nelze bez systematického přístupu stabilizovat půdní vlastnosti a produkční schopnost půdy.

Kvalitní a zdravá půda má vyvážené fyzikální, chemické a biologické vlastnosti. Tyto se odrážejí v produkční schopnosti, v oživení půdy a v procesech biologické aktivity.

Zřejmě nejsme schopni změnit směřování a stav zemědělské výroby ve vztahu k diverzitě plodin, nebo rychlému nárůstu produkce hospodářských hnojiv, ale existuje několik ověřených způsobů, které nám mohou pomoci v boji s klesající biologickou aktivitou půd a úrodností. Pro život mikroorganismů v půdě jsou důležité dva atributy: organická hmota a vzduch. Z tohoto jednoznačně vyplývá, že musíme zabezpečit zvýšený přísun organické hmoty, ale zejména zabezpečit její aerobní rozklad, zlepšením půdní struktury a stabilizací půdních vlastností. Dostatečné množství organické hmoty je zároveň krmivem pro jednotlivé živé formy půdní bioty a hybnou silou biologických pochodů v půdě (<http://elita.testujeme.cz>).



**Obrázek 1: *Obnovitelné zdroje energie***

*(<https://www.ksb.com>)*

## 2 CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce je sledovat a vyhodnotit transformaci půdních vlastností po aplikaci vybraných půdních kondicionérů. Pro tuto práci byla vybrána zrnitostně střední půda, *Kambizem modální* (Svárov) a zrnitostně lehká půda, *Regozem arenická* (Hodonín). U těchto půd dochází v důsledku nízkého obsahu humusu a nedostatku srážek k intenzivní mineralizaci.

Půdní pomocné látky neboli kondicionéry (lignit, zeolit, PRP-SOL a kompost) jsou aplikovány na těchto půdách s cílem zvýšit obsah humusu, zlepšit půdní strukturu a zvýšit vododržnost půd. Bude sledován jejich vliv na mikroagregátové složení půdy, vodostálost agregátů, množství a kvalitu humusu, obsah živin a biologické parametry půd.

Diplomová práce byla vypracována s podporou projektu NAZV (MZe ČR), projekt QJ 1210263 „*Agrochemická opatření ke snížení vodní eroze na orné půdě s využitím zapravení organické hmoty*“.

Výsledky a výstupy diplomové práce byly zpracovány na přístrojovém vybavení financovaném z projektu OP VaVpl CZ.1.05/4.1.00/04.0135. Výukové a výzkumné kapacity pro biotechnologické obory a rozšíření infrastruktury.

## LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 3 SYSTÉM KONTROLY PODMÍNĚNOSTI

Půda tvoří otevřený dynamický třífázový heterogenní systém s negativní zpětnou vazbou, podmiňující schopnost vyrovnávat změny způsobené vnějšími faktory. Stálou výměnou látek a energie s prostředím půda nikdy nedosáhne rovnovážného stavu, v jehož blízkosti probíhají reakce. Půda je součástí systému vyššího řádu – ekosystému, biocenózy, geosystému (Jandák a kol., 2014).

Z tohoto důvodu je potřeba zkoumat půdu jako celistvý systém, který sjednocuje dané komponenty ekosystému. Propojení ekosystémů, koloběhů živin, vody a energie slouží především k vyhodnocení antropogenních změn, které mají jak pozitivní, tak negativní následky. Negativní změny a následná devastace půdního pokryvu vede ke ztrátě úrodnosti půdy. Východiskem jsou systémy hospodaření, které jsou spojeny s udržováním příznivých fyzikálních, chemických a biologických vlastností půdy (Pokorný a Šarapatka, 2003).

Podle Várallyaye (1994, In: Wilson and Maliszewska-Kordybach, 2000) půda plní funkci podmíněně obnovitelného zdroje a při racionálním hospodaření není pokles kvality půdy zásadní a nevyhnutelný. Autor dále uvádí, že půda je rovněž reaktor i transformátor, který spojuje účinky přírodních zdrojů, jakými jsou např. sluneční záření, atmosféra, povrchové a podzemní vody, hluboké geologické vrstvy a přírodní zdroje. Biochemické cykly v půdě rozvíjejí „životní prostředí“ pro mikrobiální aktivitu stejně dobře jako přirozené prostředí vytváří podmínky pro růst pěstovaných plodin. Dále půda plní funkci produkce rostlinné hmoty a zabezpečování základních potravin. Je přírodním rezervoárem tepla, vody, rostlinných živin a dalších složek, mezi které řadíme odpadní látky, potenciálně škodlivé látky nebo chemické sloučeniny. Existují v podstatě dva typy degradace půd, přirozené, ty souvisí s půdotvornými procesy a s vlivem nejrůznějších faktorů prostředí na půdy a jejich vývoj a mechanismy spjaté s lidskou činností, kam patří např. pozvolné změny půdní textury i struktury, vymývání látek a posuny koloidů v půdním profilu, změny v množství půdních organismů a struktuře jejich společenstev. Přirozené mechanismy degradace půd většinou člověk nemůže ovlivnit.

Druhou skupinou mechanismů jsou mechanismy vyvolané lidskou činností. Ty mohou degradaci půd potlačit nebo naopak zesílit.

Jak uvádí Badalíková a Bartlová, profesor Várallyay (1994) rozlišuje 8 typů degradace půd:

- ***eroze půdy*** – vodní, větrná,
- ***acidifikace půdy***,
- ***extrémní vodní režim*** – přemokření, zaplavení, sucho,
- ***salinizace a alkalizace půdy***,
- ***degradace fyzikálních vlastností půdy*** – poškození struktury, slévavost povrchu, utužení,
- ***degradace biologických vlastností*** – snížení obsahu a kvality organické hmoty, poškození populací půdních organismů,
- ***nežádoucí změny obsahu živin v půdě*** – vyplavování, biologická i abiotická imobilizace,
- ***snížení pufrovací schopnosti*** – poškození sorpčního komplexu a znečištění půdy polutanty.

Mezi mechanismy lidské činnosti, způsobující degradaci půd, řadíme:

- ***odlesnění a odstranění původní vegetace***, odlesnění pro zemědělské účely, velkoplošně komerční lesnictví nebo výstavba dopravních cest a sídel,
- ***nadměrné využívání půdy pro pastvu***, neřízená a nadměrná pastva vede k poškození vegetace, utužení půdy a náchylnosti půdy k erozi,
- ***zemědělské technologie***, pod kterými si můžeme představit nedostatečné nebo nadměrné používání hnojiv, použití těžké mechanizace, chybná aplikace agrotechnických zásahů a také používání znečištěné závlahové vody,
- ***nadměrné využívání přirozené vegetace jako paliva***, zbylá vegetace poskytuje nedostatečnou ochranu půdy před erozí a dalšími degradačními procesy ([www.prptechnologies.cz](http://www.prptechnologies.cz)).

Podle Mädera (2013) mezi nejdůležitější přirozené funkce půdy řadíme:

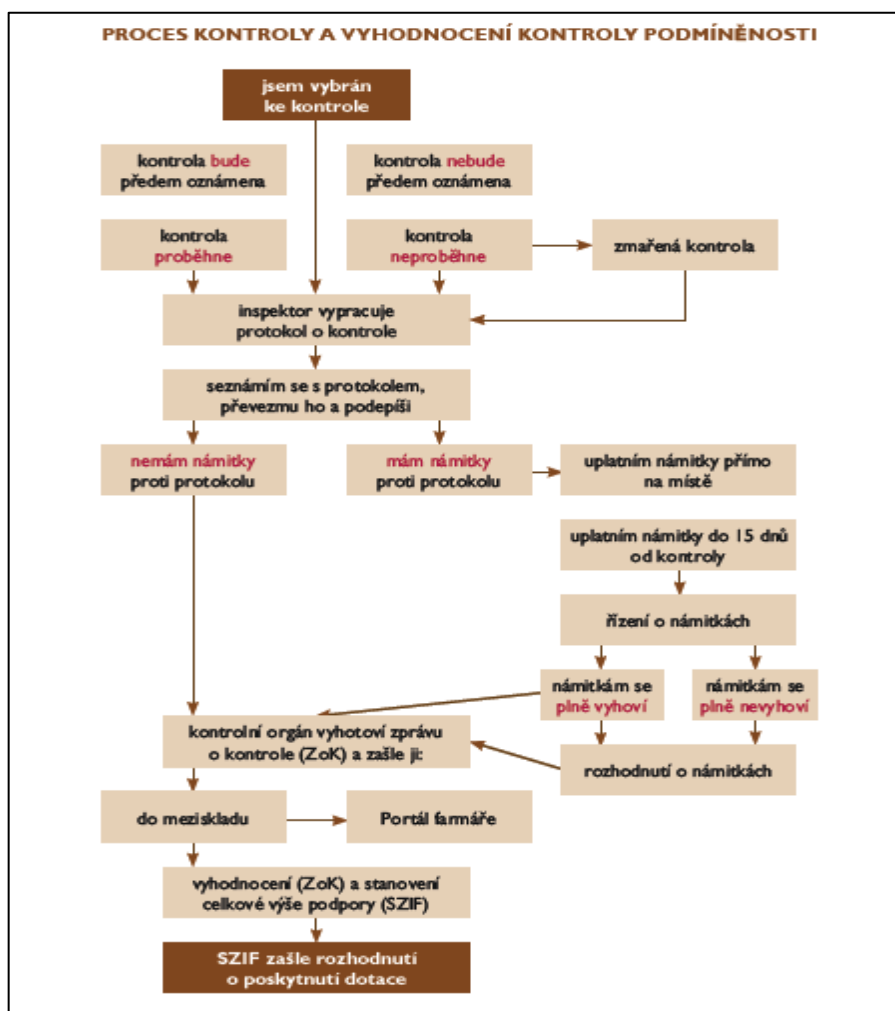
- **produkční funkce** – výnosy vysoké kvality odpovídající stanovišti,
- **ekologická funkce** – životní prostor pro rozmanitou a aktivní půdní faunu a flóru,
- **transformační funkce** – efektivní přeměna živin ve výnos,
- **samoregulační funkce** – nenechat se (trvale) vyvést z přirozené rovnováhy, např. efektivně eliminovat původce chorob, kteří se do půdy dostanou, popřípadě je udržovat v přijatelných mezích,
- **odbourávací funkce** – soustavná přeměna a odbourávání rostlinných a živočišných zbytků a tím uzavření koloběhu živin,
- **zásobní, filtrační a tlumicí funkce** – ukládání CO<sub>2</sub>, zachycování a odbourávání škodlivých látek, udržování živin v půdě.

Z výše uvedeného plyne, že správná péče o půdu jako o neobnovitelný zdroj je velmi důležitá. Uplynulá desetiletí se negativně podepsala na kvalitě půdy, a proto se dnes snažíme napravit, zmírnit, nebo zcela eliminovat negativní dopady intenzivního zemědělství. Jedná se např. o snížení vodní eroze, která dnes ohrožuje přes 50 % zemědělských půd, nebo větrná eroze, která poškozují asi 18 % zemědělských půd (Jurečka, 2015, In: Šarapatka a Bednář, 2015).

Jak uvádí Batysta a kol. (2015), jedním z nástrojů kontroly jsou standardy *Dobrého Zemědělského a Environmentálního Stavů* (DZES), které jsou součástí tzv. pravidel podmíněnosti (Cross Compliance) a zajišťují zemědělské hospodaření ve shodě s ochranou životního prostředí. Systém Kontroly podmíněnosti (viz Obrázek 2) byl v roce 2003 iniciován reformou Společné zemědělské politiky EU a stal se klíčovým prvkem k vyjednávání o zachování evropských podpor do zemědělství. V případě, že žadatel o dotaci nedodrží tato pravidla, může být dotace snížena nebo musí být vrácena. Ověřování probíhá pomocí tzv. kontrolovaných požadavků. Dle národních specifik si formu a metodu kontroly stanovuje každá země EU sama. Dříve (před rokem 2003) byly standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu označovány jako GAEC (Good Agricultural and Environmental Conditions). Dodržování těchto standardů souvisí nejen s dotacemi do zemědělství, ale i se zachováním kvality půdy a péčí o půdu.

Kontrolu pravidel podmíněnosti v ČR provádí Státní zemědělský a intervenční fond (SZIF). Pravidla platí pro zemědělce od 1. 1. 2010. Seznam standardů DZES a další podrobnější informace jsou dostupné na [www.eagri.cz](http://www.eagri.cz). Podmínky DZES pro členské státy EU jsou stanoveny v příloze č. II nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1306/2013, jež zahrnují níže uvedené tři okruhy:

- *voda (DZES 1, DZES 2, DZES 3),*
- *půda a zásoby uhlíku (DZES 4, DZES 5, DZES 6),*
- *krajina, minimální úroveň péče (DZES 7).*



Obrázek 2: Průvodce zemědělce systémem kontroly podmíněnosti

(MZe, 2015)

Dalším způsobem, jak účinně zabránit negativním a degradačním změnám půdy jsou pozemkové úpravy. Tyto řeší dané území uceleně a společná zařízení vytvořená v pozemkových úpravách mají pozitivní přínos pro zvýšení kvality životního prostředí i kvality života na venkově.

V rámci společných zařízení se nejčastěji budují polní cesty pro zpřístupnění krajiny, protierozní a vodohospodářská opatření, jejich cílem je zabránit nebo aspoň snížit výskyt povodní, předcházet erozi zemědělských pozemků, zadržet vodu v krajině a zvýšit diverzitu krajiny (Jurečka, 2015, In: Šarapatka a Bednář, 2015).

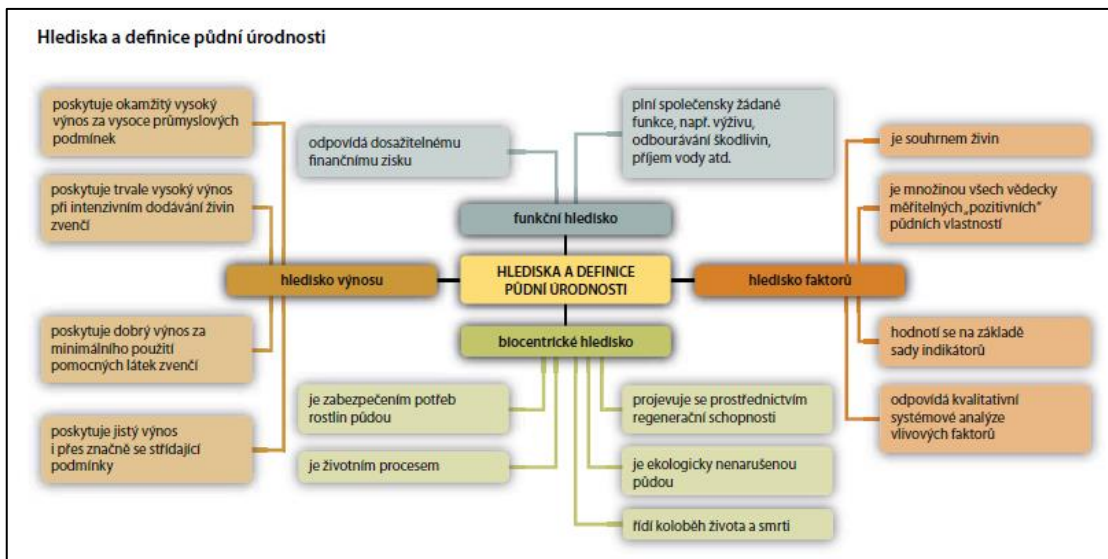
### 3.1 Indikátory kvality půdy

V současnosti je často půdní úrodnost nahrazována pojmem *kvalita/zdraví* půdy, který zahrnuje společensky oceňované funkce půdy. Pouze kvalitní/zdravá půda může plnit všechny své funkce. Základní funkce půdy byly podrobně rozebrány výše. Jednou z nejdůležitějších funkcí je produkce kvalitních potravin a stabilita zemědělské produkce. Stabilita zemědělské produkce je výrazně ovlivněna soustavnou péčí o půdu. Zlepšení fyzikálních, chemických a fyzikálně-chemických a biologických vlastností půdy je jedinou cestou, jak zajistit, aby půda byla schopna zajišťovat rostlinám nezbytné podmínky pro jejich růst a vývoj, tj. přímo se odráží v půdní úrodnosti. Podle Pokorného a kol. (2007) řadíme mezi indikátory kvality půdy tyto charakteristiky:

- **fyzikální** – struktura, maximální a retenční vodní kapacita, objemová hmotnost, hloubka půdy, textura, hydraulická vodivost, pórovitost,
- **chemické a fyzikálně-chemické** – obsah živin, obsah a kvalita humusu, pH, obsah celkového dusíku,
- **biologické** – aktivita půdních enzymů, C, N biomasy mikroorganismů, respirace, potenciálně mineralizovaný N atd.

Podle Várallyaye (1994, In: Wilson and Maliszewska-Kordybach, 2000) závisí obnova kvality půdy na odolnosti půdy a k obnově nedochází automaticky. Péče o půdu zahrnuje zachování a nárůst půdní úrodnosti a vyžaduje dlouhotrvající činnost, jako např. udržitelné využívání půdy, využívání vhodných zemědělských technologií, zúrodnování a mnohé další. Soubor faktorů ovlivňujících půdní úrodnost uvádí Obrázek 3.





**Obrázek 3: Soubor hledisek a definic vztahující se k půdní úrodnosti**

*(Patzel, 2013)*

## 4 PŮDNÍ POMOCNÉ LÁTKY

Zákona č. 156/1998 Sb. o hnojivech, půdních pomocných látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení půd (dále jen zákon o hnojivech) definuje půdní pomocnou látku (dále jen PPL) jako látku bez účinného množství živin, která půdu biologicky, chemicky nebo fyzikálně ovlivňuje, zlepšuje její stav nebo zvyšuje účinnost hnojiv, a tím příznivě ovlivňuje vývoj kulturních rostlin nebo kvalitu rostlinných produktů. Pro PPL (PPL se označují i jako půdní kondicionéry) je typická kombinace více účinků současně. Napomáhají k lepšímu zásobení rostlin přijatelnými živinami a/nebo vodou, k odolnosti vůči nemocem, dochází ke zlepšení jejich metabolismu, a tím se zvyšuje úroda. Z hlediska původu jsou podle Jandáka a kol. (2014) PPL rozděleny na dvě obecné skupiny:

- **přírodní humusové látky** – zeolit, lignit, rašelina, oxyhumolity, alginity, vermikulit, perlit, kokosové vlákno, lignohumáty, lignosulfáty, sulfonáty,
- **syntetické produkty anorganického i organického původu** – hydrogely, Agrosil, Zeosorp, Zeolit SUBIO EKO, Agrisorb, TerraCottem, Zeolit Rosteto.

Dále Jandák a kol. (2014) vhodně upravil a rozdělil PPL podle zdrojů živin – viz Tabulka 1.

**Tabulka 1: Rozdělení půdních pomocných látek podle zdrojů živin**

*(Jandák a kol., 2014)*

<b>Zdroj dusíku</b>	řasy a chaluhy, guáno, kejda, hnůj, komposty a produkty jejich fermentace (semena, řasy, masné produkty, rybí produkty, kosti, krev), zelená biomasa a další rostlinné zbytky
<b>Zdroj fosforu</b>	kompost, kostní a rybí moučka, apatit, guáno
<b>Zdroj draslíku</b>	dolomitický vápenec, dřevný a rostlinný popel, chaluhy, kieserit, jíly, mořské řasy (zelené, červené a hnědé řasy), živce, žulový prach, písek, vápenaté schránky živočichů
<b>Zdroj vápníku</b>	vápno, vápenec, dolomitický vápenec, hydroxid vápenatý, vápenaté schránky živočichů, kostní moučka

Podle Wallace a Terry (1998) a Orrikiza (2000) lze PPL rozdělit následovně:

- *přírodní minerály a horniny,*
- *přírodní humáty a huminové kyseliny,*
- *kompostovaný organický materiál,*
- *kombinované anorganické a organické extrakty.*

#### 4.1 První generace PPL

Preparáty první generace zahrnují přípravky získané těžbou a následnou úpravou surovin chemicky podobných uhlí. Z tohoto důvodu jsou někdy označovány jako uhelné humáty. Výchozí surovinou je neprouhelněná část organických látek nazývaných *leonardit*, *lignit* a *oxyhumolit* (= kapucín). Vznikaly za vysoké teploty a tlaku v hlubinách Země. Označujeme je i jako *kaustobiolity uhelné řady* neboli *humolity* a *liptobiolity*. Chemické a biochemické přeměny původních organických látek v průběhu milionů let vedou k jejich polymeraci a prouhelnění. Uhelné kaustobiolity jsou složeny z jílu a prachových složek a obsahují autigenní minerály (minerální složky vzniklé na místě, tzn. během ukládání nebo po uložení sedimentu; jedná se tedy o produkty diagenese) jako sulfidy, sulfáty a fosfáty (ČSN 44 1390; Dopita et al., 1985; <http://geologie.vsb.cz>). Uvedené zdroje klasifikují uhelné složky následovně:

- *nad 90 % uhelné složky – uhlí,*
- *50–90 % uhelné složky – jílovité uhlí,*
- *10–50 % uhelné složky – uhelnatý jílovec,*
- *pod 10 % uhelné složky – jílovec.*

Podle Vávry (2013) živičné kaustobiolity vznikly z původně živočišných organismů a tvoří klasty v sedimentech nebo vyplňují jejich póry a dutiny. Řadíme sem:

- *oxyhumolity,*
- *lignit,*
- *alginit.*

**Oxyhumolit** (*kapucín*) – mladé, zrnité, nesoudržné hnědé uhlí. Má tmavě hnědou až hnědošedou barvu a nízký stupeň prouhelnění. Primární oxyhumolity jsou předstupněm hnědému uhlí. Sekundární oxyhumolity se tvoří zvětráváním hnědému uhlí. Naše oxyhumolity patří k nejkvalitnějším na světě. Světlejší typy obsahují 20 % kvalitních humusových látek, tmavé typy obsahují až 70 % těchto látek. Bílinské ložisko oxyhumolitu se vyznačuje nejvyšším obsahem huminových kyselin v ČR (asi 80 % v sušině) a velmi nízkým obsahem bitumenů, zbytek je tvořen anorganickými příměsi (písek, jíla). Výše zmíněné oxyhumolity obsahují 85–90 % humusových látek a popel tvoří 4,2 až 17 %. Dalším příkladem jsou Mostecké oxyhumolity, obsahující 30–40 % humusových látek a 50 % popela. Oxyhumolity stejně vysoké kvality jsou k nalezení v některých oblastech severní Ameriky a Austrálie, kde jsou označovány názvem *leonardit*. Oxyhumolity nelze do půdy nebo kompostu aplikovat přímo, protože jsou nerozpustné. Nejčastěji jsou získávány alkalickou reakcí, nevýhodou je, že výsledný produkt má vysoký podíl nerozpustných substancí, což snižuje ekonomickou efektivnost výroby. Vzhledem k jejich nízké ceně, jakožto odpadního produktu při těžbě uhlí, nacházejí své využití zejména jako sorbenty těžkých kovů a při čištění odpadních vod (Jandák a kol., 2014) – viz Obrázek 4.



**Obrázek 4: Ukázka těžby hnědému uhlí a oxyhumolitů v ČR**

(<https://web2.mendelu.cz>)

**Lignit** – měkká xylitická forma hnědého uhlí. Z hlediska geologického vývoje je lignit nejmladší a nejméně karbonizované hnědého uhlí s relativně nízkou výhřevností. Je málo prouhelněný a jsou zachovány větší nebo menší úlomky dřeva (viz Obrázek 5). Obsahuje velké množství uhlíku a příměsí – zejména síru a popeloviny, obvykle také velké množství vody. Přírodní neupravený lignit obsahuje velké množství humusových látek a díky svým sorpčním schopnostem je vhodným materiálem pro zlepšení půdních vlastností, např. upravuje mikrobiologické klima půdy, dodává půdě organickou hmotu, imobilizuje toxické prvky, reguluje uvolňování výživových prvků, zlepšuje zadržování vody atd. Díky svému unikátnímu složení, které je dáno stupněm prouhelnění, je jistou variantou světového, stále se prohlubujícího a rozšiřujícího výzkumu v oblasti aplikaci vysoce stabilního uhlíku (Jandák a kol., 2014; Lepičová, 2009). Není stanovena přesná, mezinárodně uznávaná hranice mezi lignitem a hnědým uhlím. V ČR jsou významnější ložiska lignitu pouze při severním okraji vídeňské pánve, která z Rakouska zasahuje na Jižní Moravu. Severněji uložené kyjovské zásoby jsou téměř vytěženy, jižněji uložené zásoby dubňanské sloje těží v současné době jeden důl. Jihomoravský lignit řadíme mezi tzv. orto-lignity, pro které je charakteristický relativně nízký stupeň prouhelnění (Jirásek a kol. 2010; Jandák a kol., 2014; Lepičová, 2009).



**Obrázek 5: Lignit**

(<https://web2.mendelu.cz>)

*Alginit* – je tvořen převážně těly uhynulých řas, z tohoto důvodu se vyznačuje vysokým podílem organické hmoty. Vznikl původně v sopečných kráterech zaplněných vodou, které byly bohaté na živiny (draslík, fosfor, vápník, hořčík). Tyto vody byly osídleny žlutými řasami druhu *Botryococcus braunii*. Po odumření klesaly kolonie těchto řas postupně na dno, kde spolu s minerálními živinami a stopovými prvky splavenými spolu s jílem z tufového valu sedimentovaly v alginit – viz Obrázek 6. Po mechanické úpravě nachází své využití v zemědělství jako organické hnojivo (<https://web2.mendelu.cz>). Jak uvádí Jandák a kol. (2014), jeho aplikace zvyšuje obsah humusu a zlepšuje strukturu. Z hlediska ekologie a životního prostředí se chová jako půdní kondicionér, váže a neutralizuje toxické účinky těžkých kovů. Nemá škodlivé, fytotoxické účinky na rostliny ani půdu. Pro velkou absorpční schopnost a měrný povrch má malou vyluhovatelnost těžkých toxických kovů vodou do vnějšího prostředí ([www.alginit-prodej.cz](http://www.alginit-prodej.cz)).



**Obrázek 6: Povrchový důl alginitu**

(<http://www.alginit-prodej.cz>)

## 4.2 Druhá generace PPL

Jako druhou generaci PPL označujeme humusové látky získané z kompostů, rašelin a sapropelů. Jedná se o kvalitní organické látky s vysokou koncentrací huminových kyselin (> 8 %).

**Rašelina** – je organická hydrofilní koloidní substance vytvořena rašeliněním z odumřelých orgánů rostlin ve vlhkém prostředí při nižší teplotě a nedostatečném přístupu kyslíku. Rozlišujeme rašeliněště sedimentární a organogenní. Světové zásoby se odhadují na 10 mld. tun. Rašelina je nejranější etapou tvorby hnědého uhlí. V ČR dosahují výšky zhruba 8 m. Většina rašeliněšť je v současné době chráněna zákonem a její těžba vyžaduje povolení. Rašeliny jsou mírně kyselé a obsahují málo živin. Díky těmto vlastnostem nachází své využití v zahradnictví, k pěstování zvláštních druhů okrasných rostlin vyžadující kyselé humózní půdy (vřes, vřesovec, azalky), avšak nejvíce jsou rašeliny využívány pro lázeňské účely (Jandák a kol., 2014).

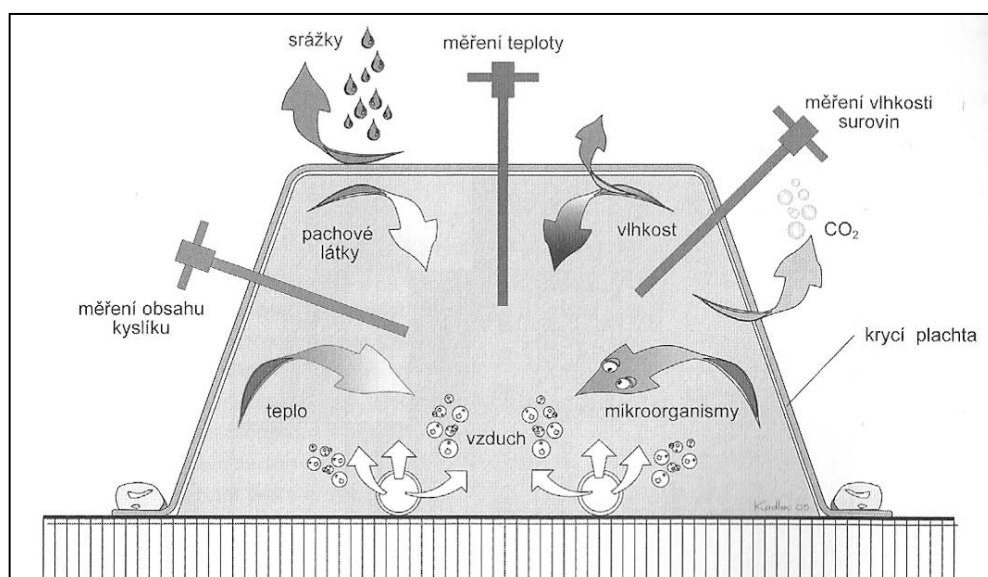
**Sapropel** – organické bahno, které vzniklo rozkladem odumřelých vodních organismů v anaerobních podmínkách. Je výchozí látkou pro vznik zemního plynu a ropy. Je hlavní složkou hořlavé horniny zvané *sapropelit*. Výrobky z rašelin a sapropelů jsou slabě koncentrované kvalitní roztoky, obsahující zpravidla do 8 % huminových látek. Jejich aplikace je ale pro zemědělskou velkovýrobu finančně velmi nákladná. Nejčastěji jsou tyto výrobky přidávány do průmyslových hnojiv nebo jsou využívány jako biostimulátory (Jandák a kol., 2014; <https://web2.mendelu.cz>).

**Kompost** – neboli přeměněná organická hmota. Je to směs organických a minerálních látek oživená užitečnou půdní mikroflórou, kde proběhly nebo probíhají humusotvorné procesy. Organická hmota dobře vyzrálého kompostu je stabilizována a až 99 % dusíku je vázáno na organické látky. Přeměna představuje biochemický proces v aerobním nebo anaerobním prostředí. Aerobní kompostování je podstatně rychlejší než anaerobní proces. Doba rozkladu organických surovin je ovlivňována několika faktory, především poměr C/N, teplota, vlhkost, charakter kompostované biomasy a obsah kyslíku v základce. Délka periody kompostování je závislá na předpokládaném použití výsledného produktu. Při aplikaci kompostu v dostatečné době před setím (záruka jeho dozrání na poli), není potřeba zcela stabilizovaný kompost.

Obecně platí, že méně zralé komposty jsou dobrým zdrojem rostlinných živin, naopak dokonale vyzrálé komposty zvyšují účinek minerálních hnojiv. Úplného rozkladu a stability organických látek je možné dosáhnout při ideálních kompostovacích podmínkách obvykle během několika týdnů, ale doporučuje se tuto periodu prodloužit na dobu delší než 2 měsíce. Podrobnou charakteristiku jednotlivých fází kompostování uvádí Filip (2008). Plíva (2009) celý proces zjednodušeně vyjadřuje obecnou rovnicí:



Obrázek 7 zobrazuje faktory, které přímo ovlivňují kompostování.



**Obrázek 7: Hodnoty monitorované při kompostování**

(Plíva, 2009)

Podle Richtera a Hluška (1999) rozlišujeme komposty:

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



Účelem procesu kompostování není úplná biodegradace všech složek. Mělo by proběhnout jen v takovém rozsahu, aby došlo k biologické stabilizaci kompostované suroviny, tedy by 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 ani 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; Balšánová, 2015).

### 4.3 Třetí generace PPL

Do třetí generace PPL řadíme průmyslově vyráběné *lignohumáty*, *Agrisorb*, *Agrosil LR*, *Hydrogely*, *HYDROSORB PLUS*, *TerraCottem*, *Zeolit*, *PRP-SOL*.

**Lignohumáty** – základní surovinou k jejich výrobě je dřevní hmota, která se v procesu hydrolytické oxidace rozkládá. Využívá se *tzv.* technický lignosulfát (odpadní produkt při výrobě papíru). Unikátní je technologický postup výroby lignohumátů, protože se jedná o organickou syntézu, v jejímž průběhu vznikají složité organické meziprodukty, které jsou následně upravovány do finální podoby. Lze říci, že se jedná o cílené urychlení humifikace ve speciálních reaktorech a za specifických podmínek. Lignohumát je směs huminových kyselin, fulvokyselin a jejich solí (<http://web2.mendelu.cz>). Lignohumát zajišťuje zpřístupnění živin obsažených v půdě, zvyšuje využitelnost organických i průmyslových hnojiv rostlinou, podporuje rozvoj kořenového systému, zlepšuje odolnost rostlin proti stresovým faktorům, napomáhá zvýšení výnosů a zlepšení kvality sklizně, napomáhá posílení a vyrovnání slabších porostů, celkově zlepšuje zdravotní stav rostlin podílí se na regeneraci poškozených porostů. Aplikuje se postřikem, závlivkou nebo slouží k máčení kořenů přesazovaných. Vybrané kondicionéry třetí generace a jejich krátkou charakteristiku uvádíme níže.

**FORTEHUM L/K** – roztok humátu draselného vyrobený alkalickou extrakcí oxyhumolitu. Jeho použití je všestranné, lze ho aplikovat pro všechny polní plodiny, ovocné stromy, zeleninu, okrasné rostliny a speciální plodiny, chmel a vinnou révu. Nejúčinnější jsou aplikace v nejranějších stádiích vývoje rostlin. Výrobce Humatex, a. s., Bílina doporučuje provádět 3 aplikace.

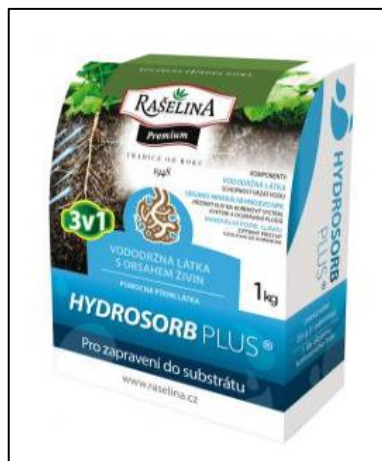
Z toxikologického hlediska je Fortehum L/K nezávadný pro lidi, neohrožuje živočichy a nebyly prokázány škodlivé účinky na životní prostředí (<http://www.humatex.cz>).

**Agrisorb** – organická polymerní sloučenina (hydroabsorbent). Do své struktury váže vodu a v průběhu vegetace ji předává kořenům. Gel vytvořený z přípravku chrání nejjemnější kořenový systém rostlin (kořenové vlášení) před škodlivými vlivy sucha, přesazování a vytváří nebo zlepšuje drobtovitou strukturu jílovité, písčité i surové půdy. Gel vytvořený z 1 g této látky je schopný vázat až 300 g vody. Schopnost vázat vodu se snižuje se stoupající tvrdostí vody (Lepičová, 2009).

**Agrosil LR** – PPL na bázi silikátových koloidů. Tvoří ji směs silikátových solí a gelů. Její pozitivní účinek spočívá ve zlepšení zdravotního stavu rostlin a půdní struktury, čerpání živin (především forforu).

**Hydrogel** – draselná sůl kopolymeru kyseliny akrylové. Je netoxický, pH je neutrální. Pozitivně působí na provzdušení, absorbuje a uchovává vodu a živiny i po opakovaném střídání období sucha a vlhka (Jandák a kol., 2014).

**HYDROSORB PLUS** – je tvořen třemi základními komponenty – vododržnou látkou, organo-minerálním hnojivem NPK 8–3–5, minerálním podílem = lávou. Napomáhá zadržovat vodu a živiny a postupně je uvolňovat rostlinám, čímž dochází ke snížení spotřeby vody a četnosti zálivky. Základ organického hnojiva je tvořen sladovými klíčky, ty obsahují sladové bakterie, jejichž fytohormony podporují růst kořenového systému. Příznivě působí na kvetení a dozrávání plodů díky obsahu celé řady vitamínů a enzymů. Minerální podíl zvyšuje přístup vzduchu ke kořenům a tím zabraňuje jejich zahánění (<http://www.raselina.cz>). Komerční preparát uvádí Obrázek 8.



**Obrázek 8: HYDROSORB PLUS**

(<http://www.raselina.cz>)

**TerraCottem** – směs zhruba 20 složek zesílených kopolymerů propenamid – propeoatů (6 složek), aktivátorů růstu, organických a minerálních hnojiv a přepravního materiálu. Pozitivně ovlivňuje zdravotní stav rostlin, čerpání živin a zlepšuje půdní strukturu (Jandák a kol., 2014).

**Zeolit** – krystalický hydratovaný alumosilikát alkalických kovů a kovů alkalických zemin, který se přibližně ze 70 % skládá z oxidu křemičitého. Abiotické aditivum, jehož jedinečné prostorové uspořádání atomů vytváří kanálky a dutiny konstantních rozměrů a tyto kanálky umožňují zachytávat látky všech skupenství. Některé kationty nejsou ve struktuře zeolitu pevně vázány a za určitých podmínek mohou být vyměňovány za jiné. Z tohoto důvodu je zeolit hojně využíván v intově-výměnných procesech. Obecný název zeolit se používá pro přírodní tetragonální hlinitokřemičitan sodný s čistotou nejméně 80 %. Obsažené nečistoty v něm pak tvoří uhličitan vápenatý a oxidy železa. Od dob svého vzniku zadržuje tento mikroporézní materiál ve svých pórech ionty sodíku a chloru. Ty mají schopnost ve vodném prostředí na sebe „absorbovat“ další ionty, čehož se využívá ve filtračním procesu (Lepičová, 2009).

**PRP-SOL** – je tvořen maticí z uhličitanu vápenatého a hořečnatého a z dalších minerálních prvků, kterými jsou např. sodík, železo, zinek, bor a další. Produkt je stmelen lignosulfonátem, rozpustným pojídkem rostlinného původu.

Hodnoty rizikových prvků jsou podlimitní: Cd 1,5 mg/kg, Pb 30 mg/kg, Hg 0,5 mg/kg, As 20 mg/kg a Cr 50 mg/kg.

Výrobce udává doporučené dávkování v rozmezí 150–600 kg/ha. Jeho aplikace pozitivně ovlivňuje fyzikální, biologické i chemické vlastnosti půdy. Výrobce deklaruje zvýšení infiltrační schopnosti půdy o 25–30 %, snížení spotřeby minerálních hnojiv, zvýšení efektivity využití organických hnojiv, snížení utuženosti půdy a tím i snížení nákladů na zpracování půdy (Vlček a kol., 2016; <http://elita.testujeme.cz>).

#### **4.4 Význam PPL**

Přírodní humusové látky jsou využívány v zemědělství, ale také jako přísada do krmiva pro zvířata, desikanty (látky napomáhající přesnějšímu načasování sklizně) a povrchově aktivní látky.

Dále nacházejí své využití jako suroviny pro povrchovou úpravu materiálů za účelem zvýšení jejich elektrické vodivosti či fungicidní aktivity, k výrobě přísad a prekurzorů do kosmetických krémů, k výrobě sorbentů plynů a iontoměřičů, v biotechnologiích, v medicíně, farmakologické a toxikologické vlastnosti HK nacházejí své uplatnění ve veterinární medicíně. V oblasti životního prostředí nacházejí své využití především v sanačních technologiích, bioremediacích, jako sorbenty při čištění odpadních vod, k odstraňování těžkých kovů, herbicidů a dalších polutantů. Jejich využití v praxi je omezeno především jejich vyššími finančními náklady. Podle Jandáka a kol. (2014) může aplikací účinných a pomocných látek dojít i k opačnému efektu, kterým je únava půdy, která je podle dostupných informací, minimálně z části způsobena látkami s toxickými účinky (nízkomolekulární fenoly a kyseliny působí jako růstové inhibitory). Obecně je možné funkce PPL v zemědělství shrnout následovně:

- *akumulační,*
- *zásobovací,*
- *ochranná.*

Možnosti využití půdních pomocných látek a kondicionérů lze shrnout do následujících bodů:

- *příznivý vliv na růst rostlin, jejich skladovatelnost a chuťové vlastnosti,*
- *máčení kořenových systémů,*
- *aplikace na list (pokročilé zemědělství – výroba zeleniny, květin, údržba květinových, zahrad a parků),*
- *pěstování krmných trav,*
- *přesazování rostlin (protistresový efekt, rostliny se dobře ujímají),*
- *zálivka rostlin (příznivý vliv na růst, protistresový efekt při suchu, mrazu či předávkování chemikáliemi),*
- *meristemní laboratoře (rozmnožování rostlin),*
- *některé druhy preparátů jsou registrovány jako doplněk stravy pro zvířata,*
- *použití společně s minerálními hnojivy (při zachování efektu snižuje až o 25 % dávky hnojiv, což má zásadní vliv na zlevnění logistiky při přepravě hnojiv a zabraňuje úniku živin do podzemních vod), s komposty přispívá k urychlování rozkladu organické hmoty v půdě – humifikace,*
- *váže těžké kovy a radionuklidy – nedovolí jim migrovat do potravního řetězce, čehož se využívá např. při očištění půd od ropných produktů.*

## EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### 5 OBJEKT STUDIA

Níže uvádíme charakteristiku přírodních a půdních poměrů na vybraných lokalitách. Dlouhodobé pokusy jsou zaměřeny na sledování vlivu vybraných půdních pomocných látek a kompostu na fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy. Objektem studia jsou:

- *kambizem modální (Svárov) – aplikace PRP-SOL, kompost,*
- *regozem arenická (Hodonín) – aplikace zeolit, lignit.*

#### 5.1 Lokalita Svárov

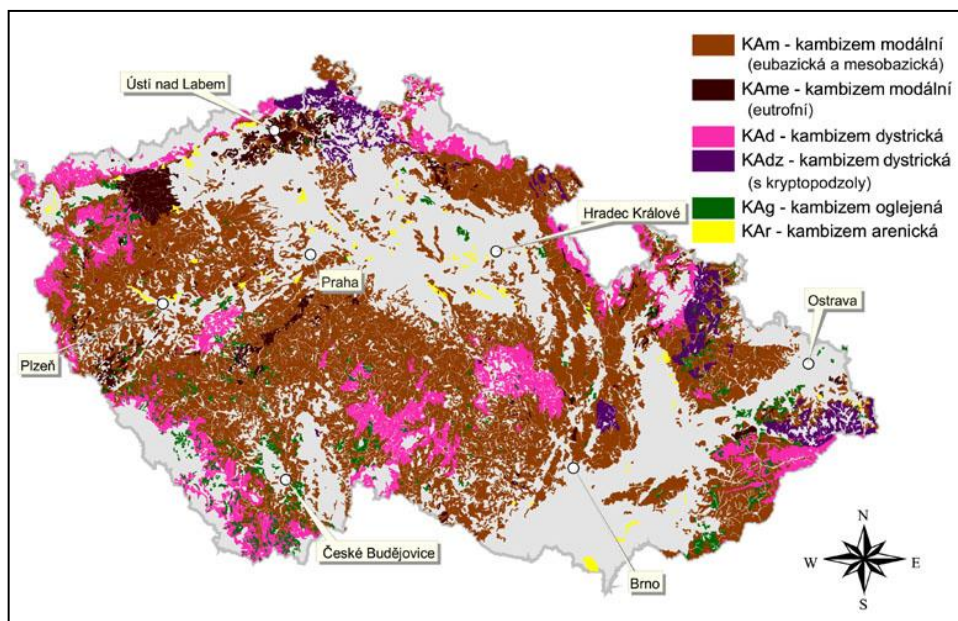
Svárov se nachází v okrese Kladno (Středočeský kraj). Extravilán obce je tvořen intenzivně využívanou půdou. Matricí tohoto území tvoří orná půda doplněna o kulturní bory, zbytky doubrav a dubo-habřiny. Přes 60 % výměry katastru zabírají plochy kulturních plodin. Menší zastoupení tvoří lesní plochy v západní části katastru. V severozápadní části obce a v místní části zvané Rymaň se nachází areály zemědělských podniků. Dle **biogeografického členění** se lokalita nachází na pomezí Křivoklátského a Řípského bioregionu. Lesy v západní části katastru lze řadit do Křivoklátského bioregionu, zemědělskou půdu v katastru lze řadit do Řípského bioregionu. Řípský bioregion je tvořen opukovou tabulí a je součástí české křídové pánve s teplomilnou vegetací 2. bukovo-dubového stupně. Reliéf je tvořen mírně zvlněnou plošinou směřovanou od jihozápadu k severovýchodu, členěnou údolními zářezy, s celkovým charakterem členité pahorkatiny s členitostí 75–100 m (Culek, 1996). Pro tuto oblast je typické teplé suché podnebí. Průměrná roční teplota je 8,5 °C a srážkový úhrn 500 mm. Dle Quitta (1971) spadá lokalita do **klimatického regionu T2**. Nejrozšířenější **půdní typy** jsou zastoupeny karbonátovými černozeměmi na spraších, které na slínových výchozech přecházejí v pararendziny modální. V údolních svazích říčních toků se vyskytují kambizemě modální. Vyšší a vlhčí jižní části regionu tvoří hnědozemě na spraších. Na sledované ploše byla popsána kambizem modální (KAm).

**Kambizemě** – patří do referenční třídy Kambisoly a jedná se o 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). Mají rozmanitou texturu a jsou nejrozšířenějším půdním typem u nás. Nacházíme je 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. (Kozák a kol., 2009; Balšánová, 2015).

Hlavním půdotvorným pochodem je intenzivní vnitropůdní zvětrávání (Tomášek, 2007; [www.pedologie.cz](http://www.pedologie.cz)). Půda má tyto stratigrafické horizonty:

### ***O-Ah nebo Ap-Bv-IIC***

Původní vegetaci tvořily listnaté lesy – dubohabrové až horské bučiny. Matečným substrátem mohou být téměř všechny horniny skalního podkladu (pískovce, ruly, žuly, svory, čediče, fylity, břidlice, „odvápňené“ opuky atd.). Kambizemě jsou nejvíce rozšířeny mezi 450 až 800 m n. m. a vázány nejčastěji na členitý reliéf: svahy, vrcholy, hřebety 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. Proto rozlišujeme kambizemě nižších poloh (300–600 m n. m.) a kambizemě vyšších poloh (600–1000 m n. m.). 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). Množství humusu narůstá s nadmořskou výškou, ale jeho kvalita klesá. Skeletnatost kambizemí se řídí těmito zákonitostmi: obsah skeletu stoupá od bazických ke kyselým horninám, nižší obsah je zaznamenán u metamorfovaných hornin; do hloubky profilu nemusí obsah a velikost skeletu stoupat (Zaujec a kol., 2009; Balšánová, 2015). Zastoupení kambizemí v ČR uvádí Obrázek 9.



**Obrázek 9: Mapa výskytu kambizemí v ČR**  
 (<http://klasifikace.pedologie.cz>)

**Kambizem modální** na dané lokalitě byla klasifikována podle Němečka a kol. (2011). Byla zde aplikována půdní pomocná látka PRP-SOL a kompost. Na pozemku se provádí bezorebné zpracování půdy (minimalizace).

**Založení polních pokusů** na této půdě proběhlo dle připraveného schématu a kompost byl aplikován v dávce 20 t sušiny na ha. Jeho kvalita splňovala všechny požadované chemické a hygienické parametry (viz Tabulka 2). Osevní postup zde byl následující:

- 2012 – ozimá pšenice,
- 2013 – řepka,
- 2014 – pšenice,
- 2015 – mák,
- 2016 – pšenice.

Metodický postup prací na vybraném pokusném pozemku (rozměry pozemku 100 x 50 m) byl následující: na jaře odběry vzorků před zahájením pokusů, červenec 2012 – sklizeň ozimé pšenice (odrůda Federer, výnos 5,5 t/ha). Sláma při sklizni drcena a rovnoměrně rozptýlena na strniště, výška strniště 200 až 250 mm.



Odběry půdních vzorků po sklizni, ve třech opakováních, body odběru zaměřeny přijímačem GPS GARMIN 76S, přesnost měření 5,1 m. Hnojení minerálními hnojivy – regenerační hnojení DASA 26 100 kg/ha, produkční hnojení celkem DAM 390 300 l/ha, kvalitativní hnojení SAM 19 100 l/ha.

**Tabulka 2: Chemické vlastnosti aplikovaného kompostu**  
(Pospíšilová, 2013)

Vlhkost (1)	pH (2)	Vápník (3)	Draslík (4)	Fosfor (5)	Dusík celkový (6)	Poměr C:N (7)
%		g/kg	g/kg	g/kg	%	
32,3	7,39	28,1	21,2	6	0,97	15

Strojní vybavení pro zapravení PRP-SOL navazuje v modulu pracovního záběru 8 m, pro hnojení a postřiky se zakládají kolejevé meziřádky po 32 m. Pokus byl založen po sklizni pšenice ozimé na podzim 2014. Látka PRP-SOL byla aplikována na podzim roku 2014 v dávce 200 kg/ha podmínkou na strniště.

Popis půdního profilu kambizemě modální a foto půdního profilu (viz Obrázek 10) uvádíme níže.

- **Ap<sub>1</sub> horizont** (0-23 cm) – 10YR 2/2, hrudkovitá struktura, hlinitá, vlhá, drobná, 2-5 % ostrohranného skeletu převážně velikostí do 1 cm, výskyt kořínků průměrem do 1 mm, přechod pozvolný zvlněný,
- **Ap<sub>2</sub> horizont** (23-35/40 cm) – 10YR 3/3, hrudkovitá struktura, hlinitá, vlhá, drobná, 5-15 % ostrohranného skeletu převážně velikostí do 1 cm, výskyt vlásečnicových kořínků, přechod zřetelný,
- **Bv<sub>1</sub> horizont** (35/40-61 cm) – 10YR 3/6, polyedrická struktura, hlinitá, vlhá, soudržná, 15-20 % ostrohranného skeletu převážně velikostí do 2 cm, ojedinělé vlásečnicové kořínky, přechod zřetelný,
- **Bv<sub>2</sub> horizont** (61-93 cm) – 10YR 4/6, polyedrická struktura, hlinitá, vlhá, soudržná, 20-30 % ostrohranného skeletu převážně velikostí do 2 cm, přechod zřetelný,
- **C horizont** (93-138 cm) – 10YR 5/6, bez struktury, hlinitá, vlhá, soudržná, 30-50 % ostrohranného skeletu převážně velikostí do 2 cm.



**Obrázek 10: *Kambizem modální (Svárov)***  
*(foto a popis profilu Pospíšilová, 2013)*

## 5.2 Lokalita Hodonín

Hodonín (Jihomoravský kraj) se nachází na jihovýchodě Moravy v oblasti Moravského Slovácka. Přírozenou **geomorfologickou** osu této oblasti tvoří úrodný úval podél řeky Moravy, sevřený na jihovýchodě mezi hřebeny Bílých Karpat a na severozápadě Chřiby. Střední část území zaujímá Vídeňská pánev. Na povrchu leží především její nejmladší souvrství – vápnité jíly, písky a místy šterky. Současný povrch je do značné míry ovlivněn lidskou činností. V roce 1830 došlo v důsledku těžby lignitu mezi Čejčí, Dubňany a Ratíškovcemi k rozsáhlému mýcení lesů. V 18. století došlo vlivem degradace k odlesnění a vzniku otevřených nestabilizovaných ploch s přesypovými písky – *Moravská Sahara*. Začátkem 19. století byla vypracována metoda zalesňování písků a téměř celá plocha *tzv.* Moravské Sahary byla osázena borovicemi. Dnes je tato oblast zvaná Váté písky národní přírodní památkou (Jandák a kol., 2014).

Dle Quitta (1971) se lokalita nachází v teplé a suché **klimatické oblasti** T4. Pro hodnocení bioklimatologických podmínek v oblasti Hodonína byla použita data Českého hydrometeorologického ústavu *tzv.* technické řady klimatických prvků, jak uvádějí Jandák a kol. (2014). Za období mezi lety 1961 až 2000 byly vyhodnoceny následující parametry:

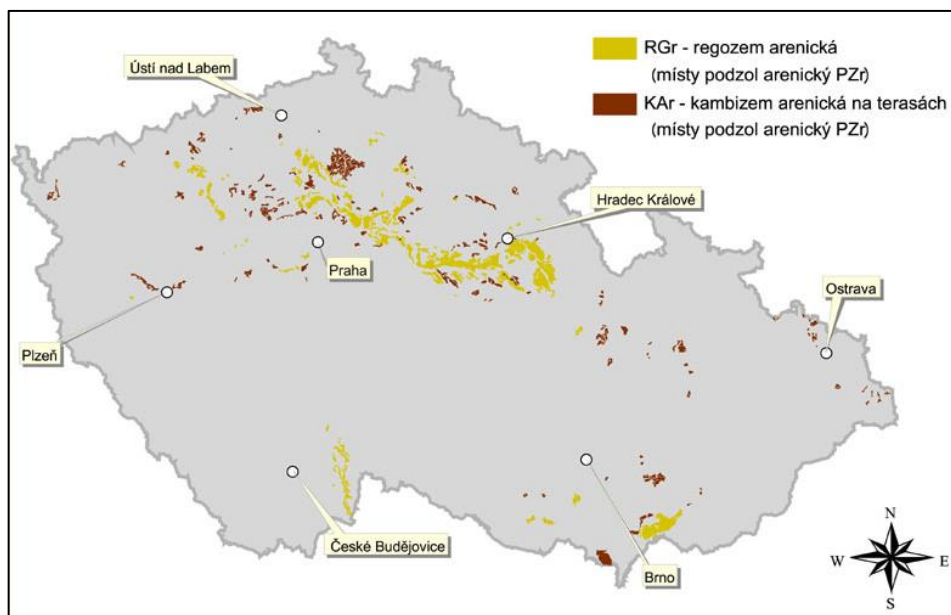
- *nejteplejší měsíc červenec s průměrnou teplotou 19,1 °C,*
- *nejchladnějším měsíc leden s průměrnou teplotou -1,6 °C,*
- *průměrná roční teplota vzduchu 9,3 °C,*
- *největší průměrné měsíční maximum je v červenci a srpnu–32,1 °C,*
- *nejmenší průměrné měsíční minimum je v lednu–8,3 °C.*

Na zájmovém území jsou nejrozšířenějšími **půdními druhy** – kambizem dystrická arenická, regozem arenická na navátých píscích a černozem arenická. V nivách toků pak převládají fluvizemě až nivní černice. Na sledované ploše mezi Hodonínem a Ratíškovicemi byla popsána regozem arenická.

**Regozemě** – jsou jediným půdním typem referenční třídy Regosoly. Vyvíjí se na sypkých, minerálně chudých sedimentech, kterými jsou např. písky, štěrkopísky a křemenné písky. Jejich výskyt není vázán pouze na minerálně chudé substráty, lze je nalézt na erozně ohrožených půdách, tj. na středních a těžkých substrátech (Němeček a kol., 2001). Stratigrafie půdy je dána těmito horizonty:

### ***O –Ah nebo Ap – C***

Horizonty *Ah* i *Ap* představují mělký humusový horizont, tj. horizont akumulace organických látek. Obsah humusu bývá nejčastěji do 1 %. Hloubka humusového horizontu kolísá v rozmezí od 10 do 30 cm. Jedná se o zrnitostně lehké půdy (písčité nebo hlinito-písčité), s nízkou zadržovací a akumulační schopností pro vodu. Vysoká provzdušenost podmiňuje rychlé vysychání půdy i rychlou oxidaci a mineralizaci organických látek. Obsah živin závisí na půdotvorném substrátu a jeho minerální síle. V ČR se vyskytují především v rovinách, mozaikovitě na malých plochách – viz Obrázek 11.



Obrázek 11: Mapa výskytu regozemí v ČR

(<http://klasifikace.pedologie.cz>)

*Regozem arenická* na dané lokalitě byla klasifikována podle Němečka a kol. (2011). Byl zde aplikován zeolit a lignit. Popis půdního profilu regozemě arenické a foto půdního profilu (viz Obrázek 12) uvádíme níže.

- **Ad horizont** (0–8 cm) – drnový horizont, silně prokořeněný s nezřetelnou strukturou,
- **Ao horizont** (8–15 cm) – barva hnědá 7,5YR3/3, půdní druh písčitá, bez skeletu, struktura středně vyvinutá zhruba do 12 cm drobtovitá, hlouběji středně vyvinutá hrudkovitá, pod některými trsy plevelů v hloubce cca 3–10 cm suchá, drobná, chodby po žížalách, přechod ostrý,
- **AC horizont** (36–78 cm) – barva světle hnědá 7,5YR4/4, půdní druh písčitá, bez skeletu, vlhká, soudržná, výjimečně chodby po žížalách, přechod difúzní, struktura slabě vyvinutá, hrudkovitá.,
- **C horizont** (> 78 cm) barva okrově žlutá 7,5YR5/6, dosažená hloubka 110 cm, půdotvorný substrát navátý písek.



**Obrázek 12: *Regozem arenická (Hodonín)***  
*(foto a popis profilu V. Hybler a J. Jandák, 2007)*

Polní pokusná plocha byla založena metodou znáhodněných půdních bloků ve třech opakováních. Velikost jednoho bloku byla 10 368 m<sup>2</sup> (přibližně 1,04 ha), rozměr každé pokusné parcely (varianty) byl 36 x 24 m. Celková plocha polního pokusu byla 51 840 m<sup>2</sup> (téměř 5,2 ha). Parcely byly vyměřeny automatickým nivelačním přístrojem ASTOR GP 20B (Lepičová, 2009).

Vybrané PPL byly aplikovány pomocí několika typů rozmetadel na vyměřené pokusné parcely podle pokusného schématu ještě před výsevem směsí. Zvolené PPL byly zapraveny do hloubky 15 cm pomocí kompaktoru.

Na plochách bylo založeno 5 typů porostu:

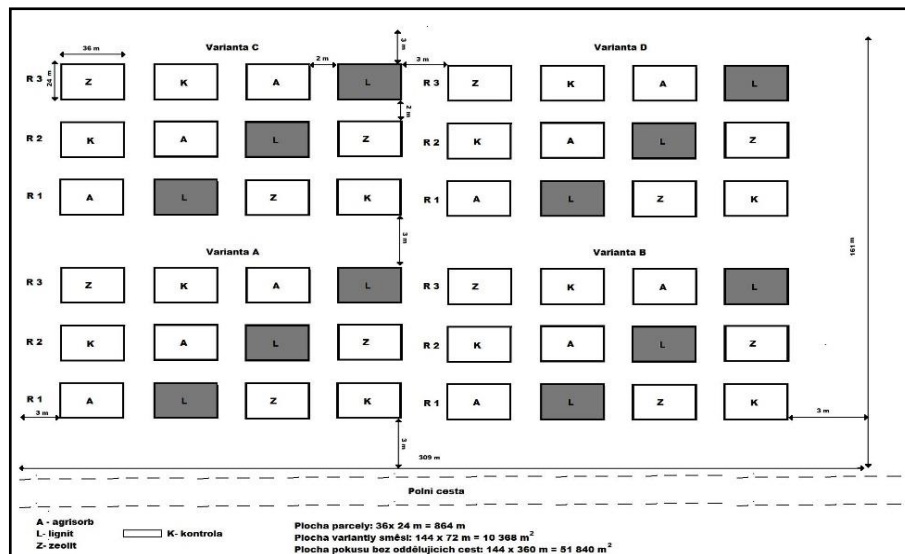
- ***plocha A – monokultury*** vybraných suchovzdorných trav a jetelovin:
  - *Trávy* – např. Sveřep bezbranný, Lipnice smáčknutá, Kostřava ovčí, Smělek štíhlý,
  - *Jeteloviny* – např. Jetel plazivý, Vičenec ligrus, Štírovník růžkatý, Čičorečka pestrá,
  - výsevek stanoven na základě analýzy kvality osiva individuálních druhů.

- **plocha B** – druhově bohatá regionální směs trav, jetelovin a ostatních bylin:
  - Smělek štíhlý 9,4 %, Vičenec ligrus 7,6 %, Tomka vonná (Jitka) 6,5 %, Troskut prstnatý 6,0 % atd.,
  - výsevek 100 kg/ha.
- **plocha C** – jetelotravní směs pro krajinný trávník, s přidavkem dostupných suchovzdorných jetelovin a trav:
  - Kostřava červená 38,3 %, Kostřava ovčí 12,8 %, Lipnice luční 7,7 % ad.,
  - výsevek 200 kg/ha.
- **plocha D** – jednoletá jetelotravní směs z dostupného osiva:
  - Tolice dětelová 23 %, Jílek mnohokvětý westerwoldský 19 %, Chrastice kanárská 15 %, Proso seté 6 %, Komonice bílá 4 %, Svazenka vratičolistá 1 % atd.,
  - výsevek 70 kg/ha.
- **plocha E** – přirozená sukcese, založena na ploše bez aplikace PPL.

Byly aplikovány tyto vybrané PPL:

- **Zeolit (Z)** – použitá frakce 1–2 mm, dávka 3 l/m<sup>2</sup>, tj. 30 m<sup>3</sup>/ha
- **Lignit (L)** – přírodní neupravený drcený, aplikován ve formě přípravku TerraClean. Aplikovaná dávka byla 1000 g/m<sup>2</sup>, tj. 10 tun/ha
- **Kontrola (K)** – bez aplikace PPL.

Obrázek 13 uvádí schéma dlouhodobých založených pokusů, rozmístění půdních sond a vyměření pokusných ploch na trvalém travním porostu (TTP). Další podrobnosti k těmto pokusům uvádí Jandák a kol. (2014).



Obrázek 13: Schéma víceletých polních pokusů

(Jandák a kol., 2014)

## 6 METODY STUDIA

U sledovaných půdních typů kambizem modální (Svárov) a regozem arenická (Hodonín) byly hodnoceny tyto parametry:

- *zrnitostní složení půdy,*
- *vodostálost půdních agregátů,*
- *obsah živin,*
- *půdní reakce,*
- *kvalita humusu,*
- *množství mikrobiální biomasy půdy,*
- *bazální respirace.*

### 6.1 Fyzikální vlastnosti

Na základě fyzikálních analýz bylo stanoveno zrnitostní složení půdy a vodostálost půdních agregátů.

#### 6.1.1 Stanovení zrnitostního složení

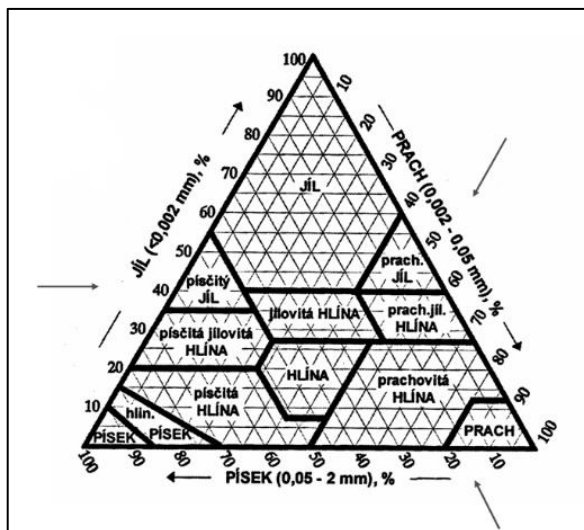
Zrnitostní složení půdy, *tzv.* texturu, řadíme mezi nejvýznamnější půdní vlastnost. Ovlivňuje přímo fyzikální, chemické (sorpční) i biologické vlastnosti půdy. Představuje procentuální zastoupení všech kategorií zrn v půdě. Umožňuje nám klasifikovat půdní druhy a rozdělit půdy dle obsahu jílnatých částic (< 0,01 mm) na lehké, střední a těžké (Novák, 1953, In: Vopravil a kol., 2010). Třídění půd na půdní druhy uvádí 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.	písčitohlinitá	ph	20–30 %	střední
4.	hlinitá	h	30–45 %	střední
5.	jílovitohlinitá	jh	40–60 %	těžké
6.	jílovitá	ju	60–75 %	těžké
7.	jíl	j	> 75 %	těžké

Zrnitostní rozbor půdních vzorků byl proveden *pipetovací* metodou, která je řazena do metod tzv. „neopakované sedimentace“. Princip metody je založen na platnosti Stokesova zákona. Podrobný postup stanovení uvádí Hraško (1962). Hodnocení bylo provedeno podle Nováka (1953) – viz Tabulka 3. V současnosti např. Němeček a kol. (2011) klasifikuje půdní druhy podle trojúhelníkového diagramu. Určení půdního druhu trojúhelníkovým diagramem je přesnější než u Novákovy metody. Půdní druh se určí z průsečíků jednotlivých zrnitostních frakcí – viz Obrázek 14.



Obrázek 14: Diagram pro určení zrnitostních tříd dle TKSP-ČR  
(<http://web2.mendelu.cz>)

### 6.1.2 Stanovení vodostálosti půdních agregátů

Principem metody je oddělení frakce velikosti 1–2 mm za pomoci sít z volně vyschlého půdního vzorku. Vzorek půdy o hmotnosti 4 g je po dobu 5 minut promýván na sítěch (wet sieving apparatus fi. Eijkelkamp) v destilované vodě, následně se při teplotě 105 °C vysuší do konstantní hmotnosti. Po vychladnutí se vzorek zváží a na 2 hodiny se zalije dispergačním roztokem (hexametafosforečnan sodný pro půdy s pH > 7; roztok NaOH pro půdy s pH < 7) . Tímto procesem dojde k rozložení zbylých stabilních agregátů. Při následném promývání vzorku se jílové částice vyplaví a zůstanou jen písčité částice nad 0,25 mm, které jsou při teplotě 105 °C vysušeny a zváženy, jak uvádí Pospíšilová a kol. (2016). Parametry pro stanovení vodostálosti půdních agregátů uvádí Tabulka 4.

Vodostálost půdních agregátů je vyjádřena podle vzorce:

$$\text{Vodostálost (\%)} = \frac{\text{suma součinu}}{n}$$

**Tabulka 4: Stanovení vodstálosti**  
(Bartlová, 2013)

Vodstálost (%)	Kvalita struktury
pod 18	velmi nízká
18,1–34,0	nízká
34,1–50,0	střední
50,1–66,0	vysoká
nad 66,1	velmi vysoká

## 6.2 Chemické vlastnosti

Na základě chemických analýz byl stanoven a vyhodnocen obsah živin, půdní reakce a obsah humusu.

### 6.2.1 Stanovení přístupných živin

Obsah živin (vápník, hořčík, draslík, fosfor) byl stanoven metodou podle Mehlicha III.

Pro stanovení obsahu vápníku a hořčíku jsme využili loužení kyselým roztokem a atomovou absorpční spektrofotometrii.

Pro stanovení obsahu draslíku byl využit kyselý roztok octanu amonného a pomocí emisní spektrometrie byl stanoven obsah draslíku.

Obsah fosforu byl stanoven rovněž pextrakcí 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. (Pokorný a kol., 2007; Balšánová, 2015). Kritéria hodnocení obsahu živin dle Mehlicha III uvádí Tabulka 5–8.

**Tabulka 5: Kritéria hodnocení obsahu vápníku 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 6: Kritéria hodnocení obsahu vápníku 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 7: Kritéria hodnocení obsahu vápníku 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 8: 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

### 6.2.2 Půdní reakce

Půdní reakce, nebo také kyselost půdy, se řadí mezi důležité ukazatele půdního prostředí. Je určována koncentrací vodíkových iontů, které ve vodních roztocích vytváří kationty H<sub>3</sub>O<sup>3+</sup>. Rozlišujeme dva typy půdní reakce:

- **aktivní** (pH/H<sub>2</sub>O) – vodíkové ionty se nachází v půdním roztoku,
- **výměnná** (pH/KCl nebo pH/CaCl<sub>2</sub>) – vodíkové ionty jsou výměně sorbovány půdními koloidy.

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; Balšánová, 2015). Kritéria pro hodnocení půdní reakce uvádí Tabulka 9.

**Tabulka 9: 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

### 6.2.3 Stanovení obsahu humusu

Stanovení obsahu organického uhlíku a výpočet obsahu humusu jsme stanovili oxidometrickou titrací podle Walkley–Blacka v modifikaci Novák–Pelíšek.

Princip metody spočívá v oxidaci organického uhlíku kyslíkem oxidantu (dvochromanu draselného) v prostředí kyseliny sírové.

Zoxidovaný zbytek uhlíku je stanoven z kvanta oxidačního činidla spotřebovaného při titraci. Podrobný postup uvádějí Pospíšilová a Tesařová (2009). Podle Orlova (1985) byl stanoven přepočet obsahu organického uhlíku na humus následovně:

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

Koeficient 1,724 byl vypočítán za předpokladu, že v humusu je pouze 58 % uhlíku (Balšánová, 2015). Hodnocení obsahu humusu uvádí Tabulka 10.

**Tabulka 10: 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

## 6.3 Biologické vlastnosti

Z biologických vlastností půdy jsme sledovali množství mikrobiální biomasy a bazální respiraci.

### 6.3.1 Stanovení množství mikrobiální biomasy

Množství mikrobiální biomasy ( $C_{\text{mic}}$ ) bylo stanoveno fumigačně extrakční metodou (CFE = chloroform fumigation extraction) podle Vance et al (1987).

Postup je následující: čerstvě odebraný půdní vzorek 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 trvá 24 hodin a jako fumigant slouží CHCl<sub>3</sub> bez alkoholu. Celkový obsah C<sub>mic</sub> se stanoví titračně (Pospíšilová, 2012; Balšánová, 2015).

### 6.3.2 Bazální respirace půdy

Půdní respirace je významným indikátorem zdraví půdního ekosystému. Je to biologický pochod, při kterém organismy získávají energii rozkladem organických látek. Podstatu tohoto rozkladu tvoří sled na sebe navazujících oxidačních reakcí organických sloučenin s konečnou produkcí H<sub>2</sub>O a CO<sub>2</sub>. Množství H<sub>2</sub>O a CO<sub>2</sub> charakterizuje aerobní respiraci, tj. mikrobiální metabolickou aktivitu půdních mikroorganismů.

Respirace do značné míry závisí na fyziologických podmínkách mikroorganismů a vypovídá o rychlosti biologické degradace biologicky dostupných organických látek, o průběhu jejich mineralizace a degradaci látek a polutantů nejrůznějšího charakteru, což má přímou souvislost s množstvím mikrobiální biomasy. Měření respirační aktivity půdního mikrobiálního společenstva lze provést bez přidání jakéhokoliv substrátu, *tzv.* bazální respirace, nebo po přidání substrátu (substrátem indukovaná respirace). Za normálních podmínek existuje ekologická rovnováha mezi půdními organismy a jejich aktivitou. V případě narušení této rovnováhy, např. přidáním degradovatelné organické sloučeniny, dochází k vyššímu růstu mikroorganismů a jejich mineralizační aktivity, což se projeví změnou půdní respirace. Respirační aktivita přirozených půdních vzorků je výsledkem složitých vlivů půdy a okolí, proto nelze z jediné naměřené hodnoty zjistit respiraci, měření je zapotřebí několikrát opakovat (Pospíšilová a Vlček, 2015).

Bazální respirace byla stanovena absorpcí CO<sub>2</sub> 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 oka 2 mm (Pospíšilová a Vlček, 2012).

### 6.3.3 Statistické zpracování dat

Pro statistické zpracování dat byla využita jednofaktorová analýza rozptylu (analýza rozptylu jednoduchého třídění, one-way Anova). Jedná se o nejjednodušší případ analýzy rozptylu, jejímž cílem je sledovat 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; Balšánová, 2015).



## 7 VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ

V této části práce postupně vyhodnotíme všechny sledované vlastnosti půdy. Bude hodnocen vliv aplikovaných PPL na sledovaných půdách.

### 7.1 Aplikace kompostu a PRP-SOL

Kambizem modální (Svárov), zde byl sledován vliv aplikace kompostu a PRP-SOL na vodostálost půdních agregátů, půdní reakci, obsah humusu, obsah živin, množství mikrobiální biomasy a bazální respiraci.

#### 7.1.1 Fyzikální vlastnosti

Obsah jílnatých částic dosahoval v ornici kambizemě modální (**Ap 0–30 cm**) 37,90 %, jedná se o půdu střední, hlinitou půdu – viz Tabulka 3 a 12. Aplikace kompostu a PRP-SOL měla následující vliv na vybrané vlastnosti kambizemě modální (Svárov).

**Vodostálost** půdních agregátů na variantě kontrola byla 69,2 %. Po aplikaci kompostu se zvýšila na 77,5 %. Po aplikaci PRP-SOL dosahovala hodnoty 72,6 %. Tyto hodnoty značí velmi vysokou vodostálost – viz Tabulka 12, 13, 14. Lze tedy shrnout, že po aplikaci kompostu byla vodostálost vyšší než po aplikaci PRP-SOL. Aplikace půdních kondicionérů ovlivnila vodostálost struktury.

#### 7.1.2 Chemické vlastnosti

**Obsah živin** – na variantě kontrola uvádí Tabulka 15. Obsah fosforu byl 124 mg/kg a značí vysoký obsah. Obsah draslíku 289 mg/kg značí dobrý obsah pro střední půdy. Obsah vápníku byl 2380 mg/kg a pro střední půdy značí dobrý obsah. Obsah hořčíku byl 289 mg/kg a značí vysoký obsah. Po aplikaci kompostu obsah fosforu vzrostl oproti kontrole na 215 mg/kg a značí velmi vysoký obsah fosforu. Obsah draslíku vzrostl na 476 mg/kg a pro střední půdy značí velmi vysoký obsah draslíku. Obsah vápníku po aplikaci kompostu vzrostl na 2714 mg/kg a pro střední půdy značí dobrý obsah vápníku. Obsah hořčíku se po aplikaci kompostu snížil na 161 mg/kg a značí ještě vysoký obsah hořčíku. Po aplikaci PRP-SOL obsah fosforu oproti kontrole mírně klesl na 135 mg/kg, ale hodnoty značí ještě vysoký obsah fosforu. Obsah draslíku oproti kontrole také klesl

na 365 mg/kg a pro střední půdy značí vysoký obsah draslíku. Obsah vápníku v hloubce 0–15 cm naopak po aplikaci PRP-SOL oproti kontrole vzrostl na 2405 mg/kg a pro střední půdy značí dobrý obsah vápníku. Obsah hořčíku byl 175 mg/kg a značí dobrý obsah hořčíku. Lze konstatovat, že aplikace kompostu se příznivě projevila na obsahu živin a obsah byl vyšší v porovnání s PRP-SOL.

**Půdní reakce** – na jaře 2016 byla aktivní půdní reakce slabě kyselá (6,50 a 6,40). Po aplikaci kompostu aktivní reakce mírně vzrostla na hodnoty 6,70 a 6,60, stále ji hodnotíme jako slabě kyselou. Hodnoty výměnné půdní reakce vzrostly oproti kontrole (5,70 a 5,80) na hodnoty 6,30 v obou horizontech a reakce byla slabě kyselá. Po aplikaci PRP-SOL aktivní půdní reakce mírně klesá na 6,20 a 5,90, reakce byla slabě kyselá. Výměnná půdní reakce dosahovala hodnot 5,30 a 5,40 a hodnotíme ji jako kyselou. Na podzim 2016 byla aktivní půdní reakce rovněž slabě kyselá (6,50 a 6,30). Naopak hodnoty výměnné reakce mírně vzrostly na 6,00, jsou stále hodnoceny jako slabě kyselá reakce. Po aplikaci kompostu rovněž nedošlo k výrazné změně, aktivní reakce dosahovala v obou horizontech hodnoty 6,60 a výměnná reakce dosahovala hodnot 6,30 a 6,20, půda byla slabě kyselá. Po aplikaci PRP-SOL byla aktivní reakce slabě kyselá (6,20 a 6,00), výměnná půdní reakce byla slabě kyselá až kyselá (5,80 a 5,20) – viz Tabulka 16. Lze tedy říct, že aplikace kompostu a PRP-SOL se na půdní reakci výrazně neprojevila.

**Obsah humusu** – na jaře 2016 na variantě kontrola v hloubce 0–10 cm byl obsah humusu 2,93 %. V hloubce 10–20 cm dosahoval 2,76 %. Jedná se o střední obsah humusu. Po aplikaci kompostu vzrostl obsah humusu na hodnotu 3,45 % v obou horizontech a obsah humusu byl vysoký. Rovněž aplikace PRP-SOL měla na obsah humusu pozitivní vliv. Jeho obsah oproti kontrole vzrostl na 3,79 % (0–15 cm) a 3,10 % (15–30 cm), což byl vysoký obsah.

Na podzim 2016 na variantě kontrola v hloubce 0–10 cm byl obsah humusu 3,02 %. V hloubce 10–20 cm dosahoval 2,59 %. Jedná se o střední obsah humusu. Po aplikaci kompostu vzrostl obsah humusu na hodnotu 3,45 % a 3,28 %, obsah humusu byl vysoký. Rovněž aplikace PRP-SOL měla na obsah humusu pozitivní vliv. Jeho obsah oproti kontrole vzrostl na 3,45 % v obou horizontech, což byl vysoký obsah.

Uvedené hodnocení dokládá Tabulka 17. Obecně lze říci, že s růstem obsahu humusu po aplikaci PRP-SOL a kompostu roste i kvalita humusových látek.

### 7.1.3 Biologické vlastnosti

**Množství mikrobiální biomasy** – na variantě kontrola bylo  $C_{mic}$  183,80  $\mu\text{g/g}$ . Po aplikaci kompostu vzrostlo  $C_{mic}$  na 190,70  $\mu\text{g/g}$ . Na variantě kontrola bylo  $C_{mic}$  191,80  $\mu\text{g/g}$  v hloubce 0–15 cm. Hluběji pak byla  $C_{mic}$  180,20  $\mu\text{g/g}$ . Po aplikaci PRP-SOL bylo dosaženo nejvyšších naměřených hodnot, a to 205,60  $\mu\text{g/g}$  v hloubce 0–15 cm a 197,90  $\mu\text{g/g}$  v hloubce 15–30 cm. Lze říct, že po aplikaci PRP-SOL došlo k vyššímu nárůstu  $C_{mic}$  než po aplikaci kompostu – výše uvedené hodnoty uvádí Tabulka 18. Mikrobiální biomasa byla pozitivně ovlivněna aplikací PPL.

**Bazální respirace** dosahovala nejvyšších hodnot po aplikaci PRP-SOL, až 0,70  $\mu\text{g/g}$ , což je hodnota nízká. Na variantách kontrola a kompost se pohybovala od 0,26–0,60  $\mu\text{g/g}$  – viz Tabulka 18. Na bazální respiraci se aplikace PRP-SOL a kompostu výrazně neprojevila.

**Statistické vyhodnocení dat** ukázalo, že průkazné rozdíly jsou po aplikaci kompostu u obsahu  $C_{org}$  (humusu). Statisticky průkazné rozdíly po aplikaci PRP-SOL nebyly zjištěny – viz Tabulka 19 a 20.

## 7.2 Aplikace zeolitu a lignitu

Regozem arenická (Hodonín), zde byl sledován vliv aplikace zeolitu a lignitu na půdní reakci, obsah humusu a obsah živin. Biologické parametry na této lokalitě nebyly sledovány.

### 7.2.1 Fyzikální vlastnosti

Regozem arenická (Hodonín) obsahuje do 10 % jílnatých částic, což dle Nováka (1953) značí lehnou, písčitou zeminu – viz Tabulka 21.

### 7.2.2 Chemické vlastnosti

**Obsah živin** – uvádí Tabulka 22. Obsah fosforu na variantě kontrola byl 222,00 mg/kg a značí velmi vysoký obsah fosforu. Obsah draslíku ve stejné hloubce byl 148,00 mg/kg a byl vyhovující. Obsah vápníku (365,00 mg/kg) a hořčíku (30,00 mg/kg) pro lehké půdy byl stanoven jako nízký.

Po aplikaci zeolitu klesl obsah fosforu oproti kontrole na hodnotu 176,20 mg/kg a značí ještě vysoký obsah fosforu. Došlo k velkému poklesu obsahu draslíku na variantě se zeolitem, obsah draslíku poklesl o více než polovinu na hodnotu 57,80 mg/kg oproti kontrole a značí nízký obsah draslíku. Tento fakt je dán vysokou afinitou zeolitu k draselným iontům. Obsah vápníku i hořčíku klesl na hodnoty, které dle Mehlicha III hodnotíme jako nízké pro lehké půdy (vápník 293, mg/kg a hořčík 21,10 mg/kg). Po aplikaci lignitu mírně stoupl obsah fosforu oproti kontrole na hodnotu 229,10 mg/kg a značí velmi vysoký obsah fosforu. Opět došlo k velkému poklesu obsahu draslíku na variantě s lignitem, obsah draslíku poklesl o více než polovinu na hodnotu 67,80 mg/kg oproti kontrole a značí nízký obsah draslíku. Obsah vápníku i hořčíku klesl po aplikaci lignitu na hodnoty 309,00 mg/kg u vápníku a 22,20 mg/kg u hořčíku. Hodnotíme tyto hodnoty jako nízké pro lehké půdy. Lze říci, že aplikace zeolitu a lignitu vedla k poklesu obsahu fosforu a draslíku v půdě. Obecně nízký byl i obsah vápníku a hořčíku. Při porovnání průměrného obsahu živin na variantě kontrola a na variantách s aplikací PPL došlo ke snížení obsahu živin.

**Půdní reakce** – zjištěné výsledky uvádí Tabulka 23. Plocha B (druhově bohatá regionální směs trav) a C (jetelotravní směs) mají odlišné hodnoty pH/H<sub>2</sub>O a pH/KCl. Aktivní půdní reakce byla v roce 2008 na variantě kontrola 6,03, což hodnotíme jako slabě kyselou aktivní reakci. Výměnná půdní reakce na kontrole (2008) byla 4,54 a reakce byla silně kyselá. V roce 2015 na ploše C byla aktivní (5,55) i výměnná (4,30) půdní reakce silně kyselá. Po aplikaci zeolitu aktivní reakce mírně vzrostla na hodnotu 5,72 a byla stále kyselá. Hodnota výměnné půdní reakce vzrostla oproti kontrole na hodnotu 4,62 a reakci hodnotíme jako kyselou. Zmírnění kyselosti po aplikaci zeolitu je nepatrné. Po aplikaci lignitu (C) byla aktivní reakce kyselá (5,55) a výměnná reakce silně kyselá (4,35). Podobně je tomu na ploše B. Lze říci, že aplikace lignitu a zeolitu půdní reakci výrazně neovlivnila a rozdíly mezi 2008 a 2015 nejsou průkazné. Větší vliv na půdní reakci mělo složení vyšetřené travinné směsi a ročníková variabilita.

V roce 2016 plocha C (jetelotravní směs) na variantě kontrola měla kyselou aktivní půdní reakce (5,30). Výměnná půdní reakce byla silně kyselá (4,20). Po aplikaci zeolitu aktivní reakce mírně vzrostla na hodnotu 5,50, obecně byla ale kyselá.

Hodnota výměnné půdní reakce klesla oproti kontrole na hodnotu 4,00 a reakci hodnotíme jako silně kyselou. Po aplikaci lignitu dosahovala aktivní reakce stejné hodnoty jako na variantě se zeolitem (5,50) a hodnotíme ji jako kyselou.

Výměnná půdní reakce mírně vzrostla na hodnotu 4,50 a hodnotíme ji stále jako silně kyselou. Podobné výsledky jsou na ploše B (druhově bohatá regionální směs trav). Lze říct, že aplikace lignitu a zeolitu půdní reakci výrazně neovlivnila a rozdíly mezi 2008 a 2016 nejsou průkazné. Větší vliv na půdní reakci opět měla travní směs a ročníková variabilita.

**Obsah humusu** – je uveden v Tabulce 24. Hodnota v roce 2015 na ploše C (jetelotravní směs) na variantě kontrola byla 1,33 %, což byla nízká hodnota. Po aplikaci zeolitu mírně vzrostl obsah  $C_{org}$  a tudíž obsah humusu (1,52 %), stále to byl nízký obsah. Aplikace lignitu rovněž vedla k mírnému růstu obsahu humusu (1,36 %). Celkový obsah byl ale nízký. Na ploše B (druhově bohatá regionální směs trav), na variantě kontrola, byl obsah humusu 1,28 % a to byl nízký obsah. Po aplikaci zeolitu mírně vzrostl obsah humusu na hodnotu 1,48 %, stále byl nízký. Aplikací lignitu obsah humusu vzrostl na 1,36 %. Hodnota byla opět nízká.

Průměrný obsah humusu byl v roce 2016 na ploše C (jetelotravní směs), na variantě kontrola, 1,17 %, tj. nízký obsah. Po aplikaci zeolitu mírně vzrostl obsah humusu na hodnotu 1,38 %. Stále byl nízký. Aplikace lignitu měla na obsah humusu pozitivní vliv, obsah humusu vzrostl na hodnotu 1,53 %, obsah byl ale obecně nízký. Na ploše C byl vliv aplikace lignitu a zeolitu výraznější a vzrostl obsah humusu v porovnání s kontrolou. Na ploše B (druhově bohatá regionální směs trav), na kontrole, byl obsah humusu 1,57 %, tj. nízký obsah. Aplikací zeolitu obsah humusu klesl na 1,59 %, opět nízký obsah humusu. Aplikací lignitu došlo k nárůstu humusu na hodnotu 1,71 %, tj. stále nízký obsah humusu.

**Statistické vyhodnocení dat** uvádí Tabulka 25 a 26. Rozdíly nejsou statisticky průkazné a dlouhodobější efekt aplikace zeolitu a lignitu se na dané půdě u obsahu  $C_{org}$  neprojevil. Opět lze konstatovat, že vliv aplikace PPL souvisí jak s aplikační dávkou, typem vegetace, ročníkem, tak i s vlastnostmi dané půdy.

## 8 DISKUZE

Na základě sledování vlivu aplikace vybraných PPL na fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy lze říci, že po aplikaci kompostu a PRP-SOL na kambizem modální (Svárov) byly zjištěny pozitivní transformace u těchto půdních vlastností – zvýšila se stabilita půdních agregátů, vzrostl obsah živin a obsah humusu. Statisticky průkazné rozdíly byly potvrzeny po aplikaci kompostu. Po aplikaci PRP-SOL nebyly změny statisticky průkazné. Z tohoto důvodu doporučujeme zvýšit dávky PRP-SOL z aplikované dávky 100 kg/ha na 300–400 kg/ha. Výrobce doporučuje až 600 kg/ha.

Aplikace zeolitu a lignitu na regozem arenickou (Hodonín) se projevila pozitivně na obsahu humusu. Obsah humusu byl ale obecně nízký. Zvýšení efektu aplikace PPL u regozemě arenické je možné jak zvýšením aplikační dávky, tak výběrem vhodné travinné směsi. Efekt se rovněž odvíjí od vlastností dané půdy a vlivu ročníku.

Ordeltová (2010) zjistila průkazné změny na půdní reakci bezprostředně po aplikaci zeolitu a lignitu u regozemě arenické (Hodonín). Naše sledování nepotvrdilo trvalé zlepšení pH.

Jandák a kol. (2014) uvádějí statisticky průkazné změny v obsahu organického uhlíku a humusu po aplikaci lignitu, což bylo potvrzeno.

Porovnání ceny vybraných PPL – za aplikaci kompostu zaplatíme 600 Kč/t, za aplikaci PRP-SOL zaplatíme 2 000 Kč/100 kg, u lignitu zaplatíme 500 Kč/t, u zeolitu zaplatíme 300 Kč/100 kg. Do nákladů je potřeba zahrnout i další provozní náklady (vzdálenosti dojezdu, využívání různé mechanizace atd.). Je potřeba mít taktéž na zřeteli, že cena PPL a kompostu se odvíjí i od ceny minerálních hnojiv na trhu. Proto je těžké přesně kalkulovat náklady, jelikož cena všech ukazatelů se velmi různí a každoročně mění.

Na základě námi vykalkulovaných uvedených cen za aplikaci PPL lze říct, že je to jeden z limitujících faktorů jejich širšího využití v zemědělství.

Závěrem bychom chtěli poděkovat kolegům z VUZT, v.v.i. - Ing. P. Kovaříčkovi, CSc. a Ing. M. Vláškové za poskytnuté cenné rady a pomoc při hodnocení finančních nákladů spojených s aplikací PPL.

## 9 ZÁVĚRY

Na základě výsledků z provedeného výzkumu v oblasti aplikace PPL u kambizemě modální a regozemě arenická lze vyslovit tyto závěry:

1. U kambizemě modální (Svárov) byly zjištěny tyto pozitivní transformační změny po aplikaci kompostu – zvýšila se vodostálost půdních agregátů, obsah živin, obsah humusu, zlepšily se biologické parametry půdy. Rozdíly v obsahu humusu jsou statisticky průkazné.
2. U kambizemě modální (Svárov) byly zjištěny tyto pozitivní transformační změny po aplikaci PRP-SOL – zlepšení půdní reakce, růst obsahu humusu a zlepšení biologických parametrů půdy. Rozdíly ale nebyly statisticky průkazné a doporučujeme zvýšit aplikační dávku PRP-SOL z důvodu pozitivních tendencí transformačních změn.
3. Regozem arenická (Hodonín) – dlouhodobější efekt se projevil u obsahu humusu. Ostatní sledované fyzikální a chemické parametry nebyly statisticky průkazné. U celkového obsahu živin byl efekt negativní v důsledku jejich sorpce na zeolit a lignit.
4. Finanční náklady, které jsme stanovili za aplikaci PPL jsou následující – u kompostu zaplatíme 600 Kč/t, za aplikaci PRP-SOL zaplatíme 2 000 Kč/100 kg, u lignitu zaplatíme 500 Kč/t, u zeolitu zaplatíme 300 Kč/100 kg.

## POUŽITÁ LITERATURA

ALTMANN V. a kol., 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.

BADALÍKOVÁ, B., NOVOTNÁ, J. & POSPÍŠILOVÁ, L. 2016: *Vliv zapravení organické hmoty na půdní vlastnosti a snížení vodní eroze*. Uplatněná certifikovaná metodika. Troubsko: Zemědělský výzkum, spol. s r.o., 2016.,44 s. ISBN 978 80 88000 10-5.

BALŠÁNOVÁ N., 2015: *Změna množství a kvality humusových látek u kambizemí po aplikaci kompostu*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin, Bakalářská práce. Doc. RNDr. Lubica Pospíšilová, CSc, 85 s.

BARTLOVÁ J., 2013: *Makrostrukturální změny antropogenně zhutněných půd*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin, Disertační práce. Ing. Jiří Jandák, CSc, 73 s.

BATYSTA M. a kol., 2015: *Situační a výhledová zpráva půda*. Praha: Ministerstvo zemědělství, 134 s. ISBN 978-80-7434-252-3.

CULEK M. a kol., 2013: *Biogeografické regiony České republiky*. Brno: Masarykova univerzita, 447 s. ISBN 978-80-210-6693-9.

DIVIŠ J., 2015: *Rostlinná produkce a obnovitelné zdroje energie*. Úroda 12, roč. LXIII, vědecká příloha, s. 27–31. ISSN 0139-6013.

DOPITA M., HAVLENA V., & PEŠEK J., 1985: *Ložiska fosilních paliv: celostátní vysokoškolská příručka pro studenty přírodovědeckých fakult skupiny oborů geologické vědy*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 264 s.

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

HÁBOVÁ M., 2016:

HRAŠKO J., 1962: *Rozbory půd*. 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., POSPÍŠILOVÁ L., HYBLER V., VLČEK V., 2014: *Vliv půdních pomocných látek na fyzikální a chemické vlastnosti půdy: influence of soil conditioners on soil physical and chemical properties: původní vědecká práce*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 90 s. ISBN 978-80-7375-986-5.

JIRÁSEK J., SIVEK M., LÁZNIČKA P., 2010: *Ložiska nerostů*. Ostrava: Anagram. ISBN 978-80-7342-206-6.

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.

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

MÄDER P. a kol., 2013: *Základy půdní úrodnosti: utváření vztahu k půdě*. Olomouc: Bioinstitut, 31 s. ISBN 978-80-87371-22-0.

NELSON D. W., & SOMMERS L. E., 1982: *Total carbon, organic carbon, and organic matter*. In: Page, A. L. Miller, R. H. Keeney, D. R. (eds.). *Methods of soil analysis. Part 2*. ASA, SSSA Publ., Madison, Wisconsin. 539 – 579.

NĚMEČEK J., 2011: *Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. 2. uprav. vyd.* Praha: Česká zemědělská univerzita, 94 s. ISBN 978-80-213-2155-7.

ORDELTOVÁ M., 2010: *Kvalita humusových látek u referenční třídy Regosoly*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta, Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin, Bakalářská práce. Doc. RNDr. Lubica Pospíšilová, CSc, 49 s.

ORRIKIZA L. J. B., AGABA H., TWEHEYO M., EILU G., KABASA J. D., HUTTERMANN A., 2000: *Amending soil with hydrogels increases the biomass of nine tree species under non-water stress conditions*. Clean, 2009, vol. 37, No 8: 615-620. ISSN 1863-0669.

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., 2003: *Půdoznalství pro ekozemědělce*. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR v Ústavu zemědělských a potravinářských informací, 40 s. ISBN 80-7084-295-4.

POKORNÝ E., ŠARAPATKA B. & HEJÁTKOVÁ K., 2007. *Metodická pomůcka Hodnocení kvality půdy v ekologicky hospodařícím podniku*. Náměšť 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: Organic carbon in arable soils: 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: Non-degradation methods of studying natural humic substances quality: původní vědecká práce*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 153 s. ISBN 978-80-7375-662-8.

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.

POSPÍŠILOVÁ L. & VLČEK V., 2015: *Chemické, biologické a fyzikální ukazatele kvality/zdraví půdy: Chemical, biological and physical parameters of soil quality/health: původní vědecká práce*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 86 s. ISBN 978-80-7509-244-1.

POSPÍŠILOVÁ L. a kol., 2016: *Standardní analytické metody a kritéria hodnocení fyzikálních, agrochemických, biologických a hygienických parametrů půd* = *Standard analytical methods and evaluation criteria of soil physical, agrochemical, biological, and hygienic parameters*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 123 s. ISBN 978-80-7509-438-4.

QUITT E., 1971: *Klimatické oblasti Československa*. Praha: Academia, 73 s.

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

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

ŠARAPATKA B. & BEDNÁŘ M., 2015: *Pedologické dny 2015: sborník abstraktů*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 126 s. ISBN 978-80-244-4802-2.

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 measuring soil microbial biomass C*. *Soil Biology and Biochemistry* 19: 703 – 707.

VLČEK V. a kol., 2016: *Vliv aplikace PPL PRP-SOL na obsah a kvalitu humusu*. *Úroda* 12, roč. LXIV, vědecká příloha, s. 409–412. ISSN 0139-6013.

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

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

WALLACE A. & TERRY R. E., 1998: *Handbook of soil conditioners: Substances that enhance the physical properties of soil*. 1. vyd. New York: Marcel Decker Inc., 596 s. ISBN 0824701178.

WILSON M. J. & MALISZEWSKA-KORDYBACH B., 2000: *Soil Quality, Sustainable Agriculture and Environmental Security in Central and Eastern Europe*. Dordrecht [Netherlands]: Kluwer Academic Publishers. ISBN 0-7923-6377-9.

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

## INTERNETOVÉ ZDROJE

AGROMANUALSHOP, 2017: *HYDROSORB PLUS 1 KG*. Databáze online: [2017-01-30]. Dostupné na: <https://www.agromanualshop.cz/hydrosorb-plus-1kg/>

BADALÍKOVÁ B. & BARTLOVÁ J., 2012: *Půda – největší bohatství lidstva. Praktické zkušenosti s využitím produktů PRP TECHNOLOGIES v České a Slovenské republice*. Databáze online: [2016-11-02]. Dostupné na: [www.prptechnologies.eu](http://www.prptechnologies.eu)

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

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV, 2017: *Technické řady klimatických prvků*. Databáze online [2017-01-10]. Dostupné na: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty>

ČSN 44 1390 Klasifikace přirozených tuhých paliv

ELITA semenářská, a. s., 2017: *PRP-SOL*. Databáze online: [2017-03-02]. Dostupné na: <http://elita.testujeme.cz/produkt-prp-sol>

HUMATEX, a. s., 2015: *FORTEHUM L/K*. Databáze online: [2017-03-01]. Dostupné na: <http://www.humatex.cz/cs/produkty/fortehum-l-k>

JIRÁSEK J., SIVEK M., & LÁZNIČKA P., 2017: *Ložiska nerostů*. Databáze online: [2017-01-10]. Dostupné na: [http://geologie.vsb.cz/loziska/loziska/loziska\\_energetickych\\_surov.html](http://geologie.vsb.cz/loziska/loziska/loziska_energetickych_surov.html)

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=showMapy&id\\_categoryNode=26](http://klasifikace.pedologie.cz/index.php?action=showMapy&id_categoryNode=26)

KSB – PUMPY + ARMATURY s.r.o., koncern, 2017: *KSB – Váš spolehlivý partner v oblasti obnovitelných zdrojů energie*. Databáze online: [2017-02-17]. Dostupné na: <https://www.ksb.com/ksb-cz/vyrobky-a-sluzby/energetika/obnovitelne-zdroje-energie>

LEPIČOVÁ J., 2009: *Trávníky 2009*. Databáze online: [2017-04-03]. Dostupné na: ISBN 978-80-86802-14-5

MARHAVÝ L., 2012: *Půda – největší bohatství lidstva. Praktické zkušenosti s využitím produktů PRP TECHNOLOGIES v České a Slovenské republice za rok 2013*. Databáze online: [2016-12-03]. Dostupné na: <http://elita.testujeme.cz/file/231/prpsbornik2013web.pdf>

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ, 2015: *Kontrola podmíněnosti, Cross Compliance: Průvodce zemědělce kontrolou podmíněnosti platný pro rok 2015*. Databáze online: [2017-02-08]. Dostupné na: <http://eagri.cz/public/web/mze/dotace/kontroly-podminenosti-cross-compliance/dobry-zemedelsky-a-environmentalni-stav/shrnuti-informaci-k-podminkam-standardu.html>

POSPÍŠILOVÁ L., 2015: *Druhá generace humusových látek*. Databáze online [2017-02-19]. Dostupné na: [https://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/stranka.php?kod=4267](https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/stranka.php?kod=4267)

POSPÍŠILOVÁ L., 2015: *Třetí generace humusových látek*. Databáze online [2017-02-19]. Dostupné na: [https://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/stranka.php?kod=4268](https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/stranka.php?kod=4268)

SANSARA S.R.O., SALGIVA S.R.O., 2017: *ALGINIT – přírodní minerální eko – bio hnojivo*. Databáze online [2017-02-19]. Dostupné na: <http://www.alginit-prodej.cz/alginit-pouziti.html>

ŠIMEČKOVÁ J., 2017: *Zrnitostní složení půdy*. Databáze online [2017-02-23]. Dostupné na: [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty/files/19/19-zrnitost.pdf](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty/files/19/19-zrnitost.pdf)

VÁVRA V., 2013: *Multimediální atlas hornin: kaustobiolity*. Databáze online [2017-01-15]. Dostupné na: <http://atlas.horniny.sci.muni.cz/sedimentarni/kaustobiolit.html>

VLČEK V., 2017: *Principy hodnocení vybraných ukazatelů půdy*. Databáze online [2017-01-31]. Dostupné na: [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/print.php?page=5053&typ=html](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=5053&typ=html)

Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí

Zákon č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů)

Zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech)

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Obnovitelné zdroje energie .....	10
Obrázek 2: Průvodce zemědělce systémem kontroly podmíněnosti .....	15
Obrázek 3: Soubor hledisek a definic vztahující se k půdní úrodnosti.....	17
Obrázek 4: Ukázka těžby hnědého uhlí a oxyhumolitů v ČR.....	20
Obrázek 5: Lignit .....	21
Obrázek 6: Povrchový důl alginitu .....	22
Obrázek 7: Hodnoty monitorované při kompostování .....	24
Obrázek 8: HYDROSORB PLUS .....	27
Obrázek 9: Mapa výskytu kambizemí v ČR.....	32
Obrázek 10: Kambizem modální (Svárov) .....	34
Obrázek 11: Mapa výskytu regozemí v ČR.....	36
Obrázek 12: Regozem arenická (Hodonín) .....	37
Obrázek 13: Schéma víceletých polních pokusů .....	39
Obrázek 14: Diagram pro určení zrnitostních tříd dle TKSP-ČR.....	42



## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Rozdělení půdních pomocných látek podle zdrojů živin.....	18
Tabulka 2: Chemické vlastnosti aplikovaného kompostu .....	33
Tabulka 3: Klasifikační stupnice dle Nováka (1953) .....	41
Tabulka 4: Stanovení vodostálosti.....	43
Tabulka 5: Kritéria hodnocení obsahu vápníku podle Mehliche III.....	44
Tabulka 6: Kritéria hodnocení obsahu vápníku podle Mehliche III.....	44
Tabulka 7: Kritéria hodnocení obsahu vápníku podle Mehliche III.....	44
Tabulka 8: Kritéria hodnocení obsahu vápníku podle Mehliche III.....	45
Tabulka 9: Kritéria hodnocení aktivní a výměnné půdní reakce .....	45
Tabulka 10: Tabulka hodnocení obsahu humusu .....	46
Tabulka 11: Zrnitostní složení KAm (Svárov) .....	66
Tabulka 12: Vodostálost agregátů KAm Svárov na variantě kontrola .....	66
Tabulka 13: Vodostálost agregátů KAm Svárov po aplikaci kompostu.....	67
Tabulka 14: Vodostálost agregátů KAm Svárov po aplikaci PRP-SOL .....	68
Tabulka 15: Porovnání průměrného obsahu živin .....	68
Tabulka 16: Průměrné hodnoty půdní reakce .....	69
Tabulka 17: Průměrný obsah organického uhlíku a humusu.....	70
Tabulka 18: Průměrné hodnoty bazální respirace a množství mikrobiální biomasy .....	70
Tabulka 19: Statistické vyhodnocení obsahu $C_{org}$ a HL po aplikaci kompostu.....	71
Tabulka 20: Statistické vyhodnocení obsahu $C_{org}$ a HL po aplikaci PRP-SOL.....	71
Tabulka 21: Zrnitostní složení RGr Hodonín .....	72
Tabulka 22: Porovnání průměrného obsahu živin .....	72
Tabulka 23: Stanovení průměrné půdní reakce .....	72
Tabulka 24: Průměrný obsah organického uhlíku a humusu.....	73
Tabulka 25: Statistické vyhodnocení obsahu $C_{org}$ po aplikaci lignitu a zeolitu.....	74
Tabulka 26: Statistické vyhodnocení obsahu $C_{org}$ po aplikaci lignitu a zeolitu.....	74

## PŘÍLOHY

**Tabulka 11: Zrnitostní složení KAm (Svárov)**

KAm Svárov	Obsah částic (%)						
	2,00–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,001	< 0,001	< 0,01	< 0,05
<b>Ap (0–30 cm)</b>	14,25	15,15	32,70	25,24	12,66	37,90	70,60

**Tabulka 12: Vodostálost agregátů KAm Svárov na variantě kontrola**

Doba pozorování (minuty)	Počet rozplavených agregátů (ni)	Koef. vodostálosti (ki)	ni · ki
1.	2	5	10
2.	7	15	105
3.	1	25	25
4.	0	35	0
5.	2	45	90
6.	0	55	0
7.	1	65	65
8.	1	75	75
9.	0	82	0
10.	2	95	190
<b>polorozpadlé</b>	10	50	500
<b>nerozpadlé</b>	24	100	2400
<b>suma</b>	50		3460

$$\text{Vodostálost (\%)} = \frac{\text{suma součinu}}{n} = \frac{3460}{50} = \mathbf{69,2}$$

**Tabulka 13: Vodostálost agregátů KAm Svárov po aplikaci kompostu**

Doba pozorování (minuty)	Počet rozplavených agregátů (n <sub>i</sub> )	Koef. vodostálosti (k <sub>i</sub> )	n <sub>i</sub> · k <sub>i</sub>
1.	2	5	10
2.	3	15	45
3.	0	25	0
4.	1	35	35
5.	1	45	45
6.	2	55	110
7.	3	65	195
8.	0	75	0
9.	1	85	85
10.	0	95	0
<b>polorozpadlé</b>	7	50	350
<b>nerozpadlé</b>	30	100	3000
<b>suma</b>	50		3875

$$\text{Vodostálost (\%)} = \frac{\text{suma součínů}}{n} = \frac{3875}{50} = 77,5 \%$$

**Tabulka 14: Vodostálost agregátů KAm Svárov po aplikaci PRP-SOL**

Doba pozorování (minuty)	Počet rozplavených agregátů (ni)	Koef. vodostálosti (ki)	ni · ki
1.	6	5	30
2.	2	15	30
3.	1	25	25
4.	0	35	0
5.	2	45	90
6.	0	55	0
7.	1	65	65
8.	0	75	0
9.	0	82	0
10.	2	95	190
<b>polorozpadlé</b>	4	50	200
<b>nerozpadlé</b>	30	100	3000
<b>suma</b>	50		3630

$$\text{Vodostálost (\%)} = \frac{\text{suma součinnu}}{n} = \frac{3630}{50} = 72,6 \%$$

**Tabulka 15: Porovnání průměrného obsahu živin**

KAm Svárov	Horizont (cm)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)
<b>kontrola</b>	0–10	124	289	2380	289
<b>kontrola</b>	10–20	104	220	2201	126
<b>kompost</b>	0–10	215	476	2714	161
<b>kompost</b>	10–20	182	318	2387	143
<b>kontrola</b>	0–15	171	540	2268	151
<b>kontrola</b>	15–30	105	241	1980	99
<b>PRP-SOL</b>	0–15	135	365	2405	175
<b>PRP-SOL</b>	15–30	100	285	2350	166

**Tabulka 16: Průměrné hodnoty půdní reakce**

<b>KAm Svárov</b>	<b>Horizont</b>	<b>pH/H<sub>2</sub>O</b>	<b>pH/KCl</b>
	(cm)	(%)	(%)
<b>jaro 2016</b>			
<b>kontrola</b>	0–10	6,50	5,70
<b>kontrola</b>	10–20	6,40	5,80
<b>kompost</b>	0–10	6,70	6,30
<b>kompost</b>	10–20	6,60	6,30
<b>kontrola</b>	0–15	6,50	5,60
<b>kontrola</b>	15–30	6,00	5,40
<b>PRP-SOL</b>	0–15	6,20	5,30
<b>PRP-SOL</b>	15–30	5,90	5,40
<b>KAm Svárov</b>	<b>Horizont</b>	<b>pH/H<sub>2</sub>O</b>	<b>pH/KCl</b>
	(cm)	(%)	(%)
<b>podzim 2016</b>			
<b>kontrola</b>	0–10	6,50	6,00
<b>kontrola</b>	10–20	6,30	6,00
<b>kompost</b>	0–10	6,60	6,30
<b>kompost</b>	10–20	6,60	6,20
<b>kontrola</b>	0–15	6,50	6,10
<b>kontrola</b>	15–30	6,30	6,00
<b>PRP-SOL</b>	0–15	6,20	5,80
<b>PRP-SOL</b>	15–30	6,00	5,20

**Tabulka 17: Průměrný obsah organického uhlíku a humusu**

<b>KAm Svárov</b>	<b>Horizont</b>	<b>Corg</b>	<b>Humus</b>
	(cm)	(%)	(%)
<b>jaro 2016</b>			
<b>kontrola</b>	0–10	1,70	2,93
<b>kontrola</b>	10–20	1,60	2,76
<b>kompost</b>	0–10	2,00	3,45
<b>kompost</b>	10–20	2,00	3,45
<b>kontrola</b>	0–15	1,70	2,93
<b>kontrola</b>	15–30	1,60	2,76
<b>PRP-SOL</b>	0–15	2,20	3,79
<b>PRP-SOL</b>	15–30	1,80	3,10
<b>KAm Svárov</b>	<b>Horizont</b>	<b>Corg</b>	<b>Humus</b>
	(cm)	(%)	(%)
<b>podzim 2016</b>			
<b>kontrola</b>	0–10	1,75	3,02
<b>kontrola</b>	10–20	1,50	2,59
<b>kompost</b>	0–10	2,00	3,45
<b>kompost</b>	10–20	1,90	3,28
<b>kontrola</b>	0–15	1,80	3,10
<b>kontrola</b>	15–30	1,50	2,59
<b>PRP-SOL</b>	0–15	2,00	3,45
<b>PRP-SOL</b>	15–30	2,00	3,45

**Tabulka 18: Průměrné hodnoty bazální respirace a množství mikrobiální biomasy**

<b>KAm Svárov</b>	<b>Horizont</b>	<b>Cmic</b>	<b>BRP</b>
	(cm)	( $\mu\text{g/g}$ )	( $\mu\text{g/g}$ )
<b>jaro 2016</b>			
<b>kontrola</b>	0–20	183,80	0,26
<b>kompost</b>	0–20	190,70	0,30
<b>kontrola</b>	0–15	191,80	0,60
<b>kontrola</b>	15–30	180,20	0,50
<b>PRP-SOL</b>	0–15	205,60	0,70
<b>PRP-SOL</b>	15–30	197,90	0,50

Tabulka 19: Statistické vyhodnocení obsahu  $C_{org}$  a HL po aplikaci kompostu

(Anova, jeden faktor,  $n=8$ ,  $\alpha=0,05$ ,  $r_{krit}=2,365$ )

Výběr	Počet	Součet	Průměr	Rozptyl		
Corg (Svárov-MIN, kontrola)	6	9,88	1,646666667	0,035666667		
Corg (Svárov-MIN, kompost)	6	11,55	1,925	0,02775		
Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota P	F krit
Mezi výběry	0,232408333	1	0,232408333	<b>7,32956636</b>	0,022034852	<b>4,96460274</b>
Všechny výběry	0,317083333	10	0,031708333			
Celkem	0,549491667	11				

Tabulka 20: Statistické vyhodnocení obsahu  $C_{org}$  a HL po aplikaci PRP-SOL

(Anova, jeden faktor,  $n=8$ ,  $\alpha=0,05$ ,  $r_{krit}=2,365$ )

Výběr	Počet	Součet	Průměr	Rozptyl		
Corg (kontrola)	8	13,22	1,6525	0,0226214		
Corg (PRP-SOL)	8	14,9	1,8625	0,0798214		
Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota P	F krit
Mezi výběry	0,1764	1	<b>0,1764</b>	3,443871	<b>0,0846591</b>	4,60011
Všechny výběry	0,7171	14	0,0512214			
Celkem	0,8935	15				
Výběr	Počet	Součet	Průměr	Rozptyl		
HL (kontrola)	7	43	6,1428571	0,3728571		
HL (PRP-SOL)	7	47	6,7142857	0,3214286		
Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota P	F krit
Mezi výběry	1,1428571	1	<b>1,1428571</b>	3,292181	<b>0,0946731</b>	4,747225
Všechny výběry	4,1657143	12	0,3471429			
Celkem	5,3085714	13				

**Tabulka 21: Zrnitostní složení RGr Hodonín**

RGr Hodonín	Obsah částic (%)				
	2,00-0,25	< 0,05	< 0,01	< 0,001	< 0,002
<b>plocha C – kontrola</b>	51,56	9,40	5,40	3,40	4,28
<b>plocha C – zeolit</b>	52,59	7,00	4,28	2,60	3,40
<b>plocha C – lignit</b>	47,96	7,56	4,28	2,64	3,20
<b>plocha B – kontrola</b>	46,27	8,84	4,96	2,88	3,72
<b>plocha B – zeolit</b>	49,51	9,28	5,64	2,80	3,92
<b>plocha B – lignit</b>	47,79	11,28	6,00	2,84	2,76

**Tabulka 22: Porovnání průměrného obsahu živin**

RGr Hodonín	Horizont	P	K	Ca	Mg
	(cm)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
<b>kontrola</b>	10–20	222,00	148,00	365,00	30,00
<b>plocha B – zeolit</b>	10–20	176,20	57,80	293,00	21,10
<b>plocha B – lignit</b>	10–20	229,10	67,90	309,00	22,20

**Tabulka 23: Stanovení průměrné půdní reakce**

RGr Hodonín	pH/H <sub>2</sub> O	pH/KCl
	(%)	(%)
<b>2008</b>		
<b>kontrola</b>	6,03	4,54
<b>2015</b>		
<b>plocha C – kontrola</b>	5,55	4,30
<b>plocha C – zeolit</b>	5,72	4,62
<b>plocha C – lignit</b>	5,55	4,35
<b>plocha B – kontrola</b>	5,10	4,00
<b>plocha B – zeolit</b>	5,10	4,00
<b>plocha B – lignit</b>	5,30	4,00
RGr Hodonín	pH/H <sub>2</sub> O	pH/KCl
	(%)	(%)
<b>2016</b>		
<b>plocha C – kontrola</b>	5,30	4,20
<b>plocha C – zeolit</b>	5,50	4,00
<b>plocha C – lignit</b>	5,50	4,50
<b>plocha B – kontrola</b>	5,20	4,20
<b>plocha B – zeolit</b>	5,20	4,00
<b>plocha B – lignit</b>	5,30	4,00



**Tabulka 24: Průměrný obsah organického uhlíku a humusu**

<b>RGr Hodonín</b>	<b>Corg</b>	<b>Ø Corg</b>	<b>Humus</b>	<b>Ø Humus</b>
	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>
<b>2015</b>				
<b>plocha C – kontrola</b>	0,74	0,77	1,27	1,33
	0,80		1,38	
<b>plocha C – zeolit</b>	0,77	0,88	1,33	1,52
	0,99		1,71	
<b>plocha C – lignit</b>	0,79	0,79	1,36	1,36
	0,79		1,36	
<b>plocha B – kontrola</b>	0,83	0,74	1,44	1,28
	0,65		1,12	
<b>plocha B – zeolit</b>	0,79	0,86	1,36	1,48
	0,92		1,59	
<b>plocha B – lignit</b>	0,79	0,86	1,36	1,36
	0,79		1,36	
<b>RGr Hodonín</b>	<b>Corg</b>	<b>Ø Corg</b>	<b>Humus</b>	<b>Ø Humus</b>
	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>
<b>2016</b>				
<b>plocha C – kontrola</b>	0,65	0,68	1,12	1,17
	0,71		1,22	
<b>plocha C – zeolit</b>	0,73	0,80	1,25	1,38
	0,86		1,47	
<b>plocha C – lignit</b>	0,88	0,89	1,51	1,53
	0,90		1,55	
<b>plocha B – kontrola</b>	0,93	0,91	1,60	1,57
	0,88		1,51	
<b>plocha B – zeolit</b>	0,79	0,75	1,36	1,29
	0,71		1,23	
<b>plocha B – lignit</b>	0,96	0,99	1,66	1,71
	1,02		1,76	

Tabulka 25: Statistické vyhodnocení obsahu  $C_{org}$  po aplikaci lignitu a zeolitu

Anova: jeden faktor		Plocha C				
Výběr	Počet	Součet	Průměr	Rozptyl		
Corg (K)	5	4	0,8	0,0142		
Corg (L)	5	6,5	1,3	0,055		
Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota P	F krit
Mezi výběry	0,625	1	0,625	<b>18,0636</b>	0,00279867	5,31766
Všechny výběry	0,2768	8	0,0346			
<b>Celkem</b>	0,9018	9				

Tabulka 26: Statistické vyhodnocení obsahu  $C_{org}$  po aplikaci lignitu a zeolitu

Anova: jeden faktor		Plocha B				
Výběr	Počet	Součet	Průměr	Rozptyl		
Corg (K)	5	3,9	0,78	0,002		
Corg (L)	5	5,4	1,08	0,017		
Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota P	F krit
Mezi výběry	0,225	1	0,225	<b>23,6842</b>	0,00125	5,31766
Všechny výběry	0,076	8	0,0095			
<b>Celkem</b>	0,301	9				